

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επίκουρο καθηγήτρια της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Ευαγγελία Λάμπρου, για την ανάθεση της εργασίας, την άψογη συνεργασία, την υπομονή και το χρόνο που διέθεσε για την πραγματοποίηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επίκουρο καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Γεώργιο Πανταζή, για τη συνεχή βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές και τον χρόνο που διέθεσε για την εκπόνηση της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου που με ενθάρρυναν και με βοήθησαν να πραγματοποιήσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ανέκαθεν υπήρχε η ανάγκη μελέτης της Γης ως σύστημα, από διάφορες ειδικότητες επιστημόνων που ασχολούνται με αυτή. Σήμερα, με την εξέλιξη των διαστημικών τεχνολογιών αυτή η μελέτη καθίσταται περισσότερο εύκολη. Ωστόσο, προκειμένου να κατανοηθεί το πλήθος των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων γήινων συστημάτων αναφοράς είναι χρήσιμη η χαρτογράφηση του γήινου πεδίου βαρύτητας με μεγάλη ακρίβεια. Τα υψηλής ανάλυσης μοντέλα του πεδίου βαρύτητας προσφέρουν πληροφορία για τις δυνάμεις στις τεκτονικές πλάκες, τις μικρομετακινήσεις της λιθόσφαιρας κ.τ.λ., ενώ παράλληλα βοηθούν στον ακριβέστερο καθορισμό του γεωειδούς στις ηπειρωτικές περιοχές και της φυσικής επιφάνειας των ωκεανών στις θαλάσσιες περιοχές.

Για τους παραπάνω σκοπούς έχουν δημιουργηθεί και συνεχίζονται να δημιουργούνται σύγχρονα μοντέλα του γήινου δυναμικού ανεπτυγμένα σε σφαιρικές αρμονικές. Αυτά τα μοντέλα αντλούν δεδομένα από δορυφορικές μετρήσεις ή μετρήσεις αλτιμετρίας με ραντάρ, καθώς και από μετρήσεις βαρυτημετρίας σε διάφορα σημεία στην επιφάνεια της Γης. Τα πιο πρόσφατα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως από τη γεωδαιτική κοινότητα είναι το EGM96 και το EGM08 το οποίο είναι περισσότερο ακριβές σε σχέση με το πρώτο.

Η αξιολόγηση της ακρίβειας με την οποία απεικονίζεται το γεωειδές σε μια περιοχή από τα γεωδυναμικά μοντέλα, είναι σημαντική λόγω της ανομοιογένειας της γης ανά περιοχή και της δυσκολίας συλλογής αρκετών πληροφοριών από κάθε περιοχή με μεγάλη ακρίβεια.

Στην παρούσα εργασία, σκοπός είναι η δημιουργία ενός τοπικού χάρτη και ενός μαθηματικού μοντέλου του γεωειδούς μέσω δεδομένων από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε βάθρα της ΓΥΣ στην περιοχή, με χρήση του συστήματος GPS και των ορθομετρικών υψομέτρων της ΓΥΣ για κάθε τριγωνομετρικό σημείο. Επίσης, εξετάζεται η ακρίβεια της προσαρμογής του παγκόσμιου γεωδυναμικού μοντέλου EGM08 στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου, όπου παρουσιάζονται έντονες ανωμαλίες στο γεωειδές.

Η παρούσα εργασία ανατέθηκε το Σεπτέμβριο του 2010 και ολοκληρώθηκε το Νοέμβριο του 2011.

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΠΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΧΗΣ ΤΟΥ  
ΓΕΩΕΙΔΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ.  
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ  
ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ EGM08**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	III
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	VI
ΣΧΗΜΑΤΑ.....	VII
ΧΑΡΤΕΣ.....	IX
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	X
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	XI
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

**ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ  
ΜΟΝΤΕΛΑ**

1.1 Η Φυσική Γήινη Επιφάνεια και η Μέση Στάθμη της Θάλασσας.....	1
1.2 Το γεωειδές .....	- 3 -
1.3 Ελλειψοειδές αναφοράς .....	- 5 -
1.4 Τα υψόμετρα του γεωειδούς N .....	- 6 -
1.5 Απόκλιση κατακορύφου .....	- 8 -
1.6 Παγκόσμιο μοντέλο Γεωειδούς EGM96.....	- 10 -
-	
1.7 Παγκόσμιο μοντέλο Γεωειδούς EGM08 .....	- 11 -
1.8 Το ελληνικό σύστημα εντοπισμού Herpos.....	- 12 -

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

2.1 Αντικείμενο της εργασίας .....	- 14 -
2.2 Τα στοιχεία της περιοχής μελέτης .....	- 15 -
2.3 Τα δεδομένα της περιοχής μελέτης.....	- 15 -
2.4 Επίλυση των βάσεων.....	21

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΟΥ ΓΕΩΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ**

3.1 Υπολογισμός της αποχής του γεωειδούς σύμφωνα με τα ορθομετρικά και γεωμετρικά υψόμετρα.....	27
3.2 Υπολογισμός ορθομετρικών υψομέτρων Heros .....	27
3.3 Προσδιορισμός της επιφάνειας αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων των σημείων.....	31
3.4 Υπολογισμός των υψομέτρων του γεωειδούς από τις επίγειες μετρήσεις με GPS .....	34
3.5 Προσαρμογή επιφανειών .....	41
3.6 Διαρμονική παρεμβολή.....	52

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΧΗΣ ΤΟΥ ΓΕΩΕΙΔΟΥΣ Ν ΑΠΟ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ**

4.1 Υπολογισμός της αποχής του γεωειδούς από το EGM96 .....	59
4.2 Υπολογισμός των υψομέτρων του γεωειδούς από το γεωδυναμικό μοντέλο EGM08.....	60
4.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	71

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ EGM08**

5.1 Αξιολόγηση των λύσεων υπολογισμού του γεωειδούς για το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08 .....	77
5.2 Παραμετρικά μοντέλα βέλτιστου συνδιασμού των υψομέτρων h, H και N.....	78
5.2.1 Παραμετρικά μοντέλα.....	79

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

6.1 Δημιουργία χάρτη απεικόνισης των τριγωνομετρικών σημείων στην περιοχή μελέτης .....	86
6.2 Δημιουργία βάσης χωρικών δεδομένων σε περιβάλλον ‘oraclespatial 10g’ .....	89
6.2.1 Δημιουργία πίνακα και εισαγωγή δεδομένων.....	84
6.2.2 Καταχώρηση μεταδεδομένων.....	85
6.2.3 Δημιουργία ευρετηρίων.....	86
6.2.4 Διατύπωση ερωτημάτων.....	87

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

7.1 Συμπεράσματα .....	97
7.2 Προτάσεις.....	100

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1 Οι γεωκεντρικές καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών αναφοράς στην περιοχή μελέτης.....	18
Πίνακας 2.2 Τα τριγωνομετρικά που χρησιμοποιήθηκαν ανά φύλλο χάρτη.....	19
Πίνακας 2.3 Τα δεδομένα για κάθε τριγωνομετρικό σημείο της περιοχής μελέτης.....	26
Πίνακας 3.1 Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή HEPOS TransformationTool και η σύγκριση με τα ορθομετρικά υψόμετρα της ΓΥΣ.....	30
Πίνακας 3.2 Τα αποτελέσματα της συνόρθωσης για την εύρεση του δυναμικού της βαρύτητας της επιφάνειας αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων της ΓΥΣ.....	32
Πίνακας 3.3 Τα υψόμετρα του γεωειδούς για κάθε τριγωνομετρικό σημείο, όπως προκύπτουν από τα γεωμετρικά και ορθομετρικά υψόμετρα.....	35
Πίνακας 3.4 Οι διαφορές των αποχών του γεωειδούς για κάθε τριγωνομετρικό σημείο από το τριγωνομετρικό σημείο ‘Βάρσοβα’.....	36
Πίνακας 3.5 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας και το σφάλμα συνόρθωσής τους.....	44
Πίνακας 3.6 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας και το σφάλμα συνόρθωσής τους για τα δεδομένα που βρίσκονται πάνω από τον Κορινθιακό Κόλπο.....	47
Πίνακας 3.7 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας και το σφάλμα συνόρθωσής τους για τα δεδομένα που βρίσκονται κάτω από τον Κορινθιακό Κόλπο.....	49
Πίνακας 3.8 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας οι οποίες προσαρμόζονται καλύτερα στα δεδομένα που βρίσκονται σε κάθε φύλλο χάρτη και τα σφάλματα συνόρθωσής τους.....	51
Πίνακας 3.9 Τα υψόμετρα του γεωειδούς που υπολογίζονται από τις προσαρμογές των επιφανειών στα δεδομένα κάθε φύλλου χάρτη και η σύγκρισή τους με τα υψόμετρα του γεωειδούς από τις μετρήσεις με το σύστημα GPS.....	53
Πίνακας 4.1 Οι τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς και των αποκλίσεων της κατακορύφου $\xi$ , η που προκύπτουν από το EGM96.....	61

Πίνακας 4.2 Τα στατιστικά στοιχεία της σύγκρισης των υψομέτρων από τις επίγειες μετρήσεις με αυτά που προκύπτουν από το μοντέλο EGM96.....	67
Πίνακας 4.3 Τα στατιστικά στοιχεία της σύγκρισης των υψομέτρων από τις επίγειες μετρήσεις με αυτά που προκύπτουν από το μοντέλο EGM08.....	67
Πίνακας 5.1 Οι στατιστικές παράμετροι των επίγειων μετρήσεων των υψομέτρων από το EGM08 και των μεταξύ τους διαφορών.....	78
Πίνακας 5.2 Στατιστικός πίνακας των διαφορών για τα 79 τριγωνομετρικά σημεία.....	78
Πίνακας 5.3 Στατιστικός πίνακας των νέων διαφορών που προέκυψαν μετά την προσαρμογή για τα τριγωνομετρικά σημεία.....	80
Πίνακας 5.4 Στατιστικός πίνακας των νέων διαφορών που προέκυψαν μετά την προσαρμογή για τα τριγωνομετρικά σημεία.....	81
Πίνακας 5.5 Συνοπτική παρουσίαση των αρχικών δεδομένων και των αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης μαζί με τα στατιστικά τους στοιχεία.....	81
Πίνακας 5.6 Οι τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς $N_{EGM08}$ που προκύπτουν από την εφαρμογή του 3-παραμετρικού μοντέλου και οι διαφορές τους από τα αντίστοιχα υψόμετρα των επίγειων μετρήσεων.....	82

## ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1 Η μορφή του γεωειδούς.....	4
Σχήμα 1.2 Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής.....	5
Σχήμα 1.3 Το γεωειδές σε σχέση με το ελλειψοειδές.....	7
Σχήμα 1.4 Η απόκλιση της κατακορύφου.....	9
Σχήμα 1.5 Οι συνιστώσες $\xi$ , $\eta$ , της απόκλισης της κατακορύφου.....	9
Σχήμα 1.6 Χάρτης υψομέτρων του γεωειδούς σύμφωνα με το EGM96..	10
Σχήμα 1.7 Απεικόνιση των υψομέτρων του γεωειδούς σύμφωνα με το EGM08.....	12

Σχήμα 1.8 Οι μόνιμοι σταθμοί και το δίκτυο του συστήματος εντοπισμού HEPOS.....	13
Σχήμα 2.1 Οι θέσεις των μόνιμων σταθμών αναφοράς στην περιοχή μελέτης.....	17
Σχήμα 3.1 Το εξωτερικό σφάλμα των ορθομετρικών υψομέτρων κατά πλάτος της περιοχής μελέτης.....	33
Σχήμα 3.2 Το εξωτερικό σφάλμα των ορθομετρικών υψομέτρων κατά μήκος της περιοχής μελέτης.....	33
Σχήμα 3.3 Η επιφάνεια αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων του Κορινθιακού κόλπου σε σχέση με τον Πειραιά και την επιφάνεια αναφοράς του μοντέλου EGM08.....	34
Σχήμα 3.4 Η πυκνότητα των σημείων για τα οποία υπολογίστηκαν τα υψόμετρα του γεωειδούς και το εύρος των τιμών των υψομέτρων.....	37
Σχήμα 3.5 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος κάθε σημείου.....	38
Σχήμα 3.6 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος κάθε σημείου.....	38
Σχήμα 3.7 Απεικόνιση της επιφάνειας 3 <sup>ου</sup> βαθμού η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα της περιοχής μελέτης.....	45
Σχήμα 3.8 Η επιφάνεια 2 <sup>ου</sup> βαθμού η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα πάνω από τον Κορινθιακό Κόλπο.....	48
Σχήμα 3.9 Η επιφάνεια 4 <sup>ου</sup> βαθμού η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα κάτω από τον Κορινθιακό Κόλπο.....	50
Σχήμα 3.10 Το μοντέλο τοπικού γεωειδούς το οποίο προέκυψε από την προσαρμογή επιφανειών σε κάθε φύλλο χάρτη.....	54
Σχήμα 3.11 Η επιφάνεια που προκύπτει από τη μέθοδο παρεμβολής στα δεδομένα της περιοχής μελέτης μέσω ‘matlab’.....	57
Σχήμα 3.12 Η επιφάνεια που προκύπτει από τη μέθοδο παρεμβολής στα δεδομένα της περιοχής μελέτης μέσω της εφαρμογής ‘surfer’.....	57
Σχήμα 4.1 Η τιμή του υψομέτρου του γεωειδούς για κάθε σημείο.....	62
Σχήμα 4.2 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος κάθε σημείου.....	63
Σχήμα 4.3 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος κάθε σημείου.....	63
Σχήμα 4.4 Η πυκνότητα των σημείων για τα οποία υπολογίστηκαν τα υψόμετρα του γεωειδούς και το εύρος των τιμών των υψομέτρων.....	68



Σχήμα 4.5 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος κάθε σημείου.....	69
Σχήμα 4.6 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος κάθε σημείου.....	69

## ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης 2.1 Η περιοχή μελέτης στον Κορινθιακό Κόλπο.....	16
Χάρτης 2.2 Ο χάρτης των θέσεων των τριγωνομετρικών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης.....	20
Χάρτης 3.1 Οι ισοϋψείς καμπύλες των αποχών του γεωειδούς N ισοδιάστασης 0.5 μέτρων στο GRS80.....	40
Χάρτης 3.2 Τα φύλλα χάρτη που ανήκουν στην περιοχή ‘πάνω από τον Κορινθιακό κόλπο’.....	46
Χάρτης 3.3 Τα φύλλα χάρτη που ανήκουν στην περιοχή ‘κάτω από τον Κορινθιακό κόλπο’.....	46
Χάρτης 4.1 Οι ισοϋψείς καμπύλες στο GRS80 για το παγκόσμιο μοντέλο γεωειδούς EGM96.....	64
Χάρτης 4.2 Οι ισοϋψείς καμπύλες στο GRS80 για το παγκόσμιο μοντέλο γεωειδούς EGM08.....	70
Χάρτης 4.3 Συγκριτικός χάρτης ισοϋψών καμπυλών των υψομέτρων του γεωειδούς για το μοντέλο EGM08 και τις μετρήσεις με GPS.....	72
Χάρτης 4.4 Συγκριτικός χάρτης ισοϋψών καμπυλών των υψομέτρων του γεωειδούς για τα μοντέλα EGM08 και EGM96.....	73
Χάρτης 5.1 χάρτης ισοϋψών καμπυλών των υψομέτρων του γεωειδούς που προέκυψαν από τη βελτιστοποίηση του μοντέλου EGM08 στην περιοχή μελέτης.....	84

## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2.1 Το περιβάλλον του λογισμικού ‘Trimble Office’.....	21
Εικόνα 3.1 Το ‘παράθυρο’ λειτουργίας της εφαρμογής HEPOS Transformation Tool.....	28
Εικόνα 3.2 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τη σχέση $N=h-H$ των υψομέτρων των σημείων.....	45
Εικόνα 3.3 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τη παγκόσμιο μοντέλο EGM08.....	45
Εικόνα 3.4 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τη παγκόσμιο μοντέλο EGM96.....	46
Εικόνα 4.1 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τις επίγειες μετρήσεις με GPS στην περιοχή.....	74
Εικόνα 4.2 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από το παγκόσμιο μοντέλο EGM96.....	75
Εικόνα 4.3 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τη παγκόσμιο μοντέλο EGM08.....	75
Εικόνα 5.1 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους βάση των βελτιστοποιημένων υψομέτρων του γεωειδούς για το EGM08.....	83
Εικόνα 6.1 Ο χάρτης των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής σε περιβάλλον Arcgis.....	87
Εικόνα 6.2 Ο πίνακας με τα στοιχεία και τη φωτογραφία του τριγωνομετρικού σημείου που επιλέγεται κάθε φορά.....	88
Εικόνα 6.3 Ο πίνακας των πληροφοριών που αφορούν το τριγωνομετρικό σημείο που επιλέγεται κάθε φορά από το χρήστη.....	88
Εικόνα 6.4 Η εικόνα του τριγωνομετρικού σημείου που επιλέγεται πάνω στο χάρτη σε μεγέθυνση.....	89

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η δημιουργία ενός τοπικού χάρτη του γεωειδούς στην περιοχή του ανατολικού τμήματος του κορινθιακού κόλπου, μέσω δεδομένων από μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε βάθρα της ΓΥΣ στην περιοχή, κάνοντας χρήση του συστήματος GPS και ορθομετρικών υψομέτρων της ΓΥΣ. Ένας επιπλέον στόχος είναι η αξιολόγηση της προσαρμογής του παγκόσμιου γεωδυναμικού μοντέλου EGM08 στην ίδια περιοχή και ο εμπλουτισμός του με τις τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς που προκύπτουν από επίγειες μετρήσεις στην περιοχή.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, παρατίθενται κάποια γενικά στοιχεία για τις επιφάνειες αναφοράς των υψομέτρων και τα συστήματα αναφοράς τα οποία χρησιμοποιούνται στη γεωδαισία. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα βασικά και γενικά στοιχεία για τη φυσική γήινη επιφάνεια και τον ορισμό της μέσης στάθμης της θάλασσας, το γεωειδές, το ελλειψοειδές αναφοράς και την απόκλιση της κατακορύφου η οποία σχετίζεται με τη μη σύμπτωση του γεωειδούς με το ελλειψοειδές αναφοράς. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες βασικές πληροφορίες για τα πιο πρόσφατα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα EGM96 και EGM08. Τέλος, παρατέθηκαν πληροφορίες που σχετίζονται με τον ορισμό και την υλοποίηση του Ελληνικού Συστήματος Αναφοράς Heros, με χρήση του οποίου πραγματοποιήθηκαν οι επίγειες μετρήσεις οι οποίες αποτελούν τα δεδομένα της παρούσας εργασίας.

Το **δεύτερο κεφάλαιο**, αναφέρεται στη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων για την περιοχή του ανατολικού τμήματος του Κορινθιακού Κόλπου που διατέθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα, σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται σαφές το αντικείμενο της εργασίας και παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης καθώς και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις επίγειες μετρήσεις με χρήση GPS, τα οποία έχουν ταξινομηθεί σε πίνακες.

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, πραγματοποιείται η δημιουργία ενός τοπικού χάρτη του γεωειδούς, μέσω υπολογισμών με βάση τα δεδομένα για τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής, καθώς και μέσω της προσαρμογής ορισμένων επιφανειών στα δεδομένα. Αρχικά προσδιορίστηκε η υψομετρική αφετηρία των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής, ώστε να αποφευχθούν οι ασυνέχειες που οφείλονται στην αφετηρία των υψομετρικών συστημάτων αναφοράς. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι τιμές των αποχών του γεωειδούς σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο γεωμετρικό και ορθομετρικό υψόμετρο,

σύμφωνα με τη γνωστή από την υψομετρία σχέση  $N=h-H$ . Από όλους τους παραπάνω υπολογισμούς προέκυψαν οι αντίστοιχοι χάρτες ισοϋψών καμπυλών, καθώς και τα ψηφιακά μοντέλα γεωειδούς της περιοχής. Τέλος, δημιουργήθηκε η τοπική επιφάνεια του γεωειδούς, με βάση την παρεμβολή των υψομετρικών δεδομένων για τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο**, υπολογίστηκαν οι τιμές της αποχής του γεωειδούς για τα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα EGM96 και EGM08, δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες ισοϋψών καμπυλών και τα αντίστοιχα ψηφιακά μοντέλα εδάφους, έτσι ώστε να συγκριθούν τα υψομετρικά αποτελέσματα που προκύπτουν από κάθε μοντέλο για την περιοχή μελέτης. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε ώστε να εξακριβωθεί ο βαθμός στον οποίο το νέο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο παρέχει ακριβέστερη απεικόνιση του γήινου πεδίου βαρύτητας και των ανωμαλιών βαρύτητας της περιοχής σε σχέση με τα προηγούμενα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο**, πραγματοποιείται η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για τα υψόμετρα του γεωειδούς από το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08 και ο εμπλουτισμός αυτών των αποτελεσμάτων με τις τιμές των αντίστοιχων υψομέτρων από τις επίγειες μετρήσεις στα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης. Αρχικά, η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του EGM08, έγινε μέσω των στατιστικών στοιχείων που προκύπτουν από τα υψόμετρα του γεωειδούς, ενώ ο εμπλουτισμός τους πραγματοποιήθηκε μέσω ενός παραμετρικού μοντέλου το οποίο συνδέει την πληροφορία από το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο και τις τιμές της αποχής του γεωειδούς που έχουν προκύψει από επίγειες μετρήσεις. Η βελτιστοποίηση του μοντέλου EGM08 στην περιοχή μελέτης, υπολογίζει τους διορθωτικούς παράγοντες που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, ώστε σε συνδυασμό με το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08 να προκύπτουν ακριβέστερα αποτελέσματα για τα υψόμετρα του γεωειδούς.

Στο **έκτο κεφάλαιο**, δημιουργήθηκε ένας χάρτης σε περιβάλλον 'ArcGis', ο οποίος απεικονίζει όλα τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης, παρέχοντας για κάθε ένα από αυτά όλες τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί για τους διάφορους τύπους υψομέτρων των τριγωνομετρικών, καθώς και για το φύλλο χάρτη που ανήκουν, αλλά και την κατάσταση την οποία βρέθηκαν κατά τις επίγειες μετρήσεις σε αυτά. Επιπλέον, δημιουργήθηκε μια βάση χωρικών δεδομένων για τα τριγωνομετρικά σημεία, σε περιβάλλον 'oracle', έτσι ώστε οι πιθανοί χρήστες του να μπορούν να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με το

χωρικό εντοπισμό των σημείων αυτών και των υψόμετρων του γεωειδούς σε καθένα από αυτά, με χρήση ορισμένων χωρικών ερωτημάτων τα οποία είναι δυνατό να υποβάλλονται από το χρήστη.

Τέλος στο **έβδομο κεφάλαιο**, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία των υπολογισμών των υψομέτρων του γεωειδούς στην περιοχή μελέτης, τη δημιουργία χάρτη τοπικού γεωειδούς, μέσω των προσαρμογών των δεδομένων σε επιφάνεια, καθώς και συμπεράσματα από τη διαδικασία του εμπλουτισμού των υψομέτρων του γεωειδούς από το μοντέλο EGM08, με υψομετρικά δεδομένα που προέκυψαν από τις επίγειες μετρήσεις στην περιοχή. Τέλος, παρατίθενται ορισμένες προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση, σχετικές με τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της εργασίας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιλογή της περιοχής του κορινθιακού κόλπου για την αξιολόγηση του EGM08 και τη δημιουργία ενός τοπικού χάρτη του γεωειδούς, έγινε εξαιτίας της έντονης ανωμαλίας του γεωειδούς την οποία παρουσιάζει, και λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος για την περιοχή και για τα γεωλογικά φαινόμενα που συμβαίνουν σε αυτήν. Επιπλέον η έλλειψη δυνατότητας ύπαρξης τριγωνομετρικών σημείων στην θαλάσσια περιοχή η οποία παρεμβάλλεται, καθιστά την περιοχή ακόμη πιο ενδιαφέρουσα ως προς την απεικόνισή της από το γεωειδές.

Επιπλέον, κρίθηκε χρήσιμη και απαραίτητη η εξακρίβωση του βαθμού στον οποίο το νέο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο παρέχει ακριβέστερη απεικόνιση του γήινου πεδίου βαρύτητας και των ανωμαλιών βαρύτητας της περιοχής σε σχέση με τα προηγούμενα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα.

Γενικά, η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από ένα παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο για τα υψόμετρα του γεωειδούς σε μια περιοχή μελέτης πραγματοποιείται μέσω των συγκρίσεων τους με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προκύπτουν από επίγειες μετρήσεις στα ίδια σημεία με χρήση δορυφορικού συστήματος GPS.

Επιπλέον, για να εξακριβωθεί η ακρίβεια ενός μοντέλου σε σχέση με τα προγενέστερά του, συγκρίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προκύπτουν για τα υψόμετρα του γεωειδούς από διάφορα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων επιτυγχάνεται μέσω των στατιστικών δεικτών του μέσου όρου της τυπικής απόκλισης και της διασποράς των αποτελεσμάτων από κάθε πηγή δεδομένων. Όταν συγκρίνονται δύο σύνολα δεδομένων που προέρχονται από διαφορετική πηγή και αναφέρονται στα ίδια σημεία, το σύνολο των αποτελεσμάτων με τη μικρότερη τυπική απόκλιση θεωρείται περισσότερο ακριβές.

Όσον αφορά τη δημιουργία χάρτη τοπικού γεωειδούς σε μια περιοχή, είναι μια διαδικασία η οποία απαιτεί τον υπολογισμό των τοπικών υψομέτρων του γεωειδούς, μέσω της προσαρμογής μιας κατάλληλης επιφάνειας αναφοράς στα σημεία της περιοχής. Οι παράμετροι της επιφάνειας υπολογίζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, χρησιμοποιώντας τις τιμές του γεωειδούς σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα σημείων της περιοχής μελέτης. Οι μέθοδοι αναλυτικής έκφρασης της επιφάνειας του γεωειδούς αποτελούνται από τις πολυωνυμικές μεθόδους, της διαρμονικής παρεμβολής, του εγγύτερου γείτονα και τη μέθοδο των συναρτήσεων της αντίστροφης απόστασης.

Τέλος, ο εμπλουτισμός των αποτελεσμάτων για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από ένα παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο,

έτσι ώστε να βελτιωθεί η ακρίβειά τους, πραγματοποιείται μέσω της προσαρμογής κατάλληλα επιλεγμένων παραμετρικών μοντέλων στα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από ένα γεωδυναμικό μοντέλο μαζί με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των υψομέτρων από επίγειες μετρήσεις στην περιοχή μελέτης. Συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα κοινό μοντέλο συνόρθωσης των αποτελεσμάτων των υψομέτρων του γεωειδούς από τις μετρήσεις και από το γεωδυναμικό μοντέλο, το οποίο οδηγεί στο βέλτιστο συνδυασμό όλων των υψομέτρων που αφορούν τα σημεία της περιοχής μελέτης (ορθομετρικά, γεωμετρικά, υψόμετρα γεωειδούς).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

### 1.1 Η Φυσική Γήινη Επιφάνεια και η Μέση Στάθμη της Θάλασσας

Η φυσική γήινη επιφάνεια είναι η πραγματική επιφάνεια της γης, η οποία περιλαμβάνει την τοπογραφική επιφάνεια και την επιφάνεια των ωκεανών, που θεωρείται το όριο μεταξύ της υδάτινης επιφάνειας της γης και της ατμόσφαιρας.

Για πρακτικούς λόγους η επιφάνεια της θάλασσας αποτέλεσε την επιφάνεια αναφοράς για τη μέτρηση των υψομέτρων της στεριάς και κάτω από αυτή το βάθος των θαλασσών. Επειδή όμως η στιγμιαία επιφάνεια της θάλασσας μεταβάλλεται συνεχώς ως επιφάνεια αναφοράς για τη μέτρηση των υψομέτρων της φυσικής γήινης επιφάνειας, χρησιμοποιείται η μέση στάθμη της θάλασσας. [Μπιλλήρης Χ., 2003]

Η μέση στάθμη της θάλασσας (μσθ) είναι η ισοδυναμική επιφάνεια που προσεγγίζει την επιφάνεια του γεωειδούς με ακρίβεια  $\pm 1\text{m}$ . Οι βασικότεροι λόγοι της μεταβολής της είναι η επίδραση των παλιρροιών, οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης, η επίδραση των ανέμων και άλλοι.

Ο προσδιορισμός της μέσης στάθμης της θάλασσας απαιτεί μακροχρόνιες και συνεχείς παρατηρήσεις της μεταβολής της. Ο προσδιορισμός της είναι απαραίτητος προκειμένου να οριστεί η αφετηρία των ορθομετρικών υψομέτρων. Ο προσδιορισμός της μπορεί να γίνει σε τοπική κλίμακα με το παλιρροιόμετρο, τον παλιρροιογράφο και σε παγκόσμια κλίμακα με τη μέθοδο της δορυφορικής αλτιμετρίας. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

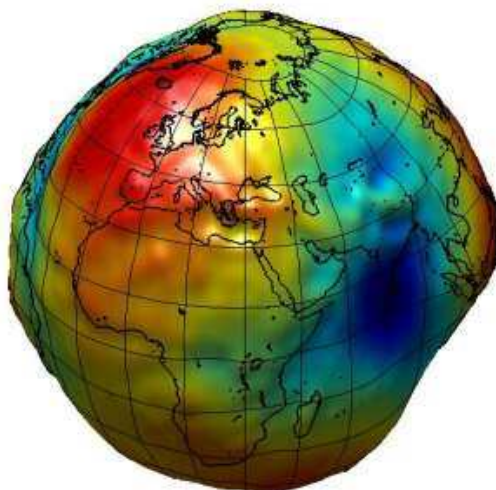
### 1.2 Το γεωειδές

Από τα βασικά προβλήματα της Γεωδαισίας, είναι ο ακριβής προσδιορισμός του σχήματος και του μεγέθους της Γης. Οι όροι σχήμα και μέγεθος, αφορούν στην εύρεση της «φυσικής και μαθηματικής» επιφάνειας της Γης και των διαστάσεων της. Ουσιαστικά, αναζητείται



ένα μοντέλο επιφάνειας που να προσεγγίζει καλύτερα την πραγματική γη. Η επιφάνεια ενός τέτοιου μοντέλου είναι μια ισοδυναμική (χωροσταθμική) επιφάνεια του πεδίου βαρύτητας της γης. Η επιφάνεια αυτή που πλησιάζει περισσότερο από κάθε άλλη ισοδυναμική επιφάνεια το πεδίο βαρύτητας της γης είναι το γεωειδές.

Το γεωειδές, είναι εκείνη η ισοδυναμική επιφάνεια του πραγματικού γήινου επιπέδου βαρύτητας, που προσαρμόζεται όσο το δυνατόν καλύτερα στη μέση στάθμη των θαλασσών στο σύνολο της γης. Η μέση στάθμη της θάλασσας θεωρείται διορθωμένη από την επίδραση της μεταβολής της πυκνότητας του θαλάσσιου νερού, των κυμάτων, των παλιρροιών και των ρευμάτων. Η επιφάνεια του γεωειδούς είναι εξ ορισμού κάθετη προς τη διεύθυνση της βαρύτητας και κατά συνέπεια παντού κάθετη στην κατακόρυφο.



*Σχήμα 1.1 Η μορφή του γεωειδούς*

Το γεωειδές είναι μια κλειστή και συνεχής επιφάνεια που εκτείνεται μερικώς μέσα στο στερεό σώμα της Γης. Η καμπυλότητα του παρουσιάζει ασυνέχειες σε σημεία με απότομες μεταβολές της πυκνότητας. Συνεπώς το γεωειδές δεν είναι μια αναλυτική μαθηματική επιφάνεια, δηλαδή δεν περιγράφεται με απλές μαθηματικές σχέσεις γι' αυτό δεν είναι κατάλληλη επιφάνεια αναφοράς για προσδιορισμό θέσεων οριζοντιογραφικά.

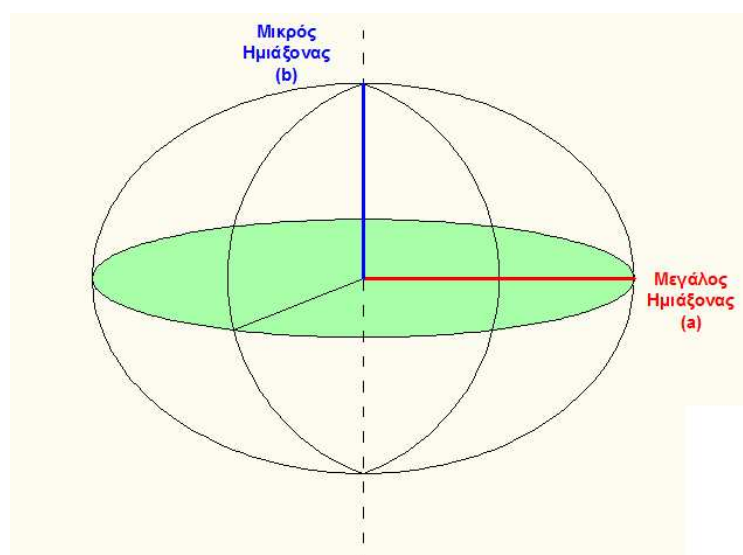
Ωστόσο, είναι πολύ βολική επιφάνεια αναφοράς για υψομετρικό προσδιορισμό θέσης, διότι δεν απαιτούνται πολύπλοκες μαθηματικές σχέσεις. Η γραμμική απόσταση, η μετρημένη κατά μήκος της

καμπυλωμένης καθέτου γραμμής, από το γεωειδές ως το σημείο της επιφάνειας ονομάζεται **ορθομετρικό υψόμετρο (H)**. Τα ορθομετρικά υψόμετρα προσδιορίζονται κυρίως με τη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμισης, τη μέθοδο της τριγωνομετρικής υψομετρίας, με τη μέθοδο της Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας (ΕΤΥ) καθώς και τη μέθοδο Τριγωνομετρικής Υψομετρίας Ακριβείας (ΤΡΥΑ) με αβεβαιότητα αντίστοιχη της γεωμετρικής χωροστάθμισης.

### 1.3 Ελλειψοειδές αναφοράς

Επειδή το γεωειδές είναι μια αρκετά ανώμαλη επιφάνεια, δεν είναι εύχρηστο ως επιφάνεια αναφοράς για γεωδαιτικούς υπολογισμούς. Για τον λόγο αυτό σε συνήθεις γεωδαιτικούς υπολογισμούς δύο διαστάσεων η θέση των σημείων που βρίσκονται στη φυσική γήινη επιφάνεια ορίζεται προσδιορίζοντας τις συντεταγμένες τους ως προς κάποια επιφάνεια αναφοράς, η οποία εκλέγεται συμβατικά, αλλά που πλησιάζει όσο το δυνατόν καλύτερα το γεωειδές και συγχρόνως έχει απλή μαθηματική έκφραση.

Ως τέτοια επιφάνεια αναφοράς επιλέγεται ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής, που δημιουργείται από την περιστροφή μιας έλλειψης γύρω από το μικρό της άξονα και ορίζεται από το μεγάλο ημιάξονα  $a$  και είτε από την επιπλάτυνση  $f$ , είτε από το μικρό ημιάξονα  $b$ , είτε από την εκκεντρότητά του  $e$ .



Σχήμα 1.2 Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής

Η εύρεση των διαστάσεων του ελλειψοειδούς που προσαρμόζεται όσο το δυνατόν καλύτερα στο πραγματικό σχήμα της Γης είναι ένα από τα προβλήματα της γεωδαισίας. Το ελλειψοειδές που προσαρμόζεται καλύτερα ονομάζεται γήινο ή γεωκεντρικό ελλειψοειδές και είναι εκείνο του οποίου το κέντρο ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της Γης, ο άξονας συμμετρίας του ταυτίζεται με τον άξονα περιστροφής της Γης και οι διαστάσεις του προσεγγίζουν όσο γίνεται καλύτερα τις διαστάσεις του γεωειδούς.

Η εξίσωση του ελλειψοειδούς σε ένα γεωκεντρικό καρτεσιανό σύστημα αναφοράς είναι η εξής:

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1 \quad (1.1)$$

όπου ο άξονας  $Z$  ταυτίζεται με τον άξονα συμμετρίας (άξονας περιστροφής της γης), ο άξονας  $X$  περνά από τον βασικό μεσημβρινό αναφοράς και ο άξονας  $Y$  συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα.

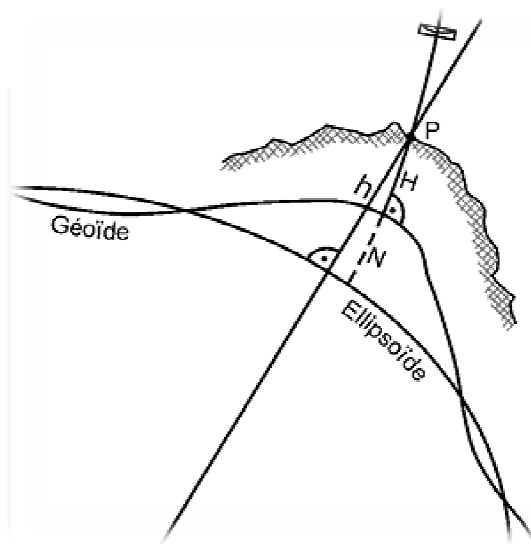
Η αρχή του ορθογωνίου συστήματος  $X, Y, Z$  βρίσκεται πάντα στο κέντρο βάρους του ελλειψοειδούς. Η θέση ενός σημείου πάνω στο ελλειψοειδές ορίζεται αμφοιμονοσήμαντα από ένα διάνυσμα με συνιστώσες  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  ως προς το ορθογώνιο σύστημα που έχει αφητηρία το κέντρο του ελλειψοειδούς (γεωκεντρικές καρτεσιανές συντεταγμένες), ή από το γεωδαιτικό πλάτος  $\varphi$  και γεωδαιτικό μήκος  $\lambda$ , (ελλειψοειδείς συντεταγμένες).

Η ανάγκη προσδιορισμού του υψόμετρου του γεωειδούς σε κάθε σημείο της Γης σε σχέση με κάποιο μοντέλο αναφοράς με ακρίβεια λίγων εκατοστών προέρχεται από τη δυνατότητα προσδιορισμού των γεωμετρικών υψόμετρων των σημείων με ακρίβεια εκατοστού μέσω δορυφορικών μετρήσεων. Έχοντας γνωστά για οποιοδήποτε σημείο το γεωμετρικό υψόμετρο και το υψόμετρο του γεωειδούς, είναι εύκολος ο υπολογισμός του ορθομετρικού υψόμετρου με ακρίβεια εκατοστού, το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο.

#### 1.4 Τα υψόμετρα του γεωειδούς $N$

Το υψόμετρο ενός σημείου με επιφάνεια αναφοράς το ελλειψοειδές είναι η απόσταση κατά τη διεύθυνση της καθέτου στο ελλειψοειδές από το σημείο εως την επιφάνεια του ελλειψοειδούς και ορίζεται ως το *γεωμετρικό υψόμετρο  $h$*  του σημείου.

Τα γεωμετρικά υψόμετρα των σημείων μπορούν να προκύψουν με μετρήσεις του συστήματος GPS, ενώ τα ορθομετρικά υψόμετρα, προκύπτουν με επίγειες μεθόδους. Ο συνδυαστικός κρίκος μεταξύ των ορθομετρικών και γεωμετρικών υψομέτρων είναι το υψόμετρο του γεωειδούς  $N$  το οποίο ορίζεται ως η απόσταση του γεωειδούς από το ελλειψοειδές σε κάθε σημείο και ισχύει ότι  $h=H^{\circ}+N$ .



Σχήμα 1.3 Το γεωειδές σε σχέση με το ελλειψοειδές

Τα υψόμετρα του γεωειδούς  $N$  μπορούν επίσης να προσδιοριστούν με την αστρογεωδαιτική χωροστάθμιση, όπου χρησιμοποιούνται αστρογεωδαιτικές παρατηρήσεις με τις οποίες προσδιορίζονται οι αστρονομικές συντεταγμένες  $\Phi, \Lambda$ , του σημείου.

Επίσης, μπορούν να προσδιοριστούν με τη βοήθεια βαρυτομετρικών μεθόδων σύμφωνα με τις οποίες πραγματοποιούνται μετρήσεις των ανωμαλιών της βαρύτητας και με συνδιασμό των δύο προαναφερθέντων μεθόδων.

Με τον προσδιορισμό των υψομέτρων του γεωειδούς, είναι δυνατή η δημιουργία χαρτών ή μοντέλων του γεωειδούς για όλη τη γη – παγκόσμια μοντέλα γεωειδούς.

Τα μοντέλα αυτά αποτελούν μια σημαντική πηγή πληροφορίας για τη μεταβολή του υψομέτρου του γεωειδούς αλλά δεν αποδίδουν με ακρίβεια τη μορφή του σε όλες τις περιοχές της γης. Οι διαφορές που παρουσιάζονται από τις πραγματικές τιμές του  $N$  ή του  $\Delta N$ , κυμαίνονται από λίγα cm ως λίγα m και εξαρτώνται από τη γεωμορφολογία και τις

ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει κάθε περιοχή. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

Όσον αφορά τα υψόμετρα του γεωειδούς N σε μια περιοχή, ισχύουν τα εξής:

- Ο υπολογισμός του υψομέτρου του γεωειδούς N σε μια περιοχή της γης αναφέρεται πάντοτε σε συγκεκριμένο ελλειψοειδές.

- Ο χάρτης των υψομέτρων του γεωειδούς είναι διαφορετικός και ως προς τη μορφή των ισουψών καμπυλών και ως προς τις τιμές τους, ανάλογα με το ελλειψοειδές και το σύστημα αναφοράς στο οποίο αναφέρεται. Είναι δηλαδή διαφορετική η τιμή της αποχής του γεωειδούς N σε ένα σημείο ως προς το WGS'84 το οποίο χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS'80 και διαφορετική ως προς το ΕΓΣΑ'87 όπου το ελλειψοειδές GRS'80 είναι μετατοπισμένο ως προς το γεώκεντρο.

- Οι τιμές του N σε ένα χάρτη του γεωειδούς, εξαρτώνται από τον ορισμό της αφετηρίας μέτρησης των ορθομετρικών υψομέτρων H σε μια περιοχή, δηλαδή τον τοπικό προσδιορισμό της επιφάνειας της μσθ. Η μορφή όμως των ισουψών καμπυλών σε αυτή την περίπτωση παραμένει ίδια, αφού η μεταβολή ΔN του υψομέτρου του γεωειδούς μεταξύ των σημείων είναι ίδια. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

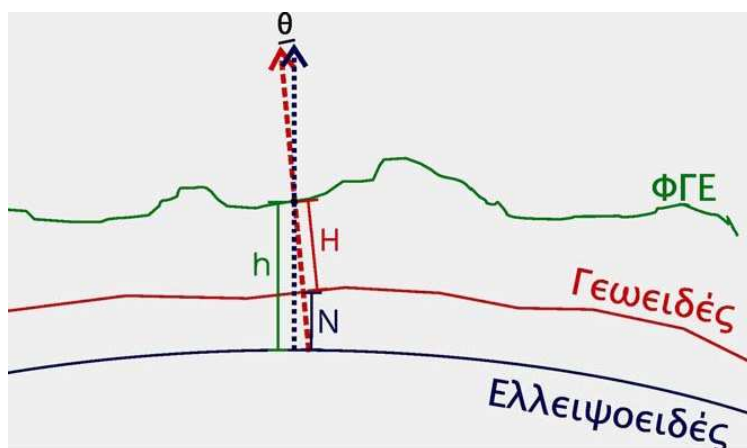
## 1.5 Απόκλιση κατακορύφου

Η *απόκλιση της κατακορύφου*, είναι η γωνία που σχηματίζει η κατακόρυφος που διέρχεται από ένα σημείο με την κάθετο σε αυτό το σημείο. Η απόκλιση οφείλεται στη μη σύμπτωση του ελλειψοειδούς αναφοράς με το γεωειδές. Το γεγονός της μη σύμπτωσης έχει ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των γεωδαιτικών συντεταγμένων σε σχέση με τις αστρονομικές (πραγματικές συντεταγμένες) οι οποίες αναφέρονται στο γεωειδές.

Ο προσδιορισμός της απόκλισης της κατακορύφου έχει μεγάλη σημασία στη γεωδαισία διότι μας επιτρέπει τον υπολογισμό των διαφορών μεταξύ γεωδαιτικών και αστρονομικών συντεταγμένων ώστε να γίνουν αφενός οι απαραίτητες διορθώσεις στις γωνιομετρήσεις και αφετέρου να προσδιοριστεί με μικρή αβεβαιότητα το γεωειδές σε μια περιοχή.

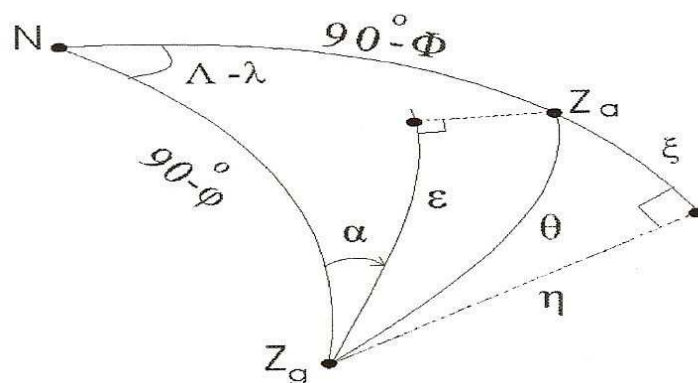
Όλα τα μετρημένα μεγέθη στη γεωδαισία, εκτός από τις αποστάσεις, αναφέρονται στο γήινο βαρυτικό πεδίο, δηλαδή στο γεωειδές και συνεπώς πρέπει να αναχθούν στο ελλειψοειδές αναφοράς για να γίνουν οι υπολογισμοί. Οι αναγωγές γίνονται ευκολότερες με τη χρήση της απόκλισης κατακορύφου  $\epsilon$ .

Κατά Helmert, απόκλιση της κατακορύφου είναι η γωνία ( $\theta$ ) πάνω στην επιφάνεια της γης μεταξύ των διευθύνσεων της καθέτου και της κατακορύφου που περνούν από ένα σημείο.



Σχήμα 1.4 Η απόκλιση της κατακορύφου

Η απόκλιση της κατακορύφου, εξαρτάται από τις διαστάσεις του ελλειψοειδούς αναφοράς και από τη θέση του σε σχέση με το κέντρο μάζας της γης. Ως διανυσματικό μέγεθος αναλύεται σε δύο συνιστώσες  $\xi$ ,  $\eta$  κατά τη διεύθυνση του μεσημβρινού και του 1<sup>ου</sup> κάθετου επιπέδου στο μεσημβρινό αντίστοιχα.



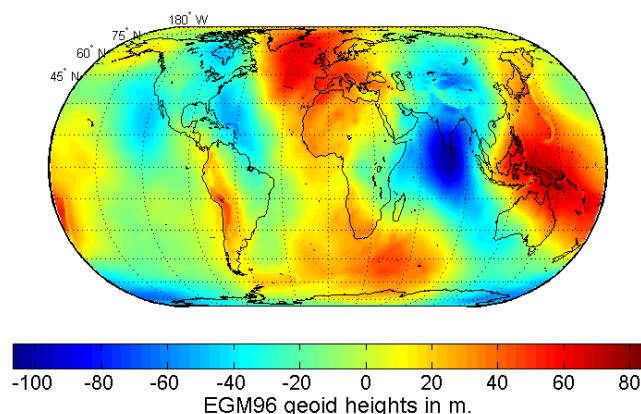
Σχήμα 1.5 Οι συνιστώσες  $\xi$ ,  $\eta$ , της απόκλισης της κατακορύφου

## 1.6 Παγκόσμιο μοντέλο Γεωειδούς EGM96

Το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο της γης EGM96, με κάναβο 15'x15', χρησιμοποιήθηκε ευρέως από την γεωδαιτική κοινότητα την τελευταία δεκαετία. Το μοντέλο είναι πλήρες μέχρι βαθμό και τάξη 360, που σημαίνει ότι για το ανάπτυγμα του γήινου δυναμικού σε σφαιρικές αρμονικές απαιτούνται περίπου 130.000 παράμετροι. Ο υπολογισμός του μοντέλου είναι αποτέλεσμα κοινής προσπάθειας από το Διαστημικό Κέντρο Goddard της NASA, της τότε υπηρεσίας Τοπογραφίας και Χαρτογραφίας των Η.Π.Α και της σχολής γεωδαιτικής επιστήμης του πανεπιστημίου του Ohio. Βασίστηκε στην επεξεργασία δεδομένων δορυφορικών τροχιακών διαταραχών που αποκτήθηκαν από την παρακολούθηση από σημαντικό αριθμό τεχνητών δορυφόρων και το συνδιασμό επίγειων και αλτιμετρικών δεδομένων βαρύτητας από διαφορετικές περιοχές του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένων και νέων εναέριων μετρήσεων βαρύτητας στη Γροιλανδία και τμήματα της Αρκτικής και της Ανταρκτικής, καθώς και δεδομένων από δορυφορικές μετρήσεις από την παρακολούθηση της τροχιάς πλήθους γεωδαιτικών δορυφόρων. [Δεληκαράογλου Δ., 2010]

Η εκτίμηση της ακρίβειας των υψομέτρων του γεωειδούς από το μοντέλο EGM96, σε παγκόσμια κλίμακα, είναι **της τάξης από 1 έως 2 μέτρα** στη μέγιστη ανάλυση των 30 λεπτών του τόξου, το οποίο αντιστοιχεί σε περίπου 55 Km στον ισημερινό. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι παραλλαγές του γήινου πεδίου βαρύτητας για μήκη κύματος μικρότερα από 56 Km, δεν απεικονίζονται από το συγκεκριμένο γεωδυναμικό μοντέλο. [Δεληκαράογλου Δ., 2010]

Παρακάτω παρουσιάζεται ο χάρτης υψομέτρων του γεωειδούς, σύμφωνα με το γεωδυναμικό μοντέλο EGM96.



Σχήμα 1.6 Χάρτης υψομέτρων του γεωειδούς σύμφωνα με το EGM96

## 1.7 Παγκόσμιο μοντέλο Γεωειδούς EGM08

Η πιο πρόσφατη ανακοίνωση για την δημιουργία ενός νέου παγκόσμιου μοντέλου (Ιανουάριος 2008) γεωειδούς της Γης πραγματοποιήθηκε από την Εθνική Υπηρεσία Γεωστατιστικών Πληροφοριών της Αμερικής (National Geospatial-Intelligence Agency) με επικεφαλής τον Ν.Παυλή (Pavlis et al. 2008).

Πρόκειται για ένα μοντέλο συνδιασμένων τύπων μετρήσεων (δορυφορικών και επίγειων), προέρχεται δηλαδή από το συνδιασμό δορυφορικών δεδομένων, μετρήσεων βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης και στις θαλάσσιες περιοχές με συμβατικά βαρυτήμετρα, θαλάσσιες ανωμαλίες βαρύτητας από τους δορυφόρους αλτιμετρίας και πιο πρόσφατα δεδομένα μετρήσεων βαρύτητας από αερομεταφερόμενα βαρυτήμετρα. Συγκεκριμένα, το EGM08 συνδιάζει πληροφορίες για το γήινο πεδίο βαρύτητας οι οποίες προέκυψαν από τον δορυφόρο GRACE, μαζί με παγκόσμιες πληροφορίες ανωμαλιών βαρύτητας σε κানাβο διαστάσεων 5' x 5' ή 9Km x 9Km.

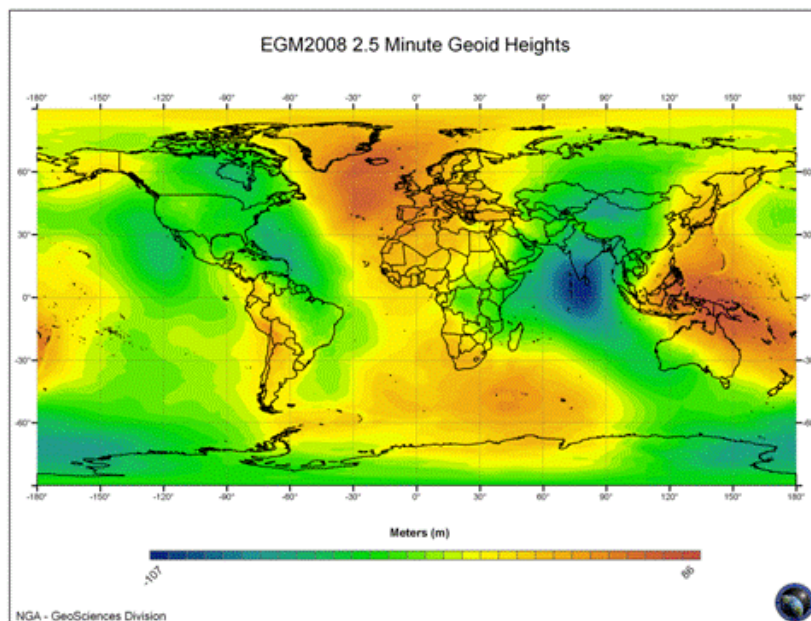
Το νέο γεωδυναμικό μοντέλο συνίσταται από ένα σύνολο ομαλοποιημένων συντελεστών σφαιρικών αρμονικών συναρτήσεων του πεδίου βαρύτητας της Γης (γεωδυναμικό), φτάνει να είναι πλήρεις στο βαθμό (n) και στην τάξη (m) 2159 (με πρόσθετους σφαιρικούς αρμονικούς συντελεστές να φτάνουν 2190 σε βαθμό και 2159 σε τάξη). Η μέση ακρίβεια με την οποία μπορεί το συγκεκριμένο μοντέλο να υποστηρίξει τον υπολογισμό υψόμετρων του γεωειδούς είναι  $\pm 15\text{cm}$ .

Ο κানাβος του μοντέλου για ολόκληρη τη γη είναι 2.5' x 2.5' δηλαδή περίπου 5Km x 5Km και η αβεβαιότητα, όπως υπολογίστηκε κατά τη δημιουργία του μοντέλου είναι **της τάξης των  $\pm 10\text{ cm}$** .

Για πρώτη φορά διατίθεται ένα μοντέλο με αυτά τα χαρακτηριστικά, ενώ η παγκόσμια καλυψή του προσφέρει ανάλυση (περίπου 9Km) πολύ υψηλότερη από το προηγούμενο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM96 (55Km). Ως αποτέλεσμα του νέου μοντέλου είναι ο ακριβέστερος προσδιορισμός του γήινου πεδίου βαρύτητας και των ανωμαλιών του γεωειδούς σε όλη την επιφάνεια της γης.

Παρακάτω απεικονίζονται σε χάρτη τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν σύμφωνα με το γεωδυναμικό EGM08.





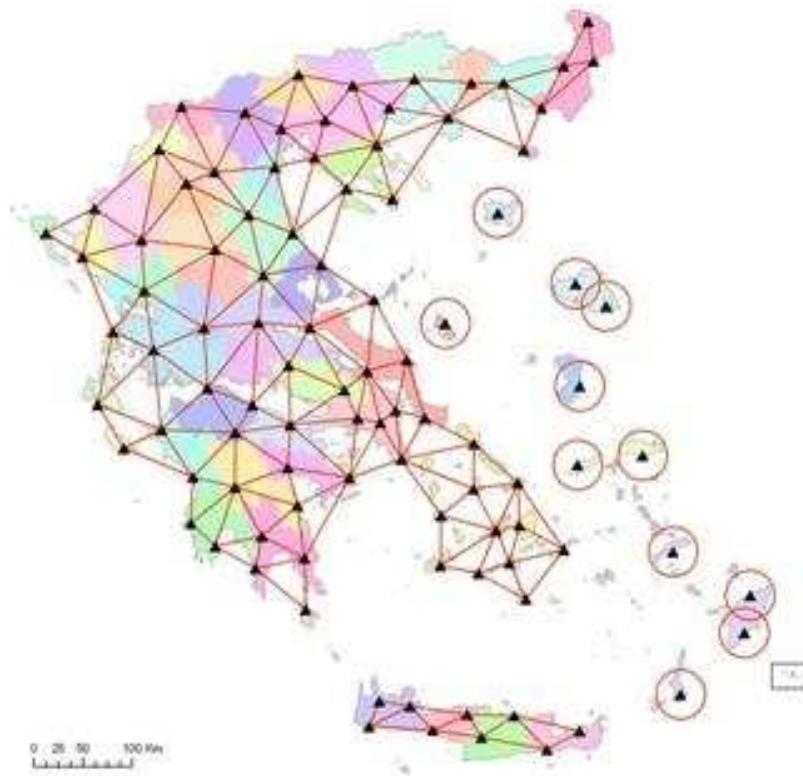
*Σχήμα 1.7 Απεικόνιση των υψομέτρων του γεωειδούς σύμφωνα με το EGM08*

## **1.8 Το ελληνικό σύστημα εντοπισμού Hepos**

Το HEPOS είναι ένα σύγχρονο σύστημα μόνιμων σταθμών γεωδαιτικού εντοπισμού, το οποίο επιτρέπει τον προσδιορισμό θέσης με υψηλή ακρίβεια αξιοποιώντας το υφιστάμενο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS.

Το HEPOS αποτελείται από ένα σύνολο 98 μόνιμων σταθμών αναφοράς, ένα κέντρο ελέγχου το οποίο βρίσκεται στις εγκαταστάσεις της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. και ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο το οποίο συνδέει αμφίδρομα τους σταθμούς αναφοράς με το κέντρο ελέγχου. Οι μόνιμοι σταθμοί αναφοράς βρίσκονται κατανεμημένοι σε όλη τη χώρα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς στο οποίο επιλύθηκε το δίκτυο των μόνιμων σταθμών του HEPOS είναι το HTRS07 το οποίο αποτελεί ένα νέο σύστημα αναφοράς.



*Σχήμα 1.8 Οι μόνιμοι σταθμοί και το δίκτυο του συστήματος εντοπισμού HEPOS*

Το σύστημα αυτό, ορίζεται σύμφωνα με το ευρωπαϊκό σύστημα αναφοράς ETRS89 το οποίο ταυτίζεται με το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς ITRF στην εποχή 1989.0 και είναι προσκολλημένο στο σταθερό μέρος της Ευρασιατικής τεκτονικής πλάκας, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι φαινόμενες μετακινήσεις των σημείων στο μεγαλύτερο τμήμα της Ευρώπης. Στην Ελλάδα το ευρωπαϊκό σύστημα αναφοράς ETRS89 χρησιμοποιεί το πλαίσιο ETRF2005. Ο σταθερός σταθμός του δικτύου (AUT 1), βρίσκεται στη σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών στη Θεσσαλονίκη και ανήκει στο δίκτυο μόνιμων σταθμών EPN (Euref Permanent Network) της Ευρώπης.

Ως ελλειψοειδές αναφοράς ορίστηκε το παγκόσμιο ελλειψοειδές GRS '80 και ως προβολή επιλέχθηκε η εγκάρσια μερκατορική, σε μια ζώνη με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda=24^\circ$ , συντελεστή κλίμακας ίσο με 0.9996 και προσθετικές σταθερές στην τομή του κεντρικού μεσημβρινού με τον ισημερινό  $X_0 = 500000 \text{ m}$  και  $Y_0 = -2000000 \text{ m}$ , ενώ για το Καστελόριζο χρησιμοποιείται η εγκάρσια μερκατορική προβολή με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda=30^\circ$ , συντελεστή κλίμακας ίσο με 1 και προσθετικές σταθερές στην τομή του κεντρικού μεσημβρινού με τον ισημερινό  $X_0 = 500000 \text{ m}$  και  $Y_0 = -2000000 \text{ m}$ .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 2.1 Αντικείμενο της εργασίας

Το αντικείμενο της εργασίας είναι :

- ✚ Η δημιουργία ενός χάρτη του Γεωειδούς στην περιοχή του ανατολικού τμήματος του Κορινθιακού Κόλπου, σύμφωνα με επίγειες μετρήσεις GPS σε τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής και των ορθομετρικών υψομέτρων των σημείων τα οποία είναι γνωστά από μετρήσεις της ΓΥΣ, μέσω προσαρμογών διαφόρων επιφανειών στην περιοχή.
- ✚ Ο υπολογισμός των υψομέτρων του γεωειδούς στα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής για τα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα EGM08 και EGM96 έτσι ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα των δύο μοντέλων στην περιοχή και κατ'επέκταση να αξιολογηθεί το νέο μοντέλο EGM08 ως προς την ακρίβειά του σε σχέση με το παλιό.
- ✚ Ο εμπλουτισμός των αποτελεσμάτων του παγκόμιου γεωδυναμικού μοντέλου EGM08 για την περιοχή μελέτης, με τη βοήθεια των επίγειων στοιχείων από τις μετρήσεις με το σύστημα GPS που έχουν γίνει στην περιοχή.
- ✚ Τέλος η δημιουργία μιας χωρικής βάσης των δεδομένων που υπάρχουν και που προέκυψαν από την παρούσα εργασία για την περιοχή μελέτης σε περιβάλλον χαρτογραφικής απεικόνισης.

Η αξιολόγηση της προσαρμογής του μοντέλου EGM08 στην περιοχή μελέτης κρίνεται απαραίτητη διότι τα δεδομένα από όλη τη γη τα οποία χρησιμοποιούνται ώστε να δημιουργηθούν τα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα δεν είναι δυνατόν να καλύπτουν επαρκώς όλες τις περιοχές της γης.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι η ακρίβεια την οποία εμφανίζεται να παρέχει ένα γεωδυναμικό μοντέλο, πιθανόν να μην ισχύει για όλες τις περιοχές της γης. Συνεπώς ένα παγκόσμιο

γεωδυναμικό μοντέλο για οποιαδήποτε επιμέρους περιοχή χρήζει περαιτέρω ελέγχου και αξιολόγησης.

## 2.2 Τα στοιχεία της περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου. Η έκταση της περιοχής έχει μήκος 160Km περίπου και πλάτος 85Km περίπου, δηλαδή 13600Km<sup>2</sup>.

Στην περιοχή έγιναν μετρήσεις σε 79 τριγωνομετρικά σημεία της ΓΥΣ, κατανομημένα έτσι ώστε να απέχουν κατά μήκος από 0.5 Km έως 9 Km μεταξύ τους και κατά πλάτος από 1Km έως 23Km.

Η επιλογή του Κορινθιακού κόλπου, έγινε λόγω του ενδιαφέροντος για την περιοχή, η οποία παρουσιάζει έντονη τεκτονική δραστηριότητα, γεωδυναμικά φαινόμενα και αδυναμία λήψης επαρκών μετρήσεων στο θαλάσσιο τμήμα της περιοχής το οποίο παρεμβάλλεται.

Στο χάρτη 2.1 παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης.

## 2.3 Τα δεδομένα της περιοχής μελέτης

Τα δεδομένα που υπάρχουν για την περιοχή μελέτης είναι αρχεία μετρήσεων στην περιοχή με δορυφορικό σύστημα GPS στο ελληνικό σύστημα εντοπισμού HEPOS.

Τα αρχεία περιλαμβάνουν μετρήσεις μεταξύ των μόνιμων σταθμών του HEPOS της περιοχής και 79 τριγωνομετρικών σημείων της γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού (Γ.Υ.Σ).

Η επίλυση των βάσεων παράγει ως αποτέλεσμα τα γεωμετρικά υψόμετρα (h) των τριγωνομετρικών σημείων και τις συντεταγμένες τους στο παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS84'.

Από τα σημεία αυτά μετρήθηκαν:

- ✓ 29 τριγωνομετρικά, στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής εργασίας «Αξιολόγηση του αμφίδρομου μετασχηματισμού των συντεταγμένων μεταξύ του HTRS07 και του ΕΓΣΑ87'. Εφαρμογή στο βορειοανατολικό τμήμα του κορινθιακού κόλπου». [Μπισμπιλής Κ., 2010]



*Χάρτης 2.1 Η περιοχή μελέτης στον Κορινθιακό Κόλπο*

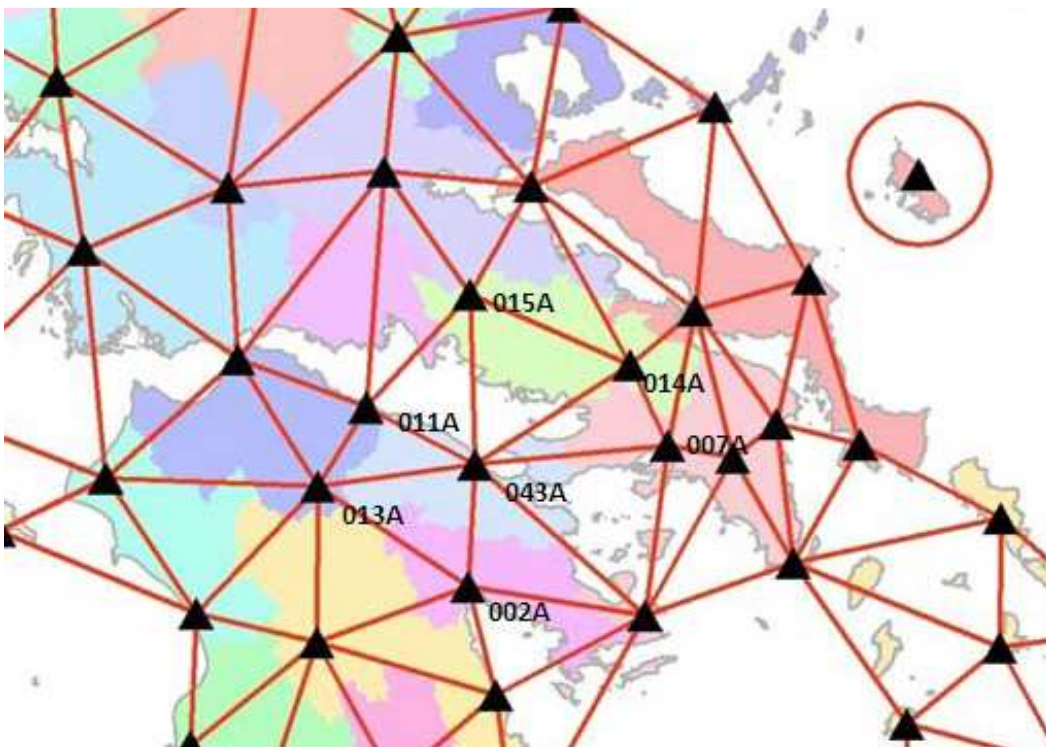
- ✓ 39 τριγωνομετρικά σημεία από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής εργασίας «Αξιολόγηση του αμφίδρομου μετασχηματισμού των συντεταγμένων μεταξύ του ΕΓΣΑ87 και του HTRS07 του HEPOS. Εφαρμογή στο νοτιανατολικό τμήμα του κορινθιακού κόλπου». [Παπανικολάου Θ., 2010]

Οι μετρήσεις των τριγωνομετρικών σημείων για τις δύο προαναφερθείσες διπλωματικές, πραγματοποιήθηκαν από το Μάιο ως τον Οκτώβριο του 2009.

- ✓ 19 τριγωνομετρικά σημεία αποτελούν προσωπικές μετρήσεις των επίκουρων καθηγητών Λάμπρου Ε. και Πανταζή Γ. το καλοκαίρι του 2010.

Οι δορυφορικές μετρήσεις επιλύθηκαν κάνοντας χρήση του ελληνικού συστήματος εντοπισμού (HEPOS). Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 7 μόνιμοι σταθμοί αναφοράς GPS που βρίσκονται στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου ή σε κοντινές περιοχές.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι θέσεις των μόνιμων σταθμών αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι συνεταγμένες τους στο σύστημα HTRF 07.



Σχήμα 2.1 Οι θέσεις των μόνιμων σταθμών αναφοράς στην περιοχή μελέτης

Οι γεωκεντρικές καρτεσιανές συντεταγμένες των 7 σταθμών αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις μετρήσεις στην περιοχή στο σύστημα HTRS07 είναι οι εξής:

A/A	ΟΝΟΜΑ	X(m)	Y(m)	Z(m)
002A	Νέα Κίος	4667055.2425	1956060.8533	3869452.2607
007A	Ελευσίνα	4611006.2773	2008856.0095	3909149.2148
011A	Ακράτα	4645937.6857	1907011.6163	3918883.4508
013A	Κλειτορία	4668680.9712	1898110.1952	3896938.6424
014A	Νεοχωράκι	4600720.7783	1989591.9076	3931385.0633
015A	Δαύλεια	4609055.5599	1931055.7053	3950707.4415
043A	Βέλο	4642072.4560	1947623.1283	3903423.3863

*Πίνακας 2.1 Οι γεωκεντρικές καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών αναφοράς στην περιοχή μελέτης*

Τέλος, οι συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων στο ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ87 και τα ορθομετρικά τους υψόμετρα έχουν προσδιοριστεί και είναι γνωστά από τη γεωγραφική υπηρεσία στρατού (Γ.Υ.Σ). Όσον αφορά τα ορθομετρικά υψόμετρα, δεν είναι γνωστή η υψομετρική αφετηρία με βάση την οποία έχει γίνει ο προσδιορισμός τους, ενώ παράλληλα το ελληνικό υψομετρικό δίκτυο δεν είναι ομοιογενές σε όλες τις περιοχές. Για αυτό τον λόγο σε παρακάτω κεφάλαιο, υπολογίστηκε η υψομετρική αφετηρία των ορθομετρικών υψομέτρων της περιοχής.

Οι παραπάνω αβεβαιότητες σχετικά με τα ορθομετρικά υψόμετρα επιφέρουν σφάλματα τα οποία επηρεάζονται στη διαδικασία προσδιορισμού του τοπικού γεωειδούς στην περιοχή μελέτης.

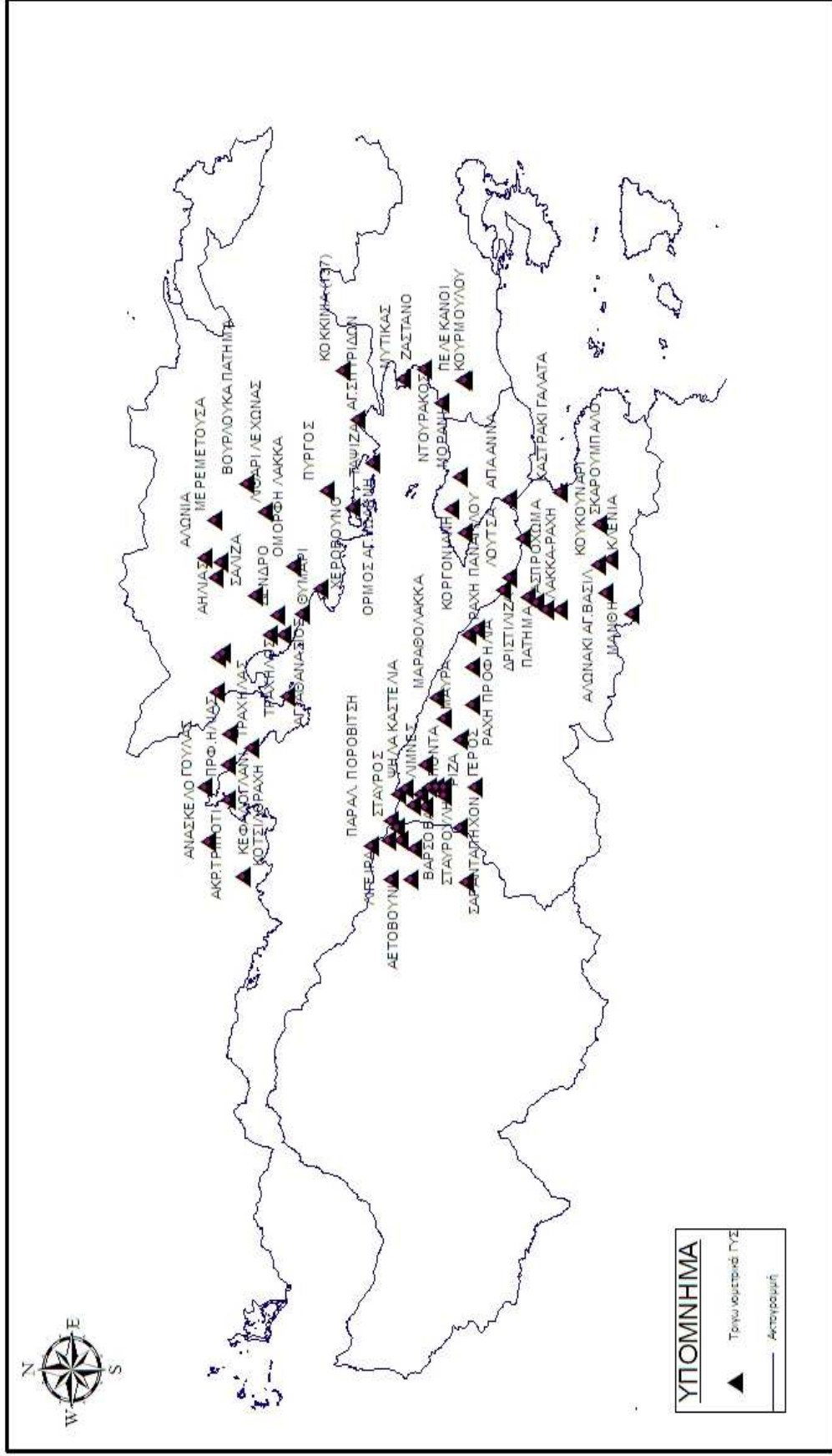
Τα τριγωνομετρικά σημεία που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται με την ονομασία τους και κατά φύλλο χάρτη στον πίνακα 2.2.

Επίσης, ο χάρτης 2.2 παρουσιάζει τα τριγωνομετρικά σημεία τα οποία καλύπτουν την περιοχή μελέτης.

ΟΝΟΜΑ	φύλλο χάρτη	ΟΝΟΜΑ	φύλλο χάρτη
ΒΑΡΣΟΒΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	ΙΤΕΑ 126
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΑΝΑΣΚΕΛΟ	ΙΤΕΑ 126
ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΤΡΑΧΗΛΑΣ	ΙΤΕΑ 126
ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	ΙΤΕΑ 126
ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΓΟΥΛΑΣ	ΙΤΕΑ 126
ΛΙΜΝΕΣ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	ΙΤΕΑ 126
ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΓΚΟΥΡΙΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΜΑΝΘΗ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΠΑΤΗΜΑ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΠΟΝΤΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΚΛΕΝΙΑ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΑΓΙΑ ΑΝΝΑ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΑΙΓΕΙΡΑ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΓΕΡΟΣ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ 089	ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΣΤΑΥΡΟΣ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ089	ΑΛΩΝΑΚΙ ΑΓ.ΒΑΣΙΛ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΠΑΡΑΛ. ΠΟΡΟΒΙΤΣΗ	ΔΕΡΒΕΝΙΟΝ089	ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΚΟΚΚΙΝΙΑ (137)	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(173)	ΚΟΡΙΝΘΟΣ 173
ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΠΡΦ.ΗΛΙΑΣ(46)	ΑΡΑΧΩΒΑ 046
ΖΑΣΤΑΝΟ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	ΑΡΑΧΩΒΑ 046
ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	ΑΡΑΧΩΒΑ 046
ΠΕΛΕΚΑΝΟΙ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	ΑΡΑΧΩΒΑ 046
ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	ΑΡΑΧΩΒΑ 046
ΤΑΨΙΖΑ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΤΡΑΧΗΛΟΣ	ΑΡΑΧΩΒΑ 046
ΜΥΤΙΚΑΣ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΛΟΥΤΣΑ	ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ 137	ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΑΗΛΙΑΣ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΠΕΥΚΟ ΚΑΤΙ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΣΑΛΙΖΑ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(274)	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΧΕΡΟΒΟΥΝΟ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΜΑΥΡΑ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΠΥΡΓΟΣ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΡΙΖΑ	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ 274
ΑΛΩΝΙΑ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	ΠΕΡΑΧΩΡΑ 296
ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΜΟΡΑΝΙ	ΠΕΡΑΧΩΡΑ 296
ΔΕΝΔΡΟ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188	ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	ΠΕΡΑΧΩΡΑ 296
ΘΥΜΑΡΙ	ΛΕΙΒΑΔΙΑ 188		

*Πίνακας 2.2 Τα τριγωνομετρικά που χρησιμοποιήθηκαν ανά φύλλο χάρτη*

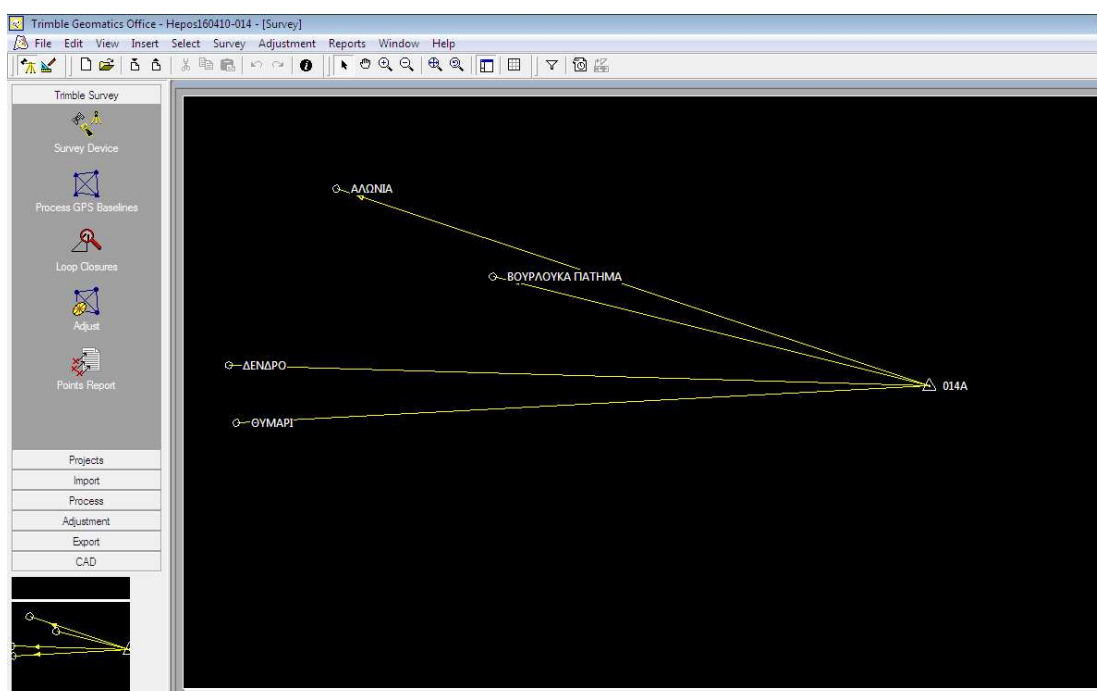




Χάρτης 2.2 Ο χάρτης των θέσεων των τριγωνομετρικών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης

## 2.4 Επίλυση των βάσεων

Η επίλυση των βάσεων που μετρήθηκαν στην περιοχή, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού 'Trimble Geomatics Office' σύμφωνα με το οποίο κάθε βάση προς επίλυση χρειάζεται να έχει ένα σταθερό σταθμό, πακτωμένο στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα WGS84' ή σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα αναφοράς επιλεγεί, έτσι ώστε να επιλυθεί.



Εικόνα 2.1 Το περιβάλλον του λογισμικού 'TGOoffice'

Μετά την επίλυση κάθε βάσης, προκύπτει η αναφορά της επίλυσης η οποία περιλαμβάνει τις συντεταγμένες του σταθμού αναφοράς και των τριγωνομετρικών σημείων που συνδέονται με το σταθμό με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις. Οι συντεταγμένες των σημείων μπορούν να είναι καρτεσιανές ή γεωγραφικές ανάλογα την επιλογή εμφάνισής τους. Επίσης εκτός από τις συντεταγμένες από την αναφορά της επίλυσης της βάσης προκύπτουν τα γεωμετρικά υψόμετρα των σημείων καθώς και τα σφάλματα επίλυσης των βάσεων αλλά και το σφάλμα προσδιορισμού του υψομέτρου  $\sigma_{\Delta h}$ .

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση των επιμέρους βάσεων για όλα τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής περιλαμβάνουν τις γεωκεντρικές καρτεσιανές και γεωγραφικές συντεταγμένες στο

παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS84', το γεωμετρικό υψόμετρο κάθε σημείου καθώς και το σφάλμα προσδιορισμού του γεωμετρικού υψομέτρου. Τα αποτελέσματα για κάθε σημείο παρουσιάζονται στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα.

A/A	ΟΝΟΜΑ	φ wgs84	λ wgs84	X WGS84	Y WGS84	Z WGS84	h	H(ΓΥΣ)	sh(mm)
1	ΒΑΡΣΟΒΑ	38.1042	22.3289	4648925.954	1909407.482	3914925.118	598.941	567.037	3.6
2	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	38.1276	22.3449	4646756.423	1910028.689	3916831.522	382.596	350.814	6.4
3	ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ(46)	38.4113	22.5345	4622698.862	1918051.136	3941823.078	807.965	773.746	2.8
4	ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	38.0123	22.5970	4646025.704	1933670.906	3907122.613	978.281	944.578	2.8
5	ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	38.1088	22.2734	4650641.225	1904845.826	3915448.969	808.865	777.186	3.6
6	ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	38.0295	22.3691	4652831.263	1914822.534	3908830.357	1305.775	1272.910	4.2
7	ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	38.0874	22.4065	4647505.191	1916182.139	3913534.637	736.610	704.050	2.0
8	ΛΙΜΝΕΣ	38.0807	22.4428	4646811.794	1919336.462	3913032.292	868.711	836.231	3.6
9	ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	38.0311	22.5332	4646824.679	1927929.700	3908620.300	746.480	713.322	2.8
10	ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	38.0121	22.6652	4643423.473	1939072.988	3906839.137	549.097	515.438	3.6
11	ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	38.0882	22.4857	4645025.421	1922675.607	3913806.253	1051.014	1018.630	2.8
12	ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	38.0056	22.7353	4641116.516	1944785.236	3905983.607	82.286	48.520	4.9
13	ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	38.0190	22.7248	4640641.179	1943578.658	3907168.529	98.358	63.703	4.2
14	ΚΟΚΚΙΝΙΑ (137)	38.2305	23.2084	4610957.672	1977059.127	3925814.964	387.869	350.550	4.2
15	ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	38.0707	22.6094	4641342.440	1932894.047	3911742.182	184.791	151.624	14.1
16	ΠΕΥΚΟ ΚΑΤΙ	38.0713	22.6267	4643390.450	1916727.420	3911769.557	149.580	116.726	5.8
17	ΓΚΟΥΡΙΑ	38.1328	22.4302	4615424.868	1970464.866	3917129.255	125.194	93.050	7.1
18	ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	38.2056	23.1191	4620471.223	1957257.045	3923482.380	133.626	97.025	6.4
19	ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	38.2127	22.9578	4619102.417	1980972.358	3924071.699	85.622	50.060	7.6
20	ΖΑΣΤΑΝΟ	38.0970	23.2128	4625214.945	1972723.361	3914065.841	226.022	189.370	3.6
21	ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	38.0602	23.0990	4631900.688	1961847.296	3910727.850	37.889	2.388	2.8
22	ΜΟΡΑΝΙ	38.0376	22.9551	4630160.188	1966811.818	3909027.995	485.395	451.014	2.8
23	ΠΕΛΕΚΑΝΟΙ	38.0341	23.0149	4624209.382	1981217.299	3908803.827	612.139	577.453	3.6
24	ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	38.0300	23.1924	4607081.128	1948856.518	3908357.881	478.494	442.080	4.2
25	ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	38.4411	22.9290	4607081.128	1948856.518	3944059.502	238.703	202.350	7.1

A/A	ΟΝΟΜΑ	φ wgs84	λ wgs84	X WGS84	Y WGS84	Z WGS84	h	H(ΓΥΣ)	sh(mm)
26	ΑΗΛΙΑΣ	38.4290	22.8530	4610571.440	1943126.906	3943128.180	432.692	396.566	±6.4
27	ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	38.4381	22.8248	4610878.413	1940580.142	3943863.217	336.846	300.800	±5.4
28	ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	38.3583	22.9457	4612013.699	1952527.748	3937057.317	570.621	534.198	±5.0
29	ΣΑΛΙΖΑ	38.3727	22.7916	4616666.517	1939868.043	3938605.075	1035.189	999.384	±3.6
30	ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	38.3655	22.8686	4619002.216	1945975.722	3933283.791	1280.543	1244.647	±2.8
31	ΧΕΡΟΒΟΥΝΟ	38.3691	22.8301	4622680.081	1943739.777	3928790.938	476.696	441.745	±2.8
32	ΠΥΡΓΟΣ	38.2552	22.9877	4616883.348	1958581.304	3927893.534	262.109	226.005	±1.4
33	ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	38.3852	22.2727	4632880.800	1897503.163	3939382.489	531.893	500.137	±2.8
34	ΑΝΑΣΚΕΛΟ	38.4448	22.3351	4627114.440	1901027.164	3944648.211	671.585	638.660	±4.2
35	ΤΡΑΧΗΛΑΣ	38.4150	22.3039	4631272.967	1919327.487	3943242.035	135.238	103.109	±2.8
36	ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	38.4299	22.3195	4626225.607	1907914.368	3941404.895	65.563	32.750	±2.8
37	ΓΟΥΛΑΣ	38.4225	22.3117	4623010.678	1908760.729	3944842.328	127.084	93.520	±3.6
38	ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	38.4127	22.4789	4624311.635	1913455.214	3941800.750	583.043	549.430	±2.8
39	ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	38.4450	22.5516	4620161.690	1924232.972	3944873.725	1009.422	974.751	±4.2
40	ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	38.4120	22.6110	4614772.541	1928150.513	3941940.742	904.682	869.840	±2.8
41	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(274)	38.4582	22.6762	4620067.875	1931154.824	3945745.386	72.352	37.830	±4.2
42	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(173)	37.9327	22.9034	4639972.336	1960327.614	3899595.015	72.299	37.830	±4.5
43	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	38.3656	22.6846	4621754.357	1935233.302	3937421.031	119.256	84.486	±5.3
44	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	38.3239	22.7202	4644387.665	1912367.459	3933984.687	442.117	407.336	±2.8
45	ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	38.1427	22.3798	4641484.009	1928186.222	3917941.948	45.150	13.290	±2.0
46	ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΙΩΝ	38.0952	22.5592	4644481.250	1915277.832	3913877.511	180.667	147.668	±3.0
47	ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	38.1203	22.4413	4642145.616	1931830.340	3916859.486	374.272	341.906	±5.7
48	ΜΑΥΡΑ	38.0675	22.5947	4644478.163	1930478.494	3911539.662	321.822	288.657	±9.8
49	PIZA	38.0442	22.5702	4647103.781	1917987.697	3909543.678	378.524	345.173	±3.6
50	ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	38.0818	22.4273	4648511.076	1920233.534	3912998.519	655.150	623.500	±6.4

A/A	ΟΝΟΜΑ	φ wgs84	λ wgs84	X WGS84	Y WGS84	Z WGS84	h	H(ΓΥΣ)	σh(mm)
51	ΠΟΝΤΑ	38.0564	22.4448	4648511.076	1920233.534	3911101.182	1184.077	1151.004	±4.2
52	ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	38.0185	22.2698	4656794.195	1907022.656	3907820.083	1237.933	1205.620	±5.0
53	ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	38.1423	22.2711	4648438.702	1903727.088	3918249.829	601.155	569.740	±2.2
54	ΑΛΩΝΙΑ	38.4568	22.8599	4608504.502	1942908.331	3945493.618	345.096	308.940	±3.6
55	ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	38.3887	22.9974	4608059.016	1955753.661	3939480.521	207.401	170.781	±5.7
56	ΔΕΝΔΡΟ	38.3351	22.7547	4620088.776	1937806.824	3935141.039	734.513	699.287	±5.0
57	ΘΥΜΑΡΙ	38.2939	22.7592	4622222.326	1939127.470	3931269.516	278.797	244.124	±5.7
58	ΤΑΨΙΖΑ	38.1812	23.0404	4619783.508	1964826.223	3921448.619	290.286	254.409	±5.3
59	ΜΥΤΙΚΑΣ	38.1316	23.1956	4617676.222	1978714.082	3917209.466	74.995	38.728	±38.5
60	ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	38.0676	23.1514	4622964.692	1976765.538	3911403.438	36.455	1.100	±13.7
61	ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	38.0271	22.9135	4633814.424	1958686.188	3907973.297	36.465	2.460	±3.9
62	ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	37.9633	22.8093	4641230.115	1951881.247	3902257.471	112.958	78.871	±2.9
63	ΛΟΥΤΣΑ	37.9535	22.8330	4641042.926	1954061.188	3901394.839	36.467	2.460	±22.4
64	ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	37.9234	22.7969	4644223.529	1951954.043	3898806.556	112.958	78.871	±3.0
65	ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	37.9086	22.7852	4645661.051	1951444.185	3897603.762	263.556	229.476	±7.4
66	ΑΙΓΕΙΡΑ	38.1477	22.3432	4645391.913	1909309.002	3918461.551	181.382	149.865	±4.0
67	ΓΕΡΟΣ	38.0051	22.4439	4652024.583	1921595.395	3906818.361	1512.931	1479.662	±3.0
68	ΜΑΝΘΗ	38.7524	22.7682	4656230.255	1954260.290	3884067.353	519.304	485.367	±5.0
69	ΠΑΤΗΜΑ	38.8922	22.7739	4647166.605	1951002.159	3896242.140	387.417	353.877	±4.0
70	ΚΛΕΝΙΑ	38.7863	22.8664	4650706.791	1961324.551	3887003.638	458.712	424.178	±4.0
71	ΑΓΙΑ ANNA	38.4542	22.9765	4636106.755	1965667.747	3901474.954	62.323	27.350	±2.8
72	ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	38.3053	22.9313	4647399.585	1966134.686	3888769.724	612.637	577.819	±3.6
73	ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	38.3705	22.9909	4640998.376	1969114.243	3894261.364	244.512	209.707	±3.6
74	ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	38.3064	22.8561	4649725.055	1959921.145	3888710.135	358.892	324.586	±9.8
75	ΑΛΩΝΑΚΙ ΑΓ.ΒΑΣΙΛ	38.2936	22.8052	4652302.652	1956145.754	3887609.845	404.798	368.695	±8.0
76	ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	38.3687	22.7748	4648587.769	1951684.656	3894169.634	357.657	323.585	±3.6

A/A	ΟΝΟΜΑ	$\phi$ wgs84	$\lambda$ wgs84	X WGS84	Y WGS84	Z WGS84	h	H(ΓΥΣ)	σh(mm)
77	ΣΤΑΥΡΟΣ	38.1334	22.3688	4645549.306	1911793.835	3917299.245	321.380	289.500	±2.0
78	ΤΡΑΧΗΛΟΣ	38.3166	22.6072	4644478.163	1930478.494	3933109.559	59.732	25.901	±2.8
79	ΓΙΑΡΑΛ. ΠΟΡΟΒΙΤΣΗ	38.1760	22.3327	4625747.955	1926199.353	3920839.744	37.955	2.720	±40.0

*Πίνακας 2.3 Τα δεδομένα για κάθε τριγωνομετρικό σημείο της περιοχής μελέτης*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΟΥ ΓΕΩΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

#### 3.1 Υπολογισμός της αποχής του γεωειδούς σύμφωνα με τα ορθομετρικά και γεωμετρικά υψόμετρα.

Έχοντας γνωστά τα γεωμετρικά υψόμετρα των τριγωνομετρικών σημείων στην περιοχή του Κορινθιακού κόλπου τα οποία προέκυψαν από τις δορυφορικές μετρήσεις και τα ορθομετρικά υψόμετρα που δίνονται από την Γ.Υ.Σ. με βάση μετρήσεις υψομετρίας στο εθνικό σύστημα υψομέτρων τα προηγούμενα έτη, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η αποχή του γεωειδούς από το ελλειψοειδές για κάθε τριγωνομετρικό σημείο.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα ορθομετρικά υψόμετρα έχουν υπολογιστεί χωρίς να είναι γνωστή η επιφάνεια αναφοράς τους  $W_o^{ΓΥΣ}$ . Αυτό είναι πιθανόν να έχει συμβεί, διότι τα ορθομετρικά υψόμετρα στον Ελληνικό χώρο, ίσως δεν έχουν υπολογιστεί έχοντας μια κοινή αρχή. Αντίθετα, δημιουργήθηκαν αρκετά υψομετρικά δίκτυα για τα οποία δεν είναι σαφής η επιφάνεια αναφοράς τους. Το γεγονός αυτό, προκαλεί μια συστηματική διαφορά σε σχέση με τα αντίστοιχα υψόμετρα που υπολογίζονται από το παγκόσμιο μοντέλο του γεωειδούς το οποίο έχει διαφορετική επιφάνεια αναφοράς,  $W_o^{EGM08}$ .

Τα συστηματικά σφάλματα τα οποία προκύπτουν, εξαλείφονται χρησιμοποιώντας τη διαφορά των υψομέτρων  $\Delta N_{ij}$  ανάμεσα σε δύο σημεία.

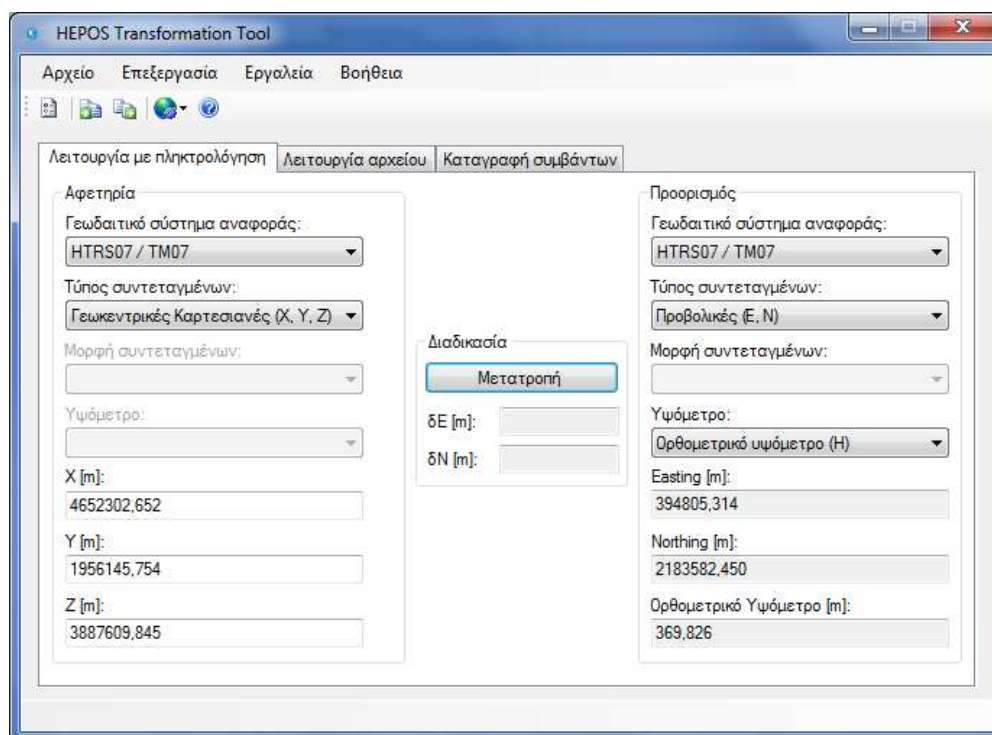
#### 3.2 Υπολογισμός ορθομετρικών υψομέτρων Heros

Εκτός από τα ορθομετρικά υψόμετρα της Γ.Υ.Σ. των σημείων της περιοχής μελέτης, υπολογίστηκαν τα αντίστοιχα ορθομετρικά υψόμετρα όπως αυτά προκύπτουν από το σύστημα Heros. Ο υπολογισμός τους πραγματοποιήθηκε ώστε να συγκριθούν τα ορθομετρικά υψόμετρα που προκύπτουν από κάθε σημείο. Η δεδομένη σύγκριση δημιούργησε



συμπεράσματα για την επιτυχία του υπάρχοντος τοπικού μοντέλου για την Ελλάδα.

Ο υπολογισμός των ορθομετρικών υψόμετρων που προκύπτουν από το Hepos, πραγματοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής ‘Hepos transformation tool’ η οποία διατίθεται στην ιστοσελίδα του Ελληνικού συστήματος εντοπισμού (Hepos) <http://www.hepos.gr/> το οποίο έχει την εξής μορφή λειτουργίας:



*Εικόνα 3.1 Το ‘παράθυρο’ λειτουργίας της εφαρμογής HEPOS Transformation Tool*

Αρχικά επιλέγεται το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του σημείου για το οποίο προσδιορίζεται το ορθομετρικό υψόμετρο και πληκτρολογώντας τις αντίστοιχες συντεταγμένες, ο τύπος των οποίων επιλέγεται αρχικά, υπολογίζεται το ορθομετρικό υψόμετρο, ενώ παράλληλα είναι δυνατόν να μετασχηματιστούν οι συντεταγμένες που δόθηκαν σε κάποιο άλλο σύστημα αναφοράς ή να μετατραπούν από γεωκεντρικές σε προβολικές και το αντίστροφο.

Οι τιμές των ορθομετρικών υψόμετρων οι οποίες προέκυψαν για τα 79 σημεία της περιοχής μελέτης μέσω της παραπάνω εφαρμογής μαζί με τα αντίστοιχα ορθομετρικά υψόμετρα της ΓΥΣ καθώς και η μεταξύ τους διαφορά, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΟΝΟΜΑ	x HTRS07	y HTRS07	H(hepos)	H(ΓΥΣ)	δH
ΒΑΡΣΟΒΑ	353488.584	2218699.995	566.891	567.037	-0.146
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	354933.639	2221266.785	350.726	350.814	-0.088
ΠΡΦ.ΗΛΙΑΣ	372056.105	2252470.613	773.746	773.746	0
ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	376840.213	2208108.994	944.594	944.578	0.016
ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	348628.367	2219290.022	777.151	777.186	-0.035
ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	356862.968	2210346.135	1272.841	1272.910	-0.069
ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	360258.484	2216706.871	704.035	704.050	-0.015
ΛΙΜΝΕΣ	363424.826	2215911.026	835.936	836.231	-0.295
ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	371266.623	2210276.928	713.102	713.322	-0.220
ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	382824.620	2207996.600	515.401	515.438	-0.037
ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	367205.321	2216688786	1018.243	1018.630	-0.387
ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	388972.205	2207189.863	48.531	48.520	0.011
ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	388063.673	2208692.689	64.673	63.703	0.970
ΚΟΚΚΙΝΙΑ (137)	430717.147	2231687.824	350.603	350.550	0.053
ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	378019.995	2214576.519	151.579	151.624	-0.045
ΠΕΥΚΟ ΚΑΤΙ	362345.659	2217500.596	117.027	116.726	0.301
ΓΚΟΥΡΙΑ	362416.842	2221717.108	92.969	93.050	-0.081
ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	422875.526	2228990.793	97.028	97.025	0.003
ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	408759.800	2229924.903	50.007	50.060	-0.053
ΖΑΣΤΑΝΟ	430977.429	2216874.731	189.361	189.370	-0.009
ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	408325.329	2211836.256	3.545	2.388	1.157
ΜΟΡΑΝΙ	413555.645	2210233.847	450.712	451.014	-0.302
ΠΕΛΕΚΑΝΟΙ	429130.466	2209796.898	575.736	577.453	-1.717
ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	429127.405	2209445.819	442.095	442.080	0.015
ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	406534.509	2255301.790	202.396	202.350	0.046
ΑΗΛΙΑΣ	399885.029	2254039.263	396.636	396.566	0.070
ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	397432.576	2255084.283	300.875	300.800	0.075
ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	407886.571	2246091.006	534.236	534.198	0.038
ΣΑΛΙΖΑ	394439.911	2247861.553	999.444	999.384	0.060
ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	399072.028	2240826.310	1244.673	1244.647	0.026
ΧΕΡΟΒΟΥΝΟ	395521.525	2235783.634	441.765	441.745	0.020
ΠΥΡΓΟΣ	411430.801	2234620.522	226.026	226.005	0.021
ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	349137.800	2249972.331	500.124	500.137	-0.013
ΑΝΑΣΚΕΛΟ	354706.015	2256479.241	638.705	638.660	0.045
ΤΡΑΧΗΛΑΣ	369887.231	2248398.263	101.683	103.109	-1.426
ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	361346.086	2252702.940	32.761	32.750	0.011
ΓΟΥΛΑΣ	363428.336	2257006.447	93.547	93.520	0.027
ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	367197.396	2252699.136	549.448	549.43	0.018
ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	378770.926	2254737.094	974.411	974.751	-0.340
ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	384456.877	2254509.998	869.368	869.840	-0.472
ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(274)	385175.483	2253723.854	37.053	37.830	-0.777
ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(173)	403633.931	2198909.520	37.872	37.830	0.042
ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	388165.105	2245219.730	84.294	84.486	-0.192

ΟΝΟΜΑ	x HTRS07	y HTRS07	H(hepos)	H(ΓΥΣ)	δH
ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	388127.765	2242525.859	407.365	407.336	0.029
ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	358026.317	2222888.822	13.277	13.290	-0.013
ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	360612.960	2218908.312	148.294	147.668	0.626
ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	363368.923	2220305.108	341.925	341.906	0.019
ΜΑΥΡΑ	374566.023	2213256.912	288.613	288.657	-0.044
ΡΙΖΑ	362023.355	2213339.078	345.496	345.173	0.323
ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	363584.900	2214702.330	622.214	623.500	-1.286
ΠΟΝΤΑ	363559.910	2213209.374	1150.967	1151.004	-0.037
ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	348124.548	2209274.847	1205.585	1205.620	-0.035
ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	348497.262	2223015.719	569.775	569.740	0.035
ΑΛΩΝΙΑ	400524.543	2257120.163	308.964	308.940	0.024
ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	412435.798	2249417.802	170.960	170.781	0.179
ΔΕΝΔΡΟ	391160.727	2243727.011	699.307	699.287	0.020
ΘΥΜΑΡΙ	391491.584	2239149.501	243.950	244.124	-0.174
ΤΑΨΙΖΑ	415955.421	2226349.406	254.415	254.409	0.006
ΜΥΤΙΚΑΣ	429497.279	2220717.705	38.316	38.728	-0.412
ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	425563.317	2213659.375	0.387	1.100	-0.713
ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	404641.583	2209382.933	2.206	2.460	-0.254
ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	395406.960	2202414.089	79.013	78.871	0.142
ΛΟΥΤΣΑ	397474.278	2201294.051	2.448	2.460	-0.012
ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	394257.352	2197994.169	78.931	78.871	0.060
ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	393209.547	2196366.169	229.504	229.476	0.028
ΑΙΓΕΙΡΑ	354826.587	2223499.057	149.729	149.865	-0.136
ΓΕΡΟΣ	363382.019	2207519.263	1479.526	1479.662	-0.136
ΜΑΝΘΗ	391487.920	2179055.749	485.327	485.367	-0.040
ΠΑΤΗΜΑ	392195.624	2194557.840	353.338	353.877	-0.539
ΚΛΕΝΙΑ	400185.226	2182706.280	424.342	424.178	0.164
ΑΓΙΑ ΑΝΝΑ	410083.241	2201227.208	27.329	27.350	-0.021
ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	405925.551	2184753.642	578.076	577.819	0.257
ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	411244.455	2191931.867	209.683	209.707	-0.024
ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	399301.083	2184953.465	324.549	324.586	-0.037
ΑΛΩΝΑΚΙ ΑΓ.ΒΑΣΙΛ	394805.314	2183582.450	370.455	368.695	1.760
ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	392240.566	2191955.225	323.515	323.585	-0.070
ΣΤΑΥΡΟΣ	357035.893	2221872.181	289.468	289.500	-0.032
ΤΡΑΧΗΛΟΣ	378244.548	2241855.707	25.949	25.901	0.048
ΠΑΡΑΛ. ΠΟΡΟΒΙΤΣΗ	353961.047	2226651.417	6.593	2.720	3.873

*Πίνακας 3.1 Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή HEPOS Transformation Tool και η σύγκριση με τα ορθομετρικά υψόμετρα της ΓΥΣ*

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν και τη σύγκρισή τους με τα ορθομετρικά υψόμετρα της Γ.Υ.Σ. είναι φανερό ότι οι αποκλίσεις μεταξύ τους είναι της τάξης κάποιων χιλιοστών, με ελάχιστες εξαιρέσεις τα σημεία Παραλ.Ποροβίτσι, Αλωνάκι Αγ.Βασιλη, Καραβιάνικα, Τράχηλας, Πελεκάνοι όπου οι αποκλίσεις ξεπερνούν το ένα μέτρο.

Σύμφωνα με τις μικρές διαφορές των υψομέτρων προκύπτει το συμπέρασμα της επιτυχημένης δημιουργίας τοπικού μοντέλου για την Ελλάδα.

Επίσης, οι διαφορές που παρατηρούνται σε ορισμένα σημεία τα οποία προαναφέρθηκαν και είναι μεγαλύτερες από ένα μέτρο, οφείλονται σε κάποια από αυτά στη δυσκολία ακριβούς προσδιορισμού των συντεταγμένων των σημείων από τις μετρήσεις στο σύστημα Heros.

### 3.3 Προσδιορισμός της επιφάνειας αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων των σημείων

Για να προσδιοριστεί η επιφάνεια αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων των τριγωνομετρικών σημείων στην περιοχή μελέτης  $W_o^{ΓΥΣ}$ , είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του δυναμικού της.

Για το σκοπό αυτό, και σύμφωνα με την εργασία ‘Ανάλυση χωροσταθμικών υψομέτρων στο κρατικό τριγωνομετρικό δίκτυο της Ελλάδας’(Χ. Κωτσάκης, κ.α, 2010), χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο συνόρθωσης το οποίο βασίζεται στη σχέση υπολογισμού των ορθομετρικών υψομέτρων κατά Helmert.

$$H_i^{ΓΥΣ} = \frac{W_o^{ΓΥΣ} - W_i}{g_i + 0.0424H_i^{ΓΥΣ}} + e_i \quad (3.1)$$

Όπου για κάθε σημείο ισχύει ότι:

$H_i^{ΓΥΣ}$  το ορθομετρικό υψόμετρο σε κάθε σημείο,  $g_i$ , η τιμή της βαρύτητας σε κάθε σημείο, η οποία υπολογίστηκε μέσω της online εφαρμογής της ιστοσελίδας <http://www.ptb.de/cartoweb3/SISproject.php>

Για τον προσδιορισμό της βαρύτητας σε κάθε σημείο χρειάζεται να είναι γνωστές οι γεωγραφικές του συντεταγμένες φ, λ

$W_o^{ΓΥΣ}$ , το δυναμικό της χωροσταθμικής επιφάνειας των ορθομετρικών υψομέτρων

$W_i$ , το δυναμικό σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο το οποίο δεν είναι γνωστό και υπολογίζεται με βάση την αντίστοιχη σχέση υπολογισμού των υψομέτρων του γεωειδούς για το EGM08.

$$H_i^{EGM08} = \frac{W_o^{EGM08} - W_i}{g + 0.0424H_i^{EGM08}} \quad (3.2)$$

Χρησιμοποιώντας αφενός τα υψόμετρα του γεωειδούς που έχουν υπολογιστεί στο EGM08 και αφετέρου την αντίστοιχη τιμή της βαρύτητας σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο, υπολογίστηκε το δυναμικό της βαρύτητας σε όλα τα σημεία.

Επίσης η τιμή του δυναμικού της επιφάνειας αναφοράς του EGM08 είναι γνωστή και ίση με  $W_o^{EGM08} = 62636856.00m^2 / s^2$

Ακόμα, η τιμή 0.0424 mgal/m απεικονίζει την κατακόρυφη μεταβολή της βαρύτητας σύμφωνα με την υπόθεση Poicare–Pray και τέλος,

$e_i$ , είναι ένα άγνωστο σφάλμα το οποίο περιγράφει την εξωτερική ακρίβεια των ορθομετρικών υψομέτρων ως προς την επιφάνεια αναφοράς του γεωειδούς η οποία είναι δεδομένη.

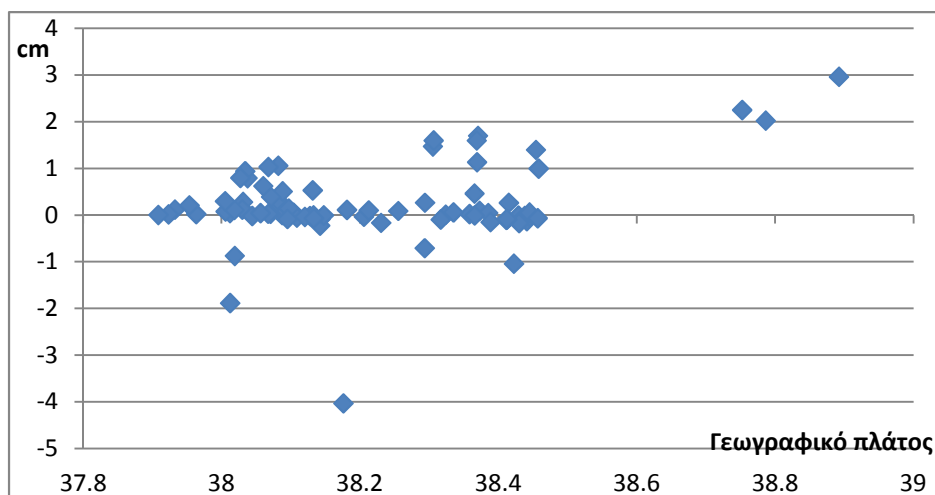
Για τα 79 τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης ακολουθήθηκε η διαδικασία συνόρθωσης ώστε να προσδιοριστεί η επιφάνεια αναφοράς των υψομέτρων τους. Για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της συνόρθωσης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων δημιουργήθηκε κατάλληλος κώδικας με την ονομασία ‘hlmert’ σε περιβάλλον matlab.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την διαδικασία συνόρθωσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

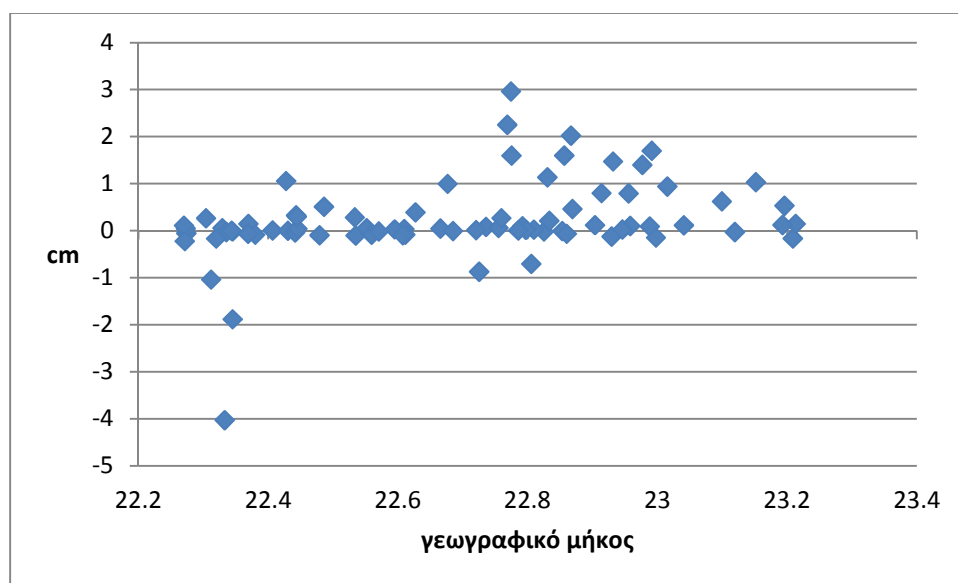
$\sigma_o = \pm 0.095m$	
$W_o^{ΓΥΣ} = 62636864.29m^2/s^2$	$\sigma_{wo} = \pm 0.054m^2/s^2$
$e_i = \pm 0.21m$	$\sigma_{ei} = \pm 0.03m$

*Πίνακας 3.2 Τα αποτελέσματα της συνόρθωσης για την εύρεση του δυναμικού της βαρύτητας της επιφάνειας αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων της ΓΥΣ*

Στη συνέχεια παρουσιάζονται γραφικά τα εξωτερικά σφάλματα των ορθομετρικών υψομέτρων όπως αυτά υπολογίστηκαν κατά πλάτος και κατά μήκος της περιοχής μελέτης αντίστοιχα.



Σχήμα 3.1 Το εξωτερικό σφάλμα των ορθομετρικών υψομέτρων κατά πλάτος της περιοχής μελέτης

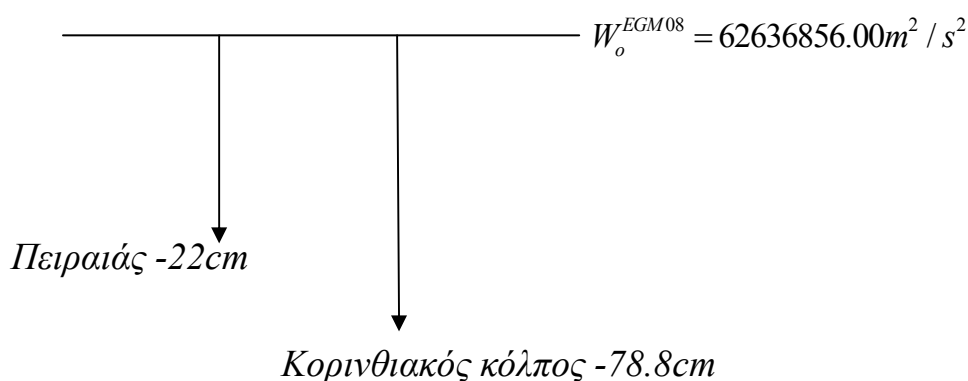


Σχήμα 3.2 Το εξωτερικό σφάλμα των ορθομετρικών υψομέτρων κατά μήκος της περιοχής μελέτης

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα που προέκυψε για την επιφάνεια αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων των τριγωνομετρικών σημείων στον κορινθιακό κόλπο, η αφετηρία τους βρίσκεται 78.8cm χαμηλότερα

από την επιφάνεια αναφοράς του παγκόσμιου μοντέλου EGM08. Δηλαδή τα ορθομετρικά υψόμετρα του εθνικού συστήματος υψομέτρων είναι μεγαλύτερα από τα ορθομετρικά υψόμετρα που προκύπτουν από το μοντέλο EGM08.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η απεικόνιση της σχέσης της επιφάνειας αναφοράς του παγκόσμιου γεωδυναμικού μοντέλου EGM08 σε σχέση με την επιφάνεια αναφοράς της μέσης στάθμης της θάλασσας στον Πειραιά και σε σχέση με την επιφάνεια αναφοράς των υψομέτρων στον Κορινθιακό κόλπο.



Σχήμα 3.3 Η επιφάνεια αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων του Κορινθιακού κόλπου σε σχέση με τον Πειραιά και την επιφάνεια αναφοράς του μοντέλου EGM08

### 3.4 Υπολογισμός των υψομέτρων του γεωειδούς από τις επίγειες μετρήσεις με GPS

Ο υπολογισμός της αποχής του γεωειδούς πραγματοποιείται μέσω της γνωστής σχέσης μεταξύ των υψομέτρων σε ένα σημείο.

$$N^{GPS} = h - H \quad (3.3)$$

Προκύπτουν λοιπόν για τα τριγωνομετρικά σημεία στα οποία έγιναν οι δορυφορικές μετρήσεις οι αποχές του γεωειδούς οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3.

Επίσης, στον πίνακα 3.4, παρουσιάζονται οι διαφορές των υψομέτρων  $\Delta N_{ij}$  που προέκυψαν, θεωρώντας ως αφετηρία το τριγωνομετρικό σημείο 'Βάρσοβα'.

A/A	ΟΝΟΜΑ	$N^{GPS}=h-H$	A/A	ΟΝΟΜΑ	$N^{GPS}=h-H$
1	ΒΑΡΣΟΒΑ	31.898	41	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(274)	35.530
2	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	31.782	42	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(173)	34.469
3	ΠΡΦ.ΗΛΙΑΣ	34.219	43	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	34.770
4	ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	33.703	44	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	34.781
5	ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	31.679	45	ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	31.860
6	ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	32.865	46	ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	32.999
7	ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	32.560	47	ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	32.366
8	ΛΙΜΝΕΣ	32.480	48	ΜΑΥΡΑ	33.165
9	ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	33.158	49	ΡΙΖΑ	33.351
10	ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	33.659	50	ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	31.650
11	ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	32.384	51	ΠΟΝΤΑ	33.073
12	ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	33.766	52	ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	32.313
13	ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	34.655	53	ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	31.415
14	ΚΟΚΚΙΝΙΑ (137)	37.319	54	ΑΛΩΝΙΑ	36.156
15	ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	33.167	55	ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	36.620
16	ΠΕΥΚΟ ΚΑΤΙ	32.854	56	ΔΕΝΔΡΟ	35.226
17	ΓΚΟΥΡΙΑ	32.144	57	ΘΥΜΑΡΙ	34.673
18	ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	36.601	58	ΤΑΨΙΖΑ	35.877
19	ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	35.562	59	ΜΥΤΙΚΑΣ	36.267
20	ΖΑΣΤΑΝΟ	36.652	60	ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	35.355
21	ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	35.501	61	ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	34.005
22	ΜΟΡΑΝΙ	34.381	62	ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	34.087
23	ΠΕΛΕΚΑΝΟΙ	34.686	63	ΛΟΥΤΣΑ	34.080
24	ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	36.414	64	ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	34.087
25	ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	36.353	65	ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	34.080
26	ΑΗΛΙΑΣ	36.126	66	ΛΙΓΕΙΡΑ	31.517
27	ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	36.046	67	ΓΕΡΟΣ	33.268
28	ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	36.423	68	ΜΑΝΘΗ	33.937
29	ΣΑΛΙΖΑ	35.805	69	ΠΑΤΗΜΑ	33.540
30	ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	35.896	70	ΚΛΕΝΙΑ	34.534
31	ΧΕΡΟΒΟΥΝΟ	34.951	71	ΑΓΙΑ ΑΝΝΑ	34.973
32	ΠΥΡΓΟΣ	36.104	72	ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	34.818
33	ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	31.756	73	ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	34.805
34	ΑΝΑΣΚΕΛΟ	32.925	74	ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	34.306
35	ΤΡΑΧΗΛΑΣ	32.129	75	ΑΛΩΝΑΚΙ ΑΓ.ΒΑΣΙΛ	36.103
36	ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	32.813	76	ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	34.072
37	ΓΟΥΛΑΣ	33.564	77	ΣΤΑΥΡΟΣ	31.880
38	ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	33.613	78	ΤΡΑΧΗΛΟΣ	33.831
39	ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	34.671	79	ΠΑΡΑΛ. ΠΟΡΟΒΙΤΣΗ	35.235
40	ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	34.842			

*Πίνακας 3.3 Τα υψόμετρα του γεωειδούς για κάθε τριγωνομετρικό σημείο, όπως προκύπτουν από τα γεωμετρικά και ορθομετρικά υψόμετρα*

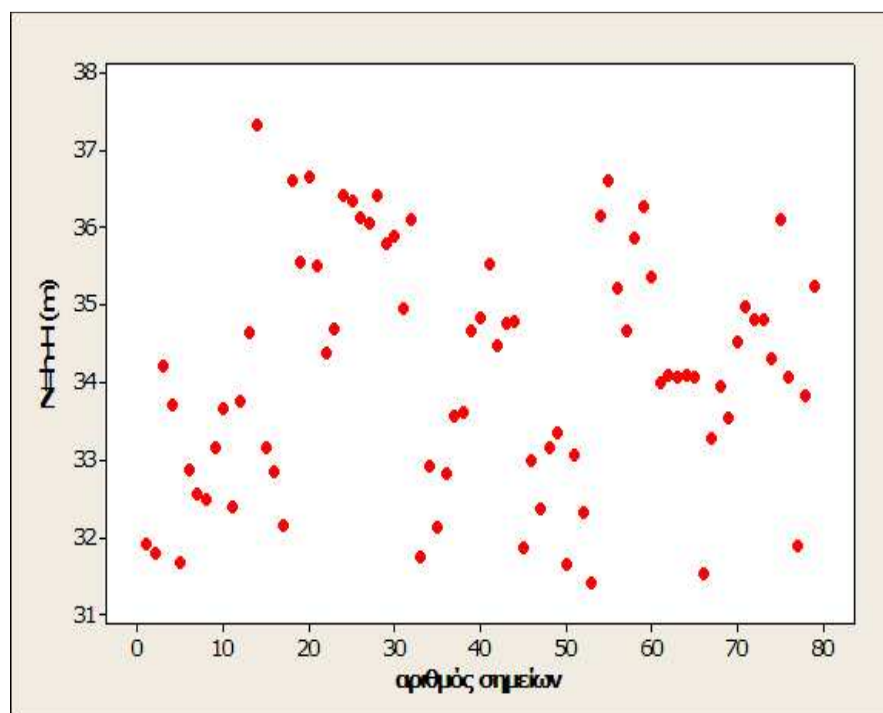


	ΣΗΜΕΙΟ	N	ΔΗ	N	ΔΗ
αφετηρία	1	31.898	0.000	35.530	-3.626
	2	31.782	0.120	34.469	-2.565
	3	34.219	-2.314	34.770	-2.866
	4	33.703	-1.798	34.781	-2.877
	5	31.679	0.226	31.860	0.045
	6	32.865	-0.960	32.999	-1.095
	7	32.560	-0.656	32.366	-0.461
	8	32.480	-0.575	33.165	-1.260
	9	33.158	-1.254	33.351	-1.446
	10	33.659	-1.754	31.650	0.254
	11	32.384	-0.480	33.073	-1.168
	12	33.766	-1.862	32.313	-0.409
	13	34.655	-2.750	31.415	0.489
	14	37.319	-5.414	36.156	-4.251
	15	33.167	-1.263	36.620	-4.716
	16	32.854	-0.950	35.226	-3.322
	17	32.144	-0.239	34.673	-2.768
	18	36.601	-4.697	35.877	-3.972
	19	35.562	-3.657	36.267	-4.363
	20	36.652	-4.748	35.355	-3.450
	21	35.501	-3.596	34.005	-2.100
	22	34.381	-2.477	34.087	-2.182
	23	34.686	-2.781	34.080	-2.175
	24	36.414	-4.510	34.087	-2.182
	25	36.353	-4.448	34.080	-2.175
	26	36.126	-4.222	31.517	0.387
	27	36.046	-4.142	33.268	-1.364
	28	36.423	-4.519	33.937	-2.033
	29	35.805	-3.900	33.540	-1.636
	30	35.896	-3.991	34.534	-2.629
	31	34.951	-3.047	34.973	-3.068
	32	36.104	-4.199	34.818	-2.913
	33	31.756	0.149	34.805	-2.900
	34	32.925	-1.021	34.306	-2.402
	35	32.129	-0.225	36.103	-4.199
	36	32.813	-0.909	34.072	-2.168
	37	33.564	-1.659	31.880	0.024
	38	33.613	-1.708	33.831	-1.927
	39	34.671	-2.767	35.235	-3.331
	40	34.842	-2.938		

*Πίνακας 3.4 Οι διαφορές των αποχών του γεωειδούς για κάθε τριγωνομετρικό σημείο από το τριγωνομετρικό σημείο 'Βάρσοβα.'*

Από τις παραπάνω τιμές των αποχών του γεωειδούς για κάθε τριγωνομετρικό σημείο, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα απεικόνισης της τιμής του υψομέτρου του γεωειδούς N και του εύρους των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς.

Η αποχή του γεωειδούς για κάθε σημείο απεικονίζεται στο σχήμα 3.1, από το οποίο προκύπτει το εύρος των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς στην περιοχή οι οποίες κυμαίνονται από 32m έως 37m περίπου.

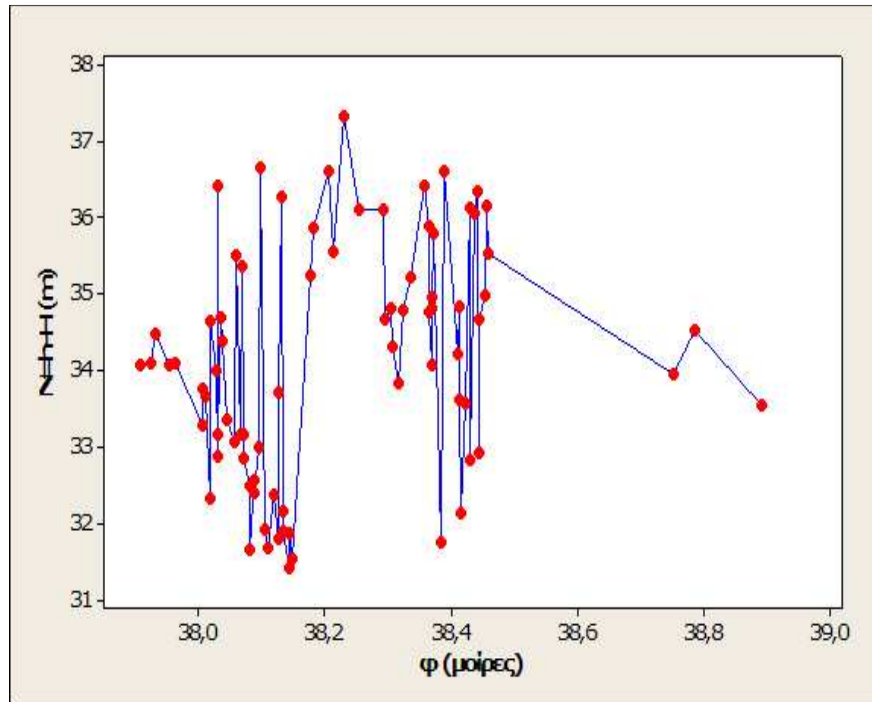


Σχήμα 3.4 Η πυκνότητα των σημείων για τα οποία υπολογίστηκαν τα υψόμετρα του γεωειδούς και το εύρος των τιμών των υψομέτρων.

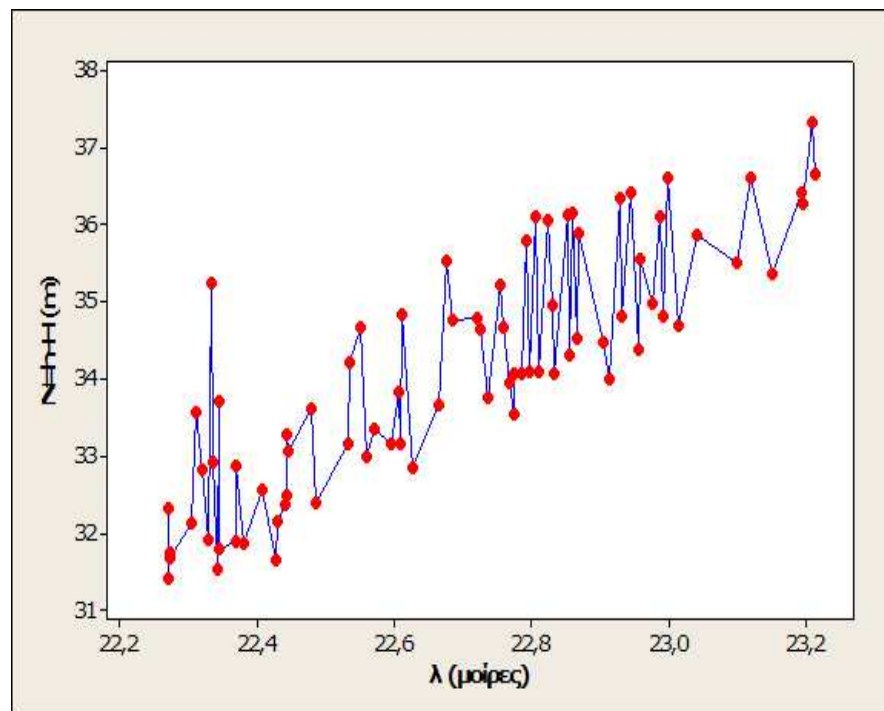
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σχήματα 3.2 και 3.3 στα οποία απεικονίζεται το εύρος των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς κατά πλάτος και κατά μήκος της περιοχής μελέτης. Η απεικόνιση αυτή, προσφέρει μια πρώτη πληροφορία για τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής.

Παρατηρείται, ότι κατά πλάτος της περιοχής η μεταβολή των τιμών των υψομέτρων μεταξύ των σημείων είναι περισσότερο απότομη από ότι κατά μήκος της περιοχής.

Επίσης, η τιμή του υψομέτρου του γεωειδούς N, αυξάνεται όσο αυξάνεται το γεωγραφικό μήκος από τη δύση προς την ανατολή, ενώ σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος παρουσιάζει ακανόνιστη συμπεριφορά.



Σχήμα 3.5 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος κάθε σημείου



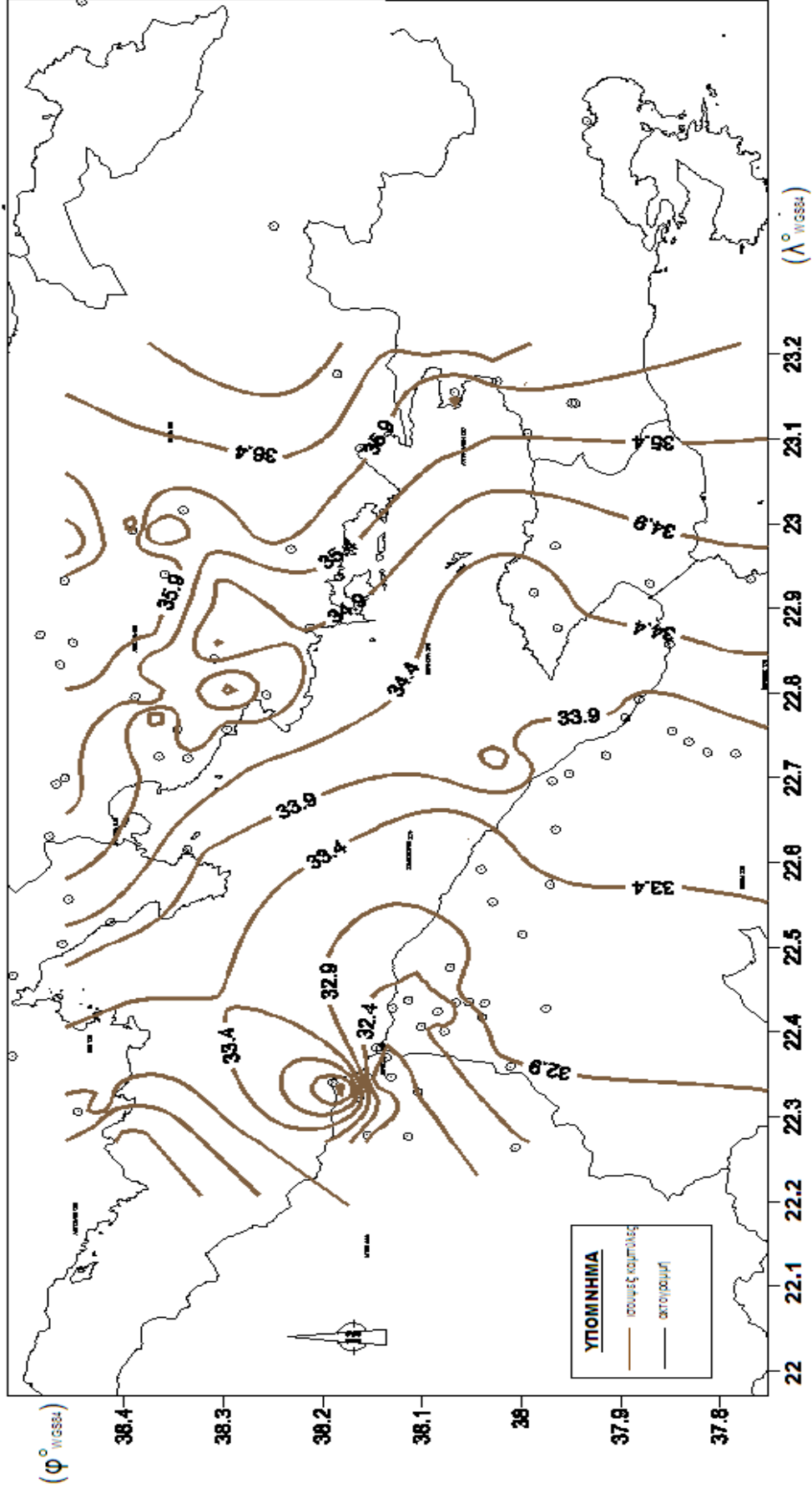
Σχήμα 3.6 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος κάθε σημείου

Τέλος, σύμφωνα με τις τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς από τον πίνακα 3.3 και χρησιμοποιώντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες  $\varphi$ ,  $\lambda$  κάθε τριγωνομετρικού σημείου στο WGS'84 προέκυψαν οι αντίστοιχοι

χάρτες ισοψών καμπυλών για τα υψόμετρα του γεωειδούς στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου.

Η ισοδιάσταση των ισοψών καμπυλών που απεικονίζουν τις τιμές των αποχών του γεωειδούς στην περιοχή είναι ανά 0.5 m, το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία τους είναι το 'surfer 9'.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο χάρτης ισοψών καμπυλών των υψομέτρων του γεωειδούς N για την περιοχή μελέτης στο ελλειψοειδές αναφοράς GRS80.



Χάρτης 3.1 Οι ισοψείς καμπύλες των αποχών του γεωειδούς  $N$  ισοδιάστασης 0.5 μέτρων στο GRS80

### 3.5 Προσαρμογή επιφανειών

Για τον υπολογισμό των υψομέτρων του γεωειδούς σε μια περιοχή μελέτης, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός χάρτη τιμών του γεωειδούς στην περιοχή. Για να υπολογιστεί αναλυτικά η επιφάνεια που εκφράζει μαθηματικά την επιφάνεια του γεωειδούς, χρειάζεται ένας κανάβος σημείων για τα οποία να είναι γνωστά τα υψόμετρα του γεωειδούς.

Οι παράμετροι της αναλυτικής επιφάνειας υπολογίζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων χρησιμοποιώντας τις τιμές του γεωειδούς των σημείων του κανάβου που καλύπτει την περιοχή μελέτης.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των μοντέλων της αναλυτικής επιφάνειας του γεωειδούς, χρησιμοποιούν είτε τις άμεσα διαθέσιμες τιμές παρατήρησης του γεωειδούς, είτε τις διαθέσιμες τιμές μετά από κατάλληλη συνόρθωση και φιλτράρισμα. Σε κάθε περίπτωση τα μοντέλα που απεικονίζουν το γεωειδές μιας περιοχής θα πρέπει να είναι ρεαλιστικά και να προσφέρονται για την παρεμβολή των υψομέτρων (interpolation). [Δεληκαράογλου Δ., 2010]

Οι διαθέσιμες τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια ώστε να προσδιοριστεί το τοπικό μοντέλο του γεωειδούς, είναι οι άμεσα διαθέσιμες παρατηρήσεις του γεωειδούς και δεν έχουν υποστεί φιλτράρισμα και συνόρθωση.

Τα μειονεκτήματα του τοπικού προσδιορισμού του γεωειδούς είναι αφενός τα τυχόν προβλήματα ασυμβατότητας με το σύστημα αναφοράς των υψομέτρων λόγω της πιθανής ασυμφωνίας αφετηρίας μέτρησης των υψομέτρων που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του μοντέλου. Αφετέρου, τα αναλυτικά μοντέλα του γεωειδούς είναι κατάλληλα για την περιοχή που περιβάλλεται από τα σημεία αναφοράς του γεωειδούς και δε δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα για σημεία εκτός της περιοχής μελέτης (extrapolation). [Δεληκαράογλου Δ., 2010]

Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι συνήθεις μέθοδοι αναλυτικής έκφρασης μιας επιφάνειας τοπικού γεωειδούς. Από αυτές τις επιφάνειες δεν έχει χρησιμοποιηθεί η απλή επίπεδη, η οποία είναι και η απλούστερη, λόγω της μεγάλης έκτασης της περιοχής και της μορφολογίας της, στοιχεία τα οποία αποκλείουν εκ των προτέρων το ενδεχόμενο το τοπικό γεωειδές της να μπορεί να περιγραφεί με ακρίβεια από αυτή την επιφάνεια.

Για κάθε επιφάνεια χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των τριγωνομετρικών σημείων τα οποία διατίθενται στην περιοχή και τα αποτελέσματα της κάθε μεθόδου παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4

Τα πολυώνυμα που περιγράφουν κάθε επιφάνεια είναι τα εξής:

✚ Διγραμμική επιφάνεια

$$N(\varphi, \lambda) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot (\varphi - \varphi_0) + \alpha_2 \cdot (\lambda - \lambda_0) + \alpha_3 \cdot (\varphi - \varphi_0) \cdot (\lambda - \lambda_0) \quad (3.4)$$

✚ Επιφάνεια 2<sup>ου</sup> βαθμού

$$N(\varphi, \lambda) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X + \alpha_2 \cdot Y + \alpha_3 \cdot X^2 + \alpha_4 \cdot Y^2 + \alpha_5 \cdot X \cdot Y \quad (3.5)$$

✚ Επιφάνεια 3<sup>ου</sup> βαθμού

$$N(\varphi, \lambda) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X + \alpha_2 \cdot Y + \alpha_3 \cdot X^2 + \alpha_4 \cdot Y^2 + \alpha_5 \cdot X \cdot Y + \alpha_6 \cdot X^3 + \alpha_7 \cdot Y^3 + \alpha_8 \cdot X^2 \cdot Y + \alpha_9 \cdot X \cdot Y^2 \quad (3.6)$$

✚ Επιφάνεια 4<sup>ου</sup> βαθμού

$$N(\varphi, \lambda) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X + \alpha_2 \cdot Y + \alpha_3 \cdot X^2 + \alpha_4 \cdot Y^2 + \alpha_5 \cdot X \cdot Y + \alpha_6 \cdot X^3 + \alpha_7 \cdot Y^3 + \alpha_8 \cdot X^2 \cdot Y + \alpha_9 \cdot X \cdot Y^2 + \alpha_{10} \cdot X^4 + \alpha_{11} \cdot Y^4 + \alpha_{12} \cdot X^3 \cdot Y + \alpha_{13} \cdot X \cdot Y^3 \quad (3.7)$$

✚ Επιφάνεια 5<sup>ου</sup> βαθμού

$$N(\varphi, \lambda) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X + \alpha_2 \cdot Y + \alpha_3 \cdot X^2 + \alpha_4 \cdot Y^2 + \alpha_5 \cdot X \cdot Y + \alpha_6 \cdot X^3 + \alpha_7 \cdot Y^3 + \alpha_8 \cdot X^2 \cdot Y + \alpha_9 \cdot X \cdot Y^2 + \alpha_{10} \cdot X^4 + \alpha_{11} \cdot Y^4 + \alpha_{12} \cdot X^3 \cdot Y + \alpha_{13} \cdot X \cdot Y^3 + \alpha_{14} \cdot X^5 + \alpha_{15} \cdot Y^5 + \alpha_{16} \cdot X^4 \cdot Y + \alpha_{17} \cdot X \cdot Y^4 \quad (3.8)$$

Όπου ,  $\varphi - \varphi_0 = X$  και  $\lambda - \lambda_0 = Y$  είναι καθαροί αριθμοί. Ως  $\varphi_0$ ,  $\lambda_0$ , ορίζονται το γεωγραφικό πλάτος και μήκος αντίστοιχα του κέντρου ή του μέσου της περιοχής ελέγχου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ορίστηκε ως κέντρο το τριγωνομετρικό 'Ράχη Παναγ/λου' με συντεταγμένες  $\varphi_0 = 38^\circ.0056$  και  $\lambda_0 = 22^\circ.7353$ .

Για να προσδιοριστεί η ακριβής εξίσωση του κάθε πολυωνύμου που προσαρμόζεται στα δεδομένα που υπάρχουν για την περιοχή μελέτης, χρειάζεται να προσδιοριστούν οι παράμετροι  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$  των παραπάνω σχέσεων. Για να επιτευχθεί ο προσδιορισμός τους,

χρησιμοποιήθηκαν 77 τριγωνομετρικά σημεία από τα 79 που είναι κατανεμημένα στην περιοχή και χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων.

Τα δύο τριγωνομετρικά σημεία τα οποία εξαιρέθηκαν από τη διαδικασία έχουν προσδιοριστεί από σημεία των οποίων τα αποτελέσματα είναι αβέβια. Συγκεκριμένα πρόκειται για τα σημεία

- Παραλία Ποροβίτσι
- Λούτσα

Από τη διαδικασία συνόρθωσης η οποία πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον 'matlab', για κάθε πολυώνυμο προέκυψαν τα αποτελέσματα των τιμών των άγνωστων παραμέτρων και το σφάλμα συνόρθωσης  $\sigma_0$  για κάθε επιφάνεια, τα οποία παρατίθενται συνολικά στον πίνακα 3.5

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των συνορθώσεων για κάθε επιφάνεια, είναι φανερό πως καμία από αυτές δεν προσαρμόζεται επιτυχώς στα δεδομένα της περιοχής, διότι τα σφάλματα των συνορθώσεων είναι αρκετά μεγάλα σε σχέση με το αναμενόμενο αποτέλεσμα.

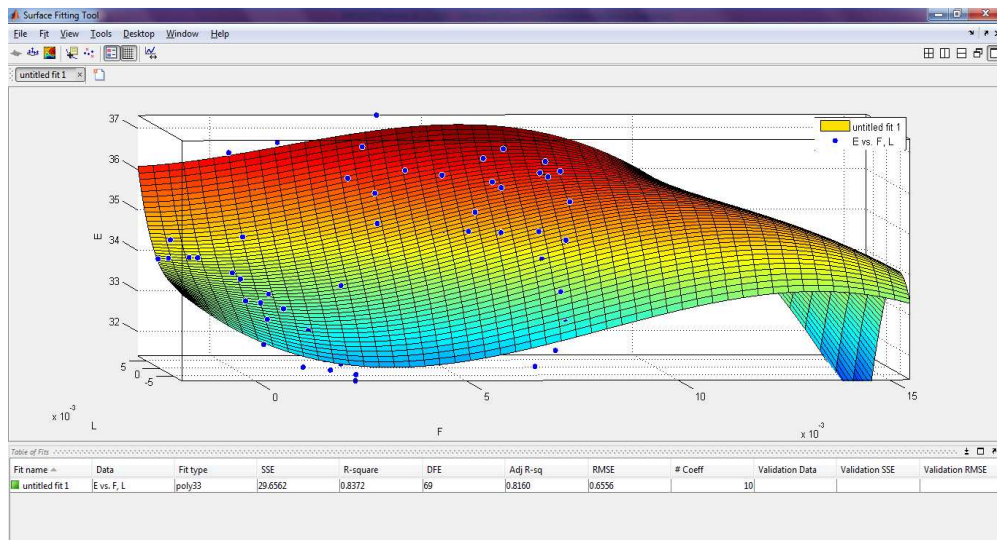
Το σφάλμα που αναμένεται από μια τέτοια συνόρθωση είναι ανάλογο της ακρίβειας των μετρήσεων με το δορυφορικό σύστημα GPS καθώς και της ακρίβειας μέτρησης των ορθομετρικών υψομέτρων από τη Γ.Υ.Σ. Συνολικά δηλαδή αναμένεται να είναι της τάξης του εκατοστού.

Παρόλαυτά, συγκριτικά από τις παρακάτω επιφάνειες εκείνη που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα της περιοχής μελέτης, δηλαδή εμφανίζει το μικρότερο σφάλμα προσαρμογής είναι η επιφάνεια 3<sup>ου</sup> βαθμού, σύμφωνα με την οποία η επιφάνεια που περιγράφει καλύτερα την περιοχή μελέτης εμφανίζεται στο σχήμα 3.6



<b>Διγραμμική</b>	<b>2<sup>ο</sup> βαθμού</b>	<b>3<sup>ο</sup> βαθμού</b>	<b>4<sup>ο</sup> βαθμού</b>
$\alpha_0 = 34.0m$	$\alpha_0 = 34.45m$	$\alpha_0 = 34.09m$	$\alpha_0 = 34.06m$
$\alpha_1 = 0.31m$	$\alpha_1 = 0.51m$	$\alpha_1 = 0.88m$	$\alpha_1 = 1.28m$
$\alpha_2 = 1.26m$	$\alpha_2 = 1.31m$	$\alpha_2 = 1.26m$	$\alpha_2 = 1.24m$
$\alpha_3 = -0.03m$	$\alpha_3 = -0.25m$	$\alpha_3 = 0.22m$	$\alpha_3 = 0.20m$
	$\alpha_4 = 0.005m$	$\alpha_4 = 0.16m$	$\alpha_4 = 0.03m$
	$\alpha_5 = -0.06m$	$\alpha_5 = -0.04m$	$\alpha_5 = 0.13m$
		$\alpha_6 = -0.16m$	$\alpha_6 = -0.46m$
		$\alpha_7 = -0.26m$	$\alpha_7 = -0.32m$
		$\alpha_8 = -0.19m$	$\alpha_8 = -0.28m$
		$\alpha_9 = 0.07m$	$\alpha_9 = 0.04m$
			$\alpha_{10} = 0.07m$
			$\alpha_{11} = 0.24m$
			$\alpha_{12} = -0.29m$
			$\alpha_{13} = -0.08m$
			$\alpha_{14} = -0.01m$
$\sigma_0 = \pm 0.698m$	$\sigma_0 = \pm 0.6236m$	$\sigma_0 = \pm 0.5066m$	$\sigma_0 = \pm 0.5344m$

Πίνακας 3.5 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας και το σφάλμα συνόρθωσης τους



Σχήμα 3.7 απεικόνιση της επιφάνειας 3<sup>ου</sup> βαθμού η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα της περιοχής μελέτης

✚ Στη συνέχεια και αφού τα προηγούμενα αποτελέσματα των προσαρμογών δεν ήταν ικανοποιητικά, ακολουθήθηκε μια διαδικασία διαχωρισμού των δεδομένων σε μικρότερα σύνολα.

Αρχικά, τα σημεία χωρίστηκαν σε εκείνα που είναι πάνω από τον Κορινθιακό κόλπο και σε σημεία που είναι κάτω από αυτόν.

Στην περιοχή 'πάνω από τον Κορινθιακό κόλπο' ανήκουν τα φύλλα χάρτη

- ✓ Ιτέα 126
- ✓ Αράχωβα 046
- ✓ Λιβαδειά 188

Στην περιοχή 'κάτω από τον Κορινθιακό κόλπο' ανήκουν τα φύλλα χάρτη

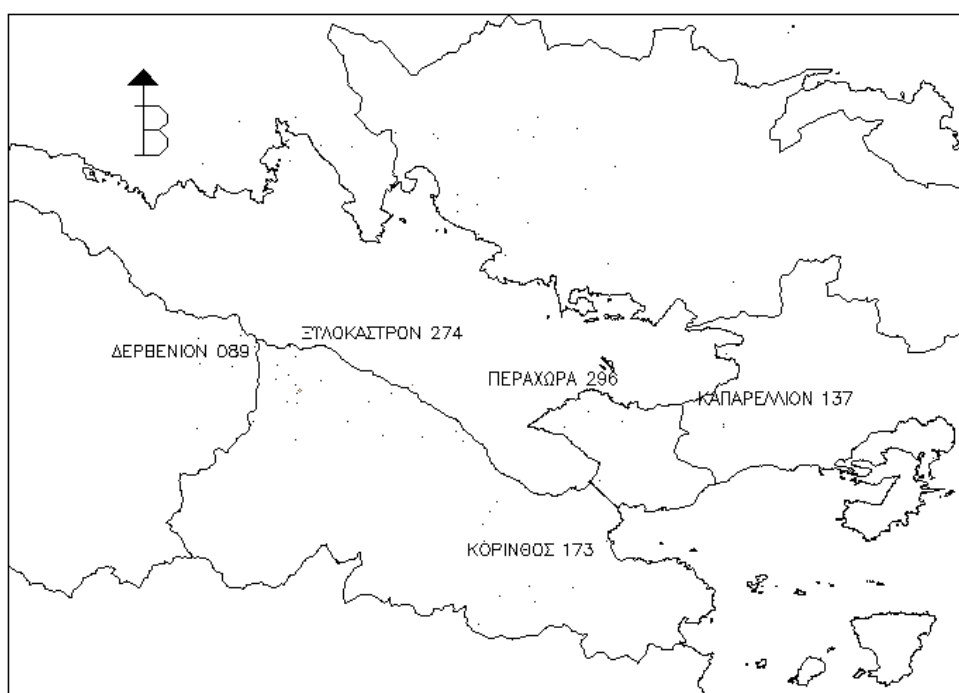
- ✓ Κόρινθος 173
- ✓ Καπαρέλλιο 137
- ✓ Περαχώρα 296
- ✓ Δερβένιο 089
- ✓ Ξυλόκαστρο 274

Η τακτική αυτή ακολουθήθηκε διότι είναι πιθανό η μεγάλη θαλάσσια έκταση που παρεμβάλλεται μεταξύ των σημείων να δυσχεραίνει την προσαρμογή μιας επιφάνειας σε αυτά.

Στο χάρτη 3.2 απεικονίζονται τα φύλλα χάρτη πάνω από τον Κορινθιακό κόλπο, ενώ αντίστοιχα στον χάρτη 3.3 τα φύλλα χάρτη κάτω από τον Κορινθιακό κόλπο.



*Χάρτης 3.2 Τα φύλλα χάρτη που ανήκουν στην περιοχή 'πάνω από τον Κορινθιακό κόλπο'*



*Χάρτης 3.3 Τα φύλλα χάρτη που ανήκουν στην περιοχή 'κάτω από τον Κορινθιακό κόλπο'*

Για τις δύο νέες ομάδες δεδομένων πραγματοποιήθηκαν οι αντίστοιχες προσαρμογές των επιφανειών που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

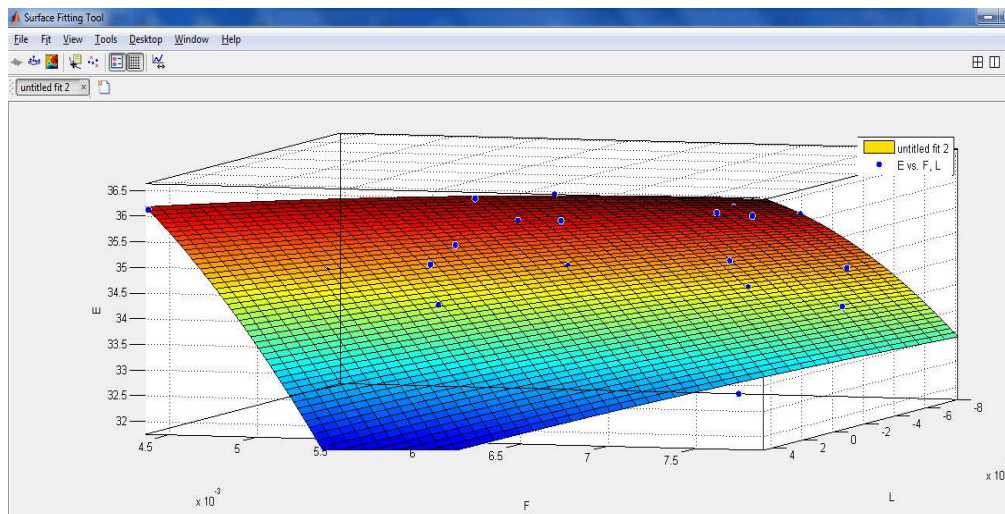
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή τη διαδικασία είναι τα εξής:

Πάνω από τον Κορινθιακό

Διγραμμική	2 <sup>ο</sup> βαθμού	3 <sup>ο</sup> βαθμού	4 <sup>ο</sup> βαθμού
$\alpha_0 = 34.95m$	$\alpha_0 = 34.97m$	$\alpha_0 = 35.00m$	$\alpha_0 = 35.06m$
$\alpha_1 = 0.39m$	$\alpha_1 = 0.39m$	$\alpha_1 = 0.33m$	$\alpha_1 = 0.71m$
$\alpha_2 = 1.36m$	$\alpha_2 = 1.37m$	$\alpha_2 = 1.31m$	$\alpha_2 = 1.18m$
$\alpha_3 = -0.19m$	$\alpha_3 = -0.03m$	$\alpha_3 = -0.08m$	$\alpha_3 = 0.34m$
	$\alpha_4 = -0.22m$	$\alpha_4 = -0.22m$	$\alpha_4 = -0.34m$
	$\alpha_5 = -0.14m$	$\alpha_5 = -0.14m$	$\alpha_5 = -0.97m$
		$\alpha_6 = 0.006m$	$\alpha_6 = -0.19m$
		$\alpha_7 = 0.08m$	$\alpha_7 = 0.38m$
		$\alpha_8 = 0.09m$	$\alpha_8 = -0.13m$
		$\alpha_9 = 0.03m$	$\alpha_9 = 0.26m$
			$\alpha_{10} = -0.20m$
			$\alpha_{11} = 0.14m$
			$\alpha_{12} = -0.03m$
			$\alpha_{13} = -0.32m$
			$\alpha_{14} = 0.34m$
$\sigma_0 = \pm 0.30m$	$\sigma_0 = \pm 0.30m$	$\sigma_0 = \pm 0.34m$	$\sigma_0 = \pm 0.35m$

Πίνακας 3.6 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας και το σφάλμα συνόρθωσης για τα δεδομένα που βρίσκονται πάνω από τον Κορινθιακό Κόλπο

Επίσης η τοπική επιφάνεια που προκύπτει πάνω από τον Κορινθιακό Κόλπο για την εξίσωση 2<sup>ου</sup> βαθμού η οποία παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα προσαρμογής στα δεδομένα είναι η παρακάτω



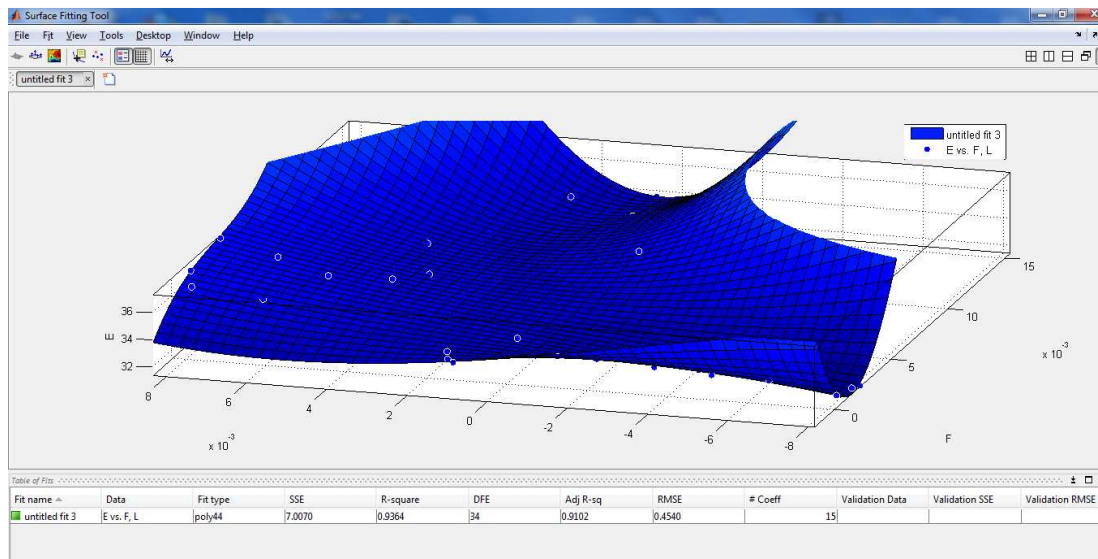
Σχήμα 3.8 Η επιφάνεια 2<sup>ου</sup> βαθμού η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα πάνω από τον Κορινθιακό κόλπο

Κάτω από τον Κορινθιακό

Διγραμμική	2 <sup>ο</sup> βαθμού	3 <sup>ο</sup> βαθμού	4 <sup>ο</sup> βαθμού
$\alpha_0 = 33.64m$	$\alpha_0 = 33.74m$	$\alpha_0 = 33.51m$	$\alpha_0 = 33.58m$
$\alpha_1 = -0.08m$	$\alpha_1 = 0.04m$	$\alpha_1 = 0.20m$	$\alpha_1 = 0.42m$
$\alpha_2 = 1.44m$	$\alpha_2 = 1.43m$	$\alpha_2 = 1.15m$	$\alpha_2 = 1.27m$
$\alpha_3 = 0.27m$	$\alpha_3 = -0.06m$	$\alpha_3 = 0.49m$	$\alpha_3 = 0.77m$
	$\alpha_4 = 0.24m$	$\alpha_4 = 0.38m$	$\alpha_4 = -0.80m$
	$\alpha_5 = 0.08m$	$\alpha_5 = 0.10m$	$\alpha_5 = 0.30m$
		$\alpha_6 = -0.13m$	$\alpha_6 = -0.30m$
		$\alpha_7 = -0.47m$	$\alpha_7 = -2.38m$
		$\alpha_8 = -0.02m$	$\alpha_8 = 0.90m$
		$\alpha_9 = 0.189m$	$\alpha_9 = 0.07m$
			$\alpha_{10} = 0.02m$
			$\alpha_{11} = 0.55m$
			$\alpha_{12} = 0.90m$
			$\alpha_{13} = -0.17m$
			$\alpha_{14} = -0.02m$
$\sigma_0 = \pm 0.55m$	$\sigma_0 = \pm 0.55m$	$\sigma_0 = \pm 0.49m$	$\sigma_0 = \pm 0.45m$

Πίνακας 3.7 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας και το σφάλμα συνόρθωσης για τα δεδομένα που βρίσκονται κάτω από τον Κορινθιακό Κόλπο

Επίσης η τοπική επιφάνεια που προκύπτει κάτω από τον Κορινθιακό Κόλπο για την εξίσωση 4<sup>ο</sup> βαθμού η οποία παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα προσαρμογής στα δεδομένα είναι η παρακάτω.



Σχήμα 3.9 Η επιφάνεια 4<sup>ο</sup> βαθμού η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα κάτω από τον Κορινθιακό κόλπο

Στη συνέχεια, τα δεδομένα της περιοχής χωρίστηκαν σε ομάδες ανά φύλλο χάρτη στον οποίο ανήκει το καθένα. Κατά τη διαδικασία των προσαρμογών των επιφανειών στα δεδομένα κάθε φύλλου χάρτη, αφαιρέθηκαν κάποια σημεία από ορισμένα φύλλα χάρτη διότι τα υπόλοιπα τους κατά τις προσαρμογές ξεπερνούσαν το ένα μέτρο.

Ένα υπόλοιπο που ξεπερνά το ένα μέτρο υποδεικνύει μια πιθανότητα λάθους στη διαδικασία της μέτρησης του συγκεκριμένου σημείου ή στην τιμή του ορθομετρικού τους υψομέτρου και γι' αυτό το λόγο επιλέγεται η απομάκρυνσή του από το σύνολο των δεδομένων γεγονός που οδηγεί στη μείωση του σφάλματος προσαρμογής μιας επιφάνειας στα δεδομένα.

Παρακάτω παρουσιάζονται μόνο τα αποτελέσματα των επιφανειών που προσαρμόζονται καλύτερα στα δεδομένα κάθε φύλλου χάρτη.

Αράχωβα	Κόρινθος	Δερβένιο	Ιτέα	Καπαρέλλιο	Λιβαδιά	Ευλόκαστρο
<b>1<sup>ο</sup> βαθμού</b>	<b>3<sup>ο</sup> βαθμού</b>	<b>3<sup>ο</sup> βαθμού</b>	<b>1<sup>ο</sup> βαθμού</b>	<b>Διγραμμική</b>	<b>2<sup>ο</sup> βαθμού</b>	<b>3<sup>ο</sup> βαθμού</b>
$\alpha_0 = 34.52m$	$\alpha_0 = 34.29m$	$\alpha_0 = 32.23m$	$\alpha_0 = 32.65m$	$\alpha_0 = 36.03m$	$\alpha_0 = 36.15m$	$\alpha_0 = 33.91m$
$\alpha_1 = 0.52m$	$\alpha_1 = 0.23m$	$\alpha_1 = -0.45m$	$\alpha_1 = 0.29m$	$\alpha_1 = 0.64m$	$\alpha_1 = 0.35m$	$\alpha_1 = 0.40m$
$\alpha_2 = 0.50m$	$\alpha_2 = 0.58m$	$\alpha_2 = 0.48m$	$\alpha_2 = 0.60m$	$\alpha_2 = 0.52m$	$\alpha_2 = 0.19m$	$\alpha_2 = -0.64m$
	$\alpha_3 = 0.056m$	$\alpha_3 = -0.062m$		$\alpha_3 = 0.072m$	$\alpha_3 = 0.023m$	$\alpha_3 = 0.30m$
	$\alpha_4 = 0.042m$	$\alpha_4 = -0.029m$			$\alpha_4 = -0.14m$	$\alpha_4 = 0.94m$
	$\alpha_5 = 0.20m$	$\alpha_5 = -0.065m$			$\alpha_5 = -0.11m$	$\alpha_5 = 0.27m$
	$\alpha_6 = -0.17m$	$\alpha_6 = -0.034m$				$\alpha_6 = 0.17m$
	$\alpha_7 = 0.16m$	$\alpha_7 = -0.023m$				$\alpha_7 = 0.65m$
	$\alpha_8 = -0.00006m$	$\alpha_8 = 0.051m$				$\alpha_8 = 0.63m$
	$\alpha_9 = -0.21m$	$\alpha_9 = -0.11m$				$\alpha_9 = -0.19m$
$\sigma_o = \pm 0.074m$	$\sigma_o = \pm 0.002m$	$\sigma_o = \pm 0.030m$	$\sigma_o = \pm 0.190m$	$\sigma_o = \pm 0.002m$	$\sigma_o = \pm 0.069m$	$\sigma_o = \pm 0.003m$

*Πίνακας 3.8 Οι παράμετροι κάθε επιφάνειας οι οποίες προσαρμόζονται καλύτερα στα δεδομένα που βρίσκονται σε κάθε φύλλο χάρτη και τα σφάλματα συνόρθωσής τους*



Παρατηρώντας τα αποτελέσματα από όλες τις παραπάνω προσαρμογές παρατηρείται ότι καμία επιφάνεια δεν προσαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία στα δεδομένα της περιοχής μελέτης. Το σφάλμα προσαρμογής για κάθε επιφάνεια είναι μεγαλύτερο από το επιθυμητό. Αντίθετα, στο διαχωρισμό των σημείων ανά φύλλο χάρτη, το σφάλμα των προσαρμογών περιορίζεται σε μερικά εκατοστά ως χιλιοστά. Συνεπώς οι προσαρμογές στα δεδομένα κάθε φύλλου χάρτη είναι ικανοποιητικές και για την δημιουργία τοπικού μοντέλου γεωειδούς θα χρησιμοποιηθούν τα παραπάνω αποτελέσματα.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα νέα υψόμετρα του γεωειδούς τα οποία υπολογίζονται από την επιφάνεια που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε φύλλο χάρτη (εξαιρούνται τα σημεία με μεγάλο υπόλοιπο). Τα αποτελέσματα από τους σχετικούς υπολογισμούς καθώς και η διαφορές των υψομέτρων του γεωειδούς με χρήση συστήματος GPS σε σχέση με τα νέα υψόμετρα παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

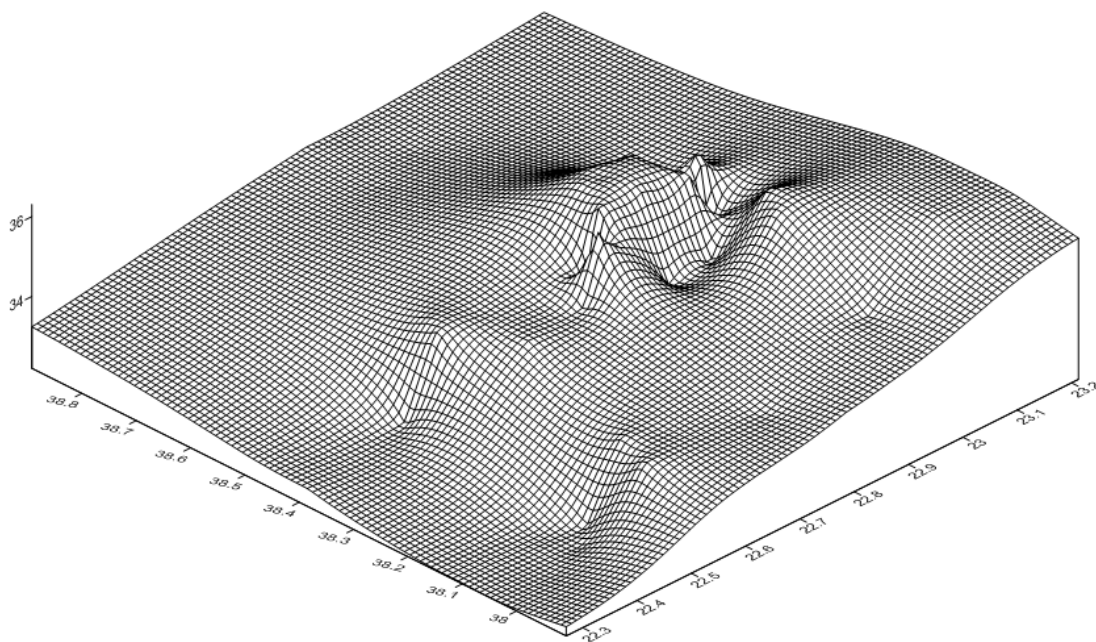
A/A	ΟΝΟΜΑ	N'	ΔN	N <sub>GPS</sub>	A/A	ΟΝΟΜΑ	N'	ΔN	N <sub>GPS</sub>
1	ΒΑΡΣΟΒΑ	32.226	0.321	31.904	36	ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	34.522	-0.149	34.671
2	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	32.226	0.443	31.782	37	ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	34.522	-0.320	34.842
3	ΠΡΦ.ΗΛΙΑΣ	34.522	0.303	34.219	38	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	34.523	-0.248	34.770
4	ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	33.906	0.203	33.703	39	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	34.523	-0.258	34.781
5	ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	32.225	0.547	31.679	40	ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	32.226	0.366	31.860
6	ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	32.227	-0.638	32.865	41	ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	33.908	0.909	32.999
7	ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	32.227	-0.334	32.560	42	ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	32.227	-0.139	32.366
8	ΛΙΜΝΕΣ	32.227	-0.253	32.480	43	ΜΑΥΡΑ	33.908	0.744	33.165
9	ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	33.908	0.750	33.158	44	ΡΙΖΑ	33.908	0.558	33.351
10	ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	33.909	0.251	33.659	45	ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	32.227	0.577	31.650
11	ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	32.227	-0.157	32.384	46	ΠΟΝΤΑ	32.227	-0.845	33.073
12	ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	33.910	0.144	33.766	47	ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	32.226	-0.087	32.313
13	ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	33.910	-0.745	34.655	48	ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	32.225	0.810	31.415
14	ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	33.908	0.741	33.167	49	ΑΛΩΝΙΑ	36.152	-0.004	36.156
16	ΓΚΟΥΡΙΑ	32.226	0.083	32.144	50	ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	36.153	-0.467	36.620
17	ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	36.036	-0.565	36.601	51	ΔΕΝΔΡΟ	36.151	0.925	35.226
18	ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	36.034	0.473	35.562	52	ΤΑΨΙΖΑ	36.035	0.158	35.877
19	ΖΑΣΤΑΝΟ	36.036	-0.616	36.652	53	ΜΥΤΙΚΑΣ	36.036	-0.231	36.267
20	ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	36.035	0.534	35.501	54	ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	36.035	0.681	35.355
21	ΜΟΡΑΝΙ	34.651	0.270	34.381	55	ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	34.651	0.646	34.005
22	ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	36.035	-0.379	36.414	56	ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	34.291	0.204	34.087
23	ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	36.153	-0.200	36.353	57	ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	34.290	0.204	34.087
24	ΑΗΛΙΑΣ	36.152	0.026	36.126	58	ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	34.290	0.210	34.080
25	ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	36.152	0.106	36.046	59	ΛΙΓΕΙΡΑ	32.226	0.708	31.517
26	ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	36.152	-0.270	36.423	60	ΜΑΝΘΗ	34.293	0.356	33.937
27	ΣΑΛΙΖΑ	36.152	0.347	35.805	61	ΠΑΤΗΜΑ	34.294	0.754	33.540
28	ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	36.152	0.256	35.896	62	ΚΛΕΝΙΑ	34.294	-0.239	34.534
29	ΠΥΡΓΟΣ	36.152	0.049	36.104	63	ΑΓΙΑ ANNA	34.294	-0.678	34.973
30	ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	32.647	0.891	31.756	64	ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	34.293	-0.525	34.818
31	ΑΝΑΣΚΕΛΟ	32.648	-0.277	32.925	65	ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	34.294	-0.511	34.805
32	ΤΡΑΧΗΛΑΣ	32.648	0.518	32.129	66	ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	34.292	-0.014	34.306
33	ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	32.648	-0.165	32.813	67	ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	34.292	0.220	34.072
34	ΓΟΥΛΑΣ	32.648	-0.916	33.564	68	ΣΤΑΥΡΟΣ	32.226	0.346	31.880
35	ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	32.649	-0.963	33.613	69	ΤΡΑΧΗΛΟΣ	34.522	0.691	33.831

*Πίνακας 3.9 Τα υψόμετρα του γεωειδούς που υπολογίζονται από τις προσαρμογές των επιφανειών στα δεδομένα κάθε φύλλου χάρτη και η σύγκρισή τους με τα υψόμετρα του γεωειδούς από τις μετρήσεις με το σύστημα GPS*

Συγκριτικά τα αποτελέσματα των υψομέτρων του γεωειδούς από τις προσαρμογές των επιφανειών σε κάθε φύλλο χάρτη σε σχέση με τα υψόμετρα τους γεωειδούς από τις επίγειες μετρήσεις διαφέρουν από λίγα χιλιοστά ως κάποια εκατοστά. Η διαφορά κάθε σημείου εξαρτάται από τη θέση του στο φύλλο χάρτη όσον αφορά την επιτυχία της προσαρμογής της εκάστοτε επιφάνειας, καθώς και από την ακρίβεια των αρχικών μετρήσεων ως προς τον προσδιορισμό του κάθε σημείου.

Σε γενικές γραμμές ο υπολογισμός των υψομέτρων που προκύπτουν από κάθε επιφάνεια συνιστά στη δημιουργία ενός τοπικού μοντέλου γεωειδούς στην περιοχή μελέτης το οποίο από τη σύγκριση των παραπάνω υψομέτρων εμφανίζεται επιτυχές εφόσον οι διαφορές των υψομέτρων δεν ξεπερνούν κάποια εκατοστά.

Στη συνέχεια, για την καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων, παρουσιάζεται η επιφάνεια του τοπικού γεωειδούς η οποία προκύπτει από τη σύνθεση των βέλτιστων προσαρμογών σε κάθε φύλλο χάρτη.



*Σχήμα 3.10 Το μοντέλο τοπικού γεωειδούς το οποίο προέκυψε από την προσαρμογή επιφανειών σε κάθε φύλλο χάρτη*

### 3.6 Διαρμονική παρεμβολή (Biharmonic interpolation)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια διαφορετική μέθοδος προσδιορισμού τοπικού μοντέλου γεωειδούς σύμφωνα με τα δεδομένα της περιοχής μελέτης. Η μέθοδος ονομάζεται διαρμονική παρεμβολή και σκοπός της είναι σε κάθε σημείο της επιφάνειας του γεωειδούς που θα παραχθεί να αντιστοιχεί μια τιμή υψομέτρου η οποία προκύπτει από την παρεμβολή των τιμών των υψομέτρων γύρω από αυτό.

Η διαρμονική παρεμβολή είναι μια μέθοδος παρόμοια με την πολυτετραγωνική παρεμβολή, η οποία χρησιμοποιείται ώστε να βρεθεί η ομαλότερη καμπύλη ή η επιφάνεια που προσαρμόζεται καλύτερα σε ένα σύνολο σημείων όταν αυτά είναι ακανόνιστα κατανομημένα στην περιοχή μελέτης. Επίσης, σε περιπτώσεις ύπαρξης 'θορύβου' στα δεδομένα μέσω της διαρμονικής παρεμβολής, προσδιορίζεται η επιφάνεια που προσαρμόζεται καλύτερα σε αυτά ελαχιστοποιώντας τις παραμέτρους του μοντέλου μέσω της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. [Sandwell D., 1987]

Η διαρμονική εξίσωση είναι μια μερική διαφορική εξίσωση τέταρτου βαθμού της παρακάτω μορφής

$$\nabla^4 \varphi = 0 \quad (3.9)$$

Η εξίσωση που την περιγράφει σε χώρο τριών διαστάσεων είναι η εξής:

$$\nabla^4 w(x) = \sum_{j=1}^N a_j \cdot \delta(x - x_j) \quad (3.10)$$

Όπου,  $\nabla^4$  είναι ο διαρμονικός τελεστής και  $x$  είναι η θέση σε χώρο  $m$ -διαστάσεων [Sandwell D., 1987]

Η λύση σε χώρο τριών διαστάσεων είναι της μορφής

$$w(x) = \sum_{j=1}^N a_j \cdot x \cdot (x - x_j) \quad (3.11)$$

Η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως και σε περιπτώσεις δεδομένων τα οποία προέρχονται από δορυφορικές μετρήσεις.

Η επιφάνεια που παράγεται μέσω της διαρμονικής παρεμβολής ικανοποιεί την διαρμονική εξίσωση και την ελάχιστη καμπυλότητα. δηλαδή είναι η ομαλότερη δυνατή επιφάνεια που προσαρμόζεται στα δεδομένα της περιοχής. [Sandwell D., 1987]

Η διαρμονική εξίσωση είναι το τετράγωνο της εξίσωσης του Laplace. Συγκεκριμένα, η εξίσωση περιγράφεται ως εξής:

$$\Delta^2 u = 0 \quad (3.10)$$

Όπου  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \dots + \frac{\partial^2}{\partial x_n^2}$  είναι ο τελεστής Laplace

Όμοια με την εξίσωση Laplace, η διαρμονική εξίσωση είναι ελλειπτική τέταρτου βαθμού και απαιτούνται δύο συνοριακές επιφάνειες ώστε να προσδιοριστεί μια μοναδική λύση. [Handscomb D., 2001]

Η διαδικασία παρεμβολής των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με χρήση της εφαρμογής 'sftool' του matlab. Για ένα σύνολο σημείων παράγεται η επιφάνεια που προσαρμόζεται καλύτερα σε αυτά μέσω της διαρμονικής παρεμβολής.

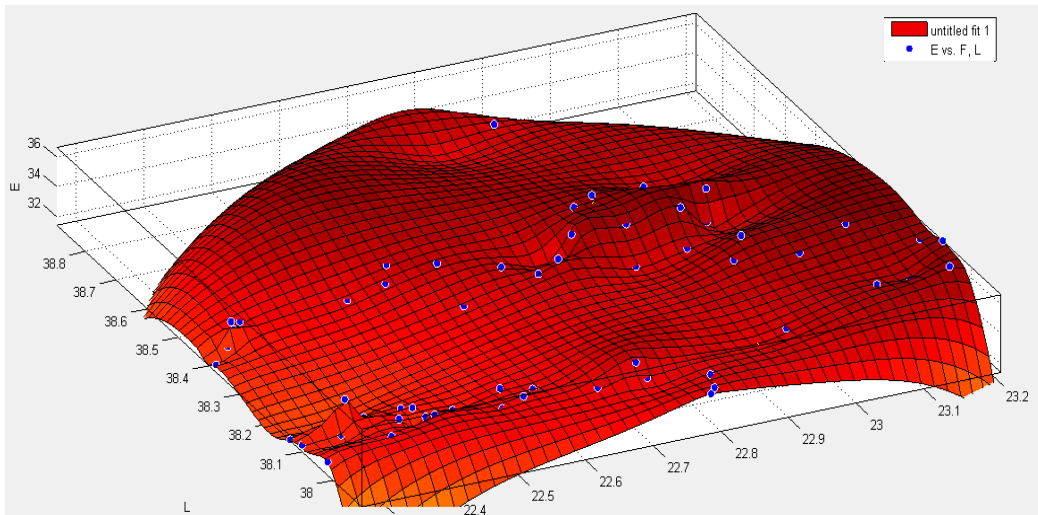
Για τα 76 σημεία της περιοχής μελέτης που έχουν αναφερθεί ήδη, το αποτέλεσμα που προέκυψε από τη διαρμονική παρεμβολή είναι η επιφάνεια που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.11

Επίσης, για το ίδιο σύνολο δεδομένων ακολουθήθηκε η αντίστοιχη διαδικασία μέσω της εφαρμογής 'surfer', όπου επιλέχθηκε ως μέθοδος παρεμβολής αυτή που ικανοποιεί την ελάχιστη καμπυλότητα ώστε τα δεδομένα να κατανεμηθούν σε ένα κানাβο.

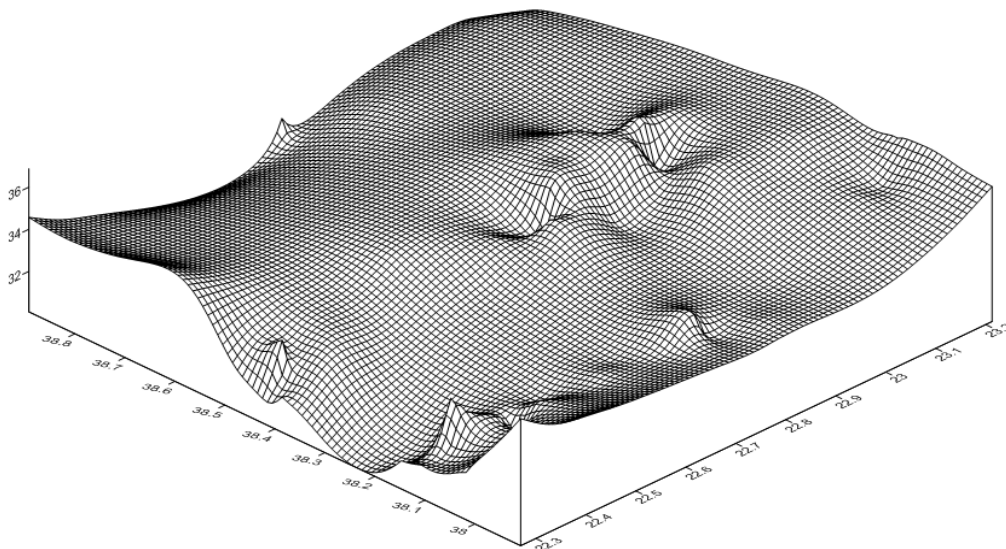
Η επιλογή της μεθόδου προήλθε από το γεγονός ότι μια συνάρτηση έχει ελάχιστη καμπυλότητα μόνο εάν ικανοποιεί τη διαρμονική εξίσωση. Η επιφάνεια που προέκυψε από την παρεμβολή των δεδομένων στο λογισμικό 'surfer' παρουσιάζεται στο σχήμα 3.12

Παρατηρώντας τα παρακάτω σχήματα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι πρόκειται για δύο απεικονίσεις οι οποίες ταυτίζονται σε πολλά σημεία της περιοχής μελέτης. Υπάρχουν όμως και αρκετές διαφοροποιήσεις σε χαρακτηριστικά σημεία εξαιτίας της προέλευσής τους από δύο διαφορετικές εφαρμογές.

Γι' αυτό τον λόγο, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις δύο εφαρμογές, συγκρίνοντας τα υψόμετρα αντίστοιχων σημείων πάνω στις δύο επιφάνειες.



*Σχήμα 3.11 Η επιφάνεια που προκύπτει από την μέθοδο παρεμβολής στα δεδομένα της περιοχής μελέτης μέσω 'matlab'*



*Σχήμα 3.12 Η επιφάνεια που προκύπτει από τη μέθοδο παρεμβολής στα δεδομένα της περιοχής μελέτης μέσω της εφαρμογής 'surfer'*

Συνολικά οι συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν δειγματοληπτικά σε είκοσι τυχαία σημεία τα οποία καλύπτουν όλη την επιφάνεια που προκύπτει. Από τη σύγκριση των υψομέτρων των σημείων στις δύο αντίστοιχες επιφάνειες προέκυψε ότι στην πλειονότητά τους τα υψόμετρα των αντίστοιχων σημείων από τις επιφάνειες, ταυτίζονται ενώ σε τρία μόνο σημεία από τα είκοσι παρουσιάστηκαν διαφορές στα υψόμετρα που προκύπτουν από τις παρεμβολές και κυμαίνονται από 2cm έως 5cm.

Η διαφορές που προέκυψαν σε αυτά τα σημεία πιθανόν οφείλονται στις ανοχές των παραμέτρων που τίθενται για την παρεμβολή από κάθε εφαρμογή ή ακόμα και στην ταυτοποίηση των συντεταγμένων των αντίστοιχων σημείων στις δύο εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούν συντεταγμένες με διαφορετικό αριθμό σημαντικών ψηφίων και διαφορετικό βήμα. Συγκεκριμένα, στο λογισμικό 'matlab', η παρεμβολή στην περιοχή μελέτης πραγματοποιείται ανά 2 Km, ενώ στο 'surfer' ανά 1 Km.

Επίσης, συγκρίνοντας τα εξαγόμενα προϊόντα των εφαρμογών, το εξαγόμενο προϊόν της εφαρμογής 'surfer' (σχήμα 3.12) είναι ευκολότερο στη διαχείριση. Δηλαδή, υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής και αποθήκευσης σε ξεχωριστό αρχείο, επίσης είναι δυνατόν να μεγεθυνθεί και να σμικρυνθεί όσο επιθυμεί ο χρήστης, ενώ παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα περαιτέρω μορφοποίησης του διαγράμματος.

Τέλος, συγκρίνοντας τις επιφάνειες της μεθόδου διαρμονικής παρεμβολής (σχ. 3.11, 3.12) και των πολυωνυμικών εξισώσεων (σχ. 3.10), συμπεραίνεται ότι μέσω της διαρμονικής παρεμβολής η επιφάνεια που προκύπτει παρουσιάζει κάποιες μικρές διαφοροποιήσεις στο δυτικό τμήμα της περιοχής, ενώ παράλληλα η επιφάνεια μέσω των προσαρμογών εμφανίζεται να έχει μεγαλύτερη κλίση ως προς την διεύθυνση ανατολής – δύσης.

Συγκριτικά, η διαρμονική παρεμβολή των δεδομένων μάλλον παράγει ακριβέστερα αποτελέσματα, ενώ η μέθοδος προσαρμογής επιφανειών λόγω της δυσκολίας σύνδεσης των φύλλων χάρτη μεταξύ τους (αύξηση σφάλματος) και άρα της μη ενιαίας αντιμετώπισης των σημείων εμφανίζεται λιγότερο ακριβής.

Σημειώνεται ότι δεν κατέσται δυνατό να βρεθεί με χρήση των εφαρμογών 'matlab' και 'surfer' συγκεκριμένη εξίσωση για την περιοχή μελέτης αλλά ούτε και το σφάλμα προσαρμογής της διαρμονικής παρεμβολής.

Σχετικά με τη χρήση των επιφανειών που προέκυψαν, ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει ψηφιακά την επιφάνεια, οδηγώντας την επιλογή του σε συγκεκριμένες συντεταγμένες με ανάλυση ....και να εξάγει την τιμή του N.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΧΗΣ ΤΟΥ ΓΕΩΕΙΔΟΥΣ Ν ΑΠΟ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

#### 4.1 Υπολογισμός της αποχής του γεωειδούς από το EGM96

Ο υπολογισμός της απόκλισης του γεωειδούς με χρήση του γεωδυναμικού μοντέλου EGM96 πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού 'Geopgrid.exe' το οποίο δόθηκε από το εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών και υπολογίζει σε συγκεκριμένα σημεία, που δίνονται από το χρήστη μέσω των γεωγραφικών τους συντεταγμένων  $\varphi$ ,  $\lambda$ , διάφορες παραμέτρους του γήινου πεδίου βαρύτητας, όπως τα υψόμετρα του γεωειδούς  $N$ , τις αποκλίσεις της κατακορύφου  $\xi$ ,  $\eta$ , τις διαταραχές της βαρύτητας  $\delta g$  και άλλα. Το λογισμικό έχει δημιουργηθεί από τον καθηγητή γεωδαισίας Georg Wenzel του πανεπιστημίου Karlsruhe της Γερμανίας. Συγκεκριμένα, για τους σκοπούς της εργασίας υπολογίστηκαν σε κάθε σημείο το υψόμετρο του γεωειδούς  $N$  και οι αποκλίσεις της κατακορύφου  $\xi$ ,  $\eta$ .

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της εφαρμογής είναι τα παρακάτω, ενώ παράλληλα παρουσιάζονται και οι διαφορές  $\Delta N$  των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς από τις αντίστοιχες που προέκυψαν από το μοντέλο EGM96.

A/A	ΟΝΟΜΑ	$N_{EGM96}(m)$	$\xi''(arcsec)$	$\eta''(arcsec)$	$\Delta N(m)$
1	ΒΑΡΣΟΒΑ	32.670	-1.154	-18.099	-0.765
2	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	32.809	-1.521	-17.868	-1.026
3	ΠΡΦ.ΗΛΙΑΣ	34.777	-6.750	-15.164	-0.558
4	ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	32.809	-1.521	-17.868	0.893
5	ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	32.235	-1.183	-19.028	-0.555
6	ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	32.941	-0.427	-17.167	-0.076
7	ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	33.234	-1.076	-16.708	-0.674
8	ΛΙΜΝΕΣ	33.483	-1.101	-16.055	-1.003
9	ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	34.038	-1.046	-14.307	-0.879
10	ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	34.772	-1.609	-12.376	-1.113
11	ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	33.775	-1.318	-15.368	-1.390
12	ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	35.123	-1.964	-11.615	-1.356
13	ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	35.085	-1.949	-11.805	-0.430
14	ΚΟΚΚΙΝΙΑ (137)	37.805	-4.907	-10.666	-0.486
15	ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	34.517	-1.656	-13.442	-1.349



A/A	ΟΝΟΜΑ	N <sub>EGM96</sub> (m)	ξ''(arcsec)	η''(arcsec)	ΔN(m)
16	ΠΕΥΚΟ ΚΑΤΙ	34.616	-1.742	-13.224	-1.761
17	ΓΚΟΥΡΙΑ	33.436	-1.729	-16.449	-1.291
18	ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	37.328	-4.759	-11.006	-0.726
19	ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	36.572	-4.447	-11.590	-1.010
20	ΖΑΣΤΑΝΟ	37.478	-4.657	-10.333	-0.826
21	ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	36.887	-4.100	-10.424	-1.386
22	ΜΟΡΑΝΙ	36.198	-3.285	-10.607	-1.817
23	ΠΕΛΕΚΑΝΟΙ	36.459	-3.591	-10.429	-1.773
24	ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	37.224	-4.445	-10.050	-0.809
25	ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	37.095	-6.268	-11.690	-0.741
26	ΑΗΛΙΑΣ	36.668	-6.407	-12.226	-0.542
27	ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	36.553	-6.556	-12.395	-0.507
28	ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	36.910	-5.659	-11.824	-0.487
29	ΣΑΛΙΖΑ	36.155	-5.938	-12.753	-0.350
30	ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	36.540	-5.802	-12.249	-0.644
31	ΧΕΡΟΒΟΥΝΟ	36.349	-5.870	-12.489	-1.397
32	ΠΥΡΓΟΣ	36.827	-4.852	-11.594	-0.723
33	ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	32.819	-6.973	-18.413	-1.063
34	ΑΝΑΣΚΕΛΟ	33.530	-8.105	-18.116	-0.605
35	ΤΡΑΧΗΛΑΣ	33.174	-7.438	-17.926	-1.045
36	ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	33.352	-7.651	-17.681	-0.539
37	ΓΟΥΛΑΣ	33.263	-7.546	-17.803	0.300
38	ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	34.416	-6.880	-15.822	-0.803
39	ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	35.012	-7.223	-14.894	-0.341
40	ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	35.256	-6.639	-14.317	-0.413
41	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(274)	35.813	-7.113	-13.570	-0.282
42	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(173)	35.799	-2.832	-10.048	-1.329
43	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	35.535	-5.895	-13.632	-0.764
44	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	35.612	-5.296	-13.299	-0.830
45	ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	33.084	-1.799	-17.309	-1.224
46	ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	34.243	-1.661	-14.271	-1.244
47	ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	33.502	-1.577	-16.226	-1.136
48	ΜΑΥΡΑ	34.429	-1.563	-13.619	-1.264
49	ΡΙΖΑ	34.269	-1.289	-13.823	-0.917
50	ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	33.377	-1.068	-16.326	-1.726
51	ΠΟΝΤΑ	33.484	-0.875	-15.915	-0.411
52	ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	32.176	-0.106	-18.937	0.136
53	ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	32.243	-1.748	-19.072	-0.827
54	ΑΛΩΝΙΑ	36.802	-6.601	-12.082	-0.646
55	ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	37.259	-5.763	-11.483	-0.639
56	ΔΕΝΔΡΟ	35.837	-5.470	-13.028	-0.610
57	ΘΥΜΑΡΙ	35.746	-4.916	-12.938	-1.073
58	ΤΑΨΙΖΑ	36.896	-4.453	-11.188	-1.018

A/A	ΟΝΟΜΑ	$N_{EGM96}(m)$	$\xi''(\text{arcsec})$	$\eta''(\text{arcsec})$	$\Delta N(m)$
59	ΜΥΤΙΚΑΣ	37.489	-4.682	-10.525	-1.221
60	ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	37.136	-4.356	-10.355	-1.781
61	ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	35.992	-3.018	-10.674	-1.987
62	ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	35.426	-2.313	-10.745	-1.339
63	ΛΟΥΤΣΑ	35.520	-2.443	-10.530	-1.440
64	ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	35.319	-2.299	-10.556	-1.232
65	ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	35.248	-2.286	-10.544	-1.168
66	ΛΙΓΕΙΡΑ	32.815	-1.849	-17.922	-1.297
67	ΓΕΡΟΣ	33.458	-0.549	-15.681	-0.189
68	ΜΑΝΘΗ	37.505	-7.102	-10.912	-3.567
69	ΠΑΤΗΜΑ	38.017	-5.673	-9.737	-4.476
70	ΚΛΕΝΙΑ	38.049	-6.138	-9.505	-3.515
71	ΑΓΙΑ ΑΝΝΑ	37.370	-6.150	-11.332	-2.397
72	ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	36.682	-5.219	-11.912	-1.864
73	ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	37.172	-5.672	-11.566	-2.367
74	ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	36.299	-5.182	-12.312	-1.992
75	ΑΛΩΝΑΚΙ ΑΓ.ΒΑΣΙΛ	35.994	-4.975	-12.608	0.109
76	ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	36.051	-5.900	-12.878	-1.979
77	ΣΤΑΥΡΟΣ	32.993	-1.638	-17.477	-1.113
78	ΤΡΑΧΗΛΟΣ	34.929	-5.110	-14.394	-1.098
79	ΠΑΡΑΛ. ΠΟΡΟΒΙΤΣΗ	32.766	-2.354	-18.109	2.469

*Πίνακας 4.1 Οι τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς και των αποκλίσεων της κατακορύφου  $\xi$ ,  $\eta$  που προκύπτουν από το EGM96*

Από τις παραπάνω τιμές των αποχών του γεωειδούς των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής στο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM96, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα απεικόνισης της πυκνότητας των σημείων και του εύρους των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς, καθώς και τα διαγράμματα των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς κατά πλάτος και κατά μήκος της περιοχής στην οποία βρίσκονται τα τριγωνομετρικά σημεία.

Η αποχή του γεωειδούς για κάθε σημείο απεικονίζεται στο σχήμα 4.1. από το οποίο προκύπτει η πυκνότητα των τριγωνομετρικών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και το εύρος των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς στην περιοχή οι οποίες κυμαίνονται από 32m έως 38m περίπου.

Στην στήλη σύγκρισης των υψομέτρων του γεωειδούς από τις επίγειες μετρήσεις με τα υψόμετρα από το EGM96 παρατηρούνται κάποια σημεία με μεγάλες διαφορές που ξεπερνούν το ένα μέτρο. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο ότι τα σημεία αυτά έχουν προκύψει από μετρήσεις με πιθανό σφάλμα ή σφάλμα στο ορθομετρικό τους υψόμετρο και είναι

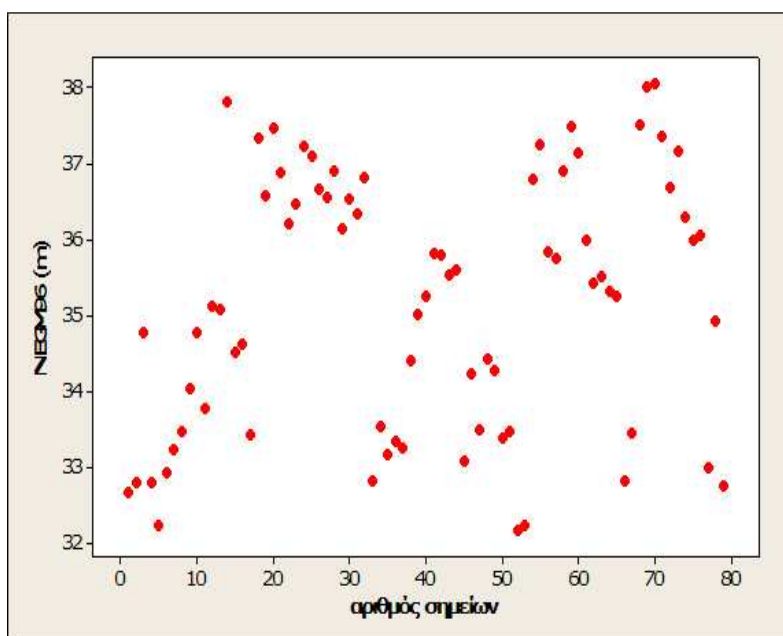
σημεία τα οποία αφαιρέθηκαν από τη διαδικασία των προσαρμογών του προηγούμενου κεφαλαίου.

Επίσης, τα στατιστικά στοιχεία των διαφορών των υψομέτρων από τις επίγειες μετρήσεις και αυτών που προκύπτουν από το μοντέλο EGM96 είναι τα εξής,

$\Delta N_{GPS-EGM96}$			
Μέγιστο	ελάχιστο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
2.469	-4.476	-1.029	<b><math>\pm 0.101</math></b>

Πίνακας 4.2 Τα στατιστικά στοιχεία της σύγκρισης των υψομέτρων από τις επίγειες μετρήσεις με αυτά που προκύπτουν από το μοντέλο EGM96

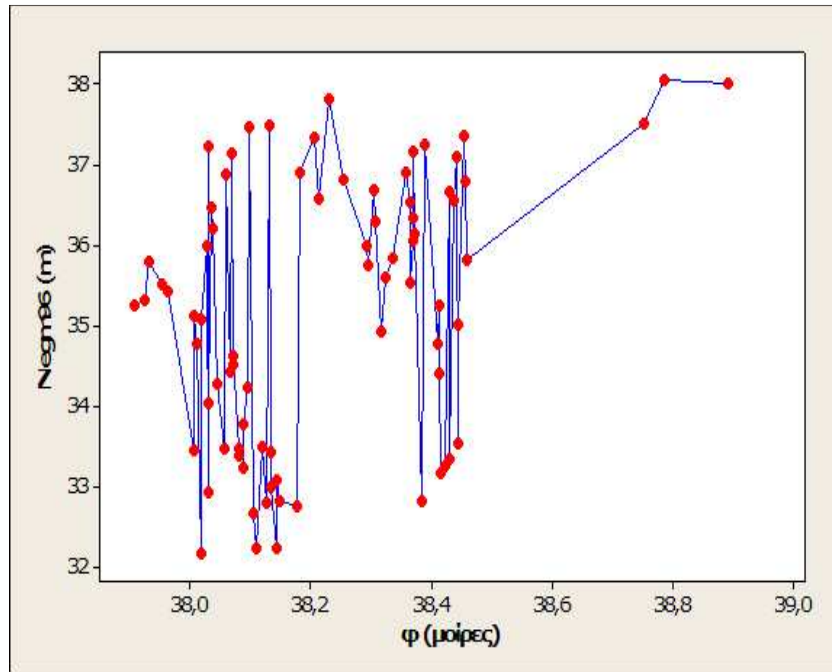
Διαγραμματικά οι αποχές του γεωειδούς για το EGM96 παρουσιάζονται ως εξής:



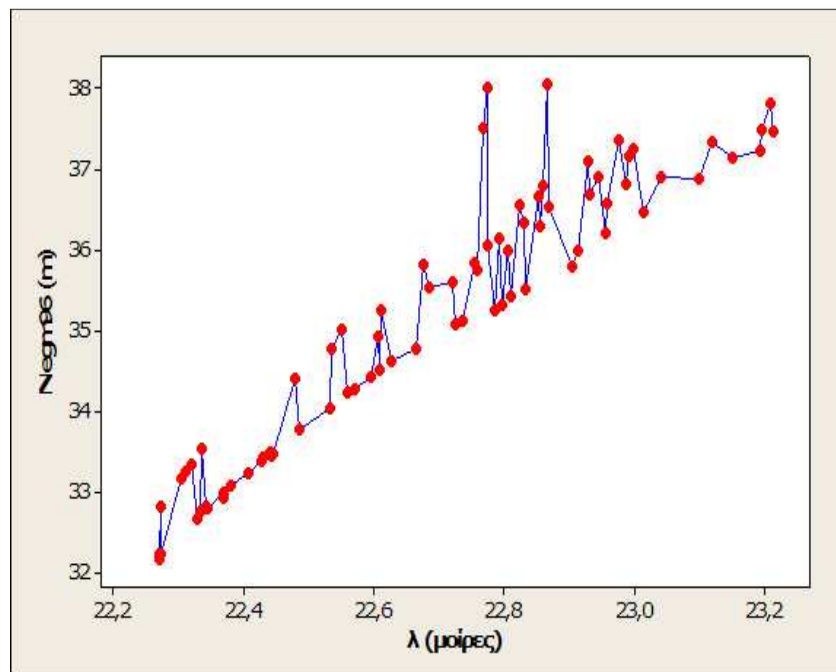
Σχήμα 4.1 Η τιμή του υψομέτρου του γεωειδούς για κάθε σημείο

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σχήματα 4.2 και 4.3 στα οποία απεικονίζεται το εύρος των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς κατά πλάτος της περιοχής μελέτης και κατά μήκος της αντίστοιχα. Η απεικόνιση αυτή, προσφέρει μια πρώτη πληροφορία για τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής.

Παρατηρείται ότι κατά πλάτος της περιοχής η μεταβολή των τιμών των υψομέτρων μεταξύ των σημείων είναι περισσότερο απότομη από ότι κατά μήκος της περιοχής όπου παρατηρείται αύξηση.

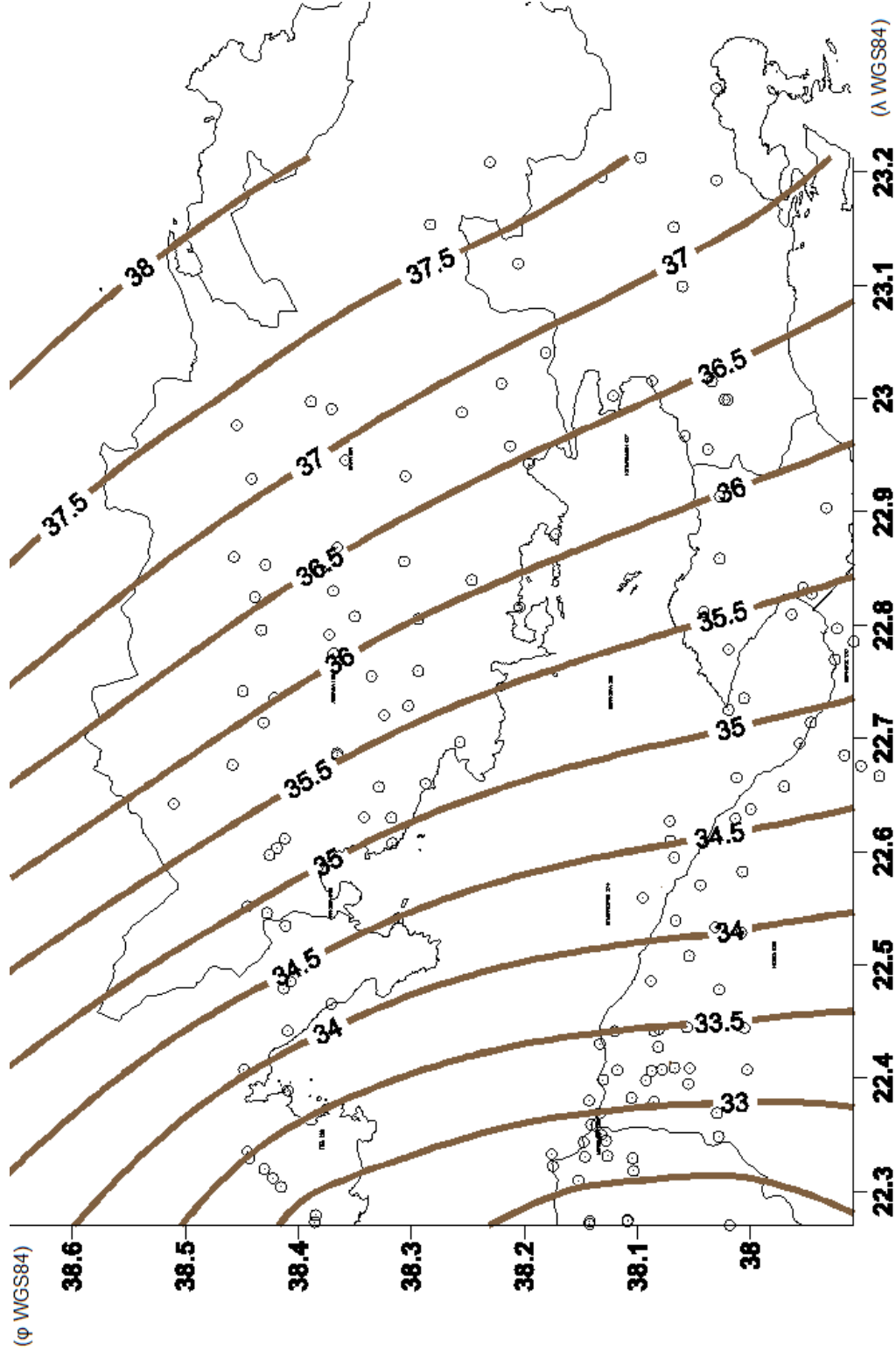


Σχήμα 4.2 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος κάθε σημείου



Σχήμα 4.3 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος κάθε σημείου

Ο χάρτης 4.1 δημιουργήθηκε στο λογισμικό ‘surfer’ εισάγοντας σε αυτό τις γεωγραφικές συντεταγμένες  $\varphi$ ,  $\lambda$ , του σημείου και το υψόμετρο του γεωειδούς σε αυτό και απεικονίζει τα υψόμετρα του γεωειδούς στην περιοχή για το μοντέλο EGM96 στο ελλειψοειδές αναφοράς GRS80.



Χάρτης 4.1 Οι ισοψείς καμπύλες στο GRS80 για το παγκόσμιο μοντέλο γεωειδούς EGM96

## 4.2 Υπολογισμός των υψομέτρων του γεωειδούς από το γεωδυναμικό μοντέλο EGM08

Ο υπολογισμός της αποχής του γεωειδούς για κάθε τριγωνομετρικό σημείο στην περιοχή μελέτης, πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό 'harmonic\_synth\_wgs84' το οποίο δημιουργήθηκε από τον Pavlis και διατίθεται μαζί με τις σχετικές πληροφορίες για το EGM08 από την εθνική υπηρεσία γεωστατιστικών πληροφοριών της Αμερικής.

Το λογισμικό υπολογίζει διάφορες ποσότητες σχετικές με το πεδίο βαρύτητας της γης, εισάγοντας για κάθε σημείο τις γεωγραφικές του συντεταγμένες  $\varphi$ ,  $\lambda$ , το γεωμετρικό και το ορθομετρικό υψόμετρο. Για τους σκοπούς της εργασίας υπολογίστηκαν για όλα τα σημεία της περιοχής μελέτης, οι αποχές του γεωειδούς  $N$  καθώς και οι συνιστώσες της απόκλισης της κατακορύφου  $\xi$ ,  $\eta$  για το EGM08.

Τα αποτελέσματα για τα υψόμετρα του γεωειδούς και για τις συνιστώσες της απόκλισης της κατακορύφου για όλα τα τριγωνομετρικά σημεία με χρήση του EGM08 καθώς και αντίστοιχες διαφορές των υψομέτρων του γεωειδούς από τις επίγειες μετρήσεις σε σχέση με αυτά που προκύπτουν από το παρόν μοντέλο είναι τα παρακάτω:

A/A	ΟΝΟΜΑ	$N^{EGM08}(m)$	$\xi''(arcsec)$	$\eta''(arcsec)$	$\Delta N(m)$
1	ΒΑΡΣΟΒΑ	32.740	20.711	-12.731	-0.836
2	ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	32.572	20.293	-13.031	-0.790
3	ΠΡΦ.ΗΛΙΑΣ	34.840	-19.203	-22.663	-0.621
4	ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	32.485	18.691	-13.09	1.218
5	ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	32.348	20.047	-13.65	-0.669
6	ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	33.529	10.35	-13.143	-0.750
7	ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	33.310	19.042	-10.974	-1.031
8	ΛΙΜΝΕΣ	33.511	17.859	-9.064	-1.026
9	ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	34.184	13.027	-2.795	-0.836
10	ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	34.495	8.263	-4.780	-0.836
11	ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	33.530	15.964	-7.182	-1.145
12	ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	34.691	4.583	-5.365	-0.924
13	ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	34.628	5.580	-6.152	0.026
14	ΚΟΚΚΙΝΙΑ (137)	37.975	-1.318	-12.691	-0.656
15	ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	34.041	11.423	-6.187	-0.874
16	ΠΕΥΚΟ ΚΑΤΙ	34.088	10.301	-7.267	-1.233
17	ΓΚΟΥΡΙΑ	32.987	17.649	-11.85	-0.842
18	ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	37.416	-8.651	-13.331	0.815
19	ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	36.508	-13.727	-15.761	-0.946
20	ΖΑΣΤΑΝΟ	37.635	-6.580	-15.418	-0.983
21	ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	36.969	1.096	-12.404	-1.468

A/A	ΟΝΟΜΑ	N <sup>EGM08</sup> (m)	ξ''(arcsec)	η''(arcsec)	ΔN(m)
22	ΜΟΡΑΝΙ	35.979	-4.202	-17.807	-1.598
23	ΠΕΛΕΚΑΝΟΙ	36.404	-3.388	-16.258	-1.718
24	ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	37.342	-4.521	-9.126	-0.928
25	ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	37.070	0.329	-5.283	-0.712
26	ΑΗΛΙΑΣ	36.934	2.840	-5.528	-0.808
27	ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	36.855	1.766	-7.164	-0.809
28	ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	37.235	1.355	-5.675	-0.812
29	ΣΑΛΙΖΑ	36.544	-6.595	-17.574	-0.739
30	ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	36.892	-2.407	-8.895	-0.996
31	ΧΕΡΟΒΟΥΝΟ	36.893	-3.776	-12.960	-1.942
32	ΠΥΡΓΟΣ	37.029	-13.802	-13.060	-0.925
33	ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	32.598	-23.349	-19.531	-0.842
34	ΑΝΑΣΚΕΛΟ	33.661	-17.652	-10.148	-0.736
35	ΤΡΑΧΗΛΑΣ	33.236	-21.563	-15.066	-1.107
36	ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	33.491	-19.532	-11.832	-0.678
37	ΓΟΥΛΑΣ	33.368	-2.52	-13.486	0.196
38	ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	34.301	-16.286	-23.507	-0.688
39	ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	35.382	-22.796	-22.491	-0.711
40	ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	35.451	-20.218	-15.225	-0.609
41	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(274)	36.333	-16.169	-7.245	-0.803
42	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(173)	35.433	-0.072	-12.110	-0.964
43	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	35.608	-14.969	-20.734	-0.838
44	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	35.605	-15.153	-24.441	-0.824
45	ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	32.619	18.388	-13.338	-0.759
46	ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	33.758	12.517	-5.922	-0.759
47	ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	33.152	17.898	-10.754	-0.786
48	ΜΑΥΡΑ	34.022	12.327	-5.201	-0.857
49	ΡΙΖΑ	34.155	13.823	-2.847	-0.804
50	ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	33.475	18.731	-9.878	-1.825
51	ΠΟΝΤΑ	33.695	15.563	-8.681	-0.622
52	ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	32.976	5.246	-17.032	-0.663
53	ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	31.972	19.008	-13.234	-0.557
54	ΑΛΩΝΙΑ	36.916	0.873	-5.169	-0.760
55	ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	37.311	4.433	-6.071	-0.691
56	ΔΕΝΔΡΟ	36.034	-13.644	-23.822	-0.808
57	ΘΥΜΑΡΙ	35.773	-17.08	-24.341	-1.100
58	ΤΑΨΙΖΑ	36.823	-9.749	-13.876	-0.946
59	ΜΥΤΙΚΑΣ	37.626	-6.720	-16.995	-1.359
60	ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	37.231	-0.681	-11.66	-1.876
61	ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	35.644	-4.429	-18.182	-1.639
62	ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	34.955	1.475	-8.942	-0.868
63	ΛΟΥΤΣΑ	35.062	1.392	-10.787	-0.982
64	ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	34.949	1.971	-8.037	-0.862

A/A	ΟΝΟΜΑ	$N^{EGM08}$ (m)	$\xi''$ (arcsec)	$\eta''$ (arcsec)	$\Delta N$
65	ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	34.920	1.737	-7.670	-0.840
66	ΛΙΓΕΙΡΑ	32.356	18.288	-13.632	-0.839
67	ΓΕΡΟΣ	33.972	7.553	-9.477	-0.704
68	ΜΑΝΘΗ	36.988	6.092	-11.88	-3.051
69	ΠΑΤΗΜΑ	37.323	-14.931	-11.339	-3.783
70	ΚΛΕΝΙΑ	37.366	1.180	-10.247	-2.832
71	ΑΓΙΑ ΑΝΝΑ	37.217	-4.472	-8.025	-2.244
72	ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	37.068	-10.336	-10.143	-2.250
73	ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	37.340	4.243	-5.747	-2.535
74	ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	36.729	-15.351	-14.618	-2.423
75	ΑΛΩΝΑΚΙ ΑΓ.ΒΑΣΙΛ	36.215	-17.904	-20.613	-0.112
76	ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	36.493	-8.388	-20.902	-2.421
77	ΣΤΑΥΡΟΣ	32.644	19.277	-13.078	-0.764
78	ΤΡΑΧΗΛΟΣ	34.582	-16.637	-17.04	-0.751
79	ΠΑΡΑΛ. ΠΟΡΟΒΙΤΣΗ	32.052	13.016	-14.439	3.183

Πίνακας 4.2 Οι τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς και των αποκλίσεων της κατακορύφου  $\xi$ ,  $\eta$  που προκύπτουν από το EGM08

Οι μεγάλες διαφορές υψομέτρων του γεωειδούς σε ορισμένα σημεία του παραπάνω πίνακα οφείλονται αντίστοιχα όπως στο μοντέλο EGM96 σε σφάλματα στις μετρήσεις των σημείων ή σε σφάλματα του ορθομετρικού τους υψομέτρου.

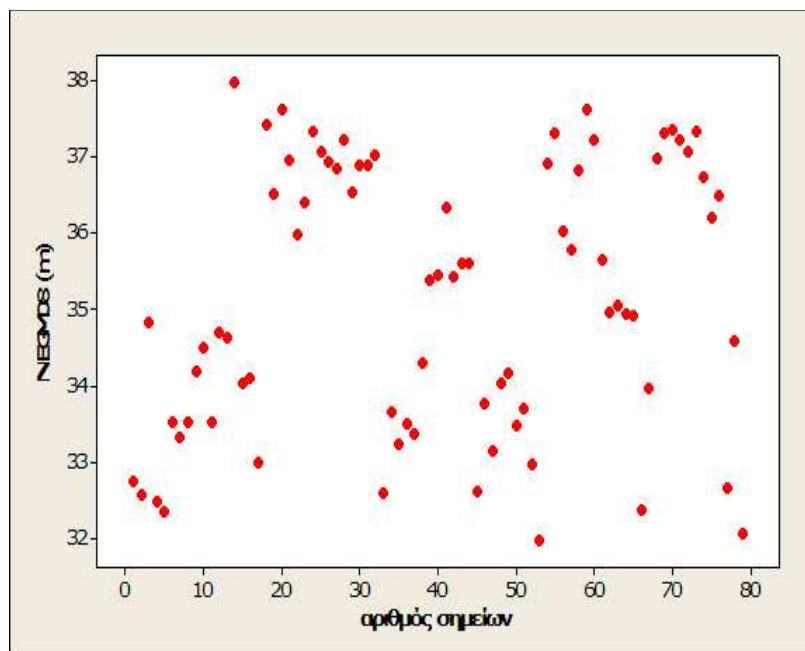
Επίσης, τα στατιστικά στοιχεία των διαφορών των υψομέτρων από τις επίγειες μετρήσεις και αυτών που προκύπτουν από το μοντέλο EGM08 είναι τα εξής,

$\Delta N_{GPS-EGM08}$			
Μέγιστο	ελάχιστο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
3.183	-3.780	-0.99	<b><math>\pm 0.096</math></b>

Πίνακας 4.3 Τα στατιστικά στοιχεία της σύγκρισης των υψομέτρων από τις επίγειες μετρήσεις με αυτά που προκύπτουν από το μοντέλο EGM08

Διαγραμματικά οι αποχές του γεωειδούς για το EGM08 παρουσιάζονται ως εξής:





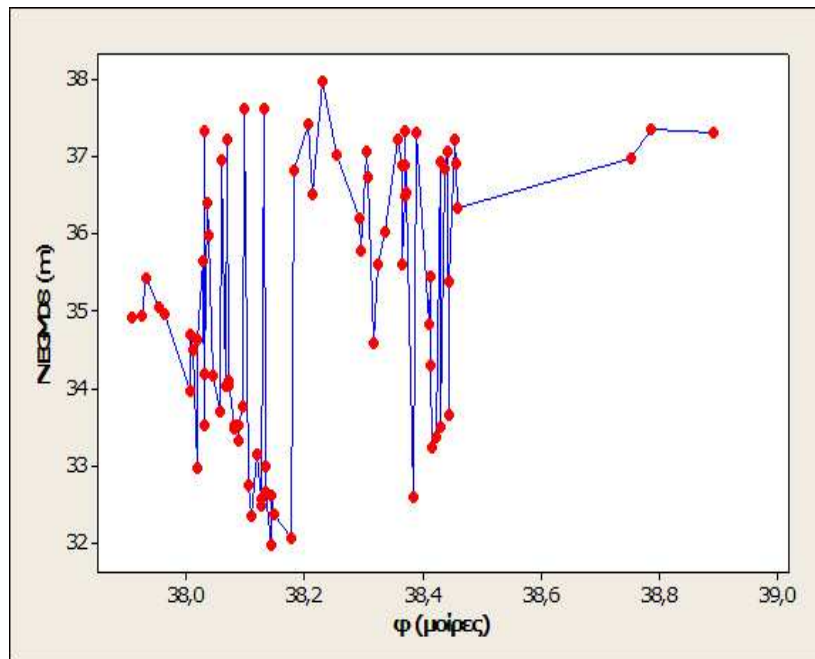
*Σχήμα 4.4 Η πυκνότητα των σημείων για τα οποία υπολογίστηκαν τα υψόμετρα του γεωειδούς και το εύρος των τιμών των υψομέτρων*

Από τις παραπάνω τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς για το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08 προέκυψε το διάγραμμα του σχήματος 4.4 το οποίο απεικονίζει το εύρος των τιμών των υψομέτρων καθώς και την πυκνότητα των σημείων.

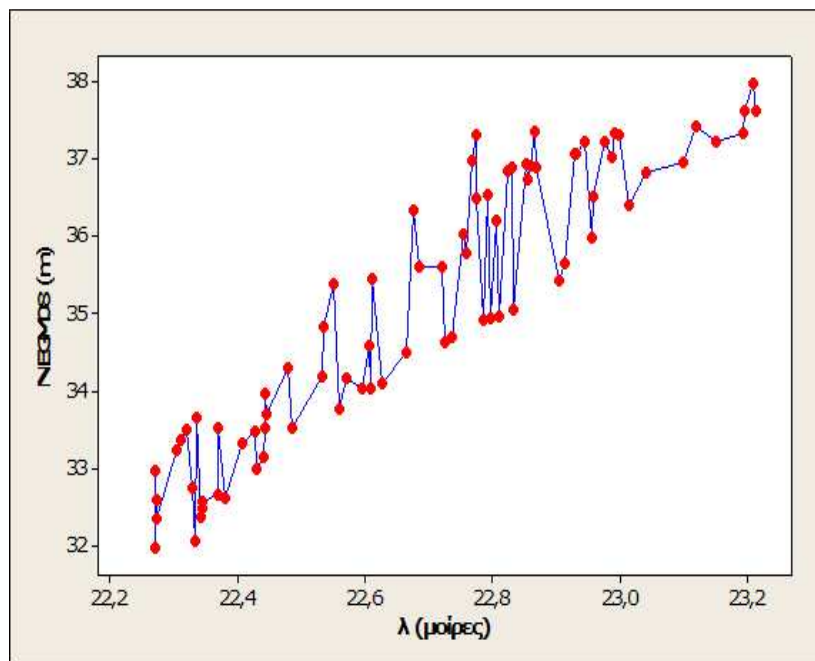
Το εύρος των υψομέτρων του γεωειδούς για το EGM08 στην περιοχή κυμαίνεται από 32m έως 38m περίπου.

Στα σχήματα 4.5 και 4.6 τα οποία παρουσιάζουν το εύρος των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς κατά πλάτος της περιοχής μελέτης και κατά μήκος της αντίστοιχα, παρατηρείτε παρόμοια μορφή με τα σχήματα 4.2 και 4.3 τα οποία αναφέρονται στο EGM96. Επίσης, παρατηρείται, ότι κατά πλάτος της περιοχής η μεταβολή των τιμών των υψομέτρων μεταξύ των σημείων είναι περισσότερο απότομη από ότι κατά μήκος της περιοχής.

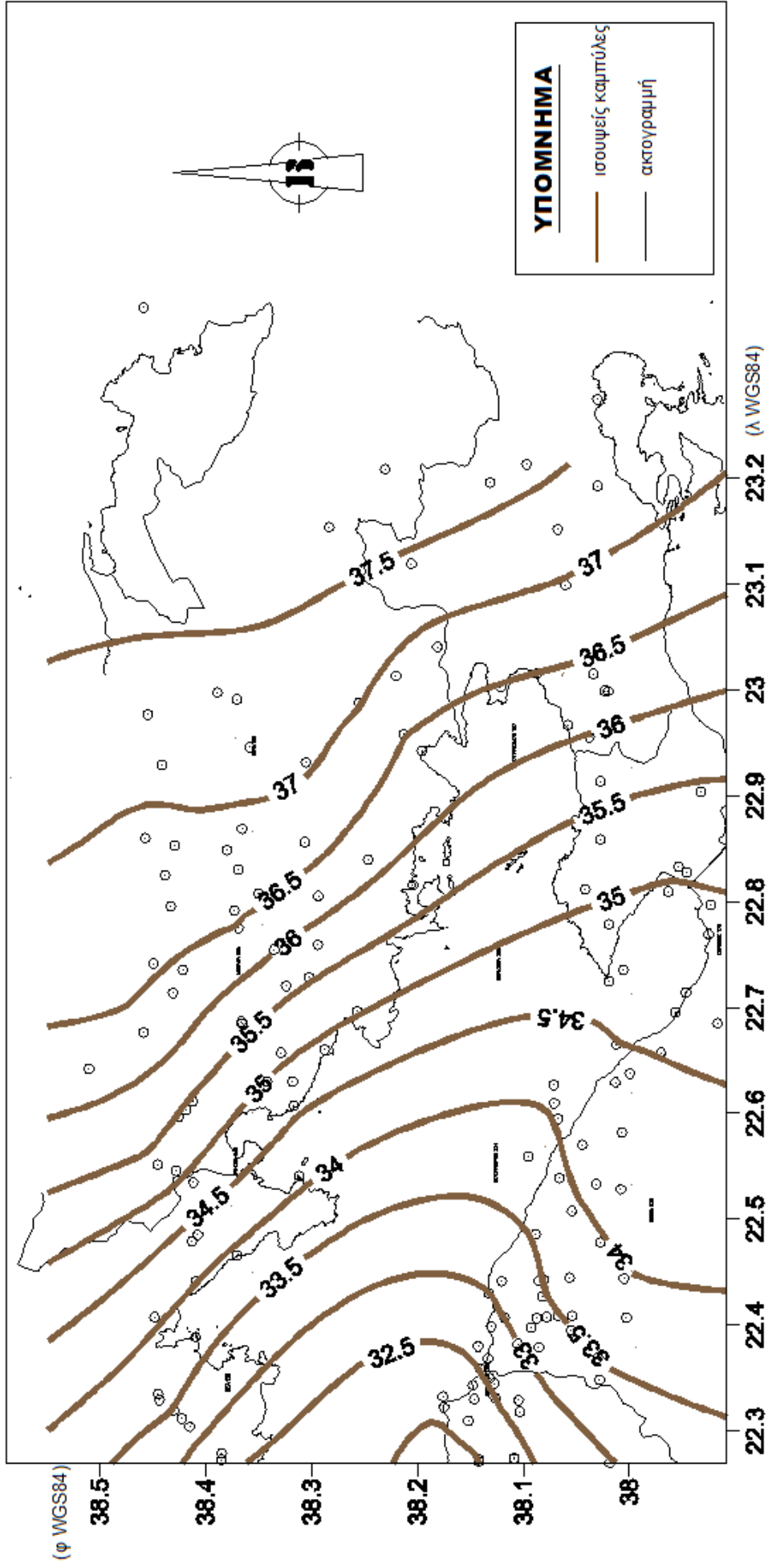
Επίσης, σύμφωνα με τις τιμές των αποχών του γεωειδούς του πίνακα 4.2 προέκυψε ο αντίστοιχος χάρτης ισοψών καμπυλών με τις αποκλίσεις του γεωειδούς στην περιοχή μελέτης για το παγκόσμιο μοντέλο του γεωειδούς EGM08 στο ελλειψοειδές αναφοράς GRS80.



Σχήμα 4.5 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος κάθε σημείου



Σχήμα 4.6 Τα υψόμετρα του γεωειδούς σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος κάθε σημείου



Χάρτης 4.2 Οι ισοψείς καμπύλες στο GRS80 για το παγκόσμιο μοντέλο του γεωειδούς EGM08

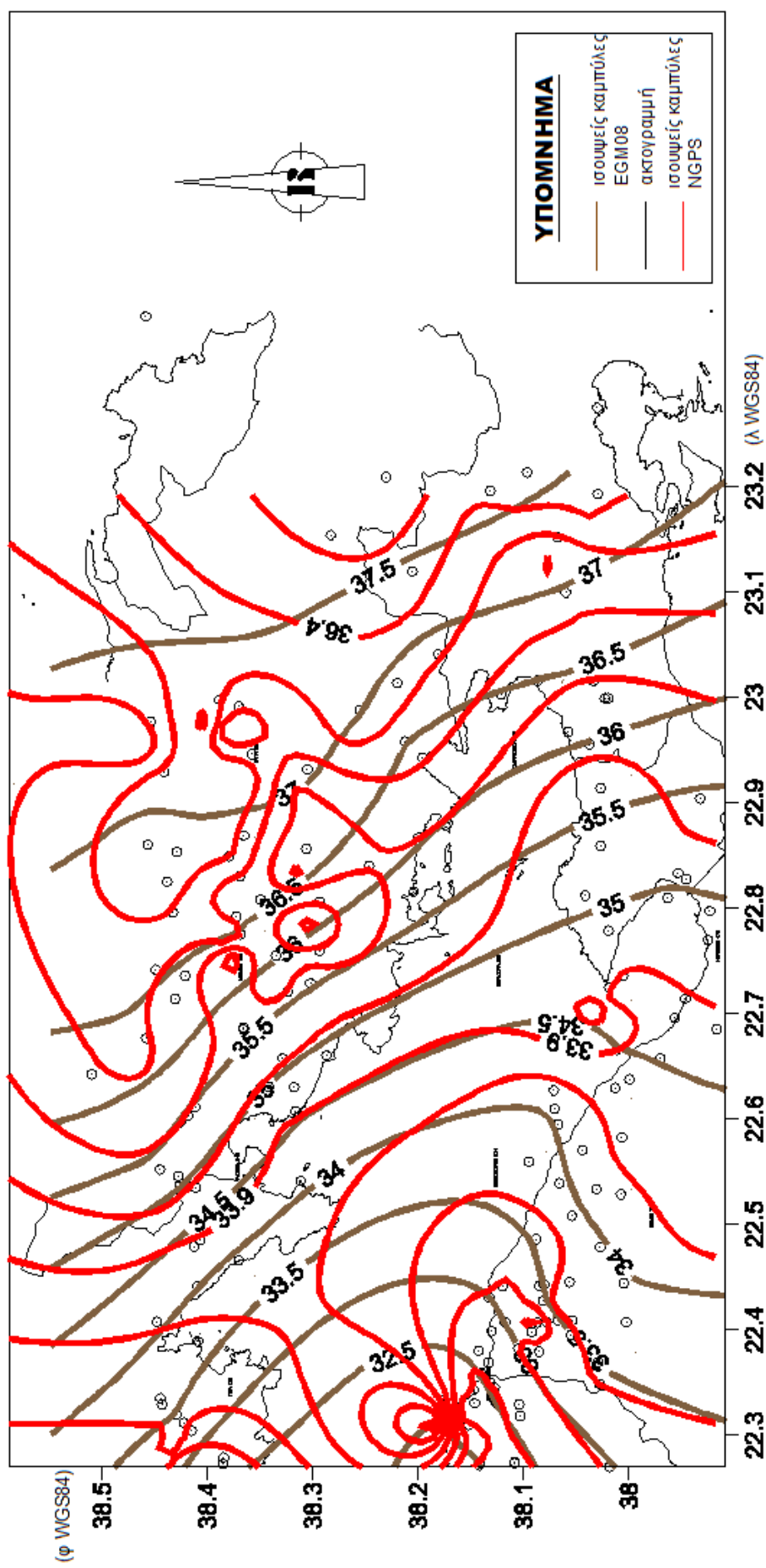
### 4.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Έχοντας ως στόχο τη σύγκριση των αποτελεσμάτων για τις τιμές των υψομέτρων του γεοειδούς από τα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα EGM08, EGM96 και τις μετρήσεις με το σύστημα GPS σε συνδιασμό με τα ορθομετρικά υψόμετρα των σημείων, δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχοι συγκριτικοί χάρτες των ισουψών καμπυλών στην περιοχή μελέτης, καθώς και τα αντίστοιχα ψηφιακά μοντέλα εδάφους για κάθε σύνολο τιμών.

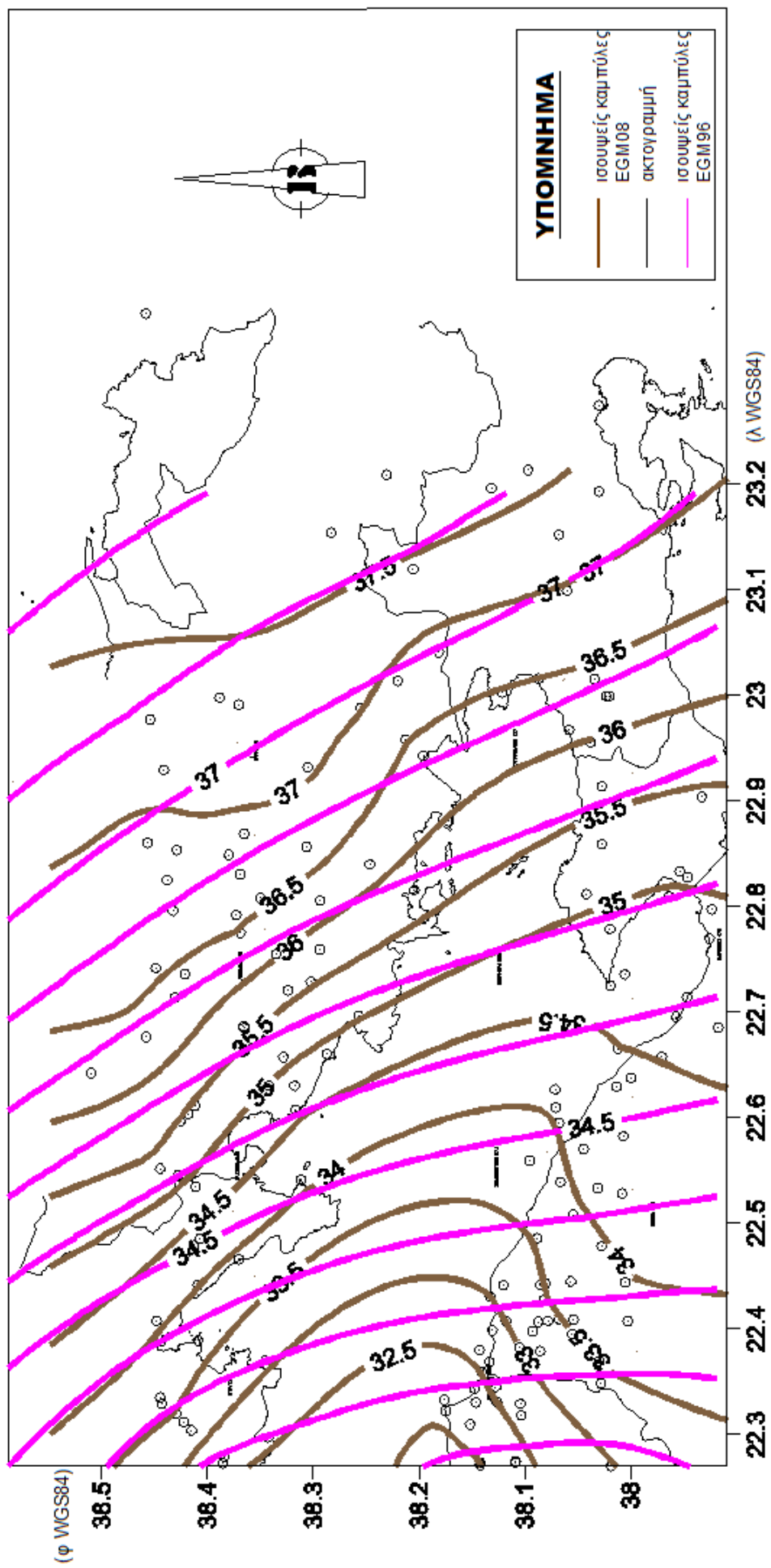
Στο χάρτη 4.3 παρουσιάζονται οι ισουψείς καμπύλες των υψομέτρων του γεοειδούς από το μοντέλο EGM08 με καφέ χρώμα και οι ισουψείς καμπύλες που προέκυψαν από τις μετρήσεις με το σύστημα GPS με κόκκινο χρώμα, ώστε η σύγκρισή τους να γίνεται οπτικά εύκολα. Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στις ισουψείς καμπύλες αφορούν κυρίως το δυτικό και ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης και οφείλονται στο γεγονός ότι οι μεμονωμένες μετρήσεις σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο με το σύστημα GPS σε συνδιασμό με τα ορθομετρικά υψόμετρα των σημείων, προσφέρουν περισσότερο ακριβείς πληροφορίες για τη μορφολογία της περιοχής.

Στο χάρτη 4.4 παρουσιάζονται με καφέ χρώμα οι ισουψείς καμπύλες των υψομέτρων του γεοειδούς από το μοντέλο EGM08, ενώ με ροζ χρώμα απεικονίζονται οι ισουψείς καμπύλες από το μοντέλο EGM96. Σε αυτό το συγκριτικό χάρτη των ισουψών καμπυλών που προέκυψαν από τα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές. Συγκεκριμένα, η μορφή των καμπυλών καθώς και το εύρος των υψομέτρων που καλύπτουν συμβαδίζουν μεταξύ τους, ενώ οι ισουψείς καμπύλες από το μοντέλο EGM08 είναι περισσότερο περιγραφικές όσον αφορά τη μορφολογία κυρίως στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

Επίσης, για την καλύτερη απεικόνιση της μορφολογίας του εδάφους της περιοχής όπως αυτό διαμορφώνεται από τις τιμές των υψομέτρων του γεοειδούς από τις επίγειες μετρήσεις με GPS και από τις τιμές που προκύπτουν από τα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα EGM08 και EGM96, δημιουργήθηκαν τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους για κάθε ένα από τα αποτελέσματα των υψομέτρων του γεοειδούς σε τρισδιάστατη μορφή.



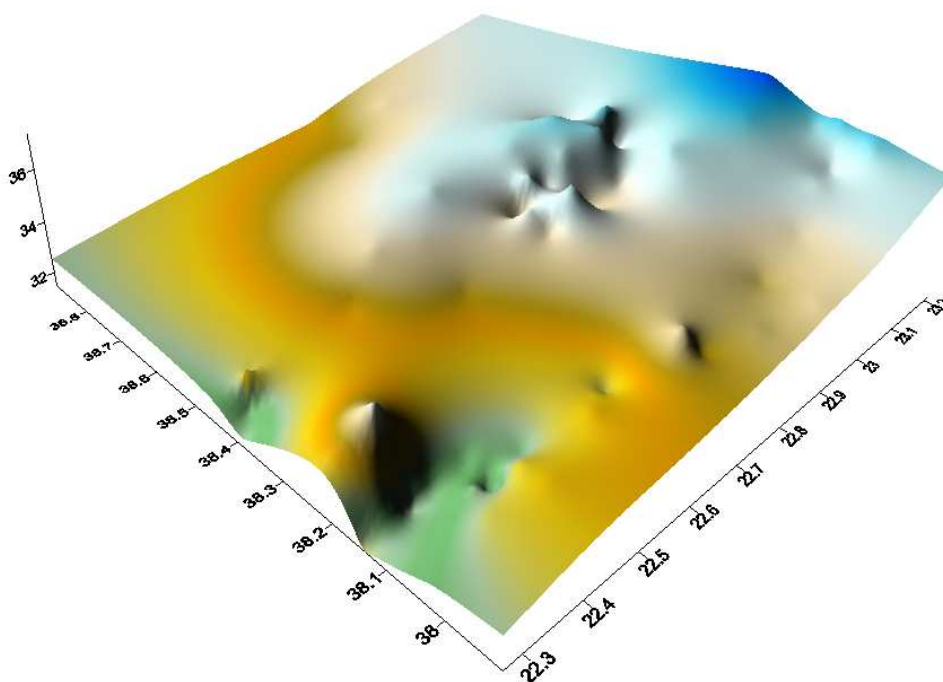
Χάρτης 4.3 Συγκριτικός χάρτης ισοψών καμπυλών των υψομέτρων του γεωειδούς για το μοντέλο EGM08 και τις μετρήσεις με GPS



Χάρτης 4.4 Συγκριτικός χάρτης ισοψών καμπυλών των υψομέτρων του γεοειδούς για τα μοντέλα EGM08 και EGM96

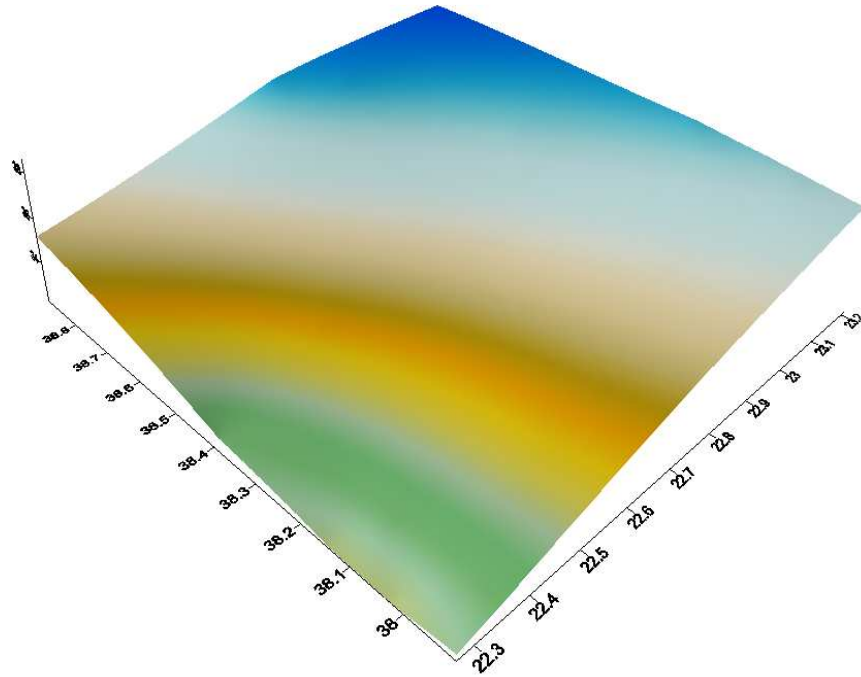
Για τη δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων του εδάφους της περιοχής χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό 'surfer 9', έτσι ώστε η παρουσίαση του εδάφους να είναι πιο σαφής και κατανοητή από τον αναγνώστη.

Στην εικόνα 4.1 παρουσιάζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής με βάση τις τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς που προκύπτουν από τον πίνακα 3.1 και αναφέρονται στις επίγειες μετρήσεις με GPS που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή σε συνδιασμό με τα γνωστά ορθομετρικά υψόμετρα των τριγωνομετρικών από τη ΓΥΣ.



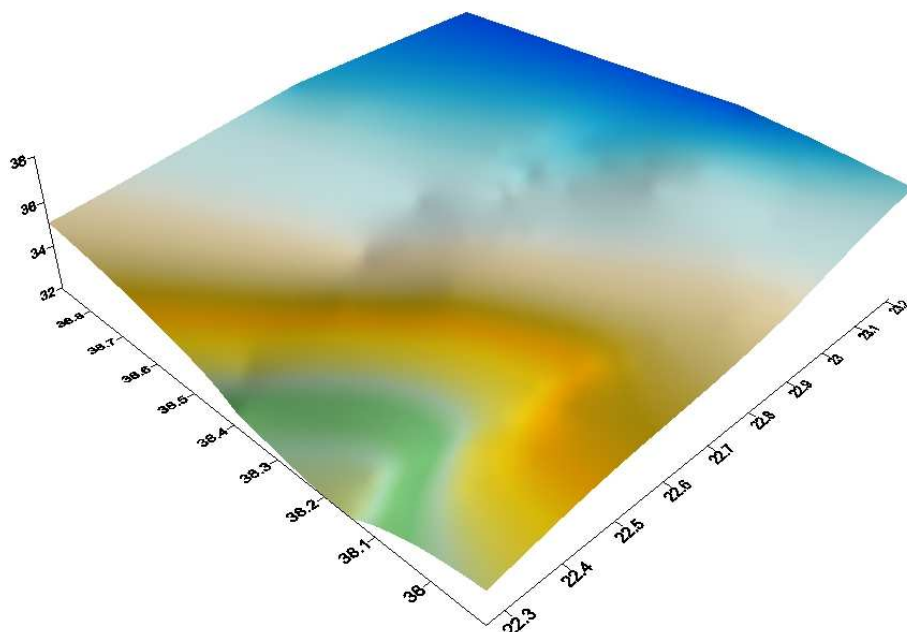
*Εικόνα 4.1 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τις επίγειες μετρήσεις με GPS στην περιοχή*

Στην εικόνα 4.2 παρουσιάζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής με βάση τις τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς που προκύπτουν από τον πίνακα 4.2 και αναφέρονται στο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM96.



*Εικόνα 4.2 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από το παγκόσμιο μοντέλο EGM96.*

Στην εικόνα 4.3 παρουσιάζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής με βάση τις τιμές των υψόμετρων του γεωειδούς που προκύπτουν από τον πίνακα 4.2 και αναφέρονται στο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08.



*Εικόνα 4.3 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους για τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τη παγκόσμιο μοντέλο EGM08.*



Στην εικόνα 4.3 παρουσιάζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής με βάση τις τιμές των υψομέτρων του γεοειδούς που προκύπτουν από τον πίνακα 4.4 και αναφέρονται στο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08.

Λαμβάνοντας υπόψιν τους συγκριτικούς χάρτες και τα ψηφιακά μοντέλα του εδάφους, παρατηρείται ομοιότητα στα αποτελέσματα των δύο γεωδυναμικών μοντέλων (EGM08, EGM96), όμως η απεικόνιση του μοντέλου του εδάφους από τα αποτελέσματα του μοντέλου EGM08 είναι περισσότερο λεπτομερής.

Επίσης τα αποτελέσματα του μοντέλου EGM08 σε σχέση με τα αποτελέσματα από τα γνωστά γεωμετρικά και ορθομετρικά υψόμετρα για κάθε σημείο ( $N=h-H$ ), εμφανίζουν κάποιες διαφορές σε συγκεκριμένες περιοχές σημείων που πιθανά να οφείλονται στην έλλειψη πληροφορίας για τις συγκεκριμένες περιοχές από το μοντέλο EGM08, ή στα σφάλματα που προκύπτουν από την ασυμφωνία της υψομετρικής αφετηρίας μεταξύ γεωμετρικών και ορθομετρικών υψομέτρων.

Τέλος, όσον αφορά τις υψομετρικές διαφορές που προκύπτουν για κάθε τριγωνομετρικό σημείο από τις επίγειες μετρήσεις σε σχέση με τα μοντέλα EGM96 και EGM08 και σύμφωνα με τους πίνακες 4.2 και 4.4, προκύπτει ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου EGM08 προσεγγίζουν καλύτερα τα υψόμετρα από τις επίγειες μετρήσεις (μικρότερη μέση τιμή, μικρότερη τυπική απόκλιση). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την αρχική πρόβλεψη μεγαλύτερης ακρίβειας από το μοντέλο EGM08 που ήταν αναμενόμενη λόγω των προδιαγραφών του μοντέλου αλλά και της προϋπάρχουσας εργασίας αξιολόγησης του EGM08 σε όλη την Ελλάδα “Evaluation of EGM08 using GPS and leveling height in Greece” Κωτσάκης, Κατσάμπαλος, Αμπατζίδης, από την οποία προέκυψε η υπεροχή του νέου μοντέλου σε σχέση με το EGM96.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ EGM08

#### 5.1 Αξιολόγηση των λύσεων υπολογισμού του γεωειδούς για το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08

Ένας αξιόπιστος τρόπος αξιολόγησης των αποτελεσμάτων των τιμών των υψομέτρων του γεωειδούς στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου για το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08, είναι η σύγκρισή των τιμών με τα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από τα γεωμετρικά και ορθομετρικά υψόμετρα που διατίθενται στην περιοχή από τη χρήση GPS και των δεδομένων από τη ΓΥΣ αντίστοιχα.

Αυτή η μέθοδος αξιολόγησης ταυτίζεται με την εκτίμηση της εξωτερικής ακρίβειας των υψομέτρων του γεωειδούς. Τα γεωμετρικά και ορθομετρικά υψόμετρα των σημείων θεωρούνται ως απολύτως ακριβή, εφόσον είναι υψηλότερης ακρίβειας από εκείνη που προκύπτει από τις λύσεις υπολογισμού του γεωειδούς.

Για τα 79 τριγωνομετρικά σημεία που διατίθενται στην περιοχή μελέτης είναι γνωστά τα υψόμετρα του γεωειδούς  $N_i^{GPS} = h_i - H_i$  όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1.

Επίσης από το λογισμικό για το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08, έχουν υπολογιστεί τα αντίστοιχα υψόμετρα του γεωειδούς για κάθε σημείο, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4.2

Συνδυάζοντας τα αντίστοιχα δεδομένα για κάθε σημείο υπολογίζονται οι διαφορές  $\Delta N_i = N^{GPS} - N^{EGM08}$  και οι στατιστικοί παράμετροι του μεγίστου, ελαχίστου, της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης των διαφορών.

Οι στατιστικοί παράμετροι για τα υψόμετρα N (επίγεια, EGM08,) καθώς και για τις διαφορές μεταξύ τους (πίνακας 4.2) παρουσιάζονται παρακάτω:

	Μέγιστο (m)	Ελάχιστο (m)	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
$N_{GPS}$	37.32	31.42	34.14	$\pm 0.17$
$N_{EGM08}$	37.97	31.97	35.13	$\pm 0.19$
$\delta N_i$	-3.780	3.183	-0.99	$\pm 0.09$

Πίνακας 5.1 Οι στατιστικές παράμετροι των επίγειων μετρήσεων των υψομέτρων από το EGM08 και των μεταξύ τους διαφορών

Αντίστοιχα για το παγκόσμιο μοντέλο του γεωειδούς EGM96 υπολογίζονται οι διαφορές  $\delta N_i = N^{GPS} - N^{EGM96}$  και οι στατιστικοί παράμετροι.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των στατιστικών παραμέτρων που υπολογίστηκαν για τα δύο δείγματα των παραπάνω διαφορών.

	Μέγιστο (m)	Ελάχιστο (m)	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
$\delta N_{EGM08}$	3.183	-3.783	-0.991	$\pm 0.096$
$\delta N_{EGM96}$	2.469	-4.476	-1.030	$\pm 0.101$

Πίνακας 5.2 Στατιστικός πίνακας των διαφορών  $N^{GPS} - N^{EGM08}$  και  $N^{GPS} - N^{EGM96}$  για τα 79 τριγωνομετρικά σημεία

Η παραπάνω σύγκριση, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές στα δύο μοντέλα, ενώ οι επίγειες μετρήσεις σε σχέση με τα υψόμετρα  $N$  που προκύπτουν από το μοντέλο EGM08 παρουσιάζουν μια σχετικά μεγαλύτερη συνάφεια λόγω του ελάχιστα μικρότερου τυπικού σφάλματος και της μέσης τιμής.

## 5.2 Παραμετρικά μοντέλα βέλτιστου συνδιασμού των υψομέτρων $h$ , $H$ και $N$

Εξαιτίας των ασυμφωνιών μεταξύ των υψομετρικών συστημάτων αναφοράς των δεδομένων και συγκεκριμένα των ορθομετρικών και των υψομέτρων του γεωειδούς, ή εξαιτίας άλλων ασυμφωνιών μεταξύ των συστημάτων αναφοράς, οι προηγούμενοι στατιστικοί έλεγχοι δεν είναι επαρκείς ώστε να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα δύο παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης.

Τα σφάλματα που προκύπτουν από τις πιθανές ασυμφωνίες μεταξύ των συστημάτων αναφοράς των δεδομένων μπορούν να ελαχιστοποιηθούν, προσαρμόζοντας τα υψόμετρα του γεωειδούς που

υπολογίστηκαν για το παγκόσμιο μοντέλο γεωειδούς EGM08( $N^{EGM08}$ ) στα αντίστοιχα υψόμετρα που προκύπτουν χρησιμοποιώντας τα γεωμετρικά υψόμετρα από το GPS και τα ορθομετρικά υψόμετρα της γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού ( $N^{GPS} = h - H$ ).

Η προσαρμογή των δεδομένων για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων τους μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω κατάλληλα επιλεγμένων παραμετρικών μοντέλων, τα οποία αποτελούν ουσιαστικά κοινά μοντέλα συνόρθωσης που οδηγούν στο βέλτιστο συνδιασμό υψομέτρων (ορθομετρικών και γεωμετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων του γεωειδούς) από τα ετερογενή δεδομένα που διατίθενται από ανεξάρτητες πηγές και από διαφορετικούς τρόπους προσδιορισμού του γεωειδούς. [Δεληκαράογλου Δ.. 2010]

Από τη διαδικασία προσαρμογής που παρουσιάστηκε, υπολογίζεται ουσιαστικά μια επιφάνεια διόρθωσης, η οποία εκφράζει την προσαρμογή που πρέπει να εφαρμοστεί στα υψόμετρα του γεωειδούς που προκύπτουν από το EGM08, για να συμπέσουν με τα αντίστοιχα υψόμετρα που προέκυψαν από τις μετρήσεις με το σύστημα GPS και τα ορθομετρικά υψόμετρα της γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού ή και αντίστροφα.

Τελικά, στόχος της παραπάνω διαδικασίας είναι η ελαχιστοποίηση των διαφορών των υψομέτρων  $\delta N$ , που υπολογίστηκαν στην προηγούμενη ενότητα μεταξύ των επίγειων τιμών  $N$  και των αντίστοιχων τιμών  $N$  από το EGM08 (πίνακας 4.2). Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει η τυπική απόκλιση των διαφορών να ελατωθεί σε σχέση με αυτή που έχει υπολογιστεί στον πίνακα 5.1.

### 5.2.1 Παραμετρικά μοντέλα

Για την προσαρμογή των υψομέτρων του γεωειδούς που υπολογίστηκαν για τα 79 τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης στο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08, με τις επίγειες μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκαν κάποια παραμετρικά μοντέλα.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το 3- παραμετρικό μοντέλο το οποίο με βάση τα δεδομένα που υπάρχουν για την περιοχή διαμορφώνεται ως εξής:

$$\delta N_i = N^{GPS} - N^{EGM08} = (h_i - H_i) - N^{EGM08} = a_0 + a_1 \cdot (\varphi_i - \varphi_0) + a_2 \cdot (\lambda_i - \lambda_0) \quad (5.1)$$

Όπου,  $\varphi_0$  και  $\lambda_0$  είναι το γεωδαιτικό πλάτος και μήκος αντίστοιχα, ενός κεντρικού σημείου στην περιοχή μελέτης. Στη συγκεκριμένη

περίπτωση ως κεντρικό σημείο επιλέχθηκε το ‘Κοκκινιά274’ για το οποίο ισχύει ότι  $\varphi_0 = 38.00559059$  και  $\lambda_0 = 22.73533710$

Ο συντελεστής  $a_0$  εκφράζει τη μέση τιμή των παρατηρούμενων διαφορών  $\delta N_i$  και οι συντελεστές  $a_1$  και  $a_2$  εκφράζουν τις κλίσεις της επιφάνειας διόρθωσης στη διεύθυνση Βορρά-Νότου και Ανατολικά-Δυτικά αντίστοιχα, οι οποίοι αποτελούν και τους άγνωστους του παραμετρικού μοντέλου.

Για να προσδιοριστεί το παραπάνω μοντέλο, χρησιμοποιείται η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων, μιας και υπάρχει πλεόνασμα παρατηρήσεων για τον προσδιορισμό του μοντέλου. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων της περιοχής, προέκυψε η παρακάτω μορφή μοντέλου.

$$\delta N_i = -0.7941 - 0.7514 \cdot (\varphi_i - \varphi_0) - 0.5164 \cdot (\lambda_i - \lambda_0) \quad (5.2)$$

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι νέες διαφορές  $\delta N$  που προκύπτουν από τη χρήση του παραπάνω μοντέλου μεταξύ του μοντέλου EGM08 και των επίγειων μετρήσεων. Επίσης, υπολογίστηκαν και τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία των νέων διαφορών ώστε να αξιολογηθεί εάν βελτιστοποιήθηκαν τα δεδομένα του μοντέλου EGM08 για την περιοχή.

	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Βελτίωση
$\delta N'_{EGM08}$	-0.391	-1.99	-1.045	0.04	0.55%

Πίνακας 5.3 Στατιστικός πίνακας των νέων διαφορών  $\delta N^{EGM08}$  που προέκυψαν μετά την προσαρμογή για τα τριγωνομετρικά σημεία

Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση των νέων διαφορών των υψομέτρων του γεωειδούς μεταξύ EGM08 και επίγειων μετρήσεων, σημειώνεται μείωση σε σχέση με τις αρχικές διαφορές κατά ποσοστό 0.55%. Το ποσοστό της βελτίωσης εκφράζεται μέσω της σύγκρισης των τυπικών αποκλίσεων των διαφορών και προκύπτει από την εξής σχέση

$$\frac{\sigma_{\Delta N_{αρχ}} - \sigma_{\Delta N_{τελ}}}{\sigma_{\Delta N_{αρχ}}} \quad (5.3)$$

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ένα 4-παραμετρικό μοντέλο το οποίο έχει την εξής μορφή:

$$\begin{aligned} \delta N_i &= N^{GPS} - N^{EGM08} = (h_i - H_i) - N^{EGM08} = N_0 + \Delta X_0 \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i + \Delta Y_0 \cdot \cos \varphi_i \cdot \sin \lambda_i + \Delta Z_0 \cdot \sin \varphi_i \\ &= a_0 + a_1 \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i + a_2 \cdot \cos \varphi_i \cdot \sin \lambda_i + a_3 \cdot \sin \varphi_i \end{aligned}$$

Όπου,  $\Delta X_0$ ,  $\Delta Y_0$ ,  $\Delta Z_0$  είναι οι συνιστώσες της διαφοράς θέσης της αρχής των δύο συστημάτων αναφοράς (του GPS και του συστήματος του EGM08).

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων της περιοχής, προέκυψε η παρακάτω μορφή μοντέλου.

$$\delta N_i = -2.52263 + 1.8156 \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i - 0.6216 \cdot \cos \varphi_i \cdot \sin \lambda_i + 0.0922 \cdot \sin \varphi_i \quad (5.4)$$

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι νέες διαφορές  $\delta N$  που προκύπτουν από τη χρήση του παραπάνω μοντέλου, καθώς και τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω, ώστε να αξιολογηθεί εάν βελτιστοποιήθηκαν τα δεδομένα για την περιοχή.

	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	βελτίωση
$\delta N'_{EGM08}$	-0.602	-2.389	-1.046	0.05	0.44%

*Πίνακας 5.4 Στατιστικός πίνακας των νέων διαφορών  $\delta N^{EGM08}$  που προέκυψαν μετά την προσαρμογή για τα τριγωνομετρικά σημεία*

Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση των νέων διαφορών των υψομέτρων του γεωειδούς, σημειώνεται μείωση σε σχέση με τις αρχικές διαφορές κατά ποσοστό 0.44%.

Συνοπτικά, τα αρχικά δεδομένα και τα αποτελέσματα των βελτιστοποιήσεων τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΒΕΛΤΙΩΣΗ
$\delta N_{EGM08}$	1.218	-3.783	-1.046	0.718	
$\delta N'_{EGM08}(1)$	-0.391	-1.99	-1.045	0.37	0.55%
$\delta N'_{EGM08}(2)$	-0.602	-2.389	-1.046	0.38	0.44%

*Πίνακας 5.5 Συνοπτική παρουσίαση των αρχικών δεδομένων και των αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης μαζί με τα στατιστικά τους στοιχεία*

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα η πρώτη βελτιστοποίηση με το παραμετρικό μοντέλο 3<sup>ου</sup> βαθμού, παράγει την καλύτερη βελτίωση των δεδομένων στην περιοχή και κατά συνέπεια τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον εν λόγω εμπλουτισμό των υψομέτρων του μοντέλου EGM08 επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν για την περιοχή μελέτης.

Στον πίνακα 5.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των υψομέτρων του γεωειδούς N που προκύπτουν από το 3-παραμετρικό

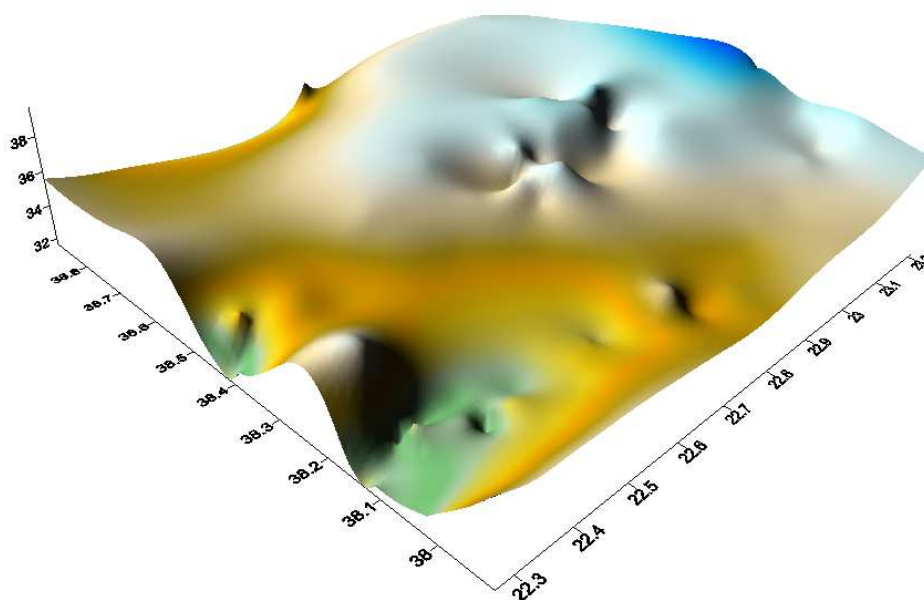
μοντέλο με τις αντίστοιχες τιμές που προκύπτουν από τις επίγειες μετρήσεις.

	δN'(m)	N <sub>GPS</sub>	N' <sub>EGM08</sub>		δN'(m)	N <sub>GPS</sub>	N' <sub>EGM08</sub>
ΒΑΡΣΟΒΑ	-0.557	31.904	32.462	ΜΑΥΡΟΛΙΜΝΗ	-1.193	35.501	36.694
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ (89)	-0.602	31.782	32.385	ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(173)	-0.850	34.381	35.231
ΠΡΦ.ΗΛΙΑΣ	-1.145	34.219	35.364	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΣ	-1.221	34.686	35.906
ΠΡΟΦ.ΗΛΙΑΣ (274)	-0.602	33.703	34.305	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	-1.198	36.414	37.612
ΑΕΤΟΒΟΥΝΙ	-0.513	31.679	32.192	ΜΑΥΡΑ ΛΙΘΑΡΙΑ	-0.654	36.353	37.006
ΣΑΡΑΝΤΑΠΗΧΟΝ	-0.495	32.865	33.360	ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	-0.753	36.126	36.879
ΑΓΝΑΝΤΗΡΕΣ	-0.605	32.560	33.165	ΨΗΛΑ ΚΑΣΤΕΛΙΑ	-0.679	36.046	36.725
ΛΙΜΝΕΣ	-0.629	32.480	33.108	ΜΑΥΡΑ	-0.748	36.423	37.171
ΡΑΧΗ ΔΕΝΔΡΟΥ	-0.645	33.158	33.804	ΡΙΖΑ	-0.696	35.805	36.501
ΡΑΧΗ ΠΡΟΦ ΗΛΙΑ	-0.739	33.659	34.398	ΚΑΡΑΒΙΑΝΙΚΑ	-0.616	35.896	36.512
ΚΙΜΠΙΚΟΥΚΗ	-0.678	32.384	33.062	ΠΟΝΤΑ	-0.599	34.951	35.550
ΡΑΧΗ ΠΑΝΑΓ/ΛΟΥ	-0.794	33.766	34.561	ΣΤΑΥΡΟΥΛΗ	-0.391	36.104	36.495
ΚΟΚΚΙΝΙΑ(274)	-0.802	34.655	35.457	ΚΕΝΤΡΩΜΑΤΑ	-0.555	31.756	32.311
ΚΟΚΚΙΝΙΑ (137)	-1.515	37.319	38.834	ΑΛΩΝΙΑ	-1.498	32.925	34.423
ΜΑΡΑΘΟΛΑΚΚΑ	-0.766	33.167	33.933	ΒΟΥΡΛΟΥΚΑ ΠΑΤΗΜΑ	-1.533	32.129	33.662
ΠΕΥΚΟ ΚΑΤΙ	-0.782	32.854	33.637	ΔΕΝΔΡΟ	-1.244	32.813	34.057
ΓΚΟΥΡΙΑ	-0.686	32.144	32.830	ΘΥΜΑΡΙ	-1.194	33.564	34.757
ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝ	-1.402	36.601	38.004	ΤΑΨΙΖΑ	-1.299	33.613	34.912
ΟΡΜΟΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ	-1.266	35.562	36.828	ΜΥΤΙΚΑΣ	-1.374	34.671	36.045
ΖΑΣΤΑΝΟ	-1.344	36.652	37.996	ΜΟΡΑΝΙ	-1.034	34.842	35.877
	δN'(m)	N <sub>GPS</sub>	N' <sub>EGM08</sub>		δN'(m)	N <sub>GPS</sub>	N' <sub>EGM08</sub>
ΠΕΛΕΚΑΝΟΙ	-1.084	35.530	36.614	ΚΟΡΓΟΝΙΑΝΗ	-0.983	34.005	34.988
ΚΟΥΡΜΟΥΛΟΥ	-1.238	34.469	35.707	ΛΙΜΕΝΟΒΡΑ-ΒΡΑΧΑΤ	-0.805	34.087	34.892
ΜΕΡΕΜΕΤΟΥΣΑ	-1.540	34.770	36.310	ΛΟΥΤΣΑ	-0.814	34.080	34.893
ΑΗΛΙΑΣ	-1.455	34.781	36.236	ΔΡΙΣΤΙΛΙΖΑ	-0.742	34.087	34.828
ΨΗΛΗ ΡΑΧΗ	-1.442	31.860	33.302	ΑΣΠΡΟΧΩΜΑ	-0.712	34.080	34.791
ΛΙΘΑΡΙ ΛΕΧΩΝΑΣ	-1.446	32.999	34.445	ΛΙΓΕΙΡΑ	-0.627	31.517	32.144
ΣΑΛΙΖΑ	-1.326	32.366	33.692	ΓΕΡΟΣ	-0.531	33.268	33.799
ΟΜΟΡΦΗ ΛΑΚΚΑ	-1.386	33.165	34.551	ΜΑΝΘΗ	-1.803	33.937	35.740
ΧΕΡΟΒΟΥΝΟ	-1.356	33.351	34.707	ΠΑΤΗΜΑ	-1.992	33.540	35.532
ΠΥΡΓΟΣ	-1.349	31.650	32.999	ΚΛΕΝΙΑ	-1.936	34.534	36.470
ΚΟΤΣΙΛΟΡΑΧΗ	-0.875	33.073	33.948	ΑΓΙΑ ΑΝΝΑ	-1.600	34.973	36.573
ΑΝΑΣΚΕΛΟ	-1.009	32.313	33.322	ΣΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟ	-1.364	34.818	36.182
ΤΡΑΧΗΛΑΣ	-0.942	31.415	32.357	ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΓΑΛΑΤΑ	-1.503	34.805	36.308
ΑΚΡ.ΤΡΙΠΟΤΙ	-0.976	36.156	37.132	ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	-1.297	34.306	35.603
ΓΟΥΛΑΣ	-0.959	36.620	37.579	ΑΛΩΝΑΚΙ ΑΓ.ΒΑΣΙΛ	-1.235	36.103	37.338
ΚΕΦΑΛΟΓΛΑΝΙ	-1.097	35.226	36.323	ΛΑΚΚΑ-ΡΑΧΗ	-1.306	34.072	35.378
ΤΣΟΥΤΟ ΗΛΙΑ	-1.205	34.673	35.877	ΣΤΑΥΡΟΣ	-0.631	31.880	32.511
ΣΤΕΝΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	-1.215	35.877	37.092	ΤΡΑΧΗΛΟΣ	-1.086	33.831	34.917
ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ(274)	-1.334	36.267	37.602	ΠΑΡΑΛ. ΠΟΡΟΒΙΤΣΗ	-0.655	35.235	35.890
ΝΤΟΥΡΑΚΟΣ	-1.250	35.355	36.605				

Πίνακας 5.6 Οι τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς  $N_{EGM08}$  που προκύπτουν από την εφαρμογή του 3-παραμετρικού μοντέλου και οι διαφορές τους από τα αντίστοιχα υψόμετρα των επίγειων μετρήσεων

Στο χάρτη 5.1 παρουσιάζονται οι ισοϋψείς καμπύλες των βελτιστοποιημένων υψομέτρων του γεωειδούς, ενώ στο χάρτη 5.2 παρουσιάζεται ένας συγκριτικός χάρτης μεταξύ των βελτιστοποιημένων υψομέτρων του γεωειδούς  $N'_{EGM08}$  σε σχέση με τα υψόμετρα των επίγειων μετρήσεων  $N_{GPS}$ .

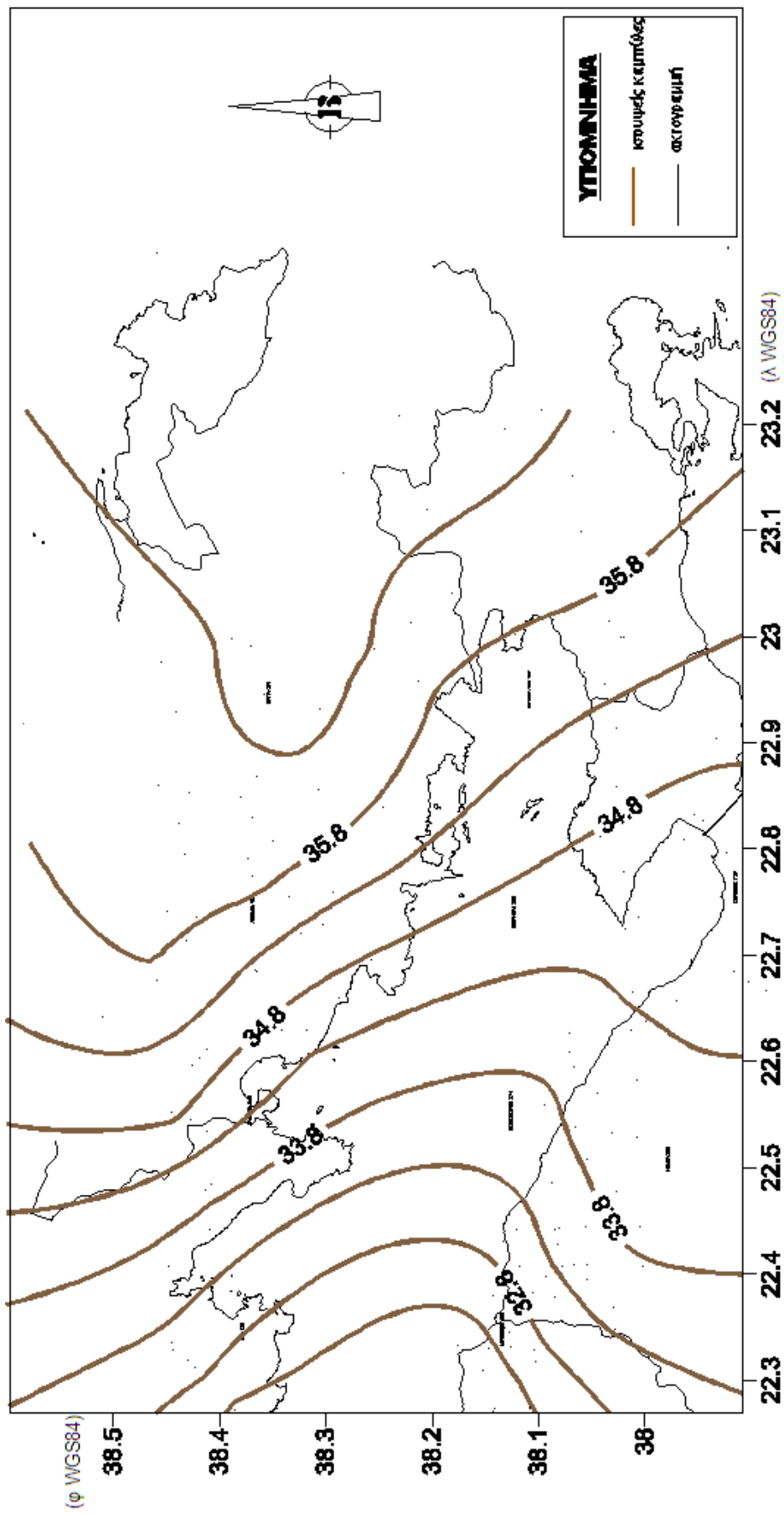
Στη συνέχεια παρουσιάζεται το τριδιάστατο μοντέλο του εδάφους μετά τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν για την περιοχή μελέτης από το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08.



Εικόνα 5.1 Τριδιάστατο μοντέλο εδάφους βάση των βελτιστοποιημένων υψομέτρων του γεωειδούς για το EGM08.

Το νέο τριδιάστατο μοντέλο του εδάφους της περιοχής σε σχέση με το αρχικό για το μοντέλο EGM08 (εικόνα 3.2), είναι εμφανώς πιο λεπτομερές και έχει πολλές ομοιότητες με το μοντέλο εδάφους που προκύπτει από τις επίγειες μετρήσεις. Αυτό συμβαίνει λόγω του εμπλουτισμού των αποτελεσμάτων του μοντέλου EGM08 με τα δεδομένα των υψομέτρων για τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής που προέρχονται από τις επίγειες μετρήσεις.





Χάρτης 5.1 Χάρτης ισοψών καμπυλών των υψόμετρων του γεωειδούς που προέκυψαν από τη βελτιστοποίηση του μοντέλου EGM08 στην περιοχή μελέτης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

#### 6.1 Δημιουργία χάρτη απεικόνισης των τριγωνομετρικών σημείων στην περιοχή μελέτης

Με σκοπό την ικανοποίηση της ανάγκης οργάνωσης των πληροφοριών για τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης και την καλύτερη οπτική απεικόνισή τους, δημιουργήθηκε ο αντίστοιχος χάρτης που περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες για τα 79 τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης σε περιβάλλον 'ArcGis' και μια βάση χωρικών δεδομένων σε σύστημα διαχείρισης 'oracle', μέσω της οποίας δημιουργήθηκαν χωρικά ερωτήματα.

Οι πληροφορίες που αφορούν τα τριγωνομετρικά σημεία διακρίνονται σε αυτές που ήταν εξαρχής γνωστές και χρησιμοποιήθηκαν ώστε να πραγματοποιηθεί η παρούσα εργασία και σε αυτές που προέκυψαν μέσα από το αντικείμενο της εργασίας.

Συνολικά οι πληροφορίες που είναι γνωστές για τα 79 τριγωνομετρικά σημεία που χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή είναι:

- το ορθομετρικό υψόμετρο (H),
- το γεωμετρικό υψόμετρο (h),
- η αποχή του γεωειδούς στα παγκόσμια γεωδυναμικά μοντέλα EGM08 και EGM96 (N),
- οι γεωγραφικές συντεταγμένες (φ,λ) στο παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS84
- οι προβολικές καρτεσιανές συντεταγμένες (X,Y,Z) στο WGS84.

Τέλος για κάθε τριγωνομετρικό σημείο υπάρχει και η αντίστοιχη πρόσφατη φωτογραφία του, καθώς και μια σύντομη περιγραφή της παρούσας κατάστασης, τα οποία προέκυψαν από τις πρόσφατες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα σημεία με το σύστημα GPS.

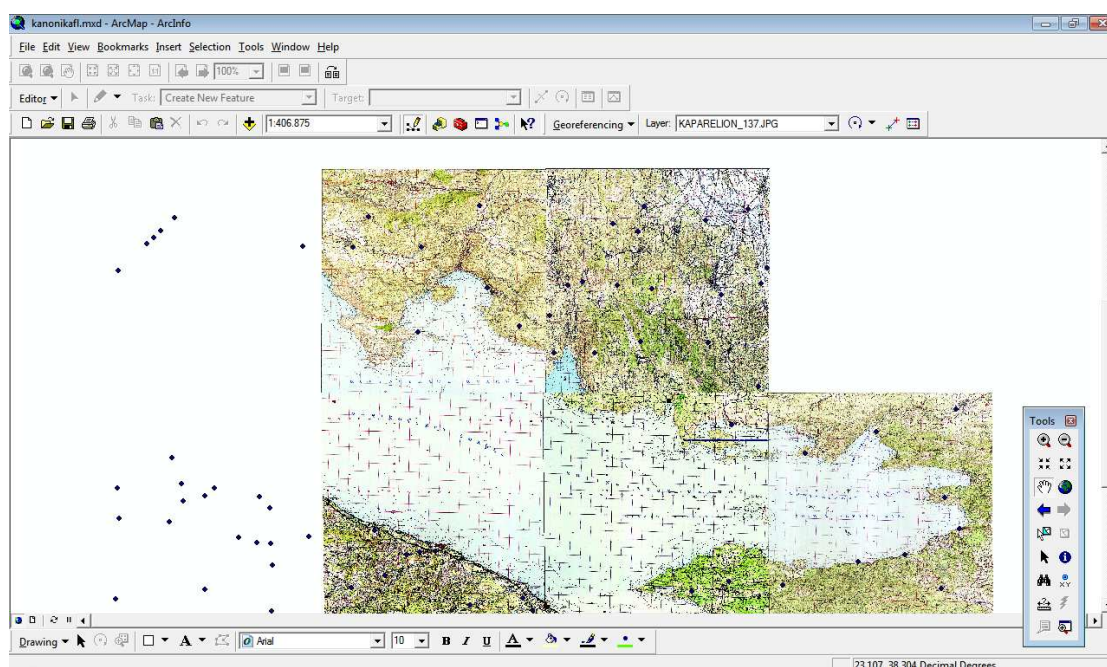
#### Διαδικασία δημιουργίας χάρτη τριγωνομετρικών

Για τη δημιουργία του χάρτη των τριγωνομετρικών σημείων αρχικά εισήχθησαν στο λογισμικό 'ArcGis', οι γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων μαζί με όλες τις πληροφορίες που διατίθενται για τα υψόμετρά τους. Για την εισαγωγή των δεδομένων επιλέχθηκε στο λογισμικό η

καταχώρησή τους με γεωγραφικές συντεταγμένες στο παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS84.

Στη συνέχεια για την καλύτερη οπτική παρουσίασή τους, εισήχθησαν και οι χάρτες της περιοχής, οι οποίοι γεωαναφέρθηκαν ώστε να σχετιστούν με το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS84 στο οποίο αναφέρονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων. Αναλυτικότερα, τα στοιχεία της γεωαναφοράς αναφέρονται στο παράρτημα.

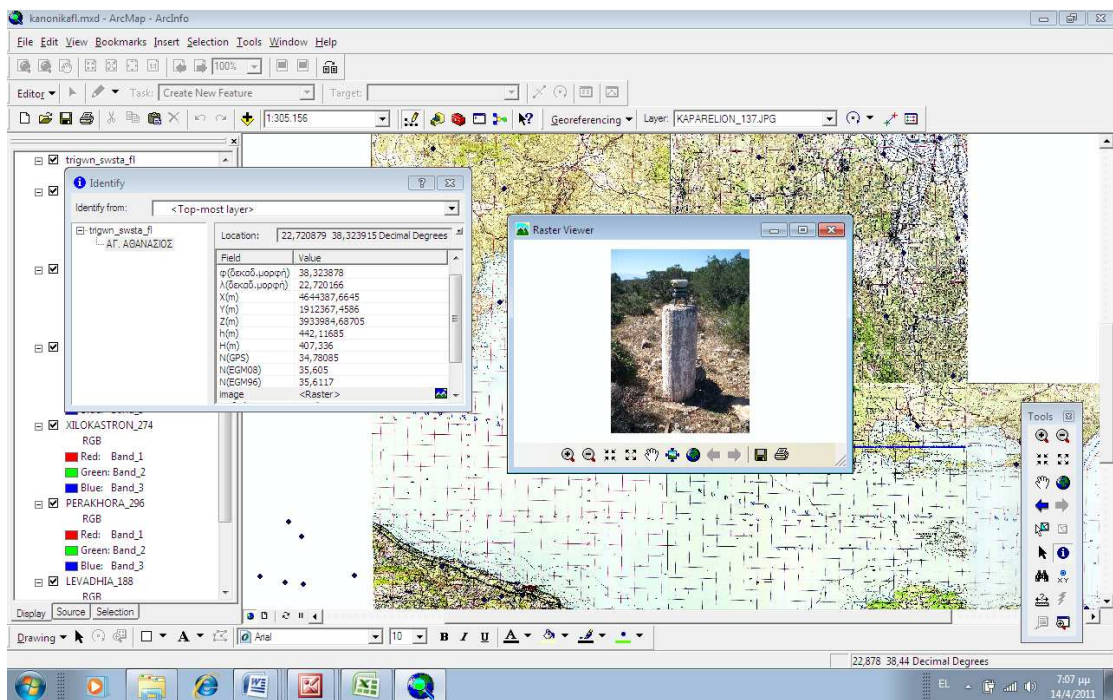
Τελικά προέκυψε ο χάρτης της εικόνας 6.1 στον οποίο χρησιμοποιώντας το εργαλείο i-identify και επιλέγοντας οποιοδήποτε από τα τριγωνομετρικά σημεία πάνω στο χάρτη εμφανίζεται ένας πίνακας με όλες τις πληροφορίες που αντιστοιχούν σε αυτό καθώς και τη φωτογραφία του.



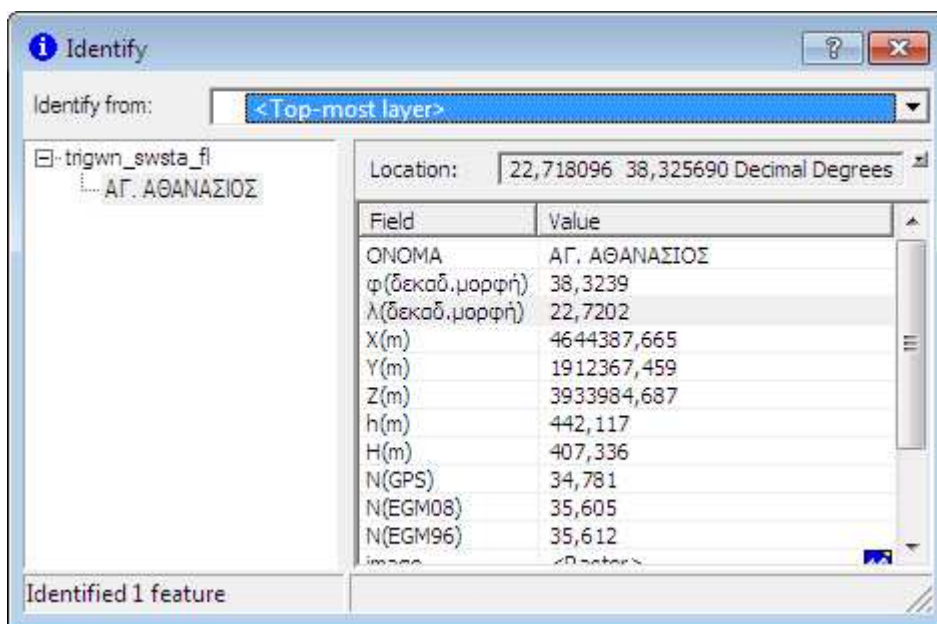
*Εικόνα 6.1 Ο χάρτης των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής σε περιβάλλον ArcGis*

Στην εικόνα 6.2 παρουσιάζεται η μορφή στην οποία εμφανίζεται ο πίνακας με τις πληροφορίες και τη φωτογραφία του τριγωνομετρικού σημείου.

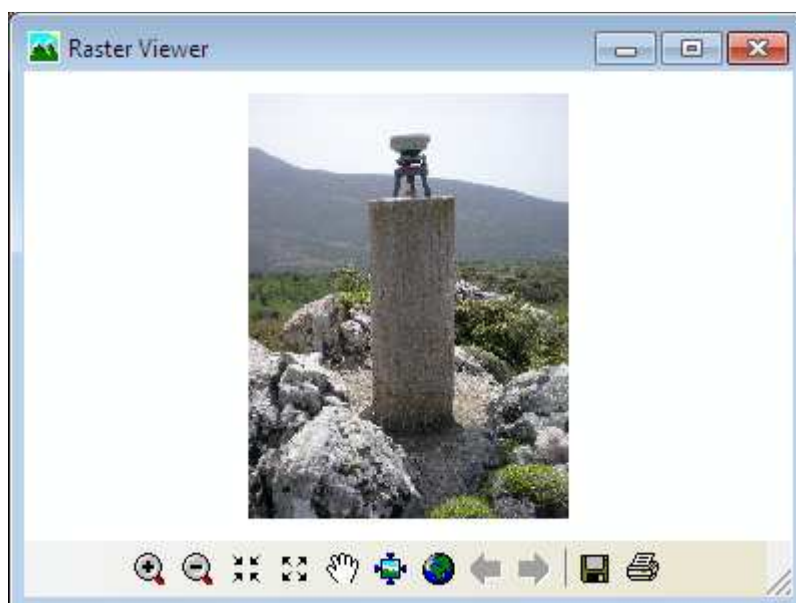
Ειδικότερα, για την καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων πάνω στο χάρτη στις εικόνες 6.3 και 6.4 εμφανίζεται μεμονωμένα ο πίνακας των πληροφοριών που αφορούν το τριγωνομετρικό σημείο που επιλέγεται κάθε φορά καθώς και η φωτογραφία στην οποία απεικονίζεται.



Εικόνα 6.2 Ο πίνακας με τα στοιχεία και τη φωτογραφία του τριγωνομετρικού σημείου που επιλέγεται κάθε φορά



Εικόνα 6.3 Ο πίνακας των πληροφοριών που αφορούν το τριγωνομετρικό σημείο που επιλέγεται κάθε φορά από το χρήστη



*Εικόνα 6.4 Η εικόνα του τριγωνομετρικού σημείου που επιλέγεται πάνω στο χάρτη σε μεγέθυνση*

## **6.2 Δημιουργία βάσης χωρικών δεδομένων σε περιβάλλον ‘oracle spatial 10g’**

Η oracle spatial 10g είναι ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων στην οποία δημιουργήθηκε μια απλή λειτουργική χωρική βάση δεδομένων η οποία περιέχει τα στοιχεία των τριγωνομετρικών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία (79 τριγωνομετρικά σημεία), γεωγραφικά δεδομένα για τα όρια των νομών της Πελοποννήσου στους οποίους βρίσκονται τα τριγωνομετρικά σημεία, καθώς και για τις πόλεις που περιλαμβάνουν οι νομοί, αλλά και για το οδικό δίκτυο της περιοχής.

Στη χωρική βάση που δημιουργήθηκε με βάση τα παραπάνω στοιχεία της περιοχής, είναι εύκολη η διατύπωση τυπικών χωρικών ερωτημάτων (ερωτήματα σημείου, παραθύρου, απόστασης, χωρικής σύνδεσης κ.α), τα οποία βοηθούν στην καλύτερη εποπτεία του χώρου στον οποίο βρίσκονται τα τριγωνομετρικά σημεία. Στη συνέχεια παρατίθενται τα ερωτήματα και τα αποτελέσματα που δόθηκαν από τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε τα οποία θεωρούνται πιο ουσιώδη για τη συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων επιλέχθηκε διότι οι χωρικές βάσεις δεδομένων έχουν μία σειρά πλεονεκτημάτων. Συγκεκριμένα,

- δίνουν τη δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων,
- διαθέτουν μηχανισμούς τήρησης και ασφάλειας των στοιχείων,
- ο τρόπος αποθήκευσης και προσπέλασης στοιχείων είναι εύκολος και γρήγορος και γενικότερα παρατηρούνται βελτιωμένες επιδόσεις στην επεξεργασία των στοιχείων
- Η αλλαγή της δομής των αρχείων καθώς και η χρήση ή η κατάργηση ευρετηρίων γίνεται απλά,
- οι λεπτομέρειες αποθήκευσης και διαχείρισης αρχείων αποκρύπτονται,
- υπάρχει εύκολη συσχέτιση με τα περιγραφικά δεδομένα,
- τα δεδομένα είναι ανεξάρτητα από την εκάστοτε εφαρμογή

Τα γεωγραφικά δεδομένα που διατέθηκαν για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων είναι στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS84.

Συγκεκριμένα, οι χωρικές οντότητες που αποτελούν τη βάση είναι οι εξής:

- **ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΑ** (σημειακή οντότητα), τα οποία καθορίζονται από ένα κωδικό (ID), το όνομα τους (NAME), το γεωμετρικό τους υψόμετρο (h), το ορθομετρικό τους υψόμετρο (H), το υψόμετρο του γεωειδούς για το γεωδυναμικό μοντέλο EGM08 ( $N^{EGM08}$ ) και το φύλλο χάρτη στο οποίο ανήκουν (FILLO\_XARTI)
- **ΝΟΜΟΙ** (πολυγωνική οντότητα), οι οποίοι καθορίζονται από ένα κωδικό (OBJECTID), από την έκτασή τους (SQKM), από ένα κωδικό νομών (PREF\_CODE) και το όνομα του νομού (PREF\_NAME)
- **ΠΟΛΕΙΣ** (σημειακή οντότητα), οι οποίες χαρακτηρίζονται από ένα μοναδικό κωδικό (OBJECTID) και για κάθε μια καταχωρείτε το όνομα της πόλης (NAME) και ο τύπος/κατηγορία της πόλης (TOWN\_TYPE), δηλαδή αν είναι μεγάλη πόλη (CITY), πόλη (TOWN), μικρή πόλη (SMALL\_TOWN), χωριό (VILLAGE)
- **ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ** (γραμμική οντότητα), το οποίο αποτελείται από μικρότερα οδικά τμήματα των οδικών αξόνων της

Πελοποννήσου και καθορίζονται από ένα κωδικό το καθένα (OBJECTID), από το μήκος τους (LENGTH), από τον τύπο της οδού (TYPE) που διακρίνεται σε τέσσερις κατηγορίες, από έναν εθνικό (NATLCODE) και ένα διεθνή κωδικό (INTLCODE), από το όνομα του οδικού άξονα που ανήκουν (NAME) και από το αν έχουν σταθμό διοδίων ή όχι (TOLL).

### 6.2.1 Δημιουργία Πίνακα και Εισαγωγή Δεδομένων

Οι πίνακες με τα χωρικά δεδομένα της Πελοποννήσου υπήρχαν ήδη ως αρχείο dmp (Peloponnese.dmp) από το μάθημα «χωρικές βάσεις δεδομένων» του ΔΠΜΣ της Γεωπληροφορικής και το μόνο που χρειάστηκε ήταν η σύνδεσή τους με τη βάση, οπότε πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή τόσο της δομής όσο και των περιεχομένων των πινάκων σε αυτή.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η δημιουργία του πίνακα με τα δεδομένα των τριγωνομετρικών. Η εντολή δημιουργίας του πίνακα είναι:

```
CREATETABLEsimtrigwnometrika  
(IDNUMBER (2) PRIMARYKEY.  
"NAME" VARCHAR2 (20) NOT NULL.  
"h" VARCHAR2 (10) NOT NULL.  
"H" VARCHAR2 (10) NOT NULL.  
"NEGM08" VARCHAR2(10) NOT NULL.  
"FILO XARTI" VARCHAR2(20) NOT NULL.  
"SHAPE" MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

Αφού δημιουργήθηκε ο πίνακας των τριγωνομετρικών, εισήχθησαν σε αυτόν τα δεδομένα του. Ως δεδομένα του πίνακα 'trigwnometrika' εισήχθησαν 79 εγγραφές.

Οι εντολές εισαγωγής των δεδομένων στον πίνακα βρίσκονται στο παράρτημα.

### 6.2.2 Καταχώρηση Μεταδεδομένων

Ακολούθησε η καταχώρηση της πληροφορίας των μεταδεδομένων για κάθε πίνακα της βάσης.



Η πληροφορία των μεταδεδομένων καταχωρείται στον πίνακα USER\_SDO\_GEOM\_METADATA και αναφέρεται στην χωρική έκταση των δεδομένων του πίνακα, στον παράγοντα της ανοχής που θα χρησιμοποιηθεί στις χωρικές λειτουργίες και το σύστημα γεωαναφοράς.

Οι εντολές καταχώρησης των μεταδεδομένων για κάθε πίνακα της βάσης δεδομένων είναι:

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA
VALUES('trigwnometrika'.'SHAPE'.
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY(SDO_DIM_ELEMENT('Longitude'.-180.
180. 10).
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Latitude'.-90. 90. 10)).
8307 );
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA
VALUES('PREFECTURES'.'SHAPE'.
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY(SDO_DIM_ELEMENT('Longitude'. -180.
180. 10).
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Latitude'. -90. 90. 10)).
8307 );
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA
VALUES('TOWNS'.'SHAPE'.
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY(SDO_DIM_ELEMENT('Longitude'. -180.
180. 10).
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Latitude'. -90. 90. 10)).
8307 );
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA
VALUES('ROADS'.'SHAPE'.
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY(SDO_DIM_ELEMENT('Longitude'. -180.
180. 10).
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Latitude'. -90. 90. 10)).
8307 );
```

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA
VALUES('RAILS'.'SHAPE'.
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY(SDO_DIM_ELEMENT('Longitude'. -180.
180. 10).
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Latitude'. -90. 90. 10)).
```

8307 );

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA  
VALUES('RIVERS'. 'SHAPE'.  
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY(SDO_DIM_ELEMENT('Longitude'. -180.  
180. 10).  
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Latitude'. -90. 90. 10)).  
8307);
```

### **6.2.3 Δημιουργία Ευρετηρίων**

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ο ορισμός των χωρικών ευρετηρίων κάθε πίνακα, που σκοπό έχει τη διευκόλυνση των αναζητήσεων.

Η σύνταξη της εντολής για τον ορισμό χωρικών ευρετηρίων είναι:

```
CREATE INDEX trigwnometrika_IDX ON trigwnometrika (SHAPE)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

```
CREATE INDEX PREFECTURES_IDX ON PREFECTURES (SHAPE)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

```
CREATE INDEX TOWNS_IDX ON TOWNS(SHAPE)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

```
CREATE INDEX ROADS_IDX ON ROADS(SHAPE)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

```
CREATE INDEX RAILS_IDX ON RAILS(SHAPE)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

```
CREATE INDEX RIVERS_IDX ON RIVERS(SHAPE)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

## 6.2.4 Διατύπωση Ερωτημάτων

Ακολουθεί η διατύπωση μερικών ερωτημάτων τα οποία απαντώνται σύμφωνα με τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε. Τα ερωτήματα αυτά χωρίζονται σε ενότητες ανάλογα με τον τύπο τους π.χ. ερωτήματα σημείου, παραθύρου, απόστασης κ.τ.λ. και δίδονται και οι απαντήσεις που προκύπτουν από κάθε ερώτημα. Η διατύπωση και εκτέλεση των ερωτημάτων έγινε σε περιβάλλον SQL\*Plus.

Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω παραδείγματα ερωτημάτων.

### Ερωτήματα Σημείου

- *Το τριγωνομετρικό με συντεταγμένες  $\varphi=38.1042$ .  $\lambda=22.3289$  σε ποιο νομό βρίσκεται;*

```
SELECT PREF_NAME
FROM PREFECTURES P
WHERE SDO_CONTAINS
(P.SHAPE.MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.8307.MDSYS.SDO_PO
INT_TYPE(22.3289.38.1042.NULL).NULL.NULL))='TRUE';
```

### Απάντηση:

```
PREF_NAME
```

```
-----
```

```
ΑΧΑΪΑ
```

### Ερωτήματα Απόστασης

- *Ποια η απόσταση του τριγωνομετρικού με συντεταγμένες ( $\lambda$ .  $\varphi=38.12700.22.27300$ ) από τον ποταμό Αλφειό;*

```
SELECT R.name. MDSYS.SDO_NN_DISTANCE(1) AS
DISTANCE
FROM simtrigwnometrika s. RIVERS R
WHERE R.name='ΑΛΦΕΙΟΣ'
```

```
AND SDO_NN(R.SHAPE.
MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.8307.MDSYS.SDO_POINT_T
YPE(38.12700.22.27300.NULL).NULL.NULL).1)='TRUE';
```

**Απάντηση:**

NAME	DISTANCE
ΑΛΦΕΙΟΣ	2262028.28

- *Το τριγωνομετρικό με συντεταγμένες ( $\lambda=22.27300$ .  $\varphi=38.12700$ ). πόσο απέχει από την πόλη της Αμαλιάδας;*

```
SELECT T.name. MDSYS.SDO_NN_DISTANCE(1) AS
DISTANCE
FROM simtrigwnometrika s. TOWNS T
WHERE T.name='ΑΜΑΛΙΑΔΑ'
AND SDO_NN(T.SHAPE.
MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.8307.MDSYS.SDO_POINT_T
YPE(38.12700.22.27300.NULL).NULL.NULL).1)='TRUE';
```

**Απάντηση:**

NAME	DISTANCE
ΑΜΑΛΙΑΔΑ	2354384.21

**Ερωτήματα Παραθύρου**

- *Πόσα τριγωνομετρικά βρίσκονται εντός του παραθύρου ( $\lambda_1.\varphi_1=20.729603.35.165637$ ) και ( $\lambda_2.\varphi_2=23.283991.38.046888$ );*

```
SELECT COUNT(s.ID) AS COUNT_simtrigwnometrika
FROM simtrigwnometrika s
WHERE SDO_RELATE(s.SHAPE.
MDSYS.SDO_GEOMETRY(2003.8307.NULL.MDSYS.SDO_ELEM
_INFO_ARRAY(1.1003.3).
```

```
MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY(20.729603.36.165637.21.28399
1.37.046888)).
'MASK=INSIDE QUERYTYPE=WINDOW')='TRUE';
```

**Απάντηση:**

```
COUNT_SIMTRIGWNOMETRIKA
-----
0
```

**Ερωτήματα Χωρικής Σύνδεσης Μεταξύ Πινάκων**

- *Ποιά τριγωνομετρικά απέχουν μεταξύ τους απόσταση μεγαλύτερη από 100m;*

```
SELECT t1.ID AS trigwnometriko1, t2.ID AS trigwnometriko2
FROM trigwnometrika t1, trigwnometrika t2
WHERE SDO_WITHIN_DISTANCE (t1. SHAPE, t2. SHAPE,
'DISTANCE=100') = 'TRUE' AND t1.ID <>t2.ID;
```

**Απάντηση:**

```
TRIGWNOMETRIKO1 TRIGWNOMETRIKO2
-----
2          4
-----
4          2
-----
```

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### 7.1 Συμπεράσματα

Το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, μπορεί να αναλυθεί σε πέντε βασικούς στόχους.

- Η δημιουργία ενός χάρτη γεωειδούς στην περιοχή του ανατολικού τμήματος του κορινθιακού κόλπου με βάση τις επίγειες μετρήσεις με GPS που έχουν πραγματοποιηθεί σε τριγωνομετρικά σημεία στην περιοχή και τα ορθομετρικά υψόμετρα των τριγωνομετρικών σημείων, τα οποία είναι γνωστά από μετρήσεις της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Η περιοχή καλύπτει έκταση 13600Km<sup>2</sup>.
- Η εύρεση της κατάλληλης επιφάνειας προσαρμογής στα δεδομένα που αφορούν την περιοχή μελέτης.
- Ο υπολογισμός των υψομέτρων του γεωειδούς στα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης, με βάση το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08.
- Ο εμπλουτισμός των αποτελεσμάτων του EGM08, με τα επίγεια στοιχεία που προέκυψαν για τα ίδια σημεία από τις επίγειες μετρήσεις.
- Η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων και ενός χάρτη της περιοχής σε περιβάλλον 'ArcGis', έτσι ώστε όλα τα δεδομένα για τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής μελέτης, να οργανωθούν και να μπορούν να ανακληθούν με ευκολία και ταχύτητα.

Το ενδιαφέρον της δημιουργίας ενός τοπικού γεωειδούς στην περιοχή μελέτης και του προσδιορισμού των υψομέτρων του γεωειδούς στο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08, έγκειται στην αξιολόγηση του EGM08 και την εκτίμηση των αποχών του από ένα μοντέλο γεωειδούς βασισμένο σε επίγειες μετρήσεις στην περιοχή του κορινθιακού κόλπου.

Το γεγονός ότι ο θαλάσσιος χώρος που παρεμβάλλεται στην περιοχή μελέτης, δεν παρέχει τη δυνατότητα συλλογής επαρκούς υψομετρικής και βαρυτημετρικής πληροφορίας από επίγειες μετρήσεις στην περιοχή, οδηγεί στην ανάγκη για έρευνα της αξιοπιστίας οποιουδήποτε γεωδυναμικού μοντέλου που μπορεί να δώσει αποτελέσματα για αυτή την περιοχή.

- **Αρχικά, δημιουργήθηκε ένα τοπικό μοντέλο γεωειδούς** για την περιοχή μελέτης, υπολογίστηκαν οι τιμές των υψομέτρων του γεωειδούς με βάση τα ορθομετρικά και γεωμετρικά υψόμετρα, σύμφωνα με τη γνωστή σχέση των υψομέτρων  $N=h-H$ . Από τις τιμές της αποχής του γεωειδούς που προέκυψε για κάθε σημείο, δημιουργήθηκε ο αντίστοιχος χάρτης του γεωειδούς στην περιοχή μελέτης. Το εύρος των τιμών κυμαίνεται μεταξύ της ελάχιστης τιμής που είναι 31.42 μέτρα και της μέγιστης που είναι 37.32 μέτρα.
- **Σχεδιάστηκαν, τα διαγράμματα της τιμής του υψομέτρου N κατά μήκος λ και κατά πλάτος φ** της περιοχής μελέτης, όπου παρατηρήθηκε ότι η τιμή του N αυξάνεται όσο αυξάνεται το γεωγραφικό μήκος λ, ενώ κατά πλάτος παρουσιάζει ακανόνιστη συμπεριφορά (σχήματα 3.5, 3.6).
- **Προσδιορίστηκε η επιφάνεια αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων** των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής, ώστε να εξαχθεί ένα συμπέρασμα για τη σχέση της με την αντίστοιχη του παγκόσμιου γεωδυναμικού μοντέλου EGM08. Τελικά, υπολογίστηκε ότι η επιφάνεια αναφοράς ( $H=0$ ) των ορθομετρικών υψομέτρων της περιοχής βρίσκεται **78.8cm** χαμηλότερα από τη μηδενική επιφάνεια αναφοράς του παγκόσμιου γεωδυναμικού μοντέλου.  

Σε σχέση με την αφετηρία των ορθομετρικών υψομέτρων για όλη την Ελλάδα [Κωτσάκης, Ζουλίδα, κ.α.,2010] η αφετηρία που υπολογίστηκε με χρήση των σημείων του ανατολικού τμήματος του Κορινθιακού Κόλπου είναι 56.8 εκατοστά χαμηλότερα από την αναφορά στον παλιρροιογράφο του Πειραιά.
- **Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η προσαρμογή των τιμών** των υψομέτρων του γεωειδούς στην περιοχή μελέτης που προκύπτουν από τα ορθομετρικά και γεωμετρικά υψόμετρα, σε διάφορες επιφάνειες (διγραμμική, επίπεδο 2<sup>ου</sup>, 3<sup>ου</sup>, 4<sup>ου</sup>, 5<sup>ου</sup> βαθμού). Ως βέλτιστη επιφάνεια προσαρμογής αξιολογείτε εκείνη που έχει το μικρότερο σφάλμα μετά τη συνόρθωση και επιπλέον το μέγεθος του σφάλματος είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το σφάλμα των πρωτογενών μετρήσεων. Το συμπέρασμα που προέκυψε για όλα τα σημεία συνολικά των οποίων το σφάλμα προσαρμογής ήταν  $\pm 0.5m$ , είναι η αδυναμία επιτυχούς προσαρμογής των επιφανειών στα δεδομένα. Με βάση αυτή τη διαπίστωση, **η περιοχή χωρίστηκε σε επιμέρους τμήματα.**

Αρχικά, τα σημεία χωρίστηκαν σε αυτά που βρίσκονται βόρεια του Κορινθιακού κόλπου και σε αυτά που βρίσκονται νότια, ενώ στη συνέχεια τα δεδομένα χωρίστηκαν ανά φύλλο χάρτη. Η πρώτη περίπτωση διαχωρισμού των δεδομένων δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα βόρεια, το σφάλμα προσαρμογής είναι  $\pm 0.30\text{m}$ , ενώ νότια το σφάλμα είναι  $\pm 0.45\text{m}$ . Οι επιφάνειες που προσαρμόστηκαν σε κάθε φύλλο χάρτη είχαν ικανοποιητική προσαρμογή. Ειδικότερα τα αποτελέσματα των προσαρμογών είναι τα εξής:

Φ.Χ. Καπαρέλλιο	$\sigma_0 = \pm 0.002\text{m}$
$N(\varphi, \lambda) = 36.03 + 0.64 \cdot (\varphi - \varphi_0) + 0.52 \cdot (\lambda - \lambda_0) + 0.072 \cdot (\varphi - \varphi_0) \cdot (\lambda - \lambda_0)$	
Φ.Χ. Λιβαδιά	$\sigma_0 = \pm 0.069\text{m}$
$N(\varphi, \lambda) = 36.15 + 0.35 \cdot X + 0.19 \cdot Y + 0.023 \cdot X^2 - 0.14 \cdot Y^2 - 0.11 \cdot X \cdot Y$	
Φ.Χ. Κόρινθος	$\sigma_0 = \pm 0.002\text{m}$
$N(\varphi, \lambda) = 32.23 - 0.45 \cdot X + 0.48 \cdot Y - 0.062 \cdot X^2 - 0.029 \cdot Y^2 - 0.065 \cdot X \cdot Y - 0.034 \cdot X^3 - 0.023 \cdot Y^3 + 0.051 \cdot X^2 \cdot Y - 0.11 \cdot X \cdot Y^2$	
Φ.Χ. Δερβένιο	$\sigma_0 = \pm 0.030\text{m}$
$N(\varphi, \lambda) = 32.23 - 0.45 \cdot X + 0.48 \cdot Y - 0.062 \cdot X^2 - 0.029 \cdot Y^2 - 0.065 \cdot X \cdot Y - 0.034 \cdot X^3 - 0.023 \cdot Y^3 + 0.051 \cdot X^2 \cdot Y - 0.11 \cdot X \cdot Y^2$	
Φ.Χ. Ευλόκαστρο	$\sigma_0 = \pm 0.003\text{m}$
$N(\varphi, \lambda) = 33.91 + 0.40 \cdot X - 0.64 \cdot Y + 0.30 \cdot X^2 + 0.94 \cdot Y^2 + 0.27 \cdot X \cdot Y + 0.17 \cdot X^3 + 0.65 \cdot Y^3 + 0.63 \cdot X^2 \cdot Y - 0.19 \cdot X \cdot Y^2$	

Για κάθε επιφάνεια από αυτές προέκυψαν τα νέα υψόμετρα του γεωειδούς στην περιοχή μελέτης και δημιουργήθηκε ένας χάρτης με ισούψεις καμπύλες ισοδιάστασης 0.5 μέτρων.

- Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η προσαρμογή μιας επιφάνειας σε όλη την περιοχή μελέτης, εφαρμόστηκε η μέθοδος της **διαρμονικής παρεμβολής** των σημείων η οποία χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις δεδομένων ακαθόριστης κατανομής, ώστε να προσδιοριστεί η ομαλότερη καμπύλη που απεικονίζει το σύνολο των σημείων της περιοχής μελέτης. Για τον σκοπό αυτό



χρησιμοποιήθηκαν δύο εφαρμογές, αυτή του ‘matlab’ και το ‘surfer’, ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα.

Η αριθμητική σύγκριση των αποτελεσμάτων με τη χρήση των δύο λογισμικών, ανέδειξε την ομοιότητα των παραγόμενων αποτελεσμάτων, ενώ σε πολύ λίγα σημεία οι διαφορές κυμαίνονταν από 2 εκατοστά έως 5 εκατοστά. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται κυρίως στη μεγαλύτερη στρογγυλοποίηση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του ‘matlab’ και σε πιθανές διαφορές στις παραμέτρους λειτουργίας των δύο συστημάτων.

Τελικά, ως απεικόνιση της επιφάνειας από την παρεμβολή προτιμάται εκείνη του ‘surfer’ λόγω της μεγαλύτερης ανάλυσης και της δυνατότητας εξαγωγής του παραγόμενου προϊόντος σε άλλο περιβάλλον εργασίας.

Τελικά, η επιλογή της βέλτιστης επιφάνειας προκύπτει από την αξιολόγηση του σφάλματος συνόρθωσής της, καθώς και με βάση τα αποτελέσματα των νέων υψομέτρων που προκύπτουν για κάθε υποσύνολο δεδομένων με βάση την αντίστοιχη επιφάνεια αναφοράς που προσαρμόζεται σε αυτά.

- **Υπολογίστηκαν τα υψόμετρα του γεωειδούς** στην περιοχή μελέτης από το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08 και EGM96 και δημιουργήθηκε ο χάρτης των ισοϋψών καμπυλών τους. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των στοιχείων των μοντέλων, παρατηρείται ότι ενώ τα αποτελέσματα από τα δύο μοντέλα, είναι παρόμοια, ως τιμές σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο, το EGM08 εμφανίζει μια πιο λεπτομερή και περιγραφική απεικόνιση της περιοχής μελέτης, η οποία προφανώς οφείλεται στο αυξημένο πλήθος δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργηθεί το νεότερο παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο.
- Προκειμένου να βελτιστοποιηθούν τα αποτελέσματα από το παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο EGM08, πραγματοποιήθηκε ο **εμπλουτισμός του μοντέλου** με τα αντίστοιχα επίγεια δεδομένα. Από τις προσαρμογές που πραγματοποιήθηκαν με χρήση διαφόρων επιφανειών (3-παραμετρικό, 4-παραμετρικό, μοντέλο) προέκυψαν νέες τιμές υψομέτρων  $N$  για τα σημεία. Τα στατιστικά στοιχεία των διαφορών (πίνακας 5.5) που προέκυψαν από τα υψόμετρα των σημείων από το μοντέλο EGM08 και τα διάφορα παραμετρικά μοντέλα ήταν το κριτήριο για την τελική επιλογή της εξίσωσης του εμπλουτισμού.

Το 3-παραμετρικό μοντέλο με τη μορφή

$$\delta N_i = -0.7941 - 0.7514 \cdot (\varphi_i - \varphi_0) - 0.5164 \cdot (\lambda_i - \lambda_0)$$

βελτιώνει τις τιμές των υψομέτρων για το γεωειδές της περιοχής μελέτης κατά ποσοστό **0.55%** και επιλέχθηκε ως το βέλτιστο.

- Δημιουργήθηκε μια **βάση δεδομένων** που είχε ως στόχο την καταγραφή τη χρονική στιγμή του έτους 2011 και τον εύκολο εντοπισμό των τριγωνομετρικών σημείων. Όπως έχει αναφερθεί η βάση για την παρούσα εφαρμογή υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Oracle Spatial 10g και αποτελείται εξ' ολοκλήρου από χωρικές οντότητες.

Με τη χρήση της εν λόγω βάσης δεδομένων, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αντλήσει πληροφορίες για τα τριγωνομετρικά σημεία όπως

- ✚ Τη γεωγραφική θέση
- ✚ Τα ονόματα
- ✚ Τα υψόμετρα
- ✚ Το φύλλο χάρτη που ανήκουν

καθώς και πληροφορίες για την απόσταση μεταξύ δύο σημείων, για την απόσταση ενός τριγωνομετρικού από μια πόλη ή το οδικό δίκτυο, τον αριθμό των τριγωνομετρικών σε μια περιοχή κ.α. μέσω ερωτημάτων κατάλληλα διαμορφωμένων και συμβατών με το περιβάλλον της 'Oracle'

Επίσης, δημιουργήθηκε και ένα αρχείο γεωγραφικών δεδομένων – χαρτογραφική βάση για τα ίδια σημεία σε περιβάλλον 'ArcGis' ώστε να απεικονιστούν οι πληροφορίες των σημείων σε χάρτη δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέγει οποιοδήποτε τριγωνομετρικό και να αντλεί αυτόματα όλες τις πληροφορίες που το αφορούν, καθώς και τη φωτογραφία του με την αντίστοιχη ημερομηνία λήψης, ώστε να διαπιστώνεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται.

## 7.2 Προτάσεις

Ολοκληρώνοντας την παρούσα μεταπτυχιακή εργασία και δεδομένου των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίησή της, προέκυψε η ανάγκη διατύπωσης ορισμένων προτάσεων για περαιτέρω διερεύνηση. Συγκεκριμένα, προτείνονται τα εξής:

- ✚ Η επέκταση του μοντέλου και στο υπόλοιπο τμήμα του κορινθιακού κόλπου.
- ✚ Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάλυση – χωρισμός της επιφάνειας που προκύπτει μέσω της διαρμονικής παρεμβολής σε επιμέρους κανάβους ώστε να είναι εύκολη από κάθε χρήστη η απόκτηση του  $N$  με απλή γραμμική παρεμβολή σε κάθε κανάβο με στοιχείο εισόδου τις συντεταγμένες  $\varphi, \lambda$ , του επιθυμητού σημείου.
- ✚ Η σύγκριση των τιμών της διγραμμικής παρεμβολής που προκύπτουν από τους κανάβους του μοντέλου με τις τιμές που προκύπτουν απευθείας από τις εξισώσεις προσαρμογής για κάθε φύλλο χάρτη, με στοιχείο εισόδου και στα δύο τις ίδιες συντεταγμένες  $\varphi, \lambda$ , για ένα σημείο.
- ✚ Αναγκαίος είναι ο επίσημος ορισμός για όλη την Ελλάδα της επιφάνειας αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων ώστε να υπολογιστεί το συστηματικό σφάλμα που υπάρχει σε σχέση με το παγκόσμιο μοντέλο EGM08 και να μπορούν να διορθώνονται οι τιμές.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγατζά – Μπαλοδήμου Α. “Θεωρία σφαλμάτων και συνροθώσεις Γ” Διδακτικές σημειώσεις 5<sup>ο</sup> Εξαμήνου της ΣΑΤΜ. Αθήνα 2005
2. Δεληκαράογλου Δ..“Φυσική Γεωδαισία” Διδακτικές σημειώσεις 7<sup>ο</sup> Εξαμήνου της ΣΑΤΜ. Αθήνα 2010
3. ΚωτσάκηςΧ..Κατσάμπαλος.Κ..ΑμπατζίδηςΔ..“EvaluationofEGM08 usingGPSandlevelingheightsinGreece”.Θεσσαλονίκη 2008
4. Κωτσάκης Χ..Ζουλίδα Μ.. Τερζόπουλος Δ..Κατσάμπαλος Κ..“Ανάλυση χωροσταθμικών υψομέτρων στο κρατικό τριγωνομετρικό δίκτυο της Ελλάδας” (3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών. Αθήνα 2010)
5. Λάμπρου Ε.. Πανταζής Γ..“Εφαρμοσμένη Γεωδαισία” Αθήνα 2010
6. Τσίνης Δ..“Προσδιορισμός του αστρογεωδαιτικού γεοειδούς του Ελληνικού χώρου” Μεταπτυχιακή Εργασία. Αθήνα 2002
7. BenahmedDaho“Assessment of the EGM08 Gravity Field in Algeria Using Gravity and GPS/Levelling Data”.Algeria 2008
8. David D. Sandwell “Biharmonic spline interpolation of Geos-3 and seasat altimeter data”. February 1987
9. Gomaa D..Hoda M..Sherine I. “Evaluation and adaptation of the EGM2008 Geopotential Model along the northern Nile Valley. Egypt: Case study” 2010
10. M. Gianniou “National report of Greece to EUREF 2011”.EUREF Annual Symposium. May 25-28 2011. Chisinau. Moldova

## Διαδικτυακοί Τόποι

(ημερομηνία τελευταίας επίσκεψης 2/2/2011)

1. <https://www1.nga.mil/About/WhoWeAre/Pages/default.aspx>
2. <http://earth-info.nga.mil/nga-bin/gandg-bin/intpt.cgi>
3. <http://www.hepos.gr/>
4. <http://www.ptb.de/cartoweb3/SISproject.php>
5. <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/ICGEM.html>

## **ABSTRACT**

### **Creation of a regional geoid map and evaluation of the EGM08 of the region of Korinthian Gulf – Greece**

This postgraduate dissertation deals with the creation of a local geoid map in the region of East Corinthian gulf, using data from GPS measurements on benchmarks that belong to the Hellenic national triangulation network. An additional purpose is the evaluation of the new Earth Gravitational Model results (EGM08) in the region and the enrichment of altitude values with the corresponded ones from the GPS measurements.

The first chapter, is dedicated to general information on vertical reference frames and surfaces such as geoid and ellipsoid. Also, more information on the most recently released Earth Gravitational Models such as EGM96 and EGM08 is presented. Finally, the first chapter includes the basic information on the Hellenic Positioning System, in which the measurements refer to.

In the second chapter, there is a presentation of the region's map in which this project is based on. Also, there are included all data which refer to the region of Eastern department of Corinthian Gulf and have derived from measurements using GPS technics.

The third chapter includes the procedure of creating a local map of geoid, using the altitude data for the local benchmarks and the adaptation of the data to certain surfaces. Firstly, it was determined the altitude basis for the orthometric altitudes of the region, so as to eliminate errors which are owed to inconsistencies of vertical datums. Then the values of the geoid undulations for every benchmark were calculated using the orthometric and the geometric altitude of every point. Finally, the local geoid undulations were calculated using the results from the surface interpolation. Also for all the above results, there were created maps and digital surface models, so as the surface of the region to be presented precisely.

In the fourth chapter, were calculated the values of the geoid undulations which derive from Earth Gravitational Models EGM96 and EGM08. For all these results there were created contour maps of the surface and the corresponding digital surface models so as to be compared.

In the fifth chapter, the evaluation of results for altitudes of geoid from world geodynamic model EGM08 and the enrichment of these results

with the prices of corresponding altitudes from the land measurements in the benchmarks of the study region are presented. The EGM08 results were evaluated by using statistical methods and the enrichment of the altitude values was fulfilled by using a parametric model which connects the information from the world geodynamic model and the values of geoid undulations that have resulted from land measurements.

In the sixth chapter, was created a map in 'arcgis' environment, which portrays all the benchmarks of the study region, providing for each one of them the information that has been collected for all the types of altitudes, as well as the situation which they were found during the measurements in this area. Moreover, a database of these points, was created in 'oracle' environment, in order to receive information with regard to the localization of these points their altitudes, by making certain questions to the database system.

Some conclusions are presented in the seventh chapter. Moreover some propositions are made for all the technics and procedures which were used in this project.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### *Στοιχεία γεωαναφοράς των χαρτών της περιοχής μελέτης*

#### Καπαρέλλιον

	$\varphi(^{\circ})$	$\lambda(^{\circ})$
Πάνω δεξιά	38.2489	23.2485
Πάνω αριστερά	38.2489	22.9977
Κάτω δεξιά	37.9989	23.2494
Κάτω αριστερά	37.9989	22.9994

#### Κόρινθος

	$\varphi(^{\circ})$	$\lambda(^{\circ})$
Πάνω δεξιά	37.9989	23.0036
Πάνω αριστερά	37.9989	22.7519
Κάτω δεξιά	37.7489	23.0002
Κάτω αριστερά	37.7489	22.7494

#### Περαχώρα

	$\varphi(^{\circ})$	$\lambda(^{\circ})$
Πάνω δεξιά	38.2488	22.9977
Πάνω αριστερά	38.2488	22.7468
Κάτω δεξιά	37.9989	22.9660
Κάτω αριστερά	37.9989	22.7493

#### Ξυλόκαστρο

	$\varphi(^{\circ})$	$\lambda(^{\circ})$
Πάνω δεξιά	38.2488	22.7468
Πάνω αριστερά	38.2489	22.4994
Κάτω δεξιά	37.9989	22.7494
Κάτω αριστερά	37.9989	22.5027



### Λειβαδιά

	$\varphi(^{\circ})$	$\lambda(^{\circ})$
Πάνω δεξιά	38.4989	23.0002
Πάνω αριστερά	38.4989	22.7494
Κάτω δεξιά	38.2489	22.9994
Κάτω αριστερά	38.2489	22.7494

### Αράχοβα

	$\varphi(^{\circ})$	$\lambda(^{\circ})$
Πάνω δεξιά	38.4989	22.7502
Πάνω αριστερά	38.4989	22.4993
Κάτω δεξιά	38.2489	22.7494
Κάτω αριστερά	38.2489	22.4993

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗ ΒΑΣΗ**

INSERT INTO trigwnometrika VALUES

('1'. 'varsova'. '598.941'. '567.037'. '32.74'. 'dervenio\_089'. MDSYS.SDO\_GEOMETRY(2001.8307. MDSYS.SDO\_POINT\_TYPE(38.127.22.273.NULL).NULL.NULL));

INSERT INTO trigwnometrika VALUES

('2'. 'profhlias89'. '382.596'. '350.814'. '32.57'. 'dervenio\_089'. MDSYS.SDO\_GEOMETRY(2001.8307. MDSYS.SDO\_POINT\_TYPE(38.127.22.345.NULL).NULL.NULL));

INSERT INTO trigwnometrika VALUES

('3'. 'prfhlias'. '807.965'. '773.746'. '34.84'. 'araxova\_046'. MDSYS.SDO\_GEOMETRY(2001.8307. MDSYS.SDO\_POINT\_TYPE(38.411.22.534.NULL).NULL.NULL));

INSERT INTO trigwnometrika VALUES

('4'. 'profhlias274'. '978.281'. '944.578'. '32.49'. 'xilokastro\_274'. MDSYS.SDO\_GEOMETRY(2001.8307. MDSYS.SDO\_POINT\_TYPE(38.127.22.345.NULL).NULL.NULL));

INSERT INTO trigwnometrika VALUES

('5'. 'aetouvouni'. '808.865'. '777.186'. '32.35'. 'dervenio\_089'. MDSYS.SDO\_GEOMETRY(2001.8307. MDSYS.SDO\_POINT\_TYPE(38.108.22.273.NULL).NULL.NULL));

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('6.'SARADAPIXO'.1305.775'.1272.910'.33.53'.dervenio_089'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0295.22.3691.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('7.'AGNADIREs'.736.610'.704.050'.33.31'.dervenio_089'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0874.22.4065.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('8.'LIMNES'.868.711'.836.231'.33.51'.dervenio_089'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0807.22.4428.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('9.'raxi_dendrou'.746.480'.713.322'.34.18'.xilokastro274'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0311.22.5332.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('10.'raxi_prof_hlia'.549.097'.515.438'.34.50'.xilokastro274'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0121.22.6652.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('11'.kimpikouki'.1051.014'.1018.630'.33.53'.dervenio_089'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0882.22.4857.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('12'.raxi_panag/lou'.82.286'.48.520'.34.69'.xilokastro274'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0056.22.7353.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('13'.kokkinia274'.98.358'.63.703'.34.63'.xilokastro274'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0190.22.7248.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('14'.kokkinia137'.387.869'.350.550'.37.98'.kaparelio137'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.2305.23.2084.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('15'.maratholaka'.184.791'.151.624'.34.04'.xilokastro274'.MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0707.22.6094.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('16'. 'pefko_kati'. '149.580'. '116.726'. '34.09'. 'xilokastro274'. MDSYS.SDO_GEOMETR
Y(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0713.22.6267.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('17'. 'gkouria'. '125.194'. '93.050'. '32.99'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1328.22.4302.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('18'. 'ag.spuridon'. '133.626'. '97.025'. '37.42'. 'kaparelion137'. MDSYS.SDO_GEOMETR
Y(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.2056.23.1191.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('19'. 'ormos_ag_ioanni'. '85.622'. '50.060'. '36.51'. 'peraxwra_296'. MDSYS.SDO_GEOM
ETRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.2127.22.9578.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('20'. 'zastano'. '226.022'. '189.370'. '37.64'. 'kaparelion137'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0970.23.2128.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('21'. 'mavrolimni'. '37.889'. '2.388'. '36.97'. 'kaparelion137'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(
2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0602.23.0990.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('22'. 'morani'. '485.395'. '451.014'. '35.98'. 'peraxora296'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0376.22.9551.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('23'. 'pelekanoi'. '612.139'. '577.453'. '36.40'. 'kaparelion137'. MDSYS.SDO_GEOMETRY
(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0341.23.0149.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('24'. 'kourmoulou'. '478.494'. '442.080'. '37.34'. 'kaparelion137'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0300.23.1924.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('25'. 'meremetousa'. '238.703'. '202.350'. '37.07'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETR
Y(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4411.22.9290.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('26'. 'ahlias'. '432.692'. '396.566'. '36.93'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001
. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4290.22.8530.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('27'. 'psili_raxi'. '336.846'. '300.800'. '36.86'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4381.22.8248.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('28'. 'lithari_lexonas'. '570.621'. '534.198'. '37.24'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3583.22.9457.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('29'. 'saliza'. '1280.543'. '1244.647'. '36.54'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(20
01. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3727.22.7916.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('30'. 'omorfi_laka'. '387.869'. '1035.189'. '36.89'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETR
Y(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3655.22.8686.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('31'. 'xerovouno'. '476.696'. '441.745'. '36.89'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(
2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3691.22.8301.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('32'. 'purgos'. '262.109'. '226.005'. '37.03'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(200
1. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.2552.22.9877.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('33'. 'kotsiloraxi'. '531.893'. '500.137'. '32.60'. 'itea126'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(200
1. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3852.22.2727.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('34'. 'anaskelo'. '671.585'. '638.660'. '33.66'. 'itea126'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.
8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4448.22.3351.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('35'. 'traxilas'. '135.238'. '103.109'. '33.24'. 'itea126'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.
8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4150.22.3039.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('36'. 'akr.tripoti'. '65.563'. '32.750'. '33.49'. 'itea126'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.
8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4299.22.3195.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('37'. 'goulas'. '127.084'. '93.520'. '33.37'. 'itea126'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.
8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4225.22.3117.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('38'. 'kefaloglani'. '583.043'. '549.430'. '34.30'. 'itea126'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(20
01. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4127.22.4789.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('39'. 'tsouto_hlia'. '1009.422'. '974.751'. '35.38'. 'araxova_046'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4450.22.5516.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('40'. 'stena_pigadia'. '904.682'. '869.840'. '35.45'. 'araxova_046'. MDSYS.SDO_GEOME
TRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4120.22.6110.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('41'. 'ag.georgios274'. '72.352'. '37.830'. '36.33'. 'xilokastro274'. MDSYS.SDO_GEOME
TRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4582.22.6762.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('42'. 'ag.georgios173'. '72.299'. '37.830'. '35.43'. 'kaparello137'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(37.9327.22.9034.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('43'. 'ag.theodoros'. '119.256'. '84.486'. '35.61'. 'araxova_046'. MDSYS.SDO_GEOMETR
Y(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3656.22.6846.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('44'. 'ag.athanasios'. '442.117'. '407.336'. '35.61'. 'araxova_046'. MDSYS.SDO_GEOME
TRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3239.22.7202.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('45'. 'maura_litharia'. '45.150'. '13.290'. '32.62'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1427.22.3798.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('46'. 'ag.panteleimon'. '180.667'. '147.668'. '33.76'. 'xilokastro274'. MDSYS.SDO_GEOM
ETRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0952.22.5592.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('47'. 'psila_kastelia'. '374.272'. '341.906'. '33.15'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOME
TRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1203.22.4413.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('48'. 'maura'. '321.822'. '288.657'. '34.02'. 'xilokastro274'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0675.22.5947.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('49'. 'riza'. '378.524'. '345.173'. '34.16'. 'xilokastro274'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(200
1. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0442.22.5702.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('50'. 'karavianika'. '655.150'. '623.500'. '33.48'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0818.22.4273.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('51'. 'ponta'. '1184.077'. '1151.004'. '33.70'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(
2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0564.22.4448.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('52'. 'staurouli'. '1237.933'. '1205.620'. '32.98'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0185.22.2698.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('53'. 'kentromata'. '601.155'. '569.740'. '31.97'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1423.22.2711.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('54'. 'alonia'. '345.096'. '308.940'. '36.92'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001
. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4568.22.8599.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('55'. 'vourlouka_patima'. '207.401'. '170.781'. '37.31'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOM
ETRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3887.22.9974.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('56'. 'dendro'. '734.513'. '699.287'. '36.03'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(200
1. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3351.22.7547.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('57'. 'thimari'. '278.797'. '244.124'. '35.77'. 'livadia188'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(200
1. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.2939.22.7592.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('58'. 'tapsiza'. '290.286'. '254.409'. '36.82'. 'kapareljo137'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1812.23.0404.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('59'. 'mutikas'. '74.995'. '38.728'. '37.63'. 'kapareljo137'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(20
01. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1316.23.1956.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('60'. 'ntourakos'. '36.455'. '1.100'. '37.23'. 'kapareljo137'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(20
01. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0676.23.1514.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('61'. 'korgoniani'. '36.465'. '2.460'. '35.64'. 'peraxora296'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0271.22.9135.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES ('62'. 'limenovra-
vraxat'. '112.958'. '78.871'. '34.96'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.
8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(37.9633.22.8093.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('63'. 'loutsas'. '36.467'. '2.460'. '35.06'. 'kapareljo137'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001.
8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(37.9535.22.8330.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('64'. 'dristiliza'. '112.958'. '78.871'. '34.95'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(37.9234.22.7969.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('65'. 'asproxwma'. '263.556'. '229.476'. '34.92'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(37.9086.22.7852.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('66'. 'aigeira'. '181.382'. '149.865'. '32.36'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1477.22.3432.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('67'. 'geros'. '1512.931'. '1479.662'. '33.97'. 'dervenio_089'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(
2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.0051.22.4439.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('68'. 'manthi'. '519.304'. '485.367'. '36.99'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.7524.22.7682.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('69'. 'patima'. '387.417'. '353.877'. '37.32'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(2
001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.8922.22.7739.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('70'. 'klenia'. '458.712'. '424.178'. '37.37'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(20
01. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.7863.22.8664.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('71'. 'agia_anna'. '62.323'. '27.350'. '37.22'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMETRY(
2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.4542.22.9765.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('72'. 'skaroumpalo'. '612.637'. '577.819'. '37.07'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMET
RY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3053.22.9313.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('73'. 'kastraki_galata'. '244.512'. '209.707'. '37.34'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOM
ENTRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3705.22.9909.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('74'. 'koukounari'. '358.892'. '324.586'. '36.73'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEOMETR
Y(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3064.22.8561.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('75'. 'alwnaki_ag_vasili'. '404.798'. '368.695'. '36.22'. 'korinthos173'. MDSYS.SDO_GEO
METRY(2001. 8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.2936.22.8052.NULL).NULL.NULL));
```



```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('76'.lakka_raxi'.357.657'.323.585'.36.49'.korinthos173'.MDSYS.SDO_GEOMETR
Y(2001.8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3687.22.7748.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('77'.stauros'.321.380'.289.500'.32.64'.dervenio_089'.MDSYS.SDO_GEOMETRY(
2001.8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1334.22.3688.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('78'.traxilos'.59.732'.25.901'.34.58'.araxova_046'.MDSYS.SDO_GEOMETRY(200
1.8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.3166.22.6072.NULL).NULL.NULL));
```

```
INSERT INTO trigwnometrika VALUES
('79'.paralia_porovitsi'.37.955'.2.720'.32.05'.dervenio_089'.MDSYS.SDO_GEOME
TRY(2001.8307.
MDSYS.SDO_POINT_TYPE(38.1760.22.3327.NULL).NULL.NULL));
```

## **ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ**

Κώδικας προσαρμογής επιφάνειας 4<sup>ου</sup> βαθμού σε περιβάλλον matlab

```
clc;
clear all;
echo off;
clc;
clear all;
echo off;
format long;

%Dedomena
D=load ('XYN.txt');

%dhmiourgiApinakastoixeiwn
N=D(:,3);
X=D(:,1); Y=D(:,2);

X2=X.^2;
Y2=Y.^2;
XY=X.*Y;
X3=X.^3;
Y3=Y.^3;
X2Y=X2.*Y;
XY2=X.*Y2;
X4=X.^4;
Y4=Y.^4;
X3Y=X3.*Y;
X2Y2=X2.*Y2;
XY3=X.*Y3;
```

```

A=zeros(70,15);
for i=1:70
A(i,:)= [X(i,1) Y(i,1) X2(i,1) Y2(i,1) XY(i,1) X3(i,1) Y3(i,1)
X2Y(i,1) XY2(i,1) X4(i,1) X3Y(i,1) X2Y2(i,1) XY3(i,1) Y4(i,1) 1];
end

Ra=A';
Na = A'*A;

R=A'*N;

dx=( (inv(Na)) *R);
a1=dx(1,1);
a2=dx(2,1);
a3=dx(3,1);
a4=dx(4,1);
a5=dx(5,1);
a6=dx(6,1);
a7=dx(7,1);
a8=dx(8,1);
a9=dx(9,1);
a10=dx(10,1);
a11=dx(11,1);
a12=dx(12,1);
a13=dx(13,1);
a14=dx(14,1);
a0=dx(15,1);
%upologismosupoloipwn

Ei=(( (a1*X)+(a2*Y)+(a3*X.^2)+(a4*Y.^2)+(a5*(X.*Y))+(a6*X.^3)+(a7*Y.^3)
)+(a8*((X.^2).*Y))+(a9*(X.*(Y.^2)))+(a10*X4)+(a11*X3Y)+(a12*X2Y2)+(a13
*XY3)+(a14*Y4))+a0)-N);

E2=zeros(70,1);
for k=1:70
E2(k,:)=Ei(k,1)*Ei(k,1);

end
Su=sum(E2);
T=Su/55;
So=sqrt(T);
VxkAp=(So^2*(inv(Na)));

```