

Πτυχιακή Εργασία

Αξιολόγηση Υψομετρικής Πληροφορίας Τριγωνομετρικών Σημείων στους Νομούς Αττικής & Βοιωτίας με τη Χρήση Σύγχρονων Γεωδυναμικών Μοντέλων

Στασινόπουλος Φίλιππος

A.M.: 12097

Επιβλέπων

Ανδριτσάνος Βασίλειος

Ευχαριστίες

Μέσα από αυτή την πτυχιακή εργασία μου δίνεται η δυνατότητα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους εκείνους που με στήριξαν κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας, αλλά και καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βασίλειο Δ. Ανδριτσάνο, Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ και Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής ΤΕ του Τ.Ε.Ι Αθήνας για την άψογη συνεργασία που είχαμε στα πλαίσια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου για την συμπαράστασή τους και την υποστήριξη που μου παρείχαν σε όλες μου τις προσπάθειες και αποφάσεις.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου για την συμπαράσταση και την εμπιστοσύνη που μου έδειχναν σε κάθε μου βήμα.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Εισαγωγή.....	4
Κεφάλαιο 1. Το Δορυφορικό Σύστημα GPS.....	5
1.1 Χωροστάθμιση με GPS.....	5
1.2 Στατικές Μέθοδοι Προσδιορισμού.....	7
Κεφάλαιο 2. Το Γεωειδές και Τα Σύγχρονα Γεωδυναμικά Μοντέλα	8
2.1 Συστήματα Ύψομέτρων.....	8
2.1.1 Ορθομετρικά Ύψόμετρα.....	8
2.1.2 Γεωμετρικά Ύψόμετρα.....	9
2.1.3 Ύψόμετρα Γεωειδούς	10
2.2 Ανάλυση Γεωδυναμικών Μοντέλων Γεωειδούς	11
2.2.1 Μοντέλο EGM_2008.....	12
2.2.2 Μοντέλο EIGEN_6C4.....	13
2.2.3 Μοντέλο GECO.....	13
Κεφάλαιο 3. Μαθηματικά Μοντέλα Σύγκρισης Ύψομέτρων.....	15
3.1 Θεωρητική Τεκμηρίωση.....	15
3.2 Ανάλυση Μαθηματικών Μοντέλων	17
3.2.1 Εύρεση Συντελεστών	19
3.2.2 Τελική Λύση.....	20
3.3 Ανασκόπηση Τυπολογίου.....	21
Κεφάλαιο 4. Εφαρμογή Ελέγχου Ύψομετρικού Δικτύου.....	23
4.1 Περιοχή Μελέτης	23
4.2 Επιλογή Τριγωνομετρικών Σημείων Γ.Υ.Σ.....	24
4.2.1 Κριτήρια Επιλογής	25
4.3 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.....	26
4.4 Διαδικασία Μέτρησης.....	30
4.5 Επίλυση Μετρήσεων GPS.....	31
4.6 Υπολογισμός Αποχών Γεωειδούς.....	32
4.7 Σύγκριση Διαφορών Αποχής Γεωειδούς με Γεωδυναμικά Μοντέλα	34
4.8 Προσδιορισμός Συντελεστών Μοντέλων	35

4.8.1 Επίλυση 1	36
4.8.2 Επίλυση 2	37
4.8.3 Επίλυση 3	37
4.8.4 Σύγκριση Επιλύσεων	38
4.9 Δημιουργία Χαρτών	39
4.9.1 Χάρτες Γεωδυναμικών Μοντέλων στην Περιοχή	39
4.9.2 Χάρτες Επιφανειών Διόρθωσης για την Εκτίμηση Ορθομετρικών Υψομέτρων	43
Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα.....	47
Βιβλιογραφία.....	49
Παράρτημα Α.....	51
Παράρτημα Β.....	66
Παράρτημα Γ.....	74
Παράρτημα Δ.....	78

Περίληψη

Στην πτυχιακή εργασία αυτή αναλύεται εκτενώς η εύρεση ορθομετρικών υψομέτρων τριγωνομετρικών σημείων, χρησιμοποιώντας συνδυαστικά γεωδυναμικά μοντέλα και δεδομένα από GPS. Τα γεωδυναμικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τρία και φέρουν τα εξής ονόματα EGM_2008, EIGEN_6C4 και GECO.

Στη συνέχεια για τον υπολογισμό των ορθομετρικών υψομέτρων καθώς και για την ακρίβεια υπολογισμού αυτών, γίνεται χρήση τριών παραμετρικών μοντέλων όπου με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζονται οι παράμετροι αυτές καθώς και οι ακρίβειες με τις οποίες υπολογίστηκαν, για την περιοχή όπου μελετάται. Τα μοντέλα αυτά διακρίνονται σε τριών παραμέτρων, τεσσάρων παραμέτρων και πέντε παραμέτρων.

Επιπλέον πραγματοποιούνται δύο έλεγχοι, ο έλεγχος εσωτερικής ακρίβειας και ο έλεγχος εξωτερικής ακρίβειας, τόσο για τις παραμέτρους των παραμετρικών μοντέλων, όσο και για τον υπολογισμό των ορθομετρικών υψομέτρων. Τέλος με τη βοήθεια του λογισμικού Surfer δημιουργούνται χάρτες δύο και τριών διαστάσεων, 2D και 3D, με τις γεωδαιτικές συντεταγμένες των σημείων και με την αποχή των γεωδυναμικών μοντέλων.

Abstract

In this Thesis the estimation of orthometric heights at trigonometric benchmarks of the Hellenic triangulation network will be properly analyzed, using a combination of geopotential models and GPS observations. The geopotential models that have been used are three, namely EGM_2008, EIGEN_6C4 and GECO.

Furthermore for the estimation of the orthometric heights and their accuracy, the use of three parametric corrector surfaces is examined. Least squares adjustment is utilized in order to estimate the parameters of each model as well as their accuracy, for the area of our study. The parametric models used in this study are polynomials of three, four and five parameter correspond to a plane surface and two curved surfaces of higher order.

Moreover two types of checking has been carried out, the internal accuracy check and the exterior accuracy check, for the parameters of the parametric models, to the calculation of the orthometric heights. In the end, Surfer software made feasible for maps of two and three dimensions, 2D and 3D to be created, along with the geodetic coordinates of the points and with the geoid undulation computed from the geopotential models.

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται αξιολόγηση υψομετρικής πληροφορίας τριγωνομετρικών σημείων, σημείων της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, με χρήση γεωδυναμικών μοντέλων σε μια περιοχή η οποία ανήκει στους νομούς Αττικής και Βοιωτίας. Η εργασία αυτή χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια εκ των οποίων τα πρώτα τρία αναφέρονται στο θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται για την κατανόησή της, ενώ τα υπόλοιπα δύο αναφέρονται στην εφαρμογή ελέγχου ενός υψομετρικού δικτύου σε μία συγκεκριμένη περιοχή.

Πιο αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η αναφορά στον υπολογισμό ορθομετρικών και γεωμετρικών υψομέτρων καθώς επίσης και στον υπολογισμό της αποχής του γεωειδούς. Επιπλέον αναλύεται η χωροστάθμηση με GPS όπως επίσης και οι μέθοδοι του στατικού και σχετικού στατικού προσδιορισμού θέσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση του υψομέτρου του γεωειδούς, του ορθομετρικού και του γεωμετρικού υψομέτρου, καθώς επίσης γίνεται και αναφορά στο γεωειδές. Επίσης αναλύονται τα γεωδυναμικά μοντέλα και ειδικότερα τα μοντέλα EGM_2008, EIGEN_6C4 και GECO.

Στο επόμενο κεφάλαιο, το τρίτο, αναλύεται ο συνδυασμός του υψομέτρου του γεωειδούς με το γεωμετρικό καθώς και με το ορθομετρικό υψόμετρο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τρία παραμετρικά μοντέλα, τριών, τεσσάρων και πέντε παραμέτρων όπως επίσης και ο τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων αυτών. Τέλος πραγματοποιείται ανασκόπηση τυπολογίου των τριών πρώτων κεφαλαίων.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται τόσο στην περιοχή που μελετήθηκε όσο και στα τριγωνομετρικά σημεία όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις. Επιπλέον γίνεται παρουσίαση του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε όπως επίσης και της διαδικασίας με την οποία διεξήχθησαν οι μετρήσεις. Κατόπιν αναλύεται ο τρόπος προσδιορισμού των συντελεστών των παραμετρικών μοντέλων, το πρόγραμμα που επέλυσε τις μετρήσεις GPS καθώς και το πρόγραμμα στο οποίο δημιουργήθηκαν χάρτες για τα γεωδυναμικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο συγκρίνονται τα αποτελέσματα από τις επιλύσεις που επιτεύχθηκαν στο τέταρτο κεφάλαιο, καθώς επίσης παρουσιάζονται και τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Εν κατακλείδι λοιπόν η σύγχρονη τεχνολογία GPS έχει βοηθήσει σε διάφορες εφαρμογές συνδυάζοντας τις ακρίβειες του GPS και τις ακρίβειες σύγχρονων γεωδυναμικών μοντέλων.

Κεφάλαιο 1

Το δορυφορικό σύστημα GPS

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στη χωροστάθμηση με GPS καθώς και το πώς υπολογίζονται τα γεωμετρικά και ορθομετρικά υψόμετρα, αλλά και η αποχή του γεωειδούς. Επιπλέον αναφέρεται στις μεθόδους του στατικού και του σχετικού στατικού προσδιορισμού θέσης και στις ακρίβειες που επιτυγχάνονται με τις μεθόδους αυτές.

1.1 Χωροστάθμηση με GPS

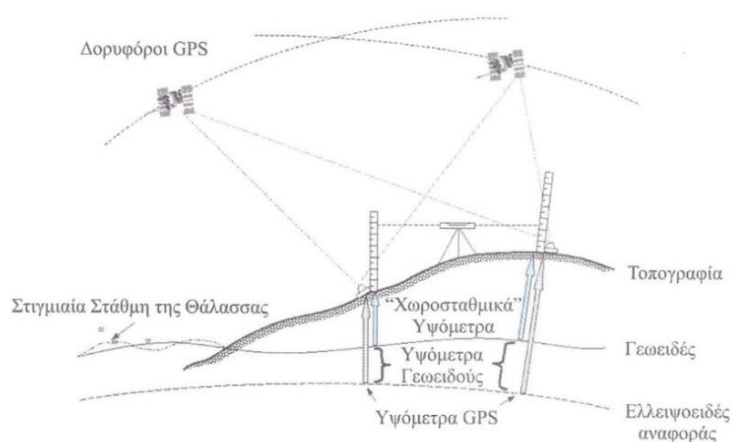
Η σχέση μεταξύ φυσικών και γεωμετρικών υψομέτρων, βρίσκει στις μέρες μας εκτενή πρακτική. Η γεωμετρική απόσταση ενός σημείου στην επιφάνεια της γης από ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής εκφράζεται από το γεωμετρικό υψόμετρο h το οποίο «ορίζεται κατά μήκος της καθέτου στο ελλειψοειδές που διέρχεται από το εν λόγω σημείο». Το γεωμετρικό υψόμετρο, μπορεί σήμερα να μετρηθεί, με το GPS, το δορυφορικό σύστημα παγκόσμιου προσδιορισμού θέσης. Τη σύνδεση του γεωμετρικού h με το ορθομετρικό υψόμετρο H επιτυγχάνουν οι εξισώσεις που ακολουθούν

$$N = h - H \quad (1.1)$$

$$h = H + N \quad (1.2)$$

$$\Delta h = \Delta H + \Delta N \quad (1.3)$$

όπου N ονομαζόμενη και ως αποχή του γεωειδούς, είναι η απόκλιση του ελλειψοειδούς αναφοράς από την επιφάνεια του γεωειδούς. (Τσούλης, 2010)



Σχήμα 1.1: Σχέση φυσικών και γεωμετρικών υψομέτρων

Πηγή: Τσούλης, 2010

Ορθομετρικά υψόμετρα ή διαφορές ορθομετρικών υψομέτρων, υπολογίζονται εύκολα με τη βοήθεια των σχέσεων (1.2) και (1.3) «σε σημεία όπου είναι γνωστά υψόμετρα του γεωειδούς και γεωμετρικά υψόμετρα από το GPS». Για τον προσδιορισμό ορθομετρικών υψομέτρων απαιτείται διαδικασία η οποία είναι γνωστή και ως χωροστάθμιση με GPS. Αυτό το είδος της χωροστάθμισης «είναι ο βέλτιστος συνδυασμός γεωμετρικών υψομέτρων από το GPS με υψόμετρα του γεωειδούς από βαρύτητα, με σκοπό τον υπολογισμό ορθομετρικών υψομέτρων σε σχέση με κάποιο κατακόρυφο γεωδαιτικό datum». Από τις (1.2) και (1.3) προκύπτουν εύκολα οι εξισώσεις που ακολουθούν.

$$H = h - N \quad (1.4)$$

$$\Delta H = \Delta h - \Delta N \quad (1.5)$$

Αν και παρουσιάζεται σαν μια εναλλακτική μεθοδολογία που μπορεί να αντικαταστήσει, σε πολλές περιπτώσεις, τη γεωμετρική χωροστάθμιση, η χωροστάθμιση με GPS εμφανίζει κάποιους περιορισμούς στην εφαρμογή της. Αυτοί οι περιορισμοί αφορούν «την ακρίβεια των γεωμετρικών υψομέτρων του GPS και των υψομέτρων του γεωειδούς από βαρύτητα» αλλά και με τη μορφή του γεωειδούς στην εκάστοτε περιοχή που μελετάται.

Η ακρίβεια των υψομέτρων από το GPS η οποία τυγχάνει να είναι ανώτερη της ακρίβειας που επιτυγχάνεται για λύσεις του γεωειδούς από βαρύτητα, είναι ο πρώτος παράγοντας που επηρεάζει τη χωροστάθμιση με GPS. Συνεπεία αυτού, η ακρίβεια, που προσδιορίζονται με τις σχέσεις (1.4) και (1.5) ως προς ένα κατακόρυφο datum σχετικά και απόλυτα ορθομετρικά υψόμετρα, είναι κατώτερη από την ακρίβεια που προσφέρει η γεωμετρική χωροστάθμιση. Στην Τοπογραφία και τη Γεωδαισία αυτή η ακρίβεια είναι ικανοποιητική σε αρκετές εφαρμογές. (Τσούλης, 2010)

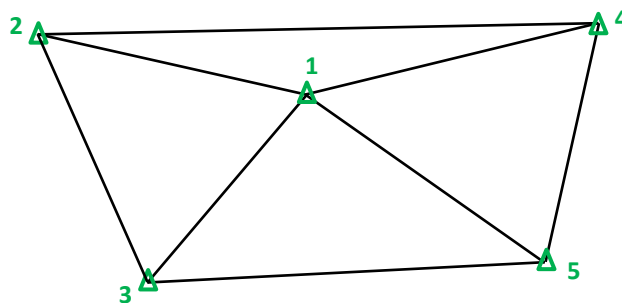
Η μορφή του γεωειδούς και ο τρόπος μεταβολής του στην περιοχή μελέτης είναι ο δεύτερος παράγοντας. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό όταν μέσω χωροστάθμισης με GPS, προσδιορίζονται απόλυτα ορθομετρικά υψόμετρα. Ο πιο ασφαλής τρόπος όσον αφορά στην ακρίβεια, είναι τα υψόμετρα N από βαρύτητα να υπολογίζονται απευθείας από έναν αλγόριθμο στα χωροσταθμικά σημεία, ή να γίνονται παρεμβολές μόνο εάν το βαρυτημετρικό γεωειδές είναι διαθέσιμο με υψηλή διακριτική ικανότητα, ακόμα και στην περίπτωση που το γεωειδές παρουσιάζει ομαλή μεταβολή. (Αραμπέλος – Τζιαβός, 2007)

1.2 Στατικές μέθοδοι προσδιορισμού

Ο όρος στατικός προσδιορισμός θέσης (Static Positioning) σημαίνει ότι οι δέκτες καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων παραμένουν ακίνητοι. Ακόμα αν ο στατικός προσδιορισμός είναι και σχετικός, τότε προσδιορίζεται η θέση ενός σημείου ως προς ένα άλλο σημείο. Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου απαιτούνται ταυτόχρονες μετρήσεις με δύο ή περισσότερους δέκτες σε δύο ή περισσότερα σημεία. (Φωτίου – Πικριδάς, 2012)

Για δέκτη μιας συχνότητας ο χρόνος παραμονής σε κάθε σημείο μέτρησης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 20 λεπτά αν η απόσταση είναι έως 5 km από το σημείο αναφοράς. Για τη συλλογή παρατηρήσεων η καλύτερα απαιτούμενη χρονική διάρκεια εξαρτάται από την απόσταση ανάμεσα στα σημεία, από τον αριθμό και τη γεωμετρία των δορυφόρων, όπου ο δείκτης ακρίβειας των μετρήσεων είναι η τιμή GDOP η οποία δεν θα πρέπει να ξεπερνά το οκτώ κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Για μεγαλύτερες των 5 km αποστάσεις και έως 15km ο δέκτης θα πρέπει καλύτερα να παραμείνει για μία ώρα το λιγότερο. Για να προσδιοριστούν οι συνιστώσες μιας βάσης θα πρέπει οι συντεταγμένες του σημείου που θεωρείται «γνωστό» να είναι γνωστές με ακρίβεια μερικών μέτρων, περίπου 10 m ως προς το WGS84. Όταν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, συνήθως μετριοούνται όσο το δυνατόν περισσότερες βάσεις μεταξύ των σημείων προσέχοντας όμως να φτιάχνονται κλειστά γεωμετρικά σχήματα π.χ. τρίγωνα, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει έλεγχος στα σφάλματα των μετρήσεων.

Δύο γνωστά σημεία τουλάχιστον, στο σύνολο των σημείων που προσδιορίζονται, θα πρέπει να υπάρχουν σε κάθε ομάδα μετρήσεων, για να μπορεί να γίνει έπειτα από την επίλυση ο μετασχηματισμός ομοιότητας των σημείων που προσδιορίστηκαν από το σύστημα του GPS στο ανάλογο προβολικό σύστημα. Με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνονται ακρίβειες της τάξης των $1-2 \text{ cm} \pm 1 \text{ ppm}$ της απόστασης μεταξύ των σημείων. Αυτή η διαδικασία είναι κατάλληλη για μετρήσεις δικτύων αλλά και όπου χρειάζεται υψηλή ακρίβεια στις συντεταγμένες των σημείων. (Δεσποτάκης, 2016)



Σχήμα 1.2: Σχετικός στατικός προσδιορισμός

Κεφάλαιο 2

Το γεωειδές και τα σύγχρονα γεωδυναμικά μοντέλα

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται τα κυριότερα υψόμετρα του κλάδου της Τοπογραφίας, δηλαδή το ορθομετρικό, το γεωμετρικό καθώς και το υψόμετρο του γεωειδούς αλλά γίνεται και λεπτομερής αναφορά στο γεωειδές. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα γεωδυναμικά μοντέλα και επεξηγούνται ειδικότερα τα μοντέλα EGM_2008, EIGEN_6C4 καθώς και το μοντέλο GECO.

2.1 Συστήματα υψομέτρων

«Ένα σύστημα υψομέτρων είναι ένα μονοδιάστατο σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη μετρητική απόσταση, ύψος, ενός σημείου από κάποια κατάλληλη επιφάνεια αναφοράς».

Αρχικά υπάρχουν δύο είδη συστημάτων υψομέτρων. «Εκείνα που χρησιμοποιούν ευθείες γεωμετρικές πορείες για να καθοριστεί η απόσταση του εκάστοτε σημείου ενδιαφέροντος από την επιφάνεια αναφοράς, αγνοώντας το πεδίο βαρύτητας της Γης και την επίδρασή του στα καθορισμένα υψόμετρα και εκείνα που συνδέουν τον ορισμό των υψομέτρων με τις ισοδυναμικές επιφάνειες του γήινου πεδίου βαρύτητας και την διεύθυνση της κατακορύφου στα διάφορα σημεία της γήινης επιφάνειας και χρησιμοποιούν κυρτές πορείες για τον καθορισμό της απόστασης του εκάστοτε σημείου από την επιφάνεια αναφοράς».

Τα κυριότερα υψόμετρα είναι τα ορθομετρικά και τα γεωμετρικά. Τα ορθομετρικά υψόμετρα με επιφάνεια αναφοράς το γεωειδές μετρώνται κατά μήκος της καθέτου στο γεωειδές (κατακορύφου) ενώ τα γεωμετρικά υψόμετρα με επιφάνεια αναφοράς το γεωκεντρικό ελλειψοειδές μετρώνται κατά μήκος της καθέτου στο ελλειψοειδές. (Δεληκαράογλου, 2016)

2.1.1 Ορθομετρικά υψόμετρα

Ως ορθομετρικό υψόμετρο ορίζεται «η γραμμική απόσταση του σημείου από την επιφάνεια του γεωειδούς, που πρακτικά ταυτίζεται με τη μέση στάθμη της θάλασσας, μετρημένη κατά μήκος της διεύθυνσης της κατακορύφου που περνάει από το σημείο». (Βλάχος, 2012)

Ως επιφάνεια αναφοράς, με ορθομετρικό υψόμετρο μηδέν, θεωρείται η μέση στάθμη της θάλασσας. Η μέση στάθμη της θάλασσας είναι μια επιφάνεια, που πλησιάζει σε ικανοποιητικό βαθμό την επιφάνεια του γεωειδούς (± 1 m), γίνεται εύκολα αντιληπτή από τον άνθρωπο και έχει φυσική σημασία. Αυτή η επιφάνεια προσφέρεται ως αφετηρία μέτρησης των υψομέτρων και μπορεί να προσδιοριστεί.

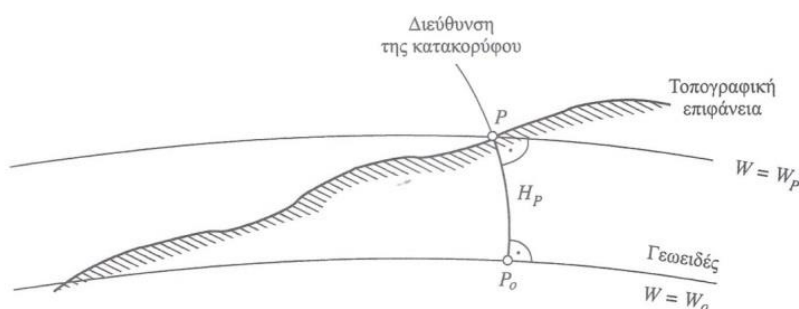
(Λάμπρου – Πανταζής, 2013)

Τα ορθομετρικά υψόμετρα εκφράζουν τη γεωμετρική απόσταση ενός σημείου P στην τοπογραφική επιφάνεια από την επιφάνεια του γεωειδούς και έτσι προσφέρουν μια άμεση γεωμετρική ερμηνεία. «Η απόσταση αυτή ορίζεται κατά μήκος της διεύθυνσης της κατακορύφου που συνδέει το σημείο P με την προβολή του P₀ επάνω στο γεωειδές. Τα ορθομετρικά υψόμετρα υπολογίζονται σύμφωνα με τη σχέση

$$H_P = \frac{C_P}{\bar{g}_P} \quad (2.1)$$

όπου C_P ορίζεται ο γεωδυναμικός αριθμός του σημείου P και δίνεται από τη σχέση (2.2) ενώ το \bar{g}_P συμβολίζει την μέση τιμή της βαρύτητας κατά μήκος της διεύθυνσης της κατακορύφου από το P στο P₀». (Τσούλης, 2010)

$$C_P = \int_{\gamma_{\text{γεωειδές}}}^P g \, dh \quad (2.2)$$



Σχήμα 2.1: Ορισμός ορθομετρικού υψόμετρου H
Πηγή: Τσούλης, 2010

Τέλος για τον υπολογισμό ορθομετρικών υψόμετρων, χρειάζονται τα γεωμετρικά υψόμετρα από μετρήσεις GPS/GNSS καθώς και τα υψόμετρα του γεωειδούς στο WGS84 όσον αφορά το σύστημα GPS, (σχέση 1.4).

2.1.2 Γεωμετρικά υψόμετρα

Ως γεωμετρικό υψόμετρο, που συμβολίζεται με h, ορίζεται η απόσταση ενός σημείου από το ελλειψοειδές κατά μήκος της καθέτου. Αντίθετα με το ορθομετρικό υψόμετρο H με επιφάνεια αναφοράς το γεωειδές, το γεωμετρικό υψόμετρο δεν είναι άμεσα μετρήσιμο. (Φωτίου, 2009)

Ως επιφάνεια αναφοράς με γεωμετρικό υψόμετρο μηδέν ορίζεται η επιφάνεια του ελλειψοειδούς αναφοράς. Αυτή η επιφάνεια δεν μπορεί να υλοποιηθεί και να γίνει αντιληπτή από τον άνθρωπο αφού δεν έχει φυσική σημασία και είναι μαθηματική. (Λάμπρου – Πανταζής, 2013)

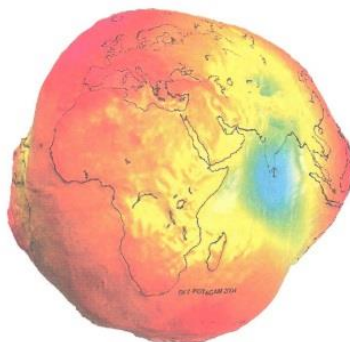
Στην σχέση (2.3) τέλος, φαίνεται ότι για να υπολογιστούν τα γεωμετρικά υψόμετρα, εφόσον δοθούν τα ορθομετρικά, είναι αναγκαίο να είναι γνωστή και η αποχή του γεωειδούς ή αλλιώς το υψόμετρο του γεωειδούς N . (Φωτίου – Πικριδάς, 2012)

$$h = H + N \quad (2.3)$$

2.1.3 Υψόμετρα γεωειδούς

Γεωειδές ονομάζεται η ισοδυναμική επιφάνεια του πραγματικού γήινου πεδίου βαρύτητας που πλησιάζει περισσότερο τη «φυσική πραγματικότητα». Η ιδιότητα αυτής της επιφάνειας είναι ότι παντού είναι κάθετη στη διεύθυνση της κατακόρυφου. Συγκεκριμένα η επιφάνεια αναφοράς όλων των γεωδαιτικών μετρήσεων που γίνονται πάνω στη Γη είναι το γεωειδές, αν και χρησιμοποιείται μόνο ως επιφάνεια αναφοράς των υψομέτρων.

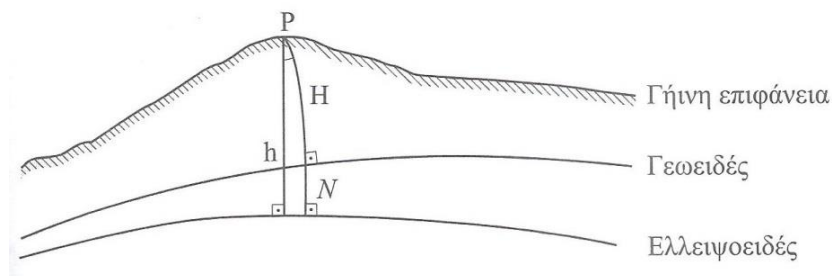
Η χρήση του γεωειδούς ως επιφάνεια αναφοράς για τον προσδιορισμό απόλυτων και σχετικών θέσεων οριζοντιογραφικά, είναι ιδιαίτερα δύσκολη διότι η επιφάνεια αυτή δεν είναι γεωμετρική και δεν εκφράζεται με απλές μαθηματικές σχέσεις. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η χρήση μιας μαθηματικής επιφάνειας που να εκφράζεται με όσο το δυνατόν απλούστερες μαθηματικές σχέσεις. Ως τέτοια επιφάνεια χρησιμοποιείται το ελλειψοειδές εκ περιστροφής. (Λάμπρου – Πανταζής, 2013)



Σχήμα 2.2: Το Γεωειδές
Πηγή: Φωτίου – Πικριδάς, 2012

«Υψόμετρο γεωειδούς ή αποχή του γεωειδούς, ορίζεται η απόσταση που αντιστοιχεί στη διαφορά της κατακόρυφης θέσης μεταξύ γεωειδούς-ελλειψοειδούς σε κάθε σημείο της Φυσικής Γήινης Επιφάνειας και συμβολίζεται με N . Επιπλέον το υψόμετρο του γεωειδούς μετράται πάνω στην κάθετο στο ελλειψοειδές αναφοράς και έχει φορά αντίθετη προς το διάνυσμα της κανονικής βαρύτητας. Οι τιμές που μπορεί να πάρει σε όλη τη γη είναι από -100 m στον Ινδικό ωκεανό έως ± 80 m στον βόρειο Ατλαντικό ωκεανό με τυπική απόκλιση ± 30 m». (Λάμπρου – Πανταζής, 2013)

Επίσης το υψόμετρο του γεωειδούς N είναι αλγεβρική τιμή. Για το λόγο αυτό λαμβάνεται ως θετική τιμή αν το γεωειδές βρίσκεται πάνω από το ελλειψοειδές και αρνητική αν βρίσκεται κάτω από το ελλειψοειδές.



Σχήμα 2.3: Γεωμετρικό Υψόμετρο (h), Ορθομετρικού Υψομέτρου (H), Υψόμετρο Γεωειδούς (N)
 Πηγή: Φωτίου – Πικριδάς, 2012

Τέλος το υψόμετρο του γεωειδούς υπολογίζεται με ιδιαίτερες διαδικασίες, όπως για παράδειγμα από αστρονομικές παρατηρήσεις, από μετρήσεις βαρύτητας, από δορυφορικές μετρήσεις ή ακόμα και από συνδυασμό τους. Με τους παραπάνω τρόπους είναι δυνατή η δημιουργία χαρτών ή μοντέλων του γεωειδούς. (Φωτίου, 2009)

2.2 Ανάλυση γεωδυναμικών μοντέλων γεωειδούς

Τα γεωδυναμικά μοντέλα είναι μοντέλα συντελεστών σφαιρικών αρμονικών συναρτήσεων, δηλαδή ομάδες συντελεστών του δυναμικού έλξης ($\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}$) ή των αντίστοιχων κανονικοποιημένων συντελεστών ($\Delta\bar{C}_{nm}, \Delta\bar{S}_{nm}$), υπολογίζονται και χορηγούνται από διάφορες επιστημονικές υπηρεσίες.

Οι σφαιρικοί αρμονικοί συντελεστές $\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}$ είναι οι συντελεστές του γήινου δυναμικού έλξης V και υπολογίζονται από την ανάλυση δορυφορικών δεδομένων ή επίγειων δεδομένων βαρύτητας ή από το συνδυασμό τους.

Τα πρώτα μοντέλα συντελεστών αρμονικών ή μοντέλα του γεωδυναμικού ή γεωδυναμικά μοντέλα, όπως έχει επικρατήσει να ονομάζονται, υπολογίσθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 70' από το ερευνητικό κέντρο διαστημικών πτήσεων GSFC της NASA στις ΗΠΑ και είναι τα γνωστά μοντέλα GEM. Έπειτα τη δεκαετία του 80' υπολογίζονται από σειρά ερευνητικών κέντρων μοντέλα γεωδυναμικού, κατά κανόνα από συνδυασμό δορυφορικών και επίγειων δεδομένων βαρύτητας, που οι βαθμοί ανάπτυξης κυμαίνονται από 180 μέχρι 360. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μοντέλων είναι και τα διάφορα μοντέλα γεωδυναμικού στο γεωδαιτικό ινστιτούτο του πολιτειακού πανεπιστημίου του Ohio τα γνωστά OSU γεωδυναμικά μοντέλα. Τέλος από τις αρχές της δεκαετίας του 90' μέχρι σήμερα υπολογίσθηκαν διάφορα μοντέλα συνδυασμού για το γεωδυναμικό, όπως για παράδειγμα τα JGM.

Ιδιαίτερη ώθηση έδωσαν τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη μοντέλων σφαιρικών αρμονικών τα υψηλής διακριτικής ικανότητας και ακρίβειας δεδομένα της δορυφορικής αλτιμετρίας των δορυφορικών αποστολών ERS-1/ERS-2, οι οποίες παρουσιάζουν το πλεονέκτημα των ακριβώς επαναλαμβανόμενων τροχιών.

Ο υπολογισμός των συντελεστών των αναπτυγμάτων του γεωδυναμικού επιτυγχάνεται με τρεις κυρίως διαδικασίες, είτε από μετρήσεις των τροχιών των τεχνητών δορυφόρων, είτε από επίγεια δεδομένα βαρύτητας, είτε από συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών δεδομένων. (Αραμπέλος – Τζιαβός, 2007)

2.2.1 Μοντέλο EGM_2008

Τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και ειδικότερα μετά από τις διαστημικές αποστολές των Grace και Goce έχει συλλεχθεί επαρκής αριθμός βαρυτημετρικών δεδομένων ώστε να μπορεί να παραχθεί ένα ακριβές παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο. Αυτό έγινε τα τελευταία χρόνια με το μοντέλο EGM_2008 το οποίο είναι πλήρες σε βαθμό 2190. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε ως παγκόσμιο γεωδυναμικό μοντέλο επειδή παρέχει τη μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα. (Μελισσινός, 2011)

Το EGM_2008 είναι ένα μοντέλο συνδυασμού δορυφορικών και επίγειων δεδομένων με χρήση και των τελευταίων δορυφορικών αποστολών για το πεδίο βαρύτητας. (Ανδριτσάνος, 2016)

Σήμερα το μοντέλο αυτό είναι μια υψηλής ανάλυσης περιγραφή του παγκόσμιου πεδίου βαρύτητας. Λαμβάνεται από δύο πηγές, όχι πλήρως σταθερές, πληροφοριών σχετικά με το σφάλμα του, από τις σφαιρικές αρμονικές διακυμάνσεις του συντελεστή και από ένα γεωγραφικό χάρτη της διακύμανσης σφάλματος. (Gilardoni *et al.*, 2016)

Επιπλέον το μοντέλο EGM_2008 είναι ένα γεωδυναμικό μοντέλο σφαιρικών αρμονικών, το οποίο αναπτύχθηκε με τη χρήση βέλτιστου συνδυασμού ελαχίστων τετραγώνων του μοντέλου ITG-GRACE03S και του αντίστοιχου πίνακα μεταβλητότητας σφάλματος χρησιμοποιώντας βαρυτημετρική πληροφορία από μία παγκόσμια βάση δεδομένων μέσω τιμών ανωμαλιών βαρύτητας ελευθέρου αέρα σε κানাβο 5'. Ο κানাβος αυτός δημιουργήθηκε με το συνδυασμό επίγειων, αλτιμετρικών και εναέριων δεδομένων βαρύτητας. (Pavlis *et al.*, 2012)

Τέλος το γεγονός ότι το μοντέλο είναι παγκόσμιο και ότι δεν υπάρχει αντίστοιχο παγκόσμιο σύστημα υψών, προκαλεί κάποιες αποκλίσεις, στον υπολογισμό της αποχής του γεωειδούς σε τοπική κλίμακα οι οποίες φτάνουν στον Ελλαδικό χώρο, ακόμα και στα τρία μέτρα. Το μοντέλο αυτό συμπεριλαμβάνει τόσο τις υψηλές όσο και τις μεσαίες συχνότητες των αρμονικών συναρτήσεων που περιγράφουν το γήινο πεδίο βαρύτητας.

2.2.2 Μοντέλο EIGEN_6C4

Το μοντέλο EIGEN_6C4 είναι η τέταρτη έκδοση του μοντέλου EIGEN_6C και τα αρχικά EIGEN σημαίνουν European Improved Gravity model of the Earth by New techniques δηλαδή ευρωπαϊκό μοντέλο βελτίωσης της βαρύτητας από νέες τεχνικές.

Η πρώτη έκδοση του μοντέλου EIGEN_6C, όπου δημοσιεύτηκε το 2011, ήταν το πρώτο παγκόσμιο μοντέλο που προσέγγιζε το πεδίο βαρύτητας περιέχοντας δεδομένα GOCE. Το μοντέλο αυτό είχε υπολογιστεί από ένα συνδυασμό LAGEOS, GRACE και GOCE δεδομένων και είναι πλήρες σε βαθμό και τάξη 1440.

Έπειτα οι επόμενες εκδόσεις του μοντέλου EIGEN_6C δηλαδή το EIGEN_6C2 και το EIGEN_6C3 δημοσιεύτηκαν το 2012 και 2013 αντίστοιχα και είναι πλήρεις σε βαθμό και τάξη 1949. Επίσης περιλαμβάνουν παρατεταμένο χρόνο μέτρησης μεταξύ των LAGEOS και GRACE καθώς και για τα δεδομένα GOCE.

(Förste Christoph *et al.*, 2014)

Το EIGEN_6C4 είναι ένα στατικό παγκόσμιο πρότυπο που συνδυάζει το πεδίο βαρύτητας μέχρι βαθμό και τάξης 2190. Έχει εκπονηθεί από κοινού από GFZ Potsdam και GRGS Τουλούζη. Ο συνδυασμός των διαφορετικών δεδομένων από δορυφόρους και επίγεια έχει γίνει από ένα περιορισμένο εύρος συνδυασμού εξισώσεων (με μέγιστο βαθμό 370), που παράγονται από τις εξισώσεις παρατήρησης για τους σφαιρικούς αρμονικούς συντελεστές. Μια σύντομη περιγραφή των τεχνικών που εφαρμόζονται για την παραγωγή ενός τέτοιου συνδυασμένου μοντέλου πεδίου βαρύτητας δίνεται από τους Shako *et al.*, 2014. Το αποτέλεσμα λύσης σε βαθμό /τάξη 370 έχει επεκταθεί σε βαθμό/τάξη 2190 από μια διαγώνια λύση χρησιμοποιώντας το DTU10, το δίκτυο των στοιχείων παγκόσμιων ανωμαλιών βαρύτητας.

(<http://pmd.gfz-potsdam.de/icgem/showshort.php?id=escidoc:1119897>)

2.2.3 Μοντέλο GECO

Το μοντέλο GECO είναι ένα παγκόσμιο μοντέλο βαρύτητας το οποίο συνδυάζει σε τοπικό επίπεδο τα δεδομένα του GOCE και του EGM_2008. Δηλαδή η πληροφορία που προέρχεται από ένα παγκόσμιο μοντέλο πεδίου βαρύτητας, το οποίο χρησιμοποιεί δεδομένα από το δορυφόρο GOCE, χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την ακρίβεια του μοντέλου EGM_2008 σε χαμηλές έως μέτριες συχνότητες, ειδικά σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν στοιχεία ή ήταν διαθέσιμα κατά την ώρα του υπολογισμού του μοντέλου EGM_2008.

Το κλειδί για τη δημιουργία των πινάκων μεταβλητότητας σφάλματος των δύο μοντέλων για ένα βέλτιστο συνδυασμό ελαχίστων τετραγώνων: ο πλήρης πίνακας μεταβλητότητας σφάλματος των σφαιρικών αρμονικών συντελεστών GOCE προσεγγίζεται από ένα διαγώνιο πίνακα σχετικό με την τάξη ανάπτυξης, ενώ για το EGM_2008, οι μεταβλητότητες σφάλματος λαμβάνονται σημειακά από το χάρτη των

σφαλμάτων προσέγγισης του γεωειδούς και τις χωρικές συσχετίσεις σφάλματος από τις μεταβλητότητες των συντελεστών. Εξαιτίας υπολογιστικών σκοπών, ο συνδυασμός εφαρμόζεται άμεσα στις τιμές του γεωειδούς σε κανονικό κλίμακα. Επαναλαμβάνοντας το συνδυασμό για επικαλυπτόμενες περιοχές παγκοσμίως και εφαρμόζοντας τις αρχές της αρμονικής ανάλυσης, λαμβάνεται ένα νέο μοντέλο συνδυασμού. Το μοντέλο αυτό καλείται GECO και εκτείνεται μέχρι το μέγιστο βαθμό του EGM_2008. (Gilardoni *et al.*, 2016)

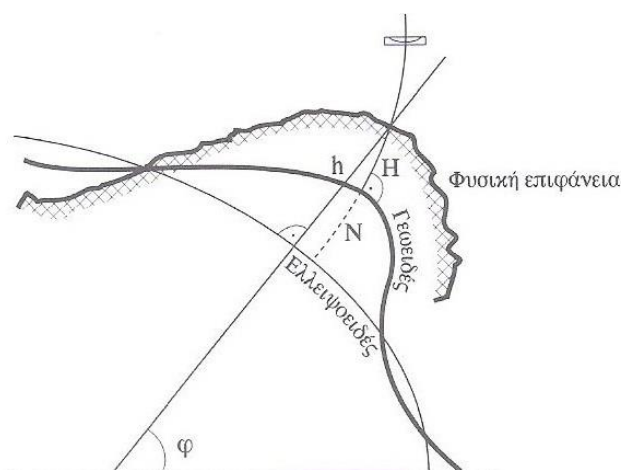
Κεφάλαιο 3

Μαθηματικά μοντέλα σύγκρισης υψόμετρων

Παρακάτω θα αναλυθεί τεκμηριωμένα το πώς συνδυάζεται το υψόμετρο του γεωειδούς με το ορθομετρικό και το γεωμετρικό υψόμετρο. Επιπλέον γίνεται ανάπτυξη κάποιων μαθηματικών μοντέλων τα οποία διακρίνονται από τις άγνωστες παραμέτρους τους, καθώς και το πώς υπολογίζονται οι παράμετροι αυτές. Τέλος γίνεται ανασκόπηση τυπολογίου των τριών κεφαλαίων.

3.1 Θεωρητική τεκμηρίωση

«Η επιφάνεια του γεωειδούς, σαν μια ισοδυναμική επιφάνεια, τέμνεται από τις διευθύνσεις της κατακορύφου κάθετα σε όλα της τα σημεία». Λόγω όμως της ακανόνιστης κατανομής των μαζών στο εσωτερικό και ιδιαίτερα στον φλοιό της Γης, η διεύθυνση της κατακορύφου κάθε φορά διαφέρει από τη «θεωρητική κατακόρυφο», δηλαδή την κάθετη διεύθυνση στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς, αφού παρουσιάζει τοπικές ανωμαλίες. Οι διαφορές αυτές ονομάζονται αποκλίσεις της κατακορύφου. Οπότε δεν είναι ομαλή η επιφάνεια του Γεωειδούς, αλλά είναι ασθενώς κυματοειδής. «Οι αποκλίσεις του γεωειδούς από το ελλειψοειδές εκ περιστροφής ονομάζονται υψόμετρα του γεωειδούς. Το μήκος από το γεωειδές ως το σημείο στην επιφάνεια του εδάφους, πάνω στη γραμμή της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων, λέγεται ορθομετρικό υψόμετρο». (Ρωσσικόπουλος, 1999)

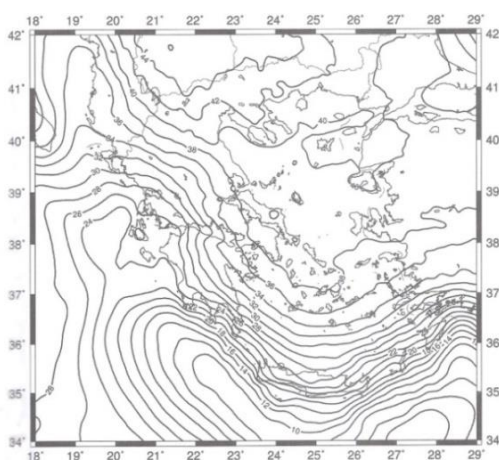


Σχήμα 3.1: Γεωμετρικό Υψόμετρο (h), Ορθομετρικού Υψομέτρου (H), Υψόμετρο Γεωειδούς (N)
Πηγή: Ρωσσικόπουλος, 1999

Με ακρίβειες της τάξης μερικών χιλιοστών για αποστάσεις μέχρι και μερικές δεκάδες χιλιόμετρα, σχετικά γεωδαιτικά υψόμετρα προσδιορίζονται από τις παρατηρήσεις του δορυφορικού συστήματος GPS, στο WGS' 84 ή σε άλλο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Αυτή η ακρίβεια είναι λίγο χειρότερη από την ακρίβεια της οριζόντιας θέσης των κορυφών του δικτύου εξαιτίας ορισμένων συστημάτων επιδράσεων όπως π.χ. οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις που είναι σημαντικότερες στη διεύθυνση των υψομέτρων και όχι μόνο εξαιτίας της κακής γεωμετρίας ως προς την τρίτη διάσταση.

Τα ορθομετρικά υψόμετρα υπολογίζονται στη συνέχεια από τη σχέση (1.4). Εκτός από την ακρίβεια των γεωδαιτικών υψομέτρων που προκύπτουν από το GPS, η ακρίβεια υπολογισμού των ορθομετρικών υψομέτρων εξαρτάται και από την ακρίβεια προσδιορισμού της επιφάνειας του τοπικού γεωειδούς. Η ακρίβεια του τοπικού γεωειδούς φθάνει τα μερικά εκατοστά, ανάλογα με την ακρίβεια των βαρυτημετρικών δεδομένων, και ο προσδιορισμός του γίνεται από μετρήσεις βαρύτητας και υψομέτρων με τεχνικές της φυσικής γεωδαισίας. (Ρωσσικόπουλος, 1999)

Ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια διακρίνονται τέσσερις περιπτώσεις προσδιορισμού ορθομετρικών υψομέτρων από μετρήσεις GPS / GNSS. Στην πρώτη περίπτωση τα υψόμετρα του γεωειδούς N προέρχονται από ένα παγκόσμιο μοντέλο γεωειδούς (χάρτης ή αναλυτικό μαθηματικό μοντέλο) για την περιοχή μελέτης. Στην περίπτωση αυτή το υψόμετρο του γεωειδούς λαμβάνεται σε κάθε σημείο είτε γραφικά από τον αντίστοιχο χάρτη γεωειδούς ή υπολογίζεται από μία αναλυτική μαθηματική σχέση με βάση τα δεδομένα του παγκόσμιου μοντέλου. Στην δεύτερη περίπτωση τα υψόμετρα του γεωειδούς N προέρχονται από ένα τοπικό μοντέλο γεωειδούς για την περιοχή μελέτης. Και οι δύο αυτές οι περιπτώσεις είναι παρόμοιες με τη διαφορά όμως ότι στη δεύτερη περίπτωση σε σχέση με την ακρίβεια του παγκόσμιου μοντέλου, τα υψόμετρα του γεωειδούς μπορεί να είναι καλύτερης ακρίβειας. (Φωτίου – Πικριδάς, 2012)



Σχήμα 3.2: Χάρτης γεωειδούς (EGM2008) για την Ελλάδα, ισοδιάσταση 2 m
Πηγή: Φωτίου – Πικριδάς, 2012

Στην τρίτη περίπτωση είναι γνωστά τα ορθομετρικά υψόμετρα σε μερικά σημεία στην περιοχή μελέτης, τα οποία θα μετρηθούν με μεθόδους GPS, ενώ δεν υπάρχει πληροφορία για τα υψόμετρα του γεωειδούς. Στην περίπτωση αυτή, η μόνη δυνατή επιλογή είναι να προσδιοριστούν με το GPS τα γεωμετρικά υψόμετρα στα σημεία για τα οποία είναι γνωστά τα ορθομετρικά τους υψόμετρα αλλά και σε ένα πλήθος αγνώστων σημείων. Κατόπιν μετασχηματίζονται τα γεωμετρικά σε ορθομετρικά υψόμετρα με τη βοήθεια μιας μεθόδου παρεμβολής.

Τέλος, στην τέταρτη περίπτωση υπάρχει γνώση για τα ορθομετρικά υψόμετρα σε μερικά σημεία που θα μετρηθούν και με μεθόδους GPS, αλλά υπάρχει και πληροφορία για τα υψόμετρα του γεωειδούς από ένα παγκόσμιο ή τοπικό μοντέλο γεωειδούς. «Χρησιμοποιείται ένας μετασχηματισμός ομοιότητας αλλά με μαθηματικό μοντέλο εκφρασμένο σε σφαιρική προσέγγιση, όπου ως άγνωστες παράμετροι θεωρούνται τρεις μεταθέσεις και μία παράμετρος που εκφράζει τη διαφορά κλίμακας». Αυτή η προσέγγιση απορρέει κυρίως από την ανάγκη να ελαχιστοποιηθούν οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα σε ένα γεωειδές που έχει προκύψει από κάποιο μοντέλο βαρύτητας και σε αυτό που προκύπτει από τις μετρήσεις GPS σε σημεία με γνωστά ορθομετρικά υψόμετρα. (Φωτίου – Πικριδάς, 2012)

3.2 Ανάλυση μαθηματικών μοντέλων

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται απλοποιημένες μορφές μοντέλων που χρησιμοποιούνται κυρίως για την μοντελοποίηση των διαφορών ($N_k^{GPS} - N_k^{grav}$). Στη συνέχεια δίνονται οι εξισώσεις για τα μοντέλα τριών, τεσσάρων και πέντε παραμέτρων αντίστοιχα.

Μοντέλο τριών παραμέτρων

$$\begin{aligned} N_k^{GPS} - N_k^{grav} &= h_k - H_k - N_k^{grav} \\ &= x_1 R \lambda_k \cos \varphi_k + x_2 R \varphi_k + x_0 + v_k \quad (3.1) \end{aligned}$$

Όπου:

- x_0, x_1, x_2 είναι οι άγνωστοι παράμετροι
- λ_k, φ_k είναι το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος αντίστοιχα
- R είναι η ακτίνα της Γης σε μέτρα ($R = 6371000 \text{ m}$)
- v_k είναι τα σφάλματα

Μοντέλο τεσσάρων παραμέτρων

$$\begin{aligned} N_k^{GPS} - N_k^{grav} &= h_k - H_k - N_k^{grav} \\ &= x_0 + x_1 \cos \varphi_k \cos \lambda_k + x_2 \cos \varphi_k \sin \lambda_k \\ &\quad + x_3 \sin \varphi_k + v_k \end{aligned} \quad (3.2)$$

Πηγή: Αραμπέλος – Τζιαβός, 2007

Όπου:

- x_0, x_1, x_2, x_3 είναι οι άγνωστοι παράμετροι
- λ_k, φ_k είναι το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος αντίστοιχα
- v_k είναι τα σφάλματα

Μοντέλο πέντε παραμέτρων

$$\begin{aligned} N_k^{GPS} - N_k^{grav} &= h_k - H_k - N_k^{grav} \\ &= x_0 + x_1 \cos \varphi_k \cos \lambda_k + x_2 \cos \varphi_k \sin \lambda_k \\ &\quad + x_3 \sin \varphi_k + x_4 \sin^2 \varphi_k + v_k \end{aligned} \quad (3.3)$$

Πηγή: Αραμπέλος – Τζιαβός, 2007

Όπου:

- x_0, x_1, x_2, x_3, x_4 είναι οι άγνωστοι παράμετροι
- λ_k, φ_k είναι το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος αντίστοιχα
- v_k είναι τα σφάλματα

Αν υποθεθεί ότι χρησιμοποιείται ένα γεωδαιτικό δίκτυο το οποίο αποτελείται από n κορυφές, στις οποίες είναι διαθέσιμες τριάδες υψομέτρων (h, H, N) τότε ο προσδιορισμός των συντελεστών των μοντέλων που προαναφέρθηκαν, (x_0, x_1, x_2) της εξίσωσης (3.1), (x_0, x_1, x_2, x_3) της εξίσωσης (3.2) και $(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4)$ της εξίσωσης (3.3), γίνεται σύμφωνα με το μοντέλο των εξισώσεων παρατήρησης με ελάχιστα τετράγωνα (σχέση 3.4) και η λύση δίνεται από την σχέση (3.5).

(Αραμπέλος – Τζιαβός, 2007)

$$\mathbf{b} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} + \hat{\mathbf{v}} \quad (3.4)$$

$$\hat{\mathbf{x}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{b} \quad (3.5)$$

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας σχεδιασμού \mathbf{A} για κάθε εξίσωση (3.1, 3.2, 3.3) ξεχωριστά, ο πίνακας παρατηρήσεων \mathbf{b} και ο πίνακας βαρών \mathbf{P} .

Πίνακας παρατηρήσεων \mathbf{b}

$$\mathbf{b}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} h_1 - H_1 - N_1^{grav} \\ h_2 - H_2 - N_2^{grav} \\ \vdots \\ h_n - H_n - N_n^{grav} \end{bmatrix}$$

Πίνακας βαρών \mathbf{P}

$$\mathbf{P}_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Πίνακας σχεδιασμού \mathbf{A}

Μοντέλο τριών παραμέτρων

$$\mathbf{A}_{n \times 3} = \begin{bmatrix} R\lambda_1 \cos \varphi_1 & R\varphi_1 & 1 \\ R\lambda_2 \cos \varphi_2 & R\varphi_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ R\lambda_n \cos \varphi_n & R\varphi_n & 1 \end{bmatrix}$$

Μοντέλο τεσσάρων παραμέτρων

$$\mathbf{A}_{n \times 4} = \begin{bmatrix} 1 & \cos \varphi_1 \cos \lambda_1 & \cos \varphi_1 \sin \lambda_1 & \sin \varphi_1 \\ 1 & \cos \varphi_2 \cos \lambda_2 & \cos \varphi_2 \sin \lambda_2 & \sin \varphi_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \cos \varphi_n \cos \lambda_n & \cos \varphi_n \sin \lambda_n & \sin \varphi_n \end{bmatrix}$$

Μοντέλο πέντε παραμέτρων

$$\mathbf{A}_{n \times 5} = \begin{bmatrix} 1 & \cos \varphi_1 \cos \lambda_1 & \cos \varphi_1 \sin \lambda_1 & \sin \varphi_1 & \sin^2 \varphi_1 \\ 1 & \cos \varphi_2 \cos \lambda_2 & \cos \varphi_2 \sin \lambda_2 & \sin \varphi_2 & \sin^2 \varphi_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \cos \varphi_n \cos \lambda_n & \cos \varphi_n \sin \lambda_n & \sin \varphi_n & \sin^2 \varphi_n \end{bmatrix}$$

3.2.1 Εύρεση συντελεστών

Για τον υπολογισμό των άγνωστων συντελεστών των μοντέλων (3.1, 3.2, 3.3), θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί ο πίνακας \mathbf{A} , ανάλογα με το μοντέλο που χρησιμοποιείται, και να σχηματιστεί ο πίνακας βαρών \mathbf{P} . Επόμενο βήμα είναι να φτιαχτεί ο ανάστροφος του πίνακα \mathbf{A} , δηλαδή ο πίνακας \mathbf{A}^T , και να πολλαπλασιαστεί με τον πίνακα \mathbf{P} . Στη συνέχεια το γινόμενο των πινάκων, δηλαδή $\mathbf{A}^T \mathbf{P}$, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με τον πίνακα \mathbf{A} και μετά να φτιαχτεί ο αντίστροφος αυτού του πίνακα, έτσι ώστε να παραχθεί ο εξής πίνακας $(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1}$.

Το δεύτερο βήμα, για τον υπολογισμό των άγνωστων συντελεστών των μοντέλων, είναι να δημιουργηθεί ο πίνακας παρατηρήσεων \mathbf{b} , έτσι ώστε στη συνέχεια να πολλαπλασιαστεί με το γινόμενο των πινάκων $\mathbf{A}^T \mathbf{P}$ και να δώσει τον εξής πίνακα $\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{b}$. Τέλος για την εύρεση των συντελεστών, δηλαδή για την εύρεση του πίνακα $\hat{\mathbf{x}}$, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί ο πίνακας $(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1}$ με τον πίνακα $\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{b}$ όπως φαίνεται και στην σχέση (3.5).

3.2.2 Τελική λύση

Για την ολοκλήρωση της λύσης θα πρέπει να υπολογισθεί ο πίνακας των σφαλμάτων $\hat{\mathbf{v}}$, ο οποίος υπολογίζεται από την αφαίρεση του πίνακα $\mathbf{A} \hat{\mathbf{x}}$ από τον πίνακα \mathbf{b} . Επόμενο βήμα είναι δημιουργηθεί ο αντίστροφος πίνακας του πίνακα των σφαλμάτων, δηλαδή ο $\hat{\mathbf{v}}^T$, και να πολλαπλασιαστεί με το γινόμενο των πινάκων $\mathbf{P} \hat{\mathbf{v}}$, δηλαδή του πίνακα βαρών και του πίνακα των σφαλμάτων. Τέλος θα πρέπει να γίνει ο υπολογισμός της μεταβλητότητας $\hat{\sigma}^2$, σύμφωνα με την σχέση (3.6), και να υπολογιστεί ο πίνακας συμμεταβλητοτήτων $\hat{\mathbf{C}}_{\hat{\mathbf{x}}}$, με τη βοήθεια της σχέσης (3.7).

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\hat{\mathbf{v}}^T \mathbf{P} \hat{\mathbf{v}}}{n-k} \quad (3.6)$$

Όπου:

- n είναι το πλήθος των κορυφών του δικτύου
- k είναι το πλήθος των παραμέτρων του μοντέλου

$$\hat{\mathbf{C}}_{\hat{\mathbf{x}}} = \hat{\sigma}^2 (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \quad (3.7)$$

Επιπλέον για να πραγματοποιηθεί ένας έλεγχος της τελικής λύσης, θα πρέπει να συγκριθεί το αρχικό ορθομετρικό υψόμετρο γνωστό H των κορυφών του δικτύου με το ορθομετρικό υψόμετρο H' , το οποίο υπολογίζεται με τη βοήθεια των εκτιμήσεων των συντελεστών των παραμετρικών μοντέλων, π.χ. για το μοντέλο των τριών παραμέτρων προκύπτει από:

$$H'_k = h_k - N_k^{grav} - x_1 R \lambda_k \cos \varphi_k - x_2 R \varphi_k - x_0 \quad (3.8)$$

Όπου:

- x_0, x_1, x_2 είναι γνωστοί συντελεστές, του πίνακα x
- λ_k, φ_k είναι το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος αντίστοιχα
- R είναι η ακτίνα της Γης σε μέτρα ($R = 6371000 \text{ m}$)
- h_k, N_k^{grav} είναι το γεωμετρικό υψόμετρο και η αποχή του μοντέλου αντίστοιχα

3.3 Ανασκόπηση τυπολογίου

Κεφάλαιο 1

- $$N = h - H \quad (1.1)$$

- $$h = H + N \quad (1.2)$$

- $$\Delta h = \Delta H + \Delta N \quad (1.3)$$

- $$H = h - N \quad (1.4)$$

- $$\Delta H = \Delta h - \Delta N \quad (1.5)$$

Κεφάλαιο 2

- $$H_P = \frac{C_P}{\bar{g}_P} \quad (2.1)$$

- $$C_P = \int_{\gamma_{\epsilon\omega\epsilon\iota\delta\acute{\epsilon}\varsigma}}^P g \, dh \quad (2.2)$$

- $$h = H + N \quad (2.3)$$

Κεφάλαιο 3

- $$\begin{aligned} N_k^{GPS} - N_k^{grav} &= h_k - H_k - N_k^{grav} \\ &= x_1 R \lambda_k \cos \varphi_k + x_2 R \varphi_k + x_0 + v_k \end{aligned} \quad (3.1)$$

- $$\begin{aligned} N_k^{GPS} - N_k^{grav} &= h_k - H_k - N_k^{grav} \\ &= x_0 + x_1 \cos \varphi_k \cos \lambda_k + x_2 \cos \varphi_k \sin \lambda_k \\ &\quad + x_3 \sin \varphi_k + v_k \end{aligned} \quad (3.2)$$

- $$\begin{aligned} N_k^{GPS} - N_k^{grav} &= h_k - H_k - N_k^{grav} \\ &= x_0 + x_1 \cos \varphi_k \cos \lambda_k + x_2 \cos \varphi_k \sin \lambda_k \\ &\quad + x_3 \sin \varphi_k + x_4 \sin^2 \varphi_k + v_k \end{aligned} \quad (3.3)$$

- $$\mathbf{b} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} + \hat{\mathbf{v}} \quad (3.4)$$

- $$\hat{\mathbf{x}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{b} \quad (3.5)$$

- $$\hat{\sigma}^2 = \frac{\hat{\mathbf{v}}^T \mathbf{P} \hat{\mathbf{v}}}{n-k} \quad (3.6)$$

- $$\hat{\mathbf{C}}_{\hat{\mathbf{x}}} = \hat{\sigma}^2 (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \quad (3.7)$$

- $$H'_k = h_k - N_k^{grav} - x_1 R \lambda_k \cos \varphi_k - x_2 R \varphi_k - x_0 \quad (3.8)$$

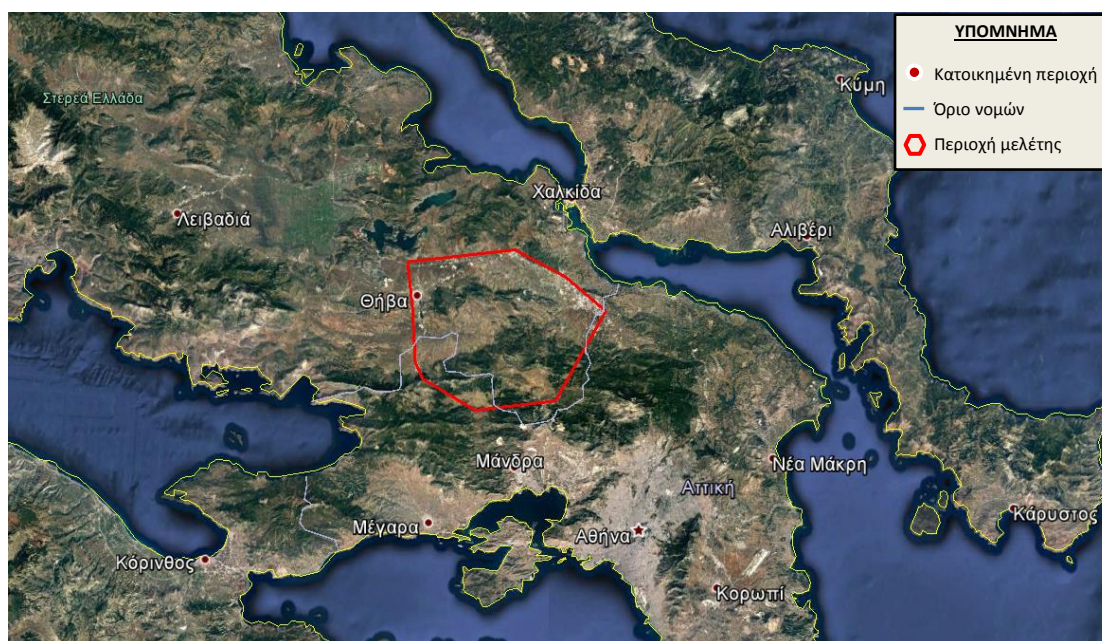
Κεφάλαιο 4

Εφαρμογή ελέγχου υψομετρικού δικτύου

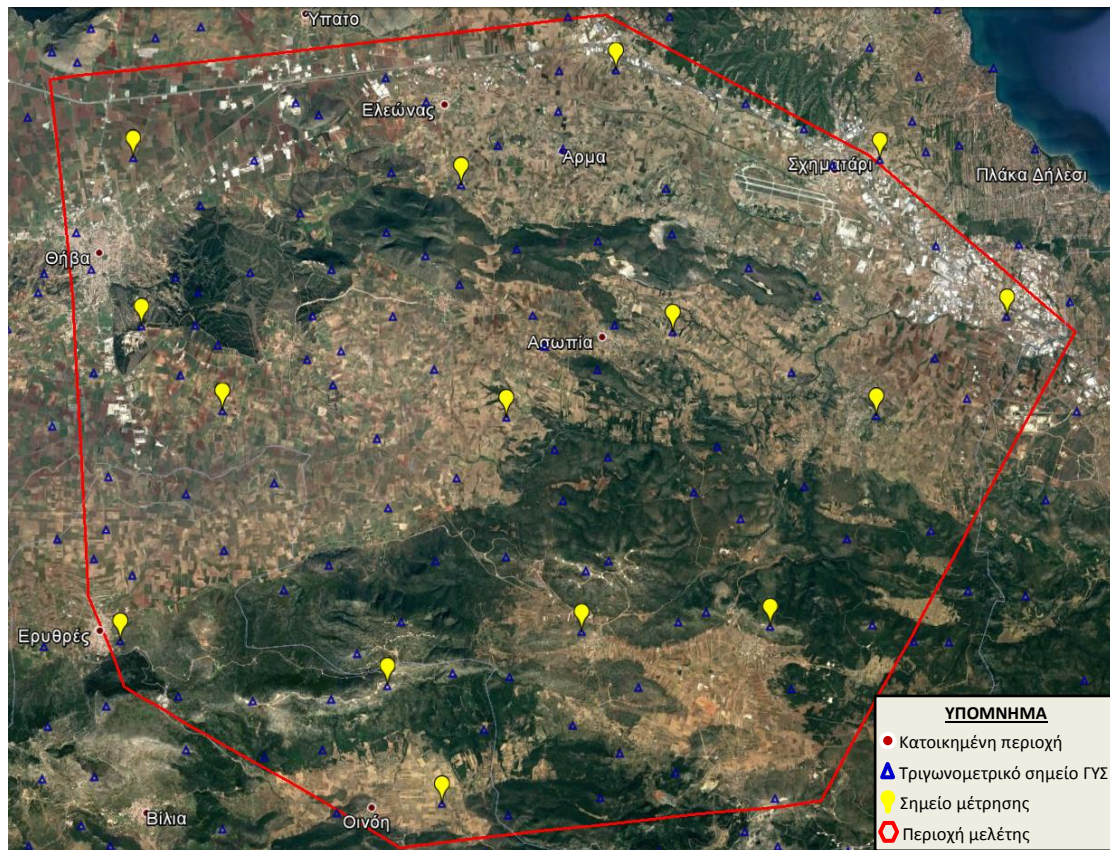
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση της περιοχής μελέτης, καθώς και των τριγωνομετρικών σημείων που επιλέχθηκαν για την διεξαγωγή των μετρήσεων. Επιπλέον γίνεται αναφορά στον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε, όπως επίσης και η διαδικασία με την οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Ακόμα παρουσιάζεται το πρόγραμμα με το οποίο επιτεύχθηκε η επίλυση των μετρήσεων GPS καθώς και ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίστηκαν οι συντελεστές των μαθηματικών μοντέλων που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3. Τέλος αναφέρεται το πρόγραμμα με το οποίο δημιουργήθηκαν χάρτες για κάθε γεωδυναμικό μοντέλο.

4.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή όπου διεξήχθησαν οι μετρήσεις για την μελέτη ανήκει κατά το πλείστον στο νομό Βοιωτίας και ένα μέρος στο νομό Αττικής. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται τόσο η περιοχή μελέτης όσο και τα τριγωνομετρικά σημεία όπου έγιναν οι μετρήσεις.



Σχήμα 4.1: Απεικόνιση περιοχής μελέτης
Πηγή: Google Earth

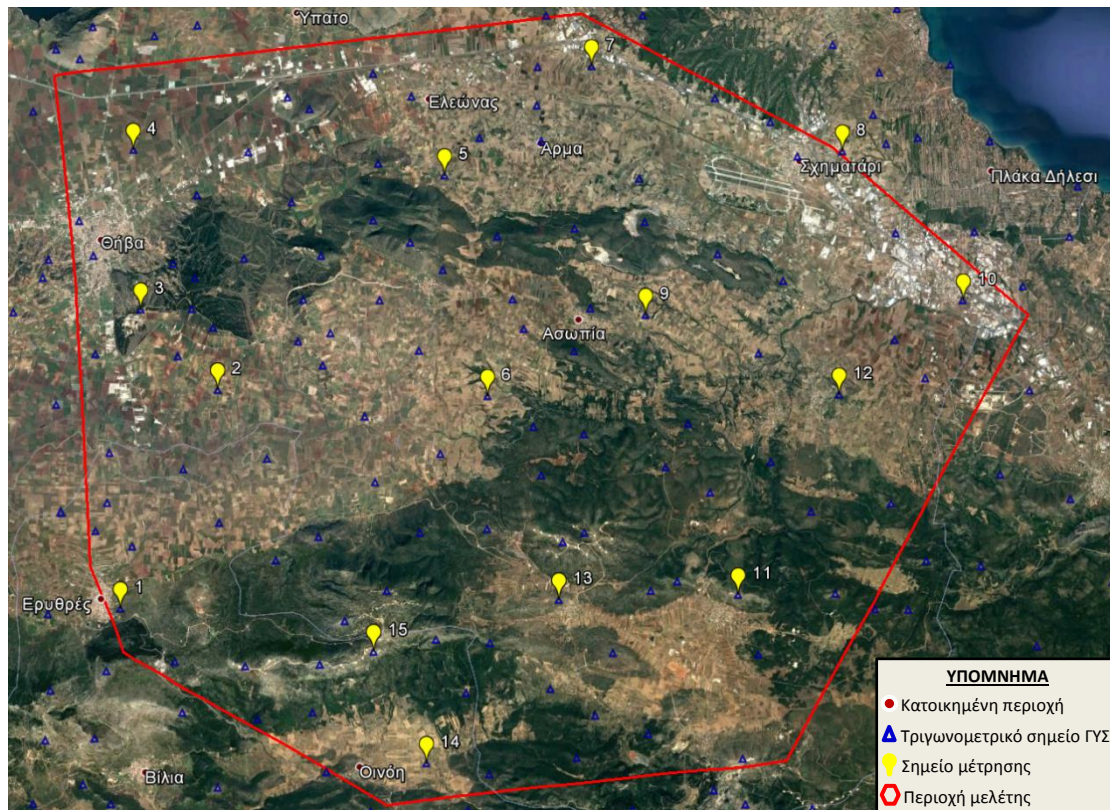


Σχήμα 4.2: Απεικόνιση περιοχής μελέτης και σημείων μέτρησης
 Πηγή: Google Earth

Η περιοχή μελέτης μπορεί να χαρακτηριστεί ως ορεινή – ημιορεινή, μιας και τα υψόμετρα της περιοχής αυτής κυμαίνονται από 150m έως 980m. Επιπλέον η περιοχή μελέτης συνορεύει βόρεια με το χωριό Υπάτο Βοιωτίας, ενώ νότια με το χωριό Βίλια Αττικής. Επίσης, ανατολικά συνορεύει με τον Αυλώνα Αττικής και δυτικά με το χωριό της Βοιωτίας με την επωνυμία Μελισσοχώρι.

4.2 Επιλογή τριγωνομετρικών σημείων Γ.Υ.Σ

Για την υλοποίηση του ελέγχου του υψομετρικού δικτύου χρειάστηκαν να επιλεγθούν δεκαπέντε τριγωνομετρικά σημεία εντός της περιοχής μελέτης, ούτως ώστε η κατανομή τους να είναι όσο το δυνατό πιο ομογενής, όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα (4.3). Επίσης, καταβλήθηκε προσπάθεια, ώστε η επιλογή των σημείων των μετρήσεων να καλύπτει υψομετρικά την περιοχή, δηλαδή επιλέχθηκαν σημεία, τόσο με χαμηλό, όσο και με υψηλό υψόμετρο.

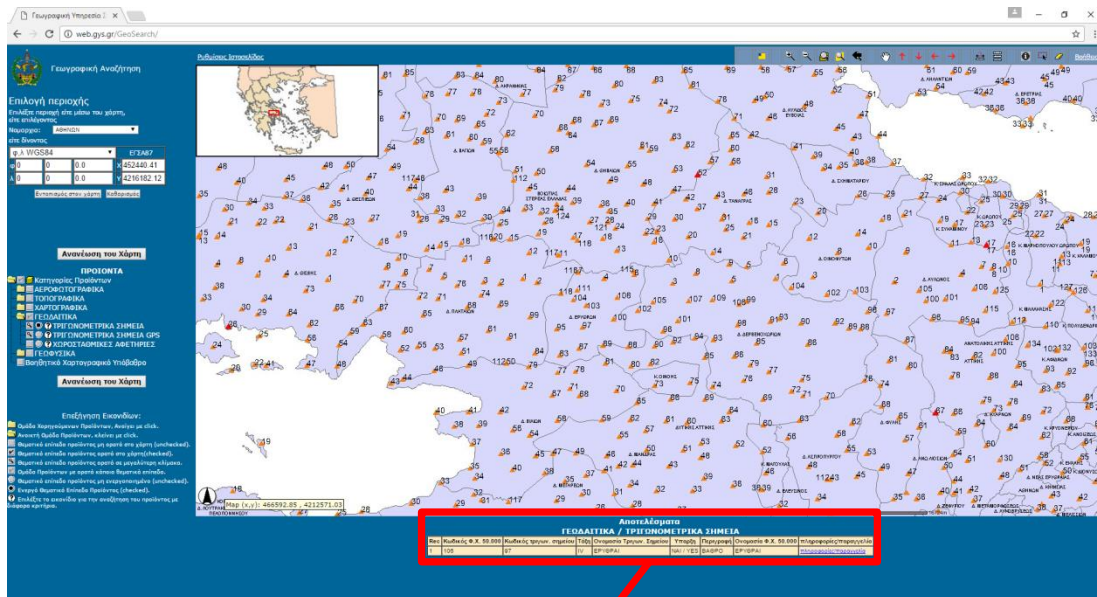


Σχήμα 4.3: Απεικόνιση σημείων μέτρησης κατά αύξοντα αριθμό
 Πηγή: Google Earth

Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται εικόνες των τριγωνομετρικών σημείων που επιλέχθηκαν για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις, η ονομασία, οι γεωδαιτικές συντεταγμένες στο σύστημα WGS84 και οι προβολικές συντεταγμένες στο σύστημα ΕΓΣΑ87 των σημείων αυτών, οι κωδικοί της Γ.Υ.Σ για αυτά τα σημεία καθώς και ένα οδοιπορικό σχήμα για κάθε σημείο που επιλέχθηκε.

4.2.1 Κριτήρια επιλογής

Τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκαν τα δεκαπέντε τριγωνομετρικά σημεία είναι τέσσερα. Το πρώτο κριτήριο είναι να υπάρχει μια σωστή κατανομή των σημείων μέσα στην περιοχή μελέτης, δηλαδή να μην είναι όλα τα σημεία συγκεντρωμένα αλλά διάσπαρτα σε όλη την περιοχή μελέτης, όπως φαίνεται και στο σχήμα (4.3). Έπειτα το δεύτερο κριτήριο αναφέρεται στον έλεγχο ύπαρξης των σημείων που επιλέχθηκαν στο πρώτο στάδιο, σύμφωνα με τη ιστοσελίδα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (<http://web.gys.gr/>), όπως παρουσιάζεται για παράδειγμα στο σχήμα (4.4). Αφού ολοκληρωθεί και το δεύτερο στάδιο επιλογής, θα πρέπει να γίνει έλεγχος προσέγγισης των σημείων αυτών, δηλαδή αν είναι εφικτό να προσεγγιστούν με αυτοκίνητο ή πεζή ή συνδυασμό και των δύο. Τέλος εφόσον ολοκληρωθούν τα παραπάνω στάδια είναι αναγκαίο να γίνει αυτοψία των σημείων αυτών, για να επιβεβαιωθεί ότι τα σημεία όπου επιλέχθηκαν υφίστανται και για να ελεγχθεί ο περιβάλλον χώρος αυτών για την καταλληλότητά του στις μετρήσεις GPS.



Αποτελέσματα ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ / ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ								
Rec	Κωδικός Φ.Χ. 50.000	Κωδικός τριγων. σημείου	Τάξη	Όνομασία Τριγων. Σημείου	Υπαρξη	Περιγραφή	Όνομασία Φ.Χ. 50.000	πληροφορίες/παράγγελία
1	106	97	IV	ΕΡΥΘΡΑΙ	ΝΑΙ / YES	ΒΑΣΡΟ	ΕΡΥΘΡΑΙ	πληροφορίες/παράγγελία

Σχήμα 4.4: Απεικόνιση πληροφοριών σημείου με κωδικό 106097

Πηγή: <http://web.gys.gr/>

4.3 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο εξής:

- 2 δέκτες Topcon HiPer Pro (σχήμα 4.5)
- 1 μόνιμος σταθμός Leica GRX1200Pro (σχήματα 4.6α, 4.6β)
- 2 τρικόγλια (σχήμα 4.7)
- 2 βάσεις τριγωνομετρικού για εξαναγκασμένη κέντρωση (σχήμα 4.8)



Σχήμα 4.5: Δέκτης Topcon HiPer Pro

Πηγή: <http://www.elmeg.org/>



Σχήμα 4.6α: Κεραία μόνιμου σταθμού



Σχήμα 4.6β: Σύστημα μόνιμου σταθμού

Πηγή: <http://www.survey.teiath.gr/teiath1/>



Σχήμα 4.7: Τρικόχλιο

Πηγή: <http://www.e-jgc.gr/index.php?>



Σχήμα 4.8: Βάση τριγωνομετρικού

Πηγή: <http://www.e-jgc.gr/index.php?>

Ο δέκτης Topcon Hiper Pro είναι ένα GPS+, δέκτης διπλής συχνότητας, ο οποίος κατασκευάστηκε για να είναι ο πιο προηγμένος και ολοκληρωμένος δέκτης για τον χώρο της Τοπογραφίας. Το Hiper Pro είναι ένας δέκτης πολλαπλών λειτουργιών και χρήσεων που προορίζεται για τους χώρους ακριβείας. Ως χώροι ακριβείας νοούνται χώροι για εξοπλισμό, υποσυστήματα, εξαρτήματα και λογισμικά για την Τοπογραφία, την κατασκευή, την εμπορική χαρτογράφηση, έργα πολιτικού μηχανικού, ακρίβεια στη γεωργία και χερσαία κατασκευή και έλεγχος γεωργικών μηχανημάτων, χαρτογράφηση φωτογραμμετρίας, υδρογραφία και κάθε άλλη χρήση που σχετίζεται λογικά με τα προηγούμενα.

Το Hiper Pro μπορεί να λάβει και να επεξεργαστεί και τις δύο συχνότητες L1 και L2, βελτιώνοντας την ακρίβεια των σημείων μέτρησης. Η διπλή συχνότητα και τα χαρακτηριστικά του GPS+ του Hiper Pro συνδυάζονται για να παρέχουν ένα σύστημα ακριβείας RTK για μικρές και μεγάλες βάσεις. Ο δέκτης παρέχει τη λειτουργικότητα, την ακρίβεια, τη διαθεσιμότητα και την ακεραιότητα που χρειάζονται για την εύκολη και γρήγορη συλλογή δεδομένων.

(https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TD102/1.%20CE%A4%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%A6%CE%99%CE%91/GPS/om_hiperpro_revb.pdf)

Επιπλέον τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη Topcon Hiper Pro παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (4.1).

Περιγραφή	40 κανάλια ολοκληρωμένα GPS δέκτη / κεραία με διεπαφή Minter
Προδιαγραφές Παρακολούθησης	
Κανάλια Παρακολούθησης	<u>Σταθερό:</u> 40 L1 GPS (20 GPS L1+L2) <u>Προαιρετικό:</u> 20 GPS L1+L2 (GD), GPS L1+GLONASS (GG), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD)
Σήματα Παρακολούθησης	L1/L2 C/A και P Code & Carrier και GLONASS
Προδιαγραφές Απόδοσης	
Στατικό, Γρήγορο Στατικό	<u>Οριζόντια:</u> 3mm+ 0.5ppm <u>Κατακόρυφα:</u> 5mm+ 0.5ppm
RTK	<u>Οριζόντια:</u> 10mm+ 1.0ppm <u>Κατακόρυφα:</u> 15mm+ 1.0ppm
Προδιαγραφές Ρεύματος	
Μπαταρία	Εσωτερική λιθίου - Μπαταρίες ιόντων συν 1 θύρα εξωτερικής τροφοδοσίας
Χρόνος Λειτουργίας	14+ ώρες (10 ώρες TX)
Εξωτερική Ισχύς	6 έως 28 volts DC
Κατανάλωση Ενέργειας	Λιγότερο από 4.2 watts
Περιβαλλοντικές Προδιαγραφές	
Έγκλειστο μέρος, Λειτουργικό	Διέλασης αλουμινίου, Αδιάβροχο
Θερμοκρασία	-30°C έως 60°C / -22°F έως 140°F
Διαστάσεις	Π: 159 x Υ: 88 x Δ: 172 mm
Βάρος	1.74 kg
Προδιαγραφές Κεραία GPS	
Κεραία GPS	Ολοκληρωμένο
Τύπος Κεραίας	Κέντρο - βάση UHF κεραία
Επίπεδο Γείωσης	Κεραία πάνω σε επίπεδη γείωση επιπέδου
Προδιαγραφές Ράδιο	
Τύπος Ράδιο	Εσωτερική Tx / Rx UHF (Επιλέξιμη περιοχή συχνοτήτων)
Ισχύς Εξόδου	1.0W / 0.25W (Επιλέξιμο)
CDPD & GSM	Προαιρετικό εξάρτημα

Ασύρματη Επικοινωνία	
Επικοινωνία	Bluetooth ® έκδοση 1.1
Είσοδος / Έξοδος	
Θύρες Επικοινωνίας Άλλα σημεία εισόδου / εξόδου	2 σειριακές (RS232) 1 θύρα pps, μαρκαρισμένη
Ενδεικτική Κατάσταση	4 LEDs, 3 χρώματα (πράσινο, κόκκινο, κίτρινο) / 2 πλήκτρα λειτουργιών
Μονάδα Ελέγχου & Οθόνη	Εξωτερικό χειριστήριο
Μνήμη & Καταγραφή	
Εσωτερική Μνήμη Ρυθμός Ενημέρωσης Δεδομένων Τύπος Δεδομένων	Έως 128 mb Έως 20 φορές το δευτερόλεπτο (20Hz) Κωδικός και φορέας από L1 & L2, GPS & GLONASS
Δεδομένα Εισαγωγή / Εξαγωγή	
Εξαγωγή Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο	RTCM SC104 εκδόσεις 2.1, 2.2, 2.3, 3.0, CMR, CMR+
Εξαγωγή ASCII Εξαγωγή Άλλων Ρυθμός εξαγωγής	NMEA 0183 έκδοση 3.0 Μορφή TPS Έως 20 φορές το δευτερόλεπτο (20Hz)

Πίνακας 4.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη Topcon Hiper Pro

Πηγή: <http://www.topcon.com.sg/survey/hiperpro.html>

Ο μόνιμος σταθμός, Leica GRX1200Pro, που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις φέρει το όνομα TEIATH1 και βρίσκεται εγκατεστημένος στο κτήριο της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι Αθήνας. Ο σταθμός αυτός συλλέγει δεδομένα από το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS και μπορεί άμεσα να διαθέσει δεδομένα σε όλους τους χρήστες δεκτών GPS ανεξαρτήτως κατασκευαστή, αρκεί οι χρήστες να έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν στο διαδίκτυο. Ο ρυθμός με τον οποίο καταγράφονται τα δεδομένα είναι 15 δευτερόλεπτα και αποθηκεύονται σε ημερήσια αρχεία, και επίσης η γωνία αποκοπής των δορυφορικών σημάτων είναι 10°. Τέλος οι συντεταγμένες, που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (4.2), του μόνιμου σταθμού TEIATH1 έχουν προκύψει μετά από επίλυση δικτύου μέσω του λογισμικού BERNESE έκδοση 5.0 και αναφέρονται στο παγκόσμιο πλαίσιο αναφοράς ITRF2008 και στην εποχή 2011.0. (<http://www.survey.teiath.gr/teiath1/>)

Γεωκεντρικές Συντεταγμένες		
X (m)	Y (m)	Z (m)
4608775.4785	2020762.0750	3905753.0852
Γεωδαιτικές Συντεταγμένες		
φ	λ	h (m)
38° 00' 09.991504"	23° 40' 31.842457"	107.7890

Πίνακας 4.2: Συντεταγμένες μόνιμου σταθμού

Πηγή: <http://www.survey.teiath.gr/teiath1/>

4.4 Διαδικασία μέτρησης

Όσον αφορά τη διαδικασία των μετρήσεων, για να επιτευχθεί η βέλτιστη ακρίβεια στις μετρήσεις των σημείων, έπρεπε να μετρηθούν, με τη μέθοδο του στατικού προσδιορισμού θέσης (Static Positioning), βάσεις μεταξύ των δεκαπέντε σημείων που επιλέχθηκαν. Με τον τρόπο αυτό θα σχηματιζόντουσαν κλειστά γεωμετρικά σχήματα, δηλαδή τρίγωνα, ούτως ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί έλεγχος στα σφάλματα των μετρήσεων.

Για τον σχηματισμό των βάσεων, και για να επιτευχθεί η βέλτιστη ακρίβεια, χρειάστηκε μεταξύ των σημείων και του μόνιμου σταθμού να γίνουν μετρήσεις για τουλάχιστον 90 λεπτά, ούτως ώστε να δημιουργηθούν βρόχοι, δηλαδή τρίγωνα. Ο ρυθμός καταγραφής στους δέκτες ήταν ανά 15 δευτερόλεπτα και η γωνία αποκοπής των δορυφορικών σημάτων στα περισσότερα σημεία ήταν 15°.

Επιπλέον χρειάστηκε να ξανά πραγματοποιηθεί μέτρηση στο σημείο, που φέρει τον κωδικό Γ.Υ.Σ, 379018 για 194 λεπτά, δηλαδή περίπου 3 ώρες, μιας και στον σημείο αυτό υπήρχαν αρκετά εμπόδια – δέντρα, και τα σήματα από τους δορυφόρους περικόπτονται συχνά.

Παρακάτω στον πίνακα (4.3) παρουσιάζονται οι ημερομηνίες και οι ώρες που διεξήχθησαν οι μετρήσεις σε κάθε σημείο ξεχωριστά.

Ημερομηνία	Κωδικός Σημείου	Έναρξη	Λήξη	Χρονικό Διάστημα (λεπτά)
05 / 12 / 2015	106097	09 : 38	12 : 13	91'
	106092	10 : 23	11 : 54	
	119027	13 : 00	14 : 56	91'
	119013	13 : 23	14 : 54	
	379035	15 : 47	17 : 42	91'
	379042	16 : 09	17 : 40	
19 / 12 / 2015	119054	08 : 56	11 : 11	91'
	119052	09 : 37	11 : 08	
	379015	12 : 25	14 : 23	90'
	119014	12 : 51	14 : 21	
	17090	15 : 17	17 : 16	91'
	106098	15 : 44	17 : 15	
20 / 12 / 2015	106075	08 : 00	09 : 31	91'
	379008	11 : 06	12 : 44	98'
05 / 03 / 2016	379018	14 : 59	18 : 13	194'

Πίνακας 4.3: Πληροφορίες μετρήσεων

Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται τα έντυπα πεδίου μετρήσεων GNSS, τα οποία συμπληρώθηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, με χρονολογική σειρά όπως πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

4.5 Επίλυση μετρήσεων GPS

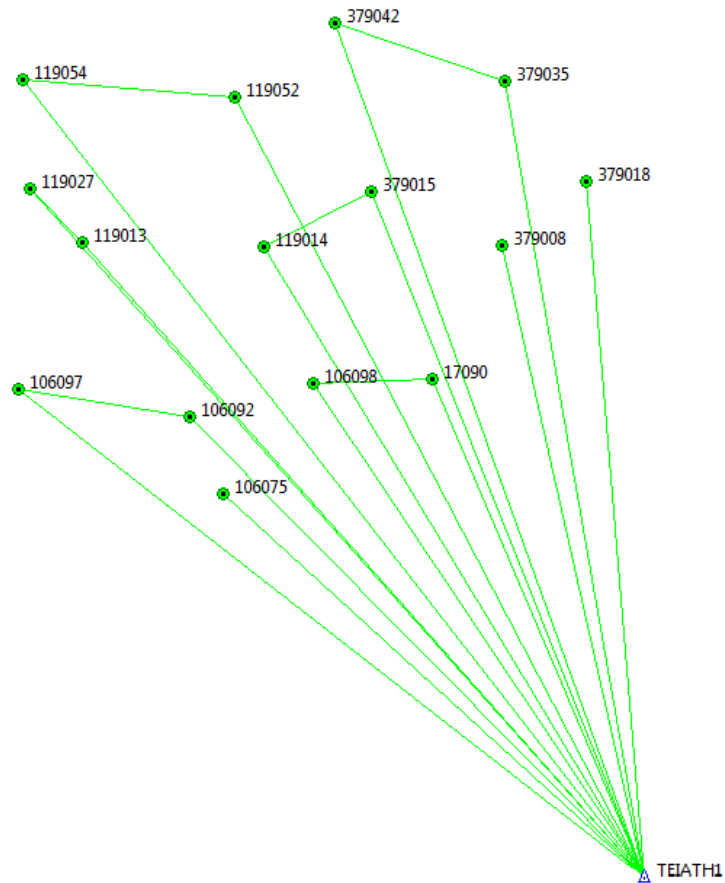
Για την επίλυση των μετρήσεων, που πραγματοποιήθηκαν στα τριγωνομετρικά σημεία, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Topcon Tools της έκδοσης 7.5. Αρχικά στο πρόγραμμα αυτό έπρεπε να δηλωθεί πρώτα το γεωειδές, με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η επίλυση, το οποίο είναι το EGM_2008. Έπειτα εισήχθησαν, στο πρόγραμμα, οι μετρήσεις από τους δύο δέκτες GPS και στη συνέχεια εισήχθησαν τα δεδομένα που είχε καταγράψει ο μόνιμος σταθμός, τα οποία ήταν σε μορφή rinex.

Στη συνέχεια, πριν πραγματοποιηθεί η επίλυση των βάσεων και ο έλεγχος των κλειστών βρόχων, έπρεπε για κάθε σημείο να γίνει προσθήκη ορισμένων στοιχείων. Το πρώτο στοιχείο ήταν να γραφτεί ο κωδικός Γ.Υ.Σ που έχει κάθε σημείο έτσι ώστε να είναι πιο εύκολο στον αναγνώστη ενώ το δεύτερο στοιχείο ήταν να τοποθετηθεί ο σωστός τύπος κεραίας που χρησιμοποιήθηκε. Για παράδειγμα στα σημεία όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τους δέκτες GPS ο τύπος κεραία ονομάζεται Hiper pro ενώ για το σημείο όπου βρίσκεται ο μόνιμος σταθμός ο τύπος κεραίας είναι ο Leiax 1202 GG NONE.

Επιπλέον το τρίτο στοιχείο που έπρεπε να συμπληρωθεί στο πρόγραμμα ήταν το ύψος της κεραίας, σε μέτρα, δηλαδή πόσο πάνω από το τριγωνομετρικό βρισκόταν τοποθετημένη η κεραία κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και τι ύψος είχε η κεραία του μόνιμου σταθμού. Τέλος το τέταρτο στοιχείο ήταν να δηλωθεί η μέθοδος όπου μετρήθηκε το ύψος της κεραίας, δηλαδή άμα μετρήθηκε κατακόρυφα ή με κλίση. Σε αυτή την εφαρμογή το ύψος των κεραίων μετρήθηκε κατακόρυφα.

Αφού ολοκληρωθεί η συμπλήρωση των παραπάνω στοιχείων στο πρόγραμμα και αφού αντικατασταθούν οι προσεγγιστικές συντεταγμένες της λύσης ναυσιπλοΐας στο μόνιμο σταθμό με τις ακριβείς γεωδαιτικές συντεταγμένες στο ITRF2008 (Πίνακας 4.2), μπορεί να πραγματοποιηθεί η επίλυση των βάσεων καθώς και να εφαρμοστεί ο έλεγχος των κλειστών βρόχων.

Στο σχήμα (4.9) παρουσιάζονται τόσο τα τριγωνομετρικά σημεία και ο μόνιμος σταθμός όσο και οι βάσεις, που έχουν επιλυθεί, μεταξύ των σημείων.



Σχήμα 4.9: Μόνιμος σταθμός, τριγωνομετρικά σημεία, βάσεις μεταξύ σημείων
Πηγή: Topcon Tools

Πιο αναλυτικά τα αποτελέσματα από την επίλυση των βάσεων καθώς και ο έλεγχος για το αν οι κλειστοί βρόχοι ικανοποιούν τους στατικούς ελέγχους ακρίβειας, παρουσιάζονται στο παράρτημα Γ.

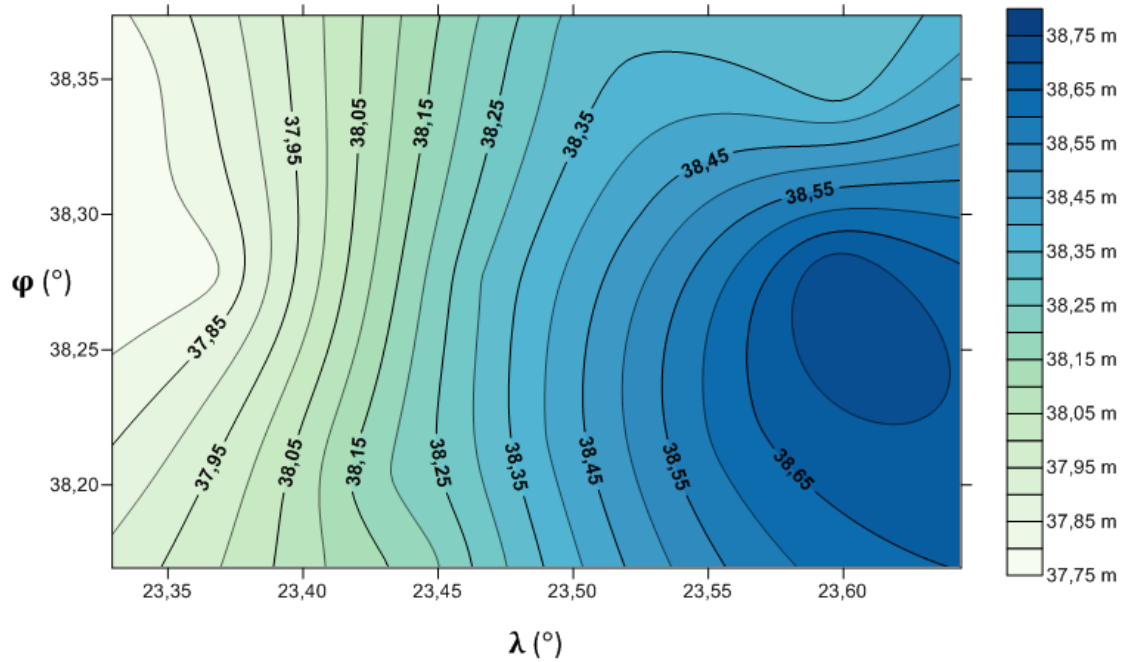
4.6 Υπολογισμός αποχών γεωειδούς

Αρχικά για τον υπολογισμό της αποχής του γεωειδούς έπρεπε πρώτα να αφαιρεθούν τα ύψη των βάθρων, δηλαδή των τριγωνομετρικών σημείων, από τα γεωμετρικά υψόμετρα h τα οποία υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα Topcon Tools, έτσι ώστε κάθε γεωμετρικό υψόμετρο κάθε σημείου να αναφέρεται στο έδαφος. Επομένως με την εφαρμογή της σχέσης (1.1) μπορεί να υπολογιστεί η αποχή του γεωειδούς N , μιας και τα ορθομετρικά και γεωμετρικά υψόμετρα των σημείων είναι γνωστά.

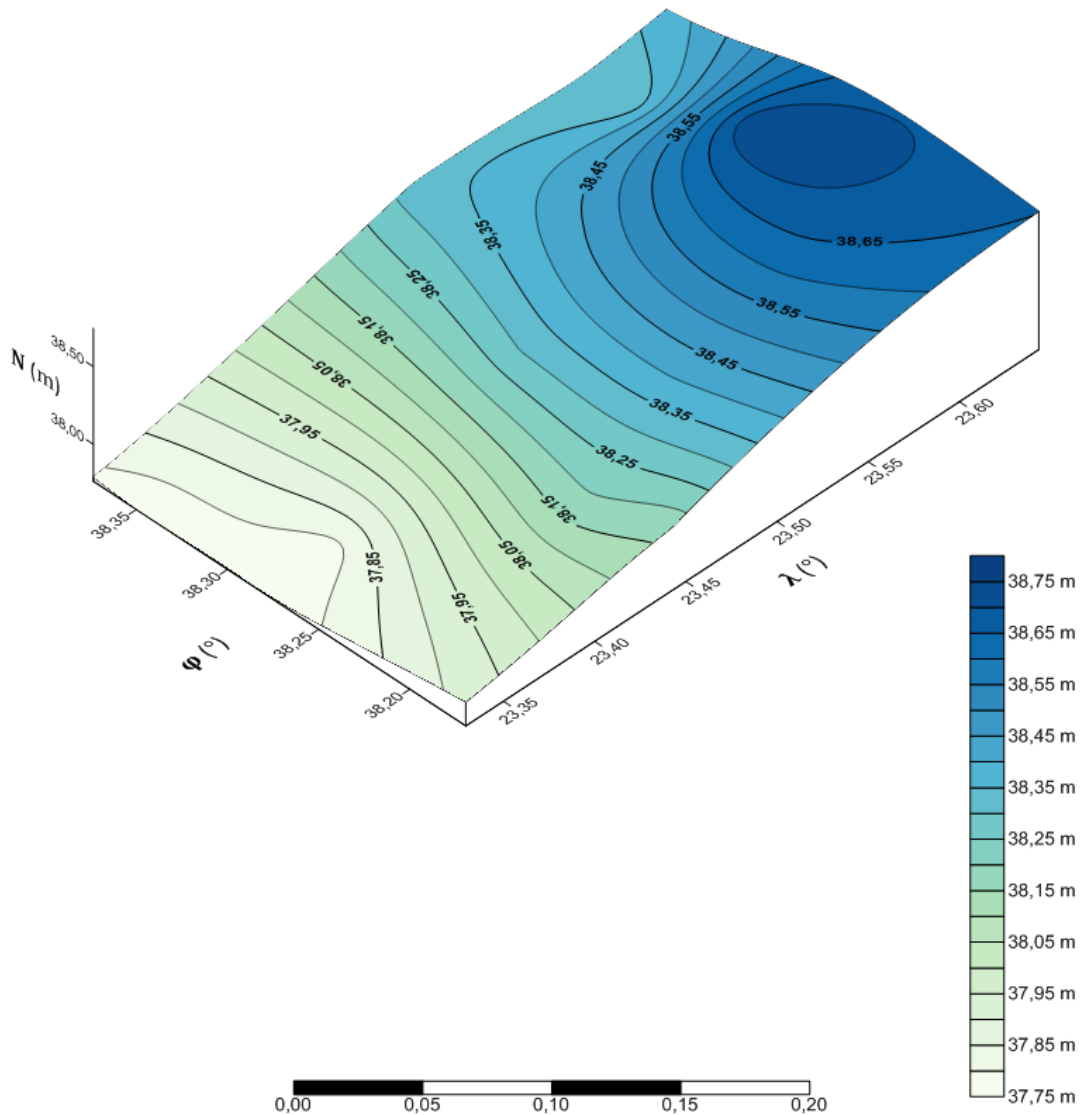
ΚΩΔΙΚΟΣ	φ			λ			h	E	N	H	ΥΒ	N
106097	38	12	52,80184	23	19	45,78681	482,060	441143,726	4229558,616	444,210	1,07	37,850
119013	38	16	42,70932	23	21	53,64066	361,454	444301,339	4236622,761	323,675	1,10	37,779
119027	38	18	7,39373	23	20	10,05190	392,494	441803,292	4239250,632	354,712	1,06	37,782
119054	38	20	57,36413	23	19	56,24373	150,484	441505,74	4244491,884	112,720	1,06	37,764
119052	38	20	29,49477	23	26	57,74035	293,560	451731,325	4243565,47	255,397	1,06	38,163
119014	38	16	36,45273	23	27	55,79859	312,884	453099,157	4236374,386	274,586	1,09	38,298
379042	38	22	24,80183	23	30	15,64500	283,257	456554,468	4247092,266	244,930	1,10	38,327
379035	38	20	55,32537	23	35	54,00146	210,828	464752,452	4244294,545	172,520	1,10	38,308
379015	38	18	2,11046	23	31	28,34115	308,677	458276,775	4238986,308	270,229	1,11	38,448
379018	38	18	17,91085	23	38	36,84371	175,978	468686,299	4239426,489	137,400	1,09	38,578
17090	38	13	8,58485	23	33	30,85842	746,704	461209,462	4229924,649	708,078	1,10	38,626
379008	38	16	38,08069	23	35	48,81237	276,740	464592,03	4236366,277	237,989	1,11	38,751
106098	38	13	3,01958	23	29	32,38300	644,161	455409,838	4229782,788	605,752	1,06	38,409
106075	38	10	9,66723	23	26	34,10701	348,067	451042,697	4224464,721	309,900	1,10	38,167
106092	38	12	10,54315	23	25	28,46054	978,692	449468,549	4228200,063	940,509	1,09	38,183

Πίνακας 4.4: Υπολογισμός αποχής γεωειδούς

Στα σχήματα (4.10) και (4.11) παρουσιάζονται δύο χάρτες οι οποίοι δημιουργήθηκαν από τις συντεταγμένες, φ και λ, των σημείων όπως επίσης και από την αποχή του γεωειδούς. Για την κατασκευή των χαρτών αυτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Surfer της έκδοσης 11.0.



Σχήμα 4.10: Απεικόνιση 2D των συντεταγμένων (φ, λ) και της αποχής του γεωειδούς (N), των σημείων



Σχήμα 4.11: Απεικόνιση 3D των συντεταγμένων (φ , λ) και της αποχής του γεωειδούς (N), των σημείων

4.7 Σύγκριση διαφορών αποχής γεωειδούς με γεωδυναμικά μοντέλα

Για την σύγκριση των διαφορών, μεταξύ των αποχών του γεωειδούς από μετρήσεις GPS και των αποχών του γεωειδούς των γεωδυναμικών μοντέλων, έπρεπε να υπολογιστούν αρχικά, μέσω της ιστοσελίδας του Διεθνούς Κέντρου Παγκόσμιων Μοντέλων Γης (ICGEM) (<http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/>), οι αποχές του γεωειδούς των μοντέλων EGM_2008, EIGEN_6C4 και GECO.

Στον πίνακα (4.5) που παρουσιάζεται παρακάτω, γίνεται η σύγκριση των διαφορών μεταξύ των αποχών του γεωειδούς από μετρήσεις GPS και των αποχών του γεωειδούς των μοντέλων.

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ	λ	N _{GPS}	N _{EGM_2008}	N _{EIGEN-6C4}	N _{GECO}	N _{GPS} - N _{EGM_2008}	N _{GPS} - N _{EIGEN-6C4}	N _{GPS} - N _{GECO}
106097	38,21466718	23,32938523	37,850	38,584	38,526	38,586	-0,734	-0,676	-0,736
119013	38,27853037	23,36490018	37,779	38,631	38,572	38,634	-0,852	-0,793	-0,855
119027	38,30205381	23,33612553	37,782	38,496	38,439	38,502	-0,714	-0,657	-0,720
119054	38,34926781	23,33228993	37,764	38,519	38,465	38,527	-0,755	-0,701	-0,763
119052	38,34152633	23,44937232	38,163	38,973	38,914	38,972	-0,810	-0,751	-0,809
119014	38,27679243	23,46549961	38,298	39,034	38,972	39,030	-0,736	-0,674	-0,732
379042	38,37355606	23,50434583	38,327	39,121	39,063	39,117	-0,794	-0,736	-0,790
379035	38,34870149	23,59833374	38,308	39,194	39,135	39,180	-0,886	-0,827	-0,872
379015	38,30058624	23,52453921	38,448	39,162	39,100	39,153	-0,714	-0,652	-0,705
379018	38,30497524	23,64356770	38,578	39,316	39,256	39,298	-0,738	-0,678	-0,720
17090	38,21905135	23,55857178	38,626	39,373	39,309	39,360	-0,747	-0,683	-0,734
379008	38,27724464	23,59689233	38,751	39,338	39,276	39,323	-0,587	-0,525	-0,572
106098	38,21750544	23,49232861	38,409	39,152	39,088	39,144	-0,743	-0,679	-0,735
106075	38,16935201	23,44280750	38,167	38,942	38,878	38,934	-0,775	-0,711	-0,767
106092	38,20292865	23,42457237	38,183	38,933	38,871	38,929	-0,750	-0,688	-0,746
std							0,068	0,069	0,070
average							-0,756	-0,695	-0,750

Πίνακας 4.5: Σύγκριση διαφορών αποχών γεωειδούς από μετρήσεις GPS και αποχών γεωειδούς από γεωδυναμικά μοντέλα

Τέλος από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η τιμή της τυπικής απόκλισης της διαφοράς των αποχών του γεωειδούς από μετρήσεις GPS και των αποχών του γεωειδούς του γεωδυναμικού μοντέλου EGM_2008, είναι καλύτερη από τις τιμές των τυπικών αποκλίσεων των διαφορών των αποχών γεωειδούς των άλλων μοντέλων.

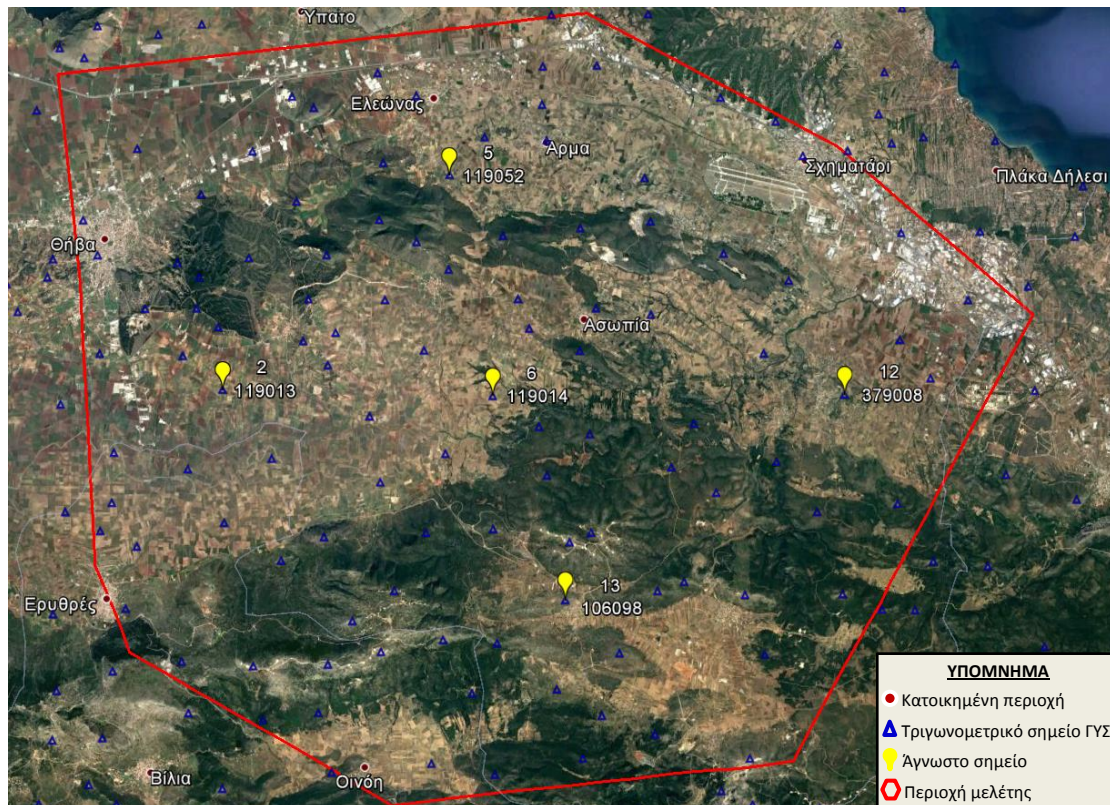
4.8 Προσδιορισμός συντελεστών μοντέλων

Όσον αφορά τον προσδιορισμό των συντελεστών των μαθηματικών μοντέλων που αναλύθηκαν στο τρίτο κεφάλαιο και πιο ειδικά στην ενότητα (3.2), χρειάστηκε, εκτός από τον υπολογισμό των συντελεστών αυτών οι οποίοι υπολογίστηκαν με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, να πραγματοποιηθούν και δύο έλεγχοι, έτσι ώστε στο τέλος να συγκριθούν τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών. Κάθε έλεγχος διεξήχθη για κάθε ένα γεωδυναμικό μοντέλο από τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα που παρουσιάζονται στο δεύτερο κεφάλαιο στην ενότητα (2.2).

Ο πρώτος έλεγχος ονομάζεται έλεγχος εσωτερικής ακρίβειας ενώ ο δεύτερος ονομάζεται έλεγχος εξωτερικής ακρίβειας. Η διαφορά των δύο αυτών ελέγχων είναι ότι στον πρώτο συμμετέχουν και τα δεκαπέντε σημεία έτσι ώστε να ελεγχθούν ταυτόχρονα όλα τα σημεία μαζί ενώ στον δεύτερο έλεγχο συμμετέχουν μόνο δέκα σημεία έτσι ώστε να ελεγχθούν τα υπόλοιπα πέντε. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας ο (4.6), ο οποίος περιέχει τον αύξοντα αριθμό καθώς και τον κωδικό πέντε σημείων, που θα θεωρηθούν άγνωστα για τον έλεγχο εξωτερικής ακρίβειας καθώς και ένας χάρτης στον οποίο απεικονίζονται τα σημεία αυτά.

A/A	Κωδικός Σημείου
2	119013
5	119052
6	119014
12	379008
13	106098

Πίνακας 4.6: Άγνωστα σημεία, για τον έλεγχο εξωτερικής ακρίβειας



Σχήμα 4.12: Απεικόνιση των πέντε άγνωστων σημείων, για τον έλεγχο εξωτερικής ακρίβειας
 Πηγή: Google Earth

4.8.1 Επίλυση 1

Σε αυτή την επίλυση υπολογίστηκαν οι συντελεστές του μαθηματικού μοντέλου, εξίσωση (3.1), καθώς επίσης και η ακρίβεια με την οποία υπολογίστηκαν αυτοί οι συντελεστές, για κάθε γεωδυναμικό μοντέλο ξεχωριστά. Οι συντελεστές αυτοί υπολογίστηκαν δύο φορές, μία φορά με την συμμετοχή και των δεκαπέντε σημείων και μία φορά με την συμμετοχή δέκα σημείων, έτσι ώστε να εφαρμοστούν και οι δύο έλεγχοι που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ο υπολογισμός των συντελεστών όπως επίσης και η εφαρμογή των δύο ελέγχων πραγματοποιήθηκαν σε περιβάλλον Excel, και παρουσιάζονται στο παράρτημα Δ. Από τα αποτελέσματα μπορεί να διακριθεί ότι στη μέθοδο που συμμετέχουν και τα δεκαπέντε σημεία, η τυπική απόκλιση είναι ίση με ± 7.0 cm ενώ στον έλεγχο εσωτερικής ακρίβειας η τυπική απόκλιση των διαφορών των ορθομετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων που υπολογίστηκαν σύμφωνα με την εξίσωση (3.1) είναι ίση με ± 6.5 cm σε όλα τα γεωδυναμικά μοντέλα. Το εύρος των διαφορών και στα τρία γεωδυναμικά μοντέλα κυμαίνεται από 27.6 cm στη λύση του GECO έως 27.8 cm στη λύση των EGM_2008 και EIGEN_6C4.

Επιπλέον, όσον αφορά την μέθοδο που συμμετέχουν δέκα από τα δεκαπέντε σημεία, η τυπική απόκλιση, για τα μοντέλα EGM_2008 και EIGEN_6C4, είναι ίση με ± 5.1 cm ενώ για το μοντέλο GECO είναι ίση με ± 5.0 cm. Τέλος στον έλεγχο εξωτερικής ακρίβειας η τυπική απόκλιση και για τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα είναι ίση με ± 11.0 cm.

4.8.2 Επίλυση 2

Στην επίλυση πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των συντελεστών του μαθηματικού μοντέλου που παρουσιάζεται στην εξίσωση (3.2), καθώς και η ακρίβεια που υπολογίστηκαν οι συντελεστές αυτοί, για κάθε γεωδυναμικό μοντέλο. Όπως και στην προηγούμενη επίλυση, οι συντελεστές υπολογίστηκαν δύο φορές, μία φορά με την συμμετοχή και των δεκαπέντε σημείων και μία φορά με την συμμετοχή δέκα σημείων, και επιπλέον πραγματοποιήθηκε και η εφαρμογή και των δύο ελέγχων.

Οι υπολογισμοί όλων αυτών που προαναφέρθηκαν παρουσιάζονται και αυτοί στο παράρτημα Δ. Από τους υπολογισμούς φαίνεται ότι η τυπική απόκλιση, στη μέθοδο που συμμετέχουν και τα δεκαπέντε σημεία, είναι ίση με ± 7.3 cm. Επίσης στον έλεγχο εσωτερικής ακρίβειας η τυπική απόκλιση είναι ίση με ± 6.5 cm σε όλα τα γεωδυναμικά μοντέλα. Το εύρος των διαφορών και στα τρία γεωδυναμικά μοντέλα κυμαίνεται από 27.5 cm στη λύση των EIGEN_6C4 και GECO έως 27.6 cm στη λύση του EGM_2008.

Ακόμα διακρίνεται ότι στην μέθοδο που συμμετέχουν δέκα από τα δεκαπέντε σημεία η τυπική απόκλιση είναι ίση με ± 5.3 cm ενώ στον έλεγχο εξωτερικής ακρίβειας η τυπική απόκλιση των διαφορών των ορθομετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων που υπολογίστηκαν σύμφωνα με την εξίσωση (3.2) είναι ίση με ± 12.0 cm.

4.8.3 Επίλυση 3

Τέλος όπως πραγματοποιήθηκε και στις δύο προηγούμενες επιλύσεις, για κάθε γεωδυναμικό μοντέλο ξεχωριστά, υπολογίστηκαν οι συντελεστές του μαθηματικού μοντέλου, εξίσωση (3.3). Επιπλέον υπολογίστηκαν και αυτοί οι συντελεστές, του μοντέλου αυτού, δύο φορές μία φορά με την συμμετοχή και των δεκαπέντε σημείων και μία φορά με την συμμετοχή δέκα σημείων, όπως επίσης πραγματοποιήθηκε και η εφαρμογή και των δύο ελέγχων, που αναφέρονται στην ενότητα (4.8).

Από τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας, τα οποία εμφανίζονται και αυτά όπως και των προηγούμενων επιλύσεων στο παράρτημα Δ παρατηρείται ότι στη μέθοδο που συμμετέχουν και τα δεκαπέντε σημεία, η τυπική απόκλιση είναι ίση με ± 6.9 cm. Στον έλεγχο εσωτερικής ακρίβειας παρατηρείται ότι η τυπική απόκλιση των διαφορών των ορθομετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων που υπολογίστηκαν σύμφωνα με την εξίσωση (3.3) είναι ίση με ± 5.9 cm σε όλα τα γεωδυναμικά μοντέλα.

Το εύρος των διαφορών και στα τρία γεωδυναμικά μοντέλα κυμαίνεται από 24.1 cm στη λύση του EIGEN_6C4 έως 24.2 cm στη λύση των EGM_2008 και GECO.

Επίσης, όσον αφορά την μέθοδο που συμμετέχουν δέκα από τα δεκαπέντε σημεία, η τυπική απόκλιση, για τα μοντέλα EGM_2008 και EIGEN_6C4, είναι ίση με ± 4.4 cm ενώ για το μοντέλο GECO είναι ίση με ± 4.2 cm. Τέλος στον έλεγχο εξωτερικής ακρίβειας η τυπική απόκλιση και για τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα είναι ίση με ± 11.0 cm.

4.8.4 Σύγκριση επιλύσεων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των παραπάνω επιλύσεων, διακρίνεται ότι στη μέθοδο που συμμετέχουν και τα δεκαπέντε σημεία, η επίλυση με την καλύτερη τυπική απόκλιση είναι η 3^η επίλυση μιας και υπολογίστηκε ίση με ± 6.9 cm σε όλα τα γεωδυναμικά μοντέλα. Επιπλέον, στον έλεγχο της εσωτερικής ακρίβειας, η τυπική απόκλιση των διαφορών των ορθομετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων που υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις εξισώσεις (3.1, 3.2, 3.3), είναι επίσης καλύτερη και για τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα στην 3^η επίλυση, αφού είναι ίση με ± 5.9 cm.

Ακόμα όσον αφορά την μέθοδο που συμμετέχουν τα δεκαπέντε σημεία, διακρίνεται από το εύρος τιμών, δηλαδή από την αφαίρεση των μέγιστων τιμών των διαφορών των ορθομετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων που υπολογίστηκαν με τις εξισώσεις (3.1, 3.2, 3.3) πλην των ελάχιστων τιμών, ότι η καλύτερη λύση είναι αυτή που συμμετέχει το μοντέλο πέντε παραμέτρων εξίσωση (3.3) και το γεωδυναμικό μοντέλο EIGEN_6C4.

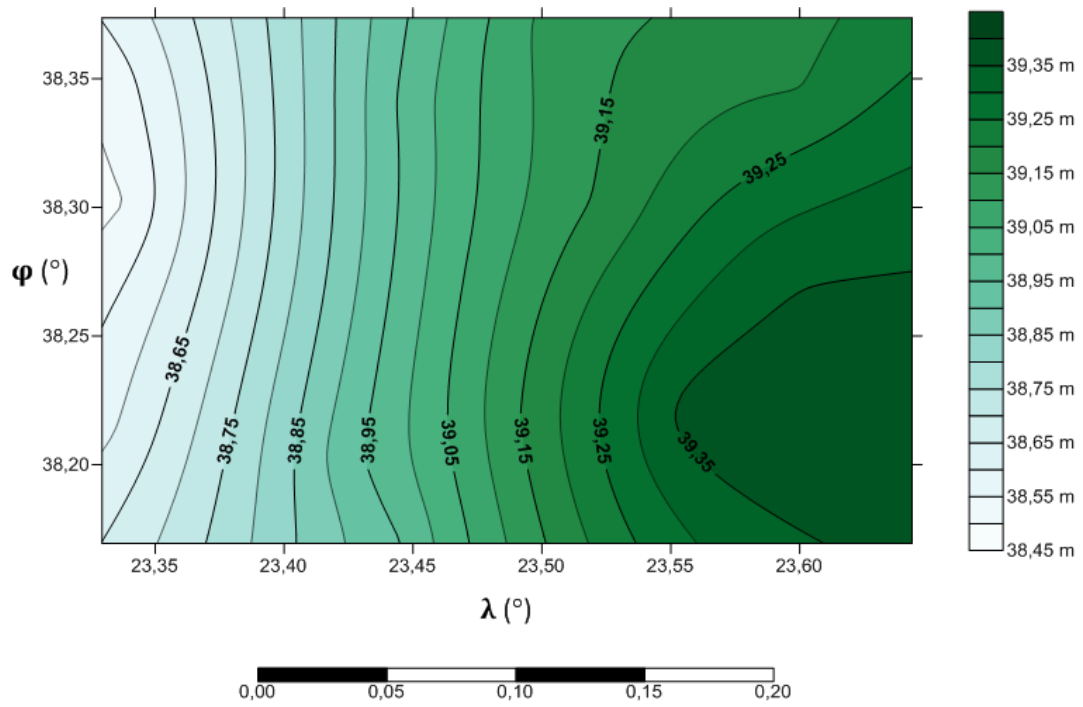
Στη συνέχεια φαίνεται ότι στη μέθοδο όπου συμμετέχουν τα δέκα από τα δεκαπέντε σημεία, η επίλυση η οποία έχει την καλύτερη τυπική απόκλιση είναι η 3^η επίλυση, μιας και στα γεωδυναμικά μοντέλα EGM_2008 και EIGEN_6C4 υπολογίστηκε ίση με ± 4.4 cm ενώ στο μοντέλο GECO εκτιμήθηκε ίση με ± 4.2 cm. Τέλος, στον έλεγχο της εξωτερικής ακρίβειας, η τυπική απόκλιση των διαφορών των ορθομετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων που υπολογίστηκαν από τις εξισώσεις (3.1, 3.2, 3.3), είναι καλύτερη και για τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα στις επιλύσεις 1 και 3, μιας και είναι ίση με ± 11.0 cm.

Τέλος για την μέθοδο όπου συμμετέχουν τα δέκα από τα δεκαπέντε σημεία, φαίνεται από το εύρος τιμών, δηλαδή από την αφαίρεση των μέγιστων τιμών των διαφορών των ορθομετρικών υψομέτρων και των υψομέτρων που υπολογίστηκαν με τις εξισώσεις (3.1, 3.2, 3.3) πλην των ελάχιστων τιμών ότι η καλύτερη λύση είναι αυτή που συμμετέχει το μοντέλο τριών παραμέτρων εξίσωση (3.1) και το γεωδυναμικό μοντέλο EIGEN_6C4.

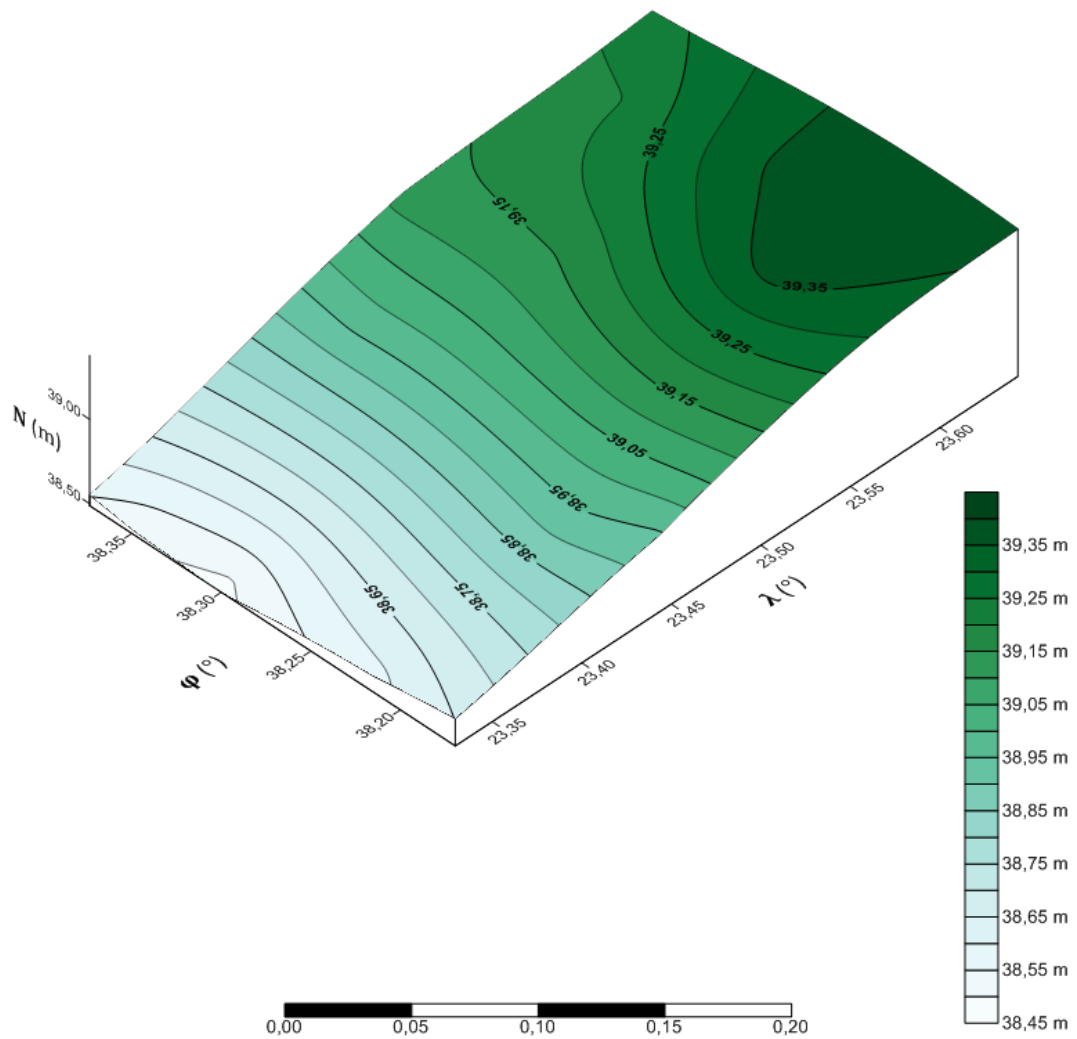
4.9 Δημιουργία χαρτών

4.9.1 Χάρτες γεωδυναμικών μοντέλων στην περιοχή

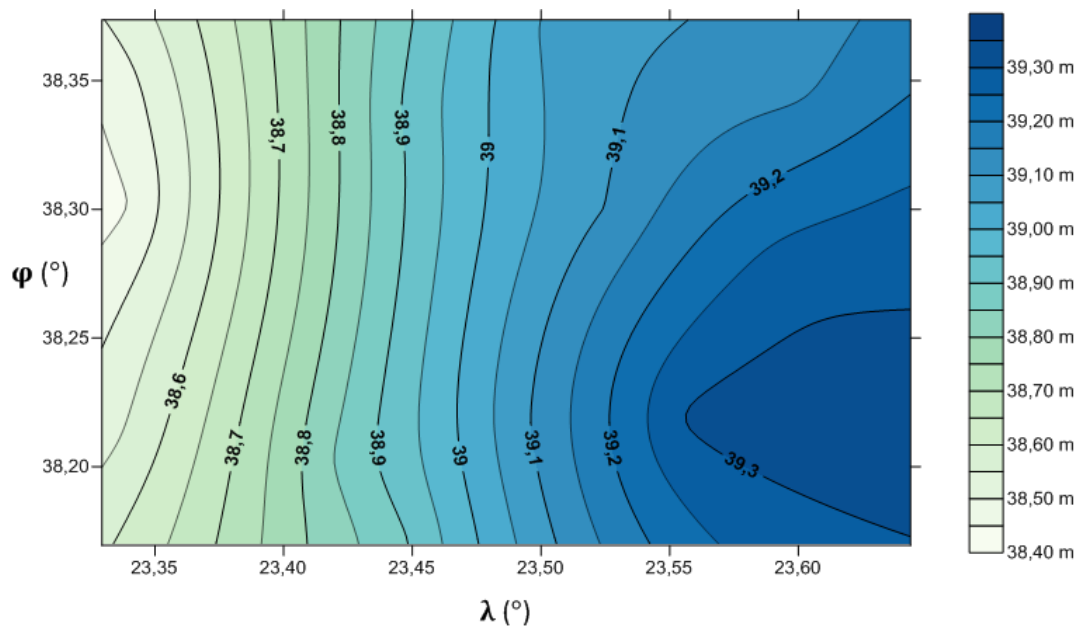
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται για κάθε γεωδυναμικό μοντέλο δύο χάρτες οι οποίοι δημιουργήθηκαν από τις συντεταγμένες, φ και λ, των σημείων καθώς επίσης και από την αποχή του γεωειδούς του κάθε γεωδυναμικού μοντέλου αντίστοιχα. Για την υλοποίηση των χαρτών αυτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Surfer της έκδοσης 11.0.



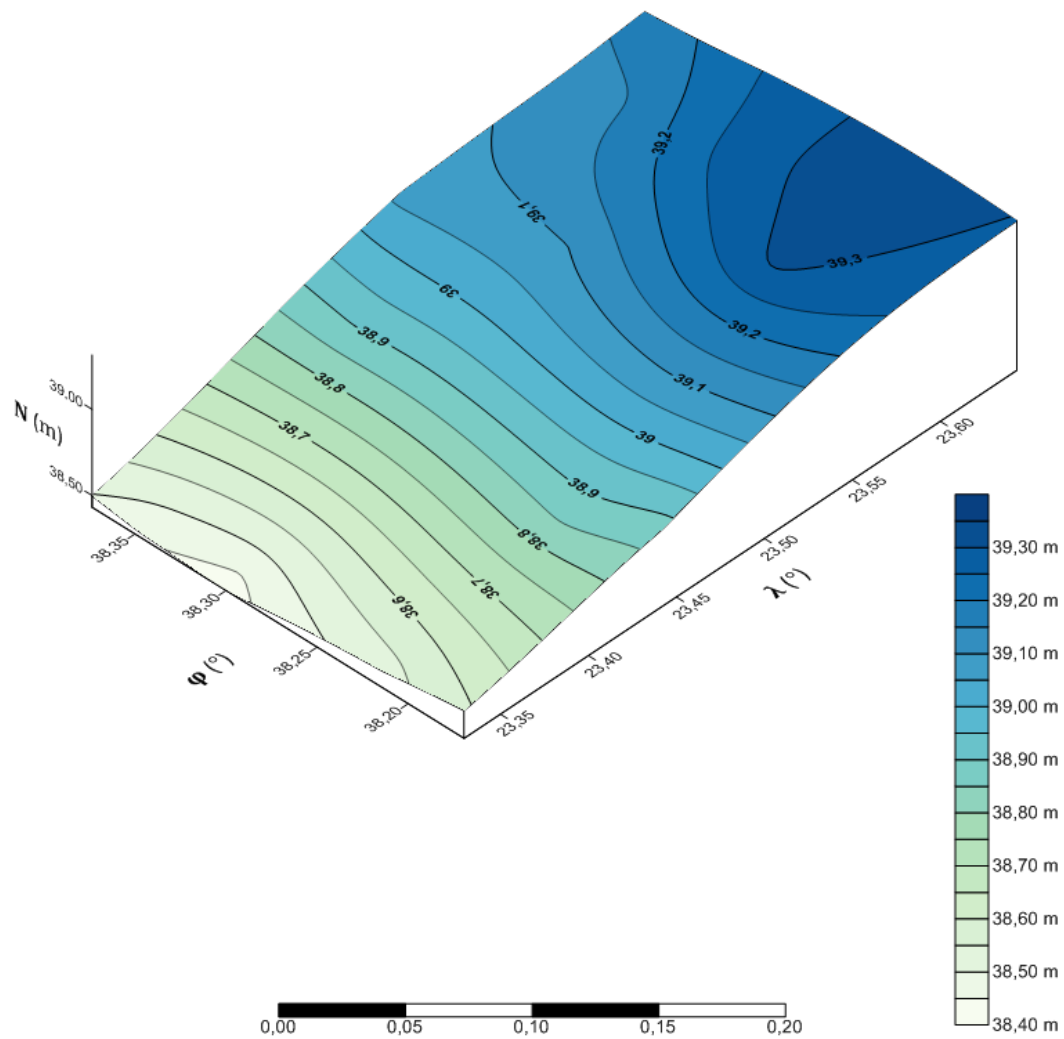
Σχήμα 4.13: Απεικόνιση 2D των συντεταγμένων (φ, λ) των σημείων και της αποχής του γεωειδούς του EGM_2008



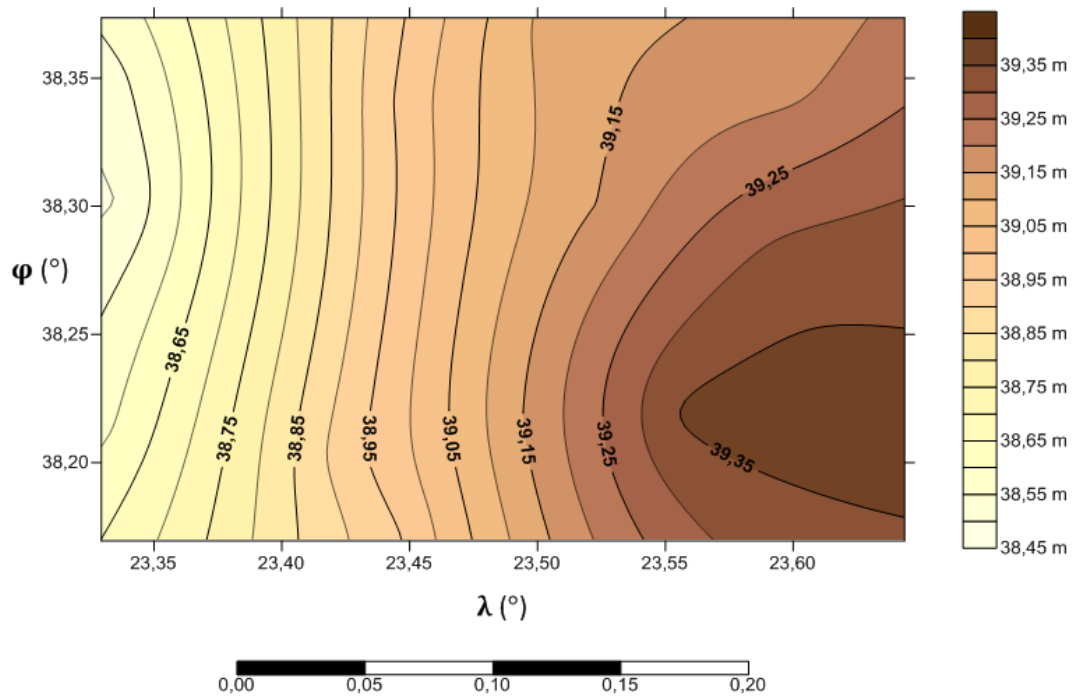
Σχήμα 4.14: Απεικόνιση 3D των συντεταγμένων (φ, λ) των σημείων και της αποχής του γεωειδούς του EGM_2008



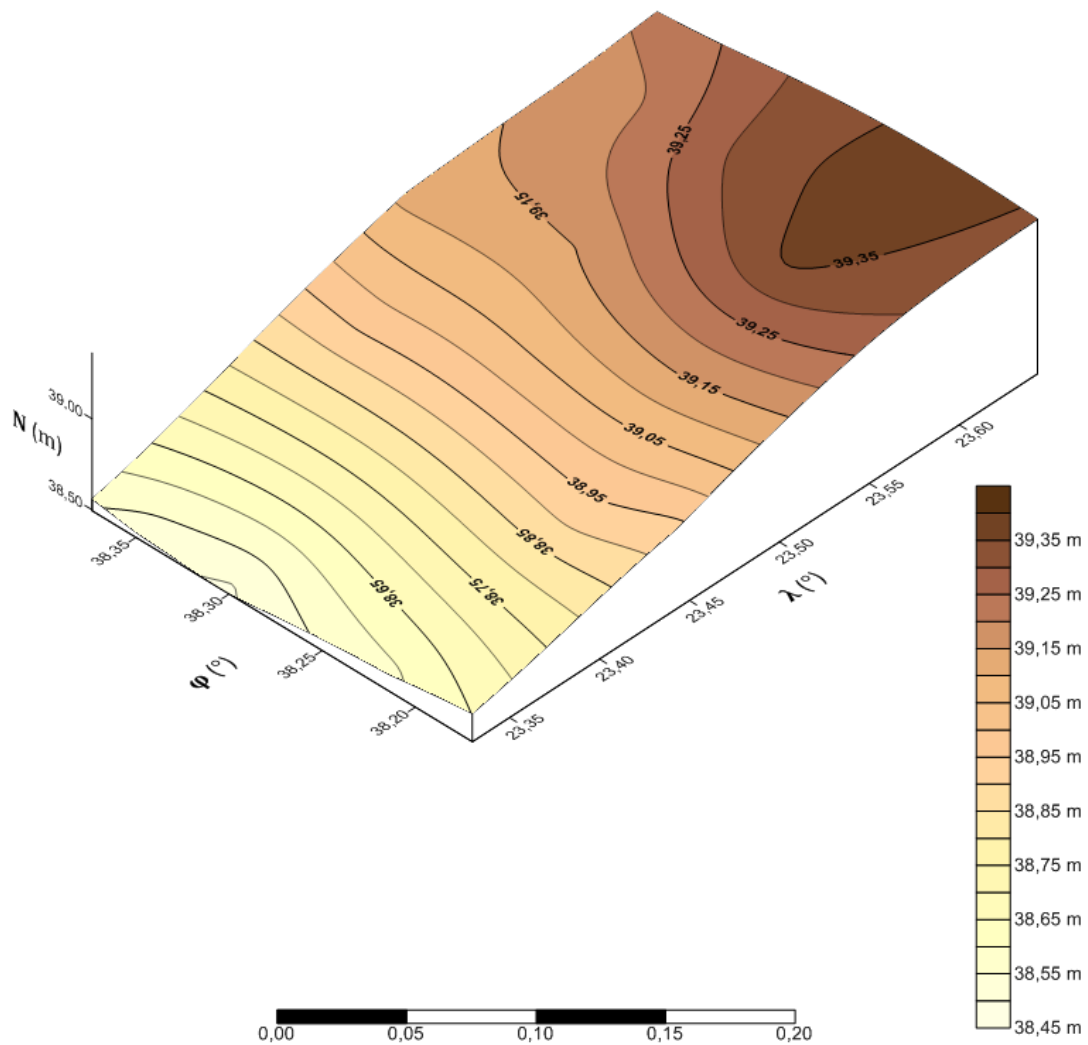
Σχήμα 4.15: Απεικόνιση 2D των συντεταγμένων (φ, λ) των σημείων και της αποχής του γεωειδούς του EIGEN_6C4



Σχήμα 4.16: Απεικόνιση 3D των συντεταγμένων (φ, λ) των σημείων και της αποχής του γεωειδούς του EIGEN_6C4



Σχήμα 4.17: Απεικόνιση 2D των συντεταγμένων (φ, λ) των σημείων και της αποχής του γεωειδούς του GECO



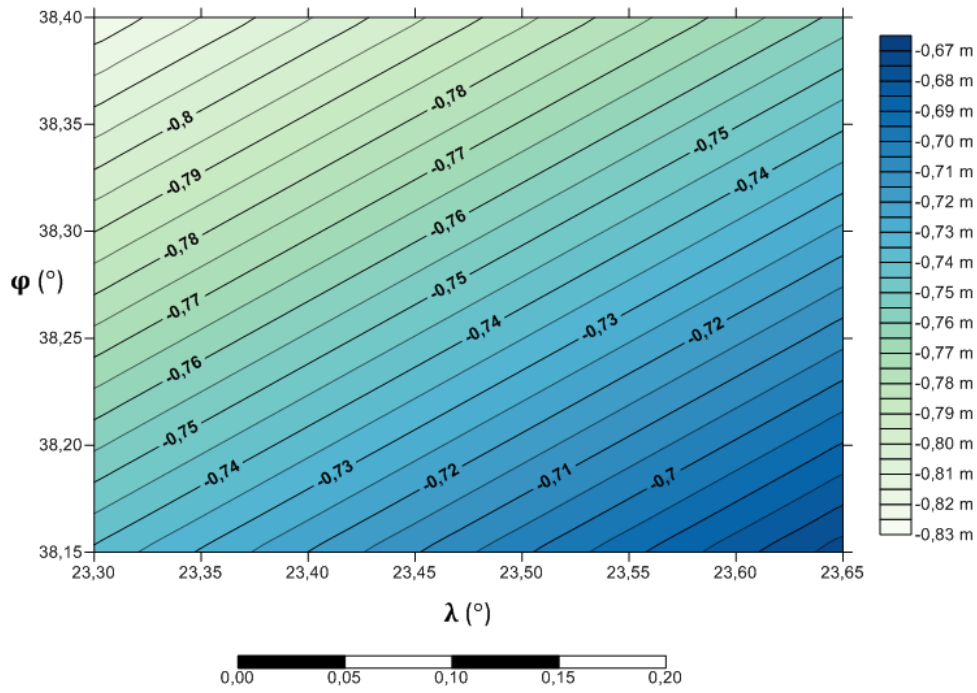
Σχήμα 4.18: Απεικόνιση 3D των συντεταγμένων (φ, λ) των σημείων και της αποχής του γεωειδούς του GECO

4.9.2 Χάρτες επιφανειών διόρθωσης για την εκτίμηση ορθομετρικών υψομέτρων

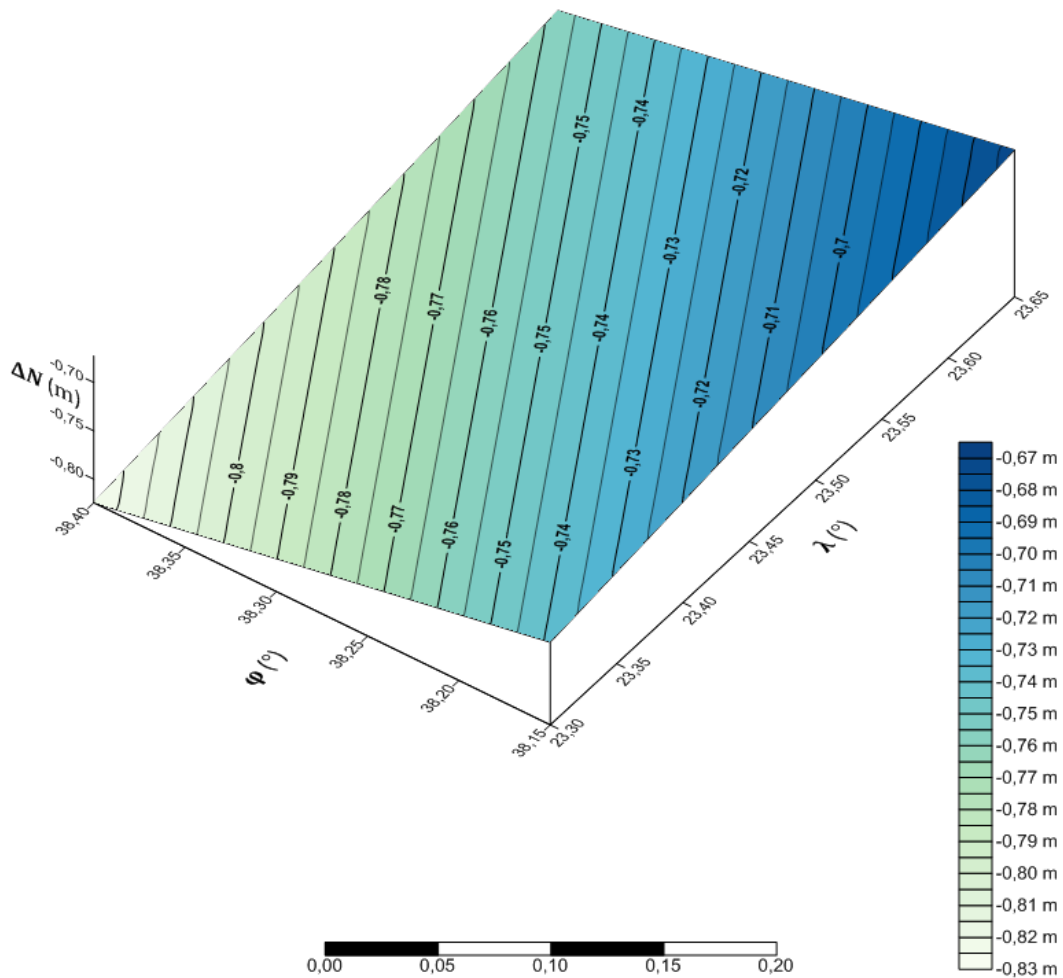
Στη συνέχεια για την κατανόηση των επιφανειών διόρθωσης του γεωειδούς και τη χρήση τους σε μελλοντικές μετρήσεις υψομετρίας με GNSS στην περιοχή, για το γεωδυναμικό μοντέλο που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα, δηλαδή το GECO, δημιουργήθηκαν δύο χάρτες για κάθε παραμετρικό μοντέλο. Για την κατασκευή των χαρτών αυτών χρειάστηκε να δημιουργηθούν τρεις κানাβοι, σε περιβάλλον Excel, στην περιοχή μελέτης ανά 0.01 επί 0.01 κατά φ και λ. Για τις τιμές των επιφανειών διόρθωσης στις κορυφές του κανάβου χρησιμοποιήθηκαν οι συντελεστές που εκτιμήθηκαν με τη χρήση των 15 σημείων ελέγχου.

Επιπλέον οι κানাβοι αυτοί θα περιέχουν και τις διορθώσεις στις αποχές του γεωειδούς που υπολογίζονται από τις εξισώσεις (3.1, 3.2, 3.3) έτσι ώστε να δημιουργηθεί η επιφάνεια διόρθωσης για κάθε παραμετρικό μοντέλο. Για την υλοποίηση των χαρτών αυτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Surfer της έκδοσης 11.0.

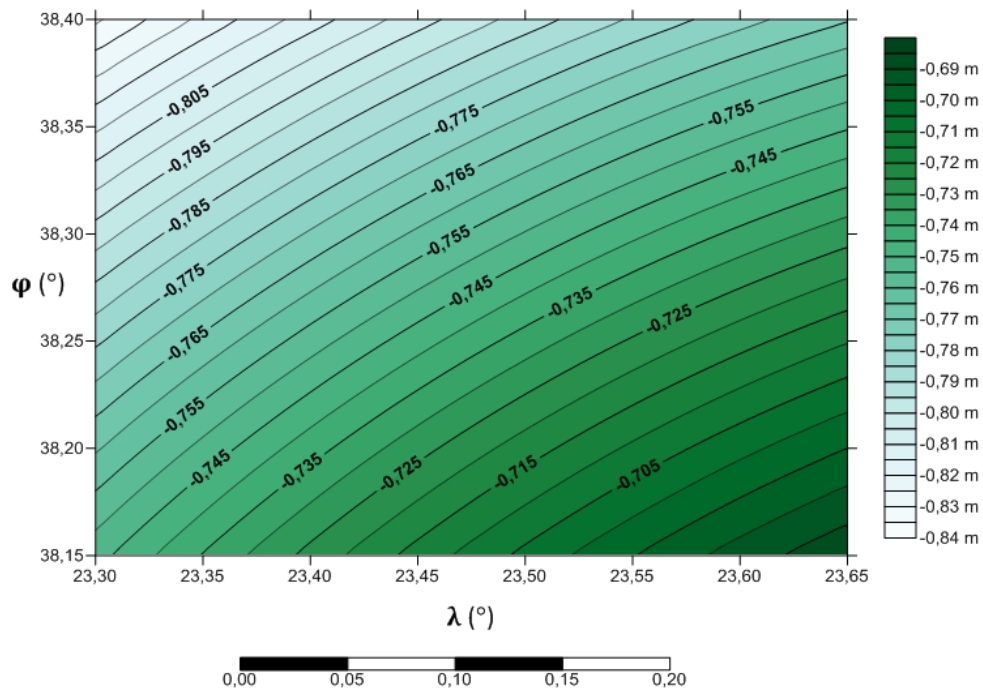
Από τη μελέτη των χαρτών διακρίνεται η μορφή της κάθε επιφάνειας διόρθωσης ανάλογα με τη χρήση του παραμετρικού μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση. Κατά σειρά διακρίνεται η επίπεδη επιφάνεια διόρθωσης (σχ. 4.19, 4.20) με μία κλίση Βόρεια – Βορειοδυτικά. Η ίδια κλίση διακρίνεται και στην πιο πολύπλοκη πολυωνυμική επιφάνεια τεσσάρων παραμέτρων που ακολουθεί (σχ. 4.21, 4.22). Τέλος, στην επιφάνεια των πέντε παραμέτρων τονίζεται η κλίση προς τα δυτικά στην περιοχή των μετρήσεων. Η μορφή των κλίσεων οφείλεται σε συγκεκριμένα συστηματικά σφάλματα μεγάλου μήκους κύματος που είναι δυνατό να συσχετίζονται με τις τιμές του γεωδυναμικού μοντέλου, αλλά και με συστηματικές διαφορές στις χωροσταθμικές αφετηρίες που χρησιμοποιούνται. Η αιτία αυτής της κλίσης στην περιοχή χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση με τη χρήση αυστηρών στατιστικών ελέγχων για τους συντελεστές των επιφανειών και για τον έλεγχο των παρατηρήσεων που χρησιμοποιούνται.



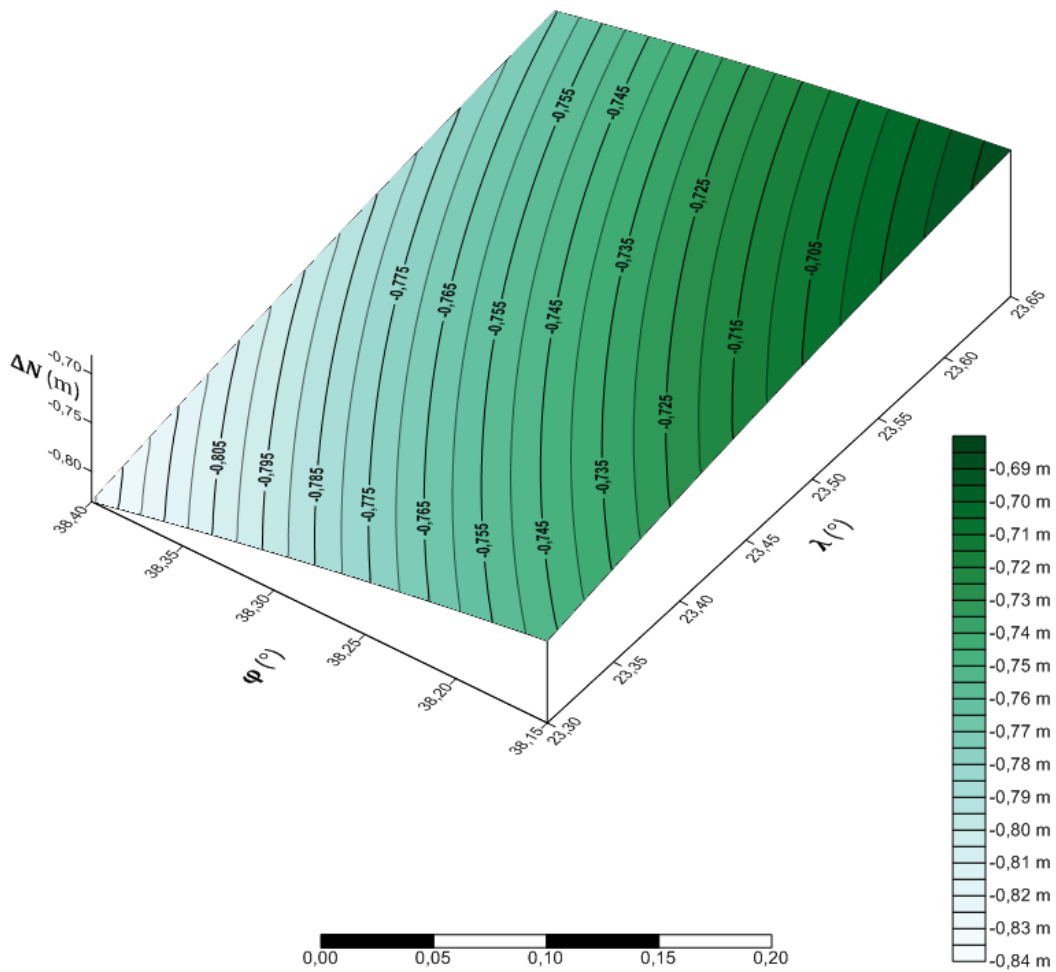
Σχήμα 4.19: Απεικόνιση 2D, γεωδυναμικό μοντέλο GECO και μοντέλο τριών παραμέτρων



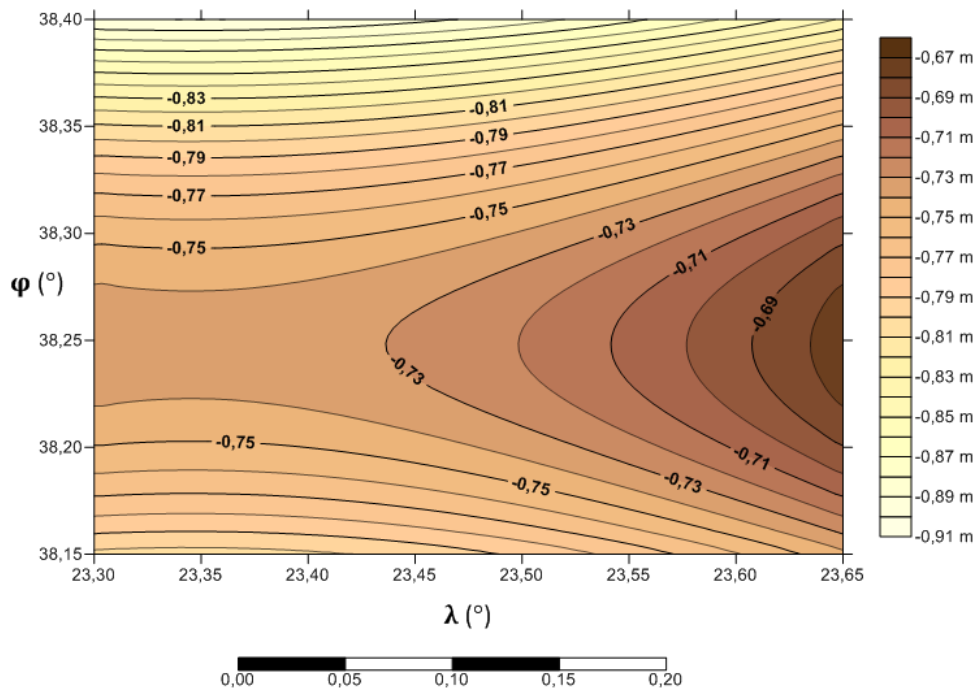
Σχήμα 4.20: Απεικόνιση 3D, γεωδυναμικό μοντέλο GECO και μοντέλο τριών παραμέτρων
 ΔN : είναι το τμήμα του παραμετρικού μοντέλου διόρθωσης της αποχής του γεωειδούς



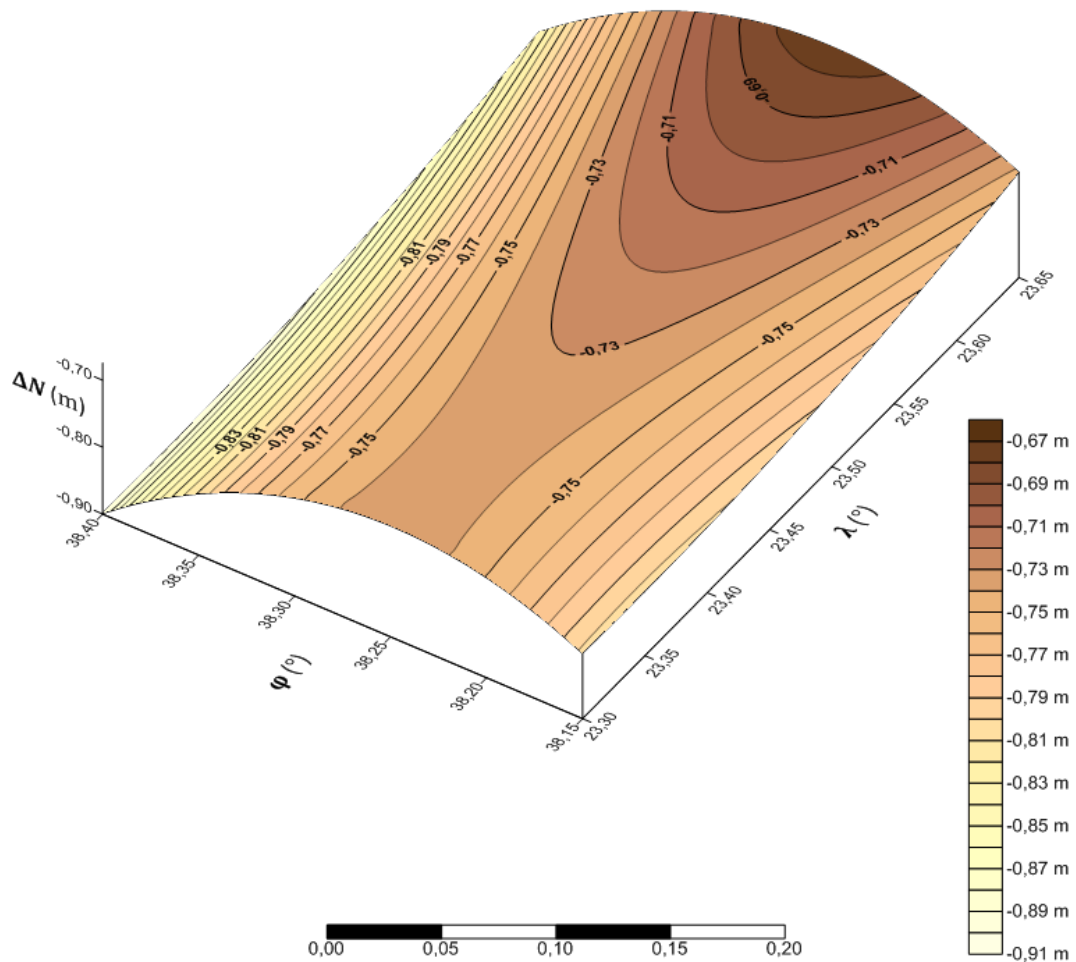
Σχήμα 4.21: Απεικόνιση 2D, γεωδυναμικό μοντέλο GECO και μοντέλο τεσσάρων παραμέτρων



Σχήμα 4.22: Απεικόνιση 3D, γεωδυναμικό μοντέλο GECO και μοντέλο τεσσάρων παραμέτρων
 ΔN : είναι το τμήμα του παραμετρικού μοντέλου διόρθωσης της αποχής του γεωειδούς



Σχήμα 4.23: Απεικόνιση 2D, γεωδυναμικό μοντέλο GECO και μοντέλο πέντε παραμέτρων



Σχήμα 4.24: Απεικόνιση 3D, γεωδυναμικό μοντέλο GECO και μοντέλο πέντε παραμέτρων
 ΔN : είναι το τμήμα του παραμετρικού μοντέλου διόρθωσης της αποχής του γεωειδούς

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν, για τον έλεγχο ενός υψομετρικού δικτύου χρειάζεται πρώτα να διεξαχθούν κάποιες μετρήσεις με GPS σε γνωστά, τριγωνομετρικά, σημεία. Με στόχο στη συνέχεια, να είναι εφικτό να ελεγχθεί το υψομετρικό δίκτυο στο οποίο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, με τη βοήθεια κάποιων παραμετρικών μοντέλων και κάποιων σύγχρονων γεωδυναμικών μοντέλων.

Επιπλέον είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις με GPS. Για παράδειγμα όταν υπάρχουν εμπόδια γύρω από το δέκτη, το σήμα από τους δορυφόρους σταματάει και επανέρχεται διαρκώς, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του σφάλματος ολίσθησης των κύκλων. Το πρόβλημα αυτό εντοπίστηκε στο σημείο το οποίο φέρει τον κωδικό Γ.Υ.Σ 379018, και για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε μέτρηση εκ νέου στο συγκεκριμένο σημείο για περίπου τρεις ώρες έτσι ώστε να επιτευχθεί καλύτερη ακρίβεια μέτρησης.

Τέλος μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν κάποιες επιλύσεις με τη βοήθεια τριών παραμετρικών μοντέλων και τριών γεωδυναμικών μοντέλων. Οι επιλύσεις αυτές διεξήχθησαν δύο φορές για το λόγο του ότι έπρεπε να υλοποιηθούν δύο έλεγχοι, ο έλεγχος εσωτερικής ακρίβειας και ο έλεγχος εξωτερικής ακρίβειας.

Από τα αποτελέσματα λοιπόν συμπεραίνεται ότι στον έλεγχο εσωτερικής ακρίβειας, η τυπική απόκλιση των διαφορών του υψομέτρου που υπολογίζεται από τις εξισώσεις (3.1, 3.2, 3.3) από το ορθομετρικό υψόμετρο, είναι καλύτερη και για τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα στην 3^η επίλυση, δηλαδή στην επίλυση όπου υπολογίζονται οι συντελεστές της εξίσωσης (3.3), μιας και είναι ίση με ± 5.9 cm. Ενώ στον έλεγχο εξωτερικής ακρίβειας η τυπική απόκλιση των διαφορών του ορθομετρικού υψομέτρου με το υψόμετρο που υπολογίζεται από τις εξισώσεις (3.1, 3.2, 3.3), είναι καλύτερη και για τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα, μιας και είναι ίση με ± 11.0 cm, στην 1^η και 3^η επίλυση, δηλαδή στις επιλύσεις όπου υπολογίζονται οι συντελεστές των εξισώσεων (3.1, 3.3) αντίστοιχα.

Ανακεφαλαιώνοντας και παρατηρώντας τα αποτελέσματα των επιλύσεων, για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και τα τρία γεωδυναμικά μοντέλα έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα από άποψη ακρίβεια, γεγονός αναμενόμενο λόγω της έκτασης της περιοχής μελέτης και της υψηλής ανάπτυξης των σύγχρονων μοντέλων. Αν θέλαμε να εστιάσουμε σε ένα μοντέλο, τα αποτελέσματα αναδεικνύουν το GECO ως το καλύτερο στην περιοχή, τόσο από άποψη εσωτερικής, όσο και εξωτερικής ακρίβειας. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο λόγω της αφομοίωσης των αρχικών δεδομένων της δορυφορικής αποστολής του GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) στον υπολογισμό των συντελεστών του μοντέλου. Ο

δορυφόρος GOCE (2009 – 2013) βελτίωσε τη γνώση για το πεδίο βαρύτητας στα μεγάλα και μεσαία μήκη κύματος του σήματος του πεδίου βαρύτητας και του γεωειδούς. Όσον αφορά στις επιφάνειες διόρθωσης, το παραμετρικό μοντέλο των πέντε παραμέτρων παρουσιάζει την καλύτερη συμπεριφορά και κατορθώνει να απορροφήσει τις περισσότερες από τις ασυμφωνίες στη χρήση ετερογενών δεδομένων των γεωδυναμικών μοντέλων και των παρατηρήσεων GPS και υψομετρίας. Οι διαφορές είναι όμως αρκετά μικρές, λόγω της έκτασης της περιοχής.

Με την εφαρμογή της παρούσας πτυχιακής υπολογίστηκαν οι συντελεστές διόρθωσης των τιμών των γεωδυναμικών μοντέλων στην περιοχή μελέτης, έτσι ώστε να είναι εφικτή η δυνατότητα της χρήσης της δορυφορικής τεχνολογίας του GPS στην εκτίμηση υψομέτρων ακριβείας. Οι ακρίβειες βέβαια δεν είναι δυνατό να αντικαταστήσουν ακόμα την ακρίβεια της γεωμετρικής χωροστάθμησης, λόγω των ασυμφωνιών στα δεδομένα των μοντέλων και της υψομετρίας GPS. Απαραίτητη κρίνεται η χρήση των νέων μοντέλων του δορυφόρου GOCE στον υψομετρικό προσδιορισμό, αφού, όπως προαναφέρθηκε, τα δεδομένα του δορυφόρου αυτού συνεισφέρουν ιδιαίτερος στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες (χαμηλοί βαθμοί ανάπτυξης) των δεδομένων από τα γεωδυναμικά μοντέλα.

Βιβλιογραφία

Αραμπέλος Δημήτριος, Τζιαβός Ηλίας, 2007, *Εισαγωγή στο Πεδίο Βαρύτητας της Γης*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Βλάχος Δημήτρης, 2012, *Τοπογραφικές Χαρτογραφήσεις*, Εκδοτικός Οίκος Μέλισσα, Θεσσαλονίκη

Λάμπρου Ευαγγελία, Πανταζής Γιώργος, 2013, *Εφαρμοσμένη Γεωδαισία*, 2^η έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Ρωσσικόπουλος Δημήτριος, 1999, *Τοπογραφικά Δίκτυα και Υπολογισμοί*, Β' έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Τσούλης Δημήτριος, 2010, *Εισαγωγή στην Τοπογραφία*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Φωτίου Αριστείδης, Πικριδάς Χρήστος, 2012, *GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές*, 2^η έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Φωτίου Αριστείδης, 2009, *Γεωμετρική Γεωδαισία*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Πηγές διαδικτύου

Ανδριτσάνος Βασίλης, 2016, *Φυσική Γεωδαισία – Εισαγωγή στο πεδίο Βαρύτητας – Γεωμετρία του Πεδίου – Αναπαράσταση του Πεδίου – Σφαιρική Αρμονική Ανάπτυξη – Γεωειδές*, Σημειώσεις Γεωδαισίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ και Μηχανικών Τοπογραφία και Γεωπληροφορικής ΤΕ, ΤΕΙ Αθήνας

(<https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/TOP103/%CE%A0%CE%91%CE%9B%CE%91%CE%99%CE%95%CE%A3%20%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/geodesy5.pdf>)

Δεληκαράογλου Δημήτρης, 2016, *Δυναμική Θεωρία της Υψομετρίας*, Σημειώσεις Γεωδαισίας IV, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ
(http://users.ntua.gr/ddeli/geodesy4/Notes/Geodesy%20IV_Ypsometra.pdf)

Δεσποτάκης Βασίλειος, 2016, *Μετρήσεις GPS – Προβλήματα*, Σημειώσεις Ειδικών Θεμάτων Τοπογραφίας, Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, ΤΕΙ Κρήτης
(<https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TD103/2.%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3%CE%98%CE%95%CE%A4%CE%91%20%CE%92%CE%9F%CE%97%CE%98%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91/GPS/4.pdf>)

Μελισσινός Παρασκευάς, 2011, *Προσδιορισμός Γεωειδούς από Επίγειες Τιμές Βαρύτητας για την Περιοχή της Αταλάντης*, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ
(http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/5550/paraskevasm_gravity.pdf?sequence=3)

Förste Christoph, Bruinsma Sean, Abrikosov Oleg, Flechtner Frank, Marty Jean – Charles, Lemoine Jean – Michel, Dahle Christoph, Neumayer Hans, Barthelmes Franz, König Rolf, Biancale Richard, 2014, EIGEN-6C4 – The latest combined global gravity field model including GOCE data up to degree and order 1949 of GFZ Potsdam and GRGS Toulouse

(<http://adsabs.harvard.edu/abs/2014EGUGA..16.3707F>)

Gilardoni Maddalena, Reguzzoni Mirko, Sampietro Daniele, 2016, GECO: a global gravity model by locally combining GOCE data and EGM 2008, *Studia Geophysica et Geodaetica*, Vol. 60, Issue 2, 228 – 247

(<http://link.springer.com/article/10.1007/s11200-015-1114-4>)

Pavlis Nikolaos, Holmes Simon, Kenyon Steve, Factor John, 2012, The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM 2008), *Journal of Geophysical Research*, Vol. 117, Issue B4

(<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011JB008916/full>)

[https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TD102/1.%20CE%A4%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%A6%CE%99%CE%91/GP S/om_hiperpro_revb.pdf](https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TD102/1.%20CE%A4%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%A6%CE%99%CE%91/GP%20S/om_hiperpro_revb.pdf)

<http://www.e-jgc.gr/index.php?>

<http://www.elmeg.org/>

Google Earth

Google Maps

<http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/>

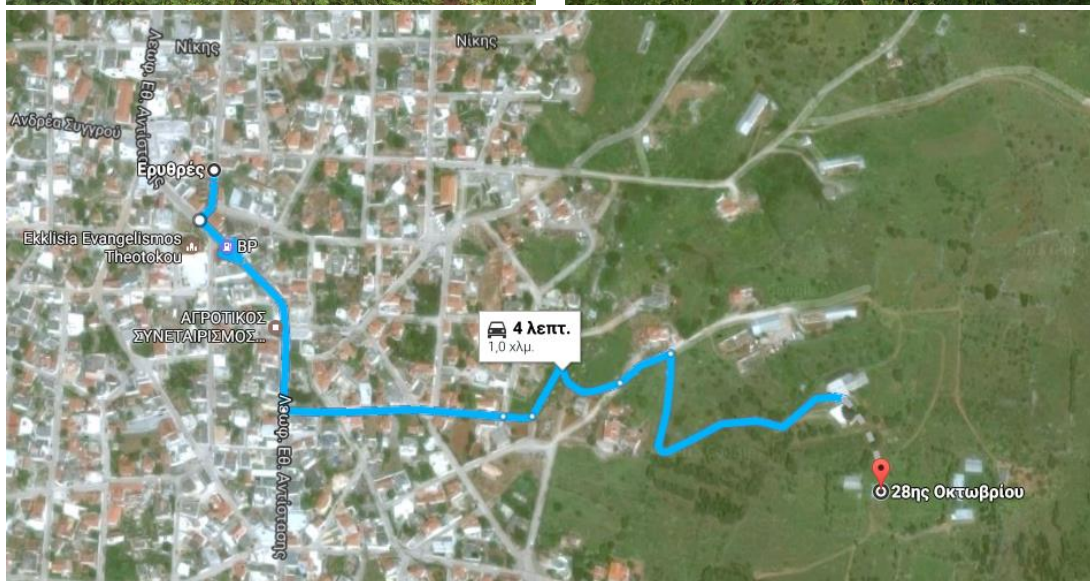
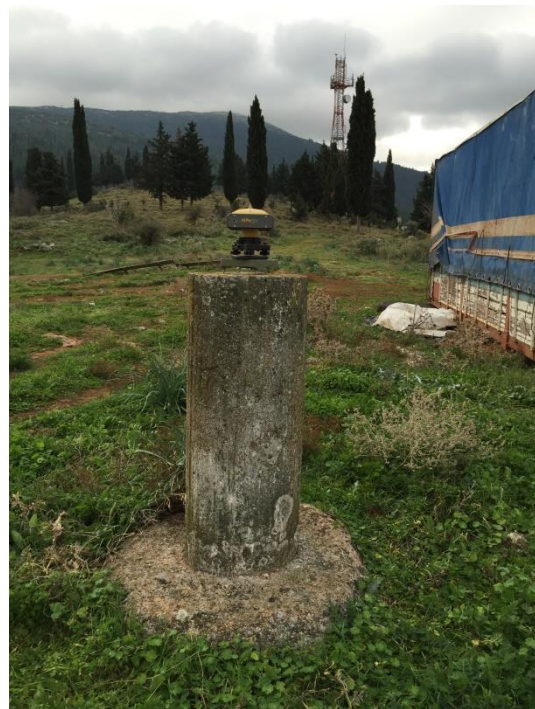
<http://pmd.gfz-potsdam.de/icgem/showshort.php?id=escidoc:1119897>

<http://www.survey.teiath.gr/teiath1/>

<http://www.topcon.com.sg/survey/hiperpro.html>

<http://web.gys.gr/>

Παράρτημα Α



Πηγή: Google Maps

A/A: 1

Όνομασία: ΕΡΥΘΡΑΙ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 106097

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.21466718, 23°.32938523, 483.130 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 441143.726m, 4229558.616m, 444.210m



Πηγή: Google Maps

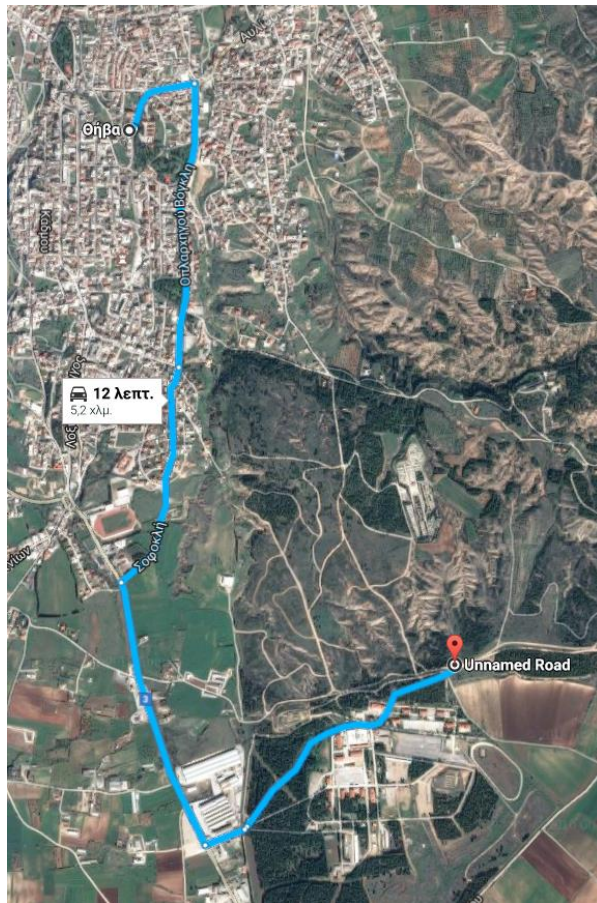
A/A: 2

Όνομασία: ΠΑΛΙΟΧΩΡΙ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 119013

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.27853037, 23°.36490018, 362.554 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 444301.339m, 4236622.761m, 323.675m



Πηγή: Google Maps

Α/Α: 3

Όνομασία: ΗΡΩΝ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 119027

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.30205381, 23°.33612553, 393.544 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 441803.292m, 4239250.632m, 354.712m



Πηγή: Google Maps

Α/Α: 4

Όνομασία: ΚΟΚΑΛΑ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 119054

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.34926781, 23°.33228993, 151.544 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 441505.740m, 4244491.884m, 112.720m



Πηγή: Google Maps

A/A: 5

Όνομασία: ΚΟΙΛΙΑΦΙΜΗ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 119052

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.34152633, 23°.44937232, 294.620 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 451731.325m, 4243565.470m, 255.397m



Πηγή: Google Maps

Α/Α: 6

Όνομασία: ΚΑΤΕΒΑΣΙΑ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 119014

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.27679243, 23°.46549961, 313.974 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 453099.157m, 4236374.386m, 274.586m



Πηγή: Google Maps

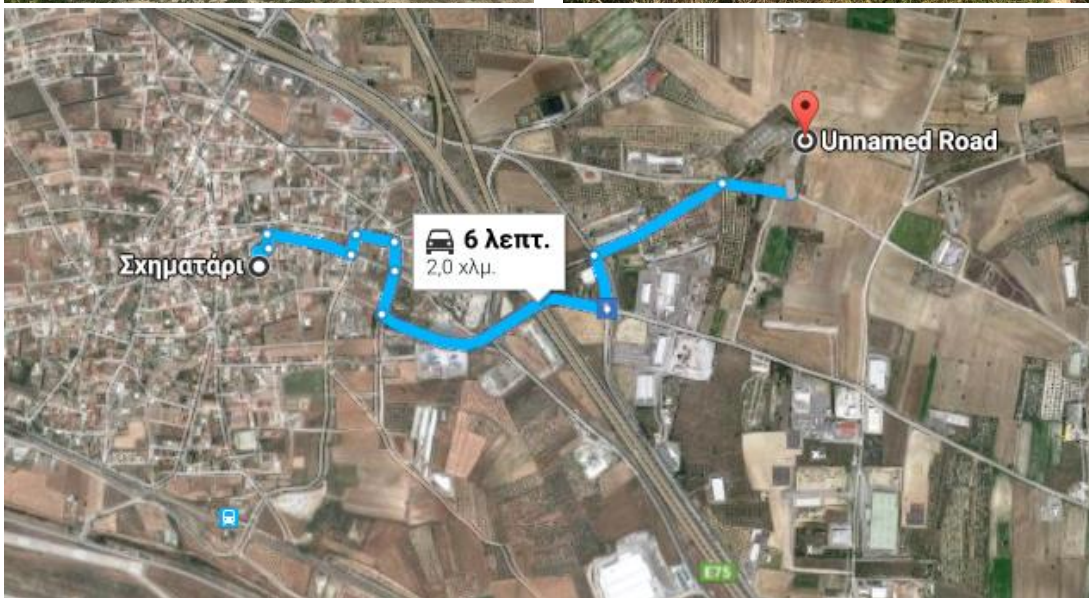
Α/Α: 7

Όνομασία: ΤΥΜΠΑΝΟΚΑΜΠΟΣ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 379042

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.37355606, 23°.50434583, 284.357 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 456554.468m, 4247092.266m, 244.930m



Πηγή: Google Maps

A/A: 8

Όνομασία: ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 379035

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.34870149, 23°.59833374, 211.928 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 464752.452m, 4244294.545m, 172.520m



Πηγή: Google Maps

Α/Α: 9

Όνομασία: ΤΡΕΙΣ ΤΣΟΥΚΕΣ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 379015

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.30058624, 23°.52453921, 309.787 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 458276.775m, 4238986.308m, 270.229m



Πηγή: Google Maps

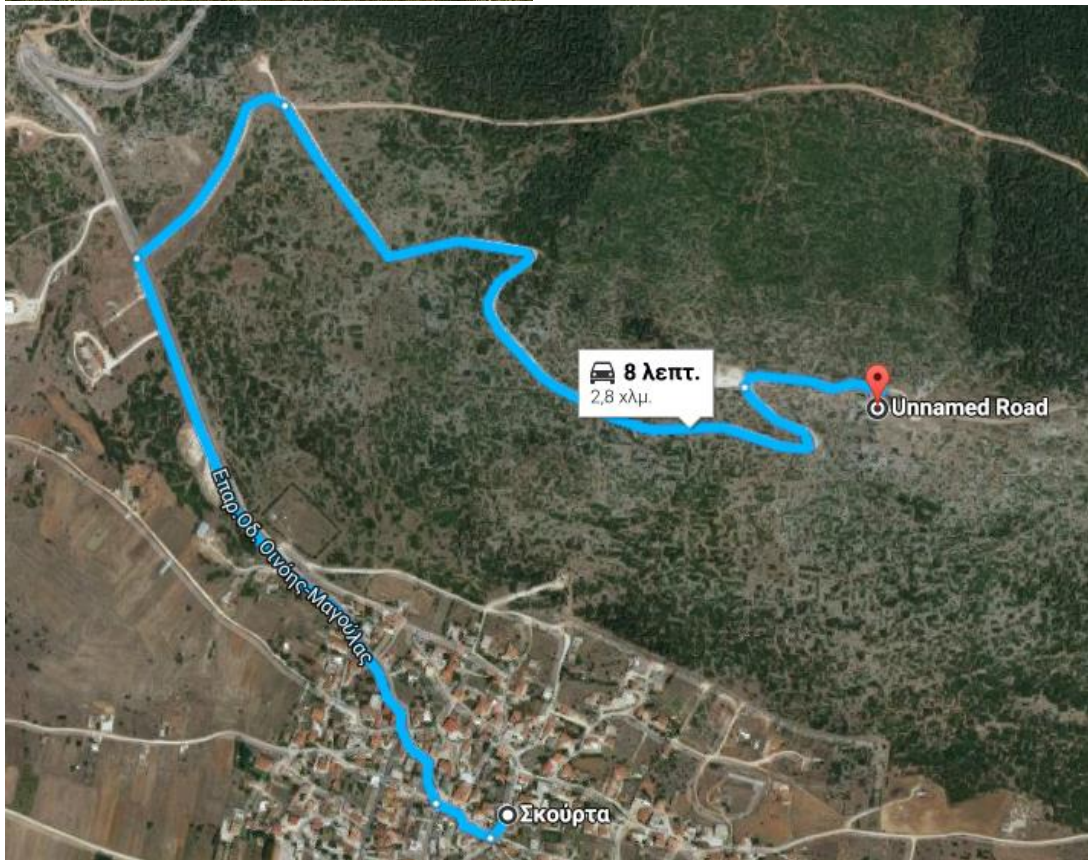
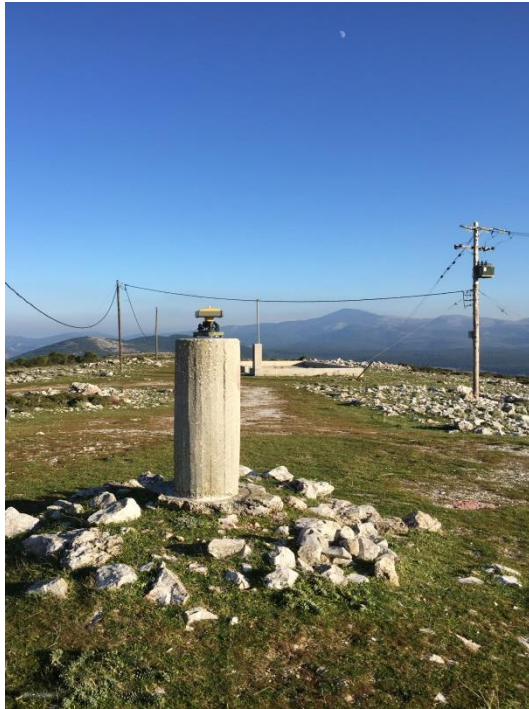
A/A: 10

Όνομασία: ΠΥΡΓΟΣ ΔΙΧΑΛΩΤΟ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 379018

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.30497524, 23°.6435677, 177.068 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 468686.299m, 4239426.489m, 137.400m



Πηγή: Google Maps

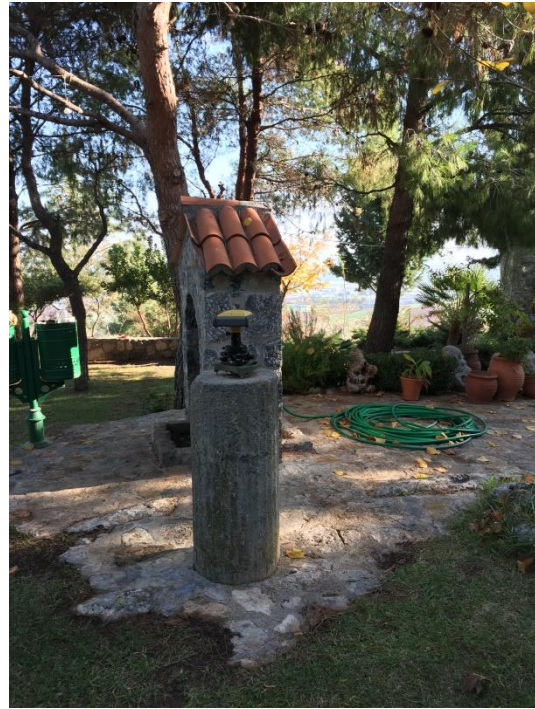
A/A: 11

Όνομασία: ΜΑΛΙΑ ΜΟΥΛΟΥΘΙ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 17090

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.21905135, 23°.55857178, 747.804 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 461209.462m, 4229924.649m, 708.078m



Πηγή: Google Maps

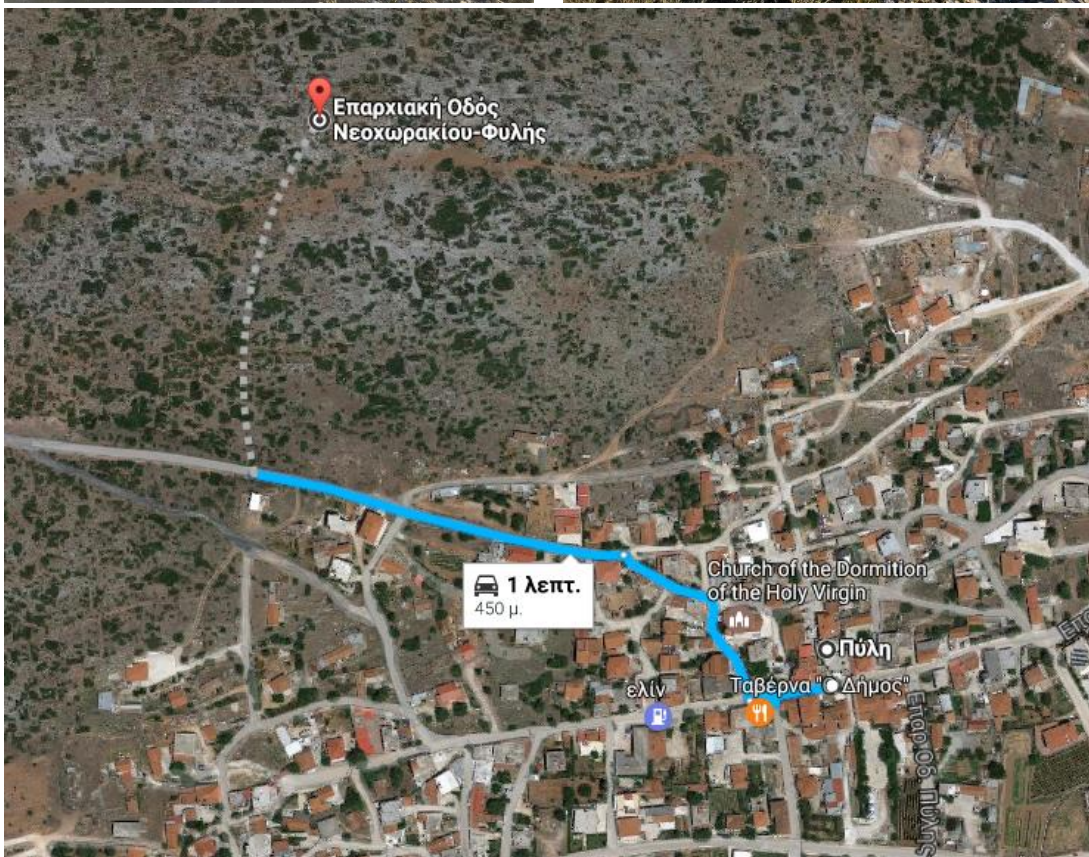
A/A: 12

Όνομασία: ΛΙΑΤΑΝΙ – ΑΓ. ΘΩΜΑ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 379008

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.27724464, 23°.59689233, 277.850 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 464592.030m, 4236366.277m, 237.989m



Πηγή: Google Maps

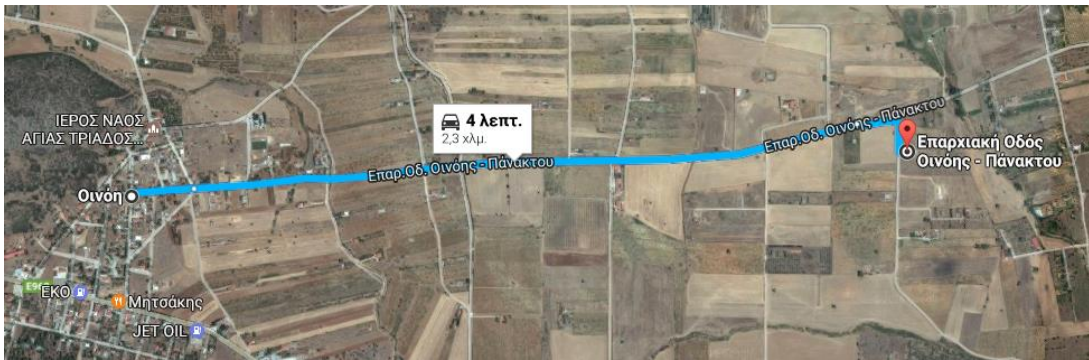
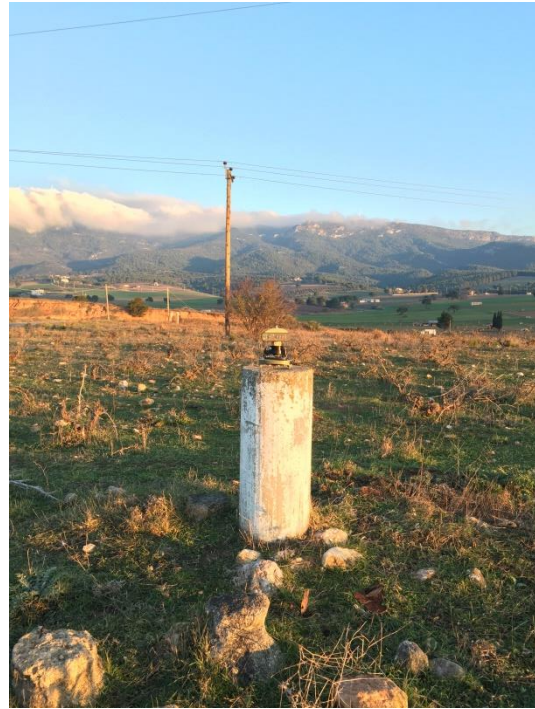
Α/Α: 13

Όνομασία: ΡΑΧΟΥΛΑ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 106098

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.21750544, 23°.49232861, 645.221 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 455409.838m, 4229782.788m, 605.752m



Πηγή: Google Maps

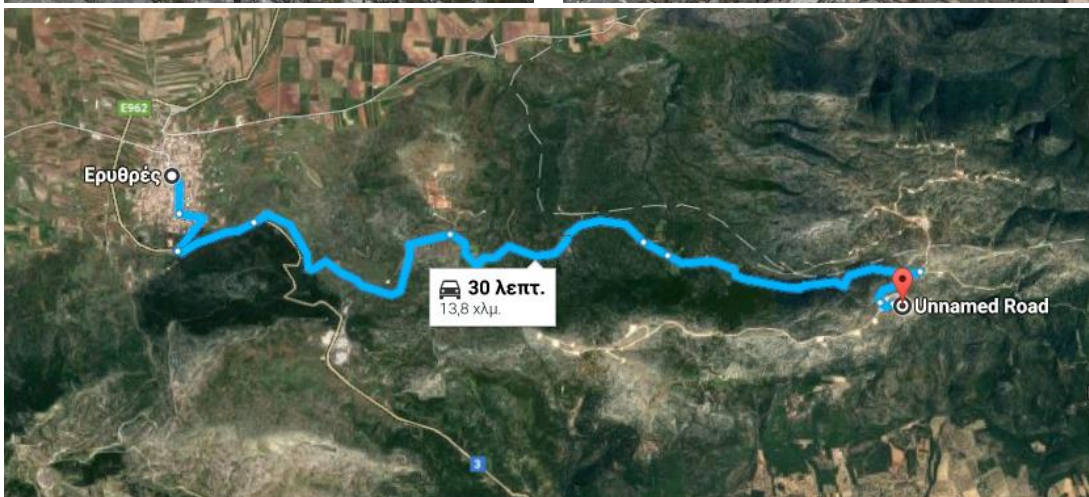
A/A: 14

Όνομασία: ΧΩΜΑΤΑΡΙΑ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 106075

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.16935201, 23°.4428075, 349.167 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 451042.697m, 4224464.721m, 309.900m



Πηγή: Google Maps

Α/Α: 15

Όνομασία: ΑΣΤΡΟΠΕΛΕΚΙ

Κωδικός Γ.Υ.Σ: 106092

Γεωδαιτικές συντεταγμένες WGS84 (φ, λ, h): 38°.20292865, 23°.42457237, 979.782 m

Προβολικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 (Ε, Ν, Η): 449468.549m, 4228200.063m, 940.509m

Παράρτημα Β



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΑΘΗΝΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Εργαστήριο Γεωδαισίας - Τοπογραφίας

Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: <u>106097</u>	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): <u>05/12/2015</u>	ΕΝΑΡΞΗ: <u>11:30</u> ΛΗΞΗ: <u>12:13</u>	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:		
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <u>0.128</u> m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: <u>Vertical (antenna height)</u>	ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα		
ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:		
ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: <u>106092</u>	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): <u>05/12/2015</u>	ΕΝΑΡΞΗ: <u>10:23</u> ΛΗΞΗ: <u>11:54</u>	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° Εμπόδια όπως στο σκίτσο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:		
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <u>0.193</u> m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: <u>Vertical (antenna height)</u>	ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα		
ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:		
ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

Έκδοση 1.2 11/2014



Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 119027	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 05/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 13:00 ΛΗΞΗ: 14:56	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίτοδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.194 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical (antenna height)	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πωξίδα
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 119013	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 05/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 13:23 ΛΗΞΗ: 14:54	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίτοδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.128 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical (antenna height)	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πωξίδα
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				



Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 379035	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 05/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 15:47 ΛΗΞΗ: 17:47	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:		
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.195 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:		
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:	

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 379042	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 05/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 16:09 ΛΗΞΗ: 17:40	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:		
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.134 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:		
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:	



Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 119054	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 19/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 08:56 ΛΗΞΗ: 11:11	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.130 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 119052	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 19/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 09:37 ΛΗΞΗ: 11:09	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.194 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				



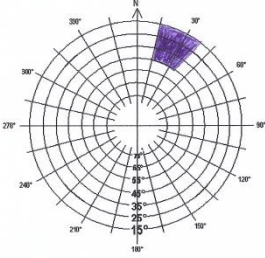
Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

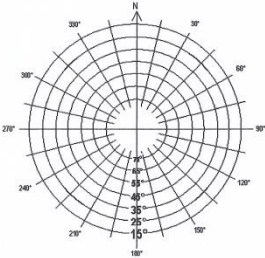
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 379015	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 19/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 12:25 ΛΗΞΗ: 14:23	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.194 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 119014	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 19/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 12:51 ΛΗΞΗ: 14:21	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.131 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				



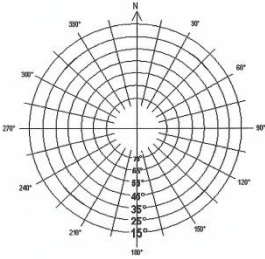
Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

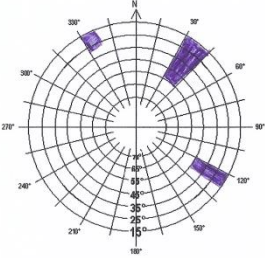
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:17090.....	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 19/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 15:17 ΛΗΞΗ: 17:16	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.130 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:			ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:106098.....	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 19/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 15:44 ΛΗΞΗ: 17:15	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.195 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:			ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				



Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:106075.....	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 20/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 09:00 ΛΗΞΗ: 09:31	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.130 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:			ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:379008.....	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 20/12/2015	ΕΝΑΡΞΗ: 11:06 ΛΗΞΗ: 12:44	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο	
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:			
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.193 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:			ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα
ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:			ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				



Έντυπο πεδίου μετρήσεων GNSS

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 379018	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): 05/03/2016	ΕΝΑΡΞΗ: 14:59 ΛΗΞΗ: 18:13	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:		
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.130 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Vertical antenna height	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα	
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: (DD/MM/YYYY): _/_/201_	ΕΝΑΡΞΗ: _: _: ΛΗΞΗ: _: _:	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° Εμπόδια όπως στο σκίτσο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:		
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: _ _ _ m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input type="checkbox"/> Ναι Με πυξίδα	
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ:	ΟΝΟΜ/ΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

Παράρτημα Γ

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
17090-106098	-169,539	-5801,659	-105,221	0,002	0,004
17090-ΤΕΙΑΤΗ1	-24000,186	10270,908	-693,559	0,010	0,015
106075-ΤΕΙΑΤΗ1	-18464,324	20438,509	-300,887	0,011	0,016
106092-106097	1307,363	-8336,718	-502,227	0,004	0,006
106092-ΤΕΙΑΤΗ1	-22187,177	22040,092	-948,732	0,011	0,018
106097-ΤΕΙΑΤΗ1	-23463,216	30400,331	-490,979	0,013	0,022
106098-ΤΕΙΑΤΗ1	-23819,167	16089,072	-602,306	0,010	0,017
119013-119027	2611,702	-2517,102	29,968	0,001	0,002
119013-ΤΕΙΑΤΗ1	-30563,153	27281,081	-386,472	0,014	0,024
119014-379015	2642,937	5164,605	-6,823	0,002	0,004
119014-ΤΕΙΑΤΗ1	-30395,107	18445,462	-305,454	0,012	0,021
119027-ΤΕΙΑΤΗ1	-33165,407	29808,341	-441,818	0,016	0,026
119052-119054	865,836	-10234,906	-151,336	0,003	0,007
119052-ΤΕΙΑΤΗ1	-37577,366	19861,923	-328,736	0,013	0,026
119054-ΤΕΙΑΤΗ1	-38404,987	30145,214	-230,859	0,017	0,028
379008-ΤΕΙΑΤΗ1	-30463,309	6905,195	-246,753	0,018	0,034
379015-ΤΕΙΑΤΗ1	-33046,393	13260,000	-301,621	0,012	0,021
379018-ΤΕΙΑΤΗ1	-33543,924	2805,670	-158,355	0,012	0,022
379035-379042	2763,243	-8213,500	66,547	0,004	0,007
379035-ΤΕΙΑΤΗ1	-38395,318	6778,593	-223,641	0,014	0,024
379042-ΤΕΙΑΤΗ1	-41143,137	15033,592	-327,343	0,014	0,026

A/A: 1

Περιγραφή: Έλεγχος ποιότητας μετρήσεων

Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
17090	38°13'08,58485"N	23°33'30,85842"E	747,804	
106075	38°10'09,66723"N	23°26'34,10701"E	349,167	
106092	38°12'10,54315"N	23°25'28,46054"E	979,782	
106097	38°12'52,80184"N	23°19'45,78681"E	483,130	
106098	38°13'03,01958"N	23°29'32,38300"E	645,221	
119013	38°16'42,70932"N	23°21'53,64066"E	362,554	
119014	38°16'36,45273"N	23°27'55,79859"E	313,974	
119027	38°18'07,39373"N	23°20'10,05190"E	393,554	
119052	38°20'29,49477"N	23°26'57,74035"E	294,620	
119054	38°20'57,36413"N	23°19'56,24373"E	151,544	
379008	38°16'38,08069"N	23°35'48,81237"E	277,850	
379015	38°18'02,11046"N	23°31'28,34115"E	309,787	
379018	38°18'17,91085"N	23°38'36,84371"E	177,068	
379035	38°20'55,32537"N	23°35'54,00146"E	211,928	
379042	38°22'24,80183"N	23°30'15,64500"E	284,357	
ΤΕΙΑΤΗ1	38°00'09,99150"N	23°40'31,84246"E	107,789	

A/A: 2

Περιγραφή: Γεωδαιτικές συντεταγμένες σημείων στο ITRF2008 (epoch 2011.0)

Loop	dHz (m)	dU (m)	Horz Tolerance (m)
106092-106097(5/12/2015 8:24:00 πμ) 106092-ΤΕΙΑΤΗ1(5/12/2015 8:24:00 πμ) 106097-ΤΕΙΑΤΗ1(5/12/2015 7:38:15 πμ)	0,0062	0,0057	0,4207

Vert Tolerance (m)	dHz (ppm)	dU (ppm)	Length (m)
0,4507	0,08	0,07	78146,4951

A/A: 3

Περιγραφή: Έλεγχος βρόχου

Βρόχος: 106092 – ΤΕΙΑΤΗ1 – 106097

Loop	dHz (m)	dU (m)	Horz Tolerance (m)
119013-119027(5/12/2015 11:23:45 πμ) 119013-ΤΕΙΑΤΗ1(5/12/2015 11:23:45 πμ) 119027-ΤΕΙΑΤΗ1(5/12/2015 11:00:30 πμ)	0,0056	0,0117	0,476

Vert Tolerance (m)	dHz (ppm)	dU (ppm)	Length (m)
0,506	0,06	0,13	89191,5947

A/A: 4

Περιγραφή: Έλεγχος βρόχου

Βρόχος: 119013 – ΤΕΙΑΤΗ1 – 119027

Loop	dHz (m)	dU (m)	Horz Tolerance (m)
379035-379042(5/12/2015 2:09:45 μμ) 379035-ΤΕΙΑΤΗ1(5/12/2015 1:48:00 μμ) 379042-ΤΕΙΑΤΗ1(5/12/2015 2:09:45 μμ)	0,0063	0,0075	0,4873

Vert Tolerance (m)	dHz (ppm)	dU (ppm)	Length (m)
0,5173	0,07	0,08	91460,8044

A/A: 5

Περιγραφή: Έλεγχος βρόχου

Βρόχος: 379035 – ΤΕΙΑΤΗ1 – 379042

Loop	dHz (m)	dU (m)	Horz Tolerance (m)
119052-119054(19/12/2015 7:38:15 πμ) 119052-ΤΕΙΑΤΗ1(19/12/2015 7:38:15 πμ) 119054-ΤΕΙΑΤΗ1(19/12/2015 6:57:15 πμ)	0,002	0,006	0,538

Vert Tolerance (m)	dHz (ppm)	dU (ppm)	Length (m)
0,568	0,02	0,06	101600,892

A/A: 6

Περιγραφή: Έλεγχος βρόχου

Βρόχος: 119052 – ΤΕΙΑΤΗ1 – 119054

Loop	dHz (m)	dU (m)	Horz Tolerance (m)
119014-379015(19/12/2015 10:51:15 πμ) 119014-ΤΕΙΑΤΗ1(19/12/2015 10:51:15 πμ) 379015-ΤΕΙΑΤΗ1(19/12/2015 10:25:30 πμ)	0,0033	0,0016	0,4148

Vert Tolerance (m)	dHz (ppm)	dU (ppm)	Length (m)
0,4448	0,04	0,02	76965,7842

A/A: 7

Περιγραφή: Έλεγχος βρόχου

Βρόχος: 119014 – ΤΕΙΑΤΗ1 – 379015

Loop	dHz (m)	dU (m)	Horz Tolerance (m)
17090-106098(19/12/2015 1:44:45 μμ) 17090-ΤΕΙΑΤΗ1(19/12/2015 1:18:00 μμ) 106098-ΤΕΙΑΤΗ1(19/12/2015 1:44:45 μμ)	0,0076	0,0035	0,3334

Vert Tolerance (m)	dHz (ppm)	dU (ppm)	Length (m)
0,3634	0,13	0,06	60670,0601

A/A: 8

Περιγραφή: Έλεγχος βρόχου

Βρόχος: 17090 – ΤΕΙΑΤΗ1 – 106098

Παράρτημα Δ

Επίλυση 1

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ'	λ'	R (m)	x	y	h	H	N _{EGM_2008}
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	6371000	2038188	4249277	482,060	444,210	38,584
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993		2039498	4256378	361,454	323,675	38,631
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422		2036326	4258994	392,494	354,712	38,496
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151		2034666	4264244	150,484	112,720	38,519
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325		2045094	4263383	293,560	255,397	38,973
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856		2048328	4256185	312,884	274,586	39,034
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077		2048982	4266945	283,257	244,930	39,121
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075		2057882	4264181	210,828	172,520	39,194
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917		2052809	4258831	308,677	270,229	39,162
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702		2063071	4259319	175,978	137,400	39,316
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599		2058087	4249765	746,704	708,078	39,373
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830		2059785	4256235	276,740	237,989	39,338
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355		2052344	4249593	644,161	605,752	39,152
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702		2049372	4244238	348,067	309,900	38,942
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976		2046834	4247972	978,692	940,509	38,933

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 15*15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	2038187,927	4249277,114	1												
	2039498,044	4256378,376	1												
	2036326,195	4258994,064	1												
	2034665,711	4264244,021	1												
A 15*3	2045094,317	4263383,207	1												
	2048328,293	4256185,126	1												
	2048982,056	4266944,752	1												
	2057881,850	4264181,049	1												
	2052808,828	4258830,877	1												
	2063070,719	4259318,912	1												
	2058086,965	4249764,611	1												
	2059784,874	4256235,409	1												
	2052343,537	4249592,714	1												
	2049371,860	4244238,297	1												
	2046834,089	4247971,849	1												

	-0,734
	-0,852
	-0,714
	-0,755
b 15*1	-0,810
	-0,736
	-0,794
	-0,886
	-0,714
	-0,738
	-0,747
	-0,587
	-0,743
	-0,775
	-0,750

	2038188	2039498	2036326	2034666	2045094	2048328	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2059785	2052344	2049372	2046834
A^T 3*15	4249277	4256378	4258994	4264244	4263383	4256185	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4256235	4249593	4244238	4247972
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2038188	2039498	2036326	2034666	2045094	2048328	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2059785	2052344	2049372	2046834
A^T P 3*15	4249277	4256378	4258994	4264244	4263383	4256185	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4256235	4249593	4244238	4247972
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	6,3E+13	1,3E+14	3,1E+07			9,2E-10	6,5E-11	-0,0022			-2E+07			1,3E-06	
A^T P A 3*3	1,3E+14	2,7E+14	6,4E+07			6,5E-11	1,5E-09	-0,0066			-5E+07			-2E-06	
	3,1E+07	6,4E+07	15			-0,0022	-0,0066	32382			-11,337			6,98086	

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ^r	λ^r	R (m)	x	y	h	H	$N_{EIGEN-6C4}$
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	6371000	2038188	4249277	482,060	444,210	38,526
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993		2039498	4256378	361,454	323,675	38,572
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422		2036326	4258994	392,494	354,712	38,439
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151		2034666	4264244	150,484	112,720	38,465
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325		2045094	4263383	293,560	255,397	38,914
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856		2048328	4256185	312,884	274,586	38,972
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077		2048982	4266945	283,257	244,930	39,063
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075		2057882	4264181	210,828	172,520	39,135
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917		2052809	4258831	308,677	270,229	39,100
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702		2063071	4259319	175,978	137,400	39,256
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599		2058087	4249765	746,704	708,078	39,309
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830		2059785	4256235	276,740	237,989	39,276
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355		2052344	4249593	644,161	605,752	39,088
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702		2049372	4244238	348,067	309,900	38,878
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976		2046834	4247972	978,692	940,509	38,871

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 15*15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	2038187,927	4249277,114	1
	2039498,044	4256378,376	1
	2036326,195	4258994,064	1
	2034665,711	4264244,021	1
A 15*3	2045094,317	4263383,207	1
	2048328,293	4256185,126	1
	2048982,056	4266944,752	1
	2057881,850	4264181,049	1
	2052808,828	4258830,877	1
	2063070,719	4259318,912	1
	2058086,965	4249764,611	1
	2059784,874	4256235,409	1
	2052343,537	4249592,714	1
	2049371,860	4244238,297	1
	2046834,089	4247971,849	1

	-0,676
	-0,793
	-0,657
	-0,701
b 15*1	-0,751
	-0,674
	-0,736
	-0,827
	-0,652
	-0,678
	-0,683
	-0,525
	-0,679
	-0,711
	-0,688

	2038188	2039498	2036326	2034666	2045094	2048328	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2059785	2052344	2049372	2046834
A^T 3*15	4249277	4256378	4258994	4264244	4263383	4256185	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4256235	4249593	4244238	4247972
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2038188	2039498	2036326	2034666	2045094	2048328	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2059785	2052344	2049372	2046834
A^TP 3*15	4249277	4256378	4258994	4264244	4263383	4256185	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4256235	4249593	4244238	4247972
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	6,3E+13	1,3E+14	3,1E+07			9,2E-10	6,5E-11	-0,0022			-2E+07			1,5E-06	
A^TPA 3*3	1,3E+14	2,7E+14	6,4E+07		(A^TPA)^T3*3	6,5E-11	1,5E-09	-0,0066		A^TP b 3*1	-4E+07		x 3*1	-3E-06	
	3,1E+07	6,4E+07	15			-0,0022	-0,0066	32382			-10,43			7,77355	

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ^r	λ^r	R (m)	x	y	h	H	N_{GECO}
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	6371000	2038188	4249277	482,060	444,210	38,586
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993		2039498	4256378	361,454	323,675	38,634
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422		2036326	4258994	392,494	354,712	38,502
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151		2034666	4264244	150,484	112,720	38,527
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325		2045094	4263383	293,560	255,397	38,972
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856		2048328	4256185	312,884	274,586	39,030
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077		2048982	4266945	283,257	244,930	39,117
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075		2057882	4264181	210,828	172,520	39,180
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917		2052809	4258831	308,677	270,229	39,153
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702		2063071	4259319	175,978	137,400	39,298
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599		2058087	4249765	746,704	708,078	39,360
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830		2059785	4256235	276,740	237,989	39,323
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355		2052344	4249593	644,161	605,752	39,144
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702		2049372	4244238	348,067	309,900	38,934
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976		2046834	4247972	978,692	940,509	38,929

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 15*15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	2038187,927	4249277,114	1
	2039498,044	4256378,376	1
	2036326,195	4258994,064	1
	2034665,711	4264244,021	1
A 15*3	2045094,317	4263383,207	1
	2048328,293	4256185,126	1
	2048982,056	4266944,752	1
	2057881,850	4264181,049	1
	2052808,828	4258830,877	1
	2063070,719	4259318,912	1
	2058086,965	4249764,611	1
	2059784,874	4256235,409	1
	2052343,537	4249592,714	1
	2049371,860	4244238,297	1
	2046834,089	4247971,849	1

	-0,736
	-0,855
	-0,720
	-0,763
b 15*1	-0,809
	-0,732
	-0,790
	-0,872
	-0,705
	-0,720
	-0,734
	-0,572
	-0,735
	-0,767
	-0,746

	2038188	2039498	2036326	2034666	2045094	2048328	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2059785	2052344	2049372	2046834
A^T 3*15	4249277	4256378	4258994	4264244	4263383	4256185	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4256235	4249593	4244238	4247972
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2038188	2039498	2036326	2034666	2045094	2048328	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2059785	2052344	2049372	2046834
A^T P 3*15	4249277	4256378	4258994	4264244	4263383	4256185	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4256235	4249593	4244238	4247972
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	6,3E+13	1,3E+14	3,1E+07			9,2E-10	6,5E-11	-0,0022			-2E+07			2,2E-06	
A^T P A 3*3	1,3E+14	2,7E+14	6,4E+07		(A^T P A)⁻¹ 3*3	6,5E-11	1,5E-09	-0,0066		A^T P b 3*1	-5E+07		x 3*1	-3E-06	
	3,1E+07	6,4E+07	15			-0,0022	-0,0066	32382			-11,256			5,56097	

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ^r	λ^r	R (m)	x	y	h	H	$N_{ECM,2008}$
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	6371000	2038188	4249277	482,060	444,210	38,584
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993		2039498	4256378	361,454	323,675	38,631
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422		2036326	4258994	392,494	354,712	38,496
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151		2034666	4264244	150,484	112,720	38,519
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325		2045094	4263383	293,560	255,397	38,973
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856		2048328	4256185	312,884	274,586	39,034
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077		2048982	4266945	283,257	244,930	39,121
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075		2057882	4264181	210,828	172,520	39,194
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917		2052809	4258831	308,677	270,229	39,162
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702		2063071	4259319	175,978	137,400	39,316
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599		2058087	4249765	746,704	708,078	39,373
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830		2059785	4256235	276,740	237,989	39,338
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355		2052344	4249593	644,161	605,752	39,152
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702		2049372	4244238	348,067	309,900	38,942
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976		2046834	4247972	978,692	940,509	38,933

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P 10*10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	2038187,927	4249277,114	1
	2036326,195	4258994,064	1
	2034665,711	4264244,021	1
	2048982,056	4266944,752	1
A 10*3	2057881,850	4264181,049	1
	2052808,828	4258830,877	1
	2063070,719	4259318,912	1
	2058086,965	4249764,611	1
	2049371,860	4244238,297	1
	2046834,089	4247971,849	1

	-0,734
	-0,714
	-0,755
	-0,794
b 10*1	-0,886
	-0,714
	-0,738
	-0,747
	-0,775
	-0,750

A ^T 3*10	2038188	2036326	2034666	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2049372	2046834											
	4249277	4258994	4264244	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4244238	4247972											
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
A ^T P 3*10	2038188	2036326	2034666	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2049372	2046834											
	4249277	4258994	4264244	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4244238	4247972											
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
A ^T P A 3*3	4,2E+13	8,7E+13	2E+07			1,2E-09	-9E-12	-0,0023			-2E+07										-1,7E-06
	8,7E+13	1,8E+14	4,3E+07		(A ^T P A) ⁻¹ 3*3	-9E-12	1,8E-09	-0,0075			-3E+07										-2,1E-06
	2E+07	4,3E+07	10			-0,0023	-0,0075	36615			-7,6083										11,57346

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ^r	λ^r	R (m)	x	y	h	H	$N_{EIGEN-6C4}$
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	6371000	2038188	4249277	482,060	444,210	38,526
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993		2039498	4256378	361,454	323,675	38,572
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422		2036326	4258994	392,494	354,712	38,439
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151		2034666	4264244	150,484	112,720	38,465
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325		2045094	4263383	293,560	255,397	38,914
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856		2048328	4256185	312,884	274,586	38,972
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077		2048982	4266945	283,257	244,930	39,063
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075		2057882	4264181	210,828	172,520	39,135
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917		2052809	4258831	308,677	270,229	39,100
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702		2063071	4259319	175,978	137,400	39,256
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,4111746444686599		2058087	4249765	746,704	708,078	39,309
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830		2059785	4256235	276,740	237,989	39,276
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355		2052344	4249593	644,161	605,752	39,088
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702		2049372	4244238	348,067	309,900	38,878
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976		2046834	4247972	978,692	940,509	38,871

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P 10*10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	2038187,927	4249277,114	1
	2036326,195	4258994,064	1
	2034665,711	4264244,021	1
	2048982,056	4266944,752	1
A 10*3	2057881,850	4264181,049	1
	2052808,828	4258830,877	1
	2063070,719	4259318,912	1
	2058086,965	4249764,611	1
	2049371,860	4244238,297	1
	2046834,089	4247971,849	1

	-0,676
	-0,657
	-0,701
	-0,736
b 10*1	-0,827
	-0,652
	-0,678
	-0,683
	-0,711
	-0,688

	2038188	2036326	2034666	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2049372	2046834				
A ^T 3*10	4249277	4258994	4264244	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4244238	4247972				
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	2038188	2036326	2034666	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2049372	2046834				
A ^T P 3*10	4249277	4258994	4264244	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4244238	4247972				
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	4,2E+13	8,7E+13	2E+07			1,2E-09	-9E-12	-0,0023			-1E+07			-1,5E-06
A ^T P A 3*3	8,7E+13	1,8E+14	4,3E+07		(A ^T P A) ⁻¹ 3*3	-9E-12	1,8E-09	-0,0075			A ^T P b 3*1	-3E+07	x 3*1	-2,3E-06
	2E+07	4,3E+07	10			-0,0023	-0,0075	36615			-7,0079			12,32813

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ^r	λ^r	R (m)	x	y	h	H	N_{CECO}
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	6371000	2038188	4249277	482,060	444,210	38,586
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993		2039498	4256378	361,454	323,675	38,634
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422		2036326	4258994	392,494	354,712	38,502
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151		2034666	4264244	150,484	112,720	38,527
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325		2045094	4263383	293,560	255,397	38,972
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856		2048328	4256185	312,884	274,586	39,030
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077		2048982	4266945	283,257	244,930	39,117
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075		2057882	4264181	210,828	172,520	39,180
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917		2052809	4258831	308,677	270,229	39,153
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702		2063071	4259319	175,978	137,400	39,298
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599		2058087	4249765	746,704	708,078	39,360
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830		2059785	4256235	276,740	237,989	39,323
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355		2052344	4249593	644,161	605,752	39,144
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702		2049372	4244238	348,067	309,900	38,934
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976		2046834	4247972	978,692	940,509	38,929

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P 10*10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	2038187,927	4249277,114	1
	2036326,195	4258994,064	1
	2034665,711	4264244,021	1
	2048982,056	4266944,752	1
A 10*3	2057881,850	4264181,049	1
	2052808,828	4258830,877	1
	2063070,719	4259318,912	1
	2058086,965	4249764,611	1
	2049371,860	4244238,297	1
	2046834,089	4247971,849	1

	-0,736
	-0,720
	-0,763
	-0,790
b 10*1	-0,872
	-0,705
	-0,720
	-0,734
	-0,767
	-0,746

	2038188	2036326	2034666	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2049372	2046834				
A ^T 3*10	4249277	4258994	4264244	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4244238	4247972				
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	2038188	2036326	2034666	2048982	2057882	2052809	2063071	2058087	2049372	2046834				
A ^T P 3*10	4249277	4258994	4264244	4266945	4264181	4258831	4259319	4249765	4244238	4247972				
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	4,2E+13	8,7E+13	2E+07			1,2E-09	-9E-12	-0,0023			-2E+07			-8,23E-07
A ^T P A 3*3	8,7E+13	1,8E+14	4,3E+07		(A ^T P A) ^T 3*3	-9E-12	1,8E-09	-0,0075			A ^T P b 3*1	-3E+07	x 3*1	-2,17E-06
	2E+07	4,3E+07	10			-0,0023	-0,0075	36615			-7,5532			10,14632

	-0,696		0,020		0,020															
	-0,707		-0,086		-0,086															
	-0,722		0,065		0,065															
	-0,741		0,040		0,040															
Ax 15*1	-0,716	v 15*1	-0,035	Pv 15*1	-0,035															
	-0,690		0,016		0,016			v^TPv 1*1	0,058											
	-0,723		-0,013		-0,013					Cx 4*4										
	-0,706		-0,121		-0,121															
	-0,692		0,040		0,040			σ²	0,0053											
	-0,688		0,010		0,010															
	-0,663		-0,019		-0,019															
	-0,679		0,154		0,154															
	-0,669		-0,010		-0,010															
	-0,664		-0,047		-0,047															
	-0,674		-0,013		-0,013															
v^T 1*15	0,020	-0,086	0,065	0,040	-0,035	0,016	-0,013	-0,121	0,040	0,010	-0,019	0,154	-0,010	-0,047	-0,013					

H'	H-H'
444,230	-0,020
323,589	0,086
354,777	-0,065
112,760	-0,040
255,362	0,035
274,602	-0,016
244,917	0,013
172,399	0,121
270,269	-0,040
137,410	-0,010
708,059	0,019
238,143	-0,154
605,742	0,010
309,853	0,047
940,496	0,013
std	0,065
average	0,00007

A/A: 8

Μοντέλο: EIGEN_6C4

Έλεγχος: Εσωτερικής ακρίβειας (συμμετοχή 15 σημείων)

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ^c	λ^c	φ^r	λ^r	x	y	z	h	H	$N_{EIGEN-6c4}$
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	0,72146	0,31115	0,61861	482,060	444,210	38,526
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993	0,72064	0,31132	0,61948	361,454	323,675	38,572
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422	0,72056	0,31086	0,61981	392,494	354,712	38,439
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151	0,72011	0,31061	0,62045	150,484	112,720	38,465
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325	0,71955	0,31211	0,62035	293,560	255,397	38,914
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856	0,72011	0,3126	0,61946	312,884	274,586	38,972
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077	0,71893	0,31267	0,62079	283,257	244,930	39,063
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075	0,71867	0,31395	0,62045	210,828	172,520	39,135
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917	0,71955	0,31323	0,61979	308,677	270,229	39,100
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702	0,71885	0,31471	0,61985	175,978	137,400	39,256
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599	0,72017	0,31401	0,61867	746,704	708,078	39,309
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830	0,71938	0,31424	0,61947	276,740	237,989	39,276
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355	0,72055	0,31319	0,61865	644,161	605,752	39,088
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702	0,72129	0,31277	0,61799	348,067	309,900	38,878
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976	0,72106	0,3124	0,61845	978,692	940,509	38,871

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P 10*10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	1	0,721462516	0,311149589	0,618609547
	1	0,720558755	0,310860357	0,619807162
	1	0,720110341	0,310609726	0,62045362
	1	0,718933094	0,312665848	0,620786013
A 10*4	1	0,718665936	0,313952538	0,620445869
	1	0,719547172	0,313234522	0,619787061
	1	0,7188514	0,314709619	0,619847175
	1	0,720168739	0,314014065	0,618669665
	1	0,721293801	0,312771725	0,617987945
	1	0,721060876	0,312398123	0,618448563

	-0,676
	-0,657
	-0,701
	-0,736
b 10*1	-0,827
	-0,652
	-0,678
	-0,683
	-0,711
	-0,688

A ^T 4*10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
	0,72146	0,72056	0,72011	0,71893	0,71867	0,71955	0,71885	0,72017	0,72129	0,72106										
	0,31115	0,31086	0,31061	0,31267	0,31395	0,31323	0,31471	0,31401	0,31277	0,31240										
	0,61861	0,61981	0,62045	0,62079	0,62045	0,61979	0,61985	0,61867	0,61799	0,61845										
A ^P 4*10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
	0,72146	0,72056	0,72011	0,71893	0,71867	0,71955	0,71885	0,72017	0,72129	0,72106										
	0,31115	0,31086	0,31061	0,31267	0,31395	0,31323	0,31471	0,31401	0,31277	0,31240										
	0,61861	0,61981	0,62045	0,62079	0,62045	0,61979	0,61985	0,61867	0,61799	0,61845										
A ^P A 4*4	10	7,20065	3,12637	6,19484	(A ^P A) ^T 4*4	1,9E+11	-1E+11	-6E+10	-1E+11	A ^P b 4*1	-7,0079	x 4*1	-16195,21							
	7,20065	5,18495	2,25118	4,46068		-1E+11	9,7E+10	4,2E+10	8,4E+10		-5,0460		11671,15							
	3,12637	2,25118	0,97743	1,93673		-6E+10	4,2E+10	1,8E+10	3,6E+10		-2,1911		5056,28							
	6,19484	4,46068	1,93673	3,83762		-1E+11	8,4E+10	3,6E+10	7,2E+10		-4,3415		10024,05							

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ'	λ'	x	y	z	k	h	H	N_{GEO}
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	0,72146	0,31115	0,61861	0,38268	482,060	444,210	38,586
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993	0,72064	0,31132	0,61948	0,38376	361,454	323,675	38,634
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422	0,72056	0,31086	0,61981	0,38416	392,494	354,712	38,502
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151	0,72011	0,31061	0,62045	0,38496	150,484	112,720	38,527
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325	0,71955	0,31211	0,62035	0,38483	293,560	255,397	38,972
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856	0,72011	0,3126	0,61946	0,38373	312,884	274,586	39,030
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077	0,71893	0,31267	0,62079	0,38538	283,257	244,930	39,117
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075	0,71867	0,31395	0,62045	0,38495	210,828	172,520	39,180
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917	0,71955	0,31323	0,61979	0,38414	308,677	270,229	39,153
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702	0,71885	0,31471	0,61985	0,38421	175,978	137,400	39,298
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599	0,72017	0,31401	0,61867	0,38275	746,704	708,078	39,360
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,41183464309830	0,71938	0,31424	0,61947	0,38374	276,740	237,989	39,323
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355	0,72055	0,31319	0,61865	0,38273	644,161	605,752	39,144
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702	0,72129	0,31277	0,61799	0,38191	348,067	309,900	38,934
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976	0,72106	0,3124	0,61845	0,38248	978,692	940,509	38,929

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 15*15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	1	0,72146252	0,311149589	0,618609547	0,382677772	-0,736
	1	0,72063609	0,311323084	0,61948492	0,383761566	-0,855
	1	0,72055876	0,310860357	0,619807162	0,384160918	-0,720
	1	0,72011034	0,310609726	0,62045362	0,384962695	-0,763
A 15*5	1	0,71955102	0,31211396	0,620347652	0,38483121	-0,809
	1	0,7201056	0,312595372	0,619461108	0,383732065	-0,732
	1	0,71893309	0,312665848	0,620786013	0,385375274	-0,790
	1	0,71866594	0,313952538	0,620445869	0,384953076	-0,872
	1	0,71954717	0,313234522	0,619787061	0,384136002	-0,705
	1	0,7188514	0,314709619	0,619847175	0,38421052	-0,720
	1	0,72016874	0,314014065	0,618669665	0,382752155	-0,734
	1	0,71938237	0,314243963	0,619467304	0,383739741	-0,572
	1	0,72054662	0,313187878	0,618648467	0,382725926	-0,735
	1	0,7212938	0,312771725	0,617987945	0,381909101	-0,767
	1	0,72106088	0,312398123	0,618448563	0,382478625	-0,746

	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A' 5*15	0,72146	0,72064	0,72056	0,72011	0,71955	0,72011	0,71893	0,71867	0,71955	0,71885	0,72017	0,71938	0,72055	0,72129	0,72106			
	0,31115	0,31132	0,31086	0,31061	0,31211	0,31260	0,31267	0,31395	0,31323	0,31471	0,31401	0,31424	0,31319	0,31277	0,31240			
	0,61861	0,61948	0,61981	0,62045	0,62035	0,61946	0,62079	0,62045	0,61979	0,61985	0,61867	0,61947	0,61865	0,61799	0,61845			
	0,38268	0,38376	0,38416	0,38496	0,38483	0,38373	0,38538	0,38495	0,38414	0,38421	0,38275	0,38374	0,38273	0,38191	0,38248			
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
A'P 5*15	0,72146	0,72064	0,72056	0,72011	0,71955	0,72011	0,71893	0,71867	0,71955	0,71885	0,72017	0,71938	0,72055	0,72129	0,72106			
	0,31115	0,31132	0,31086	0,31061	0,31211	0,31260	0,31267	0,31395	0,31323	0,31471	0,31401	0,31424	0,31319	0,31277	0,31240			
	0,61861	0,61948	0,61981	0,62045	0,62035	0,61946	0,62079	0,62045	0,61979	0,61985	0,61867	0,61947	0,61865	0,61799	0,61845			
	0,38268	0,38376	0,38416	0,38496	0,38483	0,38373	0,38538	0,38495	0,38414	0,38421	0,38275	0,38374	0,38273	0,38191	0,38248			
	15	10,8009	4,68983	9,29225	5,75641			1E+11	-7E+10	-3E+10	-1E+11	3,3E+10			-11,2558			-9710,99
	10,8009	7,77727	3,37694	6,69095	4,14494			-7E+10	5,4E+10	2,4E+10	1,3E+10	2,8E+10			-8,1048			-5082,30
A'P A 5*5	4,68983	3,37694	1,46632	2,90527	1,79977			-3E+10	2,4E+10	1E+10	5,5E+09	1,2E+10			-3,5188		x 5*1	-2193,56
	9,29225	6,69095	2,90527	5,75641	3,56601			-1E+11	1,3E+10	5,5E+09	2,7E+11	-2E+11			-6,9730			49778,71
	5,75641	4,14494	1,79977	3,56601	2,2091			3,3E+10	2,8E+10	1,2E+10	-2E+11	1,8E+11			-4,3198			-43729,02

ΚΩΔΙΚΟΣ	φ°	λ°	φ^r	λ^r	x	y	z	k	h	H	$N_{EIGEN-6C4}$
106097	38,21466718	23,32938523	0,666971764806031	0,407174584642368	0,72146	0,31115	0,61861	0,38268	482,060	444,210	38,526
119013	38,27853037	23,36490018	0,668086387722966	0,407794437598993	0,72064	0,31132	0,61948	0,38376	361,454	323,675	38,572
119027	38,30205381	23,33612553	0,668496949328413	0,407292225118422	0,72056	0,31086	0,61981	0,38416	392,494	354,712	38,439
119054	38,34926781	23,33228993	0,669320989081449	0,407225281221151	0,72011	0,31061	0,62045	0,38496	150,484	112,720	38,465
119052	38,34152633	23,44937232	0,669185874611331	0,409268754500325	0,71955	0,31211	0,62035	0,38483	293,560	255,397	38,914
119014	38,27679243	23,46549961	0,668056054918675	0,409550228790856	0,72011	0,3126	0,61946	0,38373	312,884	274,586	38,972
379042	38,37355606	23,50434583	0,669744899013497	0,410228223319077	0,71893	0,31267	0,62079	0,38538	283,257	244,930	39,063
379035	38,34870149	23,59833374	0,669311104894044	0,411868621728075	0,71867	0,31395	0,62045	0,38495	210,828	172,520	39,135
379015	38,30058624	23,52453921	0,668471335312643	0,410580664199917	0,71955	0,31323	0,61979	0,38414	308,677	270,229	39,100
379018	38,30497524	23,64356770	0,668547937765031	0,412658103234702	0,71885	0,31471	0,61985	0,38421	175,978	137,400	39,256
17090	38,21905135	23,55857178	0,667048282997802	0,411174644686599	0,72017	0,31401	0,61867	0,38275	746,704	708,078	39,309
379008	38,27724464	23,59689233	0,668063947491478	0,411843464309830	0,71938	0,31424	0,61947	0,38374	276,740	237,989	39,276
106098	38,21750544	23,49232861	0,667021301807452	0,410018483224355	0,72055	0,31319	0,61865	0,38273	644,161	605,752	39,088
106075	38,16935201	23,44280750	0,666180865898127	0,409154176834702	0,72129	0,31277	0,61799	0,38191	348,067	309,900	38,878
106092	38,20292865	23,42457237	0,666766888895454	0,408835913766976	0,72106	0,3124	0,61845	0,38248	978,692	940,509	38,871

	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
P 10*10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

	1	0,721462516	0,311149589	0,618609547	0,382677772						-0,676
	1	0,720558755	0,310860357	0,619807162	0,384160918						-0,657
	1	0,720110341	0,310609726	0,620453620	0,384962695						-0,701
	1	0,718933094	0,312665848	0,620786013	0,385375274						-0,736
A 10*5	1	0,718665936	0,313952538	0,620445869	0,384953076				b 10*1		-0,827
	1	0,719547172	0,313234522	0,619787061	0,384136002						-0,652
	1	0,718851400	0,314709619	0,619847175	0,384210520						-0,678
	1	0,720168739	0,314014065	0,618669665	0,382752155						-0,683
	1	0,721293801	0,312771725	0,617987945	0,381909101						-0,711
	1	0,721060876	0,312398123	0,618448563	0,382478625						-0,688

	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
A ^T 5*10	0,72146	0,72056	0,72011	0,71893	0,71867	0,71955	0,71885	0,72017	0,72129	0,72106									
	0,31115	0,31086	0,31061	0,31267	0,31395	0,31323	0,31471	0,31401	0,31277	0,31240									
	0,61861	0,61981	0,62045	0,62079	0,62045	0,61979	0,61985	0,61867	0,61799	0,61845									
	0,38268	0,38416	0,38496	0,38538	0,38495	0,38414	0,38421	0,38275	0,38191	0,38248									
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
A ^T P 5*10	0,72146	0,72056	0,72011	0,71893	0,71867	0,71955	0,71885	0,72017	0,72129	0,72106									
	0,31115	0,31086	0,31061	0,31267	0,31395	0,31323	0,31471	0,31401	0,31277	0,31240									
	0,61861	0,61981	0,62045	0,62079	0,62045	0,61979	0,61985	0,61867	0,61799	0,61845									
	0,38268	0,38416	0,38496	0,38538	0,38495	0,38414	0,38421	0,38275	0,38191	0,38248									
	10	7,20065	3,12637	6,19484	3,83762			2,1E+11	-1E+11	-6E+10	-2E+11	7,9E+10							
	7,20065	5,18495	2,25118	4,46068	2,76332			-1E+11	9,8E+10	4,2E+10	7E+10	1,1E+10							
A ^T P A 5*5	3,12637	2,25118	0,97743	1,93673	1,19978	(A ^T P A) ^{5*5}		-6E+10	4,2E+10	1,8E+10	3,1E+10	4,7E+09	A ^T P b 5*1	-2,1911	x 5*1	-30004,51			
	6,19484	4,46068	1,93673	3,83762	2,37735			-2E+11	7E+10	3,1E+10	4,3E+11	-3E+11				4233,13			
	3,83762	2,76332	1,19978	2,37735	1,47274			7,9E+10	1,1E+10	4,7E+09	-3E+11	2,5E+11				61473,45			
																-42846,53			

	-0,665		-0,011		-0,011															
	-0,653		-0,004		-0,004															
	-0,713		0,012		0,012															
	-0,765		0,029		0,029		$v^T P v 1^* 1$	0,009						4E+08	-2E+08	-1E+08	-4E+08	1E+08		
$A x 10^* 1$	-0,751	$v 10^* 1$	-0,076	$P v 10^* 1$	-0,076									-2E+08	2E+08	8E+07	1E+08	2E+07		
	-0,663		0,011		0,011									-1E+08	8E+07	3E+07	6E+07	9E+06		
	-0,720		0,042		0,042		σ^2	0,0019						-4E+08	1E+08	6E+07	8E+08	-5E+08		
	-0,682		0,000		0,000									1E+08	2E+07	9E+06	-5E+08	5E+08		
	-0,725		0,014		0,014															
	-0,671		-0,017		-0,017															
$v^T 1^* 10$	-0,011	-0,004	0,012	0,029	-0,076	0,011	0,042	0,000	0,014	-0,017										

H'	H-H'
323,519	0,156
255,341	0,056
274,550	0,036
238,144	-0,155
605,736	0,016
std	0,11
average	0,0217

A/A: 17

Μοντέλο: EIGEN_6C4

Έλεγχος: Εξωτερικής ακρίβειας (συμμετοχή 10 σημείων)

