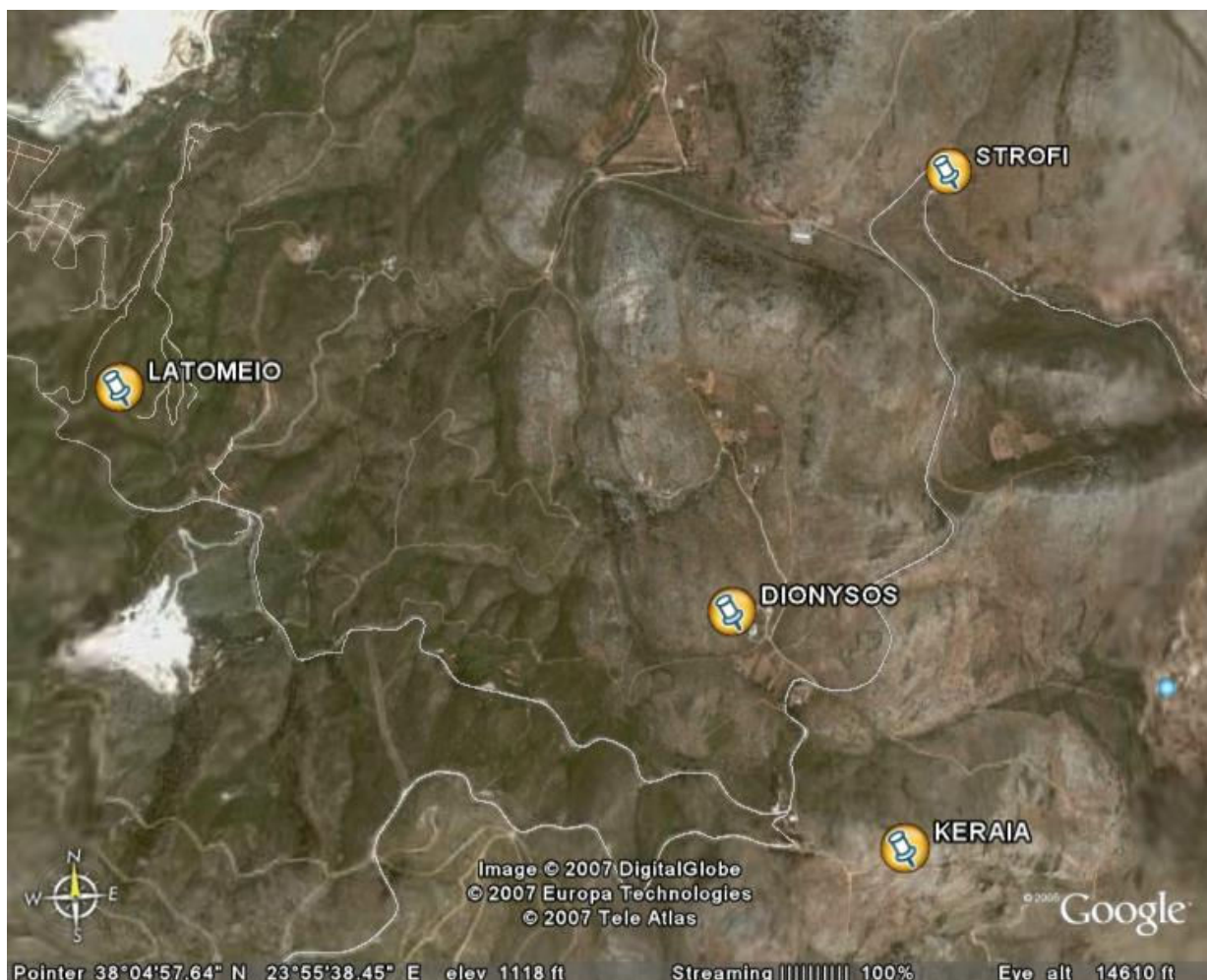




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΟΝΥΣΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δ. ΣΤΑΘΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΘΕΟΦΑΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ , 2008



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΟΝΥΣΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΘΕΟΦΑΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ , 2008

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Προσδιορισμός ορθομετρικών και γεωμετρικών υψομετρικών διαφορών με χρήση Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας και δορυφορικών μεθόδων, εφαρμογή στην περιοχή Διονύσου Αττικής» ανατέθηκε στο Θεοφάνη Δ. Παπανικολάου από το καθηγητή του τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π., Δημοσθένη Σταθά.

Αντικείμενό της είναι ο υπολογισμός υψομετρικών διαφορών μεταξύ τεσσάρων σημείων που βρίσκονται στην περιοχή Διονύσου Αττικής, με χρήση Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας και του συστήματος G.P.S. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με παλαιότερα δεδομένα.

Η εργασία περιλαμβάνει τα εξής κεφάλαια:

1. Εισαγωγή, στην οποία αναφέρονται γενικά οι μέθοδοι προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών.
2. Βασικές θεωρητικές έννοιες, αναφέρονται βασικοί ορισμοί της τοπογραφίας και Γεωδαισίας.
3. Επίγειες μέθοδοι προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, αναλύονται οι επίγειες μέθοδοι υπολογισμού υψομετρικών διαφορών.
4. Χρήση του παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης, γενικά στοιχεία για τη χρήση του G.P.S. στη Γεωδαισία.
5. Εφαρμογή μετρήσεων στο πεδίο, περιγράφονται η περιοχή μελέτης, οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν κατά τις μετρήσεις και τα αποτελέσματά τους.
6. Έλεγχος – Σύγκριση αποτελεσμάτων, γίνεται έλεγχος των αποτελεσμάτων με παλαιότερα δεδομένα.
7. Συμπεράσματα, που προκύπτουν από την εργασία.
8. Προτάσεις, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν στο μέλλον.
9. Βιβλιογραφία
10. Παραρτήματα

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα:

- ✓ Τον καθηγητή Δ.Δ. Μπαλοδήμο που αρχικά μου ανέθεσε την εργασία.
- ✓ Τον καθηγητή Δημ. Σταθά.
- ✓ Τους υποψήφιους διδάκτορες Γιώργο Πηνιώτη, Δημήτρα Τσίνη και Δημήτρη Τσίνη για την πολύτιμη βοήθεια τους και καθοδήγησή τους καθ' όλη την διάρκεια της πραγματοποίησης της.
- ✓ Τους Άγγελο, Γιώργο, Σάκη και Παναγιώτη για την πολύτιμη βοήθεια τους στις εργασίες υπαίθρου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ Α

1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	1
1.1 Σχήμα και μέγεθος της Γης	1
1.2 Γεωειδές	1
1.3 Μέση Στάθμη Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.)	3
1.4 Ελλειψοειδές	3
1.5 Η σχέση των τριών υψομέτρων	5
1.6 Απόκλιση κατακορύφου	5
2. ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ	8
2.1 Γενικά περί μεθόδων υψομετρικού προσδιορισμού	8
2.2 Ειδική Γεωμετρική Χωροστάθμηση	8
2.3 Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (Ε.Τ.Υ.)	9
2.4 Διερεύνηση ακρίβειας της μεθόδου	13
3. ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ GPS ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ	18
3.1 Γενικά στοιχεία	18
3.2 Λειτουργικά τμήματα του συστήματος	18
3.3 Εκπεμπόμενο σήμα του δορυφόρου G.P.S.	19
3.4 Μετρήσεις G.P.S.	20
3.5 Προσφερόμενη ακρίβεια του συστήματος	21
3.6 Επίλυση βάσεων	22
3.7 Συστήματα αναφοράς του G.P.S.	22

ΜΕΡΟΣ Β

1. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ	26
1.1 Γενική περιγραφή εργασίας	26
1.2 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν	27
1.3 Βαθμονόμηση	27
1.4 Μετρήσεις Ε.Τ.Υ.	27
1.5 Επεξεργασία μετρήσεων Ε.Τ.Υ.	28
1.6 Μετρήσεις G.P.S.	32
1.7 Επεξεργασία μετρήσεων G.P.S.	32
1.8 Προσαρμογή επιπέδου στο Γεωειδές της περιοχής	34
2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	36
3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	38
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	40
Α. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	41
Β. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Ε.Τ.Υ.	50
R Λατομείου - R Διόνυσος	51
R Διόνυσος - R Κεραία	52
R Κεραία- R Λατομείο	53
R Στροφής- R Κεραία	55
R Στροφής- R Διόνυσος	57
R Λατομείο- R Στροφής	59
ΚΕΡΑΙΑ - ΣΤΡΟΦΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΣΤΑΣΕΙΣ	63
Γ. ΣΥΝΟΡΘΩΣΕΙΣ	67

ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ	68
ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	70
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	72
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	83
Δ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ G.P.S.	85
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2007	86
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2002	94

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός ορθομετρικών και γεωμετρικών υψομετρικών διαφορών με χρήση Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας και Δορυφορικών μεθόδων αντίστοιχα στην περιοχή Διονύσου Αττικής.

Σε κάθε χώρα υπάρχει ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς για τον προσδιορισμό των σημείων της φυσικής γήινης επιφάνειας (Φ.Γ.Ε.), με την βοήθεια του οποίου είναι δυνατός ο υπολογισμός των θέσεων διαφόρων σημείων στο χώρο καθώς επίσης και των σχετικών θέσεων μεταξύ τους είτε και στις τρεις διαστάσεις είτε μόνο σε μια διάσταση-αυτή του ύψους, όπως μελετήθηκε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Ο προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους οι οποίοι χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες :

- Τις επίγειες μεθόδους
- Τις δορυφορικές μεθόδους

Επίγειες Μέθοδοι

Δεδομένης της τοπογραφίας της Ελλάδος που έχει έντονο ανάγλυφο και υπάρχουν πολλά νησιά η διαδικασία προσδιορισμού των υψομετρικών διαφορών είναι πολύπλοκη. Όσον αφορά την σύνδεση μεταξύ των νησιών ένας τρόπος θα ήταν η ύπαρξη ενός ενιαίου δικτύου παλιρροιογράφων –παλιρροιομέτρων οι οποίοι θα ήταν εγκατεστημένοι σε κάθε νησί. Έτσι θα υπήρχαν παρατηρήσεις απ' όλα τα νησιά και με ενιαία συνόρθωση θα μπορούσαν να υπολογιστούν οι διάφορες υψομετρικές διαφορές. Αυτό όμως είναι σχεδόν αδύνατο δεδομένου ότι η Ελλάδα έχει πάρα πολλά νησιά και απαιτείται συνεχής καταγραφή των μετρήσεων των παλιρροιογράφων- παλιρροιομέτρων.

Για την ηπειρωτική Ελλάδα και όπου οι συνθήκες το επιτρέπουν, δηλαδή σε περιοχές με σχετικά όχι μεγάλες υψομετρικές διαφορές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πιο διαδεδομένη και γνωστή μέθοδος της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης η οποία είναι άμεση μέθοδος προσδιορισμού ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών και πολύ ακριβής ταυτόχρονα. Η ακρίβειά της με χρήση χωροβάτη γενικής χρήσης είναι της τάξης $\pm 2\text{--}\pm 5\text{mm/km}$. Η εφαρμογή της μεθόδου με χρήση ειδικών οργάνων και παρελκομένων, μπορεί να δώσει αποτελέσματα με ακρίβειες της τάξης του $\pm 1\text{mm/km}$ ή και καλύτερες. [1]

Ένας άλλος τρόπος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών είναι η Τριγωνομετρική Υψομετρία η οποία είναι έμμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται όργανα τα οποία μετρούν κατακόρυφες γωνίες (θεοδόλιχα) και αποστάσεις (E.D.M.). Σήμερα, συνήθως χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί (Total Stations) και η ακρίβεια της μεθόδου είναι της τάξης των μερικών εκατοστών. Ωστόσο, η ακρίβεια που προσφέρει η μέθοδος είναι συνάρτηση των αβεβαιοτήτων των μεγεθών που υπεισέρχονται στο τύπο υπολογισμού μίας υψομετρικής διαφοράς,

δηλαδή, οι ακρίβειες μέτρησης ύψους στόχου – οργάνου, απόστασης, κατακόρυφης γωνίας κυρίως αλλά και ακτίνας Γης και συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης.

Παραλλαγή της προηγούμενης μεθόδου είναι η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (Ε.Τ.Υ.). Η βασική διαφορά της Ε.Τ.Υ. με την απλή Τριγωνομετρική Υψομετρία είναι ότι στην πρώτη γίνονται αμοιβαίες και ταυτόχρονες μετρήσεις το οποίο συνεπάγεται ότι απαλλάσσει το αποτέλεσμα από το σφάλμα προσδιορισμού ύψους στόχου - οργάνου καθώς επίσης από το συστηματικό σφάλμα λόγω της διάθλασης και της καμπυλότητας της Γης, όχι όμως από την επίδραση της απόκλισης της κατακορύφου. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η τελευταία πρέπει να υπολογιστούν οι δύο συνιστώσες της ξ και η οι οποίες προσδιορίζονται με αστρονομικές παρατηρήσεις και με άλλες μεθόδους όπως μετρήσεις βαρύτητας. Η ακρίβεια που έχει η μέθοδος είναι καλύτερη από $\pm 1\text{cm/km}$, και βέβαια με κατάλληλη μεθοδολογία και παρελκόμενα μπορεί να γίνει ακόμα καλύτερη. [1]

Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται όπως: η Βαρομετρική Υψομετρία η οποία είναι έμμεση μέθοδος προσδιορισμού με ακρίβεια της τάξης $\pm 0.30\text{m}$, η Υδροστατική ή Υδραυλική Χωροστάθμηση η οποία είναι άμεση μέθοδος προσδιορισμού και η ακρίβειά της μπορεί να φτάσει την ακρίβεια της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης, αλλά εφαρμόζεται σε περιορισμένη έκταση.

Δορυφορικές Μέθοδοι

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας εκτός από τις επίγειες μεθόδους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δορυφορικές με χρήση τεχνητών δορυφόρων. Η πιο γνωστή μέθοδος είναι αυτή του G.P.S. (Global Positioning System).

Η χρήση του Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης παρέχει με αρκετά μεγάλη ακρίβεια και ύστερα από κάποια επεξεργασία τις συντεταγμένες X, Y, Z των σημείων σε γεωκεντρικό τρισσορθογώνιο σύστημα αναφοράς και στη συνέχεια τις γεωδαιτικές συντεταγμένες φ , λ , h στο W.G.S. '84 ή σε κάποια άλλη επιφάνεια αναφοράς. Συνεπώς είναι δυνατό να υπολογιστούν οι αποστάσεις των σημείων στο ελλειψοειδές αναφοράς καθώς επίσης και οι υψομετρικές διαφορές είτε των γεωμετρικών υψομέτρων αλλά και των ορθομετρικών αρκεί να είναι γνωστή η αποχή N του Γεωειδούς από το ελλειψοειδές σε κάθε σημείο.

Τέλος, υπάρχει και η μέθοδος της δορυφορικής αλιμετρίας με την οποία μπορεί να αποτυπωθεί η στιγμιαία επιφάνεια της θάλασσας και έπειτα από κάποιες αναγωγές και διορθώσεις να αποδοθεί η σχετική θέση της στάθμης της θάλασσας ως προς το Γεωειδές.

ΜΕΡΟΣ Α

1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

1.1 Σχήμα και μέγεθος της Γης

Ένα από τα αντικείμενα της γεωδαισίας είναι ο προσδιορισμός του σχήματος και του μεγέθους της Γης. Παρόλα αυτά ο καθορισμός αυτός δεν περιγράφει τη Φυσική Γήινη Επιφάνεια (Φ.Γ.Ε.) δηλαδή βουνά, κοιλάδες, ωκεάνια ρήγματα κ.τ.λ., αλλά μια φανταστική επιφάνεια η οποία πλησιάζει τη Μέση Στάθμη της Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.) και την νοητή προέκτασή της κάτω από την ξηρά που ονομάζεται Γεωειδές.

Αν η Γη ήταν ένα ομογενές σώμα, τότε εξαιτίας της βαρύτητας θα είχε ένα απόλυτα σφαιρικό σχήμα, λόγω όμως της περιστροφής της γύρω από τον άξονα της εμφανίζεται φυγόκεντρη δύναμη. Πιο συγκεκριμένα η γραμμική ταχύτητα περιστροφής, η οποία είναι συνάρτηση της κάθετης απόστασης από τον άξονα περιστροφής, είναι μηδενική στους πόλους και μέγιστη στο επίπεδο του ισημερινού. Συνεπώς, η φυγόκεντρη δύναμη είναι μεγαλύτερη σε τόπους κοντά στον ισημερινό παρά σε τόπους με μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Άρα, η επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης δίνει στη Γη ένα σχήμα διογκωμένο στον ισημερινό και πεπλατυσμένο στους πόλους που μπορεί να προσεγγιστεί από ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής, το οποίο προκύπτει από την περιστροφή μιας έλλειψης γύρω από τον μικρό άξονά της.

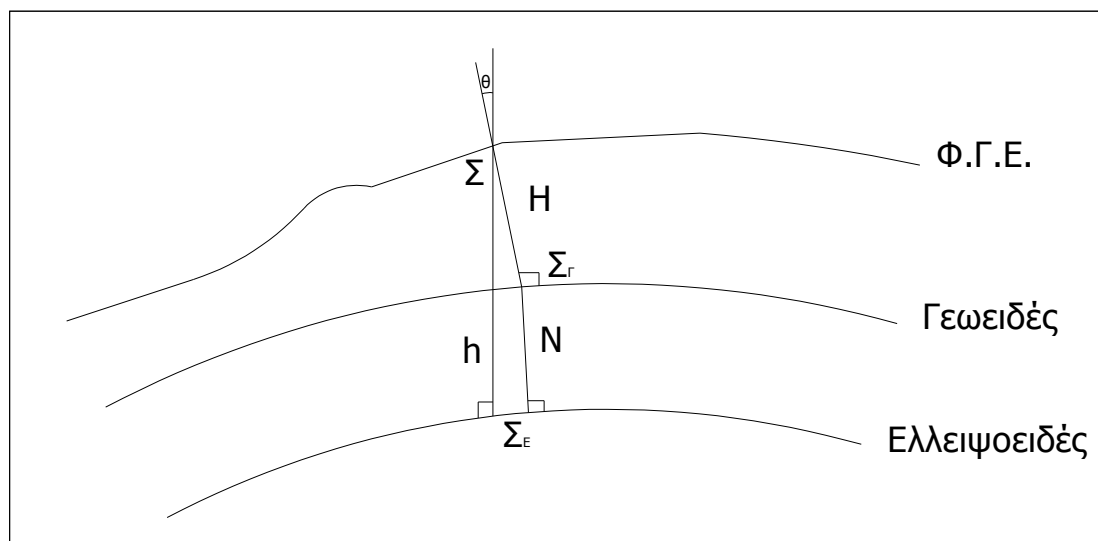
Με την χρήση δορυφορικών μεθόδων μπορεί να υπολογιστεί το βέλτιστο ελλειψοειδές για το οποίο είναι απαραίτητη η γνώση κάποιων βασικών στοιχείων όπως το μέγεθος του μεγάλου ημιάξονα a και του μικρού ημιάξονα b καθώς και η επιπλάτυνση f .

1.2 Γεωειδές

Η ισοδυναμική επιφάνεια έλξης και περιστροφής της Γης, που πλησιάζει περισσότερο την Μ.Σ.Θ. με ακρίβεια $\pm 1\text{m}$ ονομάζεται Γεωειδές. Η Μ.Σ.Θ. θεωρείται ότι έχει διορθωθεί από τις επιδράσεις των μεταβολών της πυκνότητας του θαλάσσιου ύδατος, των κυμάτων, των παλιρροιών, των ρευμάτων και των ατμοσφαιρικών συνθηκών. Έτσι η επιφάνεια αυτή ως ισοδυναμική είναι εξ ορισμού παντού κάθετη στην διεύθυνση της κατακορύφου (διεύθυνση του διανύσματος της βαρύτητας).

Το Γεωειδές είναι μια κλειστή και συνεχής επιφάνεια που εκτείνεται μερικώς μέσα στο στερεό σώμα της Γης. Πρέπει να σημειωθεί ότι το Γεωειδές είναι μια ισοδυναμική επιφάνεια που έχει πάντα τα κοίλα προς τα μέσα. Η καμπυλότητά του παρουσιάζει ασυνέχειες σε σημεία με απότομες μεταβολές της πυκνότητας, συνεπώς δεν είναι μια αναλυτική επιφάνεια, δηλαδή δεν περιγράφεται με απλές μαθηματικές σχέσεις. Γι' αυτό δεν είναι κατάλληλη επιφάνεια αναφοράς για προσδιορισμό οριζοντιογραφικών θέσεων σημείων της Φ.Γ.Ε.. Αντίθετα, είναι πολύ βολική επιφάνεια αναφοράς για υψομετρικό προσδιορισμό θέσης, διότι δεν απαιτούνται πολύπλοκες μαθηματικές σχέσεις. Η γραμμική απόσταση που μετρείται κατά μήκος της κατακορύφου από ένα σημείο Σ

της Φ.Γ.Ε. έως το Γεωειδές σημείο Σ_r , ονομάζεται ορθομετρικό υψόμετρο H του σημείου Σ (σχήμα 1).



Σχήμα 1

Κάθε σημείο Σ της Φ.Γ.Ε. αντιστοιχεί σε ένα μόνο σημείο στο ελλειψοειδές που υλοποιείται με το ίχνος Σ_E της καθέτου από το σημείο πάνω σ' αυτό. Συνεπώς, τα δύο σημεία Σ και Σ_E έχουν τις ίδιες γεωδαιτικές συντεταγμένες (φ , λ) ενώ το μήκος της καθέτου $\Sigma\Sigma_E$ ορίζεται ως το γεωμετρικό υψόμετρο όπως φαίνεται και στο σχήμα 1. Το γεωμετρικό υψόμετρο ενός σημείου μπορεί να προσδιοριστεί με παρατηρήσεις προς τεχνητούς δορυφόρους και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση του συστήματος G.P.S.. Όπως είναι φυσικό η κάθετη στο ελλειψοειδές από το σημείο Σ δεν ταυτίζεται με την κατακόρυφη αλλά διαφέρουν κατά μια γωνία θ η οποία καλείται απόκλιση κατακορύφου.

Η θέση και η μορφή Γεωειδούς προσδιορίζεται με την βοήθεια αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων ή/και μετρήσεων βαρύτητας ή/και αναλύοντας την κίνηση τεχνητών δορυφόρων ή/και με συνδυασμό μετρήσεων με τεχνητούς δορυφόρους (σύστημα G.P.S.) και επίγειων γεωδαιτικών μετρήσεων. Από τις μετρήσεις αυτές υπολογίζονται οι αποχές N του Γεωειδούς από το ελλειψοειδές στις διάφορες θέσεις που έχουν προεπιλεγεί. Εξαιτίας της φύσης του, το Γεωειδές δεν είναι παντού παράλληλο με το ελλειψοειδές συνεπώς η απόσταση μεταξύ τους δεν είναι σταθερή. Η απόσταση αυτή μπορεί να φτάσει τα 100m ενώ η μέση τιμή της είναι $\pm 30m$. [1]

Μεταξύ του ορθομετρικού και γεωμετρικού υψόμετρου του ίδιου σημείου ισχύει η σχέση:

$$h=H+N \quad (1.2.1)$$

όπου: h – το γεωμετρικό υψόμετρο
 H – το ορθομετρικό υψόμετρο
 N – η αποχή του Γεωειδούς

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει και η σχέση:

$$\Delta h = \Delta H + \Delta N \quad (1.2.2)$$

η οποία αναφέρεται σε δύο σημεία, και δεδομένου ότι το Γεωειδές και το ελλειψοειδές δεν είναι παράλληλα, είναι εμφανές ότι $\Delta h \neq \Delta H$.

1.3 Μέση Στάθμη Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.)

Για να προσδιοριστεί η Μ.Σ.Θ., χρειάζονται μακροχρόνιες και συνεχείς παρατηρήσεις της μεταβολής της σχετικά με κάποιο σταθερό σημείο, που βρίσκεται στην στεριά. Η μεταβολή της οφείλεται στην ύπαρξη των παλιρροιών που δημιουργούνται από τις επιδράσεις των ουράνιων σωμάτων και κυριότερα της Σελήνης, καθώς και σε μετακινήσεις του στερεού φλοιού της Γης, υδροστατικές μετακινήσεις που αλλάζουν την στάθμη της θάλασσας, μεταβολές των πολικών πάγων, βαρομετρικές αλλαγές κ.τ.λ..

Η στιγμιαία Μ.Σ.Θ. έχει μεταβολές οι οποίες μπορούν να φτάσουν μέχρι 10m ημερησίως. Αντίθετα οι μεταβολές αυτές μηνιαίως είναι πολύ μικρότερες, δηλαδή της τάξης των μερικών δεκάτων του μέτρου, και ετησίως είναι σχεδόν αμελητέες. Συνήθως, ως Μ.Σ.Θ. λαμβάνεται ο μέσος όρος των ωριαίων υψών κατά την διάρκεια ενός χρόνου. Με τον τρόπο αυτό, λαμβάνονται υπόψη οι παλιρροιακές επιδράσεις του Ήλιου και της Σελήνης. Πάντως, υπάρχουν και ετήσιες αλλαγές που οφείλονται στις μετακινήσεις του φλοιού της Γης, στην τήξη των πάγων κ.τ.λ..

Προκειμένου να προσδιοριστεί η Μ.Σ.Θ. πρέπει να πραγματοποιηθούν κάποιες παρατηρήσεις οι οποίες μπορούν να γίνουν με ειδικά όργανα. Τα όργανα αυτά είναι τα παλιρροιόμετρα και οι παλιρροιογράφοι. Το παλιρροιόμετρο είναι η απλούστερη μορφή οργάνου για τον προσδιορισμό της Μ.Σ.Θ.. Αποτελείται από ένα διηρημένο πήχη, που τοποθετείται κατακόρυφα, μέσα στη θάλασσα, έτσι ώστε το χαμηλότερο σημείο να βρίσκεται πάντοτε πιο κάτω από τη χαμηλότερη στάθμη που φτάνει η θάλασσα λόγω της παλίρροιας. Ο παλιρροιογράφος είναι ένα όργανο που αποτελείται από ένα καταγραφικό αυτογραφικό μηχανισμό και ένα πλωτήρα, ο οποίος τοποθετείται μέσα σε ειδικό σωλήνα στη θάλασσα για να προστατεύεται από τους κυματισμούς. Τέλος, η Μ.Σ.Θ. σε παγκόσμιο επίπεδο μπορεί να προσδιοριστεί με χρήση δορυφορικής αλτιμετρίας, με την βοήθεια των τεχνητών δορυφόρων.

1.4 Ελλειψοειδές

Σήμερα το Γεωειδές μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια της τάξης των μερικών εκατοστών στις περιοχές όπου υπάρχουν πολλά δεδομένα, π.χ. Ευρώπη, Β. Αμερική, Αυστραλία, ενώ όπου δεν υπάρχουν, η ακρίβεια είναι μικρότερη. Επειδή όμως το Γεωειδές είναι μια αρκετά ανώμαλη επιφάνεια, χωρίς μαθηματική σχέση που να περιγράφει την επιφάνειά του, είναι ακατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως επιφάνεια αναφοράς για

γεωδαιτικούς υπολογισμούς διότι αυτοί θα ήταν πάρα πολύ πολύπλοκοι. Έτσι στους συνήθεις γεωδαιτικούς υπολογισμούς (δυο διαστάσεις) η θέση των σημείων που βρίσκονται στην Φ.Γ.Ε. ορίζεται προσδιορίζοντας τις συντεταγμένες τους ως προς κάποια επιφάνεια αναφοράς, που επιλέγεται συμβατικά, αλλά που πλησιάζει όσο το δυνατόν καλύτερα το Γεωειδές και συγχρόνως έχει και απλή μαθηματική έκφραση προκειμένου οι υπολογισμοί να μην είναι τόσο πολύπλοκοι.

Μια απλοποιημένη, λοιπόν, μορφή Γεωειδούς, όπως αναφέρθηκε είναι το σφαιροειδές. Τέτοια σφαιροειδή μελετήθηκαν παλαιότερα (Helmert και Bruns) αλλά δεν βρήκαν πλατιά εφαρμογή γιατί είναι πολύπλοκες γεωμετρικές επιφάνειες.[5]

Σαν απλούστερο μαθηματικό μοντέλο από το σφαιροειδές, μπορεί να θεωρηθεί το τριαξονικό ελλειψοειδές αναφοράς. Τριαξονικά ελλειψοειδή αναφοράς προτάθηκαν στο παρελθόν από διάφορους επιστήμονες επειδή πλησίαζαν καλύτερα το Γεωειδές. Παρόλα αυτά οι μαθηματικές σχέσεις που χρησιμοποιούν για τον προσδιορισμό θέσης σημείων είναι κι αυτές πολύπλοκες. Έτσι η επιφάνεια αναφοράς που χρησιμοποιείται στην Γεωδαισία σήμερα είναι το διαξονικό ελλειψοειδές, το οποίο προκύπτει από την περιστροφή μιας έλλειψης γύρω από τον μικρό της ημιάξονα.

Ένα τέτοιο διαξονικό ελλειψοειδές ορίζεται αποκλειστικά με δύο μόνο παραμέτρους, τους δύο ημιάξονές του, a μεγάλο ημιάξονα και b μικρό ημιάξονα ή συνηθέστερα με τα a και f επιπλάτυνση του ελλειψοειδούς. Επίσης χρησιμοποιούνται και οι παράμετροι e πρώτη εκκεντρότητα του ελλειψοειδούς και e' δεύτερη εκκεντρότητα ελλειψοειδούς που συνδέονται με τους ημιάξονες του ελλειψοειδούς με τις σχέσεις :

- Επιπλάτυνση : $f = \frac{a-b}{a}$ (1.4.1)

- Πρώτη εκκεντρότητα : $e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$ (1.4.2)

- Δεύτερη εκκεντρότητα : $e' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}}$ (1.4.3)

από το οποίο προκύπτει : $1-f = \sqrt{1-e^2} = \sqrt{\frac{1}{1+e'^2}} = \frac{b}{a}$ (1.4.4)

Το πρόβλημα της εύρεσης των διαστάσεων του καλύτερου ελλειψοειδούς εκ περιστροφής, εκείνου δηλαδή που προσαρμόζεται όσο το δυνατόν καλύτερα στο πραγματικό σχήμα της Γης – και γι' αυτό ονομάζεται και γήινο ή μέσο γήινο ελλειψοειδές- είναι ένα από τα κλασσικά προβλήματα της Γεωδαισίας.

Ως γήινο ελλειψοειδές ή γεωκεντρικό ελλειψοειδές θεωρείται εκείνο που το κέντρο του ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της Γης, ο άξονας συμμετρίας του ταυτίζεται με τον άξονα περιστροφής της Γης και προσεγγίζει όσο το δυνατόν καλύτερα σε διαστάσεις το Γεωειδές. Σ' ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων X, Y, Z η εξίσωση του ελλειψοειδούς είναι :

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1 \quad (1.4.5)$$

όπου ο άξονας Z ταυτίζεται με τον άξονα συμμετρίας, ο άξονας X περνά από τον βασικό (ή μηδενικό) μεσημβρινό αναφοράς και ο άξονας Y συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα. Η αρχή του ορθογωνίου συστήματος X, Y, Z βρίσκεται πάντα στο κέντρο βάρους του ελλειψοειδούς. Η θέση ενός σημείου πάνω στο ελλειψοειδές ορίζεται αμφιμονοσήμαντα από τις βάσεις ΔX, ΔY, ΔZ ως προς το ορθογώνιο σύστημα που έχει αφετηρία το κέντρο του ελλειψοειδούς, ή από το γεωδαιτικό πλάτος και γεωδαιτικό μήκος φ, λ αντίστοιχα.

Σήμερα, ο προσδιορισμός των παραμέτρων του βέλτιστου ελλειψοειδούς γίνεται με παρατηρήσεις ως προς τεχνητούς δορυφόρους.

1.5 Η σχέση των τριών υψομέτρων

Ως επιφάνειες αναφοράς στην υψομετρία χρησιμοποιούνται :

- Το Γεωειδές , από το οποίο μετρώνται τα ορθομετρικά υψόμετρα H και το οποίο συνήθως αντικαθίσταται στην πράξη από την Μ.Σ.Θ..
- Το Ελλειψοειδές Αναφοράς, από το οποίο μετρώνται τα γεωμετρικά υψόμετρα h.
- Το Σχεδόν Γεωειδές από το οποίο προσδιορίζονται τα κανονικά υψόμετρα.
- Το Επίπεδο που εφάπτεται σε χωροσταθμική επιφάνεια (για μικρής έκτασης εργασίες).

Αν αγνοηθεί η καμπυλότητα της δυναμικής γραμμής και αν N είναι η απόσταση του Γεωειδούς από το ελλειψοειδές κατά την κάθετο τότε το γεωμετρικό υψόμετρο h υπολογίζεται από την σχέση (1.2.1).

Το γεωμετρικό υψόμετρο h ενός σημείου P μπορεί να υπολογιστεί με παρατηρήσεις ως προς τεχνητούς δορυφόρους και πιο συγκεκριμένα με χρήση του συστήματος G.P.S.. Η αποχή N του Γεωειδούς μπορεί να προσδιοριστεί με αστρογεωδαιτική χωροστάθμηση με ακρίβεια καλύτερη από ±10cm ή και με άλλες μεθόδους. Το ορθομετρικό υψόμετρο H μπορεί να προσδιοριστεί από γεωμετρική χωροστάθμηση με ακρίβεια που φτάνει το ±1mm/km διαδρομής, σε συνδυασμό και με μετρήσεις βαρύτητας.[5]

Με επίγειες μεθόδους, όπως γεωμετρική χωροστάθμηση, τριγωνομετρική υψομετρία, προκύπτουν ορθομετρικές υψομετρικές διαφορές ΔH. Απόλυτα ορθομετρικά υψόμετρα προκύπτουν αν γνωρίζουμε το ορθομετρικό υψόμετρο ενός σταθερού σημείου.

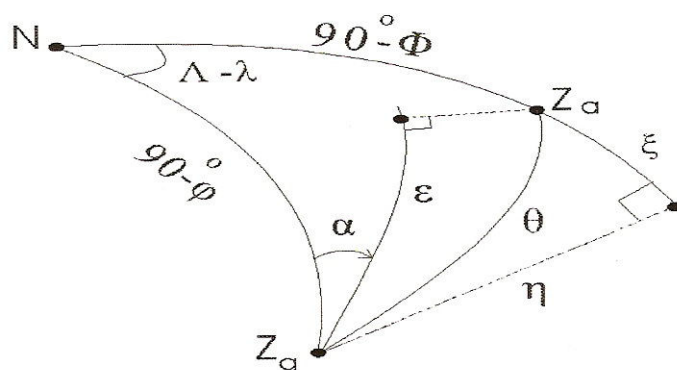
1.6 Απόκλιση κατακορύφου

Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες ενός σημείου με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται σ' ένα datum που έχει επιλεγεί κατά τον καλύτερο τρόπο,

δεν διαφέρουν πολύ από τις αστρονομικές συντεταγμένες του σημείου αυτού. Αυτό οφείλεται στο ότι η κατακόρυφος δεν διαφέρει πολύ από την κάθετο στο ελλειψοειδές ή με άλλα λόγια, ότι το Γεωειδές προσαρμόζεται σχετικά καλά σ' ένα ελλειψοειδές. Οι διαφορές αυτές των συντεταγμένων είναι γενικά μικρότερες από 10" ή 300m περίπου στην επιφάνεια της Γης, αν και πρέπει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα έχει πολύ ανώμαλο πεδίο βαρύτητας και οι διαφορές αυτές μπορούν να φτάσουν σε περιοχές τα 20" (δηλ. περίπου 600m).[5]

Όλα τα μετρημένα μεγέθη στη γεωδαισία, εκτός από τις αποστάσεις, αναφέρονται στο γήινο βαρυτικό πεδίο, δηλαδή στο Γεωειδές και συνεπώς πρέπει να αναχθούν στην επιφάνεια αναφοράς για να γίνουν οι υπολογισμοί. Οι αναγωγές γίνονται ευκολότερες με την χρήση της απόκλισης της κατακορύφου θ . Με τον όρο αυτό εκφράζεται, η γωνία που σχηματίζει η κατακόρυφος σ' ένα σημείο με την κάθετο στο ελλειψοειδές στο ίδιο σημείο, και όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της τόσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά μεταξύ αστρονομικών και γεωδαιτικών συντεταγμένων.

Η απόκλιση της κατακορύφου ως διανυσματικό μέγεθος αναλύεται σε δύο συνιστώσες που συμβολίζονται με τα γράμματα ξ και η . Αν θεωρηθεί ο μικρός άξονας του ελλειψοειδούς αναφοράς ότι είναι παράλληλος με το μέσο άξονα περιστροφής της Γης και ότι ο μηδενικός μεσημβρινός του ελλειψοειδούς είναι παράλληλος με το μεσημβρινό του Greenwich, τότε αν οι άξονες έρθουν σε σύμπτωση με παράλληλη μετάθεση και αν με κέντρο το τυχόν σημείο P θεωρηθεί η μοναδιαία σφαίρα, προκύπτει το σφαιρικό τρίγωνο του παρακάτω σχήματος:



Σχήμα 2: Συνιστώσες απόκλισης κατακορύφου.

όπου: α – το αζιμούθιο

θ – η απόκλιση της κατακορύφου

η – η συνιστώσα της κατακορύφου κατά το αστρονομικό μήκος Λ

ξ – η συνιστώσα της κατακορύφου κατά το αστρονομικό πλάτος Φ

ε – η απόκλιση της κατακορύφου κατά το αζιμούθιο α

N – ο βορράς (North)

Από το σχήμα 2 προκύπτει ότι:

$$\xi = \Phi - \varphi \quad (1.6.1)$$

$$\eta = (\Lambda - \lambda) \cos \varphi \quad (1.6.2)$$

όπου: Φ – το αστρονομικό πλάτος

Λ – το αστρονομικό μήκος

φ – το γεωδαιτικό πλάτος

λ – το γεωδαιτικό μήκος

2. ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ

2.1 Γενικά περί μεθόδων υψομετρικού προσδιορισμού

Προκειμένου να προσδιοριστούν υψόμετρα κάποιων σημείων και συνεπώς υψομετρικές διαφορές θα πρέπει να οριστεί μια επιφάνεια αναφοράς, η οποία θα αποτελεί την αφετηρία των μετρήσεων. Μια τέτοια επιφάνεια είναι η Μέση Στάθμη της Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.) η οποία προσεγγίζει στην πράξη το Γεωειδές με πολύ καλή ακρίβεια. Η απόσταση λοιπόν ενός σημείου που μετράται από τη Μ.Σ.Θ. κατά την κατακόρυφο είναι ουσιαστικά το ορθομετρικό του υψόμετρο.

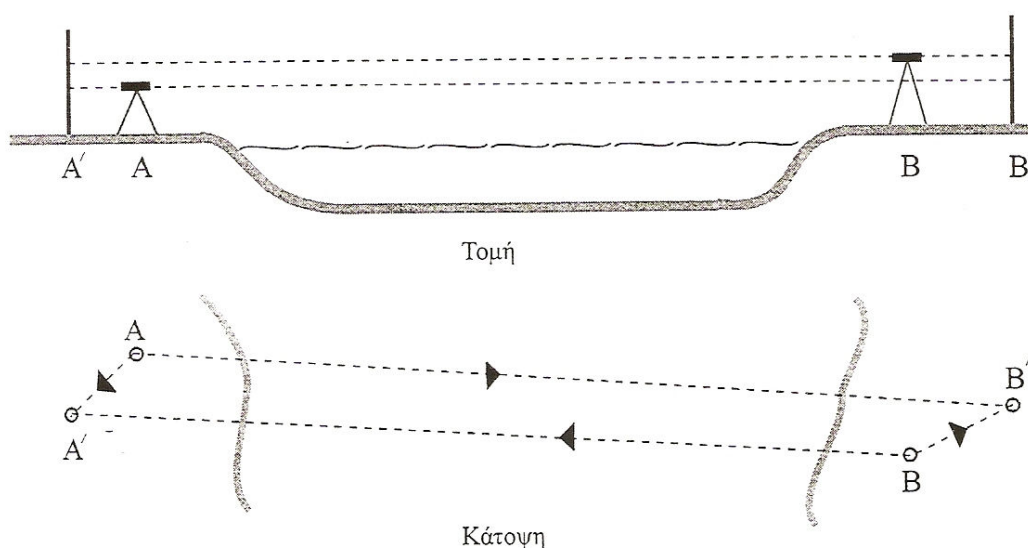
Όστόσο, οι εργασίες προσδιορισμού υψόμετρου δεν πραγματοποιούνται όλες κοντά στη θάλασσα όπου αποτελούν εύκολη διαδικασία δεδομένου ότι η επιφάνεια αναφοράς είναι πολύ κοντά. Απαιτείται λοιπόν, η ύπαρξη κάποιων σημείων με γνωστό το υψόμετρό τους με πολύ μεγάλη ακρίβεια έτσι ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες προσδιορισμού υψόμετρου και σε περιοχές μακριά από τη Μ.Σ.Θ. καθώς επίσης και μεταφορά υψόμετρων από μια περιοχή σε μία άλλη. Τα σημεία αυτά είναι ευρέως γνωστά ως υψομετρικές αφετηρίες ή *Repères* και βρίσκονται διασκορπισμένα σε όλη τη χώρα σε γνωστές θέσεις και συνθέτουν τα υψομετρικά δίκτυα ή δίκτυα κατακόρυφου ελέγχου.

Ο προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών μπορεί να γίνει τόσο με επίγειες μεθόδους όσο και με δορυφορικές. Όσον αφορά τις επίγειες αυτές που χρησιμοποιούνται είναι η Γεωμετρική Χωροστάθμηση, η Τριγωνομετρική Υψομετρία καθώς και διάφορες παραλλαγές τους, όπως η Ειδική Τριγωνομετρική Χωροστάθμηση, Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία κ.τ.λ. Επίσης σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται η Βαρομετρική υψομετρία και η Υδραυλική χωροστάθμηση.

2.2 Ειδική Γεωμετρική Χωροστάθμηση

Στις περισσότερες τοπογραφικές εργασίες προκειμένου να υπολογιστούν υψομετρικές διαφορές χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο η Γεωμετρική Χωροστάθμηση ή η Τριγωνομετρική Υψομετρία, ανάλογα με το κόστος και την ακρίβεια που απαιτείται. Εκτός όμως από αυτούς τους δύο βασικούς περιορισμούς υπάρχουν κι άλλες παράμετροι οι οποίες απαγορεύουν την χρήση κάποιας από τις δύο μεθόδους όπως για παράδειγμα η μορφολογία του εδάφους (μεγάλη κλίση, ύπαρξη κάποιου φυσικού εμποδίου, θαλάσσιου ανοίγματος κ.τ.λ.). Σ' αυτές τις περιπτώσεις προκειμένου να υπολογιστούν οι υψομετρικές διαφορές με ακρίβεια ανάλογη της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης ή της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας εφαρμόζονται κάποιες ειδικές μεθοδολογίες όπως είναι η Ειδική Γεωμετρική Χωροστάθμηση (Χωροστάθμηση Ανοίγματος) και η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (E.T.Y.).

Η Ειδική Γεωμετρική Χωροστάθμιση χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η μορφολογία του εδάφους δεν επιτρέπει την εφαρμογή της Γεωμετρικής Χωροστάθμισης, δηλαδή σε περιπτώσεις όπου μεσολαβεί θαλάσσιο άνοιγμα ή ρήγμα, με περιορισμό τα σημεία να είναι περίπου στο ίδιο υψόμετρο και να απέχουν μέχρι 2km (σχήμα 3). Προκειμένου λοιπόν να μην υπάρχουν δεσμεύσεις όσον αφορά την υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία. Η τελική ακρίβεια που μπορεί να επιτευχθεί στον προσδιορισμό μιας υψομετρικής διαφοράς ενός ανοίγματος 1-2Km με χρήση της προηγούμενης μεθόδου και χωροβατών Α' τάξης μπορεί να είναι $\pm 2-3\text{mm}$. [1]



Σχήμα 3: Ειδική Γεωμετρική Χωροστάθμιση [1]

2.3 Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (Ε.Τ.Υ.)

Η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία είναι μια μέθοδος έμμεσου προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών που βασίζεται στο συνδυασμό της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας με τη Γεωμετρική Χωροστάθμιση. Η μέθοδος αυτή με τον κατάλληλο συνδυασμό οργάνων μπορεί να πετύχει υψηλές ακρίβειες της τάξης $\pm 5\text{mm/km}$ ή και καλύτερες. [1]

Η Ε.Τ.Υ. μπορεί να εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών με υψηλή ακρίβεια σε περιοχές όπου η Γεωμετρική Χωροστάθμιση αδυνατεί εξαιτίας κάποιων «φυσικών περιορισμών» όπως μέσα σε κεκλιμένες σήραγγες ελέγχου τεχνικών έργων, σε τμήματα κλιμάκων μέσα σε κτήρια και σε κάθε είδους κεκλιμένα τμήματα κτηρίων ή τεχνικών έργων. Εφαρμόζεται για υψομετρικές συνδέσεις μεταξύ σημείων που τα χωρίζει κάποιο φυσικό εμπόδιο π.χ. ποτάμι, λίμνη, θάλασσα, ρήγμα κ.τ.λ. καθώς επίσης και μεταξύ σημείων δικτύων ελέγχου με μεγάλες υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κορυφών, για τον έλεγχο κατακόρυφων μικρομετακινήσεων. Φυσικά, η χρήση της Ε.Τ.Υ. δεν περιορίζεται μόνο σ' αυτές τις περιπτώσεις καθώς είναι μια μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε, ανοιχτό όσο και σε κλειστό χώρο,

ανεξάρτητα από την κλίση του εδάφους και για αποστάσεις από μερικές δεκάδες μέτρα έως και λίγα χιλιόμετρα.

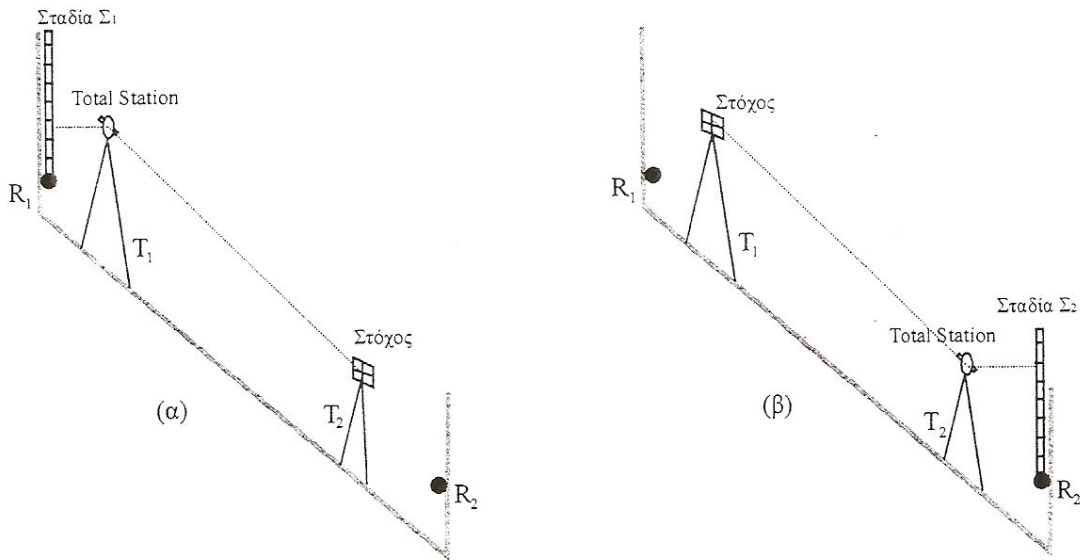
Ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι :

- Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός υψηλής ακρίβειας (Total Station) και αποσπώμενο τρικόχλιο
- 2 στόχοι σκοπεύσεων ακριβείας με ανακλαστήρα για την μέτρηση μηκών
- 2 βαθμονομημένοι πήχεις με υποδιαιρέσεις mm
- 2 ή 3 τρίποδες με αντίστοιχα τρικόχλια

Στον παραπάνω εξοπλισμό προστίθεται ένα ακόμα Total station στην περίπτωση που θεωρηθεί σκόπιμο να πραγματοποιηθούν αμοιβαίες και ταυτόχρονες μετρήσεις.

Στην περίπτωση όπου η απόσταση μεταξύ των σημείων π.χ. $R_1 - R_2$ που ζητείται η υψομετρική διαφορά είναι σχετικά μικρή όπως φαίνεται και στο σχήμα 4 η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Κοντά στην R_1 , όσο το επιτρέπει η μορφολογία του εδάφους και περίπου σε απόσταση min εστίασης του οργάνου τοποθετείται ο τρίποδας T_1 με το τρικόχλιο και το όργανο. Στην R_1 τοποθετείται κατακόρυφα με την βοήθεια σφαιρικής αεροστάθμης η σταδία Σ_1 . Το τηλεσκόπιο του οργάνου οριζοντιώνεται (κατακόρυφη γωνία $z=100^s$) και σκοπεύει σε 2 θέσεις τηλεσκοπίου την σταδία (μέτρηση όπισθεν O), για εξάλειψη σφαλμάτων λόγω κακής κατακόρυφωσης του ΠΠ'.
- Στην συνέχεια κοντά στην R_2 όπως και πριν σε απόσταση περίπου όσο το min της εστίασης του οργάνου έχει τοποθετηθεί ο τρίποδας T_2 με τρικόχλιο και το σύστημα στόχου – καταφώτου, οπότε γίνονται μετρήσεις της κατακόρυφης γωνίας και του κεκλιμένου μήκους από το T_1 και το T_2 .
- Κατόπιν, το Total Station αλλάζει αμοιβαία θέση με το σύστημα στόχου – καταφώτου (χωρίς να μετακινηθούν τα τρικόχλια από τους τρίποδες), γίνονται μετρήσεις της κατακόρυφης γωνίας και του κεκλιμένου μήκους από το T_2 προς το T_1 και οριζόντιες σκοπεύσεις προς την σταδία που έχει τοποθετηθεί κατακόρυφα στην R_2 (μέτρηση έμπροσθεν E).



Σχήμα 4: Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (με δύο στάσεις) [1]

Έτσι έχει ολοκληρωθεί μια πλήρης σειρά μετρήσεων, σε μετάβαση και επιστροφή, και έχει προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά $\Delta H_{R_1R_2}$ από την σχέση :

$$\begin{aligned} \Delta H_{R_1R_2} &= (O - E) + \frac{\Delta H_{T_1T_2} - \Delta H_{T_2T_1}}{2} = \\ &= (O - E) + \frac{D_{T_1T_2} \cos z_{T_1T_2} + (1 - k_1) \frac{S_{T_1T_2}^2 \sin^2 z_{T_1T_2}}{2R}}{2} - \\ &\quad - \frac{D_{T_2T_1} \cos z_{T_2T_1} + (1 - k_2) \frac{S_{T_1T_2}^2 \sin^2 z_{T_1T_2}}{2R}}{2} \Leftrightarrow \end{aligned} \quad (2.3.1)$$

$$\text{Ισχύουν : } D_{T_1T_2} \cos z_{T_1T_2} = -D_{T_2T_1} \cos z_{T_2T_1} \quad \& \quad S_{T_1T_2} \sin z_{T_1T_2} = S_{T_2T_1} \sin z_{T_2T_1}$$

Στην ανωτέρω περίπτωση θεωρήθηκε ότι το ύψος του οργάνου και του στόχου από το τρικόχλιο είναι το ίδιο γι' αυτό και ισχύει : $D_{12} \cos z_{12} = D_{21} \cos z_{21}$.

Οπότε :

$$\Delta H_{R_1R_2} = (O - E) + \frac{1}{2} (2D_{T_1T_2} \cos z_{T_1T_2} + (k_2 - k_1) \frac{S^2 \sin^2 z}{2R}) \quad (2.3.2)$$

όπου : $\Delta H_{R_1R_2}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ R_1 και R_2

O = μέσος όρος ανάγνωσης στην σταδία στο σημείο R_1

E = μέσος όρος ανάγνωσης στην σταδία στο σημείο R_2

$\Delta H_{T_1T_2}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των $\Sigma\Sigma'$ και στόχου στις θέσεις T_1 και T_2 (από T_1 προς T_2)

$\Delta H_{T_2 T_1}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των ΣΣ' και στόχου στις θέσεις T_2 και T_1 (από T_2 προς T_1)

$D_{T_1 T_2}$ = κεκλιμένο μήκος από T_1 προς T_2

$D_{T_2 T_1}$ = κεκλιμένο μήκος από T_2 προς T_1

$S_{T_1 T_2}$ = οριζόντιο μήκος από T_1 προς T_2

$S_{T_2 T_1}$ = οριζόντιο μήκος από T_2 προς T_1

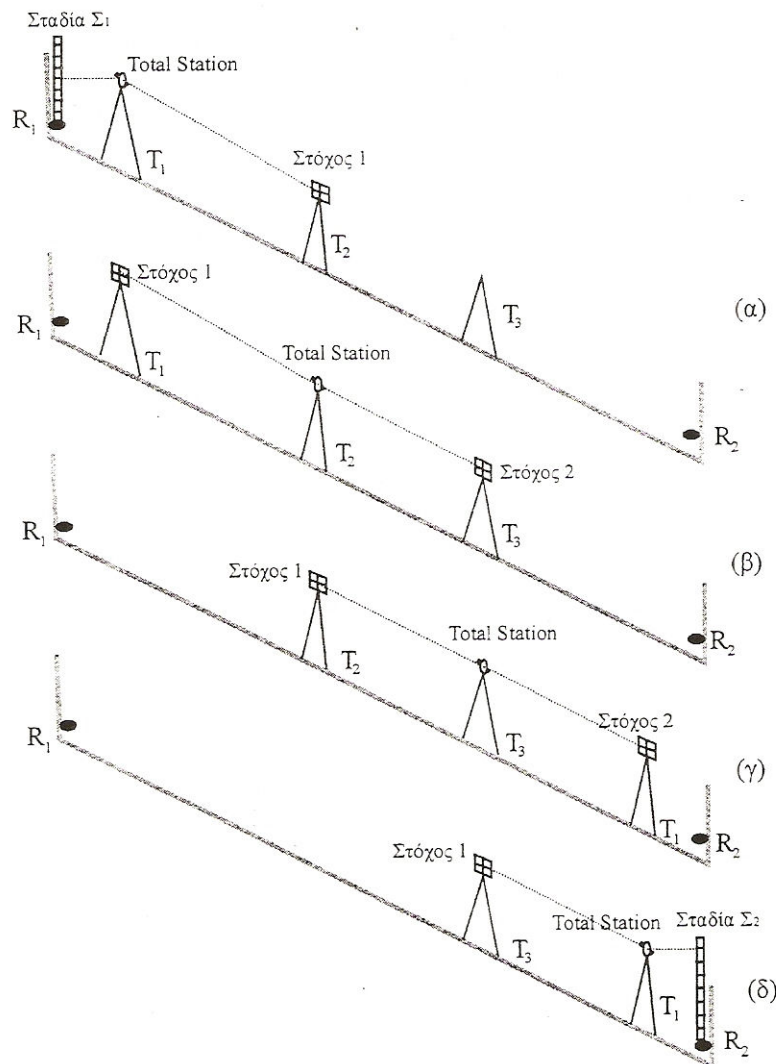
$z_{T_1 T_2}$ = κατακόρυφη γωνία από T_1 προς T_2

$z_{T_2 T_1}$ = κατακόρυφη γωνία από T_2 προς T_1

k_1 = συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης την χρονική στιγμή μέτρησης από T_1 προς T_2 (aller)

k_2 = συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης την χρονική στιγμή μέτρησης από T_2 προς T_1 (retour)

Στην περίπτωση όπου η απόσταση μεταξύ των σημείων είναι μεγάλη ή δεν υπάρχουν ορατότητες και δεν μπορεί να προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά μόνο με δύο στάσεις κοντά στις υψομετρικές αφετηρίες, τότε γίνονται περισσότερες στάσεις όπως φαίνεται και στο σχήμα 5:



Σχήμα 5: Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (γενική περίπτωση, n στάσεις) [1]

και η τελική υψομετρική διαφορά δίνεται από τον τύπο :

$$\Delta H_{R1R2} = (O - E) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{T_i(T_{i+1})} - \Delta H_{T_{(i+1)T_i}}}{2} \quad (2.3.3)$$

2.4 Διερεύνηση ακρίβειας της μεθόδου

2.4.1 Εξωτερικοί παράγοντες

Η ακρίβεια προσδιορισμού μιας υψομετρικής διαφοράς μεταξύ δύο σημείων δεν εξαρτάται μόνο από τις ακρίβειες των μετρήσεων αλλά και από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η απόκλιση της κατακορύφου, η ατμοσφαιρική διάθλαση και η καμπυλότητα της Γης. Ειδικά οι δυο πρώτες υπεισέρχονται στην μέτρηση των κατακόρυφων γωνιών και κατά συνέπεια στον υπολογισμό της υψομετρικής διαφοράς.

Το φαινόμενο της καμπύλωσης των οπτικών ακτίνων κατά την διέλευση τους από την ατμόσφαιρα οφείλεται στην ατμοσφαιρική διάθλαση. Οι μετρήσεις που γίνονται για τον προσδιορισμό των υψομέτρων των σημείων πάνω στη Φ.Γ.Ε. είναι ως επί το πλείστον μετρήσεις κατακόρυφων γωνιών και κεκλιμένων μηκών. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν οι μετρήσεις να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο απαλλαγμένες από την επίδραση της ατμοσφαιρικής διάθλασης προκειμένου τα προσδιοριζόμενα μεγέθη να αντιστοιχούν στα πραγματικά.

Έτσι λοιπόν η ακτίνα μεταξύ δύο σημείων AB δεν είναι ευθεία αλλά καμπύλη, η καμπυλότητα ρ της οποίας συνδέεται με την ακτίνα καμπυλότητας της γης R με την σχέση :

$$R = k \rho \quad (2.4.1.1)$$

ή

$$1/\rho = k (1/R) \quad (2.4.1.2)$$

Το k ονομάζεται συντελεστής διάθλασης και χαρακτηρίζει ουσιαστικά την καμπυλότητα της οπτικής ακτίνας. Ο συντελεστής διάθλασης εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και το περιβάλλον, και μεταβάλλεται στη διάρκεια της ημέρας. Για την Ελλάδα κυμαίνεται από 0.11 έως 0.30. [1]

Η απόκλιση της κατακορύφου είναι ένας παράγοντας εξαρτημένος απόλυτα από την τοπογραφία της περιοχής. Μπορεί να υπολογισθεί είτε με αστρονομικές μετρήσεις είτε με την βοήθεια γεωδυναμικών μοντέλων, ανάλογα με την πληροφορία που υπάρχει για την περιοχή μετρήσεων.

Οι διορθώσεις και οι αναγωγές που πρέπει να γίνουν στα μετρημένα μήκη προκειμένου αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε γεωδαιτικές εφαρμογές υψηλής ακρίβειας χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

1. Κάμψη και απόκλιση από την ευθεία
2. Απώλεια ισχύος
3. Μεταβολή του μήκους λόγω καθυστέρησης στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Τα σύγχρονα όργανα (Total Station) έχουν τη δυνατότητα να διορθώνουν μόνα τους τα μετρημένα μήκη για τον τρίτο παράγοντα. Οι δύο πρώτοι παράγοντες δεν διορθώνονται στο όργανο αλλά δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στα συγκεκριμένα μήκη που μετρήθηκαν.

Οι διορθώσεις για τις μετρούμενες κατακόρυφες γωνίες είναι οι εξής :

1. Για την ατμοσφαιρική διάθλαση
2. Για την απόκλιση της κατακορύφου

Προκειμένου να απαλλαχθούν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από το συντελεστή διάθλασης k και από την μεταβολή του μεταξύ aller – retour ($dk = k_{i(i+1)} - k_{(i+1)i}$) μπορούν να πραγματοποιηθούν αμοιβαίες και ταυτόχρονες παρατηρήσεις μεταξύ των ζητούμενων σημείων. Για να γίνει αυτό χρειάζονται δύο τρίποδες, δύο τρικόχλια, δύο Total Station καθώς και δύο στόχοι. Βέβαια και ένα Total Station αρκεί, εφόσον οι μετακινήσεις μεταξύ των σημείων γίνονται γρήγορα και οι αποστάσεις είναι μικρές. Η διαδικασία είναι η ίδια με αυτή που αναφέρθηκε πιο πριν με την μόνη διαφορά ότι αφού μετρηθούν τα απαραίτητα στοιχεία από το σημείο T_1 προς το T_2 στη συνέχεια το όργανο στο σημείο T_1 αντικαθίσταται από ένα στόχο έτσι ώστε να μετρήσουμε τα ίδια στοιχεία από το T_2 προς το T_1 . Αυτό έχει ως συνέπεια στον τύπο (2.3.2) το $(k_2 - k_1) \approx 0$, άρα :

$$\Delta H_{T_1T_2} = \frac{D_{T_1T_2} \cos Z_{T_1T_2} - D_{T_2T_1} \cos Z_{T_2T_1}}{2} \quad \text{ή} \quad (2.4.1.3)$$

$$\Delta H_{T_1T_2} = (O - E) + \frac{D_{T_1T_2} \cos Z_{T_1T_2} - D_{T_2T_1} \cos Z_{T_2T_1}}{2}$$

Τέλος, ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τις μετρήσεις είναι η απόκλιση της κατακορύφου. Δεδομένου ότι κατά την διάρκεια των μετρήσεων τα όργανα κατακορυφώνονται, επηρεάζονται από το πεδίο βαρύτητας. Επιπλέον, οι κατακόρυφες μεταξύ των δύο σημείων δεν είναι παράλληλες οπότε συγκλίνουν δηλαδή σχηματίζουν μια γωνία α μεταξύ τους που αυτό οφείλεται καθαρά μόνο στο πεδίο βαρύτητας. Η μεταβολή της ακτίνας καμπυλότητας R σε συνάρτηση με τη διαφορά της

γωνίας των κατακόρυφων, μπορεί να υπολογιστεί συναρτήσει των γεωκεντρικών γωνιών (ω).

$$\begin{aligned} \text{Ισχύει ότι:} \\ \omega = S/R \end{aligned} \quad (2.4.1.4)$$

οπότε για:

$$d\omega = S/R^2 \, dr \Leftrightarrow dr = R^2/S \, d\omega. \quad (2.4.1.5)$$

όπου S – το οριζόντιο μήκος

Θεωρώντας ότι τα $d\omega$ είναι οι μεταβολές της απόκλισης της κατακόρυφου μεταξύ δύο σημείων, μπορούν να υπολογισθούν οι μεταβολές της ακτίνας καμπυλότητας dR για κάθε μήκος S (οριζόντιο) περίπου ίσο με D (κεκλιμένο).

Η επίδραση της μεταβολής της ακτίνας καμπυλότητας dR στον προσδιορισμό της υψομετρικής διαφοράς, προκύπτει διαφορίζοντας την σχέση που (2.3.2) ως προς R . Έτσι γίνεται :

$$\frac{(k-1)D_{i(i+1)}^2 \sin^2 z_{i(i+1)}}{2R^2} dR = \frac{(k-1)D_{i(i+1)}^2 \sin^2 z_{i(i+1)}}{2S_{ii+1}} d\omega \quad (2.4.1.6)$$

Η εξάλειψη του ανωτέρου σφάλματος γίνεται με διόρθωση των μετρούμενων κατακόρυφων γωνιών. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να είναι γνωστές οι συνιστώσες της απόκλισης της κατακόρυφου ξ , η οι οποίες μπορούν να υπολογισθούν με αστρονομικές παρατηρήσεις ή με τη βοήθεια γεωδυναμικού μοντέλου και χρησιμοποιώντας τη σχέση (συνιστώσα κατά αζιμούθιο a , βλ. σχήμα 2):

$$\varepsilon = \xi \cos a + \eta \sin a \quad (2.4.1.7)$$

2.4.2 Επίδραση μήκους και κατακόρυφης γωνίας

Προκειμένου να εξετασθεί η ακρίβεια που επιτυγχάνεται μέσω της Ε.Τ.Υ., θα πρέπει να διακριθούν δύο περιπτώσεις εφαρμογής της, ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των σημείων. Η προσπάθεια ανάλυσης των σφαλμάτων θα εστιαστεί κυρίως στην απόσταση Ε.Δ.Μ. και στόχου και έπειτα στις όπισθεν και εμπροσθεν αναγνώσεις στη σταδία οι οποίες συμμετέχουν στην υψομετρική διαφορά.

Ο τύπος που μας δίνει την υψομετρική διαφορά δύο σημείων 1 και 2 με χρήση της Ε.Τ.Υ. είναι :

$$\Delta h_{12} = \frac{(D_{12} \cos z_{12} - D_{21} \cos z_{21})}{2} + (O - E) \quad (2.4.2.1)$$

όπου : D_{12}, D_{21} = τα κεκλιμένα μήκη μεταξύ των 1 και 2

z_{12}, z_{21} = οι κατακόρυφες γωνίες μεταξύ των 1 και 2

O = η ανάγνωση όπισθεν στη σταδία

E = η ανάγνωση εμπροσθεν στη σταδία

Εφαρμόζοντας λοιπόν το νόμο μετάδοσης των σφαλμάτων για κάθε μια από τις υπομετρικές διαφορές τότε προκύπτει η παρακάτω σχέση (2.4.2.2):

$$\sigma_{\Delta h}^2 = \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial O}\right)^2 * \sigma_O^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial E}\right)^2 * \sigma_E^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial D_{12}}\right)^2 * \sigma_{D_{12}}^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial D_{21}}\right)^2 * \sigma_{D_{21}}^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial Z_{12}}\right)^2 * \sigma_{Z_{12}}^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial Z_{21}}\right)^2 * \sigma_{Z_{21}}^2$$

όπου :

- $\sigma_{\Delta h}$ =το τυπικό σφάλμα της υπομετρικής διαφοράς
- σ_D =το τυπικό σφάλμα της απόστασης
- σ_z =το τυπικό σφάλμα της κατακόρυφης γωνίας
- $\sigma_O = \sigma_E = \sigma_A$ =το τυπικό σφάλμα ανάγνωσης στη σταδία

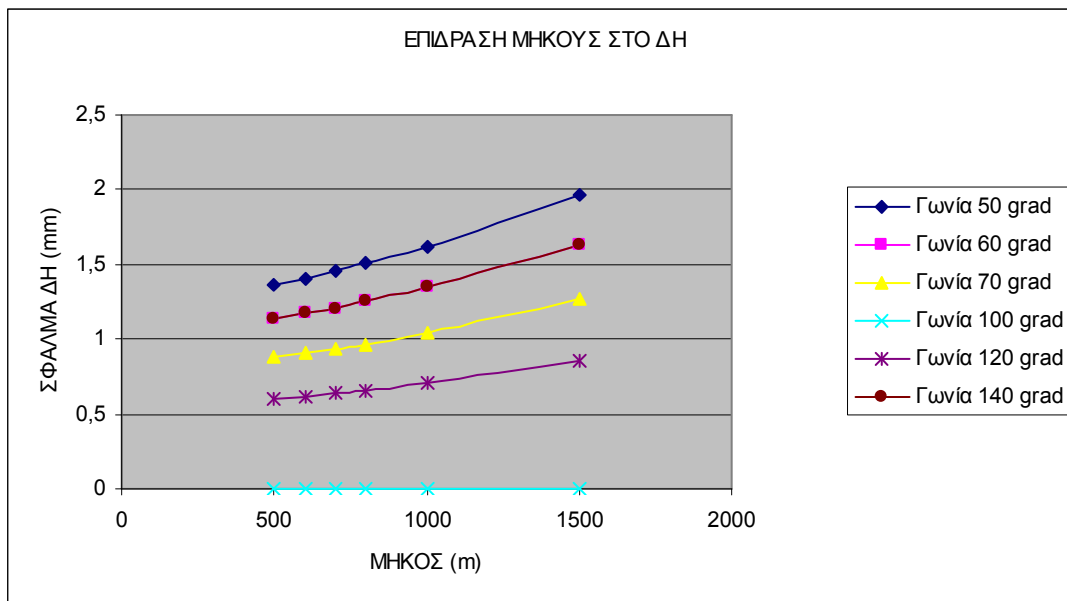
Το σφάλμα ανάγνωσης στις σταδίες όπισθεν και εμπροσθεν είναι το ίδιο δεδομένου ότι οι μετρήσεις γίνονται από τον ίδιο παρατηρητή και με χρήση υποδεκάμετρου στις σταδίες, και ισούται με ¼ της διακριτικής ικανότητας του ματιού δηλαδή περίπου ίσο με ±0.25mm. Για λόγους ασφάλειας θεωρείται $\sigma_O = \sigma_E = \sigma_A = \pm 0.3\text{mm}$.

Όσον αφορά τα σφάλματα κατακόρυφων γωνιών και μηκών αυτά εξαρτώνται από τις ακρίβειες των οργάνων που χρησιμοποιούνται σε κάθε εργασία. Στην γενική περίπτωση τα όργανα έχουν διαφορετικές ακρίβειες στις μετρήσεις μηκών και γωνιών. Άρα, $\sigma_{Z_{12}} \neq \sigma_{Z_{21}}$ και $\sigma_{D_{12}} \neq \sigma_{D_{21}}$. Έστω λοιπόν ότι $\sigma_{Z_{12}} = \pm 5''$, $\sigma_{Z_{21}} = \pm 9''$, $\sigma_{D_{12}} = \pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$, $\sigma_{D_{21}} = \pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$.

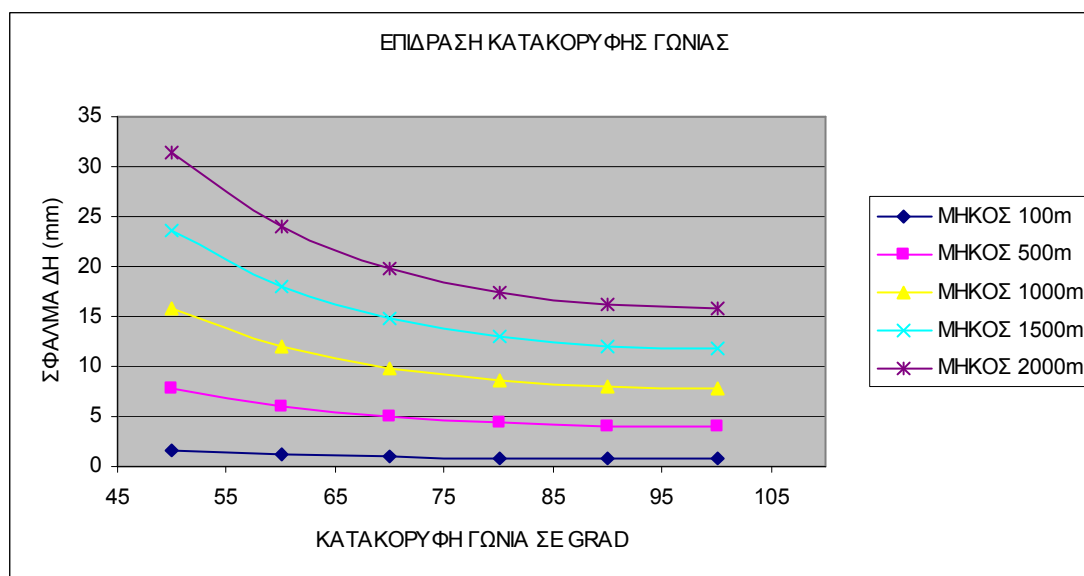
Προκειμένου να υπολογιστεί το τελικό σφάλμα μιας υπομετρικής διαφοράς πρέπει το γωνιακό σφάλμα $\sigma_\beta = \varphi''$ να μετατραπεί σε γραμμικό δηλαδή να εκφραστεί σε ακτίνια, και στο γραμμικό σφάλμα $\sigma_D = (\pm a\text{mm} \pm b\text{ppm})$ πρέπει να ληφθεί υπόψη το μήκος της μετρούμενης πλευράς σύμφωνα με τη σχέση:

$$\sigma_D = \sqrt{a^2 + (b * D / 10^6)^2} \text{ (mm) , το D σε mm} \quad (2.4.2.3)$$

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω παράγονται τα παρακάτω διαγράμματα. Στο πρώτο διάγραμμα θεωρούνται ανύπαρκτα το σφάλμα λόγω ανάγνωσης στις σταδίες και το σφάλμα γωνιών και μελετάται η επίδραση του σφάλματος του μήκους. Στο δεύτερο θεωρούνται ανύπαρκτα το σφάλμα λόγω ανάγνωσης στις σταδίες και το σφάλμα μήκους και μελετάται η επίδραση του σφάλματος των γωνιών.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 1 όσο αυξάνεται η τιμή του μήκους αυξάνεται και η τιμή του σφάλματος της υψομετρικής διαφοράς. Άρα το σφάλμα της υψομετρικής διαφοράς μεγιστοποιείται όταν η απόσταση μεταξύ των σημείων είναι μεγάλη και μικρή η κατακόρυφη γωνία. Παράλληλα σε τιμή 100^{ος} το σφάλμα είναι σταθερό δεδομένου ότι δεν υπάρχει υψομετρική διαφορά, τα σημεία είναι στο ίδιο ύψος. Από το διάγραμμα 2 προκύπτει ότι όσο αυξάνεται η κατακόρυφη γωνία το σφάλμα τείνει να γίνει μηδενικό, ενώ όσο μικρότερο είναι το μήκος τόσο μικρότερο είναι και το σφάλμα στην υψομετρική διαφορά.

3. ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ GPS ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ

3.1 Γενικά στοιχεία

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης G.P.S. αναπτύχθηκε από το υπουργείο εθνικής άμυνας των ΗΠΑ προκειμένου να καλύψει αρχικά στρατιωτικές ανάγκες με εκτιμώμενο κόστος περίπου 8-10 δισεκατομμύρια δολάρια. Στη συνέχεια άρχισε να χρησιμοποιείται και για άλλους σκοπούς όπως στην ναυσιπλοΐα και στις αρχές της δεκαετίας του '90 και για τοπογραφικές εργασίες δεδομένου ότι βρισκόντουσαν ήδη στο διάστημα 24 NAVSTAR (The Navigation Satellite Timing and Ranging) δορυφόροι.

Σήμερα όλο και περισσότεροι είναι αυτοί που χρησιμοποιούν το GPS για διάφορους λόγους, διότι αντιπροσωπεύει ένα ιδανικό συνδυασμό τεχνολογίας και διασκέδασης, είναι πολύ εύκολο στη χρήση, ενώ υπάρχουν χαμηλού κόστους δέκτες που χρησιμοποιούνται από το ευρύ κοινό. Γενικά το G.P.S. χρησιμοποιείται για:

- Πλοήγηση
- Προσδιορισμό με υψηλή ακρίβεια γεωδαιτικών εφαρμογών με κινηματικές μεθόδους
- Εφαρμογή για εργασίες κτηματολογίου
- Προσδιορισμό συντεταγμένων νέων σημείων σε δίκτυα
- Εφαρμογές φωτογραμμετρίας (μέτρηση φωτοσταθερών)

Το σύστημα G.P.S. βασίζεται στις αρχές λειτουργίας των παθητικών δορυφορικών συστημάτων ναυσιπλοΐας και εξασφαλίζει συνεχή, παγκόσμια και κάτω από οποιοδήποτε καιρικές συνθήκες κάλυψη σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Για να γίνει αυτό πρέπει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις προς τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους ταυτόχρονα, δεδομένου ότι οι άγνωστοι που εμπλέκονται στις μετρήσεις είναι τέσσερις: τρεις για θέση του σημείου (X, Y, Z) και ένας ο χρόνος t , ώστε να λυθεί το σύστημα. Η ακρίβεια που αναμένεται με τέτοιο προσδιορισμό είναι καλύτερη των 10m σε χρόνο 0.05sec. Η προαναφερθείσα ακρίβεια είναι δυνατόν να βελτιωθεί κατά πολύ για γεωδαιτικές εργασίες χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές. [6]

3.2 Λειτουργικά τμήματα του συστήματος

Το σύστημα G.P.S. αποτελείται από τρία κυρίως λειτουργικά τμήματα.

- Το τμήμα ελέγχου: το οποίο είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Αποτελείται από ένα κεντρικό σταθμό ελέγχου ο οποίος υπολογίζει τις εφημερίδες και

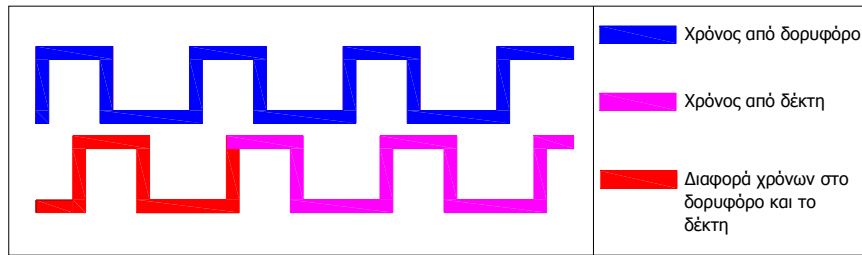
πραγματοποιεί την διαδικασία ενημέρωσής τους, που ελέγχει τη λειτουργία του συστήματος και έχει την δυνατότητα να επεμβαίνει στους σχηματισμούς και να τους τροποποιεί. Από πέντε σταθμούς παρακολούθησης των δορυφόρων οι οποίοι είναι υπεύθυνοι να ελέγχουν συνεχώς τις τροχιές των δορυφόρων πραγματοποιώντας μετρήσεις ως προς αυτούς, και από τρεις σταθμούς επικοινωνίας οι οποίοι μεταδίδουν δεδομένα στον επεξεργαστή και στη μνήμη του δορυφόρου.

- Το τμήμα του διαστήματος: το οποίο αποτελείται από 24 δορυφόρους, οι οποίοι είναι έτσι τοποθετημένοι ώστε να εξασφαλίζουν όσο το δυνατόν καλύτερη κάλυψη στους χρήστες οποιαδήποτε στιγμή, και η απόστασή τους είναι περίπου στα 20500km από την επιφάνεια της γης. Τέλος, κάθε δορυφόρος έχει τέσσερα χρονόμετρα πολύ μεγάλης ακρίβειας προκειμένου το σήμα που θα παράγει να είναι αξιόπιστο. Τα δύο χρονόμετρα είναι ρουβιδίου και τα άλλα δύο καισίου.
- Το τμήμα χρηστών: αποτελείται από όλους τους χρήστες οι οποίοι αξιοποιούν την πληροφορία που τους προσφέρει το σύστημα G.P.S., χρησιμοποιώντας διάφορους δέκτες για ανάλογες εφαρμογές.

3.3 Εκπεμπόμενο σήμα του δορυφόρου G.P.S.

Το σήμα που στέλνουν οι δορυφόροι G.P.S. περιέχει όλη την απαιτούμενη πληροφορία για τον εντοπισμό θέσης. Κάθε δορυφόρος στέλνει ένα μοναδικό σήμα το οποίο διαμορφώνεται σε μια από τις δύο συχνότητες στην περιοχή του L φάσματος. Αυτές οι δύο συχνότητες προκύπτουν από κάποια βασική συχνότητα f η οποία είναι 10,23MHz. Έτσι η L_1 παράγεται από την βασική συχνότητα με τον παρακάτω τρόπο : $L_1=10.23*154=1575.42\text{MHz}$ και μήκος κύματος $\lambda=19,05\text{cm}$. Αντίστοιχα η $L_2=10.23*120=1227.60\text{MHz}$ και μήκος κύματος $\lambda=24.45\text{cm}$. [6]

Οι δύο παραπάνω συχνότητες μπορούν να διαμορφωθούν επιπλέον αν χρησιμοποιηθούν κάποιοι ψευδοτυχαίοι κώδικες, όπως ο P και ο C/A. Η διαμόρφωση του σήματος με τον κώδικα P ή C/A εξυπηρετεί την χρονομέτρηση, γιατί ταυτόχρονα με το σήμα που παράγεται από το δορυφόρο το ίδιο σήμα παράγεται και από το δέκτη. Τα δύο σήματα διαφέρουν κατά ένα τμήμα το οποίο ουσιαστικά δίνει το χρόνο που έκανε το σήμα προκειμένου να καλύψει την απόσταση δορυφόρου-δέκτη όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 6:



Σχήμα 6: Απεικόνιση χρονικών σημάτων δορυφόρου – δέκτη και χρονικής διαφοράς μεταξύ τους.

Τέλος υπάρχουν δύο επιπλέον δυνατότητες παρέμβασης στο εκπεμπόμενο σήμα των δορυφόρων. Η πρώτη είναι ότι το προσωρινό επίπεδο του C/A κώδικα περιέχει ένα εκ προθέσεως υποβιβασμό της ικανότητάς του. Η δεύτερη είναι ότι ο κεντρικός σταθμός ελέγχου έχει την δυνατότητα να μετατρέπει το γνωστό κώδικα P σε άγνωστο Y έτσι ώστε να αποφεύγονται οι παρεμβολές.

3.4 Μετρήσεις G.P.S.

Οι μετρήσεις που ενδιαφέρουν τους χρήστες είναι γενικά μετρήσεις κώδικα και μετρήσεις φάσεις φέροντος κύματος (μέτρηση ακεραίων κύκλων). Αν προσδιοριστεί η ασάφεια φάσης, δηλαδή ο άγνωστος ακέραιος αριθμός κύκλων, τότε είναι δυνατό να συσχετιστεί η ψευδοαπόσταση με τη μέτρηση φέροντος κύματος.

Ψευδοαπόσταση καλείται μια εκτίμηση της απόστασης δέκτη-δορυφόρου η οποία υπολογίζεται ως το γινόμενο της διαφοράς χρόνου επί την ταχύτητα του φωτός. Ουσιαστικά η ψευδοαπόσταση είναι η πραγματική απόσταση δορυφόρου δέκτη επηρεασμένη από τα σφάλματα λόγω ρολογιών, ιονόσφαιρας, τροπόσφαιρας και πολλαπλών διαδρομών. Η σχέση που δίνει την ψευδοαπόσταση είναι η εξής :

$$PR_{rec}^{sat} = D_{rec}^{sat} - c(\delta t_{rec} - \delta t^{sat}) + d_{ion} + d_{trop} \quad (3.4.1)$$

όπου :

- PR_{rec}^{sat} = η ψευδοαπόσταση
- D_{rec}^{sat} = η γεωμετρική απόσταση
- $D_{rec}^{sat} = \sqrt{(X^{sat} - X_{rec})^2 + (Y^{sat} - Y_{rec})^2 + (Z^{sat} - Z_{rec})^2}$
- c = η ταχύτητα του φωτός
- δt_{rec} = σφάλμα χρονομέτρου στο ρολόι του δέκτη
- δt_{sat} = σφάλμα χρονομέτρου στο ρολόι του δορυφόρου (offset)
- d_{ion} = σφάλμα που οφείλεται στην ιονόσφαιρα
- d_{trop} = σφάλμα που οφείλεται στην τροπόσφαιρα

3.5 Προσφερόμενη ακρίβεια του συστήματος

Η ακρίβεια του εντοπισμού θέσης εξαρτάται από:

- Σφάλματα που οφείλονται στις παρατηρήσεις
- Είδος εντοπισμού π.χ. στατικός, σχετικός στατικός, κινηματικός κ.τ.λ.
- Την γεωμετρία των δορυφόρων
- Τους αλγόριθμους επεξεργασίας δεδομένων
- Το είδος του δέκτη, δηλαδή εάν ο δέκτης μπορεί να μετρήσει και στις δύο συχνότητες και κώδικες
- Το μέγεθος της βάσης που μετράται
- Του χρόνου παρατήρησης

Αναλυτικότερα τα σφάλματα που υπεισέρχονται στις μετρήσεις και οι τρόποι αντιμετώπισής τους είναι :

- Λόγω των συνθηκών της ατμόσφαιρας (ιονόσφαιρα, τροπόσφαιρα). Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται μοντέλα ιονόσφαιρας και τροπόσφαιρας όταν χρησιμοποιούνται δέκτες μόνο μιας συχνότητας, καθώς και δέκτες δύο συχνοτήτων για τον καλύτερο προσδιορισμό του σφάλματος που οφείλεται στην ιονόσφαιρα. Επιπλέον μπορεί να οριστεί στο δέκτη να λαμβάνει σήμα από δορυφόρους οι οποίοι βρίσκονται πάνω από μια συγκεκριμένη γωνία απ' τον ορίζοντα (elevation mask) προκειμένου να μην υπάρχει θόρυβος στις μετρήσεις.
- Σφάλματα λόγω πολλαπλών διαδρομών σήματος, δηλαδή το σήμα των δορυφόρων προσκρούει σε διάφορες επιφάνειες και αντικείμενα προτού φτάσει στο δέκτη με συνέπεια το σήμα που λαμβάνει ο δέκτης να είναι λανθασμένο. Βέβαια οι σύγχρονες κεραιές μπορούν να φιλτράρουν και να το διορθώνουν όσο γίνεται κατά την καταγραφή των μετρήσεων.
- Σφάλματα λόγω μετατόπισης του κέντρου φάσης. Η μετατόπιση του κέντρου φάσης αντιμετωπίζεται προσανατολίζοντας τις κεραιές προς την ίδια κατεύθυνση, συνήθως προς το βορρά.
- Σφάλματα λόγω απωλειών κύκλων φάσης.
- Λάθος κέντρωση του οργάνου ή λάθος ανάγνωση ύψους κεραιάς δέκτη. Αυτό αντιμετωπίζεται με προσεκτική τοποθέτηση της κεραιάς και σωστή ανάγνωση και όσο πιο έμπειρος είναι ο παρατηρητής τόσο καλύτερα αντιμετωπίζει τα χονδροειδή λάθη.
- Στην επιλεκτική διαθεσιμότητα (εάν υπάρχει). Από τις 01/05/2000 έχει επίσημα καταργηθεί
- Στην κρυπτογράφηση του σήματος.

Επιπλέον, το είδος του εντοπισμού που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από την επιθυμητή ακρίβεια. Δηλαδή, αν πρέπει να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες κάποιων σημείων με μεγάλη ακρίβεια τότε θα εφαρμοστεί ο σχετικός στατικός εντοπισμός. Με τη μέθοδο αυτή υπάρχει ένας δέκτης σ' ένα σημείο A του οποίου οι συντεταγμένες είναι γνωστές με πολύ

μεγάλη ακρίβεια και ο δεύτερος δέκτης είναι στο άλλο σημείο B του οποίου οι συντεταγμένες ζητούνται να υπολογιστούν. Οι δύο δέκτες λοιπόν παρακολουθώντας τους ίδιους δορυφόρους για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα που εξαρτάται από την απόσταση των δεκτών, δίνουν ως αποτέλεσμα ένα διάνυσμα βάσης (ΔX_{AB} , ΔY_{AB} , ΔZ_{AB}) από το οποίο υπολογίζονται οι συντεταγμένες του σημείου B. Το σημείο A ονομάζεται σταθμός αναφοράς δεδομένου ότι έχει γνωστές συντεταγμένες.

3.6 Επίλυση βάσεων

Τα πρώτα στοιχεία που ελέγχονται στη λύση είναι ο τύπος της ο οποίος μπορεί να είναι fixed ή float, τα μεγέθη Ratio και Reference Variance (αβεβαιότητα μονάδας βάρους). Τα στοιχεία αυτά αποτελούν μια πρώτη ένδειξη για την ποιότητα των αποτελεσμάτων.

Η λύση fixed παρέχει ακρίβεια περίπου 1cm, που σημαίνει ότι οι ασάφειες φάσης έχουν επιλυθεί και έχουν προσδιοριστεί οι ορθοί ακέραιοι αριθμοί των μηκών κύματος του σήματος των δορυφόρων μεταξύ δορυφόρου – δέκτη. Η λύση float παρέχει ακρίβεια 2-3cm και σημαίνει ότι δεν έχουν επιλυθεί οι ασάφειες φάσης και δεν έχουν προσδιοριστεί οι ορθοί ακέραιοι αριθμοί των μηκών κύματος του σήματος των δορυφόρων μεταξύ δορυφόρου – δέκτη. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε γιατί δεν είναι επαρκής ο χρόνος μέτρησης είτε γιατί υπάρχουν διακοπές στη λήψη του σήματος από κάποιον ή κάποιους δορυφόρους. [10]

Ο δείκτης Ratio είναι ο λόγος της μεταβλητότητας της δεύτερης καλύτερης λύσης από την μεταβλητότητα της πρώτης καλύτερης λύσης. Οι αποδεκτές τιμές πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 3 ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή (10, 20,...) τόσο καλύτερη είναι η λύση.

Ο δείκτης Reference Variance δείχνει πόσο πλησιάζουν οι μετρήσεις μιας βάσης την υπολογισμένη της καλύτερη τιμή. Αποδεκτές τιμές γι' αυτό το μέγεθος είναι τιμές μικρότερες του 4 και είναι τόσο καλύτερες όσο αυτές πλησιάζουν την μονάδα. [10]

3.7 Συστήματα αναφοράς του G.P.S.

Ένα σύστημα αναφοράς (datum) υλοποιείται με τις συντεταγμένες των τριγωνομετρικών του σημείων και ορίζεται με τις συντεταγμένες που δίνονται στην αρχή του συστήματος και με τις παραμέτρους του ελλειψοειδούς που χρησιμοποιεί. Δίνεται επίσης μια αρχική διεύθυνση προσανατολισμού, συνήθως το γεωδαιτικό αζιμούθιο μιας γραμμής μεταξύ του αρχικού σημείου και ενός άλλου.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σ' ένα συμβατικό δορυφορικό σύστημα αναφοράς ως άξονας περιστροφής λαμβάνεται ο μέσος πόλος της περιόδου 1900-1905, ως κέντρο το κέντρο μάζας της γης, ο άξονας των X περνάει από τον μεσημβρινό του Greenwich και ο άξονας των Y

συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα. Με τα παραπάνω στοιχεία ορίζεται ένα δορυφορικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς.

Σήμερα, το σύστημα που χρησιμοποιείται είναι το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (W.G.S. '84), το οποίο χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS 80. Το κέντρο του ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της Γης, ο άξονας των X περνάει από τον μεσημβρινό του Greenwich, ο άξονας των Z ενώνει το κέντρο της Γης με το μέσο πόλο και ο άξονας των Y συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα. Υλοποιείται μέσω των εκπεμπόμενων τροχιών των δορυφόρων G.P.S.. Τα βασικά στοιχεία του GRS 80 είναι: [5]

$$\begin{aligned} a &= 6378137.0000 \text{ m} \\ b &= 6356752.3100 \text{ m} \\ 1/f &= 298.25722356300 \end{aligned}$$

Με χρήση του συστήματος G.P.S. τα στοιχεία που μετρούνται είναι ουσιαστικά βάσεις μεταξύ των σημείων ΔX , ΔY , ΔZ για μετρήσεις σχετικού εντοπισμού και X , Y , Z , για απόλυτο εντοπισμό (μετρήσεις με ένα δέκτη). Έτσι προσδιορίζονται οι συντεταγμένες των σημείων στο γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς. Πολλές φορές όμως επιβάλλεται η μεταφορά τους σε άλλο σύστημα αναφοράς το οποίο πιθανόν να έχει μετάθεση και στροφή ως προς το γεωκεντρικό σύστημα. Στην γενική λοιπόν περίπτωση μετασχηματισμού όπου υπάρχουν στροφή, μετάθεση και αλλαγή κλίμακας K , ο μετασχηματισμός δίνεται από την παρακάτω σχέση: [3, 9]

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}_{12} + (1+K) \begin{bmatrix} 1 & e_z & -e_y \\ -e_z & 1 & e_x \\ e_y & -e_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_1 \quad (3.7.1)$$

Στην Ελλάδα το γεωδαιτικό σύστημα που χρησιμοποιείται είναι το Ε.Γ.Σ.Α. '87 το οποίο ορίζεται με την επιλογή του ελλειψοειδούς αναφοράς GRS 80 παράλληλα μετατοπισμένο ως προς το ITRF, συνεπώς δεν υπάρχουν στροφές μεταξύ των αξόνων. Ως αφετηρία του συστήματος έχει επιλεγεί το κεντρικό βάθρο στο Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Αττικής του οποίου οι συντεταγμένες έχουν προσδιοριστεί από παρατηρήσεις δορυφόρων ετών με συστήματα φωτογραφικά, doppler και laser.

Για την μετατροπή λοιπόν από το W.G.S. '84 στο Ε.Γ.Σ.Α. '87, οι συντεταγμένες δίνονται από τη εξής σχέση: [3]

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{W.G.S. '84}} - \begin{bmatrix} -199,72 \\ 74,03 \\ 246,02 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{Ε.Γ.Σ.Α. '87}} \quad (3.7.2)$$

όπου: $\begin{bmatrix} -199.72 \\ 74.03 \\ 246.02 \end{bmatrix}$ είναι το διάνυσμα μετάθεσης σε m.

Τώρα όσον αφορά τη μετατροπή από τις γεωκεντρικές συντεταγμένες X , Y , Z στις γεωδαιτικές ϕ , λ στη σφαίρα χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις [9]:

$$\tan \lambda = \frac{Y}{X} \quad (3.7.3)$$

$$\tan \phi = \frac{Z + \varepsilon b \sin^3 u}{\rho - e^2 a \cos^3 u} \quad (3.7.4)$$

$$h = \sqrt{X^2 + Y^2} \sec \phi - v \quad (3.7.5)$$

όπου :

$$\rho = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (3.7.6)$$

$$\tan u = \frac{Z a}{\rho b} \quad (3.7.7)$$

$$\varepsilon = \frac{e^2}{1 - e^2} \quad (3.7.8)$$

$$v = \frac{a^2}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}} \quad (3.7.9)$$

Είναι πιθανό να χρειάζεται να γίνει μετατροπή και από τις γεωδαιτικές συντεταγμένες ϕ , λ , h στις συντεταγμένες X , Y της προβολής. Για την μετατροπή αυτή χρειάζονται τα στοιχεία μετατροπής της απεικόνισης που χρησιμοποιείται από το σύστημα αναφοράς που μελετάται σε κάθε περίπτωση. [3]

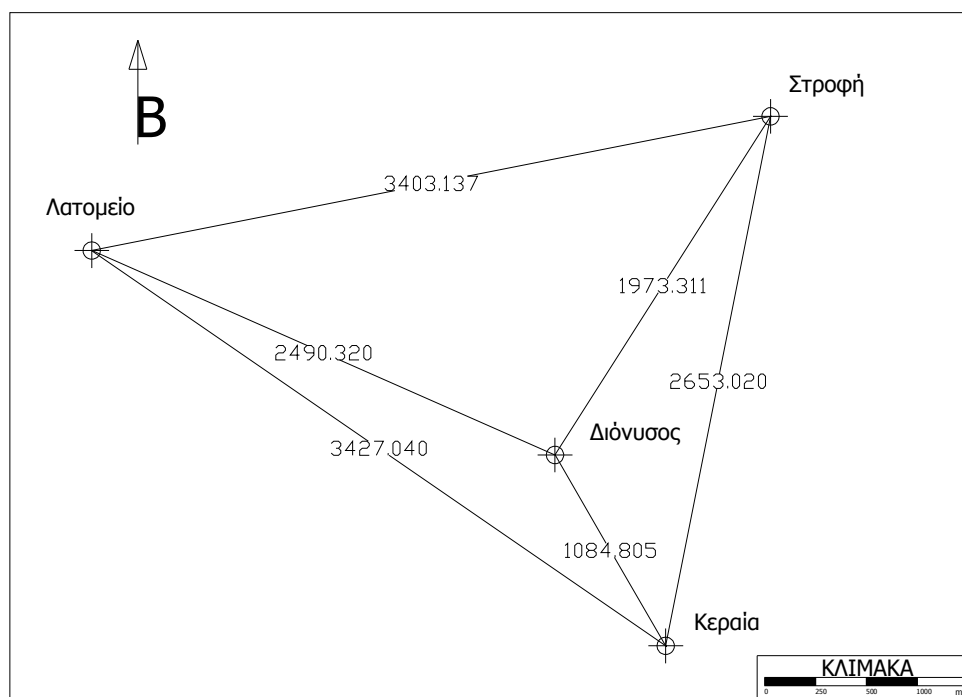
ΜΕΡΟΣ Β

1. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ

1.1 Γενική περιγραφή εργασίας

Η διπλωματική αυτή όπως ήδη έχει αναφερθεί έχει ως θέμα τον προσδιορισμό ορθομετρικών και γεωμετρικών υψομετρικών διαφορών με χρήση Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας και Δορυφορικών μεθόδων στην περιοχή Διονύσου Αττικής. Τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να ελεγχθούν τυχόν κατακόρυφες μετακινήσεις μεταξύ των σημείων καθώς επίσης και για προσδιορισμό του Γεωειδούς στην περιοχή μελέτης.

Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκαν 4 σημεία στην περιοχή τα οποία ονομάζονται : “Λατομείο”, “Διόνυσος”, “Κεραία” και “Στροφή” η σχετική θέση των οποίων φαίνεται στο σχήμα 7:



Σχήμα 7: Σχετική θέση σημείων στην περιοχή μελέτης

Αυτή η επιλογή των σημείων έγινε διότι τα σημεία αυτά μαζί με ακόμα ένα (σημείο Parking, νοτιότερα των σημείων) είχαν χρησιμοποιηθεί παλαιότερα [11] οπότε μπορούν να συγκριθούν τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν. Το σημείο Λατομείο είναι τριγωνομετρικό σημείο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) οπότε είναι γνωστές οι συντεταγμένες του με πολύ καλή ακρίβεια. Επίσης, για το σημείο Διόνυσος είναι γνωστό το γεωμετρικό του υψόμετρο από το Κέντρο Παρακολούθησης Δορυφόρων του Ε.Μ.Π..

Δεδομένης της τοπογραφίας της περιοχής, με τις πολύ μεγάλες κλίσεις μεταξύ των σημείων, η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (Ε.Τ.Υ.) προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα.

1.2 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις ήταν το Leica TC1600 με ακρίβεια στα μήκη $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ με χρήση πρίσματος, ακρίβεια στις γωνίες $\pm 5''$, βεληνεκές 2000m και το δεύτερο όργανο ήταν το Leica TCR303 με ακρίβεια στα μήκη $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ με χρήση πρίσματος, στις γωνίες $\pm 9''$ και βεληνεκές 3000-5000m. Αναλυτικότερα χρησιμοποιήθηκαν :

- Τα δύο Total Station που αναφέρθηκαν παραπάνω με αποσπώμενα τρικόχλια προκειμένου να γίνεται η εναλλαγή οργάνου-στόχου.
- Δύο μεταλλικοί τρίποδες.
- Δύο στόχοι-κατάφωτα.
- Μία μεταλλική σταδία με σφαιρική αεροστάθμη για την κατακορύφωσή της.
- Δύο ασύρματοι για συνεννόηση των ομάδων .

1.3 Βαθμονόμηση

Πριν από την πραγματοποίηση των μετρήσεων στο πεδίο ήταν απαραίτητος ο έλεγχος των οργάνων προκειμένου να διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία τους. Για το λόγο αυτό ακολουθήθηκε η διαδικασία της βαθμονόμησης. Πιο συγκεκριμένα ελέγχθηκαν τα όργανα για την ορθή λειτουργία σκόπευσής τους στις κατακόρυφες γωνίες.

Η διαδικασία ήταν η εξής: Τοποθετήθηκε το όργανο με τη βοήθεια μιας βάσης κέντρωσης σ' ένα σημείο και αφού οριζοντιώθηκε μετρήθηκε η απόσταση από μια κατακόρυφη σταδία καθώς επίσης και η ανάγνωση σε οριζόντια θέση σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου. Στη συνέχεια ελήφθησαν μετρήσεις κατακόρυφων γωνιών με σταθερό βήμα πάνω στη σταδία. Τέλος, οι μετρήσεις που ελήφθησαν επεξεργάστηκαν και ελέγχθηκε η ορθότητα σκόπευσης των οργάνων με στατιστικό έλεγχο. [Παράρτημα 1]

Απ' ότι προέκυψε λοιπόν από την παραπάνω διαδικασία οι ακρίβειες που υπολογίστηκαν καλύπτονται από τις ονομαστικές ακρίβειες των οργάνων.

Τέλος, έγινε και έλεγχος των οργάνων για ορθή σκόπευση με την βοήθεια του οργάνου Collimateur.

1.4 Μετρήσεις E.T.Y.

Δεδομένου ότι οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων είναι αρκετά μεγάλες και λόγω της μορφολογίας της περιοχής εφαρμόστηκε η μέθοδος της E.T.Y.. Πιο συγκεκριμένα θα περιγραφεί ενδεικτικά η διαδικασία μετρήσεων μεταξύ των σημείων Λατομείο – Διόνυσος.

Αρχικά στήνεται ο ένας τρίποδας με το ένα όργανο κοντά στο βάθρο του Λατομείου, σημείο 1, και σε απόσταση ίση περίπου με το min της εστίασης του οργάνου. Το όργανο οριζοντιώνεται και λαμβάνει σε δύο

θέσεις τηλεσκοπίου (100^g και 300^g) αναγνώσεις στη σταδία με τη βοήθεια ενός υποδεκαμέτρου για καλύτερη ακρίβεια. Στη συνέχεια, το όργανο λαμβάνει μετρήσεις κατακόρυφων γωνιών και κεκλιμένων αποστάσεων προς το σημείο 2 που έχει τοποθετηθεί ο δεύτερος τρίποδας με το στόχο σε 4 περιόδους. Έπειτα το όργανο από το σημείο 2 λαμβάνει μετρήσεις ως προς το σημείο 1 σε 4 περιόδους όπως πριν. Η χρονική διαφορά μεταξύ των μετρήσεων ήταν περίπου τρία λεπτά οπότε ο συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης θεωρείται ότι είναι ο ίδιος μεταξύ των μετρήσεων. Μετά η ομάδα στο σημείο 1 πάει στο σημείο 3 το οποίο είναι κοντά στο σημείο Διονύσος. Η ομάδα από το σημείο 2 πραγματοποιεί πάλι μετρήσεις όπως και προηγουμένως και στη λαμβάνονται μετρήσεις από το σημείο 3 προς το 2. Τέλος, με το όργανο στο σημείο 3 λαμβάνονται μετρήσεις στη σταδία στο σημείο του Διονύσου σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι μετρήσεις έγιναν αρχές καλοκαιριού και επειδή μεταξύ κάποιων σημείων ήταν δύσκολη η σκόπευση του στόχου λόγω απόστασης αλλά και λόγω ομοιότητας του με το υπόβαθρο του, τοποθετήθηκε σε κάποιες μετρήσεις πίσω από το στόχο λευκό χαρτί ως υπόβαθρο προκειμένου η σκόπευση να είναι καλύτερη. Επιπλέον, παρατηρήθηκε πρόβλημα στις σκοπεύσεις μεταξύ των σημείων όταν αυτές είχαν μεγάλη απόσταση, το οποίο οφείλεται στην απειρία του χρήστη και λόγω της εποχής που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Για το λόγο αυτό και για την καλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων θεωρήθηκε καλή λύση η απόσταση μεταξύ των σκοπεύσεων να μην είναι μεγαλύτερη από τα 800m.

1.5 Επεξεργασία μετρήσεων Ε.Τ.Υ.

Συγκεντρώνοντας τα στοιχεία των μετρήσεων στο πεδίο γίνονταν οι επίλυση τους έτσι ώστε να γίνεται έλεγχος επιτόπου για την αποφυγή σφαλμάτων όπως λάθος καταγραφή, λάθος ανάγνωση και να επαναληφθούν οι μετρήσεις αν χρειαζόταν.

Η τελική υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων με n στάσεις δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta H_{ij} = (O - E) + \sum_i^n \frac{\Delta H^{\text{aller}} - \Delta H^{\text{retour}}}{2} \quad (1.5.1)$$

Δεδομένου ότι στην περιοχή μελέτης υπήρχαν τέσσερα τριγωνομετρικά σημεία οι υψομετρικές διαφορές που μετρήθηκαν ήταν 6. Αυτές είναι οι εξής με τα αντίστοιχα αποτελέσματά τους:

Υψομετρική Διαφορά μεταξύ των σημείων	ΔΗ (m)
Λατομείο – Διόνυσος	-12.118
Λατομείο – Κεραία	45.583
Λατομείο – Στροφή	-244.222
Διόνυσος – Στροφή	-232.211
Διόνυσος – Κεραία	57.635
Στροφή – Κεραία	289.770

Πίνακας 1.5.1: Αποτελέσματα υψομετρικών διαφορών με εφαρμογή Ε.Τ.Υ.

Για τον καλύτερο έλεγχο των υπολογιζόμενων υψομετρικών διαφορών οι μετρήσεις προγραμματίστηκαν να διεξαχθούν έτσι ώστε να σχηματίζονται βρόγχοι προκειμένου να ελεγχθούν τυχόν σφάλματα κλεισίματος στο πεδίο, τα οποία βρέθηκαν μέσα στα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με την ακρίβεια που προσφέρει η μέθοδος της Ε.Τ.Υ.. Τα κλεισίματα των βρόγχων μαζί με τις ακρίβειές τους παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

Διαδρομή	ΔΗ Κλεισίματος (m)	Μήκος Διαδρομής (m)	Ενδεικτική ακρίβεια (m/km)
Λατομείο – Κεραία – Στροφή	0.035	9430	0.004
Λατομείο – Κεραία – Διόνυσος	0.066	7030	0.010
Λατομείο – Διόνυσος – Στροφή	-0.107	7900	-0.014
Κεραία – Διόνυσος – Στροφή	-0.076	5700	-0.013
Στροφή – Διόνυσος – Λατομείο – Κεραία	0.142	10530	0.014
Διόνυσος – Κεραία – Στροφή – Λατομείο	-0.031	9630	-0.003
Στροφή – Λατομείο – Κεραία – Διόνυσος	-0.041	9930	-0.004

Πίνακας 1.5.2: Κλεισίματα βρόγχων και σφάλμα ανά χιλιόμετρο διαδρομής

Απ' ότι φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα τα ΔΗ κλεισίματος είναι μεγάλα. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τα μήκη μεταξύ των διαδρομών υπολογίζονται τα σφάλματα ανά χιλιόμετρο τα οποία κυμαίνονται μέσα στα επιτρεπτά όρια της μεθόδου που ακολουθήθηκε.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η υψομετρική διαφορά Στροφή – Κεραία μετρήθηκε ακόμα μια φορά με περισσότερες στάσεις, 10 αντί για 4 που είχαν γίνει αρχικά, με σκοπό να διαπιστωθεί εάν η υπολογιζόμενη

υψομετρική διαφορά είναι ίδια με την αρχική και εάν έχουν την ίδια ακρίβεια οι μετρήσεις. Το αποτέλεσμα της υψομετρικής διαφοράς την δεύτερη φορά υπολογίστηκε $\Delta H' = 289.781\text{m}$. Χρησιμοποιώντας λοιπόν την τελευταία υψομετρική τα κλεισίματα μεταξύ των βρόγχων ήταν καλύτερα όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί:

Διαδρομή	ΔH Κλεισίματος με πολλές στάσεις(m)	Σφάλμα (m/km)	ΔH Κλεισίματος με λίγες στάσεις(m)	Διαφορά κλεισιμάτων (m)
Λατομείο – Κεραία – Στροφή	0.024	0.003	0.035	0.011
Κεραία – Διόνυσος – Στροφή	-0.065	-0.011	-0.076	-0.011
Στροφή – Διόνυσος – Λατομείο – Κεραία	0.131	0.012	0.142	0.011
Διόνυσος – Κεραία – Στροφή – Λατομείο	-0.042	-0.004	-0.031	0.011

Πίνακας 1.5.3: Κλεισίματα βρόγχων χρησιμοποιώντας περισσότερες τη διαδρομή Στροφή- Κεραία με 10 στάσεις, σφάλμα ανά χιλιόμετρο διαδρομής, διαφορές κλεισιμάτων

Αυτό δικαιολογείται από την αβεβαιότητα σκόπευσης στις μεγάλες αποστάσεις και αντιμετωπίστηκε με κοντινότερες στάσεις, οπότε υπήρχε καλύτερη σκόπευση και κατά συνέπεια καλύτερο αποτέλεσμα. Ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας όδευση υπάρχει καλύτερη αντιμετώπιση του σφάλματος λόγω της απόκλισης της κατακορύφου.

Στη συνέχεια έγινε συνόρθωση προκριμένου να υπολογισθούν οι καλύτερες τιμές των ορθομετρικών υψομέτρων των σημείων με βάση τα αποτελέσματα από τις υψομετρικές διαφορές. Η συνόρθωση έγινε με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις, δηλαδή κρατώντας ένα σημείο σταθερό (Διόνυσος). Έγιναν συνολικά δύο συνορθώσεις. Στην πρώτη για την επιλογή των βαρών των υψομετρικών διαφορών χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός των στάσεων που έγιναν κατά την διαδρομή. Στη δεύτερη συνόρθωση τα βάρη υπολογίστηκαν με βάση το νόμο μετάδοσης στο τύπο της E.T.Y για κάθε διαδρομή. Τα αποτελέσματα των συνορθώσεων παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες:

Σημείο	Ορθομετρικό υψόμετρο σημείου H (m)	Σφάλμα ορθομετρικού υψομέτρου σ _H (m)	A posteriori σφάλμα μονάδας βάρους $\widehat{\sigma}_{0_1}$ (m)
Διόνυσος (Σταθερό)	471.620	–	0.044
Λατομείο	483.679	0.032	
Κεραία	529.243	0.036	
Στροφή	239.449	0.030	

Πίνακας 1.5.4: Εκτίμηση υψομέτρων και των σφαλμάτων τους με βάση των αριθμό των στάσεων μεταξύ των σημείων. (Συνόρθωση 1)

Σημείο	Ορθομετρικό υψόμετρο σημείου H (m)	Σφάλμα υψομέτρου σ _H (m)	A posteriori σφάλμα μονάδας βάρους $\widehat{\sigma}_{0_2}$ (m)
Διόνυσος (Σταθερό)	471.620	–	0.076
Λατομείο	483.709	0.021	
Κεραία	529.260	0.015	
Στροφή	239.483	0.023	

Πίνακας 1.5.5: Εκτίμηση υψομέτρων και των σφαλμάτων τους με βάση το σφάλμα λόγω μετρήσεων Ε.Τ.Υ.. (Συνόρθωση 2)

Σημείο	Διαφορά υψομέτρων με βάση αριθμό στάσεων – σφάλμα από νόμο μετάδοσης (m)
Διόνυσος (Σταθερό)	–
Λατομείο	0.030
Κεραία	0.017
Στροφή	0.034

Πίνακας 1.5.6: Διαφορές στα υπολογιζόμενα ΔΗ μεταξύ των συνορθώσεων 1 και 2

Απ' ότι φαίνεται από τους πίνακες 1.5.4 και 1.5.5 η ακρίβεια που επιτεύχθηκε με βάση τα μετρούμενα στοιχεία είναι χειρότερη από αυτή με βάση των αριθμό των στάσεων, αλλά τα βάρη είναι πιο ρεαλιστική διότι προέρχονται από την συνόρθωση των μετρήσεων της Ε.Τ.Υ.. Τα παραπάνω φαίνονται και από το λόγο των σφαλμάτων της μονάδας βάρους μεταξύ των 2 συνορθώσεων :

$$\frac{\widehat{\sigma}_{0_1}^2}{\widehat{\sigma}_{0_2}^2} = 0.579 \quad (1.5.2)$$

Από τον παραπάνω λόγο γίνεται κατανοητό ότι η ακρίβεια που είχαν οι μετρήσεις ήταν πολύ καλύτερη από αυτή που αρχικά είχε θεωρηθεί.

1.6 Μετρήσεις G.P.S.

Έπειτα από τις μετρήσεις της E.T.Y. σειρά είχαν οι μετρήσεις με G.P.S.. Γι' αυτές τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε 1 ζεύγος γεωδαιτικών δεκτών G.P.S./GLONASS Legacy της εταιρείας Javad δύο συχνοτήτων, με δυνατότητες Real Time Kinematic (RTK) και Cinderella (ο δέκτης έχει την δυνατότητα να λαμβάνει μετρήσεις και ως προς το σύστημα GLONASS). Πριν από τις μετρήσεις ορίστηκαν κάποια βασικά στοιχεία για τη λειτουργία των δεκτών. Πιο συγκεκριμένα, οι δέκτες ορίστηκαν να καταγράφουν μετρήσεις ως προς τους δορυφόρους κάθε 15 δευτερόλεπτα, η γωνία ύψους λαμβανόμενων σημάτων δορυφόρων ορίστηκε να είναι μεγαλύτερη από 15°.

Για τις μετρήσεις επίσης χρησιμοποιήθηκαν 2 βάσεις κέντρωσης και ένας τρίποδας με αποσπώμενο τρικόχλιο.

Οι μετρήσεις ολοκληρώθηκαν σε 2 μέρες (23/06/07 και 26/06/07). Οι βάσεις που μετρήθηκαν ήταν οι ίδιες που μετρήθηκαν και με εφαρμογή της E.T.Y. προκειμένου όπως έχει ήδη αναφερθεί να ελεγχθούν τα αποτελέσματα και να προσδιοριστούν οι αποχές του Γεωειδούς στην περιοχή. Δεδομένου ότι η επιθυμητή ακρίβεια ήταν μεγάλη εφαρμόστηκε σχετικός στατικός εντοπισμός με διάρκεια μετρήσεων 45 λεπτά για κάθε βάση. Το σταθερό σημείο ήταν ο Διόνυσος, με γνωστές συντεταγμένες από το Κέντρο Παρακολούθησης Δορυφόρων του Ε.Μ.Π..

1.7 Επεξεργασία μετρήσεων G.P.S.

Η επεξεργασία των μετρήσεων έγινε στο πρόγραμμα Pinnacle της Javad. Αρχικά έγινε η εισαγωγή των δεδομένων και αναγνωρίστηκαν ποια αρχεία αντιστοιχούν σε ποια σημεία με βάση τους χρόνους παρατήρησης τους, και στην συνέχεια ορίστηκαν τα ύψη κεραίας σε κάθε σημείο. Έπειτα έγινε η επίλυση των βάσεων. Η επίλυση του δικτύου έγινε δύο φορές, τη πρώτη φορά με τις ελάχιστες εσωτερικές δεσμεύσεις στο σύστημα αναφοράς W.G.S. '84 και χωρίς σταθερό σημείο και την δεύτερη φορά με τις ελάχιστες εσωτερικές αλλά με σταθερό σημείο το Διόνυσο στο σύστημα αναφοράς Ε.Γ.Σ.Α '87. Κατά την επίλυση των βάσεων και την πρώτη και τη δεύτερη φορά προκειμένου τα αποτελέσματα να γίνουν δεκτά τα αποτελέσματα απ' όλες τις βάσεις αλλάχθηκε το a priori τυπικό σφάλμα των βάσεων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

	φ	λ	$h(m)$
Διόνυσος	38°04'42".94186	23°55'56".84027	510.2857
Κεραία	38°04'13".28583	23°56'20".67715	567.8713
Λατομείο	38°05'12".69144	23°54'21".84716	522.3502
Στροφή	38°05'37".79274	23°56'37".46148	278.0746

Πίνακας 1.7.1: Συνόρθωση στο W.G.S. '84 με σταθερό σημείο το Διόνυσο

	X(m)	Y(m)	h(m)
Διόνυσος	493927.297	4214250.028	478.620
Κεραία	494507.418	4213335.613	536.234
Λατομείο	491613.981	4215168.940	490.697
Στροφή	494917.938	4215939.897	246.309

Πίνακας 1.7.2: Συνόρθωση στο Ε.Γ.Σ.Α. με σταθερό σημείο το Διόνυσο

Στη συνέχεια και προκειμένου να ελεγχθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων έγινε συνόρθωση σε παλαιότερα δεδομένα από την περιοχή με χρήση μόνο των παρατηρήσεων για τα ίδια ακριβώς σημεία (εξαιρέση δεδομένων για μη κοινά σημεία), ακολουθώντας την ως άνω διαδικασία. Τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

	φ	λ	h(m)
Διόνυσος	38°04'42".94186	23°55'56".84027	510.2857
Κεραία	38°04'13".28600	23°56'20".67705	567.8453
Λατομείο	38°05'12".69140	23°54'21".84736	522.3217
Στροφή	38°05'37".79258	23°56'37".46107	278.0552

Πίνακας 1.7.3: Συνόρθωση στο W.G.S. '84 με σταθερό σημείο το Διόνυσο με παλαιότερα δεδομένα

	X(m)	Y(m)	h(m)
Διόνυσος	493927.297	4214250.028	478.620
Κεραία	494507.416	4213335.619	536.207
Λατομείο	491613.986	4215168.939	490.668
Στροφή	494917.929	4215939.892	246.290

Πίνακας 1.7.4: Συνόρθωση στο Ε.Γ.Σ.Α. με σταθερό σημείο το Διόνυσο με παλαιότερα δεδομένα

Οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων για το Ε.Γ.Σ.Α. '87 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	ΔX (m)	ΔY(m)	Δh(m)
Διόνυσος	-	-	-
Κεραία	-0,002	0,005	-0,026
Λατομείο	0,005	-0,001	-0,029
Στροφή	-0,010	-0,005	-0,019

Πίνακας 1.7.5: Διαφορές σημείων στο Ε.Γ.Σ.Α. με σταθερό σημείο το Διόνυσο

Απ' ότι φαίνεται και από τους παραπάνω πίνακες οι διαφορές των σημείων οριζοντιογραφικά είναι της τάξης κάποιων χιλιοστών με μεγαλύτερη αυτή στο σημείο Στροφή ($\Delta X=0.01$ cm). Σύμφωνα, με τον κατασκευαστή η ακρίβεια που μπορεί να επιτευχθεί με αυτά τα όργανα για στατικό εντοπισμό είναι:

Οριζοντιογραφικά της τάξης των $\pm 2\text{mm} \pm 1\text{ppm}$

Υψομετρικά της τάξης των $\pm 5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$

Άρα για το δίκτυο που μελετάται με μέσο μήκος πλευρών $S=2500\text{m}$ οι ακρίβειες είναι:

$$\text{Οριζοντιογραφικά: } \sigma_{xy} = \sqrt{(2^2 + (2500000 * 1/10^6)^2)} = \pm 3.2\text{mm}$$

$$\text{Υψομετρικά: } \sigma_h = \sqrt{5^2 + (2500000 * 1/10^6)^2} = \pm 6\text{mm}$$

Τα σφάλματα του κατασκευαστή τόσο οριζοντιογραφικά $\sigma_h = \pm 3.2\text{mm}$ όσο και υψομετρικά $\sigma_h = \pm 6\text{mm}$ είναι πολύ αισιόδοξα και πρακτικά αδύνατο να επιτευχθούν. [11] Ειδικότερα υψομετρικά, δεδομένης της γεωμετρίας των δορυφόρων του συστήματος G.P.S. όπου λαμβάνονται μετρήσεις από δορυφόρους μόνο πάνω από τον ορίζοντα το σφάλμα είναι αρκετά μεγαλύτερο και πρακτικά η ακρίβεια είναι περίπου ίση με 1cm.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα θα ελεγχθούν με χρήση της κανονικής κατανομής για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι υπολογιζόμενες διαφορές αποτελούν συστηματικό σφάλμα ή είναι αναμενόμενες βάσει των δεκτών. Άρα, με βάση την κανονική κατανομή και με βάση ότι η μέγιστη διαφορά μεταξύ των ΔH είναι 29mm υπολογίζεται:

$$p=95\% \Leftrightarrow z_{95}=1.960 \Leftrightarrow z = \frac{\Delta H - \mu_{\Delta H}}{\sigma_{\Delta H}} \Leftrightarrow 1,960 = \frac{0.029 - 0}{\sigma_{\Delta H}} \Leftrightarrow \sigma_{\Delta H} = \pm 0.015\text{m}$$

Αλλά το $\sigma_{\Delta H}$ είναι το σφάλμα της διαφοράς της πρώτης από την δεύτερη φάση και δεδομένου ότι το σφάλμα είναι το ίδιο για τις δύο φάσεις:

$$\sigma_{\Delta H} = \sqrt{\sigma_H^I + \sigma_H^{II}} = \sqrt{2} * \sigma_H \quad (1.7.1)$$

$$\text{Άρα, τελικά } \sigma_H = 0.015/\sqrt{2} \Leftrightarrow \underline{\sigma_H = \pm 0.011\text{m}}$$

Απ' ότι φαίνεται και από την παραπάνω διαδικασία το σ_H βρέθηκε οριακά μέσα στα επιτρεπτά όρια για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, οπότε δεν μπορούμε να πούμε με σιγουριά αν οι διαφορές αποτελούν μικρομετακίνηση ή είναι αναμενόμενες.

1.8 Προσαρμογή επιπέδου στο Γεωειδές της περιοχής

Δεδομένου ότι έχουν πλέον υπολογιστεί τα υψόμετρα για όλα τα σημεία γεωμετρικά και ορθομετρικά, μπορεί να προσδιοριστεί η αποχή

N του Γεωειδούς από το ελλειψοειδές και κατά συνέπεια ένα επίπεδο το οποίο προσαρμόζεται στην περιοχική μελέτης.

Τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τέσσερα και η εξίσωση επιπέδου δίνεται από τη σχέση:

$$N_i = \alpha X_i + \beta Y_i + \gamma \quad (1.8.1)$$

όπου: X_i – η τετμημένη του σημείου στο Ε.Γ.Σ.Α. '87

Y_i – η τεταγμένη του σημείου στο Ε.Γ.Σ.Α. '87

Όπως φαίνεται και από τον τύπο οι άγνωστες παράμετροι είναι οι συντελεστές του επιπέδου α , β , γ . Άρα, επειδή υπάρχουν περισσότερες παρατηρήσεις απ' ότι οι άγνωστοι πραγματοποιήθηκε συνόρθωση προκειμένου να υπολογιστούν οι συντελεστές του επιπέδου. Τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Συντελεστές επιπέδου	A posteriori σφάλμα μονάδας βάρους $\hat{\sigma}_0$ (m)
$\alpha = -1.47 \cdot 10^{-5} \pm 3.29 \cdot 10^{-5}$	0.083
$\beta = 1.06 \cdot 10^{-4} \pm 4.30 \cdot 10^{-5}$	
$\gamma = 462.103 \pm 184.259$	

Πίνακας 1.8.1: Αποτελέσματα συνόρθωσης για προσδιορισμό συντελεστών επιπέδου

Με τα παραπάνω στοιχεία υπολογίσθηκαν πάλι οι αποχές N των σημείων και τα αποτελέσματά τους μαζί με τις διαφορές από τις αρχικές τιμές φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Σημείο	Αρχική αποχή N (h-H) (m)	Υπολογισμένη αποχή N από επίπεδο (m)	Διαφορές αποχών (m)
Διόνυσος	7.000	7.070	-0.070
Λατομείο	6.981	7.158	0.041
Κεραία	6.999	7.006	0.016
Στροφή	6.858	6.876	0.013

Πίνακας 1.8.2: Διαφορές αποχών μεταξύ των σημείων πριν και μετά την συνόρθωση

Από τον προσδιορισμό των α , β , γ και των σφαλμάτων τους γίνεται φανερό πως το επίπεδο αυτό δεν προσαρμόζεται στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφού κάθε συντελεστής προσδιορίζεται με αβεβαιότητα ίδιας τάξης μεγέθους με την καλύτερη τιμή του. Αυτό οφείλεται αφενός στο γεγονός πως ο βαθμός ελευθερίας $r = n - m = 1$ είναι πολύ μικρός δηλαδή δεν υπάρχουν αρκετές παρατηρήσεις άρα δεν μπορεί να οριστεί το βέλτιστο επίπεδο στην περιοχική και αφετέρου δεν υπάρχει βεβαιότητα ότι το επίπεδο αποτελεί ορθή επιφάνεια απεικόνισης του Γεωειδούς της περιοχής.

2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν βάσει των προηγούμενων συνοψίζονται στα εξής:

1. Τα αποτελέσματα των υψομετρικών διαφορών υπολογίσθηκαν με ικανοποιητική ακρίβεια. Αυτό φαίνεται και από ότι τα σφάλματα ανά χιλιόμετρο διαδρομής που υπολογίσθηκαν βρέθηκαν μέσα στα επιτρεπτά όρια που παρέχει η εφαρμογή της E.T.Y..
2. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων G.P.S. που πραγματοποιήθηκαν κατά την χρονική περίοδο 2007 με μετρήσεις που είχαν πραγματοποιηθεί κατά το έτος 2002 δεν βρέθηκαν μεγάλες διαφορές ούτε οριζοντιογραφικά ούτε υψομετρικά οπότε δεν υπάρχει μικρομετακίνηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Οι διαφορές που παρουσιάζονται καλύπτονται με βάση την ονομαστική ακρίβεια των δεκτών που χρησιμοποιήθηκε και ελέγχθηκαν με βάση την κανονική κατανομή για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
3. Η επανάληψη μέτρησης μιας υψομετρικής διαφοράς με περισσότερες στάσεις δεν έδωσε μεγάλη διαφορά στα αποτελέσματα, κάτι που φαίνεται και από τα κλεισίματα των βρόγχων μεταξύ των διαδρομών. Επιπλέον οι ακρίβειες που υπολογίσθηκαν βρέθηκαν περίπου ίσες, δηλαδή η διαφορά τους είναι 1mm, που ουσιαστικά είναι αμελητέα.
4. Η χρήση του επιπέδου για την προσαρμογή του Γεωειδούς στην περιοχή μελέτης δεν είναι δυνατή λόγω του έντονου αναγλύφου και του μικρού αριθμού σημείων που χρησιμοποιήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές των συντελεστών του επιπέδου που προσδιορίστηκαν με βάση τα τέσσερα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν έχουν την ίδια τάξη μεγέθους με τα σφάλματά τους οπότε δεν αποτελούν αξιόπιστη λύση.

3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με σκοπό την όποια δυνατή βελτίωση των αποτελεσμάτων και των ακριβειών που αυτά έχουν παρατίθενται οι παρακάτω προτάσεις:

- 1) Για τον έλεγχο μικρομετακινήσεων είναι σκόπιμο να γίνουν επαναληπτικές επίγειες μετρήσεις σε κάποια άλλη χρονική στιγμή και να συγκριθούν με την τωρινή φάση των μετρήσεων ώστε εκτός από τα δορυφορικά δεδομένα να υπάρχει και σύγκριση ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών χωρίς τον υπολογισμό του N .
- 2) Για τον καλύτερο προσδιορισμό της αποχής N του Γεωειδούς στην περιοχή και της μορφής που αυτό έχει μία πρόταση θα ήταν η χρήση περισσότερων σημείων στην ευρύτερη περιοχή προκειμένου να υπάρχουν περισσότερα δεδομένα. Η χρήση περισσότερων δεδομένων θα επέτρεπε τη χρήση επιφάνειας μεγαλύτερου βαθμού από το επίπεδο για την προσαρμογή του Γεωειδούς στην περιοχή σε περίπτωση που η χρήση επιπέδου θα αποδεικνυόταν ανεπαρκής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ο. Αραμπατζή, Δ.Δ. Μπαλοδήμος, **ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**
Διδακτικές Σημειώσεις,
Αθήνα Ιανουάριος 2004
2. Ε. Λάμπρου, Δ.Δ. Μπαλοδήμος,
Γ. Παναζής **ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**
ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ, Διδακτικές
Σημειώσεις Αθήνα
Ιανουάριος 2004
3. Γ. Βέης, Χ. Μπιλλήρης,
Κ. Παπαζήση **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ**
Διδακτικές Σημειώσεις,
Αθήνα 2005
4. Γ. Βέης, Χ. Μπιλλήρης,
Κ. Παπαζήση **ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**
ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ,
Διδακτικές Σημειώσεις,
Αθήνα Ιανουάριος 2004
5. Γ. Βέης, Χ. Μπιλλήρης,
Κ. Παπαζήση **ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΑΝΩΤΕΡΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**
Διδακτικές Σημειώσεις,
Αθήνα 2004
6. Δ. Παραδείσης **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**
Διδακτικές Σημειώσεις, Αθήνα
Ιανουάριος 2004
7. Μ. Τσακίρη **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ G.P.S.**
Διδακτικές Σημειώσεις,
Αθήνα 2004
8. Χ. Ιωάννου, Δημ. Τσίνη
Δημ. Τσίνης **ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΗΣΩΝ**
ΜΗΛΟΥ – ΚΙΜΩΛΟΥ ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΕΣ
ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ
Διπλωματική Εργασία
Αθήνα Μάρτιος 2000
9. J.C. Iliffe **DATUMS AND MAP PROJECTIONS**
Whittles Publishing
10. **Σημειώσεις παραδόσεων μαθήματος Γεωδαισία IV, περίοδος**
2004-2005

11. Δημ. Τσίνη **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΚΤΩΝ G.P.S. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΟΝΥΣΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ**
Μεταπτυχιακή εργασία
Αθήνα, Σεπτέμβριος 2002
12. Δ.Δ. Μπαλοδήμος **«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ»**
Τεχνικά χρονικά, Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβριος 1979
- 13.Α.Μ. Αγατζά – Μπαλοδήμου **ΘΕΩΡΙΑ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΡΘΩΣΕΩΝ Ι**
Διδακτικές Σημειώσεις, Αθήνα 2004
14. G. Bomford **GEODESY, 4TH EDITION, CLARENDON PRESS** Oxford 1980
15. W. Torge **ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π.**
Αθήνα, 2000
16. A. Leick **G.P.S. SATELLITE SURVEYING (SECOND EDITION)**, John Wiley & Sons, New York 1995

Ηλεκτρονική διεύθυνση:

http://olimpia.topo.auth.gr/courses/intrograv/pres7_2006.pdf

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

A. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TCR 303

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ISO-THEO-V

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,975

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,975

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi

(m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1,600	97,8895	302,1080	0,00125	12,5
1,400	98,5635	301,4335	0,00150	15
1,200	99,2385	300,7595	0,00100	10
0,800	100,5890	299,4080	0,00150	15
0,600	101,2635	298,7345	0,00100	10
0,400	101,9380	298,0590	0,00150	15

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

x=

Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-33,611	C1,II=	33,611
C2,I=	-18,591	C2,II=	18,591
C3,I=	-2,831	C3,II=	2,831
C4,I=	12,313	C4,II=	-12,313
C5,I=	33,645	C5,II=	-33,645
C6,I=	42,118	C6,II=	-42,118

CC κ1= 9081,69

$$S_{1=\pm}(CC\kappa_1/8)^{1/2}$$

$$S_{1=} 33,69$$

$$S_{2=} 34,61$$

$$S_{3=} 35,08$$

$$S_{4=} 35,21$$

$$S_{0=\pm}[(S_1^2+S_2^2+S_3^2+S_4^2)/4]^{1/2}$$

$$S_{0=} 34,65$$

$$S_{ISO-THEO-V}=\pm(S_0/\sqrt{2})$$

$$S_{ISO-THEO-V}= 24,50$$

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TCR 303

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ISO-ΤΗΘ-ν

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,975

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,975

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi

(m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1.600	97.8890	302.1080	0.00150	15
1.400	98.5635	301.4335	0.00150	15
1.200	99.2380	300.7585	0.00175	17.5
0.800	100.5890	299.4075	0.00175	17.5
0.600	101.2630	298.7340	0.00150	15
0.400	101.9375	298.0595	0.00150	15

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

x=

Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-31.111	C1,II=	31.111
C2,I=	-18.591	C2,II=	18.591
C3,I=	-5.331	C3,II=	5.331
C4,I=	9.813	C4,II=	-9.813
C5,I=	33.645	C5,II=	-33.645
C6,I=	47.118	C6,II=	-47.118

CC κ2= 9580.61

S 2= 34.61

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TCR 303

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ISO-ΤΗΘ-ν

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,975

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,975

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi

(m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1.600	97.8895	302.1080	0.00125	12.5
1.400	98.5645	301.4335	0.00100	10
1.200	99.2385	300.7585	0.00150	15
0.800	100.5900	299.4080	0.00100	10
0.600	101.2635	298.7345	0.00100	10
0.400	101.9380	298.0595	0.00125	12.5

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

x=

Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-33.611	C1,II=	33.611
C2,I=	-23.591	C2,II=	23.591
C3,I=	-7.831	C3,II=	7.831
C4,I=	7.313	C4,II=	-7.313
C5,I=	33.645	C5,II=	-33.645
C6,I=	44.618	C6,II=	-44.618

CC κ3= 9847.54

S 3= 35.08

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TCR 303

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ISO-ΤΗΘ-ν

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,975

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,975

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi

(m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1.600	97.8895	302.1080	0.00125	12.5
1.400	98.5635	301.4335	0.00150	15
1.200	99.2385	300.7585	0.00150	15
0.800	100.5890	299.4090	0.00100	10
0.600	101.2635	298.7345	0.00100	10
0.400	101.9380	298.0595	0.00125	12.5

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

x=

Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-33.611	C1,II=	33.611
C2,I=	-18.591	C2,II=	18.591
C3,I=	-7.831	C3,II=	7.831
C4,I=	17.313	C4,II=	-17.313
C5,I=	33.645	C5,II=	-33.645
C6,I=	44.618	C6,II=	-44.618

CC κ4= 9918.24

S 4= 35.21

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TC1600

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ISO-THEO-V

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,974

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,974

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi (m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1,600	97,8872	302,1163	-0,00175	-17,5
1,400	98,5620	301,4414	-0,0017	-17
1,200	99,2368	300,7671	-0,00195	-19,5
0,800	100,5869	299,4161	-0,0015	-15
0,600	101,2619	298,7427	-0,0023	-23
0,400	101,9358	298,0672	-0,0015	-15

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

x= Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-14,388	C1,II=	14,388
C2,I=	-5,388	C2,II=	5,388
C3,I=	9,860	C3,II=	-9,860
C4,I=	29,502	C4,II=	-29,502
C5,I=	48,844	C5,II=	-48,844
C6,I=	60,335	C6,II=	-60,335

CC κ1= 14459,39

$$S_{1=\pm}(CC\kappa_1/8)^{1/2}$$

$$S_{1=} 42,51$$

$$S_{2=} 42,07$$

$$S_{3=} 39,62$$

$$S_{4=} 41,16$$

$$S_{0=\pm}[(S_1^2+S_2^2+S_3^2+S_4^2)/4]^{1/2}$$

$$S_{0=} 41,36$$

$$S_{ISO-THEO-V}=\pm(S_0/\sqrt{2})$$

$$S_{ISO-THEO-V}= 29,24$$

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TC1600

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ΙΣΟ-ΤΗΘΟ-Υ

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,974

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,974

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi

(m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1.600	97.8864	302.1167	0.00155	-15.5
1.400	98.5619	301.4416	0.00175	-17.5
1.200	99.2366	300.7674	-0.002	-20
0.800	100.5872	299.4165	0.00185	-18.5
0.600	101.2620	298.7425	0.00225	-22.5
0.400	101.9365	298.0680	0.00225	-22.5

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma \cdot \delta^{cc}$$

x=

Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-8.388	C1,II=	8.388
C2,I=	-3.888	C2,II=	3.888
C3,I=	12.360	C3,II=	-12.360
C4,I=	30.002	C4,II=	-30.002
C5,I=	47.344	C5,II=	-47.344
C6,I=	60.835	C6,II=	-60.835

CC κ2= 14161.46

S 2= 42.07

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TC1600

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ΙΣΟ-ΤΗΘΟ-ν

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,974

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,974

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi

(m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1.600	97.8864	302.1168	-0.0016	-16
1.400	98.5628	301.4417	0.00225	-22.5
1.200	99.2370	300.7675	0.00225	-22.5
0.800	100.5882	299.4160	-0.0021	-21
0.600	101.2628	298.7428	-0.0028	-28
0.400	101.9368	298.0680	-0.0024	-24

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma.\delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma.\delta^{cc}$$

x=

Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-7.888	C1,II=	7.888
C2,I=	-7.888	C2,II=	7.888
C3,I=	10.860	C3,II=	-10.860
C4,I=	22.502	C4,II=	-22.502
C5,I=	44.844	C5,II=	-44.844
C6,I=	59.335	C6,II=	-59.335

CC κ3= 12560.72

S 3= 39.62

ΟΡΓΑΝΟ LEICA TC1600

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 09/01/07

Προσδιορισμός S ISO-ΤΗΘ-ν

ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ 1Η

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 100 =0,974

ΣΚΟΠΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ 300 =0,974

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ- ΣΤΑΔΙΑΣ=18,827 m

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΣΤΑΔΙΑ hi (m)	I (100)	II (300)	σ.δ.(g)	σ.δ.(cc)
1.600	97.8879	302.1170	0.00245	-24.5
1.400	98.5629	301.4420	0.00245	-24.5
1.200	99.2370	300.7676	-0.0023	-23
0.800	100.5881	299.4160	0.00205	-20.5
0.600	101.2623	298.7425	-0.0024	-24
0.400	101.9368	298.0684	-0.0026	-26

$$c_{i,I} = (100^g - \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,I}^g) * 10^4 - \sigma.\delta^{cc}$$

$$c_{i,II} = (300^g + \arctan \frac{h_i - x}{S} - z_{i,II}^g) * 10^4 - \sigma.\delta^{cc}$$

x=

Ανάγνωση σταδίας σε οριζόντια θέση

C1,I=	-14.388	C1,II=	14.388
C2,I=	-6.888	C2,II=	6.888
C3,I=	11.360	C3,II=	-11.360
C4,I=	23.002	C4,II=	-23.002
C5,I=	45.844	C5,II=	-45.844
C6,I=	61.335	C6,II=	-61.335

CC κ4= 13552.54

S 4= 41.16

Β. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Ε.Τ.Υ.

Ρ Λοτομείου - Ρ Διόνυσος

		ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ		ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ		ΑΝΗΓ. ΤΙΜ		Μ.Ο. Δ		ΔΗ
		ΘΕΣΗ Ι	ΘΕΣΗ ΙΙ	ΘΕΣΗ Ι	ΘΕΣΗ ΙΙ	ΑΝΗΓ. ΤΙΜ	Μ.Ο.	ΜΗΚΟΣ D	Μ.Ο. D	
		0.296	0.296	1.613	1.613					
			<u>0.296</u>		<u>1.613</u>					
1	2	103.7010	296.2975	103.70175	103.7018	103.7018	103.7036	705.4340	705.4340	
1	2	103.7035	296.2980	103.70275	103.7028	103.7028	103.7036	705.4340	705.4340	-41.01619
1	2	103.7045	296.2945	103.70500	103.7050	103.7050		705.4340		
1	2	103.7040	296.2945	103.70475	103.7048	103.7048		705.4340		
2	1	96.3020	303.6983	96.30185	96.3019	96.3019		705.4300		-40.981
2	1	96.3023	303.6961	96.30310	96.3031	96.3031	96.3028	705.4290	705.4295	40.94513
2	1	96.3020	303.6966	96.30270	96.3027	96.3027		705.4290		
2	1	96.3032	303.6963	96.30345	96.3035	96.3035		705.4300		
2	3	98.9726	301.0220	98.97530	98.9753	98.9753		1868.3340		
2	3	98.9776	301.0142	98.98170	98.9817	98.9817	98.9797	1868.3350	1868.3343	29.94147
2	3	98.9777	301.0161	98.98080	98.9808	98.9808		1868.3340		
2	3	98.9773	301.0152	98.98105	98.9811	98.9811		1868.3340		
3	2	101.0350	298.9626	101.03620	101.0362	101.0362		1868.3310		30.18
3	2	101.0350	298.9600	101.03750	101.0375	101.0375	101.0365	1868.3330	1868.3325	-30.41755
3	2	101.0340	298.9620	101.03600	101.0360	101.0360		1868.3330		
3	2	101.0340	298.9615	101.03625	101.0363	101.0363		1868.3330		

-12.118

R Κεραία- R Λατομείο

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ		ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ		ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΘΕΣΗ I		ΑΝΗΓ. ΤΙΜ		Μ.Ο. D		ΔΗ	
ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μ.Ο.	Μ.Ο. D	Μ.Ο.	ΔΗ
0.248	0.248	0.248	0.248	0.156	0.156	0.156	0.156			<u>0.156</u>	
1	2	103.3374	296.6595	0.00155	0.00155	103.33895	103.3390	103.3394	1075.737	1075.737	
1	2	103.338	296.6601	0.00095	0.00095	103.33895	103.3390	103.3394	1075.737	1075.737	-56.40252
1	2	103.3397	296.6602	5E-05	0.0001	103.33975	103.3398	103.3398	1075.737	1075.737	
1	2	103.3398	296.66	0.0001	0.0001	103.3399	103.3399	103.3399	1075.737	1075.737	
2	1	96.6675	303.3295	0.0015	0.0015	96.669	96.6690	96.6700	1075.736	1075.736	-56.324
2	1	96.669	303.3285	0.00125	0.00125	96.67025	96.6703	96.6700	1075.737	1075.73625	56.24386
2	1	96.6685	303.327	0.00225	0.00225	96.67075	96.6708	96.6700	1075.736	1075.736	
2	1	96.67	303.3305	-0.00025	-0.00025	96.66975	96.6698	96.6700	1075.736	1075.736	
2	3	100.699	299.3	0.0005	0.0005	100.6995	100.6995	100.7016	1890.555	1890.555	
2	3	100.7005	299.2965	0.0015	0.0015	100.702	100.7020	100.7016	1890.555	1890.555	-20.83409
2	3	100.7005	299.296	0.00175	0.00175	100.70225	100.7023	100.7016	1890.555	1890.555	
2	3	100.7	299.295	0.0025	0.0025	100.7025	100.7025	100.7016	1890.555	1890.555	
3	2	99.3171	300.6834	-0.00025	-0.00025	99.31685	99.3169	99.3158	1890.554	1890.554	
3	2	99.3166	300.685	-0.0008	-0.0008	99.3158	99.3158	99.3158	1890.555	1890.555	20.31739
3	2	99.3162	300.6867	-0.00145	-0.00145	99.31475	99.3148	99.3158	1890.555	1890.555	
3	2	99.3167	300.6852	-0.00095	-0.00095	99.31575	99.3158	99.3158	1890.554	1890.554	
3	4	97.2637	302.7375	-0.0006	-0.0006	97.2631	97.2631	97.2643	726.562	726.562	
3	4	97.2684	302.7363	-0.00235	-0.00235	97.26605	97.2661	97.2643	726.562	726.56225	31.21242
3	4	97.2645	302.736	-0.00025	-0.00025	97.26425	97.2643	97.2643	726.563	726.563	
3	4	97.2657	302.7384	-0.00205	-0.00205	97.26365	97.2637	97.2643	726.562	726.562	

-45.583

-20.576

R Στροφής- R Κεραία

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ		ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ		ΑΝΑΓΝΩΣΗ		ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ		ΑΝΗΓ.		Μ.Ο.		Μ.Ο. D		ΜΗΚΟΣ D		ΔΗ	
ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΤΙΜ	Μ.Ο.	Μ.Ο. D	ΜΗΚΟΣ D	Μ.Ο.	Μ.Ο. D	ΜΗΚΟΣ D	Μ.Ο.	Μ.Ο. D	ΔΗ
0.452	0.452	0.452	0.452	0.17	0.17	0.17	0.17										
1	2	92.3049	307.6967	92.3041	92.3041	92.3041	92.3041	92.3041	92.30725	864.967	864.967	92.30725	864.967	864.967	864.967	864.967	104.2662
1	2	92.3051	307.6963	92.3044	92.3044	92.3044	92.3044	92.3044	92.30725	864.967	864.967	92.30725	864.967	864.967	864.967	864.967	104.2662
1	2	92.3031	307.6677	92.3177	92.3177	92.3177	92.3177	92.3177	92.3028	864.967	864.967	92.3028	864.967	864.967	864.967	864.967	104.2662
1	2	92.3028	307.6973	92.3028	92.3028	92.3028	92.3028	92.3028	92.3028	864.967	864.967	92.3028	864.967	864.967	864.967	864.967	104.2662
2	1	107.7070	292.2970	107.7050	107.7050	107.7050	107.7050	107.7050	107.7053	864.975	864.975	107.7053	864.975	864.975	864.975	864.975	104.353
2	1	107.7085	292.2980	107.7053	107.7053	107.7053	107.7053	107.7053	107.7053	864.975	864.975	107.7053	864.975	864.975	864.975	864.975	104.353
2	1	107.7075	292.2970	107.7053	107.7053	107.7053	107.7053	107.7053	107.7053	864.975	864.975	107.7053	864.975	864.975	864.975	864.975	104.353
2	1	107.7100	292.2970	107.7065	107.7065	107.7065	107.7065	107.7065	107.7065	864.975	864.975	107.7065	864.975	864.975	864.975	864.975	104.353
2	3	96.4680	303.5400	96.4640	96.4640	96.4640	96.4640	96.4640	96.4643	542.862	542.862	96.4643	542.862	542.862	542.862	542.862	30.13454
2	3	96.4670	303.5385	96.4643	96.4643	96.4643	96.4643	96.4643	96.4635	542.862	542.862	96.4635	542.862	542.862	542.862	542.862	30.13454
2	3	96.4690	303.5420	96.4635	96.4635	96.4635	96.4635	96.4635	96.4653	542.862	542.862	96.4653	542.862	542.862	542.862	542.862	30.13454
2	3	96.4695	303.5390	96.4653	96.4653	96.4653	96.4653	96.4653	96.4653	542.862	542.862	96.4653	542.862	542.862	542.862	542.862	30.13454
3	2	103.5377	296.4610	103.5384	103.5384	103.5384	103.5384	103.5384	103.5384	542.86	542.86	103.5384	542.86	542.86	542.86	542.86	30.148
3	2	103.5401	296.4608	103.5397	103.5397	103.5397	103.5397	103.5397	103.5397	542.86	542.86	103.5397	542.86	542.86	542.86	542.86	30.148
3	2	103.5397	296.4629	103.5384	103.5384	103.5384	103.5384	103.5384	103.5384	542.86	542.86	103.5384	542.86	542.86	542.86	542.86	30.148
3	2	103.5405	296.4633	103.5386	103.5386	103.5386	103.5386	103.5386	103.5386	542.86	542.86	103.5386	542.86	542.86	542.86	542.86	30.148
3	4	92.1425	307.8581	92.1422	92.1422	92.1422	92.1422	92.1422	92.1422	1258.076	1258.076	92.1422	1258.076	1258.076	1258.076	1258.076	154.8762
3	4	92.1432	307.8564	92.1434	92.1434	92.1434	92.1434	92.1434	92.1434	1258.076	1258.076	92.1434	1258.076	1258.076	1258.076	1258.076	154.8762
3	4	92.1437	307.8580	92.1429	92.1429	92.1429	92.1429	92.1429	92.1429	1258.076	1258.076	92.1429	1258.076	1258.076	1258.076	1258.076	154.8762
3	4	92.1435	307.8571	92.1432	92.1432	92.1432	92.1432	92.1432	92.1432	1258.076	1258.076	92.1432	1258.076	1258.076	1258.076	1258.076	154.8762

289.770

4	3	107.8675	292.1305	0.001	107.8685	107.8685	1258.079	154.987
4	3	107.8680	292.1310	0.0005	107.8685	107.8685	1258.078	
4	3	107.8680	292.1310	0.0005	107.8685	107.8685	1258.078	-155.098
4	3	107.8675	292.1315	0.0005	107.8680	107.868	1258.078	

R Στροφής- R Διόνυσος

ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ		ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ		ΑΝΑΓΝΩΣΗ		ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ		Μ.Ο.		Μ.Ο.		ΔΗ	
ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μ.Ο.	Μ.Ο.	Μ.Ο. D	ΜΗΚΟΣ D	ΑΝΗΓ. ΤΙΜ	Μ.Ο.
0.452	0.452	0.452	0.452	1.666	1.666	1.666	1.666	1.666	1.666				
1	2	92.3049	307.6967	92.30410	92.3041	92.30410	92.3041	92.30725	92.30725	864.967	864.967	92.3041	92.30725
1	2	92.3051	307.6963	92.30440	92.3044	92.30440	92.3044	92.30725	92.30725	864.967	864.967	92.3044	92.30725
1	2	92.3031	307.6677	92.31770	92.3177	92.31770	92.3177	92.30725	92.30725	864.967	864.967	92.3177	92.30725
1	2	92.3028	307.6973	92.30275	92.3028	92.30275	92.3028	92.30725	92.30725	864.967	864.967	92.3028	92.30725
2	1	107.7070	292.2970	107.70500	107.705	107.70500	107.705	107.70525	107.70525	864.975	864.975	107.705	107.70525
2	1	107.7085	292.2980	107.70525	107.7053	107.70525	107.7053	107.70525	107.70525	864.975	864.975	107.7053	107.70525
2	1	107.7075	292.2970	107.70525	107.7053	107.70525	107.7053	107.70525	107.70525	864.975	864.975	107.7053	107.70525
2	1	107.7100	292.2970	107.70650	107.7065	107.70650	107.7065	107.70650	107.70650	864.975	864.975	107.7065	107.70650
2	3	96.4680	303.5400	96.46400	96.464	96.46400	96.464	96.46425	96.46425	542.862	542.862	96.464	96.46425
2	3	96.4670	303.5385	96.46425	96.4643	96.46425	96.4643	96.46350	96.46350	542.862	542.862	96.4643	96.46350
2	3	96.4690	303.5420	96.46350	96.4635	96.46350	96.4635	96.46525	96.46525	542.862	542.862	96.4635	96.46525
2	3	96.4695	303.5390	96.46525	96.4653	96.46525	96.4653	96.46525	96.46525	542.862	542.862	96.4653	96.46525
3	2	103.5377	296.4610	103.53835	103.5384	103.53835	103.5384	103.53875	103.53875	542.86	542.86	103.5384	103.53875
3	2	103.5401	296.4608	103.53965	103.5397	103.53965	103.5397	103.53840	103.53840	542.86	542.86	103.5397	103.53840
3	2	103.5397	296.4629	103.53840	103.5384	103.53840	103.5384	103.53860	103.53860	542.86	542.86	103.5384	103.53860
3	2	103.5405	296.4633	103.53860	103.5386	103.53860	103.5386	103.53860	103.53860	542.86	542.86	103.5386	103.53860
3	4	92.1425	307.8581	92.14220	92.1422	92.14220	92.1422	92.14220	92.14220	1258.076	1258.076	92.1422	92.14220
3	4	92.1432	307.8564	92.14340	92.1434	92.14340	92.1434	92.14285	92.14285	1258.076	1258.076	92.1434	92.14285
3	4	92.1437	307.8580	92.14285	92.1429	92.14285	92.1429	92.14320	92.14320	1258.076	1258.076	92.1429	92.14320
3	4	92.1435	307.8571	92.14320	92.1432	92.14320	92.1432	92.14320	92.14320	1258.076	1258.076	92.1432	92.14320
										232.211			
										30.148			
										542.860			
										-30.16039			
										1258.076			
										154.8762			
										104.2662			
										104.353			
										-104.4395			
										864.975			
										542.862			
										30.13454			
										542.862			
										542.862			
										30.148			

4	3	107.8675	292.1305	0.001	107.86850	107.8685	107.868375	1258.079	154.987
4	3	107.8680	292.1310	0.0005	107.86850	107.8685	107.868375	1258.078	
4	3	107.8680	292.1310	0.0005	107.86850	107.8685	107.868375	1258.078	-155.098
4	3	107.8675	292.1315	0.0005	107.86800	107.868		1258.078	
4	5	103.3220	296.6780	0	103.32200	103.322		1075.638	
4	5	103.3220	296.6775	0.00025	103.32225	103.3223	103.32235	1075.638	-56.10922
4	5	103.3225	296.6770	0.00025	103.32275	103.3228		1075.638	
4	5	103.3220	296.6775	0.00025	103.32225	103.3223		1075.638	
5	4	96.6844	303.3160	-0.0002	96.68420	96.6842		1075.635	-56.063
5	4	96.6822	303.3183	-0.00025	96.68195	96.682	96.6831	1075.635	56.01711
5	4	96.6842	303.3175	-0.00085	96.68335	96.6834		1075.635	
5	4	96.6826	303.3171	0.00015	96.68275	96.6828		1075.635	

7	6	95.785	304.215	2.8422E-14	95.785	95.785	95.785	95.785	95.784825	163.378	163.3775	10.80962
7	6	95.785	304.2155	-0.00025	95.78475	95.7848	95.7848	95.7848	95.784825	163.377	163.3775	10.80962
7	6	95.785	304.215	2.8422E-14	95.785	95.785	95.785	95.785	95.784825	163.377	163.3775	10.80962
7	8	104.9305	295.065	0.00225	104.93275	104.9228	104.9228	104.9228	104.92665	137.122	137.122	-10.60096
7	8	104.928	295.0655	0.00325	104.93125	104.9213	104.9213	104.9213	104.92665	137.122	137.122	-10.60096
7	8	104.928	295.065	0.0035	104.9315	104.9315	104.9315	104.9315	104.9315	137.122	137.122	-10.60096
7	8	104.928	295.066	0.003	104.931	104.931	104.931	104.931	104.931	137.122	137.122	-10.60096
8	7	95.0275	304.9735	-0.0005	95.027	95.027	95.027	95.027	95.027325	137.122	137.122	10.69979
8	7	95.0274	304.9735	-0.00045	95.02695	95.027	95.027	95.027	95.027325	137.122	137.122	10.69979
8	7	95.0265	304.9725	0.0005	95.027	95.027	95.027	95.027	95.027325	137.122	137.122	10.69979
8	7	95.0282	304.9717	5E-05	95.02825	95.0283	95.0283	95.0283	95.02825	137.122	137.122	10.69979
8	9	97.4017	302.5965	0.0009	97.4026	97.4026	97.4026	97.4026	97.403125	109.589	109.589	4.469073
8	9	97.4022	302.5973	0.00025	97.40245	97.4025	97.4025	97.4025	97.403125	109.589	109.589	4.469073
8	9	97.4037	302.5971	-0.0004	97.4033	97.4033	97.4033	97.4033	97.4033	109.589	109.589	4.469073
8	9	97.405	302.5968	-0.0009	97.4041	97.4041	97.4041	97.4041	97.4041	109.589	109.589	4.469073
9	8	102.5555	297.4455	-0.0005	102.555	102.555	102.555	102.555	102.556	109.587	109.587	-4.398707
9	8	102.5575	297.4445	-0.001	102.5565	102.5565	102.5565	102.5565	102.556	109.587	109.587	-4.398707
9	8	102.5545	297.4445	0.0005	102.555	102.555	102.555	102.555	102.556	109.588	109.588	-4.398707
9	8	102.5595	297.4445	-0.002	102.5575	102.5575	102.5575	102.5575	102.556	109.588	109.588	-4.398707
9	10	105.2115	294.785	0.00175	105.21325	105.2133	105.2133	105.2133	105.211725	523.872	523.87275	-42.83926
9	10	105.2085	294.787	0.00225	105.21075	105.2108	105.2108	105.2108	105.211725	523.873	523.87275	-42.83926
9	10	105.208	294.7865	0.00275	105.21075	105.2108	105.2108	105.2108	105.211725	523.873	523.87275	-42.83926
9	10	105.21	294.786	0.002	105.212	105.212	105.212	105.212	105.211725	523.873	523.87275	-42.83926
10	9	94.7973	305.2036	-0.00045	94.79685	94.79685	94.79685	94.79685	94.79685	523.871	523.871	-42.805

-244.222

10	9	94.799	305.2058	-0.0024	94.7966	94.7966	94.7966	94.796725	523.871	42.76982
10	9	94.7986	305.2051	-0.00185	94.79675	94.7968	94.7968		523.871	
10	9	94.7986	305.2055	-0.00205	94.79655	94.7966	94.7966		523.871	
10	11	106.1414	293.8589	-0.00015	106.14125	106.1413	106.1413		595.638	
10	11	106.1429	293.8606	-0.00175	106.14115	106.1412	106.1412	106.1414	595.639	-57.37152
10	11	106.1426	293.861	-0.0018	106.1408	106.1408	106.1408		595.639	
10	11	106.1432	293.8587	-0.00095	106.14225	106.1423	106.1423		595.639	
11	10	93.864	306.132	0.002	93.866	93.866	93.866		595.643	-57.337
11	10	93.864	306.131	0.0025	93.8665	93.8665	93.8665	93.866125	595.643	57.3019
11	10	93.8635	306.1305	0.00	93.8665	93.8665	93.8665		595.644	
11	10	93.8625	306.1315	0.003	93.8655	93.8655	93.8655		595.644	
11	12	107.6935	292.3045	0.001	107.6945	107.6945	107.6945		862.282	
11	12	107.693	292.3045	0.00125	107.69425	107.6943	107.6943	107.694575	862.282	-103.9671
11	12	107.694	292.304	0.001	107.695	107.695	107.695		862.282	
11	12	107.6935	292.3045	0.001	107.6945	107.6945	107.6945		862.282	
12	11	92.3007	307.7	-0.00035	92.30035	92.3004	92.3004		862.28	-104.001
12	11	92.301	307.6994	-0.0002	92.3008	92.3008	92.3008	92.300325	862.28	104.0354
12	11	92.2998	307.7004	-0.0001	92.2997	92.2997	92.2997		862.28	
12	11	92.3018	307.701	-0.0014	92.3004	92.3004	92.3004		862.28	

7	6	95.8358	304.1636	0.0003	95.8361	95.8361	95.8361	294.659	-19.315
7	6	95.8358	304.1651	-0.00045	95.83535	95.8354	95.8354	294.659	19.26081
7	6	95.8363	304.1649	-0.0006	95.8357	95.8357	95.8357	294.659	
7	6	95.8362	304.1653	-0.00075	95.83545	95.8355	95.8355	294.659	
7	8	104.9343	295.0664	-0.00035	104.93395	104.934	104.934	314.009	
7	8	104.932	295.0679	5E-05	104.93205	104.9321	104.9325	314.009	-24.30493
7	8	104.9325	295.068	-0.00025	104.93225	104.9323	104.9323	314.009	
7	8	104.932	295.0688	-0.0004	104.9316	104.9316	104.9316	314.009	
8	7	95.0525	304.9435	0.002	95.0545	95.0545	95.0545	314.012	-24.333
8	7	95.056	304.9415	0.00125	95.05725	95.0573	95.0573	314.012	24.35975
8	7	95.0535	304.9425	0.002	95.0555	95.0555	95.0555	314.012	
8	7	95.057	304.9405	0.00125	95.05825	95.0583	95.0583	314.012	
8	9	116.123	283.8725	0.00225	116.12525	116.1253	116.1253	328.136	
8	9	116.119	283.878	0.0015	116.1205	116.1205	116.1205	328.136	-82.21789
8	9	116.121	283.8745	0.00225	116.12325	116.1233	116.1233	328.136	
8	9	116.122	283.8765	0.00075	116.12275	116.1228	116.1228	328.136	
9	8	83.8671	316.1405	-0.0038	83.8633	83.8633	83.8633	328.14	-82.249
9	8	83.8678	316.137	-0.0024	83.8654	83.8654	83.8654	328.14	82.27927
9	8	83.8684	316.1382	-0.0033	83.8651	83.8651	83.8651	328.14	
9	8	83.8687	316.137	-0.00285	83.86585	83.8659	83.8659	328.14	
9	10	96.599	303.402	-0.0005	96.5985	96.5985	96.5985	240.407	
9	10	96.6005	303.4005	-0.0005	96.6	96.6	96.6	240.407	12.83541
9	10	96.6008	303.4017	-0.00125	96.59955	96.5996	96.5996	240.407	
9	10	96.6003	303.401	-0.00065	96.59965	96.5997	96.5997	240.407	12.818
10	9	103.3885	296.607	0.00225	103.39075	103.3908	103.3908	240.407	

10	9	103.3895	296.605	0.00275	103.39225	103.3923	103.39135	240.407	-12.80071
10	9	103.388	296.6095	0.00125	103.38925	103.3893		240.407	
10	9	103.3915	296.6055	0.0015	103.393	103.393		240.407	

Γ. ΣΥΝΟΡΩΣΕΙΣ

ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ

$$\begin{aligned} \Delta\text{H ΛΑΤ-ΔΙΟΝ} &= -12,118 \\ \Delta\text{H ΛΑΤ-ΚΕΡ} &= 45,583 \\ \Delta\text{H ΛΑΤ-ΣΤΡ} &= -244,222 \\ \Delta\text{H ΔΙΟΝ-ΚΕΡ} &= 57,635 \\ \Delta\text{H ΔΙΟΝ-ΣΤΡ} &= -232,211 \\ \Delta\text{H ΚΕΡ-ΣΤΡ} &= -289,77 \end{aligned}$$

$$\delta\ell = \begin{pmatrix} -483,738 \\ 45,583 \\ -244,222 \\ 529,255 \\ 239,409 \\ -289,77 \end{pmatrix}$$

$$\text{H ΔΙΟΝ} \\ 471,62$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A}^T = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A}^T * \mathbf{P} = \begin{pmatrix} -0,75 & -1 & -3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0,5 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 1,25 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A}^T * \mathbf{P} * \delta\ell = \begin{pmatrix} 1049,887 \\ 599,9805 \\ -723,175 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} 4,75 & -1 & -3 \\ -1 & 2,5 & -1 \\ -3 & -1 & 5,25 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{N}^{-1} = \begin{pmatrix} 0,508519004 & 0,346003 & 0,356487549 \\ 0,346002621 & 0,668414 & 0,325032765 \\ 0,356487549 & 0,325033 & 0,456094364 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} 483,679 \\ 529,243 \\ 239,449 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{Λατομείο} \\ \text{Κεραία} \\ \text{Στροφή} \end{matrix}$$

$$\mathbf{A}^* \mathbf{x} = \begin{pmatrix} -483,679 \\ 45,56418 \\ -244,23 \\ 529,2435 \\ 239,4489 \\ -289,795 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} 0,058731 \\ -0,01882 \\ -0,00841 \\ -0,01155 \\ 0,039858 \\ -0,02459 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{V} \mathbf{x} = \begin{pmatrix} 0,000985 & 0,00067 & 0,00069 \\ 0,00067 & 0,001295 & 0,00063 \\ 0,00069 & 0,00063 & 0,000883 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{U} \mathbf{t} = \begin{pmatrix} 0,058731 & -0,018817824 & -0,00841 & -0,01155 & 0,039858 & -0,02459 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{U} \mathbf{t}^* \mathbf{P} = \begin{pmatrix} 0,044048 & -0,018817824 & -0,02523 & -0,00577 & 0,049823 & -0,02459 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} \sigma_{o^2} = 0,001937 \\ \sigma_o = 0,04401 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \sigma_{\text{LAT}} = 0,031383867 \\ \sigma_{\text{KEP}} = 0,035981203 \\ \sigma_{\text{STP}} = 0,029722149 \end{matrix}$$

ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

$$\begin{aligned} \Delta\text{H } \Lambda\text{AT-}\Delta\text{ION} &= -12,118 \\ \Delta\text{H } \Lambda\text{AT-KEP} &= 45,583 \\ \Delta\text{H } \Lambda\text{AT-}\Sigma\text{TP} &= -244,222 \\ \Delta\text{H } \Delta\text{ION-KEP} &= 57,635 \\ \Delta\text{H } \Delta\text{ION-}\Sigma\text{TP} &= -232,211 \\ \Delta\text{H } \text{KEP-}\Sigma\text{TP} &= -289,77 \end{aligned}$$

$$\delta f = \begin{pmatrix} -483,738 \\ 45,583 \\ -244,222 \\ 529,255 \\ 239,409 \\ -289,77 \end{pmatrix} \quad \text{H } \Delta\text{ION} \\ 471,62$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A} \mathbf{T} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 0,156301 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,195241 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,156301 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,043807 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,121687 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A} \mathbf{T} * \mathbf{P} = \begin{pmatrix} -0,1563 & -0,19524 & -0,1563 & 0 & 0 \\ 0 & 0,195241 & 0 & 0,043807 & 0 \\ 0 & 0 & 0,156301 & 0 & 1 \\ -0,1563 & -0,19524 & -0,1563 & 0 & 0 \\ 0 & 0,195241 & 0 & 0,043807 & 0 \\ 0 & 0 & 0,156301 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A} \mathbf{T} * \mathbf{P} * \delta f = \begin{pmatrix} 104,881 \\ 67,34633 \\ 165,9756 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} 0,507842 & -0,19524 & -0,1563 \\ -0,19524 & 0,360736 & -0,12169 \\ -0,1563 & -0,12169 & 1,277988 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{N}^{-1} = \begin{pmatrix} 2,760368 & 1,661234 & 0,495778 \\ 1,661234 & 3,863866 & 0,571082 \\ 0,495778 & 0,571082 & 0,897492 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} 483,675 \\ 529,235 \\ 239,420 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} \text{Λατομείο} \\ \text{Κεραία} \\ \text{Στροφή} \end{matrix}$$

$$\mathbf{A}^* \mathbf{x} = \begin{pmatrix} -483,675 \\ 45,55951 \\ -244,255 \\ 529,2347 \\ 239,4197 \\ -289,815 \end{pmatrix}$$

$\mathbf{U} =$

$$\begin{pmatrix} 0,062815 \\ -0,02349 \\ -0,03348 \\ -0,0203 \\ 0,010707 \\ -0,04499 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{U} \mathbf{t} = \begin{pmatrix} 0,062815 & -0,02349 & -0,03348 & -0,0203 & 0,010707 & -0,04499 \end{pmatrix}$$

$$\sigma \sigma^2 = 0,000426$$

$$\sigma \sigma = 0,020645$$

$$\mathbf{U} \mathbf{t}^* \mathbf{P} = \begin{pmatrix} 0,009818 & -0,00459 & -0,00523 & -0,00089 & 0,010707 & -0,00547 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{V} \mathbf{x} = \begin{pmatrix} 0,001176 & 0,000708 & 0,000211 \\ 0,000708 & 0,001647 & 0,000243 \\ 0,000211 & 0,000243 & 0,000383 \end{pmatrix}$$

$$\sigma \wedge \text{AT} = \begin{pmatrix} 0,0343 \end{pmatrix}$$

$$\sigma \text{ KEP} = \begin{pmatrix} 0,040581 \end{pmatrix}$$

$$\sigma \Sigma \text{TP} = \begin{pmatrix} 0,019558 \end{pmatrix}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

R Λατομείου - R Διόνυσος

$\cos z 12^2$ $(D 12 \cdot \sin z 12)^2$ $\cos z 12^2 \cdot \sigma D^2 + (D 12 \cdot \sin z 12)^2 \cdot \sigma Z^2$ $\sigma \Delta H$ (m)

0,003 495954,800 0,00011

0,006

0,003 495954,276 0,00004

0,017

0,000 3489776,378 0,00022

0,015

0,000 3489741,103 0,00070

R Διόνυσος - R Κεραία

$\cos z 12^2$ $(D 12 \cdot \sin z 12)^2$ $\cos z 12^2 \cdot \sigma D^2 + (D 12 \cdot \sin z 12)^2 \cdot \sigma Z^2$ $\sigma \Delta H$ (m)

0,003 1152706,835 0,00024

0,009 **0,009**

0,003 1152688,987 0,00008

R Κεραία- R Λατομείο

$\cos z 12^2 (D 12 \cdot \sin z 12)^2 \cos z 12^2 \cdot \sigma D^2 + (D 12 \cdot \sin z 12)^2 \cdot \sigma Z^2$
0,003 1154028,849 0,00008

0,009

0,003 1154045,108 0,00024

0,000 3573764,149 0,00071

0,015 **0,019**

0,000 3573783,521 0,00022

0,002 526918,488 0,00004

0,006

0,002 526919,459 0,00011

R Στροφής- R Κεραία

$\cos z 12^2 (D 12 \cdot \sin z 12)^2 \cos z 12^2 \cdot \sigma D^2 + (D 12 \cdot \sin z 12)^2 \cdot \sigma Z^2$

0,015 737296,467 0,00010

0,008

0,015 737274,144 0,00019

0,003 293791,061 0,00007

0,005 **0,015**

0,003 293787,330 0,00003

0,015 1558768,599 0,00016

0,011

0,015	1558705,482	0,00036
-------	-------------	---------

R Στροφής- R Διόνυσος

$\cos z 12^2$	$(D 12 * \sin z 12)^2$	$\cos z 12^2 * \sigma D^2 + (D 12 * \sin z 12)^2 * \sigma Z^2$	$\sigma \Delta H (m)$
0,015	737296,467	0,00010	
1,000	0,000		
1,000	0,000		0,008
1,000	0,000		
1,000	0,000		
0,015	737274,144	0,00019	
1,000	0,000		
1,000	0,000		
1,000	0,000		
1,000	0,000		
0,003	293791,061	0,00622	
1,000	0,000		
1,000	0,000		0,040
1,000	0,000		
1,000	0,000		
0,003	293787,330	0,00003	
1,000	0,000		
1,000	0,000		0,043
1,000	0,000		
1,000	0,000		
0,015	1558768,599	0,00016	
1,000	0,000		
1,000	0,000		0,011

1,000	0,000	
1,000	0,000	
0,015	1558705,482	0,00036
1,000	0,000	
1,000	0,000	
1,000	0,000	
1,000	0,000	
0,003	1153848,862	0,00024
1,000	0,000	
1,000	0,000	0,008
1,000	0,000	
1,000	0,000	
1,000	0,000	
0,003	1153852,737	0,00001

R Λατομείο- R Στροφής

$\cos z 12^{\circ}$	$(D 12 \cdot \sin z 12)^{\circ}$	$\cos z 12^{\circ} \cdot \sigma D^{\circ 2} + (D 12 \cdot \sin z 12)^{\circ 2} \cdot \sigma Z^{\circ 2}$	$\sigma \Delta H (m)$
0,001	528133,702	0,00011	
			0,006
0,001	528129,717	0,00004	
0,000	582834,483	0,00000	
			0,005

0,000	582841,399	0,00012	
0,000	286741,731	0,00002	0,004
0,000	286737,838	0,00006	
0,001	584410,250	0,00004	0,006
0,001	584419,333	0,00012	
0,001	66251,952	0,00002	0,002

0,001	66252,090	0,00001	
0,004	26577,207	0,00001	0,003
0,004	26575,360	0,00001	
0,006	18690,063	0,00002	0,003
0,006	18687,957	0,00002	
0,002	11989,776	0,00001	0,017
			0,002

0,002	11990,072	0,00001	
0,007	272607,456	0,00007	0,005
0,007	272611,568	0,00004	
0,009	351494,029	0,00005	0,006
0,009	351507,671	0,00009	
0,015	732721,091	0,00018	0,008
0,015	732703,428	0,00010	

R Κεραία- R Στροφής

$\cos z 12^2$	$(D 12 \cdot \sin z 12)^2$	$\cos z 12^2 \cdot \sigma D^2 + (D 12 \cdot \sin z 12)^2 \cdot \sigma Z^2$	$\sigma \Delta H \text{ (m)}$
0,000	60728,158	0,00000	0,002
0,000	60728,232	0,00001	
0,012	206209,456	0,00007	0,005
0,012	206200,274	0,00005	
0,014	175721,590	0,00005	0,005
0,014	175719,168	0,00007	

0,009	335768,173	0,00009	0,006
0,009	335770,101	0,00005	
0,006	94389,378	0,00002	0,004 0,016
0,006	94384,827	0,00003	
0,004	86447,004	0,00003	0,003
0,004	86452,948	0,00002	

0,006	98010,922	0,00002	0,004
0,006	98010,139	0,00003	
0,063	100913,452	0,00015	0,009
0,063	100905,981	0,00020	
0,003	57630,778	0,00001	0,003
0,003	57631,667	0,00002	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

$$N = \alpha x + \beta y + \gamma$$

	h	H	N (I)	N ΕΠΙΠΕΔΟΥ	ΔΙΑΦΟΡΕΣ N
Διόνυσος	478,620	471,620	7,000	7,070	-0,070
Κεραία	536,234	529,035	7,199	7,158	0,041
Λατομείο	490,697	483,675	7,022	7,006	0,016
Στροφή	246,309	239,420	6,889	6,876	0,013

$$A = \begin{pmatrix} 493927,297 & 4214250,028 & 1,000 \\ 494507,418 & 4213335,613 & 1,000 \\ 491613,981 & 4215168,940 & 1,000 \\ 494917,938 & 4215939,897 & 1,000 \end{pmatrix}$$

$$At = \begin{pmatrix} 493927,297 & 494507,418 & 491613,981 & 494917,938 \\ 4214250,028 & 4213335,613 & 4215168,94 & 4215939,897 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 9,7513E+11 & 8,32384E+12 & 1974966,634 \\ 8,32384E+12 & 7,10539E+13 & 16858694,48 \\ 1974966,634 & 16858694,48 & 4 \end{pmatrix}$$

$$N^{-1} = \begin{pmatrix} 1,5589E-07 & 2,72553E-08 & -0,191841719 \\ 2,72553E-08 & 2,66649E-07 & -1,137294296 \\ -0,191841719 & -1,1372943 & 4888044,766 \end{pmatrix}$$

$$x = \begin{pmatrix} -1,4687E-05 \\ -0,00010625 \\ 462,1026048 \end{pmatrix}$$

$$At^{-1} = \begin{pmatrix} 13879053,03 \\ 118474079,5 \\ 28,11 \end{pmatrix}$$

$$A^*x = \begin{pmatrix} 7,069781656 \\ 7,158421375 \\ 7,006118974 \\ 6,875678 \end{pmatrix}$$

$$U = \begin{pmatrix} 0,070 \\ -0,041 \\ -0,016 \\ -0,013 \end{pmatrix}$$

$$U t = \begin{pmatrix} 0,069781656 & -0,040578625 & -0,015881026 & -0,013322 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\alpha^2} = 0,006945787$$

$$\sigma_{\alpha} = 0,083$$

$$Vx = \begin{pmatrix} 1,08278E-09 & 1,8931E-10 & -0,001332492 \\ 1,8931E-10 & 1,85209E-09 & -0,007899404 \\ -0,001332492 & -0,0078994 & 33951,31746 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\alpha} = \begin{pmatrix} 3,29056E-05 \\ 4,30359E-05 \\ 184,2588328 \end{pmatrix}$$

Δ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ G.P.S.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2007

ADJUSTMENT SUMMARY		
Item Name	Item Value	
SubNet		
Name	Session	
Number of points	4	
Number of unknowns	9	
Degree of freedom	9	
Declared adjustment type	with fixed points	
Aposteriori standard error of unit weight	1.001	
Adjustment Date and Time	27.Sep.07 10:55:35	
Reference points		
Number	1	
Plane coordinates - fixed	2	
Heights - fixed	1	
Plane coordinates - weighted	0	
Heights - weighted	0	
Apriori standard error of unit weight	1.000	
Processed vectors		

Total number	6
Unused vectors	0
Rejected vectors	0
Downweighted vectors	0
Apriori standard error of unit weight	3.900
Aposteriori standard error of unit weight	1.001
Vectors' VPV test	
Confidence level (%)	95
Lower bound	2.70
Upper bound	19.02
Degree of freedom	9
VPV	9.01
VPV test	passed
Vectors' Tau test	
Confidence level (%)	95
Tau critical value	3.00
Number of flagged observations	0

SUBNET 'Session' POINTS: ADJUSTED COORDINATES in WGS84(BLH)

Point		Coordinates			Sigmas(mm)			Corr.(%)			
#	Name	Comment	Latitude	Longitude	height(m)	s(N)	s(E)	s(U)	N-E	N-U	E-U

1	dionysos		38°04'42.94186"N	23°55'56.84027"E	510.2857	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0
2	keraia		38°04'13.28583"N	23°56'20.67715"E	567.8713	2.1	2.2	5.4	7	-25	-16	
3	latomeio		38°05'12.69144"N	23°54'21.84716"E	522.3502	2.4	2.2	6.0	-8	-22	-3	
4	strofi		38°05'37.79274"N	23°56'37.46148"E	278.0746	2.6	2.2	5.4	-37	7	-13	

SUBNET 'Session' POINTS: ADJUSTED COORDINATES in egsa(Grid, Zone egsa)

Point		Coordinates				Sigmas(mm)			Corr.(%)		
#	Name	Comment	Northing(m)	Easting(m)	Height (m)	s(N)	s(E)	s(U)	N-E	N-U	E-U
1	dionysos		4214250.02802	493927.29700	478.62004	0.0	0.0	0.0	0	0	0
2	keraia		4213335.61344	494507.41846	536.23352	2.1	2.2	5.4	7	-25	-16
3	latomeio		4215168.94047	491613.98112	490.69693	2.4	2.2	6.0	-8	-22	-3
4	strofi		4215939.89710	494917.93847	246.30933	2.6	2.2	5.4	-37	7	-13

SUBNET 'Session' PROCESSED VECTORS (X-Y-Z)

#	Stations	Coordinates (m)			Sigmas (mm)			Corr.(%)			
		X	Y	Z	Length	s(X)	s(Y)	s(Z)	X-Y	X-Z	Y-Z
1	keraia-dionysos	-321.1399	-778.2443	684.3573	1084.9608	2.0	0.8	1.1	29	72	43
2	keraia-latomeio	109.0275	-3120.1858	1413.8467	3427.3034	1.9	1.1	1.8	62	80	61
3	keraia-strofi	-1843.4121	-370.9020	1872.3131	2653.5435	1.7	1.3	2.0	53	68	11
4	latomeio-dionysos	-430.1586	2341.9348	-729.4987	2490.3540	1.8	1.1	1.3	63	65	43
5	latomeio-strofi	-1952.4342	2749.2877	458.4676	3403.0538	2.4	1.3	1.8	65	77	56

6	strofi-dionysos	1522.2669	-407.3517	-1187.9689	1973.4493	1.3	0.9	1.4	43	68	3
Mean weight matrix's estimations:											
						1.7	1.0	1.4	55	71	41

SUBNET 'Session' PROCESSED VECTORS (N-E-U)

#	Stations	Coordinates (m)			Length	Sigmas (mm)			Corr.(%)		
		N	E	U		s(N)	s(E)	s(U)	N-E	N-U	E-U
1	keraia-dionysos	914.4744	-580.9903	-57.6789	1084.9608	0.8	0.9	2.1	46	-54	-46
2	keraia-latomeio	1832.3010	-2896.0187	-46.4460	3427.3034	0.9	0.8	2.6	1	14	3
3	keraia-strofi	2605.7071	408.9965	-290.3540	2653.5435	1.3	1.0	2.4	-57	26	-8
4	latomeio-dionysos	-917.0113	2315.3393	-12.5486	2490.3540	0.9	0.8	2.1	-14	-34	6
5	latomeio-strofi	774.6475	3304.6307	-245.1780	3403.0538	1.0	0.9	3.0	-2	-27	-10
6	strofi-dionysos	-1691.2831	-990.0929	231.9039	1973.4493	0.9	0.8	1.8	-54	22	-21
Mean weight matrix's estimations:											
						0.8	0.8	2.1	-14	-11	-6

SUBNET 'Session' PROCESSED VECTORS (Distance-Azimuth-Elevation)

#	Stations	Coordinates			Elevation	s(D)	Sigmas (mm)			Corr.(%)		
		Distance(m)	Azimuth				s(A)	s(E)	D-A	D-E	A-E	
1	keraia-dionysos	1084.9608	327°34'15.97"	-3°02'50.66"	0.7	1.0	2.1	16	-36	-56		
2	keraia-latomeio	3427.3034	302°19'17.03"	-0°46'35.34"	0.8	0.8	2.6	2	1	13		
3	keraia-strofi	2653.5435	8°55'13.68"	-6°16'55.04"	1.1	1.1	2.5	-60	10	-15		
4	latomeio-dionysos	2490.3540	111°36'23.38"	-0°17'19.35"	0.9	0.9	2.1	21	18	32		

5	latomeio-strofi	3403.0538	76°48'26.43"	- 4°07'53.54"	1.0	1.0	2.9	-8	-36	24
6	strofi-dionysos	1973.4493	210°20'42.38"	6°44'54.72"	0.7	1.0	1.8	-39	11	26
Mean weight matrix's estimations:					0.8	0.9	2.0	-16	-5	4

SUBNET 'Session' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
	from - to	status							number (0..3)
1	keraia-dionysos		-4.7	3.2	2.2	-0.61	1.02	0.52	1.32
2	keraia-latomeio		0.1	-2.3	-5.2	0.01	-0.50	-0.73	1.55
3	keraia-strofi		-6.4	-4.9	-6.8	-0.98	-0.99	-0.87	1.72
4	latomeio-dionysos		4.1	-1.2	-1.9	0.59	-0.27	-0.39	1.48
5	latomeio-strofi		-1.1	1.3	-0.4	-0.11	0.27	-0.06	1.71
6	strofi-dionysos		-3.6	-1.2	-4.2	-0.71	-0.35	-0.74	1.21
R.M.S.			4.0	2.7	4.1	0.60	0.65	0.61	(1.50)

SUBNET 'Session' ADJUSTED GPS-VECTOR RESIDUALS (N-E-U)

#	Points	Vector	Residuals (mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(North)	(East)	(Up)	(North)	(East)	(Up)	
	from - to	status							number (0...3)
1	keraia-dionysos		3.5	4.9	-1.0	1.14	1.35	-0.12	1.32
2	keraia-latomeio		-3.6	-2.1	-3.9	-1.09	-0.65	-0.38	1.55
3	keraia-strofi		-0.5	-1.8	-10.4	-0.10	-0.48	-1.10	1.72

4	latomeio-dionysos	-3.5	-2.7	1.4	-0.95	-0.88	0.17	1.48
5	latomeio-strofi	-0.1	1.6	-0.6	-0.01	0.47	-0.05	1.71
6	strofi-dionysos	-0.9	0.3	-5.5	-0.26	0.11	-0.81	1.21
R.M.S.		2.6	2.6	5.1	0.76	0.76	0.58	(1.50)

SUBNET 'Session' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (Distance-Azimuth-Elevation)

#	Points	Vector	Residuals (mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(Dist)	(Azim)	(Elev)	(Dist)	(Azim)	(Elev)	
1	keraia-dionysos		0.4	6.0	-1.0	0.17	1.47	-0.12	1.32
2	keraia-latomeio		-0.1	-4.2	-3.9	-0.03	-1.26	-0.38	1.55
3	keraia-strofi		0.3	-1.7	-10.4	0.08	-0.41	-1.09	1.72
4	latomeio-dionysos		-1.3	4.3	1.4	-0.38	1.24	0.17	1.48
5	latomeio-strofi		1.6	0.4	-0.5	0.43	0.11	-0.04	1.71
6	strofi-dionysos		0.0	-0.8	-5.6	0.00	-0.20	-0.81	1.21
R.M.S.			0.9	3.5	5.1	0.25	0.96	0.58	(1.50)

SUBNET 'Session' Tau-VALUES(X-Y-Z) for VECTORS (Tau critical value = 3.00)

#	Points	Vector	Distance (m)	Residuals (mm)			Residual Sigmas (mm)			Tau Values			Redundancy number (0..3)
				(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	keraia-dionysos		1085.0	-4.7	3.2	2.2	7.7	3.2	4.2	1.02	0.52	1.32	
2	keraia-latomeio		3427.3	0.1	-2.3	-5.2	7.4	4.5	7.2	0.01	0.73	1.55	

3	keraia-strofi		2653.5	-6.4	-4.9	-6.8	6.6	4.9	7.9	0.98	0.99	0.87	1.72
4	latomeio-dionysos		2490.4	4.1	-1.2	-1.9	6.9	4.4	4.9	0.59	0.27	0.39	1.48
5	latomeio-strofi		3403.1	-1.1	1.3	-0.4	9.4	5.0	6.9	0.11	0.27	0.06	1.71
6	strofi-dionysos		1973.4	-3.6	-1.2	-4.2	5.0	3.5	5.6	0.71	0.35	0.74	1.21

SUBNET 'Session' Tau-VALUES(N-E-U) for VECTORS (Tau critical value = 3.00)

#	Points from - to	Vector status	Distance (m)	Residuals (mm)			Residual Sigmas (mm)			Tau Values			Redundancy number (0..3)
				(North)	(East)	(Up)	(North)	(East)	(Up)	(North)	(East)	(Up)	
1	keraia-dionysos		1085.0	3.5	4.9	-1.0	3.1	3.6	8.0	1.14	1.35	0.12	1.32
2	keraia-latomeio		3427.3	-3.6	-2.1	-3.9	3.3	3.2	10.3	1.09	0.65	0.38	1.55
3	keraia-strofi		2653.5	-0.5	-1.8	-10.4	5.1	3.8	9.5	0.10	0.48	1.10	1.72
4	latomeio-dionysos		2490.4	-3.5	-2.7	1.4	3.7	3.1	8.2	0.95	0.88	0.17	1.48
5	latomeio-strofi		3403.1	-0.1	1.6	-0.6	3.9	3.5	11.5	0.01	0.47	0.05	1.71
6	strofi-dionysos		1973.4	-0.9	0.3	-5.5	3.7	3.0	6.9	0.26	0.11	0.81	1.21

SUBNET 'Session' Tau-VALUES for VECTORS (Tau critical value = 3.00)

#	Points from - to	Vector status	Distance (m)	Residuals (mm)			Residual Sigmas (mm)			Tau Values			Redundancy number (0..3)
				(Dist)	(Azim)	(Elev)	(Dist)	(Azim)	(Elev)	(Dist)	(Azim)	(Elev)	
1	keraia-dionysos		1085.0	0.4	6.0	-1.0	1.5	3.4	5.9	0.30	1.76	-0.16	1.32
2	keraia-latomeio		3427.3	-0.1	-4.2	-3.9	2.2	2.4	8.0	-0.05	-1.77	-0.49	1.55
3	keraia-strofi		2653.5	0.3	-1.7	-10.4	3.6	3.5	7.4	0.09	-0.50	-1.41	1.72

4	latomeio-dionysos		2490.4	-1.3	4.3	1.4	2.5	2.5	5.6	-0.51	1.68	0.25	1.48
5	latomeio-strofi		3403.1	1.6	0.4	-0.5	2.9	2.8	9.3	0.55	0.15	-0.05	1.71
6	strofi-dionysos		1973.4	0.0	-0.8	-5.6	1.6	2.9	4.3	0.00	-0.27	-1.29	1.21

SUBNET 'Session': CONTROL POINTS SUMMARY in WGS84(BLH)

#	Point name	Status		Coordinates			Sigmas (mm)		
		Plane	Height	Latitude	Longitude	height (m)	s(Lat)	s(Lon)	s(Hei)
1	dionysos	Fixed	Fixed	38°04'42.94186"N	23°55'56.84027"E	510.2857			

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2002

ADJUSTMENT SUMMARY		
Item Name		Item Value
SubNet		
Name		Session
Number of points		4
Number of unknowns		9
Degree of freedom		9
Declared adjustment type		with fixed points
Apriori standard error of unit weight		1.000
Adjustment Date and Time		8.Oct.07 10:55:48
Reference points		
Number		1
Plane coordinates - fixed		2
Heights - fixed		1
Plane coordinates - weighted		0
Heights - weighted		0
Apriori standard error of unit weight		1.000
Processed vectors		
Total number		6
Unused vectors		0

Rejected vectors	0
Downweighted vectors	0
Apriori standard error of unit weight	2.270
Aposteriori standard error of unit weight	1.000
Vectors' VPV test	
Confidence level (%)	95
Lower bound	2.70
Upper bound	19.02
Degree of freedom	9
VPV	9.01
VPV test	passed
Vectors' Tau test	
Confidence level (%)	95
Tau critical value	3.00
Number of flagged observations	0

SUBNET 'Session' POINTS: ADJUSTED COORDINATES in WGS84(BLH)

#	Point Name	Coordinates			Sigmas(mm)			Corr.(%)		
		Latitude	Longitude	height(m)	s(N)	s(E)	s(U)	N-E	N-U	E-U
1	dionysos	38°04'42.94186"N	23°55'56.84027"E	510.2857	0.0	0.0	0.0	0	0	0
2	keraiia	38°04'13.28600"N	23°56'20.67705"E	567.8453	1.6	1.1	3.3	-8	-19	25
3	latomeio	38°05'12.69140"N	23°54'21.84736"E	522.3217	2.0	1.6	4.1	8	-22	7

4	strofi	38° 05' 37.79258"N	23° 56' 37.46107"E	278.0552	1.6	1.2	3.4	-2	-10	20
---	--------	--------------------	--------------------	----------	-----	-----	-----	----	-----	----

SUBNET 'Session' POINTS: ADJUSTED COORDINATES in egsa(Grid, Zone egsa)

#	Point Name	Coordinates			Sigmas (mm)				Corr.(%)		
		Northing (m)	East (m)	Height (m)	s(N)	s(E)	s(U)	N-E	N-U	E-U	
1	dionysos	4214250.0280	493927.2970	478.6200	0.0	0.0	0.0	0	0	0	
2	kerai	4213335.6188	494507.4161	536.2074	1.6	1.1	3.3	-8	-19	25	
3	latomeio	4215168.9391	491613.9861	490.6684	2.0	1.6	4.1	8	-22	7	
4	strofi	4215939.8922	494917.9285	246.2900	1.6	1.2	3.4	-2	-10	20	

SUBNET 'Session' PROCESSED VECTORS (X-Y-Z)

#	Stations	Coordinates (m)			Length	Sigmas (mm)			Corr.(%)		
		X	Y	Z		s(X)	s(Y)	s(Z)	X-Y	X-Z	Y-Z
1	dionysos-kerai	321.1136	778.2363	684.3677	1084.9538	1.4	0.9	1.1	74	59	52
2	dionysos-latomeio	430.1373	2341.9404	729.4772	2490.3494	1.9	1.2	1.5	58	56	57
3	dionysos-strofi	1522.2745	407.3359	1187.9507	1973.4409	1.5	1.0	1.3	69	63	55
4	latomeio-kerai	109.0380	3120.1739	1413.8517	3427.2950	5.3	3.4	5.1	66	58	42
5	strofi-kerai	1843.3976	370.8982	1872.3125	2653.5324	2.0	1.3	2.1	57	61	59
6	strofi-latomeio	1952.4217	2749.2762	458.4697	3403.0376	2.5	1.4	1.9	56	52	22

Mean weight matrix's estimations:									
	1.8	1.2	1.5	66	59	51			

SUBNET 'Session' PROCESSED VECTORS (N-E-U)

#	Stations	Coordinates (m)				Sigmas (mm)				Corr.(%)		
		from - to	N	E	U	Length	s(N)	s(E)	s(U)	N-E	N-U	E-U
1	dionysos-kerai	-914.4326	581.0639	57.4667	1084.9538	0.8	0.6	1.7	-15	-27	30	
2	dionysos-latomeio	917.6675	-2315.0795	11.5462	2490.3494	1.1	0.9	2.3	19	-23	10	
3	dionysos-strofi	1691.3354	989.8404	-232.5286	1973.4409	0.9	0.7	1.9	-6	-12	27	
4	latomeio-kerai	-1831.2806	2896.6833	44.5910	3427.2950	3.5	2.3	6.9	-12	2	11	
5	strofi-kerai	-2605.7956	-409.1438	289.2487	2653.5324	1.3	1.0	2.7	20	17	13	
6	strofi-latomeio	-773.3338	-3305.0556	243.3663	3403.0376	1.6	1.1	2.8	-15	-23	-12	
Mean weight matrix's estimations:						1.1	0.8	2.3	-2	-16	18	

SUBNET 'Session' PROCESSED VECTORS (Distance-Azimuth-Elevation)

#	Stations	Coordinates			Sigmas (mm)			Corr.(%)		
		from - to	Distance(m)	Azimuth	Elevation	s(D)	s(A)	s(E)	D-A	D-E
1	dionysos-kerai	1084.9538	147°33'59.88"	3°02'10.34"	0.8	0.6	1.7	23	43	-5
2	dionysos-latomeio	2490.3494	291°37'21.84"	0°15'56.33"	0.8	1.1	2.3	0	-19	-18
3	dionysos-strofi	1973.4409	30°20'16.66"	-6°46'00.57"	0.8	0.8	1.9	-30	-22	27
4	latomeio-kerai	3427.2950	122°18'03.74"	0°44'43.70"	2.9	3.1	6.9	40	9	-7
5	strofi-kerai	2653.5324	188°55'23.99"	6°15'28.70"	1.3	0.9	2.7	9	1	-11
6	strofi-latomeio	3403.0376	256°49'50.04"	4°06'03.52"	1.1	1.6	2.8	-5	34	-20
Mean weight matrix's estimations:					1.0	0.9	2.2	3	11	-6

Datum = egsa
 Coordinate system = egsa
 Projection = TMERC
 Zone = egsa
 Linear unit = Meters

POINT	MAPPING PROJECTION	GEODETTIC	EC CARTESIAN
Pt# 1 COORDINATES dionysos	N = 4214250.0280 E = 493927.2970	N 38°04'33.61080" E 23°55'50.74031" h 478.6200 H ** _	X = 4595416.1576 Y = 2039360.5369 Z = 3912383.4426
	Az = 147°36'29.37548" O = - 0°02'33.72005" t-T Con = -0.01320" Dist = 1082.9046 Scale= 0.999600454175	NSFA = 147°33'55.66863" NSBA = 327°34'10.36407" Ell Dist = 1083.3375 Delta h = +57.5874 Delta H = ** Gnd Dist= 1083.4236 Rad(A) = 6367329.5589 Skew Con = -0.03266" GsFA = 147°33'55.66863" Gsc Dist = 1083.3375 GsBA = 327°34'10.36407"	D X= +321.1144 D Y= +778.2357 D Z= -684.3670 S D= 1084.9532
Pt# 3 COORDINATES keraia	N = 4213335.6188 E = 494507.4161	N 38°04'03.95521" E 23°56'14.57712" h 536.2074 H ** _	X = 4595737.2720 Y = 2040138.7726 Z = 3911699.0756
Pt# 1 COORDINATES dionysos	N = 4214250.0280 E = 493927.2970	N 38°04'33.61080" E 23°55'50.74031" h 478.6200 H ** _	X = 4595416.1576 Y = 2039360.5369 Z = 3912383.4426
	Az = 291°39'51.64440" O = - 0°02'33.72005" t-T Con = +0.01777" Dist = 2489.1373	NSFA = 291°37'17.90658" NSBA = 111°36'19.31928" Ell Dist = 2490.1318 Delta h = +12.0484	D X= +430.1409 D Y= -2341.9401 D Z= +729.4781 S D= 2490.3500

	Scale= 0.999600454175	Delta H = ** Gnd Dist= 2490.3210 Rad(A) = 6382652.8949 Skew Con = -0.02261" GsFA = 291°37'17.90657" Gsc Dist = 2490.1318 GsBA = 111°36'19.31927"	
Pt# 2 COORDINATES latomeio	N = 4215168.9391 E = 491613.9861	N 38°05'03.35915" E 23°54'15.74962" h 490.6684 H **_	X = 4595846.2985 Y = 2037018.5967 Z = 3913112.9207
POINT	MAPPING PROJECTION	GEODETTIC	EC CARTESIAN
Pt# 1 COORDINATES dionysos	N = 4214250.0280 E = 493927.2970	N 38°04'33.61080" E 23°55'50.74031" h 478.6200 H **_	X = 4595416.1576 Y = 2039360.5369 Z = 3912383.4426
	Az = 30°22'46.79861" O = - 0°02'33.72005" t-T Con = +0.02322" Dist = 1958.8241 Scale= 0.999600454175	NSFA = 30°20'13.05534" NSBA = 210°20'38.09536" Ell Dist = 1959.6072 Delta h = -232.3300 Delta H = ** Gnd Dist= 1959.7185 Rad(A) = 6366466.7971 Skew Con = +0.01444" GsFA = 30°20'13.05534" Gsc Dist = 1959.6072 GsBA = 210°20'38.09536"	D X= -1522.2776 D Y= +407.3364 D Z= +1187.9490 S D= 1973.4424
Pt# 0 COORDINATES strofi	N = 4215939.8922 E = 494917.9285	N 38°05'28.46206" E 23°56'31.35840" h 246.2900 H **_	X = 4593893.8800 Y = 2039767.8733 Z = 3913571.3916
POINT	MAPPING PROJECTION	GEODETTIC	EC CARTESIAN
Pt# 2 COORDINATES	N = 4215168.9391 E = 491613.9861	N 38°05'03.35915" E 23°54'15.74962"	X = 4595846.2985 Y = 2037018.5967

latomeio			h H	490.6684 ** —	Z = 3913112.9207
	Az = 122°21'32.24463" O = - 0°03'32.34057" t-T Con = -0.03006" Dist = 3425.3467 Scale= 0.999600866102		NSFA = 122°17'59.93413" NSBA = 302°19'13.21304" Ell Dist = 3426.7153 Delta h = +45.5390 Delta H = ** Gnd Dist= 3426.9911 Rad(A) = 6378670.4513 Skew Con = -0.03258" GsFA = 122°17'59.93411" Gsc Dist = 3426.7153 GsBA = 302°19'13.21302"		D X= D Y= D Z= S D=
Pt# 3 COORDINATES keraia	N = 4213335.6188 E = 494507.4161		N 38°04'03.95521" E 23°56'14.57712" h 536.2074 H ** —	X = 4595737.2720 Y = 2040138.7726 Z = 3911699.0756	
POINT	MAPPING PROJECTION	GEODETTIC	EC CARTESIAN		
Pt# 0 COORDINATES strofi	N = 4215939.8922 E = 494917.9285		N 38°05'28.46206" E 23°56'31.35840" h 246.2900 H ** —	X = 4593893.8800 Y = 2039767.8733 Z = 3913571.3916	
	Az = 188°57'28.23724" O = - 0°02'08.71428" t-T Con = -0.03542" Dist = 2636.4295 Scale= 0.999600318082		NSFA = 188°55'19.55838" NSBA = 8°55'09.21444" Ell Dist = 2637.4836 Delta h = +289.9174 Delta H = ** Gnd Dist= 2637.6453 Rad(A) = 6360364.6174 Skew Con = +0.01105" GsFA = 188°55'19.55838" Gsc Dist = 2637.4836 GsBA = 8°55'09.21444"	D X= D Y= D Z= S D=	+1843.3920 +370.8993 -1872.3160 2653.5311
Pt# 3 COORDINATES keraia	N = 4213335.6188 E = 494507.4161		N 38°04'03.95521" E 23°56'14.57712" h 536.2074	X = 4595737.2720 Y = 2040138.7726 Z = 3911699.0756	

POINT	MAPPING PROJECTION	H	GEODETTIC	EC CARTESIAN
Pt# 0 COORDINATES strofi	N = 4215939.8922 E = 494917.9285	N E h H	38°05'28.46206" 23°56'31.35840" 246.2900 **	X = 4593893.8800 Y = 2039767.8733 Z = 3913571.3916
	Az = 256°51'55.54836" O = - 0°02'08.71428" t-T Con = -0.01426" Dist = 3392.6986 Scale= 0.999600318082	NSFA = 256°49'46.84834" NSBA = 76°48'23.20298" Ell Dist = 3394.0543 Delta h = +244.3784 Delta H = ** Gnd Dist= 3394.2503 Rad(A) = 6384893.8824 Skew Con = +0.01464" GsFA = 256°49'46.84835" Gsc Dist = 3394.0543 GsBA = 76°48'23.20299"	D X= D Y= D Z= S D=	+1952.4185 -2749.2765 -458.4709 3403.0361
Pt# 2 COORDINATES latomeio	N = 4215168.9391 E = 491613.9861	N E h H	38°05'03.35915" 23°54'15.74962" 490.6684 **	X = 4595846.2985 Y = 2037018.5967 Z = 3913112.9207

- Grid Azimuth
- Normal Section Forward Azimuth
- Normal Section Back Azimuth
- Direct Geodetic Azimuth
- Geometric azimuth
- Azimuth Projected Geodetic
- t-T Correction
- Distance
- Ellipsoidal Distance
- Geodetic Distance
- Slope Distance
- Ground Distance
- Convergence
- Scale
- Delta h Ellipsoidal
- Delta H orthometric

Rad(A) - Radius of curvature of normal section
 Skew Con - Inclination Correction

SUBNET 'Session' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points from - to	Vector status	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy number (0..3)
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	dionysos-keraiia		-0.9	0.6	-0.7	-0.28	0.28	-0.28	0.72
2	dionysos-latomeio		-3.6	-0.3	-1.0	-0.82	-0.10	-0.29	1.08
3	dionysos-strofi		3.1	-0.5	1.7	0.92	-0.22	0.58	1.11
4	latomeio-keraiia		-11.5	-1.9	-6.6	-0.97	-0.25	-0.57	2.69
5	strofi-keraiia		5.6	-1.1	3.5	1.24	-0.36	0.73	1.73
6	strofi-latomeio		3.3	0.3	1.2	0.58	0.08	0.28	1.67
R.M.S.			5.7	1.0	3.2	0.86	0.24	0.49	(1.50)

SUBNET 'Session' ADJUSTED GPS-VECTOR RESIDUALS (N-E-U)

#	Points from - to	Vector status	tResiduals (mm)			tNormalized Residuals			Redundancy number (0...3)
			(North)	(East)	(Up)	(North)	(East)	(Up)	
1	dionysos-keraiia		-0.2	0.9	-0.9	-0.11	0.67	-0.22	0.72
2	dionysos-latomeio		1.3	1.2	-3.3	0.53	0.59	-0.62	1.08
3	dionysos-strofi		-0.3	-1.7	3.1	-0.13	-1.11	0.71	1.11
4	latomeio-keraiia		1.8	2.9	-13.0	0.22	0.55	-0.83	2.69
5	strofi-keraiia		-0.2	-3.2	5.8	-0.06	-1.47	0.94	1.73
6	strofi-latomeio		-1.0	-1.1	3.2	-0.27	-0.43	0.49	1.67
R.M.S.			1.0	2.1	6.2	0.27	0.88	0.68	(1.50)

SUBNET 'Session' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (Distance-Azimuth-Elevation)										
#	Points		Vector	Residuals (mm)			Normalized Residuals			Redundancy
	from - to	status	(Dist)	(Azim)	(Elev)	(Dist)	(Azim)	(Elev)	number (0..3)	
1	dionysos-kerai		0.6	-0.6	-0.9	0.32	-0.47	-0.23	0.72	
2	dionysos-latomeio		-0.6	1.7	-3.2	-0.33	0.65	-0.62	1.08	
3	dionysos-strofi		-1.4	-1.4	2.9	-0.77	-0.79	0.68	1.11	
4	latomeio-kerai		1.3	-3.1	-13.0	0.20	-0.44	-0.83	2.69	
5	strofi-kerai		1.3	3.2	5.7	0.46	1.49	0.92	1.73	
6	strofi-latomeio		1.5	-0.7	3.1	0.57	-0.19	0.48	1.67	
R.M.S.			1.2	2.0	6.2	0.48	0.79	0.67	(1.50)	

SUBNET 'Session' Tau-VALUES(X-Y-Z) for VECTORS (Tau critical value = 3.00)														
#	Points		Vector status	Distance (m)	Residuals (mm)			Residual Sigmas (mm)			Tau Values			Redundancy number (0..3)
	from - to	status	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)
1	dionysos-kerai		1085.0	0.9	0.6	0.7	3.1	2.1	2.4	0.28	0.28	0.28	0.28	0.72
2	dionysos-latomeio		2490.3	3.6	0.3	1.0	4.4	2.7	3.4	0.82	0.10	0.29	0.29	1.08
3	dionysos-strofi		1973.4	3.1	0.5	1.7	3.3	2.3	2.9	0.92	0.22	0.58	0.58	1.11
4	latomeio-kerai		3427.3	11.5	1.9	6.6	11.9	7.7	11.7	0.97	0.25	0.57	0.57	2.69
	strofi-kerai				-									1.73

5			2653.5	5.6	1.1	3.5	4.5	2.9	4.7	1.24	0.36	0.73	
6	strofi- latomeio		3403.0	3.3	0.3	1.2	5.6	3.3	4.3	0.58	0.08	0.28	1.67

SUBNET 'Session' Tau-VALUES(N-E-U) for VECTORS (Tau critical value = 3.00)

#	Points from - to	Vector status	Distance (m)	Residuals (mm)			Residual Sigmas (mm)			Tau Values			Redundancy number (0..3)
				(North)	(East)	(Up)	(North)	(East)	(Up)	(North)	(East)	(Up)	
1	dionysos- keraia		1085.0	0.2	0.9	0.9	1.8	1.3	3.8	0.11	0.67	0.22	0.72
2	dionysos- latomeio		2490.3	1.3	1.2	3.3	2.5	2.0	5.2	0.53	0.59	0.62	1.08
3	dionysos- strofi		1973.4	0.3	1.7	3.1	2.0	1.5	4.4	0.13	1.11	0.71	1.11
4	latomeio- keraia		3427.3	1.8	2.9	13.0	8.0	5.3	15.7	0.22	0.55	0.83	2.69
5	strofi- keraia		2653.5	0.2	3.2	5.8	2.9	2.2	6.2	0.06	1.47	0.94	1.73
6	strofi- latomeio		3403.0	1.0	1.1	3.2	3.5	2.5	6.4	0.27	0.43	0.49	1.67

SUBNET 'Session' Tau-VALUES for VECTORS (Tau critical value = 3.00)

#	Points from - to	Vector status	Distance (m)	Residuals (mm)			Residual Sigmas (mm)			Tau Values			Redundancy number (0..3)
				(Dist)	(Azim)	(Elev)	(Dist)	(Azim)	(Elev)	(Dist)	(Azim)	(Elev)	
1	dionysos- keraia		1085.0	0.6	0.6	0.9	1.0	0.6	1.9	0.57	1.05	0.46	0.72
2	dionysos- latomeio		2490.3	0.6	1.7	3.2	1.1	1.6	3.2	0.58	1.05	1.02	1.08

3	dionysos- strofi		1973.4	1.4	1.4	2.9	1.1	1.1	1.1	2.8	1.32	1.26	1.07	1.11
4	latomeio- keraia		3427.3	1.3	3.1	13.0	6.2	6.6	14.9	0.21	0.46	0.87	2.69	
5	strofi- keraia		2653.5	1.3	3.2	5.7	2.2	1.6	4.8	0.60	1.97	1.19	1.73	
6	strofi- latomeio		3403.0	1.5	0.7	3.1	2.0	2.8	4.6	0.77	0.24	0.66	1.67	

SUBNET 'Session': CONTROL POINTS SUMMARY in WGS84(BLH)

#	Point name	Status		Coordinates			Sigmas (mm)		
		Plane	Height	Latitude	Longitude	height (m)	s(Lat)	s(Lon)	s(Hei)
1	dionysos	Fixed	Fixed	38° 04' 42.94186"N	23° 55' 56.84027"E	510.2857			