



Σ.Τ.ΕΦ.-ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

**ΑΖΟΡΑΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
ΖΟΛΩΤΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ
ΚΟΥΣΑΘΑΝΑΣ ΜΙΧΑΛΗΣ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
ΠΑΛΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ
ΧΩΡΑΣ-ΝΗΣΟΥ ΜΥΚΟΝΟΥ**

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007

**Εισηγητής καθηγητής
Δήμος Αβορίτης**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	2
2.3.4.Χωροσταθμική Όδευση	
.....128.....	8
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	9
1. ΣΤΟΧΟΙ & ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
1.1. Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας.....	11
1.2. Αναμενόμενα αποτελέσματα	12
Παραδοτέα στοιχεία με την παρούσα τεχνική έκθεση:.....	12
2. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	13
2.1 Τριγωνομετρικό Δίκτυο.....	13
2.1.1.Τριγωνισμός.....	14
2.1.2.ΘΕΩΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ	15
Το σύστημα GPS, το οποίο αρχικά δημιουργήθηκε για το στρατό των Η.Π.Α., σήμερα βασίζεται σε 24 δορυφόρους. Αυτοί βρίσκονται γύρω από τη γη σε έξι διαφορετικές τροχιές και σε ύψος 20.200 χιλιομέτρων. Καθένας από αυτούς τους δορυφόρους εκπέμπει συνεχώς μια αναγνώριση και ένα χρονικό σήμα, το οποίο δημιουργείται από το εγκατεστημένο ατομικό ρολόι του δορυφόρου. Ειδικές συσκευές λαμβάνουν τα σήματα αυτά και έτσι μπορούν να προσδιορίσουν ακριβώς την θέση στην οποία βρισκόμαστε. Αυτές οι ηλεκτρονικές συσκευές δέχονται σήματα από δορυφόρους και απεικονίζουν στην οθόνη τους τις γεωγραφικές συντεταγμένες και το υψόμετρο που βρισκόμαστε την κάθε στιγμή. Η ακρίβεια της ένδειξης είναι πολύ μεγάλη με πιθανή απόκλιση από την πραγματική θέση πολύ λίγα μέτρα (τώρα τελευταία συνήθως μόνο 1-15m). Εμφανίζουν επίσης και την ώρα με μεγάλη ακρίβεια, την ταχύτητα και κατεύθυνση μετακίνησης μας καθώς και διάφορες άλλες πληροφορίες. Μερικά μοντέλα εμφανίζουν και χάρτες με πολλές λεπτομέρειες. Αν συνδεθούν με πομποδέκτη μπορεί να εκπέμπεται αυτόματα το στίγμα μας και να εμφανίζεται στις οθόνες των υπολογιστών άλλων ατόμων (σύστημα APRS Automatic Position Reporting System).....	15
Οι δέκτες GPS καταμερίζουν τα σήματα των δορυφόρων και συγκρίνουν τις χρονικές πληροφορίες που έχουν λάβει. Επειδή οι δορυφόροι είναι πολύ απομακρυσμένοι μεταξύ τους, οι πληροφορίες τους σχετικά με το χρόνο διαφέρουν. Από αυτές τις διαφορές γίνεται και ο υπολογισμός της ακριβούς θέσης του δέκτη. Υπολογίζοντας δηλαδή τις χρονικές αποκλίσεις συμπεραίνεται και η δική σας θέση.....	16

Σε καλές συνθήκες, λοιπόν, πρέπει να εκπέμπουν σε κάθε μέρος της γης το λιγότερο τρεις δορυφόροι συγχρόνως. Παρ' όλα αυτά, μπορούν να καταμεριστούν τέσσερα και περισσότερα σήματα δορυφόρων, αφού το σύστημα εξακριβώνει όχι μόνο τη δισδιάστατη θέση στην επιφάνεια της γης, αλλά και της θάλασσας. 16

Σήμερα, μπορούμε με το GPS να εντοπίζουμε με απόκλιση μερικών μέτρων, ενώ μέχρι το 2000 η απόκλιση μπορούσε να φτάσει από 30 μέχρι και 100 μέτρα. Το σύστημα αυτό λειτούργησε από την Αμερικανική κυβέρνηση πρώτη φορά το 1978 για στρατιωτικούς σκοπούς. Το 1980 δόθηκε προς χρήση σε ολόκληρο τον κόσμο, με τον περιορισμό ότι η ακρίβεια του συστήματος θα εμπεριείχε ένα εσκεμμένο λάθος της τάξης των 50 με 100 μέτρων. Τον Μάιο όμως του 2000 οι Αμερικάνοι κατάργησαν το εσκεμμένο λάθος με αποτέλεσμα η ακρίβεια του συστήματος να αυξηθεί σημαντικά ώστε το περιθώριο λάθους να μειωθεί στα 5 με 10 μέτρα. 16

Βασικός σκοπός των συσκευών GPS που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι ο εντοπισμός των γεωγραφικών συντεταγμένων του σημείου στο οποίο βρισκόμαστε. Για να γίνει αυτό θα πρέπει η συσκευή να δέχεται σήματα από τουλάχιστον τρεις δορυφόρους. Αν δέχεται σήματα από περισσότερους από τρεις δορυφόρους μπορεί να εμφανίσει και το υψόμετρο στο οποίο βρισκόμαστε, αυτή όμως η μέτρηση δεν είναι ακριβής τις περισσότερες φορές. Από τη στιγμή που γνωρίζουμε τις συντεταγμένες της θέσης μας μπορούμε πολύ εύκολα να την εντοπίσουμε πάνω στον χάρτη. Βασική βέβαια προϋπόθεση είναι ο χάρτης να αναγράφει τις γεωγραφικές συντεταγμένες στο περιθώριο του ή μέσω των γραμμών του πλέγματος ή σταυρών που τυχόν θα διαθέτει. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι ο χάρτης είναι συμβατός με GPS. 16

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των συσκευών GPS που τις καθιστούν πολύ χρήσιμες είναι ότι μπορούν να αποθηκεύσουν τις συντεταγμένες διάφορων θέσεων. (Οι περισσότερες συσκευές διαθέτουν μνήμη για την αποθήκευση τουλάχιστον 500 σημείων). Έτσι μπορούμε να "πούμε" στο GPS ότι θέλουμε να κατευθυνθούμε στο τάδε σημείο που έχουμε αποθηκεύσει στην μνήμη του. Αν πάλι δεν έχουμε αποθηκευμένο στην μνήμη του GPS το σημείο στο οποίο θέλουμε να μεταβούμε μπορούμε να υπολογίσουμε τις συντεταγμένες του σημείου από κάποιο χάρτη και να τις πληκτρολογήσουμε στο GPS. 17

Γνωρίζοντας η συσκευή την θέση μας και το σημείο προορισμού μας μπορεί να υπολογίσει την απόσταση που μας χωρίζει από αυτό. Ακόμα μπορεί να υπολογίσει το αζιμούθιο της κατεύθυνσης που πρέπει να ακολουθήσουμε για να πάμε στη θέση που θέλουμε. Έτσι με την βοήθεια μιας πυξίδας εύκολα μπορούμε να βρούμε αυτή την κατεύθυνση. Βέβαια κανένα μονοπάτι δεν ακολουθεί ευθεία γραμμή και το GPS δεν πρόκειται να μας προειδοποιήσει για τυχόν εμπόδια που θα συναντήσουμε στο δρόμο μας. Οποιαδήποτε όμως στιγμή όποια παράκαμψη και να κάνουμε το GPS θα επαναυπολογίζει το

αζιμούθιο που αν το ακολουθούμε σίγουρα θα φτάσουμε στον προορισμό μας. 17

2.1.3.Ακρίβεια συστήματος..... 17

Για εμάς που έχουμε την επιλεκτική διαθεσιμότητα (SA) της Αμερικής, η ακρίβεια του στίγματος έχει απόκλιση περίπου 100 μέτρων. Ευτυχώς με διάφορα έξυπνα τρικ που χρησιμοποιούν τα ίδια τα GPS η απόκλιση ελαττώνεται στα 30 μέτρα..... 17

Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια του GPS είναι η "γεωμετρία" των δορυφόρων. Με απλά λόγια, η γεωμετρική θέση των δορυφόρων είναι το σημείο που βρίσκεται ο καθένας σε σχέση με τους άλλους δορυφόρους, όπως φαίνεται από το GPS. Αν τώρα ένα GPS έχει στην εμβέλειά του τέσσερις δορυφόρους (που είναι αρκετοί για να δώσουν ένα ακριβές στίγμα) αλλά και οι τέσσερις είναι π.χ. βορειοδυτικά σε σχέση με το GPS, η "γεωμετρία" των δορυφόρων είναι πολύ κακή. Στην πραγματικότητα, το GPS μπορεί να μην είναι σε θέση να δώσει καν στίγμα. Αυτό συμβαίνει γιατί όλες οι μετρήσεις της απόστασης από όλους τους δορυφόρους προέρχονται από την ίδια διεύθυνση, ΒΔ. Δηλαδή, τα τριγωνομετρικά δεδομένα που λαμβάνει το GPS όσον αφορά την περιοχή στην οποία βρίσκεται το στίγμα μας είναι ασαφή, η περιοχή που ορίζεται από τις τομές των αποστάσεων είναι πολύ μεγάλη, και έτσι ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης του GPS είναι αδύνατος. Σε αυτή την περίπτωση το σφάλμα του στίγματος μπορεί να είναι της τάξης των 90 έως 150 μέτρων (300-500 πόδια). Στην αντίθετη περίπτωση, με τέσσερις δορυφόρους στην εμβέλεια του GPS κατανεμημένους στα τέσσερα σημεία του ορίζοντα, η ακρίβεια του στίγματος είναι η μέγιστη δυνατή. Η καλύτερη γεωμετρία των δορυφόρων είναι όταν αυτοί βρίσκονται ανά 90 μοίρες σε σχέση με το GPS. Το στίγμα μας βρίσκεται στην περιοχή που ορίζεται εκεί που τέμνονται οι διευθύνσεις της απόστασης από τους τέσσερις δορυφόρους, και η περιοχή αυτή είναι τώρα πάρα πολύ μικρή. Ακόμα και με το Selective Availability, η ακρίβεια του στίγματος είναι της τάξης των 30 μέτρων. Προσοχή λοιπόν, γιατί η ακρίβεια που δίνει κάθε κατασκευαστής για το GPS του, είναι θεωρητική και μόνο κάτω από βέλτιστες συνθήκες..... 17

Η ακρίβεια του GPS επίσης είναι μικρότερη όταν κινούμαστε με μεγάλη ταχύτητα ή όταν βρισκόμαστε ανάμεσα σε ψηλά βουνά ή άλλα εμπόδια. Όταν το σήμα δεν φτάνει μέχρι το GPS λόγω των φυσικών εμποδίων, οι δορυφόροι υπολογίζουν τη θέση τους σε σχέση με τους υπόλοιπους και το GPS μπορεί τότε να καταλάβει εάν είναι σε θέση να δώσει ένα ακριβές στίγμα. Ένα καλό GPS μπορεί να δώσει ένδειξη όχι μόνο ποιοι δορυφόροι είναι εντός εμβέλειας και εν λειτουργία, αλλά και που ακριβώς βρίσκονται (αζιμούθιο και υψόμετρο), ώστε ο χρήστης του GPS να καταλάβει τι βαθμό αξιοπιστίας έχει το στίγμα που του δίνει το όργανο. 18

Ένα άλλο πρόβλημα που επηρεάζει την ακρίβεια του στίγματος είναι οι αντανakλάσεις. Με άλλα λόγια, κάθε ραδιοσήμα

ανακλάται πάνω στα διάφορα αντικείμενα του φυσικού περιβάλλοντος και το σήμα φτάνει στο GPS καθυστερημένα αφού έχει ταξιδέψει μεγαλύτερη απόσταση από την αναμενόμενη. Αυτός ο επιπλέον χρόνος κάνει το GPS να πιστεύει ότι ο δορυφόρος που το εξέπεμψε βρίσκεται μακρύτερα από ότι είναι στην πραγματικότητα και έτσι προσδιορίζει λανθασμένα το σχετική θέση του. Αυτό το επιπλέον σφάλμα επιβαρύνει την ακρίβεια του στίγματος με άλλα 4-5 μέτρα.....	18
Αυτά που είδαμε μέχρι τώρα ήταν οι βασικότερες μόνο αιτίες σφάλματος στις μετρήσεις. Υπάρχουν και άλλοι μικρότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του GPS, όπως οι καιρικές συνθήκες, ο συγχρονισμός πομπού - δέκτη, κ.α. Για παράδειγμα, τα ραδιοσήματα ταξιδεύουν στο διάστημα με την ταχύτητα του φωτός, επιβραδύνονται όμως σημαντικά όσο προχωρούν μέσα στα διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας, πολύ περισσότερο δε όταν υπάρχουν σύννεφα, βροχή,δυνατός αέρας,κλπ.	18
Άρα λοιπόν, πόσο ακριβές μπορεί να είναι ένα GPS; Τυπικά η ακρίβεια ενός GPS είναι 20 με 70 μέτρα και εξαρτάται από το selective availability, τον αριθμό των δορυφόρων εντός εμβέλειας και τη γεωμετρική θέση τους. Τα πιο ακριβά μοντέλα GPS προσφέρουν πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια , χρησιμοποιώντας πολλαπλές συχνότητες - μία συσκευή λειτουργεί σαν πολλές, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της καθεμιάς και διορθώνοντας το τελικό αποτέλεσμα.....	19
Επιπλέον, η ακρίβεια ενός GPS μπορεί να βελτιωθεί στα 5 έως και 1 μέτρα με μια διαδικασία γνωστή και ως Differential GPS (DGPS). Με το DGPS, υπάρχουν ουσιαστικά δύο δέκτες μέσα σε μία συσκευή, ο δεύτερος υπολογίζει τις διορθώσεις που χρειάζονται στα δεδομένα που λαμβάνονται από τους δορυφόρους. Υπάρχουν αρκετές συνδρομητικές υπηρεσίες που παρέχουν δεδομένα βελτίωσης για DGPS. Στην Αμερική αλλά και σε χώρες της Ευρώπης, τοπικοί σταθμοί εκπέμπουν στις συχνότητες 283.5 - 325.0 kHz και είναι και δωρεάν. Το μόνο κόστος είναι η αγορά ενός δέκτη DGPS, ο οποίος συνδέεται με το GPS.....	19
2.1.4 Δορυφορικά συστήματα	19
2.1.5 Δορυφόροι Πλοήγησης.....	20
Μετρώντας Αποστάσεις προς του δορυφόρους	21
Πηγές μείωσης της ακρίβειας.....	22
Το χρονόμετρο των δορυφόρων.....	22
Το χρονόμετρο των δεκτών	23
Τροχιακά σφάλματα δορυφόρων.	24
Σφάλματα που υπεισέρχονται από την ατμόσφαιρα.....	24
1.Ιονόσφαιρα	24

2.Τροπόσφαιρα	25
Σφάλμα πολλαπλών διαδρομών (multipath)	26
Σφάλματα δεκτών	26
GDOP (Geometric Dilution Of Precision)	26
Επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability).....	27
Πηγές μείωσης της ακρίβειας: Λύσεις.....	28
Διαφορικός Εντοπισμός (Differential Mode)	28
DGPS	30
RTK (Real-Time kinematic)	31
2.1.6.ΠΡΟΒΟΛΗ ΕΓΣΑ΄87 ΣΕ ΔΕΚΤΕΣ GPS.....	32
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
ΤΟ ΕΓΣΑ΄87	32
2.1.7. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	33
Πιο αναλυτικά το σύστημα αποτελείται:	36
1.Εξωτερική κεραία.....	36
2.Καλώδιο εξωτερικής κεραίας.....	37
3.Κατακόρυφη προέκταση κεραίας.....	38
4.Τρικόχλιο	38
5. Μετροταινία μέτρησης ύψους οργάνου GPS.....	39
6.Τσάντα μεταφοράς.....	40
7.Αξεσουάρ GPS για τις εργασίες γραφείου	40
Τεχνικά χαρακτηριστικά promark2	41
3.1.8.ΠΥΚΝΩΣΗ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	42
1.Εργασίες Υπαίθρου	42
Απαιτούμενη χρονική περίοδος παρατήρησης (observation timer)	50
2.Εργασίες Γραφείου	56
ΠΕΡΙΗΓΗΣΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	61
Χρήση του παραθύρου Time View.....	61
Χρήση του παραθύρου Map View.....	62
Υπομνήματα, χρώματα και σύμβολα.....	63
Χρώματα διανυσμάτων.....	64

Εργασίες στο παράθυρο Map View	64
Χρήση του παραθύρου Workbook.....	65
Εισαγωγή Datum και προβολής ΕΓΣΑ87 στο Ashtech Solutions.....	67
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	68
Ορισμός των παραμέτρων της κεραίας του ProMark2	70
Data Processing.....	71
Ανάλυση για την post-processing διαδικασία.....	74
Γραφική εποπτεία (Graphical Review).....	76
Εποπτεία στο Workbook (Workbook Review).....	77
Message Window	78
Μη αυτοματοποιημένη επεξεργασία βάσεων	78
Εποπτεία της πληροφορίας για τα υπόλοιπα σε μία βάση	79
Εποπτεία των raw data μέσα από μία παρατήρηση	81
Ορισμός των παραμέτρων υπολογισμού μίας βάσης.....	83
ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ	84
Συνόρθωση Ελάχιστων Εσωτερικών Δεσμεύσεων.....	85
ΕΞΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	89
2.2 ΠΟΛΥΓΩΝΟΜΕΤΡΙΑ	104
2.2.1. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ–ΕΠΙΛΟΓΗ / ΣΗΜΑΝΣΗ /	
ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΣΤΑΣΕΩΝ.....	104
2.2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	105
Εργασίες πεδίου	105
Μετρήσεις γωνιών	106
Μεταφορά δεδομένων (Data Transfer)	112
· Εισαγωγή μετρήσεων στο Excel – Υπολογισμός γωνιών και πλευρών	114
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	119
Ανοικτή πλήρως εξαρτημένη όδευση	119
Κλειστές πλήρως εξαρτημένες οδεύσεις	122
ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΟΔΕΥΣΕΩΝ	124
ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΟΔΕΥΣΗΣ S5-S7	124
ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΟΔΕΥΣΗΣ S14-S17	125

2.2.4.ΤΑΧΥΜΕΤΡΙΑ.....	126
ΓΕΝΙΚΑ.....	129
2.3.1.ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	130
2.3.2.ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	131
2.2.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ – ΙΔΡΥΣΗ REPER	132
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	132
2.3.4. ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΙΚΗ ΟΔΕΥΣΗ	133
3.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΓΡΑΜΜΗΣ ΑΙΓΙΑΛΟΥ	135
4.ΠΗΓΕΣ	152
Εργασίες Γραφείου.....	106
2.2.3.Επίλυση Πολυγωνομετρικών Οδεύσεων.....	114
Επίλυση ανοικτής πλήρους εξαρτημένης όδευσης από τα δύο άκρα.....	116
Επίλυση κλειστών οδεύσεων.....	119
2.2.4.Ταχυμετρία.....	121
1.Εργασίες Πεδίου.....	121
2.Εργασίες γραφείου.....	121
2.3.ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ.....	124
2.3.1.Γεωμετρική Χωροστάθμηση.....	125
2.3.2.Βοηθητικοί ορισμοί.....	126
2.3.3.Εργασίες Υπαίθρου-Ίδρυση Reper.....	127
2.3.4.Χωροσταθμική Όδευση	128
3.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΓΡΑΜΜΗΣ ΑΙΓΙΑΛΟΥ	130
4.ΠΗΓΕΣ	147

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά το Δήμο Μυκόνου και τον Δήμαρχο κ. Χρήστο Βερώνη που έκανε δεκτή την αίτηση μας για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας μας, καθώς και στη τεχνική υπηρεσία του Δήμου Μυκόνου για τις χρήσιμες πληροφορίες και τα στοιχεία που μας προσέφερε.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας Δήμο Αβορίτη ο οποίος με την συνεργασία του μας καθοδήγησε στην εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας.

Τέλος οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ.Χρήστο Βάγια υπεύθυνο πωλήσεων και αντιπρόσωπο συστημάτων υψηλής τεχνολογίας για την παροχή πολύτιμων υπηρεσιών σε επίπεδο συμβούλου στο επιστημονικό αντικείμενο

του δορυφορικού εντοπισμού (GPS) ,στη φάση του τριγωνισμού,την επίλυση και τη συνόρθωση του τριγωνομετρικού δικτύου που χρησιμοποιήθηκε στην πτυχιακή μας εργασία.

Χωρίς τη στήριξη των προαναφερθέντων το έργο μας θα ήταν δύσκολο εως ακατόρθωτο,τους ευχαριστούμε.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα με τίτλο: «Αποτύπωση χερσαίας λιμενικής ζώνης Παλαιού Λιμένα Δήμου Μυκόνου-περιοχή Μουσείο-Κάστρο Παραπορτιανής με σύγχρονες τοπογραφικές μεθόδους» στο οποίο εντάσσεται η παρούσα πτυχιακή εργασία, έχει προταθεί από το Δήμου Μυκόνου και υλοποιείται για λογαριασμό της τεχνικής υπηρεσίας του Δ.Μυκόνου.Η τεχνική υπηρεσία του Δήμου έχει ως αποστολή την οργάνωση και υλοποίηση των έργων στη Νήσο Μυκόνου.

1. ΣΤΟΧΟΙ & ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1. Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας περιλαμβάνει:

Λεπτομερής τοπογραφική Αποτύπωση του κοινόχρηστου χώρου της χερσαίας λιμενικής ζώνης της Χώρας της νήσου Μυκόνου από την δυτική πλευρά της περιοχής 'ΜΟΥΣΕΙΟ' έως νοτιοδυτικά της περιοχής 'ΚΑΣΤΡΟ' στην εκκλησία της Παραπορτιανής με σύγχρονες τοπογραφικές μεθόδους.

Περιλαμβάνονται: δημιουργία τριγωνομετρικού και πολυγωνομετρικού δικτύου, καθορισμό υψομετρίας, τοπογραφικά διαγράμματα κ.α.

Για την εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας χρησιμοποιήσαμε σαν βάση τις γνώσεις που αποκομίσαμε στη διάρκεια της φοίτησης μας στο τμήμα Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ. Προσπαθήσαμε να εμπλουτίσουμε τις γνώσεις μας και τις εμπειρίες μας πάνω στο τομέα των τοπογραφικών

αποτυπώσεων χρησιμοποιώντας εξελεγμένη σύγχρονη τεχνολογία σε τοπογραφικά όργανα παρόμοια με αυτά που εφαρμόζονται στον επαγγελματικό χώρο.

Οι μέθοδοι υπολογισμών έγιναν σύμφωνα με τις γνώσεις που αποκτήσαμε στο εργαστήριο αποτυπώσεων του τμήματος Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ.

1.2. Αναμενόμενα αποτελέσματα

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας περιλαμβάνουν: Την δημιουργία ψηφιακού τοπογραφικού υποβάθρου σε κλίμακα 1:500 καθώς και πινακίδες αυτού σε κλίμακα 1:200.

Στόχος επίσης της πτυχιακής μας εργασίας ήταν η εξοικείωση μας με τους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς και τα παγκόσμια συστήματα προσδιορισμού θέσης (G.P.S) καθώς και με την επίλυση και συνόρθωση τριγωνομετρικού δικτύου εξάρτησης μέσω κατάλληλου λογισμικού.

Αξίζει να σημειωθεί πως η τελειοποίηση της πτυχιακής εργασίας που παρουσιάζεται παρακάτω ήταν αποτέλεσμα συλλογικής προσπάθειας, συνεργασίας, επίπονης και μακροχρόνιας προσπάθειας όλων των μελών της ομάδας.

Παραδοτέα στοιχεία με την παρούσα τεχνική έκθεση:

- Τεύχος μετρήσεων υπαίθρου τριγωνομετρικού δικτύου.
- Τεύχος μετρήσεων υπαίθρου πολυγωνομετρικού δικτύου.
- Τεύχος μετρήσεων υπαίθρου χωροσταθμικού δικτύου.
- Τεύχος συνόρθωσης και υπολογισμού τριγωνομετρικού δικτύου καθώς και των ακριβειών τους.
- Τεύχος υπολογισμού πολυγωνομετρίας.
- Τεύχος υπολογισμών και συνόρθωσης χωροσταθμικού δικτύου και λοιπής χωροστάθμησης.
- Τεύχος εξασφαλίσεων χωροσταθμικών αφετηριών (REPERS)
- Τεύχος εξασφαλίσεων πολυγωνομετρικών σημείων.
- Διαγράμματα τριγωνομετρικού και πολυγωνομετρικού δικτύου.
- Διάγραμμα χωροσταθμικού δικτύου
- Διάγραμμα τριγωνομετρικού δικτύου εξάρτησης

2. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.1 Τριγωνομετρικό Δίκτυο

Εισαγωγή

Το τελικό προϊόν των εργασιών μας που είναι το τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής σε κλίμακα 1:200 θα έπρεπε να είναι ενταγμένο σε κρατικό δίκτυο συντεταγμένων. Για το λόγο αυτό λοιπόν το πολυγωνομετρικό δίκτυο που χρησιμοποιήσαμε αποτελείται από οδεύσεις πλήρως εξαρτημένες από το κρατικό Τριγωνομετρικό Δίκτυο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.). Για το σκοπό αυτό έγινε πύκνωση του ήδη υπάρχοντος Τριγωνομετρικού δικτύου της περιοχής ιδρύοντας τέσσερα (4) πρόσθετα μόνιμα τριγωνομετρικά σημεία στην περιοχή, τα δύο στην αρχή της πρωτεύουσας οδεύσης και δύο στο τέλος της και αρχή της τελευταίας κλειστής οδεύσης. Από το τριγωνομετρικό αυτό δίκτυο εξαρτήθηκαν οι στάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτύπωση. Τα τριγωνομετρικά σημεία που

ιδρύθηκαν εξαρτήθηκαν από δύο (2) Τριγωνομετρικά σημεία του Κρατικού Τριγωνομετρικού Δικτύου της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και είναι ενταγμένα στο δίκτυο ελέγχου που δημιουργήθηκε, ενώ ο τριγωνισμός πραγματοποιήθηκε με χρήση κατάλληλου διαφορικού δορυφορικού συστήματος εντοπισμού διπλής συχνότητας (GPS).

2.1.1.Τριγωνισμός

Ο τριγωνισμός είναι αντικείμενο της Γεωδαισίας και αποσκοπεί στον επιπεδομετρικό και υψομετρικό προσδιορισμό χαρακτηριστικών σημείων της επιφάνειας της Γης, με μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας.

Στα σημεία αυτά, που λέγονται «τριγωνομετρικά»,στηρίχτηκε η τοπογραφία, για τον προσδιορισμό όλων των σημείων που απαιτούνται για την κατασκευή του βασικού χάρτη.Τέτοια σημεία είτε προσδιορίζονται στο έδαφος με ειδική σήμανση, είτε θεωρούνται οι κορυφές χαρακτηριστικών κτισμάτων, όπως κωδωνοστάσιων, φάρων, κ.ά.

Στην περίπτωση μας ιδρύσαμε ένα τριγωνομετρικό σημείο και θεωρήσαμε τρεις Στάσεις του πολυγωνομετρικού μας δικτύου προς διευκόλυνση των εργασιών μας.

Το σύστημα GPS που χρησιμοποιήθηκε εξασφαλίζει ακρίβεια σε μέτρηση βάσης με την τεχνική του στατικού εντοπισμού θέσης $0.005 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$

οριζοντιογραφικά και 0.01 m + 2 ppm υψομετρικά στις στατικές μετρήσεις, 0.012m + 2.5ppm οριζοντιογραφικά και 0.015m + 2.5ppm υψομετρικά στις Stop & Go μετρήσεις.

Στο εν λόγω τριγωνομετρικό δίκτυο πραγματοποιήθηκε ενιαία συνόρθωση με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (Μ.Ε.Τ.). Η εσωτερική ακρίβεια του τριγωνομετρικού δικτύου με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι καλύτερη του 0,5cm. Ως εσωτερική ακρίβεια του δικτύου ορίζεται η επίλυση του με την Μ.Ε.Τ., διατηρώντας στην επίλυση ένα σημείο του κρατικού δικτύου σταθερό. Η τελική ακρίβεια του δικτύου μετά από συνόρθωση με την Μ.Ε.Τ., χρησιμοποιώντας σταθερά όλα τα σημεία του Κρατικού Δικτύου και με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι καλύτερη των 3cm.

Οι παραπάνω εργασίες που αναφέραμε έγιναν με το **GPS ProMark2** της **THALES Navigation**.

2.1.2.ΘΕΩΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ

Πρίν αναφερθούμε εκτενέστερα στον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσαμε για την πύκνωση και ίδρυση των τεσσάρων τριγωνομετρικών σημείων, αξίζει να κάνουμε μία σύντομη αναδρομή στην ιστορία ενός παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης ώστε να γίνει πιο κατανοητός και προσιτός ο τρόπος λειτουργίας ενός τέτοιου σύγχρονου τοπογραφικού εξοπλισμού.

Το σύστημα GPS, το οποίο αρχικά δημιουργήθηκε για το στρατό των Η.Π.Α., σήμερα βασίζεται σε 24 δορυφόρους. Αυτοί βρίσκονται γύρω από τη γη σε έξι διαφορετικές τροχιές και σε ύψος 20.200 χιλιομέτρων. Καθένας από αυτούς τους δορυφόρους εκπέμπει συνεχώς μια αναγνώριση και ένα χρονικό σήμα, το οποίο δημιουργείται από το εγκατεστημένο ατομικό ρολόι του δορυφόρου.

Ειδικές συσκευές λαμβάνουν τα σήματα αυτά και έτσι μπορούν να προσδιορίσουν ακριβώς την θέση στην οποία βρισκόμαστε. Αυτές οι ηλεκτρονικές συσκευές δέχονται σήματα από δορυφόρους και απεικονίζουν στην οθόνη τους τις γεωγραφικές συντεταγμένες και το υψόμετρο που βρισκόμαστε την κάθε στιγμή. Η ακρίβεια της ένδειξης είναι πολύ μεγάλη με πιθανή απόκλιση από την πραγματική θέση πολύ λίγα μέτρα (τώρα τελευταία

συνήθως μόνο 1-15m). Εμφανίζουν επίσης και την ώρα με μεγάλη ακρίβεια, την ταχύτητα και κατεύθυνση μετακίνησης μας καθώς και διάφορες άλλες πληροφορίες. Μερικά μοντέλα εμφανίζουν και χάρτες με πολλές λεπτομέρειες. Αν συνδεθούν με πομποδέκτη μπορεί να εκπέμπεται αυτόματα το στίγμα μας και να εμφανίζεται στις οθόνες των υπολογιστών άλλων ατόμων (σύστημα APRS Automatic Position Reporting System).

Οι δέκτες GPS καταμερίζουν τα σήματα των δορυφόρων και συγκρίνουν τις χρονικές πληροφορίες που έχουν λάβει. Επειδή οι δορυφόροι είναι πολύ απομακρυσμένοι μεταξύ τους, οι πληροφορίες τους σχετικά με το χρόνο διαφέρουν. Από αυτές τις διαφορές γίνεται και ο υπολογισμός της ακριβούς θέσης του δέκτη. Υπολογίζοντας δηλαδή τις χρονικές αποκλίσεις συμπεραίνεται και η δική σας θέση.

Σε καλές συνθήκες, λοιπόν, πρέπει να εκπέμπουν σε κάθε μέρος της γης το λιγότερο τρεις δορυφόροι συγχρόνως. Παρ' όλα αυτά, μπορούν να καταμεριστούν τέσσερα και περισσότερα σήματα δορυφόρων, αφού το σύστημα εξακριβώνει όχι μόνο τη δισδιάστατη θέση στην επιφάνεια της γης, αλλά και της θάλασσας.

Σήμερα, μπορούμε με το GPS να εντοπίζουμε με απόκλιση μερικών μέτρων, ενώ μέχρι το 2000 η απόκλιση μπορούσε να φτάσει από 30 μέχρι και 100 μέτρα. Το σύστημα αυτό λειτούργησε από την Αμερικανική κυβέρνηση πρώτη φορά το 1978 για στρατιωτικούς σκοπούς. Το 1980 δόθηκε προς χρήση σε ολόκληρο τον κόσμο, με τον περιορισμό ότι η ακρίβεια του συστήματος θα εμπεριείχε ένα εσκεμμένο λάθος της τάξης των 50 με 100 μέτρων. Τον Μάιο όμως του 2000 οι Αμερικάνοι κατάργησαν το εσκεμμένο λάθος με αποτέλεσμα η ακρίβεια του συστήματος να αυξηθεί σημαντικά ώστε το περιθώριο λάθους να μειωθεί στα 5 με 10 μέτρα.

Βασικός σκοπός των συσκευών GPS που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι ο εντοπισμός των γεωγραφικών συντεταγμένων του σημείου στο οποίο βρισκόμαστε. Για να γίνει αυτό θα πρέπει η συσκευή να δέχεται σήματα από τουλάχιστον τρεις δορυφόρους. Αν δέχεται σήματα από περισσότερους από τρεις δορυφόρους μπορεί να εμφανίσει και το υψόμετρο στο οποίο βρισκόμαστε, αυτή όμως η μέτρηση δεν είναι ακριβής τις περισσότερες φορές. Από τη στιγμή που γνωρίζουμε τις συντεταγμένες της θέσης μας μπορούμε πολύ εύκολα να την εντοπίσουμε πάνω στον χάρτη. Βασική βέβαια

προϋπόθεση είναι ο χάρτης να αναγράφει τις γεωγραφικές συντεταγμένες στο περιθώριο του ή μέσω των γραμμών του πλέγματος ή σταυρών που τυχόν θα διαθέτει. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι ο χάρτης είναι συμβατός με GPS.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των συσκευών GPS που τις καθιστούν πολύ χρήσιμες είναι ότι μπορούν να αποθηκεύσουν τις συντεταγμένες διάφορων θέσεων. (Οι περισσότερες συσκευές διαθέτουν μνήμη για την αποθήκευση τουλάχιστον 500 σημείων). Έτσι μπορούμε να "πούμε" στο GPS ότι θέλουμε να κατευθυνθούμε στο τάδε σημείο που έχουμε αποθηκεύσει στην μνήμη του. Αν πάλι δεν έχουμε αποθηκευμένο στην μνήμη του GPS το σημείο στο οποίο θέλουμε να μεταβούμε μπορούμε να υπολογίσουμε τις συντεταγμένες του σημείου από κάποιο χάρτη και να τις πληκτρολογήσουμε στο GPS.

Γνωρίζοντας η συσκευή την θέση μας και το σημείο προορισμού μας μπορεί να υπολογίσει την απόσταση που μας χωρίζει από αυτό. Ακόμα μπορεί να υπολογίσει το αζιμούθιο της κατεύθυνσης που πρέπει να ακολουθήσουμε για να πάμε στη θέση που θέλουμε. Έτσι με την βοήθεια μιας πυξίδας εύκολα μπορούμε να βρούμε αυτή την κατεύθυνση. Βέβαια κανένα μονοπάτι δεν ακολουθεί ευθεία γραμμή και το GPS δεν πρόκειται να μας προειδοποιήσει για τυχόν εμπόδια που θα συναντήσουμε στο δρόμο μας. Οποιαδήποτε όμως στιγμή όποια παράκαμψη και να κάνουμε το GPS θα επαναυπολογίζει το αζιμούθιο που αν το ακολουθούμε σίγουρα θα φτάσουμε στον προορισμό μας.

2.1.3.Ακρίβεια συστήματος

Για εμάς που έχουμε την επιλεκτική διαθεσιμότητα (SA) της Αμερικής, η ακρίβεια του στίγματος έχει απόκλιση περίπου 100 μέτρων. Ευτυχώς με διάφορα έξυπνα τρικ που χρησιμοποιούν τα ίδια τα GPS η απόκλιση ελαττώνεται στα 30 μέτρα.

Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια του GPS είναι η "γεωμετρία" των δορυφόρων. Με απλά λόγια, η γεωμετρική θέση των δορυφόρων είναι το σημείο που βρίσκεται ο καθένας σε σχέση με τους άλλους δορυφόρους, όπως φαίνεται από το GPS. Αν τώρα ένα GPS έχει στην εμβέλειά του τέσσερις δορυφόρους (που είναι αρκετοί για να δώσουν ένα ακριβές στίγμα) αλλά και οι τέσσερις είναι π.χ. βορειοδυτικά σε σχέση με το GPS, η "γεωμετρία" των δορυφόρων είναι πολύ κακή. Στην πραγματικότητα, το GPS μπορεί να μην είναι σε θέση να δώσει καν στίγμα. Αυτό συμβαίνει γιατί όλες οι

μετρήσεις της απόστασης από όλους τους δορυφόρους προέρχονται από την ίδια διεύθυνση, ΒΔ. Δηλαδή, τα τριγωνομετρικά δεδομένα που λαμβάνει το GPS όσον αφορά την περιοχή στην οποία βρίσκεται το στίγμα μας είναι ασαφή, η περιοχή που ορίζεται από τις τομές των αποστάσεων είναι πολύ μεγάλη, και έτσι ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης του GPS είναι αδύνατος. Σε αυτή την περίπτωση το σφάλμα του στίγματος μπορεί να είναι της τάξης των 90 έως 150 μέτρων (300-500 πόδια). Στην αντίθετη περίπτωση, με τέσσερις δορυφόρους στην εμβέλεια του GPS κατανεμημένους στα τέσσερα σημεία του ορίζοντα, η ακρίβεια του στίγματος είναι η μέγιστη δυνατή. Η καλύτερη γεωμετρία των δορυφόρων είναι όταν αυτοί βρίσκονται ανά 90 μοίρες σε σχέση με το GPS. Το στίγμα μας βρίσκεται στην περιοχή που ορίζεται εκεί που τέμνονται οι διευθύνσεις της απόστασης από τους τέσσερις δορυφόρους, και η περιοχή αυτή είναι τώρα πάρα πολύ μικρή. Ακόμα και με το Selective Availability, η ακρίβεια του στίγματος είναι της τάξης των 30 μέτρων. Προσοχή λοιπόν, γιατί η ακρίβεια που δίνει κάθε κατασκευαστής για το GPS του, είναι θεωρητική και μόνο κάτω από βέλτιστες συνθήκες.

Η ακρίβεια του GPS επίσης είναι μικρότερη όταν κινούμαστε με μεγάλη ταχύτητα ή όταν βρισκόμαστε ανάμεσα σε ψηλά βουνά ή άλλα εμπόδια. Όταν το σήμα δεν φτάνει μέχρι το GPS λόγω των φυσικών εμποδίων, οι δορυφόροι υπολογίζουν τη θέση τους σε σχέση με τους υπόλοιπους και το GPS μπορεί τότε να καταλάβει εάν είναι σε θέση να δώσει ένα ακριβές στίγμα. Ένα καλό GPS μπορεί να δώσει ένδειξη όχι μόνο ποιοι δορυφόροι είναι εντός εμβέλειας και εν λειτουργία, αλλά και που ακριβώς βρίσκονται (αζιμούθιο και υψόμετρο), ώστε ο χρήστης του GPS να καταλάβει τι βαθμό αξιοπιστίας έχει το στίγμα που του δίνει το όργανο.

Ένα άλλο πρόβλημα που επηρεάζει την ακρίβεια του στίγματος είναι οι αντανakλάσεις. Με άλλα λόγια, κάθε ραδιοσήμα ανακλάται πάνω στα διάφορα αντικείμενα του φυσικού περιβάλλοντος και το σήμα φτάνει στο GPS καθυστερημένα αφού έχει ταξιδέψει μεγαλύτερη απόσταση από την αναμενόμενη. Αυτός ο επιπλέον χρόνος κάνει το GPS να πιστεύει ότι ο δορυφόρος που το εξέπεμψε βρίσκεται μακρύτερα από ότι είναι στην πραγματικότητα και έτσι προσδιορίζει λανθασμένα το σχετική θέση του. Αυτό το επιπλέον σφάλμα επιβαρύνει την ακρίβεια του στίγματος με άλλα 4-5 μέτρα.

Αυτά που είδαμε μέχρι τώρα ήταν οι βασικότερες μόνο αιτίες σφάλματος στις μετρήσεις. Υπάρχουν και άλλοι μικρότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την

ακρίβεια του GPS, όπως οι καιρικές συνθήκες, ο συγχρονισμός πομπού - δέκτη, κ.α. Για παράδειγμα, τα ραδιοσήματα ταξιδεύουν στο διάστημα με την ταχύτητα του φωτός, επιβραδύνονται όμως σημαντικά όσο προχωρούν μέσα στα διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας, πολύ περισσότερο δε όταν υπάρχουν σύννεφα, βροχή, δυνατός αέρας, κλπ.

Άρα λοιπόν, πόσο ακριβές μπορεί να είναι ένα GPS; Τυπικά η ακρίβεια ενός GPS είναι 20 με 70 μέτρα και εξαρτάται από το selective availability, τον αριθμό των δορυφόρων εντός εμβέλειας και τη γεωμετρική θέση τους. Τα πιο ακριβά μοντέλα GPS προσφέρουν πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια, χρησιμοποιώντας πολλαπλές συχνότητες - μία συσκευή λειτουργεί σαν πολλές, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της καθεμιάς και διορθώνοντας το τελικό αποτέλεσμα.

Επιπλέον, η ακρίβεια ενός GPS μπορεί να βελτιωθεί στα 5 έως και 1 μέτρα με μια διαδικασία γνωστή και ως Differential GPS (DGPS). Με το DGPS, υπάρχουν ουσιαστικά δύο δέκτες μέσα σε μία συσκευή, ο δεύτερος υπολογίζει τις διορθώσεις που χρειάζονται στα δεδομένα που λαμβάνονται από τους δορυφόρους. Υπάρχουν αρκετές συνδρομητικές υπηρεσίες που παρέχουν δεδομένα βελτίωσης για DGPS. Στην Αμερική αλλά και σε χώρες της Ευρώπης, τοπικοί σταθμοί εκπέμπουν στις συχνότητες 283.5 - 325.0 kHz και είναι και δωρεάν. Το μόνο κόστος είναι η αγορά ενός δέκτη DGPS, ο οποίος συνδέεται με το GPS.

2.1.4 Δορυφορικά συστήματα



Στα Δορυφορικά Συστήματα, οι δορυφόροι παίζουν το ρόλο των σημείων αναφοράς και με τη μέτρηση της απόστασης προς αυτούς εξάγεται η θέση του παρατηρητή (Γεωγραφικό μήκος, Γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο, ή Γεωκεντρικές συντεταγμένες X , Y , Z) ως το σημείο τομής πολλών σφαιρών (όσες και οι δορυφόροι που παρατηρούνται). Οι δορυφόροι διαθέτουν την ικανότητα να μεταδίδουν την θέση τους ανά πάσα στιγμή. Είναι λοιπόν προφανές, ότι είναι πολύ σημαντικός ο όσο το δυνατόν ακριβέστερος υπολογισμός της θέσης των δορυφόρων τη στιγμή της μέτρησης της απόστασης τους από τον δέκτη, διότι έχει άμεσο

αντίκτυπο στην ακρίβεια υπολογισμού της θέσης του δέκτη. Με άλλα λόγια, η ακρίβεια υπολογισμού της θέσης μας εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια υπολογισμού της θέσης των σημείων αναφοράς μας.

Οι θέσεις των δορυφόρων και κατ' επέκταση οι τροχιές τους παρακολουθούνται συνεχώς από διάφορους σταθμούς στη Γη (Control Stations), που ανήκουν στην Υπηρεσία που είναι υπεύθυνη για την διατήρηση του συστήματος. Η Υπηρεσία αυτή επίσης, προβλέπει την τροχιά των δορυφόρων για τις επόμενες 24 ώρες, βασισμένη στα στοιχεία της τροχιάς που διέγραψαν το προηγούμενο 24ωρο. Στη συνέχεια, η προβλεπόμενη αυτή τροχιά, επανεκπέμπεται στους δορυφόρους, οι οποίοι την μεταδίδουν στους δέκτες των χρηστών ως μέρος του εκπεμπόμενου σήματός τους.

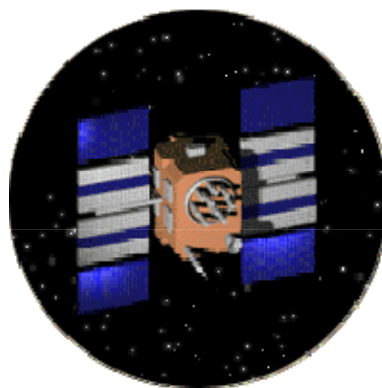
Ένα από τα πρώτα Δορυφορικά Συστήματα εντοπισμού ήταν το Transit. Το σύστημα αυτό βρήκε αρκετές εφαρμογές από τους πολιτικούς χρήστες, αλλά δεν παρείχε τις ακρίβειες που ζητά ο Τοπογράφος Μηχανικός για εφαρμογές όπως τριγωνισμός, πολυγωνομετρία, ταχυμετρία, χαράξεις κ.α. Η πείρα που αποκτήθηκε από το σύστημα Transit και από άλλα παρόμοια πειραματικά συστήματα, χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των σημερινών Global Positioning System (GPS) από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και του επερχόμενου GALILEO από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

2.1.5 Δορυφόροι Πλοήγησης

Παραπάνω αναλύσαμε ότι εφόσον μετρήσουμε την απόσταση προς πολλούς δορυφόρους ξέροντας τη θέση τους τη στιγμή της μέτρησης, μπορούμε να υπολογίσουμε τη θέση μας. Για γίνει αυτό, πρέπει να υπάρχουν τρεις (3) προϋποθέσεις:

1. **Δορυφόροι** - Χρειαζόμαστε τους δορυφόρους ως σημεία αναφοράς προς τα οποία θα μετράμε τις αποστάσεις. Ταυτόχρονα, θα πρέπει ανά πάσα στιγμή να γνωρίζουμε την ακριβή θέση τους.

Ο δορυφόρος από μόνος του δεν είναι τίποτα άλλο από ένα «όχημα» που κινείται στο διάστημα, διαγράφοντας τροχιά γύρο από τη Γη. Οι λειτουργίες που εκτελεί, καθορίζονται αποκλειστικά από τα μηχανικά μέρη με τα οποία



είναι εξοπλισμένος. Για παράδειγμα, αν ο δορυφόρος είναι εξοπλισμένος με έναν αναμεταδότη τηλεόρασης, τότε αυτόματα καθίσταται «τηλεοπτικός δορυφόρος». Αν είναι εξοπλισμένος με μετεωρολογικά όργανα, τότε καθίσταται «μετεωρολογικός δορυφόρος», με αποκλειστικό σκοπό να παράγει φωτογραφίες μεγάλης κλίμακας που απεικονίζουν σχηματισμούς νεφών, καταιγίδες, τυφώνες κλπ. Είναι προφανές λοιπόν από τα παραπάνω, ότι χρειαζόμαστε ειδικούς δορυφόρους για το σκοπό μας.

2. **Σύστημα Συντεταγμένων** - Με ποιο τρόπο θα εκφράσουμε τη θέση του κάθε δορυφόρου και κατ' επέκταση της θέσης μας; Ο μόνος τρόπος είναι η ύπαρξη ενός κοινού Συστήματος Συντεταγμένων που θα άπτεται και για τους δορυφόρους, αλλά και για οποιαδήποτε θέση πάνω στη Γη. Πρέπει λοιπόν να ορίσουμε ένα Σύστημα Συντεταγμένων με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι παγκοσμίως αποδεκτό και κοινό. Με άλλα λόγια χρειαζόμαστε ένα Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων.

Μετρώντας Αποστάσεις προς του δορυφόρους

Η αρχή μέτρησης της απόστασης προς τους δορυφόρους είναι ο πολλαπλασιασμός του χρόνου που μεσολάβησε από την εκπομπή του σήματος μέχρι τη στιγμή λήψης του, επί την ταχύτητα μετάδοσής του.

Οι δορυφόροι παράγουν δύο είδη σήματος - προτύπων. Το πρώτο, που στην ορολογία του δορυφορικού εντοπισμού ονομάζεται "carrier" ή φέρουσα συχνότητα, έχει μήκος περίπου 20 εκατοστά και διαβάθμιση περίπου 1 χιλιοστό. Το δεύτερο, που ονομάζεται "code" ή κώδικας, έχει ουσιαστικά άπειρο μήκος και διαβάθμιση περίπου 1 μέτρο. Με τη χρησιμοποίηση των δύο εκπεμπόμενων σημάτων μπορούμε να υπολογίσουμε δύο αποστάσεις προς τον ίδιο δορυφόρο. Χρησιμοποιώντας τη φέρουσα συχνότητα, η απόσταση που υπολογίζεται ονομάζεται "carrier phase", ενώ χρησιμοποιώντας τον κώδικα, η απόσταση που υπολογίζεται ονομάζεται "code phase". Λόγω της μεγάλης διάρκειας του σήματος του κώδικα, η μέτρηση αυτή δεν πάσχει από ασάφεια και η μέτρηση της απόστασης προς τον δορυφόρο είναι άμεση (πχ 19.234.763 μέτρα). Αντίθετα, το πρότυπο της φέρουσας συχνότητας (ή φάσης για συντομία) έχει ασάφεια. Εύλογα μπορεί να θεωρήσει κανείς ότι είναι άσκοπο να λέμε ότι η απόσταση προς το δορυφόρο είναι 13,2 εκατοστά συν μία ασάφεια (ακέραιος αριθμός κύκλων), η οποία είναι της τάξης των μερικών δεκάδων εκατομμυρίων μέτρων. Δεν ωφελεί να μετράμε ένα μικρό μέρος της

συνολικής απόστασης με τόσο μεγάλη ακρίβεια, ενώ παραμένει άγνωστο το μεγαλύτερο μέρος της που ανέρχεται σε εκατομμύρια ακέραιους κύκλους.

Πηγές μείωσης της ακρίβειας

Στους δορυφόρους, το ηλεκτρονικό σήμα μεταδίδεται με την ταχύτητα του φωτός δηλαδή με 300.000.000 μέτρα το δευτερόλεπτο. Αρα τα σφάλματα στο ρολόι των δορυφόρων και στο ρολόι των δεκτών συνεισφέρουν βαθύτατα στον υπολογισμό των αποστάσεων.

Το χρονόμετρο των δορυφόρων

Ένα δισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου (ένα nanosecond) ανακρίβειας στο ρολόι του δορυφόρου επιδρά σε 30 εκατοστά λάθους στον υπολογισμό της απόστασης από ένα δορυφόρο. Για αυτό τον λόγο, οι δορυφόροι είναι εξοπλισμένοι με ρολόγια (ατομικά χρονόμετρα) μεγάλης ακριβείας (χρονόμετρα καϊσίου-ρουβιδίου). Ακόμα και αυτά τα ρολόγια όμως, συσσωρεύουν λάθη ενός δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου κάθε τρεις ώρες. Για να αναχθεί η ολίσθηση του χρονομέτρου του δορυφόρου, τα χρονόμετρα αυτά παρακολουθούνται από επίγειους σταθμούς και συγκρίνονται με το κύριο χρονόμετρο ελέγχου (master control clock), όπου είναι ένας συνδυασμός από περισσότερα από δέκα μεγάλης ακριβείας ατομικά χρονόμετρα. Τα λάθη και οι ολισθήσεις των χρονομέτρων των δορυφόρων υπολογίζονται και περιλαμβάνονται στα μεταδιδόμενα από τους δορυφόρους σήματα. Στο υπολογισμό των αποστάσεων προς τους δορυφόρους, οι δέκτες GPS αφαιρούν τα σφάλματα των χρονομέτρων των δορυφόρων από τον

αναφερόμενο χρόνο μετάδοσης, για να προκύψει η αληθής διάρκεια μετάδοσης του σήματος.

Ακόμα και με τις προσπάθειες των σταθμών ελέγχου της παρακολούθησης της συμπεριφοράς των χρονομέτρων του κάθε δορυφόρου, τα λάθη δεν μπορούν με ακρίβεια να προσδιοριστούν. Κάθε λάθος των χρονομέτρων των δορυφόρων που απομένει συσσωρεύει σφάλμα μερικών nanoseconds το οποίο προκαλεί σφάλμα στην υπολογιζόμενη απόσταση κατά 1 μέτρο.

Το χρονόμετρο των δεκτών

Παρόμοιο με το σφάλμα των χρονομέτρων των δορυφόρων, το χρονόμετρο του δέκτη προκαλεί σφάλμα στον υπολογισμό των αποστάσεων. Από την άλλη πλευρά δεν είναι και τόσο πρακτικό να εξοπλίζονται οι δέκτες με ατομικά χρονόμετρα ακριβείας, μια που αυτά τα χρονόμετρα ζυγίζουν περισσότερο από 20 κιλά, κοστίζουν περίπου \$50.000 και απαιτούν εκτεταμένη φροντίδα στον έλεγχο της θερμοκρασίας.

Ας υποθέσουμε ότι σε μια δεδομένη χρονική στιγμή το χρονόμετρο του δέκτη μας έχει σφάλμα ενός χιλιοστού, προκαλώντας σφάλμα στο υπολογισμό της απόστασης κατά 300.000 μέτρα. Αν οι αποστάσεις προς όλους τους ορατούς δορυφόρους υπολογίζονται την ίδια χρονική στιγμή, τότε είναι όλες λάθος κατά 300.000 μέτρα. Μπορούμε συνεπώς να εισάγουμε το σφάλμα του χρονομέτρου του δέκτη ως ένα άγνωστο για τον οποίο θα επιλύσουμε για να υπολογίσουμε την τιμή του. Όπως προαναφέραμε οι άγνωστοι για τον υπολογισμό της θέσης είναι τρεις. Τώρα έχουμε τέσσερις αγνώστους: τρεις συνιστώσες για την θέση (X,Ψ,Z) και ο καινούργιος άγνωστος του σφάλματος του χρονομέτρου του δέκτη. Για την επίλυση των τεσσάρων αγνώστων χρειαζόμαστε τέσσερις εξισώσεις. Λαμβάνοντας σήματα από τέσσερις δορυφόρους, ο δέκτης αποκτά απαραίτητο αριθμό εξισώσεων για την επίλυση του παραπάνω συστήματος των τεσσάρων αγνώστων. Με αυτό τον τρόπο ναι μεν χρειαζόμαστε περισσότερους ορατούς δορυφόρους (τέσσερις), αλλά ταυτόχρονα χρησιμοποιούμε οικονομικότερα ρολόγια στους δέκτες GPS.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η έννοια εισαγωγής του χρονομέτρου του δέκτη σαν ένας από τους αγνώστους, είναι βάσιμη μόνο όταν έχουμε παρατηρήσεις ως προς τους δορυφόρους την ίδια χρονική στιγμή. Αν οι αποστάσεις προς τους δορυφόρους δεν υπολογίζονται την ίδια χρονική στιγμή, τότε για κάθε

μέτρηση έχουμε διαφορετικό χρονόμετρο. Κάνοντας ταυτόχρονες παρατηρήσεις ως προς τέσσερις δορυφόρους δεν υπολογίζουμε μόνο την θέση του δέκτη μας, αλλά και το σφάλμα του χρονομέτρου του με πολύ καλή ακρίβεια. Ένα τυπικό ρολόι έχει μια ολίσθηση της τάξης των 1000 nanoseconds το δευτερόλεπτο, αλλά με τον παραπάνω τρόπο μπορούμε να συγχρονίσουμε το ρολόι του δέκτη μας με το ρολόι των δορυφόρων του GPS. Οι δέκτες GPS διορθώνουν τον χρόνο τους κάθε δευτερόλεπτο και μπορούν να παρέχουν ένα εξωτερικό παλμό κάθε δευτερόλεπτο για χρήστες οι οποίοι χρειάζονται ακριβή χρόνο. Οι δέκτες GPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν χρονόμετρα ακριβείας τοποθετώντας τους σε σημείο γνωστών συντεταγμένων, οπότε και χρειάζεται μόνο ένας δορυφόρος για να υπολογιστεί ο ακριβής χρόνος και να συγχρονιστεί το χρονόμετρο του δέκτη.

Ο ελάχιστος αριθμός δορυφόρων που χρειάζονται για να υπολογιστεί η θέση και ο χρόνος είναι τέσσερις. Από εκεί και πέρα όσο περισσότεροι είναι οι ορατοί δορυφόροι τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια που παρέχεται. Αυτό περιγράφεται αργότερα στο κεφάλαιο GDOP.

Τροχιακά σφάλματα δορυφόρων.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ακρίβεια της προσδιορισμένης θέσης εξαρτάται επίσης και από την ακρίβεια με την οποία γνωρίζουμε την θέση του κάθε δορυφόρου. Οι τροχιές των δορυφόρων παρακολουθούνται συνεχώς από επίγειους σταθμούς ελέγχου ανά τον κόσμο και η προβλεπόμενη τροχιακή πληροφορία εκπέμπεται στους δορυφόρους που με την σειρά τους την εκπέμπουν στους δέκτες GPS. Η ιστορία του GPS έχει δείξει έως τώρα ότι η ακρίβεια της προβλεπόμενης τροχιακής πληροφορίας είναι της τάξεως μερικών μέτρων. Αυτό δημιουργεί μερικά μέτρα λάθους στον υπολογισμό της θέσης του δέκτη. Παρακάτω θα δούμε πως μπορούμε να εξαλείψουμε αυτό το σφάλμα.

Σφάλματα που υπεισέρχονται από την ατμόσφαιρα

1.Ιονόσφαιρα

Υπολογίζοντας τις αποστάσεις από τους δορυφόρους, υπολογίζουμε αρχικά το χρόνο που χρειάζεται το σήμα για να έρθει στον δέκτη και μετά πολλαπλασιάζουμε με την ταχύτητα του φωτός. Το πρόβλημα είναι ότι η ταχύτητα του φωτός διαφέρει λόγω ατμοσφαιρικών συνθηκών. Το πάνω μέρος της ατμόσφαιρας, η ιονόσφαιρα, περιέχει φορτισμένα ιόντα τα οποία ενώ εισάγουν καθυστέρηση στην μετάδοση του κώδικα, επιταχύνουν την μετάδοση

του φέροντος κύματος. Το μέγεθος της επίδρασης της ιονόσφαιρας είναι μεγαλύτερο κατά την διάρκεια της ημέρας από ότι το βράδυ. Το μέγεθος της επίδρασης επίσης έχει μια κυκλική περίοδο 11 χρόνων κατά την οποία παρουσιάζει maximum και minimum τιμή. Για τον κύκλο που διανύουμε η ιονόσφαιρα θα παρουσιάσει το μεγαλύτερο μέγεθος επίδρασης το 1998 και το μικρότερο το 2004. Ο κύκλος μετά θα επαναληφθεί. Οι επιδράσεις της Ιονόσφαιρας, αν δεν εξαλειφθούν, επιφέρουν σφάλματα στις μετρήσεις των αποστάσεων έως και 10 μέτρα.

Μερικοί δέκτες χρησιμοποιούν ένα μαθηματικό μοντέλο για τις επιδράσεις της Ιονόσφαιρας. Με την κατά προσέγγιση γνώση της πυκνότητας των φορτισμένων ιόντων, η επίδραση της ιονόσφαιρας μπορεί να ελαττωθεί κατά 50%. Τα εναπομείναντα σφάλμα είναι όμως ακόμα σημαντικά.

Η επίδραση της ιονόσφαιρας στα ηλεκτρονικά σήματα εξαρτάται από την συχνότητα του σήματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο μικρότερη είναι η επίδραση. Αν εκπέμπουμε ταυτόχρονα δύο σήματα διαφορετικών συχνοτήτων η καθυστέρηση στην μετάδοση του σήματος στην μια συχνότητα θα είναι για παράδειγμα 5 μέτρα ενώ στην άλλη θα είναι 6 μέτρα. Δεν μπορούμε να υπολογίσουμε το απόλυτο μέγεθος της επίδρασης σε κάθε συχνότητα, αλλά μπορούμε να υπολογίσουμε την διαφορά υπολογίζοντας την διαφορά στον χρόνο λήψης των δύο σημάτων που στην περίπτωση αυτή είναι 1 μέτρο. Με αυτό τον τρόπο και χρησιμοποιώντας γνωστούς τύπους εξαρτημένων συχνοτήτων ιονοσφαιρικής καθυστέρησης, μπορούμε να εξαλείψουμε την επίδραση της ιονόσφαιρας στις μετρήσεις μας χρησιμοποιώντας δέκτες δύο συχνοτήτων.

2. Τροπόσφαιρα

Το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, το οποίο περιέχει υδρατμούς ονομάζεται τροπόσφαιρα. Η επίδραση της είναι η καθυστέρηση στην μετάδοση και του κώδικα, και του φέροντος κύματος. Οι επιδράσεις της τροπόσφαιρας δεν μπορούν να εξαλειφθούν ούτε με την χρήση δεκτών δύο συχνοτήτων. Ο μόνος τρόπος για να εξαλειφθούν αυτά τα σφάλματα είναι με μετρήσεις της υγρασίας, της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσης και της εφαρμογής αυτών σε μαθηματικό μοντέλο το οποίο θα υπολογίσει την καθυστέρηση της τροπόσφαιρας.

Σφάλμα πολλαπλών διαδρομών (multipath)

Όταν μετράμε την απόσταση από ένα δορυφόρο, υποθέτουμε ότι το σήμα έρχεται κατευθείαν από τον δορυφόρο στην κεραία του δέκτη. Εκτός όμως από το απευθείας σήμα, υπάρχουν και ανακλώμενα σήματα από το έδαφος ή από αντικείμενα κοντά στην κεραία, τα οποία λαμβάνονται από την κεραία και επιδρούν με το απευθείας σήμα. Το σύνθετο σήμα δημιουργεί μια αβεβαιότητα για τον αληθή χρόνο λήψης του σήματος, με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο η ηχώ δημιουργεί μια αβεβαιότητα για τον ακριβή χρόνο τον οποίο μεταδόθηκε - παράχθηκε κάποιος ήχος. Αν το ανακλώμενο σήμα είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το απευθείας σήμα (περισσότερο από 10 μέτρα) έτσι ώστε τα δύο σήματα να μπορούν να διαχωριστούν, τότε το σφάλμα πολλαπλών διαδρομών (multipath) μπορεί να ελαττωθεί με κατάλληλες τεχνικές επεξεργασίας σημάτων.

Σφάλματα δεκτών

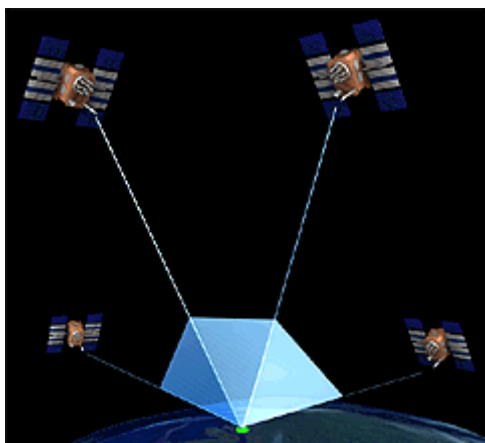
Οι δέκτες μπορούν να εισάγουν κάποια σφάλματα όταν μετράνε τον κώδικα ή την φάση του φέροντος κύματος. Σε δέκτες υψηλής ποιότητας, αυτά τα σφάλματα είναι ασήμαντα (λιγότερο από 1mm) για την μέτρηση της φάσης του φέροντος κύματος και μερικά εκατοστά για τον κώδικα του φέροντος κύματος.

GDOP (Geometric Dilution Of Precision)

Στις προηγούμενες παραγράφους αναφερθήκαμε στα σφάλματα τα οποία υπεισέρχονται στις μετρήσεις των αποστάσεων από τους δορυφόρους τα οποία ονομάζονται range errors. Η ερώτηση που τίθεται τώρα είναι ποια είναι η σχέση μεταξύ αυτών των σφαλμάτων και του σφάλματος στον υπολογισμό της θέσης. Με άλλα λόγια πόσα μέτρα σφάλματος εισάγεται στον υπολογισμό της θέσης για κάθε μέτρο σφάλματος στον υπολογισμό της απόστασης δορυφόρου-δέκτη.

Η απάντηση είναι ότι εξαρτάται από τον αριθμό των δορυφόρων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της θέσης και από την γεωμετρία τους στον ορίζοντα. Για παράδειγμα αν τέσσερις δορυφόροι είναι συγκεντρωμένοι σε κάποιο σημείο του ορίζοντα, τότε ένα μέτρο σφάλματος στον υπολογισμό των αποστάσεων προς αυτούς είναι πιθανό να εισάγει δεκάδες ή εκατοντάδες μέτρα σφάλματος στον υπολογισμό της θέσης. Αν όμως αρκετοί δορυφόροι είναι διασκορπισμένοι στον ορίζοντα τότε το σφάλμα στον υπολογισμό της

θέσης είναι πιθανό να είναι μικρότερο από 1.5m για κάθε μέτρο σφάλματος στον υπολογισμό των αποστάσεων προς τους δορυφόρους. Η επίδραση της γεωμετρίας των δορυφόρων στο σφάλμα υπολογισμού της θέσης ονομάζεται GDOP και μπορεί χονδρικά να ερμηνευτεί ως ο λόγος του σφάλματος υπολογισμού της θέσης με το σφάλμα υπολογισμού των αποστάσεων προς τους δορυφόρους.



Στη διπλανή εικόνα φανταστείτε ένα τετράεδρο το οποίο σχηματίζεται από τις γραμμές που συνδέουν τον δέκτη-κεραία GPS, με τους δορυφόρους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος αυτού του τετράεδρου τόσο μικρότερο (καλύτερο) είναι το GDOP. Στις περισσότερες περιπτώσεις όσους περισσότερους δορυφόρους λαμβάνουμε τόσο καλύτερο είναι το GDOP.

Επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability)

Όλα τα σφάλματα τα οποία αναφέραμε στα προηγούμενα κεφάλαια επιφέρουν σφάλμα 10 μέτρων στον υπολογισμό των αποστάσεων προς τους δορυφόρους, το οποίο με τυπικό GDOP περίπου 2 επιφέρει σφάλμα στον υπολογισμό της θέσης της τάξης των 20 μέτρων περίπου.

Το Αμερικάνικο Υπουργείο Αμύνης καθόρισε ότι παρέχοντας αυτής της τάξης την ακρίβεια στο κοινό, είναι εναντίον των συμφερόντων των Ηνωμένων Πολιτειών. Για αυτό τον λόγο το Υπουργείο εισήγαγε «εσκεμμένο» συστηματικό σφάλμα το οποίο υποβαθμίζει την ακρίβεια εντοπισμού θέσης στα 100 μέτρα. Αυτή η υποβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος ονομάζεται "επιλεκτική διαθεσιμότητα (SA)" και εφαρμόζεται παραποιώντας τα χρονόμετρα των δορυφόρων και μεταδίδοντας ανακριβή τροχιακή πληροφορία. Οι στρατιωτικοί δέκτες είναι εξοπλισμένοι με ειδικό "hardware" το οποίο εξαλείφει την επίδραση της επιλεκτικής διαθεσιμότητας. Η επιλεκτική διαθεσιμότητα μπορεί να τεθεί On ή Off από τους επίγειους σταθμούς ελέγχου του GPS.

Από την 1η Μαΐου 2000, το Υπουργείο Αμύνης της Αμερικής έθεσε σε κατάσταση Off την Επιλεκτική Διαθεσιμότητα, με ανακοίνωση του εκπροσώπου

Τύπου των Η.Π.Α. Σαν αποτέλεσμα αυτού η ακρίβεια εντοπισμού που παρέχει το σύστημα GPS είναι και πάλι 20 μέτρα περίπου.

Πηγές μείωσης της ακρίβειας: Λύσεις

Η ακρίβεια εντοπισμού των 100m (SA On) αλλά ακόμα και εκείνη των 20m (SA Off) είναι αρκετή για πολλές από τις πολιτικές εφαρμογές. Σχεδόν με την εμφάνιση του GPS, άρχισαν να αναπτύσσονται διάφορες τεχνικές μείωσης των σφαλμάτων και βελτίωσης της παρεχόμενης ακρίβειας, ακόμη και υπό την παρουσία της επιλεκτικής διαθεσιμότητας (SA On) αλλά και της μη εξαπάτησης (AS).

Διαφορικός Εντοπισμός (Differential Mode)

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο δέκτες όχι πολύ απομακρυσμένους μεταξύ τους. Τα σφάλματα των δορυφορικών χρονομέτρων, των δορυφορικών τροχιών, της ιονόσφαιρας, της τροπόσφαιρας και της επιλεκτικής διαθεσιμότητας, επηρεάζουν και τους δύο δέκτες κατά τον ίδιο τρόπο και βαθμό. Εάν γνωρίζαμε την ακριβή θέση ενός από τους δύο δέκτες θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την πληροφορία ώστε να υπολογίσουμε τα σφάλματα στις μετρήσεις. Στη συνέχεια μεταφέροντας αυτά τα σφάλματα (ή καλύτερα διορθώσεις) στον άλλο δέκτη, επιτυγχάνουμε την απαλοιφή τους. Αυτή η τεχνική ονομάζεται διαφορικός εντοπισμός.

Ο δέκτης που βρίσκεται σε θέση γνωστών συντεταγμένων ονομάζεται διεθνώς "base", ενώ ο άλλος που είναι σε άγνωστη θέση ονομάζεται "rover". Ο base δέκτης υπολογίζει τη στιγμιαία απόστασή του προς κάθε δορυφόρο, βασιζόμενος στη γνωστή του θέση και τη στιγμιαία θέση κάθε δορυφόρου. Η διαφορά της υπολογισμένης με τη μετρημένη απόσταση είναι η τιμή της διόρθωσης για κάθε ένα δορυφόρο. Μεταδιδόμενες οι διορθώσεις αυτές στον rover, επιτρέπουν στον τελευταίο να ανάγει τις δικές του μετρημένες αποστάσεις προς όλους τους δορυφόρους, υπολογίζοντας τελικά τη θέση του με πολύ καλύτερη ακρίβεια.

Εξαιτίας της διαρκούς κίνησης των δορυφόρων αλλά και των ολισθήσεων των χρονομέτρων τους, οι παραγόμενες διορθώσεις αλλάζουν ραγδαία σε συνάρτηση με το χρόνο. Επομένως ο base δέκτης πρέπει να παράγει τις διορθώσεις και να τις μεταδίδει στο rover όσο το συντομότερο δυνατό.

Αυτονόητο είναι ότι η ορθότητα των συντεταγμένων του base επηρεάζει άμεσα τις συντεταγμένες του rover. Εάν εισαχθεί η θέση του base λανθασμένα προς κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση, τότε όλες οι διορθώσεις που θα υπολογίσει ο base και θα μεταδώσει στο rover θα είναι κατά τέτοιο τρόπο λανθασμένες ώστε να προσδίνουν στο rover εντοπισμό θέσης που θα έχει το ίδιο λάθος σε μέγεθος και διεύθυνση όπως ο base.

Το διάνυσμα μεταξύ του base και του rover ονομάζεται βάση (baseline). Όταν η βάση είναι μικρή, τότε τα σφάλματα απόστασης των δύο δεκτών προς τους δορυφόρους είναι σχεδόν ίδια, επιτρέποντας τη χρήση των παραγόμενων διορθώσεων από το base για τον προσδιορισμό της θέσης του rover. Όσο αυξάνεται το μήκος της βάσης, τόσο ελαττώνεται η συνοχή των σφαλμάτων απόστασης. Με άλλα λόγια θα προκύπτουν υπολοίποντα σφάλματα στον προσδιορισμό της θέσης του rover τα οποία αυξάνονται με την αύξηση του μήκους της βάσης. Σαν γενικός κανόνας, θα πρέπει να προστίθεται επιπλέον ασάφεια ενός χιλιοστού για κάθε χιλιόμετρο αύξησης στο μήκος της βάσης, δηλαδή 1ppm. Στη περίπτωση δεκτών μίας συχνότητας, το σφάλμα αυτό αυξάνει στα 2ppm.

Ο διαφορικός εντοπισμός εξαλείφει σχεδόν όλα τα σφάλματα εκτός από αυτά του "multipath" και των σφαλμάτων των δεκτών. Αυτό τα σφάλματα υπεισέρχονται για κάθε δέκτη χωριστά και δεν μπορούν να εξαλειφθούν με τον διαφορικό εντοπισμό.

Το σφάλμα του δέκτη (εσωτερικός θόρυβος) είναι όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο περίπου 10cm για τον κώδικα του φέροντος κύματος και περίπου 1mm για την φάση. Σε δέκτες υψηλής ακρίβειας και ποιότητας αυτά τα σφάλματα είναι αρκετές φορές μικρότερα. Το σφάλμα που υπεισέρχεται από το "multipath" όμως μπορεί να είναι αρκετά μέτρα για τον κώδικα και αρκετά εκατοστά για την φάση του φέροντος κύματος. Ως εκ τούτου, αν με κάποιο τρόπο αντιμετωπίσουμε το "multipath" θα μπορούμε να επιτύχουμε ακρίβεια χιλιοστού για μετρήσεις φάσης και ακρίβεια εκατοστού για μετρήσεις κώδικα. Το πώς αντιμετωπίζονται οι επιδράσεις του "multipath" θα εξεταστεί στο κεφάλαιο 5. Σε αυτό το κεφάλαιο υποθέτουμε ότι τα σφάλματα του "multipath" έχουν εξαλειφθεί με κάποιο τρόπο.

Ο διαφορικός εντοπισμός με χρήση του κώδικα του φέροντος κύματος ονομάζεται DGPS ενώ με χρήση της φάσης του φέροντος κύματος ονομάζεται

CPD (Carrier Phase Differential). Ο διαφορικός εντοπισμός με χρήση φάσης σε πραγματικό χρόνο ονομάζεται RTK (Real-Time kinematic).

Στο διαφορικό εντοπισμό με χρήση φάσης φέροντος κύματος, οι υπολογισμοί είναι αρκετά πιο πολύπλοκοι επειδή προστίθενται άγνωστοι που αφορούν τον αριθμό των αρχικών ακεραίων κύκλων (ασάφεια φάσης). Είναι πιθανό να χρειαστούν αρκετά λεπτά για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης και να προσδιοριστεί ο αριθμός των ακεραίων κύκλων. Άπαξ και επιλυθεί η αρχική ασάφεια φάσης, τότε κάθε συμπληρωματικός υπολογισμός θέσης είναι άμεσος. Όταν όμως ο αριθμός των ορατών από το δέκτη δορυφόρων πέσει κάτω από 4, τότε πρέπει να επαναυπολογιστεί η ασάφεια φάσης μόλις ο αριθμός των διαθέσιμων δορυφόρων το επιτρέψει, δηλαδή μόλις ο δέκτης αποκτήσει πάλι τουλάχιστον 4 ορατούς δορυφόρους (5 για αξιοπιστία). Η διαδικασία αυτή μπορεί να διαρκέσει αρκετά λεπτά. Μια DGPS λύση όμως, είναι άμεση, δεν πάσχει από ασάφεια, αλλά ταυτόχρονα είναι λιγότερο ακριβής.

DGPS

Στις DGPS εφαρμογές αν οι διορθώσεις εκπέμπονται από τον "base" δέκτη στον "rover" σε πραγματικό χρόνο (μέσω ενός radio-link), τότε η μέθοδος εντοπισμού ονομάζεται real-time DGPS κατά την οποία μπορούμε να πάρουμε ακριβή αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η μέθοδος απαιτείται για εφαρμογές χάραξης ή για κάθε είδους εφαρμογή που απαιτούνται συντεταγμένες ακριβείας σε πραγματικό χρόνο. Αν δεν απαιτούνται αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο (αποτυπώσεις) τότε μπορούν να γίνουν ταυτόχρονες παρατηρήσεις και να καταγραφούν τα δεδομένα στους δέκτες (base και rover) και να μεταφερθούν τα δεδομένα σε υπολογιστή ώστε να υπολογιστούν οι ακριβείς συντεταγμένες εκ των υστέρων. Αυτή η μεθοδολογία ονομάζεται post-processed DGPS.

Η DGPS μεθοδολογία βασίζεται στις μετρήσεις των αποστάσεων προς τους δορυφόρους με χρήση του κώδικα του φέροντος κύματος. Οι μετρήσεις με χρήση του κώδικα είναι σαν μια μετροταινία η οποία έχει διαβαθμίσεις μέτρου και μόνο. Οι διαβαθμίσεις εμφανίζονται αυτόματα όταν εγκλωβίσουμε το σήμα των δορυφόρων με τον δέκτη μας, επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε τις αποστάσεις ως προς τους δορυφόρους άμεσα αλλά όχι με μεγάλη ακρίβεια.

RTK (Real-Time kinematic)

Το RTK όπως προαναφέρθηκε είναι ο διαφορικός εντοπισμός με χρήση της φάσης του φέροντος κύματος σε πραγματικό χρόνο. Οι μετρήσεις με χρήση της φάσης του φέροντος κύματος είναι σαν μια μετροταινία με διαβαθμίσεις χιλιοστού. Σε αυτή την μετροταινία οι διαβαθμίσεις των μέτρων δεν φαίνονται άμεσα όταν λαμβάνουμε το σήμα των δορυφόρων με τον δέκτη μας. Πρέπει να περιμένουμε κάποιο χρονικό διάστημα για να εμφανιστούν οι διαβαθμίσεις των μέτρων και να ολοκληρώσουμε τις μετρήσεις. Αυτός είναι ο χρόνος που απαιτείται για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης. Όσο περισσότερο χρόνο περιμένουμε τόσο και πιο καθαρές γίνονται οι διαβαθμίσεις των μέτρων. Όταν οι διαβαθμίσεις των μέτρων εμφανιστούν, παραμένουν ξεκάθαρες και μπορούμε να κάνουμε άμεσες μετρήσεις ασταμάτητα όσο ο δέκτης μας λαμβάνει σήματα από τους δορυφόρους. Όταν χαθεί η επαφή με τους δορυφόρους οι διαβαθμίσεις των μέτρων εξαφανίζονται και χρειάζεται να περιμένουμε πάλι για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης και να εμφανιστούν οι διαβαθμίσεις των μέτρων.

Σε περίπτωση που η επαφή με τους δορυφόρους διακόπτεται για μικρό χρονικό διάστημα, ο δέκτης μπορεί να βασιστεί στον υπολογισμό των ακεραίων κύκλων από τις προηγούμενες μετρήσεις.

Σε περίπτωση που ο υπολογισμός των ακεραίων κύκλων είναι ανακριβής ή έχουμε απώλειες κύκλων, είναι σαν να έχουμε διαβάσει λάθος διαβάθμιση μέτρου στην μετροταινία που προαναφέραμε. Δηλαδή είναι σαν να έχουμε υπολογίσει μια απόσταση 4.784 μέτρων ως 3.784. Ενώ διαβάσαμε σωστά την διαβάθμιση των χιλιοστών κάναμε λάθος στην ανάγνωση των μέτρων.

Όταν ένας δέκτης έχει επιλύσει την ασάφεια φάσης, η ακρίβεια στον υπολογισμό της θέσης είναι μεταξύ 0.5cm και 2cm οριζοντιογραφικά και μεταξύ 1cm με 3cm υψομετρικά (εξαρτώμενη από την ικανότητα της κεραίας να εξαλείφει το "multipath") συν 1 ppm για δέκτες δύο συχνοτήτων και 2 ppm για δέκτες μίας συχνότητας.

Το κλειδί στις μετρήσεις RTK είναι η επίλυση της ασάφειας φάσης. Η μεγάλη ερώτηση είναι πόσο χρόνο χρειάζεται για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης αξιόπιστα από την στιγμή που ο δέκτης λαμβάνει σήματα από τους δορυφόρους (min 5 δορυφόρους). Σε περίπτωση που δεν επιλυθεί σωστά η

ασάφεια φάσης τότε είναι σαν να έχουμε διαβάσει λάθος της διαβαθμίσεις των μέτρων και να συγκεντρωνόμαστε στην ανάγνωση των χιλιοστών.

Για μικρές βάσεις (<20Km) ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για την επίλυση της ασάφειας φάσης εξαρτάται από τις επόμενες παραμέτρους:

- Το επίπεδο εμπιστοσύνης που έχει τεθεί για τον υπολογισμό του αριθμού των ακεραίων κύκλων
- Τον αριθμό των δορυφόρων
- Το είδος των δεκτών (δέκτες THALES ή όχι)
- Την επίδραση του σφάλματος πολλαπλών διαδρομών "multipath" (συντελεστής ανακλασιμότητας του εδάφους)
- Την ικανότητα εξάλειψης του "multipath" από την κεραία

Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων δορυφόρων είναι η κυριότερη παράμετρος για την αξιόπιστη και γρήγορη επίλυση της ασάφειας φάσης. Σαν κανόνα μπορούμε να πούμε ότι χρειάζονται τουλάχιστον 6 δορυφόροι για μικρές βάσεις.*

*πηγή www.jgc.gr

2.1.6.ΠΡΟΒΟΛΗ ΕΓΣΑ'87 ΣΕ ΔΕΚΤΕΣ GPS

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι περισσότεροι δέκτες GPS της αγοράς που απευθύνονται στο ευρύ κοινό δεν έχουν πρόβλεψη για το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ-87), στο οποίο γίνεται πλέον ο τετραγωνισμός (πορτοκαλί γραμμές) των χαρτών που πωλούνται από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.).Ευτυχώς, το GPS της της Magellan έχουν τη δυνατότητα προσθήκης μιας χαρτογραφικής προβολής της οποίας μπορεί ο χρήστης να καθορίσει τις περισσότερες παραμέτρους. Ο μόνος περιορισμός είναι να βασίζεται στην Εγκάρσια Μερκατορική προβολή (TM), χαρακτηριστικό που έχει και το ΕΓΣΑ'87.

ΤΟ ΕΓΣΑ'87

Συνοπτικά το ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιεί για περιγραφή της γήινης επιφάνειας το Ελλειψοειδές εκ Περιστροφής GRS80. Η αρχή των αξόνων O87 του ΕΓΣΑ'87 είναι μετατοπισμένη ως προς το BST κατά:

$$X(O87) = -199.87 \text{ m}$$

$$Y(O87) = +74.79 \text{ m}$$

$$Z(O87) = +246.62 \text{ m}$$

διατηρώντας την παραλληλία των αξόνων.

Σαν χαρτογραφική προβολή το ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιεί Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή με μια ζώνη εύρους 60 για όλη την Ελλάδα με

$m = 0.9996$. Κεντρικός μεσημβρινός είναι οι 24° Ε, πάνω στον οποίο έχουμε $X = 500.000$, ενώ το Y έχει την τιμή 0 στον Ισημερινό.

2.1.7. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Οι παραπάνω εργασίες που αναφέραμε έγιναν με το GPS ProMark2 της THALES Navigation.



Το σύστημα GPS ProMark2 της THALES Navigation επιτρέπει τον εντοπισμό, την καταγραφή σημείων την πλοήγηση σε αυτά, καθώς και τον υπολογισμό συντεταγμένων με ακρίβεια χιλιοστών. Το ProMark2 είναι ένα σύστημα GPS που επιτρέπει στον χρήστη να διαλέξει την κατάσταση λειτουργίας του navigation ή survey .

Εντοπισμός-Πλοήγηση (Navigation mode) Για εφαρμογές εντοπισμού και συλλογή θέσεων σημείων, το navigation mode παρέχει ακρίβεια 3-5 m σε πραγματικό χρόνο. Η ακρίβεια αυτή επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης διορθώσεων για το σήμα του GPS, που



εκπέμπονται από δορυφόρους (WAAS για Αμερική, EGNOS για την Ευρώπη).

Άλλες εφαρμογές είναι:

- Τριγωνισμοί
- Φωτοσταθερά
- Πολυγωνομετρία
- Αποτυπώσεις (Survey mode)

Το ProMark2 σε συνδυασμό με την γεωδαιτική κεραία ProAntenna και το λογισμικό επίλυσης Ashtech Solutions μετατρέπεται σε ένα πολύ εύχρηστο, ευέλικτο και πρακτικό γεωδαιτικό σύστημα μίας συχνότητας (GPS L1).

GPS PROMARK2 δέκτης χειρός για πλοήγηση

Ακρίβεια:

Στατικές μετρήσεις		Stop & Go μετρήσεις	
οριζοντιογραφικά	υψομετρικά	οριζοντιογραφικά	υψομετρικά
0.005 m + 1 ppm	0.01 m + 2 ppm	0.012m + 2.5ppm	0.015m + 2.5ppm



GPS PROMARK 2 δέκτης σε τρίποδο για τριγωνισμούς, ίδρυση φωτοσταθερών, πολυγωνομετρία, αποτυπώσεις



GPS PROMARK2 σύστημα με δύο δέκτες

Το σύστημα promark2 χρησιμοποιεί δύο δέκτες με τρίποδες και στήνεται πάνω από ένα σταθερό σημείο (τριγωνομετρικό). Συλλέγει πληροφορίες-μετρήσεις από τους δορυφόρους και τις αποθηκεύει στη μνήμη του. Τα δεδομένα εξάγονται από την συσκευή μέσω καλωδίου στον υπολογιστή για την επίλυση και την συνόρθωση του δικτύου που δημιουργήσαμε.

Πιο αναλυτικά το σύστημα αποτελείται:

1.Εξωτερική κεραία

Η εξωτερική κεραία του GPS η οποία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα χρησιμοποιείται σε τοπογραφικές εφαρμογές. Όταν η εσωτερική κεραία της συσκευής χρησιμοποιείται για πλοήγηση, η εξωτερική κεραία δίνει καλύτερη ποιότητα στις μετρήσεις. Η εξωτερική κεραία του GPS είναι ο φυσικός συλλέκτης πληροφοριών από το δορυφόρο και σημαίνει ότι η όσο το δυνατόν σωστή κέντρωση της έχει μεγάλη σημασία. Για το λόγο αυτό η κεραία τοποθετείται πάνω σε τρίποδο.



Εξωτερική κεραία GPS PROMARK2

2. Καλώδιο εξωτερικής κεραίας



Στη διπλανή εικόνα απεικονίζεται το καλώδιο που συνδέει την εξωτερική κεραία του GPS με την συσκευή δέκτη, ώστε τα δεδομένα που λαμβάνει η κεραία να μεταφέρονται και να αποθηκεύονται απευθείας στη συσκευή

3.Κατακόρυφη προέκταση κεραίας



Η κατακόρυφη προέκταση της κεραίας του GPS χρησιμοποιείται για την βελτίωση του λαμβανόμενου σήματος και βιδώνεται στο κάτω μέρος της κεραίας και όλο μαζί στερεώνεται πάνω στο τρικόχλιο (περιγράφεται παρακάτω).

Έχει μήκος 7,62εκ.

4.Τρικόχλιο



Το τρικόχλιο χρησιμοποιείται για την κέντρωση και οριζοντίωση της εξωτερικής κεραίας του GPS promark2 και τοποθετείται επάνω στο τρίποδο.

5. Μετροταινία μέτρησης ύψους οργάνου GPS



Στη διπλανή εικόνα απεικονίζεται η ειδική μετροταινία, κατασκευασμένη από αλουμίνιο, με την οποία μετράμε το ύψος της κεραίας του GPS. Η αρχή της μετροταινίας αγκυστρώνεται στην ειδική υποδοχή η οποία βρίσκεται στην εξωτερική κεραία και το τέλος της, το οποίο είναι καρφί, τοποθετείται ακριβώς πάνω από το σημείο (όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες). Τότε η ακριβής τιμή του ύψους αναγράφεται επάνω στην ταινία. Η μέτρηση του ύψους οργάνου παίζει σημαντικό ρόλο στον ακριβή υπολογισμό του υψομέτρου του σημείου.



6.Τσάντα μεταφοράς



Η τσάντα μεταφοράς χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του εξοπλισμού του κάθε δέκτη από το γραφείο στο ύπαιθρο και το αντίστροφο.Επίσης προστατεύει τον εξοπλισμό από τα τυχόν χτυπήματα,τις καιρικές συνθήκες και την υγρασία που μπορεί να βλάψουν τα υλικά κατασκευής του δέκτη.

7.Αξεσουάρ GPS για τις εργασίες γραφείου



εικόνα1



εικόνα2

Χρήσιμο και απαραίτητο αξεσουάρ είναι η ειδική θήκη όπου τοποθετείται η συσκευή GPS μαζί με το καλώδιο που συνδέεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή, ώστε να γίνεται η μεταφορά δεδομένων (εικόνα1).Αυτό επιτυγχάνεται με τις επαφές που βρίσκονται στο πίσω μέρος του δέκτη (εικόνα2).

Τεχνικά χαρακτηριστικά promark2

Υποστηριζόμενες εφαρμογές	Static, Stop-and-go, kinematic μετρήσεις
Ακρίβεια(Static μετρήσεις)	Οριζοντιογραφικά 0.005 m + 1 ppm Υψομετρικά 0.01 m + 2 ppm
Ακρίβεια(Stop-and-go,kinematic μετρήσεις)	Οριζοντιογραφικά 0.012 m + 2.5 ppm Υψομετρικά 0.015m + 2.5 ppm
Ακρίβεια Πλοήγησης	<3μ με εξωτερική κεραία <5μ με εσωτερική κεραία
Μέγιστη απόσταση από σημείο εξάρτησης(Static μετρήσεις)	Μέχρι 20χλμ Πάνω από 20χλμ με αποφορτισμένη ιονόσφαιρα
Μέγιστη απόσταση από σημείο εξάρτησης(Stop-and-go μετρήσεις)	Μέχρι 10χλμ
Χρονική περίοδος παρατήρησης (Static μετρήσεις)	20 με 60 λεπτά ανάλογα με την απόσταση από σημείο εξάρτησης
Χρονική περίοδος παρατήρησης(Stop-and-go μετρήσεις)	15 δευτερόλεπτα
GPS δορυφορικά κανάλια	10
WAAS/EGNOS δορυφορικά κανάλια	2
Ελάχιστη γωνία αναγνώρισης δορυφόρου με τον ορίζοντα	10°
Χρόνος λήψης δεδομένων σημείου	1-999 δευτερόλεπτα
Συνθήκες λειτουργίας	-10 έως +60 °C
Τύπος μπαταριών	2 AA αλκαλικές ή λιθίου
Χρόνος ζωής μπαταριών	8-13 ώρες
Μέγιστη μνήμη (χωρητικότητα)	8MB 72 ώρες λήψης δεδομένων 100 αρχεία δεδομένων

3.1.8.ΠΥΚΝΩΣΗ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

1.Εργασίες Υπαίθρου

Όπως προείπαμε,για να ιδρύσουμε τα τέσσερα τριγωνομετρικά στην περιοχή επιλέξαμε δύο Τριγωνομετρικά σημεία του Κρατικού Τριγωνομετρικού Δικτύου της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού από τα οποία εξαρτηθήκαμε για την ίδρυση και πυκνωση του τριγωνομετρικού δικτύου στην περιοχή τα επιλέξαμε έτσι ώστε:

- Οι βάσεις που δημιουργήθηκαν να είναι σχεδόν ίσες (τα τρίγωνα που σχηματίζονται να είναι όσο το δυνατόν ισόπλευρα) έτσι ώστε οι παρατηρήσεις μας να είναι ισοβαρείς
- Να είναι κοντά στην προς αποτύπωση περιοχή,σε απόσταση μικρότερη των 5χλμ.
- Να είναι προσβάσιμα και
- Όσο το δυνατόν οι μετρήσεις μας να μην επηρεάζονται από τους ισχυρούς ανέμους που έπνεαν στην περιοχή την χρονική περίοδο της πραγματοποίησης του τριγωνισμού.



Σκαρίφημα τριγωνομετρικών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν για την εξάρτηση του πολυγωνομετρικού μας δικτύου

Τα δύο τριγωνομετρικά σημεία της Γ.Υ.Σ. που χρησιμοποιήσαμε ήταν:

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	ΣΥΝ/ΝΕΣ ΣΕ BESSEL		ΣΥΝ/ΝΕΣ ΣΕ ΕΓΣΑ 87			ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ			ΥΨΟΣ ΒΑΘΡΟΥ
		Φ	λ	Ε	Ν	Ζ	Χ	Ψ	Ζ	Η
227016	ΜΕΓ.ΒΟΥΝΙ	37ο 26' 45".8216	25ο 20' 59".2002	619395,636	4145212,476	134,810	0,018	0,032	0,000	1,20μ
227020	ΤΟΥΡΛΟΣ	37ο 27' 40".2067	25ο 19' 53".4019	617755,134	4146865,583	181,110	0,012	0,023	0,000	1,09μ



Αρχικά στήσαμε τον ένα δέκτη στο τριγωνομετρικό ΜΕΓΑΛΟ ΒΟΥΝΙ σε λειτουργία static.





Ρυθμίσαμε τη συσκευή GPS σύμφωνα με τα παρακάτω:



Κουμπιά ελέγχου για τις τοπογραφικές εφαρμογές



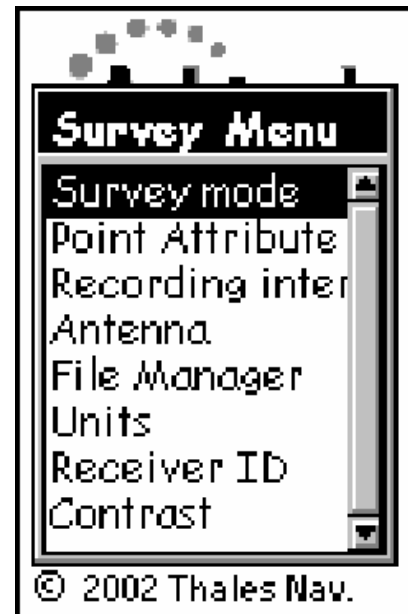
Ανοίγουμε τη συσκευή πατώντας το κόκκινο κουμπί και οδηγούμαστε στο μενού της οθόνης(διπλανή εικόνα) που έχουμε την επιλογή survey (τοπογραφικές εφαρμογές) ή navigate (πλοήγηση).Επιλέγουμε survey πατώντας το κουμπί ENTER.



Επιλέγοντας survey οδηγούμαστε στο μενού των ρυθμίσεων μας.Πατάμε ENTER στην επιλογή setup.

Έτσι ρυθμίζουμε τις παραμέτρους πριν την έναρξη των μετρήσεων μας.Επιλέγοντας το collect data αρχίζουμε τη διαδικασία των μετρήσεων μας λαμβάνοντας δεδομένα.

Στο setup του survey menu απεικονίζονται οι επιλογές που φαίνονται στη διπλανή εικόνα.



Στην οθόνη point attribute εισάγουμε το όνομα του σημείου όπου έχουμε στήσει το δέκτη του GPS με 4 αριθμούς ή γράμματα και φροντίζουμε το όνομα που θα δώσουμε να είναι μοναδικό π.χ. TRI1(για το τριγωνομετρικό ΜΕΓΑΛΟ ΒΟΥΝΙ)

Στο site description μπορούμε να δώσουμε μια σύντομη περιγραφή για το σημείο.

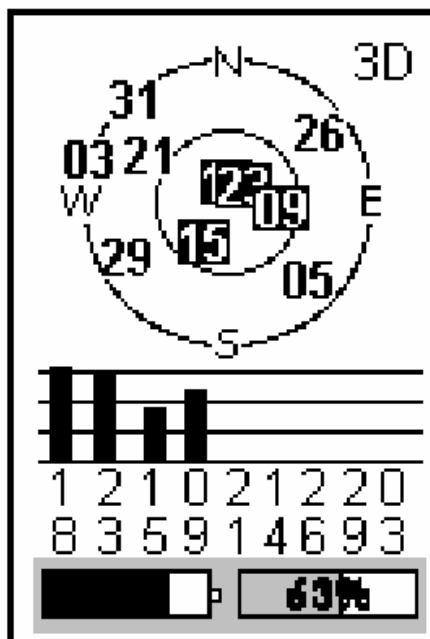
Στο survey menu επιλέγουμε Antenna και ρυθμίζουμε τις παραμέτρους για την κεραία και βάζουμε slant γιατί μετράμε το ύψος του δέκτη από την άκρη της κεραίας. Μετράμε το ύψος και εισάγουμε την τιμή στο αντίστοιχο κουτάκι.



Δεν πρέπει να ξεχάσουμε να εισάγουμε την μονάδα μέτρησης του ύψους στο μενού survey menu → unit of measurement (meters).

Αφού κάναμε τις παραπάνω ρυθμίσεις οδηγούμαστε στην αρχική οθόνη πατώντας esc.

Αυτή τη φορά εισάγουμε την επιλογή collect data για να αρχίσουμε να λαμβάνουμε δεδομένα από τους δορυφόρους.



Στην οθόνη που εμφανίζεται έχουμε τη δυνατότητα να δούμε πόσοι δορυφόροι είναι ορατοί από τον δέκτη μας (με ένα απλό γράφιμα) καθώς και την κατάσταση της μπαταρίας μας αριστερά κάτω και την κατάσταση της μνήμης της συσκευής κάτω δεξιά.

Όταν 4 τουλάχιστον δορυφόροι σχηματίσουν γωνία 10 μοιρών με τον ορίζοντα και γίνουν ορατοί από τον δέκτη τότε αυτομάτως αρχίζουν οι μετρήσεις μας.



Οι μπάρες μας δείχνουν την ένταση του στίγματος την στιγμή των μετρήσεων.

Η οθόνη survey status μας δείχνει το είδος των μετρήσεων μας (static),τη ταυτότητα του σημείου,την απαιτούμενη χρονική περίοδο παρατήρησης(observation timer),το χρόνο λήψης δεδομένων (elapsed),τον αριθμό των δορυφόρων(#Sats),τη γεωμετρία των δορυφόρων (PDOP) καθώς και πόσο μπαταρία και μνήμη μας απομένει.

Απαιτούμενη χρονική περίοδος παρατήρησης (observation timer)

Το **observation timer** είναι ένα είδος χρονόμετρου το οποίο μας δείχνει μετά από πόσο χρόνο οι μετρήσεις μας είναι ποιοτικές ώστε να έχουμε επιτυχή αποτελέσματα. Εξετάζει αν τα δεδομένα που συλλέγονται από τους δορυφόρους είναι αρκετά και μας δίνει πληροφορίες για το πότε έχουμε τελειώσει επιτυχώς την μέτρηση μας. Αυτό έχει να κάνει και με την ένδειξη PDOP που μας δείχνει την γεωμετρία των δορυφόρων και τη θέση αυτών στον ορίζοντα. Όσο πιο μικρή είναι η ένδειξη PDOP τόσο καλύτερη γεωμετρία δορυφόρων έχουμε τη χρονική στιγμή λήψης των δεδομένων. Επίσης το observation timer εξαρτάται και από το μέγεθος της βάσης, δηλ. Την απόσταση μεταξύ των δύο δεκτών που χρησιμοποιούνται.

Όταν η ένδειξη observation timer δείχνει 0 KLM τότε σημαίνει πως είμαστε στην αρχή των μετρήσεων και περισσότερος χρόνος απαιτείται για επιτυχή αποτελέσματα.

Όταν η ένδειξη observation timer δείχνει +5 KLM τότε σημαίνει πως ο χρόνος λήψης δεδομένων για ποιοτικές μετρήσεις είναι αρκετός για βάσεις έως 5 χλμ. Στην περίπτωση μας είχαμε βάσεις μικρότερες των 5χλμ. Οπότε όταν το observation timer έδειχνε +5 KLM σβήσαμε τον δέκτη. Συνήθως αυτό απαιτούσε χρονική διάρκεια 15-20 λεπτών σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο που θελήσαμε να ιδρύσουμε.

Καθ'όλη τη διάρκεια των μετρήσεων μας η ένδειξη #Sats ήταν 6-10 δορυφόροι και η ένδειξη PDOP 1.5-4.2.

Έτσι λοιπόν αρχικά τοποθετήσαμε τον ένα δέκτη στο τριγωνομετρικό **ΜΕΓΑΛΟ ΒΟΥΝΙ** βάζοντας ως παραμέτρους τα ακόλουθα:

SITE ID: TRI1

Antenna type: slant

Antenna height: 0,200m

Units: meters

Στη συνέχεια στήσαμε τον άλλο δέκτη πάνω σε τρίποδα στο πρώτο τριγωνομετρικό σημείο (σε λειτουργία static) που θελήσαμε να ιδρύσουμε. Οι

βάσεις(η απόσταση μεταξύ σημείου εξάρτησης και σημείου ίδρυσης)ήταν μικρότερες από 5χλμ (περίπου 2,5χλμ.) οπότε σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσεως του δέκτη ο χρόνος παρατήρησης ήταν 15-20 λεπτά.Ακολουθώντας επαναλάβαμε την διαδικασία για τα υπόλοιπα τριγωνομετρικά που ήταν η στάση 1(S1),η στάση 14(S14) και η στάση 15(S15).



Η στάση 1 η οποία χρησιμοποιήθηκε για τριγωνομετρικό





Η στάση 14 η οποία χρησιμοποιήθηκε για τριγωνομετρικό





Η στάση 15 η οποία χρησιμοποιήθηκε για τριγωνομετρικό

Οι παράμετροι που εισάγαμε για κάθε τριγωνομετρικό που θέλαμε να ιδρύσουμε φαίνονται στο διπλανό πίνακα.

SITE ID	Antenna type	Antenna height(m)
TR11	slant	1,517
S001	slant	1,529
S014	slant	1,516
S015	slant	1,466

Καθ'όλη τη διάρκεια των μετρήσεων είχαμε διαθέσιμους τουλάχιστον 7 δορυφόρους(ακόμα και δέκα κάποια χρονική στιγμή) και δεν αντιμετωπίσαμε πρόβλημα απώλειας του στίγματος.Στην περίπτωση αυτή οι μετρήσεις θα έπρεπε να επαναληφθούν.Αφού οι μετρήσεις μας,εξαρτώμενοι από το τριγωνομετρικό **ΜΕΓΑΛΟ ΒΟΥΝΙ**,έγιναν με επιτυχία,στήσαμε τον ένα δέκτη στο τριγωνομετρικό ΤΟΥΡΛΟΣ και επαναλάβαμε την παραπάνω διαδικασία για τη νέα σειρά μετρήσεων.



Το τριγωνομετρικό ΤΟΥΡΛΟΣ- Βάθρο Ε.Α.Χ.

Το ύψος οργάνου σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο εξάρτησης μετρήθηκε από την εξωτερική κεραία έως την οροφή του βάθρου. Είχαμε πάνω από 7 δορυφόρους διαθέσιμους οι οποίοι ήταν αρκετοί για το πέρας των μετρήσεων. Το σήμα που λαμβάναμε από τους δορυφόρους ήταν καλής ποιότητας.

Για το τριγωνομετρικό **ΤΟΥΡΛΟΣ** εισάγαμε στη συσκευή GPS τα ακόλουθα δεδομένα:

SITE ID: TRI2

Antenna type: slant

Antenna height: 0,210m

Units: meters

Για τα τριγωνομετρικά που ιδρύσαμε έπρεπε να έχουν τον ίδιο συμβολισμό με τις προηγούμενες μετρήσεις από το τριγωνομετρικό ΜΕΓΑΛΟ ΒΟΥΝΙ. Για τις μετρήσεις με σημείο εξάρτησης το τριγωνομετρικό ΤΟΥΡΛΟΣ κάναμε εισαγωγή των παρακάτω παραμέτρων:

SITE ID	Antenna type	Antenna height(m)
TR11	slant	1,610
S001	slant	1,522
S014	slant	1,594
S015	slant	1,408

Επομένως τα τριγωνομετρικά που ιδρύσαμε εξαρτήθηκαν από 2 τριγωνομετρικά του κρατικού δικτύου της Γ.Υ.Σ με απόλυτη επιτυχία.

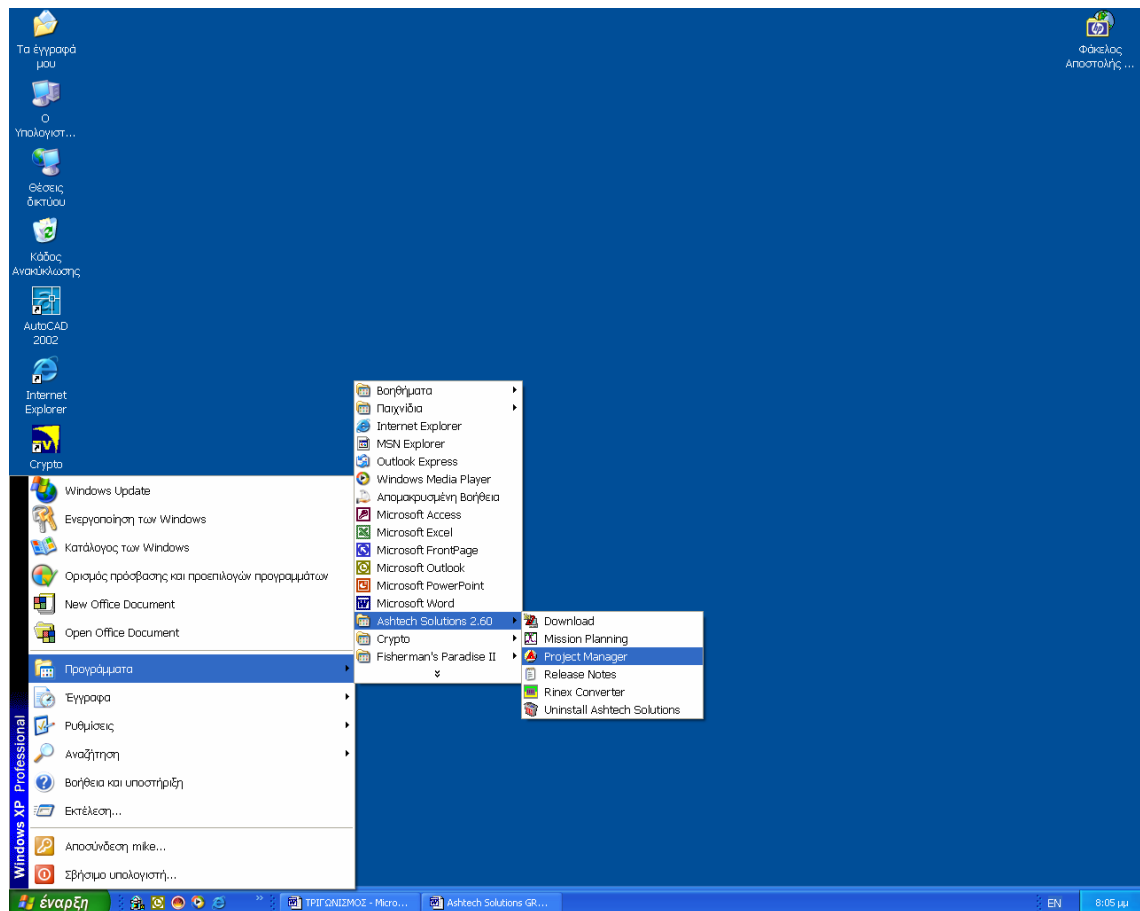
Αφού ολοκληρώσαμε τις εργασίες υπαίθρου για την πύκνωση του τριγωνομετρικού δικτύου ακολούθησαν οι εργασίες γραφείου για την επίλυση και συνόρθωση του δικτύου μέσω υπολογιστή και του κατάλληλου λογισμικού.

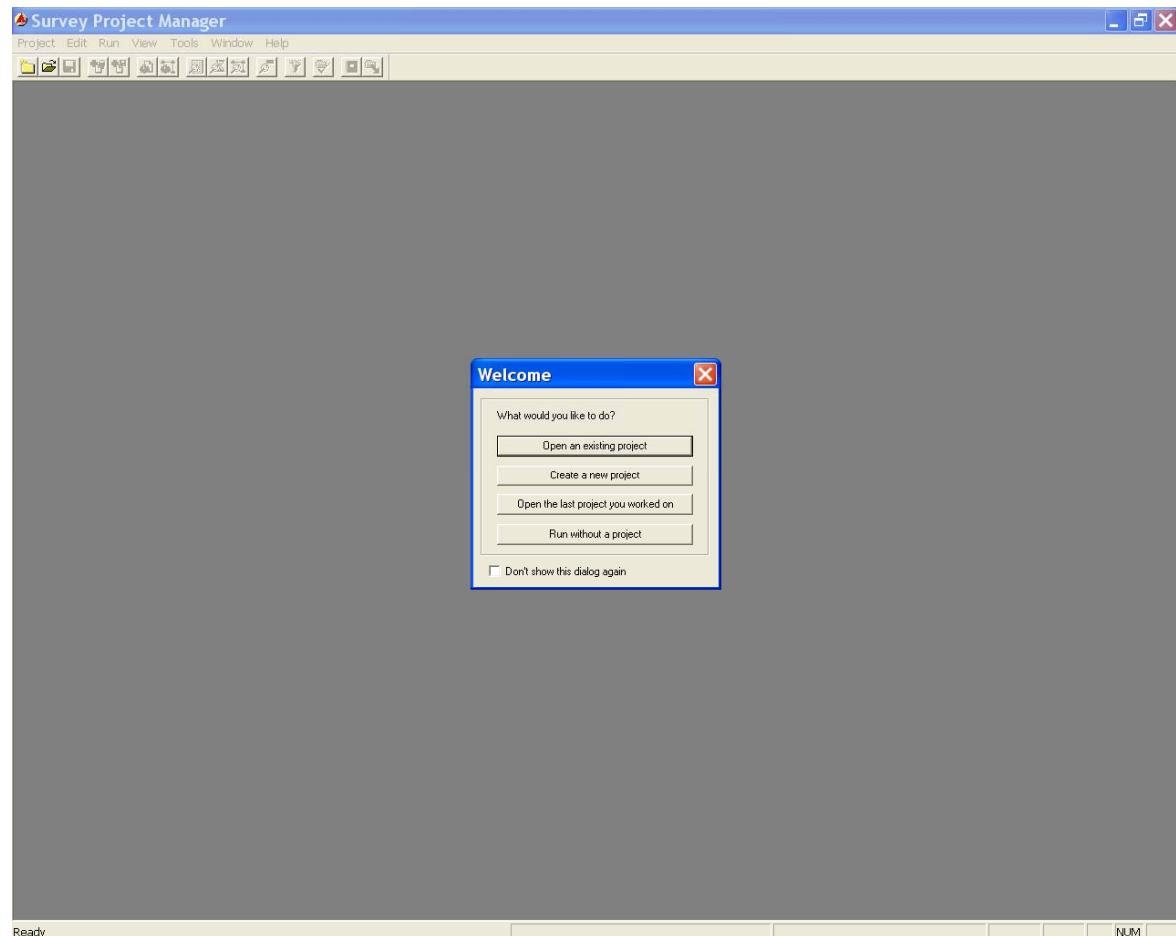
2.Εργασίες Γραφείου

Η επίλυση και συνόρθωση του δικτύου που δημιουργήσαμε έγινε με το πρόγραμμα Ashtech solutions 2.60 Της THALES NAVIGATION.

ΞΕΚΙΝΩΝΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ASHTECH SOLUTIONS

Για να εκκινήσουμε το πρόγραμμα, από το Start μενού των Windows, επιλέγουμε το Project Manager που βρίσκεται στο φάκελο Ashtech Solutions.





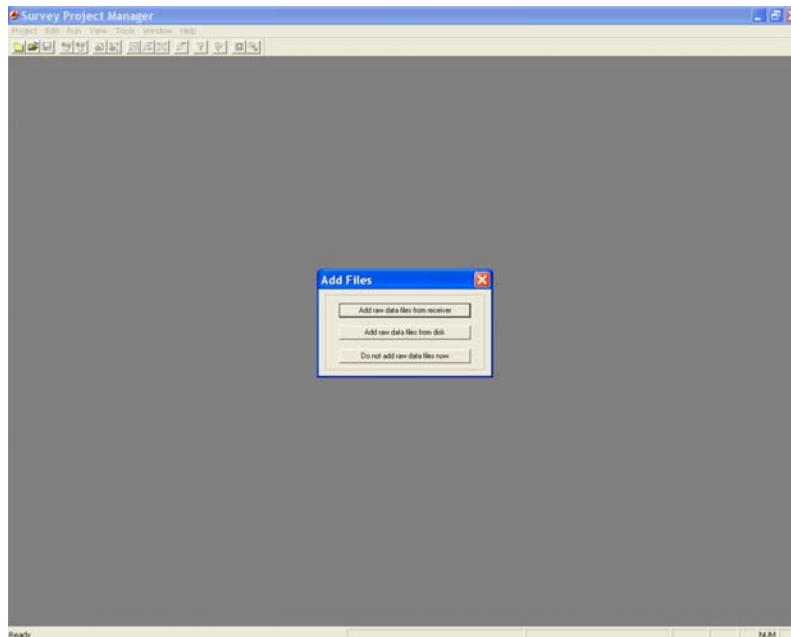
Εμφανίζεται το εισαγωγικό παράθυρο διαλόγου:



Χρησιμοποιούμε αυτό το παράθυρο για να ανοίξουμε ένα υπάρχον project, να δημιουργήσουμε ένα νέο, να ανοίξουμε το τελευταίο που χρησιμοποιήθηκε ή για να εκκινήσουμε την εφαρμογή χωρίς να χρησιμοποιήσουμε κάποιο project. Μπορούμε επίσης να απενεργοποιήσουμε την εμφάνιση αυτού του παραθύρου κατά την

εκκίνηση.

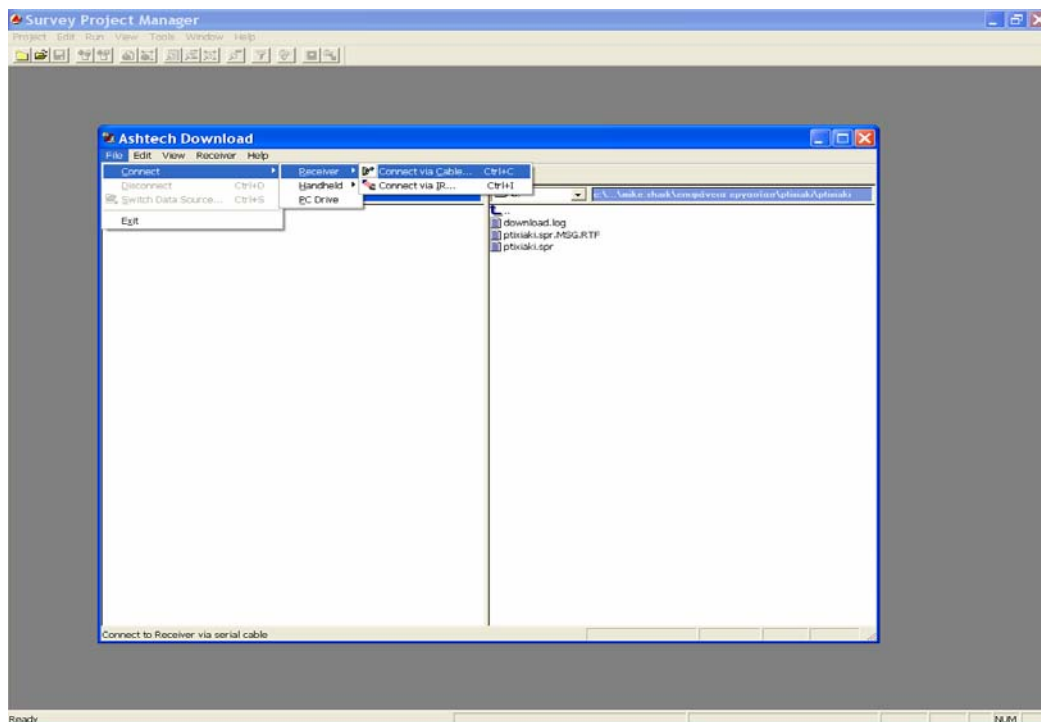
Επιλέγουμε *create a new project* και στο παράθυρο που ακολουθεί πληκτρολογούμε το όνομα του project



Στη συνέχεια εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου εκφόρτωσης των δεδομένων και επιλέγουμε add raw data files from receiver, για να κατεβάσουμε τα δεδομένα μας από το δέκτη.

Υπάρχουν επίσης οι επιλογές:

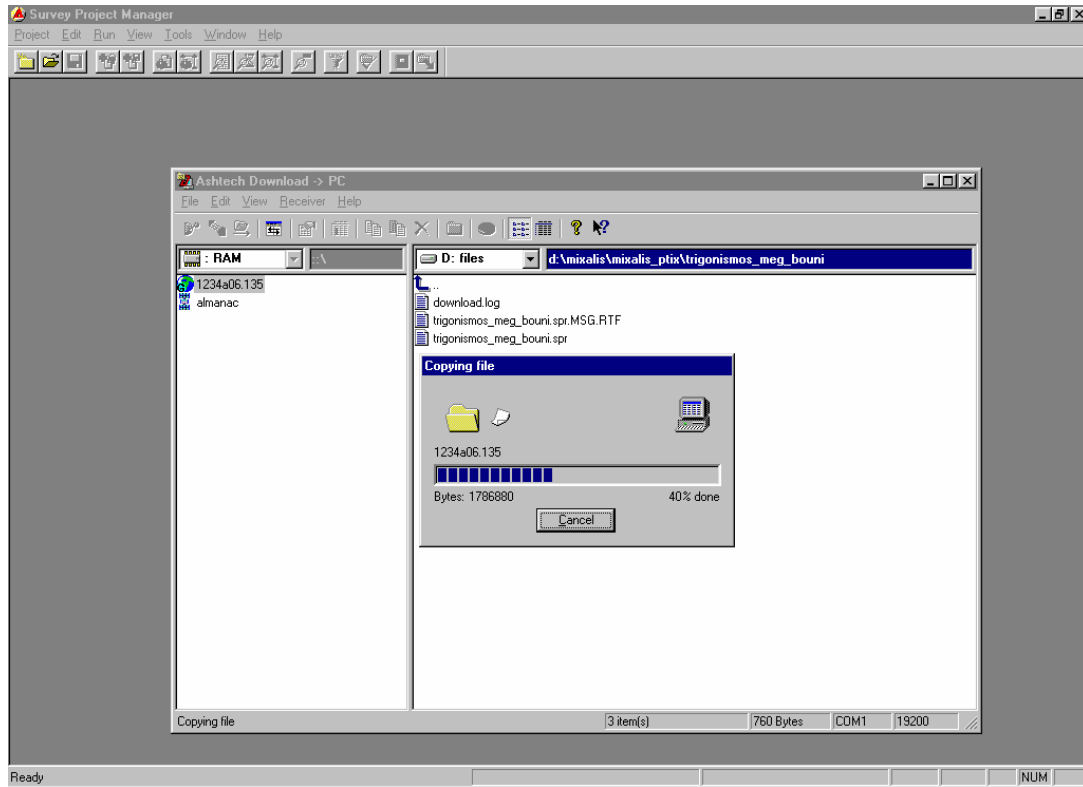
- *add raw data files from disk* (για να εισάγουμε δεδομένα που έχουμε αποθηκεύσει από πριν) και



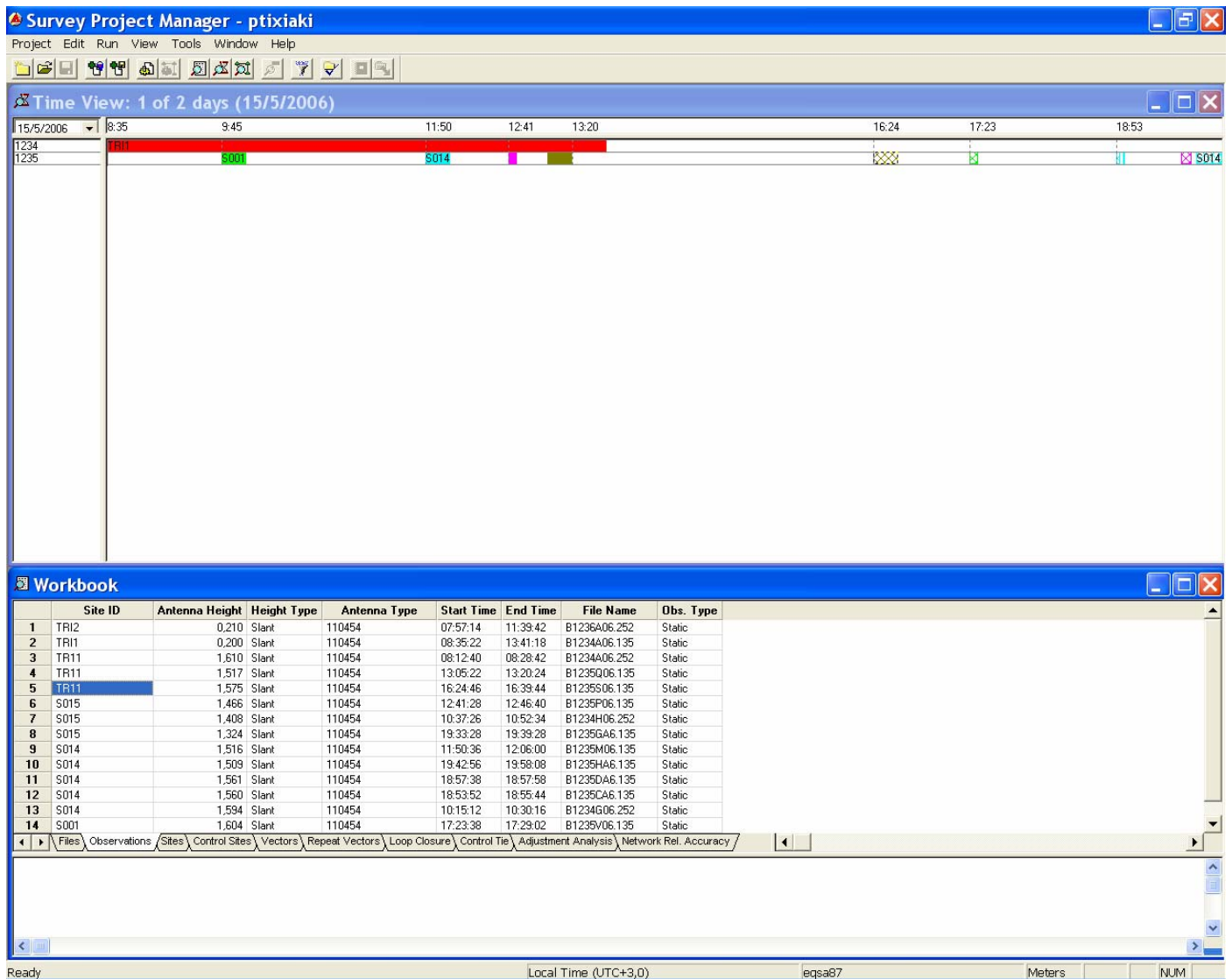
- *do not add raw data files now*, αν δε θέλουμε να εισάγουμε δεδομένα .

Απο το μενού File επιλέγουμε connect → receiver → connect via cable, για να κατεβάσουμε αρχεία δεδομένων μέσω καλωδίου.

Ακολουθώς εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο που μας δείχνει την κατάσταση μεταφοράς δεδομένων από τον δέκτη GPS στον υπολογιστή.



μεταφορά δεδομένων από τον δέκτη στον υπολογιστή



Αφού κατεβάσαμε τα αρχεία δεδομένων έχουμε το παραπάνω παραπάνω παράθυρο στην οθόνη του υπολογιστή όπου φαίνονται τα αρχεία που έχουμε κατεβάσει.

ΠΕΡΙΗΓΗΣΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Το κυρίως περιβάλλον εργασίας έχει τρία παράθυρα: το Time View, το Map View και το Workbook. Όλες οι απαραίτητες εργασίες για την επιτυχή επεξεργασία των δεδομένων μπορούν να ολοκληρωθούν σε αυτά τα τρία παράθυρα.

Χρήση του παραθύρου Time View

Το παράθυρο αυτό εμφανίζει τις παρατηρήσεις που έγιναν από κάθε δέκτη ή το αρχείο που έχει εισαχθεί στο project. Εμφανίζονται επίσης οι χρονικές διάρκειες όλων των παρατηρήσεων.

Ακόμη, εμφανίζονται οι ημερομηνίες που έγιναν οι παρατηρήσεις, καθώς και οι σειριακοί αριθμοί των δεκτών που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο παράθυρο αυτό, συνοπτικά, μπορούν να γίνουν οι παρακάτω εργασίες:

- Πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των δεκτών
- Πληροφορίες για τις παρατηρήσεις (raw data)
- Πληροφορίες και ρυθμίσεις για τις παρατηρήσεις
- Ένταξη ή αποκλεισμός κάποιας παρατήρησης από την επεξεργασία
- Εκτύπωση του παραθύρου
- Αποκλεισμός πληροφορίας από μία παρατήρηση

Χρήση του παραθύρου Map View

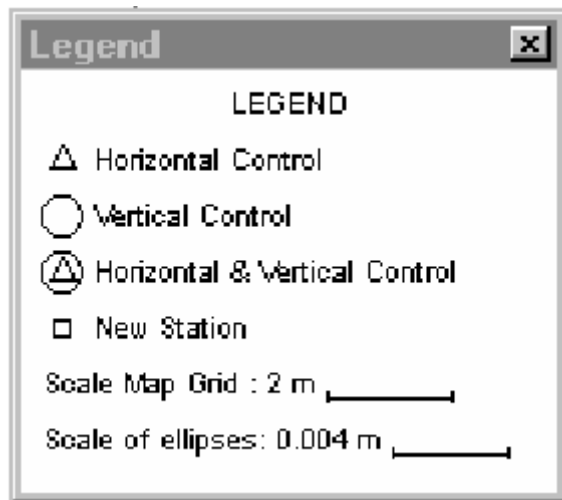
Εδώ φαίνονται τα σημεία των παρατηρήσεων και τα διανύσματα που μετρήθηκαν. Έχουμε τις παρακάτω επιλογές για το παράθυρο του **Map View**

- **Normal** - Εμφάνιση των σημείων παρατήρησης
- **Process** – Εμφάνιση επεξεργασμένων σημείων, διανυσμάτων, στατιστικά αποτελέσματα. Μη επεξεργασμένα διανύσματα εμφανίζονται με διακεκομμένη γραμμή, επεξεργασμένα διανύσματα που έχουν περάσει το QA test (τεστ ποιότητας) είναι πράσινα, ενώ αυτά που δεν πέρασαν το τεστ είναι κόκκινα. Οι ασάφειες των σημείων και των διανυσμάτων παρουσιάζονται με ελλείψεις σφάλματος και με μία κατακόρυφη μπάρα σφάλματος
- **Adjustment** – Εμφάνιση των συνορθωμένων σημείων και διανυσμάτων, καθώς και στατιστικά στοιχεία των συνορθώσεων. Μη συνορθωμένα διανύσματα είναι μαύρες γραμμές, συνορθωμένα διανύσματα που πέρασαν το σχετικό τεστ (Tau test) είναι πράσινα, ενώ αυτά που δεν πέρασαν το τεστ είναι κόκκινα, Οι ασάφειες των σημείων και των διανυσμάτων εμφανίζονται και πάλι με ελλείψεις σφάλματος και αντίστοιχες κατακόρυφες μπάρες.
- **Repeat vector** – Εμφάνιση όλων των διανυσμάτων που έχουν μετρηθεί περισσότερες από μία φορές, καθώς και των αποτελεσμάτων από τη σύγκριση κάθε φοράς. Διανύσματα που έχουν μετρηθεί μία φορά εμφανίζονται με μαύρο χρώμα, διανύσματα που έχουν μετρηθεί περισσότερες φορές και η σύγκριση έχει περάσει το σχετικό τεστ (QA test) εμφανίζονται με πράσινο, ενώ αντίστοιχα αυτά που δεν έχουν περάσει το τεστ εμφανίζονται με κόκκινο.
- **Control Tie** – Εμφάνιση των σημείων ελέγχου και των αποτελεσμάτων από τη σύγκριση μεταξύ της υπολογισμένης και της γνωστής θέσης. Σημεία ελέγχου που η σύγκριση έχει περάσει το QA test είναι πράσινα, ενώ αυτά που η σύγκριση δεν έχει περάσει το τεστ είναι κόκκινα.
- **Loop Closure** – Εμφάνιση όλων των σημείων και των διανυσμάτων του project. Μπορείτε να επιλέξετε ένα πολύγωνο από διανύσματα και να υπολογίσετε το “κλείσιμο”. Πολύγωνα που έχουν περάσει το QA test είναι πράσινα, ενώ τα άλλα είναι κόκκινα.

- **Network Relative Accuracy** – Εμφάνιση των συνορθωμένων σημείων, των διανυσμάτων μεταξύ των σημείων και των αποτελεσμάτων των σχετικών ακριβειών μεταξύ σημείων. Ζεύγη σημείων που έχουν περάσει το QA test εμφανίζονται πράσινα, ενώ τα άλλα εμφανίζονται κόκκινα.

Υπομνήματα, χρώματα και σύμβολα

Με δεξί κλικ, εμφανίζεται το υπόμνημα



Σύμβολα σημείων και χρώματα

	Unprocessed (Brown; Magenta when selected)	Processed (Blue; Light Blue when selected)	Adjusted (Teal; Bright Green when selected)	Failed (Red; Magenta when selected)
Site	■	■	■	
Horizontal Control Site	▲	▲	▲	▲
Vertical Control Site	●	●	●	●
Horizontal and Vertical Control Site	▲	▲	▲	▲

Χρώματα διανυσμάτων

Map View	Vector Colors
Unprocessed	Black dashed lines
Processed	Green- Processing QA pass Red- Processing QA fail
Processed and Selected	Bright Green- Processing QA pass Magenta- Processing QA fail
Adjusted	Green- Adjustment QA pass Red- Adjustment QA fail Black- Not adjusted
Control Tie	Black
Repeat vector	Red- Repeat vector analysis QA fail Green- Repeat vector analysis QA pass Black- Not a repeated vector
Loop closure	Red- Loop closed and loop closure QA fail Green- Loop closed and loop closure QA pass Black- Vector not included in loop
Selected in any map	Orange
Excluded	Gray

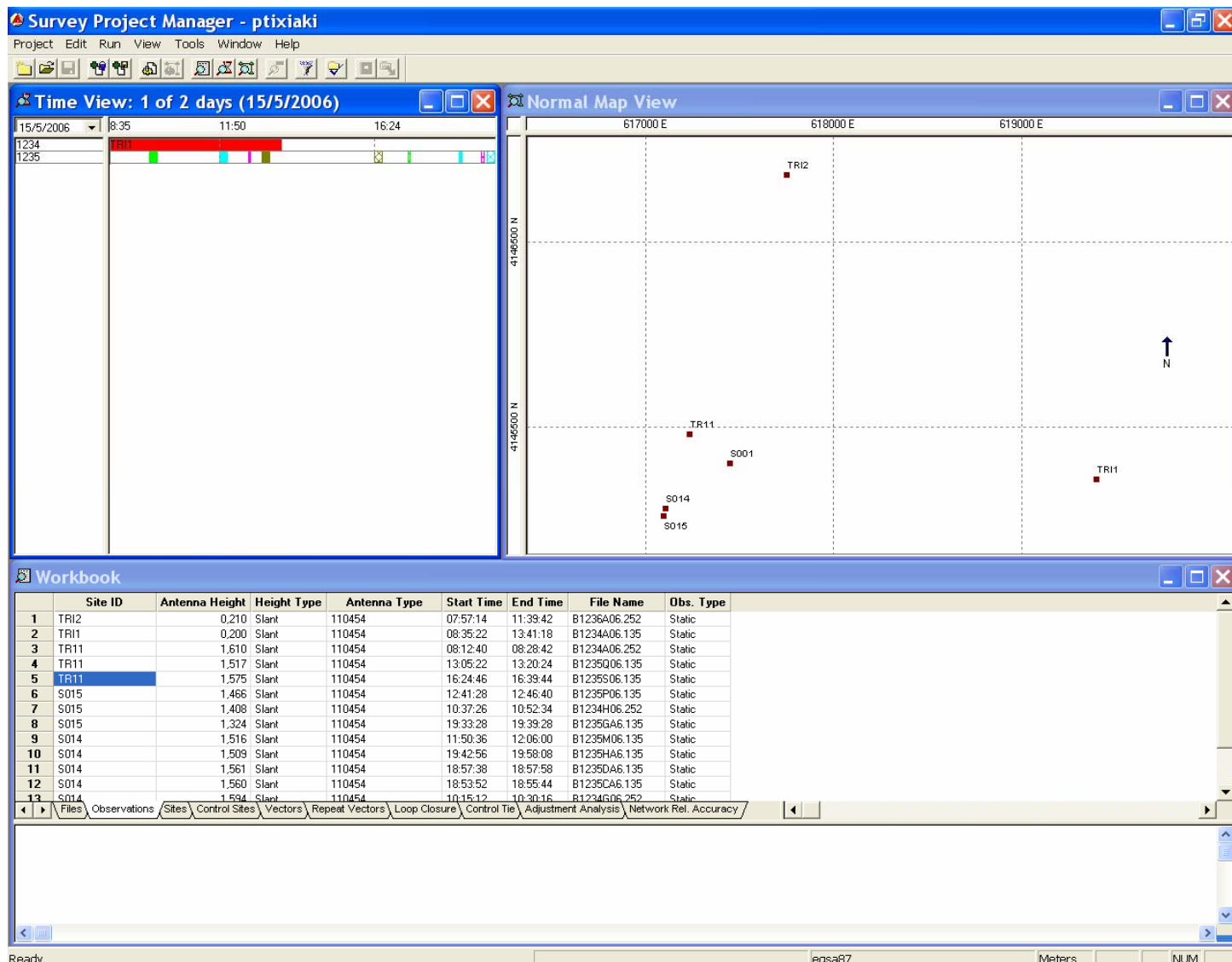
Εργασίες στο παράθυρο Map View

Με δεξί κλικ στο Map View μπορούμε να:

- Δούμε τα χαρακτηριστικά ενός διανύσματος
- Συμπεριλάβουμε / αποκλείσουμε ένα διάνυσμα από τη συνόρθωση
- Δούμε τα χαρακτηριστικά ενός σημείου
- Εισάγουμε ή να επεξεργαστούμε ένα σημείο
- Ορίσουμε ένα σημείο ελέγχου για την επεξεργασία ή τη συνόρθωση και να επεξεργαστούμε τις συντεταγμένες του
- Κάνουμε ένα τεστ “κλεισίματος”
- Τυπώσουμε το Map View
- Δούμε τα αποτελέσματα του QA test

Χρήση του παραθύρου Workbook

Αυτό το παράθυρο έχει χωρία με διάφορα είδη πληροφοριών, από συντεταγμένες μέχρι στατιστικά ακριβειών. Ορισμένα χωρία είναι επεξεργάσιμα.



έτσι στο πρόγραμμα έχουμε το παραπάνω παράθυρο

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι λειτουργίες που γίνονται σε κάθε χωρίο του workbook

Tab Name	Description	Activity
Files	Information on the raw data files loaded into the current project.	<ul style="list-style-type: none"> Delete file from project View raw data for the file Select Antenna Type
Observations	Information on each observation in the current project.	<ul style="list-style-type: none"> Edit Site ID Edit antenna height Select Antenna Type Select the antenna height type
Loop Closure	Results of loop closure tests performed on vectors	<ul style="list-style-type: none"> Perform a Loop Closure test
Control Tie	Comparison information on differences between computed coordinates and entered known coordinates for control points not held fixed	<ul style="list-style-type: none"> View only
Adjustment Analysis	Analysis of adjusted vectors after network adjustment.	<ul style="list-style-type: none"> Exclude a vector from adjustment, reports, and export View raw data for the file View the residual data for the vector Set the processing parameters for a vector View the vector properties
Network Rel. Accuracy	Analysis of adjusted network precision.	<ul style="list-style-type: none"> View only
Sites	Information on all sites including position, uncertainties and whether the point is held fixed.	<ul style="list-style-type: none"> View a site's properties Edit Site ID Delete a site from the project Enter or edit a site description
Control Sites	Information on control sites with position, uncertainties and whether the point is held fixed.	<ul style="list-style-type: none"> Set a control site Edit a control site Enter or edit a site descriptor
Vectors	Information on the most recently computed values for all vectors after vector processing.	<ul style="list-style-type: none"> Exclude a vector from adjustment, reports, and export View raw data for the file View the residual data for the vector Set the processing parameters for a vector View the vector properties
Repeat Vectors	Comparison information on any vector with repeat observations.	<ul style="list-style-type: none"> View only

Εισαγωγή Datum και προβολής ΕΓΣΑ87 στο Ashtech Solutions

Πριν κάνουμε οποιαδήποτε εργασία θα πρέπει να κάνουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις στο πρόγραμμα.

Επιλέγουμε: **Project→Settings** και στο παράθυρο **Project Settings**, επιλέγουμε το tab **Coordinate System**.

Στη συνέχεια, στο **System Type**, επιλέγουμε το **Grid**. Στο **Grid System**, πατάμε το κουμπί με τις τρεις τελείες και στο παράθυρο **Grid System Definition** που προκύπτει, ορίζουμε:

System name: EGSA87

Στο **Zone**, πατάμε το κουμπί με τις τρεις τελείες και στο παράθυρο **Zone Definition Dialog** που προκύπτει ορίζουμε:

Name: EGSA87

Στο **Geodetic Datum**, πατάμε **NEW** και μετά το κουμπί με τις τρεις τελείες και στο παράθυρο **Datum Definition** που προκύπτει, ορίζουμε:

Name:EGSA87

και συμπληρώνουμε τα στοιχεία, όπως στο διπλανό παράθυρο.

Datum Definition

Name: EGSA87

Transformation Parameters:

X Shift: -199,723 m X Rotation: 0 arc sec

Y Shift: 74,03 m Y Rotation: 0 arc sec

Z Shift: 246,018 m Z Rotation: 0 arc sec

Scale difference: 0 ppm Estimate...

Ellipsoid: World Geodetic Sys. 1984

Buttons: OK, Cancel, Help, Apply

Στη συνέχεια πατάμε **OK** στο παράθυρο **Datum Definition**.

Στο **Projection Type**, επιλέγουμε **Transverse Mercator** και συμπληρώνουμε τα υπόλοιπα στοιχεία, όπως στο ακόλουθο παράθυρο:

Zone Definition Dialog

Name: EGSA87

Geodetic Datum: EGSA87

Projection Type: Transverse Mercator

	Projection Parameters	Value
1	Longitude of Central Meridian	024°00'00,00"E
2	Scale factor at Central Meridian	0,999600
3	Latitude of grid origin	00°00'00,00"N
4	False easting (m)	500000,000
5	False northing (m)	0,000

Buttons: OK, Cancel, Help

Πατάμε **OK** στο παράθυρο **Zone Definition Dialog**.

Πατάμε **OK** στο παράθυρο **Grid System Definition**.

Στο **Height System**, επιλέγουμε: **Orthometric elevations** και στο **Geoid Model**, επιλέγουμε το **EGM96 Worldwide Geoid Model**.

Πατάμε **OK** στο **Project Settings**.

Για να επιλέξουμε την επιθυμητή ακρίβεια των υπολογισμών πάμε στο μενού Project→settings→miscellaneous και στο πεδίο Desired Project Accuracy εισάγουμε: Horizontal 0,005m +2ppm

Vertical 0,005m +2ppm

Αυτό σημαίνει πως η εσωτερική ακρίβεια του τριγωνομετρικού δικτύου με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είχαμε την απαίτηση να είναι καλύτερη του 0,5cm.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ορισμός ενός σημείου ελέγχου μέσα από το παράθυρο Workbook

1. Κάνουμε κλικ στο tab Control Sites στο παράθυρο Workbook. Μπορεί να μην υπάρχουν ήδη σημεία ελέγχου εκεί.
2. Κάνουμε κλικ στο βελάκι στα δεξιά του χωρίου Site ID και επιλέξτε ένα σημείο ελέγχου.
3. Εισάγουμε τις γνωστές συντεταγμένες, εκτός και αν θέλουμε να χρησιμοποιηθούν οι navigational συντεταγμένες όπως αυτές καταγράφηκαν από το δέκτη (NAV position). Σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα θα ορίσει αυτόματα το σημείο ως σημείο οριζοντιογραφικού και υψομετρικού ελέγχου.
4. Εάν επιθυμούμε το σημείο να είναι μεμονωμένο είτε οριζοντιογραφικού είτε υψομετρικού ελέγχου, κάνουμε κλικ στο βελάκι στο πεδίο Fixed και επιλέξτε.
5. Ορίζουμε το Std. Err. κάθε τιμής στο μηδέν (0), εκτός αν γνωρίζουμε συγκεκριμένη τιμή.

Μετά το ορισμό του σημείου ελέγχου, το σύμβολό του στο παράθυρο Map View γίνεται κύκλος με ένα τρίγωνο στο εσωτερικό του.

Ορισμός ενός σημείου ελέγχου μέσα από το παράθυρο διαλόγου Site Properties

1. Από το παράθυρο Map View κάντε διπλό κλικ σε ένα σημείο για να ανοίξετε το παράθυρο Site properties.
2. Επιλέγουμε το Control tab.
3. Ελέγχουμε το Control Type και το Fix Status σε σχέση με το είδος του ορισμού του σημείου.

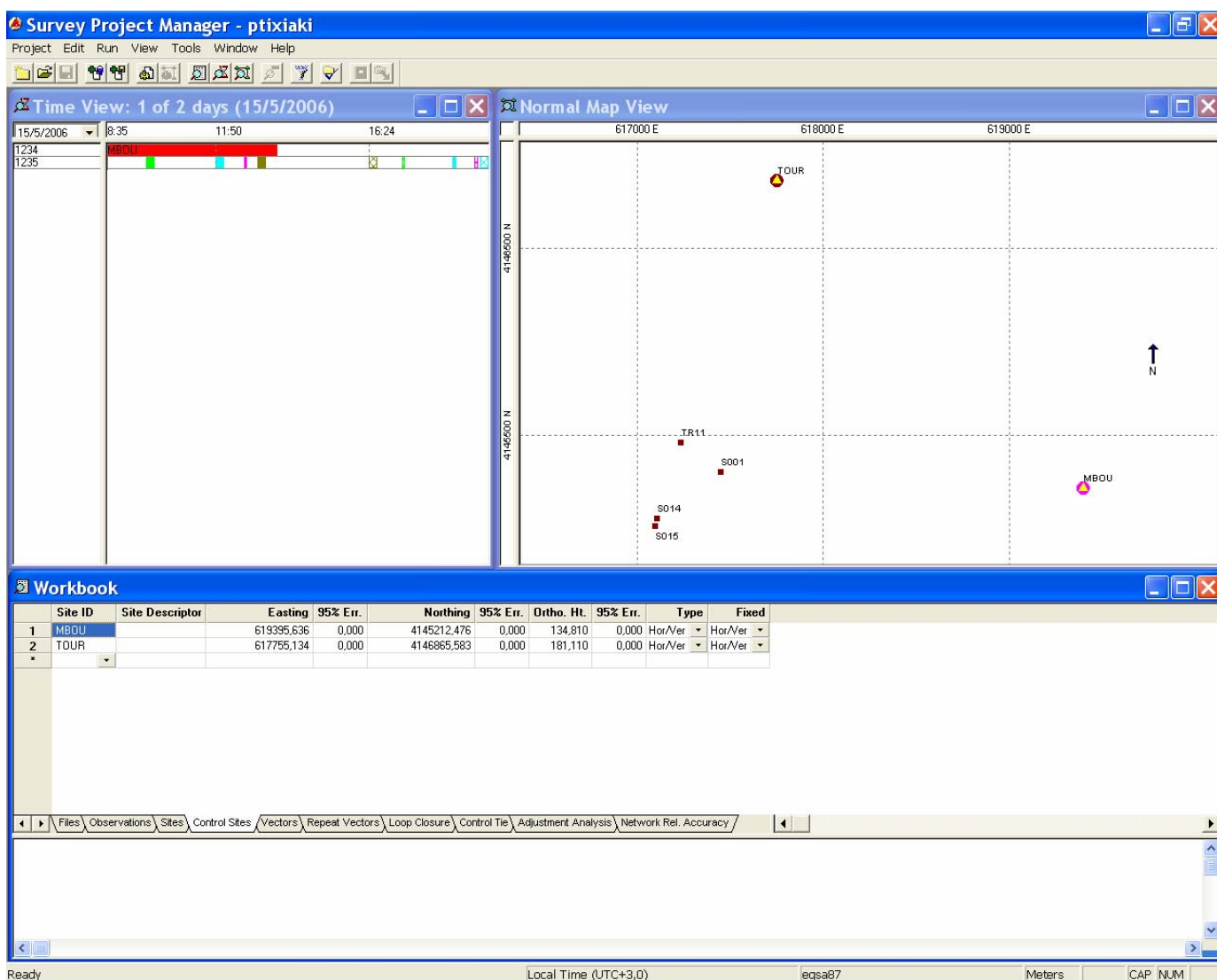
4. Επιλέγουμε το σύστημα συντεταγμένων (Coordinate System) και εισάγετε τις γνωστές συντεταγμένες του σημείου ελέγχου.
5. Πατήστε OK για να αποθηκεύσετε τις αλλαγές και κλείστε το παράθυρο διαλόγου Site Properties.

Στην περίπτωση μας επιλέξαμε ως σημεία ελέγχου τα τριγωνομετρικά σημεία **ΜΒΟΥ**(ΜΕΓΑΛΟ ΒΟΥΝΙ) και το **TOUR**(ΤΟΥΡΛΟΣ)

Στο workbook επιλέγουμε control sites.

Επιλέγουμε τα δύο σημεία και συμπληρώνουμε τα κουτάκια Easting,Northing και ortho height τα στοιχεία για κάθε τριγωνομετρικό που πήραμε από τη Γ.Υ.Σ.

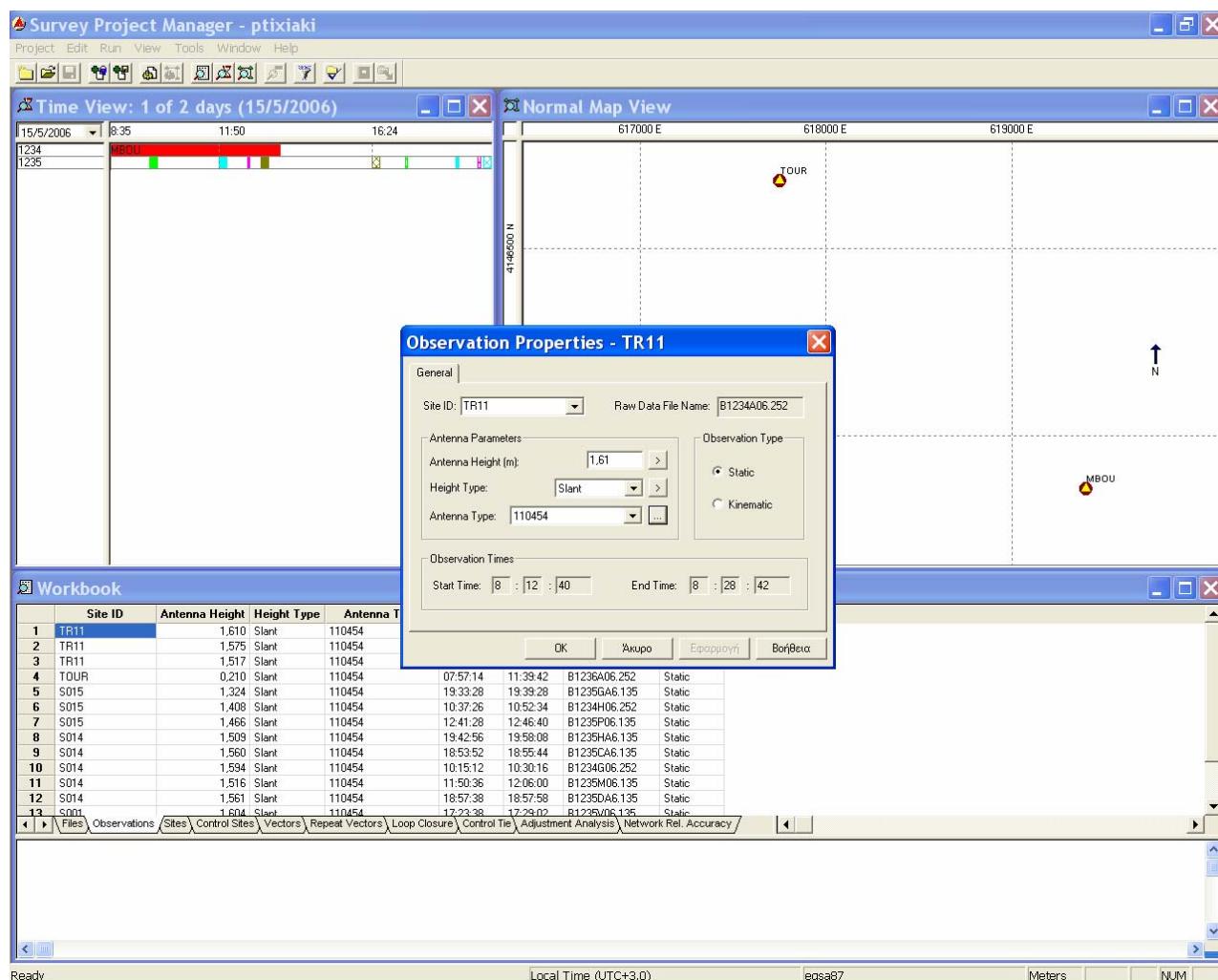
Η διαδικασία φαίνεται παρακάτω:



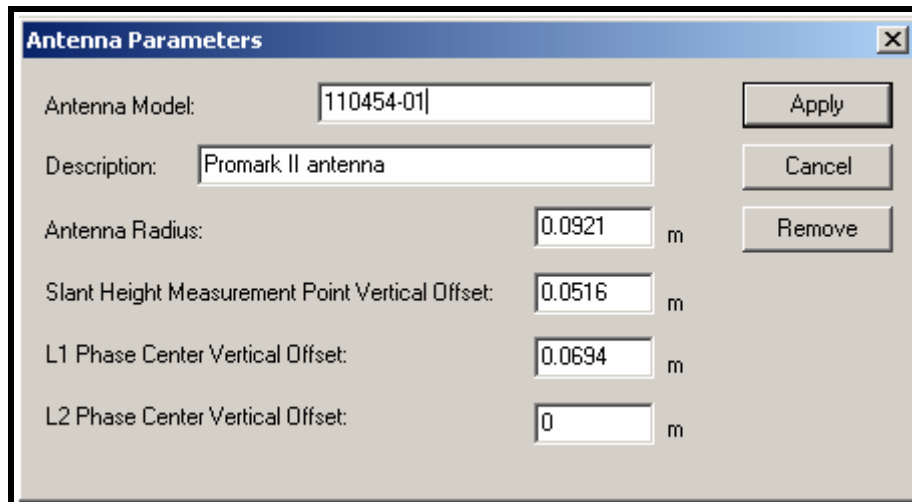
Ορισμός των παραμέτρων της κεραίας του ProMark2

Επειδή η κεραία του ProMark2 δεν είχε επίσημα ελεγχθεί από την FGCS όταν κυκλοφόρησε η έκδοση 2.5 του προγράμματος, οι παράμετροι της κεραίας δεν υπάρχουν στο πρόγραμμα. Ακολουθεί ένας εύκολος τρόπος να τις εισάγουμε:

1. Κάνουμε διπλό κλικ σε οποιαδήποτε παρατήρηση. Θα ανοίξει το παράθυρο Observation Properties



2. Στα δεξιά του Antenna Type: Unknown υπάρχει ένα μικρό κουτάκι με τρεις τελείες. Κάνουμε κλικ σε αυτό το κουτί. Θα ανοίξει το παράθυρο Antenna Parameters



The image shows a software dialog box titled "Antenna Parameters". It contains several input fields and three buttons on the right. The fields are: "Antenna Model" with the value "110454-01", "Description" with "Promark II antenna", "Antenna Radius" with "0.0921 m", "Slant Height Measurement Point Vertical Offset" with "0.0516 m", "L1 Phase Center Vertical Offset" with "0.0694 m", and "L2 Phase Center Vertical Offset" with "0 m". The buttons are "Apply", "Cancel", and "Remove".

3. Συμπληρώνουμε το παράθυρο όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα και πατάμε το κουμπί Apply. Έτσι θα δημιουργηθεί ο τύπος της κεραίας του ProMark2.
4. Τέλος, κάνουμε διπλό κλικ σε όλες τις παρατηρήσεις στο παράθυρο Time View και ελέγχουμε ότι ο τύπος της κεραίας του ProMark2 έχει επιλεγεί και ότι ο τύπος ύψους (height type) και οι τιμές ύψους (height values) είναι απολύτως σωστές.

Data Processing

Η επεξεργασία των δεδομένων είναι απλή διαδικασία. Με την επιλογή είτε του Process All είτε του Process Unprocessed, το πρόγραμμα κάνει την επίλυση και συνεχίζει μέχρι να τελειώσει, ενώ παράλληλα ενημερώνει αυτόματα τα παράθυρα Time, Map View και Workbook με την πληροφορία της επίλυσης.

1. Προτού ξεκινήσει η διαδικασία, το πρόγραμμα επιβεβαιώνει ότι έχουμε επιλέξει ένα αρχικό σημείο (seed site). Αν όχι, τότε θα εμφανιστεί το παρακάτω μήνυμα:

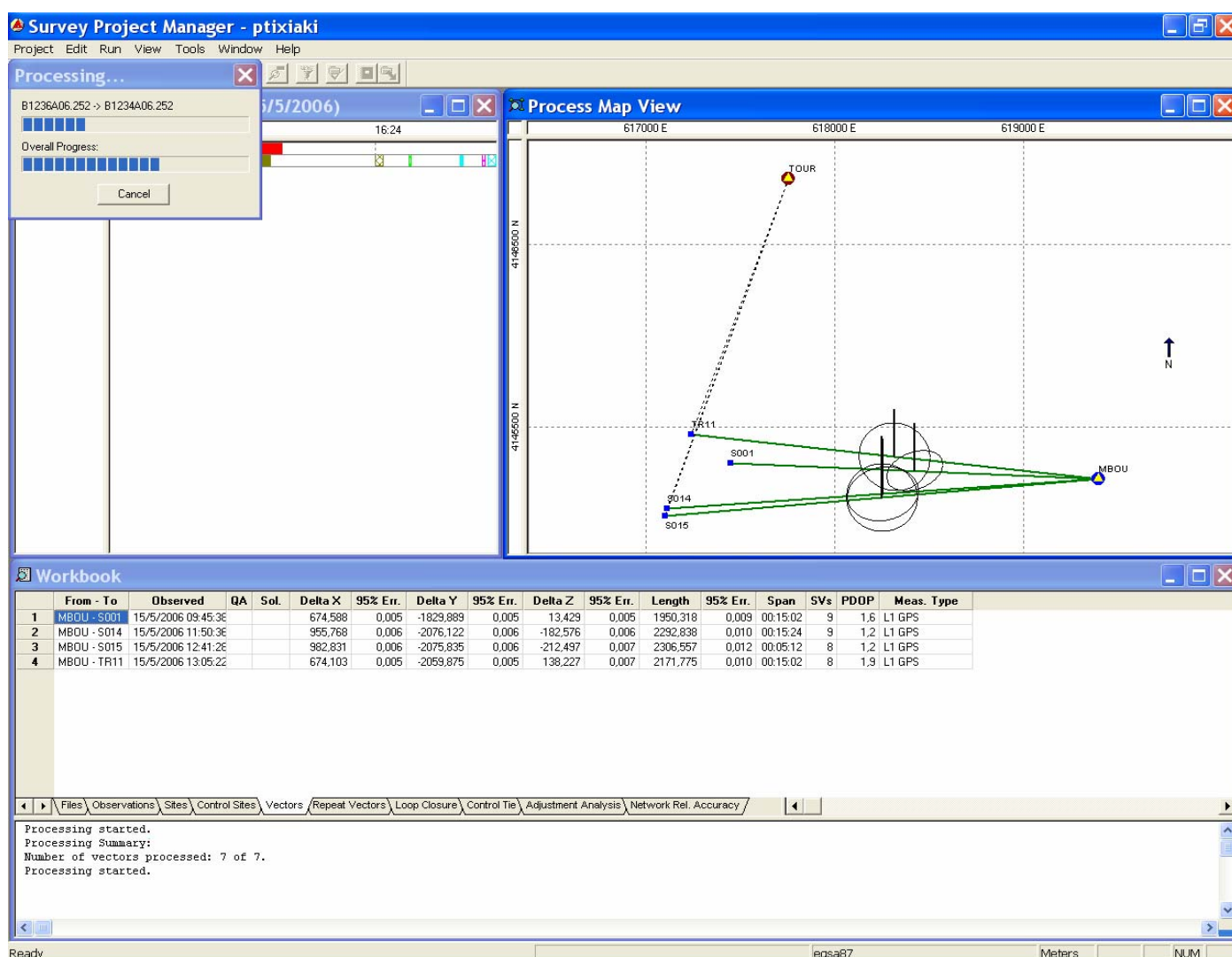


2. Αν θέλουμε να επιλέξουμε το δικό μας seed site, πατάμε No και διαλέγουμε ένα σημείο στο Control Sites tab.

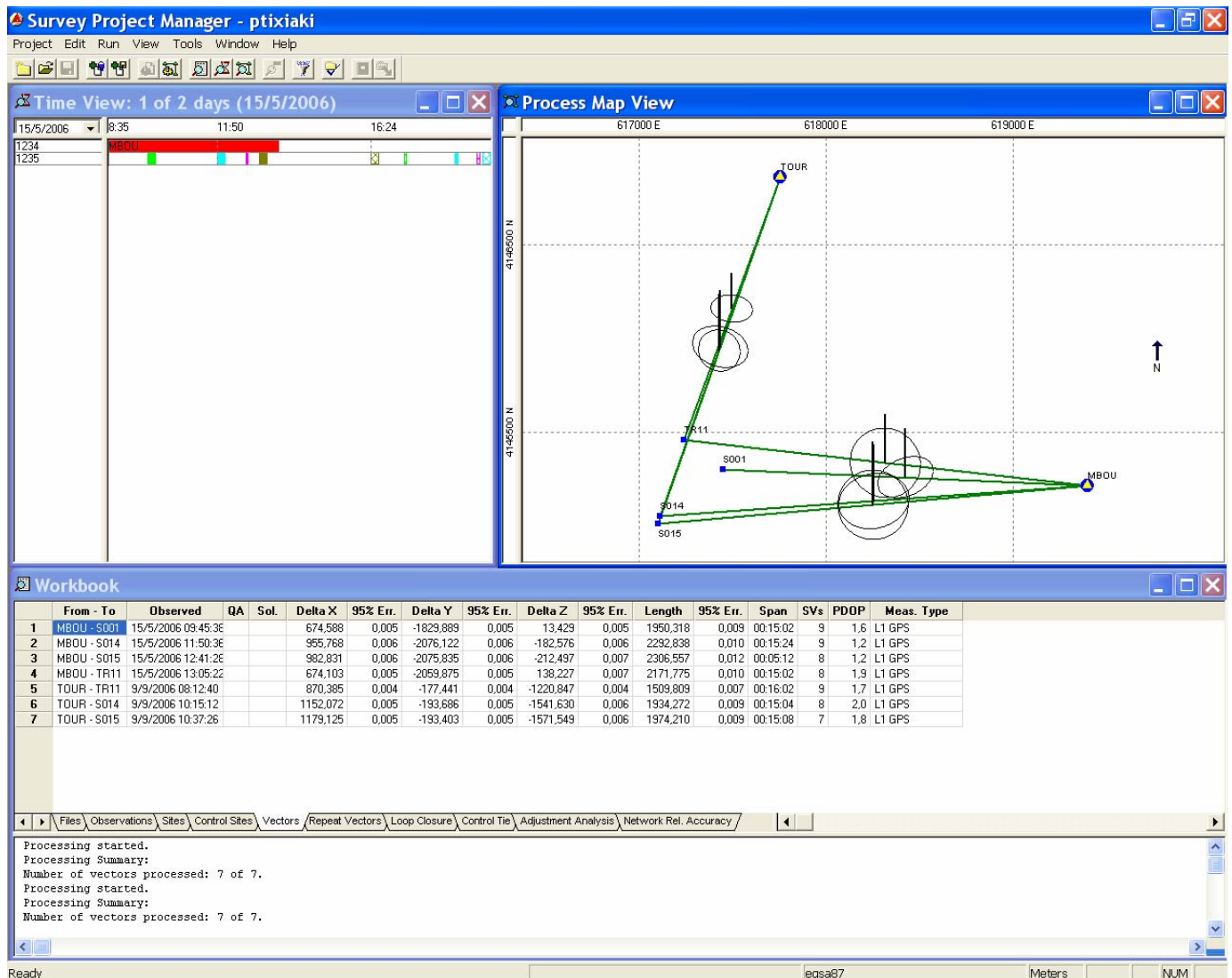
3. Αν το σημείο που ορίσαμε είναι αποδεκτό, πατάμε Yes και το πρόγραμμα επιλύει τα δεδομένα χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο σημείο.

Για να επιλυθούν όλα τα δεδομένα, επιλέγουμε Processing All από το μενού Run. Αν κάποιες βάσεις υπάρχουν ήδη, το πρόγραμμα θα εμφανίσει μήνυμα ότι αυτές θα σβηστούν και θα επαναυπολογιστούν. Αν θέλουμε να επιλυθούν μόνο τα δεδομένα που δεν έχουν υπολογιστεί, τότε επιλέγουμε Unprocessed από το μενού Run ή κάντε κλικ στο κουμπι Process New.(επίλυση γίνεται και πατώντας το πλήκτρο F5 από το πληκτρολόγιο)

Κατά τη διάρκεια του υπολογισμού της επίλυσης έχουμε την παρακάτω κατάσταση στο παράθυρο του προγράμματος.



Τελικά έπειτα από τη διαδικασία του processing εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



Ανάλυση για την post-processing διαδικασία

Το πρώτο προϊόν από την επίλυση δεδομένων GPS (raw data) μεταξύ δύο σημείων είναι μία βάση (διάνυσμα) που ορίζει τη σχέση μεταξύ αυτών των δύο σημείων. Οι συντεταγμένες των σημείων είναι προϊόντα της επιλυμένης βάσης. Όταν γίνεται η επίλυση μιας βάσης, οι συντεταγμένες του ενός σημείου κρατιούνται σταθερές (fixed). Από την επιλυμένη βάση ορίζονται και οι συντεταγμένες του άλλου, αγνώστου σημείου. Πριν τη συνόρθωση, οι συντεταγμένες του σημείου προκύπτουν αποκλειστικά από τις επιλυμένες βάσεις προς αυτό το σημείο. Για σημεία που περιέχονται σε πολλές βάσεις, οι συντεταγμένες του προκύπτουν από τη βάση με τη χαμηλότερη αβεβαιότητα. Η συνόρθωση των δεδομένων έχει ως αποτέλεσμα ακριβέστερες και πιστότερες συντεταγμένες.

Το πρόγραμμα έχει δείκτες που καθορίζουν την ποιότητα των επιλυμένων βάσεων και των υπολογισμένων συντεταγμένων. Οι δείκτες ποιότητας για τις επιλυμένες βάσεις είναι η σημαία QA, ο τύπος της επίλυσης και οι αβεβαιότητες των βάσεων. Οι δείκτες ποιότητας για τις υπολογισμένες συντεταγμένες είναι οι αβεβαιότητες θέσης και η σημαία για την κατάσταση της θέσης.

Οι αβεβαιότητες των βάσεων δίνουν μία εκτίμηση για την ποιότητα της επιλυμένης βάσης. Η εμπειρία βοηθά να καθοριστεί τι επίπεδο της αβεβαιότητας αναμένεται για διάφορα μήκη βάσεων. Γενικά, οι αβεβαιότητες θα πρέπει να κυμαίνονται σε επίπεδα όμοια με αυτά των προδιαγραφών του δέκτη. Σημειώνεται πως η ποσότητα διαθέσιμης πληροφορίας για την επίλυση μιας βάσης προφανώς και επηρεάζει την αβεβαιότητα του αποτελέσματος. Αν ο όγκος των μετρήσεων είναι πολύ μικρός τότε οι τιμές βεβαιότητας θα είναι αυξημένες. Στο εγχειρίδιο χρήσης του δέκτη αναφέρεται η απαραίτητη ποσότητα δεδομένων για την επίτευξη καλών αποτελεσμάτων.

Ο τύπος επίλυσης δείχνει αν η επίλυση της ασάφειας φάσης για κάθε δορυφόρο έγινε με επιτυχία για κάθε βάση. Αν όλες οι ασάφειες προσδιορίστηκαν, τότε η λύση της βάσης θεωρείται Fixed (ambiguities Fixed to integers). Μία Fixed λύση είναι η καλύτερη δυνατή. Αν έχει λυθεί πάνω από το 50% των ασαφειών, τότε η λύση θεωρείται Partial. Βάση με Partial solution θεωρείται αξιόπιστη. Για παράδειγμα, σε μεγάλες βάσεις (πάνω από 20Km), πρακτικά δεν μπορεί να περιμένει κανείς να έχει fixed λύση εξαιτίας του

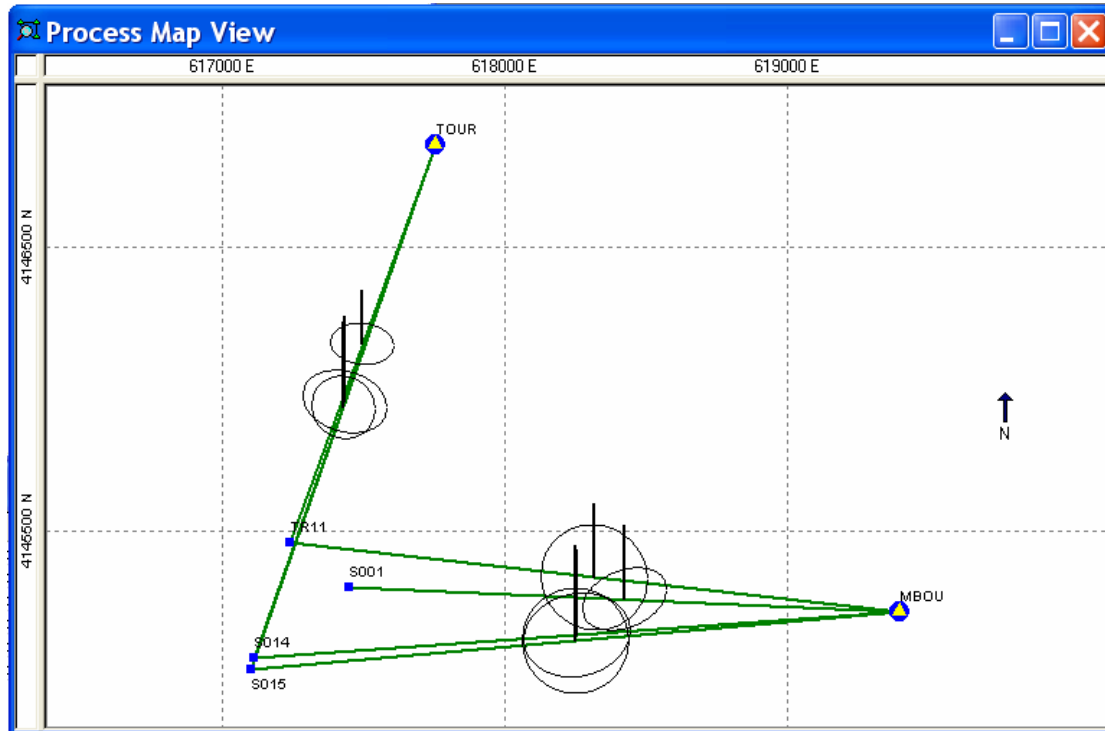
αυξημένου θορύβου που οφείλεται στο μήκος της βάσης. Τέλος, βάση με λύση float σημαίνει πως λιγότερο από το 50% των ασαφειών έχει προσδιοριστεί. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η float λύση δεν είναι αξιόπιστη. Μόνο για πολύ μεγάλες βάσεις (πάνω από 80Km) μπορεί να γίνει δεκτή μία float λύση. Αν έχετε τέτοια λύση σε μικρότερη βάση, τότε πιθανόν να υπάρχει πρόβλημα με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή αυτής της βάσης.

Το σημαδάκι QA εξετάζει το μέγεθος της αβεβαιότητας της βάσης για να καθοριστεί η ποιότητά της. Το μέγεθος της αβεβαιότητας συγκρίνεται με ένα κατώφλι. Αν οι αβεβαιότητες είναι μεγαλύτερες από αυτό το κατώφλι, το τεστ QA αποτυγχάνει και η βάση σημειώνεται με τη σημαία. Το κατώφλι έχει επιλεγεί με βάση τις αναμενόμενες ακρίβειες για βάσεις συλλεγμένες και επιλυμένες στο δέκτη. Σημειώνεται πως οι σημειωμένες με σημαδάκι βάσεις δεν είναι απαραίτητα κακές. Το τεστ QA έχει σχεδιαστεί για να προειδοποιεί για πιθανά προβλήματα. Να συμπεριλαμβάνετε τις σημειωμένες βάσεις στη συνόρθωση. Τα εργαλεία ανάλυσης στη συνόρθωση παρέχουν πρόσθετα μέσα για να καθοριστεί αν η βάση είναι όντως προβληματική. Αν είναι έτσι, τότε μπορεί να εξαλειφθεί.

Οι αβεβαιότητες του σημείου (site uncertainties) εκτιμούν την ποιότητα της υπολογισμένης θέσης του σημείου. Οι αβεβαιότητες αυτές προκύπτουν κατευθείαν από τις αβεβαιότητες της βάσης για ένα σημείο. Αν υπάρχουν πολλές βάσεις προς ένα σημείο, τότε αυτό "υιοθετεί" τις αβεβαιότητες από την τελευταία επεξεργασμένη βάση. Η συνόρθωση των δεδομένων βελτιώνει τις συντεταγμένες του σημείου και μειώνει τις αβεβαιότητες.

Το σημαδάκι για την κατάσταση της θέσης (position status flag) δίνει μία ένδειξη για το πώς έχουν προκύψει οι συντεταγμένες για ένα σημείο. Οι κατηγορίες τέτοιων σημαιών είναι οι εξής: Raw, Processed και Adjusted. Η καθεμία αντιπροσωπεύει διαφορετικό επίπεδο εμπιστοσύνης και ακρίβειας, με τη Raw σημαία να είναι η λιγότερο αξιόπιστη και ακριβής και την Adjusted να είναι η πιο αξιόπιστη.

Γραφική εποπτεία (Graphical Review)



Μόλις το πρόγραμμα υπολογίσει τα GPS raw data, το παράθυρο Map View αλλάζει από Normal σε Process.

Τα σημεία από τα raw data έχουν υπολογιστεί και παρουσιάζονται διάφορες γραφικές πληροφορίες

- Horizontal Control – ένα τρίγωνο τοποθετείται σε κάθε σημείο οριζοντίου ελέγχου
- Vertical Control – ένα τρίγωνο τοποθετείται σε κάθε σημείο κατακόρυφου ελέγχου
- Horizontal and Vertical Control – το σημείο ASH έχει ένα τρίγωνο και ένα κύκλο που δείχνουν ότι το σημείο είναι και οριζοντίου και κατακόρυφου ελέγχου
- New Sites – νέα σημεία παρουσιάζονται με μπλε τετράγωνα
- Error Regions – γραφική απεικόνιση των οριζόντιων αβεβαιοτήτων των βάσεων
- Vertical Error Bar – γραφική απεικόνιση των κατακόρυφων αβεβαιοτήτων των βάσεων
- Vectors – συμπαγής γραμμή που αντιπροσωπεύει την επιλυμένη βάση. Αν η βάση περνάει το τεστ QA και έχει fixed λύση, τότε η γραμμή είναι πράσινη.

Αν η βάση δεν έχει περάσει το τεστ και έχει partial ή float λύση, τότε είναι κόκκινη.

Αν το πρόγραμμα συναντήσει λάθη κατά την επεξεργασία, το παράθυρο Map View εμφανίζει αυτά τα λάθη.

Εποπτεία στο Workbook (Workbook Review)

Για να ελέγξουμε τα αποτελέσματα στο παράθυρο Workbook:

Βάσεις:

Κάνουμε κλικ στο tab Vectors στο παράθυρο Workbook

- Οι αβεβαιότητες βάσεων παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα στο επίπεδο εμπιστοσύνης και στις μονάδες που έχουν καθοριστεί στο tab Miscellaneous του παραθύρου διαλόγου Project Settings. Παρουσιάζεται μία αβεβαιότητα για κάθε συστατικό της βάσης και επιπροσθέτως μία αβεβαιότητα για ολόκληρη τη βάση.
- Μία στήλη περιλαμβάνει τα αποτελέσματα του τεστ QA για κάθε βάση. Αν ένα κελί του πίνακα για συγκεκριμένη βάση είναι άδειο, αυτό σημαίνει ότι η βάση έχει περάσει το τεστ. Αν οι αβεβαιότητες της βάσης είναι κάτω από την τιμή του κατωφλίου, η βάση δεν έχει περάσει το τεστ και εμφανίζεται η ένδειξη Failed.
- Μία στήλη δείχνει τον τύπο της λύσης για κάθε βάση. Αν η λύση για μία βάση είναι Fixed, τότε το κελί θα είναι κενό. Αν είναι Partial ή Float, η αντίστοιχη ένδειξη θα εμφανιστεί στο κελί.

Σημεία:

Κάνουμε κλικ στο tab Sites στο παράθυρο Workbook

- Οι αβεβαιότητες των σημείων παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα στο επίπεδο εμπιστοσύνης και στις μονάδες που έχουν οριστεί στο tab Miscellaneous του παραθύρου διαλόγου Project Settings. Μία αβεβαιότητα εμφανίζεται για κάθε συστατικό της θέσης.
- Μία στήλη εμφανίζει την κατάσταση της θέσης. Αν η θέση έχει προέλθει από raw data, τότε η στήλη εμφανίζει τη λέξη Raw. Αν η θέση έχει προκύψει από επίλυση βάσεων προς αυτό το σημείο, τότε εμφανίζεται η λέξη Processed. Αν η θέση έχει προκύψει από συνόρθωση όλων των προς αυτό το σημείο βάσεων, τότε εμφανίζεται η λέξη Adjusted.

Message Window

Αν η επεξεργασία ήταν επιτυχής, τα ακόλουθα μηνύματα εμφανίζονται:

Processing started.

Processing Summary:

Number of vector processed: 7 of 7

Ελέγχουμε ότι ο αριθμός των βάσεων που επιλύθηκαν είναι ίσος με τον αριθμό που αναμέναμε. Στην περίπτωση μας, αν είχαν επιλυθεί μόνο 5 από τις 7 βάσεις, σημαίνει πως υπήρχε κάποιο πρόβλημα.

Μη αυτοματοποιημένη επεξεργασία βάσεων

Όταν η επίλυση των βάσεων γίνεται αυτόματα από το πρόγραμμα, τότε αυτό παίρνει ορισμένες αποφάσεις ούτως ώστε να παράγει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα με τις δεδομένες μετρήσεις. Υπάρχει περίπτωση μια τέτοια αυτοματοποιημένη διαδικασία να μην έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αν κάτι τέτοιο οφείλεται σε ανεπαρκή δεδομένα πεδίου, τότε δεν μπορεί να γίνει καμία ουσιαστική επέμβαση. Ωστόσο, υπάρχουν και περιπτώσεις που το κακό αποτέλεσμα οφείλεται σε μεμονωμένα δεδομένα, όπως είναι αυτά από ένα δορυφόρο ή από τη γωνία λήψης (elevation angle). Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι πιθανό αν απορριφθούν τα προβληματικά δεδομένα και επαναυπολογιστούν οι βάσεις, να παραχθεί ένα καλό αποτέλεσμα.

Το πρόγραμμα περιλαμβάνει εργαλεία που επιτρέπουν στο χρήστη να αναλύσει τα χρησιμοποιούμενα raw data και να ελέγξει τα σφάλματα μίας βάσης σε μία προσπάθεια να απομονώσει την προβληματική πληροφορία που προκαλεί το κακό αποτέλεσμα. Όταν εντοπιστεί αυτή η πληροφορία, το πρόγραμμα επιτρέπει τον αποκλεισμό της από την επεξεργασία και την επίλυση εκ νέου των βάσεων με σκοπό να υπάρξουν καλύτερα αποτελέσματα. Παρακάτω εξηγούνται αυτά τα εργαλεία αναλυτικά.

Εποπτεία της πληροφορίας για τα υπόλοιπα σε μία βάση

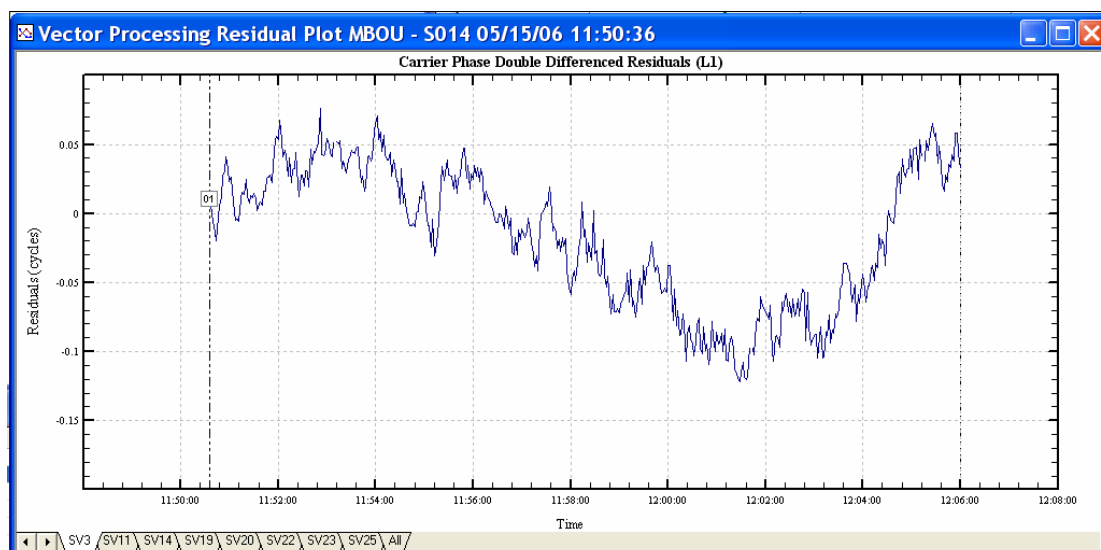
Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει και αναλύσει τα υπόλοιπα από την επίλυση με ελάχιστα τετράγωνα για μία βάση. Αν διαπιστωθεί πρόβλημα με ένα τμήμα των δεδομένων ή με κάποιο συγκεκριμένο δορυφόρο, αυτά τα δεδομένα μπορούν να αφαιρεθούν και να ξαναλυθεί η βάση.

Υπάρχει πρόσβαση στο Vector Processing Residual Plot για μία συγκεκριμένη βάση με δεξί κλικ στο όνομα της βάσης στο tab Vectors του παραθύρου Workbook. Επιλέξτε View Residuals από το μενού του δεξιού κλικ.

Το Vector Processing Residual Plot εμφανίζει τα υπόλοιπα διπλών διαφορών φάσης σε σχέση με το χρόνο. Υπάρχει ένα διάγραμμα για τα δεδομένα κάθε χρησιμοποιούμενου στην επίλυση δορυφόρου, με εξαίρεση το δορυφόρο αναφοράς (reference). Η παρακάτω πληροφορία γίνεται διάγραμμα για κάθε δορυφόρο:

- L1 υπόλοιπα διπλών διαφορών φάσης

Μόνο η χρησιμοποιούμενη πληροφορία εμφανίζεται. Πληροφορία που έχει αφαιρεθεί δεν εμφανίζεται. Για παράδειγμα, αν υπάρχει πληροφορία από δορυφόρους ύψους 10° και η επίλυση έχει γίνει με 15° elevation mask, τότε η πληροφορία από τους δορυφόρους 10° δε θα εμφανιστεί, γιατί δε χρησιμοποιήθηκε.



Μπορούμε να κάνουμε δεξί κλικ οπουδήποτε στο διάγραμμα και να επιλέξουμε ποια στοιχεία να εμφανιστούν.

Κάνουμε κλικ σε μία γραμμή για να δούμε το ζεύγος δορυφόρων που παράγει τα υπόλοιπα.

Κάνουμε κλικ σε κάθε tab για να δείτε τα υπόλοιπα για τους διαθέσιμους δορυφόρους.

Τα παρακάτω είναι αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν κακά αποτελέσματα:

- Κενά στην πληροφορία που οφείλονται σε παρατεταμένη έλλειψη της θέσης του δορυφόρου. Αυτή είναι χαρακτηριστική περίπτωση λήψης που εμποδίζεται από κάτι. Αν όλα τα διαγράμματα των δορυφόρων έχουν το κενό στην ίδια χρονική περίοδο, τότε πιθανότατα η πληροφορία που λείπει είναι από τον reference δορυφόρο.
- Δορυφόρος με αξιοσημείωτα μεγαλύτερα υπόλοιπα από τους άλλους δορυφόρους. Αυτό είναι χαρακτηριστικό δορυφόρου επηρεασμένου από το σφάλμα πολλαπλών διαδρομών (multipath) και/ή από την ιονόσφαιρα. Αν όλοι οι δορυφόροι παρουσιάζουν αυτό το χαρακτηριστικό, τότε πιθανόν το πρόβλημα να είναι με τον reference δορυφόρο.
- Τμήμα του δορυφόρου με σημαντικά μεγαλύτερα υπόλοιπα από τα άλλα στον ίδιο δορυφόρο. Τότε το τμήμα αυτό είναι που έχει επηρεαστεί από το multipath ή την ιονόσφαιρα. Και εδώ, αν όλοι οι δορυφόροι έχουν το ίδιο χαρακτηριστικό, τότε το πρόβλημα είναι στον reference.
- Δορυφόρος με αποκλίνον διάγραμμα υπολοίπων. Τα διαγράμματα υπολοίπων δεν πρέπει να αποκλίνουν και πρέπει να έχουν μέση τιμή 0 κύκλων. Αποκλίνον διάγραμμα συνήθως καταδεικνύει πρόβλημα με την πληροφορία από το δορυφόρο. Αν όλα τα διαγράμματα αποκλίνουν, το πρόβλημα είναι στον reference δορυφόρο.
- Δορυφόρος που συνεισφέρει πολύ λίγη πληροφορία σε σχέση με τους υπόλοιπους. Μερικές φορές τέτοιοι δορυφόροι προξενούν πρόβλημα στη διαδικασία.

Μπορούμε να αφαιρέσουμε οποιαδήποτε πληροφορία παρουσιάζει κάποιο από τα παραπάνω χαρακτηριστικά και να υπολογίσετε ξανά τις βάσεις.

Οι πληροφορίες για τα υπόλοιπα αποθηκεύονται εκτός project σε αρχεία με όνομα P*.* για κάθε υπολογισμένη βάση. Αν το αντίστοιχο αρχείο δε βρίσκεται στο φάκελο του project.

Εποπτεία των raw data μέσα από μία παρατήρηση

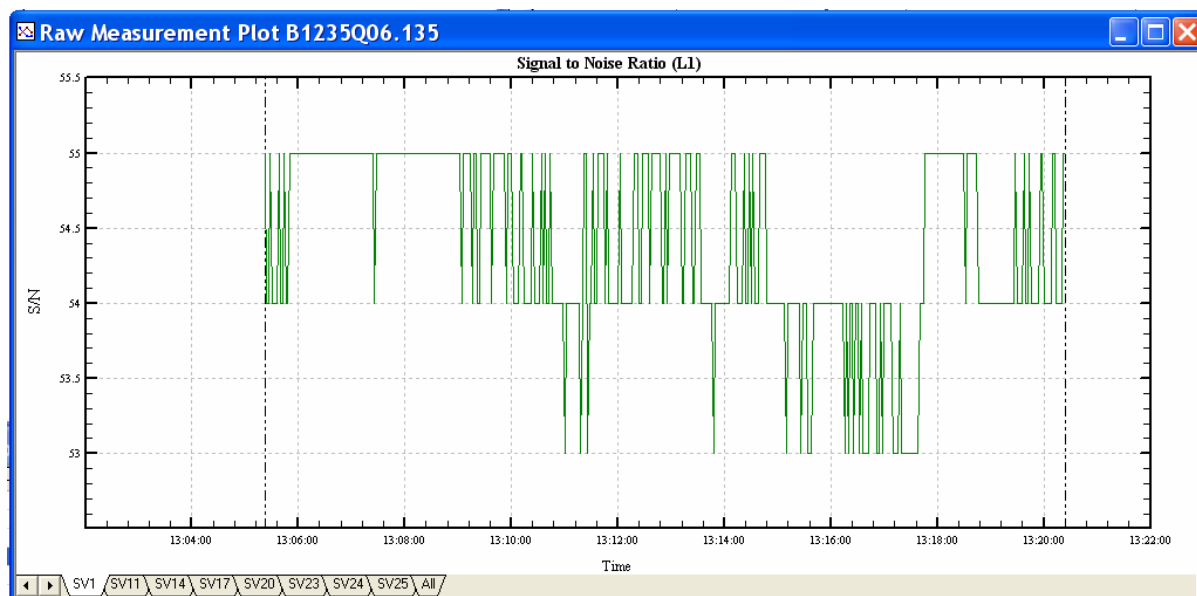
Η ανάλυση των raw data είναι ένας άλλος καλός τρόπος για να απομονωθεί το πρόβλημα με κάποια βάση. Αν κατά την επεξεργασία διαπιστωθεί πρόβλημα με τμήμα των δεδομένων ή με συγκεκριμένο δορυφόρο, τότε αυτά μπορούν να αφαιρεθούν και να ξαναγίνει ο υπολογισμός.

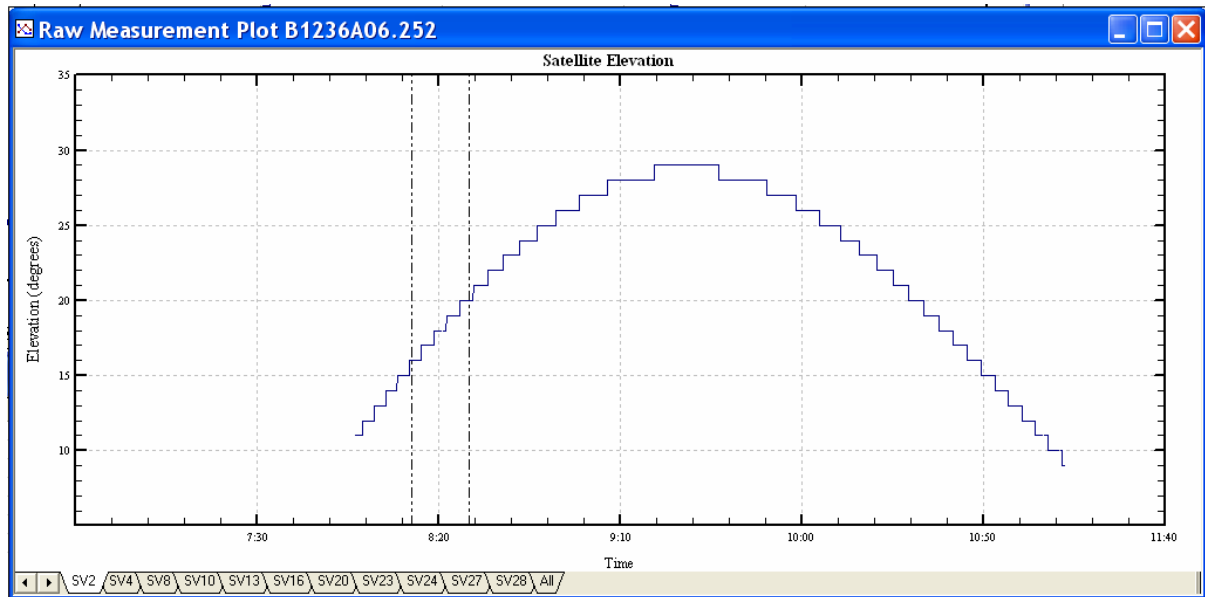
Στο "Raw Measurement Plot" μπορεί κανείς να έχει πρόσβαση με 2 τρόπους:

1. Δεξί κλικ σε ένα αρχείο raw data από το tab Files στο παράθυρο Workbook και επιλογή του View Raw Data από το μενού του δεξιού κλικ ή
2. Δεξί κλικ σε μία βάση στο tab Vectors του παραθύρου Workbook και επιλογή του View Raw Data από το μενού του δεξιού κλικ. Επιλέξτε το όνομα του αρχείου raw data που περιέχει την πληροφορία που χρησιμοποιήθηκε για τη βάση από το δεύτερο μενού

Το Raw Measurement Plot εμφανίζει τη συλλεγμένη δορυφορική πληροφορία σε σχέση με το χρόνο. Υπάρχει ένα διάγραμμα για κάθε δορυφόρο και ένα διάγραμμα συγκεντρωτικό για όλους τους δορυφόρους. Για κάθε παρατηρούμενο δορυφόρο, υπάρχει στο διάγραμμα η ακόλουθη πληροφορία:

- L1 Carrier Phase (φάση φέροντος)
- L1 Signal-to-Noise Ratio (αναλογία σήματος-θορύβου)
- Elevation (ύψος)





Επιπροσθέτως, τα διαγράμματα φάσης φέροντος και αναλογίας σήματος-θορύβου εμφανίζουν σημαδιάκια σχετιζόμενα με την πληροφορία από το GPS δέκτη την ώρα της συλλογής. Παρακάτω φαίνονται οι σημαίες μαζί με τα σύμβολά τους:

- X** – Απώλεια της θέσης του δορυφόρου
- !** – Πιθανή απώλεια της θέσης του δορυφόρου
- ?** – Αμφισβητούμενη φάση φέροντος
- ±** – Άγνωστη πολικότητα

Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά προβληματικής δορυφορικής πληροφορίας μπορούν να επιφέρουν κακά αποτελέσματα:

- Τμήματα της δορυφορικής πληροφορίας που περιέχουν πολλαπλές σημαίες. Αυτό είναι χαρακτηριστικό δορυφόρου του οποίου η λήψη εμποδίζεται.
- Κενά στην πληροφορία προκαλούμενα από παρατεταμένη έλλειψη της θέσης του δορυφόρου. Και αυτό είναι χαρακτηριστικό δορυφόρου η λήψη του οποίου εμποδίζεται.
- Δορυφόρος του οποίου η αναλογία σήματος-θορύβου διαφοροποιείται γρήγορα σε σχέση με τους υπόλοιπους δορυφόρους. Αυτό είναι χαρακτηριστικό δορυφόρου επηρεασμένου από multipath ή από ιονόσφαιρα.
- Τμήμα δορυφόρου του οποίου η αναλογία σήματος-θορύβου διαφοροποιείται γρήγορα σε σχέση με το υπόλοιπο τμήμα του δορυφόρου. Τότε, τμήμα του δορυφόρου επηρεάζεται από multipath ή ιονόσφαιρα.

- Δορυφόρος που συνεισφέρει μικρή ποσότητα πληροφορίας σε σχέση με τους υπόλοιπους. Μερικές φορές τέτοιοι δορυφόροι προκαλούν προβλήματα στη διαδικασία.

Μπορούμε να αφαιρέσουμε οποιαδήποτε πληροφορία παρουσιάζει κάποιο από τα παραπάνω χαρακτηριστικά και να υπολογίσουμε ξανά τη βάση.

Ορισμός των παραμέτρων υπολογισμού μίας βάσης

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επίλυση παράγει βάσεις που αποτυγχάνουν στο τεστ QA και μπορεί να προκαλούν αβεβαιότητες που είναι μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες. Μέσα από την ανάλυση Vector Processing Residual Plot για μία προβληματική βάση και από το Raw Measurement Plot και για τα δύο αρχεία Raw Data που χρησιμοποιούνται για την επίλυση της προβληματικής βάσης, τα συγκεκριμένα τμήματα δεδομένων που προκαλούν το πρόβλημα μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να εντοπιστούν. Χρησιμοποιώντας τα εργαλεία που βρίσκονται στο παράθυρο διαλόγου Process Settings, αυτά τα δεδομένα μπορούν να εξαλειφθούν και η προβληματική βάση να επιλυθεί ξανά.

1. Επιλέγουμε τη βάση από το tab Vectors του παραθύρου Workbook κάνοντας κλικ στο όνομα της βάσης (From – To).
2. Επιλέγουμε Process από το μενού του δεξιού κλικ για να ανοίξουμε το παράθυρο διαλόγου Process Settings στο tab General.

Το tab General έχει τα περισσότερα από τα πιο συνηθισμένα στοιχεία των δεδομένων στα οποία θα ήθελε ο χρήστης να επέμβει κατά την επίλυση.

ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ

Η συνόρθωση των παρατηρήσεων είναι μία από τις πιο σημαντικές εργασίες προκειμένου να έχουμε ακριβή και πιστά αποτελέσματα. Η συνόρθωση ενός δικτύου γίνεται για να επιτευχθούν δύο στόχοι – να ελεγχθούν χονδροειδή σφάλματα και λάθη στις παρατηρήσεις (βάσεις μεταξύ σημείων στην περίπτωση μας) και να υπολογιστούν τελικές συντεταγμένες για τα γεωδαιτικά σημεία που είναι σχετιζόμενα με τα υπάρχοντα σημεία ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν.

Σημείωση: Μόνο δεδομένα με πλεονάζουσες παρατηρήσεις (κλειστά πολύγωνα) ωφελούνται από τη συνόρθωση.

Η συνόρθωση πραγματοποιείται αφού έχουμε επιλύσει τα raw data και είμαστε βέβαιοι ότι δεν υπάρχουν μη υπολογίσιμα σφάλματα στα αποτελέσματα. Υπάρχουν δύο επίπεδα στη συνόρθωση. Το πρώτο, η συνόρθωση ελάχιστων εσωτερικών δεσμεύσεων, χρησιμοποιείται για να εντοπιστούν προβλήματα με τις παρατηρήσεις και να ελεγχθούν οι συντεταγμένες. Μερικές φορές, χρησιμοποιούμε έναν αριθμό εργαλείων για να ελέγξουμε χονδροειδή σφάλματα. Από τη στιγμή που είμαστε σίγουροι πως δεν υπάρχουν χονδροειδή σφάλματα, μπορούμε να προχωρήσουμε στο δεύτερο επίπεδο, τη συνόρθωση εξωτερικών δεσμεύσεων, όπου κρατάμε σταθερά όλα τα σημεία ελέγχου (control points) και επαναυπολογίζουμε για να πάρουμε τελικές θέσεις και ακρίβειες. Οι τελικές σχετικές ακρίβειες συγκρίνονται με την ακρίβεια στο tab Miscellaneous στο παράθυρο διαλόγου Project Settings.

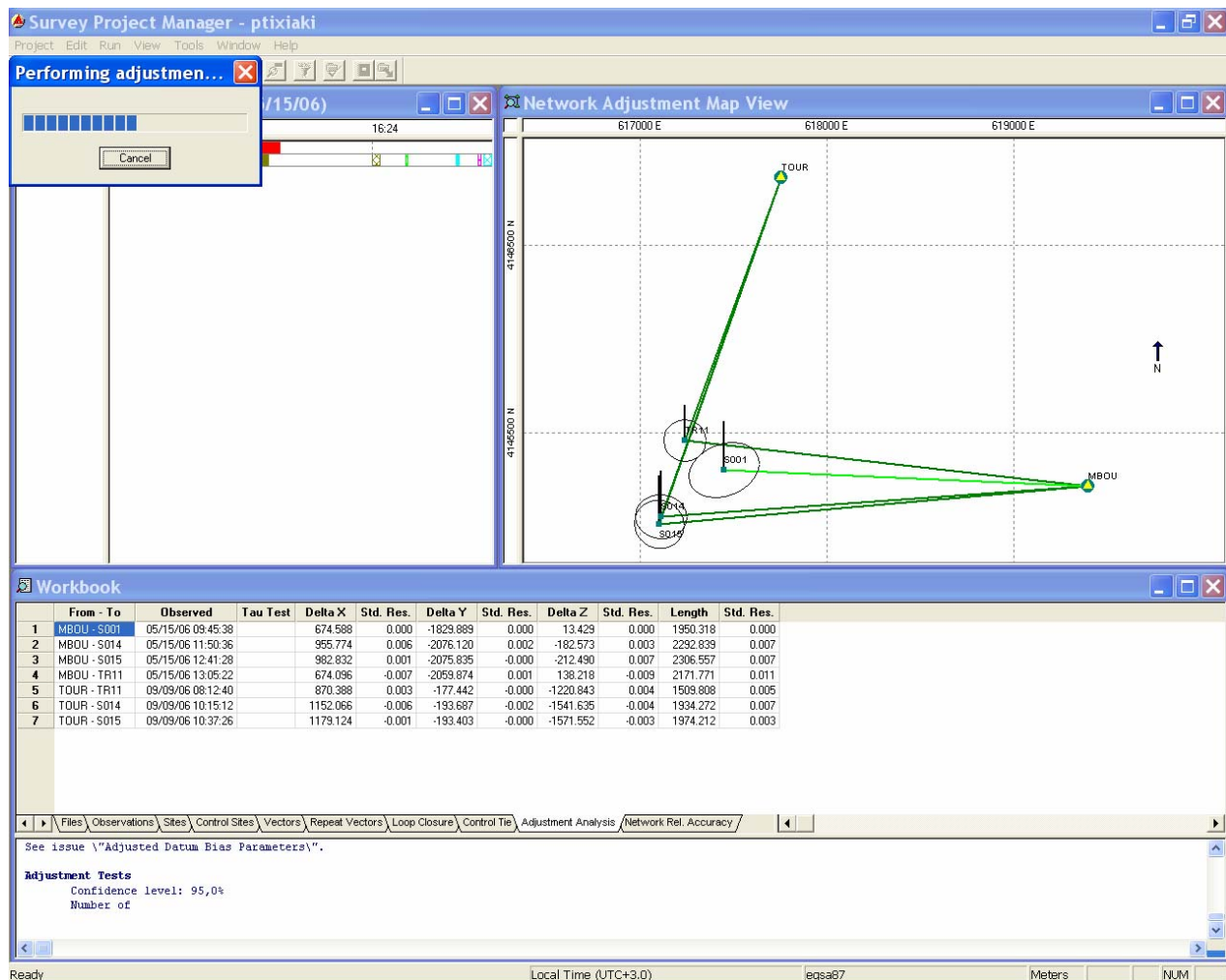
Το κεφάλαιο αυτό προσεγγίζει βήμα προς βήμα τη διαδικασία συνόρθωσης και τονίζει ποια εργαλεία πρέπει να χρησιμοποιείτε και πότε. Λόγω του πρακτικού του χαρακτήρα, δεν ασχολείται σε βάθος με τη θεωρία συνορθώσεων.

Συνόρθωση Ελάχιστων Εσωτερικών Δεσμεύσεων

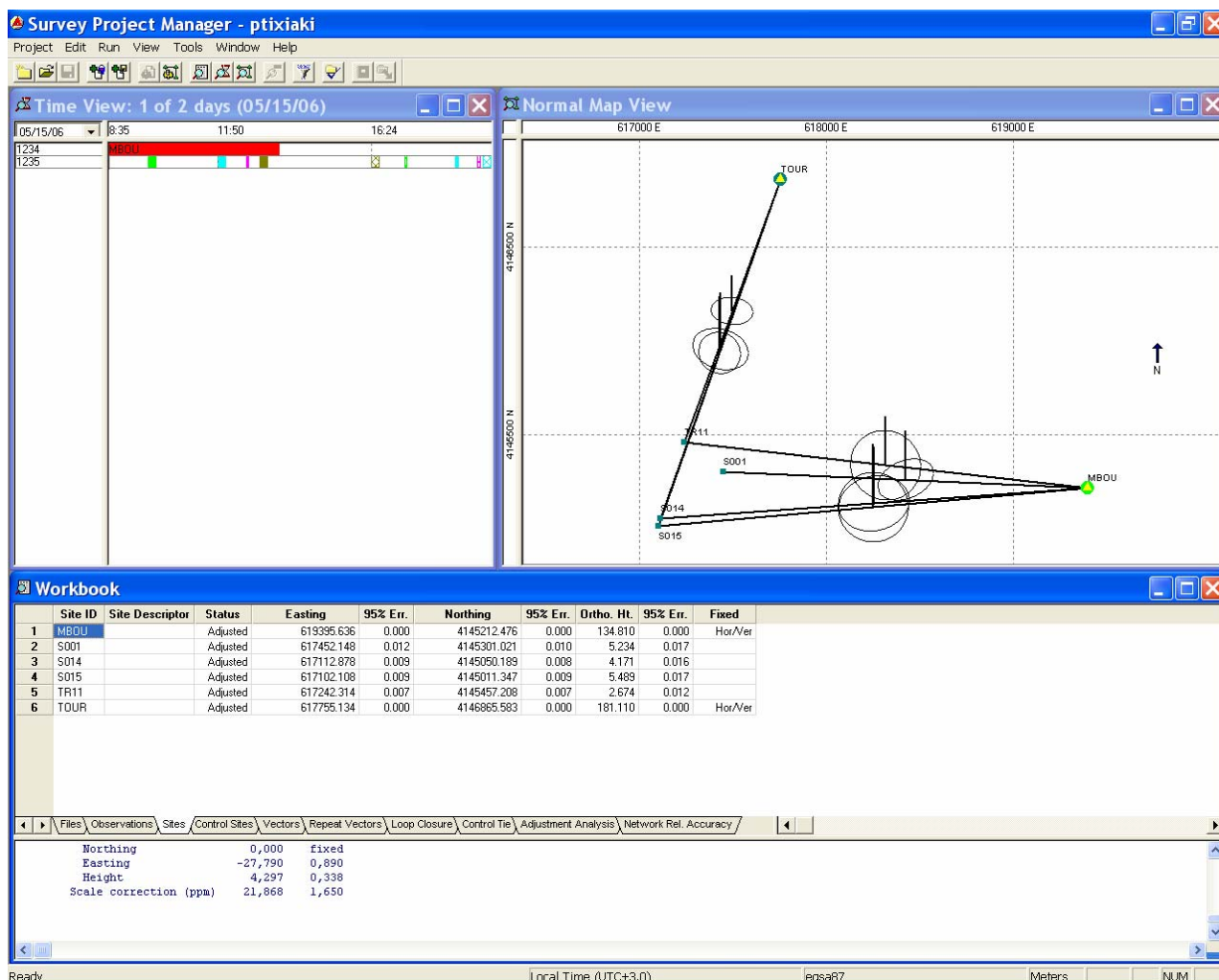
Το πρώτο στάδιο συνόρθωσης είναι η συνόρθωση ελάχιστων εσωτερικών δεσμεύσεων. Το τελικό προϊόν αυτού του σταδίου θα είναι χωρίς χονδροειδή σφάλματα.

1. Έχοντας ανοικτό το project με επιλυμένες βάσεις, κάνουμε κλικ στο tab Adjustment Analysis του παραθύρου Workbook.
2. Προσέχουμε ότι όλα τα πεδία είναι κενά. Καμία πληροφορία δεν είναι διαθέσιμη, μέχρι να γίνει συνόρθωση.
3. Πατάμε το F7 για να κάνουμε συνόρθωση ή κάνουμε κλικ στο κουμπί Adjustment στη γραμμή εργαλείων. Ένα παράθυρο διαλόγου προόδου ανοίγει, δείχνοντας την πρόοδο και την κατάσταση της συνόρθωσης. Μπορούμε να ακυρώσουμε τη διαδικασία όποια στιγμή θέλουμε. Εμφανίζονται σχετικά μηνύματα στο παράθυρο μηνυμάτων του Workbook.
4. Από τη στιγμή που η συνόρθωση έχει ολοκληρωθεί, η πληροφορία εμφανίζεται στα tab Adjustment Analysis και Network Rel. Accuracy του παραθύρου Workbook.

Component	Description
From—To	Vector identifier. Format is xxxx – yyyy, where xxxx and yyyy are Site IDs.
Observed	The month, day, and time for the vector.
Tau Test	Displays FAIL if any residual component of the vector does not pass the Tau test (refer to <i>Appendix C, Post-Adjustment Analysis</i>), otherwise blank.
Delta X/Delta Easting	The adjusted vector component in the x or easting direction.
Std Res.	The residual of the adjusted vector component.
Delta Y/Delta Northing	The vector component in the y or northing direction.
Std Res.	The adjusted residual of the adjusted vector component.
Delta Z/Delta Elevation	The adjusted vector component in the z or vertical direction.
Std Res.	The residual of the adjusted vector component.
Length	The 3D spatial distance of the vector in the linear unit system selected in the Project Setup.
Std Res.	The residual of the adjusted vector length.



Τελικώς εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



Το πρώτο τεστ που κάνει το πρόγραμμα είναι το τεστ σύνδεσης του δικτύου (Network Connectivity Test). Αυτό το τεστ εξασφαλίζει ότι το δίκτυο δεν περιέχει υποδίκτυα που δεν έχουν συνδεθεί με αυτό. Μετά από αυτό το τεστ, κείμενο σαν και το παρακάτω εμφανίζεται στο παράθυρο μηνυμάτων:

Network connectivity test: passed
 Number of stations: 4
 Number of vectors: 7

Αν το τεστ αποτύχει, τότε υπάρχουν δύο ή περισσότερα μη συνδεδεμένα δίκτυα στο project. Πρέπει είτε να παρατηρηθούν περισσότερες βάσεις για να συνδέσουμε τα δίκτυα, να αποκλείσουμε τις βάσεις για όλα πλην ενός από τα δίκτυα, είτε να δημιουργήσουμε καινούργιο project για κάθε δίκτυο.

Έπειτα, το πρόγραμμα εκτελεί το τεστ χ^2 . Μετά την εκτέλεση αυτού του τεστ, κείμενο σαν το παρακάτω εμφανίζεται στο παράθυρο μηνυμάτων:

```
Chi-square test: passed
Lower limit: 4.403788
Upper limit: 23.336664
Chi-square: 22.083307
```

Αφού έγινε το τεστ χ^2 , το πρόγραμμα εκτελεί το τεστ-T για κάθε βάση. Αυτό το τεστ εκτελείται στα υπόλοιπα της κάθε βάσης σαν τεστ για χονδροειδή σφάλματα. Το αποτέλεσμα για κάθε βάση εμφανίζεται στο tab Adjustment Analysis του παράθυρου Workbook. Εμφανίζονται μόνο οι βάσεις που αποτυγχάνουν στο τεστ.

Σημειώνεται ότι ακόμη και αν ορισμένες βάσεις έχουν σημειωθεί ότι απέτυχαν στο τεστ, αν τα υπόλοιπα δεν είναι σημαντικά μεγαλύτερα από αυτά των άλλων βάσεων, είναι πιθανώς δεκτό να αγνοηθούν τα αποτελέσματα του τεστ.

Άλλα τεστ χρήσιμα για τον εντοπισμό χονδροειδών σφαλμάτων, ειδικά σε μεγαλύτερα δίκτυα, είναι τα Repeat Vector τεστ και Loop Closure τεστ. Και τα δύο τεστ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναγνωριστούν προβληματικές βάσεις – μπορείτε να τις αποκλείσετε από περαιτέρω συνόρθωση, αν είναι απαραίτητο.

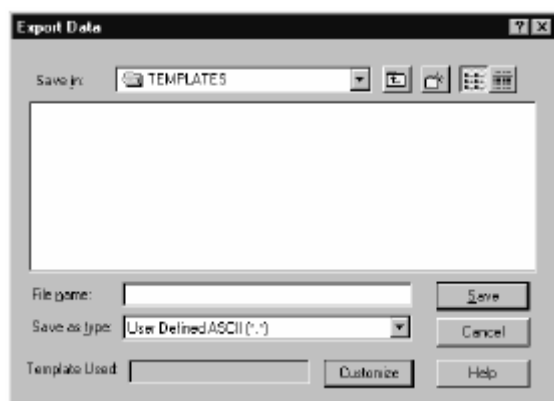
5. Αν δεν έχουν σημειωθεί υπόλοιπα, θα πρέπει να έχουμε ένα δίκτυο απαλλαγμένο από χονδροειδή σφάλματα. Από τη στιγμή που το πρόγραμμα καθορίζει ότι έχει κάνει συνόρθωση απαλλαγμένη από χονδροειδή σφάλματα, ελέγχει αν κάθε ζευγάρι σημείων πληροί τις προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας (γνωστό και ως Site Pair QA Test). Η χαμηλότερη σχετική ακρίβεια είναι η επιτευχθείσα ακρίβεια της εργασίας, ενώ οι αβεβαιότητες εκπροσωπούν την εκτιμημένη ακρίβεια των συνορθωμένων σημείων.
6. Αν ορισμένες βάσεις αποτύχουν στο τεστ QA, θα πρέπει να ερευνήσουμε γιατί αυτό συμβαίνει πριν να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο συνόρθωσης.
7. Από τη στιγμή που βεβαιωθούμε πως όλα τα προβληματικά δεδομένα έχουν βγει από τη συνόρθωση ελάχιστων εσωτερικών δεσμεύσεων, εξετάζουμε το tab Network Rel. Accuracy του Workbook.

ΕΞΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μπορούμε να δημιουργήσουμε ειδικά διαμορφωμένα ASCII format εξαγωγής που να περιέχουν μία μεγάλη γκάμα από πληροφορίες από το project σας. Μπορούμε να αποθηκεύσουμε τα format που δημιουργήσαμε έτσι ώστε να τα χρησιμοποιήσουμε εύκολα ξανά στο μέλλον και να χρησιμοποιήσουμε format που δημιούργησαν άλλοι σε άλλους υπολογιστές. Επιπλέον, μπορούμε να εξάγουμε πληροφορίες για το project στα ακόλουθα προκαθορισμένα format:

- Ashtech O-file
- TDS coordinate file (*.cr5)
- NGS Bluebook files (B-file και G-file)

Το παράθυρο διαλόγου Export Data είναι ένα συνηθισμένο File Save As παράθυρο διαλόγου. Εξάγουμε πληροφορία επιλέγοντας format και σε συγκεκριμένο directory.



Ο ακόλουθος πίνακας περιγράφει τα στοιχεία αυτού του παραθύρου:

Components	Function
Save In	Determines which drive and directory to save the exported file.
File Name	Enter the name of the export file. The program creates file names with certain extensions required by format specification.
Save as type listbox	A list of export formats available.
Save Button	Click this button to retrieve the selected export file name, begin the export process, and close the Export Data dialog box. If the selected file already exists, Locus ProcessorAshtech Solutions displays an overwrite message.
Cancel Button	Click this button to cancel the export process, and close the Export Data dialog box.
Help Button	Click this button to access the Help system
Customize Button	Click this button to open the User ASCII Template dialog box to customize the export template. This button is only available if User Defined ASCII is selected in the Save as type list.

Περιγραφές format αρχείων εξαγωγής

Το πρόγραμμα υποστηρίζει τα ακόλουθα format εξαγωγής. Επιλέγουμε το format στη λίστα Save As Type:

- User-defined ASCII – Η επέκταση του αρχείου ορίζεται από το χρήστη, αλλά η default είναι .uda.
- Ashtech O-file – Αυτό το αρχείο είναι το στάνταρ Ashtech binary O-file. Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα αρχείο που να περιέχει όλες τις βάσεις ή ένα αρχείο για κάθε βάση στο project.
- TDS Coordinate file – Αυτό είναι το στάνταρ TDS .cr5 format αρχείου.
- Bluebook files – Αυτά τα αρχεία εξαγουν βάσεις και θέσεις σημείων σε format NGS Bluebook B-file και G-file.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ανάλυση συνόρθωσης (Post-Adjustment Analysis)

Η συνόρθωση των παρατηρήσεων με ελάχιστα τετράγωνα είναι ένα από τα πιο σημαντικά βήματα στις GPS εργασίες. Με σωστή χρήση, η συνόρθωση ελαχίστων τετραγώνων βοηθά στην απομόνωση χονδροειδών σφαλμάτων και βελτιώνει την ακρίβεια και την πιστότητα των θέσεων των σημείων. Τα μαθηματικά και η στατιστική που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση με ελάχιστα τετράγωνα είναι κατά κάποιον τρόπο περίπλοκα, ωστόσο παρακάτω παρατίθενται τα βασικά στοιχεία της εργασίας που πραγματοποιείται συνήθως.

Τα πρωτογενή συστατικά της συνόρθωσης με ελάχιστα τετράγωνα είναι οι παρατηρήσεις (γωνίες, αποστάσεις, υψομετρικές διαφορές και, σε αυτήν την περίπτωση, διανύσματα GPS) και τα βάρη τους. Εξαιτίας των περιορισμών που έχουν τα όργανα μετρήσεων και του ανθρώπινου παράγοντα, αυτές οι παρατηρήσεις εμπεριέχουν σφάλματα. Αυτά τα σφάλματα προκαλούν το μη κλείσιμο των πολυγώνων και την ύπαρξη διαφορετικών θέσεων για το ίδιο σημείο.

Ο απώτερος στόχος της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων είναι να παραχθεί ένα σετ παρατηρήσεων όπου όλα τα πολύγωνα θα κλείνουν τέλεια και θα υπάρχει μία και μόνο θέση για κάθε σημείο. Για να εκπληρωθεί αυτός ο στόχος, οι παρατηρήσεις πρέπει να αλλάξουν λίγο. Φυσικά, δε θέλετε οι παρατηρήσεις να αλλάξουν πολύ, αφού αυτές μετρήθηκαν στο πεδίο. Όμως, εμπεριέχουν σφάλμα. Το σφάλμα που σχετίζεται με μία μέτρηση είναι προβλέψιμο λόγω της δεδομένης ακρίβειας του οργάνου μετρήσεων. Γι' αυτό, δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας στη διόρθωση των παρατηρήσεων, όσο αυτή η διόρθωση δεν ξεπερνά σε μεγάλο βαθμό τη δεδομένη ακρίβεια του οργάνου. Αυτές είναι οι βασικές γραμμές της θεωρίας της συνόρθωσης με ελάχιστα τετράγωνα. Επιτυχημένη συνόρθωση είναι αυτή όπου οι παρατηρήσεις αλλάζουν όσο το δυνατόν λιγότερο και το μέγεθος της αλλαγής σε κάθε παρατήρηση είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

Δυστυχώς, υπάρχει μία πλειάδα παραγόντων που εμποδίζουν την παραγωγή μίας επιτυχούς συνόρθωσης. Πρώτα στα λίστα είναι τα χονδροειδή σφάλματα, σφάλματα στις παρατηρήσεις λόγω κακής λειτουργίας των οργάνων ή λάθους των παρατηρητών. Για παράδειγμα, ένα λάθος μετρημένο ύψος οργάνου. Μία λάθος κέντρωση, ανεπαρκή δεδομένα για να παραχθεί ένα υψηλής ποιότητας GPS διάνυσμα, εισαγωγή λάθος ονόματος σε κάποιο σημείο κλπ. Η λίστα είναι μακρά. Ευτυχώς, υπάρχουν εργαλεία για να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια. Αυτά τα εργαλεία για την ανάλυση της συνόρθωσης έχουν ενσωματωθεί στο πρότυπο συνόρθωσης του Ashtech Solutions.

Τα εργαλεία αυτά κατανέμονται σε δύο κατηγορίες, αναζήτηση χονδροειδών σφαλμάτων και ανάλυση ποιότητας. Το καθένα από αυτά εξηγείται λεπτομερειακά παρακάτω. Η επεξήγηση περιλαμβάνει το πώς δουλεύουν αυτά τα εργαλεία, το σκοπό του καθενός και το πότε πρέπει να χρησιμοποιείται το καθένα.

Μετά από αυτήν τη ανάλυση, υπάρχει παράγραφος που περιγράφει τη διαδικασία της ανάλυσης της συνόρθωσης. Από την αρχή ως το τέλος, κάθε βήμα της διαδικασίας ανάλυσης αναφέρεται και δείχνει την ακολουθία του πότε και πώς να χρησιμοποιηθούν τα εργαλεία ανάλυσης.

Πριν συνεχίσετε, υπάρχουν μερικά πράγματα που πρέπει να θυμάστε όταν αναλύετε μία συνόρθωση με αυτό το σετ εργαλείων.

1. Πολλά από τα εργαλεία ανάλυσης βασίζονται στη στατιστική. Αυτά χρησιμοποιούν τις αβεβαιότητες (εκτιμήσεις σφαλμάτων) των GPS διανυσμάτων ως βάση για τα τεστ τους. Είναι σημαντικό οι αβεβαιότητες των παρατηρήσεων να είναι ρεαλιστικές, ώστε να λειτουργήσουν σωστά τα εργαλεία που βασίζονται

στη στατιστική. Μη ρεαλιστικές αβεβαιότητες προκαλούν τη μη προβλέψιμη λειτουργία των εργαλείων και, στη χειρότερη περίπτωση, κάνουν μία κακή συνόρθωση να φαίνεται καλή.

Το πρότυπο επεξεργασίας των βάσεων είναι υπεύθυνο για να αποδώσει τις αβεβαιότητες στα επιλυμένα GPS διανύσματα. Δόθηκε μεγάλη έμφαση στο να εξασφαλιστούν ρεαλιστικές αβεβαιότητες. Δυστυχώς, αυτό δεν είναι πάντα μία εύκολη εργασία και κάποιες φορές οι αβεβαιότητες μπορεί να είναι λίγο αισιόδοξες (πολύ μικρές) ή απαισιόδοξες (πολύ μεγάλες). Αναγνωρίζοντας αυτό, αναπτύχθηκαν μέθοδοι που βοηθούν στην αναγνώριση όταν οι αβεβαιότητες είναι μη ρεαλιστικές και στην επιδιόρθωση αυτής της κατάστασης. Αυτές οι μέθοδοι εξηγούνται αναλυτικά παρακάτω.

2. Τα εργαλεία ανάλυσης της συνόρθωσης δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά χωρίς περίσσεια συνορθωμένων παρατηρήσεων. Είναι αδύνατον να εντοπιστεί χονδροειδές σφάλμα σε μία παρατήρηση που καθορίζει τη θέση ενός σημείου αν υπάρχει μόνο μία παρατήρηση σε αυτό το σημείο. Όταν σχεδιάζεται ένα τοπογραφικό δίκτυο, πρέπει να είστε σίγουροι ότι έχετε επαρκή περίσσεια στις παρατηρήσεις. Η καλύτερη περίπτωση είναι να περιλαμβάνετε περισσότερες από μία παρατηρήσεις για κάθε σημείο που ιδρύεται. Δυστυχώς, αυτό δεν είναι πρακτικό και στην πραγματικότητα μη απαραίτητο. Επιλέξτε ένα ποσοστό από το σύνολο των σημείων για να έχει πολλαπλές παρατηρήσεις. Συνιστάται ένα ποσοστό της τάξεως του 30-50%. Αυτή η περίσσεια θα αυξήσει σημαντικά την πιθανότητα να εντοπιστούν χονδροειδή σφάλματα στη συνόρθωση.

Στη ανάλυση για τα εργαλεία παρακάτω, θεωρείται δεδομένο ότι υπάρχει επαρκής περίσσεια στις συνορθωμένες παρατηρήσεις.

3. Είναι επίσης σημαντικό να θυμάστε ότι κανένα εργαλείο ανάλυσης δε δίνει οριστική ένδειξη για την ύπαρξη χονδροειδών σφαλμάτων ή για την ποιότητα μίας συνόρθωσης. Σε κανένα εργαλείο δε θα πρέπει να βασίζεστε αποκλειστικά. Όλα τα εργαλεία θα πρέπει να χρησιμοποιούνται καθολικά για μία ουσιαστική ανάλυση μιας συνόρθωσης.
4. Η αναζήτηση χονδροειδών σφαλμάτων θα πρέπει πάντα να γίνεται με ελάχιστες εσωτερικές δεσμεύσεις. Η απόπειρα να αναζητηθούν χονδροειδή σφάλματα με εξωτερικές δεσμεύσεις είναι πολύ δύσκολη, αφού ένα εντοπισμένο πρόβλημα μπορεί να έχει προκληθεί είτε από χονδροειδές σφάλμα είτε από λάθος στη θέση ελέγχου που έχει οριστεί στη συνόρθωση. Το πρώτο βήμα θα πρέπει πάντα να είναι συνόρθωση ελάχιστων εσωτερικών δεσμεύσεων. Χρησιμοποιείστε αυτήν τη συνόρθωση για να εντοπίσετε και να ελαχιστοποιήσετε χονδροειδή σφάλματα από το σετ δεδομένων και να προσδιορίσετε μία εσωτερική ποιότητα για τα τοπογραφικά δεδομένα. Αφού το σετ δεδομένων είναι καθαρό από χονδροειδή σφάλματα και έχει καθοριστεί ότι η εργασία ικανοποιεί τις προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας, μπορεί να γίνει συνόρθωση εξωτερικών δεσμεύσεων.

Στην ανάλυση της αναζήτησης χονδροειδών σφαλμάτων παρακάτω, θεωρείται ότι τα εργαλεία χρησιμοποιούνται σε συνόρθωση ελάχιστων εσωτερικών δεσμεύσεων.

Εργαλεία αναζήτησης χονδροειδών σφαλμάτων

Τα εργαλεία αναζήτησης χονδροειδών σφαλμάτων έχουν σχεδιαστεί για να σας βοηθήσουν στην αναζήτηση προβλημάτων με μία συνόρθωση. Σας βοηθούν να εντοπίσετε αν υπάρχουν χονδροειδή σφάλματα σε οποιαδήποτε από τις παρατηρήσεις που χρησιμοποιούνται στη συνόρθωση ή αν υπάρχουν προβλήματα στο δίκτυο που εμποδίζουν τη δυνατότητα να γίνει η συνόρθωση. Κάθε εργαλείο παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.

Τεστ σύνδεσης δικτύου (Network Connectivity Test)

Για να συνορθωθεί σωστά ένα ολόκληρο σετ παρατηρήσεων, πρέπει να υπάρχει σύνδεση μεταξύ όλων των τομέων του σετ δεδομένων. Για παράδειγμα, μία εργασία παρακολούθησης αγωγού, που απαιτεί πολλές μέρες για να ολοκληρωθεί. Δύο τοπογραφικά συνεργεία ξεκινούν να εργάζονται, το ένα από το βόρειο άκρο και το άλλο από το νότιο. Στο τέλος της πρώτης μέρας, κάθε συνεργείο θα έχει μετρήσει έναν αριθμό σημείων στο κάθε άκρο του έργου. Τα δύο σετ δεδομένων δεν έχουν ακόμα παρατηρήσεις μεταξύ τους. Αυτά τα δύο σετ δεν μπορούν να συνορθωθούν μαζί επειδή δεν είναι συνδεδεμένα.

Το τεστ σύνδεσης εξετάζει το σετ δεδομένων πριν τη συνόρθωση για να εντοπίσει αν υπάρχουν υποσύνολα που δεν έχουν συνδεθεί με παρατηρήσεις.

Μεταβλητότητα της μονάδας βάρους / Τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους

Η μεταβλητότητα της μονάδας βάρους και το τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους (τετραγωνική ρίζα της μεταβλητότητας της μονάδας βάρους) παρακολουθεί τη σχέση μεταξύ των αβεβαιοτήτων των παρατηρήσεων και του μεγέθους της απαιτούμενης αλλαγής σε κάθε παρατήρηση (υπόλοιπα) στη συνόρθωση. Οι αλλαγές στις παρατηρήσεις θα πρέπει να είναι μικρές και όχι σημαντικά μεγαλύτερες από τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τις παρατηρήσεις.

Η μεταβλητότητα της μονάδας βάρους και το τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους εκτιμά το μέγεθος των υπολοίπων σε σύγκριση με τις αβεβαιότητες των παρατηρήσεων ολόκληρου του δικτύου. Η ανάλυση του μεγέθους της υπολογισμένης μεταβλητότητας της μονάδας βάρους και του τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους φανερώνει μία από τις τρεις ακόλουθες συνθήκες που αφορούν την ποιότητα της συνόρθωσης:

1. Μία υπολογισμένη τιμή κοντά στο 1 είναι μία ένδειξη ότι τα υπόλοιπα είναι μέσα στα αναμενόμενα επίπεδα, π.χ. μέσα στις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τις παρατηρήσεις. Αφού αυτό είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα, μία τιμή κοντά στο 1 είναι φυσιολογικά ένδειξη καλής συνόρθωσης.
2. Μία υπολογισμένη τιμή σημαντικά μικρότερη από το 1 δείχνει μία ανισορροπία μεταξύ των υπολοίπων και των αβεβαιοτήτων. Συγκεκριμένα, οι αβεβαιότητες των παρατηρήσεων είναι πολύ απαισιόδοξες (πολύ μεγάλες).
3. Μία υπολογισμένη τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από το 1 είναι επίσης ένδειξη ανισορροπίας μεταξύ των υπολοίπων και των αβεβαιοτήτων. Συγκεκριμένα, υπάρχει ένα από τα εξής δύο προβλήματα στη συνόρθωση. Είτε υπάρχουν ένα ή περισσότερα χονδροειδή σφάλματα στις παρατηρήσεις που προκαλούν τα υπόλοιπα να είναι πολύ μεγαλύτερα από τις αβεβαιότητες, είτε οι αβεβαιότητες είναι πολύ αισιόδοξες (πολύ μικρές).

Για να κατανοήσετε πλήρως τη σημασία του να είναι το τυπικό σφάλμα σημαντικά μικρότερο ή μεγαλύτερο από το 1, επιβάλλεται πρώτα να αφαιρεθούν από τη συνόρθωση όποια χονδροειδή σφάλματα υπάρχουν στις παρατηρήσεις. Στη συνέχεια σε αυτό το κεφάλαιο, θα βρείτε πρόσθετα εργαλεία που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για την απομόνωση χονδροειδών σφαλμάτων. Με την απουσία αυτών των σφαλμάτων, το μέγεθος του τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους μπορεί να εξεταστεί για να καθοριστεί η σημασία του. Σε ένα απαλλαγμένο από χονδροειδή σφάλματα δίκτυο, το μέγεθος του τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους, το μέγεθος της ασυμφωνίας μεταξύ των αβεβαιοτήτων που σχετίζονται με τις παρατηρήσεις και αυτό που η συνόρθωση καθορίζει πρέπει να είναι οι αβεβαιότητες των παρατηρήσεων.

Για παράδειγμα, αν το τυπικό σφάλμα υπολογίστηκε 2 και το δίκτυο δεν έχει χονδροειδή σφάλματα, η συνόρθωση καθόρισε, βασιζόμενη στο μέγεθος των υπολοίπων των παρατηρήσεων, ότι οι αβεβαιότητες των παρατηρήσεων πρέπει να είναι 2 φορές

μεγαλύτερες από ότι φαίνονται να είναι τώρα. Αν το τυπικό σφάλμα υπολογίστηκε 0.5, τότε οι αβεβαιότητες των παρατηρήσεων πρέπει να είναι 2 φορές μικρότερες από ότι φαίνονται να είναι τώρα. Γιατί είναι αυτό σημαντικό; Για δύο λόγους:

1. Πολλά από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της ποιότητας της συνόρθωσης βασίζονται στη στατιστική. Για να λειτουργήσουν σωστά, οι αβεβαιότητες των παρατηρήσεων πρέπει να είναι ρεαλιστικές, π.χ. κοντά στις πραγματικές αβεβαιότητες. Το τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους υπολογισμένο από μία απαλλαγμένη από χονδροειδή σφάλματα συνόρθωση δίνει μία ένδειξη της ποιότητας των αβεβαιοτήτων των παρατηρήσεων. Αν το τυπικό σφάλμα είναι πολύ μεγαλύτερο ή μικρότερο από 1, αυτό είναι μια ένδειξη ότι οι αβεβαιότητες των παρατηρήσεων δεν είναι ρεαλιστικές. Ευτυχώς, το Ashtech Solutions αυτόματα αποκαθιστά το πρόβλημα. Όλα τα μετά τη συνόρθωση στατιστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να μετρήσουν την ποιότητα της συνόρθωσης χρησιμοποιούν την υπολογισμένη τιμή για το τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους για να αποκαταστήσουν αυτόματα τις μη ρεαλιστικές αβεβαιότητες. Δε χρειάζεται καμία κίνηση από την πλευρά του χρήστη.
2. Έγινε μεγάλη προσπάθεια στην εξασφάλιση ότι η επίλυση των βάσεων από το πρόγραμμα θα αποδώσει ρεαλιστικές αβεβαιότητες στις επιλυμένες βάσεις. Από τη στιγμή, όμως, που αυτό δεν είναι ακόμα συγκεκριμένη γνώση, υπάρχουν συνθήκες που προκαλούν τις αβεβαιότητες να είναι πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές. Στις περισσότερες περιπτώσεις, θα πρέπει να βρείτε το υπολογισμένο τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους να κυμαίνεται μεταξύ 1 και 3. Επιπροσθέτως, θα πρέπει να βρείτε ότι η τιμή αυτή είναι σχετικά η ίδια για παρόμοιες εργασίες. Αν βρείτε ότι για τις περισσότερες από τις εργασίες σας, το τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους για συνόρθωση απαλλαγμένη από χονδροειδή σφάλματα είναι 1.5 και σήμερα, δουλεύοντας μία συνόρθωση, το τυπικό σφάλμα είναι 6, τότε πιθανότατα κάποιο λάθος υπάρχει στη συνόρθωση.

Τεστ χ^2 (Chi-Square Test)

Το τεστ χ^2 είναι ένα στατιστικό τεστ που εκτιμά την υπολογισμένη τιμή της μεταβλητότητας της μονάδας βάρους. Ο σκοπός του είναι να προσδιορίσει αν η τιμή της μεταβλητότητας είναι στατιστικά ισοδύναμη με 1. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, μια μεταβλητότητα μονάδας βάρους ίση με 1 δείχνει μια ισορροπία μεταξύ υπολοίπων των παρατηρήσεων και των αβεβαιοτήτων τους. Είναι πολύ σπάνιο η τιμή αυτής της μεταβλητότητας να είναι ακριβώς 1. Αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητο. Το τεστ χ^2 εξετάζει αν η υπολογισμένη τιμή είναι στατιστικά ισοδύναμη με 1. Αν το τεστ είναι επιτυχές, η τιμή θεωρείται ισοδύναμη με 1.

Λόγω των δυσκολιών στον υπολογισμό των αβεβαιοτήτων των παρατηρήσεων εξαιτίας των πολλών εμπλεκόμενων παραμέτρων, σε πολλές περιπτώσεις η μεταβλητότητα της μονάδας βάρους θα είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από 1. Αυτό κάνει το τεστ χ^2 να αποτυγχάνει. Το πρόγραμμα αυτόματα αποκαθιστά τις αβεβαιότητες των παρατηρήσεων που είναι πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές, γι' αυτό η αποτυχία ή μη του τεστ χ^2 δεν έχει κανέναν αντίκτυπο στην ποιότητα της συνόρθωσης. Αν, χρησιμοποιώντας άλλα διαθέσιμα εργαλεία αναζήτησης χονδροειδών σφαλμάτων, είστε σίγουροι ότι όλα τα χονδροειδή σφάλματα έχουν αφαιρεθεί από τη συνόρθωση και είστε ικανοποιημένοι με τα σχετικά μεγέθη των υπολοίπων των παρατηρήσεων, τότε η αποτυχία του τεστ χ^2 δε θα πρέπει να σας απασχολεί. Το τεστ χ^2 μπορεί να εξαναγκαστεί να επιτύχει, αν επιθυμείτε, διαμορφώνοντας την κλίμακα των αβεβαιοτήτων των παρατηρήσεων χρησιμοποιώντας το Processed vector error scaling factor που βρίσκεται στο tab Miscellaneous του παραθύρου διαλόγου Project Settings. Αλλάξτε την κλίμακα των αβεβαιοτήτων των βάσεων από το υπολογισμένο τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους.

Υπόλοιπα παρατηρήσεων (Observation Residuals)

Στη συνόρθωση με ελάχιστα τετράγωνα, εφαρμόζονται στις παρατηρήσεις μικρές διορθώσεις για να επιτευχθεί η καλύτερη προσαρμογή όλων των παρατηρήσεων, παράγοντας μία λύση για όλα τα σημεία. Η καλύτερη προσαρμογή είναι η λύση που παράγει το λιγότερο όγκο διορθώσεων στις παρατηρήσεις. Αυτές οι μικρές διορθώσεις καλούνται υπόλοιπα. Κάθε παρατήρηση θα έχει ένα ή περισσότερα υπόλοιπα. Οι GPS παρατηρήσεις έχουν τρία υπόλοιπα, ένα για κάθε συνιστώσα του GPS διανύσματος (X,Y,Z ή N,E,U).

Ο λόγος που οι παρατηρήσεις πρέπει να διορθωθούν καθολικά με σκοπό να παραχθεί μία καλή προσαρμογή οφείλεται στα σφάλματα στις παρατηρήσεις. Αν οι παρατηρήσεις δεν περιείχαν σφάλματα, τότε δε θα χρειαζόταν συνόρθωση. Όλες οι παρατηρήσεις θα προσαρμόζονταν μεταξύ τους τέλεια. Στις τοπογραφικές παρατηρήσεις, μπορούν να βρεθούν δύο ειδών σφάλματα, τυχαία και χονδροειδή. Για τα τυχαία σφάλματα χρειάζονται μικρές διορθώσεις για να προσαρμοστούν οι παρατηρήσεις μεταξύ τους σωστά. Αν υπάρχουν στα δεδομένα μόνο τυχαία σφάλματα, τότε όλα τα υπόλοιπα πιθανόν να είναι μικρά. Από την άλλη, αν υπάρχουν μεγάλα χονδροειδή σφάλματα, θα παραχθούν μεγάλα υπόλοιπα.

Η εξέταση του μεγέθους των υπολοίπων μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση χονδροειδών σφαλμάτων. Το πρόγραμμα θα εμφανίσει τα υπόλοιπα για όλες τις παρατηρήσεις. Αυτά τα υπόλοιπα πρέπει να εξεταστούν σε μία προσπάθεια εντοπισμού χονδροειδών σφαλμάτων. Αν τα τελευταία εντοπιστούν, πρέπει να αφαιρεθούν και να επαναεκτελεστεί η συνόρθωση. Αν η παρατήρηση που περιέχει τέτοιου είδους σφάλμα είναι σημαντική, πρέπει να εξεταστεί η αιτία του σφάλματος. Αν επιδιορθωθεί, τότε η παρατήρηση μπορεί να ξαναμπει στη συνόρθωση. Αν δεν είναι δυνατόν να διορθωθεί το σφάλμα και η παρατήρηση είναι απαραίτητη, τότε θα πρέπει να ξαναγίνει η μέτρηση.

Υπάρχουν δύο βασικές δυσκολίες στη χρήση υπολοίπων για τον εντοπισμό χονδροειδών σφαλμάτων σε ένα σετ δεδομένων.

1. Τα σφάλματα αυτά, αν είναι αρκετά μεγάλα, θα παράγουν μεγάλα υπόλοιπα για την παρατήρηση που τα περιέχει. Αλλά τα μεγάλα υπόλοιπα δε σημαίνουν πάντα χονδροειδές σφάλμα. Είναι πιθανόν μια καλή παρατήρηση να έχει μεγάλα υπόλοιπα. Αυτό προφανώς περιπλέκει τη χρήση των υπολοίπων για την εξεύρεση χονδροειδών σφαλμάτων αλλά αυτό το εμπόδιο μπορεί να ξεπεραστεί αν κατανοηθεί το γιατί μια καλή παρατήρηση μπορεί να παράγει μεγάλα υπόλοιπα. Η συνόρθωση με ελάχιστα τετράγωνα τείνει να κατανείμει τις επιπτώσεις των χονδροειδών σφαλμάτων σε ολόκληρο το δίκτυο. Με άλλα λόγια, ένα χονδροειδές σφάλμα σε μία παρατήρηση συνήθως επηρεάζει τα υπόλοιπα σε άλλες παρατηρήσεις. Ο επηρεασμός είναι μεγαλύτερος σε παρατηρήσεις κοντά στο σφάλμα ενώ μειώνεται με την απομάκρυνση από αυτό. Το κόλπο είναι να βρεθεί η παρατήρηση με το σφάλμα ανάμεσα σε όλες τις παρατηρήσεις που περιέχουν μεγάλα υπόλοιπα εξαιτίας του σφάλματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η παρατήρηση με τα μεγαλύτερα υπόλοιπα είναι αυτή που περιέχει και το σφάλμα. Αφαιρέστε την παρατήρηση και επαναεκτελέστε τη συνόρθωση. Αν όλα τα υπόλοιπα δείχνουν καλά σε αυτό το σημείο, το σφάλμα εντοπίστηκε και αφαιρέθηκε. Αν εξακολουθούν να υπάρχουν μεγάλα υπόλοιπα, και πάλι αφαιρέστε την παρατήρηση με το μεγαλύτερο υπόλοιπο και ξανατρέξτε τη συνόρθωση. Επαναλάβετε μέχρι η συνόρθωση να δείχνει καλή. Είναι πιθανό κάποιες από τις παρατηρήσεις που αφαιρέθηκαν να μην περιείχαν χονδροειδή σφάλματα. Τότε θα πρέπει κάθε παρατήρηση που αφαιρέθηκε, να ξαναπροστεθεί, μία κάθε φορά, και να ξαναεκτελείται η συνόρθωση κάθε φορά που μία παρατήρηση προστίθεται. Αν η συνόρθωση φαίνεται καλή, τότε η συγκεκριμένη παρατήρηση δεν περιείχε χονδροειδές σφάλμα. Αν η συνόρθωση δε δείχνει καλή μετά την επανατοποθέτηση μίας εκ

των παρατηρήσεων, τότε υπάρχουν πολλές πιθανότητες η παρατήρηση αυτή να περιέχει χονδροειδές σφάλμα.

Η διαδικασία μπορεί να περιπλακεί περισσότερο αν υπάρχουν πολλαπλά χονδροειδή σφάλματα στο σύνολο δεδομένων. Ωστόσο, συστηματική αφαίρεση και επανατοποθέτηση παρατηρήσεων μπορεί να οδηγήσει στην αναγνώριση των χονδροειδών σφαλμάτων.

2. Μέχρι τώρα μιλήσαμε για μεγάλα υπόλοιπα και το ρόλο τους στην αναγνώριση χονδροειδών σφαλμάτων. Μία φυσική ερώτηση είναι "Τι είναι ένα μεγάλο υπόλοιπο;". Δυστυχώς, δεν υπάρχει εύκολη απάντηση σε αυτήν την ερώτηση. Για GPS διανύσματα, τυχαία σφάλματα στις παρατηρήσεις αυξάνουν όσο αυξάνει το μήκος του διανύσματος (βάσης). Γι' αυτό το λόγο, τα υπόλοιπα θα μεγαλώνουν όσο μεγαλώνει το μήκος της βάσης. Ένα υπόλοιπο 0.10m σε μία γραμμή 20km μπορεί αποκλειστικά να οφείλεται σε τυχαία λάθη αλλά το ίδιο υπόλοιπο σε μία γραμμή 2km σχεδόν σίγουρα καταδεικνύει χονδροειδές σφάλμα. Επομένως, το αν ένα υπόλοιπο είναι μεγάλο ή μικρό είναι άμεση συνάρτηση του μήκους της βάσης.

Υπάρχουν μερικές κατευθυντήριες γραμμές για να βοηθήσουν στην εξέταση των υπολοίπων. Πρώτον, όλες οι βάσεις παρόμοιου μήκους θα πρέπει να έχουν παρόμοια υπόλοιπα. Δεύτερον, τα υπόλοιπα δε θα πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερα από την ακρίβεια μέτρησης του εξοπλισμού. Για παράδειγμα, αν ένας εξοπλισμός μπορεί να κάνει παρατηρήσεις με ακρίβεια 0.01m+2ppm, τα υπόλοιπα αυτής της παρατήρησης δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από αυτήν την τιμή. Προδιαγραφή ακρίβειας 0.01m+2ppm επιτρέπει σφάλμα 0.03m σε 10km βάσης. Ένα υπόλοιπο 2-3 φορές μεγαλύτερο από το επιτρεπόμενο σφάλμα είναι ύποπτο και θα πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά για την πιθανή παρουσία χονδροειδούς σφάλματος.

Πολλές φορές το μέγεθος ενός υπολοίπου θα είναι καθοριστικό για το αν υπάρχει ή όχι χονδροειδές σφάλμα. Αν αυτό είναι το θέμα, η παρατήρηση θα πρέπει να εξεταστεί σχολαστικά για να διαπιστωθεί αν μπορεί να προσδιοριστεί η αιτία του σφάλματος. Αν όχι, τότε είναι θέμα προσωπικής κρίσης το αν θα πρέπει η παρατήρηση να αφαιρεθεί. Αν η παρατήρηση δεν είναι καθοριστική για το δίκτυο, μπορεί να αφαιρεθεί χωρίς επιπτώσεις. Αν χρειάζεται, αλλά δε φαίνεται να έχει κακή επιρροή στην ακρίβεια των συνορθωμένων σημείων, μπορεί να παραμείνει.

Το πρόγραμμα παρουσιάζει υπόλοιπα σε δύο μορφές. Μπορείτε να εξετάσετε το μέγεθος του υπολοίπου σε γραμμικές μονάδες (μέτρα ή πόδια) ή μπορείτε να εξετάσετε κανονικοποιημένα υπόλοιπα. Τα τελευταία, λαμβάνουν υπόψη τους ότι υπόλοιπα που προήλθαν από τυχαία σφάλματα είναι κατά κάποιον τρόπο στατιστικώς προβλέψιμα. Τα κανονικοποιημένα υπόλοιπα είναι λόγοι, χωρίς μονάδα, του εν λόγω υπολοίπου. Η αξιολόγηση των κανονικοποιημένων υπολοίπων θα αναδείξει ένα από τα τρία:

1. Η τιμή 1 δείχνει ότι το υπόλοιπο είναι το αναμενόμενο με βάση το τυπικό σφάλμα. Αυτό είναι συνήθως μία ένδειξη ότι η παρατήρηση δεν έχει χονδροειδή σφάλματα.
2. Τιμή μικρότερη από 1 δείχνει ότι το υπόλοιπο είναι μικρότερο από το αναμενόμενο. Και αυτό επίσης είναι μία ένδειξη ότι η παρατήρηση δεν περιέχει χονδροειδή σφάλματα.
3. Τιμή μεγαλύτερη από 1 δείχνει ότι το υπόλοιπο είναι μεγαλύτερο από το αναμενόμενο. Για παράδειγμα, η τιμή 2 δείχνει ότι το υπόλοιπο είναι 2 φορές μεγαλύτερο από το αναμενόμενο και μία τιμή 3 δείχνει ότι το υπόλοιπο είναι 3 φορές μεγαλύτερο από το αναμενόμενο.

Εφόσον τα υπόλοιπα αναμένεται να είναι ομοιόμορφα κατανομημένα, περίπου το 68% των υπολοίπων που οφείλονται σε τυχαία σφάλματα θα πρέπει να έχουν κανονικοποιημένη τιμή της τάξεως του 1 ή λιγότερο, περίπου το 95% πρέπει να έχει 2 ή λιγότερο και περίπου το 99% πρέπει να έχει 3 ή λιγότερο. Γι' αυτό, ένα

κανονικοποιημένο υπόλοιπο μεγαλύτερο από 3 είναι είτε ένα από το 1% που οφείλονται σε τυχαία σφάλματα (καλό υπόλοιπο) ή αντιπροσωπεύει παρατήρηση που περιέχει χονδροειδές σφάλμα.

Αφού υπάρχει τόσο μικρή πιθανότητα ένα κανονικοποιημένο υπόλοιπο μεγαλύτερο από 3 να ανήκει σε καλή παρατήρηση, οποιοδήποτε κανονικοποιημένο υπόλοιπο μεγαλύτερο από 3 θα πρέπει να θεωρείται ύποπτο και να εξετάζεται για χονδροειδές σφάλμα.

Το κανονικοποιημένο υπόλοιπο είναι μία εναλλακτική για να ελέγχεται το μέγεθος του υπολοίπου για να καθοριστεί αν το υπόλοιπο ανήκει σε παρατήρηση που περιέχει χονδροειδές σφάλμα. Από μία άποψη, είναι ευκολότερο να εκτιμηθεί το κανονικοποιημένο υπόλοιπο, αφού το μήκος της βάσης αντικατοπτρίζεται στην κλίμακα του υπολοίπου. Μία τιμή μεγαλύτερη από 3 πρέπει να είναι ύποπτη, ανεξαρτήτως από το μήκος της βάσης. Περιληπτικά, χρησιμοποιήστε τα υπόλοιπα των παρατηρήσεων για να αναγνωρίσετε χονδροειδή σφάλματα στο σετ δεδομένων.

- Αν όλα τα υπόλοιπα είναι μικρά ή αν το κανονικοποιημένο υπόλοιπο είναι μικρότερο από 3, αυτή είναι μία καλή ένδειξη ότι δεν υπάρχουν χονδροειδή σφάλματα.
- Αν βρέθηκαν μεγάλα υπόλοιπα ή τα κανονικοποιημένα υπόλοιπα είναι μεγαλύτερα από 3, πιθανόν να υπάρχουν χονδροειδή σφάλματα. Αφαιρέστε την παρατήρηση με τα μεγαλύτερα υπόλοιπα ή κανονικοποιημένα υπόλοιπα και εκτελέστε ξανά τη συνόρθωση. Επαναλάβετε με μία παρατήρηση κάθε φορά μέχρι τα υπόλοιπα για τις εναπομείνουσες παρατηρήσεις να φαίνονται καλά. Επειδή, με αυτήν τη διαδικασία μπορεί να αφαιρέθηκαν καλές παρατηρήσεις, προσθέστε πίσω στο δίκτυο κάθε παρατήρηση, μία κάθε φορά και εξετάστε την επίδρασή της στη συνόρθωση. Οι παρατηρήσεις που επιστρέφουν στο δίκτυο και δεν επηρεάζουν σημαντικά τη συνόρθωση πρέπει να παραμείνουν.
- Εξετάστε προσεκτικά κάθε παρατήρηση που αφαιρέθηκε για να εξακριβώσετε αν η αιτία του χονδροειδούς σφάλματος μπορεί να εντοπιστεί. Αν ναι, διορθώστε το σφάλμα και επιστρέψτε την παρατήρηση στη συνόρθωση.
- Έχετε υπόψη σας ότι για την εξεύρεση χονδροειδών σφαλμάτων, μόνο κατευθυντήριες γραμμές μπορούν να δοθούν. Μην αφαιρέσετε μία παρατήρηση από τη συνόρθωση μόνο και μόνο επειδή το κανονικοποιημένο υπόλοιπο είναι 4 ή 5 ή τα υπόλοιπα δείχνουν μεγάλα. Αυτό θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει μια καλή παρατήρηση. Κοιτάξτε σε άλλους δείκτες ποιότητας για να εξακριβώσετε αν υπάρχει πρόβλημα με τη συνόρθωση. Αφαιρέστε μία παρατήρηση και δείτε την επίδρασή της στη συνόρθωση. Αν δεν υπάρχει μεγάλη επίδραση σε άλλες παρατηρήσεις ή σε εκτιμήσεις θέσεων, τοποθετήστε πίσω την παρατήρηση. Όσο περισσότερες παρατηρήσεις στο σετ δεδομένων, τόσο καλύτερα για την τελική λύση.

Τεστ Τα (Tau Test)

Η εξέταση των υπολοίπων είναι ένας καλός δείκτης της ποιότητας μεμονωμένων παρατηρήσεων. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η αναμενόμενη τιμή υπολοίπων/ κανονικοποιημένων υπολοίπων είναι προβλέψιμη από τη στιγμή που αναμένεται να ακολουθεί κανονική κατανομή.

Το τεστ T χρησιμοποιεί αυτήν την προβλεψιμότητα για να ελέγχει αυτόματα τα υπόλοιπα μιας παρατήρησης και να καθορίσει αν τα υπόλοιπα θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύουν μια παρατήρηση που περιέχει χονδροειδές σφάλμα. Το τεστ T χρησιμοποιεί τα κανονικοποιημένα υπόλοιπα για μία παρατήρηση προκειμένου να καθορίσει αν το υπόλοιπο είναι στατιστικά μέσα στα αναμενόμενα όρια. Υπολογίζεται ένα κατώφλι για να συγκριθεί με κάθε κανονικοποιημένο υπόλοιπο. Δύο είναι τα πιθανά αποτελέσματα:

- Το τεστ επιτυγχάνει υποδεικνύοντας έτσι ότι το μέγεθος του κανονικοποιημένου υπολοίπου δεν είναι μεγαλύτερο από το αναμενόμενο όριο για το υπόλοιπο. Αυτή είναι συνήθως μια καλή ένδειξη ότι η παρατήρηση είναι απαλλαγμένη από χονδροειδή σφάλματα.
- Το τεστ αποτυγχάνει υποδεικνύοντας έτσι ότι τα κανονικοποιημένα υπόλοιπα είναι μεγαλύτερα από το αναμενόμενο. Η παρατήρηση που αποτυγχάνει στο τεστ πρέπει να ελεγχθεί για χονδροειδή σφάλματα.

Το τεστ T πραγματοποιείται αυτόματα από το πρότυπο συνόρθωσης του Ashtech Solutions. Κάθε υπόλοιπο ελέγχεται και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται μαζί με τα υπόλοιπα για κάθε παρατήρηση.

Είναι σημαντικό να κατανοήσετε ότι αν ένα υπόλοιπο δεν περνά ένα στατιστικό τεστ, αυτό δε σημαίνει κατ' ανάγκη ότι υπάρχει χονδροειδές σφάλμα στην παρατήρηση. Η παρατήρηση απλά σημειώνεται ώστε να εξεταστεί και να αποφασιστεί αν θα κρατηθεί ή θα αφαιρεθεί. Δε συνιστάται ποτέ η τυφλή απόρριψη. Ένα χονδροειδές σφάλμα σε μια παρατήρηση επηρεάζει τα υπόλοιπα και στις άλλες παρατηρήσεις. Γι' αυτό, τα τεστ συχνά σημειώνουν και άλλες παρατηρήσεις εκτός από αυτές που περιέχουν χονδροειδή σφάλματα. Αν μία ή περισσότερες παρατηρήσεις σημειώθηκαν, τότε ξεκινά η αναζήτηση των σφαλμάτων αυτών.

Περίληπτικά, το τεστ T εξετάζει υπόλοιπα παρατηρήσεων σε μία προσπάθεια να εντοπίσει παρατηρήσεις που πιθανόν να περιέχουν χονδροειδή σφάλματα. Κάθε υπόλοιπο ελέγχεται για να καθοριστεί αν περνά ή όχι το τεστ.

- Αν ένα υπόλοιπο περνά το τεστ, αυτό είναι ένας καλός δείκτης ότι η παρατήρηση δεν περιέχει χονδροειδή σφάλματα.
- Αν το υπόλοιπο αποτύχει στο τεστ, η παρατήρηση θα πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά για να εξακριβωθεί αν εμπεριέχει χονδροειδή σφάλματα.
- Θυμηθείτε ότι αν ένα υπόλοιπο αποτύχει στο τεστ T, αυτό δε σημαίνει απαραίτητα ότι υπάρχει χονδροειδές σφάλμα. Δε συνιστάται απλά η αφαίρεση παρατηρήσεων που απέτυχαν στο τεστ. Πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά για να εντοπιστούν τέτοιου είδους σφάλματα, αν υπάρχουν.

Ανάλυση κλεισίματος βρόχων (Loop Closure Analysis)

Σε ένα καλώς σχεδιασμένο γεωδαιτικό δίκτυο, πρέπει να υπάρχει ένας αριθμός κλειστών βρόχων, που έχουν δημιουργηθεί από βάσεις μετρημένες με GPS. Αν όλες οι παρατηρήσεις περιείχαν μηδενικά σφάλματα, το κλείσιμο των βρόχων θα ήταν μηδενικό. Στην πραγματικότητα, οι απολύτως τέλει γεωδαιτικές παρατηρήσεις είναι αδύνατες και επομένως οι βρόχοι θα έχουν κάποιο σφάλμα κλεισίματος. Αν αυτό οφείλεται σε τυχαία σφάλματα στις παρατηρήσεις, τότε έχει προβλέψιμο μέγεθος, π.χ. αντίστοιχο με αυτό των προδιαγραφών του οργάνου. Το σφάλμα κλεισίματος που οφείλεται σε χονδροειδές σφάλμα δεν είναι προβλέψιμο και είναι ανάλογο του μεγέθους του χονδροειδούς σφάλματος. Για το λόγο αυτό, η εν λόγω ανάλυση μπορεί να είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για να απομονωθούν χονδροειδή σφάλματα.

Όταν υπάρχουν τέτοια σφάλματα, πολλές φορές είναι δύσκολο να εντοπιστούν από την ανάλυση του αποτελέσματος της συνόρθωσης. Κι αυτό, γιατί η M.E.T. επιχειρεί να διαμοιράσει αυτό το σφάλμα σε όλο το δίκτυο. Πραγματοποιώντας πολλαπλές αναλύσεις κλεισίματος βρόχων σε περιοχή ύποπτη για χονδροειδή σφάλματα, οι βάσεις που τα προκαλούν μπορούν κανονικά να απομονωθούν. Αφού απομονωθεί η προβληματική βάση, μπορεί να εξεταστεί και να διορθωθεί ή να αφαιρεθεί.

Το Ashtech Solutions παρέχει εργαλεία για να γίνει αυτή η ανάλυση. Επιλέγοντας βάσεις, μπορείτε να δημιουργήσετε πολλαπλούς βρόχους μέσα στο δίκτυο. Τα αποτελέσματα του κλεισίματος κάθε βρόχου παρουσιάζονται προς ανάλυση. Επιπροσθέτως, το αποτέλεσμα

του κλεισίματος συγκρίνεται με τις προδιαγραφές ακρίβειας που εσείς έχετε ορίσει για το συγκεκριμένο τεστ κλεισίματος.

- Αν το σφάλμα κλεισίματος είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο σφάλμα που έχει καθοριστεί, τότε το τεστ QA επιτυγχάνει. Αυτό μπορεί να είναι ένδειξη ότι δεν υπάρχουν χονδροειδή σφάλματα στις βάσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε έναν συγκεκριμένο βρόχο. Αυτό θα μπορούσε να μην είναι αληθές, αν το χονδροειδές σφάλμα δεν βρίσκεται στο βρόχο που εξετάζεται. Για παράδειγμα, αν ένα χονδροειδές σφάλμα 0.5m υπάρχει σε κάποια μέτρηση ενός σημείου, τότε όλες οι προς αυτό το σημείο βάσεις θα περιέχουν αυτό το σφάλμα. Γι' αυτό, αν το τεστ κλεισίματος χρησιμοποιήσει αυτές τις βάσεις, το χονδροειδές σφάλμα δε θα εντοπιστεί. Από την άλλη, ας υποθέσουμε ότι το σημείο μετρήθηκε και κάποια άλλη φορά από διαφορετικό σύνολο βάσεων. Αν το τεστ χρησιμοποιήσει συνδυασμό βάσεων και από τις δύο φορές που έγιναν μετρήσεις, τότε το σφάλμα μπορεί να εντοπιστεί.
- Αν το σφάλμα κλεισίματος είναι μεγαλύτερο από το επιτρεπόμενο, το τεστ QA θα αποτύχει. Οι βρόχοι που σημειώνονται τότε από το πρόγραμμα πρέπει να εξεταστούν διεξοδικά για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν χονδροειδή σφάλματα σε κάποια από τις βάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στο βρόχο.

Repeat Vector Analysis (πολλαπλή ανάλυση βάσεων)

Όταν γίνεται μια τοπογραφική εργασία με GPS, προτείνεται ένα ποσοστό από τις βάσεις που μετρώνται να μετριέται παραπάνω από μία φορά. Αυτές οι βάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναλυθεί η επαναληπτικότητα των παρατηρήσεων, ώστε να δοθεί μία εικόνα για τη συνολική ποιότητα της τελικής εργασίας. Επιπροσθέτως, επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις μπορούν να είναι χρήσιμες στην αναγνώριση χονδροειδών σφαλμάτων, αν προκύψει πρόβλημα με μία από αυτές.

Το Ashtech Solutions πραγματοποιεί αυτόματα την ανάλυση όλων των βάσεων που έχουν πολλαπλές παρατηρήσεις. Όλες αυτές συγκρίνονται μεταξύ τους και οι διαφορές παρουσιάζονται για ανάλυση. Επιπροσθέτως, τα αποτελέσματα των διαφορών συγκρίνονται με τις προδιαγραφές ακρίβειας που έχει ορίσει ο χρήστης.

- Αν η διαφορά μεταξύ των επαναλαμβανόμενων παρατηρήσεων σε μία βάση είναι μικρότερη από το επιτρεπόμενο σφάλμα που έχει υπολογιστεί από τις προδιαγραφές ακρίβειας, η βάση περνάει το QA τεστ. Αυτό κανονικά είναι μια καλή ένδειξη ότι δεν υπάρχουν χονδροειδή σφάλματα στις βάσεις και ότι όλες οι βάσεις επαρκούν ποιοτικά για τη δημιουργία ενός ποιοτικού δικτύου που θα ικανοποιεί τις επιθυμητές σχετικές ακρίβειες.
- Αν η διαφορά μεταξύ των επαναλαμβανόμενων παρατηρήσεων σε μία βάση είναι μεγαλύτερη από το επιτρεπόμενο σφάλμα που έχει υπολογιστεί από τις προδιαγραφές ακρίβειας, η βάση σημειώνεται ότι δεν έχει περάσει το QA τεστ. Όποια επαναλαμβανόμενη παρατήρηση δεν περνά το τεστ, πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά για να διαπιστωθεί αν περιέχει χονδροειδή σφάλματα.

Control Tie Analysis

Σε πολλές εργασίες, υπάρχει η απαίτηση να "δεθούν" τα σημεία που μετρήθηκαν σε ένα τοπικό ή εθνικό δίκτυο ελέγχου. Πολλές φορές τα ακριβή σημεία ελέγχου που θα χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό θα καθορίζονται. Για να καλυφθεί αυτή η απαίτηση, αυτά τα σημεία ελέγχου θα πρέπει να κρατηθούν σταθερά (fixed) στην τελική συνόρθωση εξωτερικών δεσμεύσεων, ούτως ώστε να υπολογιστούν συντεταγμένες για τα νέα σημεία σε σχέση με τα σημεία ελέγχου.

Πέρα από αυτό, συνήθως απαιτείται να καλυφθούν και οι σχετικές προδιαγραφές ακρίβειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτές οι δύο απαιτήσεις μπορεί να είναι ασυμβίβαστες μεταξύ τους. Αν η σχετική ακρίβεια των σημείων ελέγχου είναι μεγαλύτερη ή ίση με τις προδιαγραφές ακρίβειας, τότε δεν υπάρχει περίπτωση να ικανοποιηθούν αυτές οι προδιαγραφές ακρίβειας κρατώντας αυτά τα σημεία σταθερά. Το σφάλμα μεταξύ των σημείων ελέγχου θα μεταφερθεί στο δίκτυο, μειώνοντας την ακρίβειά του. Για παράδειγμα, αν μετά τη διεξαγωγή συνόρθωσης ελάχιστων εσωτερικών δεσμεύσεων, η σχετική ακρίβεια της εργασίας προκύπτει 1:250000 και γίνει συνόρθωση εξωτερικών δεσμεύσεων με σημεία ελέγχου σχετικής ακρίβειας 1:90000, η μεγαλύτερη δυνατή σχετική ακρίβεια του δικτύου μπορεί να είναι 1:90000. Αν οι προδιαγραφές ακρίβειας ήταν 1:100000, τότε αυτές δεν καλύπτονται. Αυτό, φυσικά, δεν είναι λάθος του μελετητή. Αυτός πραγματοποίησε τοπογραφική εργασία εσωτερικής σχετικής ακρίβειας 1:250000. Η αιτία της μείωσης της ακρίβειας είναι τα σημεία ελέγχου που ορίστηκαν στις απαιτήσεις. Σε αυτό το σημείο, ο μελετητής θα πρέπει να ενημερώσει τον πελάτη για το θέμα. Από κει και πέρα είναι θέμα του πελάτη να αποφασίσει αν αυτά τα σημεία θα πρέπει να κρατηθούν σταθερά με επιπτώσεις στη σχετική ακρίβεια του δικτύου.

Σε μία περίπτωση όπου χρησιμοποιούνται πολλαπλά σημεία ελέγχου, είναι πιθανόν να είναι υπεύθυνο για τη μείωση της ακρίβειας μόνο ένα σημείο. Είναι πιθανόν, μόνο ένα σημείο να έχει σχετική ακρίβεια 1:90000, συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα σημεία, ενώ όλα τα άλλα σημεία ελέγχου να ικανοποιούν τις προδιαγραφές ακρίβειας. Σε αυτήν την περίπτωση, θα ήταν χρήσιμο να γνωρίζετε ποιο είναι αυτό το σημείο. Με αυτόν τον τρόπο, και εφόσον συμφωνεί και ο πελάτης, θα μπορούσατε να αποκλείσετε το σημείο αυτό και να γίνει η συνόρθωση με τα εναπομείναντα σημεία ελέγχου. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει να έχετε υπολογίσει τη σχετική ακρίβεια μεταξύ όλων των σημείων ελέγχου.

Η ανάλυση που περιγράφεται σε αυτήν την παράγραφο υπολογίζει αυτόματα τη σχετική ακρίβεια μεταξύ των σημείων ελέγχου. Αυτό επιτυγχάνεται κρατώντας σταθερό ένα από αυτά τα σημεία στη συνόρθωση ελάχιστων εσωτερικών δεσμεύσεων και συγκρίνοντας την προκύπτουσα θέση των άλλων σημείων ελέγχου σε σχέση με τη γνωστή τους θέση. Η διαφορά υπολογίζεται και παρουσιάζεται μαζί με τη σχετική ακρίβεια, βασιζόμενη στην απόσταση μεταξύ των σημείων ελέγχου. Κατόπιν, ένα τεστ συγκρίνει τις προδιαγραφές ακρίβειας που έχει ορίσει ο χρήστης με την υπολογισμένη σχετική ακρίβεια κάθε ζευγαριού σημείων ελέγχου.

- Αν το QA τεστ είναι επιτυχές, η υπολογισμένη σχετική ακρίβεια των ζευγαριών σημείων ελέγχου αγγίζει ή και ξεπερνά τις προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας. Αυτό είναι μια ένδειξη ότι κρατώντας αυτά τα ζευγάρια σταθερά, δε θα μειωθεί η σχετική ακρίβεια του δικτύου κάτω από την απαιτούμενη.
- Αν το QA τεστ είναι ανεπιτυχές, η υπολογισμένη σχετική ακρίβεια των ζευγαριών σημείων ελέγχου είναι μικρότερη από τις προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας. Κρατώντας ένα τέτοιο ζεύγος σταθερό στη συνόρθωση, θα μειώσει την ακρίβεια του δικτύου κάτω από τις απαιτήσεις. Σε μια τέτοια περίπτωση, τα σημεία ελέγχου θα πρέπει να εξεταστούν λεπτομερειακά μήπως υπάρχει χονδροειδές σφάλμα στην εισαγωγή των συντεταγμένων τους. Αν δε βρεθεί σφάλμα, θα πρέπει να παρθεί, πιθανόν από τον πελάτη, μια απόφαση αν αυτά τα σημεία θα χρησιμοποιηθούν στη συνόρθωση.

Σημ.: Η ανάλυση που περιγράφηκε παραπάνω (Control Tie Analysis) έχει νόημα μόνο σε συνορθώσεις απαλλαγμένες από χονδροειδή σφάλματα. Αν υπάρχουν τέτοια, τα αποτελέσματα της συνόρθωσης δεν αντιπροσωπεύουν την αληθινή σχέση μεταξύ των σημείων ελέγχου και επομένως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση.

Quality Analysis Tools

Τα εργαλεία αυτά έχουν σχεδιαστεί για να καθορίζεται η συνολική ποιότητα της συνόρθωσης, δηλαδή η επιτευχθείσα ακρίβεια του δικτύου. Κάθε εργαλείο περιγράφεται με λεπτομέρεια παρακάτω.

Σχετικό σφάλμα (Relative Error)

Οι ουσιαστικοί στόχοι της Μεθόδου Ελαχίστων Τετραγώνων είναι: 1) ο εντοπισμός χονδροειδών σφαλμάτων στα δεδομένα, 2) ο υπολογισμός της καλύτερης θέσης όλων των σημείων και 3) ο καθορισμός της ακρίβειάς τους. Το σχετικό σφάλμα είναι ένα από τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό αυτής της ακρίβειας εντοπισμού.

Το σχετικό σφάλμα δίνει μία εκτίμηση της αβεβαιότητας στη σχετική θέση ζευγών σημείων (site pairs) σε οριζόντια και κατακόρυφη θέση. Το κατακόρυφο σχετικό σφάλμα είναι μονοδιάστατο, γι' αυτό κι εκφράζεται από έναν αριθμό. Το αντίστοιχο οριζόντιο είναι δισδιάστατο και εκφράζεται από δύο αριθμούς οι οποίοι ορίζουν μια περιοχή στο οριζόντιο επίπεδο.

Η εξέταση του σχετικού σφάλματος μεταξύ σημείων δίνει μια ένδειξη για το επίπεδο της αβεβαιότητας μεταξύ δύο σημείων που υπολογίστηκαν στη συνόρθωση. Το μοντέλο συνόρθωσης του προγράμματος υπολογίζει και παρουσιάζει το σχετικό σφάλμα μεταξύ όλων των ζευγών σημείων (site pairs) που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους από μία απευθείας παρατήρηση (GPS vector). Εξετάστε τα οριζόντια και κατακόρυφα σχετικά σφάλματα. Κοιτάξτε τα μεγέθη τους ειδικά συγκρίνετε σχετικά σφάλματα για ζεύγη σημείων που έχουν παρόμοιες αποστάσεις μεταξύ τους. Τέτοια ζεύγη θα πρέπει να έχουν παρόμοια σχετικά σφάλματα. Αν κάποιο διαφέρει σημαντικά, αυτό σημαίνει πρόβλημα με την παρατήρηση σε αυτά τα σημεία ή έλλειψη επαρκούς πληροφορίας για τον αξιόπιστο εντοπισμό τους.

Σχετική ακρίβεια (Relative Accuracy)

Η πιο συνήθης μέθοδος καθορισμού της ακρίβειας είναι με σχετικούς όρους. Για παράδειγμα, αν οι προδιαγραφές ακρίβειας είναι 1:100000 ή 0.01m + 10ppm, αυτή είναι προδιαγραφή σχετικής ακρίβειας. Λέγεται έτσι, γιατί εξαρτάται από την απόσταση. Οι προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας αναφέρονται σε σχετική ακρίβεια μεταξύ νεοϊδρυθέντων σημείων. Αν οι σχετικές ακρίβειες μεταξύ όλων των ζευγών σημείων (site pairs) προκύπτουν 1:100000 ή και καλύτερες, τότε λέγεται ότι όλη η εργασία αγγίζει τη συγκεκριμένη προδιαγραφή.

Το πρόγραμμα υπολογίζει και παρουσιάζει τη σχετική ακρίβεια μεταξύ όλων ζευγών σημείων που συνδέονται μεταξύ τους από μία απευθείας παρατήρηση (GPS vector). Συγκρίνετε κάθε σχετική ακρίβεια με της προδιαγραφές:

- Αν όλα τα ζεύγη σημείων (site pairs) έχουν σχετική ακρίβεια που ξεπερνά αυτήν των προδιαγραφών, τότε η εργασία ικανοποιεί την απαιτούμενη ακρίβεια.
- Αν οποιοδήποτε ζεύγος έχει σχετική ακρίβεια κάτω από την απαιτούμενη, η αντίστοιχη παρατήρηση πρέπει να εξεταστεί για να διαπιστωθεί αν μπορεί να γίνει κάτι για να βελτιωθεί η σχετική ακρίβεια. Αν κριθεί απαραίτητο, μπορεί να χρειαστεί η συλλογή περισσότερων παρατηρήσεων για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις.

Όταν αναλύεται η σχετική ακρίβεια μεταξύ ζευγών σημείων, είναι σημαντικό να έχετε υπόψη σας τις δυνατότητες μετρήσεων του εξοπλισμού που χρησιμοποιείτε. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για εξοπλισμούς που περιέχουν ένα σταθερό, βασικό σφάλμα. Ο εξοπλισμός GPS ανήκει σε αυτήν την κατηγορία. Σε πολύ μικρές βάσεις, το βασικό σφάλμα μπορεί να περιορίσει την εφικτή σχετική ακρίβεια. Το ακόλουθο παράδειγμα εξηγεί αυτό το ζήτημα.

Ας υποθέσουμε ότι η ακρίβεια μετρήσεων ενός GPS είναι $0.010\text{m} + 2\text{ppm}$. Το βασικό σφάλμα εδώ είναι 0.010m . Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αναμένετε ένα σφάλμα τουλάχιστον 0.010m σε όλες τις μετρήσεις. Το 2ppm ($1:500000$) είναι εξαρτώμενο από την απόσταση. Όσο πιο μεγάλο το μήκος της μέτρησης, τόσο μεγαλύτερο το σφάλμα. Χρησιμοποιώντας αυτήν την προδιαγραφή, το αναμενόμενο σφάλμα σε μία παρατήρηση 10Km θα πρέπει να είναι $0.010\text{m} + (2\text{ppm των } 10000 \text{ μέτρων})$. Δηλαδή $0.010\text{m} + 0.020\text{m} = 0.030\text{m}$. Σφάλμα 0.030m σε 10Km παρατήρηση δίνει μια σχετική ακρίβεια $1:333333$. Αν σε αυτό το παράδειγμα, η απαιτούμενη σχετική ακρίβεια μιας μέτρησης ήταν $1:100000$, τότε δεν υπάρχει πρόβλημα.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι έχουμε μία μέτρηση μικρότερου μήκους. Χρησιμοποιώντας την ίδια ακρίβεια μέτρησης ($0.010\text{m} + 2\text{ppm}$), ας τη δούμε σε μία πολύ μικρότερη μέτρηση. Σε 1Km παρατήρησης, το αναμενόμενο σφάλμα θα είναι $0.010\text{m} + (2\text{ppm των } 1000 \text{ μέτρων})$. Αυτό οδηγεί σε ένα αναμενόμενο σφάλμα $0.010\text{m} + 0.002\text{m} = 0.012\text{m}$. Ένα τέτοιο σφάλμα σε παρατήρηση 1Km δίνει σχετική ακρίβεια $1:83333$. Αν, σε αυτό το παράδειγμα, η απαιτούμενη σχετική ακρίβεια της μέτρησης ήταν $1:100000$, τότε αυτή δεν επιτεύχθηκε. Παρόλα αυτά, η παρατήρηση αγγίζει την ακρίβεια μέτρησης του εξοπλισμού. Δεν μπορεί να γίνει τίποτα για να βελτιωθούν τα αποτελέσματα.

Αυτό το παράδειγμα δείχνει το πρόβλημα που συναντάται όταν δουλεύει κανείς με προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας χρησιμοποιώντας μόνο ένα σχετικό όρο. Όλες οι απαιτούμενες προδιαγραφές πρέπει να περιλαμβάνουν ένα βασικό συστατικό. Στο παραπάνω παράδειγμα. Αν η απαιτούμενη ακρίβεια άλλαζε από $1:100000$ σε $0.010\text{m} + 1:100000$, η παρατήρηση του 1Km θα ικανοποιούσε τις προδιαγραφές. Το επιτρεπόμενο σφάλμα θα ανέβαινε σε 0.020m σε μία παρατήρηση 1Km χρησιμοποιώντας αυτήν τη νέα προδιαγραφή.

Site Pair QA Test

Τα ζεύγη σημείων (site pairs) χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί η σχετική ακρίβεια της εργασίας. Η σχετική ακρίβεια υπολογίζεται μεταξύ κάθε ζεύγους σημείων που συνδέονται μεταξύ τους με απευθείας παρατήρηση (GPS vector). Αφού υπολογιστεί, συγκρίνεται με τις επιθυμητές προδιαγραφές. Αν όλες είναι καλύτερες από τις απαιτούμενες, τότε λέγεται ότι η εργασία καλύπτει τις προδιαγραφές.

Το πρόγραμμα σας επιτρέπει να εισάγετε την επιθυμητή προδιαγραφή σχετικής ακρίβειας για μια εργασία. Από αυτήν, υπολογίζεται ένα μέγιστο σφάλμα για κάθε ζεύγος σημείων (site pair) βασισμένο στην απόσταση μεταξύ τους. Αυτό το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα συγκρίνεται κατόπιν με το σχετικό σφάλμα που υπολογίστηκε για το ζεύγος. Αν το τελευταίο είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο, τότε καλύπτονται οι προδιαγραφές.

Το πρόγραμμα ελέγχει αυτόματα κάθε ζεύγος για την εν λόγω ακρίβειά του. Αυτό το τεστ ονομάζεται Site Pair QA Test.

- Αν το τεστ είναι επιτυχές, η σχετική ακρίβεια του ζεύγους αγγίζει ή και ξεπερνά τις προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας. Αν αυτό ισχύει για όλα τα ζεύγη, τότε όλη η εργασία πληροί τις προδιαγραφές ακρίβειας.
- Αν το τεστ δεν είναι επιτυχές, η σχετική ακρίβεια του ζεύγους δεν καλύπτει τις προδιαγραφές. Η αντίστοιχη παρατήρηση πρέπει να εξεταστεί για να ερευνηθεί αν μπορεί να γίνει κάτι για να βελτιωθεί η σχετική ακρίβεια. Αν κριθεί απαραίτητο, πρέπει να γίνουν περισσότερες παρατηρήσεις.

Αβεβαιότητες

Ένα από τα προϊόντα της συνόρθωσης με Μ.Ε.Τ. είναι η εκτίμηση του σφάλματος που σχετίζεται με κάθε συνορθωμένη παρατήρηση (GPS vector) και με κάθε συνορθωμένη παράμετρο (GPS points). Αυτές οι αβεβαιότητες μπορούν να εξεταστούν για να καθοριστεί η ποιότητα της τελικής συνόρθωσης και, επίσης, το καταδειχτούν προβληματικές περιοχές.

Το πρόγραμμα υπολογίζει και εμφανίζει αβεβαιότητες για όλες τις παρατηρήσεις και παραμέτρους. Αυτές οι αβεβαιότητες μπορούν να παρουσιαστούν σε δύο επίπεδα εμπιστοσύνης, τυπικό σφάλμα και σφάλμα 95%. Το τυπικό σφάλμα ορίζει με περιοχή σφάλματος μέσα στην οποία υπάρχει 68% πιθανότητα να βρίσκεται η πραγματική τιμή της παρατήρησης ή της παραμέτρου. Αντίστοιχα, για ποσοστό 95% συμβαίνει με την περίπτωση του σφάλματος 95%. Οι αβεβαιότητες παρουσιάζονται σε οριζόντια και κατακόρυφα όρια αναφοράς.

Ως τμήμα της ανάλυσης ποιότητας της συνόρθωσης, οι αβεβαιότητες για βάσεις και παρατηρήσεις πρέπει να εξετάζονται. Οι βάσεις παρόμοιου μήκους πρέπει να έχουν παρόμοιες αβεβαιότητες. Σημεία προκύπτοντα από βάσεις παρόμοιου μήκους πρέπει επίσης να έχουν αντίστοιχες αβεβαιότητες. Κάθε βάση ή σημείο με αβεβαιότητα που φαίνεται πολύ μεγάλη πρέπει να εξετάζεται διεξοδικά.

Υπάρχει μια τάση των κύκλων της βιομηχανίας να αποφύγουν τις προδιαγραφές σχετικής ακρίβειας και να υιοθετήσουν αυτές της απόλυτης ακρίβειας. Οι τελευταίες καθορίζουν ένα επιτρεπόμενο σφάλμα για τα σημεία, σε αντίθεση με αυτές της σχετικής ακρίβειας που καθορίζουν επιτρεπόμενο σφάλμα μεταξύ των σημείων. Για να καθοριστεί η απόλυτη ακρίβεια για τα σημεία, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι αβεβαιότητές τους. Αν αυτές είναι μικρότερες από την προδιαγραφή απόλυτης ακρίβειας, τότε τα σημεία και η εργασία συνολικά ικανοποιούν την προδιαγραφή. Αν η αβεβαιότητα κάποιου σημείου είναι μεγαλύτερη από την προδιαγραφή απόλυτης ακρίβειας, τότε το σημείο και οι βάσεις που οδηγούν σε αυτό πρέπει να εξεταστούν. Και πάλι, μπορεί να χρειαστούν περισσότερες παρατηρήσεις.

2.2 ΠΟΛΥΓΩΝΟΜΕΤΡΙΑ

2.2.1. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ–ΕΠΙΛΟΓΗ / ΣΗΜΑΝΣΗ / ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΣΤΑΣΕΩΝ

Η προς αποτύπωση περιοχή είναι μέρος της χερσαίας λιμενικής ζώνης της νήσου Μυκόνου και εκτείνεται από την περιοχή του αρχαιολογικού μουσείου έως το δυτικό μέρος της περιοχής κάστρου – Παραπορτιανής , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα .



Πανοραμική άποψη περιοχής προς αποτύπωση (πηγή : Google Earth)

Με τον αριθμό 1 σημειώνεται το αρχαιολογικό μουσείο , ενώ με τον αριθμό 2 η εκκλησία της Παραπορτιανής .

Η επιλογή των στάσεων της αποτύπωσης έγινε με βάση διάφορα κριτήρια . Τα βασικότερα από αυτά είναι:

- η αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των στάσεων,
- το πλήθος και η πυκνότητα των σημείων της προς αποτύπωση περιοχής.

Άλλοι παράγοντες που επηρέασαν την επιλογή των στάσεων είναι η μορφολογία η ρυμοτομία και οι κυκλοφοριακές συνθήκες της περιοχής . Όσον αφορά τη ρυμοτομία και τη μορφολογία της , η περιοχή χαρακτηρίζεται από

πυκνή δόμηση και στενά δρομάκια . Το έδαφος είναι στο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς του πλακόστρωτο , με λίγα ασφαλτοστρωμένα μέρη κυρίως στην αρχή και στο τέλος της όδευσης . Η ακτογραμμή καλύπτεται σε μερικά σημεία από άμμο ή βράχια όπως διακρίνεται στη φωτογραφία .

Η σήμανση των στάσεων έγινε με ατσάλοπρόκες και μπογιά . Η εξασφάλιση κάθε στάσης έγινε μετρώντας την απόσταση της Στάσης από τρία (3) γειτονικά σταθερά σημεία με μετροταινία . Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι εξασφαλίσεις των στάσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην αποτύπωση .

2.2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Εισαγωγή

Πολυγωνομετρία ονομάζεται το στάδιο κατά το οποίο γίνονται οι απαραίτητες μετρήσεις για την επίλυση της όδευσης . Αυτές είναι οι μετρήσεις όλων των πλευρών και όλων των γωνιών θλάσεως της όδευσης . Οι γωνίες θλάσεως είναι οι δεξιόστροφες οριζόντιες γωνίες μεταξύ των πλευρών της όδευσης , κατά την πορεία επίλυσής της . Οι μετρήσεις των γωνιών και των πλευρών είναι γνωστές σαν εργασίες πεδίου ενώ οι διαδικασίες επίλυσης της όδευσης μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι γνωστές ως εργασίες γραφείου .

Εργασίες πεδίου

Η όδευσή μας αποτελείται από δεκαεφτά (17) στάσεις . Χρησιμοποιήθηκε επιπλέον ένα προϋπάρχον σημείο με σταθερές συντεταγμένες και γνωστό υψόμετρο , για την εξάρτηση της όδευσης . Τα σημεία αυτά ονομάστηκαν TR11 , βρίσκονται πάνω στο μόλο του παλαιού λιμένα της Μυκόνου και απέχει 261,59 m αντίστοιχα από την πρώτη στάση της αποτύπωσης .



Σκαρίφημα των TR11 , TR22 σε σχέση με τη στάση ΣΤ1 (πηγή : Google Earth)

Μετρήσεις γωνιών

Μετρήθηκαν οι γωνίες θάλασσης της όδευσης με γεωδαιτικό σταθμό με τη μέθοδο των περιόδων στην πλειοψηφία των στάσεων και με την μέθοδο των διευθύνσεων στους πολυγωνομετρικούς κόμβους .

• Μέθοδος περιόδων

Στις στάσεις ΣΤ2 ,ΣΤ3 ,ΣΤ4 ,ΣΤ6 ,ΣΤ7 ,ΣΤ9 ,ΣΤ10 ,ΣΤ11 ,ΣΤ12 ,ΣΤ13 ,ΣΤ15 ,ΣΤ16 και ΣΤ17 οι οριζόντιες γωνίες μετρήθηκαν με την μέθοδο των περιόδων σε δύο περιόδους.

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο η γωνία μετρείται περισσότερες από μια φορές με διαφορετικές αφετηρίες πάνω στον οριζόντιο κύκλο με σκοπό την απαλοιφή των σφαλμάτων διαίρεσης του κύκλου. Από την κορυφή της γωνίας σκοπεύονται τα σημεία που ορίζουν τις πλευρές της σε πρώτη θέση τηλεσκοπίου (1^η ημιπερίοδος) . Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η διαδικασία κατά αντίθετη φορά σε δεύτερη θέση τηλεσκοπίου (2^η ημιπερίοδος) . Οι δύο ημιπερίοδοι συνιστούν μια περίοδο . Η δεύτερη περίοδος ξεκινάει με αφετηρία την πρώτη σκόπευση αυξημένη κατά $200/n$ grad (βήμα περιόδου) όπου n , ο αριθμός των περιόδων (στη συγκεκριμένη περίπτωση $n = 2$) . Επαναλαμβάνεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην πρώτη περίοδο . Η τελική τιμή της γωνίας είναι η μέση τιμή των γωνιών που προκύπτουν από κάθε περίοδο .

• Μέθοδος διευθύνσεων

Πολυγωνομετρικός κόμβος ονομάζεται το σημείο στο οποίο καταλήγουν τρεις ή και περισσότερες στάσεις . Οι στάσεις Στ1 , Στ5 ,Στ8 και Στ14 αποτελούν πολυγωνομετρικούς κόμβους οπότε για αυτόν το λόγο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των διευθύνσεων για τη μέτρηση των οριζοντίων γωνιών .

Γενικά η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε όλες τις περιπτώσεις κατά τις οποίες από ένα σημείο μετρούνται περισσότερες από μία γωνίες . Σκοπεύεται μία στάση από τον κόμβο σε πρώτη θέση τηλεσκοπίου σαν διεύθυνση αναφοράς και στη συνέχεια σκοπεύονται οι υπόλοιπες στάσεις δεξιόστροφα . Επαναλαμβάνεται η διαδικασία σε δεύτερη θέση τηλεσκοπίου . Στο τέλος κάθε ημιπεριόδου σκοπεύεται εκ νέου η διεύθυνση αναφοράς .

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για η περιόδους , προσθέτοντας πάντα το βήμα περιόδου 200/η (στη συγκεκριμένη περίπτωση $n = 4$) στη διεύθυνση αναφοράς . Ο μέσος όρος των αναγνώσεων σε πρώτη και δεύτερη θέση τηλεσκοπίου μας δίνει τη μέση τιμή κάθε σκόπευσης . Η διαφορά της σκόπευσης αναφοράς από κάθε μια από τις υπόλοιπες που περιλαμβάνονται στην περίοδο μας δίνει τη μέση ανοιγμένη τιμή κάθε σκόπευσης . Η μέση τιμή των αντίστοιχων ανοιγμένων τιμών μας δίνει τη γενική μέση τιμή κάθε σκόπευσης .

Η γωνίες προκύπτουν από αφαίρεση των γενικών μέσων τιμών των αντίστοιχων σκοπεύσεων μεταξύ τους .

Μετρήσεις αποστάσεων

Μετρήθηκαν οι αποστάσεις μεταξύ όλων των στάσεων της αποτύπωσης με γεωδαιτικό σταθμό και όπου ήταν δυνατό με μετροταινία , σε μετάβαση και επιστροφή .

Η βασική αρχή μέτρησης αποστάσεων με το γεωδαιτικό σταθμό είναι η εξής : ο γεωδαιτικός σταθμός , ο οποίος λειτουργεί και ως πομπός αλλά και ως δέκτης εκπέμπει ακτινοβολία laser προς το πρίσμα , η οποία ανακλάται από αυτό και γυρίζει πίσω στο γεωδαιτικό σταθμό .

Η απόσταση υπολογίζεται είτε από τη χρονική διαφορά μεταξύ της εκπεμπόμενης και της ανακλώμενης ακτινοβολίας είτε από τη διαφορά φάσης των δυο αυτών ακτινοβολιών .

1) Σφάλματα μετρήσεων

Τα σφάλματα μετρήσεων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

Συστηματικά σφάλματα : Τα συστηματικά σφάλματα εμφανίζονται με την ίδια τιμή και το ίδιο πρόσημο όσο διατηρούνται αναλλοίωτες οι συνθήκες μέτρησης . Ακολουθούν πάντα ένα φυσικό ή μαθηματικό νόμο , επομένως είναι δυνατό να υπολογιστούν και να απομακρυνθούν από τις μετρήσεις , ή ακόμα και να εξαλειφθούν με διπλές μετρήσεις . Πηγή των συστηματικών σφαλμάτων είναι κυρίως το όργανο είτε λόγω ελαττωματικής κατασκευής ή λόγω ελαττωματικής ρύθμισης , αλλά μπορούν να προέρχονται και από άλλες πηγές , όπως τον παρατηρητή ή των στοχοφόρο ή ακόμα και από εξωτερικά φαινόμενα (π.χ. καιρικές συνθήκες) .

Χονδροειδή σφάλματα : Τα σφάλματα αυτά είναι πολύ μεγαλύτερα από εκείνα που επιτρέπουν οι ατέλειες του οργάνου ή οι άλλες πηγές σφαλμάτων . Προέρχονται από κακή κρίση ή απροσεξία και δεν είναι δυνατό να αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης . Εντοπίζονται με συμπληρωματικές μετρήσεις ελέγχου ή ακόμα και από ανωμαλίες στο σχέδιο .

Τυχαία σφάλματα : Τα σφάλματα της κατηγορίας αυτής προκαλούνται από το συνδυασμό ενός συνόλου παραγόντων ανακρίβειας των μετρήσεων που δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί ο βαθμός επιρροής τους και πολλές φορές ούτε η προέλευσή τους . Η διόρθωση της μέτρησης από τέτοια σφάλματα δεν είναι δυνατή γιατί είναι τυχαίο σε κάθε μέτρηση το μέγεθος και το πρόσημό τους . Γίνονται φανερά από τη διαφορά που βρίσκουμε στην τιμή ενός μεγέθους μετά από επαναλαμβανόμενες μετρήσεις .

Με την μελέτη των τυχαίων σφαλμάτων ασχολείται η θεωρία τυχαίων σφαλμάτων η οποία στηρίζεται στις αρχές και τους νόμους των πιθανοτήτων και σκοπός της είναι η εύρεση της πιθανότερης τιμής ενός μεγέθους και ο προσδιορισμός ενός μέτρου ακριβείας της τιμής αυτής και του συνόλου των μετρήσεων . Προτού αρχίσει η μελέτη των τυχαίων σφαλμάτων μιας μέτρησης πρέπει αυτή να είναι απαλλαγμένη από συστηματικά και χονδροειδή σφάλματα .

Στην περίπτωση μας , οι μετρήσεις των γωνιών έγιναν με τη μέθοδο των περιόδων και στους πολυγωνομετρικούς κόμβους με τη μέθοδο των διευθύνσεων , ενώ οι μετρήσεις των πλευρών έγιναν σε μετάβαση και επιστροφή για την εύρεση των πιθανότερων τιμών των γωνιών και των πλευρών αντίστοιχα . Όπου χρειάστηκε έγινε επανάληψη των μετρήσεων για

την εξάλειψη κυρίως των χονδροειδών σφαλμάτων . Τα όργανα που μας παραχωρήθηκαν για την εκπόνηση των εργασιών ήταν ελεγμένα και δεν παρουσίασαν καμία ατέλεια κατά τη διάρκεια αυτών .

2) Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωδαιτικού σταθμού

Το όργανο που μας παραχωρήθηκε για την αποτύπωση είναι ο γεωδαιτικός σταθμός GPT 3005 N της σειράς GPT 3005 PULSE TOTAL STATION της Topcon . Ο σταθμός αυτός είναι απλός στο χειρισμό , διαθέτει μνήμη χωρητικότητας έως 8000 σημεία για αποτύπωση και έως 16000 σημεία για χάραξη , δυνατότητα μέτρησης χωρίς πρίσμα καθώς και την τεχνολογία Pulse Laser (παλμικό laser) για σωστότερες μετρήσεις . Η τεχνολογία παλμικού laser χρησιμοποιεί την αρχή του υπολογισμού αποστάσεων μέσω της μέτρησης του χρόνου μεταξύ της εκπομπής και της λήψης του σήματος από το σταθμό . Η τεχνολογία αυτή έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει το λαμβανόμενο από το στόχο σήμα και να το φιλτράρει από τα σήματα τα οποία προέρχονται από σημεία μπροστά ή πίσω από το στόχο . Παράδειγμα :



Μετρώντας το σημείο A , η ακτίνα παλμικού laser ανακλάται από αυτό αλλά και από το σημείο B που βρίσκεται πίσω από το A .



Αυτές είναι οι μορφές των ακτινών παλμικού laser μετά την ανάκλασή τους από τα σημεία A και B αντισίχτα .



Αν και οι τιμές των σημμάτων A και B μετρούνται μαζί , τα σχήματά τους διαφέρουν



Λόγω αυτού του γεγονότος ο γεωδαιτικός σταθμός μπορεί να ξεχωρίσει το σήμα A που μας ενδιαφέρει από το σήμα B

(πηγή εικόνων www.topcon.com).

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του γεωδαιτικού σταθμού GPT 3005 N :

Τηλεσκόπιο	
Μεγέθυνση	30x
Πεδίο ορατότητας	1° 30'
Ελάχιστη απόσταση εστίασης	1,3 m
Φωτισμός	παρέχεται
Μέτρηση αποστάσεων (με πρίσμα)	
Πρίσμα	3000 m
Ακρίβεια	± (3mm + 2 ppm) mse
Ελάχιστη ανάγνωση	Fine:0,2mm Coarse:1mm Tracking:10mm
Χρόνος μέτρησης	Fine:1,2sec Coarse:0,5sec Tracking:0,3sec
Μέτρηση αποστάσεων (χωρίς πρίσμα)	
Kodak white card	1,5 - 250 m
Ακρίβεια	5mm mse (πάνω από 25 m) 10 mm mse (1,5 -25 m)
Κατηγορία Laser	1
Μέτρηση γωνιών	
Ακρίβεια (τυπική απόκλιση βασισμένη σε DIN 18723)	5" (1,5 mgon)
Ελάχιστη ανάγνωση	5" (1,0 mgon)
Αισθητήρας οριζοντίωσης	
Τύπος	Διπλού άξονα
Συμβιβαστική εμβέλεια	±3'
Οπτικό σκόπευτρο	
Μεγέθυνση	3 X
Πεδίο ορατότητας	5°
Κατηγορία σκοπευτικού Laser (μόνο για τύπο σκοπευτικού Laser)	Κλάση 2
Οθόνη	
	Διπλή LCD 160X64 pixels
Λοιπά	
Ύψος οργάνου	176mm
Οδηγός σημείων	παρέχεται
Διαστάσεις	336(ύψος) x 184(πλάτος) x 174(μήκος) mm
Βάρος (με μπαταρία)	5.1 kg
Προστασία από νερό και σκόνη	IP66
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20 ° C έως +50 ° C
Επαναφορτιζόμενη μπαταρία BT-52QA	
Μέγιστος χρόνος λειτουργίας με μετρήσεις αποστάσεων	4.2 ώρες
Βάρος	0,300 kg
Φορτιστής μπαταρίας BC-27CR	
Χρόνος φόρτισης (στους 20° C)	1.8 ώρες

Εργασίες γραφείου

Μετά το τέλος των εργασιών πεδίου ακολούθησαν οι εργασίες γραφείου όπου επιλύθηκε η όδευση μετά από επεξεργασία των μετρήσεων . Έγιναν οι εξής εργασίες με την ακόλουθη σειρά :

- 1) Εισαγωγή των μετρήσεων από το όργανο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και μετατροπή των αρχείων σε κατάλληλο format για επεξεργασία μέσω του προγράμματος TECS της Topcon .
- 2) Εισαγωγή των μετρήσεων στο πρόγραμμα Excel της Microsoft . Επεξεργασία γωνιομετρήσεων και πλευρομετρήσεων , εξαγωγή μέσω τιμών γωνιών και πλευρών .
- 3) Επίλυση πολυγωνικών οδεύσεων στο Excel .
- 4) Εισαγωγή συντεταγμένων των στάσεων στο extension tool RAPORT στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 2006 .

· Εισαγωγή μετρήσεων στον Η/Υ – Μετατροπή αρχείων – TECS

Έγινε εισαγωγή των μετρήσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή από το όργανο μέσω καλωδίου μεταφοράς δεδομένων . Η εισαγωγή των μετρήσεων έγινε στο πρόγραμμα TECS για μια πρώτη επεξεργασία τους . Οι μετρήσεις μετά την εξαγωγή από το όργανο αποθηκεύονται με μορφή κειμένου σε αρχείο notepad και εμφανίζονται με την ακόλουθη μορφή :

stathera_azor_01_12 - Σημειωματάριο											
Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια							
51,	1.435,	0.0000,	34.793,	-0.8470	11,	1.435,	347.0900,	12.184,	-1.2220	2,	1.435,
4,	1.435,	165.3260,	18.916,	0.9380	5,	1.435,	160.2820,	19.356,	0.9960	6,	1.435,
54,	1.435,	0.0000,	111.748,	0.0730	8,	1.435,	181.9090,	60.941,	3.2670	9,	1.435,
11,	1.435,	189.7440,	36.157,	0.6980	12,	1.435,	171.1100,	25.211,	-0.9310	13,	1.435,
14,	1.435,	2.6160,	105.420,	-0.0220	15,	1.435,	13.5980,	103.381,	-0.1880	16,	1.435,
18,	1.435,	205.2210,	98.5810	0.18,	17,	1.435,	204.7820,	10.360,	0.2310	18,	1.435,
20,	1.435,	218.7270,	39.050,	0.8840	19,	1.435,	0.0000,	37.365,	-1.2000	20,	1.435,
23,	1.435,	285.4520,	22.004,	-1.4720	21,	1.435,	299.6950,	103.3140	0.25,	22,	1.435,
27,	1.435,	36.2800,	7.212,	-0.0260	23,	1.435,	367.5380,	8.654,	0.2700	24,	1.435,
31,	1.435,	102.4660,	27.962,	-1.1940	25,	1.435,	0.0000,	43.138,	-0.4350	26,	1.435,
34,	1.435,	166.4930,	19.153,	2.0210	27,	1.435,	208.5040,	19.474,	0.1300	28,	1.435,

Οι μετρήσεις σε αυτή την πρώτη μορφή παρουσίασής τους περιέχουν τον κωδικό του σημείου , το ύψος οργάνου καθώς και τον κωδικό , την οριζόντια γωνία , την οριζόντια απόσταση και την υψομετρική διαφορά των σημείων . Ακολουθεί η μετατροπή τους σε πιο αναγνώσιμη μορφή και με τα περιεχόμενα των δεδομένων που χρειαζόμαστε :

```

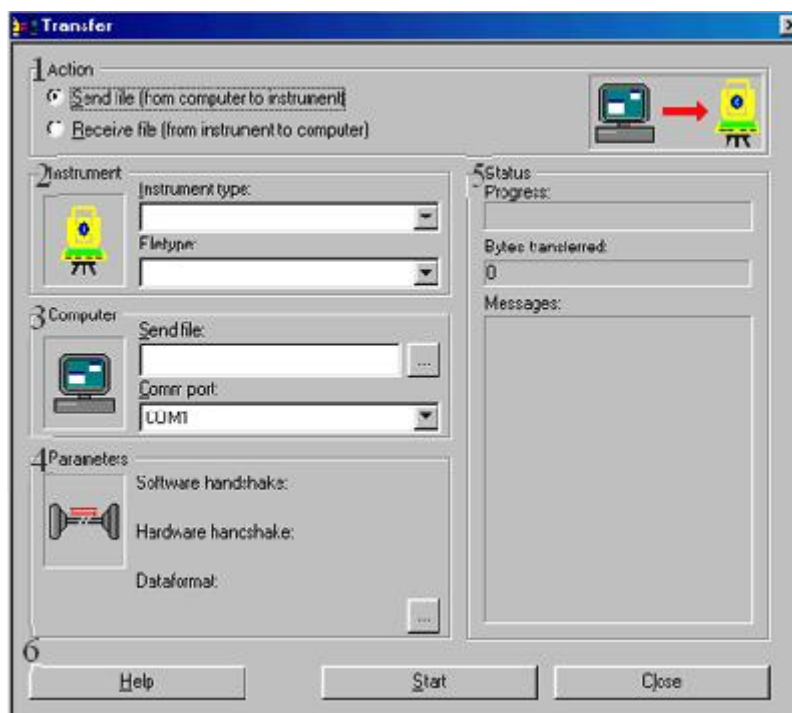
S1,1.435,0.0000,34.793,-0.847
1,1.435,347.0900,12.184,-1.222
2,1.435,299.5220,9.989,-0.874
3,1.435,319.0330,18.232,-2.209
4,1.435,165.3260,18.916,0.938
5,1.435,160.2820,19.356,0.996
6,1.435,198.8130,38.364,1.671
7,1.435,190.9060,32.830,1.592
S4,1.435,0.0000,111.748,0.073
8,1.435,181.9090,60.941,3.267
9,1.435,182.7290,54.381,2.571
10,1.435,189.1080,37.691,0.881
11,1.435,189.7440,36.157,0.698
12,1.435,171.1100,25.211,-0.931
13,1.435,176.3340,25.142,-0.946
14,1.435,2.6160,105.420,-0.022
15,1.435,13.5980,103.381,-0.188
16,1.435,122.0180,4.788,-0.096
17,1.435,164.3540,7.037,0.292
    
```



Το πρόγραμμα TECS (Topcon Europe Communication Software)

δημιουργήθηκε από την Topcon , λειτουργεί σε περιβάλλον Windows και χρησιμοποιείται για μεταφορά δεδομένων μεταξύ Η/Υ και οργάνου καθώς και για μετατροπή και διαχείριση αρχείων δεδομένων . Είναι συμβατό με τα περισσότερα μοντέλα οργάνων της Topcon και διατίθεται δωρεάν από την επίσημη ιστοσελίδα της Topcon Europe . Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι λειτουργίες του .

Μεταφορά δεδομένων (Data Transfer)



1→ Action : Επιλογή λήψης ή εκπομπής στοιχείων από ηλεκτρονικό υπολογιστή

2→ Instrument : Επιλογή μοντέλου οργάνου και τύπου αρχείου λήψης ή εκπομπής από το όργανο .

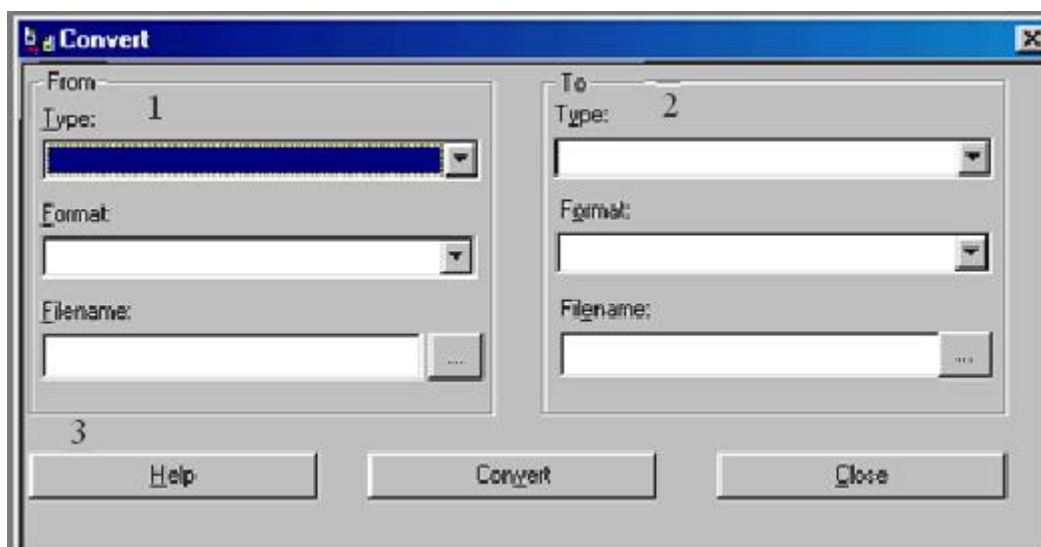
3→ Computer : Επιλογή αρχείου προς αποστολή ή χώρου αποθήκευσης ληφθέντος αρχείου στον υπολογιστή .

4→ Parameters : Επιλογή ταχύτητας και πρωτοκόλου μετάδοσης δεδομένων και format αρχείου .

5→ Status : Παρουσίαση προόδου διαδικασίας και όγκου μεταδιδόμενων δεδομένων.

6→ Start , Stop , Help : Επιλογή αρχής διαδικασίας , κλεισίματος παραθύρου και εντολή βοήθειας.

B) Μετατροπή δεδομένων (Data Convert)

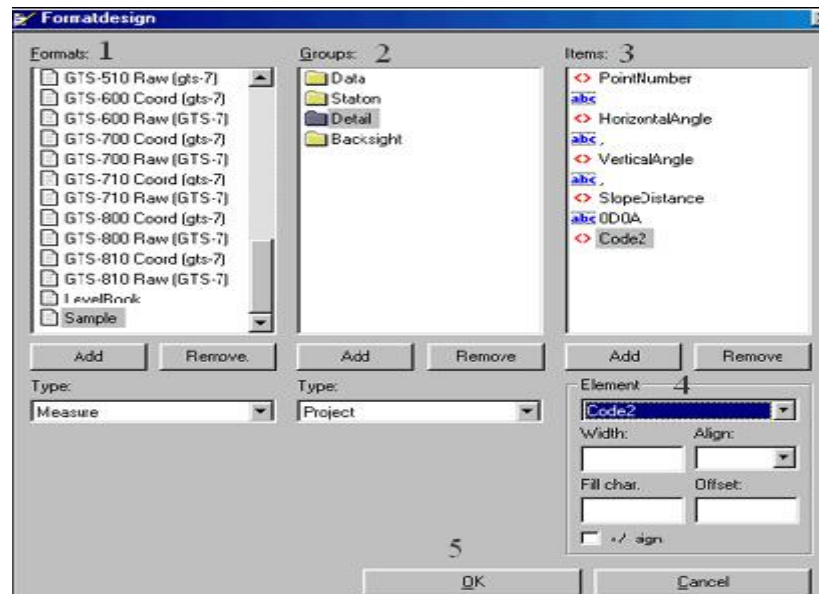


1→ Convert from : Επιλογή τύπου , format και ονόματος αρχείων προς μετατροπή .

2→ Convert to : Επιλογή τύπου , format και ονόματος αρχείου μετά από μετατροπή .

3→ Convert , Close , Help : Επιλογή αρχής διαδικασίας , κλεισίματος παραθύρου και εντολή βοήθειας .

Γ) Διαχείριση δεδομένων (Format Design)



1→ Formats : Επιλογή και προσθαφαίρεση format αρχείων που διατίθενται από το πρόγραμμα .

2→ Groups : Επιλογή και προσθαφαίρεση ομάδων δεδομένων συγκεκριμένου format.

3→ Items : Επιλογή και προσθαφαίρεση δεδομένων που ανήκουν σε συγκεκριμένη ομάδα .

4→ Element , Text : Επιλογή τύπου δεδομένων του Item box (Element : μεταβλητή τιμή , Text : αμετάβλητη τιμή)

5→ OK , Cancel : Επιβεβαίωση , κατάργηση αλλαγών

· Εισαγωγή μετρήσεων στο Excel – Υπολογισμός γωνιών και πλευρών

Μετά τη λήψη και μετατροπή των πλευρομετρήσεων και των γωνιομετρήσεων σε κατάλληλο format , ακολούθησε η εισαγωγή τους στο Excel για τον υπολογισμό των τιμών των γωνιών και των πλευρών .

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί των πλευρών και των γωνιών των οδεύσεων , καθώς και οι επιλύσεις των οδεύσεων .

Γωνίες

1) Μέθοδος περιόδων

Η τελική τιμή κάθε γωνίας που μετρήθηκε με την μέθοδο των περιόδων είναι η μέση τιμή των γωνιών που προκύπτουν από κάθε μια από τις δύο περιόδους .

2) Μέθοδος διευθύνσεων

Η τελική τιμή κάθε διεύθυνσης που μετρήθηκε από τους πολυγωνομετρικούς κόμβους είναι η μέση τιμή των αντίστοιχων διευθύνσεων που προκύπτουν από κάθε μια από τις τέσσερις περιόδους . Η τιμή κάθε γωνίας προκύπτει από αφαίρεση της αντίστοιχης διεύθυνσης από τη διεύθυνση αναφοράς .

Οι δύο αυτές μέθοδοι γωνιομετρήσεων αναλύθηκαν παραπάνω .

Πλευρές

Η τελική τιμή κάθε πλευράς είναι η μέση τιμή των τιμών μετάβασης και επιστροφής .

ΠΛΕΥΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

πλευρά	Μετάβαση	Επιστροφή	Μέσος Όρος
S1-S2	34,795	34,796	34,796
S2-S3	78,806	78,807	78,807
S3-S4	111,746	111,745	111,746
S4-S5	37,366	37,367	37,367
S5-S6	28,920	28,918	28,919
S6-S8	40,710	40,714	40,712
S5-S7	43,140	43,143	43,142
S7-S8	24,734	24,733	24,734
S8-S9	23,045	23,049	23,047
S9-S10	34,569	34,571	34,570
S10-S11	73,435	73,438	73,437
S11-S12	33,613	33,615	33,614
S12-S13	115,260	115,260	115,260
S13-S14	108,084	108,086	108,085
S14-S15	40,318	40,320	40,319
S15-S16	47,222	47,220	47,221
S16-S17	15,588	15,594	15,591
S14-S17	36,066	36,063	36,065

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΓΩΝΙΩΝ						
	Σημείο Σκόπευσης	Θέση Τηλεσκοπίου		Μέση Τιμή	Γωνία	Μέσος Όρος Γωνίας
		I	II			
		S1				
1η περίοδος	TR11	58,0550	258,0580	58,0565		
	S2	174,7510	274,7530	174,7520	116,6955	
						116,6945
2η περίοδος	TR11	158,1010	258,0990	158,1000		
	S2	274,7920	374,7950	274,7935	116,6935	
		S2				
1η περίοδος	S1	288,6080	88,6070	288,6075		
	S3	218,5360	18,5340	218,5350	329,9275	
						329,9290
2η περίοδος	S1	388,5000	188,5070	388,5005		
	S3	318,4300	118,4320	318,4310	329,9305	
		S3				
1η περίοδος	S2	78,8950	278,8950	78,8950		
	S4	300,2260	300,2270	300,2265	221,3315	
						221,3305
2η περίοδος	S2	179,1690	379,1700	179,1695		
	S4	0,5000	200,4980	0,4990	221,3295	
		S4				
1η περίοδος	S2	59,2680	259,2670	59,2675		
	S4	277,9150	77,9130	277,9140	218,6465	
						218,6470
2η περίοδος	S2	158,8530	358,8540	158,8535		
	S4	377,5000	177,5020	377,5010	218,6475	
		S5(Κόμβος)				
1η περίοδος	S4	75,0050	275,0080	75,0065	0,0000	
	S6	362,4500	162,4510	362,4505	287,4440	
	S7	273,1290	73,1300	273,1295	198,1230	
2η περίοδος	S4	174,8790	374,8780	174,8785	0,0000	
	S6	62,3230	262,3240	62,3235	287,4450	
	S7	373,0000	172,9980	372,9990	198,1205	
3η περίοδος	S4	274,8800	74,8780	274,8790	0,0000	
	S6	162,3240	362,3260	162,3250	287,4460	
	S7	73,0010	272,9990	73,0000	198,1210	
4η περίοδος	S4	375,0000	174,0090	374,0095	0,0000	0,0000
	S6	261,4570	61,4560	261,4565	287,4470	287,4455
	S7	172,1320	372,1350	172,1335	198,1240	198,1221
		S6				
1η περίοδος	S5	96,1280	296,1250	96,1265		
	S7	200,7330	0,7330	200,7330	104,6065	
						104,6053
2η περίοδος	S5	195,3970	395,3960	195,3965		
	S7	300,0000	100,0010	300,0005	104,6040	

		S7				
1η περίοδος	S5	370,6090	170,6100	370,6095		
	S8	264,9030	64,9010	264,9020	105,7075	
						105,7063
2η περίοδος	S5	70,6050	270,6060	70,6055		
	S8	364,9000	164,9010	364,9005	105,7050	
		S8(κόμβος)				
1η περίοδος	S6	226,6650	26,6630	226,6640	0,0000	
	S7	327,0270	127,0280	327,0275	100,3635	
	S5	91,2740	291,2750	91,2745	264,6105	
2η περίοδος	S6	327,2710	127,2690	327,2700	0,0000	
	S7	27,6330	227,6310	27,6320	100,3620	
	S5	191,8800	391,8810	191,8805	264,6105	
3η περίοδος	S6	30,0000	230,0020	30,0010	0,0000	
	S7	130,3630	230,3640	130,3635	100,3625	
	S5	291,6150	91,6110	294,6130	264,6120	
4η περίοδος	S6	132,2000	332,2030	132,2015	0,0000	0,0000
	S7	232,5640	332,5620	232,5630	100,3615	100,3624
	S5	396,8130	196,8150	396,8140	264,6125	264,6114
		S9				
1η περίοδος	S8	332,3960	132,3940	332,3950		
	S10	113,5640	313,5640	113,5640	218,8310	
						218,8308
2η περίοδος	S8	33,4310	233,4300	33,4305		
	S10	214,6000	14,6000	214,6000	218,8305	
		S10				
1η περίοδος	S9	27,7320	227,7300	27,7310		
	S11	245,9720	45,9710	245,9715	181,7595	
						181,7603
2η περίοδος	S9	127,0140	327,0140	127,0140		
	S11	345,2530	145,2530	345,2530	181,7610	
		S11				
1η περίοδος	S10	47,2670	247,2650	47,2660		
	S12	305,6690	105,6680	305,6685	141,5975	
2η περίοδος	S10	146,8440	346,8450	146,8445		
	S12	5,2490	205,2490	5,2490	141,5955	141,5965
		S12				
1η περίοδος	S11	389,8540	189,8540	389,8540		
	S13	196,0850	396,0870	196,0860	193,7680	
2η περίοδος	S11	90,7560	290,7570	90,7565		
	S13	296,9900	96,9880	296,9890	193,7675	193,7678
		S13				
1η περίοδος	S12	329,0010	128,9990	329,0000		
	S14	32,0290	232,0290	32,0290	296,9710	

2η περίοδος	S12	28,9860	228,9870	28,9865		
	S14	132,0120	232,0290	132,0120	296,9745	296,9728
		S14(κόμβος)				
1η περίοδος	S13	112,5200	312,5200	112,5200	0,0000	
	S15	278,6890	78,6880	278,6885	166,1685	
	S17	209,3310	9,3320	209,3315	96,8115	
2η περίοδος	S13	213,0890	13,0870	213,0880	0,0000	
	S15	379,2570	179,2570	379,2570	166,1690	
	S17	309,9000	109,9020	309,9010	96,8130	
3η περίοδος	S13	313,0000	113,0010	313,0005	0,0000	
	S15	79,1680	279,1670	79,1675	166,1670	
	S17	9,8150	109,8130	9,8140	96,8135	
4η περίοδος	S13	13,5000	213,5010	13,5005	0,0000	0,0000
	S15	179,6680	379,6660	179,6670	166,1665	166,1678
	S17	110,3130	210,3140	110,3135	96,8130	96,8128
		S15				
1η περίοδος	S14	170,9070	370,9060	170,9065		
	S16	292,7700	92,7680	292,7690	278,1375	
2η περίοδος	S14	270,9070	70,9070	270,9070		
	S16	392,7690	192,7670	392,7680	278,1390	278,1383
		S16				
1η περίοδος	S15	191,4330	391,4320	191,4325		
	S17	323,9060	123,9070	323,9065	267,5260	
2η περίοδος	S15	290,7570	90,7560	290,7565		
	S17	23,2300	223,2320	23,2320	267,5245	267,5253
		S17				
1η περίοδος	S14	383,8730	83,8730	383,8730		
	S16	307,5770	107,5760	307,5765	76,2965	
2η περίοδος	S14	83,7960	283,8000	83,7980		
	S16	7,5000	207,5000	7,5000	76,2980	76,2973

2.2.3.ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΟΛΥΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΟΔΕΥΣΕΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πολυγωνικές οδεύσεις συνδέονται γενικά και εξαρτώνται από το τριγωνομετρικό δίκτυο . Αποτελούνται από μια σειρά διαδοχικών σημείων του εδάφους που σχηματίζουν στην οριζόντια προβολή τους μια τεθλασμένη γραμμή . Υπολογισμός της όδευσης είναι ο υπολογισμός των συντεταγμένων των κορυφών της στο σύστημα αναφοράς του τριγωνομετρικού δικτύου της χώρας ή σε ένα ανεξάρτητο σύστημα αναφοράς . Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν από την επίλυση των οδεύσεων έγινε εξάρτησή τους από το ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (**ΕΓΣΑ 87**) . Η διαδικασία αυτή αναλύεται σε προηγούμενο κεφάλαιο .

Για τη συγκεκριμένη περιοχή ήταν αναγκαία η εγκατάσταση και μέτρηση τριών οδεύσεων : μία ανοικτή πλήρως εξαρτημένη και δύο κλειστές με γνωστές τις συντεταγμένες δύο κορυφών τους .

Ανοικτή πλήρως εξαρτημένη όδευση

Μια όδευση χαρακτηρίζεται ανοικτή όταν η αρχή και το τέλος της είναι δύο διαφορετικά σημεία που δεν ταυτίζονται . Κατά την εγκατάσταση αυτών των οδεύσεων επιδιώκουμε να είναι τεταμένες , δηλαδή οι γωνίες θλάσεως να μη διαφέρουν πολύ από 200 g . Μια τεταμένη όδευση έχει το πλεονέκτημα να είναι δυνατός ο διαχωρισμός γωνιακών και γραμμικών σφαλμάτων .

Οι πλήρως εξαρτημένες οδεύσεις είναι η κυριότερη κατηγορία οδεύσεων που εμφανίζεται στην πράξη . Οι οδεύσεις αυτής της κατηγορίας ξεκινάνε και καταλήγουν σε σημεία γνωστών συντεταγμένων από τα οποία έχουν μετρηθεί οι γωνίες προς δύο άλλα γνωστά σημεία .

Η ανοικτή , πλήρως εξαρτημένη όδευση της αποτύπωσης φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία :



Σκαρίφημα ανοικτής πλήρως εξαρτημένης όδευσης (πηγή : Google Earth)

Όπως φαίνεται στη φωτογραφία , η όδευση δεν είναι τεταμένη και τα μήκη των πλευρών της δεν είναι παρόμοια όπως θα έπρεπε κανονικά . Αυτό συνέβη λόγω της ιδιαιτερότητας της περιοχής (πυκνή δόμηση , σοκάκια)

ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΝΟΙΚΤΗΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗΣ ΟΔΕΥΣΗΣ ΑΠΟ ΤΑ 2 ΑΚΡΑ

	β	A	Sina	Cosa	S	ΔX	δx	$\Delta \Psi$	$\delta \psi$	X	Ψ
TR11		140,7365								617242,341	4145457,182
S1	116,6977	57,4342	0,784677010	0,61990482	34,796	27,303	0,003	21,570	0,008	617452,183	4145300,982
S2	329,9257	187,3600	0,197247466	-0,98035373	78,807	15,544	0,007	-77,258	0,018	617479,489	4145322,560
S3	221,3272	208,6872	-0,136034529	-0,99070410	111,746	-15,201	0,010	-110,707	0,025	617495,041	4145245,319
S4	218,6437	227,3309	-0,416245660	-0,90925219	37,367	-15,554	0,003	-33,976	0,008	617479,850	4145134,637
S5	287,4422	314,7731	-0,973195828	0,22997800	28,919	-28,144	0,003	6,651	0,006	617464,299	4145100,670
S6	104,6020	219,3750	-0,299665970	-0,95404418	40,712	-12,200	0,004	-38,841	0,009	617436,158	4145107,327
S8	264,6081	283,9831	-0,968517236	-0,24894651	23,047	-22,321	0,002	-5,737	0,005	617423,962	4145068,495
S9	181,1660	265,1491	-0,853861497	-0,52050028	34,570	-29,518	0,003	-17,994	0,008	617401,642	4145062,763
S10	218,2365	283,3856	-0,966137811	-0,25802661	73,437	-70,950	0,007	-18,949	0,016	617372,128	4145044,777
S11	258,4002	341,7858	-0,792213070	0,61024458	33,614	-26,629	0,003	20,513	0,007	617301,184	4145025,844
S12	206,2290	348,0147	-0,728810239	0,68471573	115,260	-84,003	0,010	78,920	0,026	617274,558	4145046,365
S13	103,0240	251,0387	-0,718549094	-0,69547624	108,085	-77,664	0,010	-75,171	0,024	617190,566	4145125,311
S14	166,1645	217,2032	-0,266949686	-0,96371047						617112,911	4145050,164
S15										617102,160	4145011,352
$\Sigma \beta$	2676,5094				ΣS	720,358				WX	0,065
$\alpha'1415$	217,2459				$\Sigma \Delta X$	-339,337				WY	0,160
$W\beta$	-0,0428				$\Sigma \Delta Y$	-250,978					
$\delta \beta$	-0,003289										

Οι στάσεις Στ1 από την οποία ξεκινάει , και η στάση Στ14 στην οποία καταλήγει η όδευση , είναι σημεία με σταθερές συντεταγμένες από την πύκνωση του τριγωνομετρικού δικτύου . Από τη Στ1 μετρήθηκε το σημείο TR11 σαν σταθερό , που φαίνεται στη φωτογραφία στην αρχή του κεφαλαίου ενώ από τη Στ14 μετρήθηκε η Στ15 σαν σταθερό σημείο . Τα σημεία αυτά δεν απεικονίζονται στην παραπάνω φωτογραφία .

Το συνολικό μήκος της όδευσης είναι 720,358 m . Το ολικό γωνιακό σφάλμα είναι της τάξεως των 0,0428 g , ενώ το ολικό γραμμικό σφάλμα είναι της τάξεως των 0,065 m στον άξονα των X και της τάξεως των 0,165 m στον

άξονα των Ψ . Τα επιτρεπόμενα όρια ολικού σφάλματος είναι 0,0721 g (για κλίμακα 1/500 $\rightarrow 2c \cdot \sqrt{n}$, όπου n ο αριθμός των κορυφών της όδευσης) για τις γωνίες και 0,278 m (για κλίμακα 1/500 $\rightarrow 0,01 \cdot \sqrt{S} + 0.01$, όπου S το ολικό μήκος της όδευσης σε μέτρα) .

Το γωνιακό σφάλμα προέκυψε μετά από σύγκριση της γωνίας διεύθυνσης a_{1415} υπολογισμένης με το δεύτερο θεμελιώδες πρόβλημα , με την ίδια γωνία υπολογισμένη από τη γωνία διεύθυνσης $a_{TR11\S T1}$ με το δεύτερο θεμελιώδες πρόβλημα και ισομοιράστηκε στις γωνίες θλάσεως . Το γραμμικό σφάλμα για κάθε άξονα προέκυψε για τον άξονα των X από τον τύπο $W_x = (X_{14} - X_1) - \Sigma \Delta X$ και για τον άξονα των Y από τον τύπο $W_y = (Y_{14} - Y_1) - \Sigma \Delta Y$ και μοιράστηκε στα ΔX με βάση τον τύπο $(W_x / \Sigma S) \cdot S_i$ και στα ΔY με βάση τον τύπο $(W_y / \Sigma S) \cdot S_i$ όπου ΣS το ολικό μήκος της όδευσης και S_i το μήκος της εκάστοτε πλευράς .

Κλειστές πλήρως εξαρτημένες οδεύσεις

Κλειστές ονομάζονται οι οδεύσεις που ξεκινάνε και καταλήγουν στο ίδιο σημείο , ή αλλιώς , η αρχή και το τέλος τους ταυτίζονται . Όπως και στις ανοικτές οδεύσεις έτσι και στις κλειστές , μετρούνται όλες οι γωνίες και όλες οι πλευρές του πολυγώνου που σχηματίζεται .

Το ολικό γωνιακό σφάλμα υπολογίζεται εύκολα , γιατί είναι γνωστό ότι το άθροισμα των εξωτερικών γωνιών ενός κλειστού πολυγώνου είναι ίσο με $(n+2) \cdot 200$ ενώ το άθροισμα των εσωτερικών γωνιών του είναι ίσο με $(n-2) \cdot 200$ όπου n ο αριθμός των κορυφών του πολυγώνου .

Το ολικό γραμμικό σφάλμα της κλειστής όδευσης υπολογίζεται από την απόσταση του υπολογισθέντος τελευταίου σημείου της κλειστής όδευσης από το πρώτο σημείο της , με το οποίο θα πρέπει να ταυτίζονται .

Το πρόβλημα των κλειστών οδεύσεων είναι ότι και αν ακόμα κλείνει ικανοποιητικά η όδευση , δεν εξασφαλίζεται η μη ύπαρξη σφάλματος στις μετρήσεις των πλευρών .

Εάν τα σφάλματα στις πλευρομετρήσεις είναι ανάλογα με τα μήκη των πλευρών σχηματίζεται ένα όμοιο γεωμετρικά πολύγωνο που κλείνει στο αρχικό

σημείο της όδευσης έχοντας όμως μια διαφορά κλίμακας ως προς το αρχικό πολύγωνο του εδάφους .

Στην περιοχή χρειάστηκε να εγκατασταθούν και να μετρηθούν δύο κλειστές οδεύσεις , μία στη μέση και μία στο τέλος της ανοικτής όδευσης . Η όδευση στη μέση αποτελείται από τις στάσεις Στ5 , Στ6 , Στ7 και Στ8 και η όδευση στο τέλος αποτελείται από τις στάσεις Στ14 , Στ15 , Στ16 και Στ17 . Τα γωνιακά Σφάλματα των οδεύσεων αυτών υπολογιστήκαν αρχικά από τον τύπο των εσωτερικών γωνιών του κλειστού πολυγώνου που αναλύθηκε παραπάνω και ύστερα υπολογίστηκαν ξανά κατά τη διάρκεια επίλυσης της όδευσης , με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των γωνιακών σφαλμάτων της ανοικτής .Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται οι δύο κλειστές οδεύσεις :



Σκαρίφημα πρώτης κλειστής όδευσης (πηγή εικόνας Google Earth)

Το συνολικό μήκος της όδευσης είναι 108,588 m . Το ολικό γωνιακό σφάλμα είναι της τάξεως των 0,0026 g (επιτρεπόμενο γωνιακό σφάλμα → 0,0200 g για κλίμακα 1/500) . Το γραμμικό σφάλμα είναι της τάξεως των 0,001 m κατά Χ και 0.010 m κατά Υ (επιτρεπόμενο γραμμικό σφάλμα → 0,114 m για κλίμακα 1/500) . Τα σημεία Στ5 και Στ6 χρησιμοποιήθηκαν σαν σταθερά .

ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΟΔΕΥΣΕΩΝ

ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΟΔΕΥΣΗΣ S5-S7

	β	α	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	S	ΔX	δX	ΔY	δY	X	Y
S5		314,7731								617464,299	4145100,670
S6	104,6060	219,3790	-0,29972574	-0,95402541	40,712	-12,202	0,000	-38,840	0,000	617436,158	4145107,327
S8	100,3631	119,7421	0,95230064	-0,30516143	24,734	23,554	0,000	-7,548	0,000	617423,956	4145068,487
S7	105,7070	25,4490	0,38919037	0,92115734	43,142	16,790	0,000	39,741	0,000	617447,510	4145060,939
S5	89,3241	314,7731	-0,97319583	0,22997800						617464,299	4145100,670
S6										617436,158	4145107,327
ΣΥΝΟΛΑ					108,588	28,142		-6,648			
Σβ	399,9974		Wβ	0,0026							
α'_{56}	314,7705		δβ	0,00065							



Σκαρίφημα δεύτερης κλειστής όδευσης (πηγή εικόνας Google Earth)

Το συνολικό μήκος της όδευσης είναι 98,877 m . Το ολικό γωνιακό σφάλμα είναι της τάξεως των 0,0112 g (επιτρεπόμενο γωνιακό σφάλμα → 0,0200 g για κλίμακα 1/500). Το γραμμικό σφάλμα είναι της τάξεως των 0,016 m κατά X και 0,039 m κατά Y (επιτρεπόμενο γραμμικό σφάλμα → 0,055 m για κλίμακα 1/500) . Τα σημεία Στ14 και Στ15 χρησιμοποιήθηκαν σαν σταθερά .

ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΟΔΕΥΣΗΣ S14-S17

	β	α	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	S	ΔX	δX	ΔY	δY	X	Y			
S14		217,2032								617112,911	4145050,164			
S15	121,8645	139,0677	0,81753778	-0,57587497	15,591	12,746	-0,003	-8,978	-0,006	617102,160	4145011,352			
S16	132,4776	71,5453	0,90176291	0,43223102	36,065	32,522	-0,006	15,588	-0,014	617114,904	4145002,367			
S17	76,3001	347,8454	-0,73062887	0,68277482	47,221	-34,501	-0,008	32,241	-0,019	617147,420	4145017,941			
S14	69,3578	217,2032								617112,911	4145050,164			
S15										617102,160	4145011,352			
$\alpha'1415$	217,2032				ΣS	98,877				WX	-0,016			
$\Sigma\beta$	399,9888				$\Sigma\Delta X$	10,767				WY	-0,039			
$\alpha'1415$	217,1920				$\Sigma\Delta Y$	38,851								
$W\beta$	0,0112													
$\delta\beta$	0,0028				$\Sigma\epsilon\pi$	0,05472								

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συντεταγμένες όλων των στάσεων της αποτύπωσης :

ΣΤΑΣΕΙΣ	X	Y
TR11	617242,341	4145457,182
S1	617452,183	4145300,982
S2	617479,489	4145322,560
S3	617495,041	4145245,319
S4	617479,850	4145134,637
S5	617464,299	4145100,670
S6	617436,158	4145107,327
S7	617447,509	4145060,933
S8	617423,962	4145068,495
S9	617401,642	4145062,763
S10	617372,128	4145044,777
S11	617301,184	4145025,844
S12	617274,558	4145046,365
S13	617190,566	4145125,311
S14	617112,911	4145050,164
S15	617102,160	4145011,352
S16	617114,904	4145002,367
S17	617147,420	4145017,941

Συντεταγμένες στάσεων αποτύπωσης στο ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87

2.2.4.ΤΑΧΥΜΕΤΡΙΑ

Μετά την εγκατάσταση και μέτρηση του πολυγωνομετρικού δικτύου και την εξάρτηση αυτού από το ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, ακολούθησε η αποτύπωση της περιοχής με την ταχυμετρική μέθοδο. Η ταχυμετρία χωρίζεται σε δύο στάδια: τις εργασίες πεδίου και τις εργασίες γραφείου.

1) Εργασίες πεδίου

Σε αυτό το στάδιο έγιναν οι μετρήσεις των σημείων λεπτομέρειας της περιοχής όπως όρια ιδιοκτησιών, δρόμων, οικοδομικών τετραγώνων κ.λ.π. καθώς και τα σημεία που καθορίζουν τα όρια του κοινόχρηστου χώρου που καταλαμβάνεται από τα καταστήματα της περιοχής.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με γεωδαιτικό σταθμό. Για κάθε σημείο μετρήθηκαν από την εκάστοτε στάση οι αποστάσεις του (κεκλιμένη, κατακόρυφη), η οριζόντια γωνία μεταξύ αυτού και του σημείου μηδενισμού και η κατακόρυφη γωνία του. Η οριζόντια απόσταση κάθε σημείου υπολογίζεται από το λογισμικό του οργάνου.

2) Εργασίες γραφείου

Σε αυτό το στάδιο έγινε εισαγωγή των μετρήσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του προγράμματος TECS της Topcon, το οποίο αναλύεται σε παραπάνω κεφάλαιο και η εξαγωγή των συντεταγμένων X Y και Z για κάθε σημείο στο πρόγραμμα Excel της Microsoft.

Η μορφή παρουσίασής των μετρήσεων στην οθόνη του υπολογιστή, χωρίς περαιτέρω επεξεργασία, είναι η ακόλουθη:

taxymetria.txt - Σημειωματάριο										
Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια						
S1	1.435	0.0000	34.793	-0.8470	11	1.435	347.0900	12.184	-1.2220	2
4	1.435	165.3260	18.916	0.9380	5	1.435	160.2820	19.356	0.9960	6
S4	1.435	0.0000	111.748	0.0730	8	1.435	181.9090	60.941	3.2670	9
11	1.435	189.7440	36.157	0.6980	12	1.435	171.1100	25.211	-0.9310	13
14	1.435	2.6160	105.420	-0.0220	15	1.435	13.5980	103.381	-0.1880	16
18	1.435	205.2210	98.5810	0.1810	18	1.435	204.7820	10.360	0.2310	19
20	1.435	218.7270	39.050	0.8840	54	1.435	0.0000	37.365	-1.2000	21
23	1.435	285.4520	22.004	-1.4720	24	1.435	299.6950	103.3140	0.2700	25
27	1.435	36.2800	7.212	-0.0260	28	1.435	367.5380	8.654	0.2700	29
31	1.435	102.4660	27.962	-1.1940	55	1.435	0.0000	43.138	-0.4350	33
34	1.435	166.4930	19.153	2.0210	35	1.435	208.5040	19.474	0.1300	33

Μετά από μια πρώτη επεξεργασία των μετρήσεων με την εντολή convert του προγράμματος TECS , η μορφή τους είναι η ακόλουθη :

tax141.txt - Σημειωματάριο						
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια						
S S14	1.486					
D S13		1.450	0.0000	101.5660	108.086	
D 1383		0.000	31.2020	83.5600	7.433	
D 1384		0.000	7.9880	103.8800	58.537	
D 1385		0.000	13.5420	103.8810	57.509	
D 1386		0.000	27.1550	97.7920	17.767	
D 1387		0.000	27.9920	97.4380	16.261	
D S15		1.450	166.1590	97.8860	40.315	
D 1388		1.450	16.6660	104.2660	58.956	
D 1389		1.450	13.5370	104.1910	57.481	
D 1390		1.450	13.8400	104.8480	49.845	
D 1391		1.450	6.9420	107.2710	33.395	
D 1392		1.450	373.3340	119.3240	11.617	
D 1393		1.450	284.1790	119.0070	10.412	
D S13		1.450	0.0000	101.5720	108.084	

Ο δείκτης S δίπλα από τον κωδικό του σημείου υποδηλώνει πολυγωνομετρικό σημείο ενώ ο δείκτης D , ταχυμετρικό σημείο . Ο αριθμός που βρίσκεται δίπλα από το S S14 είναι το ύψος οργάνου . Οι υπόλοιπες στήλες είναι , από αριστερά προς δεξιά : ύψος σκόπευσης , οριζόντια γωνία , κατακόρυφη γωνία και οριζόντια απόσταση . Χρησιμοποιώντας την εντολή convert του TECS μπορούμε να παρουσιάσουμε οποιοδήποτε συνδυασμό μετρήσεων χρειαζόμαστε (π.χ. ύψος οργάνου , οριζόντια γωνία , κεκλιμένη απόσταση , κατακόρυφη απόσταση) .

Στη συνέχεια έγινε η εισαγωγή των μετρήσεων με την παραπάνω μορφή στο πρόγραμμα Excel για την περεταίρω επεξεργασία τους και την εξαγωγή των συντεταγμένων X , Y και Z κάθε σημείου .

Στη συνέχεια για κάθε σημείο έγιναν οι παρακάτω υπολογισμοί:

• υπολογισμός οριζόντιας απόστασης
διεύθυνσης

$$D = L * \sin^2 z \quad \text{όπου:}$$

400 όπου:

D → οριζόντια απόσταση

L → κεκλιμένη απόσταση

Z → κατακόρυφη γωνία

• υπολογισμός γωνίας

$$\text{ανν} = \alpha + \beta + 200 - \kappa *$$

ανν → γωνία διεύθυνσης σημείου

α → γωνία διεύθυνσης στάσης

β → οριζόντια γωνία σημείου

• υπολογισμός ΔX , ΔY

$$\Delta X = D * \sin \text{ανν}$$

$$\Delta Y = D * \cos \text{ανν}$$

• υπολογισμός X , Y

$$X = X_s + \Delta X$$

$$Y = Y_s + \Delta Y \quad \text{όπου:}$$

X_s, Y_s → συντεταγμένες στάσης

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες των ταχυμετρικών σημείων οι οποίοι περιλαμβάνουν τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

2.3 ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Για να απεικονιστούν οι σχετικές θέσεις των φυσικών σημείων στο τρισδιάστατο χώρο, είναι απαραίτητο, εκτός από τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό, να βρεθεί και η κατακόρυφη απόστασή τους από κάποια χωροσταθμική επιφάνεια, την επιφάνεια αναφοράς.

Ως επιφάνεια αναφοράς των υψομέτρων λαμβάνεται το γεωειδές, το οποίο είναι ισοδυναμική επιφάνεια του γήινου πεδίου βαρύτητας της γης που ταυτίζεται με τη μέση στάθμη θάλασσας. Το σχήμα της επιφάνειας αυτής πλησιάζει το σχήμα και τις διαστάσεις του γήινου ελλειψοειδούς.

Ανάλογα με τον σκοπό της εργασίας καθορίζεται η ακρίβεια με την οποία πρέπει να είναι γνωστά τα υψόμετρα των σημείων και ανάλογα με την ακρίβεια επιλέγεται και η μέθοδος που θα εφαρμοστεί. Στη χάραξη τεχνικών έργων και σε εργασίες υψηλής ακρίβειας τα υψόμετρα υπολογίζονται με την πιο ακριβή μέθοδο που είναι η γεωμετρική χωροστάθμιση, η οποία θα αναφερθεί παρακάτω. Τα υψόμετρα που αποτελούν τη βάση της χάραξης των ισοϋψών καμπύλων σε χάρτες μεγάλης ακρίβειας που θα χρησιμοποιηθούν σε τεχνικές μελέτες, υπολογίζονται με ταχυμετρικές μεθόδους όταν η έκταση είναι μικρή, ενώ όταν η έκταση είναι μεγάλη οι ισοϋψείς καμπύλες κατασκευάζονται με φωτογραμμετρικές μεθόδους όπου το αντίστοιχο υψομετρικό σύστημα αναφοράς έχει υπολογιστεί με γεωμετρική χωροστάθμιση ή ταχυμετρία.

Για τον γρήγορο προσδιορισμό των υψομέτρων, σε αποστάσεις αρκετών χιλιομέτρων, όπου η ακρίβεια είναι μικρότερη από εκείνη της γεωμετρικής χωροστάθμισης, χρησιμοποιείται η μέθοδος της τριγωνομετρικής υψομετρίας, γνωστή και σαν χωροσταθμική όδευση, χρησιμοποιείται μερικές φορές, όταν το έδαφος είναι κατάλληλο, για τον υπολογισμό του υψομετρικού συστήματος αναφοράς σε φωτογραμμετρικές αποτυπώσεις μικρής και μέσης κλίμακας. Τέλος υπάρχει και η βαρομετρική υψομετρία, που επειδή έχει μικρή ακρίβεια εφαρμόζεται μόνο σε υψομετρία για σκοπούς αναγνώρισης.

2.3.1.ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ

Σε δύο σημεία του εδάφους Α και Β τοποθετούμε δύο κατακόρυφες σταδίες. Οι αναγνώσεις που αντιστοιχούν στις διαδοχικές σκοπεύσεις τους, είναι O_a και E_b δηλαδή μια όπισθεν και μία έμπροσθεν ανάγνωση.

Αυτές οι αναγνώσεις αντιπροσωπεύουν τις αποστάσεις των σημείων Α και Β από το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το σημείο Σ που αντιστοιχεί στο ύψος σκόπευσης – σκοπευτική γραμμή του χωροβάτη.

Η διαφορά $O_a - E_b$ ισούται με την υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων Α και Β:

$$\Delta H_{AB} = O_a - E_b$$

Αν το σημείο Α έχει γνωστό υψόμετρο H_A , τότε μπορεί να βρεθεί το υψόμετρο H_B ενός σημείου Β από την σχέση:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$$

Έτσι το νέο υψόμετρο προσδιορίζεται απευθείας από τις αναγνώσεις που γίνονται στις σταδίες, δηλαδή από γεωμετρικά μήκη, και γι'αυτό η μέθοδος **ονομάζεται γεωμετρική ή άμεση χωροστάθμηση.**

Η υψομετρική διαφορά λοιπόν μεταξύ των σημείων στάσης δύο σταδίων ισούται με την διαφορά της ανάγνωσης έμπροσθεν από την ανάγνωση την όπισθεν.

Όταν τα σημεία Α και Β είναι πολύ απομακρυσμένα, ή όταν η υψομετρική τους διαφορά υπερβαίνει το μήκος της σταδίας, τότε για τον προσδιορισμό της υψομετρικής διαφοράς ΔH_{AB} χρησιμοποιούνται περισσότερες ενδιάμεσες στάσεις του οργάνου και προσδιορίζονται οι αντίστοιχες υψομετρικές διαφορές μεταξύ διαδοχικών σημείων.

Η διαδικασία αυτή, με την οποία υπολογίζεται τελικά η υψομετρική διαφορά μεταξύ ακραίων σημείων Α και Β λέγεται **χωροσταθμική όδευση.**

Μια χωροσταθμική όδευση χαρακτηρίζεται ως:

- α) **ανοιχτή, εξαρτημένη κατά το ένα άκρο της**, όταν είναι γνωστό το υψόμετρο του σημείου αναχώρησης.
- β) **ανοιχτή, εξαρτημένη κατά τα δύο άκρα της**, όταν είναι γνωστά τα υψόμετρα των σημείων αναχώρησης και άφιξης.
- γ) **κλειστή**, όταν τα σημεία αναχώρησης και άφιξης ταυτίζονται.

2.3.2.ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Επιφάνεια μηδενικού υψομέτρου ορίσαμε, μεταξύ των ισοδυναμικών επιφανειών του γήϊνου πεδίου βαρύτητας, την επιφάνεια εκείνη που ταυτίζεται με τη μέση στάθμη των θαλασσών.

Το σχήμα της επιφάνειας αυτής που ονομάζεται **γεωειδές**, πλησιάζει το σχήμα και τις διαστάσεις του γήϊνου ελλειψοειδούς αλλά στις συνήθεις εφαρμογές της υψομετρίας θα το εξομοιώσουμε με την επιφάνεια μιας σφαίρας ακτίνας ίσης με τη μέση ακτίνα του γήϊνου ελλειψοειδούς.

Οριζοντας οργάνου είναι το οριζόντιο επίπεδο που διαγράφει η σκοπευτική γραμμή του χωροβάτη όταν περιστρέφεται γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα. Το οριζόντιο επίπεδο που διαγράφει η σκοπευτική γραμμή του οργάνου απομακρύνεται από την επιφάνεια μηδενικού υψομέτρου κατά μια απόσταση που μεγαλώνει όσο απομακρυνόμαστε από το σημείο. Το σφάλμα που προκύπτει ονομάζεται **υψομετρικό σφάλμα λόγω καμπυλότητας της γήϊνης επιφάνειας**.

Από την καμπυλότητα της σκοπευτικής γραμμής που οφείλεται στη διάθλαση της όταν διέρχεται από στρώματα αέρος διαφορετικής πυκνότητας, προκύπτει το σφάλμα που ονομάζεται **υψομετρικό σφάλμα λόγω ατμοσφαιρικής διαθλάσεως** και έχει αντίθετο πρόσημο από το σφάλμα λόγω καμπυλότητας.

2.2.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ – ΙΔΡΥΣΗ REPER

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την υψομετρική αποτύπωση της περιοχής του λιμανιού της νήσου Μυκόνου χρησιμοποιήθηκαν 4 χωροσταθμικές αφετηρίες (REPERs).

Τα υψόμετρα δύο από αυτών , μας έγιναν γνωστά από την τεχνική υπηρεσία του δήμου της Μυκόνου και από το Υ.Ε.Ν (υπουργείο εμπορικής ναυτιλίας) καθώς το ένα από αυτά προϋπήρχε ιδρυμένο και ανήκε στη δικαιοδοσία του υπουργείου από όπου πήραμε και τα στοιχεία.

Για τον καλύτερο όμως προσδιορισμό και οργάνωση της εργασίας , ήταν αναγκαία η ίδρυση και άλλων δύο υψομετρικών αφετηριών που κάλυπταν όλη την περιοχή αποτύπωσης και συμφωνούσαν με τις οδεύσεις μας.

Η πρώτη γνωστή υψομετρική αφετηρία βρίσκεται στην αρχή της ανοιχτής μας όδευσης , η δεύτερη ιδρυθείσα αφετηρία βρίσκεται στο τέλος της πρώτης ανοιχτής όδευσης και αρχή του κόμβου – κλειστής όδευσης με σκοπό τον καλύτερο υψομετρικό έλεγχο κατά την επίλυση και για την βέλτιστη ακρίβεια των υψομέτρων μας καθώς επίσης και την υψομετρική αποτύπωση του κόμβου. Η τρίτη γνωστή αφετηρία βρίσκεται στην μέση της αποτυπωθείσας ζώνης και η τέταρτη ιδρυθείσα αφετηρία βρίσκεται στο τέλος της δεύτερης ανοιχτής όδευσης και στο δεύτερο κλειστό κόμβο της όδευσής μας.

2.3.4. ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΙΚΗ ΟΔΕΥΣΗ

Η χωροσταθμική μας όδευση βασίζεται στην ζώνη αποτύπωσης μας και στις εγκαθιδρυμένες στάσεις. Ακολουθεί την πορεία των πολυγωνομετρικών οδεύσεων για τον υψομετρικό προσδιορισμό των στάσεων όσο πιο ακριβή γίνεται. Τα REPERs που ιδρύθηκαν επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι κατανοητά στην έκταση της περιοχής μας.

Τα REPER με γνωστά υψόμετρα είναι:

- **R1** με υψόμετρο $H = 6,734 \mu$, χαρακτηρισμός σημείου πακτωμένο μπουλόνι εκκλησίας.
- **R3** με υψόμετρο $H = 1,158 \mu$, χαρακτηρισμός σημείου πακτωμένο μπουλόνι στο έδαφος.

Με διπλές χωροσταθμικές οδεύσεις ιδρύθηκαν τα παρακάτω:

- **R2** με υψόμετρο $H = 2,471 \mu$, χαρακτηρισμός σημείου πακτωμένο με ατσαλόπροκα στον τοίχο εκκλησίας.
- **R4** με υψόμετρο $H = 8,850 \mu$, χαρακτηρισμός σημείου πακτωμένη ατσαλόπροκα στο έδαφος.

Για τον ακριβέστερο και γρηγορότερο παράλληλα υπολογισμό των υψομέτρων τους χρησιμοποιήθηκαν δύο σταδίες και τοπογραφική χελώνα στα σημεία αλλαγής.

Μετά την ίδρυση των δύο REPERs , ακολούθησε διπλή γεωμετρική χωροστάθμιση για να μπορέσουν να υπολογιστούν τα υψόμετρα των στάσεων. Το όριο του σφάλματος των χωροσταθμικών αφετηριών υπολογίστηκε με ακρίβεια σε $p = 2+3\sqrt{S}$, ενώ τα υψόμετρα των στάσεων υπολογίστηκαν με ακρίβεια σε $p = 4+4\sqrt{S}$.

Η χωροσταθμική όδευση ξεκινά από το **R1** , υψομετρική αφετηρία γνωστού υψομέτρου , και καταλήγει στο **R2** αρχή κλειστής όδευσης – κόμβου και το οποίο το ιδρύσαμε έπειτα από διπλή χωροσταθμική όδευση με την χρήση SOKKISSA CA3. Για την ίδρυση πάρθηκαν συνεχόμενες μετρήσεις όπισθεν και έμπροσθεν του χωροβάτη στη σταδία τοποθετημένη στην τοπογραφική χελώνα έως ότου καταλήξουμε στο ιδρυθέν σημείο. Στην συνέχεια ακολούθησε διπλή χωροστάθμιση μεταξύ των στάσεων 1,2,3,4, ώστε να γίνουν γνωστά τα υψόμετρά τους.



Έπειτα έγινε κλειστή χωροστάθμιση στο R2 δηλαδή ταυτόχρονη εκκίνηση και κατάληξη σε αυτό για έλεγχο του υψομέτρου του και για τον προσδιορισμό του υψομέτρου της στάσης 7.

Ακολούθησε διπλή χωροστάθμιση μεταξύ του ιδρυθέντος R2 και του ήδη υπάρχοντος R3 για έλεγχο του R3 και υψομετρική αποτύπωση των στάσεων 5,6,8,9,10,11,12,13.

Τέλος ιδρύσαμε ομοίως με το R2 και το R4 με διπλές γεωμετρικές χωροσταθμίσεις και με διπλή από το R3 στο R4 χωροστάθμιση προσδιορίσαμε τα υψόμετρα των στάσεων 14,15,16,17.

Αφού υπολογίσαμε τα υψόμετρα για κάθε στάση , πληκτρολογήθηκαν στον υπολογιστή στο πρόγραμμα excel και έτσι δόθηκε υψόμετρο και στα ταχυμετρικά μας σημεία.

3.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΓΡΑΜΜΗΣ ΑΙΓΙΑΛΟΥ

Ορισμοί

1. **«Αιγιαλός»** είναι η ζώνη της ξηράς, που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της.
2. **«Παραλία»** είναι η ζώνη ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό, καθορίζεται δε σε πλάτος μέχρι και πενήντα (50) μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού, προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα.
3. **«Παλαιός αιγιαλός»** είναι η ζώνη της ξηράς, που προέκυψε από τη μετακίνηση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα, οφείλεται σε φυσικές προσχώσεις ή τεχνικά έργα και προσδιορίζεται από τη νέα γραμμή αιγιαλού και το όριο του παλαιότερα υφιστάμενου αιγιαλού.
4. **«Λιμένας»** είναι ζώνη ξηράς και θάλασσας μαζί με έργα και εξοπλισμό, που επιτρέπουν κυρίως την υποδοχή κάθε είδους πλωτών μέσων και σκαφών αναψυχής, τη φορτοεκφόρτωση, αποθήκευση, παραλαβή και προώθηση των φορτίων τους, την εξυπηρέτηση επιβατών και οχημάτων και την ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τις θαλάσσιες μεταφορές.
8. **«Λιμενικά έργα»** είναι εκείνα, που εκτελούνται ολικώς ή μερικώς στον αιγιαλό, την όχθη, την παραλία ή την παρόχθια ζώνη, μέσα στη θάλασσα, στον πυθμένα της θάλασσας και στο υπέδαφος του βυθού, καθώς και εκείνα που επιφέρουν διαμόρφωση ή αλλοίωση των χώρων αυτών ή που προβλέπονται από τις διατάξεις περί Λιμενικών Ταμείων.
9. **«Φορέας διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα»** είναι κάθε δημόσιος φορέας ή φορέας της Αυτοδιοίκησης ή ιδιωτικός ή μικτός φορέας που έχει, κατά νόμο, την ευθύνη της διοίκησης και της εκμετάλλευσης λιμένα.

Κυριότητα αιγιαλού, παραλίας, όχθης και παρόχθιας ζώνης και χρησιμότητα αυτών

Ο αιγιαλός, η παραλία, η όχθη και η παρόχθια ζώνη είναι πράγματα κοινόχρηστα και ανήκουν κατά κυριότητα στο Δημόσιο, το οποίο τα προστατεύει και τα διαχειρίζεται.

Η προστασία του οικοσυστήματος των ζωνών αυτών είναι ευθύνη του Κράτους.

Ο κύριος προορισμός των ζωνών αυτών είναι η ελεύθερη και ακώλυτη πρόσβαση προς αυτές. Κατ' εξαίρεση ο αιγιαλός, η παραλία, η όχθη και η παρόχθια ζώνη μπορούν να χρησιμεύσουν για κοινωφελείς περιβαλλοντικούς και πολιτιστικούς σκοπούς και για απλή χρήση της καθώς επίσης και για την εξυπηρέτηση υπέρτερου δημοσίου συμφέροντος.

4. Στον αιγιαλό, την παραλία, την όχθη και την παρόχθια ζώνη δεν επιτρέπεται η κατασκευή κτισμάτων και εν γένει κατασκευασμάτων, παρά μόνο για την επιδίωξη των σκοπών, που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο.

5. Ο παλαιός αιγιαλός και η παλαιά όχθη ανήκουν στην ιδιωτική περιουσία του Δημοσίου και καταγράφονται ως δημόσια κτήματα.

Επιτροπή καθορισμού αιγιαλού και παραλίας

Ο καθορισμός των ορίων του αιγιαλού, της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού γίνεται από Επιτροπή, η οποία συγκροτείται σε επίπεδο νομού με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών και αποτελείται από:

- α) τον προϊστάμενο της Κτηματικής Υπηρεσίας ως πρόεδρο,
- β) έναν μηχανικό της Κτηματικής Υπηρεσίας με ειδικότητα τοπογράφου ή πολιτικού μηχανικού και αν δεν υπάρχει έναν τεχνολόγο τοπογράφο μηχανικό, ενώ σε περίπτωση που η Κτηματική Υπηρεσία δεν διαθέτει μηχανικό των ανωτέρω ειδικοτήτων, συμμετέχει στην Επιτροπή μηχανικός της Τεχνικής Υπηρεσίας Δήμων και Κοινοτήτων (Τ.Υ.Δ.Κ.) ή άλλης υπηρεσίας του Δημοσίου,
- γ) τον αρμόδιο Λιμενάρχη,
- δ) τον διευθυντή της Διεύθυνσης Πολεοδομίας της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης,
- ε) τον διευθυντή Χωροταξίας και Περιβάλλοντος της Γενικής Γραμματείας της Περιφέρειας.

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, μετά από εκτίμηση των πραγματικών περιστατικών, ο Υπουργός Οικονομικών δύναται να συστήσει και δεύτερη επιτροπή.

Γραμματέας της Επιτροπής ορίζεται υπάλληλος της Κτηματικής Υπηρεσίας.

Η Επιτροπή συνεδριάζει με πρόσκληση του Προέδρου τακτικά μια φορά το μήνα και έκτακτα, προκειμένου να τηρείται η προθεσμία είτε κατά τις ώρες λειτουργίας των δημοσίων υπηρεσιών είτε σε άλλη ώρα. Το θέμα στην επιτροπή εισηγείται ο Πρόεδρος.

Η αποζημίωση των μελών της Επιτροπής ορίζεται με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών.

Προδιαγραφές και διαγράμματα

Η οριογραμμή του αιγιαλού χαράσσεται από την Επιτροπή καθορισμού αιγιαλού και παραλίας ως πολυγωνική γραμμή πλησιέστερη στην πραγματική φυσική γραμμή και απεικονίζεται στο σχετικό διάγραμμα με ερυθρό χρώμα. Οι οριογραμμές της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού απεικονίζονται με κίτρινο και κυανούν χρώμα αντίστοιχα. Οι κορυφές των πολυγωνικών γραμμών έχουν ορθογώνιες συντεταγμένες εξαρτημένες από το τριγωνομετρικό δίκτυο της χώρας.

Η χάραξη γίνεται σε κτηματογραφικό – υψομετρικό διάγραμμα, με κλίμακα τουλάχιστον 1:1000 στο οποίο αποτυπώνονται και τα όρια των περιλαμβανόμενων επί μέρους ιδιοκτησιών και οι εικαζόμενοι κύριοι αυτών. Το διάγραμμα αυτό είναι εξαρτημένο από το τριγωνομετρικό δίκτυο της χώρας, αναφέρεται σε μήκος ακτής τουλάχιστον πεντακοσίων (500) μέτρων ή περισσότερων, εφόσον το τμήμα που απομένει μέχρι το επόμενο καθορισμένο τμήμα δεν υπερβαίνει τα διακόσια (200) μέτρα, και συντάσσεται από φορείς του δημόσιου τομέα, οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) ή ιδιώτες μηχανικούς, που έχουν από το νόμο το δικαίωμα για τη σύνταξη τέτοιων διαγραμμάτων. Στην τελευταία περίπτωση το διάγραμμα συνοδεύεται από την απόδειξη παροχής υπηρεσιών του συντάκτη του και ελέγχεται και θεωρείται για την ακρίβειά του από μηχανικό της Κτηματικής Υπηρεσίας και ελλείψει αυτού από την Τ.Υ.Δ.Κ. του νομού.

Η Επιτροπή παράλληλα με τη χάραξη των οριογραμμών συντάσσει υποχρεωτικά έκθεση, που συνοδεύεται από το σχετικό διάγραμμα.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων καθορίζονται οι τεχνικές προδιαγραφές για τη σύνταξη του διαγράμματος και κάθε άλλη λεπτομέρεια για την εφαρμογή του άρθρου αυτού.

Διαδικασία καθορισμού οριογραμμών αιγιαλού, παραλίας και παλαιού αιγιαλού

Εκτός της δυνατότητας της αυτεπάγγελτης κίνησης της διαδικασίας, όποιος ενδιαφέρεται για τον καθορισμό αιγιαλού και παραλίας, απευθύνεται στην αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία, η οποία μέσα σε πέντε (5) ημέρες από την υποβολή σχετικής αίτησης ενημερώνει τον ενδιαφερόμενο αν έχει ήδη γίνει καθορισμός. Σε περίπτωση, που δεν έχει γίνει ο καθορισμός αιγιαλού και παραλίας, ο ενδιαφερόμενος δύναται να υποβάλει στην Κτηματική Υπηρεσία αίτηση καθορισμού και τοπογραφικό διάγραμμα σύμφωνα με τις παραπάνω προδιαγραφές.

Αν το διάγραμμα έχει συνταχθεί από ιδιώτη μηχανικό, η Κτηματική Υπηρεσία μεριμνά για τον έλεγχο και τη θεώρησή του εντός μηνός από την υποβολή του και στη συνέχεια το θέμα εισάγεται ενώπιον της Επιτροπής στην πρώτη τακτική συνεδρίασή της.

Η Επιτροπή καθορίζει τις οριογραμμές του αιγιαλού, της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού εντός μηνός από την εισαγωγή της υπόθεσης σε αυτήν και συντάσσει σχετική έκθεση. Η Επιτροπή καθορίζει την παλαιά θέση του αιγιαλού, που υπήρχε μέχρι το έτος 1884 αν υφίστανται κατοχές ιδιωτών, αλλά και προγενέστερα εάν δεν υφίστανται τέτοιες κατοχές, εφόσον η θέση του παλαιού αιγιαλού προκύπτει από ενδείξεις επί του εδάφους ή άλλα αποδεικτικά στοιχεία εξαιρουμένων των μαρτυρικών καταθέσεων.

Δεν μπορούν να περιληφθούν οικίες ή κτίσματα εντός της ζώνης του αιγιαλού, του οποίου για πρώτη φορά χαράσσεται η οριογραμμή, εφόσον έχει γίνει διάβρωση της ακτής πριν από τη χάραξη και τα κτίσματα είχαν ανεγερθεί πριν από τη διάβρωση και εκτός του τμήματος μέχρι του οποίου έφθανε άλλοτε η θάλασσα κατά τις μεγαλύτερες αλλά συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της. Τα κτίσματα αυτά απαλλοτριώνονται.

Η έκθεση και το διάγραμμα επικυρώνονται, κατόπινσύμφωνης γνώμης του Γενικού Επιτελείου Ναυτικού(Γ.Ε.Ν.), με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών και δημοσιεύονται μαζί με την επικυρωτική αυτή απόφαση στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Η παραπάνω σύμφωνη γνώμη του Γ.Ε.Ν. διατυπώνεται το αργότερο εντός προθεσμίας τριών (3) μηνών. Η έκθεση και το διάγραμμα αναρτώνται στο δημοτικό ή κοινοτικό κατάστημα του αρμόδιου κατά τόπο δήμου ή κοινότητας για τρεις (3) τουλάχιστον μήνες. Η ανάρτηση αποδεικνύεται από έκθεση του δημάρχου ή προέδρου της κοινότητας, η οποία αποστέλλεται εντός μηνός στην αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία.

Μετά την κατά την προηγούμενη παράγραφο δημοσίευσή της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, η απόφαση του Υπουργού Οικονομικών μεταγράφεται μαζί με την έκθεση και το διάγραμμα με φροντίδα της αρμόδιας Κτηματικής Υπηρεσίας στη μερίδα του Δημοσίου στα βιβλία μεταγραφών του αρμόδιου Υποθηκοφυλακείου ή Υποθηκοφυλακείων, αν η περιοχή καθορισμού εμπίπτει στην περιφέρεια περισσότερων Υποθηκοφυλακείων.

Το πρωτότυπο της έκθεσης της Επιτροπής και του διαγράμματος μαζί με την απόφαση του Υπουργού Οικονομικών και το Φ.Ε.Κ. δημοσιεύσής της παραμένουν στο αρχείο της Κτηματικής Υπηρεσίας.

Η **Κτηματική Υπηρεσία** στέλνει ένα θεωρημένο αντίγραφο του τοπογραφικού διαγράμματος με σημείωση επ'αυτού του Φ.Ε.Κ. που δημοσιεύθηκε, στις παρακάτω Υπηρεσίες:

- α) στη Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών του Υπουργείου Οικονομικών,
- β) στο Υπουργείο Εθνικής Άμυνας (Υ.ΕΘ.Α.) Γ.Ε.Ν.,
- γ) στη Διεύθυνση Πολεοδομίας της οικείας νομαρχιακής αυτοδιοίκησης,
- δ) στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων έργων / Διεύθυνση Χωροταξίας και Πολεοδομικού Σχεδιασμού,
- ε) στο Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας/ Διεύθυνση Λιμένων και Λιμενικών έργων και στο αρμόδιο Λιμεναρχείο,
- στ) στον αρμόδιο δήμο ή κοινότητα,
- ζ) στην Κτηματολόγιο Α.Ε.,
- η) στο Υπουργείο Γεωργίας/ Γενική Διεύθυνση Αλιείας

και

θ) στο Υπουργείο Αιγαίου για τις περιοχές της αρμοδιότητάς του.

Σε περίπτωση εσφαλμένου καθορισμού της οριογραμμής του αιγιαλού ή του παλαιού αιγιαλού ή της παραλίας επιτρέπεται ο επανακαθορισμός. Η διαδικασία για τον επανακαθορισμό κινείται είτε αυτεπαγγέλτως από την Κτηματική Υπηρεσία είτε ύστερα από αίτηση κάθε ενδιαφερομένου και προσκόμιση στοιχείων που να αποδεικνύουν το σφάλμα του πρώτου καθορισμού. Ο επανακαθορισμός της παραλίας, εφόσον συνεπάγεται μείωση της ζώνης της παραλίας που είχε αρχικώς καθορισθεί επιτρέπεται μόνον αν δεν έχει συντελεσθεί η σχετική αναγκαστική απαλλοτρίωση.

Στοιχεία για τον καθορισμό του παλαιού αιγιαλού

Η Επιτροπή αναζητά και συνεκτιμά όλα τα απαιτούμενα για την ακριβή οριοθέτηση του παλαιού αιγιαλού στοιχεία, τα οποία και παραθέτει στην έκθεσή της, ιδίως φυσικές ενδείξεις (όπως το αμμόδες, ελώδες ή βαλτώδες εκτάσεων συνεχόμενων του αιγιαλού), αεροφωτογραφίες, χάρτες και διαγράμματα διαφόρων ετών, γεωλογικές μελέτες.

Δημιουργία παραλίας, συνέπειες, περιορισμοί

Η Επιτροπή ταυτόχρονα με τον προσδιορισμό και τη χάραξη του αιγιαλού προσδιορίζει και την παραλία. Η παραλία χαράσσεται στο ίδιο διάγραμμα για τον αιγιαλό με κίτρινη πολυγωνική γραμμή.

Εμπράγματα δικαιώματα ιδιωτών, επί ακινήτων της παραλίας, απαλλοτριώνονται λόγω δημόσιας ωφέλειας με και από τη δημοσίευση στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της απόφασης του Υπουργού Οικονομικών, που επικυρώνει την έκθεση και το διάγραμμα του αιγιαλού και παραλίας χωρίς να απαιτείται άλλη πρόσθετη διαδικασία για την κήρυξη της απαλλοτρίωσης. Τα νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) παραχωρούν χωρίς αντάλλαγμα στο Δημόσιο τα εμπράγματα δικαιώματά τους επί ακινήτων που βρίσκονται στην παραλία.

Για την παραλία εφαρμόζονται οι διατάξεις περί απαλλοτριώσεων λόγω ρυμοτομίας. Αρμόδια υπηρεσία για την περαιτέρω διαδικασία είναι το Πολεοδομικό Γραφείο της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης. Δήμοι και κοινότητες, που ωφελούνται από τη δημιουργία της παραλίας, δύνανται να συνεισφέρουν

στην αποζημίωση για την αναγκαστική απαλλοτρίωση των ακινήτων, που καταλαμβάνει η παραλία, κατά τα οριζόμενα με προεδρικά διατάγματα, που εκδίδονται κατόπιν πρότασης του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων ειδικά για κάθε περίπτωση.

Από τη δημοσίευση της απόφασης του Υπουργού Οικονομικών με την οποία δημιουργείται η παραλία, οι κύριοι των κτημάτων που καταλαμβάνονται από αυτή, θεωρούνται ότι έλαβαν γνώση περί τούτου και οφείλουν για μια διετία να μην προβούν σε οποιαδήποτε γενικά κατασκευή, βελτίωση, δενδροφύτευση ή άλλη τυχόν προσθήκη στα ακίνητα αυτά, ενώ αύξηση της αξίας τους που οφείλεται σε μία από τις πιο πάνω ενέργειες δεν αποζημιώνεται.

Όπου υφίσταται σχέδιο πόλεως, η οριογραμμή της παραλίας δεν μπορεί να υπερβεί την εγκεκριμένη γραμμή δόμησης. Σε παραδοσιακούς οικισμούς η οριογραμμή της παραλίας δεν μπορεί να υπερβεί τη γραμμή δόμησης, όπως αυτή νομίμως έχει διαμορφωθεί. Σε πόλεις και οικισμούς που δημιουργήθηκαν πριν από το έτος 1923 ή έχουν πληθυσμό κάτω από 2.000 κατοίκους και στους οποίους δεν υπάρχει εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο, η οριογραμμή της παραλίας δεν μπορεί να υπερβεί τη διαμορφωμένη γραμμή δόμησης, όπως αυτή νομίμως έχει διαμορφωθεί. Στα δύο προηγούμενα εδάφια η γραμμή δόμησης προσδιορίζεται από τη Διεύθυνση Περιβάλλοντος - Χωροταξίας (ΔΙΠΕΧΩ) της Γενικής Γραμματείας Περιφέρειας. Κατά την έγκριση ή επέκταση σχεδίων πόλεων η γραμμή δόμησης σε κάθε περίπτωση δεν μπορεί να υπερβαίνει την οριογραμμή της παραλίας με την επιφύλαξη των περιπτώσεων, που αφορούν παραδοσιακούς οικισμούς ή διατηρητέα κτίσματα και κατασκευές. Σε περιοχές εκτός σχεδίου εξαιρούνται από τη ζώνη παραλίας τα χαρακτηρισμένα ως διατηρητέα κτίσματα ή κατασκευές.

Όπου έχει καθορισθεί ζώνη παραλίας με το καθεστώς του Α.Ν. 2344/1940 (ΦΕΚ 154 Α), μπορούν να επανακαθορισθούν τα όριά της, με την προϋπόθεση ότι η απαλλοτρίωση για την παραλία δεν έχει συντελεσθεί. Οι διαδικασίες και οι λοιπές αναγκαίες λεπτομέρειες για την εφαρμογή του άρθρου αυτού καθορίζονται με απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Οικονομικών.

Σε περιοχές που είναι ήδη χαρακτηρισμένες ως ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, η άδεια και ο έλεγχος πάσης φύσεως εργασίας (οικοδομή, τεχνικά έργα κ.λπ.) εντός της καθορισμένης ζώνης αιγιαλού και παραλίας γίνεται από τις κατά

τόπους αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου Αιγαίου, εφόσον πρόκειται για περιοχές της αρμοδιότητάς του.

Περιπτώσεις υποχρεωτικής χάραξης αιγιαλού – παραλίας

Με την επιφύλαξη, πριν από την έγκριση ή επέκταση του σχεδίου πόλης ή από οποιαδήποτε εκποίηση ή παραχώρηση δημόσιου κτήματος ή από την εκτέλεση λιμενικών, βιομηχανικών, τουριστικών και συγκοινωνιακών έργων ή από την έκδοση άδειας για οικοδομικές εργασίες, εφόσον οι πράξεις αυτές αναφέρονται σε ακίνητα, που απέχουν μέχρι εκατό (100) μέτρα από την ακτογραμμή, απαιτείται να γίνει, με ποινή ακυρότητας των πράξεων αυτών, ο καθορισμός του αιγιαλού και της παραλίας στην περιοχή αυτή. Το προηγούμενο εδάφιο δεν εφαρμόζεται προκειμένου για εκμισθώσεις ή παραχωρήσεις δημόσιων λιμνών και θαλασσών με σκοπό την αλιευτική εκμετάλλευση σύμφωνα με την αλιευτική νομοθεσία, εφόσον δεν κατασκευάζονται μόνιμα κτίσματα.

Για την έκδοση άδειας οικοδομής σε ακίνητα που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο προσδιορίζεται, με ευθύνη του μηχανικού που υπογράφει τη μελέτη της άδειας, η ακριβής θέση του αιγιαλού σε αντίγραφο του τοπογραφικού διαγράμματος, που απαραίτητα συνοδεύει την αίτηση.

Προκειμένου για έκδοση οικοδομικής άδειας που αφορά τουριστικά έργα ή εγκαταστάσεις, ο καθορισμός του αιγιαλού και της παραλίας γίνεται εντός εξαμήνου από την κατάθεση της αίτησης.

Στοιχεία καθορισμού αιγιαλού και παραλίας

Η Επιτροπή για τη χάραξη της οριογραμμής του αιγιαλού και της παραλίας λαμβάνει υπόψη της ύστερα από αυτοψία τις φυσικές και λοιπές ενδείξεις, που επηρεάζουν το πλάτος του αιγιαλού και της παραλίας και ενδεικτικά:

- α) τη γεωμορφολογία του εδάφους, αναφορικά με κατηγορίες υψηλών και χαμηλών ακτών, τη σύστασή του, καθώς και το φυσικό όριο βλάστησης,
- β) την ύπαρξη, τα όρια και το είδος των παράκτιων φυσικών πόρων,
- γ) τα πορίσματα από την εκτίμηση των μετεωρολογικών στοιχείων της περιοχής,
- δ) τη μορφολογία του πυθμένα,
- ε) τον τομέα ανάπτυξης κυματισμού σε σχέση με το μέτωπο της ακτής,
- στ) την ύπαρξη τεχνικών έργων στην περιοχή, που νομίμως υφίστανται,

- ζ) τις τυχόν εγκεκριμένες χωροταξικές κατευθύνσεις και χρήσεις γης που επηρεάζουν την παράκτια ζώνη,
- η) την ύπαρξη δημόσιων κτημάτων κάθε κατηγορίας που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με την παράκτια ζώνη,
- θ) τυχόν υφιστάμενο Κτηματολόγιο και
- ι) την ύπαρξη ευπαθών οικοσυστημάτων και προστατευόμενων περιοχών.

Απαλλοτρίωση ιδιωτικών κτημάτων

Αναγγελία δικαιωμάτων

Σε περίπτωση που ιδιώτες προβάλλουν ιδιοκτησιακά δικαιώματα επί χώρων που χαρακτηρίστηκαν από την Επιτροπή ότι ανήκουν στον αιγιαλό, τα δικαιώματα αυτά θεωρούνται αναγκαστικώς απαλλοτριωθέντα υπέρ του Δημοσίου για να περιληφθούν στον αιγιαλό από και με τη δημοσίευση στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της έκθεσης της Επιτροπής μαζί με το διάγραμμα. Στους κυρίους των κτημάτων αυτών και σε αυτούς που αξιώνουν άλλα δικαιώματα σε αυτά, παρέχεται εξάμηνη προθεσμία από τη δημοσίευση που αναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο, εντός της οποίας οφείλουν να αναγγείλουν στον Υπουργό Οικονομικών τις αξιώσεις τους, υποβάλλοντας συγχρόνως και τους τίτλους, στους οποίους στηρίζουν τα δικαιώματα που προβάλλουν.

Ως προς τον καθορισμό τιμής μονάδας αποζημίωσης και την περαιτέρω διαδικασία απαλλοτρίωσης εφαρμόζονται οι κείμενες διατάξεις περί αναγκαστικών απαλλοτριώσεων.

Μετά την πάροδο άπρακτης της εξάμηνης προθεσμίας, τυχόν αξιώσεις για αποζημίωση, που δεν αναγγέλθηκαν στον Υπουργό Οικονομικών κρίνονται κατά την τακτική διαδικασία.

Μετά τον προσωρινό καθορισμό του τιμήματος της απαλλοτρίωσης και την κατάθεσή του, οι αξιώσεις που αναγγέλθηκαν στρέφονται μόνο κατά του τιμήματος, που παρακατατέθηκε.

Μετά την πάροδο άπρακτης της προθεσμίας ή σε περίπτωση εμπρόθεσμης αναγγελίας αξιώσεων ιδιωτών για αποζημίωση, μετά την παρακατάθεση της αποζημίωσης που καθορίστηκε στο Ταμείο Παρακαταθηκών και Δανείων, ο αιγιαλός θεωρείται ότι καθορίστηκε οριστικά.

Έργα και εγκαταστάσεις που υπάρχουν στον αιγιαλό και την παραλία

Μετά τη λήξη σύμβασης που έχει συναφθεί από το Δημόσιο, τον Ελληνικό Οργανισμό Τουρισμού (Ε.Ο.Τ.) ή τη Γενική Γραμματεία Αθλητισμού ή τους Ο.Τ.Α. με τρίτους ή τη λήξη παραχώρησης του Δημοσίου κατ' εφαρμογή διατάξεων αναπτυξιακών νόμων, που αφορούν τεχνικά έργα τα οποία έχουν γίνει μέσα στον αιγιαλό ή την παραλία και έχουν εκτελεσθεί ύστερα από άδεια αρμόδιας αρχής, ο Υπουργός Οικονομικών και ο καθ' ύλην αρμόδιος Υπουργός, ύστερα από γνώμη του αρμόδιου κατά περίπτωση Περιφερειακού, Νομαρχιακού ή Κεντρικού Συμβουλίου Χ.Ο.Π., της αρμόδιας Υπηρεσίας του Υπουργείου Πολιτισμού, του αρμόδιου κατά τόπο Ο.Τ.Α., σε περίπτωση δε έργων προς εξυπηρέτηση πλωτών μέσων και σύμφωνη γνώμη του Γ.Ε.Ν. και του Υ.Ε.Ν., αποφασίζουν αιτιολογημένα, για τη διατήρηση ή όχι αυτών και καθορίζουν τη χρήση τους.

Οι λεπτομέρειες εφαρμογής των παραπάνω καθορίζονται με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών ή σε περίπτωση που αφορούν βιομηχανικές και τουριστικές μονάδες, εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών, επιχειρήσεις μεταλλευτικών, λατομικών και βιομηχανικών ορυκτών, με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Ανάπτυξης.

Προστατευτικά έργα – Προσχώσεις

Αν η Επιτροπή του καθορισμού αιγιαλού διαπιστώσει ότι η ακτή διαβρώνεται από τη θάλασσα, επιτρέπεται η κατασκευή, κατά τις διατάξεις περί δημοσίων έργων, των αναγκαίων τεχνικών έργων στον αιγιαλό, την παραλία ή στη θάλασσα για την αποτροπή της διάβρωσης.

Αν από τη διάβρωση απειλείται ιδιωτικό κτήμα, μπορεί να επιτραπεί στον κύριό του να κατασκευάσει με δαπάνη του προ της ιδιοκτησίας του, και με την επίβλεψη μηχανικού, που έχει από το νόμο σχετικό δικαίωμα, τα ανωτέρω προστατευτικά έργα βάσει μελέτης που έχει εγκριθεί από τη Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, που θα έχει και τον έλεγχο του έργου.

Αν γίνουν προσχώσεις χωρίς άδεια ή με υπέρβαση της άδειας ή δεν εκτελούνται νόμιμα τα σχετικά έργα, δεν επιτρέπεται η αναχάραξη του αιγιαλού ή της

παραλίας. Οι εκτάσεις που δημιουργούνται από τις προσχώσεις αυτές θεωρούνται αιγιαλός.

Παραχώρηση απλής χρήσης αιγιαλού, παραλίας

Απλή χρήση του αιγιαλού και της παραλίας είναι κάθε χρήση, εφόσον από αυτή δεν παραβιάζεται ο προορισμός τους ως κοινόχρηστων πραγμάτων και δεν επέρχεται αλλοίωση στη φυσική μορφολογία τους και τα βιοτικά στοιχεία τους. Η παραχώρηση της απλής χρήσης του αιγιαλού και της παραλίας γίνεται με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών, έναντι ανταλλάγματος κατά τις διατάξεις για την εκμίσθωση δημόσιων κτημάτων, πλην του αιγιαλού και παραλίας κηρυγμένων αρχαιολογικών χώρων, προστατευόμενων περιοχών, ευπαθών οικοσυστημάτων και ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, τη διαχείριση των οποίων έχει η αρμόδια Υπηρεσία του Υπουργείου Πολιτισμού. Σε Ο.Τ.Α., φορείς διοίκησης και εκμετάλλευσης Λιμένων, οργανισμούς κοινής ωφέλειας και Ν.Π.Δ.Δ. η παραχώρηση δύναται να γίνει και απευθείας με ή χωρίς αντάλλαγμα. Σε ιδιωτικό φορέα διαχείρισης η παραχώρηση γίνεται πάντοτε με αντάλλαγμα.

Είναι δυνατή η παραχώρηση, απλής χρήσης αιγιαλού για την άσκηση δραστηριοτήτων, που εξυπηρετούν τους λουομένους ή την αναψυχή του κοινού (όπως εκμίσθωση θαλάσσιων μέσων αναψυχής, καθισμάτων, ομπρελών, λειτουργία τροχηλάτου αναψυκτηρίου κ.λπ.). Αν παραχωρηθεί η χρήση αιγιαλού για την εκμίσθωση καθισμάτων και ομπρελών, η έκταση αιγιαλού κάθε παραχώρησης δεν δύναται να υπερβαίνει τα πεντακόσια (500) τετραγωνικά μέτρα. Εάν στον ίδιο αιγιαλό υπάρχουν περισσότερες παραχωρήσεις για την εκμίσθωση ομπρελών και καθισμάτων, πρέπει μεταξύ των διάφορων χώρων του αιγιαλού που έχουν παραχωρηθεί να υφίσταται ενδιάμεση απόσταση ελεύθερης ζώνης τουλάχιστον εκατό (100) μέτρων μήκους. Οι προηγούμενες διατάξεις δεν εφαρμόζονται εάν πρόκειται να παραχωρηθεί αιγιαλός για να εκμισθωθούν καθίσματα και ομπρέλες από εκείνους που έχουν γειτονικά καταστήματα και μόνο για το χώρο εμπρός από τα καταστήματά τους.

Είναι δυνατή η παραχώρηση της απλής χρήσης αιγιαλού για ένα χρόνο σε αυτούς που έχουν όμορες ξενοδοχειακές εν γένει επιχειρήσεις, κάμπινγκ ή κέντρα αναψυχής, για τους σκοπούς που αναφέρονται παραπάνω προς εξυπηρέτηση του κοινού. Το αντάλλαγμα για την παραχώρηση της απλής

χρήσης αιγιαλού και παραλίας που έχουν ανακηρυχθεί Τουριστικά Δημόσια Κτήματα (Τ.Δ.Κ.), ως και των κτισμάτων ή εν γένει των εγκαταστάσεων που υφίστανται επ' αυτών.

Παραχώρηση αιγιαλού, παραλίας για την εκτέλεση έργων

Η παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης αιγιαλού, παραλίας, συνεχόμενου ή παρακείμενου θαλάσσιου χώρου, ή του πυθμένα, για την εκτέλεση έργων που εξυπηρετούν εμπορικούς, βιομηχανικούς, συγκοινωνιακούς, λιμενικούς ή άλλου είδους σκοπούς, που προβλέπονται από τις κείμενες διατάξεις, γίνεται με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών. Η παραχώρηση μπορεί να περιλαμβάνει και απλή χρήση αιγιαλού και παραλίας για την εξυπηρέτηση λειτουργικών αναγκών των έργων αυτών. Η διαδικασία αυτή απαιτείται και για τα έργα του Δημοσίου στους παραπάνω χώρους.

α) Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση προς την αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία, η οποία συνοδεύεται από τεχνικό φάκελο .

β) Η Κτηματική Υπηρεσία διαβιβάζει μέσα σε προθεσμία ενός (1) μηνός το σχετικό φάκελο στους παρακάτω αναφερόμενους για να διατυπώσουν μέσα σε προθεσμία τριών (3) μηνών τη γνώμη τους, κατά τις αρμοδιότητες καθενός για την εκτέλεση των έργων:

1) Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Διεύθυνση Χωροταξίας και Διεύθυνση Πολεοδομικού Σχεδιασμού ή τη Διεύθυνση Περιβάλλοντος Χωροταξίας της αρμόδιας Περιφέρειας (σε τρία αντίγραφα) για την προέγκριση χωροθέτησης.

2) Γ.Ε.Ν. (σε δύο αντίγραφα).

3) Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας.

4) Νομαρχιακή Επιτροπή Χωροταξίας και Περιβάλλοντος (Ν.Ε.ΧΩ.Π.).

5) Υπουργείο Πολιτισμού (σε τρία αντίγραφα).

6) Ε.Ο.Τ.

7) Υπουργείο Γεωργίας για έργα σε λιμένες και ποταμούς, ως και για την κατασκευή αλιευτικού καταφυγίου με σκοπό την προστασία επαγγελματικών αλιευτικών σκαφών.

8) Δημοτικό Συμβούλιο του οικείου Ο.Τ.Α.

9) Το Υπουργείο Ανάπτυξης, όταν πρόκειται για παραχώρηση αιγιαλού σε βιομηχανικές μονάδες, εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών και σε επιχειρήσεις μεταλλευτικών, λατομικών και βιομηχανικών ορυκτών.

10) Το Υπουργείο Αιγαίου για τις περιοχές της αρμοδιότητάς του.

γ) Μετά την προέγκριση χωροθέτησης και τη διατύπωση των γνώμων της προηγούμενης περίπτωσης β' εκπονείται και εγκρίνεται η μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

11) Το Υπουργείο Εθνικής άμυνας και ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, γνώμη του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας για λόγους ορθολογικής ναυτιλιακής ανάπτυξης, προστασίας αιγιαλού, παραλίας, ελέγχου και ασφάλειας της ναυσιπλοΐας και συγκοινωνίας και γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας του Υπουργείου Πολιτισμού για λόγους προστασίας αρχαίων, εγκρίνεται αρμοδίως η οριστική μελέτη, κατά τη σύνταξη της οποίας λαμβάνονται υπόψη υποχρεωτικά οι εγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί όροι. Γνώμες διατυπώνονται το αργότερο εντός προθεσμίας τριών (3) μηνών. Η εγκεκριμένη οριστική μελέτη με τις ανωτέρω γνώμες διαβιβάζεται στην αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία για την έκδοση της απόφασης παραχώρησης.

Επιτρέπεται η παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης αιγιαλού, παραλίας, θάλασσας ή πυθμένα και:

- α) για σκοπούς κοινωφελείς ή αναβάθμισης του περιβάλλοντος εφόσον τα έργα εκτελούνται από το Δημόσιο ή Ν.Π.Δ.Δ. ή επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας,
- β) για ναυταθλητικά έργα βάσει μελετών, που έχουν εγκριθεί από τη Γ.Γ.Α.,
- γ) για έργα εξυπηρέτησεως υδατοκαλλιιεργειών,
- δ) για ερευνητικούς σκοπούς και
- ε) για προσαμμωτικά έργα ή έργα ανάπλασης από το Δημόσιο, Ν.Π.Δ.Δ. ή από ξενοδοχειακές τουριστικές μονάδες στο χώρο που βρίσκεται μπροστά από αυτές.

Στα έργα που μπορούν να εκτελεσθούν για την επιδίωξη των κοινοφελών σκοπών των περιλαμβάνονται και η τοποθέτηση υποθαλάσσιων αγωγών και καλωδίων εν γένει, ναυδέτων, πλωτών προβλητών και εξεδρών και η πόντιση τεχνητών υφάλων.

Επιτρέπεται να τοποθετηθούν στη θάλασσα, χωρίς επέμβαση στον αιγιαλό, με απόφαση της αρμόδιας Κτηματικής Υπηρεσίας, που εκδίδεται κατόπιν σύμφωνης γνώμης της αρμόδιας Λιμενικής Αρχής, του Γ.Ε.Ν., της αρμόδιας υπηρεσίας του Υπουργείου Πολιτισμού, της αρμόδιας υπηρεσίας περιβάλλοντος του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων ργων και γνώμης

του οικείου Ο.Τ.Α. Α' βαθμού, πλωτές εξέδρες επιφάνειας μέχρι 100 μ², και για εποχιακή χρήση μέχρι έξι (6) μηνών για την επιδίωξη σκοπών που προβλέπονται στις κείμενες διατάξεις καθώς και για πολιτιστικούς σκοπούς.

Δεν επιτρέπεται η παραχώρηση για χρήση των εξεδρών ως εστιατορίων ή κέντρων αναψυχής.

Με απόφαση των Υπουργών Οικονομικών, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Εργων και Εμπορικής Ναυτιλίας που εκδίδεται μετά από πρόταση του Υπουργού Εθνικής Οικονομίας μετά από γνώμη της Επιτροπής Δημοσίων Κτημάτων, στην οποία μετέχει ειδικώς για την περίπτωση αυτή και αντιπρόσωπος του προτείνοντος Υπουργείου, επιτρέπεται η χωρίς δημοπρασία, απευθείας, παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης αιγιαλού και παραλίας, θάλασσας ή πυθμένα και του υπεδάφους του σε αυτούς που έχουν ιδρύσει ή έχουν την πρόθεση να ιδρύσουν, σε ιδιωτικούς χώρους, επί των οποίων έχουν κυριότητα ή δικαίωμα χρήσης με ενοχική σχέση, εμπορικές επιχειρήσεις που εκμεταλλεύονται χύδην φορτία, εργοστάσια ή άλλες βιομηχανικές ή βιοτεχνικές ή ξενοδοχειακές επιχειρήσεις ή υδατοκαλλιεργητικές, αλιευτικές επιχειρήσεις ή σε αυτούς που εκμεταλλεύονται μεταλλεία ή λατομεία, για να κατασκευάσουν προβλήτες ή άλλα έργα, προοριζόμενα να εξυπηρετούν τις παραπάνω επιχειρήσεις τους ή τις επιχειρήσεις τρίτων που έχουν ως σκοπό τη διακίνηση, φόρτωση και εκφόρτωση φορτίων κάθε είδους στο χώρο της προβλήτας. Αυτοί που αναφέρονται στο προηγούμενο εδάφιο καταβάλλουν ετησίως αποζημίωση, που καθορίζεται ανά πενταετία κατά τη διαδικασία του άρθρου 5 του Ν. 5895/1933 (ΦΕΚ 335 Α)

Αιγιαλός σε περιοχές εθνικής άμυνας και ασφάλειας

Σε παραλιακές περιοχές στις οποίες υπάρχουν εγκαταστάσεις, που εξυπηρετούν σκοπούς εθνικής άμυνας και ασφάλειας, αναστέλλεται για όσο διαρκεί η εξυπηρέτηση αυτή ο κοινόχρηστος χαρακτήρας του αιγιαλού και της παραλίας. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Εθνικής Άμυνας είναι δυνατόν να αναστέλλεται ο καθορισμός του αιγιαλού και της παραλίας στις περιοχές αυτές.

Ζώνη λιμένα

Σε κάθε παράκτια περιοχή, όπου κατά τις κείμενες διατάξεις συντρέχει λόγος δημιουργίας ή επέκτασης λιμένα, καθορίζεται έκταση ξηράς και θάλασσας, συνεχής ή διακεκομμένη στην οποία ο αρμόδιος φορέας διοίκησης και

εκμετάλλευσης λιμένα μπορεί να εκτελέσει, σύμφωνα με τις διατάξεις περί εκτελέσεως δημοσίων έργων, τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας περί λιμενικών ταμείων και στα πλαίσια ανάπτυξης του λιμενικού δυναμικού της χώρας, έργα που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση της εμπορικής, επιβατικής, ναυτιλιακής, τουριστικής και αλιευτικής κίνησης και γενικότερα της εύρυθμης λειτουργίας του λιμένα. Η έκταση αυτή καλείται ζώνη λιμένα και διακρίνεται σε χερσαία και θαλάσσια.

Τα έργα της προηγούμενης παραγράφου εκτελούνται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας μετά από σύμφωνη γνώμη των Υπουργείων Εμπορικής Ναυτιλίας, Πολιτισμού και του Γ.Ε.Ν. Σε έργα λιμένων των οποίων οι μελέτες επιβλέπονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων (εθνικής ή μείζονος σημασίας κ.λπ.), απαιτείται και σύμφωνη γνώμη του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων. Η εγκεκριμένη οριστική μελέτη των έργων αποστέλλεται αμέσως μετά την έγκρισή της με ευθύνη του αρμόδιου φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα στην αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία.

Για την έναρξη εκτέλεσης των έργων απαιτείται άδεια της αρμόδιας λιμενικής αρχής.

Χερσαία ζώνη λιμένα

Η χερσαία ζώνη λιμένα αποτελείται από τον αιγιαλό και τους αναγκαιούστες συνεχόμενους παραλιακούς χώρους για την εκτέλεση των έργων. Όπου υπάρχει σχέδιο πόλεως, το όριο της χερσαίας ζώνης δεν μπορεί να επεκταθεί πέρα από την πλησιέστερη ρυμοτομική γραμμή του εγκεκριμένου σχεδίου πόλεως. Όπου υπάρχει εγκεκριμένο σχέδιο ρυμοτομίας και η χερσαία ζώνη είναι ανεπαρκής για τις ανάγκες του λιμένα, τότε αυτή μπορεί να επεκταθεί και πέραν του ορίου, με την προϋπόθεση ότι προηγουμένως θα τροποποιηθεί το εγκεκριμένο σχέδιο ρυμοτομίας σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις. Οι κατά τις διατάξεις αυτές υποχρεώσεις των Ο.Τ.Α. λόγω ρυμοτομίας βαρύνουν τον αρμόδιο φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα.

Στην αρμοδιότητα ενός φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα μπορούν να υπάγονται περισσότεροι του ενός λιμένες.

Σε διώρυγες ή στενές θάλασσες η χερσαία ζώνη μπορεί να επεκταθεί και στην απέναντι ακτή, εφόσον αυτή δεν περιλαμβάνεται στην περιοχή άλλου φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα.

Επιτρέπεται με δαπάνες του αρμόδιου φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα η περίφραξη ολόκληρης ή μέρους της χερσαίας ζώνης λιμένα. Τα τμήματα που περιφράσσονται και ο τρόπος περίφραξης καθορίζονται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας μετά από πρόταση του φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα ή της αρμόδιας Λιμενικής Αρχής, με έγκριση της Επιτροπής Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠ.Α.Ε.) και σύμφωνη γνώμη του Γ.Ε.Ν. και του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας. Οι γνώμες αυτές παρέχονται μέσα σε τρεις (3) μήνες από τη λήψη από το Γ.Ε.Ν. και το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας του σχετικού εγγράφου.

Καθεστώς χερσαίων χώρων ζώνης λιμένα

Οι χώροι και όλα εν γένει τα κτήματα, που περιλαμβάνονται στη ζώνη λιμένα είναι κοινόχρηστα δημόσια κτήματα και ανήκουν στο Δημόσιο κατά κυριότητα, η χρήση όμως και η εκμετάλλευσή τους ανήκει στον οικείο φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα. Αν στη ζώνη λιμένα περιλαμβάνονται ιδιωτικά κτήματα, απαλλοτριώνονται αναγκαστικά για λόγους δημόσιας ωφέλειας υπέρ του Δημοσίου με δαπάνες του αρμόδιου φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα και σε περίπτωση αδυναμίας του με δαπάνες του Δημοσίου σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

Οι κατά τον καθορισμό ή την επέκταση ζώνης λιμένα νόμιμες παραχωρήσεις χρήσης ή μισθώσεις, που υπάρχουν μέσα σε αυτή, εφόσον εξυπηρετούνται λιμενικοί σκοποί, δεν θίγονται και υποκαθίσταται ο φορέας διοίκησης και εκμετάλλευσης του λιμένα στα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του Δημοσίου, των Ο.Τ.Α. και των άλλων Ν.Π.Δ.Δ. Οι διατάξεις περί εμπορικών μισθώσεων δεν εφαρμόζονται για τους χώρους της χερσαίας και θαλάσσιας ζώνης λιμένα. Όλες οι λοιπές παραχωρήσεις χρήσης ή μισθώσεις συνεχίζονται επ' ονόματι του Δημοσίου, εφόσον δεν παραβλάπτεται η εξυπηρέτηση του λιμένα ή δεν πρόκειται να εκτελεσθούν λιμενικά έργα στους χώρους που καταλαμβάνουν αυτές, διαφορετικά λύονται αζημίως για το Δημόσιο. Για τη συνέχιση ή λύση τους αποφασίζουν ο Υπουργός Οικονομικών και ο καθ' ύλην αρμόδιος Υπουργός.

Καθεστώς γηπέδων που σχηματίζονται από προσχώσεις στη ζώνη λιμένα

Όλα τα γήπεδα που σχηματίζονται από προσχώσεις, φυσικές ή τεχνητές, στη θάλασσα ή τον αιγιαλό, ή στα πλαίσια έργων, που εκτελούνται με δαπάνες των φορέων διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένα ανήκουν κατά κυριότητα στο Δημόσιο και χρησιμεύουν, εφόσον περιληφθούν στη ζώνη λιμένα, για τους σκοπούς αυτού και γενικά για δημόσιες ανάγκες.*

***Πηγή Φ.Ε.Κ. 2971/19-12-2001 Αρ. Φύλλου 285**

4.ΠΗΓΕΣ

Διευθύνσεις στον Παγκόσμιο Ιστό:

google earth
www.topcon.com
www.teiath.gr
www.ypexode.gr
www.sokkisha.com
www.jgc.gr
www.yen.gr
www.gys.gr
www.ntua.gr
www.geoapikonisis.gr
www.mykonosreport.gr
www.magellangps.com
www.geosense.gr
www.geomatics.gr
www.geotopos.gr

Τεχνικές Υπηρεσίες Υποστήριξης:

- Τεχνική Υπηρεσία Δήμου Μυκόνου
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων -Τμήμα Τοπογραφικών Εφαρμογών (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.)
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.)
- Οργανισμός Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.)
- Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας (Υ.Ε.Ν.)
- Λιμεναρχείο Μυκόνου
- Δήμος Μυκόνου

Βιβλιογραφία:

Δημ. Βλάχος,καθηγητής Α.Π.Θ.:ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΜΟΣ Α΄,Όργανα και μέθοδοι μετρήσεων,Θεσσαλονίκη 1997

Δημ. Βλάχος,καθηγητής Α.Π.Θ.:ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΜΟΣΒ΄,Τοπογραφικές Χαρτογραφήσεις,Θεσσαλονίκη 1997

Κ. Αποστολάκης,καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθηνών:ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ,εκδόσεις Σταμούλης,Πειραιάς 1991

Λοιπά Βοηθήματα:

Εγχειρίδιο χρήσης GPS Magellan Pro Mark2
Εγχειρίδιο χρήσης Ashtech Solution Project Manager
Εγχειρίδιο χρήσης GEODETIC TOTAL STATION TOPCON GPT 3005 N