



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

ΣΤΟ ΜΝΗΜΕΙΟ ΤΗΣ ΚΛΕΨΥΔΡΑΣ

ΣΤΗΝ ΑΚΡΟΠΟΛΗ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ



ΚΟΥΡΟΥΝΗ ΜΑΡΙΑ-ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΟΡΘΟΔΟΞΙΑ ΑΡΑΜΠΑΤΖΗ, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία έχει ως θέμα την παρακολούθηση των πιθανών μικρομετακινήσεων του μνημείου της Κλεψύδρας που βρίσκεται στη Βόρεια Κλιτύ της Ακρόπολης των Αθηνών.

Σκοπός της Διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση πιθανών οριζόντιων και κατακόρυφων μικρομετακινήσεων του μνημείου, οι οποίες πιθανώς θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην τεκμηρίωση αποφάσεων σχετικά με την ανάγκη συντήρησης και αναστήλωσης του.

Στον περιβάλλοντα χώρο του μνημείου υλοποιήθηκε μόνιμα σημασμένο δίκτυο για τη διαδικασία ελέγχου των οριζόντιων και κατακόρυφων μικρομετακινήσεων του μνημείου.

Το θέμα της μελέτης παραμορφώσεων - μικρομετακινήσεων προσεγγίζεται με τη Γεωδαιτική Μεθοδολογία. Υπολογίζονται οι ρεαλιστικές πιθανές μικρομετακινήσεις του μνημείου σε πέντε χρονικές στιγμές (φάσεις) κατά τη διάρκεια ενός έτους, συγκρίνοντας το μέγεθος τους ανά 2 φάσεις και εξάγονται συμπεράσματα για τη γενική κινηματική συμπεριφορά του μνημείου.

Ευχαριστίες

Όταν φτάνεις στην επίτευξη ενός στόχου, μόνο τότε συνειδητοποιείς τη συνολική πορεία και τους ανθρώπους που την επηρέασαν. Σε αυτούς τους ανθρώπους επιθυμώ να απευθύνω τις ευχαριστίες μου..

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στη επιβλέπουσα καθηγήτριά μου και Λέκτορα Ε.Μ.Π. Ορθοδοξία Αραμπατζή για την αρωγή της, την επιστημονική της καθοδήγηση για τη διαμόρφωση και ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Αμαλία Αγάτζα-Μπαλοδήμου για την ευγενική παραχώρηση των προγραμμάτων της και για το χρόνο που διέθεσε.

Τέλος, οφείλω ένα βαθύ ευχαριστώ στην οικογένειά μου και στους φίλους μου για την υπομονή, υποστήριξη και ενθάρρυνση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1. ΤΟ ΜΝΗΜΕΙΟ ΤΗΣ ΚΛΕΨΥΔΡΑΣ.....	12
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	12
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	15
1.3 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ	18
2. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	19
2.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	20
3. ΔΙΚΤΥΟ	22
3.1 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	22
3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	23
3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΧΩΝ	28
4. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ- ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	31
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	31
4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	33
4.3 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	34
4.3.1 ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	34
4.3.2 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	36
4.4 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ	38
4.5 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	40
4.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ Α PRIORI ΜΕΣΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ.....	41
5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	45
5.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	45
5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	45
5.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	46

5.3.1	ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ.....	46
5.3.2	ΜΗΚΗ	46
6.	ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	47
6.1	ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	47
6.1.1	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	47
6.1.2	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	48
6.1.3	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	48
6.1.4	ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	48
6.1.5	ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	49
6.1.6	ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	49
6.1.7	ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΤΙΜΕΣ.....	49
6.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ.....	51
6.2.1	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ.....	51
6.2.2	ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ.....	52
7.	ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ	56
7.1	ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ.....	56
7.2	Α' ΦΑΣΗ (5-6 ΜΑΡΤΙΟΥ 2008)	58
7.2.1	ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	58
7.2.2	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	58
7.2.3	ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	60
7.2.4	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	60
7.2.5	ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	61
7.3	Β' ΦΑΣΗ (1-2 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2008)	62
7.3.1	ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	62
7.3.2	ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	63
7.4	Γ' ΦΑΣΗ (7-8 ΜΑΙΟΥ 2008)	63
7.4.1	ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	63

7.4.2	ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	64
7.5	Δ' ΦΑΣΗ (ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2008).....	65
7.5.1	ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	65
7.5.2	ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	66
7.6	Ε' ΦΑΣΗ (ΜΑΙΟΣ 2008)	66
7.6.1	ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	66
7.6.2	ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	67
8.	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ.....	68
8.1	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΑΡΔΑ	68
8.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΒΑΑΡΔΑ.....	68
8.3	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ	69
9.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΙΘΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	71
9.1	ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ.....	72
9.1.1	ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	72
9.1.2	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	74
9.2	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	76
9.2.1	ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ.....	76
9.2.2	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	77
10.	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ	79
10.1	ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	79
10.1.1	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΑΠΕΔΟ (S1 – S9)	79
10.1.2	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ (S10-S13).....	81
10.1.3	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑ ΒΡΑΧΙΑ (S14-S19).....	82
10.1.4	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ (S20-S23)	83
10.1.5	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	84
10.2	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	86
10.2.1	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ δαπέδο (S1 – S9)	86

10.2.2	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ (S10–S13).....	87
10.2.3	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑ ΒΡΑΧΙΑ (S14–S19).....	88
10.2.4	ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ (S20–S23).....	89
10.2.5	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	90
11.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	92
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	95
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	194

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

(που παρατέθηκαν μέσα στο γραπτό κείμενο)

Αριθμός	Τίτλος	Σελίδα
1	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου δαπέδου μεταξύ και των 5 φάσεων	76
2	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	77
3	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων	78
4	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	79
5	Μεταβολή θέσης όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων	81
6	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου δαπέδου μεταξύ και των 5 φάσεων	83
7	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	84
8	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων	85
9	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	86
10	Μεταβολή υψομέτρων όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων	87

Σημείωση: Οι πίνακες που δίνουν τα αποτελέσματα που αναφέρονται μέσα στην εργασία περιέχονται όλα στα παραρτήματα, που είναι στο τέλος του βιβλίου.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

(που παρατέθηκαν μέσα στο γραπτό κείμενο)

Αριθμός	Τίτλος	Σελίδα
1	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου δαπέδου μεταξύ και των 5 φάσεων	77
2	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	78
3	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων	79
4	Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	80
5	Μεταβολή θέσης όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων	82
6	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου δαπέδου μεταξύ και των 5 φάσεων	83
7	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	84
8	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων	85
9	Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων	86
10	Μεταβολή υψομέτρων όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Αριθμός	Τίτλος	Σελίδα
1	Χάρτης του βράχου της Ακρόπολης	13
2	Το εσωτερικό της Κλεψύδρας, το οποίο δεν είναι επισκέψιμο σήμερα	13
3-4	Απόψεις του μνημείου της Κλεψύδρας	14
5	Σχέδιο της μυκηναϊκής κλίμακας και της πηγής στην βόρεια πλευρά της Ακρόπολης	15
6	Πινακίδα που περιέχει τον χάρτη της Βόρειας Κλίτους της Ακρόπολης και ιστορικά στοιχεία για το μνημείο της Κλεψύδρας	17
7	Το Γεωδαιτικό δίκτυο αναφοράς (Βάθρα T2, T3, T4 και T5)	23
8-9	Βάσεις σημείων αναφοράς	24
10	Υλοποίηση σημείου ελέγχου στο δάπεδο του μνημείου	25
11	Αυτοσχέδιος στόχος για την υλοποίηση των σημείων ελέγχου 10-23	26
12	Σημεία ελέγχου 11-12-13	26
13	Leica TDA 5005	28
14	Ορατότητες δικτύου ελέγχου από το δίκτυο αναφοράς (Τα σκιασμένα κελιά δείχνουν έλλειψη ορατότητας)	29

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάθεση της Διπλωματικής εργασίας έγινε από τον Τομέα Τοπογραφίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για το Ακαδημαϊκό έτος 2010-2011.

Αποτελεί κατά κάποιον τρόπο συνέχεια της Διπλωματικής εργασίας του Κωνσταντίνου Πετρολέκα: «Έλεγχος μικρομετακινήσεων του μνημείου της Κλεψύδρας στην Ακρόπολη Αθηνών», Αθήνα 2008, η οποία αναφέρεται στην ίδρυση του γεωδαιτικού δικτύου ελέγχου και στις τρεις πρώτες φάσεις μετρήσεων, που διεξήχθησαν το Μάρτιο, τον Απρίλιο και το Μάιο του 2008, στην επίλυση του δικτύου για κάθε φάση μετρήσεων και στην ανίχνευση των μικρομετακινήσεων μεταξύ των φάσεων αυτών. Στην παρούσα εργασία γίνεται η επεξεργασία δύο ακόμη φάσεων, της τέταρτης και πέμπτης, που έλαβαν χώρα τον Οκτώβρη του 2008 και το Φεβρουάριο του 2009 αντίστοιχα, από συνεργάτες του Εργαστηρίου Γενικής Γεωδαισίας, έτσι ώστε να συμπληρωθεί ένας χρόνος παρακολούθησης του μνημείου, και παρουσιάζεται ολοκληρωμένη η κινηματική συμπεριφορά του μνημείου για ένα χρόνο, τα τελικά αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

Η όλη εργασία έγινε σε συνεργασία με την Α' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων του Υπουργείου Πολιτισμού, που αποτελεί, μαζί με την Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, τους αρμόδιους φορείς για το σχεδιασμό και την εκτέλεση εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης των μνημείων της Ακρόπολης.

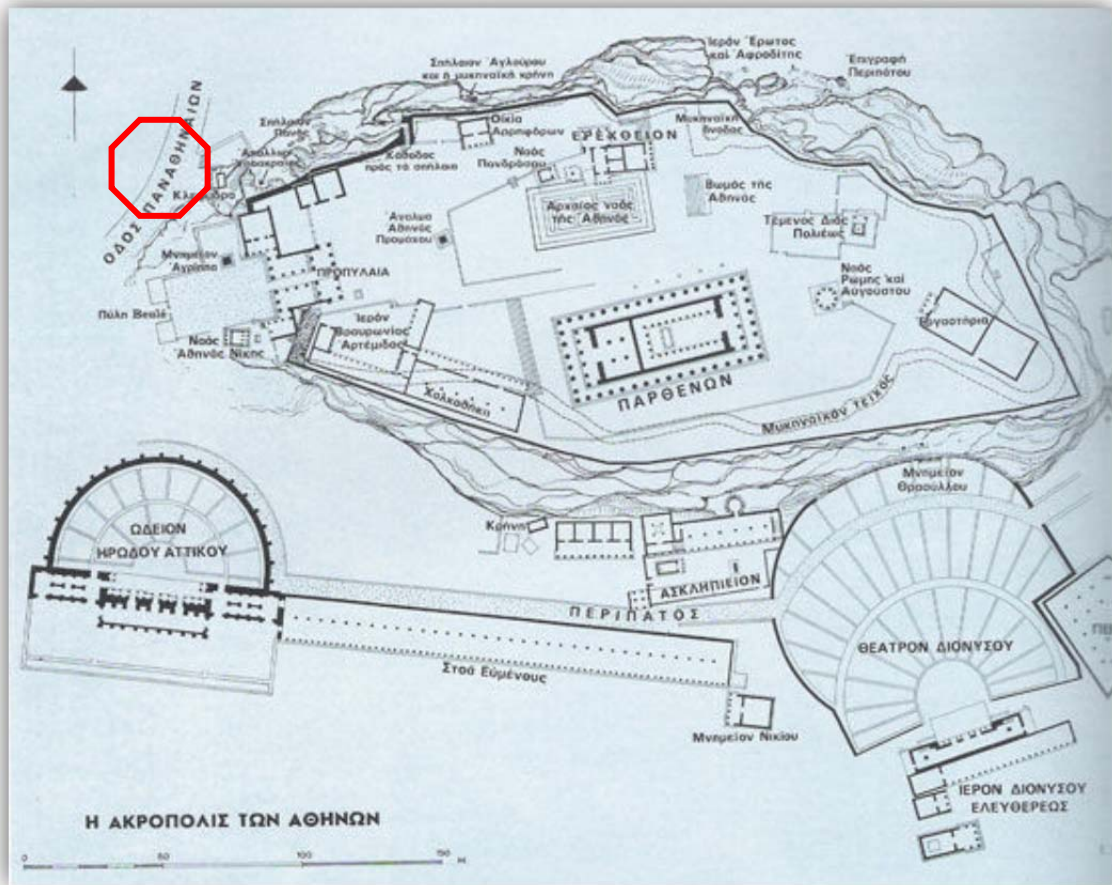
1. ΤΟ ΜΝΗΜΕΙΟ ΤΗΣ ΚΛΕΨΥΔΡΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Με το όνομα Κλεψύδρα Αθηνών αναφέρεται, από πολλούς ιστορικούς, η αρχαιότατη πηγή της Ακρόπολης της Αθήνας που υφίσταται και σήμερα. Το αρχικό της όνομα ήταν Εμπεδώ, από το όνομα της νύμφης που λατρευόταν στο σπήλαιο της πηγής, αλλά μετονομάστηκε σε Κλεψύδρα, γιατί δεν είχε σταθερά νερά. Συγκεκριμένα, με τους ετήσιους ανέμους, η πηγή ξεχείλιζε και, όταν σταματούσε η πνοή των ανέμων, τα νερά χάνονταν, ακολουθώντας υπόγεια ροή προς το Φάληρο.

Η Κλεψύδρα βρίσκεται στην βορειοδυτική περίπου γωνία του βράχου της Ακροπόλεως, χαμηλότερα από το επίπεδο των σπηλαίων της Βόρειας Κλιτύος της, στη συμβολή της Οδού Παναθηναίων και του Περιπάτου.

Βρίσκεται πίσω από το μνημείο του Αγρίππα, που είναι βαθιά στο έδαφος και που μπορεί να κατέβει κανείς με υπόγεια σκάλα 69 βαθμίδων. Η σκάλα αυτή καταλήγει σε υπόγεια εκκλησία των Αγίων Αποστόλων στην οποία και υπάρχει πηγάδι με μαρμάρινο στόμιο βάθους περίπου 10 μέτρων. Στον πυθμένα του πηγαδιού αυτού εντοπίζεται νερό της αρχαίας πηγής, που τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να λιγοστεύει, αλλά ποτέ δεν στερεύει. Είναι η πιο σημαντική φυσική πηγή της Ακρόπολης και η συνεχής χρήση της ξεπερνά τα 5.500 χρόνια.



Εικόνα 1 – Χάρτης του βράχου της Ακρόπολης



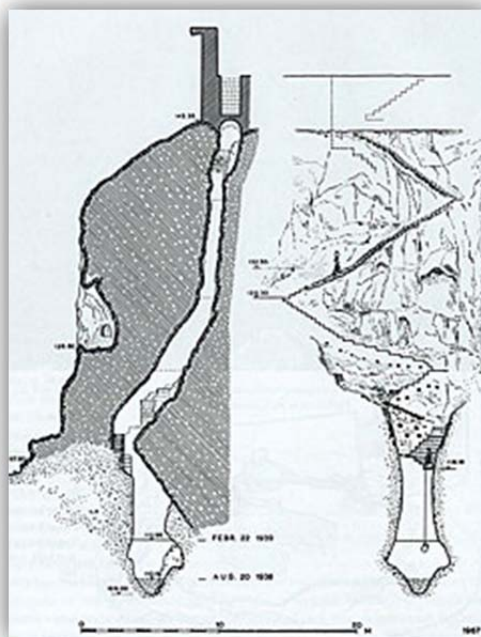
Εικόνα 2:- Το εσωτερικό της Κλεψύδρας, το οποίο δεν είναι επισκέψιμο σήμερα.



Εικόνες 3 και 4:- Απόψεις του μνημείου της Κλεψύδρας

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η χρήση της Κλεψύδρας εκτείνεται από στους προϊστορικούς χρόνους μέχρι και τη νεώτερη εποχή. Ήδη από τη νεολιθική περίοδο, ήταν γνωστή μία φλέβα νερού μέσα σε μια κοιλότητα του βράχου, η οποία από νωρίς τράβηξε την προσοχή των Αθηναίων. Αρχικά η άντληση των υδάτων γινόταν υπογείως με μία σειρά από πηγάδια που είχαν ανοιχθεί, ενώ εν συνεχεία μαρτυρείται και λατρεία της νύμφης Εμπεδούς σε αυτό το σημείο, προφανώς λόγω της σχέσης που της απέδιδαν με το νερό και την ίδια την πηγή (γι' αυτό η Κλεψύδρα καλείτο συχνά και Εμπεδώ). Φαίνεται ότι η πηγή ήταν προσιτή για τους αρχαίους εξωτερικά της Ακροπόλεως. Μερικοί μάλιστα θεωρούν ότι κάποια επίγεια πηγή πρέπει να υπήρχε ήδη από τα μυκηναϊκά χρόνια, στα οποία έγινε και η πρώτη μνημειακή διαμόρφωση όλης της περιοχής (β' μισό του 13ου αι. π.Χ.). Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της πηγής εντάθηκε κυρίως από την υστερομυκηναϊκή περίοδο και μετά, οπότε η οχύρωση της Ακρόπολης κατέστησε απαραίτητη την εξασφάλιση της τροφοδοσίας των εντός των τειχών με πόσιμο νερό.



Εικόνα 5:- Σχέδιο της μυκηναϊκής κλίμακας και της πηγής στην βόρεια πλευρά της Ακρόπολης

Η συστηματική όμως διαρρύθμιση του χώρου με την κατασκευή κρήνης ξεκίνησε μετά τα Μηδικά, και συγκεκριμένα στα χρόνια του Κίμωνα (470-460 π.Χ.). Το κρηναίο οικοδόμημα αρχικά αποτελείτο από μία λεκάνη/δεξαμενή συγκέντρωσης του αντλούμενου ύδατος, ένα χώρο πρόσβασης σχήματος Γ και μπροστά από αυτόν, μία μικρή αυλή με είσοδο στη βορειοδυτική γωνία, απ' όπου γινόταν η κύρια πρόσβαση στην πηγή. Λέγεται μάλιστα ότι το νερό διέτρεχε υπογείως μία απόσταση περίπου 5 χλμ., φθάνοντας σχεδόν έως τις ακτές του Φαλήρου. Για τη συλλογή επιπλέον ποσοτήτων νερού υπήρχε και δεξαμενή για τη συγκέντρωση των όμβριων υδάτων, που εξυπηρετούσε τους Αθηναίους σε περιόδους που η πηγή δεν ήταν ανθηρή – όπως μαρτυρεί και το όνομα Κλεψύδρα (= κλέφτης νερού), μάλλον εξαιτίας των συχνών κατολισθήσεων που άλλαζαν τη μορφή της κρήνης.

Στα μέσα του 1ου αι. μ.Χ. μια τέτοια κατολίσθηση προκάλεσε μερικές βλάβες στο χώρο άντλησης των υδάτων. Τότε η αυλή επεκτάθηκε προς ανατολάς, περιλαμβάνοντας στα όριά της και την παλαιότερη φάση. Η βορειοδυτική είσοδος αχρηστεύθηκε και στη θέση της χτίστηκε τοίχος, ενώ νέα είσοδος ανοίχτηκε στο μέσο περίπου της βόρειας πλευράς. Έναν περίπου αιώνα αργότερα, μετά τα χρόνια του Παισαρνίου και ενδεχομένως έπειτα από την επιδρομή των Ερούλων το 267 μ.Χ. (τέλη γ' τετάρτου - δ' τέταρτο 2ου αι. μ.Χ.), νέα κατολίσθηση κατέστρεψε ολοσχερώς την κρήνη, γεγονός που επέβαλε την άμεση ανάγκη διαφορετικής διαμόρφωσης του χώρου. Η πρόσβαση γινόταν πλέον αποκλειστικά από καμαροσκέπαστο διάδρομο με είσοδο δίπλα στο μνημείο του Αγρίππα, απ' όπου κλίμακα αποτελούμενη από 700 περίπου σκαλοπάτια οδηγούσε κατωφερικά πίσω από τον βράχο, στο σημείο άντλησης του νερού, έναν δεύτερο καμαροσκέπαστο χώρο με πηγάδι στο άκρο του.

Στα μέσα του 13ου αι. μ.Χ., όταν οι Φράγκοι οχύρωσαν εκ νέου την Ακρόπολη με το λεγόμενο “Ριζόκαστρο”, η Κλεψύδρα δέχθηκε σημαντικές επισκευές. Ως πρόσβαση στην πηγή χρησιμοποιήθηκε και πάλι ο προγενέστερος καμαροσκέπαστος διάδρομος που είχε ως αφετηρία το Βάθρο του Αγρίππα. Τέλος, στους χρόνους της Τουρκοκρατίας, μετά τα μέσα του 18ου αι. μ.Χ. και πριν το 1771, οχυρωματική κατασκευή, το γνωστό ως “Τείχος της Υπαπαντής” (ονομάσθηκε έτσι από παρακείμενη εκκλησία αφιερωμένη στην Υπαπαντή), χτίστηκε με σκοπό την προστασία της πηγής.

Τέλος, θα ήταν παράλειψη αν δεν αναφέραμε ότι στο μνημείο της Κλεψύδρας βρέθηκε δολοφονημένος ο Οδυσσέας Ανδρούτσος (1824) μετά τη σύλληψη και φυλάκισή του στην Ακρόπολη από το πρώην πρωτοπαλίκαρό του, Ιωάννη Γκούρα.



Εικόνα 6: Πινακίδα που περιέχει χάρτη της Βόρειας Κλιτύς της Ακρόπολης και ιστορικά στοιχεία για το μνημείο της Κλεψύδρας.

1.3 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

Ορισμένοι λίθοι παρουσιάζουν άμεσο κίνδυνο αποκόλλησης και πτώσης τμημάτων τους, άλλοι είναι κατακερματισμένοι, άλλοι έχουν ρηγματώσεις, άλλοι έχουν χαθεί τελείως, ενώ παντού παρουσιάζεται απολέπιση της επιφάνειας του υλικού. Στο δάπεδο, εξάλλου, εξαιτίας των όμβριων υδάτων και της δράσης των αλάτων, εμφανίζεται μεγάλη διάβρωση, με αποτέλεσμα αλλού η επιφάνεια να έχει καταβυθιστεί και αλλού να έχει ανυψωθεί.

Όσο για νερό, έχει ακόμη και με αυτό ποτίζονται τα γύρω φυτά της. Όταν βρέχει όμως λίγο παραπάνω, φτάνει ως την Αρχαία Αγορά.

Σύμφωνα με ιστορικές μαρτυρίες, εξάλλου, η Κλεψύδρα είχε υποστεί ήδη από την αρχαιότητα πολλές κατολισθήσεις βράχων που προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές ακόμη και στην κρήνη.

Για τους λόγους αυτούς, επομένως, είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων για την προστασία του μνημείου. Κρίνεται απαραίτητο να γίνουν επεμβάσεις σε βάθος έτσι ώστε να υπάρξει κατ' αρχάς εξυγίανση του εδάφους και εν συνεχεία να ληφθούν μέτρα για την απορροή των υδάτων και, τέλος, να συντηρηθούν και να συγκολληθούν οι λίθοι.

2. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο εντοπισμός μικρομετακινήσεων και η μελέτη παραμορφώσεων καλύπτει ένα μεγάλο μέρος από τις δραστηριότητες στην περιοχή των γεωεπιστημών. Παρά το γεγονός ότι έχουν αναπτυχθεί πολλά εξειδικευμένα όργανα για τη συλλογή των αναγκαίων δεδομένων, οι γεωδαιτικές μέθοδοι εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρύτατα στον τομέα αυτό.

Οι γεωδαιτικές μετρήσεις, μετά από επεξεργασία, προσδιορίζουν θέσεις σημείων στο χώρο. Τα σημεία αυτά στις πλείστες των περιπτώσεων αποτελούν κορυφές γεωδαιτικών δικτύων που ιδρύονται γύρω και πάνω στο προς εξέταση αντικείμενο. Οι θέσεις των κορυφών των δικτύων αυτών (σε μια, δύο ή και τρεις διαστάσεις) προκύπτουν μετά από συνόρθωση των μετρημένων μεγεθών, που μπορεί να είναι οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες, διευθύνσεις ή αζιμούθια, μήκη, υψομετρικές διαφορές.

Σε περίπτωση που υπάρχουν μετρήσεις των ιδίων μεγεθών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, είναι δυνατός και ο προσδιορισμός των μεταβολών των θέσεων αυτών με το χρόνο, δηλαδή των διανυσμάτων μετακίνησης.

Είναι προφανές ότι για να αξιολογηθούν τα διανύσματα μετακίνησης πρέπει να γίνονται οι αναγκαίοι στατιστικοί έλεγχοι ακριβείας, αξιοπιστίας και σημαντικότητας των παραμέτρων που υπολογίζονται.

2.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

A. Συλλογή γεωδαιτικών δεδομένων

- Ίδρυση κατάλληλου γεωδαιτικού δικτύου ελέγχου
- Επιλογή διαδικασίας μετρήσεων καθώς και οργάνων – παρελκομένων
- Μετρήσεις σε επαναλαμβανόμενες φάσεις, διατηρώντας την ίδια διαδικασία και όργανα μετρήσεων

B. Εκτίμηση μετακινήσεων

- Συνόρθωση ξεχωριστά κάθε σειράς μετρήσεων. Θα πρέπει σε όλες τις φάσεις να θεωρούνται οι ίδιες προσωρινές τιμές των συντεταγμένων και το ίδιο σύστημα αναφοράς (ίδιες εσωτερικές ή εξωτερικές δεσμεύσεις ή ίδιες σταθερές κορυφές). Η διαδικασία της ξεχωριστής συνόρθωσης κάθε φάσης κρίνεται προτιμότερη από τη σύγχρονη συνόρθωση περισσότερων από μία φάσεων, γιατί επιτρέπει τη διερεύνηση για ύπαρξη τυχόν χονδροειδών σφαλμάτων στις μετρήσεις.
- Έτσι, κάθε σειρά μετρήσεων ελέγχεται στατιστικά για την αξιοπιστία της (έλεγχος κατά Baarda – βλέπε παράγραφο 4.4)
- Γίνεται έλεγχος μετακίνησης ανά δύο φάσεις (π.χ. I και II). Υπολογίζονται τα a posteriori τυπικά σφάλματα της μονάδας βάρους $\hat{\sigma}_{oI}$ και $\hat{\sigma}_{oII}$ και οι αντίστοιχοι πίνακες \hat{V}_{xI} και \hat{V}_{xII} για κάθε συνόρθωση.

Υπολογίζεται το διάνυσμα των διαφορών των συντεταγμένων (διάνυσμα πιθανών

$$\text{μετακινήσεων) } \delta x_{I,II} = \begin{bmatrix} \delta x_1 \\ \delta y_1 \\ \delta x_2 \\ \delta y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta x_n \\ \delta y_n \end{bmatrix} \text{ και ο πίνακας } V_{\delta x_{I,II}} = V_{xI} + V_{xII} .$$

Αν οι διαφορές μεταξύ των $\hat{\sigma}_{oI}$ και $\hat{\sigma}_{oII}$ είναι σημαντικές, υπολογίζεται το μέσο

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{r_I \hat{\sigma}_{oI}^2 + r_{II} \hat{\sigma}_{oII}^2}{r_I + r_{II}} .$$

Γ. Έλεγχος σημαντικότητας των μετακινήσεων

- Από τον $V_{\delta x_{i,II}}$ είναι δυνατός ο υπολογισμός όλων τα στατιστικών μεγεθών που αναφέρονται σε απόλυτες ή σχετικές μετακινήσεις, προκειμένου να εξετασθεί με **βάση κάποιο επίπεδο εμπιστοσύνης** αν οι διαφορές μεταξύ απολύτων ή σχετικών θέσεων των κορυφών μπορούν να θεωρηθούν ως μετακινήσεις ή βρίσκονται μέσα στο θόρυβο των μετρήσεων.

3. ΔΙΚΤΥΟ

3.1 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Αρχικά, είναι σημαντικό να δοθεί ο ορισμός του Γεωδαιτικού Δικτύου ώστε να γίνει κατανοητή και τη σημασία που έχει ο σχεδιασμός του στις μετέπειτα εργασίες. **Γεωδαιτικό δίκτυο** (ή απλώς Δίκτυο), λοιπόν, είναι ένα σύνολο σημείων πάνω στη φυσική γήινη επιφάνεια (ΦΓΕ) που συνδέονται με απευθείας παρατηρήσεις μεταξύ τους ή και με παρατηρήσεις σε σημεία έξω από τη φυσική γήινη επιφάνεια, με σκοπό να τους δοθούν συντεταγμένες ή άλλου είδους τιμές, ώστε να χρησιμεύουν ως σημεία ελέγχου για μελλοντικές εργασίες.

Κατά τη φάση του σχεδιασμού, πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια τέτοια ώστε να καλύπτεται το προς μελέτη αντικείμενο με ικανοποιητικό αριθμό σημείων και, αν πρόκειται για δίκτυο που θα μετράται με επίγεια διαδικασία, εκτός από τις αμοιβαίες ορατότητες, κάθε σημείο πρέπει να δεσπάζει της περιοχής. Επιπλέον, η οπτική ακτίνα (και επομένως και η διαδρομή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) δεν πρέπει να παρεμποδίζεται από άλλα αντικείμενα, διότι επηρεάζεται η ακρίβεια των μετρήσεων. Βεβαίως, σημαντικό είναι η πρόσβαση στα σημεία που επιλέχθηκαν να είναι εύκολη, ώστε ο συνήθης εξοπλισμός για τις μετρήσεις να μεταφέρεται γρήγορα και με ασφάλεια.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τη Γεωδαιτική Μεθοδολογία, κατά τη φάση του σχεδιασμού επιδιώκεται η κατασκευή του βέλτιστου, ποιοτικά, δικτύου, δηλαδή η καλύτερη δυνατή προσαρμογή του σε αρχές όπως η ακρίβεια, η αξιοπιστία, η ευαισθησία (σε ότι αφορά στον εντοπισμό των πιθανών μικρομετακινήσεων) και η οικονομία. Η διαδικασία της βελτιστοποίησης περιλαμβάνει την εύρεση του κατάλληλου συνδυασμού γεωμετρίας δικτύου- παρατηρήσεων- οργάνων και παρελκόμενων, που θα έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερα προσαρμοζόμενη στις απαιτήσεις ακρίβεια με το μικρότερο οικονομικό κόστος. Η ακρίβεια που κατευθύνει για την επιλογή του καλύτερου συνδυασμού είναι η *a priori* ακρίβεια που υπολογίζεται με τη βοήθεια του *a priori* πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων του δικτύου, εφόσον έχουν υπολογισθεί οι προσωρινές τους τιμές (των συντεταγμένων).

3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Συγκεκριμένα, για τον έλεγχο μικρομετακινήσεων του μνημείου της Κλεψύδρας στην Ακρόπολη, η επιλογή των σημείων έγινε έχοντας ως βασικό κριτήριο την κινηματική τους συμπεριφορά. Λόγω των εξαιρετικών συνθηκών που διαμόρφωναν την πραγματικότητα του συγκεκριμένου προβλήματος, δεν υπήρχαν περιθώρια για ιδιαίτερη πολλαπλότητα στις επιλογές σχεδιασμού του δικτύου, με αποτέλεσμα η διαδικασία βελτιστοποίησης του δικτύου ελέγχου της Κλεψύδρας σε ότι αφορά στη γεωμετρική του μορφή, να μην έχει ιδιαίτερο νόημα.

Η υλοποίηση του δικτύου ελέγχου έγινε με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς και η περιοχή μελέτης αποτελεί χώρο εξαιρετικής αρχαιολογικής σπουδαιότητας.

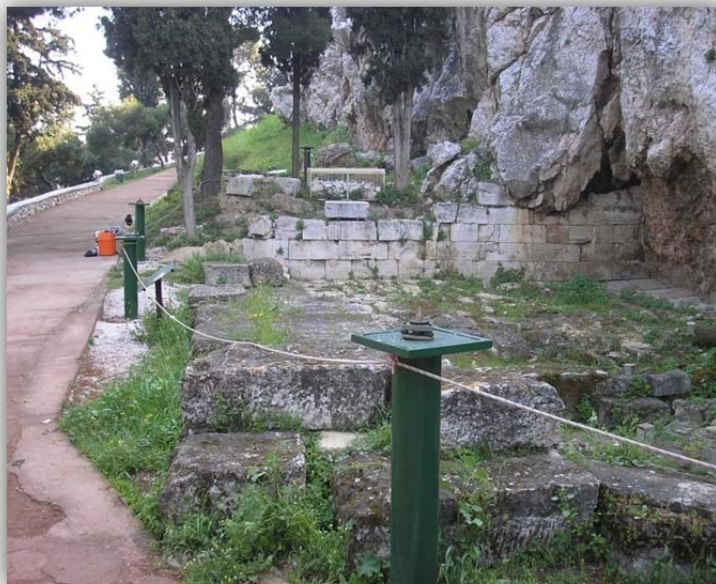
Η αρχική επιλογή των σημείων που παρουσίαζαν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από απόψεως διερεύνησης της κινηματικής τους συμπεριφοράς έγινε από τον πολιτικό μηχανικό της αρμόδιας υπηρεσίας (ΥΣΜΑ) με γεωτεχνικά κριτήρια. Οι θέσεις αυτών των σημείων αποτέλεσαν το σκελετό του **δικτύου ελέγχου των 23 σημείων**.

Εκτός του δικτύου ελέγχου, υλοποιήθηκαν **5 σημεία αναφοράς** σε μικρή απόσταση από το μνημείο, ώστε να μην επηρεάζονται, κατά το δυνατόν, από το υπό εξέταση αίτιο, ενώ η επιλογή των θέσεων των σημείων έγινε με κύριο κριτήριο τη μεταξύ τους οπτική επαφή, αλλά και την ικανοποιητική επόπτευση του δικτύου ελέγχου των 23 σημείων. Ειδικότερα, θα έπρεπε κάθε σημείο του δικτύου αναφοράς να 'βλέπει' (σε επίπεδο σκόπευσης) όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία ελέγχου, ενώ κάθε σημείο ελέγχου θα έπρεπε να σκοπεύεται από όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία αναφοράς και σίγουρα όχι κάτω από τρία.

Εκτός του ζητήματος της ορατότητας του βασικού δικτύου, το γεγονός ότι οι θέσεις των σημείων αναφοράς βρίσκονταν εκτός του χώρου του μνημείου, τα καθιστούσε εκτεθειμένα στη συχνότατη ανθρώπινη διέλευση που λάμβανε χώρα σε εκείνο το σημείο του Περιπάτου. Οι ιδιαίτερες αυτές συνθήκες απαιτούσαν μια εξαιρετικά σταθερή κατασκευή που θα υλοποιούσε τα σημεία αναφοράς, και που ταυτόχρονα θα ήταν όσο το δυνατόν περισσότερο συμβατή αισθητικά με το μνημείο και τον περιβάλλοντα χώρο του. Επίσης, τα σημεία αυτά θα έπρεπε να υλοποιηθούν έξω από το μονοπάτι του Περιπάτου, ώστε να μην ενοχλούν την περιπατητική διαδρομή που αυτός όριζε. Τελικά, τα 4 σημεία αναφοράς τοποθετήθηκαν σε μια νοητή περιμετρική ζώνη (2 βόρεια, 1 ανατολικά και 1 δυτικά), σε πολύ μικρή απόσταση από το μνημείο. Το 5ο σημείο τοποθετήθηκε στην απέναντι πλευρά

του μονοπατιού του Περιπάτου, λίγα μέτρα μακριά από το μνημείο. Το σημείο αυτό ήλεγχε τα υπόλοιπα 4 σημεία αναφοράς.

Η υλοποίηση των 5 σημείων του δικτύου αναφοράς, έγινε με την κατασκευή βάθρων από αλουμινένιο κύλινδρο, ύψους 1 m και διαμέτρου 30 – 40 cm, πάνω στον οποίο είχε προσαρμοσθεί με θερμοκόλληση μια τετράγωνη αλουμινένια σχάρα (50 x 50 cm).. Στο κέντρο της σχάρας είχε κατασκευασθεί τρύπα με οδηγό βίδας, αντίστοιχο της ειδικής βίδας στην οποία μπορεί αποκλειστικά να βιδωθεί το τρικόχλιο του οργάνου που θα χρησιμοποιούταν στις μετρήσεις (Leica TDA-5005). Τα πέντε κυλινδρικά βάθρα στερεώθηκαν σε τσιμεντένια θεμέλια 50 x 50 cm, βάθους 30 περίπου cm και βάφτηκαν με πράσινο χρώμα για λόγους αισθητικής. [Κ. Πετρολέκας, 2008]



Εικόνα 7:- Το Γεωδαιτικό δίκτυο αναφοράς (Βάθρα T2, T3, T4 και T5)



Εικόνες 8 και 9: Βάσεις σημείων αναφοράς

Όπως προαναφέρθηκε, ο αριθμός των σημείων του δικτύου ελέγχου έφτασε τα 23. Θεωρήθηκε πως ένα τέτοιο πλήθος σημείων θα προσέφερε ικανοποιητική παρακολούθηση του μνημείου, κρατώντας τη διάρκεια της κάθε φάσης μετρήσεων σε ρεαλιστικά επίπεδα. Από τα σημεία αυτά, τα 9 τοποθετήθηκαν στο πάτωμα, που είναι καλυμμένο από μη συνεχή κομμάτια πέτρας, 4 στο δυτικό τοίχο (από μαρμάρινες πλάκες), 6 στα βράχια που υπέρκεινται του μνημείου και 4 στον τοίχο από πέτρινες πλάκες, στην ανατολική του πλευρά. Ο τρόπος υλοποίησης κάθε ομάδας σημείων εξαρτήθηκε απόλυτα

από τη θέση της στο μνημείο και ειδικότερα από το υλικό που θα βρισκόταν σε επαφή. [Κ. Πετρολέκας, 2008] Η υλοποίηση όλων των σημείων του γεωδαιτικού δικτύου ελέγχου έγινε από την Α' Εφορεία Κλασικών και Προϊστορικών Αρχαιοτήτων.

Τα δύο δίκτυα που περιγράφηκαν (αναφοράς και ελέγχου) αποτέλεσαν το Γεωδαιτικό Δίκτυο Ελέγχου, η μέτρηση και επίλυση του οποίου θα επιτύγχανε μια ολοκληρωμένη διερεύνηση της κινηματικής συμπεριφοράς του μνημείου, αλλά και του περιβάλλοντος χώρου του, στις 3 διαστάσεις.



Εικόνες 10 και 11: – Υλοποίηση σημείου ελέγχου στο δάπεδο του μνημείου



Εικόνα 12: Αυτοσχέδιος στόχος για την υλοποίηση των σημείων ελέγχου 10-23

Για το ήδη επιλεγμένο γεωμετρικό σχήμα, λαμβάνοντας υπόψη ταυτόχρονα τον αριθμό και το είδος των μετρήσεων (γωνιών και μηκών) που πρόκειται να γίνουν, είναι δυνατό να εκτιμηθούν τα τυπικά σφάλματα των συντεταγμένων χωρίς να γίνουν οι τελικές μετρήσεις, δηλαδή στην ουσία να γίνει γνωστή η τάξη μεγέθους τους (Βελτιστοποίηση του Δικτύου).



Εικόνα 13: Σημεία ελέγχου 11 – 12 - 13

Με αυτόν τον τρόπο εκτιμάται, δηλαδή, αν η γεωμετρία του δικτύου ικανοποιεί τις προδιαγραφές που πιθανόν έχουν τεθεί για την ακρίβεια προσδιορισμού των σημείων, ενώ παράλληλα φαίνεται και ποιες μετρήσεις μπορεί να παραληφθούν χωρίς να αλλάξει η

ζητούμενη ακρίβεια και έτσι να μειωθεί το κόστος των εργασιών. Επίσης, από τις εκτιμήσεις στις ακρίβειες που μπορεί να επιτευχθούν, είναι δυνατόν να προσδιοριστούν παράλληλα το είδος των οργάνων και των στόχων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

Η προσαρμογή της Γεωδαιτικής Μεθοδολογίας στην εν λόγω μελέτη όμως, κατέδειξε πως η διαδικασία βελτιστοποίησης του δικτύου ελέγχου της Κλεψύδρας, δεν θα είχε ιδιαίτερο νόημα. Κι αυτό γιατί οι εξαιρετικές συνθήκες που διαμόρφωναν την πραγματικότητα του συγκεκριμένου προβλήματος δεν άφηναν περιθώρια για ιδιαίτερη πολλαπλότητα στις επιλογές σχεδιασμού του δικτύου. Ωστόσο, για εκπαιδευτικούς λόγους, έγινε μια προσπάθεια βελτιστοποίησης του δικτύου, η οποία περιγράφεται στη συνέχεια.

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΧΩΝ

Η επιλογή των γεωδαιτικών οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν και το είδους των παρατηρήσεων με βάση τις οποίες θα επιλυόταν το δίκτυο, έγινε με βάση τις υψηλές απαιτήσεις ακριβείας της μελέτης, αλλά και του απρόσιτου των σημείων ελέγχου. Με εφαρμογή, λοιπόν, του νόμου μετάδοσης των σφαλμάτων προκύπτουν τα αναμενόμενα τυπικά σφάλματα των αποστάσεων και των γωνιών, θεωρώντας τα ως στατιστικά ανεξάρτητες μεταβλητές και στη συνέχεια με δεδομένα τα αναμενόμενα τυπικά σφάλματα, μπορεί να εκτιμηθεί ποια είναι τα κατάλληλα όργανα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να υπάρχει αρμονική ακρίβεια στις μετρήσεις. Με μια απλή λοιπόν εφαρμογή του νόμου μετάδοσης σφαλμάτων προκύπτει πως για να ανιχνευθούν, σε ικανοποιητικό βαθμό εμπιστοσύνης, μικρομετακινήσεις της τάξης των 2-3 mm, η ακρίβεια στον προσδιορισμό των συντεταγμένων δεν θα έπρεπε να είναι πολύ χειρότερη του 1-2 mm.

Επιπλέον, με την απουσία των μετρήσεων των μηκών και προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των παρατηρήσεων, να αυξηθεί ο βαθμός ελευθερίας του δικτύου και να βελτιωθεί η ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος, αποφασίσθηκε να αυξηθεί ο αριθμός των σημείων αναφοράς σε 5. Στην περίπτωση που θα ήταν δυνατή η μέτρηση μηκών προς τα σημεία ελέγχου με ικανοποιητική ακρίβεια, τα σημεία αναφοράς θα αρκούσε να ήταν λιγότερα (3 ή 4), αλλά με ικανοποιητική επόπτευση του δικτύου ελέγχου.

Στο δίκτυο δόθηκε κλίμακα με τη χρήση μεταλλικής μετροταινίας με υποδιαιρέσεις σε mm, με την οποία μετρήθηκαν δύο αποστάσεις μεταξύ σημείων αναφοράς. Το σφάλμα μιας τέτοιας μέτρησης (εκτιμήθηκε στα 2mm) αποφασίστηκε πως δεν θα δημιουργούσε

πρόβλημα ακρίβειας, διότι οι αποστάσεις που μετρήθηκαν ήταν μικρές (της τάξης των λίγων μέτρων), παρουσίαζαν ελάχιστη κλίση, ενώ οι θέσεις των σημείων που μετρήθηκαν ήταν βολικές για μια τέτοια μέτρηση.

Με δεδομένα τα παραπάνω, η επιλογή του οργάνου που θα χρησιμοποιόταν στις μετρήσεις εξελίχθηκε σε μονόδρομο, καθώς το μόνο όργανο που ανταποκρινόταν στις απαιτήσεις ακριβείας της μελέτης και ήταν διαθέσιμο από το Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας της ΣΑΤΜ-ΕΜΠ, ήταν το Leica TDA 5005 (η ονομαστική ακρίβειά του στις γωνιομετρήσεις φτάνει το $\pm 0,5$ cc, ενώ η αντίστοιχη για τις μετρήσεις μηκών το ± 1 mm έως ± 2 ppm). Με το όργανο αυτό μετρήθηκε το Γεωδαιτικό Δίκτυο Ελέγχου της Κλεψύδρας. Πρόκειται για ένα total station υψηλής ακρίβειας, προορισμένο για εργαστηριακές συνθήκες, που όμως η ευκολία στη χρήση και τη μεταφορά του το καθιστούν κατάλληλο και για εργασίες πεδίου. Στα σημεία ελέγχου ήταν αδύνατο να στηθεί κατάφωτο, συνεπώς η προσέγγισή τους από τα σημεία αναφοράς θα μπορούσε να γίνει μόνο μέσω (οριζόντιων και κατακόρυφων) γωνιών. Η λύση κάποιου reflectorless οργάνου για να εισαχθούν μετρήσεις μηκών απορρίφθηκε, καθώς η ακρίβεια αυτών των οργάνων στη μέτρηση αποστάσεων (κοντά στο 1 cm) θα επιβάρυνε κρίσιμα την ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος, καθώς και η ανακλαστικότητα επηρέαζε σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων. Επιπρόσθετα, πρέπει να αναφερθεί εδώ πως, σύμφωνα με πρόσφατες διπλωματικές εργασίες, η πραγματική ακρίβεια πολλών reflectorless οργάνων εμφανίζεται αισθητά χειρότερη της ονομαστικής.



Εικόνα 14: Leica TDA 5005

Επιπλέον, οι στόχοι που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να έχουν το κατάλληλο μέγεθος και χρώμα. Το μέγεθός τους εξαρτάται από τα μήκη σκόπευσης, τη ζητούμενη ακρίβεια και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οργάνων. Ιδιαίτερα σε αυτή την περίπτωση του

ελέγχου μικρομετακινήσεων, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή τους. Τέλος, όσον αφορά το χρώμα τους, πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να δημιουργεί έντονη αντίθεση με το περιβάλλον, έτσι ώστε να είναι ορατοί από μακριά.

Η ορατότητα του δικτύου ελέγχου, που επιτυγχανόταν με τις επιλεγμένες θέσεις των σημείων αναφοράς, κρίθηκε πολύ ικανοποιητική καθώς δεν υπήρχε σημείο του δικτύου ελέγχου που να σκοπεύεται από λιγότερο από 3 σημεία αναφοράς (δηλαδή να προσδιορίζεται από λιγότερες από 3 εμπροσθοτομίες).

		ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
ΣΗΜΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	T 1	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■		■	■										
	T 2	■	■	■	■						■	■	■	■	■										
	T 3																								
	T 4									■															
	T 5																	■	■	■	■				

Εικόνα 15:- Ορατότητες δικτύου ελέγχου από το δίκτυο αναφοράς (Τα σκιασμένα κελιά δείχνουν έλλειψη ορατότητας)

4. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ- ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Πριν από την εκτέλεση των παρατηρήσεων, ενδείκνυται να υπολογίζονται τα κατάλληλα στατιστικά μεγέθη του δικτύου προκειμένου να επιτυγχάνεται ο σωστός σχεδιασμός, με βάση πάντα τον σκοπό που θα εξυπηρετήσει και τις προδιαγραφές για την ακρίβειά του.

Τα μεγέθη που υπολογίζονται μπορεί να είναι αβεβαιότητες απόλυτων ή σχετικών θέσεων των κορυφών ή και αριθμοί που εκφράζουν τη μέση αβεβαιότητα απόλυτων ή σχετικών θέσεων ενώ μπορεί να υπολογίζονται και μεγέθη που συνδέονται με την αξιοπιστία. Η βασική αυτή πληροφορία για την στατιστική αυτή ανάλυση δίνεται από τον a priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων των κορυφών.

Έτσι, από τις προσωρινές συντεταγμένες των κορυφών που προβλέπεται να επιλεγούν και τις αρχικά προγραμματισμένες παρατηρήσεις με τις αβεβαιότητές τους, υπολογίζεται ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας και τα στατιστικά στοιχεία που ενδιαφέρουν. Μεταβάλλοντας τον αριθμό και το είδος ή τις αβεβαιότητες των παρατηρήσεων γίνονται διαδοχικές αναλύσεις μέχρις ότου επιτευχθεί ο ιδανικός συνδυασμός από την άποψη ακρίβειας των προβλεπόμενων αποτελεσμάτων, αλλά και από την άποψη της οικονομίας χρόνου παραμονής στην ύπαιθρο και κόστους. Προφανώς, η επιδιωκόμενη ακρίβεια εξαρτάται από τον σκοπό για τον οποίο ιδρύεται το δίκτυο.

Η προκαταρκτική αυτή μελέτη που υπαγορεύει τον σωστό σχεδιασμό του δικτύου, συνήθως ονομάζεται βελτιστοποίηση (optimization) και γίνεται εύκολα και γρήγορα, εφόσον υπάρχει το κατάλληλο λογισμικό.

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Έχοντας στη διάθεσή μας το λογισμικό opt.exe, το οποίο χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις οριζόντιων γωνιών, αποστάσεων και γωνιών διεύθυνσεων, υπολογίζει

- a) Τον a priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων των άγνωστων κορυφών
- b) Τις απόλυτες ελλείψεις όλων των άγνωστων κορυφών
- c) Για ζευγάρια κορυφών που επιλέγονται από το χρήστη τα τυπικά σφάλματα αποστάσεων, γωνιών διεύθυνσης, συμμεταβλητότητας αποστάσεων και γωνιών

διεύθυνσης, καθώς και τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος όπου η γωνία του μεγάλου ημιάξονα δίνεται δεξιόστροφα από τον άξονα του διανύσματος των δύο σημείων (άξονα απόστασης)

d) Τους αριθμούς πλεονασμού (Redundancy numbers) για όλες τις μετρήσεις.

Για την εκτέλεση του προγράμματος είναι απαραίτητα δύο αρχεία της μορφής ASCII , ένα για τις συντεταγμένες και ένα για τις παρατηρήσεις . Στα αρχεία αυτά, τα πεδία της κάθε γραμμής τους χωρίζονται με κόμμα.

1. Αρχείο συντεταγμένων:

Περιέχει το όνομα και τις συντεταγμένες όλων των κορυφών του δικτύου. Το format του αρχείου είναι το ακόλουθο: Έχει τόσες γραμμές όσες είναι και οι κορυφές. Κάθε γραμμή έχει τρία πεδία που περιέχουν κατά σειρά, το όνομα, το X και το Y της κορυφής.

2. Αρχείο παρατηρήσεων:

Περιέχει στην πρώτη γραμμή του το είδος της επίλυσης, τον συνολικό αριθμό των κορυφών, τον αριθμό των σταθερών κορυφών, τον αριθμό των γωνιών, τον αριθμό των αποστάσεων και τον αριθμό των διευθύνσεων, ενώ στις υπόλοιπες γραμμές περιέχει τις παρατηρήσεις.

Στην περίπτωση που το είδος επίλυσης του δικτύου μας είναι εξαρτημένο, τότε πληκτρολογούμε το 0, ενώ στην περίπτωση που το δίκτυό μας λύνεται ως ελεύθερο με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις, τότε πληκτρολογούμε το 1.

Στη δική μας περίπτωση, το δίκτυο λύνεται ως ελεύθερο με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις.

Στις υπόλοιπες γραμμές, το format του αρχείου είναι είδος παρατήρησης (1 για παρατήρηση γωνίας, 2 για παρατήρηση απόστασης, 3 για παρατήρηση διευθύνσεων), όνομα πρώτης κορυφής (όνομα στάσης του γωνιομετρικού οργάνου ή για τις αποστάσεις το όνομα της πρώτης κορυφής της απόστασης), όνομα δεύτερης κορυφής (όνομα αριστερής κορυφής για τις γωνίες ή για τις διευθύνσεις την κορυφή που σκοπεύσαμε ή για τις αποστάσεις το όνομα της δεύτερης κορυφής της απόστασης), όνομα τρίτης κορυφής (όνομα δεξιάς κορυφής για τις γωνίες ή για τις διευθύνσεις και τις αποστάσεις 0), τυπικό σφάλμα μέτρησης (σε cc).

Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε ένα αρχείο ASCII και έχει όνομα που επιλέγεται μέσα από το πρόγραμμα. Στις πρώτες γραμμές έχει τα στοιχεία του πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των m ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων, ενώ οι επόμενες γραμμές περιέχουν τα στοιχεία των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος σ_{max} , σ_{min} των άγνωστων κορυφών και την δεξιόστροφη γωνία α που σχηματίζει ο σ_{max} από τον άξονα Y. Στη συνέχεια, το αρχείο έχει τα στοιχεία των αβεβαιοτήτων των σχετικών θέσεων των κορυφών που έχουν επιλεγεί από το χρήστη και στις τελευταίες γραμμές βρίσκονται οι αριθμοί πλεονασμού (Redundancy numbers) και ο μέσος όρος τους.

4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Γνωρίζοντας ότι το όργανο LEICA TDA 5005 έχει θεωρητική ακρίβεια $\pm 0,5 \text{ arcsec} = \pm 1,5 \text{ cc}$ για τις γωνίες και $\pm 1 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$ για τα μήκη, προσδιορίζουμε την a priori μέση αβεβαιότητα σε κλίμακα (ppm), εφόσον εντοπιστούν οι οριζόντιες γωνίες και αποστάσεις του δικτύου σε σχέδιο Autocad που μπορούμε να θέσουμε ως αρχικές παρατηρήσεις μας στο αρχείο των παρατηρήσεων.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου LEICA TDA 5005 (θεωρητική ακρίβεια) μπορούμε να υπολογίσουμε τα σφάλματα που είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του προγράμματος βελτιστοποίησης opt.exe.

- Για τις οριζόντιες γωνίες, λόγω ότι ισχύει $\theta = A^2 - A^1$ τότε από το Νόμο Μετάδοσης των Σφαλμάτων ισχύει $\sigma_\theta = \sqrt{(1,5 \text{ cc})^2 + (1,5 \text{ cc})^2} \approx 1,5\sqrt{2} \text{ cc} \approx 2 \text{ cc}$
- Για τις κατακόρυφες γωνίες, προφανώς, ισχύει ότι $\sigma_\theta = 1,5 \text{ cc}$
- Για τα μήκη, ισχύει η σχέση $\sigma_s = \sqrt{(1)^2 + (2 \cdot S \cdot 10^{-3})^2}$ (mm), όπου S κάθε φορά η απόσταση δύο σημείων.

Για τον υπολογισμό των αποστάσεων και στη συνέχεια τον υπολογισμό των αντίστοιχων σφαλμάτων, δημιούργησα ένα αρχείο Excel (ένα για το δίκτυο αναφοράς και ένα αρχείο για το συνολικό δίκτυο) στο οποίο πέρασα τις προσωρινές συντεταγμένες και υπολόγισα τις αποστάσεις που θα έδινά ως παρατηρήσεις στο αρχείο παρατηρήσεων για το πρόγραμμα opt.exe, αλλά και τα αντίστοιχα σφάλματά τους μέσω της παραπάνω σχέσης.

Βέβαια, να σημειωθεί εδώ ότι τα μήκη μπορούμε ακόμα πιο εύκολα να τα βρούμε από τα ήδη υπάρχοντα σχέδια Autocad.

Από τα σχέδια Autocad, μπορούμε να επιλέξουμε τις παρατηρήσεις τις οποίες θα έχουμε στο αρχείο παρατηρήσεων. Επιλέγουμε, αρχικά όσες περισσότερες παρατηρήσεις ή έστω έναν ικανοποιητικό αριθμό παρατηρήσεων έτσι ώστε αρχικά να έχουμε όσο το δυνατόν τις καλύτερες ακρίβειες, αφού στη συνέχεια βάσει τα Redundancy numbers αργότερα θα μειώσουμε τον αριθμό των παρατηρήσεων και θα μας δίνεται η δυνατότητα να παρατηρούμε καθώς αφαιρούμε παρατηρήσεις, πως μεταβάλλονται οι ακρίβειες.

Αυτή τη διαδικασία την ακολουθήσαμε αρχικά στο δίκτυο αναφοράς και στη συνέχεια στο συνολικό δίκτυο, το οποίο αποτελείται από τα σημεία αναφοράς αλλά και τα σημεία ελέγχου.

Αφού, ακολούθησα αυτή τη διαδικασία έχοντας παρατηρήσεις της επιλογής μου, οι οποίες φρόντισα να είναι αρκετές, ακολούθησα ξανά την ίδια διαδικασία έχοντας ως παρατηρήσεις αυτή τη φορά τις μετρήσεις μου για να συγκρίνω τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου προγράμματος βελτιστοποίησης με τα αποτελέσματα της συνόρθωσης, αλλά και να τα συγκρίνω με τα αποτελέσματα που έχω πάρει από τα πρώτα αρχεία παρατηρήσεων με παρατηρήσεις της επιλογής μου.

4.3 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά, έγινε προσπάθεια να τρέξω το πρόγραμμα για το τρισδιάστατο δίκτυο αναφοράς, αλλά τελικά δεν ήταν δυνατό και τελικά εκτελέστηκε το πρόγραμμα βελτιστοποίησης για το δίκτυο του οριζοντίου ελέγχου.

4.3.1 ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Στην αρχή, δημιουργώντας το αρχείο των παρατηρήσεων με ακρίβειες 2cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,001m για τα μήκη σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου LEICA TDA 5005 (www_group.slac.stanford.edu). Οι ακρίβειες που πήρα ως αποτέλεσμα ήταν υπερβολικά μικρές. Το σφάλμα της κάθε απόστασης ήταν μηδενικό (σs) και τα sigma και sigma in όλων των απόλυτων ελλείψεων ήταν επίσης μηδενικά. Το αρχείο εξόδου OUT.txt είναι διαθέσιμο στα παραρτήματα.

Θεωρώντας, λοιπόν, ιδανικές τις συγκεκριμένες ακρίβειες και επειδή στην διπλωματική του ο Κωνσταντίνος Πετρολέκας χρησιμοποίησε για τη συνόρθωση του δικτύου διαφορετικές ακρίβειες, 40cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,002m για τα μήκη,

χρησιμοποίησα και εγώ αυτές τις ακρίβειες (OUT40.txt). Επιπλέον, δοκιμαστικά για να δω τα αποτελέσματα, έτρεξα το πρόγραμμα και με ακρίβειες 50cc και 0,002m για οριζόντιες γωνίες και αποστάσεις αντίστοιχα (OUT50.txt).

Στο αρχείο εξόδου με τις ακρίβειες 40cc και 0,002m, το $\sigma_s(\text{total})$ είναι ίσο με 0,0009m, ενώ τα σημεία αναφοράς T1, T2, T5 έχουν $\sigma_{\max}=0,001$ και $\sigma_{\min}=0$ εκτός του σημείου T4 που $\sigma_{\max}=\sigma_{\min}=0$. Το αρχείο εξόδου OUT40.txt βρίσκεται στα παραρτήματα.

Στο αρχείο εξόδου με τις ακρίβειες 50cc και 0,002m, το $\sigma_s(\text{total})$ είναι ίσο με 0,001m, ενώ τα σημεία αναφοράς T1, T2, T4 και T5 έχουν $\sigma_{\max}=0,001$ και $\sigma_{\min}=0$. Το αρχείο OUT50.txt βρίσκεται στα παραρτήματα.

Από ό,τι μπορούμε να συμπεράνουμε, η διαφορά είναι πάρα πολύ μικρή καθώς επίσης και η γωνίες α των ελλείψεων (η δεξιόστροφη γωνία που σχηματίζει ο σ_{\max} από τον άξονα Y) για κάθε σημείο έχει ακριβώς την ίδια τιμή και στα δύο αρχεία εξόδου.

Έχοντας ως βασικό άξονά μας το αρχείο με τις ακρίβειες 40cc και 0,002m, και κρίνοντας ποιες παρατηρήσεις μπορούμε να αφαιρέσουμε από το αρχείο παρατηρήσεων βάσει τους αριθμούς πλεονασμού (Redudacy numbers).

Ο αριθμός πλεονασμού εκφράζει τη συνεισφορά κάθε παρατήρησης στον βαθμό ελευθερίας του δικτύου με βασικό κριτήριο ότι πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του μηδέν και μικρότερος ή ίσος του 1 και όλοι οι βαθμοί ελευθερίας πρέπει να είναι περίπου κοντά στον μέσο αριθμό πλεονασμού. Αν υπάρχει παρατήρηση με μεγάλο αριθμό πλεονασμού (που θεωρητικά το επιθυμώ), υπάρχει περίπτωση να έχει γίνει κάποιο χονδροειδές λάθος και τότε υπάρχει πρόβλημα.

Το αρχικό αρχείο εξόδου είναι το OUT40.txt με αντίστοιχο αρχείο εισόδου το data40.txt. Ύστερα από τη σύγκριση με τους αριθμούς πλεονασμού αφαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις των οποίων οι αριθμοί πλεονασμού απέκλιναν αρκετά από τον μέσο αριθμό πλεονασμού.

Το καινούριο αρχείο επομένως εισόδου με τις λιγότερες παρατηρήσεις είναι το data40r1.txt, το οποίο όπως είναι και λογικό με την εκτέλεση του προγράμματος βελτιστοποίησης θα δώσει μεγαλύτερα σφάλματα από τα αντίστοιχα του data40.txt, αφού όπως γίνεται και στην ύπαιθρο όσες περισσότερες μετρήσεις κάνουμε, τόσο καλύτερη ακρίβεια θα έχουμε. Το καινούριο, λοιπόν, αρχείο εξόδου, το OUT40R1.txt (βλ. παραρτήματα) μας δίνει $\sigma_s(\text{total})=0,001\text{m}$ και δημιουργούνται κύκλοι στα σημεία T1 και T5 δηλαδή τα σημεία αυτά έχουν αρμονική ακρίβεια, ενώ στα T2 και T4 ευθείες (σε αντίθεση με το προηγούμενο αρχείο εξόδου όπου όλες οι ελλείψεις ήταν εκφυλισμένες σε ευθείες).

Στη συνέχεια, πάλι με βάση τους αριθμούς πλεονασμού αφαιρώ παρατηρήσεις και δημιουργώ νέο αρχείο εισόδου, το data40r2.txt, το οποίο μου δίνει ως αποτέλεσμα το OUT40R2.txt (βλ. παραρτήματα 1.1) το οποίο έχει πολύ μικρή διαφορά με το προηγούμενο αρχείο εξόδου στις ελλείψεις, ενώ το $ss(total)=0,0014m$.

Αφαιρώντας ξανά παρατηρήσεις, δημιουργούμε το αρχείο data40r3.txt το οποίο δίνει ως αποτέλεσμα το αρχείο εξόδου OUT40R3.txt (βλ. παραρτήματα 1.1) όπου πλέον το $ss(total)=0,002m$ και οι ελλείψεις έχουν αρχίσει και σημειώνουν κάποια ουσιαστική μεταβολή.

Τη διαδικασία αυτή να αφαιρούμε παρατηρήσεις με βάση του βαθμούς πλεονασμού θα μπορούσαμε να τη συνεχίσουμε. Όμως δεν μας έχει μείνει ικανοποιητικός αριθμός παρατηρήσεων και προφανώς δε μπορούμε να μειώσουμε τον αριθμό των παρατηρήσεων των αποστάσεων ο οποίος είναι ήδη μικρός (2 αποστάσεις).

Τέλος, επειδή οι παρατηρήσεις μας είναι ήδη συγκεκριμένες, εφόσον έχουν ήδη γίνει οι μετρήσεις, έχοντας ως παρατηρήσεις τα μεγέθη τα οποία μετρήσαμε, είχαμε αρχείο εξόδου το OUTV.txt (βλ. παραρτήματα 1.1) το οποίο έδινε $ss(total)=0,0015m$ και τα $sigma_{max}$ και $sigma_{min}$ είναι αρκετά καλά συγκρίνοντάς τα με τα προηγούμενα αποτελέσματα. Όλες οι ελλείψεις των σημείων, εκτός του T5, εκφυλλίζονται σε ευθείες.

Συγκρίνοντας τα αρχεία OUT40R2.txt και OUTV.txt, παρατηρούμε ότι το τελευταίο αρχείο έχει καλύτερη ακρίβεια, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι γενικά μιλώντας η ακρίβεια του πρώτου αρχείου δεν είναι καλή. Το OUTV.txt έχει $ss(total)=0,0015m$ και τα $sigma_{max}$ και $sigma_{min}$ είναι σαφώς καλύτερα από τα αντίστοιχα του OUT40R3.txt με $ss(total)=0,002m$.

4.3.2 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για το συνολικό δίκτυο, το οποίο αποτελείται από τα σημεία αναφοράς και τα σημεία ελέγχου. Οι παρατηρήσεις που θα μπορούσαμε να έχουμε για το αρχείο εισόδου είναι πολύ μεγάλος και συνδυασμός των 28 σημείων που αποτελούν το συνολικό δίκτυο.

Αρχικά, το αρχείο εισόδου (αρχείο παρατηρήσεων) αποτελούταν από τις οριζόντιες γωνίες οι οποίες έχουν ως στάσεις οργάνου τα σημεία αναφοράς και όλες τις πιθανές αποστάσεις με το ένα άκρο της απόστασης να είναι σημείο αναφοράς.

Σε αρχικό στάδιο, έτρεξα το αρχείο αυτό με ακρίβεια αντίστοιχη των τεχνικών χαρακτηριστικών του LEICA TDA 5005 ($\pm 1\text{mm} \pm 2\text{ppm}$), δηλαδή με ακρίβεια 2cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,001m για τα μήκη σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου LEICA TDA 5005. Όλα τα σφάλματα ήταν μηδενικά. Το αντίστοιχο αρχείο εξόδου είναι το OUTE.txt και είναι διαθέσιμο στα παραρτήματα.

Στη συνέχεια, έτρεξα τις ίδιες παρατηρήσεις με ακρίβεια 40cc και 0,002m στις οριζόντιες γωνίες και στις αποστάσεις αντίστοιχα. Η ακρίβεια είναι εξίσου πολύ καλή με μια μικρή διαφορά. Τα σφάλματα είναι ελάχιστα πιο μεγάλα και τώρα ξεκινούν να δημιουργούνται πολύ λίγες και μικρές ελλείψεις, ή έστω κάποιες εκφυλισμένες σε ευθείες ελλείψεις. Το αρχείο εξόδου, το οποίο βρίσκεται και στα παραρτήματα, είναι το OUTE40.txt.

Αφαιρώντας παρατηρήσεις σύμφωνα με τους αριθμούς πλεονασμού, παρατηρούμε μια μικρή αύξηση στα σφάλματα. Δημιουργούμε καινούριο αρχείο date40r1.txt με τις παρατηρήσεις που επιλέξαμε, των οποίων ο αριθμός πλεονασμού είναι περίπου κοντά στο μέσο αριθμό πλεονασμού. Το εύρος για να επιλέξουμε τις παρατηρήσεις που θα κρατήσουμε το καθορίζουμε εμείς ανάλογα με τον αριθμό των παρατηρήσεων που επιθυμούμε. Όταν θέλουμε περισσότερες παρατηρήσεις, το εύρος επιλέγουμε να είναι λίγο πιο μεγάλο σε σχέση με αυτό που θα είχαμε αν επιθυμούσαμε λιγότερες παρατηρήσεις.

Έχοντας ως αρχείο εισόδου το date40r1.txt παίρνουμε μετά την εκτέλεση του προγράμματος ως αρχείο εξόδου το OUTE40R1.txt (βλ.παραρτήματα 1.2). Στα αποτελέσματα, λοιπόν, παρατηρούμε μια πολύ μικρή αύξηση στα σφάλματα.

Στη συνέχεια, κάνουμε άλλη μια απόπειρα να αφαιρέσουμε και άλλες παρατηρήσεις και ουσιαστικά τώρα αρχίζει να γίνεται ίσως καλύτερα ορατή η εμφάνιση ελλείψεων εκ των οποίων οι περισσότερες έχουν αρμονική ακρίβεια, επομένως αναφερόμαστε σε κύκλους. Το καινούριο αρχείο εισόδου που δημιουργήσαμε είναι το date40r2.txt, το οποίο μας έδωσε το αρχείο εξόδου OUTE40R2.txt (βλ.παραρτήματα 1.2).

Επιπλέον, είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι έγιναν αρκετοί συνδυασμοί παρατηρήσεων στα αρχεία εισόδου για τη σύγκριση των σφαλμάτων που παίρναμε ως αποτέλεσμα.

Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι εδώ παρουσιάστηκαν ως αρχεία εισόδου με παρατηρήσεις-οριζόντιες γωνίες του συνολικού δικτύου που είχαν ως στάση οργάνου σημεία αναφοράς, ενώ επιπλέον εκτελέστηκε το ίδιο πρόγραμμα με αρχεία εισόδου τα οποία είχαν παρατηρήσεις-οριζόντιες γωνίες του συνολικού δικτύου με στάση οργάνου τα σημεία ελέγχου. Όλα τα αρχεία (και αυτά των οποίων τα αποτελέσματα δεν

παρουσιάζονται εδώ) υπάρχουν σε ένθετο στο τέλος, αλλά και σε ψηφιακή μορφή, απλά εφόσον τα αποτελέσματα των δύο ομάδων αρχείων ήταν συναφή και δεν υπήρχε ουσιαστική διαφορά, θεωρήθηκε λογικό να μην αναλυθούν περαιτέρω.

Τέλος, έχοντας ως παρατηρήσεις τα μεγέθη τα οποία μετρήσαμε, είχαμε αρχείο εξόδου το OUTEV.txt το οποίο έδινε τα αποτελέσματα που μπορούμε να παρατηρήσουμε στα παραρτήματα, όπου εδώ υπάρχει πράγματι μια αύξηση στα σφάλματα, χωρίς αυτό να σημαίνει πως η ακρίβεια παύει ακόμα κ με αρκετά λιγότερες παρατηρήσεις να είναι καλή.

Έπειτα, λοιπόν, από τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να ξέρουμε στο περίπου πριν βγούμε στην ύπαιθρο τι αποτελέσματα να περιμένουμε από τις μετρήσεις μας. Έτσι, στο τέλος θα έχουμε τη δυνατότητα να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα του προγράμματος βελτιστοποίησης με τα αντίστοιχα από την επίλυση της συνόρθωσης.

4.4 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

Σύμφωνα με τη μέθοδο ελέγχου των παρατηρήσεων Baarda, είναι δυνατόν πριν γίνουν οι μετρήσεις να υπολογιστούν τα ελάχιστα χονδροειδή σφάλματα που μπορούν να προκαλέσουν απόρριψη των παρατηρήσεων, τα οποία φυσικά όσο μικρότερα είναι τόσο πιο ευαίσθητο είναι το δίκτυο σε ελέγχους. Τα σφάλματα αυτά, σύμφωνα με τον Baarda, εκφράζουν την εσωτερική αξιοπιστία του δικτύου που μπορεί να θεωρηθεί ως ελεγχιμότητα (controlability).

Το ελάχιστο χονδροειδές σφάλμα που μπορεί να προκαλέσει την απόρριψη μιας παρατήρησης l_i , για ασυσχέτιστες παρατηρήσεις, δίνεται από τη σχέση:

$$|\bar{V}_o l_i| = \delta_o \cdot \sigma_{l_i} \cdot \sqrt{\frac{1}{r_i}} \quad \text{όπου } r_i = \frac{\sigma_{l_i}^2}{\sigma^2_{l_i}}$$

Η παράμετρος δ_o είναι καθαρός αριθμός που εξαρτάται από τις πιθανότητες α_o και β_o που έχουν επιλεγεί για τα λάθη του τύπου I (απόρριψη σωστής μέτρησης) και II (αποδοχή λανθασμένης μέτρησης) στους a posteriori στατιστικούς ελέγχους και δίνει την εκκεντρότητα της εναλλακτικής υπόθεσης.

Η παράμετρος r_i , για την οποία ισχύει $0 \leq r_i \leq 1$, ονομάζεται Αριθμός Πλεονασμού (Redundancy Number RN) και εξαρτάται από τη γεωμετρία του δικτύου και από τον

αριθμό των παρατηρήσεων που επιτρέπουν τον έλεγχο των l_i . Η παράμετρος αυτή, δείχνει το πόσο βελτιώνεται η ακρίβεια του μεγέθους από τη συνόρθωση.

Αναφέρεται πως $\sum r_i = r = n - m$ (βαθμός ελευθερίας), οπότε μπορεί να υπολογιστεί η μέση τιμή $\bar{r} = \frac{r}{n}$. Έτσι, ο αριθμός r_i που αντιστοιχεί στην παρατήρηση l_i δίνει την συνεισφορά της συγκεκριμένης παρατήρησης στο βαθμό ελευθερίας του δικτύου.

Σύμφωνα και πάλι με τον Baarda, ως εξαιρετική αξιοπιστία (ευαισθησία, sensibility) θεωρείται η επίδραση των χονδροειδών σφαλμάτων των παρατηρήσεων που δεν προκαλούν την απόρριψή τους, στις καλύτερες τιμές \hat{x} των παραμέτρων ή σε συναρτήσεις τους $f(\hat{x})$. Έτσι, αν με $\bar{V}f(\hat{x})$ συμβολιστεί η επίδραση του χονδροειδούς $|\bar{V}_o l_i|$ στη συνάρτηση $f(\hat{x})$, αποδεικνύεται πως:

$$|\bar{V}f(\hat{x})| \leq \delta_o \cdot \frac{\sigma_{l_i}}{\sigma_{u_i}} \cdot \sigma_{f(\hat{x})} = \delta_o \cdot \sigma_{f(\hat{x})} \cdot \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1}$$

Συνηθίζεται να θεωρείται ως μέτρο εσωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\tau = \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1} = \frac{\sigma_{l_i}}{\sigma_{u_i}}$

Και ως μέτρο εξωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\gamma = \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1} = \frac{\sigma_{l_i}}{\sigma_{u_i}}$

Για τα οποία ισχύει: $\tau^2 - \gamma^2 = 1$.

Είναι προφανές ότι τόσο η εσωτερική όσο και η εξωτερική αξιοπιστία μεγαλώνουν όσο μεγαλώνουν οι αριθμοί πλεονασμού r_i , και έτσι εκείνο που πρέπει να επιδιώκεται κατά τον σχεδιασμό των δικτύων είναι η μεγιστοποίηση των r_i . Αντίθετα, θεωρείται επικίνδυνο να επιδιώκεται η μεγιστοποίηση του \bar{r} , μια και αυτό μπορεί να επιτευχθεί εφόσον ο βαθμός ελευθερίας είναι μεγάλος, ενώ ενδεχομένως να υπάρχουν παρατηρήσεις που δεν ελέγχονται.

Επομένως, προσαρμοζόμενοι στα αποτελέσματα που παίρνουμε από την εκτέλεση του παραπάνω προγράμματος, έχουμε τη δυνατότητα να ελέγξουμε την αξιοπιστία (εσωτερική και εξωτερική) του οριζόντιου δικτύου αναφοράς και του συνολικού οριζοντίου δικτύου.

➤ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Γνωρίζοντας ότι $\bar{r} = \frac{r}{n} = 0,58823528270432$, έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τα μέτρα της εσωτερικής και εξωτερικής αξιοπιστίας:

- ✓ μέτρο εσωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\tau = \sqrt{\frac{1}{r_i}} = 1,303840494$
- ✓ μέτρο εξωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\gamma = \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1} = 0,836660046$
- ✓ Για τα οποία ισχύει: $\tau^2 - \gamma^2 = 1$

➤ **ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΔΙΚΤΥΟ**

Γνωρίζοντας ότι $\bar{r} = \frac{r}{n} = 0,504672890267695$, έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τα μέτρα της εσωτερικής και εξωτερικής αξιοπιστίας:

- ✓ μέτρο εσωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\tau = \sqrt{\frac{1}{r_i}} = 1,407651061$
- ✓ μέτρο εξωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\gamma = \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1} = 0,990697486$
- ✓ Για τα οποία ισχύει: $\tau^2 - \gamma^2 = 1$

Επομένως, τα δίκτυά μας έχουν αξιοπιστία και θεωρητικά ακόμα δεν υπάρχει η επίδραση χονδροειδών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις μας.

4.5 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

Στις περιπτώσεις που ιδρύεται ένα δίκτυο για την παρακολούθηση μικρομετακινήσεων, στο στάδιο της βελτιστοποίησης επιδιώκεται ο ιδανικός συνδυασμός παρατηρήσεων και βαρών που εξασφαλίζει τον εντοπισμό, με βάση πάντα ένα επίπεδο εμπιστοσύνης, των απόλυτων ή σχετικών μετακινήσεων που αναμένονται. Για το σωστό εντοπισμό των μικρομετακινήσεων επιβάλλεται να διατηρείται το ίδιο σύστημα αναφοράς (ίδιες δεσμεύσεις και προσωρινές συντεταγμένες σε όλες τις περιόδους των παρατηρήσεων).

Έτσι, αν θεωρηθεί $\delta x_{I,II} = \begin{bmatrix} \delta x_1 \\ \delta y_1 \\ \delta x_2 \\ \delta y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta x_n \\ \delta y_n \end{bmatrix}$ το διάνυσμα των των συντεταγμένων των κορυφών

(διάνυσμα απόλυτων μετακινήσεων) μεταξύ δύο περιόδων I και II, εφόσον διατηρείται το

ίδιο σύστημα αναφοράς ο a priori πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των μετακινήσεων, είναι ο:

$$V_{\delta x_{I,II}} = V_{x_I} + V_{x_{II}} = 2 V_x.$$

Από τον $V_{\delta x_{I,II}}$ υπολογίζονται οι a priori αβεβαιότητες απόλυτων και σχετικών μετακινήσεων (οι αβεβαιότητες μπορούν να υπολογισθούν από τον αρχικό πίνακα V_x και να πολλαπλασιαστούν με $\sqrt{2}$). Οι αβεβαιότητες αυτές, ελέγχεται κατά πόσο εξασφαλίζουν τον εντοπισμό των μετακινήσεων με το επιδιωκόμενο επίπεδο εμπιστοσύνης (συνήθως 95% ή 99%).

Αν για παράδειγμα μας ενδιαφέρει ο εντοπισμός σχετικών μετακινήσεων της τάξης των 0,02m με πιθανότητα 95%, θα πρέπει το μέγιστο σφάλμα σχετικών θέσεων σε μέτρα για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% να μην υπερβαίνει τα 0,02m ή $1,96 \times \sqrt{2} \frac{1}{v} \sum_1^v \sigma_{u_{i,j}} \leq 0,02$, όπου v ικανός αριθμός πλευρών του δικτύου και $\sigma_{u_{i,j}}$ οι μεγάλοι ημίμαξονες των σχετικών ελλείψεων υπολογισμένοι από τον V_x .

4.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ A PRIORI ΜΕΣΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ

Υπάρχει η δυνατότητα να καθοριστεί πριν τη διαδικασία των μετρήσεων, η βέλτιστη λύση από άποψη οικονομικότητας-επιλογής οργάνου και αριθμού μετρήσεων ώστε το δίκτυο να έχει μία a priori μέση αβεβαιότητα σε κλίμακα, τέτοια ώστε να μπορεί να ανιχνεύσει σε δύο φάσεις μικρομετακινήσεις της τάξης των εκατοστών που θα μας ζητηθεί με την αντίστοιχη πιθανότητα που θα μας δοθεί.

Κρίνεται σκόπιμο, να γίνει μία διερεύνηση, σύμφωνα με την οποία ανάλογα με τα δεδομένα που θα παίρνουμε κάθε φορά (μικρομετακίνηση-πιθανότητα), θα μπορούμε να βρούμε την αντίστοιχη a priori μέση αβεβαιότητα σε κλίμακα και να την συγκρίνουμε με τις αντίστοιχες μέσες αβεβαιότητες που έχουμε υπολογίσει μέσω του προγράμματος opt.exe και έτσι να κρίνουμε αν είναι απαραίτητο να αφαιρέσουμε κ άλλες παρατηρήσεις από το αρχείο εισόδου. Ο έλεγχος αυτός έχει ως σκοπό να μας κατευθύνει ποιες μετρήσεις είναι οι απαραίτητες να πάρουμε έχοντας ταυτόχρονα την επιθυμητή ακρίβεια.

Με την παραδοχή ότι οι μετρήσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή, για να ανιχνευτεί μικρομετακίνηση θα πρέπει να ισχύει:

$$-z \leq \frac{\Delta S - \mu \Delta S}{\sigma \Delta S} \leq z (1), \text{ όπου } \mu \Delta S = 0 \text{ διότι πρόκειται για το ίδιο μέγεθος.}$$

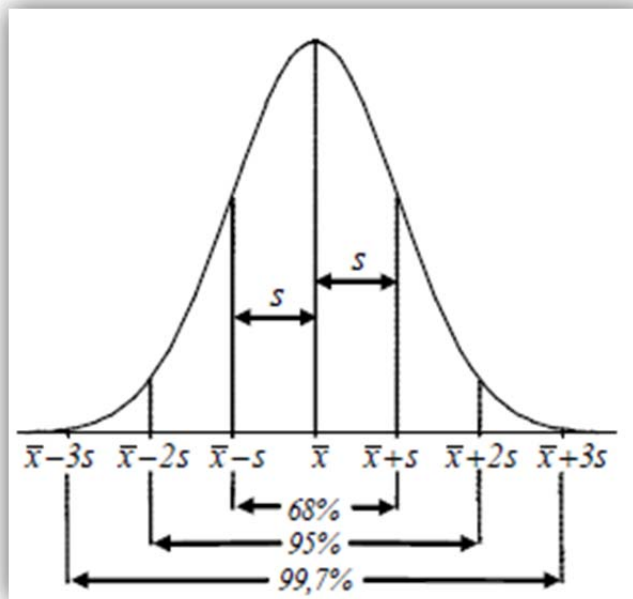
Το ΔS είναι η μικρομετακίνηση, ενώ το $\Sigma \delta s$ είναι το σφάλμα της μικρομετακίνησης και υπολογίζεται από τη σχέση $\sigma \Delta s = \sqrt{\sigma s^2 + \sigma s^2} = \sigma s \sqrt{2}$ από νόμο μετάδοσης σφαλμάτων, εφόσον $\Delta S = S_2 - S_1$.

Επομένως, η σχέση (1) γίνεται:

$$-z \leq \frac{\Delta S}{\sigma s \sqrt{2}} \leq z \Leftrightarrow -z\sqrt{2} \leq \frac{\Delta S}{\sigma s} \leq z\sqrt{2} \Leftrightarrow -\frac{\Delta S}{z\sqrt{2}} \leq \sigma s \leq \frac{\Delta S}{z\sqrt{2}} \Leftrightarrow |\sigma s| \geq \frac{\Delta S}{z\sqrt{2}} \quad (2)$$

Άρα μπορούμε να προσδιορίσουμε ποια είναι η απαιτούμενη a priori μέση αβεβαιότητα σε κλίμακα ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση μικρομετακίνησης X εκατοστών με πιθανότητα $Y\%$.

Επομένως, έχοντας ως δεδομένα τη μικρομετακίνηση και το επίπεδο εμπιστοσύνης, μπορούμε να βρούμε και την αντίστοιχη αβεβαιότητα σε κλίμακα.



- I. Αρχικά, ας πάρουμε δοκιμαστικά μικρομετακίνηση $\Delta s = 1 \text{ cm}$.
 - Με πιθανότητα 90%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z = 1,645$, επομένως από τη σχέση (2) $|\sigma s| \geq 0,430 \text{ cm}$, η οποία για το δικό μας δίκτυο που είναι περίπου της τάξης των 2 μέτρων δεν είναι καλή ακρίβεια.
 - Με πιθανότητα 95%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z = 1,960$, επομένως από τη σχέση (2) $|\sigma s| \geq 0,361 \text{ cm}$, η οποία για το δικό μας δίκτυο συνεχίζει να μην είναι καλή.

- Με πιθανότητα 95,4%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=2,000$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,354\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 99%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=2,576$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,274\text{cm}$ και όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε όσο μεγαλώνει το διάστημα εμπιστοσύνης, τόσο πιο πολύ μειώνεται το σφάλμα.
- Με πιθανότητα 99,7%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=3,000$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,236\text{cm}$.

II. Με μικρομετακίνηση $\Delta s=0,5\text{cm}$ για τα παρακάτω επίπεδα εμπιστοσύνης, έχουμε:

- Με πιθανότητα 90%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=1,645$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,215\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 95%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=1,960$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,180\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 95,4%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=2,000$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,177\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 99%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=2,576$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,137\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 99,7%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=3,000$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,118\text{cm}$.

III. Με μικρομετακίνηση $\Delta s=0,25\text{cm}$ για τα παρακάτω επίπεδα εμπιστοσύνης, έχουμε:

- Με πιθανότητα 90%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=1,645$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,107\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 95%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=1,960$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,090\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 95,4%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=2,000$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,088\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 99%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=2,576$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,069\text{cm}$.
- Με πιθανότητα 99,7%, το αντίστοιχο z είναι ίσο με $z=3,000$, επομένως από τη σχέση (2) $|σs| \geq 0,059\text{cm}$.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα βελτιστοποίησης opt.exe, έχοντας στα αρχεία εισόδου ως παρατηρήσεις τις μετρήσεις που κάναμε στην ύπαιθρο τόσο για το δίκτυο αναφοράς, όσο και για το συνολικό δίκτυο η a priori μέση ακρίβεια και για τα δύο είναι $\sigma_s(\text{total})=0,0015\text{m}=0,15\text{cm}$. Επομένως, αρχικά πριν οποιαδήποτε διαδικασία ξεκινήσουμε θα μπορούσε να μας είχε ζητηθεί η βέλτιστη λύση ώστε το δίκτυο να έχει μία a priori μέση αβεβαιότητα σε κλίμακα, τέτοια ώστε να μπορεί να ανιχνεύσει σε δύο φάσεις μικρομετακινήσεις της τάξης του 0,5cm με πιθανότητα 95,4%, σύμφωνα με τη διερεύνηση που κάναμε παραπάνω.

5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

5.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Το δίκτυο Γεωδαιτικού Ελέγχου στο μνημείο της Κλεψύδρας μετρήθηκε σε 5 φάσεις. Οι 3 πρώτες φάσεις είχαν γίνει το έτος 2008 από τον Πετρολέκα Κωνσταντίνο όπου και βασίστηκε η Διπλωματική του εργασία. Οι μετρήσεις των δύο επιπλέον φάσεων έγιναν έπειτα από συνεργάτες του Τομέα Τοπογραφίας.

Όσον αφορά τις τρεις πρώτες φάσεις, η πρώτη φάση διεξήχθη αρχές Μάρτιου του 2008 (5-6/3), η δεύτερη κατά τις αρχές Απριλίου (1-2/4) και η τρίτη στις αρχές Μαΐου (7-8/5). Το χρονικό διάστημα του ενός περίπου μήνα που μεσολάβησε μεταξύ των φάσεων θεωρήθηκε ικανοποιητικό για να γίνει αισθητή η ενδεχόμενη γρήγορη εξέλιξη του φαινομένου.

Η τέταρτη φάση έγινε στις 10-11 Οκτωβρίου του 2008 και τέλος η Πέμπτη και τελευταία φάση έγινε στις 6 Φεβρουαρίου 2009.

5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Το δίκτυο αναφοράς και το δίκτυο ελέγχου μετρήθηκαν το ένα ανεξάρτητα από το άλλο, έτσι ώστε και να γίνει έλεγχος της όλης διαδικασίας των μετρήσεων.

Η μέτρηση του κάθε δικτύου περιελάμβανε τον προσδιορισμό των οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών. Οι γωνιομετρήσεις και στα δύο δίκτυα έγιναν με τη μέθοδο των πλήρων περιστροφών (1^η και 2^η θέση τηλεσκοπίου). Οι γωνιομετρήσεις στο δίκτυο ελέγχου έγιναν σε μία περίοδο, ενώ οι γωνιομετρήσεις στο δίκτυο αναφοράς έγιναν σε δύο περιόδους.

5.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.3.1 ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ

Υπολογίστηκαν οι τιμές των γωνιών σε φύλλα excel τα οποία είναι σε ψηφιακή μορφή.

5.3.2 ΜΗΚΗ

Μετρήθηκαν 2 μήκη σε κάθε φάση (T2 – T3 και T3 – T4), με τη βοήθεια μεταλλικής μετροταινίας (υποδιαίρεσης mm), σε μετάβαση και επιστροφή (σε 1 περίοδο). Για τον υπολογισμό των αντίστοιχων οριζόντιων αποστάσεων χρησιμοποιήσαμε τον τύπο:

$$D = L \times \cos z,$$

όπου D: οριζόντιο μήκος,

L: κεκλιμένο μήκος

και z: η αντίστοιχη κατακόρυφη γωνία.

Η αναγωγή αυτή ήταν απαραίτητη, καθώς μόνο τα οριζόντια μήκη περιλαμβάνονταν στα στοιχεία εισόδου του προγράμματος επίλυσης του δικτύου οριζοντίου ελέγχου.

6. ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το Γεωδαιτικό Δίκτυο Ελέγχου που υλοποιήθηκε στο μνημείο της Κλεψύδρας αποτελείται από 28 σημεία (5 αναφοράς και 23 ελέγχου). Ο ορισμός του δικτύου έγινε μέσω ενός τρισσορθογωνίου τοπικού καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων.

6.1 ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Τα δίκτυά μας ουσιαστικά είναι 6, αν λάβουμε υπόψη μας το συνολικό δίκτυο οριζοντίου ελέγχου, το συνολικό δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου, το συνολικό τρισδιάστατο δίκτυο, το δίκτυο αναφοράς οριζοντίου ελέγχου, το δίκτυο αναφοράς κατακόρυφου ελέγχου και το τρισδιάστατο δίκτυο αναφοράς. Στα δίκτυα αναφοράς το πλήθος των σημείων μας είναι 5, ενώ στα συνολικά δίκτυα το πλήθος των σημείων μας είναι το άθροισμα των σημείων αναφοράς αλλά και των σημείων ελέγχου.

6.1.1 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι ατέλειες του δικτύου είναι 3, εφόσον η μέτρηση των μηκών ήρε την ατέλεια της κλίμακας. Θεωρώντας ως σταθερό το σημείο T3, αντιμετωπίζονται οι 2 ατέλειες της θέσης, ενώ με τη σταθεροποίηση της διεύθυνσης T3-T4 άρεται η ατέλεια του προσανατολισμού.

Συγκεκριμένα, οι συντεταγμένες του T3 που δόθηκαν είναι (100m,100m) έτσι ώστε να μην προκύψουν αρνητικές συντεταγμένες σε κάποιο σημείο. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι επιλέχθηκε να σταθεροποιηθεί το T3 διότι ήταν εκτός του μνημείου, για να μην επηρεαστεί ιδιαίτερα το ερευνούμενο αίτιο, και λόγω της κεντρικής θέσης του στο δίκτυο, που του επέτρεπε να βλέπει και τα 23 σημεία ελέγχου. Όσον αφορά τη σταθεροποίηση της διεύθυνσης T3-T4, επιλέχθηκε η πλευρά T3-T4 διότι και το σημείο T4 βλέπει τα 22 σημεία ελέγχου. Θεωρήθηκε πως $\alpha_{T3-T4} = 100\text{grad}$, ώστε η κατεύθυνση που αυξάνονται οι τεταγμένες στο σύστημα αναφοράς του δικτύου να δείχνει το βόρειο τμήμα του μνημείου. Εξάλλου, με την παραδοχή αυτή, η πλευρά T3-T4 όρισε τον άξονα των τετμημένων του τοπικού συστήματος αναφοράς, με τον άξονα των Y να ορίζεται ως κάθετος σε αυτόν και αυτόν των Z ως η κατακόρυφος που περνάει από το (σταθερό) σημείο T3.

Προφανώς, αποφεύχθηκε η σταθεροποίηση 2 σημείων, προκειμένου να ενισχυθεί ο διερευνητικός χαρακτήρας της επίλυσης σε επίπεδο σχήματος και κυρίως κλίμακας του δικτύου. Έτσι, το σημείο T4 ως ημισταθερό μπορούσε να κινηθεί οριζοντιογραφικά στην επίλυση μόνο κατά τη σταθεροποιημένη διεύθυνση T3-T4.

Από το πλήθος των σημείων του δικτύου μπορεί να εξαχθεί ο αριθμός των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων (m) που απαιτείται να προσδιορισθούν, προκειμένου να επιλυθεί οριζοντιογραφικά, με τη μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων. Προκύπτει λοιπόν πώς $m = (28 \times 2) - 3 = 53$. Ο βαθμός ελευθερίας r προκύπτει ως διαφορά των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων από τις παρατηρήσεις. Δηλαδή $r = n - m = 117 - 53 = 64$.

6.1.2 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα κατακόρυφα δίκτυα παρουσιάζουν μία μόνο ατέλεια. Επιλέχθηκε το σημείο T3 ως σταθερό, με αυθαίρετο $HT3 = 100$ m. Η τιμή αυτή επιλέχθηκε για να μην προκύψουν στη συνέχεια αρνητικά υψόμετρα. Από το πλήθος των σημείων του δικτύου μπορεί να εξαχθεί ο αριθμός των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων (m) που απαιτείται να προσδιορισθούν, προκύπτει λοιπόν πώς $m = (28 \times 1) - 1 = 27$. Ο βαθμός ελευθερίας r προκύπτει ως διαφορά των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων από τις παρατηρήσεις. Δηλαδή $r = n - m = 100 - 27 = 73$.

6.1.3 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η θεώρηση του δικτύου ελέγχου και στις 3 διαστάσεις βασίζεται, ουσιαστικά, στην αθροιστική θεώρηση των δικτύων οριζοντίου και κατακόρυφου ελέγχου. Εδώ, οι άγνωστες καθοριστικές παράμετροι είναι οι τρισδιάστατες συντεταγμένες των σημείων του δικτύου, με την αφαίρεση των 3 συντεταγμένων του σταθερού σημείου και της μίας του ημισταθερού ($m = [28 \times 3] - 4 = 80$). Έτσι έχουμε $n = 117 + 100 = 217$ και $r = m - n = 217 - 80 = 137$.

6.1.4 ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Από το πλήθος των σημείων του δικτύου αυτού (5) προκύπτει το πλήθος (m) των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων, με την αφαίρεση των 2 συντεταγμένων του σταθερού σημείου και της 1 του ημισταθερού, ενώ ο αριθμός των μετρήσεων (n) εκφράζει

τις οριζοντιογραφικές παρατηρήσεις που σχετίζονταν με τα σημεία αναφοράς αποκλειστικά. Έτσι έχουμε $n = 22$, ενώ ο βαθμός ελευθερίας είναι $r = n - m = 22 - 7 = 15$. Και αυτή η επίλυση έγινε με τη μέθοδο της μεταβολής των συντεταγμένων (έμμεσες παρατηρήσεις).

6.1.5 ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Από το πλήθος των σημείων του δικτύου αυτού (5) προκύπτει το πλήθος (m) των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων, με την αφαίρεση του υψομέτρου του σταθερού σημείου, ενώ ο αριθμός των μετρήσεων (n) εκφράζει τις υψομετρικές διαφορές που σχετίζονταν με τα σημεία αναφοράς αποκλειστικά. Έτσι έχουμε $n = 10$, ενώ ο βαθμός ελευθερίας είναι $r = n - m = 10 - 4 = 6$. Και αυτή η επίλυση έγινε με τη μέθοδο της μεταβολής των συντεταγμένων (έμμεσες παρατηρήσεις).

6.1.6 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Εδώ, οι άγνωστες καθοριστικές παράμετροι είναι οι τρισδιάστατες συντεταγμένες των σημείων του δικτύου, με την αφαίρεση των 3 συντεταγμένων του σταθερού σημείου και της μίας του ημισταθερού ($m = [5 \times 3] - 4 = 11$), ενώ το διάνυσμα των μετρήσεων αποτελείται από τις οριζόντιες γωνίες, τα δύο κεκλιμένα μήκη (η πρωτογενής μορφή των 2 μετρημένων μηκών) και οι κατακόρυφες γωνίες, συνοδευόμενες από τα αντίστοιχα ύψη οργάνων και σκόπευσης. Έτσι έχουμε $n = 22 + 10 = 32$ και $r = n - m = 32 - 11 = 21$.

6.1.7 ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΤΙΜΕΣ

Οι προσωρινές τιμές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για τη συνόρθωση του δικτύου είναι οι εξής:

Αρχικά, υπολογίσθηκαν οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες των σημείων αναφοράς.

Ειδικότερα, τα σημεία T4, T5 προσδιορίσθηκαν με τη χρήση του 1^{ου} θεμελιώδους θεωρήματος σε σχέση με το T3 (του οποίου τις συντεταγμένες γνωρίζαμε ως σταθερές), με τη βοήθεια των οριζοντίων μηκών T3-T4 και T4-T5. Οι συντεταγμένες των υπόλοιπων σημείων (T1 και T2) υπολογίσθηκαν με εμπροσθοτομία από τα T3, T4 και T5.

Προσωρινές οριζοντιογραφικές συντεταγμένες δικτύου αναφοράς

Σημείο	X(m)	Y(m)
T1	101,694	91,557
T2	94,028	104,569
T3	100,000	100,000
T4	105,228	100,000
T5	114,169	101,481

Στη συνέχεια, έπρεπε να προσδιορισθούν με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας προσωρινές συντεταγμένες και για τα 23 σημεία ελέγχου, θεωρώντας ως γνωστές τις θέσεις των σημείων αναφοράς.

Επομένως, οι προσωρινές οριζοντιογραφικές συντεταγμένες είναι:

Σημείο	X(m)	Y(m)
T1	101,694	91,557
T2	94,028	104,569
T3	100,000	100,000
T4	105,228	100,000
T5	114,169	101,481
S1	100,381	104,918
S2	99,967	109,256
S3	101,849	111,217
S4	102,136	107,761
S5	104,231	108,471
S6	106,112	108,790
S7	107,258	106,892
S8	109,616	106,766
S9	111,054	104,676
S10	98,028	104,264
S11	98,480	110,711
S12	98,474	110,723
S13	98,565	111,970
S14	98,930	109,057
S15	102,425	110,493
S16	106,856	112,002
S17	107,495	111,638
S18	107,516	110,407
S19	107,300	111,949
S20	111,848	108,289
S21	113,984	107,995
S22	112,671	107,850
S23	112,862	106,650

Στην επίλυση του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου τα προσωρινά υψόμετρα των σημείων θεωρούνται μηδενικά (εκτός από το T3, του υψόμετρο του οποίου θεωρείται αυθαίρετα γνωστό – 100 m). Αυτό γιατί οι εξισώσεις παρατηρήσεις στα δίκτυα κατακόρυφου ελέγχου είναι γραμμικές (αυτό δεν ισχύει στα δίκτυα οριζοντίου ελέγχου), οπότε δεν απαιτούνται προσωρινές τιμές για να προσδιορισθούν οι συντελεστές του πίνακα A. Κατά συνέπεια, το διάνυσμα που προκύπτει ως αποτέλεσμα της επίλυσης αφορά απευθείας τις άγνωστες καθοριστικές παραμέτρους (τα υψόμετρα των σημείων) και όχι τις μεταβολές τους.

6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

6.2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

Για τη συνόρθωση του δικτύου μας, ακολουθήθηκε η μέθοδος των έμμεσων παρατηρήσεων (μέθοδος μεταβολής συντεταγμένων), η οποία μας δίνει ως λύσεις τις καλύτερες τιμές των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων του μοντέλου. Είναι η πλέον κατάλληλη για τη συνόρθωση του δικτύου μας, αφού πρόκειται για δίκτυο μικροτριγωνισμού και είναι δυνατός ο προσδιορισμός του a posteriori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας, καθώς και κάθε φορά υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της ακρίβειας της επίλυσης μέσω του so a posteriori. Επιπλέον, είναι δυνατό να περιληφθούν πολλά είδη μετρήσεων (γωνίες, μήκη, υψομετρικές διαφορές) και επομένως να έχουμε τις καλύτερες τιμές τους.

Βασιζόμενοι, λοιπόν, στη μέθοδο των έμμεσων παρατηρήσεων, σχηματίζονται εξισώσεις συνθήκης που συνδέουν το αποτέλεσμα της κάθε μέτρησης (παρατήρησης) γραμμικά (ή αφού γραμμικοποιηθούν) με τις άγνωστες καθοριστικές παραμέτρους, που σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο είναι οι συντεταγμένες των σημείων του δικτύου για τη συγκεκριμένη χρονική φάση.

Πρέπει να σημειωθεί, τέλος, πως, όπως επιτάσσει η Γεωδαιτική Μεθοδολογία, τα δίκτυα οριζοντίου και κατακόρυφου ελέγχου συνορθώθηκαν ξεχωριστά, παρ'ότι οι μετρήσεις των στοιχείων τους έγιναν ταυτόχρονα (όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο των μετρήσεων) για λόγους βασικής εξοικονόμησης χρόνου. Πάντως, έγινε και μία επιπρόσθετη προσπάθεια συνόρθωσης του τρισδιάστατου δικτύου αναφοράς (τα στοιχεία του περιγράφονται παραπάνω), με αποτελέσματα που θα παρατεθούν στη συνέχεια.

6.2.2 ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

Για την επίλυση που του δικτύου της Κλεψύδρας, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά προγράμματα, ανεπτυγμένα από την κα Αμαλία - Μαρία Αγατζά – Μπαλοδήμου, σε γλώσσα προγραμματισμού QuickBasic.

adjdir.bas

Έχοντας στη διάθεσή μας το πρόγραμμα adjdir.bas, το οποίο χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις οριζόντιων γωνιών και οριζόντιων αποστάσεων, υπολογίζει:

1. Τις συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου μας
2. Τον a priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων των άγνωστων κορυφών
3. Το σ_0 a priori και σ_0 a posteriori
4. Τις απόλυτες ελλείψεις όλων των άγνωστων κορυφών
5. Για ζευγάρια κορυφών που επιλέγονται από το χρήστη τα τυπικά σφάλματα αποστάσεων, γωνιών διεύθυνσης, συμμεταβλητότητες αποστάσεων και γωνιών διεύθυνσης, καθώς και τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος όπου η γωνία του μεγάλου ημιάξονα δίνεται δεξιόστροφα από τον άξονα του διανύσματος των δύο σημείων (άξονα απόστασης)

Για την εκτέλεση του προγράμματος είναι απαραίτητα δύο αρχεία, ένα για τις συντεταγμένες και ένα για τις παρατηρήσεις. Στα αρχεία αυτά, τα πεδία της κάθε γραμμής τους χωρίζονται με κόμμα.

Εισαγόμενα αρχεία (input)

1. Αρχείο συντεταγμένων:

Περιέχει το όνομα και τις συντεταγμένες όλων των κορυφών του δικτύου. Η μορφή του αρχείου είναι "Κωδικός σημείου, x, y". Τελευταίο στο αρχείο τοποθετείται το σταθερό σημείο (στην περίπτωση μας το T3) και προτελευταίο το ημισταθερό (T4).

2. Αρχείο παρατηρήσεων:

Περιέχει στην πρώτη γραμμή του το είδος της επίλυσης, τον συνολικό αριθμό των κορυφών(28), τον αριθμό των σταθερών κορυφών(1), τον αριθμό των στάσεων, τον αριθμό των αποστάσεων και τον αριθμό των διευθύνσεων, ενώ στις υπόλοιπες γραμμές περιέχει τις παρατηρήσεις. Οι σκοπευόμενες διευθύνσεις εισάγονται ανά στάση, αφού δηλωθεί το σημείο της στάσης, ο αριθμός των διευθύνσεων που σκοπεύθηκαν από τη

συγκεκριμένη στάση και το a priori σφάλμα μέτρησής τους σε cc. Στη συνέχεια γράφονται διαδοχικά το σκοπευόμενο σημείο, και η τιμή της σκοπευόμενης διεύθυνσης σε cc, με πρώτο το σημείο μηδενισμού.

Εξαγόμενο αρχείο (output)

Αρχείο txt με τις συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου που επιλύεται και τον αντίστοιχο πίνακα μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας, το σθ a posteriori της επίλυσης και τα στοιχεία των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος των κορυφών (εκτός από του σταθερού). Προαιρετικά, υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού και εξαγωγής των στοιχείων των σχετικών ελλείψεων σφάλματος των επιθυμητών πλευρών.

adjH1.bas

Έχοντας στη διάθεσή μας το πρόγραμμα adjdir.bas, πρόγραμμα επίλυσης δικτύου κατακορύφου ελέγχου, το οποίο χρησιμοποιώντας υψομετρικές διαφορές, υπολογίζει:

1. Τα υψόμετρα των κορυφών του δικτύου μας
2. Την σ αβεβαιότητα του κάθε υψομέτρου
3. Τον a priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων των άγνωστων κορυφών
4. Το σ₀ a priori και σ₀ a posteriori

Για την εκτέλεση του προγράμματος είναι απαραίτητα δύο αρχεία, ένα για τις συντεταγμένες και ένα για τις παρατηρήσεις. Στα αρχεία αυτά, τα πεδία της κάθε γραμμής τους χωρίζονται με κόμμα.

Εισαγόμενα αρχεία (input)

1. Οι προσωρινές συντεταγμένες σε m. Η μορφή του αρχείου είναι “Κωδικός σημείου, Η”. Τελευταίο στο αρχείο τοποθετείται το σημείο σταθερού υψομέτρου (στην περίπτωση μας το T3).
2. Οι παρατηρήσεις, δηλαδή οι υψομετρικές διαφορές των κορυφών του δικτύου. Η πρώτη σειρά του αρχείου περιλαμβάνει πληροφορίες όπως ο συνολικός αριθμός των κορυφών του δικτύου (28), ο αριθμός των σημείων σταθερού υψομέτρου (1) και ο αριθμός των συνολικών υψομετρικών διαφορών που θα εισαχθούν. Τοποθετείται ανά σειρά κάθε τιμή υπολογισμένης υψομετρικής διαφοράς (σε m), μαζί με τα σημεία από τα οποία ορίζεται και με το αντίστοιχο a priori σφάλμα (σε m).

Ο υπολογισμός των υψομετρικών διαφορών έγινε σε περιβάλλον Microsoft Excel με βάση τις (επεξεργασμένες) κατακόρυφες γωνίες και τα ύψη οργάνου και σκόπευσης. Ο

μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιήθηκε είναι γνωστός από την Τριγωνομετρική υψομετρία: $\Delta HA-B = (DAB/\tan(z)) + YO - Y\Sigma$, όπου $\Delta HA-B$: η υψομετρική διαφορά μεταξύ A και B ($H_B - H_A$), DAB : η οριζόντια απόσταση μεταξύ A και B, z : η κατακόρυφη (ζενίθεια) γωνία A προς B, YO : το ύψος οργάνου και $Y\Sigma$: το ύψος σκόπευσης.

Εξαγόμενο αρχείο (output)

Αρχείο txt με τα υψόμετρα των κορυφών του δικτύου που επιλύεται και την αβεβαιότητα σ του καθενός, τον αντίστοιχο πίνακα μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας και το σ_0 a posteriori της επίλυσης.

adj3dd.bas

Έχοντας στη διάθεσή μας το πρόγραμμα adjdir.bas, πρόγραμμα επίλυσης τρισδιάστατου δικτύου, το οποίο χρησιμοποιώντας οριζόντιες διευθύνσεις, κεκλιμμένα μήκη και κατακόρυφες γωνίες (συνοδευόμενα από τα αντίστοιχα ύψη οργάνων και σκόπευσης), υψομετρικές διαφορές και αζιμούθια, υπολογίζει:

1. Τις τρισδιάστατες συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου μας
2. Τον a priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων των άγνωστων κορυφών
3. Το σ_0 a priori και σ_0 a posteriori της επίλυσης

Για την εκτέλεση του προγράμματος είναι απαραίτητα δύο αρχεία, ένα για τις συντεταγμένες και ένα για τις παρατηρήσεις. Στα αρχεία αυτά, τα πεδία της κάθε γραμμής τους χωρίζονται με κόμμα.

Εισαγόμενα αρχεία (input)

1. Οι προσωρινές τρισδιάστατες συντεταγμένες σε m. Η μορφή του αρχείου είναι “Κωδικός σημείου, x, y, H”. Τελευταίο στο αρχείο τοποθετείται το σταθερό σημείο (στην περίπτωση μας το T3) και προτελευταίο το ημισταθερό (T4).
2. Οι παρατηρήσεις. Το πρόγραμμα αυτό δέχεται πολλά είδη παρατηρήσεων (οριζόντιες διευθύνσεις, κεκλιμμένα μήκη και κατακόρυφες γωνίες – συνοδευόμενα από τα αντίστοιχα ύψη οργάνων και σκόπευσης - , υψομετρικές διαφορές, αζιμούθια). Στην πρώτη σειρά του αρχείου των μετρήσεων εισάγονται αριθμητικές πληροφορίες, σχετικές με τα είδη των παρατηρήσεων (αντίστοιχες με τα προηγούμενα προγράμματα), ενώ στις επόμενες σειρές τοποθετούνται οι αριθμητικές τιμές των παρατηρήσεων (στη δική μας εφαρμογή οριζόντιες διευθύνσεις, οριζόντια μήκη και κατακόρυφες γωνίες μαζί με ύψη οργάνων και σκόπευσης), με τη λογική που έχει αναφερθεί στα προηγούμενα προγράμματα.

Εξαγόμενο αρχείο (output)

Αρχείο txt με τις τρισδιάστατες συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου που επιλύεται, τον αντίστοιχο πίνακα μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας και το σθ a posteriori της επίλυσης.

7. ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

Από τη διπλωματική εργασία του Κωνσταντίνου Πετρολέκα, υπάρχουν τα αποτελέσματα επίλυσης της Α', Β' και Γ' φάσης, όμως επειδή στη συνέχεια τα χρειαζόμαστε για να υπολογίσουμε τις πιθανές μικρομετακινήσεις και επιπλέον μεγέθη μεταξύ αυτών των φάσεων και των Δ' και Ε', θεωρήθηκε απαραίτητο να ξαναγίνουν για τον αποκλεισμό ύπαρξης σφαλμάτων. Έτσι, για τον υπολογισμό των μικρομετακινήσεων παρακάτω χρησιμοποιήθηκαν τα νέα αποτελέσματα, αν και οι διαφορές των παλιών και καινούριων αποτελεσμάτων για την Α', Β' και Γ' φάση είναι πολύ μικρές.

7.1 ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ

Μετά την μελέτη της βελτιστοποίησης, γίνονται οι παρατηρήσεις σύμφωνα με τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης και μετά τις κατάλληλες αναγωγές συνορθώνεται το δίκτυο χρησιμοποιώντας τα παραπάνω προγράμματα. Υπολογίζεται το a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους (ιδανικά αφού έχει γίνει μελέτη βελτιστοποίησης και γίνονται οι παρατηρήσεις σύμφωνα με τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης). Εφόσον το δίκτυο έχει συνορθωθεί ως ελεύθερο με τις ελάχιστες δεσμεύσεις, γίνονται στατιστικοί έλεγχοι των παρατηρήσεων προκειμένου να ελεγχθούν οι παρατηρήσεις για χονδροειδή σφάλματα και ο ολικός έλεγχος για να ελεγχθεί το συναρτησιακό και στατιστικό μοντέλο, δηλαδή γίνεται ένα στατιστικό τεστ προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα μεταξύ τους (έλεγχοι μετακίνησης) ή ακόμα για να συγκριθεί το αποτέλεσμα που προήλθε από το δείγμα με το πρότυπο, ή ακόμα είναι δυνατός και ο συνδυασμός της διαδικασίας ελέγχου των παρατηρήσεων με τον ολικό έλεγχο.

Αν οι έλεγχοι είναι επιτυχείς, ο υπολογισμός των αβεβαιοτήτων μπορεί να γίνει με βάση τον a priori $V_x = \sigma^2 N^{-1} = \sigma^2 (A^T P A)^{-1}$.

Δίνεται, αρχικά, η διαδικασία (χωρίς θεωρητική τεκμηρίωση) που ακολουθείται μετά τη συνόρθωση, προκειμένου να ελεγχθεί η αρχική υπόθεση H_0 , σύμφωνα με τη μέθοδο που ανέπτυξε ο Ολλανδός καθηγητής Baarda.

Ο έλεγχος της υπόθεσης H_0 γίνεται με βάση κάποιο στατιστικό μέγεθος που υπολογίζεται από το συγκεκριμένο δείγμα. Έτσι, αν το στατιστικό αυτό μέγεθος που ονομάζεται

στατιστικό μέγεθος ελέγχου (test statistic), βρίσκεται μέσα στο διάστημα εμπιστοσύνης που συνδέεται με ένα ορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης, γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 άρα και η λύση. Η αρχική υπόθεση H_0 ελέγχεται σε σχέση με μία εναλλακτική υπόθεση H_1 , θεωρώντας στη δική μας περίπτωση ότι ο έλεγχος είναι αμφίπλευρος, δηλαδή έχοντας ως υπόθεση $H_0: d=d_0$ και ως υπόθεση $H_1: d \neq d_0$.

Στο συνολικό έλεγχο θεωρείται πως ισχύει η H_0 , εφόσον:

$$\frac{\widehat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq F_{r,\infty,(1-\alpha)} \quad \text{ή} \quad \frac{\widehat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \frac{\chi^2_{r,(1-\alpha)}}{r},$$

$$\text{Αφού } F_{r,\infty,(1-\alpha)} = \frac{\chi^2_{r,(1-\alpha)}}{r}$$

Κάθε επίλυση ελέγχθηκε στατιστικά σε επίπεδο δικτύου, αναφοράς ή συνολικό, (ολικός έλεγχος αξιοπιστίας) με το τεστ της κατανομής χ^2 , προκειμένου να εκτιμηθεί η ταύτιση μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου με στατιστικά μεγέθη r (βαθμός ελευθερίας) και επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha=95\%$.

Έτσι, παράλληλα, όσο παρακάτω θα δίνονται τα αποτελέσματα συνόρθωσης, θα γίνεται ένας συνολικός έλεγχος με τη μέθοδο Baarda.

Η εφαρμογή της έχει νόημα εφόσον έχει λυθεί το δίκτυο με τις εξωτερικές ή εσωτερικές δεσμεύσεις σε περιπτώσεις ελέγχων για μεγάλο βαθμό ελευθερίας και είναι γνωστό το a priori σφάλμα της μονάδας βάρους, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο ιδανική για αυτή την περίπτωση ελέγχου.

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο:

1. Ελέγχεται η ύπαρξη χονδροειδούς σφάλματος σε κάθε παρατήρηση, θεωρώντας πως είναι η μοναδική με χονδροειδές σφάλμα.
2. Ελέγχεται συνολικά το δίκτυο.

Ο συνολικός έλεγχος και οι έλεγχοι των παρατηρήσεων στη μέθοδο Baarda γίνονται με διαστήματα εμπιστοσύνης που βρίσκονται σε αρμονία μεταξύ τους.

7.2 Α΄ ΦΑΣΗ (5-6 ΜΑΡΤΙΟΥ 2008)

7.2.1 ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJDIR.BAS χρησιμοποιώντας τις ακρίβειες 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τις συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.1.1) και σ_0 a posteriori = 1,1575 (αποδεκτό).

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης επίλυσης, που διενεργήθηκε μόνο για την Α΄ φάση των μετρήσεων, χρησίμευσαν αποκλειστικά για τις πολλαπλές εμπροσθοτομίες, με τις οποίες προσδιορίστηκε το διάνυσμα των προσωρινών συντεταγμένων για τα σημεία ελέγχου. Γι' αυτό το λόγο, δεν κρίνεται σκόπιμο εδώ να παρατεθούν περαιτέρω στοιχεία της επίλυσης (στατιστικοί έλεγχοι, στοιχεία ελλείψεων).

7.2.2 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJDIR.BAS χρησιμοποιώντας τις ακρίβειες 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη, παίρνουμε σε αρχείο εξόδου τις συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.1.2) και σ_0 a posteriori = 0,6359.

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Κάθε επίλυση ελέγχθηκε στατιστικά σε επίπεδο συνολικού δικτύου (ολικός έλεγχος αξιοπιστίας) με το τεστ της κατανομής χ^2 , προκειμένου να εκτιμηθεί η ταύτιση μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου. Ο στατιστικός έλεγχος σε επίπεδο παρατήρησης για την ανίχνευση χονδροειδών σφαλμάτων (σάρωση δεδομένων κατά Baarda) δεν κρίθηκε σκόπιμο να διεξαχθεί, καθώς η μη ύπαρξη χονδροειδών σφαλμάτων στις μετρήσεις και των τριών φάσεων φάνηκε ξεκάθαρα στο στάδιο της επεξεργασίας των μετρήσεων, στο στάδιο των πολλαπλών εμπροσθοτομιών και της εξαγωγής των υψομετρικών διαφορών, στα εντυπωσιακά χαμηλά σ_0 a posteriori όλων των επιλύσεων και, κυρίως, στις πολύ μικρές διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων των επιλύσεων από φάση σε φάση. Αν οι διαφοροποιήσεις αυτές ήταν μεγαλύτερες, θα επιβαλλόταν ο

επιπλέον στατιστικός έλεγχος των παρατηρήσεων, προκειμένου τα συμπεράσματα, σχετικά με την πιθανότητα μετακίνησης του μνημείου, να είναι διασφαλισμένα.

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στο συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_0^2 = 1, \hat{\sigma}_0^2 = 0,4043, r = 64 \text{ και επίπεδο εμπιστοσύνης } 1-\alpha=95\%,$$

επομένως ο λόγος γίνεται $0,4043 \leq 1,3059$, που ισχύει. Επομένως, ο παραπάνω έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

Στη συνέχεια, στο αρχείο εξόδου μας δίνονται οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος, δηλαδή το σ_{max} , το σ_{min} και η δεξιόστροφη γωνία α από τον άξονα Y . Τα στοιχεία για τις απόλυτες ελλείψεις σφάλματος κάθε κορυφής του δικτύου, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ($c = 2,447$), φαίνονται σε πίνακα στα παραρτήματα.

Επιπλέον, για κάποιες πλευρές του δικτύου υπολογίσθηκαν τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος (βλ. παράρτημα 2.1.2), για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Σκοπός είναι να δοθεί μια ενδεικτική εικόνα για την αβεβαιότητα στην προσέγγιση των σχετικών θέσεων των κορυφών του δικτύου. Προτιμήθηκαν πλευρές που συνδέουν σημεία αναφοράς (εκτός από το T3, η αβεβαιότητα σε σχέση με το οποίο φαίνεται από τις απόλυτες ελλείψεις) με σημεία ελέγχου, με τρόπο ώστε να καλύπτεται ομοιόμορφα η έκταση του δικτύου, τόσο σε οριζοντιογραφικό, όσο και σε κατακόρυφο επίπεδο.

Αριθμοί πλεονασμού (Redundancy Numbers-RN):

Όπως προαναφέρθηκε, για λόγους εκτίμησης της αξιοπιστίας της επίλυσης του συνολικού δικτύου οριζόντιου ελέγχου, υπολογίσθηκαν στην Α' φάση οι αριθμοί πλεονασμού καθεμιάς από τις 117 παρατηρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα αυτού του προσδιορισμού ήταν πολύ ικανοποιητικά, με δεδομένο το ότι το όργανο στήθηκε σε μόνο 5 από τα 28 σημεία. Ο μέσος αριθμός πλεονασμού έφτασε το 0,461 – σαφής απόδειξη πως, παρά το ότι παρατηρήσεις που αφορούσαν 2 (οποιαδήποτε) σημεία ελέγχου δεν σχετίζονταν άμεσα, ο γενικός βαθμός αλληλοελέγχου και αλληλοδιόρθωσης των παρατηρήσεων ήταν πολύ ικανοποιητικός. Η ίδια διαδικασία δεν κρίθηκε σκόπιμο να διεξαχθεί για το κατακόρυφο δίκτυο, καθώς εκτιμήθηκε πως η αξιοπιστία του ήταν σίγουρη, δεδομένου του μεγάλου αριθμού των πλεοναζουσών παρατηρήσεων (υψηλό r)

και της ίδιας, με το δίκτυο οριζοντίου ελέγχου, διάχυσης των παρατηρήσεων στο δίκτυο, που έδωσε ικανοποιητικό μέσο RN.

7.2.3 ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJH1.BAS χρησιμοποιώντας ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τα υψόμετρα των κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.1.3) και στο a posteriori = 1,8165(ικανοποιητικό).

Η συγκεκριμένη επίλυση διενεργήθηκε αποκλειστικά για λόγους ελέγχου των υψομετρικών μετρήσεων. Γι' αυτό το λόγο, δεν κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν περαιτέρω στοιχεία της επίλυσης (στατιστικοί έλεγχοι, στοιχεία ελλείψεων).

7.2.4 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJH1.BAS χρησιμοποιώντας ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τα υψόμετρα των κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.1.4) και στο a posteriori = 0,7636(ικανοποιητικό).

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Και εδώ, για τους ίδιους λόγους με το δίκτυο οριζοντίου ελέγχου, έγινε μόνο ο ολικός έλεγχος αξιοπιστίας του δικτύου.

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_o^2 = 1, \quad \hat{\sigma}_o^2 = 0,5832, r = 73 \text{ και επίπεδο}$$

εμπιστοσύνης 1- α =95% γίνεται $0,5832 \leq 1,2836$, που ισχύει. Επομένως, ο έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

7.2.5 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJ3DD.BAS χρησιμοποιώντας ακρίβεια 0,002m για τα μήκη και 40cc για τις οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τις τρισδιάστατες συντεταγμένες των κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ. παράρτημα 2.1.5) και $\sigma_0 \text{ a posteriori} = 5,4280$ (μη αποδεκτό).

Η συγκεκριμένη επίλυση διενεργήθηκε για λόγους ελέγχου της ποιότητας των μετρήσεων. Τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου δεν ήταν ικανοποιητικά (υψηλότατο $\sigma_0 \text{ a posteriori}$), κάτι που οδήγησε στη μη επανάληψη της διαδικασίας.

Η αιτία για το αυξημένο $\sigma_0 \text{ a posteriori}$ της συγκεκριμένης επίλυσης αναζητήθηκε στη μεγάλη ανισορροπία των γωνιομετρήσεων έναντι των μετρημένων μηκών που εισάχθηκαν στην επίλυση. Σε αυτό συντέινε το ότι τόσο η οριζοντιογραφική επίλυση του δικτύου αναφοράς (με τις παρατηρήσεις να είναι 20 οριζόντιες γωνίες και 2 αποστάσεις), όσο και αυτή του κατακόρυφου δικτύου αναφοράς (με εισαγόμενα στοιχεία υψομετρικές διαφορές) παρουσίασαν ικανοποιητικά $\sigma_0 \text{ a posteriori}$. Το παραπάνω στοιχείο δείχνει πως το πρόβλημα δεν φαίνεται να έγκειται ούτε στην ποιότητα των μετρήσεων (οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες, μήκη), ούτε στην επεξεργασία των κατακόρυφων γωνιών για να προσδιορισθούν υψομετρικές διαφορές. Σε κάθε περίπτωση, η λύση της τρισδιάστατης επίλυσης του δικτύου απορρίφθηκε και στις επόμενες φάσεις, κάθε δίκτυο (οριζοντίου και κατακόρυφου ελέγχου) επιλυόταν ξεχωριστά, όπως, άλλωστε, επιτάσσει και η Γεωδαιτική Μεθοδολογία σε τέτοια αντικείμενα.

Για συντομία, για τη Β' φάση έως και την τελευταία θα αναφερθώ στα συνολικά δίκτυα οριζοντίου και κατακόρυφου δικτύου, ενώ στα παραρτήματα βρίσκονται και τα οριζόντια και κατακόρυφα δίκτυα αναφοράς. Εδώ συγκεκριμένα αναφερόμαστε στα συνολικά δίκτυα τα οποία μετά θα υπολογιστούν οι μικρομετακινήσεις και τα σφάλματά τους.

7.3 Β' ΦΑΣΗ (1-2 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2008)

7.3.1 ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJDIR.BAS χρησιμοποιώντας τις ακρίβειες 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη, παίρνουμε σε αρχείο εξόδου τις συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.2.2) και σ_0 a posteriori = 0,5057.

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_0^2 = 1, \hat{\sigma}_0^2 = 0,2557, r = 64 \text{ και επίπεδο}$$

εμπιστοσύνης $1-\alpha=95\%$ γίνεται $0,2557 \leq 1,3059$, που ισχύει. Επομένως, ο έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Τα στοιχεία για τις απόλυτες ελλείψεις σφάλματος κάθε κορυφής του δικτύου, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ($c = 2,447$), φαίνονται στον αντίστοιχο πίνακα του παραρτήματος 2.2.2. Όπως παρατηρείται, οι ημιάξονες των ελλείψεων ταυτίζονται με αυτούς των αντίστοιχων ελλείψεων της Α' φάσης. Στις γωνίες α ανιχνεύονται μικρές διαφορές της τάξης του $0,5 - 1 \text{ grad}$, διαφοροποιήσεις που είναι δύσκολο να διακριθούν σε σχέδιο. Γι' αυτό το λόγο, οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος της Β' φάσης δεν κρίθηκε σκόπιμο να απεικονισθούν.

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Για τις πλευρές του δικτύου που επιλέχθηκαν στην Α' φάση, υπολογίσθηκαν τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Όπως φαίνεται στον πίνακα του παραρτήματος 2.2.2, οι ημιάξονες των σχετικών ελλείψεων Α' και Β' φάσης ταυτίζονται. Παρατηρείται μόνο μια μικρή (της τάξης του 1 grad) διαφορά στις γωνίες προσανατολισμού των ελλείψεων. Δεδομένου πως αυτή η

διαφορά γίνεται δύσκολα διακριτή σε σχέδιο, οι σχετικές ελλείψεις της Β' φάσης δεν κρίθηκε σκόπιμο να απεικονισθούν.

7.3.2 ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJH1.BAS χρησιμοποιώντας ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τα υψόμετρα των κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.2.4) και σ_0 a posteriori = 0,9027 (ικανοποιητικό).

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_0^2 = 1, \quad \hat{\sigma}_0^2 = 0,8148, r = 73 \text{ και επίπεδο εμπιστοσύνης } 1-\alpha=95\%$$

γίνεται $0,8148 \leq 1,2836$, που ισχύει. Επομένως, ο έλεγχος είναι επιτυχής ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

7.4 Γ' ΦΑΣΗ (7-8 ΜΑΙΟΥ 2008)

7.4.1 ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJDIR.BAS χρησιμοποιώντας τις ακρίβειες 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη, παίρνουμε σε αρχείο εξόδου τις συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.3.2) και σ_0 a posteriori = 0,3432.

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma o^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_o^2 = 1, \quad \hat{\sigma}_o^2 = 0,1178, r = 64 \text{ και επίπεδο εμπιστοσύνης } 1-\alpha=95\%$$

γίνεται $0,1178 \leq 1,3059$, που ισχύει. Επομένως, ο παραπάνω έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Τα στοιχεία για τις απόλυτες ελλείψεις σφάλματος κάθε κορυφής του δικτύου, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ($c = 2,447$), φαίνονται στον πίνακα του παραρτήματος 2.3.2. Όπως παρατηρείται, οι ημιάξονες των ελλείψεων ταυτίζονται με αυτούς των αντίστοιχων ελλείψεων της Α' και της Β' φάσης. Στις γωνίες α ανιχνεύονται μικρές διαφορές της τάξης του $0,5 - 1 \text{ grad}$, διαφοροποιήσεις που είναι δύσκολο να διακριθούν σε σχέδιο. Γι' αυτό το λόγο, οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος (και) της Γ' φάσης δεν κρίθηκε σκόπιμο να απεικονισθούν.

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Για τις πλευρές του δικτύου που επιλέχθηκαν στην Α' φάση, υπολογίσθηκαν τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

7.4.2 ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJH1.BAS χρησιμοποιώντας ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τα υψόμετρα των κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παραρτήμα 2.3.4) και στο $a \text{ posteriori} = 0,9467$ (ικανοποιητικό).

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma o^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_o^2 = 1, \quad \hat{\sigma}_o^2 = 0,8963, r = 73 \text{ και επίπεδο εμπιστοσύνης } 1-\alpha=95\%$$

γίνεται $0,8963 \leq 1,2836$, που ισχύει. Επομένως, ο παραπάνω έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

7.5 Δ' ΦΑΣΗ (ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2008)

7.5.1 ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJDIR.BAS χρησιμοποιώντας τις ακρίβειες 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη, παίρνουμε σε αρχείο εξόδου τις συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ. παράρτημα 2.4.2) και $\sigma_0 \text{ a posteriori} = 0,4187$.

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_0^2 = 1, \quad \hat{\sigma}_0^2 = 0,1753, r = 64 \text{ και επίπεδο εμπιστοσύνης } 1-\alpha=95\%$$

γίνεται $0,1753 \leq 1,3059$, που ισχύει. Επομένως, ο παραπάνω έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Τα στοιχεία για τις απόλυτες ελλείψεις σφάλματος κάθε κορυφής του δικτύου, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ($c = 2,447$), φαίνονται στον αντίστοιχο πίνακα του παραρτήματος 2.4.2. Όπως παρατηρείται, οι ημιάξονες των ελλείψεων ταυτίζονται με αυτούς των αντίστοιχων ελλείψεων της Α' και της Β' φάσης. Στις γωνίες α ανιχνεύονται μικρές διαφορές της τάξης του $0,5 - 1 \text{ grad}$, διαφοροποιήσεις που είναι δύσκολο να διακριθούν σε σχέδιο. Γι' αυτό το λόγο, οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος (και) της Γ' φάσης δεν κρίθηκε σκόπιμο να απεικονισθούν.

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Για τις πλευρές του δικτύου που επιλέχθηκαν στην Α' φάση, υπολογίσθηκαν τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

7.5.2 ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJH1.BAS χρησιμοποιώντας ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τα υψόμετρα των κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.4.4) και στο a posteriori = 0,357 (ικανοποιητικό).

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$\frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r}$ που για $\sigma_o^2 = 1$, $\hat{\sigma}_o^2 = 0,1274$, $r = 73$ και επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha=95\%$ γίνεται $0,1274 \leq 1,2836$, που ισχύει. Επομένως, ο παραπάνω έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

7.6 Ε΄ ΦΑΣΗ (ΜΑΙΟΣ 2008)

7.6.1 ΔΙΚΤΥΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJDIR.BAS χρησιμοποιώντας τις ακρίβειες 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη, παίρνουμε σε αρχείο εξόδου τις συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ.παράρτημα 2.5.2) και στο a posteriori = 0,8687.

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$\frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r}$ που για $\sigma_o^2 = 1$, $\hat{\sigma}_o^2 = 0,7512$, $r = 64$ και επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha=95\%$ γίνεται $0,7512 \leq 1,3059$, που ισχύει. Επομένως, ο παραπάνω έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Τα στοιχεία για τις απόλυτες ελλείψεις σφάλματος κάθε κορυφής του δικτύου, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ($c = 2,447$), φαίνονται στον αντίστοιχο πίνακα του παραρτήματος 2.5.2. Όπως παρατηρείται, οι ημιάξονες των ελλείψεων ταυτίζονται με αυτούς των αντίστοιχων ελλείψεων της Α' και της Β' φάσης. Στις γωνίες α ανιχνεύονται μικρές διαφορές της τάξης του $0,5 - 1 \text{ grad}$, διαφοροποιήσεις που είναι δύσκολο να διακριθούν σε σχέδιο. Γι' αυτό το λόγο, οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος (και) της Γ' φάσης δεν κρίθηκε σκόπιμο να απεικονισθούν.

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Για τις πλευρές του δικτύου που επιλέχθηκαν στην Α' φάση, υπολογίσθηκαν τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

7.6.2 ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εκτελώντας το πρόγραμμα ADJH1.BAS χρησιμοποιώντας ακρίβεια $0,002\text{m}$ για τις υψομετρικές διαφορές, παίρνουμε ως αρχείο εξόδου τα υψόμετρα των κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (βλ. παράρτημα 2.5.4) και $\sigma_0 \text{ a posteriori} = 0,571$ (ικανοποιητικό).

Στατιστικός έλεγχος (μέθοδος Baarda):

Συνολικός έλεγχος δικτύου (Test χ^2):

Στον συνολικό έλεγχο θεωρείται πως δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα εφόσον:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \frac{\chi_{r,(1-\alpha)}^2}{r} \text{ που για } \sigma_0^2 = 1, \hat{\sigma}_0^2 = 0,3260, r = 73 \text{ και επίπεδο εμπιστοσύνης } 1-\alpha=95\%$$

γίνεται $0,3260 \leq 1,2836$, που ισχύει. Επομένως, ο παραπάνω έλεγχος είναι επιτυχής και ισχύει η αρχική υπόθεση, που αφορά συμφωνία μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.

8. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

8.1 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΑΡΔΑ

Ήδη, αρχικά έγινε συνολικός έλεγχος με τη μέθοδο Baarda ο οποίος ακολουθήθηκε μετά τη συνόρθωση, προκειμένου να ελεγχθεί η αρχική υπόθεση H_0 . Έτσι, σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο ελέγχθηκε η ύπαρξη χονδροειδούς σφάλματος αλλά και συνολικά το δίκτυο.

Στο συνολικό έλεγχο θεωρήθηκε πως ισχύει η H_0 , εφόσον:

$$\frac{\widehat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \frac{\chi^2_{r,(1-\alpha)}}{r}$$

Κάθε επίλυση ελέγχθηκε στατιστικά σε επίπεδο δικτύου, αναφοράς ή συνολικό, (ολικός έλεγχος αξιοπιστίας) με το τεστ της κατανομής χ^2 , προκειμένου να εκτιμηθεί η ταύτιση μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου με στατιστικά μεγέθη r (βαθμός ελευθερίας) και επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha=95\%$.

8.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΜΟΝΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΒΑΑΡΔΑ

Στον έλεγχο μεμονωμένων παρατηρήσεων, για κάθε παρατήρηση θεωρείται πως ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 (δεν υπάρχει χονδροειδές σφάλμα) εφόσον:

$$W_i = \left| \frac{u_i}{\sigma_{u_i}} \right| \leq \sqrt{F_{1,\infty,(1-\alpha_0)}} \quad \text{ή} \quad W_i = \left| \frac{u_i}{\sigma_{u_i}} \right| \leq Z_{(1-\frac{\alpha_0}{2})}$$

Όπου α_0 : το επίπεδο σημαντικότητας του μονοδιάστατου ελέγχου

u_i : υπόλοιπα ή φαινόμενα σφάλματα

σ_{u_i} : τυπικά σφάλματα υπολοίπων $\sigma_{u_i}^2 = \sigma_l^2 - \sigma_{\hat{l}_i}^2$

(διαγώνια στοιχεία του πίνακα $V_u = \sigma_0^2 \cdot Q_u = V_l - V_{\hat{l}}$)

Z : οριακές τιμές για την τυποποιημένη κανονική κατανομή και

F_{r_1,r_2} : οριακές τιμές για την κατανομή Fischer (F)

Υπενθυμίζεται πως η τιμή $Z_{(1-\alpha_0/2)}$ αντιστοιχεί ε επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha_0$

$$2 \cdot F(z_{(1-\alpha_0/2)}) - 1 = 1 - \alpha_0 \text{ ενώ } \sqrt{F_{1,\infty,(1-\alpha_0)}} = z_{(1-\alpha_0/2)}$$

Προκειμένου, λοιπόν, να γίνει έλεγχος των παρατηρήσεων εφόσον είναι οι α priori αβεβαιότητες των μετρήσεων, για την ύπαρξη χονδροειδών σφαλμάτων για επίπεδο εμπιστοσύνης 99,9% (επιλέξαμε πιο αυστηρό έλεγχο σε σύγκριση με τον συνολικό έλεγχο), αρκεί για κάθε παρατήρηση να ελεγχθεί ο λόγος $\frac{u}{\sigma_u}$ να είναι μικρότερος του $z_{(1-\frac{\alpha_0}{2})}$. Αφού $1 - \alpha_0 = 0,999$, το $\alpha_0 = 0,001$. Άρα ο έλεγχος θα γίνει βάσει της τιμής $z_{0,9995} = 3,29$.

Το διάνυσμα των υπολοίπων δίνεται παρακάτω ενώ για τον υπολογισμό του σ_u χρειαζόμαστε τον α priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των υπολοίπων V_u που δίνεται από τη σχέση:

$$V_u = V_l + V_l \text{ όπου } V_l = \sigma_o^2 \cdot P^{-1} \text{ και } V_l = \sigma_o^2 \cdot (A^T P A)^{-1}$$

Προκειμένου, λοιπόν, να γίνει έλεγχος για την ύπαρξη χονδροειδών σφαλμάτων για επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, αρκεί για κάθε παρατήρηση να ελεγχθεί ο λόγος $\frac{u}{\sigma_u}$ να είναι μικρότερος του $z(1-\alpha/2)$. Αφού $1-\alpha=0,999$, τότε $\alpha=0,001$. Άρα ο έλεγχος θα γίνει βάσει της τιμής $z_{0,9995}=3,29$. Ολόκληρη η διαδικασία ελέγχου υπάρχει σε φύλλο excel, όπου τελικά ο έλεγχος ήταν επιτυχής για κάθε μία παρατήρηση, άρα αποκλείστηκε η περίπτωση ύπαρξης χονδροειδούς σφάλματος.

8.3 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

Σύμφωνα με τη μέθοδο ελέγχου των παρατηρήσεων Baarda, είναι δυνατόν πριν γίνουν οι μετρήσεις να υπολογιστούν τα ελάχιστα χονδροειδή σφάλματα που μπορούν να προκαλέσουν απόρριψη των παρατηρήσεων, τα οποία φυσικά όσο μικρότερα είναι τόσο πιο ευαίσθητο είναι το δίκτυο σε ελέγχους. Τα σφάλματα αυτά, σύμφωνα με τον Baarda, εκφράζουν την εσωτερική αξιοπιστία του δικτύου που μπορεί να θεωρηθεί ως ελεγχιμότητα (controlability).

Το ελάχιστο χονδροειδές σφάλμα που μπορεί να προκαλέσει την απόρριψη μιας παρατήρησης l_i , για ασυσχέτιστες παρατηρήσεις, δίνεται από τη σχέση:

$$|\bar{V}_o l_i| = \delta_o \cdot \sigma_{l_i} \cdot \sqrt{\frac{1}{r_i}} \text{ όπου } r_i = \frac{\sigma_{l_i}^2}{\sigma_{u_i}^2}$$

Η παράμετρος δ_o είναι καθαρός αριθμός που εξαρτάται από τις πιθανότητες α_o και β_o που έχουν επιλεγεί για τα λάθη του τύπου I (απόρριψη σωστής μέτρησης) και II (αποδοχή λανθασμένης μέτρησης) στους a posteriori στατιστικούς ελέγχους και δίνει την εκκεντρότητα της εναλλακτικής υπόθεσης.

Η παράμετρος r_i , για την οποία ισχύει $0 \leq r_i \leq 1$, ονομάζεται Αριθμός Πλεονασμού (Redundancy Number RN) και εξαρτάται από τη γεωμετρία του δικτύου και από τον αριθμό των παρατηρήσεων που επιτρέπουν τον έλεγχο των l_i . Η παράμετρος αυτή, δείχνει το πόσο βελτιώνεται η ακρίβεια του μεγέθους από τη συνόρθωση.

Αναφέρεται πως $\sum r_i = r = n - m$ (βαθμός ελευθερίας), οπότε μπορεί να υπολογιστεί η μέση τιμή $\bar{r} = \frac{r}{n}$. Έτσι, ο αριθμός r_i που αντιστοιχεί στην παρατήρηση l_i δίνει την συνεισφορά της συγκεκριμένης παρατήρησης στο βαθμό ελευθερίας του δικτύου.

Σύμφωνα και πάλι με τον Baarda, ως εξαιρετική αξιοπιστία (ευαισθησία, sensibility) θεωρείται η επίδραση των χονδροειδών σφαλμάτων των παρατηρήσεων που δεν προκαλούν την απόρριψή τους, στις καλύτερες τιμές \hat{x} των παραμέτρων ή σε συναρτήσεις τους $f(\hat{x})$. Έτσι, αν με $\bar{V} f(\hat{x})$ συμβολιστεί η επίδραση του χονδροειδούς $|\bar{V}_o l_i|$ στη συνάρτηση $f(\hat{x})$, αποδεικνύεται πως:

$$|\bar{V} f(\hat{x})| \leq \delta_o \cdot \frac{\sigma_{l_i}}{\sigma_{u_i}} \cdot \sigma_{f(\hat{x})} = \delta_o \cdot \sigma_{f(\hat{x})} \cdot \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1}$$

Συνηθίζεται να θεωρείται ως μέτρο εσωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\tau = \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1} = \frac{\sigma_{l_i}}{\sigma_{u_i}}$

Και ως μέτρο εξωτερικής αξιοπιστίας το μέγεθος: $\gamma = \sqrt{\frac{1}{r_i} - 1} = \frac{\sigma_{l_i}}{\sigma_{u_i}}$

Για τα οποία ισχύει: $\tau^2 - \gamma^2 = 1$.

Είναι προφανές ότι τόσο η εσωτερική όσο και η εξωτερική αξιοπιστία μεγαλώνουν όσο μεγαλώνουν οι αριθμοί πλεονασμού r_i , και έτσι εκείνο που πρέπει να επιδιώκεται κατά τον σχεδιασμό των δικτύων είναι η μεγιστοποίηση των r_i . Αντίθετα, θεωρείται επικίνδυνο να επιδιώκεται η μεγιστοποίηση του \bar{r} , μια και αυτό μπορεί να επιτευχθεί εφόσον ο βαθμός ελευθερίας είναι μεγάλος, ενώ ενδεχομένως να υπάρχουν παρατηρήσεις που δεν ελέγχονται.

9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΙΘΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη συνόρθωση του δικτύου μας για την παρακολούθηση μικρομετακινήσεων θα πρέπει σε όλες τις περιόδους να θεωρούνται οι ίδιες προσωρινές τιμές των συντεταγμένων και το ίδιο σύστημα αναφοράς (ίδιες εσωτερικές ή εξωτερικές δεσμεύσεις ή ίδιες σταθερές κορυφές).

Υπολογίζονται τα a posteriori τυπικά σφάλματα της μονάδας βάρους $\hat{\sigma}_{oI}$ και $\hat{\sigma}_{oII}$ και οι αντίστοιχοι πίνακες \hat{V}_{xI} και \hat{V}_{xII} για κάθε συνόρθωση.

Υπολογίζεται το διάνυσμα των διαφορών των συντεταγμένων (διάνυσμα πιθανών

$$\text{μετακινήσεων) } \delta x_{I,II} = \begin{bmatrix} \delta x_1 \\ \delta y_1 \\ \delta x_2 \\ \delta y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta x_n \\ \delta y_n \end{bmatrix} \text{ και ο πίνακας } \hat{V}_{\delta x_{I,II}} = \hat{V}_{xI} + \hat{V}_{xII} .$$

Από τον $\hat{V}_{\delta x_{I,II}}$ είναι δυνατός ο υπολογισμός όλων των στατιστικών μεγεθών που αναφέρονται σε απόλυτες ή σχετικές μετακινήσεις, προκειμένου να εξετασθεί με βάση κάποιο επίπεδο εμπιστοσύνης αν οι διαφορές μεταξύ απόλυτων ή σχετικών θέσεων των κορυφών μπορούν να θεωρηθούν ως μετακινήσεις ή βρίσκονται μέσα στο θόρυβο των μετρήσεων. Αν δεν επιβληθούν επιπλέον δεσμεύσεις και οι έλεγχοι των παρατηρήσεων είναι επιτυχείς (διότι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, αφού γίνουν οι μετρήσεις και για κάθε περίοδο συνορθωθεί το δίκτυο ως ελεύθερο και γίνονται οι έλεγχοι που αναφέρθηκαν, συνορθώνονται με τις επιπλέον δεσμεύσεις εφόσον επιβάλλεται να θεωρηθούν περισσότερες κορυφές ως σταθερές-σημεία αναφοράς), θεωρούνται συνήθως οι a priori πίνακες όπως έχουν προκύψει με τις ελάχιστες δεσμεύσεις.

Θεωρώντας, λοιπόν, τα αποτελέσματα των επιλύσεων κάθε φάσης ως κατάσταση του μνημείου της Κλεψύδρας, κατά τις χρονικές στιγμές t_1, t_2, t_3, t_4 και t_5 (Α', Β', Γ', Δ' και Ε' φάση αντίστοιχα), η ανίχνευση των μικρομετακινήσεων θα γίνει για τα διαστήματα $t_1-t_2, t_1-t_3, t_1-t_4, t_1-t_5, t_2-t_3, t_2-t_4, t_2-t_5, t_3-t_4, t_3-t_5$ και t_4-t_5 .

9.1 ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

9.1.1 ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

Η αρχική διαδικασία αφορά τον προσδιορισμό των μεταβολών των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων των κορυφών του δικτύου, για καθένα από τα προαναφερθέντα χρονικά διαστήματα. Οι μεταβολές αυτές, που προκύπτουν από την αφαίρεση των πινάκων των προσδιορισμένων συντεταγμένων κάθε φάσης, φαίνονται στον πίνακα του παραρτήματος 3.1.1. Έτσι, βρίσκουμε τα Δx και Δy για κάθε κορυφή για τα διαστήματα $t1-t2$, $t1-t3$, $t1-t4$, $t1-t5$, $t2-t3$, $t2-t4$, $t2-t5$, $t3-t4$, $t3-t5$ και $t4-t5$.

Στη συνέχεια για κάθε μεταβολή της θέσεως ενός σημείου σε ένα χρονικό διάστημα, υπολογίζονται τα στοιχεία (αριθμητική τιμή και γωνία διεύθυνσης) του διανυσματικού μεγέθους δr , που εκφράζει την αλλαγή της απόλυτης θέσης του σημείου στο οριζόντιο επίπεδο. Η τιμή και η γωνία διεύθυνσης του δr προκύπτουν από τους γνωστούς τύπους υπολογισμού μήκους και γωνίας διεύθυνσης από τις συντεταγμένες 2 σημείων, με τη διαφοροποίηση πως εδώ έχουμε να κάνουμε όχι με 2 σημεία, αλλά με 2 θέσεις του ίδιου σημείου. Επομένως, $\Delta r = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ και $\alpha' = \arctan \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|}$, όπου αν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y > 0$ τότε $\alpha = \alpha'$, αν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y < 0$ τότε $\alpha = 200 - \alpha'$, αν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y < 0$ τότε $\alpha = 200 + \alpha'$ και αν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y > 0$ τότε $\alpha = 400 - \alpha'$. Τα αποτελέσματα φαίνονται σε πίνακα στο παράρτημα 3.1.1.

Στη συνέχεια, υπολογίζονται τα στοιχεία της έλλειψης σφάλματος κάθε μεταβολής θέσης σημείου, στο οριζόντιο επίπεδο. Αναλυτικότερα, πρέπει να θεωρηθεί πως κάθε μετακίνηση σημείου σε ένα χρονικό διάστημα που ορίζεται από 2 συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, παρουσιάζει μια αβεβαιότητα. Αυτή η αβεβαιότητα προέρχεται εξ ολοκλήρου από την αβεβαιότητα στον προσδιορισμό της θέσης του σημείου τις 2 αυτές χρονικές στιγμές.

Εκφράζοντας μαθηματικά τα παραπάνω, έχουμε:

$\hat{V}_{\delta x_{ti \rightarrow tii}} = \hat{V}_{\hat{x}_{ti}} + \hat{V}_{\hat{x}_{tii}}$, όπου \hat{x} οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου, όπως αυτές έχουν προκύψει μετά από επίλυση του δικτύου σε 2 διαφορετικές και ανεξάρτητες χρονικές φάσεις. Η γεωμετρική έκφραση της προαναφερόμενης αβεβαιότητας $\hat{\sigma}_{\delta r}$ είναι η έλλειψη σφάλματος απόλυτης μετακίνησης σημείου, τα στοιχεία της οποίας προσδιορίζονται με βάση τον πίνακα μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας $\hat{V}_{\delta r}$ κάθε χρονικού διαστήματος και πιο συγκεκριμένα τα στοιχεία $\hat{\sigma}_{\delta x}$, $\hat{\sigma}_{\delta y}$, $\hat{\sigma}_{\delta x \delta y}$ κάθε σημείου. Τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν σε φύλλα excel και φαίνονται σε πίνακες στο παράρτημα.

Επομένως, με βάση τις παραπάνω τιμές, υπολογίζονται τα στοιχεία των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος μετακίνησης των κορυφών του δικτύου, τα οποία βρίσκονται και αυτά αναλυτικά στο παράρτημα 3.1.1.

Κατόπιν του προσδιορισμού όλων των αναγκαίων στοιχείων, διεξάγεται αρχικά ο μονοδιάστατος έλεγχος μετακίνησης. Σύμφωνα με αυτόν θα συγκριθούν για κάθε μετακίνηση σημείου οι απόλυτες τιμές των μεγεθών δg και $\sigma_{\max} \cdot z$, όπου για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ισχύει $z = 1,96$. Ο αριθμός αυτός μεγενθύνει, ουσιαστικά, το μεγάλο ημίαξονα της έλλειψης σφάλματος μετακίνησης, ώστε, σε περίπτωση που το δg τον ξεπεράσει (σε απόλυτη τιμή), θα μπορούμε με ασφάλεια 95% να συμπεράνουμε πως η συγκεκριμένη μεταβολή θέσης συνιστά μετακίνηση.

Στη συνέχεια, διεξάγεται ο δισδιάστατος έλεγχος. Σύμφωνα με αυτόν, σχεδιάζονται οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος μετακίνησης των κορυφών του δικτύου. Προκειμένου να εξασφαλισθεί το επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %, οι ημιάξονες των ελλείψεων μεγεθύνονται κατά $\lambda = 2,447$. Στο ίδιο σύστημα αναφοράς σχεδιάζονται τα διανύσματα μεταβολής θέσης δg . Στην περίπτωση που, σχεδιαστικά, το πέρας του διανύσματος δg βρεθεί εκτός της απόλυτης έλλειψης σφάλματος, μπορούμε, για το προαναφερόμενο επίπεδο εμπιστοσύνης, να μιλήσουμε για μετακίνηση.

Παρατηρήσεις:

Παρατηρώντας, λοιπόν, τους αντίστοιχους πίνακες για τον μονοδιάστατο έλεγχο, μπορούμε να διακρίνουμε ότι λίγα σημεία έχουν μεταβολή δg μεγαλύτερη του $\sigma_{\max} \cdot z$, άρα μπορούμε να πούμε με ασφάλεια 95% ότι υπάρχει ελάχιστη μετακίνηση στα σημεία για τις δεδομένες χρονικές περιόδους. Οι μικρομετακινήσεις που υπήρξαν παρατηρήθηκαν στις χρονικές περιόδους t_2-t_3 , t_2-t_5 , t_3-t_4 και t_4-t_5 . Αρκετά σημεία παρατηρήθηκαν να έχουν μικρομετακίνηση (πού μικρή) κατά τις περιόδους t_2-t_3 , t_3-t_4 και t_4-t_5 , με το σημείο αναφοράς T_2 να έχει μεγαλύτερο δg από $\sigma_{\max} \cdot z$ κατά 3 χιλιοστά. Αυτή ήταν και η μεγαλύτερη μετακίνηση που παρατηρήθηκε.

Όσον αφορά τον δισδιάστατο έλεγχο, για να είναι αποδεκτές οι μεταβολές συντεταγμένων των κορυφών δx και δy , το διάνυσμα τους να βρίσκεται μέσα στην έλλειψη που αντιστοιχεί σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Έτσι, οι άξονες της έλλειψης που αντιστοιχεί σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι οι $\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$ και $\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$ με αρχή το κέντρο της έλλειψης. Το διάνυσμα $\begin{pmatrix} \delta x \\ \delta y \end{pmatrix}$ πρέπει να βρίσκεται μέσα στην έλλειψη έτσι ώστε να είναι αποδεκτό. Στους πίνακες για τον δισδιάστατο έλεγχο, που υπάρχουν στα παραρτήματα, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει καθόλου μικρομετακίνηση στις χρονικές περιόδους t_1-t_2 , t_1-t_4 και t_2-t_4 , ενώ

στις υπόλοιπες υπάρχουν ελάχιστες μετακινήσεις από 1 έως 4 χιλιοστά το πολύ (στη t2-t5 το S21). Σημαντικό να αναφερθεί είναι το σημείο αναφοράς T2 το οποίο στη χρονική περίοδο t4-t5, παρατηρείται ότι $|\delta X| > \sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$ και $|\delta y| > \sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$, ενώ σε όλα τα άλλα σημεία που έχουν επισημανθεί με κόκκινο χρώμα παρατηρήθηκε μόνο $|\delta y| > \sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$.

9.1.2 ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

Ο έλεγχος για οριζόντιες μικρομετακινήσεις των κορυφών του δικτύου ολοκληρώνεται με την εξέταση της μεταβολής των σχετικών θέσεων των σημείων. Η εξέταση αυτή θα γίνει για τις πλευρές που είχαν επιλεγεί στην πρώτη φάση της επίλυσης ως αντιπροσωπευτικές των πλευρών του δικτύου.

Αρχικά, υπολογίζεται το διάνυσμα $dr = (dx, dy)$ κάθε πλευράς σε κάθε φάση μετρήσεων (βλ. παράρτημα 3.1.2).

Στη συνέχεια, υπολογίζεται το διάνυσμα $\delta dr = (\delta dx, \delta dy)$ που εκφράζει τη διαφοροποίηση της σχετικής θέσης των σημείων από φάση σε φάση, σε επίπεδο οριζοντιογραφικών συντεταγμένων. Τα στοιχεία αυτού του διανύσματος υπάρχουν και αυτά αναλυτικά σε πίνακα στα παραρτήματα.

Ακολούθως, για κάθε μεταβολή της σχετικής θέσεως 2 σημείων (από τις προεπιλεγμένες πλευρές) σε ένα χρονικό διάστημα, υπολογίζονται τα στοιχεία (αριθμητική τιμή και γωνία διεύθυνσης) του διανυσματικού μεγέθους δdr , που εκφράζει την αλλαγή της σχετικής θέσης των σημείων αυτών στο οριζόντιο επίπεδο. Η τιμή και η γωνία διεύθυνσης του δdr προκύπτουν από τους γνωστούς τύπους υπολογισμού μήκους και γωνίας διεύθυνσης από τις συντεταγμένες 2 σημείων, με τη διαφοροποίηση πως εδώ έχουμε να κάνουμε όχι με συντεταγμένες 2 σημείων, αλλά με διαφορές συντεταγμένων μεταξύ 2 σημείων.

Κατόπιν, υπολογίσθηκαν τα στοιχεία της έλλειψης σφάλματος για τις συγκεκριμένες μεταβολές στις σχετικές θέσεις των σημείων των προεπιλεγμένων πλευρών. Για τον υπολογισμό αυτό χρειάζεται ο προσδιορισμός του πίνακα μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας $\hat{V}_{\delta dx}$ εφόσον έχουμε ήδη τους πίνακες $\hat{V}_{\delta x}$ για κάθε χρονική περίοδο. Έτσι, σε φύλλο excel δημιουργήθηκε ο ιακωβιανός πίνακας και ο ανάστροφός του και υπολογίσθηκαν τα σφάλματα $\hat{\sigma}_{\delta dx}$, $\hat{\sigma}_{\delta dy}$, $\hat{\sigma}_{\delta dx \delta dy}$ κάθε σημείου. Ο ιακωβιανός πίνακας σχεδιάστηκε με βάση την εξής σχέση:

$$\begin{aligned} \delta dx_{T1T2}(t1-t2) &= dx_{T1T2}(t2) - dx_{T1T2}(t1) = x_{T2}(t2) - x_{T1}(t2) - x_{T2}(t1) + x_{T1}(t1) = \\ &= x_{T2}(t2) - x_{T2}(t1) - [x_{T1}(t2) - x_{T1}(t1)] = \delta x_{T2}(t1-t2) - \delta x_{T1}(t1-t2) \end{aligned}$$

Ομοίως για τα δdy για κάθε σχετική μετακίνηση και για κάθε χρονική περίοδο t_i-t_{ii} .

Με βάση τα παραπάνω σφάλματα, υπολογίστηκαν τα σ_{max} , σ_{min} και η γωνία της απόλυτης σχετικής έλλειψης για κάθε κορυφή και χρονική περίοδο.

Κατόπιν του προσδιορισμού όλων των αναγκαίων στοιχείων, διεξάγεται αρχικά ο μονοδιάστατος έλεγχος μετακίνησης. Σύμφωνα με αυτόν θα συγκριθούν για κάθε μετακίνηση σημείου οι απόλυτες τιμές των μεγεθών δdr και $\sigma_{max} \cdot z$, όπου για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ισχύει $z = 1,96$. Ο αριθμός αυτός μεγενθύνει, ουσιαστικά, το μεγάλο ημιάξονα της έλλειψης σφάλματος μετακίνησης, ώστε, σε περίπτωση που το δr τον ξεπεράσει (σε απόλυτη τιμή), θα μπορούμε με ασφάλεια 95% να συμπεράνουμε πως η συγκεκριμένη μεταβολή θέσης συνιστά μετακίνηση.

Στη συνέχεια, διεξάγεται ο δισδιάστατος έλεγχος. Σύμφωνα με αυτόν, σχεδιάζονται οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος μετακίνησης των κορυφών του δικτύου. Προκειμένου να εξασφαλισθεί το επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %, οι ημιάξονες των ελλείψεων μεγεθύνονται κατά $\lambda = 2,447$. Στο ίδιο σύστημα αναφοράς σχεδιάζονται τα διανύσματα μεταβολής θέσης δr . Στην περίπτωση που, σχεδιαστικά, το πέρας του διανύσματος δdr βρεθεί εκτός της απόλυτης έλλειψης σφάλματος, μπορούμε, για το προαναφερόμενο επίπεδο εμπιστοσύνης, να μιλήσουμε για μετακίνηση.

Παρατηρήσεις:

Παρατηρώντας, λοιπόν, τους αντίστοιχους πίνακες για τον μονοδιάστατο έλεγχο, μπορούμε να διακρίνουμε ότι λίγα σημεία έχουν μεταβολή δr μεγαλύτερη του $\sigma_{max} \cdot z$, άρα μπορούμε να πούμε με ασφάλεια 95% ότι υπάρχει ελάχιστη μετακίνηση στα σημεία για τις δεδομένες χρονικές περιόδους. Οι μικρομετακινήσεις που υπήρξαν παρατηρήθηκαν στις χρονικές περιόδους $t1-t3$, $t1-t5$, $t2-t3$, $t2-t5$ και $t4-t5$. Αρκετά σημεία παρατηρήθηκαν να έχουν μικρομετακίνηση (πού μικρή) κατά την περίοδο $t2-t3$. Σε όλες τις σχετικές μετακινήσεις το δdr είναι μεγαλύτερο από $\sigma_{max} \cdot z$ το πολύ 2 χιλιοστά.

Όσον αφορά τον δισδιάστατο έλεγχο, για να είναι αποδεκτές οι μεταβολές συντεταγμένων των κορυφών δx και δy , το διάνυσμα τους να βρίσκεται μέσα στην έλλειψη που αντιστοιχεί σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Έτσι, οι άξονες της έλλειψης που αντιστοιχεί σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι οι $\sigma_{max}(m) \cdot \lambda$ και $\sigma_{min}(m) \cdot \lambda$ με αρχή το κέντρο της έλλειψης. Το διάνυσμα $\begin{pmatrix} \delta dx \\ \delta dy \end{pmatrix}$ πρέπει να βρίσκεται μέσα στην έλλειψη έτσι ώστε να είναι αποδεκτό.

Στους πίνακες για τον δισδιάστατο έλεγχο, που υπάρχουν στα παραρτήματα, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει καθόλου μικρομετακίνηση στις χρονικές περιόδους t1-t2, t1-t4 και t2-t4, ενώ στις υπόλοιπες υπάρχουν ελάχιστες μετακινήσεις από 1 έως 4 χιλιοστά το πολύ. Κρίνεται επιπλέον σημαντικό να αναφερθεί ότι έχει επισημανθεί με κόκκινο χρώμα όπου $|\delta dX| > \sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$ και $|\delta dy| > \sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$. Βέβαια, στη συγκεκριμένη περίπτωση τελικά επισημάνθηκαν μόνο οι πλευρές για τις οποίες $|\delta y| > \sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$.

9.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

Οι διαδικασίες ελέγχου του δικτύου για κατακόρυφες μικρομετακινήσεις ταυτίζονται τόσο ως φιλοσοφία, όσο και ως πρακτική, με τις αντίστοιχες διαδικασίες ελέγχου για οριζόντιες μικρομετακινήσεις. Η μοναδική, ουσιαστική διαφοροποίηση αφορά την έλλειψη (στην ανίχνευση των κατακόρυφων μικρομετακινήσεων) της διαδικασίας του δισδιάστατου ελέγχου, για προφανείς λόγους. Έτσι, οι διαφοροποιήσεις στα υψόμετρα και τις υψομετρικές διαφορές των κορυφών του δικτύου μπορούν να ελεγχθούν μόνο με μονοδιάστατο τρόπο.

9.2.1 ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

Αρχικά, υπολογίζεται το διάνυσμα δH , που εκφράζει τη διαφοροποίηση στα υψόμετρα των σημείων από φάση σε φάση. Το διάνυσμα αυτό φαίνεται σε πίνακα στα παραρτήματα.

Στη συνέχεια, υπολογίζεται το μέγεθος $\sigma_{\delta H}$ για κάθε μεταβολή υψόμετρου. Από το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων έχουμε $\sigma_{\delta H \text{ } t_i \rightarrow t_{ii}} = \sqrt{(\sigma_{Ht_i})^2 + (\sigma_{Ht_{ii}})^2}$, δεδομένου πως η επίλυση του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου είναι ανεξάρτητη σε κάθε φάση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παράρτημα 3.2.1.

Σύμφωνα με τη λογική του μονοδιάστατου ελέγχου, συγκρίνονται οι απόλυτες τιμές των δH και των αντίστοιχων $\sigma_{\delta H}$, πολλαπλασιασμένων με το συντελεστή z, που για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ισούται με 1,96.

Παρατηρώντας, λοιπόν, τον αντίστοιχο πίνακα, μπορούμε να διακρίνουμε ότι λίγα σημεία έχουν μεταβολή δdH μεγαλύτερη του $\sigma_{\max} \cdot z$, άρα μπορούμε να πούμε με ασφάλεια 95% ότι υπάρχει ελάχιστη μετακίνηση στα σημεία για τις δεδομένες χρονικές περιόδους. Οι

μικρομετακινήσεις που υπήρξαν παρατηρήθηκαν στις χρονικές περιόδους t1-t2, t1-t4, t1-t5, t2-t3, t2-t5, t2-t4, t3-t4, t3-t5 και t4-t5. Αρκετά σημεία παρατηρήθηκαν να έχουν μικρομετακίνηση μέχρι και 8 χιλιοστά κατά τις περιόδους t1-t4, t2-t4 και t3-t4, με το σημείο αναφοράς S8 να έχει μεγαλύτερο δd_H από $\sigma_{max} \cdot z$ κατά 7 χιλιοστά την χρονική περίοδο t1-t4 και 8 χιλιοστά την χρονική περίοδο t2-t4. Αυτή ήταν και η μεγαλύτερη μετακίνηση που παρατηρήθηκε.

9.2.2 ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

Αρχικά, υπολογίζεται το μέγεθος d_H για κάθε μία από τις επιλεγμένες πλευρές του δικτύου σε κάθε φάση και στη συνέχεια προσδιορίζεται η μεταβολή δd_H κάθε υψομετρικής διαφοράς από φάση σε φάση. (βλ. παράρτημα 3.2.2)

Ακολούθως υπολογίζεται η αβεβαιότητα $\sigma_{\delta H}$, με την εφαρμογή του νόμου μετάδοσης σφαλμάτων, ενώ στον έλεγχο των οριζόντιων μετακινήσεων χρησιμοποιήθηκε ο νόμος μετάδοσης μεταβλητοτήτων εφόσον είχαμε δισδιάστατο μέγεθος.

Εφόσον οι επιλύσεις κάθε φάσης είναι ανεξάρτητες, ισχύει:

$$\text{για τη φάση } ti: \sigma_{\delta d_{HAB}} = \pm \sqrt{\sigma_{d_{HAB},ti}^2 + \sigma_{d_{HAB},tii}^2}$$

$$\text{για τη φάση } tii: \sigma_{\delta d_{HAB}} = \pm \sqrt{\sigma_{d_{HAB},ti}^2 + \sigma_{d_{HAB},tii}^2}$$

Επομένως:

$$\sigma_{\delta d_{HAB}} = \pm \sqrt{\sigma_{HA,ti}^2 + \sigma_{HB,ti}^2 + \sigma_{HA,tii}^2 + \sigma_{HB,tii}^2 - 2\sigma_{HA,HB,ti} - 2\sigma_{HA,HB,tii}}$$

και βασιζόμενοι σε αυτόν τον τύπο υπολογίζουμε τα σφάλματα στη διαφοροποίηση των υψομετρικών διαφορών των επιλεγμένων πλευρών. Τα σφάλματα βρίσκονται στο παράρτημα 3.2.2.

Στη συνέχεια, κάνουμε μονοδιάστατο έλεγχο, όπου συγκρίνονται οι απόλυτες τιμές των δd_H και των αντίστοιχων $\sigma_{\delta d_H}$, πολλαπλασιασμένων με το συντελεστή z , που για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ισούται με 1,96.

Παρατηρώντας, λοιπόν, τον αντίστοιχο πίνακα, μπορούμε να διακρίνουμε ότι στις χρονικές περιόδους t1-t2, t1-t3, t2-t3, t2-t5, t3-t5 και t4-t5 δεν παρατηρήθηκε καμία κατακόρυφη σχετική μετακίνηση. Επιπλέον, θεωρείται εύλογο να αναφερθεί ότι λίγα

σημεία έχουν μεταβολή δd_i μεγαλύτερη του $\sigma_{\max} \cdot z$, άρα μπορούμε να πούμε με ασφάλεια 95% ότι υπάρχει ελάχιστη μετακίνηση στα σημεία για τις δεδομένες χρονικές περιόδους. Οι μικρομετακινήσεις που υπήρξαν παρατηρήθηκαν στις χρονικές περιόδους t1-t4, t1-t5, t2-t4 και t3-t4 με μεγαλύτερη κατακόρυφη σχετική μικρομετακίνηση της πλευράς T5S8 που στις φάσεις t1-t4 και t3-t4 είχε μετακίνηση 4 χιλιοστά

10. ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Για να προσεγγίσουμε καλύτερα το θέμα των μικρομετακινήσεων που παρατηρείται στο μνημείο, κατηγοριοποιούμε τα σημεία ελέγχου σε ομάδες και μπαίνουμε σε μία διαδικασία σύγκρισης έτσι ώστε να εξάγουμε κάποια πιθανά αίτια που μπορεί να προκαλούν τις μετακινήσεις αυτές των σημείων.

Βασιζόμενοι, λοιπόν, στη τοποθέτηση των σημείων για τη διεξαγωγή των μετρήσεων, ορίστηκαν οι κατηγορίες. Έτσι, οι κατηγορίες θα είναι:

1. Σημεία ελέγχου στο δάπεδο (S1 έως και S9)
2. Σημεία ελέγχου στο δυτικό τοίχο (S10 έως και S13)
3. Σημεία ελέγχου στα βράχια (S14 έως και S19)
4. Σημεία ελέγχου στον ανατολικό τοίχο (S20 έως και S23)

10.1 ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

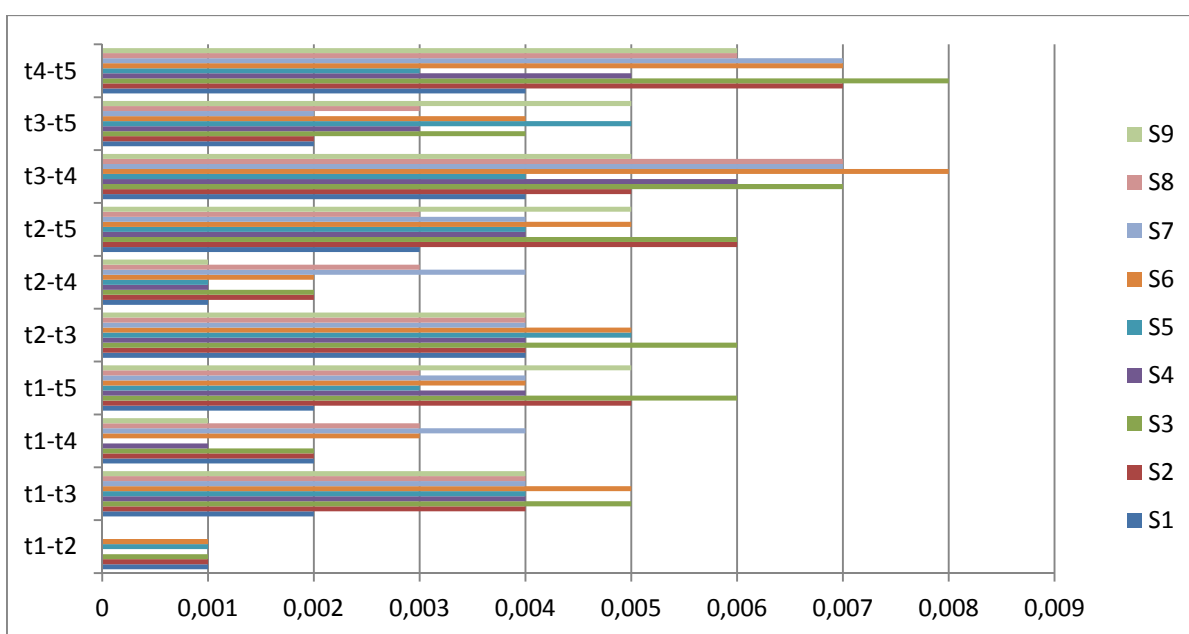
Μπορούμε να συγκρίνουμε τη μεταβολή των θέσεων των κορυφών για κάθε διάστημα, αλλά και για κάθε κατηγορία σημείων ξεχωριστά.

10.1.1 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΑΠΕΔΟ (S1 – S9)

Σημεία	δr(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S1	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,001	0,003	0,004	0,002	0,004
S2	0,001	0,004	0,002	0,005	0,004	0,002	0,006	0,005	0,002	0,007
S3	0,001	0,005	0,002	0,006	0,006	0,002	0,006	0,007	0,004	0,008
S4	0,000	0,004	0,001	0,004	0,004	0,001	0,004	0,006	0,003	0,005
S5	0,001	0,004	0,000	0,003	0,005	0,001	0,004	0,004	0,005	0,003
S6	0,001	0,005	0,003	0,004	0,005	0,002	0,005	0,008	0,004	0,007
S7	0,000	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,002	0,007
S8	0,000	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,007	0,003	0,006
S9	0,000	0,004	0,001	0,005	0,004	0,001	0,005	0,005	0,005	0,006

Πίνακας 1: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στο δάπεδο μεταξύ και των 5 φάσεων

Στην πρώτη κατηγορία, παρατηρείται έντονη αυξομείωση της τιμής δ_g για κάθε χρονική περίοδο με ιδιαίτερη αύξηση τη χρονική περίοδο t3-t4, μια σχετική μείωση τη χρονική φάση t3-t5 και μετά μια ακόμη αξιοσημείωτη αύξηση τη χρονική φάση t4-t5 όπου και το δ_g πλέον παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές. Ιδιαίτερα τα σημεία S3, S6 και S7 ακολουθούν ακριβώς αυτό το μοτίβο αυξομείωσης που μόλις αναφέρθηκε. Αντίθετα, το S5 είναι το μόνο σημείο του οποίου η τιμή δ_g στην τελευταία χρονική φάση μειώθηκε αντί να αυξηθεί.

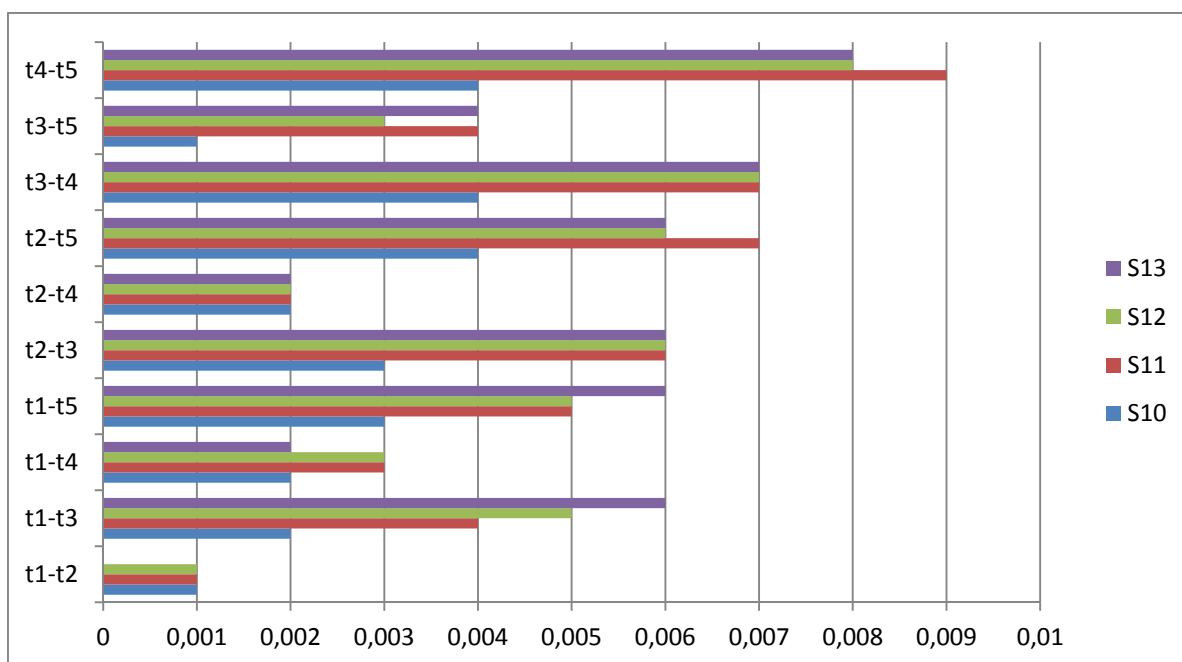


Γράφημα 1: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στο δάπεδο μεταξύ και των 5 φάσεων

10.1.2 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ (S10-S13)

Σημεία	δr(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S10	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,004	0,004	0,001	0,004
S11	0,001	0,004	0,003	0,005	0,006	0,002	0,007	0,007	0,004	0,009
S12	0,001	0,005	0,003	0,005	0,006	0,002	0,006	0,007	0,003	0,008
S13	0,000	0,006	0,002	0,006	0,006	0,001	0,006	0,007	0,004	0,008

Πίνακας 2: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων



Γράφημα 2: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων

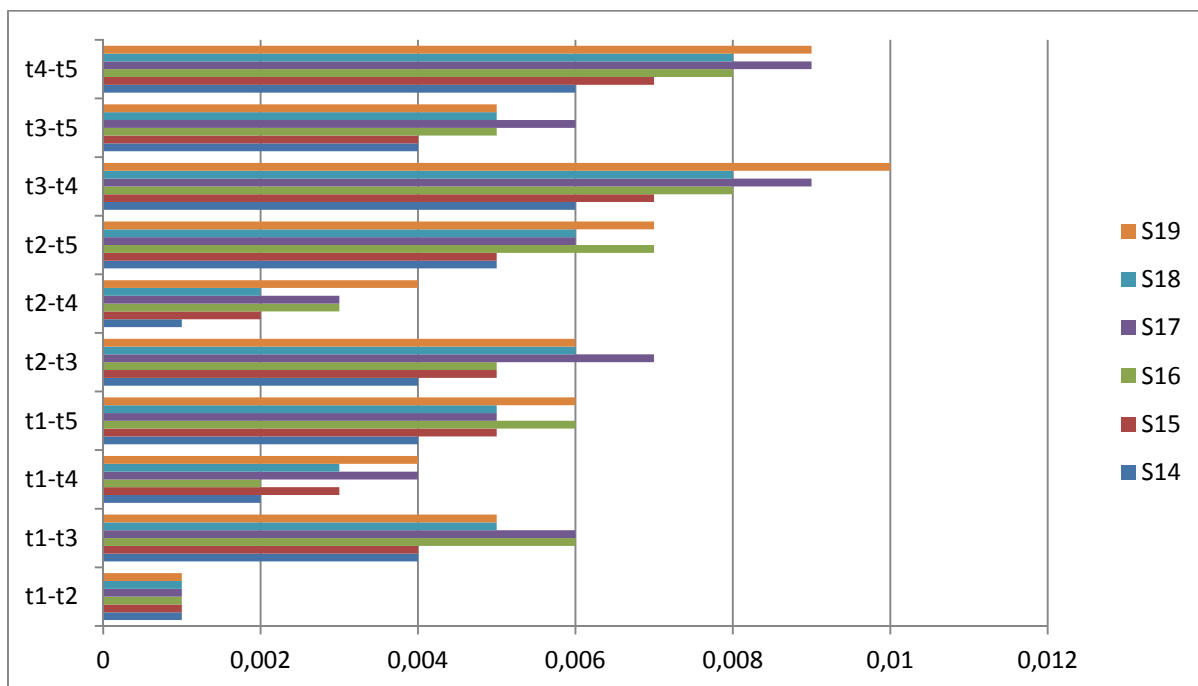
Σε αυτή την κατηγορία σημείων ελέγχου, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι κατά βάση συνολικά υπάρχει μία αύξηση της τιμής του δr. Έτσι, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για όλα τα σημεία το δr ξεκινάει από μηδενικές τιμές ή 0,001 και αυξάνεται- μειώνεται εναλλάξ με αποτέλεσμα σε συνολικό επίπεδο το δr να έχει αυξηθεί κατά 3 έως και 8 χιλιοστά.

10.1.3 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑ ΒΡΑΧΙΑ (S14-S19)

Σημεία	δr(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S14	0,001	0,004	0,002	0,004	0,004	0,001	0,005	0,006	0,004	0,006
S15	0,001	0,004	0,003	0,005	0,005	0,002	0,005	0,007	0,004	0,007
S16	0,001	0,006	0,002	0,006	0,005	0,003	0,007	0,008	0,005	0,008
S17	0,001	0,006	0,004	0,005	0,007	0,003	0,006	0,009	0,006	0,009
S18	0,001	0,005	0,003	0,005	0,006	0,002	0,006	0,008	0,005	0,008
S19	0,001	0,005	0,004	0,006	0,006	0,004	0,007	0,010	0,005	0,009

Πίνακας 3: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων

Και σε αυτή την κατηγορία, παρόμοια με την προηγούμενη, παρατηρούμε μια σταδιακή αύξηση του δr με εξαίρεση κάποιες χρονικές φάσεις που υπάρχει μείωση της τιμής του δr. Παρόλα αυτά, η συνολική αύξηση της τιμής του δr για κάποιες χρονικές φάσεις φτάνει μέχρι και 8 χιλιοστά.



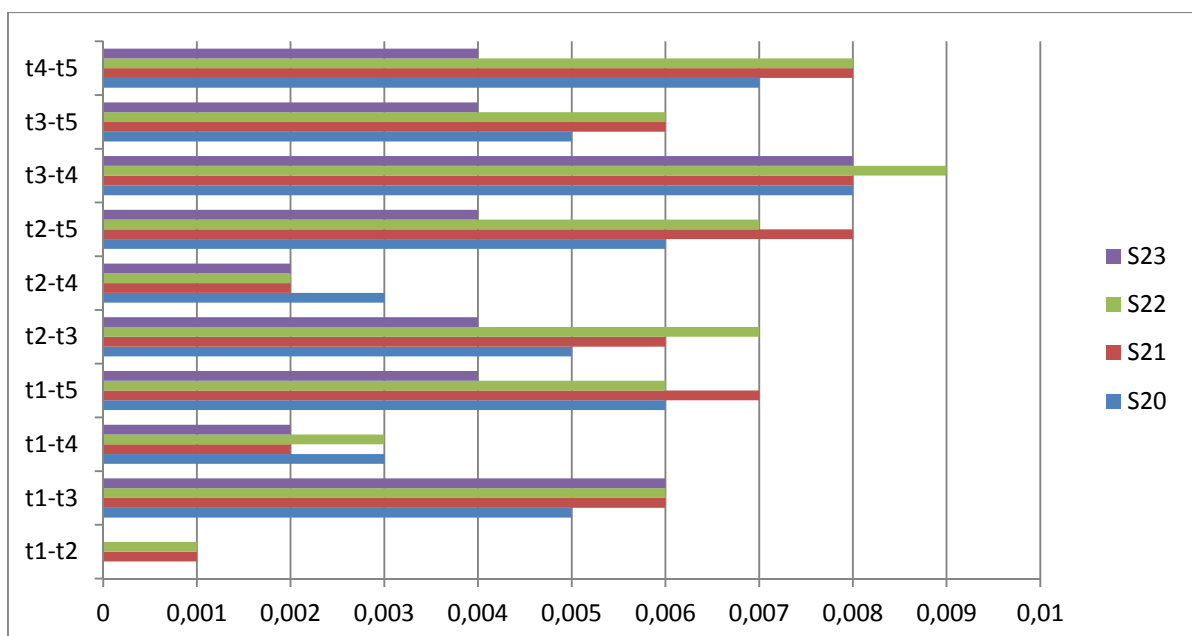
Γράφημα 3: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων

10.1.4 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ(S20-S23)

Σημεία	δr(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S20	0,000	0,005	0,003	0,006	0,005	0,003	0,006	0,008	0,005	0,007
S21	0,001	0,006	0,002	0,007	0,006	0,002	0,008	0,008	0,006	0,008
S22	0,001	0,006	0,003	0,006	0,007	0,002	0,007	0,009	0,006	0,008
S23	0,000	0,006	0,002	0,004	0,004	0,002	0,004	0,008	0,004	0,004

Πίνακας 4: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων

Σε αυτή την κατηγορία, παρατηρούμε ότι το S23 διαφέρει λίγο από τη συμπεριφορά των άλλων σημείων της κατηγορίας του. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι ενώ σε όλα τα άλλα σημεία η τιμή του δr αυξάνεται σταδιακά παρόμοια και με τις προηγούμενες κατηγορίες σημείων, το S23 παρατηρείται να κρατάει σταθερή την τιμή του δr στο 0,004 για την πλειοψηφία των χρονικών φάσεων.



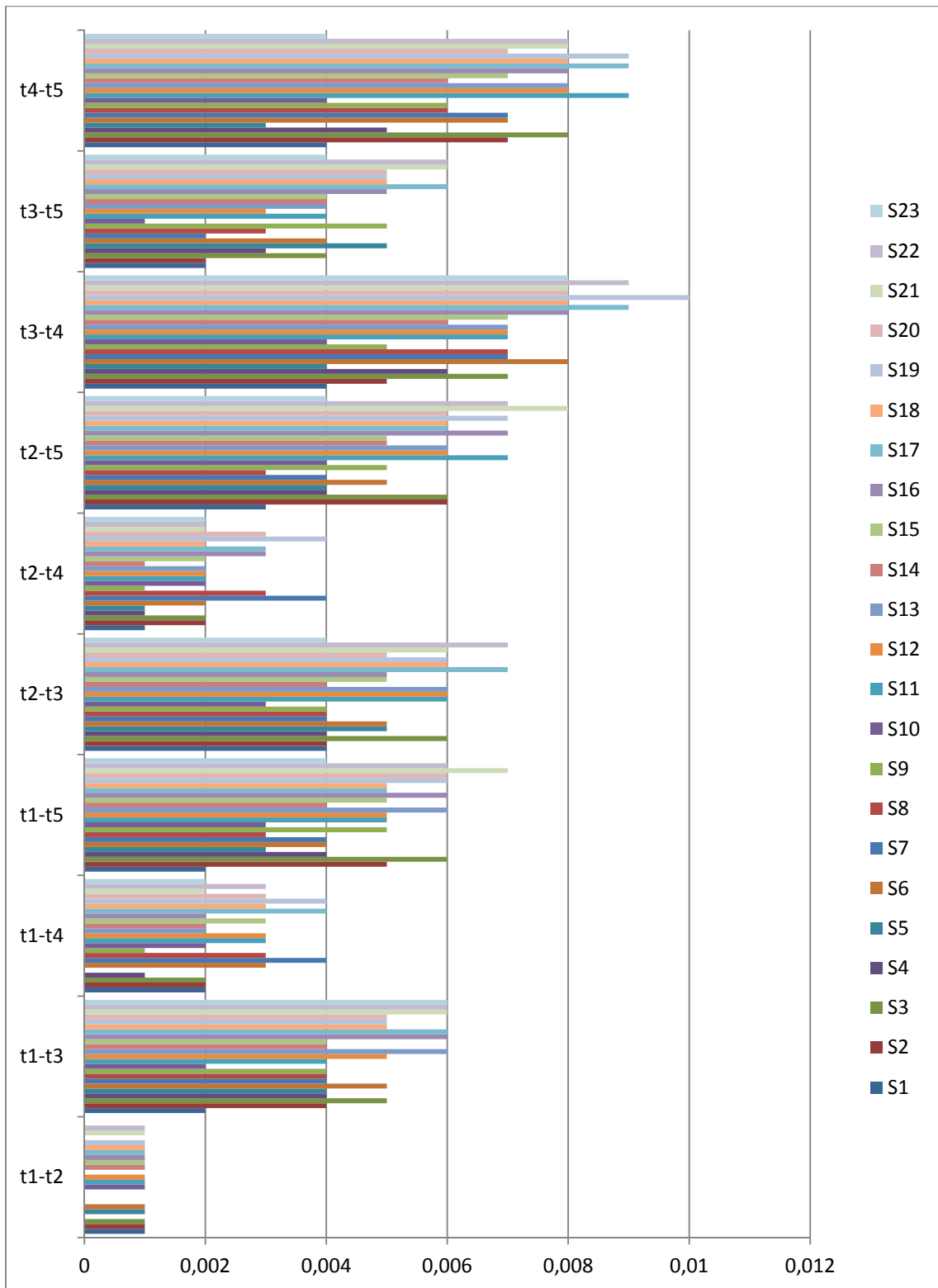
Γράφημα 4: Μεταβολή θέσης των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων

10.1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Σημεία	$\delta r(m)$									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S1	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,001	0,003	0,004	0,002	0,004
S2	0,001	0,004	0,002	0,005	0,004	0,002	0,006	0,005	0,002	0,007
S3	0,001	0,005	0,002	0,006	0,006	0,002	0,006	0,007	0,004	0,008
S4	0,000	0,004	0,001	0,004	0,004	0,001	0,004	0,006	0,003	0,005
S5	0,001	0,004	0,000	0,003	0,005	0,001	0,004	0,004	0,005	0,003
S6	0,001	0,005	0,003	0,004	0,005	0,002	0,005	0,008	0,004	0,007
S7	0,000	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,002	0,007
S8	0,000	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,007	0,003	0,006
S9	0,000	0,004	0,001	0,005	0,004	0,001	0,005	0,005	0,005	0,006
S10	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,004	0,004	0,001	0,004
S11	0,001	0,004	0,003	0,005	0,006	0,002	0,007	0,007	0,004	0,009
S12	0,001	0,005	0,003	0,005	0,006	0,002	0,006	0,007	0,003	0,008
S13	0,000	0,006	0,002	0,006	0,006	0,001	0,006	0,007	0,004	0,008
S14	0,001	0,004	0,002	0,004	0,004	0,001	0,005	0,006	0,004	0,006
S15	0,001	0,004	0,003	0,005	0,005	0,002	0,005	0,007	0,004	0,007
S16	0,001	0,006	0,002	0,006	0,005	0,003	0,007	0,008	0,005	0,008
S17	0,001	0,006	0,004	0,005	0,007	0,003	0,006	0,009	0,006	0,009
S18	0,001	0,005	0,003	0,005	0,006	0,002	0,006	0,008	0,005	0,008
S19	0,001	0,005	0,004	0,006	0,006	0,004	0,007	0,010	0,005	0,009
S20	0,000	0,005	0,003	0,006	0,005	0,003	0,006	0,008	0,005	0,007
S21	0,001	0,006	0,002	0,007	0,006	0,002	0,008	0,008	0,006	0,008
S22	0,001	0,006	0,003	0,006	0,007	0,002	0,007	0,009	0,006	0,008
S23	0,000	0,006	0,002	0,004	0,004	0,002	0,004	0,008	0,004	0,004

Πίνακας 5: Μεταβολή θέσης όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων

Συνολικά, είναι ευδιάκριτο ότι το δr έχει την δεύτερη χαμηλότερη χαμηλότερη τιμή του στη φάση t1-t4 μετά τη φάση t1-t2, ενώ παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή στη χρονική φάση t4-t5 με εξαίρεση κάποια σημεία που παίρνουν τη μεγαλύτερη τιμή τους τη χρονική φάση t3-t4. Συνολικά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι το δr αυξάνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου.



Γράφημα 5: Μεταβολή θέσης όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων

10.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

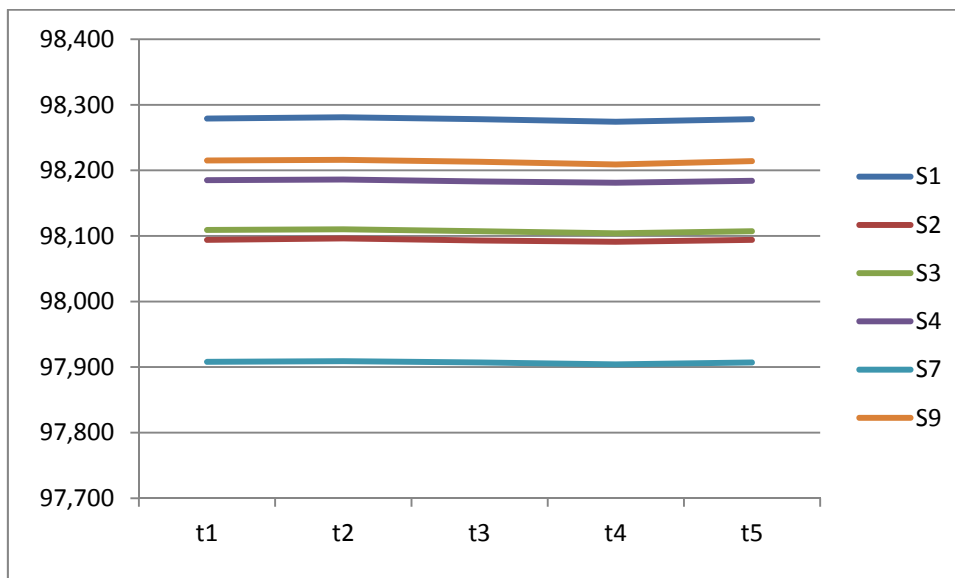
Μπορούμε να συγκρίνουμε τη μεταβολή των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου μεταξύ των 5 φάσεων, αλλά και για κάθε κατηγορία σημείων ξεχωριστά.

10.2.1 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΑΠΕΔΟ (S1 – S9)

Σημεία	δH(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S1	0,002	-0,001	-0,005	-0,001	-0,003	-0,007	-0,003	-0,004	0,000	0,004
S2	0,002	-0,001	-0,003	0,000	-0,003	-0,005	-0,002	-0,002	0,001	0,003
S3	0,001	-0,002	-0,005	-0,002	-0,003	-0,006	-0,003	-0,003	0,000	0,003
S4	0,001	-0,002	-0,004	-0,001	-0,003	-0,005	-0,002	-0,002	0,001	0,003
S7	0,001	-0,001	-0,004	-0,001	-0,002	-0,005	-0,002	-0,003	0,000	0,003
S9	0,001	-0,002	-0,006	-0,001	-0,003	-0,007	-0,002	-0,004	0,001	0,005

Πίνακας 6: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στο δάπεδο μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

Στην πρώτη κατηγορία, είναι φανερό ότι όλα τα σημεία του δαπέδου είναι κοντά σε υψόμετρο 98m χωρίς καμία απότομη μεταβολή στο υψόμετρο μέσα στη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου περίπου ίσης με ένα χρόνο.



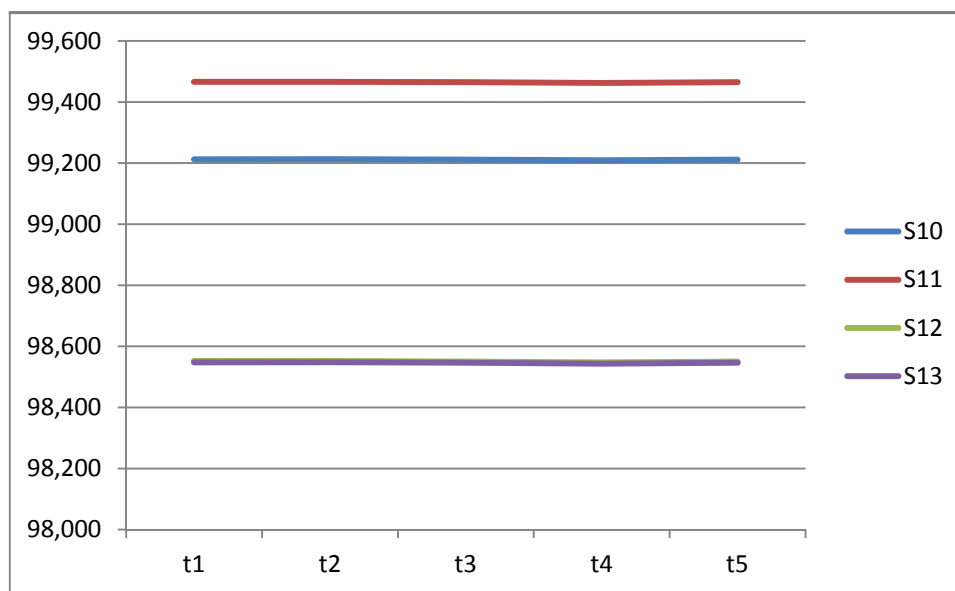
Γράφημα 6: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στο δάπεδο μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

10.2.2 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ (S10-S13)

Σημεία	δH(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S10	0,001	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	-0,004	-0,002	-0,002	0,000	0,002
S11	0,000	-0,001	-0,004	-0,001	-0,001	-0,004	-0,001	-0,003	0,000	0,003
S12	0,000	-0,002	-0,005	-0,002	-0,002	-0,005	-0,002	-0,003	0,000	0,003
S13	0,001	-0,001	-0,004	-0,001	-0,002	-0,005	-0,002	-0,003	0,000	0,003

Πίνακας 7: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

Στη δεύτερη κατηγορία σημείων ελέγχου, παρατηρούμε και πάλι μία ομοιομορφία σε όλα τα υψόμετρα των σημείων του δυτικού τοίχου. Δεν υπάρχει καμία αξιοσημείωτη μεταβολή υψομέτρου, αντίθετα τα υψόμετρα των σημείων παραμένουν περίπου στις ίδιες τιμές σε κάθε χρονική περίοδο.



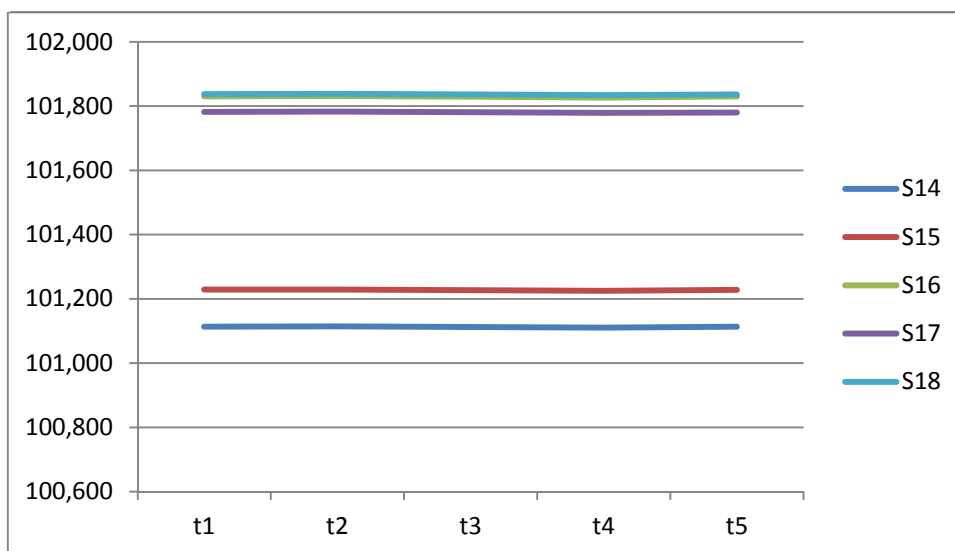
Γράφημα 7: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στο δυτικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

10.2.3 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑ ΒΡΑΧΙΑ (S14–S19)

Σημεία	ΔΗ(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S14	0,001	-0,001	-0,003	0,000	-0,002	-0,004	-0,001	-0,002	0,001	0,003
S15	0,000	-0,002	-0,004	-0,001	-0,002	-0,004	-0,001	-0,002	0,001	0,003
S16	0,001	-0,001	-0,004	0,000	-0,002	-0,005	-0,001	-0,003	0,001	0,004
S17	0,001	-0,001	-0,003	-0,002	-0,002	-0,004	-0,003	-0,002	-0,001	0,001
S18	0,001	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	-0,004	-0,002	-0,002	0,000	0,002

Πίνακας 8: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

Παρόμοια, και σε αυτή την κατηγορία σημείων ελέγχου παρατηρείται η ίδια ομοιογένεια. Τα υψόμετρα του κάθε σημείου παραμένει πάντα περίπου στις ίδιες τιμές και δεν υπάρχει κάποια απότομη αυξομείωση υψομέτρου. Προφανώς, όλα τα σημεία της κατηγορίας ακολουθούν το ίδιο μοτίβο.



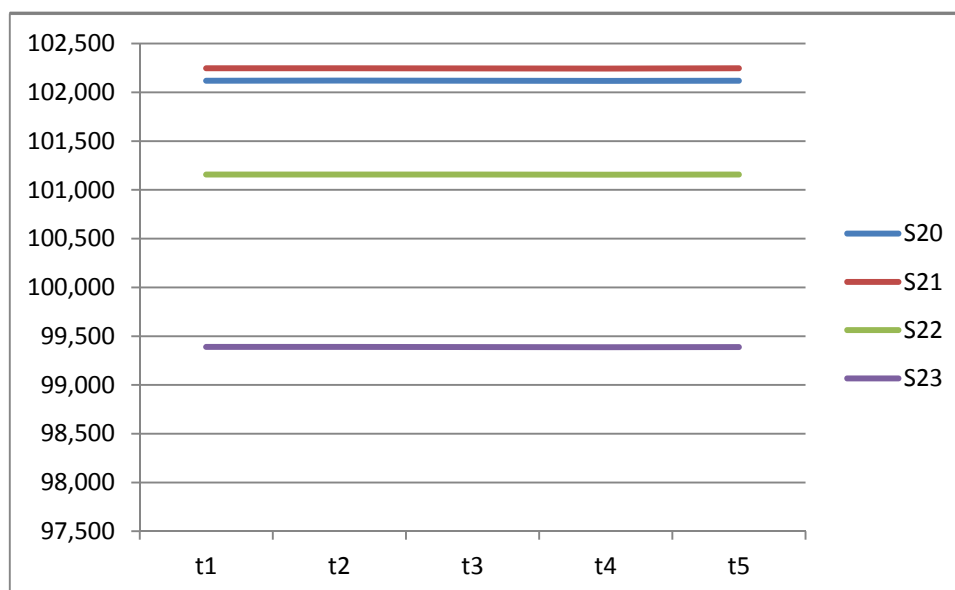
Γράφημα 8: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στα βράχια μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

10.2.4 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ (S20-S23)

Σημεία	ΔΗ(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S20	0,001	0,000	-0,002	0,000	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	0,000	0,002
S21	0,001	-0,001	-0,002	0,000	-0,002	-0,003	-0,001	-0,001	0,001	0,002
S22	0,001	0,000	-0,002	0,000	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	0,000	0,002
S23	0,001	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	-0,004	-0,002	-0,002	0,000	0,002

Πίνακας 9: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

Ομοίως και σε αυτή την κατηγορία, τα σημεία ελέγχου διατηρούν κατά τη διάρκεια των 5 φάσεων, δηλαδή ενός χρόνου, περίπου το ίδιο υψόμετρο. Δεν παρατηρείται καμία ιδιαίτερη μεταβολή υψομέτρου.



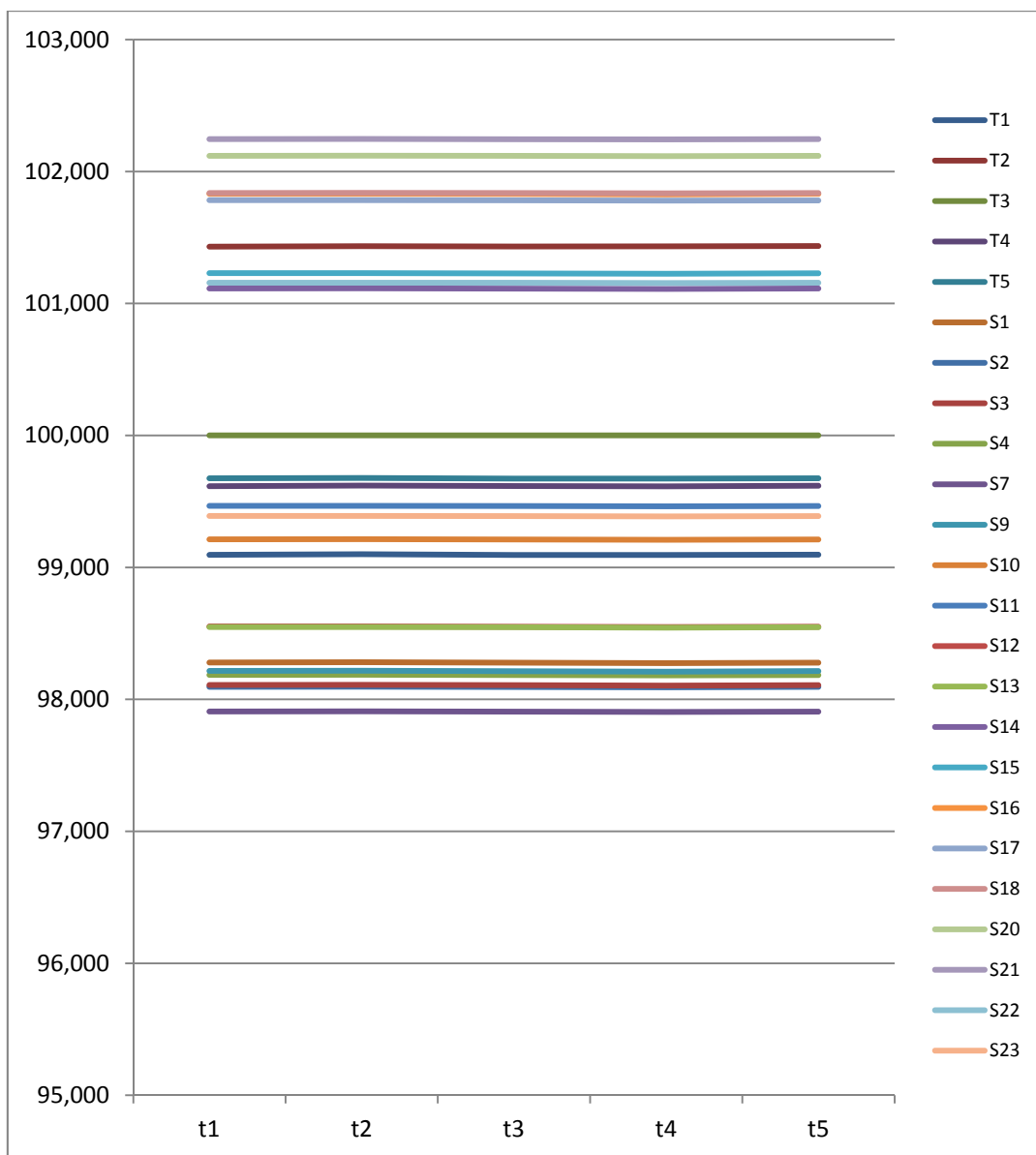
Γράφημα 9: Μεταβολή υψομέτρων των σημείων ελέγχου στον ανατολικό τοίχο μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

10.2.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Σημεία	δH(m)									
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
S1	0,004	-0,001	-0,002	0,001	-0,005	-0,006	0,268	0,239	0,266	0,003
S2	0,004	0,001	0,002	0,005	-0,003	-0,002	0,416	0,387	0,413	0,003
S3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,366	0,337	0,363	0,000
S4	0,004	0,001	-0,001	0,003	-0,003	-0,005	0,826	0,796	0,822	0,004
S5	0,002	-0,002	-0,002	0,000	-0,004	-0,004	0,219	0,345	0,228	0,002
S6	0,002	-0,001	-0,005	-0,001	-0,003	-0,007	0,362	0,454	0,617	0,004
S7	0,002	-0,001	-0,003	0,000	-0,003	-0,005	0,737	0,714	0,745	0,003
S8	0,001	-0,002	-0,005	-0,002	-0,003	-0,006	0,130	0,103	0,139	0,003
S9	0,001	-0,002	-0,004	-0,001	-0,003	-0,005	0,407	0,390	0,419	0,003
S10	0,002	-0,001	-0,006	-	-0,003	-0,008	0,628	0,572	0,623	-
S11	0,001	0,000	-0,008	-	-0,001	-0,009	0,490	0,129	0,158	-
S12	0,001	-0,001	-0,004	-0,001	-0,002	-0,005	-0,062	-0,090	-0,064	0,003
S13	0,001	-0,002	-0,010	-	-0,003	-0,011	0,021	-0,007	0,019	-
S14	0,001	-0,002	-0,006	-0,001	-0,003	-0,007	0,470	-0,009	0,020	0,005
S15	0,001	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	-0,004	0,504	0,438	0,471	0,002
S16	0,000	-0,001	-0,004	-0,001	-0,001	-0,004	0,400	0,288	0,320	0,003
S17	0,000	-0,002	-0,005	-0,002	-0,002	-0,005	0,415	0,396	0,427	0,003
S18	0,001	-0,001	-0,004	-0,001	-0,002	-0,005	0,116	0,090	0,121	0,003
S19	0,001	-0,001	-0,003	0,000	-0,002	-0,004	-0,260	0,036	0,068	0,003
S20	0,000	-0,002	-0,004	-0,001	-0,002	-0,004	0,410	0,077	0,109	0,003
S21	0,001	-0,001	-0,004	0,000	-0,002	-0,005	0,403	0,203	0,410	0,004
S22	0,001	-0,001	-0,003	-0,002	-0,002	-0,004	-0,026	0,157	0,190	0,001
S23	0,001	-0,001	-0,003	-0,001	-0,002	-0,004	-0,289	0,024	0,057	0,002

Πίνακας 10: Μεταβολή υψομέτρων όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

Στο τελευταίο διάγραμμα που υπάρχουν όλες οι κατηγορίες ελέγχου, και πάλι είναι φανερό ότι δεν υπάρχει καμία απότομη αυξομείωση στα υψόμετρα των σημείων, αλλά μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε ότι όλα τα σημεία δαπέδου είναι στις χαμηλότερες κλίμακες σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα σημεία, όπως ήταν και αναμενόμενο.



Γράφημα 10: Μεταβολή υψομέτρων όλων των σημείων ελέγχου μεταξύ και των 5 φάσεων μετρήσεων

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενασχόληση με την παρούσα Διπλωματική Εργασία, η οποία αναφέρεται στον προσδιορισμό και έλεγχο των οριζόντιων και κατακόρυφων μικρομετακινήσεων του μνημείου της Κλεψύδρας της Ακρόπολης των Αθηνών και αποτελεί θέμα μελέτης παραμορφώσεων περιορισμένου πεδίου, μας οδήγησε στην εξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων:

- Πριν από την εκτέλεση των μετρήσεων, ενδείκνυται να γίνεται βελτιστοποίηση. προκαταρκτική μελέτη που υπαγορεύει τον σωστό σχεδιασμό του δικτύου, κατά την οποία υπολογίζονται τα κατάλληλα στατιστικά μεγέθη με βάση πάντα τον σκοπό που θα εξυπηρετήσει τις προδιαγραφές για την ακρίβειά του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η διαδικασία της βελτιστοποίησης εκτελέστηκε για το οριζόντιο δίκτυο αφού είχαν γίνει οι μετρήσεις των 3 πρώτων φάσεων έχοντας ως παρατηρήσεις τα μεγέθη που μετρήθηκαν και η ακρίβειες ήταν υψηλές, καθώς και ο έλεγχος αξιοπιστίας του οριζόντιου δικτύου αναφοράς και του συνολικού οριζοντίου δικτύου ήταν επιτυχής.
- Η υψηλή αρχαιολογική σπουδαιότητα του μνημείου καθόρισε σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία των μετρήσεων επομένως και τον αριθμό των παρατηρήσεων που αργότερα είχαμε στη διάθεσή μας για την επίλυση του δικτύου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ενώ τα σημεία αναφοράς είναι 5 και τα σημεία ελέγχου 23, δεν κατέστη δυνατό να χρησιμοποιηθούν και τα σημεία ελέγχου ως στάσεις οργάνου, γεγονός που θα αύξανε σημαντικά το πλήθος των παρατηρήσεων, καθώς και το βαθμό ελευθερίας του δικτύου, επομένως και την ακρίβεια των τελικών αποτελεσμάτων.
- Η ιδιαιτερότητα του μνημείου και οι ειδικές συνθήκες κάτω από τις οποίες διεξάχθηκαν οι μετρήσεις δεν επέτρεψαν την εισαγωγή μηκών μεταξύ σημείων αναφοράς και σημείων ελέγχου στις παρατηρήσεις μας, γεγονός που καθόρισε το πλήθος των σημείων αναφοράς (επομένως και περισσότερες μετρημένες αποστάσεις μεταξύ των σημείων αναφοράς) έτσι ώστε η ακρίβεια να είναι υψηλή παρά την απουσία μηκών(μεταξύ σημείων αναφοράς και σημείων ελέγχου). Μία προσπάθεια που έγινε κατά την 4^η φάση να μετρηθούν αποστάσεις προς τα σημεία ελέγχου με reflectorless total station δε βελτίωσε την εικόνα, λόγω της χαμηλής ακρίβειας της μέτρησης χωρίς ανακλαστήρα σε σύγκριση με τις μετρήσεις γωνιών και μηκών με το όργανο Leica TDA 5005.
- Επιπλέον, η απουσία των μετρήσεων αποστάσεων (μεταξύ σημείων αναφοράς και ελέγχου) έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαδικασία επίλυσης του δικτύου. Οι επιλύσεις των δεδομένων για όλες τις φάσεις έγιναν ξεχωριστά για το δίκτυο οριζοντίου ελέγχου και

κατακόρυφου ελέγχου. Η επίλυση των δεδομένων σε τρισδιάστατο δίκτυο, παρά το γεγονός ότι έδωσε τα ίδια αποτελέσματα στις απόλυτες τιμές των X, Y και H, έδωσε $\hat{\sigma}_0$ πολύ χειρότερο, γεγονός που μάλλον οφείλεται στο μικρό αριθμό μετρημένων αποστάσεων και στην ανισορροπία κλίμακας- διεύθυνσης που δημιούργησε η απουσία μηκών με αποτέλεσμα να μην επιχειρηθούν περαιτέρω τρισδιάστατες προσεγγίσεις του δικτύου.

- Όσον αφορά τη διαδικασία επίλυσης του δικτύου, μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα αποτελέσματα των επιλύσεων σχεδόν όλων των στοιχείων έχουν ελάχιστες αποκλίσεις από φάση σε φάση. Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι τα *a posteriori* είναι χαμηλά και μάλιστα εμφανίζουν μειωτικές τάσεις από φάση σε φάση.
- Από της ελλείψεις σφαλμάτων, μπορούμε να διακρίνουμε ότι οι κορυφές του δικτύου έχουν μικρή αβεβαιότητα σε κάθε φάση, αλλά και ότι υπάρχει αδυναμία κλίμακας αφού οι μεγάλοι ημιάξονες των ελλείψεων σφάλματος είναι στραμμένοι παράλληλα με τις πλευρές του δικτύου, γεγονός το οποίο δικαιολογείται λόγω απουσίας αποστάσεων στις παρατηρήσεις μας.
- Κάθε επίλυση ελέγχθηκε στατιστικά σε επίπεδο δικτύου, αναφοράς ή συνολικό, (ολικός έλεγχος αξιοπιστίας) με το τεστ της κατανομής χ^2 , προκειμένου να εκτιμηθεί η ταύτιση μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου με στατιστικά μεγέθη r (βαθμός ελευθερίας) και επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha=99\%$. Ο έλεγχος έγινε σε όλες τις επιλύσεις σε κάθε φάση και βγήκε επιτυχής, επαληθεύοντας την αρχική υπόθεση συμφωνίας μαθηματικού και στοχαστικού μοντέλου.
- Με τη χρήση των *a posteriori* σφαλμάτων, έγινε έλεγχος μεμονωμένων παρατηρήσεων Baarda για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% για την ύπαρξη χονδροειδών σφαλμάτων και στέφτηκε με επιτυχία, καθώς και επίσης προσδιορίστηκαν οι τιμές εσωτερικής και εξωτερικής αξιοπιστίας οι οποίες ήταν ικανοποιητικές. Άρα μέσα από αυτούς τους ελέγχους, αποκλείστηκε η περίπτωση ύπαρξης χονδροειδών σφαλμάτων.
- Όσον αφορά τις οριζόντιες απόλυτες μικρομετακινήσεις στο μνημείο της Κλεψύδρας, σύμφωνα με τον μονοδιάστατο έλεγχο παρατηρήθηκαν κάποιες περιπτώσεις μεταβολής απόλυτης θέσης οι οποίες ξεπέρασαν, ελάχιστα όμως, το στατιστικό όριο που αντιστοιχούσε σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. με ιδιαίτερο ενδιαφέρον να παρουσιάζει το σημείο αναφοράς T2 στη χρονική περίοδο t4-t5 όπου παρατηρήθηκε και η μεγαλύτερη μετακίνηση συγκριτικά με όλα τα άλλα σημεία. Όσον αφορά τον δισδιάστατο έλεγχο, υπήρξαν κάποιες μικρές μετακινήσεις, αλλά το σημείο αναφοράς T2 πάλι εδώ να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μετακίνηση. Ωστόσο, στις οριζόντιες σχετικές ελλείψεις, ενώ

στο μονοδιάστατο έλεγχο οι μετακινήσεις που παρουσιάστηκαν ήταν μεμονωμένες, στο δισδιάστατο έλεγχο παρουσιάστηκαν αρκετά σημεία να έχουν κάποια μικρομετακίνηση.

- Όσον αφορά τις κατακόρυφες απόλυτες μικρομετακινήσεις, παρατηρήθηκαν αρκετά σημεία να έχουν κάποιες μετακινήσεις με το σημείο ελέγχου S8 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μικρομετακίνηση την χρονική περίοδο t1-t4 και t2-t4, ενώ όσο αφορά τις κατακόρυφες σχετικές μικρομετακινήσεις υπήρξαν κάποιες μεμονωμένες με την πλευρά T5S8 να ξεχωρίζει σε σχέση με όλες τις άλλες στις χρονικές περιόδους t1-t4 και t3-t4.
- Τέλος, είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι για υπάρξει μια καθαρή εικόνα και ένα ολοκληρωμένο συμπέρασμα για τον προσδιορισμό των μικρομετακινήσεων στο μνημείο, απαιτείται επαναμέτρηση και επανεπίλυση του δικτύου ανά κάποια χρονικά διαστήματα. Βέβαια, σε σχέση με την πρώτη απόπειρα προσέγγισης του θέματος μικρομετακινήσεων που έγινε για το μνημείο στη Διπλωματική εργασία του Κωνσταντίνου Πετρολέκα, τώρα υπάρχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την κινηματική συμπεριφορά του μνημείου. Ωστόσο, μία καινούρια σειρά μετρήσεων για την καλύτερη προσέγγιση του θέματός αυτού είναι πλέον αδύνατη αφού τα βάθρα των σημείων αφαιρέθηκαν από το μνημείο με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πλέον αυτή η δυνατότητα επαναπροσδιορισμού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

(αποτελέσματα βελτιστοποίησης, επίλυσης, μικρομετακινήσεων)

Παράρτημα 1: Στάδιο Βελτιστοποίησης

Παράρτημα 1.1 : Στάδιο Βελτιστοποίησης στο Δίκτυο αναφοράς

Αρχείο OUT.txt (με ακρίβεια 2cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,001m για τα μήκη σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου LEICA TDA 5005):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
T1	0,000	0,000	187,40761
T2	0,000	0,000	141,38197
T5	0,000	0,000	93,34079
T4	0,000	0,000	100,00000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	smin	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,000	0,000	0,000	0,000	165,8850
T1-T3	8,611	387,3943	0,000	0,000	0,000	0,000	187,4076
T1-T4	9,153	25,2364	0,000	0,000	0,000	0,000	25,1651
T1-T5	15,941	57,2193	0,000	0,000	0,000	0,000	57,3711
T2-T3	7,519	141,5761	0,000	0,000	0,000	0,000	141,3820
T2-T4	12,096	124,6587	0,000	0,000	0,000	0,000	124,8265
T2-T5	20,376	109,6852	0,001	0,001	0,001	0,000	109,7293
T3-T4	5,228	300,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,0000
T3-T5	14,246	293,3699	0,000	0,000	0,000	0,000	93,3408
T4-T5	9,063	289,5498	0,000	0,000	0,000	0,000	89,6178

Αρχείο OUT40.txt (με ακρίβεια 40cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Απόλυτες ελλείψεις :

Σημεία	σ_{\max}	σ_{\min}	α
T1	0,001	0,000	186,96900
T2	0,001	0,000	139,03185
T5	0,001	0,000	93,01462
T4	0,000	0,000	100,00000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σ_s	σ_a	σ_{\max}	σ_{\min}	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,001	0,001	0,001	0,001	156,6629
T1-T3	8,611	387,3943	0,001	0,000	0,001	0,000	186,9690
T1-T4	9,153	25,2364	0,001	0,000	0,001	0,000	23,4589
T1-T5	15,941	57,2193	0,001	0,001	0,001	0,001	65,2371
T2-T3	7,519	141,5761	0,001	0,000	0,001	0,000	139,0318
T2-T4	12,096	124,6587	0,001	0,000	0,001	0,000	128,5252
T2-T5	20,376	109,6852	0,001	0,001	0,001	0,001	114,5206
T3-T4	5,228	300,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,0000
T3-T5	14,246	293,3699	0,001	0,000	0,001	0,000	93,0146
T4-T5	9,063	289,5498	0,001	0,000	0,001	0,000	91,3396

Αρχείο OUT50.txt (με τις ακρίβεια 50cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σ_{\max}	σ_{\min}	α
T1	0,001	0,000	186,15629
T2	0,001	0,000	139,21199
T5	0,001	0,000	93,42374
T4	0,001	0,000	100,00000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σ_s	σ_a	σ_{\max}	σ_{\min}	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,001	0,001	0,001	0,001	153,7909
T1-T3	8,611	387,3943	0,001	0,000	0,001	0,000	186,1563
T1-T4	9,153	25,2364	0,001	0,000	0,001	0,000	23,8380
T1-T5	15,941	57,2193	0,001	0,001	0,001	0,001	70,8847

T2-T3	7,519	141,5761	0,001	0,000	0,001	0,000	139,2120
T2-T4	12,096	124,6587	0,001	0,000	0,001	0,000	128,3378
T2-T5	20,376	109,6852	0,001	0,001	0,001	0,001	118,4946
T3-T4	5,228	300,0000	0,001	0,000	0,001	0,000	100,0000
T3-T5	14,246	293,3699	0,001	0,000	0,001	0,000	93,4237
T4-T5	9,063	289,5498	0,001	0,000	0,001	0,000	91,6552

Αρχείο OUT40R1.txt (ύστερα από τη σύγκριση με τους αριθμούς πλεονασμού αφαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις από το αρχείο OUT40.txt των οποίων οι αριθμοί πλεονασμού απέκλιναν αρκετά από τον μέσο αριθμό πλεονασμού):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
T1	0,001	0,001	141,90310
T2	0,001	0,000	139,04040
T5	0,001	0,001	94,56005
T4	0,001	0,000	100,00000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	smin	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,001	0,001	0,001	0,001	122,8459
T1-T3	8,611	387,3943	0,001	0,001	0,001	0,001	141,9031
T1-T4	9,153	25,2364	0,001	0,001	0,001	0,001	77,2717
T1-T5	15,941	57,2193	0,001	0,001	0,001	0,001	117,5222
T2-T3	7,519	141,5761	0,001	0,000	0,001	0,000	139,0404
T2-T4	12,096	124,6587	0,001	0,001	0,001	0,001	125,1552
T2-T5	20,376	109,6852	0,001	0,001	0,001	0,001	122,3052
T3-T5	14,246	293,3699	0,001	0,001	0,001	0,001	94,5601
T4-T5	9,063	289,5498	0,001	0,001	0,001	0,001	96,5315

Αρχείο OUT40R2.txt (ύστερα από τη σύγκριση με τους αριθμούς πλεονασμού αφαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις από το αρχείο OUT40R1.txt των οποίων οι αριθμοί πλεονασμού απέκλιναν αρκετά από τον μέσο αριθμό πλεονασμού):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
T1	0,002	0,001	154,37654
T2	0,001	0,000	142,94488
T5	0,001	0,001	87,91443
T4	0,001	0,000	100,00000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	smin	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,002	0,001	0,002	0,001	163,5012
T1-T5	15,941	57,2193	0,001	0,002	0,002	0,001	154,2245
T2-T4	12,096	124,6587	0,002	0,001	0,002	0,001	122,4725
T2-T5	20,376	109,6852	0,001	0,001	0,001	0,001	131,4101
T3-T5	14,246	293,3699	0,001	0,001	0,001	0,001	87,9144

Αρχείο OUT40R3.txt (ύστερα από τη σύγκριση με τους αριθμούς πλεονασμού αφαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις από το αρχείο OUT40R2.txt των οποίων οι αριθμοί πλεονασμού απέκλιναν αρκετά από τον μέσο αριθμό πλεονασμού):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
T1	0,003	0,002	166,10622
T2	0,003	0,000	142,77556
T5	0,002	0,001	86,31481
T4	0,003	0,000	100,00000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	smin	α
T2-T5	20,376	109,6852	0,002	0,002	0,002	0,001	166,4293
T3-T5	14,246	293,3699	0,002	0,001	0,002	0,001	86,3148

Αρχείο OUTV.txt (έχοντας ως παρατηρήσεις τα μεγέθη τα οποία μετρήσαμε):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
T1	0,002	0,000	186,81750
T2	0,002	0,000	144,17885
T5	0,003	0,001	93,60911
T4	0,001	0,000	100,00000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	smin	A
T3-T4	5,228	300,0000	0,001	0,000	0,001	0,000	100,0000
T4-T5	9,063	289,5498	0,002	0,001	0,002	0,001	89,7649

Παράρτημα 1.2: Στάδιο Βελτιστοποίησης στο Συνολικό δίκτυο

Αρχείο OUTE.txt (με ακρίβεια 2cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,001m για τα μήκη σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου LEICA TDA 5005):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σ_{\max}	σ_{\min}	α
S1	0,000	0,000	5,97175
S2	0,000	0,000	196,99361
S3	0,000	0,000	6,06826
S4	0,000	0,000	15,90547
S5	0,000	0,000	30,39959
S6	0,000	0,000	39,36926
S7	0,000	0,000	54,78193
S8	0,000	0,000	63,24753
S9	0,000	0,000	76,13974
S10	0,000	0,000	170,18599
S11	0,000	0,000	189,63174
S12	0,000	0,000	189,02841
S13	0,000	0,000	188,59513
S14	0,000	0,000	189,37980
S15	0,000	0,000	11,23836
S16	0,000	0,000	25,13558
S17	0,000	0,000	30,15852
S18	0,000	0,000	35,22742
S19	0,000	0,000	27,24745
S20	0,000	0,000	58,61350
S21	0,000	0,000	63,86761
S22	0,000	0,000	62,16738
S23	0,000	0,000	69,31210
T1	0,000	0,000	187,85201
T2	0,000	0,000	140,68002
T5	0,000	0,000	93,15323
T4	0,000	0,000	100,0000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σ_s	σ_a	σ_{\max}	σ_{\min}	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,000	0,000	0,000	0,000	164,7724
T1-T3	8,611	387,3943	0,000	0,000	0,000	0,000	187,8520
T1-T4	9,153	25,2364	0,000	0,000	0,000	0,000	24,3319
T1-T5	15,941	57,2193	0,000	0,000	0,000	0,000	57,6225
T2-T3	7,519	141,5761	0,000	0,000	0,000	0,000	140,6800
T2-T4	12,096	124,6587	0,000	0,000	0,000	0,000	125,8015
T2-T5	20,376	109,6852	0,000	0,000	0,000	0,000	110,1213

T3-T4	5,228	300,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,0000
T3-T5	14,246	293,3699	0,000	0,000	0,000	0,000	93,1532
T4-T5	9,063	289,5498	0,000	0,000	0,000	0,000	89,8012
T1-S1	13,425	193,7639	0,000	0,000	0,000	0,000	194,7478
T1-S2	17,783	193,8077	0,000	0,000	0,000	0,000	194,1288
T1-S3	19,661	200,5019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,5378
T1-S4	16,210	201,7361	0,000	0,000	0,000	0,000	1,8587
T1-S5	17,103	209,4783	0,000	0,000	0,000	0,000	9,3537
T1-S6	17,790	215,9768	0,000	0,000	0,000	0,000	15,6114
T1-S7	16,313	222,1581	0,000	0,000	0,000	0,000	21,1177
T1-S8	17,149	230,5710	0,000	0,000	0,000	0,000	29,3339
T1-S9	16,116	239,4519	0,000	0,000	0,000	0,000	37,3820
T1-S10	13,225	182,1189	0,000	0,000	0,000	0,000	182,8095
T1-S11	19,422	189,4163	0,000	0,000	0,000	0,000	189,6895
T1-S12	19,435	189,4034	0,000	0,000	0,000	0,000	189,4835
T1-S13	20,651	190,3170	0,000	0,000	0,000	0,000	189,6373
T1-S14	17,717	190,0274	0,000	0,000	0,000	0,000	190,4059
T1-S15	18,950	202,4564	0,000	0,000	0,000	0,000	2,5859
T1-S16	21,087	215,7445	0,000	0,000	0,000	0,000	15,4160
T1-S17	20,902	217,9033	0,000	0,000	0,000	0,000	18,1056
T1-S18	19,729	219,0709	0,000	0,000	0,000	0,000	18,7434
T1-S19	21,149	217,0795	0,000	0,000	0,000	0,000	17,2369
T1-S20	19,572	234,7244	0,000	0,000	0,000	0,000	33,4388
T1-S21	20,524	240,8710	0,000	0,000	0,000	0,000	40,7589
T1-S22	19,646	237,7435	0,000	0,000	0,000	0,000	36,9882
T1-S23	18,776	240,5549	0,000	0,000	0,000	0,000	39,3012
T2-S1	6,363	296,5063	0,000	0,000	0,000	0,000	108,5440
T2-S2	7,566	157,4665	0,000	0,000	0,000	0,000	84,4847
T2-S3	10,265	255,1498	0,000	0,000	0,000	0,000	44,2741
T2-S4	8,714	276,1235	0,000	0,000	0,000	0,000	97,8761
T2-S5	10,924	276,7459	0,000	0,000	0,000	0,000	18,0705
T2-S6	12,800	278,6060	0,000	0,000	0,000	0,000	92,1487
T2-S7	13,432	288,9347	0,000	0,000	0,000	0,000	101,2270
T2-S8	15,742	291,0861	0,000	0,000	0,000	0,000	100,5542
T2-S9	17,026	299,5999	0,000	0,000	0,000	0,000	105,2175
T2-S10	4,012	304,8449	0,000	0,000	0,000	0,000	113,6755
T2-S11	7,586	239,9292	0,000	0,000	0,000	0,000	12,1615
T2-S12	7,592	239,8294	0,000	0,000	0,000	0,000	4,6149
T2-S13	8,681	235,0104	0,000	0,000	0,000	0,000	193,3974
T2-S14	6,646	252,8050	0,000	0,000	0,000	0,000	85,9256
T2-S15	10,276	260,8860	0,000	0,000	0,000	0,000	76,4591
T2-S16	14,826	266,5672	0,000	0,000	0,000	0,000	50,2670
T2-S17	15,210	269,2272	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9807
T2-S18	14,697	273,9951	0,000	0,000	0,000	0,000	79,2061
T2-S19	15,186	267,6927	0,000	0,000	0,000	0,000	48,5781
T2-S20	18,204	286,8984	0,000	0,000	0,000	0,000	92,6575
T2-S21	20,248	289,1762	0,000	0,000	0,000	0,000	89,9762
T2-S22	18,930	288,9096	0,000	0,000	0,000	0,000	92,7070

T2-S23	18,949	292,9943	0,000	0,000	0,000	0,000	97,8569
T3-S1	4,933	204,9221	0,000	0,000	0,000	0,000	5,9718
T3-S2	9,256	199,7730	0,000	0,000	0,000	0,000	196,9936
T3-S3	11,368	210,4005	0,000	0,000	0,000	0,000	6,0683
T3-S4	8,050	217,0979	0,000	0,000	0,000	0,000	15,9055
T3-S5	9,469	229,4897	0,000	0,000	0,000	0,000	30,3996
T3-S6	10,706	238,6803	0,000	0,000	0,000	0,000	39,3693
T3-S7	10,009	251,6463	0,000	0,000	0,000	0,000	54,7819
T3-S8	11,758	260,9656	0,000	0,000	0,000	0,000	63,2475
T3-S9	12,002	274,5233	0,000	0,000	0,000	0,000	76,1397
T3-S10	4,698	172,4229	0,000	0,000	0,000	0,000	170,1860
T3-S11	10,818	191,0256	0,000	0,000	0,000	0,000	189,6317
T3-S12	10,831	191,0006	0,000	0,000	0,000	0,000	189,0284
T3-S13	12,056	192,4043	0,000	0,000	0,000	0,000	188,5951
T3-S14	9,120	192,5136	0,000	0,000	0,000	0,000	189,3798
T3-S15	10,770	214,4588	0,000	0,000	0,000	0,000	11,2384
T3-S16	13,822	233,0407	0,000	0,000	0,000	0,000	25,1356
T3-S17	13,843	236,4244	0,000	0,000	0,000	0,000	30,1585
T3-S18	12,837	239,8189	0,000	0,000	0,000	0,000	35,2274
T3-S19	14,002	234,9133	0,000	0,000	0,000	0,000	27,2474
T3-S20	14,460	261,1366	0,000	0,000	0,000	0,000	58,6135
T3-S21	16,108	266,9359	0,000	0,000	0,000	0,000	63,8676
T3-S22	14,906	264,6897	0,000	0,000	0,000	0,000	62,1674
T3-S23	14,479	269,6220	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3121
T4-S1	6,905	150,4629	0,000	0,000	0,000	0,000	146,3663
T4-S2	10,647	167,0962	0,000	0,000	0,000	0,000	168,1174
T4-S3	11,715	181,3729	0,000	0,000	0,000	0,000	187,3575
T4-S4	8,354	175,8639	0,000	0,000	0,000	0,000	174,7962
T4-S5	8,529	192,5416	0,000	0,000	0,000	0,000	194,0462
T4-S6	8,834	206,3810	0,000	0,000	0,000	0,000	10,8033
T4-S7	7,185	218,2356	0,000	0,000	0,000	0,000	19,0404
T4-S8	8,064	236,6277	0,000	0,000	0,000	0,000	38,2284
T4-S9	7,470	256,9435	0,000	0,000	0,000	0,000	58,5604
T4-S10	8,368	134,0388	0,000	0,000	0,000	0,000	132,9920
T4-S11	12,659	164,2098	0,000	0,000	0,000	0,000	168,7453
T4-S12	12,673	164,2164	0,000	0,000	0,000	0,000	169,1432
T4-S13	13,700	167,6643	0,000	0,000	0,000	0,000	173,5670
T4-S14	11,032	161,3181	0,000	0,000	0,000	0,000	161,3680
T4-S15	10,861	183,3820	0,000	0,000	0,000	0,000	187,2951
T4-S16	12,112	208,5830	0,000	0,000	0,000	0,000	13,6521
T4-S17	11,857	212,2475	0,000	0,000	0,000	0,000	18,1733
T4-S18	10,656	213,7770	0,000	0,000	0,000	0,000	17,9742
T4-S19	12,127	210,9305	0,000	0,000	0,000	0,000	17,0634
T4-S20	10,608	242,9029	0,000	0,000	0,000	0,000	41,2814
T4-S21	11,857	252,8902	0,000	0,000	0,000	0,000	52,0589
T4-S22	10,818	248,3061	0,000	0,000	0,000	0,000	47,2256
T4-S23	10,124	254,3786	0,000	0,000	0,000	0,000	54,3455
T5-S1	14,210	115,5524	0,000	0,000	0,000	0,000	110,2582

T5-S2	16,191	131,8876	0,000	0,000	0,000	0,000	123,1132
T5-S3	15,703	142,5754	0,000	0,000	0,000	0,000	135,5004
T5-S4	13,573	130,6222	0,000	0,000	0,000	0,000	119,0534
T5-S5	12,150	139,0234	0,000	0,000	0,000	0,000	122,7969
T5-S6	10,878	146,9034	0,000	0,000	0,000	0,000	124,4967
T5-S7	8,777	142,2882	0,000	0,000	0,000	0,000	122,2168
T5-S8	6,976	154,7281	0,000	0,000	0,000	0,000	125,3572
T5-S9	4,462	150,8071	0,000	0,000	0,000	0,000	123,7527
T5-S10	16,379	110,8696	0,000	0,000	0,000	0,000	108,7166
T5-S11	18,203	133,8542	0,000	0,000	0,000	0,000	129,6570
T5-S12	18,214	133,8797	0,000	0,000	0,000	0,000	130,3552
T5-S13	18,802	137,6766	0,000	0,000	0,000	0,000	139,2937
T5-S14	17,018	129,3712	0,000	0,000	0,000	0,000	123,0836
T5-S15	14,803	141,6684	0,000	0,000	0,000	0,000	130,0477
T5-S16	12,813	161,3304	0,000	0,000	0,000	0,000	193,7266
T5-S17	12,153	162,9908	0,000	0,000	0,000	0,000	0,8309
T5-S18	11,133	159,2233	0,000	0,000	0,000	0,000	150,7316
T5-S19	12,520	163,0306	0,000	0,000	0,000	0,000	6,7194
T5-S20	7,193	179,0829	0,000	0,000	0,000	0,000	13,9737
T5-S21	6,517	198,1925	0,000	0,000	0,000	0,000	42,6802
T5-S22	6,543	185,2939	0,000	0,000	0,000	0,000	31,8460
T5-S23	5,332	184,2333	0,000	0,000	0,000	0,000	23,3247

Αρχείο OUTE40.txt (με ακρίβεια 40cc για τις οριζόντιες γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
S1	0,000	0,000	123,16358
S2	0,001	0,000	90,75130
S3	0,001	0,001	113,33509
S4	0,000	0,000	115,19615
S5	0,001	0,000	114,59757
S6	0,001	0,000	119,04213
S7	0,000	0,000	128,61754
S8	0,001	0,000	135,65466
S9	0,000	0,000	139,79896
S10	0,000	0,000	159,29510
S11	0,001	0,001	43,42105
S12	0,001	0,001	54,31348
S13	0,001	0,001	180,61821
S14	0,001	0,000	81,55139
S15	0,001	0,001	100,94220
S16	0,001	0,001	140,19135
S17	0,001	0,001	133,56193
S18	0,001	0,001	136,27027

S19	0,001	0,001	143,25763
S20	0,001	0,000	162,77958
S21	0,001	0,001	190,31515
S22	0,001	0,001	166,83036
S23	0,001	0,000	167,50200
T1	0,000	0,000	167,36924
T2	0,000	0,000	144,81757
T5	0,001	0,000	89,37552
T4	0,000	0,000	100,0000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	smin	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,001	0,001	0,001	0,001	127,0659
T1-T3	8,611	387,3943	0,000	0,000	0,000	0,000	167,3692
T1-T4	9,153	25,2364	0,000	0,000	0,000	0,000	37,9939
T1-T5	15,941	57,2193	0,001	0,001	0,001	0,001	131,4531
T2-T3	7,519	141,5761	0,000	0,000	0,000	0,000	144,8176
T2-T4	12,096	124,6587	0,001	0,000	0,001	0,000	130,6550
T2-T5	20,376	109,6852	0,001	0,001	0,001	0,001	193,8868
T3-T4	5,228	300,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,0000
T3-T5	14,246	293,3699	0,001	0,000	0,001	0,000	89,3755
T4-T5	9,063	289,5498	0,000	0,000	0,000	0,000	84,8447
T1-S1	13,425	193,7639	0,000	0,001	0,001	0,000	102,5335
T1-S2	17,783	193,8077	0,001	0,001	0,001	0,001	92,5182
T1-S3	19,661	200,5019	0,001	0,001	0,001	0,001	102,1115
T1-S4	16,210	201,7361	0,001	0,001	0,001	0,001	105,8367
T1-S5	17,103	209,4783	0,001	0,001	0,001	0,001	111,4227
T1-S6	17,790	215,9768	0,001	0,001	0,001	0,001	118,4304
T1-S7	16,313	222,1581	0,001	0,001	0,001	0,001	128,2439
T1-S8	17,149	230,5710	0,001	0,001	0,001	0,001	135,5039
T1-S9	16,116	239,4519	0,000	0,001	0,001	0,000	148,3127
T1-S10	13,225	182,1189	0,000	0,000	0,001	0,000	127,7351
T1-S11	19,422	189,4163	0,001	0,001	0,001	0,001	81,0583
T1-S12	19,435	189,4034	0,001	0,001	0,001	0,001	83,7322
T1-S13	20,651	190,3170	0,001	0,001	0,001	0,001	97,3562
T1-S14	17,717	190,0274	0,001	0,001	0,001	0,001	89,1931
T1-S15	18,950	202,4564	0,001	0,001	0,001	0,001	101,4463
T1-S16	21,087	215,7445	0,001	0,001	0,001	0,001	121,9814
T1-S17	20,902	217,9033	0,001	0,001	0,001	0,001	122,1245
T1-S18	19,729	219,0709	0,001	0,001	0,001	0,001	123,2798
T1-S19	21,149	217,0795	0,001	0,001	0,001	0,001	123,8366
T1-S20	19,572	234,7244	0,001	0,001	0,001	0,001	148,8224
T1-S21	20,524	240,8710	0,001	0,001	0,001	0,001	151,4398
T1-S22	19,646	237,7435	0,001	0,001	0,001	0,001	149,2678
T1-S23	18,776	240,5549	0,001	0,001	0,001	0,001	154,4184

T2-S1	6,363	296,5063	0,000	0,000	0,000	0,000	127,4643
T2-S2	7,566	257,4665	0,000	0,001	0,001	0,000	134,6507
T2-S3	10,265	255,1498	0,001	0,001	0,001	0,001	162,0168
T2-S4	8,714	276,1235	0,000	0,001	0,001	0,000	144,5901
T2-S5	10,924	276,7459	0,000	0,001	0,001	0,000	156,1724
T2-S6	12,800	278,6060	0,001	0,001	0,001	0,001	164,4278
T2-S7	13,432	288,9347	0,000	0,001	0,001	0,000	162,1802
T2-S8	15,742	291,0861	0,001	0,001	0,001	0,000	167,1873
T2-S9	17,026	299,5999	0,001	0,001	0,001	0,000	171,9609
T2-S10	4,012	304,8449	0,000	0,000	0,000	0,000	123,5047
T2-S11	7,586	239,9292	0,001	0,001	0,001	0,001	153,1263
T2-S12	7,592	239,8294	0,001	0,001	0,001	0,001	151,2405
T2-S13	8,681	235,0104	0,001	0,001	0,001	0,001	159,1526
T2-S14	6,646	252,8050	0,000	0,001	0,001	0,000	126,9980
T2-S15	10,276	260,8860	0,001	0,001	0,001	0,001	153,5821
T2-S16	14,826	266,5672	0,001	0,001	0,001	0,001	167,4773
T2-S17	15,210	269,2272	0,001	0,001	0,001	0,001	165,5036
T2-S18	14,697	273,9951	0,001	0,001	0,001	0,001	166,9094
T2-S19	15,186	267,6927	0,001	0,001	0,001	0,001	168,8978
T2-S20	18,204	286,8984	0,001	0,001	0,001	0,001	174,5167
T2-S21	20,248	289,1762	0,001	0,001	0,001	0,001	185,3890
T2-S22	18,930	288,9096	0,001	0,001	0,001	0,001	177,7260
T2-S23	18,949	292,9943	0,001	0,001	0,000	0,000	177,7610
T3-S1	4,933	204,9221	0,000	0,000	0,000	0,000	123,1636
T3-S2	9,256	199,7730	0,000	0,001	0,001	0,000	90,7513
T3-S3	11,368	210,4005	0,001	0,001	0,001	0,001	113,3351
T3-S4	8,050	217,0979	0,000	0,000	0,000	0,000	115,1961
T3-S5	9,469	229,4897	0,001	0,000	0,001	0,000	114,5976
T3-S6	10,706	238,6803	0,000	0,001	0,001	0,000	119,0421
T3-S7	10,009	251,6463	0,000	0,000	0,000	0,000	128,6175
T3-S8	11,758	260,9656	0,000	0,001	0,001	0,000	135,6547
T3-S9	12,002	274,5233	0,000	0,000	0,000	0,000	139,7990
T3-S10	4,698	172,4229	0,000	0,000	0,000	0,000	159,2951
T3-S11	10,818	191,0256	0,001	0,001	0,001	0,001	43,4211
T3-S12	10,831	191,0006	0,001	0,001	0,001	0,000	54,3135
T3-S13	12,056	192,4043	0,001	0,001	0,001	0,001	180,6182
T3-S14	9,120	192,5136	0,000	0,001	0,001	0,000	81,5514
T3-S15	10,770	214,4588	0,001	0,001	0,001	0,001	100,9422
T3-S16	13,822	233,0407	0,001	0,001	0,001	0,001	140,1914
T3-S17	13,843	236,4244	0,001	0,001	0,001	0,001	133,5619
T3-S18	12,837	239,8189	0,001	0,001	0,001	0,001	136,2703
T3-S19	14,002	234,9133	0,001	0,001	0,001	0,001	143,2576
T3-S20	14,460	261,1366	0,000	0,001	0,001	0,000	162,7796
T3-S21	16,108	266,9359	0,001	0,001	0,001	0,001	190,3152
T3-S22	14,906	264,6897	0,001	0,001	0,001	0,001	166,8304
T3-S23	14,479	269,6220	0,000	0,001	0,001	0,001	167,5020
T4-S1	6,905	150,4629	0,000	0,000	0,000	0,000	94,1641
T4-S2	10,647	167,0962	0,000	0,001	0,001	0,000	80,1337

T4-S3	11,715	181,3729	0,001	0,001	0,001	0,001	74,0752
T4-S4	8,354	175,8639	0,000	0,000	0,000	0,000	95,9914
T4-S5	8,529	192,5416	0,000	0,001	0,001	0,000	99,7178
T4-S6	8,834	206,3810	0,000	0,001	0,001	0,000	98,8627
T4-S7	7,185	218,2356	0,000	0,000	0,000	0,000	126,0667
T4-S8	8,064	236,6277	0,000	0,001	0,001	0,000	134,2087
T4-S9	7,470	256,9435	0,000	0,000	0,000	0,000	146,7682
T4-S10	8,368	134,0388	0,000	0,000	0,000	0,000	113,8243
T4-S11	12,659	164,2098	0,001	0,001	0,001	0,001	58,2821
T4-S12	12,673	164,2164	0,001	0,001	0,001	0,001	63,2893
T4-S13	13,700	167,6643	0,001	0,001	0,001	0,001	46,5119
T4-S14	11,032	161,3181	0,000	0,001	0,001	0,000	76,6655
T4-S15	10,861	183,3820	0,001	0,001	0,001	0,001	85,8539
T4-S16	12,112	208,5830	0,001	0,001	0,001	0,001	123,5216
T4-S17	11,857	212,2475	0,001	0,001	0,001	0,001	118,1863
T4-S18	10,656	213,7770	0,001	0,001	0,001	0,001	120,3649
T4-S19	12,127	210,9305	0,001	0,001	0,001	0,001	126,2780
T4-S20	10,608	242,9029	0,001	0,001	0,001	0,001	166,5516
T4-S21	11,857	252,8902	0,001	0,001	0,001	0,001	9,3616
T4-S22	10,818	248,3061	0,001	0,001	0,001	0,001	172,0639
T4-S23	10,124	254,3786	0,000	0,001	0,001	0,000	171,0713
T5-S1	14,210	115,5524	0,000	0,001	0,001	0,000	53,4114
T5-S2	16,191	131,8876	0,001	0,001	0,001	0,000	47,8694
T5-S3	15,703	142,5754	0,001	0,001	0,001	0,001	45,9827
T5-S4	13,573	130,6222	0,001	0,001	0,001	0,000	54,0788
T5-S5	12,150	139,0234	0,001	0,001	0,001	0,000	62,1401
T5-S6	10,878	146,9034	0,001	0,001	0,001	0,000	63,5534
T5-S7	8,777	142,2882	0,000	0,001	0,001	0,000	75,5802
T5-S8	6,976	154,7281	0,000	0,001	0,001	0,000	86,3169
T5-S9	4,462	150,8071	0,000	0,000	0,000	0,000	113,0166
T5-S10	16,379	110,8696	0,001	0,001	0,001	0,001	47,1510
T5-S11	18,203	133,8542	0,001	0,001	0,001	0,001	40,5820
T5-S12	18,214	133,8797	0,001	0,001	0,001	0,001	41,3386
T5-S13	18,802	137,6766	0,001	0,001	0,001	0,001	32,5543
T5-S14	17,018	129,3712	0,001	0,001	0,001	0,000	45,3412
T5-S15	14,803	141,6684	0,001	0,001	0,001	0,001	52,7019
T5-S16	12,813	161,3304	0,001	0,001	0,001	0,001	56,6136
T5-S17	12,153	162,9908	0,001	0,001	0,001	0,001	62,3345
T5-S18	11,133	159,2233	0,001	0,001	0,001	0,001	61,2050
T5-S19	12,520	163,0306	0,001	0,001	0,001	0,001	57,5214
T5-S20	7,193	179,0829	0,001	0,001	0,001	0,001	52,4454
T5-S21	6,517	198,1925	0,001	0,001	0,001	0,001	59,9769
T5-S22	6,543	185,2939	0,001	0,001	0,001	0,001	61,9639
T5-S23	5,332	184,2333	0,000	0,000	0,000	0,000	91,6176

Αρχείο OUTE40R1.txt (ύστερα από τη σύγκριση με τους αριθμούς πλεονασμού αφαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις από το αρχείο OUTE40.txt των οποίων οι αριθμοί πλεονασμού απέκλιναν αρκετά από τον μέσο αριθμό πλεονασμού):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σ_{\max}	σ_{\min}	α
S1	0,001	0,000	119,05736
S2	0,001	0,001	159,46188
S3	0,001	0,001	184,79175
S4	0,001	0,001	155,73614
S5	0,001	0,001	127,34923
S6	0,001	0,001	47,99218
S7	0,001	0,001	62,84934
S8	0,001	0,001	68,95495
S9	0,001	0,001	68,68403
S10	0,001	0,000	144,24261
S11	0,001	0,001	158,72389
S12	0,001	0,001	161,43894
S13	0,001	0,001	152,07843
S14	0,001	0,001	159,10856
S15	0,001	0,001	172,53783
S16	0,001	0,001	50,70836
S17	0,001	0,001	79,22415
S18	0,001	0,001	44,20124
S19	0,001	0,001	91,58124
S20	0,001	0,001	69,70342
S21	0,001	0,001	67,63310
S22	0,001	0,001	62,44398
S23	0,001	0,001	71,31204
T1	0,000	0,000	168,42460
T2	0,001	0,000	144,26610
T5	0,001	0,000	87,58235
T4	0,000	0,000	100,0000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σ_s	σ_a	σ_{\max}	σ_{\min}	α
T1-T2	15,102	366,1062	0,001	0,001	0,001	0,001	134,8327
T1-T3	8,611	387,3943	0,000	0,000	0,000	0,000	168,4246
T1-T4	9,153	25,2364	0,000	0,000	0,000	0,000	37,6287
T1-T5	15,941	57,2193	0,001	0,001	0,001	0,001	92,9585
T2-T3	7,519	141,5761	0,001	0,000	0,001	0,000	144,2661
T2-T4	12,096	124,6587	0,001	0,000	0,001	0,000	133,1054
T2-T5	20,376	109,6852	0,001	0,001	0,001	0,001	187,4201

T3-T4	5,228	300,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,0000
T3-T5	14,246	293,3699	0,001	0,000	0,001	0,000	87,5824
T4-T5	9,063	289,5498	0,000	0,000	0,000	0,000	84,3888
T1-S1	13,425	193,7639	0,001	0,001	0,001	0,000	112,0078
T1-S2	17,783	193,8077	0,001	0,001	0,001	0,001	133,3652
T1-S3	19,661	200,5019	0,001	0,001	0,001	0,001	164,0052
T1-S4	16,210	201,7361	0,001	0,001	0,001	0,001	116,3199
T1-S5	17,103	209,4783	0,001	0,001	0,001	0,001	110,6758
T1-S6	17,790	215,9768	0,001	0,001	0,001	0,001	64,1598
T1-S7	16,313	222,1581	0,001	0,001	0,001	0,001	73,8417
T1-S8	17,149	230,5710	0,001	0,001	0,001	0,001	82,9534
T1-S9	16,116	239,4519	0,001	0,001	0,001	0,001	77,8295
T1-S10	13,225	182,1189	0,001	0,001	0,001	0,001	136,3957
T1-S11	19,422	189,4163	0,001	0,001	0,001	0,001	125,8040
T1-S12	19,435	189,4034	0,001	0,001	0,001	0,001	116,5115
T1-S13	20,651	190,3170	0,001	0,001	0,001	0,001	116,3562
T1-S14	17,717	190,0274	0,001	0,001	0,001	0,001	138,5390
T1-S15	18,950	202,4564	0,001	0,001	0,001	0,001	130,4530
T1-S16	21,087	215,7445	0,001	0,001	0,001	0,001	99,6934
T1-S17	20,902	217,9033	0,001	0,001	0,001	0,001	101,4317
T1-S18	19,729	219,0709	0,001	0,001	0,001	0,001	75,8794
T1-S19	21,149	217,0795	0,001	0,001	0,001	0,001	105,7281
T1-S20	19,572	234,7244	0,001	0,001	0,001	0,001	96,3209
T1-S21	20,524	240,8710	0,001	0,001	0,001	0,001	105,0118
T1-S22	19,646	237,7435	0,001	0,001	0,001	0,001	96,0689
T1-S23	18,776	240,5549	0,001	0,001	0,001	0,001	93,2474
T2-S1	6,363	296,5063	0,000	0,000	0,000	0,000	121,8719
T2-S2	7,566	257,4665	0,001	0,001	0,001	0,001	157,9317
T2-S3	10,265	255,1498	0,001	0,001	0,001	0,001	175,0194
T2-S4	8,714	276,1235	0,001	0,001	0,001	0,001	160,5576
T2-S5	10,924	276,7459	0,001	0,001	0,001	0,001	165,5350
T2-S6	12,800	278,6060	0,001	0,001	0,001	0,001	15,1176
T2-S7	13,432	288,9347	0,001	0,001	0,001	0,001	53,6131
T2-S8	15,742	291,0861	0,001	0,001	0,001	0,001	53,3755
T2-S9	17,026	299,5999	0,001	0,001	0,001	0,001	45,9115
T2-S10	4,012	304,8449	0,001	0,000	0,001	0,000	140,4185
T2-S11	7,586	239,9292	0,001	0,001	0,001	0,001	154,4885
T2-S12	7,592	239,8294	0,001	0,001	0,001	0,001	156,0106
T2-S13	8,681	235,0104	0,001	0,001	0,001	0,001	154,8532
T2-S14	6,646	252,8050	0,001	0,001	0,001	0,001	153,6528
T2-S15	10,276	260,8860	0,001	0,001	0,001	0,001	169,1224
T2-S16	14,826	266,5672	0,001	0,001	0,001	0,001	185,0531
T2-S17	15,210	269,2272	0,001	0,001	0,001	0,001	181,6469
T2-S18	14,697	273,9951	0,001	0,001	0,001	0,001	3,8346
T2-S19	15,186	267,6927	0,001	0,001	0,001	0,001	174,6561
T2-S20	18,204	286,8984	0,001	0,001	0,001	0,001	5,6880
T2-S21	20,248	289,1762	0,001	0,001	0,001	0,001	3,7832
T2-S22	18,930	288,9096	0,001	0,001	0,001	0,001	7,4164

T2-S23	18,949	292,9943	0,001	0,001	0,001	0,001	23,3841
T3-S1	4,933	204,9221	0,000	0,001	0,001	0,000	119,0574
T3-S2	9,256	199,7730	0,001	0,001	0,001	0,001	159,4619
T3-S3	11,368	210,4005	0,001	0,001	0,001	0,001	184,7917
T3-S4	8,050	217,0979	0,001	0,001	0,001	0,001	155,7361
T3-S5	9,469	229,4897	0,001	0,001	0,001	0,001	127,3492
T3-S6	10,706	238,6803	0,001	0,001	0,001	0,001	47,9922
T3-S7	10,009	251,6463	0,001	0,001	0,001	0,001	62,8493
T3-S8	11,758	260,9656	0,001	0,001	0,001	0,001	68,9549
T3-S9	12,002	274,5233	0,001	0,001	0,001	0,001	68,6840
T3-S10	4,698	172,4229	0,001	0,000	0,001	0,000	144,2426
T3-S11	10,818	191,0256	0,001	0,001	0,001	0,001	158,7239
T3-S12	10,831	191,0006	0,001	0,001	0,001	0,001	161,4389
T3-S13	12,056	192,4043	0,001	0,001	0,001	0,001	152,0784
T3-S14	9,120	192,5136	0,001	0,001	0,001	0,001	159,1086
T3-S15	10,770	214,4588	0,001	0,001	0,001	0,001	172,5378
T3-S16	13,822	233,0407	0,001	0,001	0,001	0,001	50,7084
T3-S17	13,843	236,4244	0,001	0,001	0,001	0,001	79,2241
T3-S18	12,837	239,8189	0,001	0,001	0,001	0,001	44,2012
T3-S19	14,002	234,9133	0,001	0,001	0,001	0,001	91,5812
T3-S20	14,460	261,1366	0,001	0,001	0,001	0,001	69,7034
T3-S21	16,108	266,9359	0,001	0,001	0,001	0,001	67,6331
T3-S22	14,906	264,6897	0,001	0,001	0,001	0,001	62,4440
T3-S23	14,479	269,6220	0,001	0,001	0,001	0,001	71,3120
T4-S1	6,905	150,4629	0,000	0,000	0,001	0,000	114,7863
T4-S2	10,647	167,0962	0,001	0,001	0,001	0,001	158,1927
T4-S3	11,715	181,3729	0,001	0,001	0,001	0,001	192,2202
T4-S4	8,354	175,8639	0,001	0,001	0,001	0,001	129,1687
T4-S5	8,529	192,5416	0,001	0,001	0,001	0,001	89,4996
T4-S6	8,834	206,3810	0,001	0,001	0,001	0,001	48,5421
T4-S7	7,185	218,2356	0,001	0,001	0,001	0,001	59,5150
T4-S8	8,064	236,6277	0,001	0,001	0,001	0,001	64,2014
T4-S9	7,470	256,9435	0,001	0,001	0,001	0,001	69,2095
T4-S10	8,368	134,0388	0,001	0,000	0,001	0,000	137,4798
T4-S11	12,659	164,2098	0,001	0,001	0,001	0,001	151,2595
T4-S12	12,673	164,2164	0,001	0,001	0,001	0,001	156,3770
T4-S13	13,700	167,6643	0,001	0,001	0,001	0,001	147,0665
T4-S14	11,032	161,3181	0,001	0,001	0,001	0,001	156,7038
T4-S15	10,861	183,3820	0,001	0,001	0,001	0,001	178,1297
T4-S16	12,112	208,5830	0,001	0,001	0,001	0,001	55,1722
T4-S17	11,857	212,2475	0,001	0,001	0,001	0,001	69,8642
T4-S18	10,656	213,7770	0,001	0,001	0,001	0,001	45,5360
T4-S19	12,127	210,9305	0,001	0,001	0,001	0,001	78,3640
T4-S20	10,608	242,9029	0,001	0,001	0,001	0,001	66,9727
T4-S21	11,857	252,8902	0,001	0,001	0,001	0,001	68,7162
T4-S22	10,818	248,3061	0,001	0,001	0,001	0,001	62,8927
T4-S23	10,124	254,3786	0,001	0,001	0,001	0,001	71,4961
T5-S1	14,210	115,5524	0,001	0,001	0,001	0,001	76,4536

T5-S2	16,191	131,8876	0,001	0,001	0,001	0,001	17,3763
T5-S3	15,703	142,5754	0,001	0,001	0,001	0,001	15,2940
T5-S4	13,573	130,6222	0,001	0,001	0,001	0,001	41,5004
T5-S5	12,150	139,0234	0,001	0,001	0,001	0,001	51,8080
T5-S6	10,878	146,9034	0,001	0,001	0,001	0,001	50,8766
T5-S7	8,777	142,2882	0,000	0,001	0,001	0,000	62,1833
T5-S8	6,976	154,7281	0,001	0,001	0,001	0,001	66,9372
T5-S9	4,462	150,8071	0,001	0,001	0,001	0,001	71,7450
T5-S10	16,379	110,8696	0,001	0,001	0,001	0,001	136,3366
T5-S11	18,203	133,8542	0,001	0,001	0,001	0,001	17,2718
T5-S12	18,214	133,8797	0,001	0,001	0,001	0,001	24,2954
T5-S13	18,802	137,6766	0,001	0,001	0,001	0,001	25,2621
T5-S14	17,018	129,3712	0,001	0,001	0,001	0,001	9,1316
T5-S15	14,803	141,6684	0,001	0,001	0,001	0,001	24,7617
T5-S16	12,813	161,3304	0,001	0,001	0,001	0,001	49,1311
T5-S17	12,153	162,9908	0,001	0,001	0,001	0,001	56,4245
T5-S18	11,133	159,2233	0,001	0,001	0,001	0,001	50,4409
T5-S19	12,520	163,0306	0,001	0,001	0,001	0,001	56,7747
T5-S20	7,193	179,0829	0,001	0,001	0,001	0,001	66,9959
T5-S21	6,517	198,1925	0,001	0,001	0,001	0,001	67,4732
T5-S22	6,543	185,2939	0,001	0,001	0,001	0,001	65,9189
T5-S23	5,332	184,2333	0,001	0,001	0,001	0,001	70,9082

Αρχείο OUTE40R2.txt (ύστερα από τη σύγκριση με τους αριθμούς πλεονασμού αφαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις από το αρχείο OUTE40R1.txt των οποίων οι αριθμοί πλεονασμού απέκλιναν αρκετά από τον μέσο αριθμό πλεονασμού):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
S1	0,001	0,001	164,35913
S2	0,001	0,001	141,69516
S3	0,002	0,001	12,67101
S4	0,001	0,001	134,69715
S5	0,001	0,001	137,53842
S6	0,001	0,001	179,33541
S7	0,001	0,001	65,18573
S8	0,001	0,001	72,82027
S9	0,001	0,001	17,57548
S10	0,001	0,000	175,09122
S11	0,001	0,001	141,36232
S12	0,001	0,001	136,01118
S13	0,001	0,001	57,14342
S14	0,001	0,001	158,94447
S15	0,001	0,001	129,05031

S16	0,001	0,001	95,73743
S17	0,001	0,001	103,18424
S18	0,001	0,001	183,84697
S19	0,001	0,001	84,96092
S20	0,001	0,001	89,69093
S21	0,001	0,001	101,03759
S22	0,001	0,001	85,58389
S23	0,001	0,001	61,38252
T1	0,000	0,000	175,13764
T2	0,001	0,000	143,27734
T5	0,001	0,000	88,34620
T4	0,000	0,000	100,0000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	smin	α
T1-T4	9,153	25,2364	0,000	0,000	0,000	0,000	29,9693
T2-T4	12,096	124,6587	0,001	0,000	0,001	0,000	134,6876
T3-T4	5,228	300,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,0000
T1-S1	13,425	193,7639	0,001	0,001	0,001	0,000	164,2662
T1-S2	17,783	193,8077	0,001	0,001	0,001	0,001	123,3124
T1-S3	19,661	200,5019	0,002	0,001	0,002	0,001	18,0789
T1-S4	16,210	201,7361	0,001	0,001	0,001	0,001	112,4645
T1-S5	17,103	209,4783	0,001	0,001	0,001	0,001	128,8311
T1-S6	17,790	215,9768	0,001	0,001	0,001	0,001	168,3425
T1-S7	16,313	222,1581	0,001	0,001	0,001	0,001	80,5354
T1-S8	17,149	230,5710	0,001	0,001	0,001	0,001	92,0959
T1-S9	16,116	239,4519	0,001	0,001	0,001	0,001	13,8739
T1-S10	13,225	182,1189	0,001	0,001	0,001	0,001	174,9355
T1-S11	19,422	189,4163	0,001	0,001	0,001	0,001	112,1247
T1-S12	19,435	189,4034	0,001	0,001	0,001	0,001	112,7729
T1-S13	20,651	190,3170	0,001	0,001	0,001	0,001	63,8747
T1-S14	17,717	190,0274	0,001	0,001	0,001	0,001	140,4518
T1-S15	18,950	202,4564	0,001	0,001	0,001	0,001	116,9715
T1-S16	21,087	215,7445	0,001	0,001	0,001	0,001	104,7890
T1-S17	20,902	217,9033	0,001	0,001	0,001	0,001	112,2753
T1-S18	19,729	219,0709	0,001	0,001	0,001	0,001	148,0303
T1-S19	21,149	217,0795	0,001	0,001	0,001	0,001	100,8883
T1-S20	19,572	234,7244	0,001	0,001	0,001	0,001	113,4913
T1-S21	20,524	240,8710	0,001	0,001	0,001	0,001	124,7408
T1-S22	19,646	237,7435	0,001	0,001	0,001	0,001	101,4031
T2-S2	7,566	257,4665	0,001	0,001	0,001	0,001	148,1193
T2-S5	10,924	276,7459	0,001	0,001	0,001	0,001	153,1166
T2-S6	12,800	278,6060	0,001	0,001	0,001	0,001	176,3167
T2-S7	13,432	288,9347	0,001	0,001	0,001	0,001	111,1219
T2-S8	15,742	291,0861	0,001	0,001	0,001	0,001	133,7141

T2-S9	17,026	299,5999	0,001	0,001	0,001	0,001	6,6465
T2-S10	4,012	304,8449	0,001	0,000	0,001	0,000	161,9615
T2-S11	7,586	239,9292	0,001	0,001	0,001	0,001	148,1770
T2-S12	7,592	239,8294	0,001	0,001	0,001	0,001	146,1891
T2-S14	6,646	252,8050	0,001	0,001	0,001	0,001	154,8283
T2-S15	10,276	260,8860	0,001	0,001	0,001	0,001	149,8748
T2-S16	14,826	266,5672	0,001	0,001	0,001	0,001	165,8926
T2-S17	15,210	269,2272	0,001	0,001	0,001	0,001	168,7605
T2-S18	14,697	273,9951	0,001	0,001	0,001	0,001	176,0701
T2-S19	15,186	267,6927	0,001	0,001	0,001	0,001	168,2433
T2-S20	18,204	286,8984	0,001	0,001	0,001	0,001	168,1700
T2-S21	20,248	289,1762	0,001	0,001	0,001	0,001	166,6273
T2-S22	18,930	288,9096	0,001	0,001	0,001	0,001	146,6011
T3-S1	4,933	204,9221	0,001	0,001	0,001	0,001	164,3591
T3-S2	9,256	199,7730	0,001	0,001	0,001	0,001	141,6952
T3-S3	11,368	210,4005	0,001	0,001	0,001	0,001	137,5384
T3-S6	10,706	238,6803	0,001	0,001	0,001	0,001	179,3354
T3-S7	10,009	251,6463	0,001	0,001	0,001	0,001	65,1857
T3-S8	11,758	260,9656	0,001	0,001	0,001	0,001	72,8203
T3-S9	12,002	274,5233	0,001	0,001	0,001	0,001	17,5755
T3-S10	4,698	172,4229	0,001	0,001	0,001	0,001	175,0912
T3-S11	10,818	191,0256	0,001	0,001	0,001	0,001	141,3623
T3-S12	10,831	191,0006	0,001	0,001	0,001	0,001	136,0112
T3-S13	12,056	192,4043	0,001	0,001	0,001	0,001	57,1434
T3-S14	9,120	192,5136	0,001	0,001	0,001	0,001	158,9445
T3-S15	10,770	214,4588	0,001	0,001	0,001	0,001	129,0503
T3-S16	13,822	233,0407	0,001	0,001	0,001	0,001	95,7374
T3-S17	13,843	236,4244	0,001	0,001	0,001	0,001	103,1842
T3-S18	12,837	239,8189	0,001	0,001	0,001	0,001	183,8470
T3-S19	14,002	234,9133	0,001	0,001	0,001	0,001	84,9609
T3-S20	14,460	261,1366	0,001	0,001	0,001	0,001	89,6909
T3-S21	16,108	266,9359	0,001	0,001	0,001	0,001	101,0376
T3-S23	14,479	269,6220	0,001	0,001	0,001	0,001	61,3825
T4-S1	6,905	150,4629	0,000	0,000	0,001	0,000	178,3930
T4-S2	10,647	167,0962	0,001	0,001	0,001	0,001	138,0323
T4-S4	8,354	175,8639	0,001	0,001	0,001	0,001	121,2577
T4-S5	8,529	192,5416	0,001	0,001	0,001	0,001	131,8668
T4-S6	8,834	206,3810	0,001	0,001	0,001	0,001	182,0626
T4-S7	7,185	218,2356	0,001	0,001	0,001	0,001	59,9173
T4-S8	8,064	236,6277	0,001	0,001	0,001	0,001	64,6202
T4-S9	7,470	256,9435	0,001	0,001	0,001	0,001	21,0141
T4-S10	8,368	134,0388	0,001	0,001	0,001	0,001	175,0884
T4-S11	12,659	164,2098	0,001	0,001	0,001	0,001	124,1945
T4-S12	12,673	164,2164	0,001	0,001	0,001	0,001	123,9798
T4-S13	13,700	167,6643	0,001	0,001	0,001	0,001	56,4999
T4-S14	11,032	161,3181	0,001	0,001	0,001	0,001	159,7145
T4-S15	10,861	183,3820	0,001	0,001	0,001	0,001	119,6522
T4-S16	12,112	208,5830	0,001	0,001	0,001	0,001	85,4014

T4-S17	11,857	212,2475	0,001	0,001	0,001	0,001	85,4474
T4-S18	10,656	213,7770	0,001	0,001	0,001	0,001	198,8092
T4-S19	12,127	210,9305	0,001	0,001	0,001	0,001	79,4076
T4-S20	10,608	242,9029	0,001	0,001	0,001	0,001	78,5012
T4-S21	11,857	252,8902	0,001	0,001	0,001	0,001	86,5655
T4-S22	10,818	248,3061	0,001	0,001	0,001	0,001	81,1758
T4-S23	10,124	254,3786	0,001	0,001	0,001	0,001	60,2738
T5-S1	14,210	115,5524	0,001	0,001	0,001	0,001	29,8885
T5-S2	16,191	131,8876	0,001	0,001	0,001	0,001	29,9296
T5-S3	15,703	142,5754	0,001	0,002	0,002	0,001	19,8553
T5-S4	13,573	130,6222	0,001	0,001	0,001	0,001	49,6157
T5-S9	4,462	150,8071	0,001	0,001	0,001	0,001	42,1184
T5-S10	16,379	110,8696	0,001	0,001	0,001	0,001	57,6117
T5-S11	18,203	133,8542	0,001	0,001	0,001	0,001	52,1452
T5-S12	18,214	133,8797	0,001	0,001	0,001	0,001	47,3236
T5-S13	18,802	137,6766	0,001	0,001	0,001	0,001	45,0529
T5-S14	17,018	129,3712	0,001	0,001	0,001	0,001	9,8601
T5-S15	14,803	141,6684	0,001	0,001	0,001	0,001	61,8314
T5-S16	12,813	161,3304	0,001	0,001	0,001	0,001	63,3906
T5-S17	12,153	162,9908	0,001	0,001	0,001	0,001	63,4864
T5-S18	11,133	159,2233	0,001	0,001	0,001	0,001	56,5065
T5-S19	12,520	163,0306	0,001	0,001	0,001	0,001	63,8306
T5-S20	7,193	179,0829	0,001	0,001	0,001	0,001	73,4446
T5-S21	6,517	198,1925	0,001	0,001	0,001	0,001	71,1978
T5-S22	6,543	185,2939	0,001	0,001	0,001	0,001	74,9452
T5-S23	5,332	184,2333	0,001	0,001	0,001	0,001	65,0577

Αρχείο OUTEV.txt (έχοντας ως παρατηρήσεις τα μεγέθη τα οποία μετρήσαμε):

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax	σmin	α
S1	0,001	0,000	2,78050
S2	0,002	0,001	195,48391
S3	0,002	0,001	6,33634
S4	0,002	0,001	13,91601
S5	0,002	0,001	29,39941
S6	0,002	0,001	38,29114
S7	0,002	0,000	51,58851
S8	0,002	0,001	61,16268
S9	0,002	0,001	77,24462
S10	0,001	0,000	169,40338
S11	0,003	0,001	187,13206
S12	0,003	0,001	186,11659
S13	0,003	0,001	187,40315
S14	0,002	0,001	188,79606

S15	0,002	0,001	14,67509
S16	0,003	0,001	32,42429
S17	0,003	0,001	35,56112
S18	0,003	0,001	38,65024
S19	0,003	0,001	34,16704
S20	0,003	0,001	60,72156
S21	0,003	0,001	66,11973
S22	0,003	0,001	64,22692
S23	0,003	0,001	69,38187
T1	0,002	0,000	186,61976
T2	0,001	0,000	143,10080
T5	0,003	0,000	93,62328
T4	0,001	0,000	100,0000

Αβεβαιότητες σχετικών θέσεων:

Πλευρές	S	a	σs	σα	smax	Smin	α
T3-T4	5,228	300,0000	0,001	0,000	0,001	0,000	100,0000
T4-T5	9,063	289,5498	0,002	0,000	0,002	0,000	89,3150

Παράρτημα 2: Αποτελέσματα επίλυσης

Παράρτημα 2.1: Αποτελέσματα επίλυσης Α' φάση

Παράρτημα 2.1.1: Δίκτυο αναφοράς οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,690	-0,004	91,567	0,010
T2	94,027	-0,001	104,571	0,002
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,228	0,000	100,000	0,000
T5	114,169	0,000	101,482	0,001

σo a priori = 1,3398

σo a posteriori = 1,1575

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,002	0,001	186,49847
T2	0,002	0,000	142,21314
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,84301

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1-T2	0,003	0,001	198,3551
T1-T4	0,002	0,001	1,4472
T1-T5	0,003	0,001	197,5388
T2-T4	0,003	0,001	1,8798
T2-T5	0,004	0,001	3,9137

Παράρτημα 2.1.2: Συνολικό δίκτυο οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,690	-0,004	91,568	0,011
T2	94,027	-0,004	104,570	0,001
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,227	-0,001	100,000	0,000
T5	114,169	0,000	101,482	0,001
S1	100,381	0,000	104,918	0,000
S2	99,967	0,000	109,254	-0,002
S3	101,849	0,000	111,214	-0,003
S4	102,136	0,000	107,759	-0,002
S5	104,231	0,000	108,470	-0,001
S6	106,112	0,000	108,791	0,001
S7	107,258	0,000	106,891	-0,001
S8	109,615	-0,001	106,764	-0,002
S9	111,055	0,001	104,676	0,000
S10	98,028	0,000	104,263	-0,001
S11	98,480	0,000	110,702	-0,009
S12	98,475	0,001	110,720	-0,003
S13	98,566	0,001	111,966	-0,004
S14	98,930	0,000	109,049	-0,008
S15	102,424	-0,001	110,493	0,000
S16	106,855	-0,001	112,005	0,003
S17	107,495	0,000	111,641	0,003
S18	107,516	0,000	110,410	0,003
S19	107,300	0,000	111,953	0,004

S20	111,845	-0,003	108,286	-0,003
S21	113,981	-0,003	107,993	-0,002
S22	112,668	-0,003	107,848	-0,002
S23	112,859	-0,003	106,649	-0,001

σο a priori = 0,4043

σο a posteriori = 0,6359

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,002	0,001	189,75235
T2	0,002	0,000	143,25249
T4	0,001	0,000	100,000
T5	0,003	0,001	93,68563
S1	0,001	0,000	4,55465
S2	0,002	0,001	196,33404
S3	0,003	0,001	6,84884
S4	0,002	0,001	15,03798
S5	0,002	0,001	30,23976
S6	0,002	0,001	39,06112
S7	0,002	0,001	52,65285
S8	0,002	0,001	62,00703
S9	0,002	0,001	78,70714
S10	0,001	0,000	171,06905
S11	0,003	0,001	187,87892
S12	0,003	0,001	186,75350
S13	0,003	0,001	187,88281
S14	0,002	0,001	189,75235
S15	0,002	0,001	15,32236
S16	0,003	0,001	32,97559
S17	0,003	0,001	36,06641
S18	0,003	0,001	39,10192
S19	0,003	0,001	34,69545
S20	0,003	0,001	60,93914
S21	0,003	0,001	65,89494
S22	0,003	0,001	64,32130
S23	0,003	0,001	69,55927

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	$\sigma_{\max}(\text{m})$	$\sigma_{\min}(\text{m})$	$\sigma(\text{grad})$
T1-T2	0,003	0,001	0,3239
T1-T4	0,002	0,001	1,7898
T1-T5	0,003	0,001	199,1435
T2-T4	0,002	0,001	0,4981
T2-T5	0,004	0,001	1,5781
T1-S11	0,003	0,001	183,3253
T1-S23	0,003	0,001	8,9885
T2-S16	0,003	0,000	135,5904
T2-S23	0,002	0,001	168,6273
T5-S2	0,003	0,001	16,7583
T5-S3	0,003	0,002	40,1650
T5-S8	0,003	0,002	143,9191
T5-S11	0,004	0,001	5,2143
T5-S12	0,003	0,002	7,0720

Παράρτημα 2.1.3: Δίκτυο αναφοράς κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους (με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	$\sigma_H(\text{m})$
T1	99,101	0,001
T2	101,435	0,001
T3	100,000	0,000
T4	99,621	0,001
T5	99,678	0,001

σο a priori = 0,6667

σο a posteriori = 0,8165 (ικανοποιητικό)

Παράρτημα 2.1.4: Συνολικό δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους (με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	$\sigma_H(\text{m})$
T1	99,095	0,001
T2	101,430	0,001
T3	100,000	0
T4	99,615	0,001

T5	99,675	0,001
S1	98,279	0,001
S2	98,094	0,001
S3	98,109	0,001
S4	98,185	0,001
S5	98,200	0,001
S6	98,239	0,001
S7	97,908	0,001
S8	98,209	0,001
S9	98,215	0,001
S10	99,212	0,001
S11	99,466	0,001
S12	98,552	0,001
S13	98,547	0,001
S14	101,113	0,001
S15	101,229	0,001
S16	101,830	0,001
S17	101,782	0,001
S18	101,837	0,001
S19	100,619	0,001
S20	102,118	0,001
S21	102,245	0,001
S22	101,156	0,001
S23	99,389	0,001

σο a posteriori = 0,7636

Σημείωση: Κάποιες αβεβαιότητες των παραπάνω υψομέτρων είναι μικρότερες του 0,001 (ιδιαίτερα οι αβεβαιότητες των σημείων αναφοράς), εφόσον από την εκτέλεση του προγράμματος ADJH1.BAS οι αβεβαιότητες μας δίνονται μηδενικές αφού το πρόγραμμα δίνει τις αβεβαιότητες με ακρίβεια χιλιοστού. Μόνο η αβεβαιότητα του σημείου αναφοράς T3 είναι μηδενική, διότι έχουμε θεωρήσει σταθερό το υψόμετρό της.

Παράρτημα 2.1.5: Τρισδιάστατο δίκτυο αναφοράς

Οι συντεταγμένες των κορυφών (με ακρίβεια 40cc για τις οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	y(m)	H(m)
T1	101,690	91,567	99,100
T2	94,027	104,571	101,434
T3	100,000	100,000	100,000
T4	105,228	100,000	99,621
T5	114,169	101,482	99,678

σο a priori = 29,4633

σο a posteriori = 5,4280 (μη αποδεκτό)

Παράρτημα 2.2: Αποτελέσματα επίλυσης Β' φάση

Παράρτημα 2.2.1: Δίκτυο αναφοράς οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,689	-0,005	91,567	0,010
T2	94,027	-0,001	104,570	0,001
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,227	-0,001	100,000	0,000
T5	114,169	0,000	101,482	0,001

σο a priori = 1,3075

σο a posteriori = 1,1434

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,002	0,001	186,49847
T2	0,002	0,000	142,21314
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,84301

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1-T2	0,003	0,001	198,3520
T1-T4	0,002	0,001	1,4422
T1-T5	0,003	0,001	197,5345
T2-T4	0,003	0,001	1,8846
T2-T5	0,004	0,001	3,9149

Παράρτημα 2.2.2: Συνολικό δίκτυο οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,689	-0,005	91,566	0,009
T2	94,026	-0,002	104,570	0,001
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,227	-0,001	100,000	0,000
T5	114,169	0,000	101,482	0,001
S1	100,380	-0,001	104,917	-0,001
S2	99,967	0,000	109,253	-0,003
S3	101,849	0,000	111,213	-0,004
S4	102,136	0,000	107,759	-0,002
S5	104,230	-0,001	108,470	-0,001
S6	106,111	-0,001	108,792	0,002
S7	107,258	0,000	106,891	-0,001
S8	109,615	-0,001	106,764	-0,002
S9	111,055	0,001	104,676	0,000
S10	98,028	0,000	104,262	-0,002
S11	98,479	-0,001	110,701	-0,010
S12	98,474	0,000	110,720	-0,003
S13	98,566	0,001	111,966	-0,004
S14	98,929	-0,001	109,049	-0,008
S15	102,424	-0,001	110,492	-0,001
S16	106,855	-0,001	112,006	0,004
S17	107,494	-0,001	111,641	0,003
S18	107,515	-0,001	110,411	0,004
S19	107,299	-0,001	111,953	0,004
S20	111,845	-0,003	108,286	-0,003
S21	113,981	-0,003	107,994	-0,001
S22	112,667	-0,004	107,849	-0,001
S23	112,859	-0,003	106,649	-0,001

σo a priori = 0,2558

σo a posteriori = 0,5057

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Σημεία	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,002	0,001	186,68404
T2	0,002	0,000	143,59873
T4	0,001	0,000	100,000
T5	0,003	0,001	93,75867
S1	0,001	0,000	5,16489
S2	0,002	0,001	196,99636
S3	0,003	0,001	7,48847
S4	0,002	0,001	15,74282
S5	0,002	0,001	30,89150
S6	0,002	0,001	39,64579
S7	0,002	0,001	53,27488
S8	0,002	0,001	62,47675
S9	0,002	0,001	79,02232
S10	0,001	0,000	171,58799
S11	0,003	0,001	188,39475
S12	0,003	0,001	187,37636
S13	0,003	0,001	188,49155
S14	0,002	0,001	190,29117
S15	0,002	0,001	15,88883
S16	0,003	0,001	33,43948
S17	0,003	0,001	36,53063
S18	0,003	0,001	39,60529
S19	0,003	0,001	35,15357
S20	0,003	0,001	61,31462
S21	0,003	0,001	66,19623
S22	0,003	0,001	64,66257
S23	0,003	0,001	69,88057

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1-T2	0,003	0,001	0,6643
T1-T4	0,002	0,001	1,4428
T1-T5	0,003	0,001	198,6548
T2-T4	0,003	0,001	0,7098
T2-T5	0,004	0,001	2,0067
T1-S11	0,003	0,000	183,5069
T1-S23	0,003	0,001	8,8051
T2-S16	0,003	0,001	135,6316
T2-S23	0,002	0,001	170,8352
T5-S2	0,003	0,001	17,7901
T5-S3	0,003	0,001	40,6011
T5-S8	0,003	0,002	143,8455
T5-S11	0,004	0,001	5,9350
T5-S12	0,003	0,002	8,3082

Παράρτημα 2.2.3: Δίκτυο αναφοράς κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους (με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	σH(m)
T1	99,094	0,001
T2	101,435	0,001
T3	100,000	0,000
T4	99,614	0,001
T5	99,674	0,001

σο a priori = 0,2250

σο a posteriori = 0,4743 (ικανοποιητικό)

Παράρτημα 2.2.4: Συνολικό δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους (με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	σH(m)
T1	99,099	0,001
T2	101,434	0,001
T3	100,000	0
T4	99,619	0,001
T5	99,677	0,001
S1	98,281	0,001
S2	98,096	0,001
S3	98,110	0,001
S4	98,186	0,001
S5	98,202	0,001
S6	98,240	0,001
S7	97,909	0,001
S8	98,210	0,001
S9	98,216	0,001
S10	99,213	0,001
S11	99,466	0,001
S12	98,552	0,001
S13	98,548	0,001
S14	101,114	0,001
S15	101,229	0,001
S16	101,831	0,001
S17	101,783	0,001
S18	101,838	0,001
S19	100,621	0,001

S20	102,119	0,001
S21	102,246	0,001
S22	101,157	0,001
S23	99,390	0,001

σο a posteriori = 0,9027

Σημείωση: Κάποιες αβεβαιότητες των παραπάνω υψομέτρων είναι μικρότερες του 0,001 (ιδιαίτερα οι αβεβαιότητες των σημείων αναφοράς), εφόσον από την εκτέλεση του προγράμματος ADJH1.BAS οι αβεβαιότητες μας δίνονται μηδενικές αφού το πρόγραμμα δίνει τις αβεβαιότητες με ακρίβεια χιλιοστού. Μόνο η αβεβαιότητα του σημείου αναφοράς T3 είναι μηδενική, διότι έχουμε θεωρήσει σταθερό το υψόμετρό της.

Παράρτημα 2.3: Αποτελέσματα επίλυσης Γ' φάση

Παράρτημα 2.3.1: Δίκτυο αναφοράς οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,686	-0,008	91,564	0,007
T2	94,026	-0,002	104,574	0,005
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,229	0,001	100,000	0,000
T5	114,170	0,001	101,480	-0,001

σο a priori = 0,2934

σο a posteriori = 0,5416

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,002	0,001	186,49847
T2	0,002	0,000	142,21314
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,84301

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1-T2	0,003	0,001	198,3515
T1-T4	0,002	0,001	1,4217
T1-T5	0,003	0,001	197,5269
T2-T4	0,003	0,001	1,8686
T2-T5	0,004	0,001	3,8983

Παράρτημα 2.3.2: Συνολικό δίκτυο οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,686	-0,008	91,564	0,007
T2	94,027	-0,001	104,573	0,004
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,229	0,001	100,000	0,000
T5	114,170	0,001	101,480	-0,001
S1	100,382	0,001	104,920	0,002
S2	99,970	0,003	109,256	0,000
S3	101,853	0,004	111,217	0,000
S4	102,139	0,003	107,762	0,001
S5	104,233	0,002	108,474	0,003
S6	106,116	0,004	108,794	0,004
S7	107,262	0,004	106,891	-0,001
S8	109,619	0,003	106,764	-0,002
S9	111,059	0,005	104,675	-0,001
S10	98,029	0,001	104,265	0,001
S11	98,482	0,002	110,706	-0,005
S12	98,477	0,003	110,725	0,002
S13	98,569	0,004	111,971	0,001
S14	98,931	0,001	109,053	-0,004
S15	102,427	0,002	110,496	0,003
S16	106,860	0,004	112,008	0,006
S17	107,500	0,005	111,644	0,006
S18	107,521	0,005	110,412	0,005
S19	107,305	0,005	111,955	0,006
S20	111,850	0,002	108,286	-0,003
S21	113,987	0,003	107,992	-0,003
S22	112,674	0,003	107,848	-0,002
S23	112,865	0,003	106,648	-0,002

σo a priori = 0,1178

σo a posteriori = 0,3432

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Σημεία	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,002	0,001	186,46521
T2	0,002	0,000	143,00620
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,80855
S1	0,001	0,000	5,33864
S2	0,002	0,001	197,26753
S3	0,003	0,001	7,76214
S4	0,002	0,001	15,93052
S5	0,002	0,001	31,02882
S6	0,002	0,001	39,79352
S7	0,002	0,001	53,37811
S8	0,002	0,001	62,57270
S9	0,002	0,001	79,06971
S10	0,001	0,000	171,83497
S11	0,003	0,001	188,67943
S12	0,003	0,001	187,68961
S13	0,003	0,001	188,81464
S14	0,002	0,001	190,56928
S15	0,002	0,001	16,03728
S16	0,003	0,001	33,67963
S17	0,003	0,001	36,75764
S18	0,003	0,001	39,81575
S19	0,003	0,001	35,38709
S20	0,003	0,001	61,44942
S21	0,003	0,001	66,35951
S22	0,003	0,001	64,79679
S23	0,003	0,001	69,98210

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1-T2	0,003	0,001	199,1781
T1-T4	0,002	0,001	1,4009
T1-T5	0,003	0,001	198,9546
T2-T4	0,003	0,001	1,5441
T2-T5	0,004	0,001	3,0147
T1-S11	0,003	0,000	183,4209
T1-S23	0,003	0,001	9,3633
T2-S16	0,003	0,001	133,8597
T2-S23	0,002	0,001	174,5670
T5-S2	0,003	0,001	18,0831
T5-S3	0,003	0,001	40,8154
T5-S8	0,003	0,002	143,7306
T5-S11	0,004	0,001	6,0116
T5-S12	0,003	0,002	8,5793

Παράρτημα 2.3.3: Δίκτυο αναφοράς κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους (με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	σH(m)
T1	99,097	0,003
T2	101,431	0,003
T3	100,000	0,000
T4	99,614	0,003
T5	99,675	0,003

σο a priori = 0,6858

σο a posteriori = 0,2619 (ικανοποιητικό)

Παράρτημα 2.3.4: Συνολικό δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους(με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	σH(m)
T1	99,094	0,001
T2	101,431	0,001
T3	100,000	0
T4	99,616	0,001
T5	99,673	0,001
S1	98,278	0,001
S2	98,093	0,001
S3	98,107	0,001
S4	98,183	0,001
S5	98,199	0,001
S6	98,239	0,001
S7	97,907	0,001
S8	98,207	0,001
S9	98,213	0,001
S10	99,211	0,001
S11	99,465	0,001
S12	98,550	0,001
S13	98,546	0,001
S14	101,112	0,001
S15	101,227	0,001
S16	101,829	0,001
S17	101,781	0,001
S18	101,836	0,001
S19	100,618	0,001

S20	102,118	0,001
S21	102,244	0,001
S22	101,156	0,001
S23	99,388	0,001

σο a posteriori = 0,9467

Σημείωση: Κάποιες αβεβαιότητες των παραπάνω υψομέτρων είναι μικρότερες του 0,001 (ιδιαίτερα οι αβεβαιότητες των σημείων αναφοράς), εφόσον από την εκτέλεση του προγράμματος ADJH1.BAS οι αβεβαιότητες μας δίνονται μηδενικές αφού το πρόγραμμα δίνει τις αβεβαιότητες με ακρίβεια χιλιοστού. Μόνο η αβεβαιότητα του σημείου αναφοράς T3 είναι μηδενική, διότι έχουμε θεωρήσει σταθερό το υψόμετρό της.

Παράρτημα 2.4: Αποτελέσματα επίλυσης Δ' φάση

Παράρτημα 2.4.1: Δίκτυο αναφοράς οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	Σy(m)
T1	101,689	-0,005	91,568	0,011
T2	94,026	-0,002	104,570	0,001
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,227	-0,001	100,000	0,000
T5	114,166	-0,003	101,482	0,001

σο a priori = 0,3585

σο a posteriori = 0,5987

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,002	0,001	186,49847
T2	0,002	0,000	142,21314
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,84301

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1-T2	0,003	0,001	198,3579
T1-T4	0,002	0,001	1,4474
T1-T5	0,003	0,001	197,5411
T2-T4	0,003	0,001	1,8838
T2-T5	0,004	0,001	3,9144

Παράρτημα 2.4.2: Συνολικό δίκτυο οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	γ(m)	σγ(m)
T1	101,689	-0,005	91,567	0,010
T2	94,025	-0,003	104,570	0,001
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,227	-0,001	100,000	0,000
T5	114,166	-0,003	101,482	0,001
S1	100,379	-0,002	104,917	-0,001
S2	99,965	-0,002	109,254	-0,002
S3	101,847	-0,002	111,213	-0,004
S4	102,135	-0,001	107,758	-0,003
S5	104,231	0,000	108,470	-0,001
S6	106,109	-0,003	108,791	0,001
S7	107,255	-0,003	106,893	0,001
S8	109,612	-0,004	106,765	-0,001
S9	111,054	0,000	104,677	0,001
S10	98,026	-0,002	104,263	-0,001
S11	98,477	-0,003	110,701	-0,010
S12	98,472	-0,002	110,720	-0,003
S13	98,564	-0,001	111,966	-0,004
S14	98,928	-0,002	109,048	-0,009
S15	102,422	-0,003	110,491	-0,002
S16	106,853	-0,003	112,004	0,002
S17	107,491	-0,004	111,641	0,003
S18	107,513	-0,003	110,410	0,003
S19	107,296	-0,004	111,951	0,002
S20	111,842	-0,006	108,285	-0,004
S21	113,979	-0,005	107,993	-0,002
S22	112,665	-0,006	107,849	-0,001
S23	112,857	-0,005	106,648	-0,002

σo a priori = 0,1753

σo a posteriori = 0,4187

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Σημεία	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,002	0,000	186,87127
T2	0,002	0,000	143,31502
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,67044
S1	0,001	0,000	5,69352
S2	0,002	0,001	196,96263
S3	0,003	0,001	7,22194
S4	0,002	0,001	15,74969
S5	0,002	0,001	30,72520
S6	0,002	0,001	39,45530
S7	0,002	0,001	53,06833
S8	0,002	0,001	62,38694
S9	0,002	0,001	79,58608
S10	0,001	0,000	172,22378
S11	0,003	0,001	188,38506
S12	0,003	0,001	187,21196
S13	0,003	0,001	188,21506
S14	0,002	0,001	190,44925
S15	0,002	0,001	15,81533
S16	0,003	0,001	33,33670
S17	0,003	0,001	36,38925
S18	0,003	0,001	39,34790
S19	0,003	0,001	35,04085
S20	0,003	0,001	60,99371
S21	0,003	0,001	65,68773
S22	0,003	0,001	64,30573
S23	0,003	0,001	69,60505

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1-T2	0,003	0,001	0,0524
T1-T4	0,002	0,001	0,9502
T1-T5	0,003	0,001	198,8681
T2-T4	0,002	0,001	0,8939
T2-T5	0,004	0,001	1,5259
T1-S11	0,003	0,000	183,1524
T1-S23	0,003	0,001	8,5254
T2-S16	0,003	0,000	134,4910
T2-S23	0,002	0,001	167,9934
T5-S2	0,003	0,001	16,1570
T5-S3	0,003	0,002	38,9039
T5-S8	0,003	0,002	144,2277
T5-S11	0,004	0,001	5,1563
T5-S12	0,003	0,002	7,3545

Παράρτημα 2.4.3: Δίκτυο αναφοράς κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους (με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	σH(m)
T1	99,093	0,001
T2	101,433	0,001
T3	100,000	0,000
T4	99,614	0,001
T5	99,673	0,001

σο a priori = 0,3417

σο a posteriori = 0,5845 (ικανοποιητικό)

Παράρτημα 2.4.4: Συνολικό δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους(με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	σH(m)
T1	99,093	0,001
T2	101,432	0,001
T3	100,000	0
T4	99,614	0,001
T5	99,673	0,001
S1	98,274	0,001
S2	98,091	0,001
S3	98,104	0,001
S4	98,181	0,001
S5	98,194	0,001
S6	98,231	0,001
S7	97,904	0,001
S8	98,199	0,001
S9	98,209	0,001
S10	99,209	0,001
S11	99,462	0,001
S12	98,547	0,001
S13	98,543	0,001
S14	101,110	0,001
S15	101,225	0,001
S16	101,826	0,001
S17	101,779	0,001
S18	101,834	0,001
S20	102,116	0,001

S21	102,243	0,001
S22	101,154	0,001
S23	99,386	0,001

σο a posteriori = 0,357

Σημείωση: Κάποιες αβεβαιότητες των παραπάνω υψομέτρων είναι μικρότερες του 0,001 (ιδιαίτερα οι αβεβαιότητες των σημείων αναφοράς), εφόσον από την εκτέλεση του προγράμματος ADJH1.BAS οι αβεβαιότητες μας δίνονται μηδενικές αφού το πρόγραμμα δίνει τις αβεβαιότητες με ακρίβεια χιλιοστού. Μόνο η αβεβαιότητα του σημείου αναφοράς T3 είναι μηδενική, διότι έχουμε θεωρήσει σταθερό το υψόμετρό της.

Παράρτημα 2.5: Αποτελέσματα επίλυσης Ε' φάση

Παράρτημα 2.5.1: Δίκτυο αναφοράς οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους (με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,685	-0,009	91,569	0,012
T2	94,033	0,005	104,574	0,005
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,228	0,000	100,000	0,000
T5	114,167	-0,002	101,478	-0,003

σο a priori = 0,4180

σο a posteriori = 0,6465

Απόλυτες ελλείψεις:

Σημεία	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,002	0,001	186,49847
T2	0,002	0,000	142,21314
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,84301

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος:

Πλευρές	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1-T2	0,003	0,001	198,3128
T1-T4	0,002	0,001	1,4104
T1-T5	0,003	0,001	197,5091
T2-T4	0,003	0,001	1,8527
T2-T5	0,004	0,001	3,8853

Παράρτημα 2.5.2: Συνολικό δίκτυο οριζοντίου ελέγχου

Συντεταγμένες κορυφών με τις αβεβαιότητες προσέγγισής τους(με ακρίβεια 40cc για τις γωνίες και 0,002m για τα μήκη):

Σημεία	x(m)	σx(m)	y(m)	σy(m)
T1	101,685	-0,009	91,569	0,012
T2	94,032	0,004	104,574	0,005
T3	100,000	0,000	100,000	0,000
T4	105,227	-0,001	100,000	0,000
T5	114,167	-0,002	101,478	-0,003
S1	100,383	0,002	104,918	0,000
S2	99,972	0,005	109,256	0,000
S3	101,855	0,006	111,214	-0,003
S4	102,140	0,004	107,759	-0,002
S5	104,234	0,003	108,469	-0,002
S6	106,116	0,004	108,790	0,000
S7	107,261	0,003	106,889	-0,003
S8	109,617	0,001	106,762	-0,004
S9	111,056	0,002	104,671	-0,005
S10	98,030	0,002	104,265	0,001
S11	98,485	0,005	110,704	-0,007
S12	98,479	0,005	110,723	0,000
S13	98,572	0,007	111,968	-0,002
S14	98,934	0,004	109,050	-0,007
S15	102,429	0,004	110,492	-0,001
S16	106,861	0,005	112,003	0,001
S17	107,499	0,004	111,638	0,000
S18	107,520	0,004	110,407	0,000
S19	107,305	0,005	111,950	0,001
S20	111,848	0,000	108,281	-0,008
S21	113,984	0,000	107,987	-0,008
S22	112,671	0,000	107,843	-0,007
S23	112,861	-0,001	106,646	-0,004

σo a priori = 0,7513

σo a posteriori = 0,8668

Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος:

Σημεία	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,002	0,001	186,58279
T2	0,002	0,000	143,02996
T4	0,001	0,000	100,000
T5	0,003	0,001	93,69136

S1	0,001	0,000	4,73328
S2	0,002	0,001	196,63670
S3	0,003	0,001	7,15039
S4	0,002	0,001	15,28616
S5	0,002	0,001	30,47410
S6	0,002	0,001	39,43344
S7	0,002	0,001	52,80413
S8	0,002	0,001	62,10207
S9	0,002	0,001	76,11166
S10	0,001	0,000	171,27825
S11	0,003	0,001	188,16093
S12	0,003	0,001	187,07773
S13	0,003	0,001	188,21254
S14	0,002	0,001	190,02478
S15	0,002	0,001	15,50569
S16	0,003	0,001	33,24608
S17	0,003	0,001	36,33914
S18	0,003	0,001	39,38418
S19	0,003	0,001	34,96623
S20	0,003	0,001	61,07469
S21	0,003	0,001	66,05458
S22	0,003	0,001	64,45277
S23	0,003	0,001	69,65763

Σχετικές ελλείψεις σφάλματος

Πλευρές	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,003	0,001	199,3824
T1-T4	0,002	0,001	1,7560
T1-T5	0,003	0,001	199,1829
T2-T4	0,003	0,001	1,1026
T2-T5	0,004	0,001	2,1725
T1-S11	0,003	0,001	183,4349
T1-S23	0,003	0,001	9,2635
T2-S16	0,003	0,001	134,4930
T2-S23	0,002	0,001	171,0091
T5-S2	0,003	0,001	16,9217
T5-S3	0,003	0,002	40,1119
T5-S8	0,003	0,002	141,7423
T5-S11	0,004	0,001	5,1346
T5-S12	0,003	0,002	6,9967

Παράρτημα 2.5.3: Δίκτυο αναφοράς κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους (με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημεία	H(m)	σH(m)
T1	99,094	0,001
T2	101,432	0,001
T3	100,000	0,000
T4	99,617	0,001
T5	99,674	0,001

σο a priori = 0,1750

σο a posteriori = 0,4183 (ικανοποιητικό)

Παράρτημα 2.5.4: Συνολικό δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου

Τα υψόμετρα των κορυφών και η αβεβαιότητα προσέγγισής τους(με ακρίβεια 0,002m για τις υψομετρικές διαφορές):

Σημείο	H(m)	σH(m)
T1	99,096	0,001
T2	101,435	0,001
T3	100,000	0
T4	99,618	0,001
T5	99,675	0,001
S1	98,278	0,001
S2	98,094	0,001
S3	98,107	0,001
S4	98,184	0,001
S7	97,907	0,001
S9	98,214	0,001
S10	99,211	0,001
S11	99,465	0,001
S12	98,550	0,001
S13	98,546	0,001
S14	101,113	0,001
S15	101,228	0,001
S16	101,830	0,001
S17	101,780	0,001
S18	101,836	0,001
S20	102,118	0,001
S21	102,245	0,001
S22	101,156	0,001
S23	99,388	0,001

σο a posteriori = 0,571

Σημείωση: Κάποιες αβεβαιότητες των παραπάνω υψομέτρων είναι μικρότερες του 0,001 (ιδιαίτερα οι αβεβαιότητες των σημείων αναφοράς), εφόσον από την εκτέλεση του προγράμματος ADJH1.BAS οι αβεβαιότητες μας δίνονται μηδενικές αφού το πρόγραμμα δίνει τις αβεβαιότητες με ακρίβεια χιλιοστού. Μόνο η αβεβαιότητα του σημείου αναφοράς T3 είναι μηδενική, διότι έχουμε θεωρήσει σταθερό το υψόμετρό της.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Ανίχνευση μικρομετακινήσεων

Παράρτημα 3.1: Οριζόντιες μικρομετακινήσεις

Παράρτημα 3.1.1: Απόλυτες οριζόντιες μικρομετακινήσεις

Μεταβολές Δx και Δy συντεταγμένων των κορυφών για κάθε διάστημα:

Σημεία	t1-t2		t1-t3		t1-t4		t1-t5	
	Δx(m)	Δy(m)	Δx(m)	Δy(m)	Δx(m)	Δy(m)	Δx(m)	Δy(m)
T1	-0,001	-0,002	-0,004	-0,004	-0,001	-0,001	-0,005	0,001
T2	-0,001	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,000	0,005	0,004
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T5	0,000	0,000	0,001	-0,002	-0,003	0,000	-0,002	-0,004
S1	-0,001	-0,001	0,001	0,002	-0,002	-0,001	0,002	0,000
S2	0,000	-0,001	0,003	0,002	-0,002	0,000	0,005	0,002
S3	0,000	-0,001	0,004	0,003	-0,002	-0,001	0,006	0,000
S4	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001	-0,001	0,004	0,000
S5	-0,001	0,000	0,002	0,004	0,000	0,000	0,003	-0,001
S6	-0,001	0,001	0,004	0,003	-0,003	0,000	0,004	-0,001
S7	0,000	0,000	0,004	0,000	-0,003	0,002	0,003	-0,002
S8	0,000	0,000	0,004	0,000	-0,003	0,001	0,002	-0,002
S9	0,000	0,000	0,004	-0,001	-0,001	0,001	0,001	-0,005
S10	0,000	-0,001	0,001	0,002	-0,002	0,000	0,002	0,002
S11	-0,001	-0,001	0,002	0,004	-0,003	-0,001	0,005	0,002
S12	-0,001	0,000	0,002	0,005	-0,003	0,000	0,004	0,003
S13	0,000	0,000	0,003	0,005	-0,002	0,000	0,006	0,002
S14	-0,001	0,000	0,001	0,004	-0,002	-0,001	0,004	0,001
S15	0,000	-0,001	0,003	0,003	-0,002	-0,002	0,005	-0,001
S16	0,000	0,001	0,005	0,003	-0,002	-0,001	0,006	-0,002
S17	-0,001	0,000	0,005	0,003	-0,004	0,000	0,004	-0,003
S18	-0,001	0,001	0,005	0,002	-0,003	0,000	0,004	-0,003
S19	-0,001	0,000	0,005	0,002	-0,004	-0,002	0,005	-0,003

S20	0,000	0,000	0,005	0,000	-0,003	-0,001	0,003	-0,005
S21	0,000	0,001	0,006	-0,001	-0,002	0,000	0,003	-0,006
S22	-0,001	0,001	0,006	0,000	-0,003	0,001	0,003	-0,005
S23	0,000	0,000	0,006	-0,001	-0,002	-0,001	0,002	-0,003

Σημεία	t2-t3		t2-t4		t2-t5		t3-t4	
	δx(m)	δy(m)	δx(m)	δy(m)	δx(m)	δy(m)	δx(m)	δy(m)
T1	-0,003	-0,002	0,000	0,001	-0,004	0,003	0,003	0,003
T2	0,001	0,003	-0,001	0,000	0,006	0,004	-0,002	-0,003
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,000
T5	0,001	-0,002	-0,003	0,000	-0,002	-0,004	-0,004	0,002
S1	0,002	0,003	-0,001	0,000	0,003	0,001	-0,003	-0,003
S2	0,003	0,003	-0,002	0,001	0,005	0,003	-0,005	-0,002
S3	0,004	0,004	-0,002	0,000	0,006	0,001	-0,006	-0,004
S4	0,003	0,003	-0,001	-0,001	0,004	0,000	-0,004	-0,004
S5	0,003	0,004	0,001	0,000	0,004	-0,001	-0,002	-0,004
S6	0,005	0,002	-0,002	-0,001	0,005	-0,002	-0,007	-0,003
S7	0,004	0,000	-0,003	0,002	0,003	-0,002	-0,007	0,002
S8	0,004	0,000	-0,003	0,001	0,002	-0,002	-0,007	0,001
S9	0,004	-0,001	-0,001	0,001	0,001	-0,005	-0,005	0,002
S10	0,001	0,003	-0,002	0,001	0,002	0,003	-0,003	-0,002
S11	0,003	0,005	-0,002	0,000	0,006	0,003	-0,005	-0,005
S12	0,003	0,005	-0,002	0,000	0,005	0,003	-0,005	-0,005
S13	0,003	0,005	-0,002	0,000	0,006	0,002	-0,005	-0,005
S14	0,002	0,004	-0,001	-0,001	0,005	0,001	-0,003	-0,005
S15	0,003	0,004	-0,002	-0,001	0,005	0,000	-0,005	-0,005
S16	0,005	0,002	-0,002	-0,002	0,006	-0,003	-0,007	-0,004
S17	0,006	0,003	-0,003	0,000	0,005	-0,003	-0,009	-0,003
S18	0,006	0,001	-0,002	-0,001	0,005	-0,004	-0,008	-0,002
S19	0,006	0,002	-0,003	-0,002	0,006	-0,003	-0,009	-0,004
S20	0,005	0,000	-0,003	-0,001	0,003	-0,005	-0,008	-0,001
S21	0,006	-0,002	-0,002	-0,001	0,003	-0,007	-0,008	0,001
S22	0,007	-0,001	-0,002	0,000	0,004	-0,006	-0,009	0,001
S23	0,006	-0,001	-0,002	-0,001	0,002	-0,003	-0,008	0,000

Σημεία	t3-t5		t4-t5	
	δx(m)	δy(m)	δx(m)	δy(m)
T1	-0,001	0,005	-0,004	0,002
T2	0,005	0,001	0,007	0,004
T3	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	-0,002	0,000	0,000	0,000
T5	-0,003	-0,002	0,001	-0,004

S1	0,001	-0,002	0,004	0,001
S2	0,002	0,000	0,007	0,002
S3	0,002	-0,003	0,008	0,001
S4	0,001	-0,003	0,005	0,001
S5	0,001	-0,005	0,003	-0,001
S6	0,000	-0,004	0,007	-0,001
S7	-0,001	-0,002	0,006	-0,004
S8	-0,002	-0,002	0,005	-0,003
S9	-0,003	-0,004	0,002	-0,006
S10	0,001	0,000	0,004	0,002
S11	0,003	-0,002	0,008	0,003
S12	0,002	-0,002	0,007	0,003
S13	0,003	-0,003	0,008	0,002
S14	0,003	-0,003	0,006	0,002
S15	0,002	-0,004	0,007	0,001
S16	0,001	-0,005	0,008	-0,001
S17	-0,001	-0,006	0,008	-0,003
S18	-0,001	-0,005	0,007	-0,003
S19	0,000	-0,005	0,009	-0,001
S20	-0,002	-0,005	0,006	-0,004
S21	-0,003	-0,005	0,005	-0,006
S22	-0,003	-0,005	0,006	-0,006
S23	-0,004	-0,002	0,004	-0,002

Μεταβολές των θέσεων των κορυφών (αριθμητική τιμή και γωνία διεύθυνσης) για κάθε διάστημα:

Σημεία	t1-t2		t1-t3		t1-t4		t1-t5	
	δr(m)	αδr(g)	δr(m)	αδr(g)	δr(m)	αδr(g)	δr(m)	αδr(g)
T1	0,002	229,5167	0,006	250,0000	0,001	250,000	0,005	312,567
T2	0,001	300,0000	0,003	0,0000	0,002	0,000	0,006	57,045
T3	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,000	0,0000	0,002	100,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
T5	0,000	0,0000	0,002	170,4833	0,003	0,000	0,004	295,7621
S1	0,001	250,0000	0,002	29,5167	0,002	270,483	0,002	0,000
S2	0,001	200,0000	0,004	62,5666	0,002	0,000	0,005	75,7762
S3	0,001	200,000	0,005	59,0334	0,002	270,483	0,006	0,000
S4	0,000	0,000	0,004	50,0000	0,001	250,000	0,004	0,000
S5	0,001	300,0000	0,004	29,5167	0,000	0,000	0,003	120,483
S6	0,001	350,0000	0,005	59,0334	0,003	0,000	0,004	115,596
S7	0,000	0,0000	0,004	100,0000	0,004	337,433	0,004	137,433
S8	0,000	0,0000	0,004	100,0000	0,003	320,483	0,003	150,000
S9	0,000	0,0000	0,004	115,5958	0,001	350,000	0,005	187,433
S10	0,001	200,0000	0,002	29,5167	0,002	0,000	0,003	50,000
S11	0,001	250,0000	0,004	29,5167	0,003	320,483	0,005	75,776
S12	0,001	300,0000	0,005	24,2238	0,003	0,000	0,005	59,033

S13	0,000	0,0000	0,006	34,4042	0,002	0,000	0,006	79,517
S14	0,001	300,0000	0,004	15,5958	0,002	270,483	0,004	84,404
S15	0,001	200,0000	0,004	50,0000	0,003	250,000	0,005	112,567
S16	0,001	0,0000	0,006	65,5958	0,002	270,483	0,006	120,483
S17	0,001	300,0000	0,006	65,5958	0,004	0,000	0,005	140,967
S18	0,001	350,0000	0,005	75,7762	0,003	0,000	0,005	140,967
S19	0,001	300,0000	0,005	75,7762	0,004	270,483	0,006	134,404
S20	0,000	0,0000	0,005	100,0000	0,003	320,483	0,006	165,596
S21	0,001	0,0000	0,006	110,5137	0,002	0,000	0,007	170,483
S22	0,001	350,0000	0,006	100,0000	0,003	320,483	0,006	165,596
S23	0,000	0,0000	0,006	110,5137	0,002	270,483	0,004	162,567

	t2-t3		t2-t4		t2-t5		t3→t4	
Σημεία	δr(m)	αδr(g)	δr(m)	αδr(g)	δr(m)	αδr(g)	δr(m)	αδr(g)
T1	0,004	262,5666	0,001	0,000	0,005	340,967	0,004	50,000
T2	0,003	20,4833	0,001	300,000	0,007	62,567	0,004	237,433
T3	0,000	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,002	100,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	300,000
T5	0,002	170,4833	0,003	300,000	0,004	229,517	0,004	329,517
S1	0,004	37,4334	0,001	300,000	0,003	79,517	0,004	365,596
S2	0,004	50,0000	0,002	329,517	0,006	65,596	0,005	275,776
S3	0,006	50,0000	0,002	300,000	0,006	89,486	0,007	262,666
S4	0,004	50,0000	0,001	250,000	0,004	100,000	0,006	250,000
S5	0,005	40,9666	0,001	100,000	0,004	115,596	0,004	229,517
S6	0,005	75,7762	0,002	270,483	0,005	124,224	0,008	274,224
S7	0,004	100,0000	0,004	337,433	0,004	199,957	0,007	317,717
S8	0,004	100,0000	0,003	320,483	0,003	150,000	0,007	309,033
S9	0,004	115,5958	0,001	350,000	0,005	187,433	0,005	324,224
S10	0,003	20,4833	0,002	329,517	0,004	37,433	0,004	262,567
S11	0,006	34,4042	0,002	300,000	0,007	70,483	0,007	250,000
S12	0,006	34,4042	0,002	300,000	0,006	65,596	0,007	250,000
S13	0,006	34,4042	0,002	300,000	0,006	79,167	0,007	250,000
S14	0,004	29,5167	0,001	250,000	0,005	87,433	0,006	234,404
S15	0,005	40,9666	0,002	270,483	0,005	100,000	0,007	250,000
S16	0,005	75,7762	0,003	250,000	0,007	129,517	0,008	266,950
S17	0,007	70,4833	0,003	300,000	0,006	134,404	0,009	279,517
S18	0,006	89,4863	0,002	270,483	0,006	142,955	0,008	284,404
S19	0,006	79,5167	0,004	262,666	0,007	129,517	0,010	273,375
S20	0,005	100,0000	0,003	279,517	0,006	165,596	0,008	200,126
S21	0,006	120,4833	0,002	270,483	0,008	174,224	0,008	300,000
S22	0,007	109,0334	0,002	300,000	0,007	162,567	0,009	307,045
S23	0,004	110,5137	0,002	270,483	0,004	162,567	0,008	300,000

	t3-t5		t4-t5	
Σημεία	δr(m)	αδr(g)	δr(m)	αδr(g)
T1	0,005	399,989	0,004	329,517

T2	0,005	87,433	0,008	84,404
T3	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,002	300,000	0,000	0,000
T5	0,004	262,567	0,004	199,917
S1	0,002	10,514	0,004	84,404
S2	0,002	100,000	0,007	82,283
S3	0,004	162,567	0,008	92,083
S4	0,003	179,517	0,005	87,433
S5	0,005	187,433	0,003	120,483
S6	0,004	200,000	0,007	109,033
S7	0,002	229,517	0,007	137,433
S8	0,003	250,000	0,006	134,404
S9	0,005	240,967	0,006	179,517
S10	0,001	100,000	0,004	70,483
S11	0,004	137,433	0,009	77,160
S12	0,003	150,000	0,008	79,517
S13	0,004	150,000	0,008	84,404
S14	0,004	150,000	0,006	79,517
S15	0,004	170,483	0,007	90,967
S16	0,005	139,486	0,008	107,917
S17	0,006	210,514	0,009	122,840
S18	0,005	212,567	0,008	125,776
S19	0,005	200,000	0,009	107,045
S20	0,005	224,224	0,007	17,4333
S21	0,006	234,404	0,008	155,772
S22	0,006	234,404	0,008	150,000
S23	0,004	270,483	0,004	129,517

Στοιχεία της έλλειψης σφάλματος κάθε μεταβολής θέσης σημείου:

Σημεία	t1-t2		
	σδx(m)	σδy(m)	σδx,δy(m)
T1	0,001	0,002	-1,19·10 ⁻⁶
T2	0,002	0,002	-2,46·10 ⁻⁶
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	1,40·10 ⁻⁶
S1	0,001	0,002	1,92·10 ⁻⁷
S2	0,001	0,003	-4,59·10 ⁻⁷
S3	0,001	0,004	1,35·10 ⁻⁶
S4	0,001	0,002	1,34·10 ⁻⁶
S5	0,002	0,003	2,86·10 ⁻⁶
S6	0,002	0,003	4,14·10 ⁻⁶
S7	0,002	0,003	3,76·10 ⁻⁶
S8	0,003	0,002	4,64·10 ⁻⁶
S9	0,003	0,002	3,00·10 ⁻⁶

S10	0,001	0,002	$-1,40 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,42 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,67 \cdot 10^{-6}$
S13	0,001	0,004	$-3,03 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,42 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,20 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,64 \cdot 10^{-6}$
S17	0,003	0,004	$8,11 \cdot 10^{-6}$
S18	0,002	0,003	$7,11 \cdot 10^{-6}$
S19	0,003	0,004	$8,13 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$7,02 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,15 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,09 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$5,99 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t1-t3		
	σδχ(m)	σδγ(m)	σδχ,δγ(m)
T1	0,001	0,002	$-1,19 \cdot 10^{-6}$
T2	0,002	0,002	$-2,67 \cdot 10^{-6}$
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	$1,40 \cdot 10^{-6}$
S1	0,001	0,002	$1,92 \cdot 10^{-7}$
S2	0,001	0,003	$-4,59 \cdot 10^{-7}$
S3	0,001	0,004	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S4	0,001	0,002	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S5	0,002	0,003	$2,89 \cdot 10^{-6}$
S6	0,002	0,003	$4,16 \cdot 10^{-6}$
S7	0,002	0,003	$3,76 \cdot 10^{-6}$
S8	0,003	0,002	$4,64 \cdot 10^{-6}$
S9	0,003	0,002	$2,99 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,002	$-1,41 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,40 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,65 \cdot 10^{-6}$
S13	0,001	0,004	$-3,00 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,41 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,24 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,69 \cdot 10^{-6}$
S17	0,003	0,004	$8,14 \cdot 10^{-6}$
S18	0,002	0,003	$7,14 \cdot 10^{-6}$
S19	0,003	0,004	$8,18 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$7,01 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,13 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,08 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$5,98 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t1-t4		
	σδx(m)	σδy(m)	σδx,δy(m)
T1	0,001	0,002	-1,16·10 ⁻⁶
T2	0,002	0,002	-2,39·10 ⁻⁶
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	1,41·10 ⁻⁶
S1	0,001	0,002	1,92·10 ⁻⁷
S2	0,001	0,003	-4,6·10 ⁻⁷
S3	0,001	0,004	1,35·10 ⁻⁶
S4	0,001	0,002	1,31·10 ⁻⁶
S5	0,002	0,002	2,79·10 ⁻⁶
S6	0,002	0,003	4,06·10 ⁻⁶
S7	0,002	0,003	3,7·10 ⁻⁶
S8	0,003	0,002	4,6·10 ⁻⁶
S9	0,003	0,002	2,94·10 ⁻⁶
S10	0,001	0,002	-1,4·10 ⁻⁶
S11	0,001	0,004	-2,4·10 ⁻⁶
S12	0,001	0,004	-2,6·10 ⁻⁶
S13	0,002	0,004	-3·10 ⁻⁶
S14	0,001	0,003	-1,4·10 ⁻⁶
S15	0,001	0,003	2,13·10 ⁻⁶
S16	0,002	0,004	7,5·10 ⁻⁶
S17	0,003	0,004	7,97·10 ⁻⁶
S18	0,002	0,003	6,98·10 ⁻⁶
S19	0,003	0,004	7,99·10 ⁻⁶
S20	0,003	0,002	6,96·10 ⁻⁶
S21	0,004	0,003	8,11·10 ⁻⁶
S22	0,004	0,002	7,04·10 ⁻⁶
S23	0,004	0,002	5,96·10 ⁻⁶

Σημεία	t1-t5		
	σδx(m)	σδy(m)	σδx,δy(m)
T1	0,001	0,002	-1,15·10 ⁻⁶
T2	0,002	0,002	-2,54·10 ⁻⁶
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	1,41·10 ⁻⁶
S1	0,001	0,002	1,92·10 ⁻⁶
S2	0,001	0,003	-4,59·10 ⁻⁷
S3	0,001	0,004	1,35·10 ⁻⁶
S4	0,001	0,002	1,30·10 ⁻⁶
S5	0,001	0,002	2,82·10 ⁻⁶
S6	0,002	0,003	4,06·10 ⁻⁶

S7	0,002	0,003	$3,73 \cdot 10^{-6}$
S8	0,003	0,002	$4,63 \cdot 10^{-6}$
S9	0,003	0,002	$3,27 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,002	$-1,37 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,39 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,65 \cdot 10^{-6}$
S13	0,001	0,004	$-3,01 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,41 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,15 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,55 \cdot 10^{-6}$
S17	0,003	0,004	$8,02 \cdot 10^{-6}$
S18	0,002	0,003	$7,03 \cdot 10^{-6}$
S19	0,002	0,004	$8,04 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$7,01 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,14 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,09 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$6,00 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t2-t3		
	σδχ(μ)	σδγ(μ)	σδχ,δγ(μ)
T1	0,001	0,002	$-6,16 \cdot 10^{-7}$
T2	0,001	0,001	$-1,26 \cdot 10^{-6}$
T3	0,000	0,000	0
T4	0,001	0,000	0
T5	0,003	0,001	$6,97 \cdot 10^{-7}$
S1	0,000	0,001	$1,92 \cdot 10^{-7}$
S2	0,001	0,002	$-4,59 \cdot 10^{-7}$
S3	0,001	0,003	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S4	0,001	0,002	$6,97 \cdot 10^{-7}$
S5	0,001	0,002	$1,47 \cdot 10^{-6}$
S6	0,001	0,002	$2,10 \cdot 10^{-6}$
S7	0,002	0,002	$1,90 \cdot 10^{-6}$
S8	0,002	0,001	$2,33 \cdot 10^{-6}$
S9	0,002	0,001	$1,50 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,001	$-7,15 \cdot 10^{-7}$
S11	0,001	0,003	$-1,21 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,003	$-1,33 \cdot 10^{-6}$
S13	0,001	0,003	$-1,50 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,002	$-7,08 \cdot 10^{-7}$
S15	0,001	0,002	$1,14 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,003	$3,88 \cdot 10^{-6}$
S17	0,002	0,003	$4,11 \cdot 10^{-6}$
S18	0,002	0,002	$3,61 \cdot 10^{-6}$
S19	0,002	0,003	$4,12 \cdot 10^{-6}$
S20	0,002	0,002	$3,51 \cdot 10^{-6}$

S21	0,003	0,002	$4,07 \cdot 10^{-6}$
S22	0,003	0,002	$3,54 \cdot 10^{-6}$
S23	0,003	0,001	$2,99 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t2-t4		
	σδχ(m)	σδγ(m)	σδχ,δγ(m)
T1	0,001	0,002	$-1,20 \cdot 10^{-6}$
T2	0,002	0,002	$-2,45 \cdot 10^{-6}$
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	$1,40 \cdot 10^{-6}$
S1	0,001	0,002	$1,92 \cdot 10^{-7}$
S2	0,001	0,003	$-4,59 \cdot 10^{-7}$
S3	0,001	0,004	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S4	0,001	0,002	$1,36 \cdot 10^{-6}$
S5	0,002	0,003	$2,85 \cdot 10^{-6}$
S6	0,002	0,003	$4,12 \cdot 10^{-6}$
S7	0,002	0,003	$3,74 \cdot 10^{-6}$
S8	0,003	0,002	$4,61 \cdot 10^{-6}$
S9	0,003	0,002	$2,93 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,002	$-1,40 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,36 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,61 \cdot 10^{-6}$
S13	0,002	0,004	$-2,97 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,37 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,21 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,62 \cdot 10^{-6}$
S17	0,003	0,004	$8,08 \cdot 10^{-6}$
S18	0,003	0,003	$7,08 \cdot 10^{-6}$
S19	0,003	0,004	$8,11 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$6,96 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,10 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,03 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$5,94 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t2-t5		
	σδχ(m)	σδγ(m)	σδχ,δγ(m)
T1	0,001	0,002	$-1,19 \cdot 10^{-6}$
T2	0,002	0,002	$-2,60 \cdot 10^{-6}$
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	$1,40 \cdot 10^{-6}$
S1	0,001	0,002	$1,92 \cdot 10^{-7}$
S2	0,001	0,003	$-4,59 \cdot 10^{-7}$

S3	0,001	0,004	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S4	0,001	0,002	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S5	0,002	0,003	$2,88 \cdot 10^{-6}$
S6	0,002	0,003	$4,15 \cdot 10^{-6}$
S7	0,002	0,003	$3,76 \cdot 10^{-6}$
S8	0,003	0,002	$4,64 \cdot 10^{-6}$
S9	0,003	0,002	$3,26 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,002	$-1,40 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,39 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,64 \cdot 10^{-6}$
S13	0,001	0,004	$-2,99 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,40 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,22 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,66 \cdot 10^{-6}$
S17	0,003	0,004	$8,13 \cdot 10^{-6}$
S18	0,002	0,003	$7,13 \cdot 10^{-6}$
S19	0,003	0,004	$8,16 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$7,02 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,13 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,08 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$5,99 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t3-t4		
	σδx(m)	σδy(m)	σδx,δy(m)
T1	0,001	0,002	$-1,20 \cdot 10^{-6}$
T2	0,002	0,002	$-2,66 \cdot 10^{-6}$
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	$1,39 \cdot 10^{-6}$
S1	0,001	0,002	$1,92 \cdot 10^{-7}$
S2	0,001	0,003	$-4,59 \cdot 10^{-7}$
S3	0,001	0,004	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S4	0,001	0,002	$1,37 \cdot 10^{-6}$
S5	0,002	0,003	$2,88 \cdot 10^{-6}$
S6	0,002	0,003	$4,14 \cdot 10^{-6}$
S7	0,002	0,003	$3,74 \cdot 10^{-6}$
S8	0,003	0,002	$4,60 \cdot 10^{-6}$
S9	0,003	0,002	$2,93 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,002	$-1,41 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,34 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,59 \cdot 10^{-6}$
S13	0,002	0,004	$-2,94 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,35 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,25 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,67 \cdot 10^{-6}$

S17	0,003	0,004	$8,12 \cdot 10^{-6}$
S18	0,003	0,003	$7,10 \cdot 10^{-6}$
S19	0,003	0,004	$8,15 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$6,95 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,08 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,02 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$5,93 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t3-t5		
	σδx(m)	σδy(m)	σδx,δy(m)
T1	0,001	0,002	$-1,20 \cdot 10^{-6}$
T2	0,002	0,002	$-2,81 \cdot 10^{-6}$
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	$1,40 \cdot 10^{-6}$
S1	0,001	0,002	$1,92 \cdot 10^{-7}$
S2	0,001	0,003	$-4,59 \cdot 10^{-7}$
S3	0,001	0,004	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S4	0,001	0,002	$1,36 \cdot 10^{-6}$
S5	0,002	0,003	$2,91 \cdot 10^{-6}$
S6	0,002	0,003	$4,17 \cdot 10^{-6}$
S7	0,002	0,003	$3,76 \cdot 10^{-6}$
S8	0,003	0,002	$4,64 \cdot 10^{-6}$
S9	0,003	0,002	$3,25 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,002	$-1,41 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,37 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,62 \cdot 10^{-6}$
S13	0,001	0,004	$-2,96 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,39 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,26 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,71 \cdot 10^{-6}$
S17	0,003	0,004	$8,16 \cdot 10^{-6}$
S18	0,002	0,003	$7,15 \cdot 10^{-6}$
S19	0,003	0,004	$8,20 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$7,01 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,11 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,07 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$5,98 \cdot 10^{-6}$

Σημεία	t4-t5		
	σδx(m)	σδy(m)	σδx,δy(m)
T1	0,001	0,002	$-1,16 \cdot 10^{-6}$

T2	0,002	0,002	$-2,53 \cdot 10^{-6}$
T3	0,000	0,000	0
T4	0,002	0,000	0
T5	0,004	0,001	$1,41 \cdot 10^{-6}$
S1	0,001	0,002	$1,92 \cdot 10^{-7}$
S2	0,001	0,003	$-4,59 \cdot 10^{-7}$
S3	0,001	0,004	$1,35 \cdot 10^{-6}$
S4	0,001	0,002	$1,32 \cdot 10^{-6}$
S5	0,002	0,002	$2,80 \cdot 10^{-6}$
S6	0,002	0,003	$4,07 \cdot 10^{-6}$
S7	0,002	0,003	$3,71 \cdot 10^{-6}$
S8	0,003	0,002	$4,60 \cdot 10^{-6}$
S9	0,003	0,002	$3,20 \cdot 10^{-6}$
S10	0,001	0,002	$-1,37 \cdot 10^{-6}$
S11	0,001	0,004	$-2,33 \cdot 10^{-6}$
S12	0,001	0,004	$-2,60 \cdot 10^{-6}$
S13	0,001	0,004	$-2,95 \cdot 10^{-6}$
S14	0,001	0,003	$-1,36 \cdot 10^{-6}$
S15	0,001	0,003	$2,16 \cdot 10^{-6}$
S16	0,002	0,004	$7,53 \cdot 10^{-6}$
S17	0,003	0,004	$7,99 \cdot 10^{-6}$
S18	0,002	0,003	$7,00 \cdot 10^{-6}$
S19	0,003	0,004	$8,02 \cdot 10^{-6}$
S20	0,003	0,002	$6,96 \cdot 10^{-6}$
S21	0,004	0,003	$8,10 \cdot 10^{-6}$
S22	0,004	0,002	$7,03 \cdot 10^{-6}$
S23	0,004	0,002	$5,95 \cdot 10^{-6}$

Τα στοιχεία των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος μετακίνησης των κορυφών του δικτύου:

Σημεία	t1-t2		
	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,003	0,001	186,6686
T2	0,002	0,001	143,4293
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,7222
S1	0,002	0,001	4,8689
S2	0,003	0,001	196,6716
S3	0,004	0,001	7,1733
S4	0,003	0,001	15,3976
S5	0,003	0,001	30,5710
S6	0,003	0,001	39,3569
S7	0,003	0,001	42,2917
S8	0,003	0,001	62,2431
S9	0,003	0,001	78,8654

S10	0,002	0,001	171,3355
S11	0,004	0,001	188,1423
S12	0,004	0,001	187,0705
S13	0,004	0,001	188,1922
S14	0,003	0,001	190,0279
S15	0,003	0,001	15,6108
S16	0,004	0,001	33,2101
S17	0,004	0,001	36,3009
S18	0,004	0,001	39,3563
S19	0,004	0,001	34,9269
S20	0,004	0,001	61,1273
S21	0,004	0,001	66,0458
S22	0,004	0,001	64,4922
S23	0,004	0,001	69,7201

Σημεία	t1-t3		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1	0,003	0,001	186,5560
T2	0,002	0,001	143,1171
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,7471
S1	0,002	0,001	4,8436
S2	0,003	0,001	196,6881
S3	0,004	0,001	7,1587
S4	0,003	0,001	15,4949
S5	0,003	0,001	30,6435
S6	0,003	0,001	39,4328
S7	0,003	0,001	42,3230
S8	0,003	0,001	62,2912
S9	0,003	0,001	78,8889
S10	0,002	0,001	171,4661
S11	0,004	0,001	188,2891
S12	0,004	0,001	187,2321
S13	0,004	0,001	188,3584
S14	0,003	0,001	190,1717
S15	0,003	0,001	15,6909
S16	0,004	0,001	33,3330
S17	0,004	0,001	36,4167
S18	0,004	0,001	39,4635
S19	0,004	0,001	35,0461
S20	0,004	0,001	61,1948
S21	0,004	0,001	66,1272
S22	0,004	0,001	64,5593
S23	0,004	0,001	69,7708

Σημεία	t1-t4		
	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,002	0,001	186,7628
T2	0,002	0,001	143,2835
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,6781
S1	0,002	0,001	4,9900
S2	0,003	0,001	196,5910
S3	0,004	0,001	7,3193
S4	0,003	0,001	15,3925
S5	0,003	0,001	30,4803
S6	0,003	0,001	39,2567
S7	0,003	0,001	42,1761
S8	0,003	0,001	62,1959
S9	0,003	0,001	79,1446
S10	0,002	0,001	171,6529
S11	0,004	0,001	188,1306
S12	0,004	0,001	186,9815
S13	0,004	0,001	188,0479
S14	0,003	0,001	190,0995
S15	0,003	0,001	15,5666
S16	0,004	0,001	33,1551
S17	0,004	0,001	36,2269
S18	0,004	0,001	39,2241
S19	0,004	0,001	34,8672
S20	0,004	0,001	60,9662
S21	0,004	0,001	65,7921
S22	0,004	0,001	64,3136
S23	0,004	0,001	69,5820

Σημεία	t1-t5		
	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,002	0,001	186,6174
T2	0,002	0,001	143,1352
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,6885
S1	0,002	0,001	4,9880
S2	0,003	0,001	196,6094
S3	0,004	0,001	7,2621
S4	0,003	0,001	15,1624
S5	0,003	0,001	30,3574
S6	0,003	0,001	39,2474

S7	0,003	0,001	42,1232
S8	0,003	0,001	62,0546
S9	0,003	0,001	77,3670
S10	0,002	0,001	171,1741
S11	0,004	0,001	188,0200
S12	0,004	0,001	186,9156
S13	0,004	0,001	188,0476
S14	0,003	0,001	189,8888
S15	0,003	0,001	15,4146
S16	0,004	0,001	33,1110
S17	0,004	0,001	36,2029
S18	0,004	0,001	39,2431
S19	0,004	0,001	34,8310
S20	0,004	0,001	61,0069
S21	0,004	0,001	65,9747
S22	0,004	0,001	64,3870
S23	0,004	0,001	69,6085

Σημεία	t2-t3		
	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1	0,002	0,001	186,6840
T2	0,002	0,000	143,5987
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,001	0,000	100,0000
T5	0,003	0,001	93,7587
S1	0,001	0,000	9,2727
S2	0,002	0,001	193,5419
S3	0,003	0,001	13,5387
S4	0,002	0,001	15,7428
S5	0,002	0,001	30,8915
S6	0,002	0,001	39,6458
S7	0,002	0,001	42,5575
S8	0,002	0,001	62,4768
S9	0,002	0,001	79,0223
S10	0,001	0,000	171,5880
S11	0,003	0,001	188,3948
S12	0,003	0,001	187,3764
S13	0,003	0,001	188,4916
S14	0,002	0,001	190,2912
S15	0,002	0,001	15,8888
S16	0,003	0,001	33,4395
S17	0,003	0,001	36,5306
S18	0,003	0,001	39,6053
S19	0,003	0,001	35,1536
S20	0,003	0,001	61,3146

S21	0,003	0,001	66,1962
S22	0,003	0,001	64,6626
S23	0,003	0,001	69,8806

Σημεία	t2-t4		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1	0,003	0,001	186,7754
T2	0,002	0,001	143,4609
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,7147
S1	0,002	0,001	4,8514
S2	0,003	0,001	196,6600
S3	0,004	0,001	7,2325
S4	0,003	0,001	15,7462
S5	0,003	0,001	30,8105
S6	0,003	0,001	39,5524
S7	0,003	0,001	42,4465
S8	0,003	0,001	62,4323
S9	0,003	0,001	79,3017
S10	0,002	0,001	171,9009
S11	0,004	0,001	188,3900
S12	0,004	0,001	187,2961
S13	0,004	0,001	188,3565
S14	0,003	0,001	190,3681
S15	0,003	0,001	15,8531
S16	0,004	0,001	33,3889
S17	0,004	0,001	36,4611
S18	0,004	0,001	39,4788
S19	0,004	0,001	35,0981
S20	0,004	0,001	61,1559
S21	0,004	0,001	65,9442
S22	0,004	0,001	64,4859
S23	0,004	0,001	69,7441

Σημεία	t2-t5		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1	0,003	0,001	186,6352
T2	0,002	0,001	143,3050
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,7250
S1	0,002	0,001	4,8495

S2	0,003	0,001	196,6777
S3	0,004	0,001	7,1766
S4	0,003	0,001	15,5185
S5	0,003	0,001	30,6854
S6	0,003	0,001	39,5408
S7	0,003	0,001	42,3920
S8	0,003	0,001	62,2902
S9	0,003	0,001	77,5255
S10	0,002	0,001	171,4367
S11	0,004	0,001	188,2802
S12	0,004	0,001	187,2297
S13	0,004	0,001	188,3544
S14	0,003	0,001	190,1608
S15	0,003	0,001	15,6996
S16	0,004	0,001	33,3437
S17	0,004	0,001	36,4358
S18	0,004	0,001	39,4959
S19	0,004	0,001	35,0608
S20	0,004	0,001	61,1949
S21	0,004	0,001	66,1255
S22	0,004	0,001	64,5578
S23	0,004	0,001	69,7692

Σημεία	t3-t4		
	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,003	0,001	186,6648
T2	0,002	0,001	143,1441
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,7397
S1	0,002	0,001	4,8263
S2	0,003	0,001	196,6766
S3	0,004	0,001	7,2177
S4	0,003	0,001	15,8426
S5	0,003	0,001	30,8819
S6	0,003	0,001	39,6282
S7	0,003	0,001	42,4779
S8	0,003	0,001	62,4808
S9	0,003	0,001	79,3260
S10	0,002	0,001	172,0244
S11	0,004	0,001	188,5367
S12	0,004	0,001	187,4575
S13	0,004	0,001	188,5229
S14	0,003	0,001	190,5111

S15	0,003	0,001	15,9308
S16	0,004	0,001	33,5118
S17	0,004	0,001	36,5770
S18	0,004	0,001	39,5864
S19	0,004	0,001	35,2174
S20	0,004	0,001	61,2239
S21	0,004	0,001	66,0261
S22	0,004	0,001	64,5535
S23	0,004	0,001	69,7952

Σημεία	t3-t5		
	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$
T1	0,003	0,001	186,5223
T2	0,002	0,001	143,0175
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,7500
S1	0,002	0,001	4,8244
S2	0,003	0,001	196,6942
S3	0,004	0,001	7,1621
S4	0,003	0,001	15,6152
S5	0,003	0,001	30,7568
S6	0,003	0,001	39,6161
S7	0,003	0,001	42,4232
S8	0,003	0,001	62,3383
S9	0,003	0,001	77,5464
S10	0,002	0,001	171,5658
S11	0,004	0,001	188,4264
S12	0,004	0,001	187,3906
S13	0,004	0,001	188,5200
S14	0,003	0,001	190,3038
S15	0,003	0,001	15,7781
S16	0,004	0,001	33,4659
S17	0,004	0,001	36,5511
S18	0,004	0,001	39,6027
S19	0,004	0,001	35,1794
S20	0,004	0,001	61,2624
S21	0,004	0,001	66,2071
S22	0,004	0,001	64,6249
S23	0,004	0,001	69,8199

Σημεία	t4-t5		
	$\sigma_{\max}(m)$	$\sigma_{\min}(m)$	$\alpha(\text{grad})$

T1	0,002	0,001	186,7287
T2	0,002	0,001	143,1637
T3	0,000	0,000	0,0000
T4	0,002	0,000	100,0000
T5	0,004	0,001	93,6809
S1	0,002	0,001	4,9697
S2	0,003	0,001	196,5974
S3	0,004	0,001	7,3228
S4	0,003	0,001	15,5164
S5	0,003	0,001	30,5980
S6	0,003	0,001	39,4443
S7	0,003	0,001	42,2779
S8	0,003	0,001	62,2436
S9	0,003	0,001	77,7839
S10	0,002	0,001	171,7545
S11	0,004	0,001	188,2723
S12	0,004	0,001	187,1445
S13	0,004	0,001	188,2138
S14	0,003	0,001	190,2359
S15	0,003	0,001	15,6581
S16	0,004	0,001	33,2911
S17	0,004	0,001	36,3640
S18	0,004	0,001	39,3662
S19	0,004	0,001	35,0033
S20	0,004	0,001	61,0345
S21	0,004	0,001	65,8724
S22	0,004	0,001	64,3799
S23	0,004	0,001	69,6316

Μονοδιάστατος έλεγχος μετακίνησης (συγκρίνονται για κάθε μετακίνηση σημείου οι απόλυτες τιμές των μεγεθών δr και $\sigma_{\max-z}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%):

Σημεία	t1-t2		t1-t3		t1-t4		t1-t5	
	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max-z}(m)$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max-z}(m)$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max-z}(m)$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max-z}(m)$
T1	0,002	0,005	0,006	0,005	0,001	0,005	0,005	0,005
T2	0,001	0,005	0,003	0,005	0,002	0,005	0,006	0,005
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,000	0,003	0,002	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003
T5	0,000	0,008	0,002	0,008	0,003	0,008	0,004	0,008
S1	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003
S2	0,001	0,006	0,004	0,006	0,002	0,006	0,005	0,006
S3	0,001	0,007	0,005	0,007	0,002	0,007	0,006	0,007
S4	0,000	0,005	0,004	0,005	0,001	0,005	0,004	0,005
S5	0,001	0,005	0,004	0,005	0,000	0,005	0,003	0,005
S6	0,001	0,006	0,005	0,006	0,003	0,006	0,004	0,006
S7	0,000	0,006	0,004	0,006	0,004	0,006	0,004	0,006

S8	0,000	0,006	0,004	0,006	0,003	0,006	0,003	0,006
S9	0,000	0,007	0,004	0,007	0,001	0,007	0,005	0,007
S10	0,001	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004	0,003	0,004
S11	0,001	0,007	0,004	0,007	0,003	0,007	0,005	0,007
S12	0,001	0,008	0,005	0,008	0,003	0,007	0,005	0,007
S13	0,000	0,008	0,006	0,008	0,002	0,008	0,006	0,008
S14	0,001	0,006	0,004	0,006	0,002	0,006	0,004	0,006
S15	0,001	0,006	0,004	0,006	0,003	0,006	0,005	0,006
S16	0,001	0,009	0,006	0,009	0,002	0,008	0,006	0,008
S17	0,001	0,009	0,006	0,009	0,004	0,009	0,005	0,009
S18	0,001	0,008	0,005	0,008	0,003	0,008	0,005	0,008
S19	0,001	0,009	0,005	0,009	0,004	0,009	0,006	0,009
S20	0,000	0,008	0,005	0,008	0,003	0,008	0,006	0,008
S21	0,001	0,009	0,006	0,009	0,002	0,009	0,007	0,009
S22	0,001	0,008	0,006	0,008	0,003	0,008	0,006	0,008
S23	0,000	0,008	0,006	0,008	0,002	0,008	0,004	0,008

Σημεία	t2-t3		t2-t4		t2-t5		t3-t4	
	δr(m)	σmax-z(m)	δr(m)	σmax-z(m)	δr(m)	σmax-z(m)	δr(m)	σmax-z(m)
T1	0,004	0,004	0,001	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005
T2	0,003	0,003	0,001	0,005	0,007	0,005	0,004	0,005
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,002	0,002	0,000	0,003	0,000	0,003	0,002	0,003
T5	0,002	0,005	0,003	0,008	0,004	0,008	0,004	0,008
S1	0,004	0,002	0,001	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003
S2	0,004	0,004	0,002	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006
S3	0,006	0,005	0,002	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007
S4	0,004	0,004	0,001	0,005	0,004	0,005	0,006	0,005
S5	0,005	0,004	0,001	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005
S6	0,005	0,004	0,002	0,006	0,005	0,006	0,008	0,006
S7	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,006	0,007	0,006
S8	0,004	0,005	0,003	0,006	0,003	0,006	0,007	0,006
S9	0,004	0,005	0,001	0,007	0,005	0,007	0,005	0,007
S10	0,003	0,003	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
S11	0,006	0,005	0,002	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
S12	0,006	0,005	0,002	0,008	0,006	0,008	0,007	0,008
S13	0,006	0,006	0,002	0,008	0,006	0,008	0,007	0,008
S14	0,004	0,004	0,001	0,006	0,005	0,006	0,006	0,006
S15	0,005	0,004	0,002	0,006	0,005	0,006	0,007	0,006
S16	0,005	0,006	0,003	0,009	0,007	0,009	0,008	0,009
S17	0,007	0,006	0,003	0,009	0,006	0,009	0,009	0,009
S18	0,006	0,006	0,002	0,008	0,006	0,008	0,008	0,008
S19	0,006	0,006	0,004	0,009	0,007	0,009	0,010	0,009
S20	0,005	0,006	0,003	0,008	0,006	0,008	0,008	0,008
S21	0,006	0,006	0,002	0,009	0,008	0,009	0,008	0,009
S22	0,007	0,006	0,002	0,008	0,007	0,008	0,009	0,008
S23	0,004	0,006	0,002	0,008	0,004	0,008	0,008	0,008

Σημεία	t3-t5		t4-t5	
	δr(m)	σmax-z(m)	δr(m)	σmax-z(m)
T1	0,005	0,005	0,004	0,005
T2	0,005	0,005	0,008	0,005
T3	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,002	0,003	0,000	0,003
T5	0,004	0,008	0,004	0,008
S1	0,002	0,003	0,004	0,003
S2	0,002	0,006	0,007	0,006
S3	0,004	0,007	0,008	0,007
S4	0,003	0,005	0,005	0,005
S5	0,005	0,005	0,003	0,005
S6	0,004	0,006	0,007	0,006
S7	0,002	0,006	0,007	0,006
S8	0,003	0,006	0,006	0,006
S9	0,005	0,007	0,006	0,007
S10	0,001	0,004	0,004	0,004
S11	0,004	0,007	0,009	0,007
S12	0,003	0,008	0,008	0,007
S13	0,004	0,008	0,008	0,008
S14	0,004	0,006	0,006	0,006
S15	0,004	0,006	0,007	0,006
S16	0,005	0,009	0,008	0,008
S17	0,006	0,009	0,009	0,009
S18	0,005	0,008	0,008	0,008
S19	0,005	0,009	0,009	0,009
S20	0,005	0,008	0,007	0,008
S21	0,006	0,009	0,008	0,009
S22	0,006	0,008	0,008	0,008
S23	0,004	0,008	0,004	0,008

Δισδιάστατος έλεγχος (σύμφωνα με αυτόν, σχεδιάζονται οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος μετακίνησης των κορυφών του δικτύου προκειμένου να εξασφαλισθεί το επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %- οι ημιάξονες των ελλείψεων μεγενθύνονται κατά $\lambda = 2,447$):

Σημεία	t1-t2				
	σmax(m)·λ	σmin(m) ·λ	α(grad)	δx(m)	δy(m)
T1	0,006	0,002	186,6686	0,001	0,002
T2	0,006	0,002	143,4293	0,001	0,000
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,000	0,000
T5	0,009	0,002	93,7222	0,000	0,000
S1	0,004	0,001	4,8689	0,001	0,001

S2	0,008	0,002	196,6716	0,000	0,001
S3	0,009	0,003	7,1733	0,000	0,001
S4	0,006	0,002	15,3976	0,000	0,000
S5	0,007	0,002	30,5710	0,001	0,000
S6	0,008	0,002	39,3569	0,001	0,001
S7	0,008	0,003	42,2917	0,000	0,000
S8	0,008	0,002	62,2431	0,000	0,000
S9	0,008	0,003	78,8654	0,000	0,000
S10	0,005	0,001	171,3355	0,000	0,001
S11	0,009	0,003	188,1423	0,001	0,001
S12	0,009	0,003	187,0705	0,001	0,000
S13	0,010	0,003	188,1922	0,000	0,000
S14	0,008	0,002	190,0279	0,001	0,000
S15	0,008	0,002	15,6108	0,000	0,001
S16	0,011	0,003	33,2101	0,000	0,001
S17	0,011	0,003	36,3009	0,001	0,000
S18	0,010	0,003	39,3563	0,001	0,001
S19	0,011	0,003	34,9269	0,001	0,000
S20	0,010	0,003	61,1273	0,000	0,000
S21	0,011	0,003	66,0458	0,000	0,001
S22	0,010	0,003	64,4922	0,001	0,001
S23	0,010	0,003	69,7201	0,000	0,000

Σημεία	t1-t3				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,006	0,002	186,5560	0,004	0,004
T2	0,006	0,002	143,1171	0,000	0,003
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,002	0,000
T5	0,009	0,002	93,7471	0,001	0,002
S1	0,004	0,001	4,8436	0,001	0,002
S2	0,008	0,002	196,6881	0,003	0,002
S3	0,009	0,003	7,1587	0,004	0,003
S4	0,006	0,002	15,4949	0,003	0,003
S5	0,007	0,002	30,6435	0,002	0,004
S6	0,008	0,002	39,4328	0,004	0,003
S7	0,008	0,003	42,3230	0,004	0,000
S8	0,008	0,002	62,2912	0,004	0,000
S9	0,008	0,003	78,8889	0,004	0,001
S10	0,005	0,001	171,4661	0,001	0,002
S11	0,009	0,003	188,2891	0,002	0,004
S12	0,009	0,003	187,2321	0,002	0,005
S13	0,010	0,003	188,3584	0,003	0,005
S14	0,008	0,002	190,1717	0,001	0,004
S15	0,008	0,002	15,6909	0,003	0,003
S16	0,011	0,003	33,3330	0,005	0,003
S17	0,011	0,003	36,4167	0,005	0,003
S18	0,010	0,003	39,4635	0,005	0,002
S19	0,011	0,003	35,0461	0,005	0,002
S20	0,010	0,003	61,1948	0,005	0,000
S21	0,011	0,003	66,1272	0,006	0,001
S22	0,010	0,003	64,5593	0,006	0,000
S23	0,010	0,003	69,7708	0,006	0,001

Σημεία	t1-t4				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,006	0,002	186,7628	0,001	0,001
T2	0,006	0,002	143,2835	0,002	0,000
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,000	0,000
T5	0,009	0,002	93,6781	0,003	0,000
S1	0,004	0,001	4,9900	0,002	0,001
S2	0,008	0,002	196,5910	0,002	0,000
S3	0,009	0,003	7,3193	0,002	0,001
S4	0,006	0,002	15,3925	0,001	0,001
S5	0,007	0,002	30,4803	0,000	0,000
S6	0,008	0,002	39,2567	0,003	0,000
S7	0,008	0,003	42,1761	0,003	0,002
S8	0,008	0,002	62,1959	0,003	0,001
S9	0,008	0,003	79,1446	0,001	0,001
S10	0,005	0,001	171,6529	0,002	0,000
S11	0,009	0,003	188,1306	0,003	0,001
S12	0,009	0,003	186,9815	0,003	0,000
S13	0,010	0,003	188,0479	0,002	0,000
S14	0,008	0,002	190,0995	0,002	0,001
S15	0,008	0,002	15,5666	0,002	0,002
S16	0,011	0,003	33,1551	0,002	0,001
S17	0,011	0,003	36,2269	0,004	0,000
S18	0,010	0,003	39,2241	0,003	0,000
S19	0,011	0,003	34,8672	0,004	0,002
S20	0,010	0,003	60,9662	0,003	0,001
S21	0,011	0,003	65,7921	0,002	0,000
S22	0,010	0,003	64,3136	0,003	0,001
S23	0,010	0,003	69,5820	0,002	0,001

Σημεία	t1-t5				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,006	0,002	186,6174	0,005	0,001
T2	0,006	0,002	143,1352	0,005	0,004
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,000	0,000
T5	0,009	0,002	93,6885	0,002	0,004
S1	0,004	0,001	4,9880	0,002	0,000
S2	0,008	0,002	196,6094	0,005	0,002
S3	0,009	0,003	7,2621	0,006	0,000
S4	0,006	0,002	15,1624	0,004	0,000
S5	0,007	0,002	30,3574	0,003	0,001
S6	0,008	0,002	39,2474	0,004	0,001
S7	0,008	0,003	42,1232	0,003	0,002
S8	0,008	0,002	62,0546	0,002	0,002

S9	0,008	0,003	77,3670	0,001	0,005
S10	0,005	0,001	171,1741	0,002	0,002
S11	0,009	0,003	188,0200	0,005	0,002
S12	0,009	0,003	186,9156	0,004	0,003
S13	0,010	0,003	188,0476	0,006	0,002
S14	0,008	0,002	189,8888	0,004	0,001
S15	0,008	0,002	15,4146	0,005	0,001
S16	0,011	0,003	33,1110	0,006	0,002
S17	0,011	0,003	36,2029	0,004	0,003
S18	0,010	0,003	39,2431	0,004	0,003
S19	0,011	0,003	34,8310	0,005	0,003
S20	0,010	0,003	61,0069	0,003	0,005
S21	0,011	0,003	65,9747	0,003	0,006
S22	0,010	0,003	64,3870	0,003	0,005
S23	0,010	0,003	69,6085	0,002	0,003

Σημεία	t2-t3				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,004	0,001	186,6840	0,003	0,002
T2	0,004	0,001	143,5987	0,001	0,003
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,003	0,000	100,0000	0,002	0,000
T5	0,007	0,001	93,7587	0,001	0,002
S1	0,003	0,001	9,2727	0,002	0,003
S2	0,005	0,002	193,5419	0,003	0,003
S3	0,006	0,002	13,5387	0,004	0,004
S4	0,004	0,001	15,7428	0,003	0,003
S5	0,005	0,002	30,8915	0,003	0,004
S6	0,005	0,002	39,6458	0,005	0,002
S7	0,005	0,002	42,5575	0,004	0,000
S8	0,006	0,002	62,4768	0,004	0,000
S9	0,006	0,002	79,0223	0,004	0,001
S10	0,003	0,001	171,5880	0,001	0,003
S11	0,007	0,002	188,3948	0,003	0,005
S12	0,007	0,002	187,3764	0,003	0,005
S13	0,007	0,002	188,4916	0,003	0,005
S14	0,006	0,002	190,2912	0,002	0,004
S15	0,006	0,002	15,8888	0,003	0,004
S16	0,008	0,002	33,4395	0,005	0,002
S17	0,008	0,002	36,5306	0,006	0,003
S18	0,007	0,002	39,6053	0,006	0,001
S19	0,008	0,002	35,1536	0,006	0,002
S20	0,007	0,002	61,3146	0,005	0,000
S21	0,008	0,002	66,1962	0,006	0,002
S22	0,007	0,002	64,6626	0,007	0,001
S23	0,007	0,002	69,8806	0,006	0,001

Σημεία	t2-t4				
	$\sigma_{\max}(m)\cdot\lambda$	$\sigma_{\min}(m)\cdot\lambda$	$\alpha(\text{grad})$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,006	0,002	186,7754	0,000	0,001
T2	0,006	0,002	143,4609	0,001	0,000
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,000	0,000
T5	0,009	0,002	93,7147	0,003	0,000
S1	0,004	0,001	4,8514	0,001	0,000
S2	0,008	0,003	196,6600	0,002	0,001
S3	0,009	0,003	7,2325	0,002	0,000
S4	0,006	0,002	15,7462	0,001	0,001
S5	0,007	0,002	30,8105	0,001	0,000
S6	0,008	0,002	39,5524	0,002	0,001
S7	0,008	0,003	42,4465	0,003	0,002
S8	0,008	0,002	62,4323	0,003	0,001
S9	0,008	0,003	79,3017	0,001	0,001
S10	0,005	0,001	171,9009	0,002	0,001
S11	0,009	0,003	188,3900	0,002	0,000
S12	0,009	0,003	187,2961	0,002	0,000
S13	0,010	0,003	188,3565	0,002	0,000
S14	0,008	0,002	190,3681	0,001	0,001
S15	0,008	0,002	15,8531	0,002	0,001
S16	0,011	0,003	33,3889	0,002	0,002
S17	0,011	0,003	36,4611	0,003	0,000
S18	0,010	0,003	39,4788	0,002	0,001
S19	0,011	0,003	35,0981	0,003	0,002
S20	0,010	0,003	61,1559	0,003	0,001
S21	0,011	0,003	65,9442	0,002	0,001
S22	0,010	0,003	64,4859	0,002	0,000
S23	0,010	0,003	69,7441	0,002	0,001

Σημεία	t2-t5				
	$\sigma_{\max}(m)\cdot\lambda$	$\sigma_{\min}(m)\cdot\lambda$	$\alpha(\text{grad})$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,006	0,002	186,6352	0,004	0,003
T2	0,006	0,002	143,3050	0,006	0,004
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,000	0,000
T5	0,009	0,002	93,7250	0,002	0,004
S1	0,004	0,001	4,8495	0,003	0,001
S2	0,008	0,002	196,6777	0,005	0,003
S3	0,009	0,003	7,1766	0,006	0,001
S4	0,006	0,002	15,5185	0,004	0,000
S5	0,007	0,002	30,6854	0,004	0,001
S6	0,008	0,002	39,5408	0,005	0,002

S7	0,008	0,003	42,3920	0,003	0,002
S8	0,008	0,002	62,2902	0,002	0,002
S9	0,008	0,003	77,5255	0,001	0,005
S10	0,005	0,001	171,4367	0,002	0,003
S11	0,009	0,003	188,2802	0,006	0,003
S12	0,009	0,003	187,2297	0,005	0,003
S13	0,010	0,003	188,3544	0,006	0,002
S14	0,008	0,002	190,1608	0,005	0,001
S15	0,008	0,002	15,6996	0,005	0,000
S16	0,011	0,003	33,3437	0,006	0,003
S17	0,011	0,003	36,4358	0,005	0,003
S18	0,010	0,003	39,4959	0,005	0,004
S19	0,011	0,003	35,0608	0,006	0,003
S20	0,010	0,003	61,1949	0,003	0,005
S21	0,011	0,003	66,1255	0,003	0,007
S22	0,010	0,003	64,5578	0,004	0,006
S23	0,010	0,003	69,7692	0,002	0,003

Σημεία	t3-t4				
	σmax(m)·λ	σmin(m) ·λ	α(grad)	δx(m)	δy(m)
T1	0,006	0,002	186,6648	0,003	0,003
T2	0,006	0,002	143,1441	0,002	0,003
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,002	0,000
T5	0,009	0,002	93,7397	0,004	0,002
S1	0,004	0,001	4,8263	0,003	0,003
S2	0,008	0,003	196,6766	0,005	0,002
S3	0,009	0,003	7,2177	0,006	0,004
S4	0,006	0,002	15,8426	0,004	0,004
S5	0,007	0,002	30,8819	0,002	0,004
S6	0,008	0,002	39,6282	0,007	0,003
S7	0,008	0,003	42,4779	0,007	0,002
S8	0,008	0,002	62,4808	0,007	0,001
S9	0,008	0,003	79,3260	0,005	0,002
S10	0,005	0,001	172,0244	0,003	0,002
S11	0,009	0,003	188,5367	0,005	0,005
S12	0,009	0,003	187,4575	0,005	0,005
S13	0,010	0,003	188,5229	0,005	0,005
S14	0,008	0,002	190,5111	0,003	0,005
S15	0,008	0,002	15,9308	0,005	0,005
S16	0,011	0,003	33,5118	0,007	0,004
S17	0,011	0,003	36,5770	0,009	0,003
S18	0,010	0,003	39,5864	0,008	0,002
S19	0,011	0,003	35,2174	0,009	0,004
S20	0,010	0,003	61,2239	0,008	0,001

S21	0,011	0,003	66,0261	0,008	0,001
S22	0,010	0,003	64,5535	0,009	0,001
S23	0,010	0,003	69,7952	0,008	0,000

Σημεία	t3-t5				
	$\sigma_{max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(grad)$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,006	0,002	186,5223	0,001	0,005
T2	0,006	0,002	143,0175	0,005	0,001
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,002	0,000
T5	0,009	0,002	93,7500	0,003	0,002
S1	0,004	0,001	4,8244	0,001	0,002
S2	0,008	0,002	196,6942	0,002	0,000
S3	0,009	0,003	7,1621	0,002	0,003
S4	0,006	0,002	15,6152	0,001	0,003
S5	0,007	0,002	30,7568	0,001	0,005
S6	0,008	0,002	39,6161	0,000	0,004
S7	0,008	0,003	42,4232	0,001	0,002
S8	0,008	0,002	62,3383	0,002	0,002
S9	0,008	0,003	77,5464	0,003	0,004
S10	0,005	0,001	171,5658	0,001	0,000
S11	0,009	0,003	188,4264	0,003	0,002
S12	0,009	0,003	187,3906	0,002	0,002
S13	0,010	0,003	188,5200	0,003	0,003
S14	0,008	0,002	190,3038	0,003	0,003
S15	0,008	0,002	15,7781	0,002	0,004
S16	0,011	0,003	33,4659	0,001	0,005
S17	0,011	0,003	36,5511	0,001	0,006
S18	0,010	0,003	39,6027	0,001	0,005
S19	0,011	0,003	35,1794	0,000	0,005
S20	0,010	0,003	61,2624	0,002	0,005
S21	0,011	0,003	66,2071	0,003	0,005
S22	0,010	0,003	64,6249	0,003	0,005
S23	0,010	0,003	69,8199	0,004	0,002

Σημεία	t4-t5				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	$\delta x(m)$	$\delta y(m)$
T1	0,006	0,002	186,7287	0,004	0,002
T2	0,006	0,002	143,1637	0,007	0,004
T3	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000
T4	0,004	0,000	100,0000	0,000	0,000
T5	0,009	0,002	93,6809	0,001	0,004
S1	0,004	0,001	4,9697	0,004	0,001
S2	0,008	0,002	196,5974	0,007	0,002
S3	0,009	0,003	7,3228	0,008	0,001
S4	0,006	0,002	15,5164	0,005	0,001
S5	0,007	0,002	30,5980	0,003	0,001
S6	0,008	0,002	39,4443	0,007	0,001
S7	0,008	0,003	42,2779	0,006	0,004
S8	0,008	0,002	62,2436	0,005	0,003
S9	0,008	0,003	77,7839	0,002	0,006
S10	0,005	0,001	171,7545	0,004	0,002
S11	0,009	0,003	188,2723	0,008	0,003
S12	0,009	0,003	187,1445	0,007	0,003
S13	0,010	0,003	188,2138	0,008	0,002
S14	0,008	0,002	190,2359	0,006	0,002
S15	0,008	0,002	15,6581	0,007	0,001
S16	0,011	0,003	33,2911	0,008	0,001
S17	0,011	0,003	36,3640	0,008	0,003
S18	0,010	0,003	39,3662	0,007	0,003
S19	0,011	0,003	35,0033	0,009	0,001
S20	0,010	0,003	61,0345	0,006	0,004
S21	0,011	0,003	65,8724	0,005	0,006
S22	0,010	0,003	64,3799	0,006	0,006
S23	0,010	0,003	69,6316	0,004	0,002

Παράρτημα 3.1.2: Σχετικές οριζόντιες μετακινήσεις

Στοιχεία διανύσματος $dr = (dx, dy)$ σχετικής θέσης σημείων σε κάθε φάση μετρήσεων:

Πλευρές	t1		t2		t3	
	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)
T1-T2	-7,663	13,002	-7,663	13,004	-7,659	13,009
T1-T4	3,537	8,432	3,538	8,434	3,543	8,436
T1-T5	12,479	9,914	12,480	9,916	12,484	9,916
T2-T4	11,200	-4,570	11,201	-4,570	11,202	-4,573
T2-T5	20,142	-3,088	20,143	-3,088	20,143	-3,093
T1-S11	-3,210	19,134	-3,210	19,135	-3,204	19,142
T1-S23	11,169	15,081	11,170	15,083	11,179	15,084
T2-S16	12,828	7,435	12,829	7,436	12,833	7,435
T2-S23	18,832	2,079	18,833	2,079	18,838	2,075
T5-S2	-14,202	7,772	-14,202	7,771	-14,200	7,776
T5-S3	-12,320	9,732	-12,320	9,731	-12,317	9,737
T5-S8	-4,554	5,282	-4,554	5,282	-4,551	5,284
T5-S11	-5,751	2,232	-5,751	2,231	-5,751	2,232
T5-S12	-15,694	9,238	-15,695	9,238	-15,693	9,245

Πλευρές	t4		t5	
	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)
T1-T2	-7,664	13,003	-7,653	13,005
T1-T4	3,538	8,433	3,542	8,431
T1-T5	12,477	9,915	12,482	9,909
T2-T4	11,202	-4,570	11,195	-4,574
T2-T5	20,141	-3,088	20,135	-3,096
T1-S11	-3,212	19,134	-3,200	19,135
T1-S23	11,168	15,081	11,176	15,077
T2-S16	12,828	7,434	12,829	7,429
T2-S23	18,832	2,078	18,829	2,072
T5-S2	-14,201	7,772	-14,195	7,778
T5-S3	-12,319	9,731	-12,312	9,736
T5-S8	-4,554	5,283	-4,550	5,284
T5-S11	-5,754	2,231	-5,749	2,235
T5-S12	-15,694	9,238	-15,688	9,245

Στοιχεία διανύσματος $\delta dr = (\delta dx, \delta dy)$ σχετικής θέσης σημείων (εκφράζει τη διαφοροποίηση της σχετικής θέσης των σημείων από φάση σε φάση, σε επίπεδο οριζοντιογραφικών συντεταγμένων):

Πλευρές	t1-t2		t1-t3		t1-t4	
	δdx	δdy	δdx	δdy	δdx	δdy
T1-T2	0,000	0,002	0,004	0,007	-0,001	0,001
T1-T4	0,001	0,002	0,006	0,004	0,001	0,001
T1-T5	0,001	0,002	0,005	0,002	-0,002	0,001
T2-T4	0,001	0,000	0,002	-0,003	0,002	0,000
T2-T5	0,001	0,000	0,001	-0,005	-0,001	0,000
T1-S11	0,000	0,001	0,006	0,008	-0,002	0,000
T1-S23	0,001	0,002	0,010	0,003	-0,001	0,000
T2-S16	0,001	0,001	0,005	0,000	0,000	-0,001
T2-S23	0,001	0,000	0,006	-0,004	0,000	-0,001
T5-S2	0,000	-0,001	0,002	0,004	0,001	0,000
T5-S3	0,000	-0,001	0,003	0,005	0,001	-0,001
T5-S8	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,001
T5-S11	0,000	-0,001	0,000	0,000	-0,003	-0,001
T5-S12	-0,001	0,000	0,001	0,007	0,000	0,000

Πλευρές	t1-t5		t2-t3		t2-t4	
	δdx	δdy	δdx	δdy	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	0,004	0,005	-0,001	-0,001
T1-T4	0,005	-0,001	0,005	0,002	0,000	-0,001
T1-T5	0,003	-0,005	0,004	0,000	-0,003	-0,001
T2-T4	-0,005	-0,004	0,001	-0,003	0,001	0,000
T2-T5	-0,007	-0,008	0,000	-0,005	-0,002	0,000
T1-S11	0,010	0,001	0,006	0,007	-0,002	-0,001
T1-S23	0,007	-0,004	0,009	0,001	-0,002	-0,002
T2-S16	0,001	-0,006	0,004	-0,001	-0,001	-0,002
T2-S23	-0,003	-0,007	0,005	-0,004	-0,001	-0,001
T5-S2	0,007	0,006	0,002	0,005	0,001	0,001
T5-S3	0,008	0,004	0,003	0,006	0,001	0,000
T5-S8	0,004	0,002	0,003	0,002	0,000	0,001
T5-S11	0,002	0,003	0,000	0,001	-0,003	0,000
T5-S12	0,006	0,007	0,002	0,007	0,001	0,000

Πλευρές	t2-t5		t3-t4		t3-t5	
	δdx	δdy	δdx	δdy	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,001	-0,005	-0,006	0,006	-0,004
T1-T4	0,004	-0,003	-0,005	-0,003	-0,001	-0,005
T1-T5	0,002	-0,007	-0,007	-0,001	-0,002	-0,007
T2-T4	-0,006	-0,004	0,000	0,003	-0,007	-0,001
T2-T5	-0,008	-0,008	-0,002	0,005	-0,008	-0,003
T1-S11	0,010	0,000	-0,008	-0,008	0,004	-0,007
T1-S23	0,006	-0,006	-0,011	-0,003	-0,003	-0,007
T2-S16	0,000	-0,007	-0,005	-0,001	-0,004	-0,006
T2-S23	-0,004	-0,007	-0,006	0,003	-0,009	-0,003
T5-S2	0,007	0,007	-0,001	-0,004	0,005	0,002
T5-S3	0,008	0,005	-0,002	-0,006	0,005	-0,001
T5-S8	0,004	0,002	-0,003	-0,001	0,001	0,000
T5-S11	0,002	0,004	-0,003	-0,001	0,002	0,003
T5-S12	0,007	0,007	-0,001	-0,007	0,005	0,000

Πλευρές	t4-t5	
	δdx	δdy
T1-T2	0,011	0,002
T1-T4	0,004	-0,002
T1-T5	0,005	-0,006
T2-T4	-0,007	-0,004
T2-T5	-0,006	-0,008
T1-S11	0,012	0,001
T1-S23	0,008	-0,004
T2-S16	0,001	-0,005
T2-S23	-0,003	-0,006
T5-S2	0,006	0,006
T5-S3	0,007	0,005
T5-S8	0,004	0,001
T5-S11	0,005	0,004
T5-S12	0,006	0,007

Στοιχεία διανύσματος δdr σχετικής θέσης σημείων (εκφράζει την αλλαγή της σχετικής θέσης των σημείων αυτών στο οριζόντιο επίπεδο):

Πλευρές	t1-t2		t1-t3		t1-t4	
	$\delta dr(m)$	$\alpha \delta dr(g)$	$\delta dr(m)$	$\alpha \delta dr(g)$	$\delta dr(m)$	$\alpha \delta dr(g)$
T1-T2	0,0020	0,0000	0,0081	33,0499	0,0014	350,0000
T1-T4	0,0022	29,5167	0,0072	62,5666	0,0014	50,0000
T1-T5	0,0022	29,5167	0,0054	75,7762	0,0022	329,5167
T2-T4	0,0010	100,0000	0,0036	162,5666	0,0020	100,0000
T2-T5	0,0010	100,0000	0,0051	187,4334	0,0010	300,0000
T1-S11	0,0010	0,0000	0,0100	40,9666	0,0020	300,0000
T1-S23	0,0022	29,5167	0,0104	81,4453	0,0010	300,0000
T2-S16	0,0014	50,0000	0,0050	100,0000	0,0010	200,0000
T2-S23	0,0010	100,0000	0,0072	137,4334	0,0010	200,0000
T5-S2	0,0010	200,0000	0,0045	29,5167	0,0010	100,0000
T5-S3	0,0010	200,0000	0,0058	34,4042	0,0014	150,0000
T5-S8	0,0000	0,0000	0,0036	62,5666	0,0010	200,0000
T5-S11	0,0010	200,0000	0,0000	0,0000	0,0032	279,5167
T5-S12	0,0010	300,0000	0,0071	9,0334	0,0000	0,0000

Πλευρές	t1-t5		t2-t3		t2-t4	
	$\delta dr(m)$	$\alpha \delta dr(g)$	$\delta dr(m)$	$\alpha \delta dr(g)$	$\delta dr(m)$	$\alpha \delta dr(g)$
T1-T2	0,0104	81,4453	0,0064	42,9553	0,0014	250,0000
T1-T4	0,0051	112,5666	0,0054	75,7762	0,0010	200,0000
T1-T5	0,0058	165,5958	0,0040	100,0000	0,0032	279,5167
T2-T4	0,0064	257,0447	0,0032	20,4833	0,0010	100,0000
T2-T5	0,0106	245,7621	0,0050	200,0000	0,0020	300,0000
T1-S11	0,0100	93,6549	0,0092	45,1125	0,0022	270,4833
T1-S23	0,0081	133,0499	0,0091	92,9553	0,0028	250,0000
T2-S16	0,0061	189,4863	0,0041	84,4042	0,0022	229,5167
T2-S23	0,0076	225,7762	0,0064	57,0447	0,0014	250,0000
T5-S2	0,0092	54,8875	0,0054	24,2238	0,0014	250,0000
T5-S3	0,0089	329,5167	0,0067	29,5167	0,0010	100,0000
T5-S8	0,0045	70,4833	0,0036	62,5666	0,0010	0,0000
T5-S11	0,0036	362,5666	0,0010	0,0000	0,0030	300,0000
T5-S12	0,0092	45,1125	0,0073	17,7171	0,0010	100,0000

Πλευρές	t2-t5		t3-t4		t3-t5	
	δdr(m)	α δdr(g)	δdr(m)	α δdr(g)	δdr(m)	α δdr(g)
T1-T2	0,0100	93,6549	0,0078	244,2284	0,0072	137,4334
T1-T4	0,0050	140,9666	0,0058	265,5958	0,0051	212,5666
T1-T5	0,0073	182,2829	0,0071	290,9666	0,0073	217,7171
T2-T4	0,0072	262,5666	0,0030	0,0000	0,0071	290,9666
T2-T5	0,0113	250,0000	0,0054	375,7762	0,0085	277,1599
T1-S11	0,0100	100,0000	0,0113	250,0000	0,0081	166,9501
T1-S23	0,0085	150,0000	0,0114	283,0499	0,0076	225,7762
T2-S16	0,0070	200,0000	0,0051	287,4334	0,0072	237,4334
T2-S23	0,0081	233,0499	0,0067	329,5167	0,0095	279,5167
T5-S2	0,0099	50,0000	0,0041	215,5958	0,0054	75,7762
T5-S3	0,0094	64,4385	0,0063	220,4833	0,0051	112,5666
T5-S8	0,0045	70,4833	0,0032	279,5167	0,0010	100,0000
T5-S11	0,0045	29,5167	0,0032	279,5167	0,0036	37,4334
T5-S12	0,0099	50,0000	0,0071	209,0334	0,0050	100,0000

Πλευρές	t4-t5	
	δdr(m)	α δdr(g)
T1-T2	0,0112	88,5502
T1-T4	0,0045	129,5167
T1-T5	0,0078	155,7716
T2-T4	0,0081	266,9501
T2-T5	0,0100	240,9666
T1-S11	0,0120	94,7071
T1-S23	0,0089	129,5167
T2-S16	0,0051	187,4334
T2-S23	0,0067	229,5167
T5-S2	0,0085	50,0000
T5-S3	0,0086	60,5137
T5-S8	0,0041	84,4042
T5-S11	0,0064	57,0447
T5-S12	0,0092	45,1125

Σφάλματα και συμμεταβλητότητες της σχετικής μετακίνησης των σημείων στο οριζόντιο επίπεδο:

Πλευρές	t1-t2		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	4,14E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,51E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,66E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,32E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,15E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,57E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,20E-05
T2-S16	0,004	0,003	8,10E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,84E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,55E-06
T5-S3	0,003	0,003	-8,85E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,70E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,19E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,22E-05

Πλευρές	t1-t3		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	4,26E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,49E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,66E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,56E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,45E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,61E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,19E-05
T2-S16	0,004	0,003	7,97E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,50E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,53E-06
T5-S3	0,003	0,004	-8,81E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,68E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,19E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,21E-05

Πλευρές	t1-t4		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	3,97E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,42E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,65E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,21E-06

T2-T5	0,006	0,002	-3,00E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,42E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,18E-05
T2-S16	0,004	0,003	8,06E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,99E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,50E-06
T5-S3	0,004	0,003	-8,87E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,75E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,18E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,21E-05

Πλευρές	t1-t5		
	$\sigma_{dx}(m)$	$\sigma_{dy}(m)$	$\sigma_{dx,dy}(m)$
T1-T2	0,002	0,004	4,13E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,44E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,65E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,36E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,18E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,46E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,19E-05
T2-S16	0,004	0,003	7,95E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,80E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,51E-06
T5-S3	0,003	0,003	-8,85E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,71E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,18E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,21E-05

Πλευρές	t2-t3		
	$\sigma_{dx}(m)$	$\sigma_{dy}(m)$	$\sigma_{dx,dy}(m)$
T1-T2	0,001	0,003	2,12E-06
T1-T4	0,001	0,002	1,29E-06
T1-T5	0,002	0,002	4,34E-06
T2-T4	0,002	0,001	-2,22E-06
T2-T5	0,004	0,001	-1,65E-06
T1-S11	0,001	0,004	-2,84E-06
T1-S23	0,002	0,003	6,04E-06
T2-S16	0,003	0,002	4,07E-06
T2-S23	0,004	0,001	8,38E-07
T5-S2	0,003	0,002	-4,28E-06
T5-S3	0,002	0,002	-4,41E-06
T5-S8	0,001	0,001	-8,41E-07
T5-S11	0,003	0,003	-5,99E-06

T5-S12	0,003	0,003	-6,11E-06
--------	-------	-------	-----------

Πλευρές	t2t4		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	4,07E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,49E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,66E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,33E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,15E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,52E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,19E-05
T2-S16	0,004	0,003	8,11E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,83E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,52E-06
T5-S3	0,004	0,004	-8,84E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,74E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,19E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,21E-05

Πλευρές	t2-t5		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	4,23E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,51E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,66E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,47E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,33E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,56E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,20E-05
T2-S16	0,004	0,003	7,99E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,64E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,53E-06
T5-S3	0,003	0,003	-8,82E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,69E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,19E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,21E-05

Πλευρές	t3-t4		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	4,19E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,47E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,66E-06

T2-T4	0,003	0,002	-4,56E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,45E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,56E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,18E-05
T2-S16	0,004	0,003	7,98E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,49E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,49E-06
T5-S3	0,004	0,004	-8,79E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,72E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,18E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,21E-05

Πλευρές	t3-t5		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	4,35E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,49E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,66E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,71E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,64E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,59E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,20E-05
T2-S16	0,004	0,003	7,86E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,29E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,51E-06
T5-S3	0,003	0,004	-8,78E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,67E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,19E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,21E-05

Πλευρές	t4-t5		
	σδdx(m)	σδdy(m)	σδdx,δdy(m)
T1-T2	0,002	0,004	4,06E-06
T1-T4	0,001	0,002	2,42E-06
T1-T5	0,003	0,003	8,65E-06
T2-T4	0,003	0,002	-4,36E-06
T2-T5	0,006	0,002	-3,18E-06
T1-S11	0,002	0,006	-5,41E-06
T1-S23	0,003	0,004	1,18E-05
T2-S16	0,004	0,003	7,95E-06
T2-S23	0,005	0,002	1,79E-06
T5-S2	0,004	0,003	-8,48E-06
T5-S3	0,004	0,003	-8,84E-06
T5-S8	0,001	0,002	-1,75E-06
T5-S11	0,004	0,004	-1,18E-05
T5-S12	0,004	0,004	-1,20E-05

Στοιχεία των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος της σχετικής μετακίνησης των κορυφών του δικτύου:

Πλευρές	t1-t2		
	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1-T2	0,004	0,001	19,4808
T1-T4	0,003	0,001	26,8998
T1-T5	0,004	0,001	56,1577
T2-T4	0,004	0,001	125,2689
T2-T5	0,006	0,002	107,1140
T1-S11	0,006	0,001	189,0448
T1-S23	0,005	0,001	39,8991
T2-S16	0,005	0,002	63,4402
T2-S23	0,005	0,002	95,3402
T5-S2	0,005	0,002	138,4807
T5-S3	0,005	0,002	149,9870
T5-S8	0,002	0,001	156,2424
T5-S11	0,005	0,002	142,1105
T5-S12	0,005	0,002	142,3505

Πλευρές	t1-t3		
	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1-T2	0,004	0,001	19,9384
T1-T4	0,003	0,001	26,8905
T1-T5	0,004	0,001	56,3122
T2-T4	0,004	0,001	125,7235
T2-T5	0,006	0,002	107,7378
T1-S11	0,006	0,001	188,9609
T1-S23	0,005	0,001	39,8278
T2-S16	0,005	0,002	64,6489
T2-S23	0,005	0,002	96,2312
T5-S2	0,005	0,002	138,6138
T5-S3	0,005	0,002	150,1133
T5-S8	0,002	0,001	156,0655
T5-S11	0,005	0,002	142,2605
T5-S12	0,005	0,002	142,5219

Πλευρές	t1-t4		
	σmax(m)	σmin(m)	α(grad)
T1-T2	0,004	0,001	19,1686
T1-T4	0,003	0,001	26,6539
T1-T5	0,004	0,001	56,2604
T2-T4	0,004	0,001	125,3579

T2-T5	0,006	0,002	106,7824
T1-S11	0,006	0,002	188,9136
T1-S23	0,005	0,001	39,8195
T2-S16	0,005	0,002	62,9572
T2-S23	0,005	0,002	94,9182
T5-S2	0,005	0,002	138,0520
T5-S3	0,005	0,002	149,4956
T5-S8	0,002	0,001	156,1152
T5-S11	0,005	0,002	141,6132
T5-S12	0,005	0,002	141,9106

Πλευρές	t1-t5		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,004	0,001	19,9671
T1-T4	0,003	0,001	27,0777
T1-T5	0,004	0,001	56,4341
T2-T4	0,004	0,001	125,4868
T2-T5	0,006	0,002	107,1596
T1-S11	0,006	0,001	188,9146
T1-S23	0,005	0,001	39,9871
T2-S16	0,005	0,002	63,5920
T2-S23	0,005	0,002	95,4321
T5-S2	0,005	0,002	138,0762
T5-S3	0,005	0,002	149,5682
T5-S8	0,002	0,001	156,1942
T5-S11	0,005	0,002	141,6361
T5-S12	0,005	0,002	141,9205

Πλευρές	t2-t3		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,003	0,001	19,2908
T1-T4	0,002	0,001	26,7346
T1-T5	0,003	0,001	55,9140
T2-T4	0,003	0,001	125,3706
T2-T5	0,004	0,001	107,4415
T1-S11	0,004	0,001	189,2085
T1-S23	0,004	0,001	39,8241
T2-S16	0,003	0,001	63,9899
T2-S23	0,004	0,001	95,7815
T5-S2	0,003	0,001	138,8932
T5-S3	0,003	0,001	150,3968
T5-S8	0,001	0,001	156,0888
T5-S11	0,004	0,001	142,6079
T5-S12	0,004	0,001	142,7959

t2-t4

Πλευρές	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,004	0,001	18,9838
T1-T4	0,003	0,001	26,4920
T1-T5	0,004	0,001	56,0164
T2-T4	0,004	0,001	125,4603
T2-T5	0,006	0,002	107,1120
T1-S11	0,006	0,002	189,0879
T1-S23	0,005	0,001	39,7439
T2-S16	0,005	0,002	63,5196
T2-S23	0,005	0,002	95,3652
T5-S2	0,005	0,002	138,4636
T5-S3	0,005	0,002	149,9029
T5-S8	0,002	0,001	155,9650
T5-S11	0,005	0,002	142,1147
T5-S12	0,005	0,002	142,3586

Πλευρές	t2-t5		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,004	0,001	19,7565
T1-T4	0,003	0,001	26,9010
T1-T5	0,004	0,001	56,1905
T2-T4	0,004	0,001	125,5833
T2-T5	0,006	0,002	107,4862
T1-S11	0,006	0,001	189,0877
T1-S23	0,005	0,001	39,9107
T2-S16	0,005	0,002	64,1488
T2-S23	0,005	0,002	95,8742
T5-S2	0,005	0,002	138,4874
T5-S3	0,005	0,002	149,9766
T5-S8	0,002	0,001	156,0407
T5-S11	0,005	0,002	142,1370
T5-S12	0,005	0,002	142,3683

Πλευρές	t3-t4		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,004	0,001	19,4427
T1-T4	0,003	0,001	26,4792
T1-T5	0,004	0,001	56,1711
T2-T4	0,004	0,001	125,9094
T2-T5	0,006	0,002	107,7360
T1-S11	0,006	0,002	189,0037
T1-S23	0,005	0,001	39,6715
T2-S16	0,005	0,002	64,7257

T2-S23	0,005	0,002	96,2580
T5-S2	0,005	0,002	138,5972
T5-S3	0,005	0,002	150,0289
T5-S8	0,002	0,001	155,7884
T5-S11	0,005	0,002	142,2652
T5-S12	0,005	0,002	142,5305

Πλευρές	t3-t5		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,004	0,001	20,2074
T1-T4	0,003	0,001	26,8917
T1-T5	0,004	0,001	56,3448
T2-T4	0,004	0,001	126,0151
T2-T5	0,006	0,002	108,1032
T1-S11	0,006	0,001	189,0040
T1-S23	0,005	0,001	39,8395
T2-S16	0,005	0,002	65,3595
T2-S23	0,005	0,002	96,7593
T5-S2	0,005	0,002	138,6209
T5-S3	0,005	0,002	150,1033
T5-S8	0,002	0,001	155,8603
T5-S11	0,005	0,002	142,2873
T5-S12	0,005	0,002	142,5402

Πλευρές	t4-t5		
	$\sigma_{max}(m)$	$\sigma_{min}(m)$	$\alpha(grad)$
T1-T2	0,004	0,001	19,4551
T1-T4	0,003	0,001	26,6550
T1-T5	0,004	0,001	56,2931
T2-T4	0,004	0,001	125,6789
T2-T5	0,006	0,002	107,1577
T1-S11	0,006	0,002	188,9584
T1-S23	0,005	0,001	39,8314
T2-S16	0,005	0,002	63,6725
T2-S23	0,005	0,002	95,4574
T5-S2	0,005	0,002	138,0577
T5-S3	0,005	0,002	149,4834
T5-S8	0,002	0,001	155,9190
T5-S11	0,005	0,002	141,6387
T5-S12	0,005	0,002	141,9273

Μονοδιάστατος έλεγχος σχετικής οριζόντιας μετακίνησης (συγκρίνονται για κάθε σχετική μετακίνηση των σημείων οι απόλυτες τιμές των μεγεθών δr και $\sigma_{\max \cdot z}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%):

Πλευρές	t1-t2		t1-t3		t1-t4		t1-t5	
	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$
T1-T2	0,0020	0,008	0,0081	0,008	0,0014	0,008	0,0104	0,008
T1-T4	0,0022	0,005	0,0072	0,005	0,0014	0,005	0,0051	0,005
T1-T5	0,0022	0,009	0,0054	0,009	0,0022	0,009	0,0058	0,009
T2-T4	0,0010	0,007	0,0036	0,007	0,0020	0,007	0,0064	0,007
T2-T5	0,0010	0,011	0,0051	0,011	0,0010	0,011	0,0106	0,011
T1-S11	0,0010	0,012	0,0100	0,012	0,0020	0,011	0,0100	0,011
T1-S23	0,0022	0,010	0,0104	0,010	0,0010	0,010	0,0081	0,010
T2-S16	0,0014	0,009	0,0050	0,009	0,0010	0,009	0,0061	0,009
T2-S23	0,0010	0,010	0,0072	0,010	0,0010	0,010	0,0076	0,010
T5-S2	0,0010	0,009	0,0045	0,009	0,0010	0,009	0,0092	0,009
T5-S3	0,0010	0,009	0,0058	0,009	0,0014	0,009	0,0089	0,009
T5-S8	0,0000	0,004	0,0036	0,004	0,0010	0,004	0,0045	0,004
T5-S11	0,0010	0,011	0,0000	0,011	0,0032	0,010	0,0036	0,010
T5-S12	0,0010	0,011	0,0071	0,011	0,0000	0,011	0,0092	0,011

Πλευρές	t2-t3		t2-t4		t2-t5		t3-t4	
	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$	$\delta r(m)$	$\sigma_{\max \cdot z(m)}$
T1-T2	0,0064	0,006	0,0014	0,008	0,0100	0,008	0,0078	0,008
T1-T4	0,0054	0,004	0,0010	0,005	0,0050	0,005	0,0058	0,005
T1-T5	0,0040	0,006	0,0032	0,009	0,0073	0,009	0,0071	0,009
T2-T4	0,0032	0,005	0,0010	0,007	0,0072	0,007	0,0030	0,007
T2-T5	0,0050	0,008	0,0020	0,011	0,0113	0,011	0,0054	0,011
T1-S11	0,0092	0,008	0,0022	0,012	0,0100	0,012	0,0113	0,012
T1-S23	0,0091	0,007	0,0028	0,010	0,0085	0,010	0,0114	0,010
T2-S16	0,0041	0,006	0,0022	0,009	0,0070	0,009	0,0051	0,009
T2-S23	0,0064	0,007	0,0014	0,010	0,0081	0,010	0,0067	0,010
T5-S2	0,0054	0,006	0,0014	0,009	0,0099	0,009	0,0041	0,009
T5-S3	0,0067	0,006	0,0010	0,009	0,0094	0,009	0,0063	0,009
T5-S8	0,0036	0,003	0,0010	0,004	0,0045	0,004	0,0032	0,004
T5-S11	0,0010	0,007	0,0030	0,011	0,0045	0,010	0,0032	0,011
T5-S12	0,0073	0,008	0,0010	0,011	0,0099	0,011	0,0071	0,011

Πλευρές	t3-t5		t4-t5	
	δdr(m)	σmax·z(m)	δdr(m)	σmax·z(m)
T1-T2	0,0072	0,008	0,0112	0,008
T1-T4	0,0051	0,005	0,0045	0,005
T1-T5	0,0073	0,009	0,0078	0,009
T2-T4	0,0071	0,007	0,0081	0,007
T2-T5	0,0085	0,011	0,0100	0,011
T1-S11	0,0081	0,012	0,0120	0,011
T1-S23	0,0076	0,010	0,0089	0,010
T2-S16	0,0072	0,009	0,0051	0,009
T2-S23	0,0095	0,010	0,0067	0,010
T5-S2	0,0054	0,009	0,0085	0,009
T5-S3	0,0051	0,009	0,0086	0,009
T5-S8	0,0010	0,004	0,0041	0,004
T5-S11	0,0036	0,011	0,0064	0,010
T5-S12	0,0050	0,011	0,0092	0,011

Διοδιάστατος έλεγχος-Στοιχεία σχετικών ελλείψεων (σύμφωνα με αυτόν, σχεδιάζονται οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος της σχετικής μετακίνησης των κορυφών του δικτύου προκειμένου να εξασφαλισθεί το επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %- οι ημιάξονες των ελλείψεων μεγενθύνονται κατά $\lambda = 2,447$):

Πλευρές	t1-t2				
	σmax(m)·λ	σmin(m)·λ	α(grad)	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	19,4808	0,000	0,002
T1-T4	0,007	0,002	26,8998	0,001	0,002
T1-T5	0,011	0,003	56,1577	0,001	0,002
T2-T4	0,009	0,002	125,2689	0,001	0,000
T2-T5	0,014	0,004	107,1140	0,001	0,000
T1-S11	0,015	0,004	189,0448	0,000	0,001
T1-S23	0,013	0,003	39,8991	0,001	0,002
T2-S16	0,011	0,004	63,4402	0,001	0,001
T2-S23	0,013	0,004	95,3402	0,001	0,000
T5-S2	0,011	0,004	138,4807	0,000	0,001
T5-S3	0,011	0,004	149,9870	0,000	0,001
T5-S8	0,005	0,002	156,2424	0,000	0,000
T5-S11	0,013	0,005	142,1105	0,000	0,001
T5-S12	0,013	0,005	142,3505	0,001	0,000

Πλευρές	t1-t3				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	19,9384	0,004	0,007
T1-T4	0,007	0,002	26,8905	0,006	0,004
T1-T5	0,011	0,003	56,3122	0,005	0,002
T2-T4	0,009	0,002	125,7235	0,002	0,003
T2-T5	0,014	0,004	107,7378	0,001	0,005
T1-S11	0,015	0,004	188,9609	0,006	0,008
T1-S23	0,013	0,004	39,8278	0,010	0,003
T2-S16	0,011	0,004	64,6489	0,005	0,000
T2-S23	0,013	0,004	96,2312	0,006	0,004
T5-S2	0,011	0,005	138,6138	0,002	0,004
T5-S3	0,011	0,005	150,1133	0,003	0,005
T5-S8	0,005	0,002	156,0655	0,003	0,002
T5-S11	0,013	0,005	142,2605	0,000	0,000
T5-S12	0,013	0,005	142,5219	0,001	0,007

Πλευρές	t1-t4				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	19,1686	0,001	0,001
T1-T4	0,007	0,002	26,6539	0,001	0,001
T1-T5	0,011	0,003	56,2604	0,002	0,001
T2-T4	0,009	0,002	125,3579	0,002	0,000
T2-T5	0,014	0,004	106,7824	0,001	0,000
T1-S11	0,014	0,004	188,9136	0,002	0,000
T1-S23	0,013	0,004	39,8195	0,001	0,000
T2-S16	0,011	0,004	62,9572	0,000	0,001
T2-S23	0,013	0,004	94,9182	0,000	0,001
T5-S2	0,011	0,004	138,0520	0,001	0,000
T5-S3	0,011	0,004	149,4956	0,001	0,001
T5-S8	0,005	0,002	156,1152	0,000	0,001
T5-S11	0,013	0,005	141,6132	0,003	0,001
T5-S12	0,013	0,005	141,9106	0,000	0,000

Πλευρές	t1-t5				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	19,9671	0,010	0,003
T1-T4	0,007	0,002	27,0777	0,005	0,001
T1-T5	0,011	0,003	56,4341	0,003	0,005
T2-T4	0,009	0,002	125,4868	0,005	0,004
T2-T5	0,014	0,004	107,1596	0,007	0,008

T1-S11	0,014	0,004	188,9146	0,010	0,001
T1-S23	0,013	0,003	39,9871	0,007	0,004
T2-S16	0,011	0,004	63,5920	0,001	0,006
T2-S23	0,013	0,004	95,4321	0,003	0,007
T5-S2	0,011	0,004	138,0762	0,007	0,006
T5-S3	0,011	0,004	149,5682	0,008	0,004
T5-S8	0,005	0,002	156,1942	0,004	0,002
T5-S11	0,013	0,005	141,6361	0,002	0,003
T5-S12	0,013	0,005	141,9205	0,006	0,007

Πλευρές	t2-t3				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,007	0,002	19,2908	0,004	0,005
T1-T4	0,005	0,001	26,7346	0,005	0,002
T1-T5	0,008	0,002	55,9140	0,004	0,000
T2-T4	0,006	0,001	125,3706	0,001	0,003
T2-T5	0,010	0,003	107,4415	0,000	0,005
T1-S11	0,010	0,003	189,2085	0,006	0,007
T1-S23	0,009	0,002	39,8241	0,009	0,001
T2-S16	0,008	0,003	63,9899	0,004	0,001
T2-S23	0,009	0,003	95,7815	0,005	0,004
T5-S2	0,008	0,003	138,8932	0,002	0,005
T5-S3	0,008	0,003	150,3968	0,003	0,006
T5-S8	0,004	0,002	156,0888	0,003	0,002
T5-S11	0,009	0,004	142,6079	0,000	0,001
T5-S12	0,009	0,004	142,7959	0,002	0,007

Πλευρές	t2-t4				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	18,9838	0,001	0,001
T1-T4	0,007	0,002	26,4920	0,000	0,001
T1-T5	0,011	0,003	56,0164	0,003	0,001
T2-T4	0,009	0,002	125,4603	0,001	0,000
T2-T5	0,014	0,004	107,1120	0,002	0,000
T1-S11	0,015	0,004	189,0879	0,002	0,001
T1-S23	0,013	0,004	39,7439	0,002	0,002
T2-S16	0,011	0,004	63,5196	0,001	0,002
T2-S23	0,013	0,004	95,3652	0,001	0,001
T5-S2	0,011	0,005	138,4636	0,001	0,001
T5-S3	0,011	0,005	149,9029	0,001	0,000
T5-S8	0,005	0,002	155,9650	0,000	0,001
T5-S11	0,013	0,005	142,1147	0,003	0,000
T5-S12	0,013	0,005	142,3586	0,001	0,000

Πλευρές	t2-t5				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	19,7565	0,010	0,001
T1-T4	0,007	0,002	26,9010	0,004	0,003
T1-T5	0,011	0,003	56,1905	0,002	0,007
T2-T4	0,009	0,002	125,5833	0,006	0,004
T2-T5	0,014	0,004	107,4862	0,008	0,008
T1-S11	0,015	0,004	189,0877	0,010	0,000
T1-S23	0,013	0,003	39,9107	0,006	0,006
T2-S16	0,011	0,004	64,1488	0,000	0,007
T2-S23	0,013	0,004	95,8742	0,004	0,007
T5-S2	0,011	0,004	138,4874	0,007	0,007
T5-S3	0,011	0,004	149,9766	0,008	0,005
T5-S8	0,005	0,002	156,0407	0,004	0,002
T5-S11	0,013	0,005	142,1370	0,002	0,004
T5-S12	0,013	0,005	142,3683	0,007	0,007

Πλευρές	t3-t4				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	19,4427	0,005	0,006
T1-T4	0,007	0,002	26,4792	0,005	0,003
T1-T5	0,011	0,003	56,1711	0,007	0,001
T2-T4	0,009	0,002	125,9094	0,000	0,003
T2-T5	0,014	0,004	107,7360	0,002	0,005
T1-S11	0,015	0,004	189,0037	0,008	0,008
T1-S23	0,013	0,004	39,6715	0,011	0,003
T2-S16	0,011	0,004	64,7257	0,005	0,001
T2-S23	0,013	0,004	96,2580	0,006	0,003
T5-S2	0,011	0,005	138,5972	0,001	0,004
T5-S3	0,011	0,005	150,0289	0,002	0,006
T5-S8	0,005	0,002	155,7884	0,003	0,001
T5-S11	0,013	0,005	142,2652	0,003	0,001
T5-S12	0,013	0,005	142,5305	0,001	0,007

Πλευρές	t3-t5				
	$\sigma_{\max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{\min}(m) \cdot \lambda$	$\sigma(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	20,2074	0,006	0,004
T1-T4	0,007	0,002	26,8917	0,001	0,005
T1-T5	0,011	0,003	56,3448	0,002	0,007
T2-T4	0,009	0,002	126,0151	0,007	0,001
T2-T5	0,014	0,004	108,1032	0,008	0,003
T1-S11	0,015	0,004	189,0040	0,004	0,007

T1-S23	0,013	0,004	39,8395	0,003	0,007
T2-S16	0,011	0,005	65,3595	0,004	0,006
T2-S23	0,013	0,004	96,7593	0,009	0,003
T5-S2	0,011	0,005	138,6209	0,005	0,002
T5-S3	0,011	0,005	150,1033	0,005	0,001
T5-S8	0,005	0,002	155,8603	0,001	0,000
T5-S11	0,013	0,005	142,2873	0,002	0,003
T5-S12	0,013	0,005	142,5402	0,005	0,000

Πλευρές	t4-t5				
	$\sigma_{max}(m) \cdot \lambda$	$\sigma_{min}(m) \cdot \lambda$	$\alpha(\text{grad})$	δdx	δdy
T1-T2	0,010	0,003	19,4551	0,011	0,002
T1-T4	0,007	0,002	26,6550	0,004	0,002
T1-T5	0,011	0,003	56,2931	0,005	0,006
T2-T4	0,009	0,002	125,6789	0,007	0,004
T2-T5	0,014	0,004	107,1577	0,006	0,008
T1-S11	0,014	0,004	188,9584	0,012	0,001
T1-S23	0,013	0,004	39,8314	0,008	0,004
T2-S16	0,011	0,004	63,6725	0,001	0,005
T2-S23	0,013	0,004	95,4574	0,003	0,006
T5-S2	0,011	0,004	138,0577	0,006	0,006
T5-S3	0,011	0,004	149,4834	0,007	0,005
T5-S8	0,005	0,002	155,9190	0,004	0,001
T5-S11	0,013	0,005	141,6387	0,005	0,004
T5-S12	0,013	0,005	141,9273	0,006	0,007

Παράρτημα 3.2: Κατακόρυφες μικρομετακινήσεις

Παράρτημα 3.2.1: Απόλυτες κατακόρυφες μικρομετακινήσεις

Μεταβολή υψομέτρων κορυφών δικτύου μεταξύ των 5 φάσεων:

Σημεία	δH(m)		
	t1-t2	t1-t3	t1-t4
T1	0,004	-0,001	-0,002
T2	0,004	0,001	0,002
T3	0,000	0,000	0,000
T4	0,004	0,001	-0,001
T5	0,002	-0,002	-0,002
S1	0,002	-0,001	-0,005
S2	0,002	-0,001	-0,003
S3	0,001	-0,002	-0,005
S4	0,001	-0,002	-0,004
S5	0,002	-0,001	-0,006
S6	0,001	0,000	-0,008
S7	0,001	-0,001	-0,004
S8	0,001	-0,002	-0,010
S9	0,001	-0,002	-0,006
S10	0,001	-0,001	-0,003
S11	0,000	-0,001	-0,004
S12	0,000	-0,002	-0,005
S13	0,001	-0,001	-0,004
S14	0,001	-0,001	-0,003
S15	0,000	-0,002	-0,004
S16	0,001	-0,001	-0,004
S17	0,001	-0,001	-0,003
S18	0,001	-0,001	-0,003
S19	0,002	-0,001	-
S20	0,001	0,000	-0,002
S21	0,001	-0,001	-0,002
S22	0,001	0,000	-0,002
S23	0,001	-0,001	-0,003

Σημεία	δH(m)		
	t1-t5	t2-t3	t2-t4
T1	0,001	-0,005	-0,006
T2	0,005	-0,003	-0,002
T3	0,000	0,000	0,000
T4	0,003	-0,003	-0,005
T5	0,000	-0,004	-0,004
S1	-0,001	-0,003	-0,007

S2	0,000	-0,003	-0,005
S3	-0,002	-0,003	-0,006
S4	-0,001	-0,003	-0,005
S5	-	-0,003	-0,008
S6	-	-0,001	-0,009
S7	-0,001	-0,002	-0,005
S8	-	-0,003	-0,011
S9	-0,001	-0,003	-0,007
S10	-0,001	-0,002	-0,004
S11	-0,001	-0,001	-0,004
S12	-0,002	-0,002	-0,005
S13	-0,001	-0,002	-0,005
S14	0,000	-0,002	-0,004
S15	-0,001	-0,002	-0,004
S16	0,000	-0,002	-0,005
S17	-0,002	-0,002	-0,004
S18	-0,001	-0,002	-0,004
S19	-	-0,003	-
S20	0,000	-0,001	-0,003
S21	0,000	-0,002	-0,003
S22	0,000	-0,001	-0,003
S23	-0,001	-0,002	-0,004

Σημεία	δH(m)		
	t2-t5	t3-t4	t3-t5
T1	-0,003	-0,001	0,002
T2	0,001	0,001	0,004
T3	0,000	0,000	0,000
T4	-0,001	-0,002	0,002
T5	-0,002	0,000	0,002
S1	-0,003	-0,004	0,000
S2	-0,002	-0,002	0,001
S3	-0,003	-0,003	0,000
S4	-0,002	-0,002	0,001
S5	-	-0,005	-
S6	-	-0,008	-
S7	-0,002	-0,003	0,000
S8	-	-0,008	-
S9	-0,002	-0,004	0,001
S10	-0,002	-0,002	0,000
S11	-0,001	-0,003	0,000
S12	-0,002	-0,003	0,000
S13	-0,002	-0,003	0,000
S14	-0,001	-0,002	0,001
S15	-0,001	-0,002	0,001

S16	-0,001	-0,003	0,001
S17	-0,003	-0,002	-0,001
S18	-0,002	-0,002	0,000
S19	-	-	-
S20	-0,001	-0,002	0,000
S21	-0,001	-0,001	0,001
S22	-0,001	-0,002	0,000
S23	-0,002	-0,002	0,000

Σημεία	δH(m)
	t4-t5
T1	0,003
T2	0,003
T3	0,000
T4	0,004
T5	0,002
S1	0,004
S2	0,003
S3	0,003
S4	0,003
S5	-
S6	-
S7	0,003
S8	-
S9	0,005
S10	0,002
S11	0,003
S12	0,003
S13	0,003
S14	0,003
S15	0,003
S16	0,004
S17	0,001
S18	0,002
S19	-
S20	0,002
S21	0,002
S22	0,002
S23	0,002

Αβεβαιότητα στη μεταβολή υψομέτρων κορυφών του δικτύου μεταξύ των 5 φάσεων:

Σημεία	$\sigma_{\delta H}$ (m)		
	t1-t2	t1-t3	t1-t4
T1	0,001	0,001	0,001
T2	0,001	0,001	0,001
T3	0,000	0,000	0,000
T4	0,001	0,001	0,001
T5	0,001	0,001	0,001
S1	0,001	0,001	0,001
S2	0,001	0,001	0,001
S3	0,001	0,001	0,001
S4	0,001	0,001	0,001
S5	0,001	0,001	0,001
S6	0,001	0,001	0,001
S7	0,001	0,001	0,001
S8	0,001	0,001	0,001
S9	0,001	0,001	0,001
S10	0,001	0,001	0,001
S11	0,001	0,001	0,001
S12	0,001	0,001	0,001
S13	0,001	0,001	0,001
S14	0,001	0,001	0,001
S15	0,001	0,001	0,001
S16	0,001	0,001	0,001
S17	0,001	0,001	0,001
S18	0,001	0,001	0,001
S19	0,001	0,001	-
S20	0,001	0,001	0,001
S21	0,001	0,001	0,001
S22	0,001	0,001	0,001
S23	0,001	0,001	0,001

Σημεία	$\sigma_{\delta H}$ (m)		
	t1-t5	t2-t3	t2-t4
T1	0,001	0,001	0,001
T2	0,001	0,001	0,001
T3	0,000	0,000	0,000
T4	0,001	0,001	0,001
T5	0,001	0,001	0,001
S1	0,001	0,001	0,001
S2	0,001	0,001	0,001
S3	0,001	0,001	0,001
S4	0,001	0,001	0,001
S5	-	0,001	0,001

S6	-	0,001	0,001
S7	0,001	0,001	0,001
S8	-	0,001	0,001
S9	0,001	0,001	0,001
S10	0,001	0,001	0,001
S11	0,001	0,001	0,001
S12	0,001	0,001	0,001
S13	0,001	0,001	0,001
S14	0,001	0,001	0,001
S15	0,001	0,001	0,001
S16	0,001	0,001	0,001
S17	0,001	0,001	0,001
S18	0,001	0,001	0,001
S19	-	0,001	-
S20	0,001	0,001	0,001
S21	0,001	0,001	0,001
S22	0,001	0,001	0,001
S23	0,001	0,001	0,001

Σημεία	$\sigma_{\delta H}$ (m)		
	t2-t5	t3-t4	t3-t5
T1	0,001	0,001	0,001
T2	0,001	0,001	0,001
T3	0,000	0,000	0,000
T4	0,001	0,001	0,001
T5	0,001	0,001	0,001
S1	0,001	0,001	0,001
S2	0,001	0,001	0,001
S3	0,001	0,001	0,001
S4	0,001	0,001	0,001
S5	-	0,001	-
S6	-	0,001	-
S7	0,001	0,001	0,001
S8	-	0,001	-
S9	0,001	0,001	0,001
S10	0,001	0,001	0,001
S11	0,001	0,001	0,001
S12	0,001	0,001	0,001
S13	0,001	0,001	0,001
S14	0,001	0,001	0,001
S15	0,001	0,001	0,001
S16	0,001	0,001	0,001
S17	0,001	0,001	0,001
S18	0,001	0,001	0,001
S19	-	-	-

S20	0,001	0,001	0,001
S21	0,001	0,001	0,001
S22	0,001	0,001	0,001
S23	0,001	0,001	0,001

Σημεία	$\sigma_{\delta H}$ (m) t4-t5
T1	0,001
T2	0,001
T3	0,000
T4	0,001
T5	0,001
S1	0,001
S2	0,001
S3	0,001
S4	0,001
S5	-
S6	-
S7	0,001
S8	-
S9	0,001
S10	0,001
S11	0,001
S12	0,001
S13	0,001
S14	0,001
S15	0,001
S16	0,001
S17	0,001
S18	0,001
S19	-
S20	0,001
S21	0,001
S22	0,001
S23	0,001

Μονοδιάστατος έλεγχος κατακόρυφης απόλυτης μετακίνησης κορυφών του δικτύου (συγκρίνονται οι απόλυτες τιμές των δH και των αντίστοιχων $\sigma_{\delta H}$, πολλαπλασιασμένων με το συντελεστή z που για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ισούται με 1,96):

Σημεία	t1-t2		t1-t3		t1-t4		t1-t5	
	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$
T1	0,004	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003	0,001	0,003
T2	0,004	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003	0,005	0,003
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,004	0,003	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003
T5	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,000	0,003
S1	0,002	0,003	0,001	0,003	0,005	0,003	0,001	0,003
S2	0,002	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003	0,000	0,003
S3	0,001	0,003	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003
S4	0,001	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003
S5	0,002	0,003	0,001	0,003	0,006	0,003	-	-
S6	0,001	0,003	0,000	0,003	0,008	0,003	-	-
S7	0,001	0,003	0,001	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003
S8	0,001	0,003	0,002	0,003	0,010	0,003	-	-
S9	0,001	0,003	0,002	0,003	0,006	0,003	0,001	0,003
S10	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003
S11	0,000	0,003	0,001	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003
S12	0,000	0,003	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003
S13	0,001	0,003	0,001	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003
S14	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003	0,000	0,003
S15	0,000	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003
S16	0,001	0,003	0,001	0,003	0,004	0,003	0,000	0,003
S17	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003
S18	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003
S19	0,002	0,003	0,001	0,003	-	-	-	-
S20	0,001	0,003	0,000	0,003	0,002	0,003	0,000	0,003
S21	0,001	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003	0,000	0,003
S22	0,001	0,003	0,000	0,003	0,002	0,003	0,000	0,003
S23	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003

Σημεία	t2-t3		t2-t4		t2-t5		t3-t4	
	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$
T1	0,005	0,003	0,006	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003
T2	0,003	0,003	0,002	0,003	0,001	0,003	0,001	0,003
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,003	0,003	0,005	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003
T5	0,004	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003	0,000	0,003
S1	0,003	0,003	0,007	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003
S2	0,003	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003

S3	0,003	0,003	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
S4	0,003	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003
S5	0,003	0,003	0,008	0,003	-	-	0,005	0,003
S6	0,001	0,003	0,009	0,003	-	-	0,008	0,003
S7	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
S8	0,003	0,003	0,011	0,003	-	-	0,008	0,003
S9	0,003	0,003	0,007	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003
S10	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003
S11	0,001	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003
S12	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
S13	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
S14	0,002	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003
S15	0,002	0,003	0,004	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003
S16	0,002	0,003	0,005	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003
S17	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003
S18	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003
S19	0,003	0,003	-	-	-	-	-	-
S20	0,001	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003
S21	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003	0,001	0,003
S22	0,001	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003
S23	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003

Σημεία	t3-t5		t4-t5	
	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$	$\delta H(m)$	$\sigma_{\delta H} \cdot z(m)$
T1	0,002	0,003	0,003	0,003
T2	0,004	0,003	0,003	0,003
T3	0,000	0,000	0,000	0,000
T4	0,002	0,003	0,004	0,003
T5	0,002	0,003	0,002	0,003
S1	0,000	0,003	0,004	0,003
S2	0,001	0,003	0,003	0,003
S3	0,000	0,003	0,003	0,003
S4	0,001	0,003	0,003	0,003
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	0,000	0,003	0,003	0,003
S8	-	-	-	-
S9	0,001	0,003	0,005	0,003
S10	0,000	0,003	0,002	0,003
S11	0,000	0,003	0,003	0,003
S12	0,000	0,003	0,003	0,003
S13	0,000	0,003	0,003	0,003
S14	0,001	0,003	0,003	0,003
S15	0,001	0,003	0,003	0,003
S16	0,001	0,003	0,004	0,003

S17	0,001	0,003	0,001	0,003
S18	0,000	0,003	0,002	0,003
S19	-	-	-	-
S20	0,000	0,003	0,002	0,003
S21	0,001	0,003	0,002	0,003
S22	0,000	0,003	0,002	0,003
S23	0,000	0,003	0,002	0,003

Παράρτημα 3.2.2: Σχετικές κατακόρυφες μικρομετακινήσεις

Υψομετρικές διαφορές επιλεγμένων πλευρών σε κάθε φάση:

Πλευρές	dH (m)				
	t1	t2	t3	t4	t5
T1-T2	2,335	2,335	2,337	2,339	2,339
T1-T4	0,520	0,520	0,522	0,521	0,522
T1-T5	0,580	0,578	0,579	0,580	0,579
T2-T4	-1,815	-1,815	-1,815	-1,818	-1,817
T2-T5	-1,755	-1,757	-1,758	-1,759	-1,760
T1-S11	0,371	0,367	0,371	0,369	0,369
T1-S23	0,294	0,291	0,294	0,293	0,292
T2-S16	0,400	0,397	0,398	0,394	0,395
T2-S23	-2,041	-2,044	-2,043	-2,046	-2,047
T5-S2	-1,581	-1,581	-1,580	-1,582	-1,581
T5-S3	-1,566	-1,567	-1,566	-1,569	-1,568
T5-S8	-1,466	-1,467	-1,466	-1,474	-
T5-S11	-0,209	-0,211	-0,208	-0,211	-0,210
T5-S12	-1,123	-1,125	-1,123	-1,126	-1,125

Μεταβολή υψομετρικών διαφορών επιλεγμένων πλευρών από φάση σε φάση:

Πλευρές	δdH (m)				
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3
T1-T2	0,000	0,002	0,004	0,004	0,002
T1-T4	0,000	0,002	0,001	0,002	0,002
T1-T5	-0,002	-0,001	0,000	-0,001	0,001
T2-T4	0,000	0,000	-0,003	-0,002	0,000
T2-T5	-0,002	-0,003	-0,004	-0,005	-0,001
T1-S11	-0,004	0,000	-0,002	-0,002	0,004
T1-S23	-0,003	0,000	-0,001	-0,002	0,003
T2-S16	-0,003	-0,002	-0,006	-0,005	0,001
T2-S23	-0,003	-0,002	-0,005	-0,006	0,001
T5-S2	0,000	0,001	-0,001	0,000	0,001
T5-S3	-0,001	0,000	-0,003	-0,002	0,001

T5-S8	-0,001	0,000	-0,008	-	0,001
T5-S11	-0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,003
T5-S12	-0,002	0,000	-0,003	-0,002	0,002

Πλευρές	δdH (m)				
	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
T1-T2	0,004	0,004	0,002	0,002	0,000
T1-T4	0,001	0,002	-0,001	0,000	0,001
T1-T5	0,002	0,001	0,001	0,000	-0,001
T2-T4	-0,003	-0,002	-0,003	-0,002	0,001
T2-T5	-0,002	-0,003	-0,001	-0,002	-0,001
T1-S11	0,002	0,002	-0,002	-0,002	0,000
T1-S23	0,002	0,001	-0,001	-0,002	-0,001
T2-S16	-0,003	-0,002	-0,004	-0,003	0,001
T2-S23	-0,002	-0,003	-0,003	-0,004	-0,001
T5-S2	-0,001	0,000	-0,002	-0,001	0,001
T5-S3	-0,002	-0,001	-0,003	-0,002	0,001
T5-S8	-0,007	-	-0,008	-	-
T5-S11	0,000	0,001	-0,003	-0,002	0,001
T5-S12	-0,001	0,000	-0,003	-0,002	0,001

Αβεβαιότητα μεταβολής υψομετρικών διαφορών επιλεγμένων πλευρών από φάση σε φάση:

Πλευρές	σδdH(m)				
	t1-t2	t1-t3	t1-t4	t1-t5	t2-t3
T1-T2	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T1-T4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T1-T5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-T4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-T5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T1-S11	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T1-S23	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-S16	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-S23	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S2	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S3	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S8	0,002	0,002	0,002	-	0,002
T5-S11	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S12	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Πλευρές	σδδH(m)				
	t2-t4	t2-t5	t3-t4	t3-t5	t4-t5
T1-T2	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T1-T4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T1-T5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-T4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-T5	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
T1-S11	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T1-S23	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-S16	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T2-S23	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S2	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S3	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S8	0,002	-	0,002	-	-
T5-S11	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
T5-S12	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Μονοδιάστατος έλεγχος κατακόρυφης σχετικής μετακίνησης κορυφών δικτύου (συγκρίνονται οι απόλυτες τιμές των μεταβολών των επιλεγμένων υψομετρικών διαφορών δδH με το σδδH το οποίο μεγενθύνεται κατά $z=1,96$ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% :

Πλευρές	t1-t2		t1-t3		t1-t4		t1-t5	
	δδH	σδδH·z	δδH	σδδH·z	δδH	σδδH·z	δδH	σδδH·z
T1-T2	0,000	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
T1-T4	0,000	0,004	0,002	0,004	0,001	0,004	0,002	0,004
T1-T5	0,002	0,004	0,001	0,004	0,000	0,003	0,001	0,004
T2-T4	0,000	0,004	0,000	0,004	0,003	0,004	0,002	0,004
T2-T5	0,002	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004
T1-S11	0,004	0,004	0,000	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004
T1-S23	0,003	0,004	0,000	0,004	0,001	0,004	0,002	0,004
T2-S16	0,003	0,004	0,002	0,004	0,006	0,004	0,005	0,004
T2-S23	0,003	0,004	0,002	0,004	0,005	0,004	0,006	0,004
T5-S2	0,000	0,004	0,001	0,004	0,001	0,004	0,000	0,004
T5-S3	0,001	0,004	0,000	0,004	0,003	0,004	0,002	0,004
T5-S8	0,001	0,004	0,000	0,004	0,008	0,004	-	-
T5-S11	0,002	0,004	0,001	0,004	0,002	0,004	0,001	0,004
T5-S12	0,002	0,004	0,000	0,004	0,003	0,004	0,002	0,004

Πλευρές	t2-t3		t2-t4		t2-t5		t3-t4	
	δdH	σδdH·z	δdH	σδdH·z	δdH	σδdH·z	δdH	σδdH·z
T1-T2	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,004
T1-T4	0,002	0,004	0,001	0,004	0,002	0,004	0,001	0,004
T1-T5	0,001	0,004	0,002	0,004	0,001	0,004	0,001	0,004
T2-T4	0,000	0,004	0,003	0,004	0,002	0,004	0,003	0,004
T2-T5	0,001	0,004	0,002	0,004	0,003	0,005	0,001	0,004
T1-S11	0,004	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004
T1-S23	0,003	0,004	0,002	0,004	0,001	0,004	0,001	0,004
T2-S16	0,001	0,004	0,003	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004
T2-S23	0,001	0,004	0,002	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004
T5-S2	0,001	0,004	0,001	0,004	0,000	0,004	0,002	0,004
T5-S3	0,001	0,004	0,002	0,004	0,001	0,004	0,003	0,004
T5-S8	0,001	0,004	0,007	0,004	-	-	0,008	0,004
T5-S11	0,003	0,004	0,000	0,004	0,001	0,004	0,003	0,004
T5-S12	0,002	0,004	0,001	0,004	0,000	0,004	0,003	0,004

Πλευρές	t3-t5		t4-t5	
	δdH	σδdH·z	δdH	σδdH·z
T1-T2	0,002	0,004	0,000	0,004
T1-T4	0,000	0,004	0,001	0,004
T1-T5	0,000	0,004	0,001	0,004
T2-T4	0,002	0,004	0,001	0,004
T2-T5	0,002	0,004	0,001	0,004
T1-S11	0,002	0,004	0,000	0,004
T1-S23	0,002	0,004	0,001	0,004
T2-S16	0,003	0,004	0,001	0,004
T2-S23	0,004	0,004	0,001	0,004
T5-S2	0,001	0,004	0,001	0,004
T5-S3	0,002	0,004	0,001	0,004
T5-S8	-	-	-	-
T5-S11	0,002	0,004	0,001	0,004
T5-S12	0,002	0,004	0,001	0,004

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ευχρηστικά:

1. Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ.: «Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις Ι», Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2001
2. Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ.: «Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις ΙΙ», Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2005
3. Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ., Μπαλοδήμος Δ.-Δ.: «Εισαγωγή στη γεωδαισία», Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 1988
4. Αραμπατζή Ο.-Α.: «Διερεύνηση των Μεθοδολογιών Προσδιορισμού Κατακόρυφης Θέσης Σημείου σε Έργα Μηχανικού – Εφαρμογές στον Ελλαδικό Χώρο», διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2007
5. Γεωργόπουλος Γ.-Δ.: «Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας – Μελέτη Παραμορφώσεων Περιορισμένου Πεδίου», Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2005
6. Καϊμάρα Ε.: «Πάμε στον Περίπατο της Ακρόπολης – Οδοιπορικό του Εκπαιδευτικού», Υπουργείο Πολιτισμού, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Α' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων – Τομέας Ενημέρωσης και Εκπαίδευσης
7. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Σταθάς Δ.: «Γεωδαιτικά Όργανα και Μέθοδοι Μέτρησης Γωνιών και Μηκών», Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 1993
8. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αραμπατζή Ο.-Α.: «Υψομετρία», Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2004
9. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ., Αραμπατζή Ο.-Α., Σταθάς Δ.: «Γεωδαιτικά Δίκτυα Ελέγχου Βιομηχανικών Παραγωγών – Εφαρμογή σε Σκάφος του Π-Ν», Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, Σειρά Ι, τεύχ. 1, σελ. 135-144
10. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ., Σταθάς Δ., Δογγούρης Σ., Λάμπρου Ε.: «Προσδιορισμός και Υλοποίηση με Γεωδαιτική Μεθοδολογία του Βασικού Άξονα Αναφοράς σε Υποβρύχιο», Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, Σειρά Ι, τόμ. 19, τεύχ. 3, σελ. 103-111
11. Μητσακάκη Χ. Σταθάς Δ., «Έλεγχος Αξιοπιστίας Γεωδαιτικού Δικτύου για Μελέτη Μικρομετακινήσεων στην Περιοχή του Φράγματος Μόρνου», Τεχν. Χρον. Α., Τομ. 3, Τεύχος 1-4, 1983

- 12.Αγάτζα-Μπαλοδήμου Α.Μ., «Πρόγραμμα Προσδιορισμού Πιθανών Μικρομετακινήσεων στην Περιοχή του Φράγματος Μόρνου», Τεχνική Έκθεση, Εργαστήριο Αν. Γεωδαισίας, Ε.Μ.Π., 1976
- 13.Baarda. W., «Testing Procedure for Use in Geodetic Commission», Publ. on Geodesy, New Series, Vol. 2, No 5, Delf
- 14.Chen. Y. «Analysis of Deformation Surveys- A Generalised Method», Dept. of Surveying Eng., Univ. of New Brunswick, Tech. Rep. No 94, Fredericton N.B., 1983
- 15.Pelzer H., «Zur Analyse geodatischer Deformationsmessungen», Deutsche Geod. Komm. Reihe C. , Nr. 164, Munchen 1971
- 16.Van Mierlo J., «Statistical Analysis of Geodetic Networks Designed of Crustal Movements Progress in Geodynamics», pp.52-61, North Holland, Amsterdam 1975
17. Μητσακάκη Χ., «Ανάπτυξη της Μεθοδολογίας για μελέτες παραμορφώσεων σε δισδιάστατο χώρο με γεωδαιτικά στοιχεία», Διδ. Διατριβή, Ε.Μ.Π., 1986
- 18.Agatza-Balodimou A.M., Mitsakaki C., «Deformation in studies in the Mornos Dam Area», Survey Review, Vol.28, No 217, 1985
19. Agatza-Balodimou A.M., Mitsakaki C., «Effect of Systematic Errors of the reference Surface with the Geod for the Hellenic Region via Deformation Analysis», Survey Review, Vol.30, No 232, 1989
- 20.Αγάτζα-Μπαλοδήμου Α.Μ., «Παραμορφώσεις γεωδαιτικών δικτύων οριζοντίου ελέγχου που οφείλονται στην παραδοχή της ταύτισης του γεωειδούς με το ελλειψοειδές αναφοράς», Μελέτη στον Ελληνικό χώρο, Διατριβή, Ε.Μ.Π., 1990
- 21.Balodimos D.D., «Geoidal Studies in Greece», Dr.Phil. Thesis, Oxford 1972
- 22.Dare P. J., «Strength Analysis of Horizontal Networks Using Strain», Survey Science, Univ. of Toronto 1983
- 23.Lahmayer Intern. Consultng Engineers, 1976, Mornos DamProject, Report Athens

Ιστοτόπων:

1. www.archdiocese.gr, Ιερά Αρχιεπισκοπή Αθηνών
2. www.cityofathens.gr, Ο επίσημος ιστότοπος της πόλης της Αθήνας
3. www.culture.gr, Υπουργείο Πολιτισμού
4. www.eie.gr, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών
5. www.hri.org, Hellenic Resources Network
6. www.leica-geosystems.com, Leica Geosystems
7. www.mfa.gr, Υπουργείο Εξωτερικών
8. www.naali.fi, Machine installation and measurement service for industrial demand
9. ysma.culture.gr, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης
10. www-group.slac.stanford.edu