

Επίλυση Δικτύου Μόνιμων Σταθμών GPS στον  
Ελλαδικό χώρο

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΔΗΜΑΔΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑΣ



Επιβλέπων καθηγητής: Πατλάκης Κωνσταντίνος

Σέρρες, Σεπτέμβριος 2011

## Περίληψη

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης πετυχητής εργασίας πραγματοποιήθηκε μελέτη, επεξεργασία και υλοποίηση μιας εφαρμογής η οποία στηρίζεται στην δημιουργία ενός δικτύου με μόνιμους γεωδαιτικούς σταθμούς. Ουσιαστικά δημιουργήθηκε ένα δίκτυο μόνιμων γεωδαιτικών σταθμών και πραγματοποιήθηκε η επίλυση του. Τα τελικά αποτελέσματα επεξεργάστηκαν και προέκυψαν συμπεράσματα για την ορθή επίλυση ενός δικτύου με όσον το δυνατόν λιγότερα σφάλματα.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης πετυχητής εργασίας πραγματοποιήθηκε μελέτη, επεξεργασία και υλοποίηση μιας εφαρμογής η οποία στηρίζεται στην δημιουργία ενός δικτύου με μόνιμους γεωδαιτικούς σταθμούς. Ουσιαστικά δημιουργήθηκε ένα δίκτυο μόνιμων γεωδαιτικών σταθμών και πραγματοποιήθηκε η επίλυση του. Τα τελικά αποτελέσματα επεξεργάστηκαν και προέκυψαν συμπεράσματα για την ορθή επίλυση ενός δικτύου με όσον το δυνατόν λιγότερα σφάλματα.

Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη των γεωδαιτικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης έχει συμβάλει σημαντικά σε επιστημονικές, εμπορικές και επαγγελματικές εφαρμογές. Συγκεκριμένα η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, ο εύκολος χειρισμός και το μικρό κόστος λειτουργίας είναι τα θετικά χαρακτηριστικά ενός γεωδαιτικού συστήματος προσδιορισμού θέσης. Σε περιπτώσεις αποτύπωσης μεγάλων εκτάσεων όπου ο ορίζοντας είναι ανοιχτός και ανάμεσα στους δέκτες και τους δορυφόρους δεν παρεμβάλλονται εμπόδια η χρήση γεωδαιτικών συστημάτων θέσης συμφέρει λόγω κόστους αλλά και λόγω χρόνου. Έτσι λοιπόν κρίνεται απαραίτητη η επίλυση ενός δικτύου με ανάλογα αποτελέσματα όμοια με αυτά της επίλυση με τον κλασικό γεωδαιτικό τρόπο. Πάνω σε αυτό το σκεπτικό στηρίχθηκε η εργασία και έγινε ανάλυση και επεξήγηση όλης της διαδικασίας της συνόρθωσης.

Η χρήση των παγκόσμιων δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης και προσδιορισμού θέσης έχει εξαπλωθεί και γενικευτεί σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία 15 χρόνια, έχοντας επικρατήσει σε πολλές εφαρμογές τόσο επιστημονικών πεδίων όσο και της καθημερινότητας. Σε τέτοιες εφαρμογές απαιτούνται πληροφορίες και δεδομένα τα οποία δίδονται πολλές φορές δωρεάν μέσω διαδικτύου. Οι πληροφορίες προμηθεύονται μέσω δικτύων των μόνιμων γεωδαιτικών σταθμών. Τα δίκτυα αυτά μπορεί να είναι παγκόσμια, ευρωπαϊκά και τοπικά ανάλογα με την χώρα εγκατάστασης του κάθε σταθμού. Ενώ η επίλυση ενός δικτύου με επιλογή μόνιμων γεωδαιτικών σταθμών απαιτεί την ύπαρξη ενός λογισμικού επεξεργασίας και εξαγωγής δεδομένων. Ένα τέτοιο λογισμικό χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία το LEICA Geo Office.

Αναλυτικότερα στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται πληροφορίες για τα 3 συστήματα προσδιορισμού θέσης: το παγκόσμιο GPS, το ευρωπαϊκό Galileo και της πρώην Σοβιετικής Ένωσης GLONASS. Όσον αφορά το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS γίνεται μεγαλύτερη ανάλυση και περιγράφονται όλα τα χαρακτηριστικά και οι παράμετροι του, ενώ για το ευρωπαϊκό σύστημα προσδιορισμού θέσης Galileo δίνονται πληροφορίες για την εκτόξευση των πρώτων δορυφόρων και την εξέλιξη του μέχρι σήμερα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι έννοιες των συστημάτων και πλαισίων αναφοράς αλλά και η σχέση που υπάρχει μεταξύ τους. Αναλύονται το παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και τοπικό σύστημα αναφοράς αλλά και τα αντίστοιχα πλαίσια τους. Παράλληλα γίνεται περιγραφή των παγκόσμιων, ευρωπαϊκών και τοπικών δικτύων

μόνιμων γεωδαιτικών σταθμών. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την συνόρθωση του δικτύου και όλη η διαδικασία που ακολουθήθηκε για το σχηματισμό του δικτύου και την ανάκτηση των δεδομένων GPS. Συγκεκριμένα αναφέρονται ποιοι σταθμοί χρησιμοποιήθηκαν, για ποιο λόγο και τα βήματα της εφαρμογής. Στο τέταρτο κεφάλαιο και τελευταίο φαίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του δικτύου και τα αντίστοιχα διαγράμματα. Επιπλέον γίνεται επεξήγηση και σχολιασμός αυτών και τελικώς προκύπτουν συμπεράσματα με βάση τα διαγράμματα και τα αποτελέσματα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	10
ΠΙΝΑΚΑΣ.....	1
1.0 Το Πνευματικό Σύνταγμα (ΠΝΣ) και η χρήση του GPS.....	3
1.1.1 Δομή των Διαφορικών Συστημάτων GPS.....	3
1.1.2 Το Διαφορικό Συστήμα.....	3
1.1.3 Μέτρηση και Τεχνικές Μετρήσεων GPS.....	5
1.1.4 Σφάλματα στα Διαφορικά GPS.....	7
1.1.5 Γεωμετρικά Σφάλματα και παραμετροποίηση Διαφορικών Συστημάτων.....	11
1.1.6 Ελαστικές Διαφορικές Τεχνικές.....	14
1.1.7 Διαφορική Τεχνική και Διαφορική Επίλυση GPS.....	17
1.1.8 Διαφορική Συστήματα (KINEMATIC και Static).....	20
1.1.9 Το Διαφορικό Συστήμα (KINEMATIC).....	21
1.1.10 Το Διαφορικό Συστήμα (Static).....	22
2.0 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΟΥΝΑΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΤΥΧΗΤΑΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑ.....	26
2.1 Συστήματα επί σταθμών Διαφορικών.....	28
2.1.1 Διαφορική και Συστήματα Διαφορικών.....	28
2.1.2 Συστήματα Διαφορικών και Συστήματα επί σταθμών.....	30
2.2 Συστήματα Διαφορικών Συστημάτων GPS.....	30
2.2.1 Διαφορική Επίλυση Διαφορικών Συστημάτων επί σταθμών.....	30
2.2.2 Διαφορική Επίλυση Διαφορικών Συστημάτων επί σταθμών (KINEMATIC).....	31
2.2.3 Διαφορική Επίλυση Διαφορικών Συστημάτων GPS.....	37
3.0 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΩΝ GPS.....	41
3.1 Εφαρμογή GPS Διαφορικών.....	41
3.2 Εφαρμογή GPS Διαφορικών.....	41

# Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	III
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Το ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ - GPS	2
1.1.1 Δομή του δορυφορικού συστήματος GPS	3
1.1.2 Το δορυφορικό σήμα	5
1.1.3 Μέθοδοι και Τεχνικές Μετρήσεων GPS	5
1.1.4 Σφάλματα στις παρατηρήσεις GPS	7
1.1.5 Γραμμικοί Συνδυασμοί παρατηρήσεων διαφορετικών φορέων	13
1.1.6 Εφημερίδες Δορυφορικών Τροχιών	16
1.1.7 Χαρακτηριστικά και Βαθμολόγηση Κεραιών GPS	17
1.2 Τα Δορυφορικά Συστήματα GLONASS και GALILEO	20
1.2.1 Το Δορυφορικό Σύστημα Galileo	20
1.2.2 Το Δορυφορικό Σύστημα GLONASS	22
ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	24
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	24
2.1.1 Παγκόσμια και Ευρωπαϊκά Συστήματα Αναφοράς	25
2.1.2 Σύστημα Αναφοράς που Χρησιμοποιείται στην Ελλάδα	28
2.2 ΔΙΚΤΥΑ ΜΟΝΙΜΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ GPS	29
2.2.1 Παγκόσμιο Δίκτυο Μόνιμων Σταθμών της IGS	29
2.2.2 Ευρωπαϊκό Δίκτυο Μόνιμων Σταθμών της EUREF (EPN)	33
2.2.3 Ελληνικά Δίκτυα Μόνιμων Σταθμών GPS	37
ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΔΙΚΤΥΟΥ GPS	49
3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ	49
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΙΜΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΥΤΙ	53

3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	55
<b>ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ GPS .....</b>	<b>59</b>
4.1 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LGO ΚΑΙ Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΡΟΠΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ GPS.....	59
4.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΒΑΣΕΙΣ .....	62
4.2.1 Επίλυση Δικτύου με τη χρήση Τροποσφαιρικού Μοντέλου.....	62
4.2.2 Επίλυση Δικτύου χωρίς τη χρήση Τροποσφαιρικού Μοντέλου.....	70
4.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΒΑΣΕΙΣ .....	75
4.3.1 Επίλυση Δικτύου με τη χρήση Τροποσφαιρικού Μοντέλου.....	75
4.3.2 Επίλυση Δικτύου χωρίς τη χρήση Τροποσφαιρικού Μοντέλου.....	77
4.4 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟ HTRS07 ΣΤΟ ΕΓΣΑ87 .....	80
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>82</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>84</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....</b>	<b>86</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....</b>	<b>105</b>



