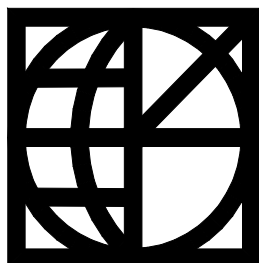


**ΚΕΝΤΡΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΔΙΟΝΥΣΟΥ    DIONYSOS SATELLITE OBSERVATORY**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ    ΕΜΠ    DEPARTMENT OF SURVEYING    NTUA**

**ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ GPS ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ  
ΑΠΟ ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΚΕΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΖΑΒΑΡΑΣ**



**ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010**



---

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί την Διπλωματική Εργασία μου για την ολοκλήρωση των σπουδών μου στην σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το αντικείμενο μελέτης της είναι η "Επεξεργασία Παρατηρήσεων GPS και Σύγκριση Αποτελεσμάτων από Δύο Διαφορετικά Πακέτα Προγραμμάτων Υψηλής Ακρίβειας". Το λογισμικό επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Gamit/Globk, το οποίο είναι ένα ανοιχτού κώδικα ελεύθερο λογισμικό που λειτουργεί σε περιβάλλον UNIX/Linux. Η ενασχόληση μου με τα προγράμματα ανοιχτού κώδικα αλλά και με το περιβάλλον λογισμικού Linux άρχισε πριν από 2.5 χρόνια περίπου, όντας ενθουσιασμένος με τις δυνατότητες που παρέχει το ελεύθερο λογισμικό αλλά και η σταθερότητα ενός Linux λειτουργικού συστήματος. Η διανομή που χρησιμοποιώ κυρίως είναι η Ubuntu, στην οποία πραγματοποιήθηκε όλη η επεξεργασία που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία.

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας υπήρξαν κάποια άτομα χωρίς την βοήθεια των οποίων δεν θα ήταν εφικτή η πραγματοποίηση του εγχειρήματος αυτού.

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτριο Παραδείση, καθηγητή του ΕΜΠ, για την ανάθεση και την επίβλεψη της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας, καθώς και για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου.

Ευχαριστώ θερμά τον Dr. Kirill Palamartchouk, μεταδιδακτορικό ερευνητή στο τμήμα των Γήινων Επιστημών του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης, για την πολύτιμη βοήθεια του και τις χρήσιμες συμβουλές του, δίχως τις οποίες η επεξεργασία και ανάλυση με το Gamit/Globk δεν θα ήταν εφικτή και αποτελεσματική.

Θερμές ευχαριστίες στον Δρ. Αθανάσιο Γκανά, ερευνητή του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για την παροχή των δεδομένων GPS των σταθμών του δικτύου του Αστεροσκοπείου.

Ευχαριστώ τους υποψήφιους διδάκτορες της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Αγγελική Μαρίνου και Βαγγέλη Ζαχαρή για την αξιόπαινη βοήθεια τους σε τεχνικά και λειτουργικά ζητήματα, καθώς και για την επίβλεψη της παρούσης εργασίας.

Ευχαριστώ τον Δημήτριο Αναστασίου, πρώην συμφοιτητή μου και νυν υποψήφιο διδάκτορα της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, για την βοήθεια του στην κατασκευή των χαρτών της παρούσης εργασίας, καθώς και για την παροχή των αποτελεσμάτων από την Διπλωματική Εργασία του.

Επιπροσθέτως, ευχαριστώ τις συμφοιτήτριες και φίλες μου Έλενα Πριονιστή και Ηλιάνα Μαρτίνεζ-Μακρή για την πολύτιμη βοήθεια τους στη σύνταξη του κειμένου και στην κατασκευή του Abstract.

## **Πρόλογος**

---

Εν κατακλείδι, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την βοήθεια, στήριξη και υπομονή που διέθεσαν όλα αυτά τα χρόνια κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο μελέτης της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας είναι η επεξεργασία παρατηρήσεων GPS του δικτύου μόνιμων σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών με το Gamit/Globk. Το Gamit/Globk είναι ένα επιστημονικό πακέτο λογισμικού επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS που παράγει εκτιμήσεις: συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών GPS, τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και στοιχείων προσανατολισμού της γης (EOP). Επιπλέον, παρέχει την δυνατότητα υλοποίησης πλαισίου αναφοράς των εκτιμώμενων στοιχείων.

Το πρώτο κομμάτι της παρούσης εργασίας αφορά την συνοπτική περιγραφή των αλγορίθμων επεξεργασίας του Gamit/Globk και την κατασκευή ενός περιεκτικού εγχειριδίου χρήσης του λογισμικού. Η χρήση του λογισμικού είναι σχετικά απλή διότι οι διαδικασίες επεξεργασίας είναι πλήρως αυτοματοποιημένες. Η μόνη αρχική επεξεργασία που χρειάζεται είναι η κατασκευή των απαραίτητων αρχείων εισόδου του λογισμικού, τα οποία περιέχουν διάφορες παραμέτρους του αλγορίθμου επεξεργασίας.

Το δεύτερο κομμάτι της παρούσης εργασίας αφορά την επεξεργασία παρατηρήσεων GPS, χρονικής διάρκειας περίπου 3 χρόνων, των 11 μόνιμων σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και την παραγωγή συντεταγμένων, χρονοσειρών και ταχυτήτων των σταθμών στο πλαίσιο αναφοράς ITRF 2005 με το Gamit/Globk. Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας θεωρήθηκε αρκετά αξιόπιστο διότι: οι ημερήσιες επιλύσεις του Gamit παρουσίαζαν πολύ υψηλά ποσοστά επιλυμένων ασαφειών φάσεων βραχείας ζώνης (narrow-lane) σε ακέραιους κύκλους (~93 %), τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα των μετασχηματισμών υλοποίησης των πλαισίων αναφοράς (Post RMS) κυμάνθηκαν στις τυπικές τους τιμές (~3 mm των συντεταγμένων και ~1 mm/yr των ταχυτήτων) και η εκτιμώμενη οριζοντιογραφική ταχύτητα του σταθμού NOA1 συνέπιπτε απολύτως με την δημοσιευμένη της επίλυσης του EUREF. Επιπλέον, διεξάχθηκαν διάφορα πειράματα στο επίπεδο επεξεργασίας του Globk. Το αποτέλεσμα τους ήταν ότι η μεταβολή των a priori δεσμεύσεων στα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων και στα στοιχεία προσανατολισμού της γης (EOP) καθώς και ο προσδιορισμός κλίμακας ή όχι στον μετασχηματισμό υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς, δεν επηρεάζουν τα τελικά αποτελέσματα συντεταγμένων και ταχυτήτων ενός τοπικού δικτύου το οποίο είναι εμπλουτισμένο με ένα καλοσχηματισμένο δίκτυο σταθμών αναφοράς.

Το τρίτο κομμάτι της παρούσης εργασίας αφορά την επεξεργασία παρατηρήσεων GPS ενός υποδικτύου 6 σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών με το Gamit/Globk και την σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά του Bernese. Οι αρχικές συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν και στα δύο λογισμικά ήταν όσο το δυνατό ίδιες. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι: οι ημερήσιες επιλύσεις συντεταγμένων διέφεραν συστηματικά και κυμαίνονταν από 5 ως 8 mm κατά την διεύθυνση East, από -6 ως -7 mm κατά την διεύθυνση

## Περίληψη

---

North και από 4 ως 12 mm κατά την διεύθυνση  $U_p$ , ενώ οι διαφορές στις ταχύτητες των σταθμών κυμαίνονταν από 1 ως 3 mm/yr οριζοντιογραφικά και από 2 ως 10 mm/yr υψομετρικά. Οι ταχύτητες παρουσίαζαν μια συστηματοποίηση που ερμηνευόταν ως στροφή στα διανύσματα των οριζοντιογραφικών ταχυτήτων μεταξύ των δυο λογισμικών (*Εικόνα 4.13*). Η στροφή αυτή παρατηρήθηκε και στον σταθμό NOA1 μεταξύ των επιλύσεων Bernese και EUREF. Εν αντιθέσει, η επίλυση του Gamit/Globk για τον σταθμό NOA1 συνέπιπτε με αυτήν του EUREF οριζοντιογραφικά (*Εικόνα 4.14*).

## ABSTRACT

The main purpose of the present thesis, was the data of the National Observatory of Athens (NOA) permanent GPS network to be processed with the use of Gamit/Globk. Gamit/Globk is a scientific software for GPS data processing which produces estimates of: GPS station coordinates, satellite orbital parameters and Earth Orientation Parameters (EOP). Moreover, Gamit/Globk may be used to realize the reference frame of the estimates.

In the first part of the thesis, a brief description of the processing algorithms used by Gamit/Globk and a comprehensive reference manual about the software are given. Using Gamit/Globk is relatively simple, because the processing engine performs in a fully automatic manner. The only pre-processing operation needed, is the creation of the required input files that the software uses, which contain several parameters of the processing algorithm.

The second part of the thesis, covers the processing of a 3-year span of GPS data from the 11 permanent NOA stations and the extraction of station coordinates, time series and station velocities in ITRF 2005 with the use of Gamit/Globk. The result derived from the processing was considered as very reliable because: the daily Gamit solutions presented a very high percentage of fixed narrow-lane phase ambiguities ( $\sim 93\%$ ), the position stabilization postfit rms (Post RMS) and the corresponding velocity Post RMS were between the typical values ( $\sim 3$  mm for the position stabilization and  $\sim 1$  mm/yr for the velocity stabilization), and the estimated horizontal velocity of the NOA1 station was exactly the same as the one resolved and published by EUREF. Furthermore, several experiments took place on the Globk processing stage. The conclusion derived from these experiments was the fact that the modification of the a priori constraints in the orbital and EOP parameters and whether the scale estimation is taken into account for the reference frame stabilization or not, have no direct effect on the final coordinate and velocity results of a small regional network which is expanded by an added geometrically well defined reference site network.

The third part of the thesis covers the processing of the GPS data from a subnetwork of 6 NOA stations using Gamit/Globk and the comparison between these results and those obtained from Bernese. Both Gamit/Globk and Bernese used the same processing parameters as much as possible. The main results of these comparisons showed that the daily coordinate solutions varied systematically from 5 mm to 8 mm in the East direction, from -6 mm to -7 mm in the North direction and from 4 mm to 12 mm in the Up direction, while the differences between the estimated velocities varied from 1 mm/yr to 3 mm/yr horizontally and from 2 mm/yr to 10 mm/yr vertically. The horizontal velocity vectors derived from the two software solutions, presented a systematic rotation (*Image 4.13*). This rotation was also observed in the estimated solutions of the NOA1 station between Bernese and EUREF. In contrast with the

## **Abstract**

---

previous fact, the Gamit/Globk solution approach produced the same horizontal velocity vector as the one obtained from EUREF (*Image 4.14*).



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ABSTRACT.....	v
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GAMIT/GLOBK.....	3
1.1. Εισαγωγή.....	3
1.2. Gamit.....	4
1.2.1 Περιγραφή αλγορίθμου αυτόματης επεξεργασίας του Gamit.....	5
1.2. Globk.....	9
2. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ GAMIT/GLOBK .....	13
2.1. Εισαγωγή.....	13
2.2. Δημιουργία περιβάλλοντος επεξεργασίας του Gamit.....	13
2.3. Δημιουργία αρχείων εισόδου αυτόματης επεξεργασίας με το Gamit.....	15
2.3.1. Επεξεργασία αρχείου process.defaults.....	15
2.3.2. Επεξεργασία αρχείου station.info.....	18
2.3.3. Επεξεργασία αρχείου sites.defaults.....	20
2.3.4. Επεξεργασία αρχείου sittbl.....	21
2.3.5. Επεξεργασία αρχείου sestbl.....	22
2.3.6. Επεξεργασία αρχείων lfile. και autcln.cmd.....	27
2.4. Αυτόματη επεξεργασία με το Gamit (sh_gamit).....	27
2.5. Περιγραφή αρχείων εξόδου του Gamit και αξιολόγηση της επίλυσης.....	30
2.5.1. Επεξήγηση αρχείου sh_gamit_day.summary και εκτίμηση της επίλυσης.....	30
2.5.2. Επεξήγηση αρχείου εξόδου h-file .....	33
2.5.3. Επεξήγηση αρχείου εξόδου του solve q-file.....	33
2.5.3.1. Επεξήγηση αρχείου εξόδου prefit επίλυσης.....	34
2.5.3.2. Επεξήγηση αρχείου εξόδου postfit επίλυσης.....	35
2.6. Δημιουργία περιβάλλοντος επεξεργασίας του Globk.....	36
2.7. Δημιουργία αρχείων εισόδου του Globk.....	37
2.7.1. Δημιουργία και επεξήγηση αρχείων εντολών του glred και glorg για την παραγωγή χρονοσειρών (repeatabilities).....	40
2.7.2. Δημιουργία και επεξήγηση αρχείων εντολών του globk και glorg για την παραγωγή ταχυτήτων.....	46
2.8. Εκτέλεση εντολών επεξεργασίας με το Globk.....	49
2.9. Περιγραφή αρχείων εξόδου του Globk και παραγωγή γραφημάτων χρονοσειρών.....	50
2.9.1. Επεξήγηση αρχείου εξόδου του glorg στην περίπτωση του glred (εξαγωγή χρονοσειρών)....	51
2.9.2. Επεξήγηση αρχείου εξόδου του glorg στην περίπτωση του globk (εξαγωγή ταχυτήτων).....	54
2.9.3. Δημιουργία γραφημάτων των χρονοσειρών.....	56
2.10. Αξιολόγηση της επίλυσης του Globk .....	58

## Περιεχόμενα

---

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ GAMIT/GLOBK ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ GPS ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ.....	61
3.1. Εισαγωγή.....	61
3.2. Περιγραφή δικτύου μελέτης.....	61
3.3. Μεθοδολογία επεξεργασίας.....	65
3.4. Διεξαγωγή πειραμάτων με το glred και το globk.....	71
3.4.1. Περιγραφή πειραμάτων με το glred.....	71
3.4.2. Περιγραφή πειραμάτων με το globk.....	74
3.5. Παρουσίαση τελικών αποτελεσμάτων.....	78
3.5.1. Γραφήματα χρονοσειρών .....	78
3.5.2. Συντεταγμένες και ταχύτητες.....	90
3.6. Έλεγχος αξιοπιστίας των επιλύσεων του globk.....	93
4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ BERNESE - GAMIT/GLOBK.....	99
4.1. Εισαγωγή.....	99
4.2. Περιγραφή δικτύου μελέτης.....	99
4.3. Μεθοδολογία επεξεργασίας .....	101
4.4. Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Gamit/Globk – Bernese.....	103
4.4.1. Σύγκριση ημερήσιων συντεταγμένων.....	103
4.4.2. Σύγκριση γραφημάτων χρονοσειρών .....	110
4.4.3. Σύγκριση ταχυτήτων.....	114
4.5. Έλεγχος αξιοπιστίας αποτελεσμάτων.....	116
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	121
5.1. Εισαγωγή.....	121
5.2. Επίλυση του δικτύου GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών με το Gamit/Globk.....	121
5.3. Σύγκριση Bernese – Gamit/Globk.....	122
5.4. Σύγκριση αποτελεσμάτων του Globk μεταξύ των επιλύσεων των εφαρμογών του 3ου και 4ου κεφαλαίου.....	124
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	129
A1. Αρχεία εντολών Gamit της εφαρμογής του 3ου κεφαλαίου.....	129
A2. Αρχεία εντολών Globk της εφαρμογής του 3ου κεφαλαίου.....	134
A3. Συγκρίσεις ημερήσιων επιλύσεων Gamit/Globk – Bernese της εφαρμογής του 4ου κεφαλαίου....	136

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της επεξεργαστικής ισχύος ειδικότερα επιτρέπουν την επεξεργασία και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων σε ελάχιστο χρόνο. Η επεξεργασία παρατηρήσεων υψηλής ακριβείας από το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS καταναλώνουν πολύ χρόνο, γεγονός που απαιτεί μεγάλη υπομονή στην περίπτωση επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων. Με το Gamit/Globk η επεξεργασία παρατηρήσεων πραγματοποιείται κατά ένα μεγάλο βαθμό αυτόματα επιτρέποντας στο χρήστη να αναλύσει πολύ μεγάλο όγκου και διάρκειας δεδομένα. Το Gamit/Globk είναι ένα επιστημονικό πακέτο λογισμικού επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS ανοιχτού κώδικα (open source) το οποίο έχει αναπτυχθεί κυρίως στο MIT.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία χωρίζεται σε 5 κεφάλαια τα οποία περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται το επιστημονικό πακέτο λογισμικού επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS Gamit/Globk. Περιγράφονται συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας του και οι αλγόριθμοι επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται εκτενώς ένα εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού Gamit/Globk. Παρατίθενται τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει κάποιος για μια τυπική επεξεργασία παρατηρήσεων ενός τοπικού δικτύου σταθμών GPS. Ακόμη, περιγράφονται και αναλύονται όλα τα απαραίτητα αρχεία εισόδου και εξόδου του λογισμικού καθώς και τα αποτελέσματα που παράγει.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται μία εφαρμογή χρήσης του λογισμικού Gamit/Globk στο δίκτυο των 11 μόνιμων σταθμών GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Παρατίθενται διάφορα πειράματα που διεξάχθηκαν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας καθώς και τα αποτελέσματα σε μορφή πινάκων και χαρτών.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται μία εφαρμογή σύγκρισης των αποτελεσμάτων που παράγουν τα λογισμικά Bernese και Gamit/Globk. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε σε ένα υποδίκτυο 6 μόνιμων σταθμών GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, το οποίο αποτέλεσε και δίκτυο μελέτης του Αναστασίου Δημήτριου που πραγματοποίησε την επίλυση με το Bernese [Αναστασίου Δ., 2009].

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσης εργασίας.

Εν κατακλείδι, στο Παράρτημα παρατίθενται πίνακες αποτελεσμάτων και αρχεία εντολών του λογισμικού που για λόγους συνέχειας της ροής του κειμένου δεν τοποθετήθηκαν ενδιάμεσα.



# 1. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GAMIT/GLOBK

## 1.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί το λογισμικό πακέτο επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS Gamit/Globk. Θα πραγματοποιηθεί συνοπτική ανάλυση και περιγραφή των βασικών αλγορίθμων επεξεργασίας του λογισμικού καθώς και των αποτελεσμάτων που παράγει. Σκοπός του κεφαλαίου είναι να εισάγει τον αναγνώστη στην φιλοσοφία επεξεργασίας και επίλυσης δορυφορικών παρατηρήσεων με το Gamit/Globk.

Το Gamit/Globk είναι ένα επιστημονικό πακέτο επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS και συνόρθωσης αυτών (combination), το οποίο αναπτύχθηκε κυρίως στα ιδρύματα: **MIT** (*Massachusetts Institute of Technology*), **CfA** (*Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics*) και **SIO** (*Scripps Institution of Oceanography*). Οι κύριοι διαχειριστές του είναι οι: T.A. Herring, R.W. King και S.C. McClusky του τμήματος των Γήινων, Ατμοσφαιρικών και Πλανητικών Επιστημών του MIT (*Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences*).

Το Gamit/Globk χρησιμοποιείται για την εκτίμηση: συντεταγμένων και ταχυτήτων σταθμών GPS, παραμέτρων ατμοσφαιρικής διάθλασης (atmospheric delays), τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και στοιχείων προσανατολισμού της γης (Earth Orientation Parameters). Ακόμη, παρέχει την δυνατότητα συνόρθωσης παρατηρήσεων-επιλύσεων από διάφορες μεθόδους δορυφορικών παρατηρήσεων (π.χ. VLBI, SLR), καθώς και την δυνατότητα υλοποίησης πλαισίου αναφοράς (Reference Frame).

Το Gamit/Globk είναι ένα πακέτο λογισμικού ανοιχτού κώδικα που τρέχει κυρίως πάνω σε λειτουργικά συστήματα αρχιτεκτονικής UNIX/Linux. Ενώ είναι ανοιχτού κώδικα λογισμικό η ελευθερία του είναι περιορισμένη, διότι το Gamit/Globk μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για μη κερδοσκοπικούς σκοπούς. Το πακέτο δεν διαθέτει γραφικό περιβάλλον, με εξαίρεση κάποιες εφαρμογές (cview) που δεν χρησιμοποιούνται πλέον και κάποια παραγόμενα γραφήματα αποτελεσμάτων. Η όλη επεξεργασία πραγματοποιείται κυρίως από την γραμμή εντολών (terminal).

Το Gamit/Globk διαιρείται σε δύο μεγάλες ενότητες-πακέτα προγραμμάτων, το Gamit και το Globk. Με το πρώτο επιτυγχάνεται η πρωταρχική επίλυση των παρατηρήσεων GPS συμπεριλαμβανομένου τον προσδιορισμό των ασαφειών φάσεων, ενώ με το δεύτερο επιτυγχάνεται η τελική συνόρθωση και υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς, επιφέροντας τις τελικές δεσμεύσεις στο δίκτυο GPS.

### 1.2. Gamit

Το gamit είναι ένα επιστημονικό πακέτο επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS. Ο όρος πακέτο αναφέρεται σε ένα πλήθος ανεξάρτητων προγραμμάτων που συνδυάζονται για την παραγωγή του αποτελέσματος. Το gamit, στην αποδοτικότερη εφαρμογή του, επεξεργάζεται δεδομένα δύο συχνοτήτων (L1 και L2) χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία των διπλών διαφορών στην φάση του φέροντος κύματος και προσδιορίζει: σχετικές θέσεις ενός πλήθους σταθμών GPS (συντεταγμένες), τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων, στοιχεία προσανατολισμού της γης (EOP), παραμέτρους ατμοσφαιρικής διάθλασης (zenith delays) και ασάφειες φάσεων. Το λογισμικό είναι σχεδιασμένο να επεξεργάζεται ημερήσια δεδομένα και να παράγει ημερήσιες επιλύσεις.

Το gamit χρειάζεται ως δεδομένα εισόδου μόνο τα rinex αρχεία παρατηρήσεων των σταθμών GPS του δικτύου μελέτης. Στην συνέχεια, τα scripts (αρχεία εκτελέσιμων εντολών που καλούν προγράμματα) του gamit αναλαμβάνουν να ανακτήσουν από το διαδίκτυο τα rinex των επιλεγμένων σταθμών αναφοράς της IGS (*International GNSS Service*) και τις απαραίτητες εφημερίδες των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων. Περαιτέρω πληροφορίες που είναι χρήσιμες κατά την διάρκεια της επεξεργασίας εμπεριέχονται στα βασικά αρχεία του λογισμικού.

Αν και το gamit αποτελείται από πολλά μικρά αυτοτελή προγράμματα (executables), η χρήση του είναι σχετικά απλή καθότι η επεξεργασία πραγματοποιείται αυτόματα, χάριν το script *sh\_gamit*. Το *sh\_gamit* εκτελεί όλα τα στάδια της επεξεργασίας αυτόματα, ενώ η μόνη προεπεξεργασία που απαιτείται είναι η κατασκευή-τροποποίηση των 7 βασικών αρχείων εισόδου του gamit. Τα αρχεία αυτά περιγράφονται αναλυτικά στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας, ενώ παρουσιάζονται ενδεικτικά παρακάτω:

- **station.info:** Αρχείο με πληροφορίες για τους τύπους κεραιών και δεκτών του δικτύου GPS.
- **process.defaults:** Αρχείο με εντολές που θέτουν τις αρχικές παραμέτρους στον αλγόριθμο επεξεργασίας.
- **sites.defaults:** Αρχείο με την λίστα των σταθμών του δικτύου GPS.
- **sestbl.:** Αρχείο με τις παραμέτρους της μεθοδολογίας επεξεργασίας και επίλυσης.
- **sittbl.:** Αρχείο με την λίστα των σταθμών GPS και τις a priori αβεβαιότητες των συντεταγμένων τους.
- **autcln.cmd:** Αρχείο με εντολές που ρυθμίζουν τους αλγορίθμους εντοπισμού απωλειών κύκλων (cycle slips) και κενών στα δεδομένα.
- **lfile.:** Αρχείο με τις a priori συντεταγμένες και ταχύτητες των σταθμών GPS.

Η δομή αρχείων εισόδου και εξόδου του gamit είναι συγκεκριμένη, με τα περισσότερα αρχεία να

έχουν κωδικές ονομασίες σε αντιστοιχία με τα γράμματα της αγγλικής αλφάβητου (Gamit Reference Manual p. 18).

Το gamit παράγει ως τελικό αποτέλεσμα στα αρχεία εξόδου του q-file και h-file 4 επιλύσεις, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Constrained bias-free:** Επίλυση με αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες στα προσδιορισθέντα στοιχεία **χωρίς** επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους.
- **Constrained bias-fixed:** Επίλυση με αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες στα προσδιορισθέντα στοιχεία με επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους.
- **Loose bias-free:** Επίλυση με χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες στα προσδιορισθέντα στοιχεία **χωρίς** επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους.
- **Loose bias-fixed:** Επίλυση με χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες στα προσδιορισθέντα στοιχεία με επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους.

Οι δύο πρώτες είναι αυτές που έχουν φυσικό ενδιαφέρον, εάν η επεξεργασία τερματιστεί στο επίπεδο του gamit, ενώ παρατίθενται στο αρχείο εξόδου q-file. Οι δύο τελευταίες χρησιμοποιούνται ως αρχεία εισόδου της επεξεργασίας με το Globk το οποίο επιφέρει τις τελικές δεσμεύσεις (constraints) στο δίκτυο GPS. Οι επιλύσεις αυτές παρατίθενται στο αρχείο εξόδου h-file. Συνήθως η επεξεργασία δεν σταματά στο επίπεδο του gamit και γι' αυτό οι δύο *loose* επιλύσεις είναι αυτές που χρησιμοποιούνται. Παρόλα αυτά, η εισαγωγή αυστηρών δεσμεύσεων και η παραγωγή των αντίστοιχων επιλύσεων είναι απολύτως απαραίτητη, διότι κατά την *constrained* επίλυση πραγματοποιείται ο προσδιορισμός των ασαφειών φάσεων στις φέρουσες συχνότητες (Gamit Reference Manual p. 45). Αξίζει να αναφερθεί ότι οι δεσμεύσεις (a priori αβεβαιότητες) των προσδιορισθέντων παραμέτρων ατμοσφαιρικής διάθλασης (zenith delays) είναι ίδιες κατά την *constrained* και κατά την *loose* επίλυση, επειδή το Globk δεν επεξεργάζεται-προσδιορίζει αυτά τα στοιχεία (Gamit Reference Manual p. 117).

Εν συνεχεία θα παρουσιαστούν τα βασικά στάδια επεξεργασίας του script *sh\_gamit*. Η περιγραφή αυτή αφορά την προτεινόμενη μεθοδολογία επίλυσης από το εγχειρίδιο χρήσης η οποία περιλαμβάνει την εκτίμηση των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων, την εκτίμηση των EOP στοιχείων και την χρήση του ιονοσφαιρικού συνδυασμού φάσεων LC ως παρατήρηση.

### **1.2.1 Περιγραφή αλγορίθμου αυτόματης επεξεργασίας του Gamit**

Εφόσον κατασκευαστούν τα 7 αρχεία εισόδου του gamit, το *sh\_gamit* αναλαμβάνει τα υπόλοιπα. Παρακάτω, περιγράφονται τα στάδια της προεπεξεργασίας που πραγματοποιούνται από το *sh\_gamit*:

- Κατασκευή του περιβάλλοντος επεξεργασίας, το οποίο περιλαμβάνει τους απαραίτητους φακέλους και τα απαραίτητα αρχεία για την διεκπεραίωση της επεξεργασίας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από το script *sh\_setup*.
- Δημιουργία αρχείου l-file από έναν a priori πίνακα συντεταγμένων και ταχυτήτων (π.χ. *itrf05.apr*). Ο πίνακας αυτός συνήθως περιέχει τις συντεταγμένες και ταχύτητες των σταθμών IGS αναφοράς του δικτύου GPS σε ένα πλαίσιο αναφοράς (π.χ. ITRF 2005). Στο πρόγραμμα εμπεριέχονται τέτοιου είδους αρχεία τα οποία είναι σε διαμόρφωση (format) *apr*. Η δομή ενός αρχείου διαμόρφωσης *apr* περιγράφεται στο κεφάλαιο 2.
- Ανάκτηση IGS εφημερίδων τροχιών ακριβείας των δορυφόρων από το διαδίκτυο και δημιουργία αρχείου g-file μέσω του script *sh\_sp3fit*. Το αρχείου τύπου g-file περιλαμβάνει τα δημοσιευμένα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων από την IGS σε μορφή αναγνωρίσιμη από το gamit.
- Δημιουργία binary αρχείου t-file, το οποίο περιέχει τα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων ανά 15 λεπτά και τους ρυθμούς μεταβολής αυτών (μερικές παραγώγους). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από το πρόγραμμα *arc*, το οποίο ολοκληρώνει τις αρχικές συνθήκες των τροχιακών στοιχείων που εμπεριέχονται στο αρχείο g-file.
- Ανάκτηση εκπεμπόμενων εφημερίδων τροχιών των δορυφόρων (broadcast ephemerides) και αρχείων rinex των IGS σταθμών αναφοράς από το διαδίκτυο.
- Επίλυση εξισώσεων ψευδοαπόστασης κάνοντας χρήση των μετρήσεων κώδικα C/A στις φέρουσες συχνότητες, για την παραγωγή των a priori συντεταγμένων των άγνωστων σταθμών του δικτύου GPS. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από τα προγράμματα *svpos* και *svdiff*.
- Δημιουργία αρχείου j-file, το οποίο περιέχει παραμέτρους για τα χρονόμετρα των δορυφόρων (clock offsets, polynomial coefficients). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από το πρόγραμμα *makej* το οποίο ανακτά αυτά τα στοιχεία από το μήνυμα ναυσιπλοΐας των εκπεμπόμενων εφημερίδων.
- Δημιουργία των αρχείων x-files και k-files μέσω του προγράμματος *makex*. Για κάθε σταθμό του δικτύου GPS δημιουργείται ένα αρχείο x-file και ένα αρχείο k-file. Το x-file είναι αντίστοιχο του αρχείου rinex σε διαμόρφωση αναγνωρίσιμη από το gamit και περιέχει κυρίως τις μετρήσεις κώδικα και φάσης στις φέρουσες συχνότητες. Σε αυτό το στάδιο της επεξεργασίας απορρίπτονται μετρήσεις που περιέχουν προβληματικά, ελλειπή ή καθόλου δεδομένα. Τα x-files που δημιουργούνται έχουν το ίδιο διάστημα παρατηρήσεων, χρησιμοποιούν τους ίδιους δορυφόρους και έχουν την ίδια περίοδο μέτρησης (π.χ. 30 s). Τα αρχεία k-files περιέχουν τις μεταθέσεις-μεταβολές (offsets) των χρονομέτρων των δεκτών των σταθμών του δικτύου GPS, τα οποία έχουν υπολογιστεί



από την επίλυση ψευδοαπόστασης.

- Δημιουργία αρχείων εντολών (batch-files) και i-file μέσω του προγράμματος *fixdrv*. Τα batch-files περιέχουν εντολές που συμβάλουν στην κυρίως επεξεργασία που ακολουθεί, ενώ το αρχείο i-file περιέχει παραμέτρους για τα χρονόμετρα των δεκτών των σταθμών του δικτύου GPS (clock offsets, polynomial coefficients). Το αρχείο i-file είναι αντίστοιχο του αρχείου j-file των παραμέτρων των χρονομέτρων των δορυφόρων.

Εν συνεχεία, ακολουθεί η κυρίως επεξεργασία των παρατηρήσεων από το script αυτόματης επεξεργασίας *sh\_gamit*. Η κυρίως επεξεργασία πραγματοποιείται κατά κόρον από τα προγράμματα *model*, *autcln* και *solve*. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας πραγματοποιούνται δύο τουλάχιστον επαναλήψεις της ακολουθίας: ***model -> autcln -> solve***. Η πρώτη επανάληψη ονομάζεται *prefit*, ενώ η δεύτερη *postfit*. Εάν δεν επέλθει ικανοποιητική σύγκλιση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιείται και άλλη μία επανάληψη *postfit*. Τα στάδια της κυρίως επεξεργασίας περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- Δημιουργία αρχείου t-file μέσω του προγράμματος *arc*, εάν δεν έχει δημιουργηθεί σε προηγούμενο στάδιο της επεξεργασίας.
- Δημιουργία αρχείου γ-file, το οποίο περιέχει πληροφορίες για τις περιόδους εκλείψεων των δορυφόρων και τους ρυθμούς μεταβολής της στροφής "yaw" αυτών (yaw rates). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από το πρόγραμμα *yawtab*.
- Δημιουργία αρχείου u-file, το οποίο περιέχει διορθώσεις που οφείλονται σε περιοδικές ανακατανομές μαζών των ωκεανών και μη περιοδικές ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας (ocean tidal loading, atmospheric loading). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από το πρόγραμμα *grdtab*, το οποίο υπολογίζει τις παραπάνω διορθώσεις από παγκόσμια grids (αρχεία σε μορφή κανάβου).
- Εφαρμογή όλων των διορθώσεων στις παρατηρήσεις που προκύπτουν από κάποιο μοντέλο. Οι διορθώσεις αυτές περιλαμβάνουν: διορθώσεις που οφείλονται σε παλιρροϊκά φαινόμενα του στερεού φλοιού της γης (solid earth tides), των ωκεανών (ocean tides) και της κίνησης του πόλου (pole tide), διορθώσεις που οφείλονται στις μεταβολές των κέντρων φάσεων των κεραιών (antenna phase-center variations), διορθώσεις που οφείλονται στα σφάλματα των χρονομέτρων των δορυφόρων και δεκτών κ.α. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από το πρόγραμμα *model*. Επιπλέον, δημιουργείται το binary αρχείο c-file, το οποίο περιέχει τα υπόλοιπα των παρατηρήσεων (Observed - Computed) και τους ρυθμούς μεταβολής αυτών (partial derivatives).
- Έλεγχος των παρατηρήσεων από απώλειες κύκλων (cycle slips) και κενά στα δεδομένα μέσω του προγράμματος *autcln*. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται εξετάζοντας διάφορους συνδυασμούς φάσεων και κώδικα των συχνοτήτων L1 και L2, οι οποίοι

περιλαμβάνουν τον συνδυασμό ευρείας ζώνης Melbourne-Wübbena WL (wide lane), τον ελεύθερο ιονοσφαιρικό συνδυασμό LC και τον ελεύθερο γεωμετρικό συνδυασμό LG [Leick A., 1995]. Η εφαρμογή των συνδυασμών αυτών επιτελείται τόσο στα αρχικά μη διαφοροποιημένα δεδομένα (undifferenced data), όσο και στους γραμμικούς συνδυασμούς αυτών όπως οι διπλές και οι τριπλές διαφορές. Επιπλέον, δημιουργείται εκ νέου το binary αρχείο c-file.

- Πραγματοποίηση ελαχιστο-τετραγωνικής συνόρθωσης των παρατηρήσεων μέσω του προγράμματος *solve*, χρησιμοποιώντας ως παρατηρήσεις τις διπλές διαφορές του συνδυασμού συχνότητων LC. Κατά την *prefit* επανάληψη δεν επιχειρείται επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους, επομένως παράγονται μόνο δύο επιλύσεις: μία *constrained bias-free* και μία *loose bias-free*. Οι επιλύσεις αυτές αποθηκεύονται στο αρχείο εξόδου q-file με την κατάληξη **p**.
- Εκτέλεση του προγράμματος *model* για άλλη μια φορά (postfit).
- Εκτέλεση του προγράμματος *autcln* για άλλη μια φορά (postfit).
- Εκτέλεση του προγράμματος *solve* για άλλη μια φορά (postfit). Κατά την *postfit* επανάληψη επιχειρείται η επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους των συνδυασμών ευρείας ζώνης WL (wide-lane) και βραχείας ζώνης NL (narrow-lane). Παράγονται τέσσερις επιλύσεις: μία *constrained bias-free*, μία *constrained bias-fixed*, μία *loose bias-free* και μία *loose bias-fixed*. Οι πρώτες δύο αποθηκεύονται στο αρχείο εξόδου q-file με την κατάληξη **a**, ενώ οι δύο τελευταίες αποθηκεύονται στο αρχείο εξόδου h-file.

Για περαιτέρω πληροφορίες της μεθοδολογίας υπολογισμού ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία [Blewitt G., 1989].

Η επεξεργασία με το gamit ολοκληρώνεται με την παραγωγή του παραπάνω αρχείου εξόδου h-file το οποίο περιέχει τις δύο *loose* επιλύσεις με τους αντίστοιχους πίνακες μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας. Τα κυριότερα αρχεία εξόδου του gamit αναλύονται εκτενώς στο κεφάλαιο 2 όπου παρατίθενται και οι τρόποι αξιολόγησης της επίλυσης. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι τα αρχεία q-files, το αρχείο *sh\_gamit\_day.summary* και το αρχείο h-file.

Εν κατακλείδι, παρατίθενται τα βασικά βήματα του αλγορίθμου επεξεργασίας του προγράμματος *autcln* το οποίο εκτελεί την πιο σημαντική δουλειά κατά την διάρκεια της επεξεργασίας. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει:

- Υπολογισμός διορθώσεων των χρονομέτρων των δεκτών και των δορυφόρων χρησιμοποιώντας μετρήσεις κώδικα στις φέρουσες συχνότητες.
- Υπολογισμός διορθώσεων των χρονομέτρων των δεκτών και των δορυφόρων χρησιμοποιώντας μετρήσεις φάσεων στις φέρουσες συχνότητες. Πραγματοποιείται ένας

πρώτος έλεγχος των παρατηρήσεων φάσεων και προστίθενται “δείκτες” (bias flags) όπου παρατηρούνται απότομες μεταβολές (jumps) στις παρατηρήσεις φάσεων.

- Προστίθενται “δείκτες” (bias flags) όπου παρατηρούνται κενά στις παρατηρήσεις φάσεων.
- Έλεγχος των δεδομένων χρησιμοποιώντας τους γραμμικούς συνδυασμούς των διπλών και τριπλών διαφορών σε διάφορους συνδυασμούς δορυφόρων-σταθμών. Όπου παρουσιάζεται πρόβλημα ένας “δείκτης” (bias flag) προστίθεται.
- Υπολογισμός απωλειών κύκλων, όσο είναι δυνατό, σε κάθε σημείο των μη διαφοροποιημένων δεδομένων (one-way data), όπου έχει τοποθετηθεί “δείκτης” (bias flag). Ο υπολογισμός αυτός επιτυγχάνεται ελέγχοντας τη συνέχεια των συνδυασμών συχνότητων LC, LG και Melbourne-Wübbena WL σε διάφορους συνδυασμούς δορυφόρων-σταθμών.

## 1.2. Globk

Το Globk είναι ένα επιστημονικό πακέτο προγραμμάτων συνδυασμού (combination) και συνόρθωσης δορυφορικών και επίγειων παρατηρήσεων. Το Globk δέχεται ως δεδομένα εισόδου ψευδο-παρατηρήσεις (quasi-observations) οι οποίες περιλαμβάνουν: εκτιμήσεις συντεταγμένων σταθμών, εκτιμήσεις των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων, εκτιμήσεις των στοιχείων προσανατολισμού της γης (EOP) καθώς και τον πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας αυτών. Οι ψευδο-παρατηρήσεις θα πρέπει να έχουν προέλθει από μία επεξεργασία επίλυσης με χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες στα εκτιμώμενα στοιχεία συντεταγμένων, τροχιακών στοιχείων και EOP στοιχείων.

Το Globk επιφέρει τις τελικές δεσμεύσεις στο δίκτυο μελέτης σταθεροποιώντας τις loose επιλύσεις και υλοποιεί το πλαίσιο αναφοράς των εκτιμώμενων μεγεθών. Το Globk έχει αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να δέχεται ως δεδομένα εισόδου παρατηρήσεις-επιλύσεις από διάφορα λογισμικά επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS (π.χ. Bernese, GIPSY) αλλά και παρατηρήσεις-επιλύσεις από διάφορες μεθόδους υπολογισμού θέσεων στην γήινη επιφάνεια (π.χ. επίγειες μετρήσεις, SLR, VLBI). Επιπλέον, δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να συνδυάσει επιλύσεις από διάφορες μεθόδους για την παραγωγή της βέλτιστης λύσης. Παρόλα αυτά, η κυριότερη εφαρμογή του είναι η επεξεργασία των loose ημερήσιων επιλύσεων που παράγει το Gamit, καθώς αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του. Οι loose επιλύσεις εμπεριέχονται στα αρχεία εξόδου h-files του gamit, τα οποία περιέχουν και τις *bias-free* και τις *bias-fixed* επιλύσεις. Συνήθως, χρησιμοποιούνται οι επιλύσεις με προσδιορισμένες τις ασάφειες φάσεων σε ακέραιους κύκλους (bias-fixed). Τα στοιχεία εξόδου που παράγει το Globk είναι:

## Κεφάλαιο 1: Το λογισμικό Gamit/Globk

---

- Εκτιμήσεις ημερήσιων συντεταγμένων ενός πλήθους σταθμών σταθεροποιώντας τις ημερήσιες επιλύσεις και υλοποιώντας ένα ημερήσιο πλαίσιο αναφοράς.
- Εκτιμήσεις συντεταγμένων και ταχυτήτων ενός πλήθους σταθμών συνδυάζοντας όλες τις επιλύσεις και σταθεροποιώντας τις υλοποιώντας ένα ενιαίο πλαίσιο αναφοράς.
- Εκτιμήσεις χρονοσειρών (repeatabilities) ενός πλήθους σταθμών.
- Εκτιμήσεις τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και EOP στοιχείων στο υλοποιημένο πλαίσιο αναφοράς.

Αναφέρεται ότι το Globk μπορεί να επεξεργαστεί πέραν των ημερήσιων επιλύσεων (ψευδο-παρατηρήσεων) και επιλύσεις που έχουν προκύψει από μεγαλύτερες περιόδους μετρήσεων (π.χ εβδομαδιαίες επιλύσεις). Παρακάτω, παρατίθενται οι περιορισμοί στην λειτουργία του Globk:

- Το Globk υποθέτει, στους αλγορίθμους επεξεργασίας που χρησιμοποιεί, ότι οι παρατηρήσεις μπορούν να περιγραφούν από ένα γραμμικό μοντέλο. Γι' αυτό το λόγο, οι προσαρτήσεις (adjustments) των παρατηρήσεων δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 10 m στις συντεταγμένες των σταθμών και τα 100 m στα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων.
- Το Globk δεν μπορεί να διορθώσει τις παρατηρήσεις από πρωτογενή χονδροειδή σφάλματα που οφείλονται σε: απώλειες κύκλων (cycle slips), κενά των δεδομένων και μη ικανοποιητικά μοντέλα ατμοσφαιρικής διάθλασης (atmospheric delay models).
- Το Globk δεν μπορεί να προσδιορίσει τις ασάφειες φάσεων στις φέρουσες συχνότητες. Συνεπώς, η αρχική επίλυση GPS θα πρέπει να είναι αρκετά ισχυρή από μόνη της.

Εάν δημιουργείται πρόβλημα κατά την επεξεργασία με το Globk και οφείλεται σε έναν από τους παραπάνω λόγους, τότε θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εκ νέου επίλυση από το λογισμικό που παρήγαγε την αρχική λύση (ψευδο-παρατήρηση).

Το Globk περιλαμβάνει τρεις ρουτίνες-προγράμματα επεξεργασίας (modules) οι οποίες καλούν τα περισσότερα προγράμματα του πακέτου και συμβάλουν στην παραγωγή των αποτελεσμάτων. Οι προγράμματα αυτά είναι: το *globk*, το *glred* και το *glorg*. Για να τρέξουν αυτά πρέπει να προηγηθεί η κατασκευή των απαραίτητων αρχείων εντολών, όπου θέτονται οι παράμετροι της επεξεργασίας. Τα αρχεία εντολών περιγράφονται εκτενώς στον κεφάλαιο 2 της παρούσης εργασίας. Παρακάτω, περιγράφεται συνοπτικά η λειτουργία κάθε προγράμματος:

- Το **globk** συνδυάζει όλες τις *loose* ψευδο-παρατηρήσεις (ημερήσιες ή εβδομαδιαίες επιλύσεις κατά κόρον) και πραγματοποιεί συνόρθωση αυτών χρησιμοποιώντας το φίλτρο Kalman [Kalman R.E., 1960 / Herring et al., 1990 / Welch et al., 2006]. Το φίλτρο Kalman ομαλοποιεί (smoothing) την επίλυση προσδίδοντας βάρος σε κάθε μια ψευδο-παρατήρηση αντιστρόφως ανάλογα με τον θόρυβο που έχει. Το *globk* επιφέρει δεσμεύσεις στις *loose* παρατηρήσεις συντεταγμένων, τροχιακών στοιχείων και EOP

στοιχείων παράγοντας μία ενιαία επίλυση. Η επίλυση αυτή περιλαμβάνει εκτιμήσεις συντεταγμένων, ταχυτήτων, τροχιακών στοιχείων, EOP στοιχείων και τυπικών σφαλμάτων αυτών. Τα αποτελέσματα αυτά αναφέρονται στο μέσο χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων που συνδυάζονται για κάθε σταθμό. Επιπλέον, στο φίλτρο Kalman μπορούν εισαχθούν στοχαστικά μεγέθη θορύβου τύπου random-walk στις παρατηρήσεις, τα οποία κάνουν αποδοτικότερη την εφαρμογή του φίλτρου Kalman στην συνόρθωση [Gelb A., 1974]. Η εισαγωγή των μεγεθών αυτών συσχετίζει τις επιλύσεις (ψευδο-παρατηρήσεις) μεταξύ τους, κατά έναν βαθμό που εξαρτάται από την συχνότητα των διαδοχικών επιλύσεων (ψευδο-παρατηρήσεων). Το *globk* συνήθως συνδυάζεται με το πρόγραμμα *glorg*, το οποίο επιφέρει τις τελικές δεσμεύσεις στα εκτιμώμενα στοιχεία του δικτύου υλοποιώντας το πλαίσιο αναφοράς.

- Το **glred** είναι πανομοιότυπο σε μεθοδολογία με το *globk*, μόνο που λειτουργεί σε επίπεδο ημέρας ή επίλυσης (ψευδο-παρατήρησης) γενικότερα. Ουσιαστικά τρέχει το *globk* για κάθε ψευδο-παρατήρηση ξεχωριστά χωρίς να τις συνδυάζει. Το *glred* επιφέρει δεσμεύσεις στις *loose* παρατηρήσεις συντεταγμένων, τροχιακών στοιχείων και EOP στοιχείων παράγοντας σταθεροποιημένες ημερήσιες (ή εβδομαδιαίες) επιλύσεις. Οι επιλύσεις αυτές περιλαμβάνουν εκτιμήσεις συντεταγμένων, τροχιακών στοιχείων, EOP στοιχείων και τυπικών σφαλμάτων αυτών. Το *glred* συνήθως συνδυάζεται με το πρόγραμμα *glorg*, το οποίο επιφέρει τις τελικές δεσμεύσεις στα εκτιμώμενα στοιχεία του δικτύου υλοποιώντας το πλαίσιο αναφοράς. Σε κάθε ημερήσια (ή εβδομαδιαία) επίλυση υλοποιείται ξεχωριστό πλαίσιο αναφοράς μέσω του *glorg*. Από τα αποτελέσματα του *glred* μπορούν να δημιουργηθούν γραφήματα χρονοσειρών των σταθμών, μέσω του script *sh\_plotcrd*. Τα γραφήματα αυτά περιέχουν τις θέσεις των σταθμών σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων (North, East, Up) συναρτήσει του χρόνου. Ουσιαστικά, παρουσιάζονται τα ημερήσια (ή εβδομαδιαία) σταθεροποιημένα αποτελέσματα. Επιπλέον, παρατίθενται οι ταχύτητες των σταθμών που προκύπτουν με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής στα ημερήσια (ή εβδομαδιαία) αποτελέσματα του *glred*.
- Το **glorg** επιφέρει τις τελικές δεσμεύσεις στα εκτιμώμενα στοιχεία του δικτύου υλοποιώντας το πλαίσιο αναφοράς. Το *glorg* εκτελείται συνήθως μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας με το *globk* ή το *glred*. Για να λειτουργήσει αποδοτικά θα πρέπει οι αρχικές δεσμεύσεις (a priori αβεβαιότητες) των συντεταγμένων και ταχυτήτων στο *globk* και στο *glred* να μην είναι τόσο αυστηρές (tight). Η υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς πραγματοποιείται μέσω ενός μετασχηματισμού Helmert (μετάθεση, στροφή, κλίμακα) μεταξύ των εκτιμώμενων συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών και αυτών από έναν a priori πίνακα αναφοράς (π.χ. ITRF 2005), ελαχιστοποιώντας τις διαφορές τους.

Πρακτικά υλοποιεί ένα πλαίσιο αναφοράς που είναι πολύ κοντά σε ένα δεδομένο (π.χ. ITRF 2005), μέσω των σταθμών που έχουν ορισθεί, και ουσιαστικά συμπεριλαμβάνει στην υλοποίηση την δυναμική των σταθμών του δικτύου. Οι σταθμοί αυτοί θα πρέπει να είναι και σταθμοί του πλαισίου αναφοράς που θα αναχθούν τα τελικά αποτελέσματα. Οι υπόλοιποι σταθμοί μετασχηματίζονται στο παραπάνω πλαίσιο, εφόσον υπολογιστούν οι παράμετροι μετασχηματισμού (μετάθεση, στροφή, κλίμακα). Σημειώνεται ότι ο μετασχηματισμός συντεταγμένων ή θέσης είναι ανεξάρτητος από τον μετασχηματισμό των ταχυτήτων. Όταν το *glorg* συνδυάζεται με το *globk* υλοποιείται ένα ενιαίο πλαίσιο αναφοράς συντεταγμένων ή θέσης (Position Stabilization) και ένα ενιαίο πλαίσιο ταχυτήτων (Velocity Stabilization), ενώ όταν συνδυάζεται με το *glred* υλοποιούνται ξεχωριστά ημερήσια (ή εβδομαδιαία) πλαίσια αναφοράς συντεταγμένων. Με το *glred* δεν έχει νόημα ο προσδιορισμός ταχυτήτων των σταθμών, διότι δρα σε επίπεδο ημέρας.

Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τον μετασχηματισμό υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία [*Altamimi et al.*, 2002-2007 / *Dong et al.*, 1997].

Τα αρχεία εξόδου των παραπάνω ρουτινών επεξεργασίας περιγράφονται στο κεφάλαιο 2 της παρούσης εργασίας, όπου δίδονται και οι τρόποι αξιολόγησης της επίλυσης. Επίσης, στο κεφάλαιο 2 περιγράφεται αναλυτικά ο ενδεδειγμένος τρόπος χρήσης του λογισμικού πακέτου Globk.

## 2. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ GAMIT/GLOBK

### 2.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιαστούν τα βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μια επεξεργασία παρατηρήσεων δεδομένων GPS ενός τοπικού δικτύου, με το πακέτο λογισμικού Gamit/Globk. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει: την δημιουργία του περιβάλλοντος επεξεργασίας, την δημιουργία ή τροποποίηση κάποιων χαρακτηριστικών αρχείων του λογισμικού, την εκτέλεση κάποιων βασικών εντολών της αυτόματης επεξεργασίας καθώς και την εξαγωγή και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από τα κύρια αρχεία εξόδου του λογισμικού. Επίσης, θα περιγραφούν τα σημαντικότερα αρχεία εισόδου και εξόδου του λογισμικού αλλά και οι παράμετροι που μπορούν να τροποποιηθούν στον αλγόριθμο επεξεργασίας των παρατηρήσεων.

Το Gamit/Globk είναι ένα πακέτο λογισμικού ανοιχτού κώδικα, το οποίο τρέχει κυρίως σε περιβάλλον λειτουργικού UNIX/Linux. Εφόσον δεν διαθέτει γραφικό περιβάλλον για τις περισσότερες εφαρμογές, ο χρήστης θα πρέπει να είναι αρκετά εξοικειωμένος τόσο με την αρχιτεκτονική δόμησης του Linux όσο και με την χρήση της γραμμής εντολών (terminal). Παρόλα αυτά, η χρήση του δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη διότι σχεδόν όλα τα μέρη της επεξεργασίας εκτελούνται αυτόματα, με το τρέξιμο μιας εντολής στην γραμμή εντολών.

Η εγκατάσταση (compilation) του Gamit/Globk είναι σχετικά απλή, αρκεί να υπάρχουν στο σύστημα οι απαραίτητες βιβλιοθήκες που χρειάζονται κατά την διάρκεια αυτής. Επίσης, χρήσιμο είναι να εγκατασταθεί στο σύστημα και το GMT (*Generic Mapping Tools*-<http://gmt.soest.hawaii.edu/>), το οποίο είναι απαραίτητο για την δημιουργία των γραφημάτων που δημιουργεί το λογισμικό.

### 2.2. Δημιουργία περιβάλλοντος επεξεργασίας του Gamit

Αρχικά, είναι απαραίτητη η ανάκτηση των αρχείων rinex του τοπικού δικτύου μελέτης όπου θα επιχειρηθεί η επεξεργασία. Το δίκτυο αυτό θα το εμπλουτιστεί με μερικούς παγκόσμιους μόνιμους σταθμούς GPS με γνωστές συντεταγμένες και ταχύτητες σε ένα πλαίσιο αναφοράς (π.χ. ITRF, ETRF). Συνήθως χρησιμοποιούνται σταθμοί της IGS (*International GNSS Service*), οι οποίοι συμμετέχουν στην υλοποίηση του παγκόσμιου πλαισίου αναφοράς ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) [Altamimi et al., 2002-2007]. Το Gamit έχει τη δυνατότητα να ανακτήσει αυτόματα από το διαδίκτυο τα rinex των παγκόσμιων μόνιμων σταθμών που έχουν επιλεγεί για το πείραμα μελέτης, αρκεί αυτοί να είναι της IGS.

## Κεφάλαιο 2: Εγχειρίδιο χρήσης Gamit/Globk

---

Ακολουθώντας, θα χρειαστούν να ανακτηθούν από το διαδίκτυο (<ftp://everest.mit.edu/pub/GRIDS/>) τρία αρχεία, τα οποία είναι απολύτως απαραίτητα εάν είναι επιθυμητό να εισαχθούν στην ανάλυση διορθώσεις που οφείλονται σε ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας και των ωκεανών. Συγκεκριμένα θα πρέπει να ανακτηθούν τα εξής αρχεία:

- **atmdisp\_CM.[year]**: Αρχείο σε μορφή κανάβου (grid), το οποίο περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για την εισαγωγή διορθώσεων που οφείλονται σε μη παλιρροιακές ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας (non-tidal atmospheric loading corrections).
- **otl\_FES2004.grid**: Αρχείο σε μορφή κανάβου (grid), το οποίο περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για την εισαγωγή διορθώσεων που οφείλονται σε παλιρροιακές ανακατανομές μαζών των ωκεανών (ocean tidal loading corrections).
- **vmf1grd.[year]**: Αρχείο σε μορφή κανάβου (grid), το οποίο περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για την εισαγωγή διορθώσεων που οφείλονται στην ατμοσφαιρική διάθλαση (atmospheric delay corrections), χρησιμοποιώντας τις υδροστατικές συναρτήσεις VMF1 (Vienna mapping functions 1) [Boehm et al., 2006 / Ray et al., 2004].

Εφόσον αποθηκευθούν τα παραπάνω αρχεία σε ένα φάκελο, ακολουθεί η δημιουργία του κυρίου περιβάλλοντος επεξεργασίας. Ο χρήστης δημιουργεί ένα φάκελο με τον κωδικό όνομα του πειράματος, το οποίο ενδεικνύεται να είναι 4 χαρακτήρων. Στο φάκελο αυτό ανοίγει την γραμμή εντολών και εκτελεί την εντολή *sh\_setup*, η οποία δημιουργεί τον φάκελο *tables*. Ο φάκελος αυτός περιέχει συνδέσμους (links) αρχείων που είναι απαραίτητα για την διεξαγωγή της επεξεργασίας. Τα αρχεία αυτά προέρχονται από τον φάκελο *tables* του "directory" που είναι εγκατεστημένο το Gamit/Globk. Η εντολή έχει την μορφή:

**sh\_setup -yr <year> -apr itr05.apr**

όπου:

**year**: η χρονιά που έχουν πραγματοποιηθεί οι μετρήσεις

**itr05.apr**: ο πίνακας a priori συντεταγμένων των σταθμών

Στην παραπάνω εντολή, ως πίνακας a priori συντεταγμένων ορίζεται το αρχείο itr05.apr, το οποίο περιέχει συντεταγμένες, ταχύτητες και σφάλματα των παγκόσμιων σταθμών της IGS σε μια εποχή αναφοράς στο πλαίσιο ITRF 2005. Παρόλα αυτά, όπως θα παρουσιαστεί στην συνέχεια, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως a priori πίνακας συντεταγμένων οποιοδήποτε αρχείο που είναι σε διαμόρφωση (format) *apr*. Ακόμη, πληκτρολογώντας την εντολή αυτούσια (*sh\_setup*), παρουσιάζονται οι δυνατοί παράμετροι που μπορούν να εισαχθούν σε αυτήν. Αυτό συμβαίνει με τις περισσότερες, αν όχι όλες, εντολές του λογισμικού.



Στον φάκελο *tables*, υπάρχουν διάφορα αρχεία που περιέχουν: στοιχεία προσανατολισμού της γης (Earth Orientation Parameters), εφημερίδες του ήλιου και της σελήνης με τις τροχιές τους, στοιχεία για τους δέκτες και τις κεραίες GPS, πληροφορίες για τους δορυφόρους, παραμέτρους για τις ατμοσφαιρικές διορθώσεις κ.α. Επίσης, ο φάκελος αυτός περιέχει επτά αρχεία (*process.defaults*, *station.info*, *sites.defaults*, *sittbl.*, *sestbl.*, *autcln.cmd* και *lfile.*) που είναι απαραίτητο να τροποποιηθούν έτσι ώστε να είναι δυνατή η αυτόματη επεξεργασία με το *gamit*.

Τέλος, στον φάκελο αυτό πρέπει να δημιουργηθούν σύνδεσμοι (*links*) των αρχείων διορθώσεων που ανακτήθηκαν από το διαδίκτυο (*atmdisp\_CM.[year]*, *otl\_FES2004.grid* και *vmf1grd.[year]*). Οι ονομασίες που πρέπει να έχουν οι σύνδεσμοι είναι συγκεκριμένοι και οι αντιστοιχίσεις είναι: **atml.grid** -> *atmdisp\_CM.[year]*, **otl.grid** -> *otl\_FES2004.grid* και **map.grid** -> *vmf1grd.[year]*. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται εύκολα με τις παρακάτω εντολές:

```
In -sf <path>/atmdisp_CM.[year] atml.grid
```

```
In -sf <path>/otl_FES2004.grid otl.grid
```

```
In -sf <path>/vmf1grd.[year] map.grid
```

όπου **path**: το "path" του φακέλου που είναι αποθηκευμένα τα παραπάνω αρχεία.

## 2.3. Δημιουργία αρχείων εισόδου αυτόματης επεξεργασίας με το Gamit

Ύστερα από την κατασκευή του περιβάλλοντος επεξεργασίας του *Gamit*, ακολουθεί η δημιουργία ή τροποποίηση των 7 βασικών αρχείων εισόδου. Τα αρχεία αυτά περιέχουν κατά κόρον εντολές που ρυθμίζουν διάφορες παραμέτρους του αλγορίθμου επεξεργασίας. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα εν λόγω αρχεία καθώς και οι πιο σημαντικές ρυθμίσεις που είναι αναγκαίο να γίνουν σε αυτά.

### 2.3.1. Επεξεργασία αρχείου *process.defaults*

Το αρχείο *process.defaults* είναι ένα αρχείο εισόδου το οποίο διαβάζεται από το script αυτόματης επεξεργασίας *sh\_gamit* και θέτει τις αρχικές παραμέτρους στην επεξεργασία. Το πρώτο τμήμα του αρχείου που παρουσιάζεται παρακάτω, περιέχει εντολές που αφορούν κυρίως την δομή των φακέλων που θα δημιουργηθούν κατά την επεξεργασία.

```
## LOCAL DIRECTORIES
# Directory for translation of raw data
set rawpth = "$procdir/raw"
# Directory path for raw archives (search all levels); e.g. /data18/simon
set rawfnd = ""
# Input files for RINEX translators
```

## Κεφάλαιο 2: Εγχειρίδιο χρήσης Gamit/Globk

```
set mpth = "$procdir/mkrinex"
# RINEX files directory
set rpth = "$procdir/rinex"
# Directory path for RINEX archives (search all levels); e.g. /data18/simon
set rnxwnd = ""
# Broadcast orbit directory
set bpth = "$procdir/brdc"
# IGS files directory
set ipth = "$procdir/igs"
# G-files directory
set gpth = "$procdir/gfiles"
# GAMIT and GLOBK tables directory
set tpth = "$procdir/tables"
# Output gifs directory
set gifpth = "$procdir/gifs"
# Globk solution directory
set glbpth = "$procdir/gsoln"
# Globk binary h-file directory
set glfpth = "$procdir/glbh"
# Directory path for other h-files (search all levels); e.g. /raid1/tah/SIO_GLL
set hfnd = ""
# Template files
set templatepth = "$procdir/templates"
# Place to store temporary control files
set cpth = "$procdir/control"
# Archive root directory (cannot be null)
set archivepth = "$procdir/archive"
```

*Πίνακας 2.1: Αρχείο process.defaults (Α' μέρος)*

*Table 2.1: process.defaults file (1st part)*

Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι οι `set rnxwnd` και `set archivepth`. Στην πρώτη ορίζεται το path του φακέλου που βρίσκονται τα rinex αρχεία του τοπικού δικτύου, ενώ στη δεύτερη ορίζεται το path που επιθυμεί ο χρήστης να αποθηκευθούν συγκεκριμένα αρχεία εξόδου του προγράμματος, τα οποία ορίζονται παρακάτω. Ακόμη, το πρόθεμα **\$procdir** που εμφανίζεται παραπάνω συμβολίζει τον φάκελο (path) όπου εκτελείται η αυτόματη επεξεργασία, ενώ το πρόθεμα **#** ακυρώνει μια εντολή μετατρέποντας τη σε σχόλιο (comment).

Στην συνέχεια του αρχείου περιέχονται μεταβλητές που αφορούν την ανάκτηση δεδομένων από το διαδίκτυο. Συνήθως δεν τροποποιούνται οι μεταβλητές σε αυτό το τμήμα. Ακολουθεί, ένα σημαντικό τμήμα με εντολές εισόδου στο gamit.

```
##GAMIT
# Set sampling interval, number of epochs, and start time for processing
set sint = '30'
set nepc = '2880'
set stime = '0 0'
# Variables for updating tables
set stinf_unique = "-u"
set stinf_nosort = "-nosort"
set stinf_slthgt = "2.00"
# Set "Y" to use RINEX header coordinates not in lfile or apr file
set use_rxc = "N"
# Broadcast orbits
set brdc = 'brdc'
# Minimum x-file size to be processed (Def. 300 blocks; most OS use 1 Kb blocks)
set minxf = '300'
# Set search window for RINEX files which might contain data for day - default check the previous day
set rx_doy_plus = 0
```

```

set rx_doy_minus = 1
# Default globk .apr file
set aprf = itrff00.apr
# Set compress (copts), delete (dopts) and archive (aopts) options. (Don't forget to set the
archivepth.)
# Possible d-, c-, and a- opts: D, H, ao, ac, as, b, c, d, e, g, h, i, j, k, l, m, o, p, q, t, x,
ps, all"
set dopts = ( c )
set copts = ( x k ao )
set aopts = ''
# Set the rinex ftp archives (defined in ftp_info) you would like to look for data in.
# (Default archives searched are: sopac, cddis and unavco).
set rinex_ftpsites = (sopac cddis unavco)

```

*Πίνακας 2.2: Αρχείο process.defaults (B' μέρος).*

*Table 2.2: process.defaults file (2nd part)*

Από τις παραπάνω εντολές είναι πιθανό να χρειαστεί να τροποποιηθούν οι ακόλουθες:

- **set sint:** Ορίζεται η περίοδος μέτρησης σε δευτερόλεπτα (π.χ. 30 s).
- **set nepc:** Ορίζεται το πλήθος των εποχών επεξεργασίας (π.χ. 2880, που είναι το πλήθος των εποχών για 24 ώρες με περίοδο μέτρησης 30 s).
- **set stime:** Ορίζεται η χρονική στιγμή αρχής επεξεργασίας των μετρήσεων (ο πρώτος αριθμός είναι η ώρα, ενώ ο δεύτερος τα λεπτά).
- **set rx\_doy plus:** Ορίζεται ο αριθμός των ημερών μετά την δεδομένη μέρα αρχής της επεξεργασίας που το πρόγραμμα ψάχνει τα rinex για δεδομένα. Για επεξεργασία ημερήσιων δεδομένων τίθεται 0, διαφορετικά τίθεται ο αριθμός ημερών που είναι επιθυμητό να επεξεργαστούν ταυτόχρονα.
- **set rx\_doy minus:** Ορίζεται ο αριθμός των ημερών πριν την δεδομένη μέρα αρχής της επεξεργασίας που το πρόγραμμα ψάχνει τα rinex για δεδομένα. Αν το ημερήσιο αρχείο rinex περιέχει όλες τις παρατηρήσεις από την 0 h ως την 24 h, η μεταβλητή αυτή τίθεται ίση με 0. Διαφορετικά αν τα rinex αρχεία περιέχουν δεδομένα από επόμενη ή προηγούμενη μέρα αυξάνεται ο αριθμός αυτός (για μεγαλύτερη ασφάλεια τίθεται ο αριθμός 1).
- **set aprf:** Ορίζεται ο a priori πίνακας συντεταγμένων και ταχυτήτων για το Globk. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τον πίνακα του ITRF 2000 σε διαμόρφωση apr. Παρόλα αυτά, μπορεί να ορισθεί ο πίνακας του ITRF 2005, ο οποίος εμπεριέχεται επίσης στο πρόγραμμα, αν τεθεί ως μεταβλητή η itrff05.apr στην εντολή αυτή.
- **set dopts:** Ορίζονται τα αρχεία εξόδου του gamit που επιθυμεί ο χρήστης να διαγραφούν ύστερα από την ολοκλήρωση της επεξεργασίας. Εάν ο χρήστης επεξεργάζεται μεγάλο όγκο δεδομένων, καλό είναι να διαγράψει μερικά έτσι ώστε να μην καταλαμβάνουν αποθηκευτικό χώρο. Τα αρχεία που δεν χρειάζονται άμεσα είναι: D, b, c, d, e, g, h, i, j, k, l, m, o, p, t και ps.

- **set copts:** Ορίζονται τα αρχεία εξόδου που δεν έχουν διαγραφεί και επιθυμεί ο χρήστης να συμπιεστούν για εξοικονόμηση χώρου. Τα σημαντικότερα αρχεία που χρειάζονται είναι: *x*, *ao*, *as*, *ac*, *h* και *q*.
- **set aopts:** Ορίζονται τα αρχεία εξόδου που επιθυμεί ο χρήστης να αποθηκευτούν στο φάκελο που έχει ορισθεί με την εντολή *set archivepth*. Τα αρχεία αυτά αποθηκεύονται και στον φάκελο επεξεργασίας της επιλυμένης μέρας. Η εντολή αυτή ενδείκνυται στην περίπτωση επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων.

Εν κατακλείδι, εμπεριέχονται εντολές που αφορούν την χωρητικότητα του συστήματος, καθώς και διάφορες παραμέτρους αυτού. Συνήθως, δεν χρειάζεται να μεταβληθεί κάτι σε αυτό το τμήμα του αρχείου. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ότι η διαμόρφωση του αρχείου (*format*) είναι αυστηρή και θα πρέπει να είναι σαν αυτής που παρουσιάζεται παραπάνω.

### 2.3.2. Επεξεργασία αρχείου *station.info*

Το αρχείο *station.info* περιέχει πληροφορίες σχετικά με τους δέκτες και τις κεραιές των σταθμών GPS. Στο αρχικό αρχείο, εσωκλείονται όλοι οι παγκόσμιοι σταθμοί της IGS με τις παραπάνω πληροφορίες καθώς και οι αλλαγές στις κεραιές ή τους δέκτες αυτών που συμβαίνουν κατά καιρούς. Αν και η αυτόματη επεξεργασία με το script *sh\_gamit* παρέχει την δυνατότητα συμπλήρωσης του αρχείου αυτού με τους τοπικούς σταθμούς, διαβάζοντας τα header των αρχείων *rinex*, καλό θα είναι για μεγαλύτερο έλεγχο της διαδικασίας να κατασκευαστεί από το χρήστη. Αυτό προτείνεται επειδή τα header των *rinex* μπορεί να μην περιέχουν κάποιο στοιχείο ή αυτό να είναι τροποποιημένο, εμποδίζοντας έτσι την ορθή λειτουργία του προγράμματος και οδηγώντας το σε μοιραίο λάθος (*fatal error*).

Επομένως, το επόμενο βήμα της διαδικασίας είναι η συλλογή των στοιχείων για την κεραιά και τον δέκτη κάθε τοπικού σταθμού GPS από τα header των αρχείων *rinex*. Οι χρήσιμες γραμμές είναι αυτές που στο τέλος έχουν τους χαρακτηρισμούς: "REC # / TYPE / VERS" και "ANT # / TYPE". Στην πρώτη γραμμή παρουσιάζεται ο κωδικός του δέκτη, ο τύπος και η έκδοση του λογισμικού του, ενώ στην δεύτερη παρουσιάζεται κωδικός της κεραιάς, ο τύπος και ο τύπος θόλου (*dome*) που έχει. Ακόμη, κατά την επεξεργασία μεγάλου όγκου παρατηρήσεων μια χρήσιμη εντολή για την συλλογή των παραπάνω στοιχείων είναι η *grep* (ή *zgrep* για συμπιεσμένα αρχεία).

Εν συνεχεία, θα εξηγηθούν τα στοιχεία που εμπεριέχονται στο αρχείο *station.info*. Επειδή το αρχείο είναι μεγάλο σε πλάτος έχει χωρισθεί σε δύο τμήματα. Παρακάτω, παρατίθεται το πρώτο μέρος του.

## Κεφάλαιο 2: Εγχειρίδιο χρήσης Gamit/Globk

*SITE	Station Name	Session Start	Session Stop	Ant Ht	HtCod	Ant N	Ant E	Receiver Type
*-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
019B	TOBISHIMA	1996 072 00 00 00	2003 160 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	TRIMBLE 4000SSI
019B	TOBISHIMA	2003 160 00 00 00	9999 999 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	TRIMBLE 5700
NVRK	Neurokopi	2000 001 00 00 00	2007 355 23 59 59	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA GRX1200GGPRO
NVRK	Neurokopi	2008 343 00 00 00	9999 001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA GRX1200GGPRO
PONT	Leykada	2000 001 00 00 00	2007 123 23 59 59	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA GRX1200GGPRO

*Πίνακας 2.3: Αρχείο station.info (Α' μέρος).*

*Table 2.3: station.info file (1st part)*

Στην πρώτη στήλη τοποθετείται ο κωδικός 4 χαρακτήρων του σταθμού (ίδιος με αυτόν στο όνομα του rinex αρχείου), ενώ στη δεύτερη το όνομα του σταθμού πιο αναλυτικά, μέχρι 16 χαρακτήρες. Το δεύτερο όνομα (Station Name) δεν χρησιμοποιείται καθόλου από το πρόγραμμα, παρά μόνο βοηθάει στην καλύτερη αναγνώριση των σταθμών από το χρήστη. Στην τρίτη και στην τέταρτη στήλη τοποθετούνται η αρχή και το τέλος του χρονικού διαστήματος που ο σταθμός έχει την συγκεκριμένη κεραία και δέκτη. Η μορφή των στηλών αυτών είναι: έτος, αριθμός ημέρας του έτους, ώρα, λεπτά και δευτερόλεπτα. Στην επόμενη στήλη τοποθετείται το ύψος της κεραίας από το σημείο ενδιαφέροντος στο έδαφος. Στους μόνιμους σταθμούς το ύψος αυτό συνήθως τοποθετείται ίσο με 0.

Ακολουθεί, ένας κωδικός που αναφέρεται στο σημείο αναφοράς μέτρησης του ύψους στην κεραία (HtCod). Συνήθως τοποθετείται ο κωδικός DHPAB, ο οποίος δηλώνει το σημείο της βάσης της κεραίας κάτω από τον προενισχυτή (bottom center of the pre-amplifier). Κατά την επεξεργασία δεδομένων μόνιμων σταθμών, των οποίων το ύψος κεραίας τίθεται ίσο με 0, τοποθετείται πάντα ο κωδικός DHPAB. Ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στο παράρτημα 1 του εγχειριδίου χρήσης του Gamit για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τις κεραίες των διαφόρων εταιριών.

Έπειτα, τοποθετούνται οι αποκλίσεις της κεραίας κατά την διεύθυνση του Βορρά (Ant N) και της Ανατολής (Ant E) από το σημείο ενδιαφέροντος στο έδαφος. Εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις, οι στήλες αυτές συμπληρώνονται με 0. Στην επόμενη στήλη τοποθετείται ο τύπος του δέκτη (Receiver Type).

Vers	SwVer	Receiver SN	Antenna Type	Dome	Antenna SN
-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.16	7.16		TRM23903.00		
1.24	1.24		TRM29659.00		
5.10	3.013	351602	LEIAX1202GG	NONE	6510014
5.62	3.014	351602	LEIAX1202GG	NONE	6510014
4.10	3.012	351602	LEIAX1202GG	NONE	6360005

*Πίνακας 2.4: Αρχείο station.info (Β' μέρος).*

*Table 2.4: station.info file (2nd part)*

Μετά την στήλη του δέκτη ακολουθούν δύο στήλες που αναφέρονται στην έκδοση του λογισμικού του δέκτη (Vers και SwVer). Στα rinex αρχεία οι κωδικοί αυτοί είναι με την μορφή Vers/SwVer (π.χ. 5.10/3.013). Η στήλη με την ονομασία Receiver SN συμπληρώνεται με τον

κωδικό του δέκτη. Ακολουθούν, τρεις στήλες με στοιχεία για την κεραία του σταθμού GPS. Στην πρώτη τοποθετείται ο τύπος της κεραίας, στην δεύτερη ο τύπος θόλου (dome) που έχει (εάν δεν έχει τοποθετείται NONE) και στην τρίτη ο κωδικός της. Οι κωδικοί της κεραίας και του δέκτη δεν είναι ιδιαίτερα απαραίτητοι και χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα κυρίως για την καλύτερη αναγνώριση αυτών.

Στην πρώτη γραμμή του αρχείου τοποθετήθηκαν παύλες (-) για να παρουσιαστεί το πλάτος που πρέπει να έχει κάθε στήλη, διότι το αρχείο έχει αυστηρή μορφοποίηση (format). Αν δεν είναι γνωστό κάποιο στοιχείο του πίνακα του αρχείου station.info τοποθετούνται παύλες στην κενή θέση. Κατά την διάρκεια συμπλήρωσης του αρχείου ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στα αρχεία hi.dat, rcvant.dat και antmod.dat, τα οποία περιέχονται στον φάκελο tables. Το αρχείο hi.dat περιέχει στοιχεία για τα σημεία αναφοράς μέτρησης ύψους κάθε τύπου κεραίας, το αρχείο rcvant.dat περιέχει στοιχεία για κάθε τύπο δέκτη και το αρχείο antmod.dat περιέχει στοιχεία για τα κέντρα φάσεων κάθε τύπου κεραίας. Η ανασκόπηση αυτών των αρχείων είναι πολύ χρήσιμη όταν στα αρχεία rinex δεν είναι απόλυτα σωστές οι ονομασίες των δεκτών και των κεραίων.

### 2.3.3. Επεξεργασία αρχείου sites.defaults

Το αρχείο sites.defaults περιέχει όλους τους σταθμούς του δικτύου επεξεργασίας (παγκόσμιους και τοπικούς) και η κατασκευή του είναι απαραίτητη διότι σε αυτόν τοποθετούνται αρκετά σημαντικές εντολές. Η μορφή του αρχείου παρατίθεται παρακάτω:

```
# File to control the use of stations in the processing
#
# Format: site expt keyword1 keyword2 ...
#
# where the first token is the 4- or 8-character site name (GAMIT uses only
# 4 characters, GLOBK allows only 4 unless there are earthquakes or renames),
# the second token is the 4-character experiment name, and the remaining
# tokens, read free-format, indicate how the site is to be used in the processing.
# All sites for which there are RINEX files in the local directory will be used
# automatically and do not need to be listed.
# GAMIT:
# ftprnx = sites to ftp from rinex data archives.
# ftpraw = sites to ftp from raw data archives.
# localrx = sites names used to search for rinex files on your local system.
#           (required in conjunction with rnxwnd path variable set in process.defaults).
# xstinfo = sites to exclude from automatic station.info updating.
# xsite   = sites to exclude from processing, all days or specified days
# GLOBK:
# glrepu = sites used in the GLRED repeatability solution (default is to use all)
# glreps = sites used for reference frame definition (stabilization) in
#           GLORG for the GLRED repeatability solution (default is IGS list)
# glts   = sites to plot as time series from GLRED repeatability solution (default is all)
#
# may use the following
# all_sites tubi xstinfo
# individual station commands will override all_sites if they follow it
atal_gps noal localrx xstinfo
kasi_gps noal localrx xstinfo
noal_gps noal localrx xstinfo
ankr_gps noal ftprnx  xstinfo
brus_gps noal ftprnx  xstinfo
```

wtzt_gps	noa1	ftprnx	xstinfo
ttth_gps	tubi	xstinfo	xsite:1999_256-1999_278 xsite:1999_300-1999_365

*Πίνακας 2.5: Αρχείο sites.defaults*

*Table 2.5: sites.defaults file*

Στην πρώτη στήλη τοποθετείται το όνομα του σταθμού (ο 4 χαρακτήρων κωδικός στο όνομα του rinex αρχείου) με την κατάληξη `_gps` (π.χ. `atal_gps`). Ακολουθεί το όνομα του πειράματος (π.χ. `noa1`), το οποίο είναι χρήσιμο για να διαβάσει το πρόγραμμα ποιους σταθμούς θα επεξεργαστεί ταυτόχρονα. Εν συνεχεία, τοποθετούνται διάφορες εντολές σε οποιαδήποτε σειρά από τις οποίες θα αναφέρουμε τις πιο χρήσιμες. Μετά το όνομα του πειράματος, ορίζεται για κάθε σταθμό ο τρόπος ανάκτησης των δεδομένων. Αν ο σταθμός είναι της IGS το πρόγραμμα μπορεί να κατεβάσει τα απαραίτητα αρχεία rinex από το διαδίκτυο, επομένως τοποθετείται η εντολή `ftprnx`. Στην περίπτωση τοπικών σταθμών, όπου τα δεδομένα rinex έχουν αποθηκευθεί σε ένα φάκελο στο σύστημα, τοποθετείται η εντολή `localrx`. Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την εντολή `set rnxwnd` του αρχείου `process.defaults`. Στην συνέχεια, εφόσον έχει κατασκευαστεί από το χρήστη το αρχείο `station.info`, τοποθετείται η εντολή `xstinfo`. Η εντολή αυτή δεν επιτρέπει την αυτόματη ανανέωση του αρχείου `station.info` από τα header των αρχείων rinex. Η εντολή αυτή πολλές φορές είναι υποχρεωτική διότι διαφορετικά υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την διάρκεια της επεξεργασίας.

Ακόμη, μια ενδιαφέρουσα εντολή είναι η `xsite` η οποία αφαιρεί έναν σταθμό από την επεξεργασία εντελώς ή για ένα συγκεκριμένο διάστημα ημερών (π.χ. `xsite:1999_256-1999_278`). Τέλος, χρησιμοποιώντας την εντολή `all_sites` στην αρχή του αρχείου επιβάλλονται σε όλους τους σταθμούς γενικές μεταβλητές που επιθυμεί να θέσει ο χρήστης (π.χ. `all_sites noa1 xsite`). Μετά την εντολή `all_sites` ειδικά για κάθε σταθμό τοποθετούνται οι επιθυμητές παράμετροι.

#### **2.3.4. Επεξεργασία αρχείου sittbl.**

Το αρχείο `sittbl` περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις `a priori` αβεβαιότητες των συντεταγμένων των σταθμών του δικτύου μελέτης. Οι δεσμεύσεις που εισάγονται σε αυτό το αρχείο επηρεάζουν μόνο την αυστηρή (`constrained`) επίλυση που παράγει το `gamit`. Η χαλαρή (`loose`) επίλυση που παράγει το `gamit` χρησιμοποιεί τις ίδιες χαλαρές δεσμεύσεις για όλους τους σταθμούς. Αναφέρεται ότι, οι δεσμεύσεις που τοποθετούνται σε αυτό το αρχείο επηρεάζουν την επίλυση ασαφειών φάσεων, διότι ο προσδιορισμός των ακεραίων ασαφειών πραγματοποιείται κατά την αυστηρή (`constrained`) επίλυση (Gamit Reference Manual p. 45). Το αρχείο έχει την παρακάτω μορφή:

*Πίνακας 2.6: Αρχείο sittbl.*

*Table 2.6: sittbl. file*

Η πρώτη στήλη περιέχει το όνομα του σταθμού με 4 χαρακτήρες, ενώ η δεύτερη το όνομα του σταθμού με την κατάληξη \_GPS (π.χ. MAS1 MAS1\_GPS). Η τρίτη στήλη (FIX) περιέχει τρεις χαρακτήρες (NNN) που επιτρέπουν τη δέσμευση ή όχι των συντεταγμένων του σταθμού στις αρχικές τους τιμές. Το σύμβολο **Y** κρατάει σταθερή τη συγκεκριμένη συντεταγμένη του σταθμού, ενώ το σύμβολο **N** όχι. Η σειρά των συντεταγμένων είναι: γεωγραφικό (γεωκεντρικό) πλάτος, γεωγραφικό (γεωκεντρικό) μήκος και γεωμετρικό υψόμετρο. Στην συνέχεια, ακολουθούν οι a priori αβεβαιότητες των συντεταγμένων του σταθμού σε μέτρα κατά την προηγούμενη σειρά.

Η ενδεδειγμένη μεθοδολογία που ακολουθείται συνήθως είναι να μην δεσμεύονται οι συντεταγμένες των σταθμών στις αρχικές τους τιμές, αλλά να τίθενται a priori αβεβαιότητες σε αυτές. Συνεπώς, στους τοπικούς σταθμούς τίθενται πολύ χαλαρές αβεβαιότητες, της τάξης των 100 ή 200 m, διότι συνήθως δεν υπάρχουν καλές a priori τιμές συντεταγμένων. Αντίθετα, στους σταθμούς αναφοράς της IGS τοποθετούνται αυστηρές (tight) αβεβαιότητες της τάξης των 0.05 m. Στην αρχή του αρχείου, η εντολή *ALL* θέτει αβεβαιότητες για όλους τους σταθμούς που δεν αναφέρονται παρακάτω. Επομένως, εκεί τοποθετούνται οι a priori αβεβαιότητες των τοπικών σταθμών, ενώ παρακάτω τοποθετούνται οι a priori αβεβαιότητες των μόνιμων σταθμών αναφοράς της IGS. Στο αρχείο εμπεριέχονται μόνο οι κύριοι σταθμοί της IGS (core) και γι' αυτό ίσως χρειαστεί συμπλήρωση του με τους υπόλοιπους σταθμούς αναφοράς, των οποίων οι αβεβαιότητες μπορούν να είναι λίγο πιο χαλαρές, της τάξης των 0.08 m.

Επιπροσθέτως, επειδή άμεσο επακόλουθο της επεξεργασίας με το Gamit είναι η επεξεργασία με το Globk, προτείνεται να μην δεσμεύονται οι συντεταγμένες των σταθμών αναφοράς στις αρχικές τους τιμές. Παρόλα αυτά, αν ο χρήστης επιθυμεί να τερματίσει την επεξεργασία στο στάδιο του gamit μπορεί να θέσει τις δεσμεύσεις αυτές.

### 2.3.5. Επεξεργασία αρχείου sestbl.

Το αρχείο sestbl. περιέχει μεταβλητές που επηρεάζουν τον αλγόριθμο επεξεργασίας του gamit.



Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να τροποποιήσει διάφορες παραμέτρους ανάλογα με το αντικείμενο μελέτης του. Σε γενικές γραμμές και για τις συνήθεις εφαρμογές, ελάχιστα πράγματα χρειάζεται να τροποποιηθούν. Παρακάτω, παρατίθενται οι πιο σημαντικές εντολές του αρχείου:

```

Session Table

Processing Agency = MIT

Satellite Constraint = Y          ; Y/N (next two lines are free-format but 'all' must be present)
                        all        a          e          i          n          w          M          rad1    rad2    rad3    ...    rad9;
                                0.01  0.01    0.01    0.01    0.01    0.01    0.01    0.01    0.01    0.01    ...    0.01

Choice of Experiment = RELAX.      ; BASELINE/RELAX./ORBIT
Type of Analysis = 1-ITER          ; 1-ITER/0-ITER (no postfit autcln)/PREFIT
This now redundant AUTCLN Postfit = R          ; Run autcln for postfit run; R causes repeat
run.
Choice of Observable = LC_AUTCLN   ; L1&L2/L1_ONLY/L2_ONLY/LC_ONLY/
                                ; L1,L2_INDEPEND./LC_HELP/LC_AUTCLN
Station Error = ELEVATION 10 5     ; 1-way L1, a**2 + (b**2)(L**2) in mm, ppm, default = 10. 0.
Use N-file = Y                     ; Y/N (default no): automatic procedure to reweight by station
AUTCLN reweight = Y                ; Release 10.31 equivalent of Use N-file
AUTCLN Command File = autcln.cmd   ; Filename; default none (use default options)
Decimation Factor = 4              ; FOR SOLVE, default = 1
Quick-pre decimation factor = 10   ; 1st iter or autcln pre, default same as Decimation Factor
Quick-pre observable = LC_ONLY     ; for 1st soln, default same as Choice of observable

Ionospheric Constraints = 0.0 mm + 8.00 ppm
Ambiguity resolution WL = 0.15 0.15 1000. 99. 15000. ; used for LC_HELP only
Ambiguity resolution NL = 0.15 0.15 1000. 99. 15000. ; Allow long baselines with LC_AUTCLN

Zenith Delay Estimation = Y        ; Yes/No (default No)
Interval zen = 2                   ; 2 hrs = 13 knots/day (default is 1 ZD per day)
Zenith Constraints = 0.50           ; zenith-delay a priori constraint in meters (default 0.5)
Zenith Variation = 0.02 100.       ; zenith-delay variation, tau in meters/sqrt(hr), hrs (default .02
100.)
Elevation Cutoff = 0                ; default 0 to use value in autcln.cmd
Atmospheric gradients = Y          ; Yes/Np (default No)
Number gradients = 1                ; number of gradient parameters per day (NS or ES); default 1
Gradient Constraints = 0.01         ; gradient at 10 deg elevation in meters; default 0.03 m

Update T/L files = L_ONLY           ; T_AND_L (default), T_ONLY, L_ONLY, NONE
Update tolerance = .3               ; minimum adjustment for updating L-file coordinates, default .3 m
Met obs source = GPT 50             ; hierarchical list: RNx ufile GPT/STP [humid value]; default GTP 50
                                ; if [humid value] < 0, use RNx or UFL if available
                                ; write the a priori met values to a z-file (Y/N)

Output met = N                      ;
Use met.list = N                    ;
Use met.grid = N                    ;
DMap = GMF                          ; GMF(default)/NMFH/VMF1
WMap = GMF                          ; GMF(default)/NMFw/VMF1
Use map.list = N                    ;
Use map.grid = N                    ;
Yaw Model = Y                       ; Y/N default = Y
Radiation Model for ARC = BERNE
Inertial frame = J2000
Tides applied = 31                  ; Binary coded: 1 earth 2 freq-dep 4 pole 8 ocean 16 remove mean
for pole tide                       ; 32 atmosphere ; default = 31

Use otl.list = N                    ;
Use otl.grid = Y                    ;
Use atl.list = N                    ;
Use atl.grid = N                    ;
Etide model = IERS03                ; IERS96/IERS03
Apply atm loading = N               ; Y/N for atmospheric loading
Use atml.list = N                   ;
Use atml.grid = N                   ;
Antenna Model = AZEL                ; NONE/ELEV/AZEL default = ELEV Use ELEV for IGS01 relative model
    
```

SV antenna model = ELEV	; NONE/ELEV	default = NONE
SV antenna off = N	; Y/N to estimate satellite antenna offsets (default N)	
Delete AUTCLN input C-files = Y	; Y/N ; default Y to force rerun of MODEL	
Scratch directory = /tmp		

*Πίνακας 2.7: Αρχείο sestbl.*

*Table 2.7: sestbl. file*

- **Processing Agency:** Ορίζεται με μια συντομογραφία 3 χαρακτήρων η υπηρεσία που εκτελείται η επεξεργασία (π.χ. DSO – Dionysos Satellite Observatory).
- **Choice of Experiment:** Ορίζεται ο τύπος του πειράματος. Με την επιλογή **RELAX.**, που είναι και η πιο ενδεδειγμένη, υπολογίζονται εκτιμήσεις συντεταγμένων, τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και στοιχείων προσανατολισμού της γης (EOP). Με την επιλογή **BASELINE**, ο αλγόριθμος επίλυσης επικεντρώνεται στον υπολογισμό των συντεταγμένων των σταθμών σταθεροποιώντας τα τροχιακά και EOP στοιχεία στις a priori τιμές (π.χ. ακριβείς τροχιές IGS, πίνακες IERS). Αντίθετα, με την επιλογή **ORBIT** υπολογίζονται τα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων. Εφόσον στο globk μπορούν να δεσμευθούν αυστηρότερα αυτές τις τιμές, καλό θα είναι να χρησιμοποιείται για τα συνήθη πειράματα η επιλογή **RELAX.**
- **Choice of Observable:** Ορίζεται ο τύπος παρατήρησης. Με την επιλογή **LC\_AUTCLN**, ως τύπος παρατήρησης ορίζεται ο γραμμικός ιονοσφαιρικός συνδυασμός LC (ionosphere-free linear combination). Η επιλογή αυτή είναι η προτιμότερη διότι χρησιμοποιεί κατά τον προσδιορισμό των αέριων ασαφειών, την ανάλυση των αποτελεσμάτων των συνδυασμών ευρείας ζώνης (wide lane) Melbourne-Wübbena που έχουν προκύψει από το *autcln*. Για να είναι δυνατή αυτή η επιλογή, θα πρέπει ο κώδικας P να είναι γνωστός και στις δύο συχνότητες. Διαφορετικά, ο χρήστης καλό θα είναι να χρησιμοποιήσει την επιλογή **LC\_HELP**, η οποία εκτελεί μια πιο συντηρητική επεξεργασία με δεσμεύσεις στην ιονόσφαιρα. Για περαιτέρω πληροφορίες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία [Blewit G., 1989]. Με την επιλογή **L1,L2\_INDEPEND** γίνεται χρήση των μετρήσεων φάσεων στην L1 και L2 συχνότητα απευθείας, ένα σενάριο ωφέλιμο για την επεξεργασία μικρών βάσεων όπου η επίδραση της ιονόσφαιρας είναι ελάχιστη. Με τις επιλογές **L1\_ONLY** και **L2\_ONLY** πραγματοποιείται επίλυση χρησιμοποιώντας μετρήσεις φάσεων μόνο στην L1 ή μόνο στην L2 συχνότητα. Τέλος, με την επιλογή **LC\_ONLY** πραγματοποιείται επίλυση χρησιμοποιώντας τον γραμμικό ιονοσφαιρικό συνδυασμό LC, δίχως να επιχειρείται επίλυση των αέριων ασαφειών φάσεων. Η επιλογή αυτή προτιμάται στην περίπτωση που ενδιαφέρει ο προσδιορισμός των τροχιακών στοιχείων (ORBIT).
- **Decimation Factor:** Ορίζεται η περίοδος αξιοποίησης παρατηρήσεων από το solve. Τοποθετείται ένας αριθμός που πολλαπλασιάζεται με την περίοδο μετρήσεων των

αρχικών δεδομένων. Για δεδομένα περιόδου μετρήσεων 30 s και πολλαπλασιαστή 4, το *solve* αξιοποιεί δεδομένα με περίοδο 120 s κατά την *postfit* επανάληψη. Ο ενδεδειγμένος πολλαπλασιαστής για δεδομένα περιόδου μετρήσεων 30 s είναι 4. Ο λόγος που αφαιρούνται δεδομένα κατά την ελαχιστο-τετραγωνική συνόρθωση είναι κυρίως για να μειωθεί η συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων. Ακόμη, το *gamit* στην λειτουργία "*postfit mode*" εκτελεί δύο τουλάχιστον επαναλήψεις της ακολουθίας επεξεργασίας: *model -> autcln -> solve* (Κεφάλαιο 1). Στην πρώτη επανάληψη (*prefit*) το *gamit* δεν επιχειρεί να προσδιορίσει τις ακέραιες ασάφειες. Ο παραπάνω πολλαπλασιαστής (*decimator factor*) αναφέρεται στην *postfit* επανάληψη της ακολουθίας. Στην πρώτη επανάληψη ο πολλαπλασιαστής αυτός ορίζεται από την εντολή *Quick-pre decimation factor* ο οποίος συνήθως τοποθετείται 10 ή μεγαλύτερος, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος επεξεργασίας.

- **Zenith Delay Estimation:** Ορίζεται αν θα υπολογιστούν από το *solve* ή όχι παράμετροι διορθώσεων που οφείλονται στην τροποσφαιρική διάθλαση και εξαρτώνται από την ζενίθια γωνία κεραίας-δορυφόρου. Προτείνεται να υπολογιστούν διότι ενώ το ξηρό μέρος (*dry*) της τροποσφαιρικής διάθλασης είναι καλά μοντελοποιημένο, το υγρό μέρος (*wet*) συνήθως υπολογίζεται καλύτερα από τα δεδομένα. Για περαιτέρω πληροφορίες επί του θέματος ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο του εγχειριδίου χρήσης του *gamit* ή στην βιβλιογραφία [*Boehm et al., 2006*].
- **Interval zen:** Ορίζεται η περίοδος υπολογισμού των παραμέτρων τροποσφαιρικής διάθλασης ανά ημέρα που υπολογίζονται για κάθε σταθμό. Για παράδειγμα, αν τοποθετηθεί στην εντολή αυτή ο αριθμός 2 θα υπολογιστούν παράμετροι κάθε 12 ώρες. Ο προτεινόμενος συντελεστής από το εγχειρίδιο είναι ο αριθμός 2. Παρόλα αυτά το μοντέλο τροπόσφαιρας μπορεί να βελτιωθεί μεγαλώνοντας αυτόν τον αριθμό. Προσοχή, διότι τοποθετώντας περισσότερους αγνώστους στην συνόρθωση η επίλυση αδυνατίζει.
- **Atmospheric gradients:** Ορίζεται αν θα υπολογιστούν παράμετροι διορθώσεων της ατμοσφαιρικής διάθλασης που εξαρτώνται από το αζιμούθιο της διεύθυνσης κεραίας-δορυφόρου. Από το εγχειρίδιο προτείνεται να υπολογιστούν (*Gamit Reference Manual* p. 44).
- **Number gradients:** Ορίζεται ο αριθμός των παραμέτρων για κάθε σταθμό ανά ημέρα της προηγούμενης εντολής. Το εγχειρίδιο προτείνει έναν ανά ημέρα αλλά ο αριθμός αυτός μπορεί να αυξηθεί λίγο έτσι ώστε να βελτιωθεί το μοντέλο.
- **Dmap/WMap:** Ορίζεται η υδροστατική συνάρτηση (*hydrostatic mapping function*) με την οποία θα υπολογιστούν οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις για το υγρό και ξηρό μέρος της τροπόσφαιρας. Αυτή που προτείνεται είναι η *VMF1* (*Vienna Mapping Functions 1*) επειδή

σε προηγούμενο βήμα ανακτήθηκε ο κানাβος που χρησιμοποιεί η συγκεκριμένη συνάρτηση.

- **Use map.grid:** Ορίζεται αν θα χρησιμοποιηθεί ή όχι κানাβος (grid) για τον υπολογισμό των ατμοσφαιρικών διορθώσεων. Τοποθετείται η μεταβλητή **Y** που συμβολίζει την αποδοχή χρήσης κανάβου.
- **Use otl.grid:** Ορίζεται αν θα χρησιμοποιηθεί ή όχι καναβος (grid) για τον προσδιορισμό των διορθώσεων που οφείλονται σε περιοδικές ανακατανομές μαζών των ωκεανών. Επιλέγεται η μεταβλητή **Y** επειδή σε προηγούμενο βήμα ανακτήθηκε το συγκεκριμένο αρχείο για αυτήν την χρήση (otl\_FES2004.grid).
- **Tides applied:** Ορίζονται οι παλίρροιες που είναι επιθυμητές να εισαχθούν στην ανάλυση. Η επιλογή γίνεται με την εισαγωγή ενός κωδικού ο οποίος ακολουθεί δυαδική διαμόρφωση. Απλά προστίθενται οι κωδικοί αριθμοί των παλίρροιών που θα εισαχθούν. Οι πρώτες δύο αφορούν παλίρροιες του στερεού φλοιού της γης (solid earth tides), ενώ η τρίτη και η πέμπτη παλίρροιες της κίνησης του πόλου (pole tides). Συνήθως επιλέγονται αυτές οι παλίρροιες να εισαχθούν στην ανάλυση. Τα στοιχεία των παλίρροιών αυτών εμπεριέχονται στον πρόγραμμα από πίνακες της IERS. Σε αυτήν την περίπτωση τοποθετείται ο αριθμός 23. Εάν εισαχθούν εισαχθούν στην ανάλυση και διορθώσεις που οφείλονται σε περιοδικές ανακατανομές μαζών των ωκεανών (ocean tidal loading), προστίθεται στον αριθμό 23 ο αριθμός 8. Τέλος, η έκτη επιλογή (32) δίνει την δυνατότητα εισαγωγής στην ανάλυση διορθώσεων που οφείλονται σε περιοδικές ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας (atmospheric tidal loading), μια δυνατότητα που δεν είναι ακόμη διαθέσιμη.
- **Apply atm loading:** Ορίζεται αν θα εισαχθούν στην ανάλυση διορθώσεις που οφείλονται σε μη περιοδικές ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας (non-tidal atmospheric loading). Επιλέγεται η μεταβλητή **Y** διότι σε προηγούμενο βήμα έχει ανακτηθεί το αρχείο για την συγκεκριμένη διόρθωση (π.χ. atmdisp\_cm.2009).
- **Use atml.grid:** Ορίζεται αν θα χρησιμοποιηθεί καναβος η όχι για τον προσδιορισμό των παραπάνω διορθώσεων (Apply atm loading). Τοποθετείται η μεταβλητή **Y** στην περίπτωση που είναι επιθυμητό να εισαχθούν στην ανάλυση διορθώσεις που οφείλονται σε μη περιοδικές ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας (non-tidal atmospheric loading).

Στην συνέχεια του αρχείου ακολουθούν μερικές προαιρετικές εντολές που συνήθως δεν χρειάζεται να τροποποιηθούν. Γι' αυτό το λόγο δεν παρατίθεται αυτό το τμήμα του αρχείου. Σε αυτό εμπεριέχονται εντολές που αφορούν τον ορισμό: μοντέλων και πλαισίων αναφοράς τόσο των δορυφόρων όσο και των κεραιών, μοντέλων κλόνησης και μετάπτωσης της γης, a priori αβεβαιοτήτων για διάφορες παραμέτρους κ.α. Αν ο αναγνώστης επιθυμεί να εντυπώσει

περισσότερο σε αυτές τις μεταβλητές μπορεί να ανατρέξει στο εγχειρίδιο χρήσης του Gamit.

### 2.3.6. Επεξεργασία αρχείων lfile. και autcln.cmd

Τα δύο αυτά αρχεία τις περισσότερες φορές δεν χρειάζονται καθόλου μορφοποίηση. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, στο αρχείο lfile. αντιγράφονται από έναν a priori πίνακα οι συντεταγμένες και ταχύτητες των σταθμών του πειράματος μελέτης. Εάν για κάποιους σταθμούς δεν υπάρχουν στον a priori πίνακα αυτές οι πληροφορίες, τότε το αρχείο συμπληρώνεται από το πρόγραμμα κατά την διάρκεια της επίλυσης. Η ανανέωση του αρχείου αυτού είναι συνεχής, εάν υπάρχουν μεγάλες διαφορές (>0.3 m) στις εκτιμώμενες συντεταγμένες που προκύπτουν από διαφορετικές ημερήσιες επιλύσεις. Βέβαια, κάποιος μπορεί να εισάγει συντεταγμένες και ταχύτητες για τους σταθμούς του δικτύου του κατευθείαν στο αρχείο lfile.. Η μορφή του αρχείου έχει την διαμόρφωση ενός apr αρχείου (π.χ. itr05.apr), η οποία παρουσιάζεται παρακάτω:

*SITE	X(m)	Y(m)	Z(m)	VX(m/yr)	VY(m/yr)	VZ(m/yr)	EPOCH	sX(m)	sY(m)	sZ(m)
ALGO_GPS	918129.45114	-4346071.25536	4561977.83951	-0.01572	-0.00362	0.00385	1999.966	0.0007	0.0009	0.0010
ALIC_GPS	-4052052.07412	4212836.08816	-2545105.52465	-0.03946	-0.00562	0.05409	2002.906	0.0009	0.0008	0.0008
ALRT_GPS	388042.71320	-740382.38242	6302001.87650	-0.02026	-0.00645	0.01054	2004.137	0.0007	0.0006	0.0013
AMMN_GPS	4386124.49093	3172638.12881	3363685.24323	-0.02554	0.01088	0.01136	2001.173	0.0014	0.0011	0.0012

*Πίνακας 2.8: Αρχείο διαμόρφωσης apr ή lfile..*

*Table 2.8: Apr or lfile. file format.*

Η πρώτη στήλη περιέχει το όνομα του σταθμού, οι επόμενες τρεις στήλες περιέχουν τις καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών (X, Y, Z) σε m και οι επόμενες τρεις περιέχουν τις ταχύτητες αυτών (VX, VY, VZ) σε m/yr. Ακολουθούν, η εποχή αναφοράς των συντεταγμένων σε έτη και τα τυπικά σφάλματα των συντεταγμένων σε m.

Εν κατακλείδι, το αρχείο autcln.cmd περιέχει εντολές που ρυθμίζουν την επεξεργασία των παρατηρήσεων από το autcln. Σε αυτό, ορίζονται μεταβλητές και κριτήρια που επηρεάζουν τους αλγόριθμους εντοπισμού απωλειών κύκλων και κενών στα δεδομένα. Για τοπικά δίκτυα, το αρχείο αυτό δεν χρειάζεται να μεταβληθεί καθόλου διότι οι αλγόριθμοι του autcln δουλεύουν πολύ καλά. Τροποποίηση του αρχείου ίσως χρειαστεί στην περίπτωση επεξεργασίας δεδομένων σταθμών που καλύπτουν ολόκληρη τη γη ή επεξεργασίας δεδομένων της περιόδου που ήταν ενεργή η Επιλεκτική Διαθεσιμότητα (Selective Availability).

## 2.4. Αυτόματη επεξεργασία με το Gamit (sh\_gamit)

Ύστερα από την εκτέλεση των παραπάνω βημάτων και της κατασκευής των 7 βασικών αρχείων εντολών του gamit, σειρά έχει η πραγματοποίηση της επεξεργασίας με τη χρήση του script sh\_gamit. Με την εντολή αυτή εκτελούνται οι απαραίτητες διαδικασίες της επεξεργασίας των

δεδομένων και η παραγωγή των αποτελεσμάτων. Ο χρήστης το μόνο που έχει να κάνει είναι να πληκτρολογήσει την παραπάνω εντολή σε μια γραμμή εντολών (terminal) και να συμπληρώσει τις απαραίτητες παραμέτρους σε αυτή. Επιπρόσθετα, πληκτρολογώντας στη γραμμή εντολών την εντολή *sh\_gamit* αυτούσια εμφανίζονται όλες οι πιθανές παράμετροι που μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποιος, με μια μικρή επεξήγηση. Παρακάτω, αναλύονται οι βασικότερες και πιο χρήσιμες από αυτές:

- **-expt**: Τοποθετείται μετά την παράμετρο αυτή το όνομα 4 χαρακτήρων του πειράματος μελέτης (π.χ. -expt noa1). Το όνομα του πειράματος έχει ορισθεί στο αρχείο *sites.defaults*.
- **-d <yr> <days>**: Τοποθετείται μετά την παράμετρο αυτή το έτος και οι μέρες του έτους που θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία (π.χ. -d 2009 178 196 300).
- **-s <yr> <d1> <d2>**: Τοποθετείται μετά την παράμετρο αυτή το έτος και διάστημα του έτους σε μέρες που θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία, ορίζοντας ως *d1* την ημέρα αρχής της επεξεργασίας, ενώ ως *d2* την ημέρα τέλους της επεξεργασίας (π.χ. -s 2009 100 205).
- **-netext**: Τοποθετείται η επιθυμητή κατάληξη των ημερήσιων φακέλων επεξεργασίας (π.χ. -netext \_preliminary). Το αποτέλεσμα είναι να έχουν αυτοί οι φάκελοι την κατάληξη που ορίστηκε (π.χ. 035\_preliminary, 048\_preliminary).
- **-yrex**: Τοποθετείται η παράμετρος αυτή εάν είναι επιθυμητό οι ημερήσιοι φάκελοι επεξεργασίας να έχουν το πρόθεμα του έτους επεξεργασίας (π.χ. 2009\_035)
- **-aprfile**: Τοποθετείται το όνομα του a priori αρχείου συντεταγμένων που θα χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία. Το αρχείο αυτό θα πρέπει να βρίσκεται στο φάκελο *tables* του πειράματος. Το προεπιλεγμένο αρχείο που χρησιμοποιείται είναι το *itr00.apr*, εκτός αν έχει ορισθεί διαφορετικό στο αρχείο εντολών *process.defaults* με την εντολή *set aprf* (π.χ. *itr05.apr*, *noa1.apr*). Αναφέρεται ότι δεν έχει ιδιαίτερη σημασία ποιο πλαίσιο αναφοράς θα χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία με το Gamit, διότι το τελικό πλαίσιο αναφοράς υλοποιείται στο στάδιο επεξεργασίας με το Globk.

Εάν ακολουθηθούν οι παραπάνω οδηγίες και υποδείξεις, η επεξεργασία με το gamit γίνεται αυτόματα χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Στην περίπτωση που υπάρξουν προβλήματα (fatal errors), αυτά παρουσιάζονται στην γραμμή εντολών (terminal) που εκτελέστηκε το *sh\_gamit* και συνήθως η επεξεργασία τερματίζεται.

Το gamit, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 1, παράγει 4 επιλύσεις για κάθε ημέρα: μία *constrained bias-free*, μία *constrained bias-fixed*, μία *loose bias-free* και μία *loose bias-fixed*. Οι δύο πρώτες συνορθώνονται με αυστηρές a priori αβεβαιότητες, ενώ οι δύο τελευταίες

συνορθώνονται με χαλαρές a priori αβεβαιότητες. Καθένα από τα παραπάνω ζευγάρια περιλαμβάνει μία επίλυση με επιλυμένες τις ασάφειες φάσεων σε ακέραιους κύκλους (bias-fixed) και μία δίχως (bias-free). Οι loose επιλύσεις είναι αυτές που αξιοποιούνται στην συνέχεια από το Globk, οι οποίες εμπεριέχονται στο αρχείο h-file.

Επιπρόσθετα, αναφέρεται ότι η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω αφορά μια απλή εφαρμογή όπου κάποιος θέλει να επιλύσει μερικές μέρες ενός έτους. Για την επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων, που η διάρκεια τους καλύπτει πολλές μέρες για αρκετά έτη, καλό είναι να κατασκευαστεί ένα μικρό script. Αυτό θα πρέπει να περιέχει τις απαραίτητες παραμέτρους της εντολής `sh_gamit` και να επεξεργάζεται κάθε ημέρα ξεχωριστά. Παρόλο που το `gamit` παρέχει την δυνατότητα επεξεργασίας πολλών ημερών ταυτόχρονα με την βοήθεια της παραμέτρου `-s <yr> <d1> <d2>`, η χρήση της δεν ενδείκνυται διότι στην περίπτωση που μία μέρα παρουσιάσει σφάλμα η επεξεργασία θα τερματιστεί. Αυτό θα αναγκάσει τον χρήστη να τρέξει το πρόγραμμα από την αρχή, ή από το σημείο διακοπής της επεξεργασίας, χάνοντας πολύτιμο χρόνο.

Αρχικά, θα πρέπει να κατασκευαστούν φάκελοι με τα ονόματα των ετών επεξεργασίας (π.χ. 2007, 2008, 2009) και μέσα σε αυτούς να δημιουργηθεί το καθένα περιβάλλον επεξεργασίας, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2. Εν συνεχεία, προτείνεται να κατασκευαστεί ένα script αυτόματης επεξεργασίας (π.χ. `gamit_day`), το οποίο μπορεί να έχει την παρακάτω μορφή.

```
#!/bin/bash

YEAR=$1          # Έτος επεξεργασίας που ορίζεται την στιγμή τρεξίματος του script
DOY=$2          # Ημέρα έτους επεξεργασίας που ορίζεται την στιγμή τρεξίματος του script

TIMEOUT=10000   # Χρονική διάρκεια σε s
NICE=19         # Αριθμός προτεραιότητας (nice value) (min=19)

EXPT="noa1"     # Όνομα πειράματος
NETEXT="_main"  # Όνομα κατάληξης
PROCDIR="/home/panos/work/noa1/" # Φάκελος όπου πραγματοποιείται η επεξεργασία

SH_GAMIT=`which sh_gamit` # Ορισμός πλήρους path της εντολής sh_gamit

cd ${PROCDIR}/${YEAR} # Είσοδος στον φάκελο έτους της επεξεργασίας

rm -rf ${YEAR}_${DOY}${NETEXT} # Διαγραφή φακέλων με την ίδια ονομασία της ημέρας επεξεργασίας

timeout ${TIMEOUT} \ # Ορισμός ελάχιστου χρονικού διαστήματος εκτέλεσης της sh_gamit
σε s
nice -n ${NICE} \ # Ορισμός προτεραιότητας που θα έχει από το σύστημα η sh_gamit
${SH_GAMIT} -expt ${EXPT} \ # Εκτέλεση sh_gamit - διάφοροι παράμετροι αυτής
            -netext ${NETEXT} \
            -yext \ 0
            -d ${YEAR} ${DOY}
```

*Πίνακας 2.9: Υπόδειγμα αρχείου (script) αυτόματης επεξεργασίας για μεγάλο όγκο δεδομένων*

*Table 2.9: Example of a script for long-period data processing*

Στον παραπάνω πίνακα, παρουσιάζεται ένα απλό script γραμμένο σε bash, η οποία ορίζεται στην

πρώτη γραμμή του αρχείου. Ακολουθούν οι ορισμοί κάποιων μεταβλητών, η εντολή `sh_gamit` και οι παράμετροι αυτής. Συγκεκριμένα, οι δύο πρώτες μεταβλητές (έτος και ημέρα επεξεργασίας) ορίζονται την στιγμή εκτέλεσης του script, ενώ οι υπόλοιπες ορίζονται από πριν. Για να τρέξει το script θα πρέπει το αρχείο που το περιέχει να γίνει εκτελέσιμο. Στην συνέχεια, απλά εκτελείται το script ορίζοντας τις δυο μεταβλητές που χρειάζεται (π.χ. `./gamit_day 2009 208`). Έπειτα, προτείνεται να δημιουργηθεί ένα αρχείο που να τρέχει το script αυτό για κάθε επιθυμητή μέρα, με το οποίο αυτοματοποιείται εντελώς η διαδικασία της επεξεργασίας. Το αρχείο αυτό μπορεί να έχει την μορφή:

```
#!/bin/bash
./gamit_day 2009 177
./gamit_day 2009 009
./gamit_day 2009 206
./gamit_day 2009 197
```

*Πίνακας 2.10: Υπόδειγμα αρχείου που τρέχει το script "gamit\_day" για διάφορες μέρες.*

*Table 2.10: Example of a file that runs the "gamit\_day" script for different days*

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την λειτουργία του παραπάνω script είναι: το αρχείο που το περιέχει να είναι εκτελέσιμο και το script `gamit_day` να υπάρχει στον φάκελο επεξεργασίας του πειράματος. Με αυτόν τον τρόπο, επιτρέπεται η συνέχιση της επεξεργασίας ακόμη και αν μία μέρα παρουσιάσει πρόβλημα κατά την επίλυση.

## 2.5. Περιγραφή αρχείων εξόδου του Gamit και αξιολόγηση της επίλυσης

Η αυτόματη επεξεργασία με το gamit παράγει ένα μεγάλο πλήθος αρχείων που προκύπτουν από διάφορα στάδια της επεξεργασίας. Σε αυτήν την παράγραφο, θα περιγραφούν συνοπτικά τα σημαντικότερα από αυτά, τα οποία περιέχουν τα τελικά αποτελέσματα αλλά και την αξιολόγηση αυτών. Ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στον εγχειρίδιο χρήσης για μια πιο περιεκτική περιγραφή κάθε αρχείου που εξάγει το gamit.

### 2.5.1. Επεξήγηση αρχείου `sh_gamit_day.summary` και εκτίμηση της επίλυσης

Το gamit παράγει ένα αρχείο που περιέχει μία συνοπτική αξιολόγηση της επίλυσης που πραγματοποιήθηκε. Το αρχείο αυτό δημιουργείται στον ημερήσιο φάκελο επεξεργασίας και ονομάζεται `sh_gamit_day.summary`, όπου `day` είναι ο αριθμός της ημέρας επεξεργασίας. Παρακάτω, παρατίθεται μία τυπική εικόνα του αρχείου εάν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας δεν έχουν δημιουργηθεί ιδιαίτερα προβλήματα:



```

Input options -d 2009 171 -expt noal

Processing 2009 171 GPS week 1536 6 Using node: gg Started at: 09_11_21_13:22:27

Processing directory: /home/panos/work/noal/test/171
Disk Usage: 117494 Free 300393 Mbyte. Used 29%

Number of stations used 30 Total xfiles 30
Sites excluded by xsite command

Postfit RMS rms, total and by satellite
RMS IT Site All 01 02 03 04 06 07 08 09 10 11 12 ... 25 26 27 28 29 30 31 32
RMS 16 ALL 9.1 96 110 73 107 72 88 101 87 112 76 93 ... 90 96 90 100 81 92 95 74
Best and Worst two sites:
RMS 16 METS 5.6 0 7 5 7 7 6 4 5 6 5 4 ... 6 6 6 6 5 5 6 5
RMS 16 ANKR 6.3 5 8 5 7 6 6 7 6 7 5 5 ... 6 6 6 6 5 6 6 5
RMS 16 LEMN 12.1 0 15 7 14 9 11 17 11 18 7 12 ... 10 13 15 18 9 17 10 7
RMS 16 CAGL 12.4 0 13 13 19 9 10 11 12 13 9 14 ... 9 16 13 14 12 12 15 6

Double difference statistics
Prefit nrms: 0.29491E+01 Postfit nrms: 0.18135E+00
Prefit nrms: 0.29411E+01 Postfit nrms: 0.19096E+00
Prefit nrms: 0.29491E+01 Postfit nrms: 0.16094E+00
Prefit nrms: 0.29411E+01 Postfit nrms: 0.16550E+00
Number of double differences: 141259

Phase ambiguities (Total WL-fixed NL-fixed): 842 815 763 AUTCLN (Total Expected) 842 842
Phase ambiguities WL fixed 96.8% NL fixed 90.6%

List of sites updated in the tables lfile. based on adjustments to coordinates > .3 m in the
Postfit Solution
PDEL GEOC LAT 0.3331
ANKR RADIUS -0.3662
ATAL RADIUS -0.3655
ISTA RADIUS -0.7381
ANKR_GPS 4121948.98643 2652188.15122 4069024.58599 -0.00880 -0.00230 0.00640 2009.4671
Updated from lnoala.171 UpdatedApr
ATAL_GPS 4591114.31757 1948751.44500 3962397.46092 0.00000 0.00000 0.00000 2009.4671
Updated from lnoala.171 UpdatedApr
ISTA_GPS 4208830.72183 2334850.65524 4171268.07056 0.00000 0.00000 0.00000 2009.4671
Updated from lnoala.171 UpdatedApr
PDEL_GPS 4551596.41072 -2186892.63487 3883411.50372 -0.00434 0.01599 0.01155 2009.4671
Updated from lnoala.171 UpdatedApr

```

Πίνακας 2.11: Αρχείο αξιολόγησης επίλυσης gamit για την ημέρα 171 του 2009 (sh\_gamit\_171.summary).

Table 2.11: File of evaluation of the gamit solution for day 171 of year 2009 (sh\_gamit\_171.summary).

Αρχικά, στο αρχείο αυτό παρουσιάζονται κάποια στοιχεία που αφορούν τις παραμέτρους εισόδου στο πρόγραμμα. Στην συνέχεια, παρατίθενται ο αριθμός των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην επεξεργασία, ο αριθμός των x-files που δημιουργήθηκαν, καθώς και οι σταθμοί που έχουν επιλεγεί να μην χρησιμοποιηθούν. Η επιλογή αυτή έχει γίνει κατά την κατασκευή του αρχείου εντολών sites.defaults. Ακολουθούν, στατιστικά στοιχεία της επίλυσης τα οποία βοηθούν στην αξιολόγηση της.

Η πρώτη ομάδα στατιστικών προκύπτει από το πρόγραμμα *autcln* και αφορά τα τελικά μέσα τετραγωνικά σφάλματα των καθαρών υπολοίπων των παρατηρήσεων μεταξύ δορυφόρων-δεκτών (one-way postfit residuals). Παρουσιάζεται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της επίλυσης σε mm (στήλη ALL), το μέσο τετραγωνικό σφάλμα των δύο καλύτερων και δύο χειρότερων σταθμών αλλά και τα σφάλματα προς κάθε δορυφόρο. Αυτή η συνοπτική παρουσίαση των

στατιστικών υποδεικνύει αν υπάρχουν προβληματικοί σταθμοί ή δορυφόροι. Για περαιτέρω μελέτη αυτών των στατιστικών ο χρήστης θα πρέπει να ανατρέξει στα αρχεία εξόδου του *autcln* (*autcln.out.gz*, *autcln.prefit.sum*, *autcln.post.sum* και *autcln.post.sum.expt*, όπου *expt* το όνομα του πειράματος επεξεργασίας).

Η δεύτερη ομάδα στατιστικών (Double difference statistics) προκύπτει από το πρόγραμμα *solve* και περιέχει τα κανονικοποιημένα μέσα τετραγωνικά σφάλματα (nrms) των τεσσάρων επιλύσεων που παράγει το *gamit*. Σε αυτή την ομάδα παρουσιάζονται τα a priori και a posteriori nrms των επιλύσεων (constrained bias-fixed, constrained bias-free, loose bias-free και loose bias-fixed) της τελευταίας *postfit* επανάληψης. Θεωρητικά τα *postfit* nrms θα έπρεπε να προσεγγίζουν την μονάδα. Όμως, λόγω ατελειών των μοντέλων του αλγόριθμου επεξεργασίας, το εγχειρίδιο προτείνει να γίνονται αποδεκτές ως καλές επιλύσεις αυτές που το nrms τους κυμαίνεται στο 0.2. Τέλος, παρουσιάζεται ο αριθμός των συνολικών διπλών διαφορών που σχηματίστηκαν, ο οποίος είναι μία ένδειξη αξιοπιστίας της επίλυσης.

Η τρίτη ομάδα στατιστικών ουσιαστικά παρουσιάζει τα ποσοστά των επιλυμένων ασαφειών σε ακέραιους κύκλους όλων των βάσεων της επίλυσης. Τα ποσοστά αυτά αφορούν τους συνδυασμούς ευρείας ζώνης (Melbourne-Wübbena wide lane) και βραχείας ζώνης (narrow lane). Το ποσοστό που είναι άμεσα αξιοποιήσιμο είναι αυτό της βραχείας ζώνης (NL), το οποίο αναφέρεται στο ποσοστό επιλυμένων ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους στις συχνότητες L1 και L2. Το ποσοστό αυτό συνήθως είναι πολύ υψηλό σε μια καλή επίλυση, της τάξης του 90%.

Εν συνεχεία, ακολουθούν οι σταθμοί με μεγάλες διαφορές στις συντεταγμένες (>0.3 m) μεταξύ του πίνακα a priori συντεταγμένων και αυτών που προκύπτουν από την επίλυση. Αναφέρεται ότι πραγματοποιήθηκε ενημέρωση του αρχείου a priori συντεταγμένων για αυτούς τους σταθμούς με τις συντεταγμένες που προέκυψαν από την επίλυση (Updated from Inoa1a.171 UpdatedApr). Οι συντεταγμένες της επίλυσης αποθηκεύονται στο αρχείο *lfile*.. Αρχικά, παρουσιάζονται οι διορθώσεις στις συντεταγμένες των σταθμών και στην συνέχεια οι νέες a priori τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στην περαιτέρω επεξεργασία. Εν ολίγοις, οι πληροφορίες σε αυτό το τμήμα του αρχείου υποδεικνύουν ποιοι σταθμοί έχουν κακές a priori συντεταγμένες. Στην περίπτωση πολύ καλών a priori τιμών, των συντεταγμένων των σταθμών, το τμήμα αυτό δεν παρουσιάζεται.

Ακόμη, στο αρχείο αυτό μπορεί να υπάρχουν και μοιραία σφάλματα (fatal errors) που οδήγησαν το πρόγραμμα σε τερματισμό πριν ολοκληρωθεί η επεξεργασία. Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται στον ημερήσιο φάκελο επεξεργασίας ένα αρχείο με την ονομασία *GAMIT.fatal* που παρουσιάζονται τα προβλήματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας. Η ανάγνωση του αρχείου αυτού θα πρέπει να συμπληρώνεται και με την μελέτη του αρχείου εξόδου *GAMIT.warning*. Το αρχείο αυτό δημιουργείται σχεδόν πάντα και περιέχει μικρές

ασυμβατότητες (errors) που προκύπτουν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας αλλά δεν επηρεάζουν τη ροή της.

### **2.5.2. Επεξήγηση αρχείου εξόδου h-file**

Ένα από τα σημαντικότερα αρχεία εξόδου του gamit είναι το h-file, το οποίο περιέχει τις δύο *loose* επιλύσεις με τους αντίστοιχους πίνακες μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας. Το όνομα του αρχείου αυτού έχει την μορφή *hexpta.yrday* (π.χ *hnoa1a.09171*), όπου *expt* το όνομα του πειράματος, *yr* το έτος επεξεργασίας και *day* η ημέρα του έτους επεξεργασίας. Η δομή ενός αρχείου h-file είναι τέτοια ώστε να είναι πλήρως αξιοποιήσιμο από το globk, το οποίο αποτελεί επόμενο βήμα της προτεινόμενης μεθοδολογίας επεξεργασίας.

Συγκεκριμένα, για κάθε *loose* επίλυση (*bias-free* και *bias-fixed*) παρουσιάζονται αρχικά τα διάφορα μοντέλα διορθώσεων που χρησιμοποιήθηκαν, ο αριθμός των σταθμών και ο αριθμός των δορυφόρων που συμμετείχαν στην επεξεργασία. Στην συνέχεια, παρατίθεται ένας πίνακας με τους σταθμούς του πειράματος, τον αριθμό των παρατηρήσεων και τα στοιχεία για τους δέκτες και τις κεραίες για καθένα από αυτούς. Ακολουθεί, ένας πίνακας με τις διορθώσεις των κέντρων φάσης της κεραίας κάθε σταθμού και τις διορθώσεις που οφείλονται σε μη περιοδικές ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας (*non-tidal atmospheric loading*). Έπειτα, παρουσιάζονται οι αριθμοί παρατηρήσεων ανά δορυφόρο και οι μεταθέσεις των κέντρων φάσεων των κεραιών τους. Στο τέλος του εισαγωγικού τμήματος αυτού, παρατίθενται οι *a priori* τιμές των στοιχείων προσανατολισμού της γης (EOP).

Το αρχείο συνεχίζει παρουσιάζοντας τις *a priori* τιμές και υπολογισμένες προσαρτήσεις σε αυτές (*adjustments*), οι οποίες έχουν προκύψει από την συνόρθωση, των παραμέτρων ατμοσφαιρικής διάθλασης (*zenith delay parameters*), των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και των στοιχείων προσανατολισμού της γης ( $x_p$ ,  $y_p$  και UT1-TAI). Οι τιμές των αγνώστων που έχουν το σύμβολο \* μπροστά είναι αυτές που υπολογίζονται από την συνόρθωση, ενώ οι υπόλοιπες τιμές χωρίς το σύμβολο \* είναι αυτές που παραμένουν στις *a priori*.

Εν κατακλείδι, δίδεται ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των παραπάνω αγνώστων. Για λόγους οικονομίας χώρου δεν παρατέθηκε το αρχείο h-file στο κείμενο διότι το μέγεθός του είναι εξαιρετικά μεγάλο.

### **2.5.3. Επεξήγηση αρχείου εξόδου του solve q-file**

Ένα άλλο σημαντικό αρχείο εξόδου που παράγει το gamit είναι το αρχείο της μορφής q-file. Αυτό είναι ένα αρχείο εξόδου του solve το οποίο περιγράφει συνοπτικά τις *a priori* δεσμεύσεις της συνόρθωσης και τα αποτελέσματα των *constrained* επιλύσεων. Στην πραγματικότητα παράγονται δύο τέτοιου είδους αρχεία, ένα κατά την πρώτη (*prefit*) επανάληψη και ένα κατά

την δεύτερη ή επόμενη (*postfit*) επανάληψη. Το όνομα του έχει την μορφή *qexptp.day* (π.χ. qnoa1p.171) εάν πρόκειται για αρχείο εξόδου της *prefit* επίλυσης και *qexpta.day* (π.χ. qnoa1a.171) εάν πρόκειται για αρχείο εξόδου της *postfit* επίλυσης. Τα αρχεία αυτά είναι σχεδόν όμοια, με μόνη ουσιαστική διαφορά το γεγονός ότι στην *postfit* επίλυση πραγματοποιείται επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους, ενώ στην *prefit* όχι. Παρόλα αυτά, θα περιγραφούν και τα δύο αρχεία παρακάτω τονίζοντας τις σημαντικότερες διαφορές μεταξύ των δύο μεθοδολογιών επίλυσης.

### 2.5.3.1. Επεξήγηση αρχείου εξόδου *prefit* επίλυσης

Κατά την πρώτη (*prefit*) επανάληψη δημιουργείται το αρχείο εξόδου *qexptp.day*. Η περίοδος παρατηρήσεων που χρησιμοποιεί το *solve* είναι δεκαπλάσια της πραγματικής. Δηλαδή, για δεδομένα περιόδου μετρήσεων 30 s το *solve* αξιοποιεί δεδομένα παρατηρήσεων κάθε 5 min (300 s). Αρχικά, παρουσιάζονται οι σταθμοί GPS που χρησιμοποιήθηκαν, οι δορυφόροι, οι *a priori* αβεβαιότητες των συντεταγμένων των σταθμών, οι *a priori* αβεβαιότητες των παραμέτρων της ατμοσφαιρικής διάθλασης, οι *a priori* αβεβαιότητες των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων στη μορφή κεπλέρων στοιχείων, οι *a priori* αβεβαιότητες των EOP στοιχείων, οι *a priori* αβεβαιότητες των μετρήσεων των δεκτών και οι *a priori* αβεβαιότητες των μετρήσεων των δορυφόρων. Στην συνέχεια, παρατίθεται ένας διδιάστατος πίνακας με τον αριθμό των διπλών διαφορών που σχηματίστηκαν μεταξύ κάθε σταθμού και κάθε δορυφόρου, ενώ πιο κάτω παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των μετρήσεων φάσεων και ο συνολικός αριθμός των ανεξάρτητων διπλών διαφορών.

Ακολουθεί, μια εκτεταμένη παρουσίαση των αποτελεσμάτων της *constrained bias-free* επίλυσης (Summary of biases-free solution). Αρχικά παρουσιάζονται: ο αριθμός των παραμέτρων που υπολογίστηκαν κατά την διάρκεια της συνόρθωσης, τα *a priori* και τα *a posteriori* κανονικοποιημένα rms (nrms) της επίλυσης. Εν συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα κατά σειρά εμφάνισης: συντεταγμένες των σταθμών (γεωκεντρικό πλάτος, γεωκεντρικό μήκος, ακτίνα από το κέντρο της γης), παράμετροι ατμοσφαιρικής διάθλασης (*zenith delay parameters*), σφάλματα (*offset*) των χρονομέτρων των δεκτών (δεν υπολογίζονται από την συνόρθωση που πραγματοποιεί το *solve*), τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων, EOP στοιχεία, ασάφειες φάσεων των διπλών διαφορών στην L1 συχνότητα με έναν δορυφόρο αναφοράς για κάθε βάση (έχουν τον συμβολισμό B1L1) και ασάφειες φάσεων ευρείας ζώνης, οι οποίες δεν εμφανίζονται σε αυτήν την επίλυση. Επισημαίνεται ότι οι παράμετροι με το σύμβολο \* είναι αυτοί που υπολογίζονται από την συνόρθωση. Έπονται, οι συντεταγμένες των σταθμών με κακές *a priori* τιμές και οι διαφορές στις συντεταγμένες όλων των δυνατών σχηματιζόμενων βάσεων μεταξύ των σταθμών τόσο σε καρτεσιανό, όσο και σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  αλλά και  $\Delta N$ ,  $\Delta E$ ,  $\Delta U$ ). Παρακάτω, παρατίθεται η μορφή των

διαφορών αυτών:

Baseline vector (m) : BUCU		(Site 4) to TUBI		(Site27)	
X	117556.73359	Y(E)	370072.25753	Z	-300466.41096
	+- 0.01299		+- 0.01051		+- 0.01201
				L	490971.61377
					+- 0.00668 (meters)
Correlations (X-Y,X-Z,Y-Z) = 0.41710 0.76684 0.57818					
N	-402517.04375	E	280496.66867	U	-18835.44227
	+- 0.00577		+- 0.00876		+- 0.01770
				L	490971.61377
					+- 0.00668 (meters)
Correlations (N-E,N-U,E-U) = 0.01765 -0.25876 0.11239					

*Πίνακας 2.12: Διαφορές στις συντεταγμένες μεταξύ των σταθμών BUCU-TUBI και συσχετίσεις αυτών.*

*(τμήμα αρχείου qnoa1p.171)*

*Table 2.12: Coordinate differences between stations BUCU-TUBI and its correlations (part of qnoa1p.171 file)*

Ακόμη, παρουσιάζονται τα a posteriori σφάλματα των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων, με τα οποία κλείνει η ενότητα της *constrained bias-free* επίλυσης. Ακολουθούν, κάποια συνοπτικά στοιχεία της *loose bias-free* επίλυσης τα οποία περιλαμβάνουν: τις a priori χαλαρές αβεβαιότητες, τα a priori και τα a posteriori nrms της επίλυσης.

### 2.5.3.2. Επεξήγηση αρχείου εξόδου postfit επίλυσης

Κατά την δεύτερη (postfit) επανάληψη δημιουργείται το αρχείο εξόδου *qexpta.day*. Στο αρχείο αυτό είναι πιθανό να εμπεριέχονται και επόμενες επαναλήψεις, στην περίπτωση που δεν έχει επέλθει ικανοποιητική σύγκλιση με την δεύτερη επανάληψη. Η δομή του αρχείου είναι παρόμοια με αυτή του αρχείου της *prefit* επίλυσης, με κάποιες σημαντικές διαφορές που αναλύονται στην συνέχεια. Στην *postfit* συνόρθωση το *solve* χρησιμοποιεί μικρότερη περίοδο παρατηρήσεων, συνήθως τετραπλάσια της περιόδου μετρήσεων. Δηλαδή, για δεδομένα περιόδου μετρήσεων 30 s το *solve* αξιοποιεί δεδομένα παρατηρήσεων κάθε 2 min (120 s).

Αρχικά, παρουσιάζονται οι a priori αβεβαιότητες της *constrained* επίλυσης των στοιχείων που υπολογίζονται από την συνόρθωση. Η μόνη διαφορά με το αρχείο της *prefit* επανάληψης έγκειται στις a priori αβεβαιότητες των μετρήσεων των δεκτών κάθε σταθμού οι οποίες παίρνουν βάρος από τα αποτελέσματα της *prefit* συνόρθωσης (εντολή *Use N-file* στο αρχείο *sestbl.*). Ακολουθούν, ο διδιάστατος πίνακας των διπλών διαφορών για κάθε σταθμό και δορυφόρο, καθώς και ο συνολικός αριθμός των ανεξάρτητων διπλών διαφορών όπως και παραπάνω. Στην συνέχεια, παρατίθενται οι ασάφειες φάσεων των διπλών διαφορών ευρείας ζώνης (WL) που έχουν προκύψει από το *autcln*. Οι επιλυμένες ασάφειες ευρείας ζώνης σε ακέραιους κύκλους έχουν το σύμβολο **X** στο τέλος κάθε γραμμής, ενώ οι μη επιλυμένες το σύμβολο **R**. Στο τέλος αυτού του τμήματος του αρχείου παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των ασαφειών φάσεων και ο αριθμός των επιλυμένων WL ασαφειών σε ακέραιους κύκλους.

Ακολουθώντας, όπως και στο αρχείο της *prefit* συνόρθωσης, παρουσιάζονται εκτενώς τα αποτελέσματα της *constrained bias-free* επίλυσης. Η δομή είναι ακριβώς ίδια με τη μόνη

διαφορά να εντοπίζεται στις σχηματιζόμενες διπλές διαφορές υπολογισμού των ασαφειών φάσεων, οι οποίες δεν χρησιμοποιούν έναν δορυφόρο αναφοράς για κάθε βάση όπως πριν. Έπεται, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της *constrained bias-fixed* επίλυσης η οποία δεν εμπεριέχει στην συνόρθωση τον υπολογισμό των ασαφειών φάσεων που μπορούν να επιλυθούν σε ακέραιους κύκλους (έχουν δεσμευθεί στις ακέραιες τιμές τους). Επομένως, πριν την παρουσίαση αυτών δίδεται ένας πίνακας με τις επιλυμένες ασάφειες φάσεων σε ακέραιους κύκλους.

Εν κατακλείδι, παρουσιάζονται οι *a priori* αβεβαιότητες των στοιχείων που συμμετέχουν στις *loose bias-free* και *loose bias-fixed* επιλύσεις καθώς και τα *prms* αυτών. Υπενθυμίζεται ότι τα αποτελέσματα των *loose* επιλύσεων παρατίθενται στο αρχείο εξόδου *h-file*.

### 2.6. Δημιουργία περιβάλλοντος επεξεργασίας του Globk

Για την εκτέλεση των προγραμμάτων του Globk δεν χρειάζεται να διαμορφωθεί κάποιο ιδιαίτερο περιβάλλον επεξεργασίας όπως αυτό που χρειάστηκε για το Gamit. Παρόλα αυτά, προτείνεται ένα περιβάλλον επεξεργασίας το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις εφαρμογές των κεφαλαίων 3 και 4. Το *globk* μπορεί να επεξεργαστεί δεδομένα επιλύσεων, σε μορφή ψευδοπαρατηρήσεων (*quasi-observations*), από διάφορες τεχνικές μετρήσεων (π.χ. GPS, SLR, VLBI) αλλά και από διάφορα λογισμικά επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS (π.χ. Bernese, GIPSY). Η παρακάτω παρουσίαση περιορίζεται στην επεξεργασία των παρατηρήσεων GPS που προκύπτουν από το Gamit.

Αρχικά, ο χρήστης δημιουργεί έναν φάκελο με την ονομασία *glbf* ή όποια άλλη επιθυμεί στον φάκελο του πειράματος επεξεργασίας. Δηλαδή στο επίπεδο που εμπεριέχεται ο φάκελος *tables*. Στον φάκελο *glbf* ο χρήστης αντιγράφει όλα τα *h-files* από τις επιλύσεις του *gamit* που τον ενδιαφέρουν. Στην συνέχεια, θα πρέπει να μετατραπούν τα *h-files* σε *binary h-files* αρχεία εισόδου του *globk*. Αυτό πραγματοποιείται με την βοήθεια του προγράμματος *htoglb* το οποίο εκτελείται σε μία γραμμή εντολών (*terminal*). Η εντολή έχει την μορφή:

**htoglb <dir> <eph> <input files>**

όπου:

**dir:** το *path* του φακέλου εξαγωγής των *binary* αρχείων *h-files*. Εάν η εντολή τρέχει μέσα στο φάκελο *glbf* τότε τοποθετείται το σύμβολο *."*.

**eph:** το όνομα του εξαγόμενου αρχείου εφημερίδων των δορυφόρων, το οποίο περιέχει τα τροχιακά στοιχεία αυτών. Πλέον το αρχείο αυτό δεν χρησιμοποιείται, οπότε τοποθετείται ένα τυχαίο όνομα (π.χ. *eph*) και στην συνέχεια αγνοείται ή διαγράφεται.

**input files:** η λίστα των αρχείων *h-files* ενδιαφέροντος. Εάν η εντολή τρέχει μέσα στο

φάκελο `glbf` και είναι επιθυμητό να επιλεγούν όλα τα αρχεία που εμπεριέχονται σε αυτόν τότε τοποθετείται το σύμβολο `"*"`.

Μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής δημιουργούνται δύο `binary` αρχεία για κάθε `h-file` που χρησιμοποιήθηκε. Ένα περιέχει την *loose bias-free* επίλυση και ένα περιέχει την *loose bias-fixed* επίλυση. Τα αρχεία αυτά έχουν όνομα της μορφής `hggmddhmm_expt.glf` εάν πρόκειται για *bias-free* επίλυση και `hggmddhmm_expt.glx` εάν πρόκειται για *bias-fixed* επίλυση. Η ονομασία τους περιέχει την εποχή αναφοράς της επίλυσης (διψήφιοι αριθμοί του έτους, του μήνα, της ημερομηνίας, της ώρας και των λεπτών), η οποία αναφέρεται στο μέσο του διαστήματος παρατηρήσεων (`span`), και το όνομα του πειράματος επεξεργασίας (`expt`) που αναφέρεται στην ονομασία του αρχικού αρχείου `h-file` (π.χ. `h0910141200_noa1.glx`).

Τις περισσότερες φορές το `htoglb` τρέχει χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Καμιά φορά όμως ενδέχεται να προκύψουν σφάλματα με αποτέλεσμα να μην ολοκληρωθεί η μετατροπή. Σε αυτήν την περίπτωση εξετάζεται αν τα αρχεία `h-files` που χρησιμοποιήθηκαν περιέχουν μη λογικές τιμές σε κάποιες παραμέτρους. Για παράδειγμα, στην εφαρμογή του επόμενου κεφαλαίου, αντιμετωπίστηκε ένα πρόβλημα που αφορούσε τους συντελεστές παραμέτρων ατμοσφαιρικής διάθλασης. Για ένα σταθμό κάποιες μέρες του έτους το `gamit` δεν είχε υπολογίσει αυτές τις τιμές και στη θέση τους είχε τον συμβολισμό `"*****"`. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να μην μπορέσει να τρέξει το `htoglb`. Το συγκεκριμένο πρόβλημα διορθώθηκε τοποθετώντας μηδενικά στις στήλες των συντελεστών των παραμέτρων ατμοσφαιρικής διάθλασης. Υπενθυμίζεται ότι σε κάθε `h-file` εμπεριέχονται δύο επιλύσεις, επομένως ο χρήστης θα πρέπει να κάνει αυτή την διόρθωση δύο φορές.

## 2.7. Δημιουργία αρχείων εισόδου του Globk

Αφού δημιουργήθηκαν σε προηγούμενο βήμα τα `binary` αρχεία εισαγωγής του `Globk`, σειρά έχει η κατασκευή των απαραίτητων αρχείων που χρειάζεται για να εκτελεσθεί το `Globk`. Ενώ τα αρχεία αυτά μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε προτείνεται να τοποθετηθούν στον φάκελο `tables`. Θα πρέπει να κατασκευαστούν-τροποποιηθούν τα εξής αρχεία:

- **itrf05.apr**: Αρχείο με συντεταγμένες και ταχύτητες σε ένα πλαίσιο αναφοράς των σταθμών που θα υλοποιήσουν το πλαίσιο αναφοράς του δικτύου, το οποίο θα πρέπει να είναι σε διαμόρφωση (`format`) αρχείου `apr`. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε αρχείο με συντεταγμένες και ταχύτητες για τον ορισμό του πλαισίου αναφοράς του δικτύου μελέτης. Συνήθως, χρησιμοποιείται το `itrf05.apr` που εμπεριέχεται έτοιμο στο πρόγραμμα και αναφέρεται στο πλαίσιο αναφοράς `ITRF 2005`. Επισημαίνεται ότι το αρχείο αυτό θα πρέπει να περιέχει τους σταθμούς αναφοράς που θα υλοποιήσουν το πλαίσιο αναφοράς.

- **pmu.usno**: Αρχείο με στοιχεία προσανατολισμού της γης (Earth orientation parameters). Περιέχει τις παραμέτρους  $x_p$ ,  $y_p$  και UT1-UTC που θα χρησιμοποιηθούν ως αναφορά κατά την επίλυση. Οι παράμετροι αυτοί προέρχονται από το αρχείο `finals.data` (Bulletin A), το οποίο δημοσιεύεται από την IERS (*International Earth rotation and Reference systems Service*). Το αρχείο αυτό εάν δεν υπάρχει ήδη στο φάκελο `tables` μπορεί να ανακτηθεί από τον φάκελο `tables` του λογισμικού Gamit/Globk (`~/gg/tables`).
- **expt.stablist**: Αρχείο που περιέχει τους σταθμούς αναφοράς που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς, όπου `expt` το όνομα του πειράματος.

```
stab_site clear
# stab_site ankr@
stab_site brus@
stab_site bucu@
stab_site cagl@
```

*Πίνακας 2.13: Τμήμα αρχείου `expt.stablist` (`noa1.stablist`)*  
*Table 2.13: Part of `expt.stablist` file (`noa1.stablist`)*

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρείται η δομή ενός τέτοιου είδους αρχείου. Στην αρχή τοποθετείται για λόγους ασφαλείας η εντολή `stab_site clear` με την οποία επισημαίνεται ότι κανένας σταθμός του δικτύου δεν χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του πλαισίου. Στην συνέχεια, ακολουθούν οι σταθμοί που θα συμμετέχουν στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς (π.χ. `stab_site brus@`). Το σύμβολο `#` ακυρώνει μια γραμμή εντολών (π.χ. `# stab_site ankr@`), ενώ το σύμβολο `@` επιτρέπει να εισαχθούν όλοι οι σταθμοί που το όνομά τους ξεκινά με το ίδιο πρόθεμα. Αυτό είναι χρήσιμο όταν χρησιμοποιούνται δεδομένα και από άλλες μεθόδους επίλυσης (π.χ. VLBI), των οποίων οι σταθμοί έχουν όνομα μεγαλύτερο από τον τετραψήφιο κωδικό. Μπορεί να αγνοηθεί το σύμβολο αυτό για εφαρμογές επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS.

- **expt.gdl**: Αρχείο με την λίστα των binary αρχείων h-files, όπου `expt` το όνομα του πειράματος. Συγκεκριμένα, σε κάθε σειρά τοποθετείται το path κάθε binary αρχείου h-file. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ένα τμήμα τέτοιου είδους αρχείου. Τα path των αρχείων έχουν αυτή την μορφή διότι το Globk συνήθως εκτελείται μέσα σε ένα φάκελο ο οποίος βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τους φακέλους `glbf` και `tables`.

```
../glbf/h0701011200_noa1.glx
../glbf/h0701021200_noa1.glx
../glbf/h0701031200_noa1.glx
../glbf/h0701041200_noa1.glx
```

*Πίνακας 2.14: Τμήμα αρχείου `expt.gdl` (`noa1.gdl`)*  
*Table 2.14: Part of `expt.gdl` file (`noa1.gdl`)*



Επίσης, παρατηρείται ότι τα αρχεία που χρησιμοποιούνται έχουν την κατάληξη *glx*, δηλαδή πρόκειται για τις *bias-fixed* επιλύσεις. Αξίζει να αναφερθεί η παρεχόμενη δυνατότητα συνδυασμού ημερήσιων επιλύσεων και από άλλες υπηρεσίες στην περίπτωση που υπάρχουν κοινοί σταθμοί αναφοράς. Επιπλέον, είναι δυνατό να τεθεί ξεχωριστό βάρος σε κάθε επίλυση. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται μια τυπική μορφή του αρχείου για τέτοιου είδους εφαρμογές.

```

../glbf/h0701011200_noa1.glx 2.0 +
../glbf/h0701011200_eura.glx 1.0
../glbf/h0701021200_noa1.glx 2.0 +
../glbf/h0701021200_eura.glx 1.0
../glbf/h0701031200_noa1.glx 2.0 +
../glbf/h0701031200_eura.glx 1.0
../glbf/h0701041200_noa1.glx 2.0 +
../glbf/h0701041200_eura.glx 1.0
    
```

*Πίνακας 2.15: Τμήμα αρχείου `expt.gdl` στο οποίο συνδυάζονται επιλύσεις της SOPAC και του πειράματος μελέτης θέτοντας διαφορετικά βάρη.*

*Table 2.15: Part of `expt.gdl` file in which the solutions of SOPAC and studied experiment are combined with different weights*

Το σύμβολο **+** υποδηλώνει τον συνδυασμό των ημερήσιων επιλύσεων, ενώ ο αριθμός υποδηλώνει το βάρος που έχει κάθε επίλυση στην συνόρθωση του *globk*, δηλαδή τον αριθμό που διαιρούνται τα στοιχεία του πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας.

- **eq\_rename**: Αρχείο που κατασκευάζεται προαιρετικά και περιέχει πληροφορίες για: απότομες μεταβολές στις συντεταγμένες των σταθμών, μετονομασίες σταθμών, στοχαστικά μεγέθη που αφορούν την επίδραση ενός σεισμού στις συντεταγμένες και στις ταχύτητες των σταθμών κ.α. Για περαιτέρω πληροφορίες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην παράγραφο 3.1 του εγχειριδίου χρήσης του Globk. Παρακάτω, παρουσιάζεται μία από τις δυνατές εντολές που μπορούν να εισαχθούν στο αρχείο αυτό. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθεται ένα παράδειγμα του αρχείου με χρήση της εντολής αυτής.

```

*noa rename
*
rename vls__gps vlsm_gps 2000 01 01 00 00 2999 02 01 00 00
rename noa__gps noa1_gps 2000 01 01 00 00 2999 02 01 00 00
rename rls__gps rls0_gps 2000 01 01 00 00 2999 02 01 00 00
*exclude lemn
rename lemn_gps lemn_xcl 2009 03 18 00 00 2009 05 21 00 00
    
```

*Πίνακας 2.16: Παράδειγμα αρχείου `eq_rename` με εφαρμογή της πιο χρήσιμης εντολής.*

*Table 2.16: Example of `eq_rename` file with the use of the most usefull command*

Στο αρχείο αυτό, η εντολή *rename* έχει την ιδιότητα να μετονομάζει ένα σταθμό από ένα όνομα σε ένα άλλο (π.χ. από *rls\_* σε *rls0*). Χρησιμοποιείται κυρίως όταν ένας

σταθμός μετονομάζεται στα αρχεία rinex χωρίς να αλλάζει ουσιαστικά θέση. Δίπλα από το όνομα κάθε σταθμού τοποθετείται η κατάληξη *\_gps* εάν πρόκειται να μετονομαστεί ή την κατάληξη *\_xc/* εάν πρόκειται να μην χρησιμοποιηθεί για ένα χρονικό διάστημα. Οι αριθμοί στο τέλος της εντολής είναι προφανώς το έτος, ο μήνας, η ημερομηνία, η ώρα και τα λεπτά που ενεργοποιείται αυτή. Για παράδειγμα ο σταθμός lemh από τις 18/03/2009 μέχρι τις 21/05/2009 δεν θα χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία.

Εφόσον κατασκευαστούν-αντιγραφούν τα παραπάνω αρχεία στον φάκελο tables, σειρά έχει η δημιουργία των αρχείων εντολών των προγραμμάτων *glred*, *globk* και *glorg*. Υπενθυμίζεται ότι η μόνη διαφορά μεταξύ *glred* και *globk* είναι στο γεγονός ότι το πρώτο συνορθώνει κάθε μέρα ξεχωριστά και παράγει μόνο συντεταγμένες, υλοποιώντας με την βοήθεια του *glorg* διαφορετικό πλαίσιο αναφοράς κάθε ημέρα, ενώ το *globk* συνδυάζει όλες τις ημερήσιες επιλύσεις και παράγει συντεταγμένες και ταχύτητες, υλοποιώντας με την βοήθεια του *glorg* ένα ενιαίο πλαίσιο αναφοράς. Ακολουθώς, στις παρακάτω παραγράφους θα περιγραφούν τα αρχεία εντολών κάθε προγράμματος παρουσιάζοντας μόνο τις πιο απαραίτητες εντολές.

### 2.7.1. Δημιουργία και επεξήγηση αρχείων εντολών του *glred* και *glorg* για την παραγωγή χρονοσειρών (repeatabilities)

Συνήθως, η μεθοδολογία επεξεργασίας που ακολουθείται είναι να τρέχει μαζί με το *glred* και το *glorg*, ούτως ώστε το πλαίσιο αναφοράς να υλοποιείται από το *glorg*. Το *glorg* επιφέρει τις τελικές δεσμεύσεις στο δίκτυο πραγματοποιώντας έναν μετασχηματισμό Helmert μεταξύ των συντεταγμένων ή ταχυτήτων που έχουν προκύψει από την επίλυση και αυτών ενός δεδομένου πλαισίου αναφοράς (π.χ. ITRF 2005). Παρακάτω, παρατίθεται το αρχείο εισόδου *glred\_rep.cmd* του προγράμματος *glred*, το οποίο εν γένει μπορεί να έχει οποιαδήποτε ονομασία.

```
* Globk command file for look at the repeatabilities of
* coordinates in daily h-files
*
* To be used in command like this:
*
* glred 6 noa1_rep.prt noa1_rep.log ../tables/noa1.gdl ../tables/glred_rep.cmd
*
eq_file ../tables/eq_rename

make_svs svs.apr
com_file glred_rep.com
srt_file glred_rep.srt
sol_file glred_rep.sol

apr_file ../tables/itrf05.apr
in_pmu ../tables/pmu.usno

max_chi 20.0 10000.0 10000.0
app_ptid ALL

apr_neu all 20 20 20 0 0 0
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
```

```

apr_wob  .25 .25  0 0
apr_utl  .25      0

prt_opt  CMDS  GDLF  BLEN

org_cmd  ../tables/glogr_rep.cmd
org_opt  CMDS  PSUM  GDLF
org_out  noa1_rep.org

```

*Πίνακας 2.17: Αρχείο εισόδου του glred.*

*Table 2.17: glred input command file*

Αρχικά, παρουσιάζονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία που βοηθούν τον χρήστη να τρέξει ορθά το πρόγραμμα. Εν συνεχεία, δίδεται η εντολή που θα πρέπει να εκτελεσθεί στην γραμμή εντολών για να εκτελεσθεί το *glred*, η οποία επεξηγείται σε επόμενη παράγραφο. Οι επόμενες εντολές που εμφανίζονται αναλύονται παρακάτω:

- **eq\_file**: Ορίζεται το path του αρχείου eq\_rename.
- **make\_svs**: Ορίζεται το όνομα του αρχείου εξόδου που περιέχει τις a priori τιμές των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων (π.χ. svb.apr). Με αυτήν την εντολή δημιουργείται ένα αρχείο a priori τροχιακών στοιχείων από τις πληροφορίες που υπάρχουν για αυτά στα binary h-files.
- **com\_file**: Ορίζεται το όνομα ενός binary αρχείου εξόδου που αποθηκεύονται ενδιάμεσα αποτελέσματα (π.χ. glred\_rep.com).
- **srt\_file**: Ορίζεται το όνομα ενός binary αρχείου εξόδου που αποθηκεύονται ενδιάμεσα αποτελέσματα (π.χ. glred\_rep.srt).
- **sol\_file**: Ορίζεται το όνομα του binary αρχείου εξόδου που περιέχει τον πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των επιλύσεων που συνορθώνονται (π.χ. glred\_rep.sol).
- **apr\_file**: Ορίζεται το path του αρχείου με τον πίνακα a priori συντεταγμένων και ταχυτήτων που συμμετέχουν στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς (π.χ. itr05.apr)
- **in\_pmu**: Ορίζεται το path του αρχείου με τις a priori τιμές των EOP στοιχείων ( $x_p$ ,  $y_p$  και UT1-UTC) που χρησιμοποιούνται ως αναφορά (π.χ. pmu.usno)
- **max\_chii**: Ορίζονται μεταβλητές που φιλτράρουν τα δεδομένα επιλύσεων από χονδροειδή σφάλματα. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στη μέγιστη επιτρεπτή αύξηση του τεστ  $\chi^2$  (max  $\chi^2$  Increment) όταν ένα αρχείο h-file προστίθεται στην συνόρθωση που πραγματοποιείται μέσω του φίλτρου Kalman. Εάν η τιμή αυτή μεγαλύτερη από την ορίζουσα ή αρνητική τότε το αρχείο h-file της συγκεκριμένης μέρας δεν χρησιμοποιείται στην συνόρθωση. Η προτεινόμενη τιμή από το εγχειρίδιο για αυτήν την μεταβλητή είναι 20 (Globk Reference Manual p. 42). Ο δεύτερος αριθμός αναφέρεται στην μέγιστη

αποδεχτή διαφορά σε km στο a priori υπόλοιπο των συντεταγμένων (υπολογισμένες τιμές - a priori τιμές αναφοράς). Η μεταβλητή αυτή αναφέρεται και στα μέγιστα αποδεκτά a priori υπόλοιπα των συντεταγμένων και ταχυτήτων των δορυφόρων σε km, πολλαπλασιάζοντας το συντελεστή των συντεταγμένων με 1000, αλλά και στα μέγιστα αποδεκτά a priori υπόλοιπα των EOP στοιχείων σε km, πολλαπλασιάζοντας το συντελεστή των συντεταγμένων με 10. Εάν οι τιμές αναφοράς είναι πολύ κοντά στις εκτιμώμενες, τότε η μεταβλητή αυτή μπορεί να τεθεί πολύ μικρή (π.χ. 0.1, η οποία μεταφράζεται σε 10 cm για τις συντεταγμένες, 100 km για τα τροχιακά στοιχεία και 32 mas για τα EOP στοιχεία). Η προτεινόμενη τιμή για αυτήν την μεταβλητή είναι 10000 (Globk Reference Manual p. 42) έτσι ώστε να είναι δυνατή η αξιοποίηση όλων των δεδομένων. Ο τρίτος αριθμός αναφέρεται στην μέγιστη αποδεκτή στροφή σε mas (milli-arcsec) μεταξύ των συντεταγμένων των σταθμών της νέας προστιθέμενης επίλυσης στο φίλτρο Kalman και αυτής που μόλις έχει εκτιμηθεί από τον συνδυασμό των προηγούμενων. Αν η τιμή αυτή ξεπερνά την ορίζουσα τότε η στροφή μετατίθεται στα EOP στοιχεία. Στην περίπτωση επεξεργασίας δεδομένων από τοπικά δίκτυα, όπου τα EOP στοιχεία δεν μπορούν να εκτιμηθούν καλά, προτείνεται η τιμή 10000 για την μεταβλητή αυτή από το εγχειρίδιο χρήσης.

- **app\_ptid ALL:** Ορίζεται η εισαγωγή διορθώσεων που οφείλονται σε παλιρροϊκά φαινόμενα της κίνησης του πόλου (pole tide) στα αρχεία ψευδο-παρατηρήσεων. Αν η διόρθωση έχει εισαχθεί στο επίπεδο επεξεργασίας με το gamit τότε αυτή παραλείπεται. Η εντολή αυτή τοποθετείται κυρίως για λόγους ασφαλείας, ιδίως όταν συνδυάζονται επιλύσεις από άλλες υπηρεσίες ή μεθοδολογίες.
- **apr\_neu all:** Ορίζονται οι a priori αβεβαιότητες αναφοράς των συντεταγμένων και των ταχυτήτων των σταθμών σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων (north, east και up). Οι τρεις πρώτες αναφέρονται στις συντεταγμένες και τρεις τελευταίες στις ταχύτητες. Οι μονάδες των μεταβλητών αυτών είναι m και m/yr αντίστοιχα. Οι τιμές των ταχυτήτων είναι μηδέν διότι με το *glred* δεν προσδιορίζονται ταχύτητες σταθμών. Η προτεινόμενη τιμή για τις αβεβαιότητες των συντεταγμένων είναι 20 m (Globk Reference Manual p. 42). Η δέσμευση των συντεταγμένων των σταθμών τίθεται αρκετά χαλαρή (loose) επειδή οι τελικές δεσμεύσεις θα επέλθουν από το *glorg*, που υλοποιεί το πλαίσιο αναφοράς.
- **apr\_svs all:** Ορίζονται οι a priori αβεβαιότητες αναφοράς των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων. Οι τρεις πρώτες μεταβλητές αναφέρονται στις συντεταγμένες (X, Y, Z) των δορυφόρων σε m, ενώ οι τρεις τελευταίες στις ταχύτητες (VX, VY, VZ) αυτών σε mm/s. Σε τοπικά δίκτυα, όπου τα τροχιακά στοιχεία δεν μπορούν να εκτιμηθούν καλά από τα δεδομένα, προτείνεται να θέτονται αυστηρές δεσμεύσεις σε αυτά, της τάξης του 0.1 m

για τις συντεταγμένες και του 0.01 mm/s για τις ταχύτητες (Globk Reference Manual p. 40).

- **apr\_rad all** : Ορίζονται οι a priori αβεβαιότητες αναφοράς των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων που δεν εξαρτώνται από τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις και οφείλονται κυρίως στην ηλιακή δραστηριότητα (non-gravitational radiation pressure parameteres). Αυτές οι μεταβλητές είναι αδιάστατες και η αβεβαιότητα τους εκφράζεται σε ποσοστό τις %. Σε τοπικά δίκτυα, προτείνεται να σταθεροποιούνται αυτές οι τιμές στις αρχικές τους που έχουν προκύψει από την επεξεργασία με το gamit (Globk Reference Manual p. 40). Το μοντέλο που χρησιμοποιείται συνήθως από το gamit για τον υπολογισμό αυτών των παραμέτρων είναι το Berne (1994) model [Beutler et al., 1994b]. Τοποθετώντας το σύμβολο **F** (fixed) επιτρέπεται να εμφανίζονται οι τιμές των παραμέτρων αυτών στα αρχεία εξόδου του προγράμματος, παρόλο που δεν προσδιορίζονται κατά την επίλυση.
- **apr\_wob**: Ορίζονται οι a priori αβεβαιότητες αναφοράς των στοιχείων κίνησης του πόλου. Οι δύο πρώτες μεταβλητές αναφέρονται στις συντεταγμένες του πόλου ( $x_p, y_p$ ) σε mas, ενώ οι δύο τελευταίες στους ρυθμούς μεταβολής αυτών σε mas/day. Στην περίπτωση επεξεργασίας παρατηρήσεων από ένα τοπικό δίκτυο προτείνεται να δεσμεύονται αυστηρά αυτές οι παράμετροι. Οι προτεινόμενες τιμές είναι 0.25 mas για τις δύο πρώτες μεταβλητές και 0 για τις δύο τελευταίες (Globk Reference Manual p. 43). Κατά την επεξεργασία με το *glred* η σταθεροποίηση (stabilisation) της επίλυσης πραγματοποιείται για κάθε μέρα ξεχωριστά, επομένως δεν έχουν πολύ νόημα οι αβεβαιότητες των ρυθμών μεταβολής των στοιχείων αυτών για μία ημέρα.
- **apr\_ut1**: Ορίζονται οι a priori αβεβαιότητες αναφοράς των στοιχείων περιόδου περιστροφής της γης. Ουσιαστικά πρόκειται για την διαφορά UT1-TAI (παγκόσμιος - ατομικός χρόνος) σε mas και του ρυθμού μεταβολής αυτής σε mas/day [Κορακίτης P., 2006]. Σε τοπικά δίκτυα, για λόγους που αναφέραμε στην προηγούμενη εντολή, καλό θα είναι να τοποθετούνται αυστηρές δεσμεύσεις στις παραμέτρους αυτές. Οι προτεινόμενες τιμές είναι 0.25 και 0 αντίστοιχα (Globk Reference Manual p. 43).
- **prt\_opt**: Ορίζονται οι πληροφορίες εκτύπωσης στο αρχείο εξόδου του προγράμματος *glred*. Το αρχείο αυτό έχει την κατάληξη *prt*. Οι μεταβλητές εξόδου ορίζονται με κωδικούς 4 χαρακτήρων και οι πιο χρήσιμες αναλύονται στον [Πίνακα 2.18](#). Προτείνονται οι μεταβλητές που εμφανίζονται στον [Πίνακα 2.17](#).

BLEN: Εκτύπωση των μηκών των βάσεων
CMDS: Εκτύπωση εντολών που εισήχθησαν στο πρόγραμμα
VSUM: Εκτύπωση του πεδίου ταχυτήτων του δικτύου συνοπτικά
PSUM: Εκτύπωση των διαφορών συντεταγμένων (adjustments) μεταξύ a priori και a posteriori
GDLF: Εκτύπωση του πίνακα των binary αρχείων h-files που εισήχθησαν στη λύση

*Πίνακας 2.18: Εντολές εκτύπωσης πληροφοριών στα αρχεία εξόδου των *glred*, *globk* και *glorg*.*

*Table 2.18: Print information commands of *glred*, *globk* and *glorg* output files*

- **org\_cmd:** Ορίζεται το path του αρχείου εντολών του *glorg* (π.χ. *glorg\_rep.cmd*). Εάν είναι επιθυμητό το τρέξιμο του *glorg* μαζί με το *glred* (ή *globk*) τότε τοποθετείται στο αρχείο εντολών του *glred* (ή *globk*) η εντολή αυτή μαζί με τις επόμενες δύο.
- **org\_opt:** Ορίζονται οι πληροφορίες εκτύπωσης στο αρχείο εξόδου του προγράμματος *glorg*. Το αρχείο αυτό έχει την κατάληξη *org*. Οι μεταβλητές εξόδου ορίζονται με κωδικούς 4 χαρακτήρων και οι πιο χρήσιμες αναλύονται στον [Πίνακα 2.18](#). Προτείνονται οι μεταβλητές που εμφανίζονται στον [Πίνακα 2.17](#).
- **org\_out:** Ορίζεται το όνομα του αρχείου εξόδου του προγράμματος *glorg*. Προτείνεται να ονομασθεί *expt\_rep.org*, όπου *expt* είναι το όνομα του πειράματος (π.χ. *noa1\_rep.org*).

Παραπάνω, έγινε μία επεξήγηση των πιο βασικών εντολών που μπορούν να εισαχθούν στο πρόγραμμα *globk* ώστε να εκτελεστεί ορθά η λειτουργία του. Ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στο εγχειρίδιο χρήσης του *Globk* εάν επιθυμεί να εισάγει διαφορετικές εντολές. Αναφέρεται ότι οι τέσσερις πρώτες εντολές (*eq\_file*, *make\_svs*, *com\_file* και *srt\_file*) πρέπει να τοποθετηθούν πριν από όλες τις άλλες για να έχουν ισχύ. Επιπλέον, εάν δεν ενδιαφέρει τον χρήστη να τρέξει το *glorg* μέσα από το *glred* τότε παραλείπει από το αρχείο εντολών *glred\_rep.cmd* τις τρεις τελευταίες εντολές.

Στην συνέχεια, κατασκευάζεται από το χρήστη το αρχείο εντολών του *glorg* που προτείνεται να ονομασθεί *glorg\_rep.cmd*. Το αρχείο εντολών του *glorg* παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα περιέχοντας τις πιο σημαντικές εντολές εισόδου.

```
* Glorg command file for repeatabilities
eq_file ../tables/eq_rename
apr_file ../tables/itrf05.apr

source ../tables/noa1.stablist

pos_org xrot yrot zrot xtran ytran ztran

cnd_hgtv 10 10 3.0 3.0

stab_ite 4 0.8 4.0
```

*Πίνακας 2.19: Αρχείο εισόδου του *glorg* όταν συνδυάζεται με το *glred*.*

*Table 2.19: *glorg* input command file when it runs within *glred**

Οι εντολές του παραπάνω αρχείου που δεν έχουν επανεμφανιστεί σε προηγούμενη παράγραφο αναλύονται παρακάτω:

- **source**: Ορίζεται το path ενός αρχείου με εντολές. Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για οικονομία χώρου και καλύτερης οργάνωσης του περιβάλλοντος επεξεργασίας. Σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία, σε αυτή την εντολή τοποθετείται το path του αρχείου *expt.stablist* (π.χ. *noa1.stablist*) το οποίο περιέχει τους σταθμούς που θα συμμετέχουν στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς. Επιπρόσθετα, είναι δυνατόν η εντολή αυτή να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές.
- **pos\_org**: Ορίζονται οι παράμετροι του μετασχηματισμού συντεταγμένων που θα προσδιοριστούν από το *glorg*. Οι μεταβλητές *xrot*, *yrot* και *zrot* ορίζουν τον υπολογισμό στροφής κατά τον άξονα X, Y και Z αντίστοιχα, οι μεταβλητές *xtran*, *ytran* και *ztran* ορίζουν τον υπολογισμό μετάθεσης με τον ίδιο τρόπο, ενώ η μεταβλητή *scale* ορίζει τον υπολογισμό κλίμακας κατά τον μετασχηματισμό των συντεταγμένων. Σε τοπικά δίκτυα, προτείνεται ο υπολογισμός μετάθεσης και στροφής κατά τον μετασχηματισμό (Globk Reference Manual p. 38, 43) [Tregoning et al., 2005].
- **cnd\_hgtv**: Ορίζονται τα κριτήρια επιλογής ενός σταθμού ή όχι για την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς. Ο πρώτος αριθμός είναι ένας συντελεστής που πολλαπλασιάζεται με την μεταβλητότητα των υψομέτρων (*Up*), ενώ ο δεύτερος ένας συντελεστής που πολλαπλασιάζεται με την μεταβλητότητα των ταχυτήτων των υψομέτρων. Ουσιαστικά μειώνουν το βάρος συμμετοχής των υψομέτρων και των ταχυτήτων τους στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς. Αυτό γίνεται διότι σε αυτήν την διεύθυνση το σφάλμα είναι μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερο. Στο εγχειρίδιο προτείνεται να τοποθετηθεί η τιμή 10 και στις δύο μεταβλητές. Στους δύο τελευταίους αριθμούς τίθενται τα όρια των σφαλμάτων των υψομέτρων και των ρυθμών μεταβολής αυτών που επιτρέπεται να έχουν οι σταθμοί που συμμετέχουν στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς. Συγκεκριμένα, οι αριθμοί αυτοί αναφέρονται στον λόγο  $(h-hmed)/(hmed-hbest)$ , όπου: *h* είναι το τυπικό σφάλμα του υψομέτρου ή της ταχύτητας ενός σταθμού που συμμετέχει στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς, *hmed* είναι το διάμεσο τυπικό σφάλμα (median) και *hbest* είναι το μικρότερο τυπικό σφάλμα των σταθμών που συμμετέχουν στον ορισμό του πλαισίου. Στο εγχειρίδιο χρήσης προτείνεται για αυτές τις τιμές ο αριθμός 3.
- **stab\_ite**: Ορίζονται χαρακτηριστικά της διαδικασίας υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς. Η πρώτη μεταβλητή αφορά τον αριθμό των επαναλήψεων που θα πραγματοποιηθεί η συνόρθωση του μετασχηματισμού υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς. Ο προτεινόμενος αριθμός επαναλήψεων είναι 4 που τοποθετείται κυρίως για μεγαλύτερη εγκυρότητα αποτελεσμάτων. Με την δεύτερη μεταβλητή ορίζεται το ποσοστό

με το οποίο οι σταθμοί παίρνουν βάρος από τα αποτελέσματα της προηγούμενης επανάληψης. Αν τοποθετηθεί 0 τότε όλοι σταθμοί έχουν το ίδιο βάρος σε κάθε επανάληψη, ενώ αν τοποθετηθεί 1 τότε οι σταθμοί παίρνουν βάρος ανάλογα με τις μεταβλητότητες που είχαν στην προηγούμενη επανάληψη. Στο εγχειρίδιο προτείνεται να τοποθετηθεί ο αριθμός 0.5, ο οποίος υποδηλώνει ότι οι μεταβλητότητες των σταθμών της προηγούμενης επανάληψης επηρεάζουν κατά 50% το βάρος που θα έχουν αυτοί στην επόμενη επανάληψη. Παρόλα αυτά, μπορεί να τεθεί ο αριθμός αυτός μεγαλύτερος αν θεωρείται ότι η διάταξη του δικτύου είναι αξιόπιστη (Στις εφαρμογές του τρίτου και του τετάρτου κεφαλαίου χρησιμοποιήθηκε ως συντελεστής για την μεταβλητή αυτή το 0.8). Τέλος, με την τρίτη μεταβλητή ορίζεται ένα ακόμη κριτήριο εξάλειψης σταθμών από την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς. Ο αριθμός αυτός αναφέρεται στον λόγο της τετραγωνικής ρίζας του αθροίσματος των τετραγώνων των υπολοίπων (*a posteriori* - *a priori*) κατά North, East και Up προς το σχετικό βάρος του σταθμού, επί το συνολικό rms του μετασχηματισμού (*stabilization fit*). Δηλαδή, με την εντολή αυτή απορρίπτεται ένας σταθμός από αλγόριθμο υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς όταν η *a posteriori* τιμή των συντεταγμένων του απέχει πολύ από την *a priori* αναφοράς. Η προτεινόμενη τιμή για αυτή την μεταβλητή από το εγχειρίδιο χρήσης είναι 4.

Ύστερα από την κατασκευή αυτών των αρχείων ακολουθεί η εκτέλεση των προγραμμάτων και η παραγωγή αποτελεσμάτων. Παρόλα αυτά, πρώτα θα αναλυθούν τα αρχεία εισόδου εντολών του *globk* και *glorg* για παραγωγή ταχυτήτων σε ένα πλαίσιο αναφοράς και στην συνέχεια θα παρουσιαστεί ο τρόπος εκτέλεσης των εντολών-προγραμμάτων *glred* και *globk*.

### 2.7.2. Δημιουργία και επεξήγηση αρχείων εντολών του *globk* και *glorg* για την παραγωγή ταχυτήτων

Η μεθοδολογία που ακολουθείται σε αυτήν την περίπτωση είναι παρόμοια με αυτή της προηγούμενης παραγράφου. Η ενδεικτική μεθοδολογία είναι να εκτελείται το *glorg* μαζί με το *globk*. Υπενθυμίζεται ότι το *globk* υπολογίζει συντεταγμένες και ταχύτητες σε μια εποχή αναφοράς και το *glorg* πραγματοποιεί διαφορετικό μετασχηματισμό υλοποίησης πλαισίου αναφοράς για την εκτίμηση ταχυτήτων από αυτόν για την εκτίμηση συντεταγμένων. Παρακάτω, παρατίθεται το αρχείο εισόδου *globk\_vel.cmd* του προγράμματος *globk*, το οποίο εν γένει μπορεί να έχει οποιαδήποτε ονομασία.

```
* Globk command file for combination and velocities
*
*
* To be used in command like this:
*
* globk 6 noa1_vel.prt noa1_vel.log ../tables/noa1.gdl ../tables/globk_vel.cmd
*
```



```

eq_file ../tables/eq_rename

make_svs svs.apr
com_file glred_vel.com
srt_file glred_vel.srt
sol_file glred_vel.sol

apr_file ../tables/itrf05.apr
in_pmu ../tables/pmu.usno

max_chii 20.0 10000.0 10000.0
app_ptid ALL

apr_neu all 20 20 20 1 1 1
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F F
mar_svs all 3.65 3.65 3.65 .0365 .0365 .0365

apr_wob .25 .25 0 0
apr_utl .25 0
mar_wob 22.8 22.8 3.65 3.65
mar_utl 22.8 3.65

prt_opt CMDS GDLF

org_cmd ../tables/glorg_vel.cmd
org_opt CMDS PSUM GDLF VSUM
org_out noa1_vel.org

```

*Πίνακας 2.20: Αρχείο εισόδου του globk*

*Table 2.20: globk input command file*

Το παραπάνω αρχείο είναι παρόμοιο με αυτό του [Πίνακα 2.17](#), με κάποιες διαφορές που οφείλονται στο γεγονός ότι το *globk* υπολογίζει και ταχύτητες. Οι παραπάνω εντολές αναφέρονται στην απλή περίπτωση επεξεργασίας δεδομένων από ένα τοπικό δίκτυο. Παρακάτω αναλύονται οι επιπλέον εντολές που περιέχει αυτό το αρχείο:

- **apr\_neu all:** Ορίζονται οι a priori αβεβαιότητες των συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών σε τοποκεντρικό σύστημα (north, east και up). Οι τρεις πρώτες αναφέρονται στις συντεταγμένες και τρεις τελευταίες στις ταχύτητες. Οι μονάδες των μεταβλητών αυτών είναι m και m/yr αντίστοιχα. Η προτεινόμενη τιμή για τις αβεβαιότητες των συντεταγμένων είναι 20 m, ενώ για τις ταχύτητες 1 m/yr (Globk Reference Manual p. 45). Η δέσμευση των συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών είναι αρκετά χαλαρή (loose) επειδή οι τελικές δεσμεύσεις θα επέλθουν από το glorg που υλοποιεί το πλαίσιο αναφοράς.
- **mar\_svs:** Ορίζονται τιμές στοχαστικού θορύβου τύπου random-walk στα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων. Οι τρεις πρώτες μεταβλητές αναφέρονται στις συντεταγμένες (X, Y, Z) των δορυφόρων σε m<sup>2</sup>/yr, ενώ οι τρεις τελευταίες στις ταχύτητες (VX, VY, VZ) αυτών σε (m/s)<sup>2</sup>/yr. Σε τοπικά δίκτυα το εγχειρίδιο προτείνει να δεσμεύονται αυστηρά αυτά τα στοιχεία με τις τιμές: 3.65 για τις συντεταγμένες και 0.0365 για τις ταχύτητες (Globk Reference Manual p. 48). Οι παραπάνω τιμές επιτρέπουν μεταβολές στις

συντεταγμένες και ταχύτητες από μέρα σε μέρα της τάξης των 0.1 m/day ( $3.65 \text{ m}^2/\text{yr}$ ) και 0.01 mm/s/day ( $0.0365 \text{ (m/s)}^2/\text{yr}$ ) αντίστοιχα. Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την εντολή *apr\_svs*, οπότε θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των τιμών αυτών.

- **mar\_wob, mar\_ut1:** Ορίζονται τιμές στοχαστικού θορύβου τύπου random-walk στα EOP στοιχεία. Οι μεταβλητές είναι ίδιες με αυτές που περιγράφονται στις εντολές *apr\_wob* και *apr\_ut1*, όμως οι μονάδες των στοιχείων  $x_p$ ,  $y_p$  και UT1-AT είναι σε  $\text{mas}^2/\text{yr}$ , ενώ των ρυθμών μεταβολής τους είναι σε  $(\text{mas}/\text{day})^2/\text{yr}$ . Σε τοπικά δίκτυα το εγχειρίδιο προτείνει τις τιμές 22.8 και 3.65 αντίστοιχα. Οι αυστηρές τιμές αυτές επιτρέπουν μεταβολές στα EOP στοιχεία και στους ρυθμούς μεταβολής αυτών από μέρα σε μέρα της τάξης των 0.25 mas/day και 0.1 mas/day/day αντίστοιχα. Επιπλέον, οι εντολές αυτές θα πρέπει να συνδυάζονται με τις *apr\_wob* και *apr\_ut1*.

Η εισαγωγή στοχαστικού θορύβου στις παρατηρήσεις έχει ως σκοπό την ομαλοποίηση αυτών. Επιπλέον, βοηθούν στην ουσιαστικότερη και αποδοτικότερη χρήση του φίλτρου Kalman. Στοχαστικός θόρυβος μπορεί να εισαχθεί και σε άλλα στοιχεία της ανάλυσης, τα οποία περιγράφονται αναλυτικότερα στο εγχειρίδιο χρήσης του Globk. Οι τρεις τελευταίες εντολές στο αρχείο του [Πίνακα 2.20](#) επιτρέπουν την εκτέλεση του *glorg* μέσα από το *globk*.

Παρακάτω, παρατίθεται το αρχείο εισόδου του προγράμματος *glorg* όταν προσδιορίζονται και ταχύτητες σε ένα πλαίσιο αναφοράς. Το αρχείο αυτό προτείνεται να ονομασθεί *glorg\_vel.cmd*.

```
* Glorg command file for velocities
eq_file ../tables/eq_rename
apr_file ../tables/itrf05.apr

source ../tables/noa1.stablist

pos_org  xrot yrot zrot xtran ytran ztran
rate_org xrot yrot zrot xtran ytran ztran

cnd_hgtv 10 10 3.0 3.0

stab_ite 4 0.8 4.0
```

*Πίνακας 2.21: Αρχείο εισόδου του glorg όταν συνδυάζεται με το globk.*  
*Table 2.21: glorg input command file when it runs within globk*

Το αρχείο αυτό είναι παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται στο *glred*, με μόνη διαφορά την επιπρόσθετη εντολή *rate\_org*. Με την εντολή αυτή ορίζονται οι παράμετροι του μετασχηματισμού ταχυτήτων που πραγματοποιεί το *glorg* κατά την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς των ταχυτήτων. Υπενθυμίζεται ότι η υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς των ταχυτήτων είναι διαφορετική από αυτή των συντεταγμένων. Τέλος, οι μεταβλητές της *rate\_org* είναι ίδιες με αυτές της *pos\_org*.

## 2.8. Εκτέλεση εντολών επεξεργασίας με το Globk

Εφόσον έχουν δημιουργηθεί τα κατάλληλα αρχεία εντολών που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, σειρά έχει η πραγματοποίηση της επεξεργασίας με το Globk. Θα εκτελεσθούν οι εντολές *glred* και *globk* για να παραχθούν χρονοσειρές (repeatabilities) και ταχύτητες αντίστοιχα. Αρχικά, προτείνεται να κατασκευαστεί ένας ή περισσότεροι φάκελοι στο επίπεδο που βρίσκεται και ο φάκελος *tables*, στους οποίους θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία. Μέσα στους φακέλους αυτούς θα εκτελεσθούν οι εντολές *glred* και *globk*, των οποίων η σύνταξη έχει την μορφή:

```
glred <std out> <print file> <log file> <experlist> <command file>
```

```
globk <std out> <print file> <log file> <experlist> <command file>
```

όπου:

**std out:** μία αριθμητική μεταβλητή (σχεδόν πάντα τοποθετείται ο αριθμός **6** που δηλώνει ότι οι πληροφορίες εξόδου του προγράμματος θα παρουσιαστούν στην γραμμή εντολών)

**print file:** το όνομα του αρχείου εξόδου του *globk* ή του *glred* (π.χ. *noa1\_rep.prt*)

**log file:** το όνομα του αρχείου εξόδου που περιέχει πληροφορίες σχετικά με την χρήση των binary αρχείων h-files στην συνόρθωση (π.χ. *noa1\_rep.log*)

**experlist:** το path του αρχείου με την λίστα των binary αρχείων h-files *expt.gdl* (π.χ. *noa1.gdl*)

**command file:** το path του αρχείου εντολών *globk\_vel.cmd* ή *glred\_rep.cmd*

Στα αρχεία εντολών ([Πίνακες 2.17-2.20](#)) της προηγούμενης παραγράφου, παρουσιάζεται ενδεικτικά στην αρχή κάθε αρχείου η εντολή (*glred*, *globk*) με τις αντίστοιχες παραμέτρους που θα πρέπει να εκτελέσει κάποιος σε κάθε περίπτωση. Παρακάτω, παρατίθενται οι εντολές *glred* και *glorg* με την προτεινόμενη σύνταξη εκτέλεσης στην γραμμή εντολών (terminal):

```
glred 6 noa1_rep.prt noa1_rep.log ../tables/noa1.gdl ../tables/glred_rep.cmd
```

```
globk 6 noa1_vel.prt noa1_vel.log ../tables/noa1.gdl ../tables/globk_vel.cmd
```

Επισημαίνεται ότι, οι παραπάνω εντολές είναι ενδεικτικές και προέρχονται από την επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στην εφαρμογή του κεφαλαίου 3. Ακόμη, η μεθοδολογία που προτάθηκε ως τώρα είναι καθαρά ενδεικτική, επειδή ο χρήστης έχει την δυνατότητα να πειραματιστεί αρκετά στο επίπεδο επεξεργασίας του Globk. Παρόλα αυτά, θεωρείται ότι είναι η πιο απλή και ενδεδειγμένη για έναν αρχάριο χρήστη.

## 2.9. Περιγραφή αρχείων εξόδου του Globk και παραγωγή γραφημάτων χρονοσειρών

Το Globk κατά την εκτέλεση του παράγει 9 τύπου αρχεία που τα περισσότερα έχουν πάρει το όνομα τους από τα αρχεία εντολών. Τα αρχεία αυτά είναι ίδια σε πλήθος και δομή είτε εκτελεσθεί η εντολή *globk*, είτε η εντολή *glred*. Η μόνη διαφορά έγκειται στα αποτελέσματα που παράγουν τα δύο προγράμματα επεξεργασίας. Το *glred* παράγει συντεταγμένες για κάθε μέρα ξεχωριστά, ενώ το *globk* παράγει συντεταγμένες και ταχύτητες σε μία εποχή αναφοράς συνδυάζοντας όλες τις ημερήσιες επιλύσεις. Επιπλέον, το *globk* υλοποιεί ένα ενιαίο πλαίσιο αναφοράς μέσω του *glorg*, ενώ το *glred* υλοποιεί ξεχωριστό πλαίσιο αναφοράς κάθε ημέρα μέσω του *glorg*. Τα αρχεία εξόδου του *globk* ή του *glred* σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία είναι: το *comb.svs\_A*, το *GLOBK.status*, το *GLOBK.warning*, ένα αρχείο τύπου *com* (*glred\_rep.com* ή *globk\_vel.com*), ένα αρχείο τύπου *sol* (*glred\_rep.sol* ή *globk\_vel.sol*), ένα αρχείο τύπου *srt* (*glred\_rep.srt* ή *globk\_vel.srt*), ένα αρχείο τύπου *log* (*expt\_rep.log* ή *expt\_vel.log*), ένα αρχείο τύπου *prt* (*expt\_rep.prt* ή *expt\_vel.prt*) και ένα αρχείο τύπου *org* (*expt\_rep.org* ή *expt\_vel.org*).

Στις προηγούμενες παραγράφους εξηγήθηκε τι περιέχουν τα περισσότερα από παραπάνω εμφανιζόμενα αρχεία εξόδου. Τα αρχεία *GLOBK.status* και *GLOBK.warning* περιέχουν γενικά στοιχεία της επεξεργασίας τα οποία υποδεικνύουν αν αυτή πραγματοποιήθηκε με επιτυχία. Το αρχείο τύπου *log* περιέχει στοιχεία σχετικά με τα binary αρχεία h-files. Σε αυτό παρουσιάζονται κυρίως το σχετικό βάρος που έχει δοθεί σε κάθε ημερήσια επίλυση αλλά και η τιμή της αύξησης του τεστ  $\chi^2$  ( $\chi^2$  Increment), το οποίο δείχνει πόσο αξιόπιστη είναι η ημερήσια επίλυση που προστίθεται στο φίλτρο Kalman. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτό το μέγεθος ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία [Dong et al., 1998]. Παρακάτω παρατίθεται ενδεικτικά ένα τμήμα του αρχείου αυτού :

```

Updating SV ephemeris epoch by      0.0027 years
Global 978 using 12.5 Mb. Running time 2318.00 Scaling by 1.000 1.00000000
For mnoala.247 Glb main/h0909041200_noal.glx Chi**2 NP 512 is 0.314
Orient_adj. (mas) 2009 9 4 -5.74 4.00 -9.49 6.84 13.6 6.87

Updating SV ephemeris epoch by      0.0027 years
Global 979 using 12.5 Mb. Running time 2321.00 Scaling by 1.000 1.00000000
For mnoala.248 Glb main/h0909051200_noal.glx Chi**2 NP 512 is 0.351
Orient_adj. (mas) 2009 9 5 -5.54 4.00 -9.41 6.84 13.6 6.87

Updating SV ephemeris epoch by      0.0027 years
Global 980 using 12.2 Mb. Running time 2324.00 Scaling by 1.000 1.00000000
For mnoala.249 Glb main/h0909061200_noal.glx Chi**2 NP 499 is 0.269
Orient_adj. (mas) 2009 9 6 -5.53 4.00 -9.44 6.84 13.6 6.87
    
```

Πίνακας 2.22: Τμήμα αρχείου εξόδου του *globk* τύπου *log*.

Table 2.22: Part of log type *globk* output file

Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με αυτό το αρχείο ο αναγνώστης θα πρέπει να ανατρέξει στο εγχειρίδιο χρήσης του Globk. Το αρχείο με την κατάληξη *prt* είναι αρχείο εξόδου του προγράμματος *globk* ή *glred* και περιέχει συντεταγμένες και ταχύτητες των σταθμών αναφοράς. Το αρχείο με την κατάληξη *org* είναι αρχείο εξόδου του προγράμματος *glorg* και είναι παρόμοιο σε δομή με το προηγούμενο, με τη διαφορά ότι περιέχει και τις εκτιμώμενες παραμέτρους του μετασχηματισμού υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς. Γι' αυτό το λόγο, οι αβεβαιότητες των συντεταγμένων και ταχυτήτων σε αυτό το αρχείο είναι πολύ πιο μικρές από αυτές του αρχείου εξόδου του *globk* ή του *glred*. Οι αβεβαιότητες των στοιχείων αυτών στο αρχείο με την κατάληξη *prt* είναι χαλαρές, διότι η τελική δέσμευση αυτών πραγματοποιείται από το *glorg*.

Υπενθυμίζεται ότι οι *a priori* δεσμεύσεις των συντεταγμένων και ταχυτήτων που τίθενται στο αρχείο του *globk* ή του *glred* (*globk\_vel.cmd* ή *glred\_rep.cmd*) είναι αρκετά χαλαρές, έτσι ώστε η τελική δέσμευση αυτών να γίνεται από το *glorg*. Γι' αυτό το λόγο το αρχείο με την κατάληξη *prt* δεν ενδείκνυται για ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

### **2.9.1. Επεξήγηση αρχείου εξόδου του *glorg* στην περίπτωση του *glred* (εξαγωγή χρονοσειρών)**

Το αρχείο εξόδου του *glorg* στην περίπτωση χρήσης της εντολής εντολής *glred* περιέχει για κάθε ημέρα επίλυσης τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται στην συνέχεια. Αρχικά, παρουσιάζονται συνοπτικά οι παράμετροι εισόδου στο πρόγραμμα από το αρχείο εισόδου *glorg\_rep.cmd*. Ακολουθούν, τα εκτιμώμενα στοιχεία του μετασχηματισμού υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς σε κάθε επανάληψη. Ο αριθμός των επαναλήψεων έχει ορισθεί στο αρχείο εισόδου του *glorg*.

Παρακάτω, στον Πίνακα 2.23, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της τέταρτης επανάληψης του μετασχηματισμού υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς. Στις πρώτες γραμμές παρουσιάζεται ο αριθμός των σταθμών που συμμετέχουν στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς, ενώ στην συνέχεια παρατίθενται κάποια στατιστικά στοιχεία των σταθμών που αφορούν τα τυπικά σφάλματα των υψομέτρων. Υπενθυμίζεται ότι τα τυπικά σφάλματα των υψομέτρων συμμετέχουν στα κριτήρια επιλογής των σταθμών κατά την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς.

Ακολουθούν, οι εκτιμώμενοι παράμετροι του μετασχηματισμού με τα τυπικά τους σφάλματα και η λίστα των σταθμών που συμμετείχαν στην υλοποίηση του πλαισίου με τα αντεστραμμένα βάρη τους στην συνόρθωση, τα οποία έχουν προκύψει από την προηγούμενη επανάληψη σε ποσοστό 80 %. Το ποσοστό ορίζεται με την εντολή *stab\_ite* στο αρχείο εντολών του *glorg*. Τέλος, παρουσιάζονται κάποια στατιστικά του μετασχηματισμού, με πιο σημαντικό από αυτά το *a posteriori* μέσο τετραγωνικό σφάλμα του μετασχηματισμού (POST RMS).

## Κεφάλαιο 2: Εγχειρίδιο χρήσης Gamit/Globk

```

Starting Position stabilization iteration 4 L0701011200_noa1.glx
For 15 sites in origin, min/max height sigma 36.74 46.97 mm; Median 45.57 mm,
Tol 26.48 mm L0701011200_noa1.glx

Position system stabilization results
-----
X Rotation (mas) -0.40311 +- 0.36823 Iter 4 L0701011200_noa1.glx
Y Rotation (mas) -0.37634 +- 0.26886 Iter 4 L0701011200_noa1.glx
Z Rotation (mas) -0.48307 +- 0.19953 Iter 4 L0701011200_noa1.glx
X Translation (m) 0.00792 +- 0.00882 Iter 4 L0701011200_noa1.glx
Y Translation (m) 0.03989 +- 0.00895 Iter 4 L0701011200_noa1.glx
Z Translation (m) 0.06147 +- 0.00796 Iter 4 L0701011200_noa1.glx
Condition Sigmas used 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000

Sites and relative sigmas used in stabilization
MAS1_GPS 1.25 PDEL_GPS 1.17 POL2_GPS 0.96 KIT3_GPS 1.15 TELA_GPS 1.05 BUCU_GPS 0.84
METS_GPS 0.87 TR01_GPS 1.11 GRAZ_GPS 0.90 POTS_GPS 0.93 WTZR_GPS 0.93 CAGL_GPS 0.90
ZIMM_GPS 0.89 BRUS_GPS 1.02 HERS_GPS 0.91
For 45 Position Iter 4 Pre RMS 0.0183 m; Post RMS 0.00383 m L0701011200_noa1.glx

For 15 sites in origin, min/max NE sigma 2.09 3.89 mm; Median 2.48 mm, Tol
1.50 mm L0701011200_noa1.glx

```

*Πίνακας 2.23: Τμήμα αρχείου εξόδου του glorg που περιέχει τις εκτιμώμενες παραμέτρους μετασχηματισμού ύστερα από την ολοκλήρωση της τέταρτης επανάληψης (glred).*

*Table 2.23: Part of glorg output file which contains the Position system stabilization results of the fourth iteration (glred)*

```

SUMMARY POSITION ESTIMATES FROM GLOBK Ver 5.17
Long. Lat. dE adj. dN adj. dE +- dN +- RHO dH adj. dH +- SITE
(deg) (deg) (mm) (mm) (mm) (mm)
344.367 27.764 -0.13 -1.69 2.74 2.77 0.179 10.99 11.56 MAS1_GPS*
334.337 37.748 5.90 6.90 2.51 2.52 0.188 7.30 8.86 PDEL_GPS*
74.694 42.680 6.26 -0.87 1.97 1.76 -0.325 2.62 6.96 POL2_GPS*
66.885 39.135 2.31 -3.86 2.54 2.38 -0.295 53.30 10.17 KIT3_GPS*
34.781 32.068 -2.84 -1.85 2.28 1.97 -0.022 -13.78 5.85 TELA_GPS*
32.758 39.887 -44.88 25.47 1.67 1.52 0.008 12.85 4.70 ANKR_GPS
29.451 40.787 46.10 13.50 1.79 1.77 0.019 -236.79 5.86 TUBI_GPS
26.126 44.464 -2.13 -1.79 1.44 1.51 -0.005 16.91 4.96 BUCU_GPS*
24.395 60.217 -2.31 0.49 1.51 1.65 0.032 -11.06 4.40 METS_GPS*
23.864 38.047 -7.78 -0.44 1.73 1.69 -0.013 0.85 5.27 NOA1_GPS
21.465 38.056 17.05 7.06 2.02 2.04 -0.030 -168.89 6.72 RLS0_GPS
18.940 69.663 -4.63 -5.84 2.24 2.42 0.038 4.81 5.84 TR01_GPS*
15.493 47.067 -1.58 2.86 1.54 1.77 -0.020 5.16 5.78 GRAZ_GPS*
13.066 52.379 -1.83 -0.16 1.63 1.88 -0.025 -2.30 6.12 POTS_GPS*
12.879 49.144 -4.35 0.10 1.61 1.89 -0.035 -8.53 6.17 WTZR_GPS*
8.973 39.136 0.66 -1.68 1.63 1.67 0.014 6.33 5.38 CAGL_GPS*
7.465 46.877 4.81 1.62 1.52 1.76 0.017 -17.23 5.96 ZIMM_GPS*
4.359 50.798 2.20 -4.60 1.81 2.26 -0.003 -2.22 7.24 BRUS_GPS*
0.336 50.867 -3.42 5.85 1.57 1.85 0.020 -13.25 5.89 HERS_GPS*
POS STATISTICS: For 15 RefSites WRMS ENU 3.34 3.04 13.42 mm NRMS ENU 1.88 1.58
2.18 L0701011200_noa1.glx
POS MEANS: For 15 RefSites: East -0.44 +- 0.86 North -0.13 +- 0.78 Up -0.56 +- 3.46 mm
L0701011200_noa1.glx

```

*Πίνακας 2.24: Τμήμα αρχείου εξόδου του glorg που περιέχει τις διαφορές των συντεταγμένων μεταξύ των a priori αναφοράς και των a posteriori εκτιμώμενων από τον μετασχηματισμό που πραγματοποιεί το glorg (glred).*

*Table 2.24: Part of glorg output file which contains the station coordinates in the defined frame and the adjustments from the a priori values (glred)*

Στην συνέχεια του αρχείου, παρατίθενται πληροφορίες σχετικά με τις εντολές εισόδου στα προγράμματα *glred* και *glorg*. Ακολουθεί, ένας πίνακας των διαφορών των συντεταγμένων

μεταξύ των a priori αναφοράς και των a posteriori εκτιμώμενων από τον μετασχηματισμό. Οι διαφορές αυτές είναι εκφρασμένες σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων και είναι της μορφής του Πίνακα 2.24. Σε αυτόν, οι σταθμοί με το σύμβολο \* δίπλα είναι αυτοί που ορίζουν το πλαίσιο αναφοράς την συγκεκριμένη μέρα. Παρατηρείται εύλογα ότι οι σταθμοί αυτοί έχουν τις μικρότερες διαφορές από τις a priori. Ύστερα, παρουσιάζονται αναλυτικά τα εκτιμώμενα στοιχεία της συνόρθωσης. Αυτά περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες όλων των σταθμών, τα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων και τα στοιχεία προσανατολισμού της γης (EOP). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ενδεικτικά η μορφή των αποτελεσμάτων για έναν σταθμό GPS:

#	PARAMETER	Estimate	Adjustment	Sigma
Int.	RLSO_GPS 4679939.12389 1840151.15422	3910407.81437	0.00000	0.00000 0.00000 2007.002
31.	RLSO_GPS X coordinate (m)	4679938.98954	-0.13435	0.00526
32.	RLSO_GPS Y coordinate (m)	1840151.11972	-0.03450	0.00293
33.	RLSO_GPS Z coordinate (m)	3910407.71626	-0.09811	0.00414
Unc.	RLSO_GPS 4679938.98954 1840151.11972	3910407.71626	0.00000	0.00000 0.00000 2007.001
	0.0053 0.0029 0.0041			
Apr.	RLSO_GPS 4679938.98954 1840151.11972	3910407.71626	0.00000	0.00000 0.00000 2007.001
	0.0053 0.0029 0.0041 -1.0000 -1.0000 -1.0000			
Loc.	RLSO_GPS N coordinate (m)	4236356.13386	0.00706	0.00204
Loc.	RLSO_GPS E coordinate (m)	1881478.11999	0.01705	0.00202
Loc.	RLSO_GPS U coordinate (m)	132.90850	-0.16889	0.00672
	NE,NU,EU position correlations	-0.0303	-0.1846	0.0884

Πίνακας 2.25: Τμήμα αρχείου εξόδου του glorg που περιέχει αποτελέσματα για έναν σταθμό (glred).

Table 2.25: Part of glorg output file which contains the estimation of station coordinates for one station (glred)

Αρχικά παρατίθενται οι a priori συντεταγμένες και ταχύτητες του σταθμού από τον πίνακα αναφοράς (arg file), ενώ στην συνέχεια παρουσιάζονται οι συντεταγμένες του σταθμού σε XYZ αλλά και σε NEU με τα τυπικά τους σφάλματα (Sigmas). Οι γραμμές με τα πρόθεμα Unc και Apr περιέχουν τις συντεταγμένες (X,Y,Z) και τα τυπικά τους σφάλματα σε διαμόρφωση apr. Οι τρεις πρώτοι αριθμοί στην γραμμή με το πρόθεμα Unc είναι οι συντεταγμένες, οι επόμενοι τρεις οι ταχύτητες, ο επόμενος η εποχή αναφοράς και οι τρεις τελευταίοι τα τυπικά σφάλματα των συντεταγμένων. Η γραμμή με το πρόθεμα Apr περιέχει επιπλέον τα τυπικά σφάλματα των ταχυτήτων. Είναι απολύτως λογικό τα πεδία των ταχυτήτων και των σφαλμάτων τους να είναι κενά διότι με το glred δεν υπολογίζονται ταχύτητες. Ακόμη, οι τοποκεντρικές συντεταγμένες καλό θα είναι να μην χρησιμοποιούνται παρά μόνο για έλεγχο των τυπικών σφαλμάτων διότι ο υπολογισμός τους είναι προσεγγιστικός. Ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στο εγχειρίδιο χρήσης του Globk για περαιτέρω πληροφορίες επί του θέματος (Globk Reference Manual p. 54).

Στην συνέχεια του αρχείου, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κάθε ημέρας που συμπεριλήφθηκε στην επίλυση. Η δομή των αποτελεσμάτων κάθε ημέρας επεξεργασίας είναι απολύτως ίδια με αυτήν που περιγράφηκε παραπάνω. Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία εκτύπωσης του αρχείου καθορίζονται από την εντολή org\_opt.

## 2.9.2. Επεξήγηση αρχείου εξόδου του *glorg* στην περίπτωση του *globk* (εξαγωγή ταχυτήτων)

Το αρχείο εξόδου του *glorg* στην περίπτωση συνδυασμού με το *globk* δεν διαφέρει σημαντικά από αυτό που παράγεται με την εντολή *glred*. Η πιο σημαντική διαφορά έγκειται στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς η οποία είναι ενιαία. Πραγματοποιείται ένας συνδυασμός όλων των ημερήσιων επιλύσεων για την παραγωγή των βέλτιστων συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών. Αρχικά, παρουσιάζονται συνοπτικά οι παράμετροι εισόδου στο πρόγραμμα από το αρχείο εισόδου *glorg\_vel.cmd*. Ακολουθούν, τα εκτιμώμενα στοιχεία των μετασχηματισμών υλοποίησης των πλαισίων αναφοράς των συντεταγμένων και των ταχυτήτων σε κάθε επανάληψη.

Παρακάτω, στον *Πίνακα 2.26*, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετασχηματισμών της τέταρτης επανάληψης. Ο μετασχηματισμός υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς των συντεταγμένων ή θέσης (Position stabilization) είναι διαφορετικός από αυτόν των ταχυτήτων (Velocity stabilization). Η δομή αυτού του τμήματος του αρχείου είναι ίδια με αυτήν που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

```
Starting Position stabilization iteration 4 ../tables/noa_final.gdl
For 18 sites in origin, min/max height sigma 2.12 2.73 mm; Median 2.65 mm,
Tol 15.00 mm ../tables/noa_final.gdl

Position system stabilization results
-----
X Rotation (mas) 5.17186 +- 0.31187 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Y Rotation (mas) 8.91052 +- 0.21377 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Z Rotation (mas) -13.98501 +- 0.17604 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
X Translation (m) -0.01750 +- 0.00711 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Y Translation (m) 0.02803 +- 0.00762 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Z Translation (m) 0.03313 +- 0.00691 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Condition Sigmas used 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000

Sites and relative sigmas used in stabilization
RABT_GPS 0.93 MAS1_GPS 1.01 PDEL_GPS 1.06 POL2_GPS 1.11 KIT3_GPS 1.38 TELA_GPS 1.04
NICO_GPS 1.06 ISTA_GPS 1.00 BUCU_GPS 0.85 METS_GPS 0.92 TR01_GPS 1.28 GRAZ_GPS 0.87
POTS_GPS 0.85 WTZR_GPS 0.95 CAGL_GPS 0.95 ZIMM_GPS 0.81 BRUS_GPS 0.87 HERS_GPS 0.87
For 54 Position Iter 4 Pre RMS 0.0990 m; Post RMS 0.00341 m ../tables/noa_final.gdl

For 18 sites in origin, min/max NE sigma 0.12 0.27 mm; Median 0.16 mm, Tol
1.50 mm ../tables/noa_final.gdl

=====
Starting Velocity stabilization iteration 4 ../tables/noa_final.gdl

For 18 sites in origin, min/max dh/dt sigma 0.70 0.91 mm/yr; Median 0.84
mm/yr, Tol 15.00 mm/yr ../tables/noa_final.gdl

Velocity system stabilization results
-----
X Rotate (mas/yr) 0.05411 +- 0.07339 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Y Rotate (mas/yr) 0.19056 +- 0.05092 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Z Rotate (mas/yr) 0.16382 +- 0.04162 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
X Trans (m/yr) -0.00314 +- 0.00168 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Y Trans (m/yr) -0.01023 +- 0.00181 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Z Trans (m/yr) -0.02248 +- 0.00162 Iter 4 ../tables/noa_final.gdl
Condition Sigmas used 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
```



Sites and relative sigmas used in stabilization											
RABT_GPS	0.91	MAS1_GPS	0.99	PDEL_GPS	1.05	POL2_GPS	1.09	KIT3_GPS	1.40	TELA_GPS	1.04
NICO_GPS	1.11	ISTA_GPS	1.22	BUCU_GPS	0.84	METS_GPS	0.89	TR01_GPS	1.22	GRAZ_GPS	0.85
POTS_GPS	0.84	WTZR_GPS	0.91	CAGL_GPS	0.93	ZIMM_GPS	0.81	BRUS_GPS	0.85	HERS_GPS	0.85
For 54 Velocity Iter 4 Pre RMS 0.0074 m/yr; Post RMS 0.00082 m/yr ../tables/nea_final.gdl											
For 18 sites in origin, min/max dNE/dt sigma 0.08 0.17 mm/yr; Median 0.10											
mm/yr, Tol 0.30 mm/yr ../tables/nea_final.gdl											

Πίνακας 2.26: Τμήμα αρχείου εξόδου του *glorg* που περιέχει τις εκτιμώμενες παραμέτρους μετασχηματισμού ύστερα από την ολοκλήρωση της τέταρτης επανάληψης (*globk*).

Table 2.26: Part of *glorg* output file which contains the Position and Velocity system stabilization results of the fourth iteration (*globk*)

Μία επιπρόσθετη πληροφορία που περιέχει το αρχείο του *glorg* είναι ο πίνακας των διαφορών των ταχυτήτων μεταξύ a priori αναφοράς και a posteriori εκτιμώμενων από τον μετασχηματισμό. Ο πίνακας προηγείται αυτού των συντεταγμένων, ενώ η δομή και η ερμηνεία του είναι ακριβώς ίδια με αυτού των συντεταγμένων. Στην συνέχεια του αρχείου παρατίθενται τα αποτελέσματα που περιλαμβάνουν: εκτιμώμενες συντεταγμένες, εκτιμώμενα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων και εκτιμώμενα στοιχεία προσανατολισμού της γης. Παρακάτω, παρατίθεται ένας πίνακας με την μορφή των αποτελεσμάτων για έναν σταθμό:

#	PARAMETER	Estimate	Adjustment	Sigma
Int.	RLSO_GPS 4679939.12389 1840151.15422 3910407.81437	0.00000	0.00000	0.00000 2009.825
109.	RLSO_GPS X coordinate (m)	4679938.99523	-0.12866	0.00037
110.	RLSO_GPS Y coordinate (m)	1840151.15186	-0.00236	0.00021
111.	RLSO_GPS Z coordinate (m)	3910407.71006	-0.10431	0.00029
112.	RLSO_GPS X rate (m/yr)	0.00453	0.00453	0.00022
113.	RLSO_GPS Y rate (m/yr)	0.01043	0.01043	0.00013
114.	RLSO_GPS Z rate (m/yr)	-0.00020	-0.00020	0.00018
Position of RLSO_GPS referred to 2008.3703 XYZ offsets -1.4526 -1.4532 -1.4554 years				
Loc.	RLSO_GPS X uncorr pos. (m)	4679938.98863	-0.13526	0.00018
Loc.	RLSO_GPS Y uncorr pos. (m)	1840151.13670	-0.01752	0.00010
Loc.	RLSO_GPS Z uncorr pos. (m)	3910407.71035	-0.10402	0.00014
Unc.	RLSO_GPS 4679938.98863 1840151.13670 3910407.71035	0.00453	0.01043	-0.00020 2008.370
0.0002	0.0001 0.0001			
Apr.	RLSO_GPS 4679938.98863 1840151.13670 3910407.71035	0.00453	0.01043	-0.00020 2008.370
0.0002	0.0001 0.0001 0.0002 0.0001 0.0002			
Loc.	RLSO_GPS N coordinate (m)	4236356.11842	-0.00831	0.00013
Loc.	RLSO_GPS E coordinate (m)	1881478.14778	0.04488	0.00014
Loc.	RLSO_GPS U coordinate (m)	132.91811	-0.15924	0.00048
NE,NU,EU position correlations -0.0468 -0.2010 0.1534				
Loc.	RLSO_GPS N rate (m/yr)	-0.00509	-0.00509	0.00008
Loc.	RLSO_GPS E rate (m/yr)	0.00804	0.00804	0.00008
Loc.	RLSO_GPS U rate (m/yr)	0.00622	0.00622	0.00029
NE,NU,EU rate correlations -0.0385 -0.1996 0.1418				

Πίνακας 2.27: Τμήμα αρχείου εξόδου του *glorg* που περιέχει αποτελέσματα για έναν σταθμό (*globk*).

Table 2.27: Part of *glorg* output file which contains the estimation of station coordinates and velocities for one station (*globk*)

Στον παραπάνω πίνακα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ταχυτήτων και των συντεταγμένων σε καρτεσιανό και τοποκεντρικό σύστημα αναφοράς. Παρατηρείται ότι παρατίθενται δύο αποτελέσματα για τις συντεταγμένες. Το εγχειρίδιο προτείνει έμμεσα την χρήση των συντεταγμένων που περιέχουν το πρόθεμα *Loc.* Οι συντεταγμένες αυτές

εμφανίζονται και στις γραμμές με τα προθέματα *Apr* και *Unc*, στις οποίες τα πεδία των ταχυτήτων και των τυπικών τους σφαλμάτων είναι συμπληρωμένα διότι με το *globk* υπολογίζονται και ταχύτητες. Αν και δεν είναι πλήρως ξεκάθαρο από το εγχειρίδιο, μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι οι πρώτες συντεταγμένες προκύπτουν από τον μετασχηματισμό υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς των ταχυτήτων, ενώ οι συντεταγμένες με το πρόθεμα *Loc* προκύπτουν από τον μετασχηματισμό υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς των συντεταγμένων.

### 2.9.3. Δημιουργία γραφημάτων των χρονοσειρών

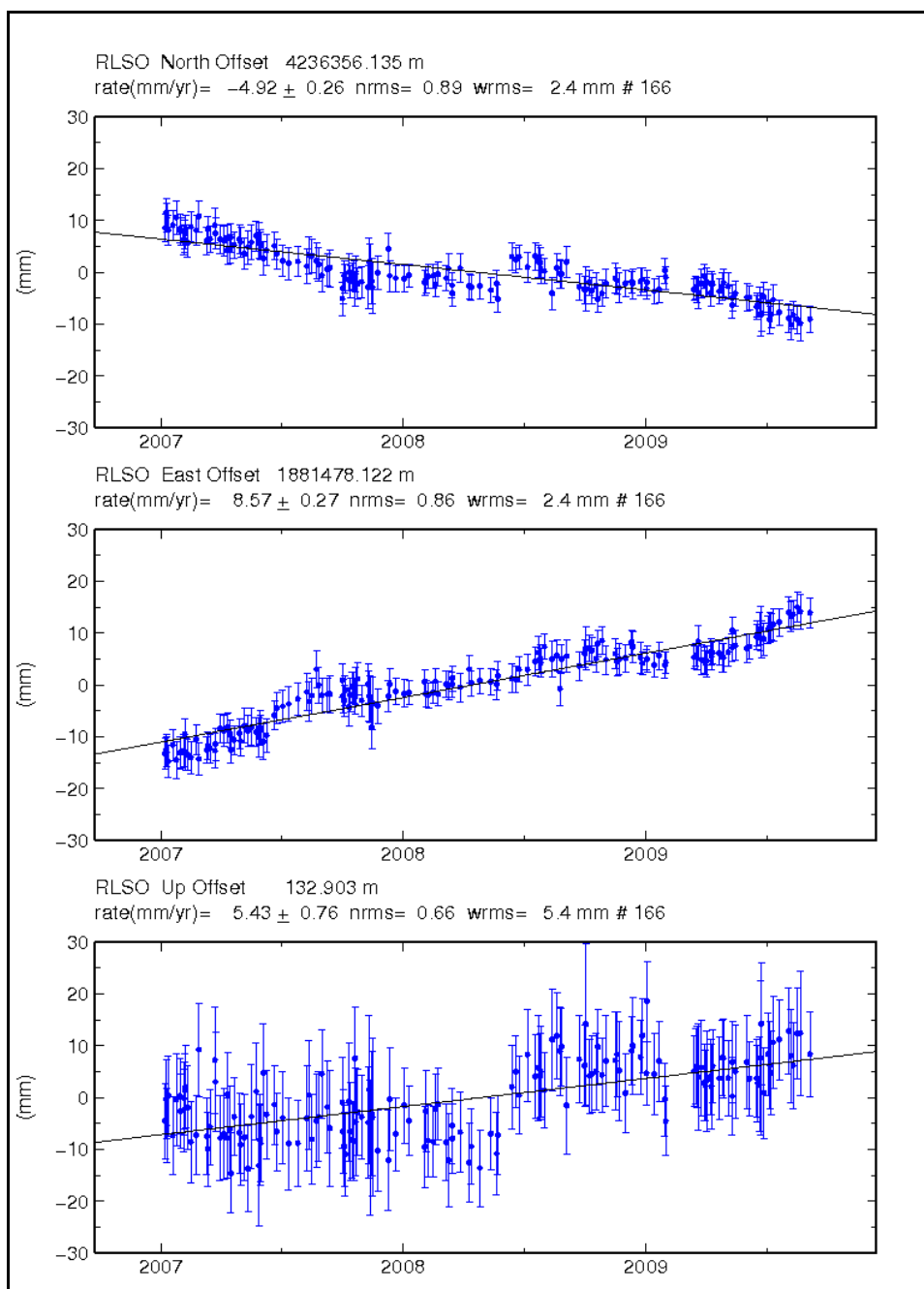
Η δημιουργία γραφημάτων των χρονοσειρών πραγματοποιείται με την βοήθεια του script *sh\_plotcrd*. Με την εκτέλεση αυτής της εντολής, τοποθετώντας τις κατάλληλες παραμέτρους στην γραμμή εντολών (terminal), μπορούν να δημιουργηθούν τα εν λόγω γραφήματα. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το αρχείο εξόδου *expt\_rep.org* του *glorg*, το οποίο έχει προκύψει από την εκτέλεση της εντολής-προγράμματος *glred*. Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες παράμετροι αυτής της εντολής:

- **-f <file>**: Τοποθετείται το path του αρχείου *expt\_rep.org*.
- **-s <span>**: Τοποθετείται η μεταβλητή *long* εάν είναι επιθυμητό να εμφανίζονται στον άξονα των τετμημένων έτη ή η μεταβλητή *short* εάν είναι επιθυμητό να εμφανίζονται μέρες.
- **-o <order>**: Τοποθετείται η μεταβλητή 1 ή 0 εάν είναι επιθυμητό να προσδιοριστεί ευθεία παλινδρόμησης ή όχι.
- **-c <columns>**: Τοποθετείται ο αριθμός των γραφημάτων ανά σελίδα. Μπορούν να τεθούν οι αριθμοί 1 και 2.
- **-y <min> <max>**: Τοποθετείται το κατώτατο και ανώτατο όριο του άξονα των τεταγμένων σε mm.

Ο αναγνώστης μπορεί να δει εάν επιθυμεί και τις υπόλοιπες παραμέτρους της εντολής απλά πληκτρολογώντας την στην γραμμή εντολών χωρίς μεταβλητές. Μία ενδεικτική χρήση της εντολής αυτής παρουσιάζεται παρακάτω:

```
sh_plotcrd -f noa1_rep.org -s long -o 1 -c 1 -y -30 30
```

Κατά την εκτέλεση αυτής της εντολής παράγονται γραφήματα χρονοσειρών σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων. Ακόμη, παράγονται κάποια αρχεία εξόδου που περιέχουν στοιχεία των συντεταγμένων και των παραμέτρων της γραμμικής παρεμβολής. Στην συνέχεια, παρουσιάζεται η μορφή μιας τυπικής χρονοσειράς χρησιμοποιώντας την παραπάνω ενδεδειγμένη εντολή:



*Εικόνα 2.1: Χρονοσειρά του σταθμού RLSO στο Ριόλο Αχαΐας.*

*(Πηγή: Εφαρμογή κεφαλαίου 3)*

*Image 2.1: Time series of RLSO station*

*(Source: Chapter 3 of the thesis)*

Στη χρονοσειρά της Εικόνας 2.1, παρατίθενται οι συντεταγμένες του σταθμού ανά ημέρα συναρτήσει του χρόνου. Οι θέσεις του σταθμού παρουσιάζονται σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων με μία κάθετη μπάρα τυπικού σφάλματος. Οι κλίσεις των ευθειών παλινδρόμησης (rate) είναι ένας τρόπος υπολογισμού των ταχυτήτων. Τα στοιχεία αυτά

παρατίθενται πάνω από κάθε γράφημα, όπου παρουσιάζονται και άλλα στατιστικά στοιχεία όπως: το κανονικοποιημένο rms (nrms) και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα με βάρη (weighted rms).

Μελετώντας τις εξαγόμενες χρονοσειρές ο χρήστης μπορεί εξετάσει την συνολική εικόνα του πειράματος μελέτης σε επίπεδο ημερήσιας λύσης. Στα γραφήματα μπορεί κανείς να μελετήσει εάν οι παρατηρήσεις παρουσιάζουν συνοχή και εάν υπάρχουν προβληματικά τμήματα σε αυτές. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να απορρίψει προβληματικούς σταθμούς από την επεξεργασία εντελώς ή για ένα χρονικό διάστημα.

### 2.10. Αξιολόγηση της επίλυσης του Globk

Η εκτίμηση της επίλυσης που εκτελούνται από τα προγράμματα του Globk (*glred*, *globk*, *glorg*) πραγματοποιείται αξιολογώντας τα αποτελέσματα που παράγονται στα αρχεία εξόδου αυτών. Συνήθως εξετάζονται οι πληροφορίες που εκτυπώνονται στο αρχείο εξόδου του *glorg* (*expt\_rep.org* ή *expt\_vel.org*). Είτε χρησιμοποιείται το *globk* είτε το *glred* η αξιολόγηση είναι ίδια. Παρακάτω παραθέτονται οι τρόποι αξιολόγησης μιας επίλυσης:

- **Αξιολόγηση του μετασχηματισμού υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς.** Πρώτον, ελέγχεται ο αριθμός των εναπομεινάντων σταθμών που υλοποιούν το πλαίσιο αναφοράς στην τελευταία επανάληψη. Αν οι εναπομεινάντες σταθμοί είναι πολύ λιγότεροι από αυτούς που αρχικά είχαν επιλεγεί, τότε θα πρέπει να γίνει καλύτερη επιλογή των σταθμών αναφοράς. Στις ημερήσιες υλοποιήσεις του πλαισίου (*glred*/*glorg*) μπορεί αρκετοί σταθμοί αναφοράς να απορρίπτονται. Αντίθετα, στις ενιαίες υλοποιήσεις του πλαισίου (*globk*/*glorg*) σχεδόν όλοι οι σταθμοί συμμετέχουν. Δεύτερον, ελέγχεται το *a posteriori* τυπικό σφάλμα του μετασχηματισμού (POST RMS) και τα τυπικά σφάλματα των εκτιμώμενων παραμέτρων αυτού. Στην περίπτωση ενός μετασχηματισμού συντεταγμένων ή θέσης (Position Stabilization) η τυπική τιμή του POST RMS κυμαίνεται στην τάξη των μερικών χιλιοστών (3-4 mm), ενώ στην περίπτωση ενός μετασχηματισμού ταχυτήτων κυμαίνεται στην τάξη των 1-2 mm/yr ή καλύτερα (Globk Reference Manual p. 58).
- **Αξιολόγηση των τυπικών σφαλμάτων των συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών του δικτύου.** Σε μια ενιαία επίλυση (*globk*) οι τιμές αυτές είναι στο δέκατο του χιλιοστού τις περισσότερες φορές, επομένως δεν αποτελούν ιδιαίτερο μέτρο αξιολόγησης. Αντίθετα, σε μία ημερήσια επίλυση (*glred*) οι τιμές των τυπικών σφαλμάτων των συντεταγμένων κατά τις διευθύνσεις Βορράς και Ανατολή (N, E) είναι στην τάξη των 1-3 mm, ενώ κατά την διεύθυνση του υψομέτρου (U) λίγο μεγαλύτερες. Με ένα γεωμετρικά καλό δίκτυο σταθμών αναφοράς, τα σφάλματα αυτά μπορούν να

προσεγγίσουν τα πραγματικά (real sigmas).

- **Αξιολόγηση των γραφημάτων χρονοσειρών που παράγονται από τις ημερήσιες επιλύσεις του *glred*.** Στα γραφήματα αυτά μπορεί να γίνει ένας ποιοτικός έλεγχος της “συμπεριφοράς” των σταθμών του δικτύου. Μπορούν να εντοπισθούν προβληματικοί σταθμοί που ίσως χρειαστεί να απορριφθούν από την επεξεργασία ή προβληματικά τμήματα με χονδροειδή σφάλματα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η συνήθης μεθοδολογία επίλυσης που ακολουθείται περιλαμβάνει: την εκτέλεση του *glred* για την παραγωγή ημερήσιων λύσεων, την εκτέλεση του *sh\_plotcrd* για την παραγωγή γραφημάτων χρονοσειρών και τέλος την εκτέλεση του *globk* για την παραγωγή ταχυτήτων. Στην περίπτωση επεξεργασίας μικρού όγκου δεδομένων (λίγες ημέρες) δεν είναι απαραίτητο να γίνει χρήση του *globk*, διότι η εκτίμηση ταχυτήτων δεν έχει πρακτικό ενδιαφέρον.



## **3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ GAMIT/GLOBK ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ GPS ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ**

### **3.1. Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί εκτενώς μία εφαρμογή του πακέτου λογισμικού Gamit/Globk (Release 10.35) στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, το οποίο περιλαμβάνει 11 μόνιμους σταθμούς στον Ελλαδικό χώρο. Στόχος της εφαρμογής ήταν η επεξεργασία του παραπάνω δικτύου με το Gamit/Globk και η εξαγωγή αποτελεσμάτων χρονοσειρών, συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών στο πλαίσιο αναφοράς ITRF 2005.

Η δομή του κεφαλαίου περιλαμβάνει την περιγραφή του δικτύου μελέτης, την παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε και την παράθεση των τελικών αποτελεσμάτων. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα πειράματα που διεξήχθησαν στο επίπεδο επεξεργασίας του *glred* και του *globk* καθώς και κάποια συγκριτικά αποτελέσματα των ταχυτήτων, τα οποία δείχνουν τον βαθμό αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων του *globk*.

### **3.2. Περιγραφή δικτύου μελέτης**

Το δίκτυο μελέτης της παρούσης εργασίας αποτελείται από 11 μόνιμους σταθμούς GPS, οι οποίοι κατανέμονται στον Ελλαδικό χώρο. Το δίκτυο μελέτης περιλαμβάνει τους σταθμούς: NOA1 στην Πεντέλη του Ν. Αττικής, NEAP στην Νεάπολη του Ν. Λασιθίου, ATAL στην Αταλάντη του Ν. Φθιώτιδας, PRKV στην Αγία Παρασκευή της νήσου Λέσβος, LEMN στους Αγκαρυώνες της νήσου Λήμνος, NVRK στο Κάτω Νευροκόπι του Ν. Δράμας, RLSO στον Ριόλο του Ν. Αχαΐας, VLMS στα Βαλσαμάτα της νήσου Κεφαλλονιά, PONT στην Πόντη Αγίου Πέτρου της νήσου Λευκάδα, SPAN στο Σπανοχώρι της νήσου Λευκάδα και KASI στην Κασσιόπη της νήσου Κέρκυρα. Οι παραπάνω σταθμοί είναι υπό την διαχείριση του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, με εξαίρεση το σταθμό ATAL που είναι και στην δικαιοδοσία του Κέντρου Δορυφόρων Διονύσου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επιπλέον, ο σταθμός NOA1 είναι μέρος του Ευρωπαϊκού δικτύου του EUREF (*European Reference Frame*), ενώ συμπεριλήφθηκε στο δίκτυο μελέτης για έλεγχο της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Παρακάτω, παρατίθεται ο χάρτης του τοπικού δικτύου μελέτης.

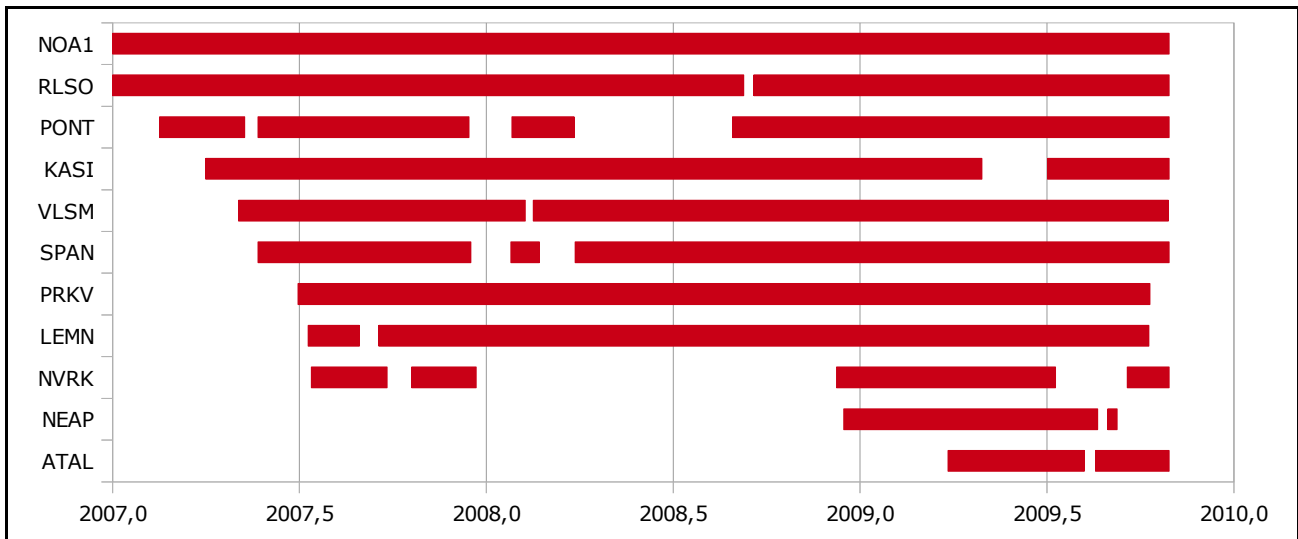


*Εικόνα 3.1: Χάρτης δικτύου μελέτης των σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών*  
*Image 3.1: Map of National Observatory of Athens (NOA) permanent GPS studied network*  
*(Πηγή - Source: Google Earth)*

Στην *Εικόνα 3.1*, παρατηρείται ότι το δίκτυο μελέτης δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην περιοχή του Ιονίου πελάγους, το οποίο παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα. Πέντε από τους 11 σταθμούς του δικτύου συσπειρώνονται στην περιοχή του Ιονίου πελάγους, ενώ οι υπόλοιποι καλύπτουν αραιά την έκταση της Ελλάδας.

Η αξιοποιήσιμη διάρκεια των δεδομένων ποικίλει για κάθε σταθμό και εξαρτάται από το χρονικό διάστημα που αυτοί είναι ενεργοί. Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκαν να επιλυθούν ημερήσια δεδομένα περιόδου μετρήσεων 30 s, από την αρχή του έτους 2007 μέχρι τις 28/10 του έτους 2009 (1032 ημέρες!). Τα δεδομένα των περισσότερων σταθμών αγγίζουν το χρονικό διάστημα των τριών χρόνων (π.χ. RLSO), ενώ άλλων δεν ξεπερνούν αυτό του ενός έτους (π.χ. ATAL). Η διάρκεια εξαρτάται κυρίως από την χρονική στιγμή ενεργοποίησης του σταθμού αλλά και από το κατά πόσο τα δεδομένα αυτού είναι πλήρη, δηλαδή χωρίς κενά. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα χρονικά διαστήματα των αξιοποιήσιμων δεδομένων για κάθε σταθμό από την αρχή του έτους 2007 μέχρι τις 28/10/2009.





*Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα περιόδων λειτουργίας των σταθμών του δικτύου του Αστεροσκοπείου*

*Chart 3.1: Data span of NOA GPS stations*

Στο Διάγραμμα 3.1, παρατηρείται ότι υπάρχουν ασυνέχειες στα δεδομένα των σταθμών GPS το χρονικό διάστημα 01/01/2007–28/10/2009. Τα μεγαλύτερα από αυτά εντοπίζονται στους σταθμούς PONT και NVRK. Ακόμη, οι σταθμοί NEAP και ATAL εμφανίζουν μικρό διάστημα παρατηρήσεων διότι είναι σχετικά καινούργιοι. Το διάστημα των τελευταίων δεν ξεπερνά το χρόνο, γεγονός που υποδεικνύει ήδη από το στάδιο προεπεξεργασίας ότι η εκτίμηση των ταχυτήτων σε αυτούς δεν θα είναι αξιόπιστη. Αξιόπιστες ταχύτητες σταθμών GPS μπορούν να προέλθουν από δεδομένα διάρκειας τουλάχιστον 2.5 ετών, εάν παρατηρούνται ετήσια περιοδικά φαινόμενα στις χρονοσειρές αυτών [Blewitt et al., 2002 / Αναστασίου Δ., 2009].

Το τοπικό δίκτυο μελέτης είναι εξοπλισμένο με διαφορετικούς δέκτες και διαφορετικές κεραιές GPS, στοιχεία τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

*SITE	Session Start	Session Stop	Receiver Type	Antenna Type
ATAL	2000 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	ASHTECH UZ-12	NOV533+CR
NOA1	2000 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200PRO	LEIAT504
KASI	2007 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202GG
LEMN	2007 001 00 00 00	2009 076 23 59 59	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAX1202GG
LEMN	2009 077 00 00 00	2009 141 23 59 59	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG
LEMN	2009 142 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAX1202GG
NVRK	2007 001 00 00 00	2009 001 00 00 00	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAX1202GG
PONT	2007 001 00 00 00	2007 129 23 59 59	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202GG
PONT	2007 130 00 00 00	2007 303 23 59 59	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202
PONT	2007 304 00 00 00	2008 334 23 59 59	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202GG
PONT	2007 335 00 00 00	2008 086 23 59 59	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202
PONT	2008 241 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202GG
PRKV	2007 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202GG
RLSO	2007 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200	LEIAX1202
VLSP	2007 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202
NEAP	2007 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	TRIMBLE 5700	TRM41249.00
SPAN	2007 001 00 00 00	2010 001 00 00 00	LEICA GRX1200PRO	LEIAX1202G17

*Πίνακας 3.1: Τύποι δεκτών και κεραιών του δικτύου του Αστεροσκοπείου*

*Table 3.1: Receiver and antenna information of NOA GPS network*

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Παρατηρείται ότι οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με διάφορους τύπους κεραιών και δεκτών, με την πλειοψηφία τους να είναι εξοπλισμένοι με κεραιές και δέκτες της εταιρίας Leica. Ο παραπάνω πίνακας αποτελεί μέρος του αρχείου εισόδου *station.info* του gamit. Στο αρχείο αυτό υπάρχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τις κεραιές και τους δέκτες του δικτύου μελέτης, τις οποίες δεν κρίθηκε απαραίτητο να παρουσιαστούν εδώ.

Το τοπικό δίκτυο μελέτης εμπλουτίστηκε με 20 διεθνείς μόνιμους σταθμούς της IGS. Οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιήθηκαν ως αναφορά τόσο στο επίπεδο επεξεργασίας του Gamit, όσο και του Globk. Στο Gamit χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση των παρατηρήσεων GPS του τοπικού δικτύου, ενώ στο Globk χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς. Χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί IGS: ANKR (Ankara, Turkey), BRUS (Brussels, Belgium), CAGL (Cagliari, Italy), GRAZ (Graz, Austria), HERS (Hailsham, UK), KIT3 (Kitab, Uzbekistan), MAS1 (Maspalomas, Spain), METS (Kirkkonummi, Finland), PDEL (Ponta Delgada, Portugal), POL2 (Poligan, Kyrgyzstan), POTS (Potsdam, Germany), RABT (Rabat, Maroco), TRO1 (Tromsoe, Norway), WTZR (Bad Koetzting, Germany), ZIMM (Zimmerwald, Switzerland), NICO (Nicosia, Cyprus), BUCU (Bucuresti, Romania), ISTA (Istanbul, Turkey), TUBI (Gebze, Turkey) και TELA (Tel Aviv, Israel).

Η επιλογή των σταθμών αναφοράς (*Εικόνα 3.2*) έλαβε υπόψη την μεθοδολογία επεξεργασίας του Gamit/Globk αλλά και τα παρακάτω κριτήρια:

- **Γεωγραφική κατανομή σταθμών αναφοράς.** Οι σταθμοί επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να καλύπτουν την Ευρώπη αλλά και την ευρύτερη περιοχή αυτής. Η κατανομή τους είναι τέτοια έτσι ώστε να σχηματίζονται σχετικά μικρές βάσεις τόσο μεταξύ τους, όσο και με τους σταθμούς του τοπικού δικτύου μελέτης. Οι μικρότερες εντοπίζονται στις περιοχές της κεντρικής Ευρώπης και του δικτύου μελέτης, ενώ οι μεγαλύτερες στις περιοχές της Ανατολικής Ευρώπης, Βόρειας Ευρώπης και Ανατολικής Ασίας. Οι μικρές βάσεις συντέλεσαν στην επίλυση των ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους [Blewitt G., 1989], ενώ οι μεγαλύτερες και πιο απομακρυσμένες συντέλεσαν στην καλύτερη εκτίμηση των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και EOP στοιχείων. Υπενθυμίζεται ότι στο Gamit υπολογίζονται αυτά στα στοιχεία.
- **Αξιοπιστία σταθμών αναφοράς.** Οι σταθμοί επιλέχθηκαν ανάλογα με την "συμπεριφορά" που παρουσίαζαν στις δημοσιευμένες χρονοσειρές τους στο διαδίκτυο. Οι περισσότεροι από τους σταθμούς που επιλέχθηκαν ανήκουν στο βασικό δίκτυο GPS της IGS (core) και παρουσιάζουν ομαλή "συμπεριφορά". Επιπρόσθετα, η "συμπεριφορά" των σταθμών είναι ένας από τους λόγους που οι περισσότεροι σταθμοί εντοπίζονται στην κεντρική Ευρώπη. Οι σταθμοί αυτοί θεωρούνται πολύ αξιόπιστοι. Το κριτήριο αξιοπιστίας θα πρέπει να τηρείται από τους σταθμούς που βρίσκονται πλησιέστερα στο δίκτυο μελέτης.

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

- **Πληρότητα δεδομένων των σταθμών.** Επιλέχθηκαν σταθμοί με όσο το δυνατό πλήρη δεδομένα για το χρονικό διάστημα μελέτης.
- **Αξιόπιστη υλοποίηση πλαισίου αναφοράς.** Οι σταθμοί επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς να είναι αξιόπιστη. Είναι ένας από τους λόγους που εκτείνονται σε τόσο μεγάλη έκταση.



*Εικόνα 3.2: Χάρτης δικτύου αναφοράς των μόνιμων σταθμών της IGS*

*Image 3.2: Map of reference site network (IGS sites)*

*(Πηγή - Source: GEBKO - <http://www.gebco.net/>)*

Δυστυχώς, υπάρχει μεγάλη έλλειψη σταθμών IGS στον νότο. Γι' αυτό το λόγο δεν έχει επεκταθεί ιδιαίτερα το δίκτυο αναφοράς προς σε αυτήν την κατεύθυνση.

### **3.3. Μεθοδολογία επεξεργασίας**

Η μεθοδολογία που εκτελέστηκε κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των παρατηρήσεων με το Gamit/Globk ακολουθεί σε μεγάλο βαθμό την διαδικασία μιας τυπικής επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων GPS. Στο κεφάλαιο 2 έγινε μία εκτενής παρουσίαση του τρόπου χρήσης του λογισμικού Gamit/Globk. Γι' αυτό το λόγο στην παράγραφο αυτή δεν θα περιγραφεί η λειτουργία του Gamit/Globk, παρά μόνο θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία επίλυσης που

ακολουθήθηκε.

Το πλήρες δίκτυο μελέτης αποτελείται από 11 τοπικούς σταθμούς και 20 διεθνείς σταθμούς της IGS. Τα δεδομένα των τοπικών σταθμών ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (<http://www.gein.noa.gr/gps.html>), ενώ τα δεδομένα των σταθμών αναφοράς της IGS ανακτήθηκαν με την βοήθεια του script αυτόματης επεξεργασίας *sh\_gamit*.

Αρχικά, κατασκευάστηκε το περιβάλλον επεξεργασίας του Gamit και τροποποιήθηκαν κατάλληλα τα επτά αρχεία εντολών του gamit (*station.info*, *sestbl.*, *sittbl.*, *sites.defaults*, *process.defaults*, *autcln* και *lfile.*). Τα αρχεία εντολών του gamit που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται στο Παράρτημα Α.1. Αξίζει να αναφερθεί ότι εισήχθησαν στην ανάλυση διορθώσεις που οφείλονται σε μη παλιρροιακές ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας (*non-tidal atmospheric loading corrections*), διορθώσεις που οφείλονται σε παλιρροιακές ανακατανομές μαζών των ωκεανών (*ocean tidal loading corrections*) και διορθώσεις που οφείλονται στην ατμοσφαιρική διάθλαση (*atmospheric delay corrections*). Στις τελευταίες, χρησιμοποιήθηκαν οι υδροστατικές συναρτήσεις VMF1 (*Vienna mapping functions 1*). Για την ερμηνεία των διορθώσεων αυτών και των επιπτώσεων τους στα αποτελέσματα, ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία [*Dong et al.*, 2002 / *Boehm et al.*, 2006 / *Ray et al.*, 2004] και στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο του εγχειριδίου χρήσης του Gamit.

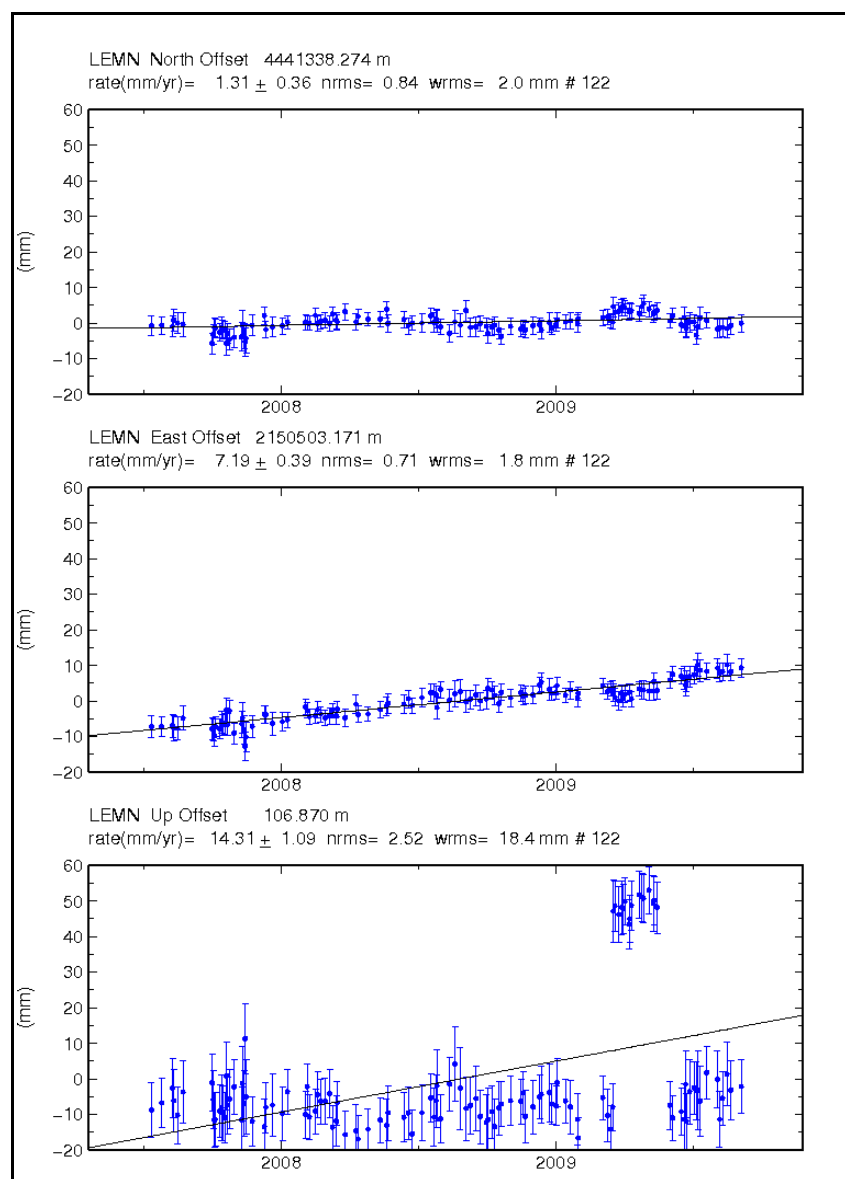
Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν οι ακριβείς τροχιές της IGS (*IGS final ephemerides*) ως αναφορά για τα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων και οι πίνακες της IERS (*finals.data Bulletin A*) ως αναφορά για τα EOP στοιχεία (*Earth Orientation Parameters*). Ως *a priori* πίνακας συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών αναφοράς χρησιμοποιήθηκε ο *itr05.apr*, ο οποίος εμπεριέχεται στο πρόγραμμα και αναφέρεται στο ITRF 2005. Οι *a priori* συντεταγμένες των τοπικών σταθμών προσδιορίστηκαν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας.

Στην συνέχεια, εκτελέστηκε το gamit σε ένα δείγμα των δεδομένων (1/4) για δύο λόγους, πρώτον για να αξιολογηθεί η συνολική κατάσταση του δικτύου μελέτης και δεύτερον για να προσδιοριστούν καλές *a priori* συντεταγμένες για τους τοπικούς σταθμούς. Κατά την επίλυση δεν παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα προβλήματα. Τα *nrms* των επιλύσεων του gamit ήταν μέσα στα αποδεκτά όρια, της τάξης του 0.18, ενώ τα ποσοστά των επιλυμένων ασαφειών φάσεων βραχείας ζώνης (*narrow lane*) σε ακέραιους κύκλους κυμάνθηκαν από 80 μέχρι 90 %. Παρόλα αυτά, αρκετές ημέρες δεν μπόρεσαν να επιλυθούν λόγω των κακών *a priori* συντεταγμένων των τοπικών σταθμών. Αυτό παρατηρήθηκε κυρίως στις πρώτες μέρες του έτους 2007 που το τοπικό δίκτυο ήταν αδύναμο όσον αφορά το πλήθος των σταθμών.

Ακολούθως, δημιουργήθηκε το περιβάλλον επεξεργασίας του Globk και κατασκευάστηκαν τα αρχεία εντολών του, τα οποία παρατίθενται με τις τυπικές τους τιμές στο Παράρτημα Α.2.

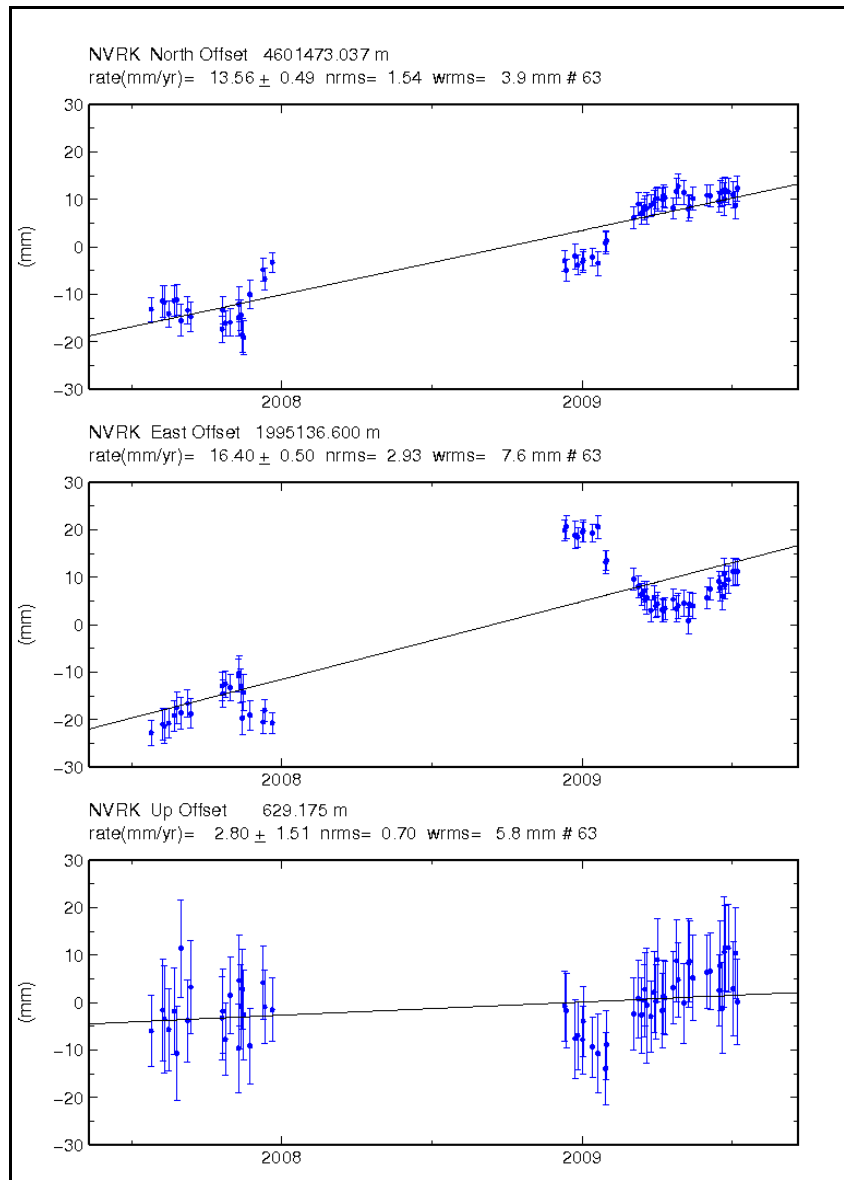
### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Έπειτα, εκτελέστηκε το *glred* σε συνδυασμό με το *glorg*, έτσι ώστε να παραχθούν σταθεροποιημένες ημερήσιες επιλύσεις, επιλέγοντας όλους τους σταθμούς IGS να υλοποιήσουν το πλαίσιο αναφοράς. Παρόλα αυτά, οι σταθμοί που παρέμειναν στην υλοποίηση του ημερήσιου πλαισίου αναφοράς ήταν κατά μέσο όρο 16. Η ακρίβεια των ημερήσιων μετασχηματισμών (POST RMS) κυμάνθηκε στα 3 mm. Στη συνέχεια, με την βοήθεια του *sh\_plotcrd* δημιουργήθηκαν τα γραφήματα χρονοσειρών για κάθε σταθμό. Η μορφή των περισσότερων χρονοσειρών ήταν μέσα στα τυπικά πλαίσια, με εξαίρεση τις χρονοσειρές των σταθμών LEMN και NVRK. Ο σταθμός LEMN για ένα χρονικό διάστημα παρουσίαζε μία απότομη μεταβολή στα γραφήματα χρονοσειρών, ενώ ο σταθμός NVRK παρουσίαζε ιδιόμορφη χρονοσειρά. Η μορφή των χρονοσειρών αυτών παρουσιάζεται παρακάτω:



*Εικόνα 3.3: Χρονοσειρά του σταθμού LEMN*

*Image 3.3: Preliminary time series of LEMN station*



*Εικόνα 3.4: Χρονοσειρά του σταθμού NVRK*

*Image 3.4: Preliminary time series of NVRK station*

Το πρόβλημα της “ακανόνιστης” χρονοσειράς του σταθμού NVRK δεν επιλύθηκε, λόγω έλλειψης πληροφοριών υποστήριξης, και θεωρήθηκε ότι απλά παρουσιάζει ιδιαίτερη “συμπεριφορά”. Το πρόβλημα του σταθμού LEMN εμφανίζεται το διάστημα ημερών 077-141 του έτους 2009. Εκείνη την περίοδο, στα header των αντίστοιχων rinex αρχείων αναγράφεται η κεραία LEIAT504GG, ενώ στο διάστημα πριν και μετά την περίοδο αυτή αναγράφεται η κεραία LEIAX1202GG. Έγιναν δοκιμές αλλάζοντας την κεραία της προβληματικής περιόδου με εκείνη που χρησιμοποιείται πριν και μετά από την περίοδο αυτή δίχως όμως να επιλύεται το πρόβλημα. Το πρόβλημα αυτό οφείλεται πιθανότατα σε εσφαλμένη καταγραφή του τύπου κεραίας στα header των αρχείων rinex. Πραγματοποιήθηκε επικοινωνία με τους διαχειριστές του σταθμού, δίχως όμως να ληφθεί

ικανοποιητική απάντηση. Γι' αυτό το λόγο, απορρίφθηκε αυτό το κομμάτι από την τελική επεξεργασία. Αξίζει να αναφερθεί ότι μπορεί τα παραπάνω γραφήματα να προέρχονται από ένα δείγμα των δεδομένων, όμως το τελικό πόρισμα για το σταθμό LEMN εξήχθη μελετώντας την πλήρη χρονοσειρά του.

Έπειτα, εκτελέστηκε το *globk* σε συνδυασμό με το *glogr*, έτσι ώστε να παραχθούν συντεταγμένες και ταχύτητες σε μια εποχή αναφοράς. Επισημαίνεται ότι το *globk* εξάγει αποτελέσματα που έχουν ως εποχή αναφοράς το μέσο του χρονικού διαστήματος των παρατηρήσεων κάθε σταθμού. Για την υλοποίηση του ενιαίου πλαισίου αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν 18 σταθμοί αναφοράς τόσο στον μετασχηματισμό των συντεταγμένων, όσο και στον μετασχηματισμό των ταχυτήτων, ενώ δεν χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί ANKR και TUBI. Ο πρώτος απορρίφθηκε από τον αλγόριθμο υλοποίησης πλαισίου αναφοράς πιθανότατα επειδή είχε κακές *a priori* συντεταγμένες στον πίνακα συντεταγμένων και ταχυτήτων του ITRF 2005 (*itrf05.apr*), ενώ ο δεύτερος επειδή δεν υπήρχε σε αυτόν.

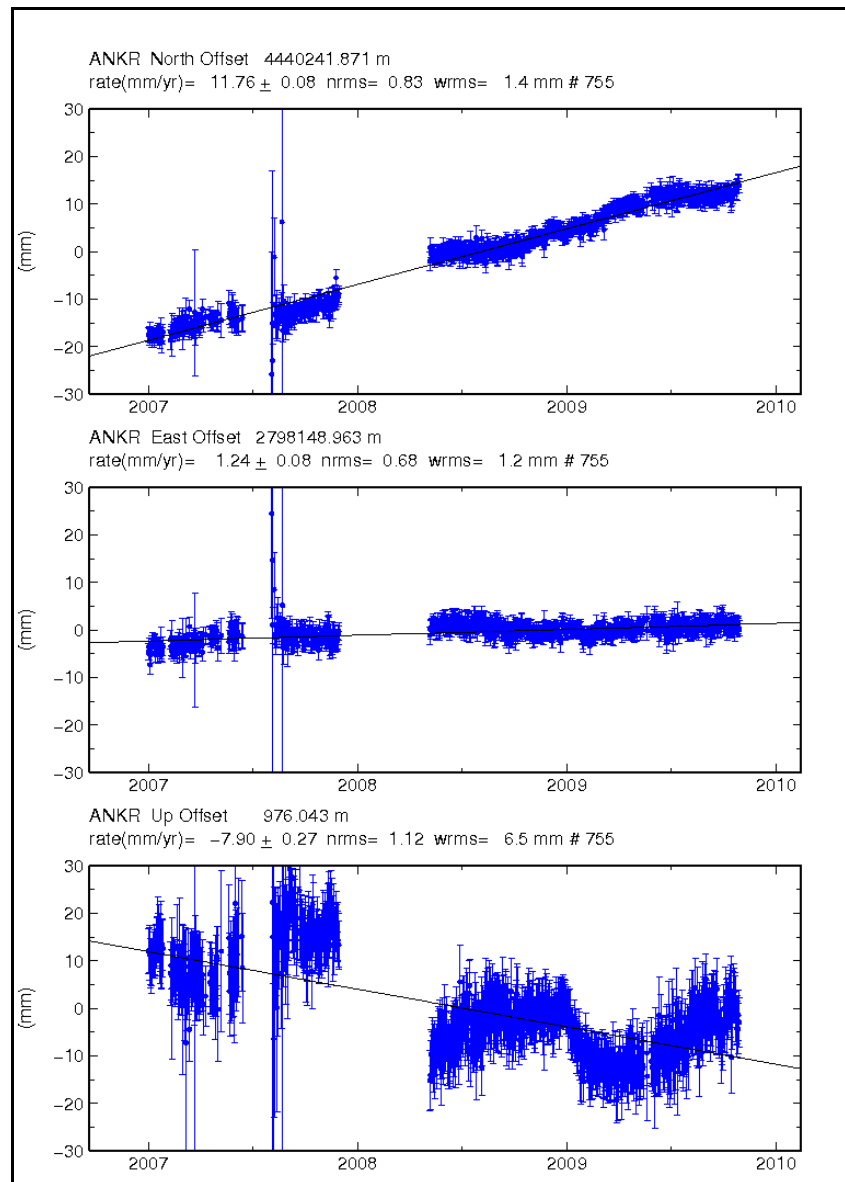
Σε όλη την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, ο σταθμός ANKR απορρίπτονταν πάντα από τον αλγόριθμο υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς (μετασχηματισμός). Παρόλα αυτά, θεωρήθηκε ότι 18 σταθμοί IGS ήταν υπεραρκετοί για την υλοποίηση του πλαισίου, γι' αυτό και δεν αντιμετωπίστηκε ως πρόβλημα η απόρριψη των σταθμών ANKR και TUBI από τον μετασχηματισμό. Ακόμη, το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (POST RMS) του μετασχηματισμού συντεταγμένων κυμάνθηκε στα 3.9 mm, ενώ των ταχυτήτων περίπου στο 1 mm/yr (αρκετά αισιόδοξα).

Έχοντας καλές *a priori* συντεταγμένες και ταχύτητες για τους τοπικούς σταθμούς του δικτύου μελέτης από τα αποτελέσματα του *globk*, επιχειρήθηκε να επαναληφθεί η μεθοδολογία της παραπάνω επεξεργασίας σε όλο το διάστημα των δεδομένων (1032 ημέρες). Αρχικά, συμπληρώθηκε ο *a priori* πίνακας συντεταγμένων και ταχυτήτων *itrf05.apr*, με τις εκτιμώμενες συντεταγμένες και ταχύτητες των τοπικών σταθμών. Εν συνεχεία, εκτελέστηκε το *gamit* για όλα τα δεδομένα της εφαρμογής, δίχως να παρουσιαστούν ιδιαίτερα προβλήματα. Επιλύθηκαν όλες οι ημέρες με επιτυχία. Τα *nrms* όλων των επιλύσεων κυμάνθηκαν γύρω στο 0.17, ενώ τα ποσοστά επίλυσης των ασαφειών φάσεων βραχείας ζώνης (*narrow lane*) σε ακέραιους κύκλους κυμάνθηκαν κατά μέσο όρο γύρω στο 93 %. Παρατηρείται ότι τα ποσοστά επίλυσης ακέραιων ασαφειών με το *gamit* είναι πολύ υψηλά, εάν έχουμε καλές *a priori* συντεταγμένες και ένα καλοσχηματισμένο πλήρες δίκτυο σταθμών αναφοράς.

Ακολούθως, έχοντας αποκτήσει αξιόπιστες επιλύσεις με το *gamit*, διεξήχθησαν διάφορα πειράματα τόσο στο επίπεδο επεξεργασίας του *glred* όσο και του *globk*. Τα πειράματα αυτά αναλύονται διεξοδικά στην επόμενη παράγραφο. Εν κατακλείδι, πραγματοποιήθηκε η τελική επεξεργασία με το *glred* και το *globk* απορρίπτοντας το προβληματικό τμήμα του σταθμού LEMN. Με αυτόν τρόπο, προσδιορίστηκαν τα τελικά αποτελέσματα χρονοσειρών, συντεταγμένων

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

και ταχυτήτων στο πλαίσιο αναφοράς ITRF 2005, ολοκληρώνοντας έτσι την εφαρμογή αυτή. Η ακρίβεια των μετασχηματισμών υλοποίησης των ημερήσιων πλαισίων αναφοράς των συντεταγμένων (*glred*) κυμάνθηκε κατά μέσο όρο περίπου στα 3 mm. Αντίστοιχα, η ακρίβεια του ενιαίου μετασχηματισμού των συντεταγμένων κυμάνθηκε στα 3.4 mm, ενώ των ταχυτήτων στα 0.8 mm/yr (*globk*). Οι σταθμοί αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση των ενιαίων πλαισίων αναφοράς των συντεταγμένων και των ταχυτήτων ήταν σε πλήθος 18 (εκτός ANKR και TUBI).



*Εικόνα 3.5: Χρονοσειρά του σταθμού ANKR*

*Image 3.5: Final time series of ANKR site*

Επιπροσθέτως, στην *Εικόνα 3.5*, παρατίθεται η εκτιμώμενη χρονοσειρά του σταθμού ANKR από την επεξεργασία που υλοποιήθηκε με το *glred/glogr*. Παρατηρείται ότι εμφανίζεται αρκετός



θόρυβος στη χρονοσειρά το έτος 2007, ιδιαίτερα κατά την διεύθυνση Ur. Αυτός μπορεί να είναι ένας από τους λόγους απόρριψης του σταθμού αυτού από τον αλγόριθμο υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς.

#### **3.4. Διεξαγωγή πειραμάτων με το glred και το globk**

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστούν τα πειράματα που διεξήχθησαν στο επίπεδο επεξεργασίας του *glred* και *globk*. Το αντικείμενο των πειραμάτων αυτών ήταν να εξεταστεί η επίδραση των a priori δεσμεύσεων των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και EOP στοιχείων στα αποτελέσματα. Η διαδικασία αυτή κρίθηκε αναγκαία, διότι δεν ήταν ξεκάθαρο από το εγχειρίδιο χρήσης ποιες τιμές έπρεπε να εισαχθούν σε αυτά τα στοιχεία. Επίσης, εξετάστηκε κατά πόσο επηρεάζει τα αποτελέσματα ο προσδιορισμός κλίμακας (scale) κατά τον μετασχηματισμό υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς (*glorg*). Η ενδεδειγμένη μεθοδολογία από το εγχειρίδιο προτείνει να προσδιορίζονται κατά τον μετασχηματισμό μόνο μετάθεση και στροφή (Globk Reference Manual p. 43, 54). Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι η επίδραση μεταβολής αυτών των παραμέτρων δεν επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα ενός μικρού τοπικού δικτύου (δίκτυο μελέτης του Αστεροσκοπείου), όταν ενισχύεται με ένα καλοσχηματισμένο δίκτυο σταθμών αναφοράς.

Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την επίδραση των παραμέτρων μετασχηματισμού (μετάθεση, στροφή και κλίμακα) στα αποτελέσματα των συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών, των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και των EOP στοιχείων σε ένα παγκόσμιο δίκτυο GPS, ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στη βιβλιογραφία [Ray et al., 2005 / Rülke et al., 2008 / Altamimi et al., 2002–2007].

##### **3.4.1. Περιγραφή πειραμάτων με το glred**

Στα πειράματα με το *glred* χρησιμοποιήθηκε ένα δείγμα των δεδομένων που αντιπροσωπεύει το ¼ αυτών. Αυτά πραγματοποιήθηκαν σε ένα δείγμα των δεδομένων, έτσι ώστε να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος επεξεργασίας. Κατά την διεξαγωγή αυτών, μεταβλήθηκαν οι a priori αβεβαιότητες αναφοράς των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και EOP στοιχείων ( $x_p$ ,  $y_p$ , UT1-UTC) από αυστηρές (tight) σε χαλαρές (loose) χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς. Με το να τίθενται χαλαρές αβεβαιότητες σε αυτά τα στοιχεία επιτρέπεται στο πρόγραμμα να εμπιστευτεί περισσότερο τις εκτιμώμενες τιμές αυτών (επίλυση gamit) και λιγότερο τις a priori αναφοράς (εφημερίδες IGS, πίνακες IERS). Επίσης, πραγματοποιήθηκαν πειράματα προσδιορίζοντας ή όχι την κλίμακα κατά τον μετασχηματισμό υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς (*glorg*). Τα πειράματα που διεξήχθησαν παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Πείραμα 1:** Επίλυση με το *glred* θέτοντας χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Οι μεταβλητές αυτές εισάγονται με τις εντολές *apr\_svs*, *apr\_rad*, *apr\_wob* και *apr\_ut1* στο αρχείο εντολών του *glred* (*glred\_rep.cmd*), οι οποίες περιγράφονται διεξοδικά στο κεφάλαιο 2. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all 100 100 100 10 10 10
apr_rad all 1 1 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
```

Στον μετασχηματισμό συντεταγμένων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού. Οι μεταβλητές αυτές ορίζονται με την βοήθεια της εντολής *pos\_org* στο αρχείο εντολών *glorg\_rep.org* του *glorg*.

- **Πείραμα 2:** Επίλυση με το *glred* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και χαλαρές (loose) στα EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
```

Στον μετασχηματισμό συντεταγμένων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

- **Πείραμα 3:** Επίλυση με το *glred* θέτοντας χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και αυστηρές (tight) στα EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all 100 100 100 10 10 10
apr_rad all 1 1 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02
apr_wob .25 .25 0 0
apr_ut1 .25 0
```

Στον μετασχηματισμό συντεταγμένων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

- **Πείραμα 4:** Επίλυση με το *glred* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
apr_wob .25 .25 0 0
apr_ut1 .25 0
```

Στον μετασχηματισμό συντεταγμένων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

- **Πείραμα 5:** Επίλυση με το *glred* θέτοντας χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all 100 100 100 10 10 10
apr_rad all 1 1 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
```

Στον μετασχηματισμό συντεταγμένων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης, προσανατολισμού και κλίμακας.

- **Πείραμα 6:** Επίλυση με το *glred* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και χαλαρές (loose) στα EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
```

Στον μετασχηματισμό συντεταγμένων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης, προσανατολισμού και κλίμακας.

- **Πείραμα 7:** Επίλυση με το *glred* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
apr_wob .25 .25 0 0
apr_ut1 .25 0
```

Στον μετασχηματισμό συντεταγμένων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης, προσανατολισμού και κλίμακας.

Επισημαίνεται ότι οι τιμές των χαλαρών (loose) και αυστηρών (tight) δεσμεύσεων που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στο εγχειρίδιο χρήσης του Globk. Συνεπώς, δεν επιχειρήθηκε να μελετηθούν οι επιδράσεις μιας προσωπικής επιλογής των τιμών αυτών.

Η μελέτη των διαφορών μεταξύ των πειραμάτων έγινε σε πρώτη φάση παρατηρώντας τα γραφήματα χρονοσειρών. Παρατηρήθηκε ότι σε γενικές γραμμές δεν αλλοιώνεται η μορφή αυτών. Σε δεύτερη φάση επιλέχθηκε μία τυχαία μέρα του έτους 2009 (ημέρα 184) και μελετήθηκαν οι διαφορές στις συντεταγμένες των τοπικών σταθμών μεταξύ των αποτελεσμάτων των πειραμάτων. Ως αναφορά των συγκρίσεων επιλέχθηκαν τα αποτελέσματα του πειράματος 4, διότι το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την έμμεσα ενδεδειγμένη μεθοδολογία του εγχειριδίου. Οι διαφορές που μελετήθηκαν ήταν μεταξύ των πειραμάτων: 4-2, 4-1, 4-3, 5-

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

1, 4-5, 6-2, 4-6 και 4-7. Επιλέχθηκαν αυτές οι διαφορές για δύο λόγους, πρώτον επειδή το πείραμα 4 τέθηκε ως αναφορά και δεύτερον επειδή αυτές επιτρέπουν την εξέταση της επίδρασης μεταβολής μιας από τις παραμέτρους μελέτης. Παρατηρήθηκε ότι οι διαφορές στις συντεταγμένες ήταν στην τάξη του δεκάτου του χιλιοστού. Αυτό δείχνει ξεκάθαρα ότι σε ένα καλοσχηματισμένο δίκτυο οι ημερήσιες επιλύσεις των τοπικών σταθμών δεν διαφέρουν σημαντικά, εάν επιχειρηθεί να μεταβληθούν τα παραπάνω στοιχεία μελέτης.

Επιπλέον, μελετήθηκαν τα στοιχεία του μετασχηματισμού των συντεταγμένων με την βοήθεια του οποίου υλοποιείται το πλαίσιο αναφοράς. Παρατηρήθηκε ότι διαφορά παρουσιαζόταν κυρίως στον αριθμό των επιλεγμένων σταθμών αναφοράς. Οι επιλύσεις που είχαν αυστηρές δεσμεύσεις στα τροχιακά και EOP στοιχεία περιείχαν περισσότερους σταθμούς αναφοράς στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς. Το πλαίσιο αναφοράς της επίλυσης 4 υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας 17 σταθμούς αναφοράς της IGS. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι ο προσδιορισμός κλίμακας κατά τον μετασχηματισμό δεν επηρεάζει τις συντεταγμένες των ημερήσιων επιλύσεων των τοπικών σταθμών. Οι *Tregoning et al.* (2005), εκτιμούν ότι ο προσδιορισμός κλίμακας κατά τον μετασχηματισμό σε τοπικά δίκτυα (regional) υποβαθμίζει την πραγματική ακρίβεια των συντεταγμένων των σταθμών, όταν υπάρχουν μη μοντελοποιημένες ανακατανομές μαζών της ατμόσφαιρας.

#### **3.4.2. Περιγραφή πειραμάτων με το globk**

Τα πειράματα με το *globk* πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας ολόκληρο το χρονικό διάστημα των δεδομένων μελέτης, χωρίς να εξαχθεί από τα δεδομένα το προβληματικό τμήμα του σταθμού LEMN. Κατά την διεξαγωγή αυτών, μεταβλήθηκαν οι a priori αβεβαιότητες αναφοράς των τροχιακών στοιχείων των δορυφόρων και EOP στοιχείων ( $x_p$ ,  $y_p$ , UT1-UTC) από αυστηρές (tight) σε χαλαρές (loose) χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς, όπως και στην προηγούμενη παράγραφο. Ακόμη, πραγματοποιήθηκαν πειράματα εισάγοντας στοχαστικά μεγέθη τύπου random-walk, τα οποία συσχετίζουν τις ημερήσιες επιλύσεις κάνοντας αποδοτικότερη την λειτουργία του φίλτρου Kalman. Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την διαδικασία random-walk (random-walk process) ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία [*Herring et al.*, 1990 / *Gelb A.*, 1979]. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν πειράματα προσδιορίζοντας ή όχι την κλίμακα κατά τον μετασχηματισμό υλοποίησης των πλαισίων αναφοράς των συντεταγμένων και των ταχυτήτων (*glorg*). Τα πειράματα που διεξήχθησαν παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Πείραμα 1:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Οι μεταβλητές αυτές εισάγονται με τις εντολές *apr\_svs*, *apr\_rad*, *apr\_wob* και *apr\_ut1* στο αρχείο εντολών του *globk* (*globk\_vel.cmd*), οι οποίες περιγράφονται διεξοδικά στο κεφάλαιο 2. Οι τιμές που

εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all 100 100 100 10 10 10
apr_rad all 1 1 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού. Οι μεταβλητές αυτές ορίζονται με την βοήθεια των εντολών *pos\_org* και *rate\_org* στο αρχείο εντολών *glorg\_vel.org* του *glorg*.

- **Πείραμα 2:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και χαλαρές (loose) στα EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

- **Πείραμα 3:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας χαλαρές (loose) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Επιπλέον, εισήχθησαν στην ανάλυση στοχαστικά μεγέθη τύπου random-walk, τα οποία προστίθενται με τις εντολές *mar\_svs*, *mar\_rad*, *mar\_wob* και *mar\_ut1* στο αρχείο εντολών του *globk* (*globk\_vel.cmd*). Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all 100 100 100 10 10 10
apr_rad all 1 1 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02
mar_svs all 36500 36500 36500 365 365 365
mar_rad all 365 365 .15 .15 .15 .15 .15 .15 .15
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
mar_wob 36500 36500 365 365
mar_ut1 36500 365
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

- **Πείραμα 4:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Επιπλέον, εισήχθησαν στην ανάλυση στοχαστικά μεγέθη τύπου random-walk. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
mar_svs all 3.65 3.65 3.65 .0365 .0365 .0365
apr_wob .25 .25 .1 .1
apr_ut1 .25 .1
mar_wob 22.8 22.8 3.65 3.65
```

```
mar_ut1 22.8 3.65
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

- **Πείραμα 5:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και χαλαρές (loose) στα EOP στοιχεία. Επιπλέον, εισήχθησαν στην ανάλυση στοχαστικά μεγέθη τύπου random-walk. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
mar_svs all 3.65 3.65 3.65 .0365 .0365 .0365
apr_wob 100. 100. 10. 10.
apr_ut1 100. 10.
mar_wob 36500 36500 365 365
mar_ut1 36500 365
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

- **Πείραμα 6:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
apr_wob .25 .25 .1 .1
apr_ut1 .25 .1
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης, προσανατολισμού και κλίμακας.

- **Πείραμα 7:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία. Επιπλέον, εισήχθησαν στην ανάλυση στοχαστικά μεγέθη τύπου random-walk. Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
mar_svs all 3.65 3.65 3.65 .0365 .0365 .0365
apr_wob .25 .25 .1 .1
apr_ut1 .25 .1
mar_wob 22.8 22.8 3.65 3.65
mar_ut1 22.8 3.65
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης, προσανατολισμού και κλίμακας.

- **Πείραμα 8:** Επίλυση με το *globk* θέτοντας αυστηρές (tight) a priori αβεβαιότητες αναφοράς στα τροχιακά στοιχεία και EOP στοιχεία εξαγοντας από την επίλυση το

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

προβληματικό τμήμα του σταθμού LEMN. Επιπλέον, εισήχθησαν στην ανάλυση στοχαστικά μεγέθη τύπου random-walk. Υπενθυμίζεται ότι, η εξαγωγή ενός σταθμού από την επεξεργασία για ένα χρονικό διάστημα επιτυγχάνεται με την βοήθεια της εντολής *rename* στο αρχείο *eq\_rename* (βλ. Παράγραφο 2.7). Οι τιμές που εισήχθησαν σε αυτό το πείραμα ήταν:

```
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F
mar_svs all 3.65 3.65 3.65 .0365 .0365 .0365
apr_wob .25 .25 .1 .1
apr_utl .25 .1
mar_wob 22.8 22.8 3.65 3.65
mar_utl 22.8 3.65
```

Στους μετασχηματισμούς συντεταγμένων και ταχυτήτων του *glorg* προσδιορίστηκαν οι παράμετροι μετάθεσης και προσανατολισμού.

Επισημαίνεται ότι οι παραπάνω τιμές των χαλαρών (loose) και αυστηρών (tight) δεσμεύσεων που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στο εγχειρίδιο χρήσης του Globk. Ακόμη, η επίλυση του πειράματος 4 ακολουθεί την έμμεσα προτεινόμενη μεθοδολογία του εγχειριδίου.

Στην συνέχεια μελετήθηκαν οι διαφορές στα αποτελέσματα των συντεταγμένων και ταχυτήτων μεταξύ των πειραμάτων. Οι συντεταγμένες ανάχθηκαν σε μία κοινή εποχή αναφοράς, διότι το *globk* τις προσδιορίζει στο μέσο του χρονικού διαστήματος των δεδομένων κάθε σταθμού. Οι διαφορές που μελετήθηκαν αρχικά ήταν μεταξύ των πειραμάτων: 4-2, 4-1, 4-5, 1-6, 4-6, 7-6 και 4-7. Επιλέχθηκαν αυτές οι διαφορές για δύο λόγους, πρώτον επειδή το πείραμα 4 τέθηκε ως αναφορά, και δεύτερον επειδή αυτές επιτρέπουν την εξέταση της επίδρασης μεταβολής μιας από τις παραμέτρους μελέτης. Παρατηρήθηκε ότι οι διαφορές τόσο στις συντεταγμένες όσο και στις ταχύτητες ήταν στο δέκατο του χιλιοστού, ενώ οι διαφορές στα εκτιμώμενα τυπικά σφάλματα αυτών ήταν ανύπαρκτες. Εν τέλει, προέκυψε ότι οι μεταβολές στις τιμές των παραπάνω στοιχείων μελέτης δεν μεταβάλλουν τις εκτιμήσεις των συντεταγμένων και ταχυτήτων ενός μικρού τοπικού δικτύου, όταν αυτό έχει εμπλουτισθεί με ένα καλοσχηματισμένο δίκτυο σταθμών αναφοράς.

Επιπλέον, μελετήθηκαν τα στατιστικά στοιχεία κάθε μετασχηματισμού. Τα στοιχεία αυτά δεν παρουσίαζαν ουσιαστικές διαφορές. Οι σταθμοί αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν σε όλα τα πειράματα για την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς, τόσο των ταχυτήτων όσο και των συντεταγμένων, ήταν σε πλήθος 18. Εξαιρέθηκαν από την ανάλυση οι σταθμοί ANKR και TUBI για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 3.3.

Τέλος, συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των πειραμάτων 4 και 8. Τα πειράματα αυτά ήταν πανομοιότυπα όσον αφορά την μεθοδολογία επίλυσης, με μόνη διαφορά το γεγονός ότι στο πείραμα 8 είχε αποσπαστεί από την επεξεργασία το προβληματικό τμήμα του σταθμού LEMN στη Λήμνο. Υπενθυμίζεται ότι ο σταθμός LEMN περιέχει ένα τμήμα στα δεδομένα του με αμφιβόλου

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

τύπου κεραία, γεγονός που προκαλεί μία απότομη αλλαγή στην χρονοσειρά του (Εικόνα 3.3). Παρακάτω, παρατίθεται ο πίνακας με τις διαφορές στις συντεταγμένες και ταχύτητες των σταθμών μεταξύ των πειραμάτων 4 και 8.

Διαφορές συντεταγμένων (m) και ταχυτήτων (m/yr) μεταξύ πειραμάτων 4 – 8 στο ITRF 2005							
Site	de	dn	du	Εποχή	dVe	dVn	dVu
LEMN	-0,001	0,001	0,019	2010,00	-0,0004	0,0005	0,0097
ATAL	0,000	0,000	0,005	2010,00	-0,0003	0,0007	0,0101
NEAP	0,000	0,000	0,000	2010,00	-0,0001	0,0000	0,0006

*Πίνακας 3.2: Διαφορές πειραμάτων 4 και 8 σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.*

*Table 3.2: Coordinate differences between experiments 4 and 8 in local representation*

Παρατηρούνται διαφορές κυρίως κατά την διεύθυνση του υψομέτρου, οι οποίες αγγίζουν τα 2 cm στις συντεταγμένες και το 1 cm/yr στις ταχύτητες. Ακόμη, είναι εμφανές ότι επηρεάζονται και οι εκτιμήσεις των ταχυτήτων των σταθμών ATAL και NEAP των οποίων χρονικό διάστημα δεδομένων είναι πολύ μικρό. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ότι δεν παρατηρούνται διαφορές στις συντεταγμένες και ταχύτητες των υπόλοιπων σταθμών του δικτύου μελέτης. Είναι προφανές ότι η τάξη μεγέθους των διαφορών αυτών δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, γεγονός που υποδηλώνει την καλή αποδοτικότητα και αξιοπιστία του φίλτρου Kalman.

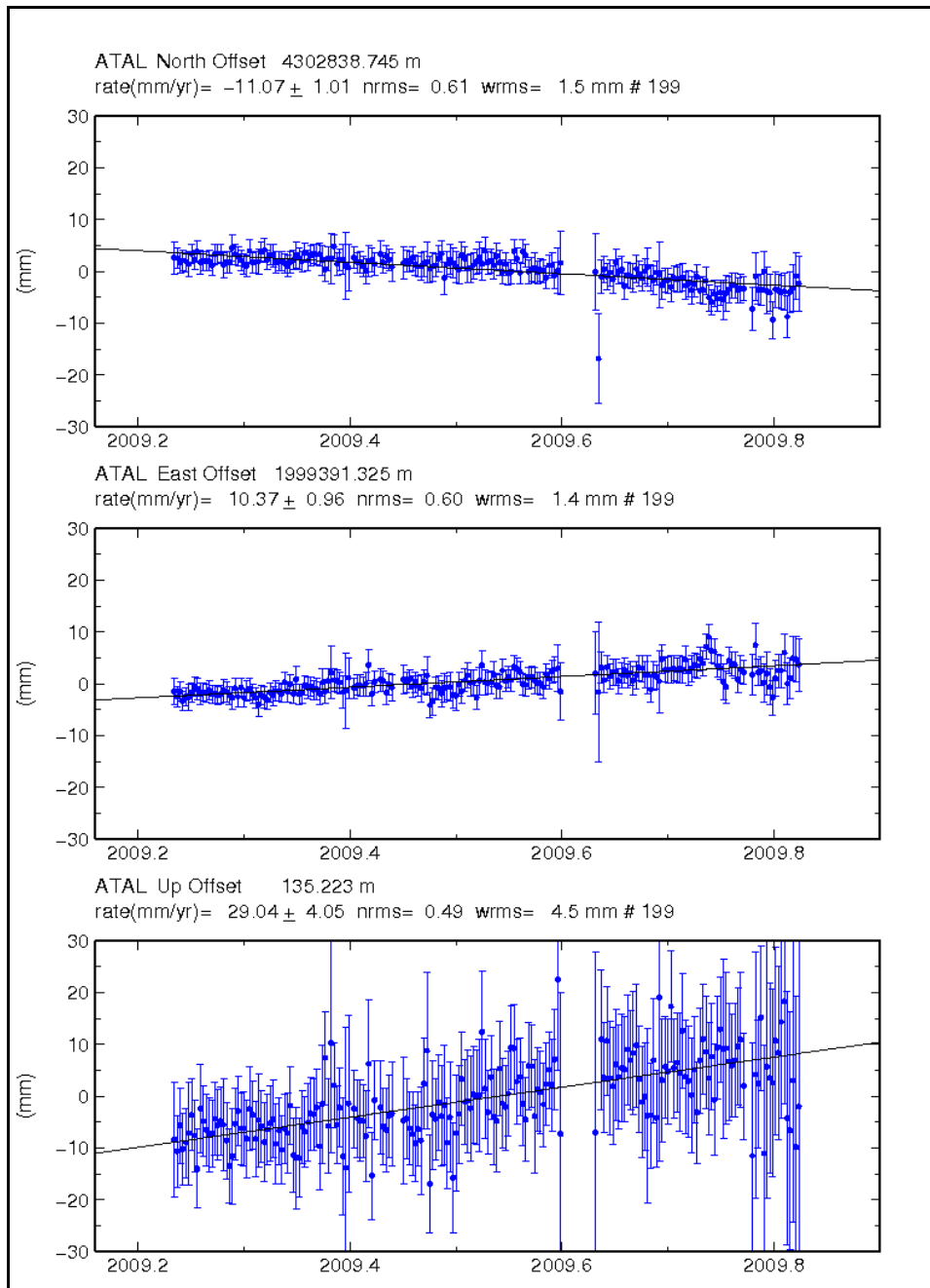
## **3.5. Παρουσίαση τελικών αποτελεσμάτων**

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστούν τα τελικά αποτελέσματα της επεξεργασίας του δικτύου μελέτης της εφαρμογής. Αυτά περιλαμβάνουν γραφήματα χρονοσειρών, συντεταγμένες, ταχύτητες και χάρτες διανυσμάτων των ταχυτήτων. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας καθημερινά δεδομένα τριών σχεδόν χρόνων από την 01/01/2007 έως τις 28/10/2009, δηλαδή δεδομένα 1032 ημερών. Στο επίπεδο επεξεργασίας του Gamit επιλύθηκαν όλες οι ημέρες με επιτυχία παράγοντας ημερήσιες *loose* επιλύσεις, ενώ στο επίπεδο επεξεργασίας του Globk συνδυάστηκαν όλες οι ημερήσιες επιλύσεις του Gamit παράγοντας τα τελικά αποτελέσματα. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκαν 18 σταθμοί αναφοράς για την υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς στο *globk/glogr* και κατά μέσο όρο 16 σταθμοί αναφοράς για την υλοποίηση των ημερήσιων πλαισίων αναφοράς στο *glred/glogr*.

### **3.5.1. Γραφήματα χρονοσειρών**

Τα τελικά γραφήματα χρονοσειρών των σταθμών του δικτύου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών παρατίθενται παρακάτω και αναφέρονται στο πλαίσιο αναφοράς ITRF 2005.

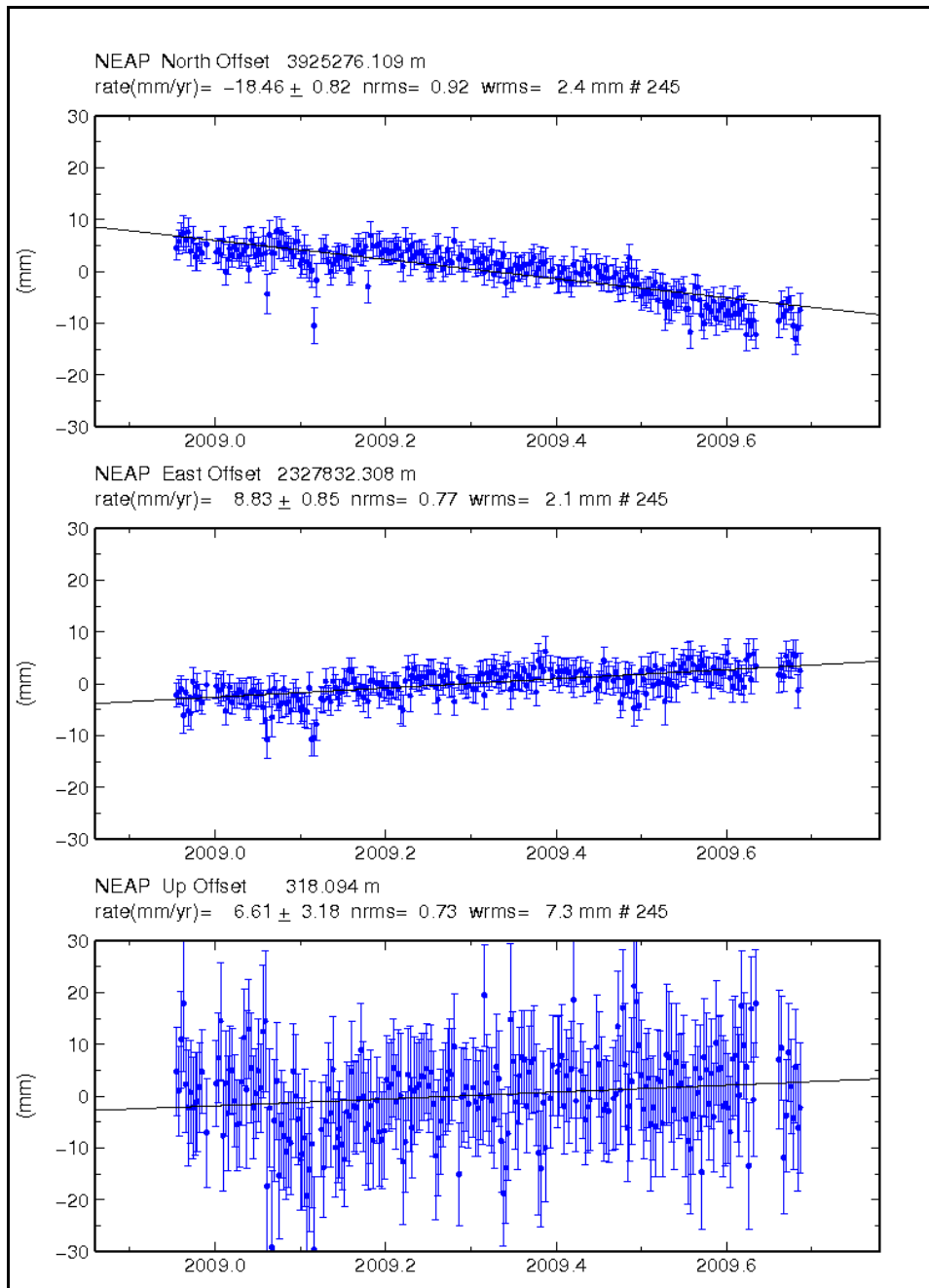




*Εικόνα 3.6: Χρονοσειρά του σταθμού ATAL*

*Image 3.6: Final time series of ATAL station*

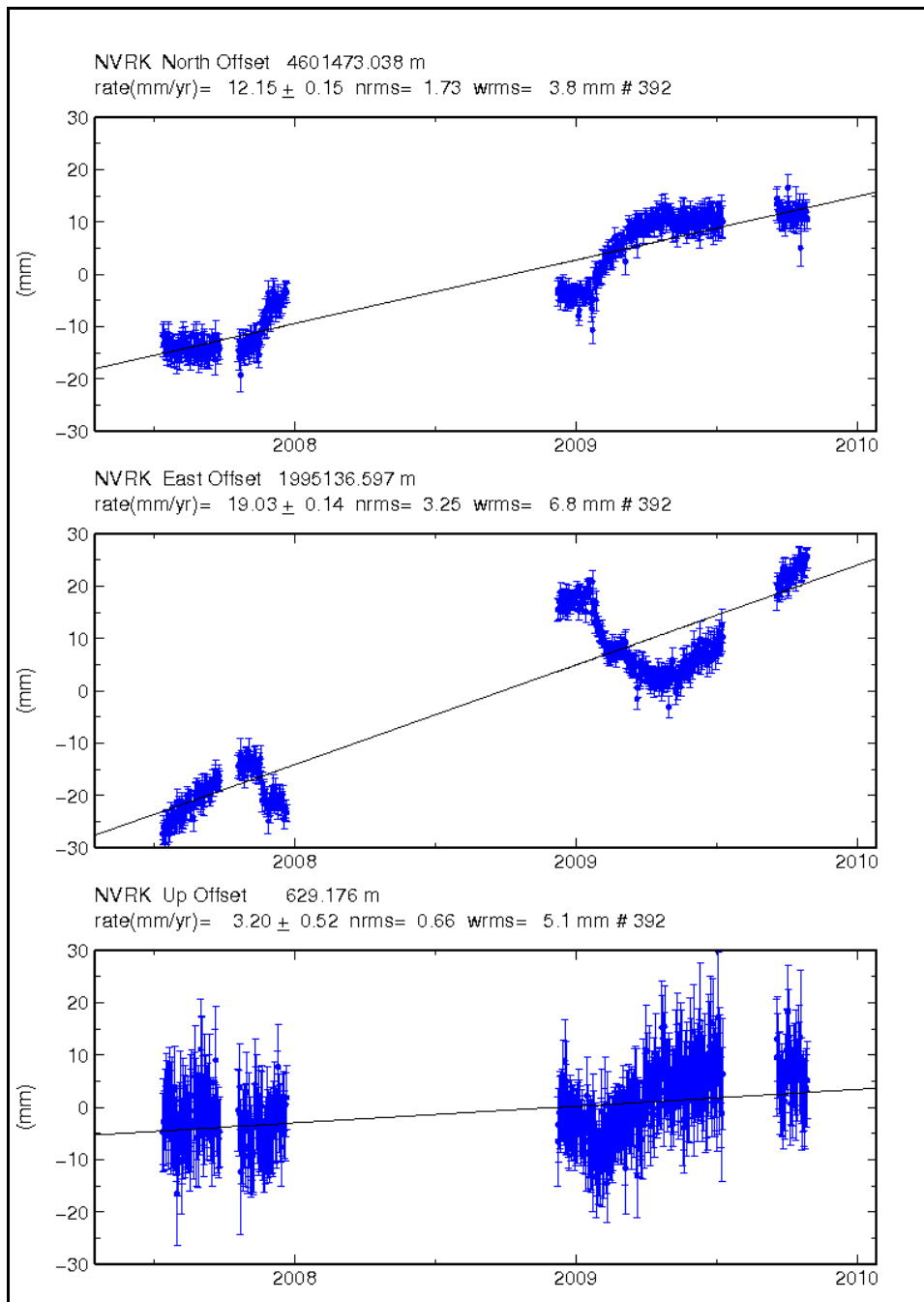
Στην *Εικόνα 3.6*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού ATAL στην Αταλάντη της Φθιώτιδας. Παρατηρείται ότι η μορφή της χρονοσειράς είναι σχετικά ομαλή και συνεχής, χωρίς ιδιαίτερα κενά δεδομένων σε αυτή. Το διάστημα των δεδομένων είναι πολύ μικρό και δεν ξεπερνά το χρόνο. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι  $-11.1$ ,  $10.4$  και  $29$  mm/yr για το σταθμό ATAL.



*Εικόνα 3.7: Χρονοσειρά του σταθμού NEAP*

*Image 3.7: Final time series of NEAP station*

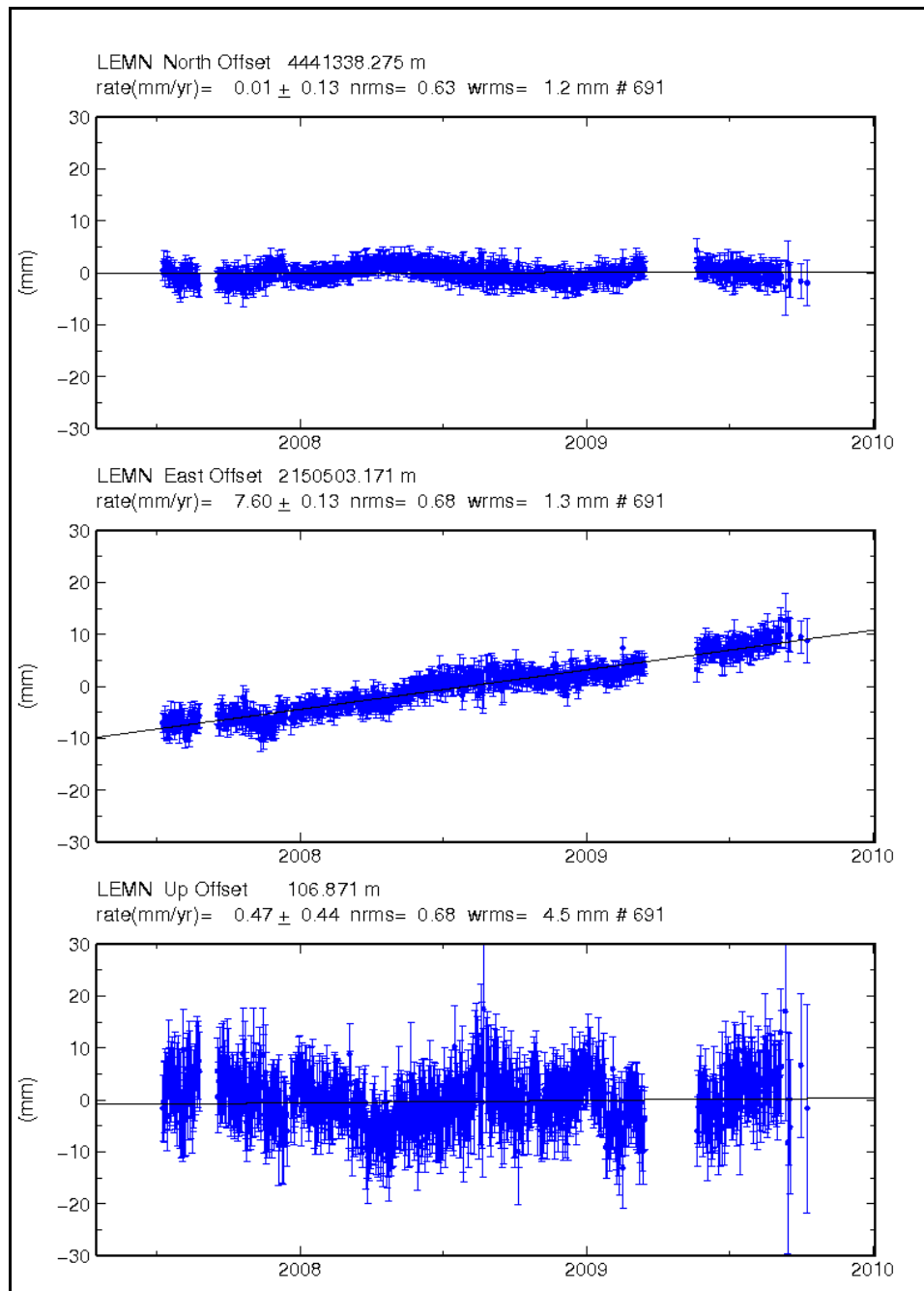
Στην *Εικόνα 3.7*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού NEAP στην Νεάπολη του Λασιθίου. Παρατηρείται ότι η μορφή της χρονοσειράς είναι σχετικά ομαλή και συνεχής, χωρίς ιδιαίτερα κενά δεδομένων σε αυτή. Το διάστημα των δεδομένων είναι πολύ μικρό και δεν ξεπερνά το χρόνο. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι  $-18.5$ ,  $8.8$  και  $6.6$  mm/yr για τον σταθμό NEAP.



*Εικόνα 3.8: Χρονοσειρά του σταθμού NVRK*

*Image 3.8: Final time series of NVRK station*

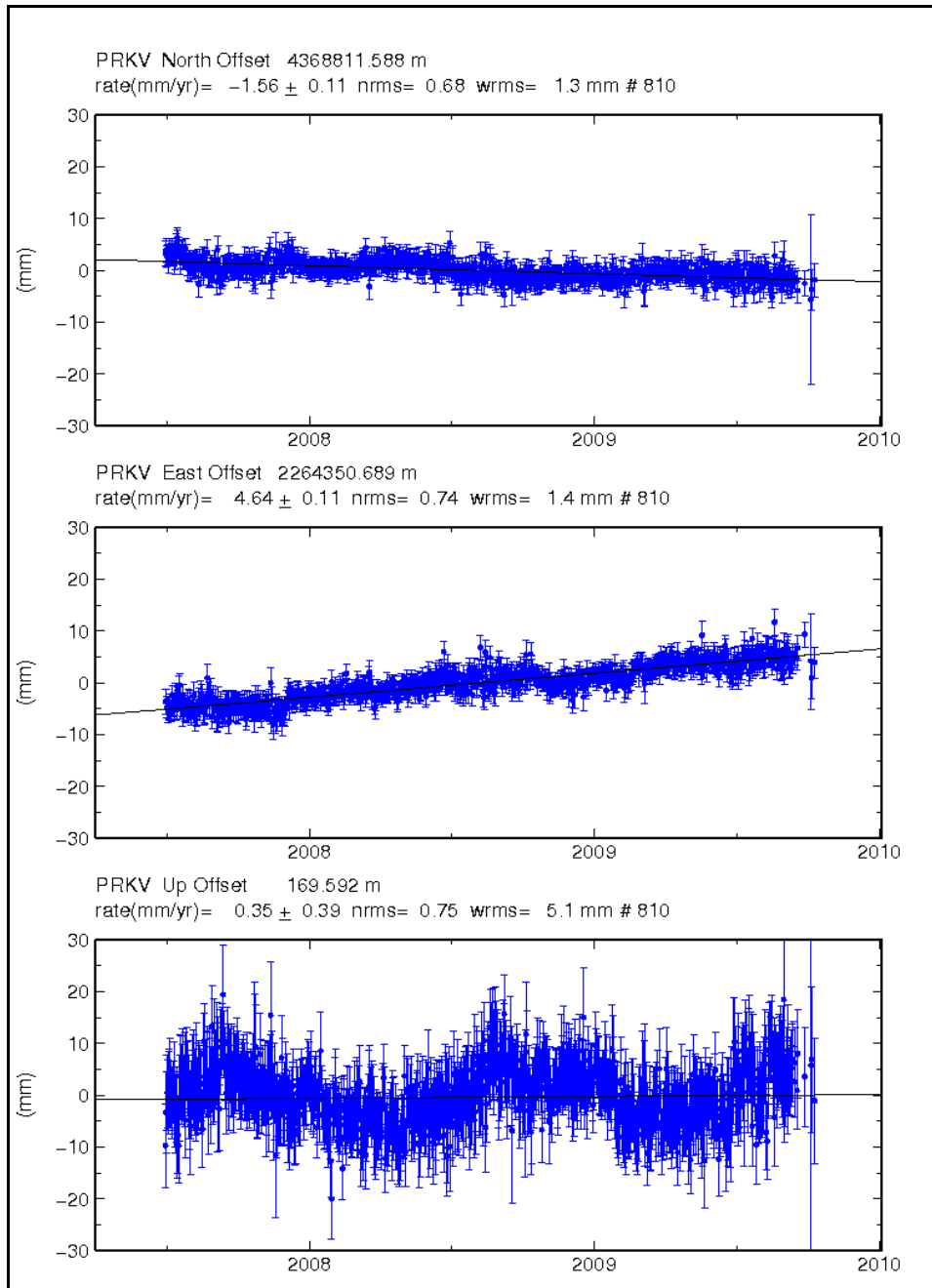
Στην *Εικόνα 3.8*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού NVRK στο Κάτω Νευροκόπι της Δράμας. Παρατηρείται ότι ο σταθμός NVRK παρουσιάζει ιδιόμορφη χρονοσειρά με μεγάλες μεταβολές στην θέση, ιδιαίτερα κατά τις διευθύνσεις North και East. Επιπλέον, εμφανίζονται μεγάλες ασυνέχειες στην χρονοσειρά λόγω έλλειψης δεδομένων το έτος 2008. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι 12.2, 19 και 3.2 mm/yr για το σταθμό NVRK.



*Εικόνα 3.9: Χρονοσειρά του σταθμού LEMN*

*Image 3.9: Final time series of LEMN station*

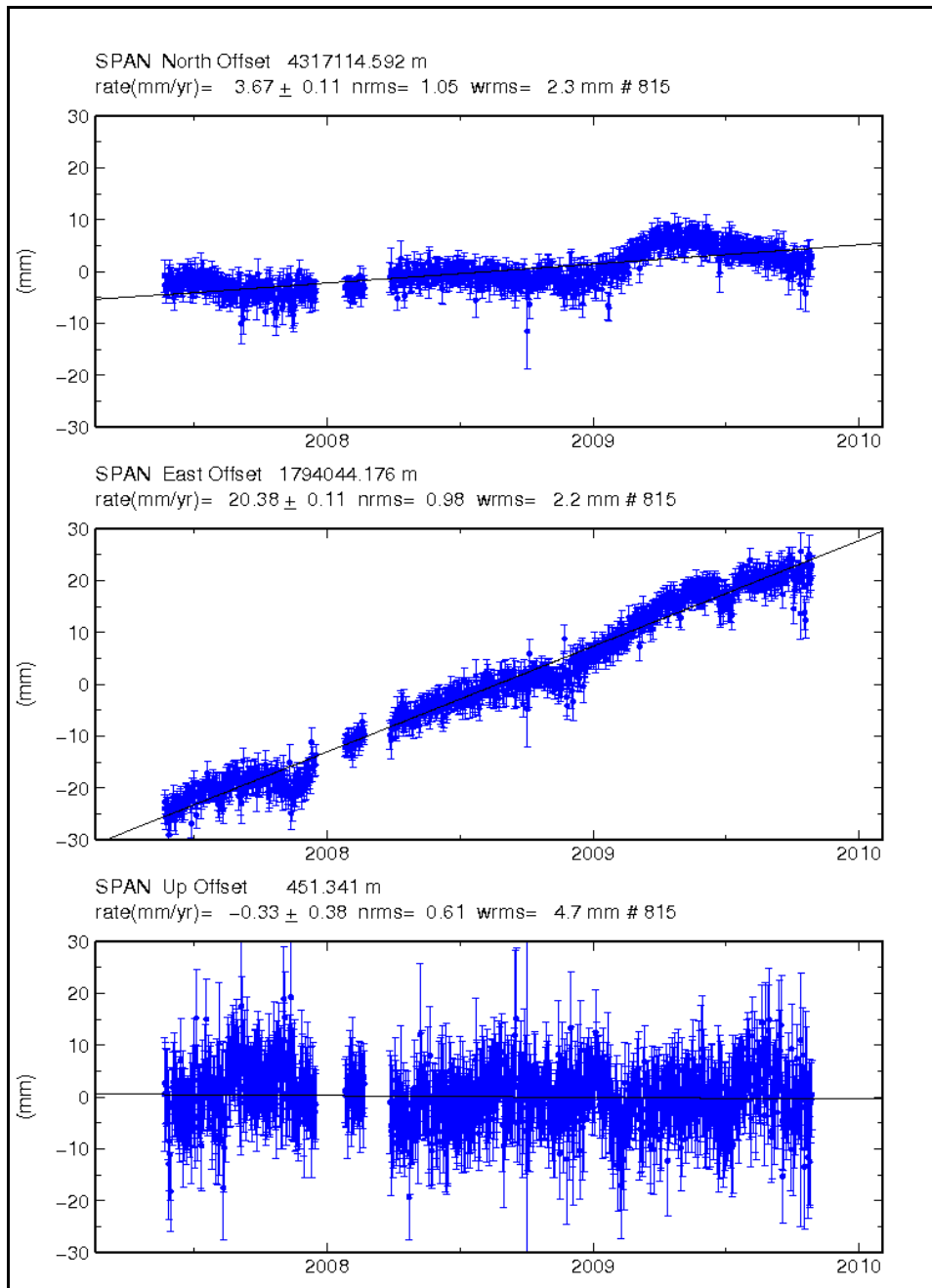
Στην *Εικόνα 3.9*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού LEMN στους Αγκαρυώνες της Λήμνου. Παρατηρείται ότι ο σταθμός LEMN παρουσιάζει μια ομαλή χρονοσειρά με μερικά κενά στα δεδομένα. Το δεύτερο μεγάλο κενό στην χρονοσειρά του οφείλεται στην αποκοπή αυτού του τμήματος των δεδομένων για λόγους που εξηγήσαμε στην παράγραφο 3.3. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι 0, 7.6 και 0.5 mm/yr για τον σταθμό LEMN.



*Εικόνα 3.10: Χρονοσειρά του σταθμού PRKV*

*Image 3.10: Final time series of PRKV station*

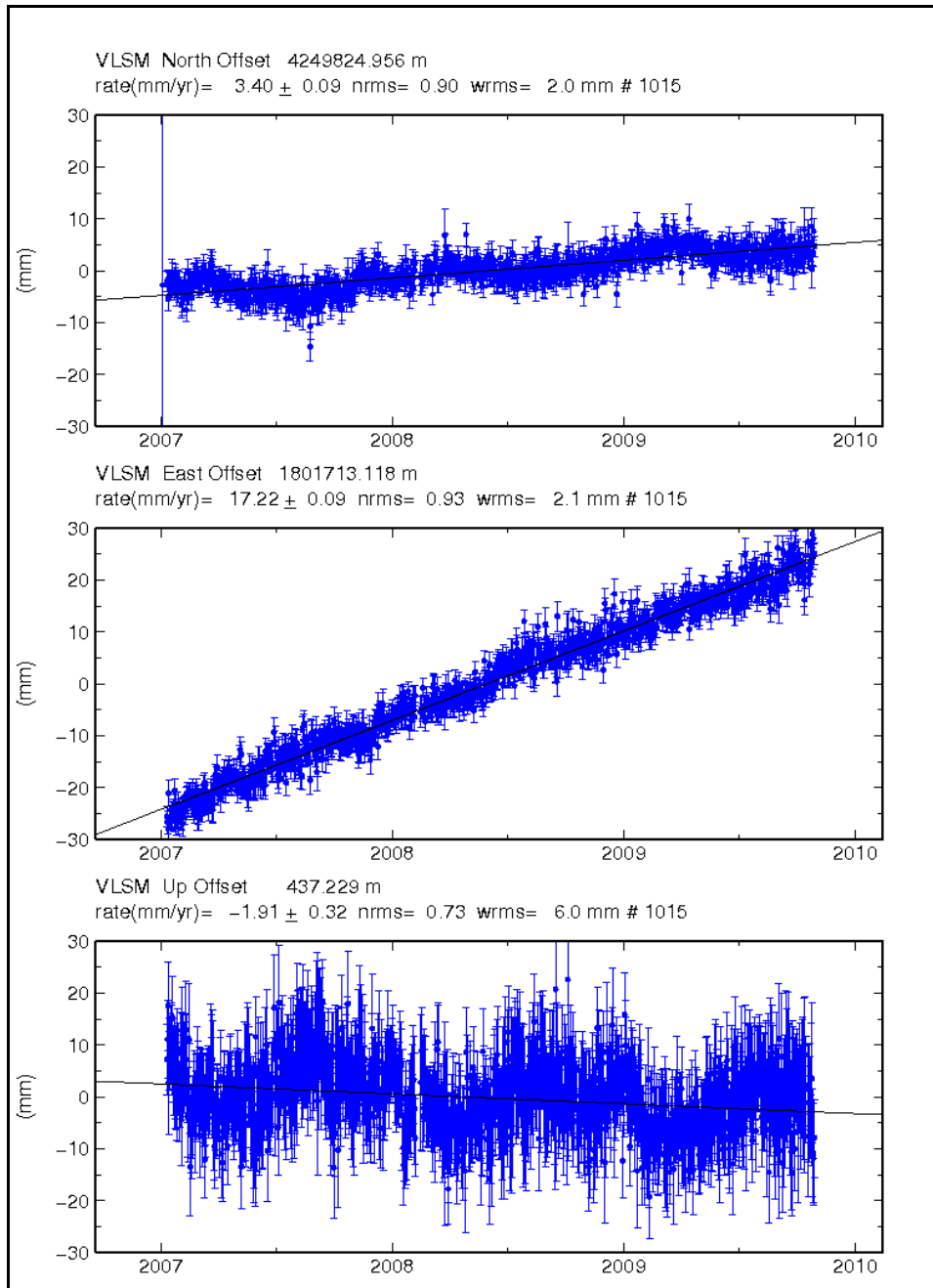
Στην Εικόνα 3.10, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού PRKV στην Αγία Παρασκευή της Λέσβου. Παρατηρείται ότι η μορφή της χρονοσειράς είναι σχετικά ομαλή χωρίς ιδιαίτερα κενά δεδομένων σε αυτή. Επιπλέον, εμφανίζονται ξεκάθαρα ετήσιες περιοδικές μεταβολές κατά την διεύθυνση του υψομέτρου (Up). Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι  $-1.6$ ,  $4.6$  και  $0.4$  mm/yr για το σταθμό PRKV.



*Εικόνα 3.11: Χρονοσειρά του σταθμού SPAN*

*Image 3.11: Final time series of SPAN station*

Στην Εικόνα 3.11, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού SPAN στο Σπανοχώρι της Λευκάδας. Παρατηρείται ότι η μορφή της χρονοσειράς είναι σχετικά ομαλή χωρίς ιδιαίτερα κενά δεδομένων σε αυτή. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι 3.7, 20.4 και -0.3 mm/yr για τον σταθμό SPAN. Ο σταθμός παρουσιάζει έντονη κινητικότητα που φτάνει τα 2 cm το χρόνο κατά την διεύθυνση East.



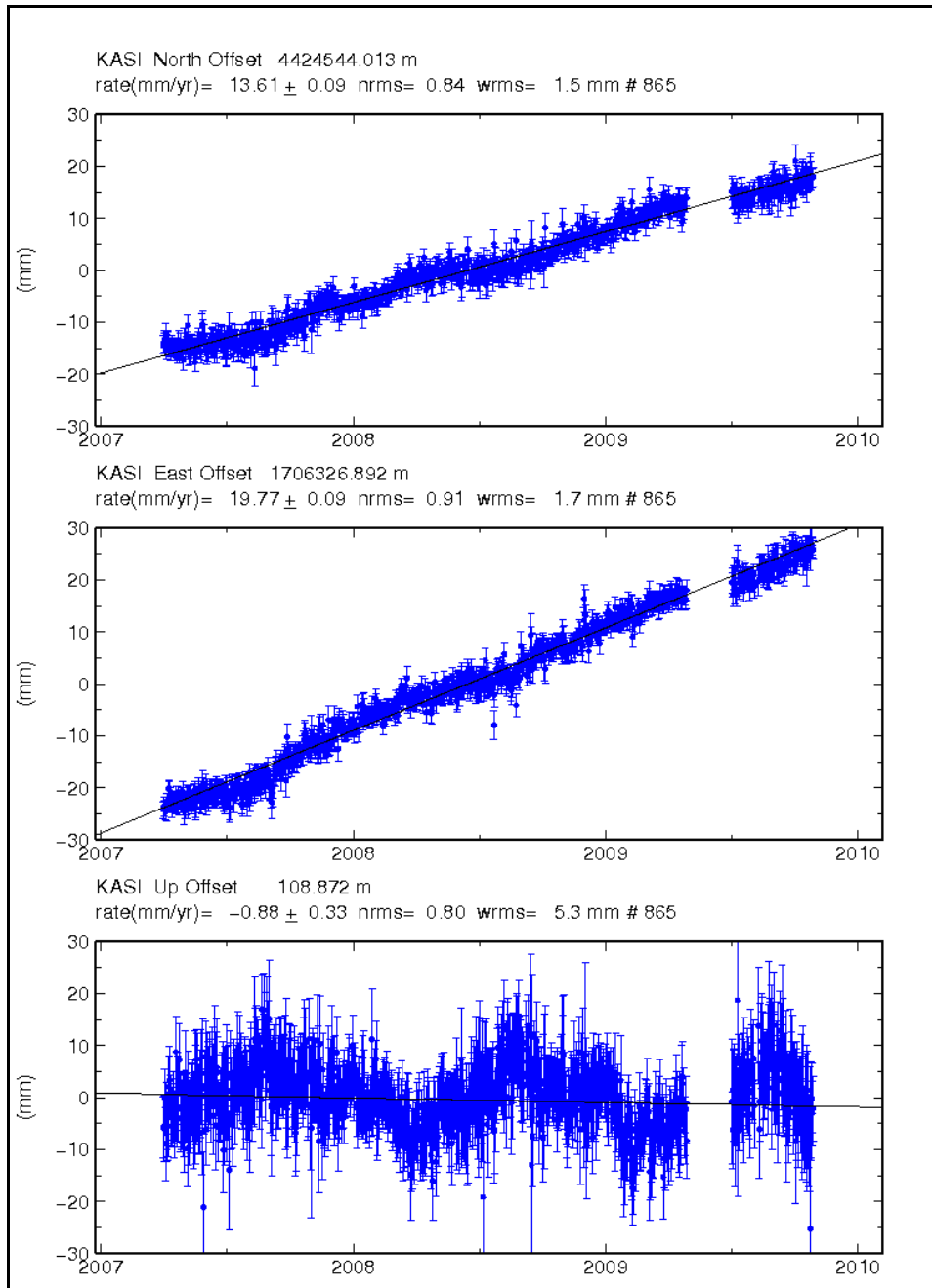
*Εικόνα 3.12: Χρονοσειρά του σταθμού VLSM*

*Image 3.12: Final time series of VLSM station*

Στην *Εικόνα 3.12*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού VLSM στα Βαλσαμάτα της Κεφαλλονιάς. Παρατηρείται ότι η μορφή της χρονοσειράς είναι σχετικά ομαλή χωρίς ιδιαίτερα κενά δεδομένων σε αυτή. Στην αρχή της χρονοσειράς του σταθμού VLSM εμφανίζεται μία ημέρα με μεγάλο τυπικό σφάλμα κατά την διεύθυνση North. Παρόλα αυτά, δεν θεωρήθηκε αναγκαίο να απορριφθεί αυτή η ημέρα από την επεξεργασία λόγω του μεγάλου πλήθους των δεδομένων. Επιπλέον, εμφανίζονται ξεκάθαρα ετήσια περιοδικά φαινόμενα στην χρονοσειρά του υψομέτρου

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

(Up). Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι 3.4, 17.2 και -1.9 mm/yr για το σταθμό VLSM. Ο σταθμός εμφανίζει έντονη κινητικότητα κατά την διεύθυνση East που αγγίζει τα 2 cm το χρόνο.



*Εικόνα 3.13: Χρονοσειρά του σταθμού KASI*

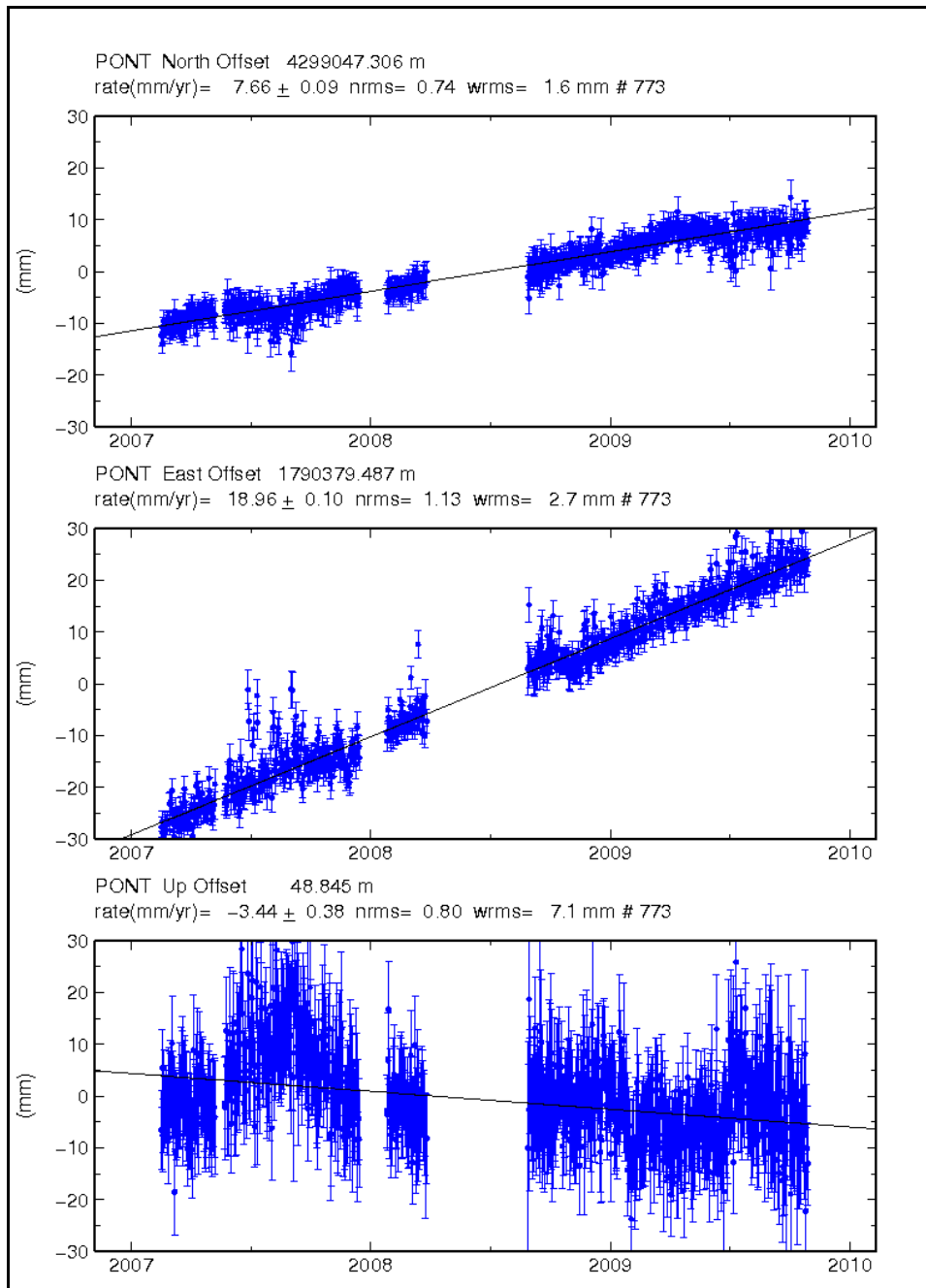
*Image 3.13: Final time series of KASI station*

Στην Εικόνα 3.13, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού KASI στην Κασσιόπη της Κέρκυρας. Παρατηρείται ότι η μορφή της χρονοσειράς είναι σχετικά ομαλή χωρίς ιδιαίτερα κενά δεδομένων σε αυτή. Επιπλέον, εμφανίζονται ξεκάθαρα ετήσια περιοδικά φαινόμενα στην



### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

χρονοσειρά του υψόμετρου (Up). Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι 13.6, 19.8 και -0.9 mm/yr για τον σταθμό KASI. Ο σταθμός εμφανίζει έντονη κινητικότητα κατά την διεύθυνση East που αγγίζει τα 2 cm το χρόνο.



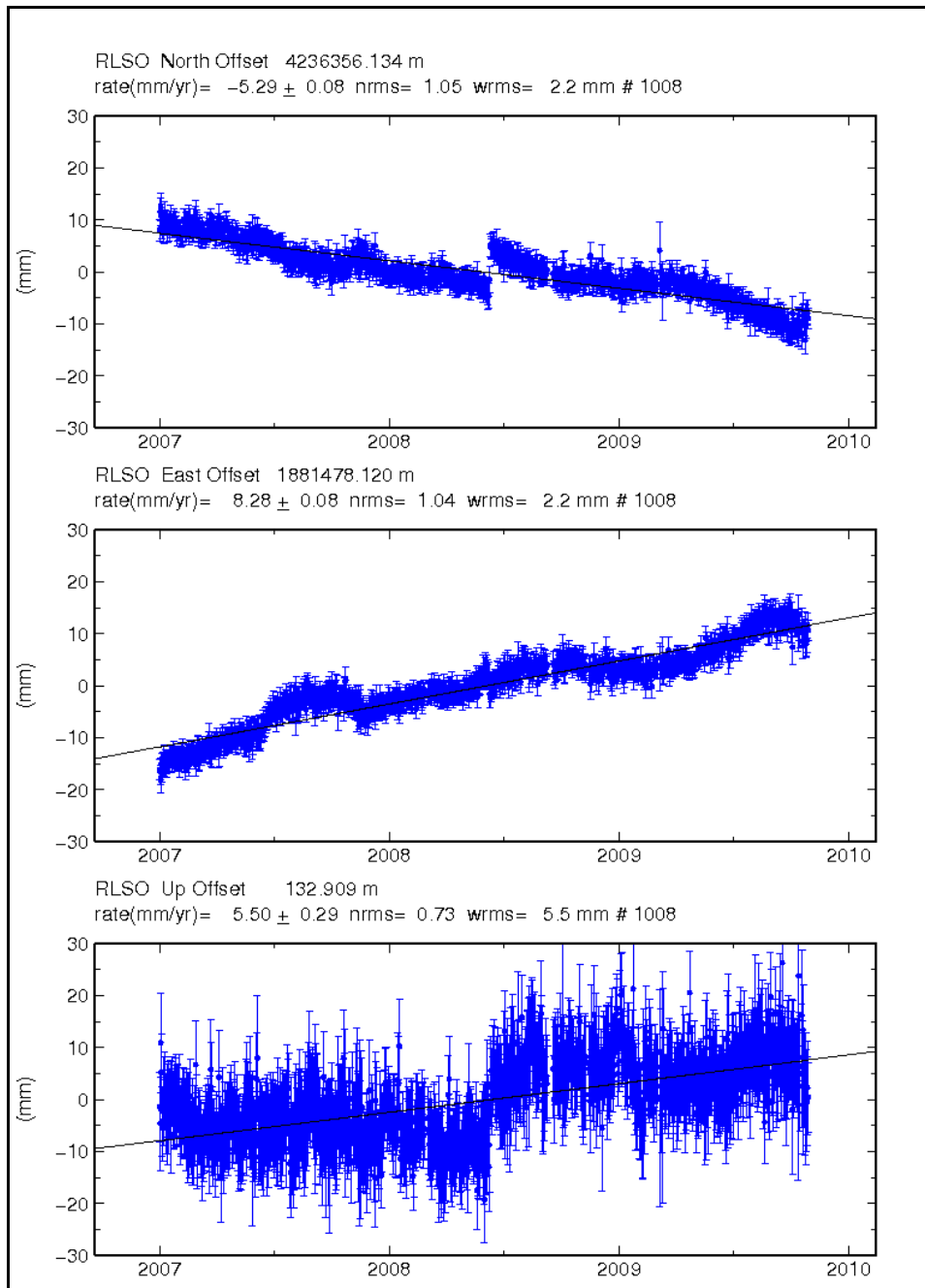
*Εικόνα 3.14: Χρονοσειρά του σταθμού PONT*

*Image 3.14: Final time series of PONT station*

Στην *Εικόνα 3.14*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού PONT στην Πόντη Αγίου Πέτρου στην Λευκάδα. Παρατηρείται ότι παρουσιάζει αρκετά κενά στα δεδομένα, με το μεγαλύτερο να εμφανίζεται στο μέσο του έτους 2008. Παρόλα αυτά η μορφή της είναι σχετικά ομαλή, αν

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

εξαιρέσει κανείς τα μικρά σε μέγεθος ετήσια φαινόμενα μεταβολής της θέσης που εμφανίζονται στις χρονοσειρές του East και του Up. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι 7.7, 19 και -3.4 mm/yr για το σταθμό PONT. Ο σταθμός εμφανίζει έντονη κινητικότητα κατά την διεύθυνση East που αγγίζει τα 1.9 cm το χρόνο.



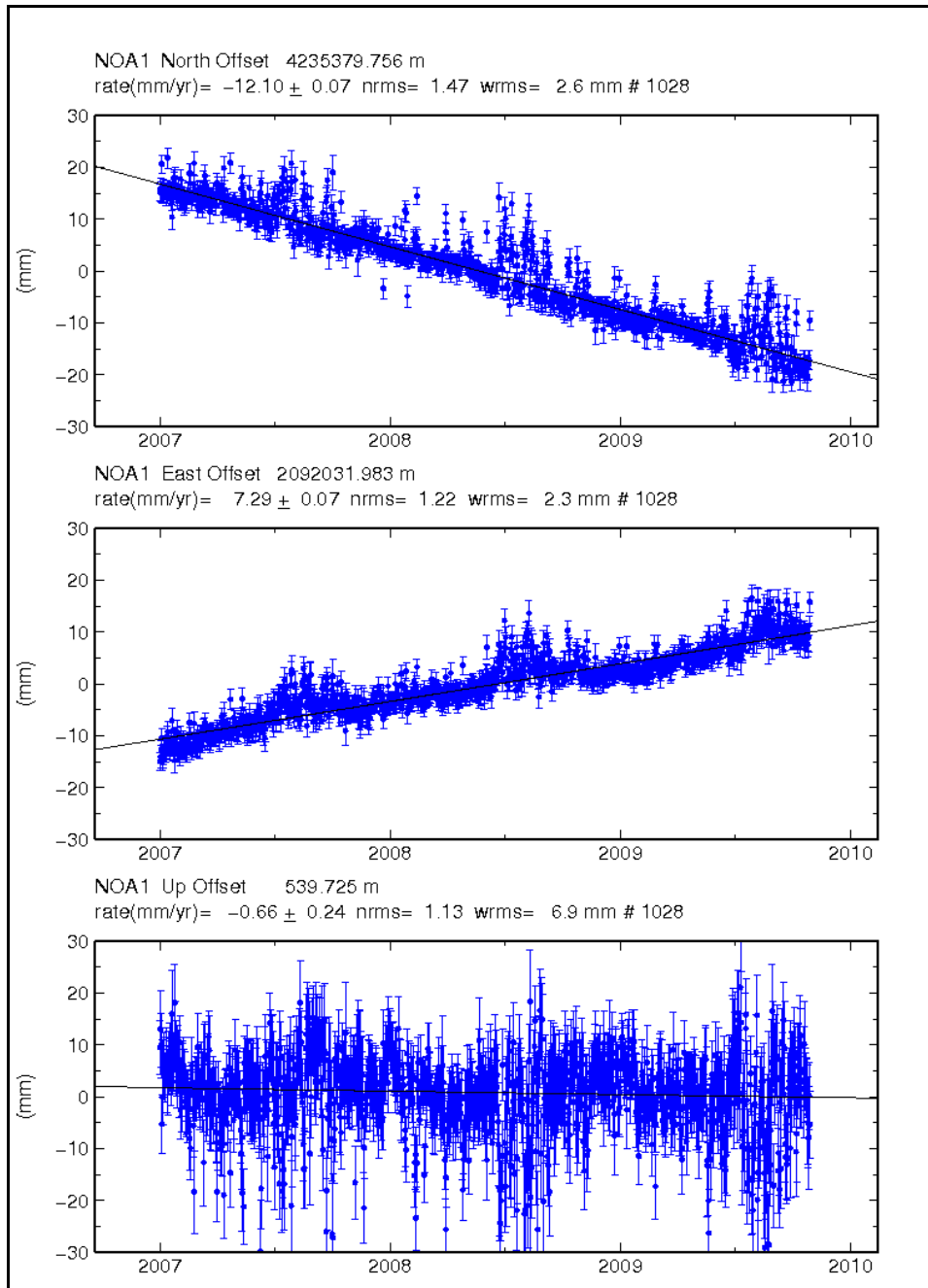
*Εικόνα 3.15: Χρονοσειρά του σταθμού RLSO*

*Image 3.15: Final time series of RLSO station*

Στην *Εικόνα 3.15*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού RLSO στον Ριόλο της Αχαΐας.

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Παρατηρείται ότι η χρονοσειρά του σταθμού RLSO παρουσιάζεται αρκετά ομοιογενής, με εξαίρεση μία απότομη μεταβολή της θέση του σταθμού στο μέσο του έτους 2008. Η μεταβολή αυτή παρατηρείται κυρίως κατά τις διευθύνσεις North και Up και οφείλεται στην επίδραση του σεισμού της Ανδραβίδας (M=6) στο σταθμό, ο οποίος συνέβη στις 08/06/2008. Ο σταθμός RLSO απέχει 12 km περίπου από το επίκεντρο του σεισμού και γι' αυτό επηρεάστηκε η θέση του άμεσα [Αναστασίου Δ., 2009]. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι -5.3, 8.3 και 5.5 mm/yr για τον σταθμό RLSO.



*Εικόνα 3.16: Χρονοσειρά του σταθμού NOA1*

*Image 3.16: Final time series of NOA1 station*

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Στην *Εικόνα 3.16*, παρουσιάζεται η χρονοσειρά του σταθμού NOA1 στην Πεντέλη της Αττικής. Παρατηρείται ότι παρουσιάζει σχετικά ομοιόμορφη χρονοσειρά που όμως εμφανίζει έντονες ετήσιες μεταβολές θέσεων σε όλες τις διευθύνσεις. Ο σταθμός NOA1 είναι μέρος του Ευρωπαϊκού δικτύου του EUREF και ενσωματώθηκε στην ανάλυση για έλεγχο των αποτελεσμάτων. Η αξιοποίηση του σταθμού αναφέρεται σε επόμενη παράγραφο. Οι εκτιμώμενες ταχύτητες του σταθμού με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής κατά North, East και Up είναι -12.1, 7.3 και -0.7 mm/yr.

Τέλος, επισημαίνεται ότι οι ταχύτητες που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν προέλθει από γραμμική παλινδρόμηση στις ημερήσιες επιλύσεις και δεν αποτελούν παράγωγο του προγράμματος *globk*, το οποίο συνδυάζει όλες τις ημερήσιες επιλύσεις με ένα φίλτρο Kalman υλοποιώντας ένα ενιαίο πλαίσιο αναφοράς. Συνεπώς, οι ταχύτητες αυτές απλά δείχνουν την “συμπεριφορά” μετακίνησης των σταθμών GPS. Επιπλέον, δεν κρίθηκε απαραίτητο να παρουσιαστούν οι ημερήσιες συντεταγμένες των σταθμών λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων.

#### **3.5.2. Συντεταγμένες και ταχύτητες**

Οι τελικές συντεταγμένες και ταχύτητες των σταθμών του δικτύου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών παρατίθενται στον *Πίνακα 3.3*. Οι συντεταγμένες και ταχύτητες αναφέρονται στο πλαίσιο αναφοράς ITRF 2005.

<b>Συντεταγμένες και τυπικά σφάλματα των σταθμών στο ITRF 2005 (m)</b>							
<b>Site</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Epoch</b>	<b>sX</b>	<b>sY</b>	<b>sZ</b>
<b>PRKV</b>	4435581,3105	2188830,4844	4013585,9103	2008,57	0,0002	0,0001	0,0001
<b>NEAP</b>	4701748,1266	2253746,7001	3661764,2716	2009,30	0,0005	0,0003	0,0004
<b>LEMN</b>	4434466,0781	2084864,3656	4069305,4644	2008,54	0,0002	0,0001	0,0002
<b>NVRK</b>	4386262,8612	1940952,4911	4190906,9139	2008,75	0,0003	0,0002	0,0003
<b>NOA1</b>	4599643,3062	2034827,9485	3909891,7755	2008,37	0,0001	0,0001	0,0001
<b>ATAL</b>	4591113,8384	1948751,1589	3962396,6843	2009,46	0,0005	0,0003	0,0004
<b>RLSO</b>	4679938,9886	1840151,1367	3910407,7104	2008,37	0,0002	0,0001	0,0001
<b>SPAN</b>	4658312,2470	1757780,6480	3973702,5851	2008,63	0,0002	0,0001	0,0002
<b>VLSM</b>	4699991,6288	1765547,6876	3921162,2101	2008,40	0,0002	0,0001	0,0002
<b>PONT</b>	4671272,6669	1754437,0494	3959389,3931	2008,50	0,0002	0,0001	0,0002
<b>KASI</b>	4616572,6026	1674415,5381	4056441,2819	2008,45	0,0002	0,0001	0,0001

*Πίνακας 3.3: Συντεταγμένες των σταθμών του δικτύου του Αστεροσκοπείου με τα τυπικά τους σφάλματα.*

*Table 3.3: Station coordinates and standard deviations of NOA GPS network in ITRF 2005*

Οι παραπάνω συντεταγμένες είναι αποτέλεσμα της ρουτίνας επεξεργασίας προγραμμάτων *globk/glogr* και αναφέρονται στην μέση εποχή του χρονικού διαστήματος των δεδομένων. Λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων, τα τυπικά σφάλματα αυτών είναι στο δέκατο του χιλιοστού.

Ταχύτητες και τυπικά σφάλματα των σταθμών στο ITRF 2005 (m/yr)							
Site	VX	VY	VZ	Epoch	sVX	sVY	sVZ
PRKV	0,0003	0,0054	-0,0002	2008,57	0,0003	0,0002	0,0002
NEAP	0,0093	0,0129	-0,0137	2009,30	0,0024	0,0013	0,0017
LEMN	-0,0021	0,0074	0,0009	2008,54	0,0003	0,0002	0,0003
NVRK	-0,0110	0,0159	0,0127	2008,75	0,0004	0,0002	0,0003
NOA1	0,0040	0,0094	-0,0093	2008,37	0,0002	0,0001	0,0001
ATAL	0,0107	0,0143	0,0043	2009,46	0,0028	0,0016	0,0025
RLSO	0,0045	0,0104	-0,0002	2008,37	0,0002	0,0001	0,0002
SPAN	-0,0086	0,0186	0,0034	2008,63	0,0003	0,0002	0,0002
VLSM	-0,0089	0,0148	0,0020	2008,40	0,0003	0,0001	0,0002
PONT	-0,0132	0,0151	0,0043	2008,50	0,0003	0,0002	0,0002
KASI	-0,0150	0,0156	0,0105	2008,45	0,0002	0,0001	0,0002

Πίνακας 3.4: Ταχύτητες των σταθμών του δικτύου του Αστεροσκοπείου με τα τυπικά τους σφάλματα.

Table 3.4: Station velocities of NOA GPS network in ITRF 2005

Οι παραπάνω ταχύτητες είναι αποτέλεσμα της ρουτίνας επεξεργασίας προγραμμάτων *globk/glogr* και αναφέρονται στην μέση εποχή του χρονικού διαστήματος των δεδομένων. Παρατηρείται ότι τα τυπικά σφάλματα των ταχυτήτων είναι στο δέκατο του χιλιοστού, με εξαίρεση τους σταθμούς ATAL και NEAP των οποίων τα σφάλματα κυμαίνονται στα μερικά χιλιοστά. Αυτό συμβαίνει επειδή το διάστημα παρατηρήσεων αυτών των σταθμών είναι πολύ μικρό και δεν ξεπερνάει το ένα έτος. Συνεπώς, οι εκτιμήσεις των ταχυτήτων σε αυτούς τους σταθμούς θα πρέπει να ληφθούν με προσοχή.

Ταχύτητες και τυπικά σφάλματα των σταθμών στο ITRF 2005 (m/yr)							
Site	Ve	Vn	Vu	Epoch	sVe	sVn	sVu
PRKV	0,0047	-0,0018	0,0019	2008,57	0,0001	0,0001	0,0004
NEAP	0,0076	-0,0192	0,0036	2009,30	0,0008	0,0008	0,0031
LEMN	0,0076	-0,0001	0,0015	2008,54	0,0001	0,0001	0,0004
NVRK	0,0190	0,0119	0,0057	2008,75	0,0001	0,0001	0,0005
NOA1	0,0070	-0,0119	0,0002	2008,37	0,0001	0,0001	0,0002
ATAL	0,0090	-0,0063	0,0147	2009,46	0,0009	0,0009	0,0039
RLSO	0,0080	-0,0051	0,0062	2008,37	0,0001	0,0001	0,0003
SPAN	0,0204	0,0036	0,0010	2008,63	0,0001	0,0001	0,0004
VLSM	0,0170	0,0035	-0,0012	2008,40	0,0001	0,0001	0,0003
PONT	0,0188	0,0078	-0,0028	2008,50	0,0001	0,0001	0,0004
KASI	0,0198	0,0137	-0,0001	2008,45	0,0001	0,0001	0,0003

Πίνακας 3.5: Ταχύτητες των σταθμών του δικτύου του Αστεροσκοπείου εκφρασμένες σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.

Table 3.5: Station velocities and standard deviations of NOA GPS network in ITRF 2005 (local representation)

Στον Πίνακα 3.5, παρουσιάζονται οι ταχύτητες των σταθμών του δικτύου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων. Παρατηρείται ότι τα τυπικά

### **Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών**

σφάλματα των ταχυτήτων είναι στο δέκατο του χιλιοστού, με εξαίρεση τους σταθμούς NEAP και ATAL όπου τα τυπικά τους σφάλματα κατά την διεύθυνση Up είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών. Αυτό συμβαίνει επειδή το χρονικό διάστημα παρατηρήσεων των σταθμών NEAP και ATAL είναι πολύ μικρό.

Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι η εκτιμώμενη ακρίβεια των ταχυτήτων είναι υπερεκτιμημένη, λόγω των απλών μοντέλων λευκού θορύβου (white noise) που χρησιμοποιήθηκαν κατά συνόρθωση. Οι *Mao et al.* (1999), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ακρίβεια των ταχυτήτων, οι οποίες έχουν προέλθει από δεδομένα τριών χρόνων τουλάχιστον, υπερεκτιμάται από 5 έως 11 φορές περισσότερο. Για περαιτέρω πληροφορίες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην βιβλιογραφία [*Williams S.*, 2002].

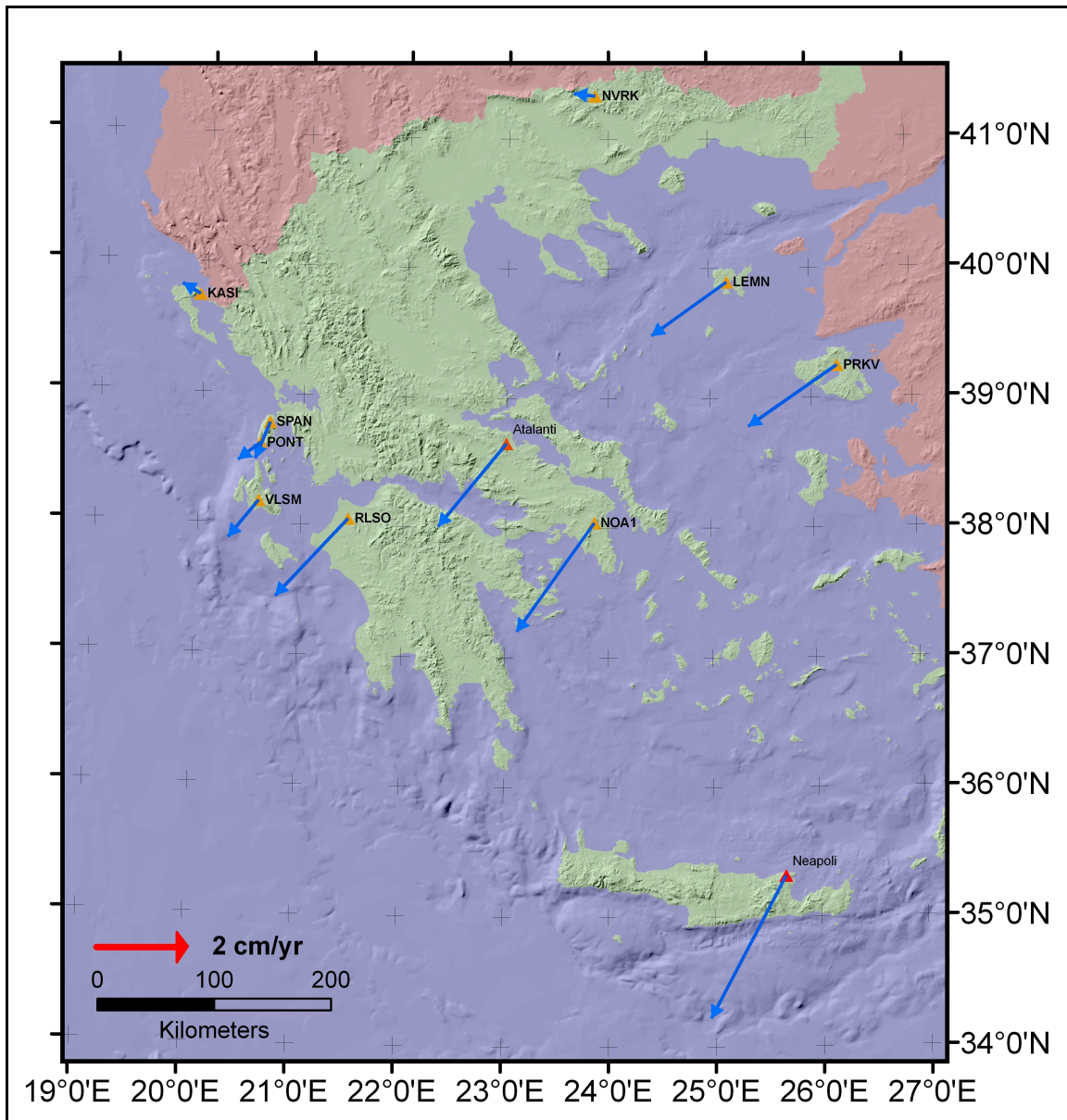
Εν συνεχεία, παρατίθενται οι οριζοντιογραφικές ταχύτητες των σταθμών του δικτύου μελέτης κρατώντας σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης και χάρτης αυτών. Για την ταχύτητα της τεκτονικής πλάκας της Ευρώπης χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο κίνησης τεκτονικών πλακών των Argus και Helfin [*Argus et al.*, 1998], όπου για την περιοχή της Ελλάδας δίνεται  $V_n = 11.4$  mm/yr και  $V_e = 23.6$  mm/yr.

<b>Ταχύτητες των σταθμών ως προς σταθερή Ευρώπη (m/yr)</b>			
<b>Site</b>	<b>Ve</b>	<b>Vn</b>	<b>Epoch</b>
<b>PRKV</b>	-0,0189	-0,0132	2008,57
<b>NEAP</b>	-0,0160	-0,0306	2009,30
<b>LEMN</b>	-0,0160	-0,0115	2008,54
<b>NVRK</b>	-0,0046	0,0005	2008,75
<b>NOA1</b>	-0,0166	-0,0233	2008,37
<b>ATAL</b>	-0,0146	-0,0177	2009,46
<b>RLSO</b>	-0,0156	-0,0165	2008,37
<b>SPAN</b>	-0,0032	-0,0078	2008,63
<b>VLSM</b>	-0,0066	-0,0079	2008,40
<b>PONT</b>	-0,0048	-0,0036	2008,50
<b>KASI</b>	-0,0038	0,0023	2008,45

*Πίνακας 3.6: Οριζοντιογραφικές ταχύτητες των σταθμών του δικτύου του Αστεροσκοπείου ως προς σταθερή Ευρώπη.*

*Table 3.6: Horizontal station velocities of NOA GPS network with fixed Europe*

Έπειτα, στον χάρτη της *Εικόνας 3.17*, παρουσιάζονται οι οριζοντιογραφικές ταχύτητες των σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης. Παρατηρείται ότι οι περισσότεροι σταθμοί κινούνται νοτιοδυτικά με σχετικά μεγάλες ταχύτητες. Εξαίρεση αποτελούν οι σταθμοί NVRK, KASI και SPAN. Ο σταθμός NVRK κινείται δυτικά με σχετικά μικρή ταχύτητα, ο σταθμός KASI κινείται βορειοδυτικά με πολύ μικρή ταχύτητα, ενώ ο σταθμός SPAN κινείται σχεδόν νότια. Άξιο αναφοράς είναι η αλληλεπίδραση των σταθμών PONT και SPAN, οι οποίοι υποδεικνύουν ότι η νήσος Λευκάδα υπόκεινται σε δεξιόστροφη τεκτονική κίνηση ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης.



Εικόνα 3.17: Χάρτης οριζοντιογραφικών ταχυτήτων του δικτύου του Αστεροσκοπείου ως προς σταθερή Ευρώπη  
Image 3.17: Map of horizontal station velocity vectors of NOA GPS network with fixed Europe

### 3.6. Έλεγχος αξιοπιστίας των επιλύσεων του globk

Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιαστούν στατιστικά στοιχεία της επίλυσης με το *globk/glogr* και θα επιχειρηθεί να ελεγχθεί η αξιοπιστία των ταχυτήτων που εξήχθησαν. Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετασχηματισμών υλοποίησης των πλαισίων αναφοράς συντεταγμένων και ταχυτήτων της τελευταίας επανάληψης που εκτιμήθηκαν κατά διάρκεια της επεξεργασίας με το *globk/glogr*.

### Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή του Gamit/Globk στο δίκτυο GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

```

Starting Position stabilization iteration 5
For 18 sites in origin, min/max height sigma 2.12 2.73 mm; Median 2.65 mm, Tol 15.00 mm

Position system stabilization results
-----
X Rotation (mas) 5.17217 +- 0.31205 Iter 5
Y Rotation (mas) 8.91012 +- 0.21389 Iter 5
Z Rotation (mas) -13.98520 +- 0.17622 Iter 5
X Translation (m) -0.01749 +- 0.00712 Iter 5
Y Translation (m) 0.02805 +- 0.00762 Iter 5
Z Translation (m) 0.03312 +- 0.00691 Iter 5
Condition Sigmas used 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000

Sites and relative sigmas used in stabilization
RABT_GPS 0.93 MAS1_GPS 1.01 PDEL_GPS 1.06 POL2_GPS 1.11 KIT3_GPS 1.39 TELA_GPS 1.04
NICO_GPS 1.06 ISTA_GPS 1.00 BUCU_GPS 0.85 METS_GPS 0.92 TR01_GPS 1.28 GRAZ_GPS 0.87
POTS_GPS 0.85 WTZR_GPS 0.95 CAGL_GPS 0.95 ZIMM_GPS 0.81 BRUS_GPS 0.87 HERS_GPS 0.87
For 54 Position Iter 5 Pre RMS 0.0990 m; Post RMS 0.00341 m

For 18 sites in origin, min/max NE sigma 0.12 0.27 mm; Median 0.16 mm, Tol 1.50 mm

=====
Starting Velocity stabilization iteration 5

For 18 sites in origin, min/max dh/dt sigma 0.70 0.91 mm/yr; Median 0.84 mm/yr, Tol 15.00 mm/yr

Velocity system stabilization results
-----
X Rotate (mas/yr) 0.05423 +- 0.07338 Iter 5
Y Rotate (mas/yr) 0.19056 +- 0.05093 Iter 5
Z Rotate (mas/yr) 0.16373 +- 0.04163 Iter 5
X Trans (m/yr) -0.00314 +- 0.00168 Iter 5
Y Trans (m/yr) -0.01023 +- 0.00181 Iter 5
Z Trans (m/yr) -0.02248 +- 0.00162 Iter 5
Condition Sigmas used 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000

Sites and relative sigmas used in stabilization
RABT_GPS 0.91 MAS1_GPS 0.99 PDEL_GPS 1.05 POL2_GPS 1.08 KIT3_GPS 1.40 TELA_GPS 1.04
NICO_GPS 1.11 ISTA_GPS 1.22 BUCU_GPS 0.84 METS_GPS 0.89 TR01_GPS 1.22 GRAZ_GPS 0.84
POTS_GPS 0.83 WTZR_GPS 0.91 CAGL_GPS 0.93 ZIMM_GPS 0.81 BRUS_GPS 0.85 HERS_GPS 0.85
For 54 Velocity Iter 5 Pre RMS 0.0074 m/yr; Post RMS 0.00082 m/yr

For 18 sites in origin, min/max dNE/dt sigma 0.08 0.17 mm/yr; Median 0.10 mm/yr, Tol 0.30 mm/yr

```

*Πίνακας 3.7: Στοιχεία μετασχηματισμών υλοποίησης πλαισίων αναφοράς συντεταγμένων και ταχυτήτων τελικής επίλυσης με το globk/glorg.*

*Table 3.7: Position and Velocity system stabilization results of final solution with the use of globk/glorg*

Παρατηρείται ότι οι παράμετροι μετασχηματισμού έχουν εκτιμηθεί με πολύ καλή ακρίβεια τόσο στον μετασχηματισμό των συντεταγμένων όσο και στον μετασχηματισμό των ταχυτήτων. Το a posteriori μέσο τετραγωνικό σφάλμα του μετασχηματισμού συντεταγμένων ή θέσης (Position Stabilization Post rms) είναι στα 3.4 mm, ενώ του μετασχηματισμού ταχυτήτων (Velocity Stabilization Post rms) είναι στα 0.8 mm/yr. Τα μεγέθη αυτά υποδηλώνουν ότι η υλοποίηση των πλαισίων αναφοράς μέσω των μετασχηματισμών είναι πάρα πολύ καλή και ότι οι εκτιμώμενες τιμές προσεγγίζουν αυτές του ITRF 2005. Υπενθυμίζεται ότι το *glorg* υλοποιεί ένα πλαίσιο αναφοράς που είναι πολύ κοντά στο ITRF 2005 αλλά όχι ακριβώς, επειδή συμπεριλαμβάνει στην συνόρθωση την δυναμική των σταθμών αναφοράς. Δηλαδή δεν σταθεροποιεί τις συντεταγμένες και ταχύτητες των σταθμών αναφοράς στις a priori του ITRF 2005, αλλά υλοποιεί ένα πλαίσιο αναφοράς χρησιμοποιώντας και τις εκτιμώμενες τιμές των συντεταγμένων και ταχυτήτων από



την επίλυση.

Ακόμη, παρουσιάζονται τα a priori αντιστραμμένα βάρη των σταθμών αναφοράς κατά την τελευταία επανάληψη των μετασχηματισμών. Ο αριθμός δίπλα από κάθε σταθμό είναι αυτός που πολλαπλασιάζεται με την μεταβλητότητα κάθε σταθμού ορίζοντας το βάρος του στην συνόρθωση. Οι αριθμοί μικρότεροι της μονάδας υποδηλώνουν μεγαλύτερο βάρος από ότι οι αριθμοί μεγαλύτεροι της μονάδας. Παρατηρείται ότι οι σταθμοί της κεντρικής Ευρώπης έχουν μεγαλύτερο βάρος επειδή βρίσκονται στο κέντρο του δικτύου αναφοράς και επειδή παρουσιάζουν εξαιρετική "συμπεριφορά". Ως "συμπεριφορά" ορίζεται η εικόνα θορύβου που εμφανίζουν οι σταθμοί στις χρονοσειρές τους.

Έπειτα, συγκρίθηκαν οι ταχύτητες του *globk* με αυτές που παράγονται με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης στις χρονοσειρές του *glred*. Παρακάτω στον Πίνακα 3.8, παρατίθενται οι εν λόγω διαφορές σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων. Παρατηρείται ότι οι διαφορές στις ταχύτητες είναι μηδαμινές κατά τις διευθύνσεις East και North (δέκατο του χιλιοστού), ενώ αγγίζουν την τάξη του χιλιοστού κατά την διεύθυνση Up (PONT Up: -3.2 mm/yr). Εξαιρεση και πάλι αποτελούν οι σταθμοί NEAP και ATAL των οποίων οι διαφορές είναι λίγο μεγαλύτερες, ιδιαίτερα κατά την διεύθυνση Up. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι επειδή το χρονικό διάστημα των δεδομένων των σταθμών αυτών είναι πάρα πολύ μικρό.

<b>Διαφορές ταχυτήτων globk – glred (m/yr)</b>			
<b>Site</b>	<b>dVe</b>	<b>dVn</b>	<b>dVu</b>
<b>PRKV</b>	0,0000	-0,0003	0,0016
<b>NEAP</b>	-0,0012	-0,0008	-0,0031
<b>LEMN</b>	0,0000	-0,0001	0,0010
<b>NVRK</b>	0,0000	-0,0005	0,0025
<b>NOA1</b>	-0,0003	0,0002	0,0008
<b>ATAL</b>	-0,0014	0,0047	-0,0143
<b>RLSO</b>	-0,0002	0,0002	0,0007
<b>SPAN</b>	0,0000	-0,0001	0,0013
<b>VLSM</b>	-0,0002	0,0001	0,0007
<b>PONT</b>	-0,0001	0,0001	-0,0032
<b>KASI</b>	0,0000	0,0001	0,0008

*Πίνακας 3.8: Διαφορές στις εκτιμήσεις των ταχυτήτων μεταξύ globk και glred.*

*Table 3.8: Station velocity differences in local representation between globk and glred solutions*

Τέλος, συγκρίθηκε η εκτιμώμενη ταχύτητα του σταθμού NOA1 της παρούσης εφαρμογής με αυτήν που δημοσιεύεται στην ιστοσελίδα του EUREF (<http://www.epncb.oma.be/>). Χρησιμοποιήθηκε η διανομή συντεταγμένων και ταχυτήτων (ITRF 2005) που δημοσιεύτηκε στην ιστοσελίδα του EUREF στις 10/12/2009. Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθενται οι διαφορές των ταχυτήτων εκφρασμένες σε καρτεσιανό και σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.

<b>Διαφορές ταχυτήτων του σταθμού NOA1 στο ITRF 2005 μεταξύ EUREF GLOBK (m/yr)</b>						
	<b>VX</b>	<b>VY</b>	<b>VZ</b>	<b>Ve</b>	<b>Vn</b>	<b>Vu</b>
<b>EUREF NOA1</b>	0,0024	0,0093	-0,0096	0,0075	-0,0112	-0,0012
<b>GLOBK NOA1</b>	0,0040	0,0094	-0,0093	0,0070	-0,0119	0,0002
	<b>dVX</b>	<b>dVY</b>	<b>dVZ</b>	<b>dVe</b>	<b>dVn</b>	<b>dVu</b>
<b>Διαφορές</b>	-0,0016	-0,0001	-0,0003	0,0005	0,0007	-0,0014

*Πίνακας 3.9: Διαφορές στις εκτιμήσεις των ταχυτήτων του σταθμού NOA1 μεταξύ επιλύσεων EUREF και globk.*

*Table 3.9: NOA1' s velocity differences between globk and EUREF solutions*

Στον Πίνακα 3.9, παρατηρείται ότι οι διαφορές μεταξύ των ταχυτήτων των δύο επιλύσεων για τον σταθμό NOA1 είναι πάρα πολύ μικρές. Οι διαφορές των τοποκεντρικών ταχυτήτων ως προς τις διευθύνσεις East και North είναι στο δέκατο του χιλιοστού (0.5 και 0.7 mm/yr), ενώ ως προς την διεύθυνση Up είναι στο χιλιοστό (-1.4 mm/yr). Μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται ως προς την διεύθυνση του υψομέτρου, πιθανότατα λόγω του μεγαλύτερου θορύβου που εμφανίζεται κατά την διεύθυνση αυτή. Συνεπώς, οι εκτιμήσεις των ταχυτήτων των σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών θεωρούνται ότι είναι αρκετά αξιόπιστες.

Στην συνέχεια, παρατίθενται οι οριζοντιογραφικές ταχύτητες του σταθμού NOA1 των δύο επιλύσεων ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης.

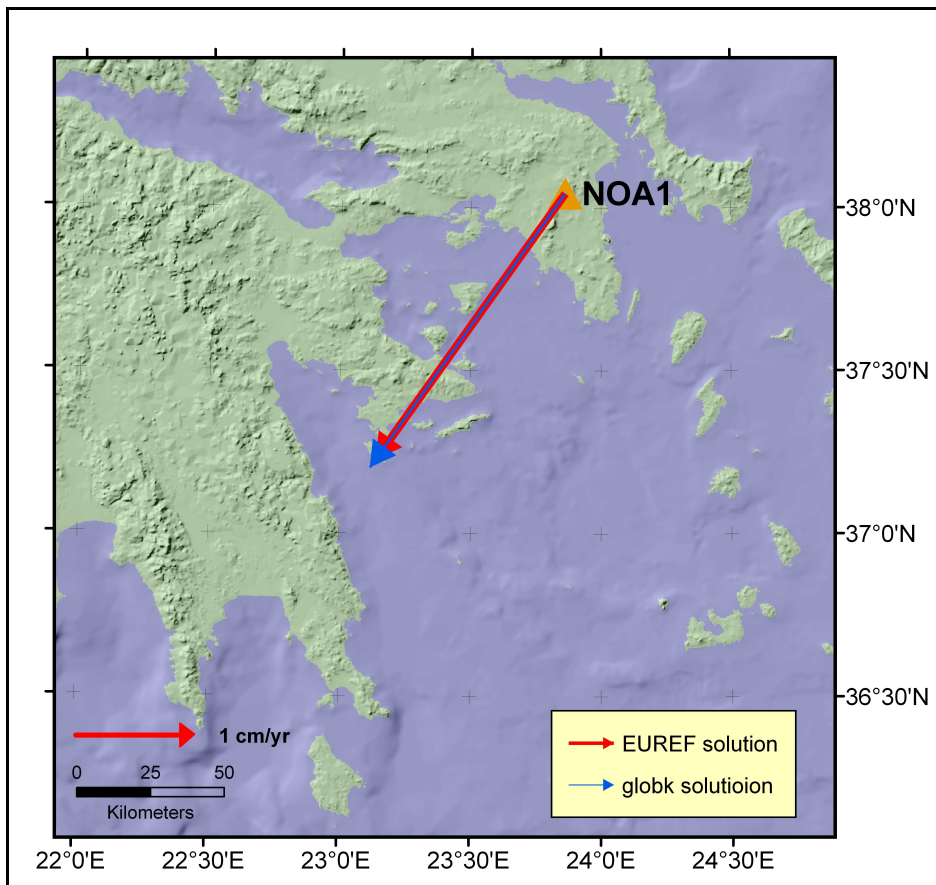
<b>Διαφορές ταχυτήτων του σταθμού NOA1 ως προς σταθερή Ευρώπη μεταξύ EUREF – GLOBK (m/yr)</b>		
	<b>Ve</b>	<b>Vn</b>
<b>EUREF NOA1</b>	-0,0161	-0,0226
<b>GLOBK NOA1</b>	-0,0166	-0,0233
	<b>dVe</b>	<b>dVn</b>
<b>Διαφορές</b>	0,0005	0,0007

*Πίνακας 3.10: Διαφορές στις εκτιμήσεις των οριζοντιογραφικών ταχυτήτων του σταθμού NOA1 ως προς σταθερή*

*Ευρώπη μεταξύ επιλύσεων EUREF και globk.*

*Table 3.10: NOA1' s horizontal velocity differences between globk and EUREF solutions with fixed Europe*

Ακολουθεί, ο χάρτης των διανυσμάτων των οριζοντιογραφικών ταχυτήτων του σταθμού NOA1 των δύο επιλύσεων ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης (Εικόνα 3.18). Παρατηρείται απόλυτη ταύτιση των διανυσμάτων ως προς την κατεύθυνση και το μέτρο. Η διαφορά στο μέτρο των διανυσμάτων που εμφανίζεται είναι στην τάξη του δέκατου του χιλιοστού.



*Εικόνα 3.18: Χάρτης οριζοντιογραφικών ταχυτήτων του σταθμού NOA1 μεταξύ των επιλύσεων globk (μπλε βέλος) και EUREF (κόκκινο βέλος) ως προς σταθερή Ευρώπη*

*Image 3.18: Map of NOA1's horizontal velocity vectors from globk (blue arrow) and EUREF (red arrow) solutions*

Τελικό συμπέρασμα των παραπάνω είναι ότι η επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε με το Globk είναι πάρα πολύ καλή και αξιόπιστη για τους παρακάτω λόγους:

- Τα στατιστικά των μετασχηματισμών υλοποίησης πλαισίων αναφοράς είναι πολύ καλά και μέσα στο αναμενόμενο εύρος (Globk Reference Manual p. 58).
- Οι διαφορές ταχυτήτων μεταξύ *globk/glogr* (φίλτρο Kalman) και *glred/glogr* (γραμμική παλινδρόμηση) είναι ελάχιστες ( $\sim 0.1$  mm/yr).
- Η διαφορά της ταχύτητας του σταθμού NOA1 μεταξύ των επιλύσεων *globk/glogr* και EUREF είναι ελάχιστη ( $\sim 1$  mm/yr).



## 4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ BERNESE - GAMIT/GLOBK

### 4.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα περιγραφεί το δεύτερο κομμάτι της εφαρμογής της παρούσης εργασίας το οποίο περιλαμβάνει την σύγκριση των αποτελεσμάτων που παράγουν τα επιστημονικά πακέτα λογισμικών Bernese και GAMIT/GLOBK. Η εφαρμογή αυτή πραγματοποιήθηκε σε ένα υποδίκτυο των σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (KASI, PONT, SPAN, VLMS, RLSO, NOA1), το οποίο εκτείνεται κυρίως στην περιοχή του Ιονίου πελάγους. Το χρονικό διάστημα που χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση εκτείνεται από τον Ιανουάριο του 2007 ως τον Μάρτιο του 2009. Η επεξεργασία εκτελέστηκε σε ένα δείγμα των δεδομένων επιλέγοντας 4 ημέρες το μήνα ανά ίσα χρονικά διαστήματα. Όλα τα αποτελέσματα εκφράστηκαν στο πλαίσιο αναφοράς ITRF 2005.

Η επεξεργασία παρατηρήσεων με την έκδοση 4.2 του Bernese πραγματοποιήθηκε από τον Αναστασίου Δημήτριο, στα πλαίσια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας του [Αναστασίου Δ., 2009]. Η επίλυση με την διανομή 10.35 του Gamit/Globk, που επιχειρήθηκε στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις ίδιες αρχικές συνθήκες (τοπικοί σταθμοί, σταθμοί αναφοράς IGS, χρονικό διάστημα παρατηρήσεων) με αυτές της εργασίας του Δ. Αναστασίου.

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την περιγραφή του δικτύου μελέτης, την μεθοδολογία επίλυσης που ακολουθήθηκε καθώς και την παραγωγή αποτελεσμάτων και συγκρίσεων τόσο μεταξύ των ημερήσιων συντεταγμένων όσο μεταξύ των ταχυτήτων. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων αυτών οδήγησαν σε αξιοσημείωτες διαφορές, ιδιαίτερα στο επίπεδο των ημερήσιων επιλύσεων.

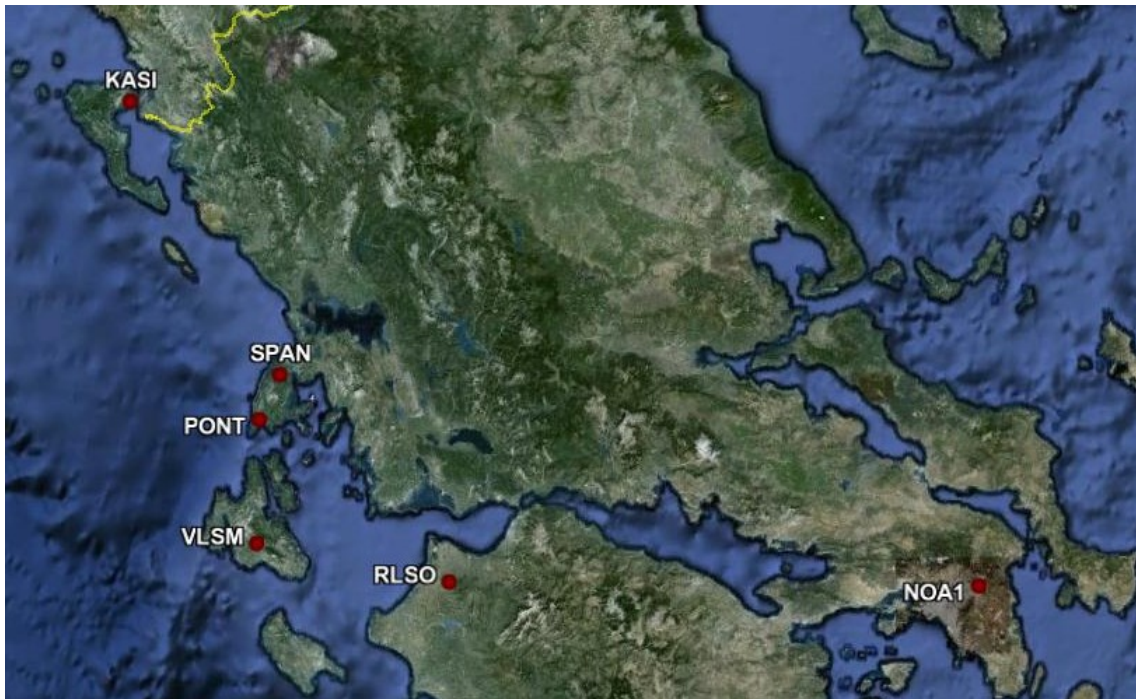
### 4.2. Περιγραφή δικτύου μελέτης

Το δίκτυο μελέτης περιλαμβάνει 6 μόνιμους τοπικούς σταθμούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και 10 διεθνείς μόνιμους σταθμούς αναφοράς της IGS. Το τοπικό δίκτυο περιλαμβάνει τους σταθμούς: NOA1 στην Πεντέλη του Ν. Αττικής, RLSO στον Ριόλο του Ν. Αχαΐας, VLMS στα Βαλσαμάτα της νήσου Κεφαλλονιά, PONT στην Πόντη Αγίου Πέτρου της νήσου Λευκάδα, SPAN στο Σπανοχώρι της νήσου Λευκάδα και KASI στην Κασσιόπη της νήσου Κέρκυρα. Οι παραπάνω σταθμοί είναι υπό την διαχείριση του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Ο σταθμός NOA1 είναι μέρος του Ευρωπαϊκού δικτύου του EUREF (*European Reference Frame*). Ο σταθμός αυτός συμπεριλήφθηκε στο δίκτυο για έλεγχο της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Το διεθνές δίκτυο αναφοράς περιλαμβάνει τους σταθμούς: ANKR (Ankara, Turkey), GRAZ (Graz, Austria), WTZR (Bad Koetzting, Germany), NICO (Nicosia, Cyprus), BUCU (Bucuresti,

#### Κεφάλαιο 4: Σύγκριση Bernese - Gamit/Globk

---

Romania), DRAG (Metsoke Dragot, Israel), MATE (Matera, Italy), NOT1 (Noto, Italy), RAMO (Mitspe Ramon, Israel) και SOFI (Sofia, Bulgaria). Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την επιλογή των σταθμών, ο αναγνώστης θα πρέπει να ανατρέξει στην Διπλωματική Εργασία του Αναστασίου Δ. (2009). Παρακάτω, παρατίθεται ο χάρτης του τοπικού δικτύου μελέτης.



*Εικόνα 4.1: Χάρτης τοπικού δικτύου μελέτης σύγκρισης Bernese – Gamit/Globk*

*Image 4.1: Map of the regional studied network of the comparison between Bernese and Gamit/Globk*

*(Πηγή - Source: Google Earth)*

Στον παραπάνω χάρτη, παρατηρείται ότι το δίκτυο μελέτης επικεντρώνεται αποκλειστικά στην περιοχή Ιονίου πελάγους. Εξαιρεση αποτελεί ο σταθμός NOA1 που προστέθηκε στην ανάλυση για έλεγχο αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, καθότι είναι σταθμός του δικτύου του EUREF. Το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων που χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση είχε εύρος περίπου 2 χρόνια (08/01/2007 - 23/03/2009). Επισημαίνεται ότι με το Gamit/Globk επιλύθηκαν οι ίδιες ημέρες με αυτές της επίλυσης με το Bernese. Επιπροσθέτως, αναφέρεται ότι στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζονται οι περίοδοι των αξιοποιήσιμων δεδομένων κάθε σταθμού του Αστεροσκοπείου, ενώ στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι τύποι δεκτών και κεραιών των σταθμών αυτών.

Παρακάτω, παρατίθεται ο χάρτης των μόνιμων σταθμών της IGS που χρησιμοποιήθηκαν ως αναφορά και επιτέλεσαν στην υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς.



Εικόνα 4.2: Χάρτης δικτύου αναφοράς σύγκρισης Bernese – Gamit/Globk

Image 4.2: Map of the reference site network of the comparison between Bernese and Gamit/Globk

(Πηγή - Source: Google Earth)

Παρατηρείται ότι οι σταθμοί αναφοράς εκτείνονται κυρίως στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου περικλείοντας τους τοπικούς σταθμούς από όλες σχεδόν τις κατευθύνσεις. Αδυναμία σταθμών αναφοράς παρατηρείται στο νότο, λόγω της έλλειψης σταθμών IGS στην περιοχή αυτή.

### 4.3. Μεθοδολογία επεξεργασίας

Η μεθοδολογία επεξεργασίας που ακολουθήθηκε κατά την επεξεργασία των παρατηρήσεων GPS με το Gamit/Globk δεν διαφέρει σημαντικά από αυτήν που ακολουθήθηκε στην εφαρμογή του κεφαλαίου 3. Χρησιμοποιήθηκαν οι ακριβείς τροχιές της IGS (IGS final ephemerides) ως αναφορά για τα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων και οι πίνακες της IERS (finals.data Bulletin A) ως αναφορά για τα EOP στοιχεία (Earth Orientation Parameters). Ως a priori πίνακας συντεταγμένων και ταχυτήτων των σταθμών αναφοράς χρησιμοποιήθηκε ο *itr05.apr* ο οποίος εμπεριέχεται στο πρόγραμμα και αναφέρεται στο ITRF 2005. Για τους σταθμούς του τοπικού δικτύου ως a priori χρησιμοποιήθηκαν οι συντεταγμένες και ταχύτητες που προέκυψαν από την

#### Κεφάλαιο 4: Σύγκριση Bernese - Gamit/Globk

εφαρμογή του κεφαλαίου 3.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δεδομένων με το Gamit σύμφωνα με την μεθοδολογία επίλυσης που προτάθηκε στο κεφάλαιο 2. Επιλύθηκαν όλες οι ημέρες με επιτυχία, με τα ποσοστά επιλυμένων ασαφιών φάσεων βραχείας ζώνης (narrow lane) να αγγίζουν κατά μέσο όρο το 92 %. Τα κανονικοποιημένα μέσα τετραγωνικά σφάλματα (nrms) των επιλύσεων κυμάνθηκαν στην τάξη του 0.17, το οποίο είναι απολύτως αποδεκτό σύμφωνα με εγχειρίδιο χρήσης.

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των ημερήσιων *loose bias-fixed* επιλύσεων με την ρουτίνα επεξεργασίας *glred/glorg*, έτσι ώστε να παραχθούν σταθερές ημερήσιες επιλύσεις και γραφήματα χρονοσειρών. Το ημερήσιο πλαίσιο αναφοράς υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας 8 με 9 σταθμούς αναφοράς (σπανίως 7). Ο μόνος σταθμός αναφοράς που δεν χρησιμοποιήθηκε από τον αλγόριθμο υλοποίησης ήταν ο ANKR. Ο σταθμός αυτός απορρίφθηκε πιθανότατα για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 3.3 του τρίτου κεφαλαίου. Το a posteriori μέσο τετραγωνικό σφάλμα (POST RMS) των μετασχηματισμών των συντεταγμένων κυμάνθηκε κατά μέσο όρο στα 3.6 mm, το οποίο θεωρείται πολύ καλό σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης.

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των ημερήσιων *loose bias-fixed* επιλύσεων με τη ρουτίνα επεξεργασίας *globk/glorg*, έτσι ώστε να παραχθούν ταχύτητες. Το ενιαίο πλαίσιο αναφοράς των συντεταγμένων υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας 9 σταθμούς αναφοράς (εκτός ANKR), ενώ το πλαίσιο αναφοράς των ταχυτήτων υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας και τους 10 σταθμούς αναφοράς. Το a posteriori μέσο τετραγωνικό σφάλμα (POST RMS) του μετασχηματισμού των συντεταγμένων κυμάνθηκε στα 3.7 mm, ενώ του μετασχηματισμού των ταχυτήτων κυμάνθηκε στα 1.3 mm/yr. Οι αβεβαιότητες αυτές είναι μέσα στα τυπικά πλαίσια που προτείνονται από το εγχειρίδιο χρήσης του Globk. Παρακάτω, παρατίθενται τα στοιχεία των μετασχηματισμών συντεταγμένων και ταχυτήτων από την επίλυση με την ρουτίνα *globk/glorg*.

```
Starting Position stabilization iteration 5
For 9 sites in origin, min/max height sigma 17.17 17.92 mm; Median 17.81 mm, Tol 15.00 mm

Position system stabilization results
-----
X Rotation (mas) -5.98722 +- 1.81139 Iter 5
Y Rotation (mas) -11.46594 +- 0.66265 Iter 5
Z Rotation (mas) 8.09488 +- 1.21088 Iter 5
X Translation (m) -0.11119 +- 0.04573 Iter 5
Y Translation (m) 0.02223 +- 0.03459 Iter 5
Z Translation (m) 0.03876 +- 0.03888 Iter 5
Condition Sigmas used 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000

Sites and relative sigmas used in stabilization
DRAG_GPS 1.05 RAMO_GPS 1.05 NICO_GPS 1.02 BUCU_GPS 0.87 SOFI_GPS 0.89 MATE_GPS 0.92
GRAZ_GPS 0.95 NOT1_GPS 1.12 WTZR_GPS 1.09
For 27 Position Iter 5 Pre RMS 0.0483 m; Post RMS 0.00371 m

For 9 sites in origin, min/max NE sigma 0.37 0.54 mm; Median 0.47 mm, Tol 1.50 mm

=====
```



```

Starting Velocity stabilization iteration 5
For 10 sites in origin, min/max dh/dt sigma 8.24 8.61 mm/yr; Median 8.50 mm/yr, Tol 15.00 mm/yr

Velocity system stabilization results
-----
X Rotate (mas/yr) 1.04081 +- 0.60051 Iter 5
Y Rotate (mas/yr) 0.21435 +- 0.22605 Iter 5
Z Rotate (mas/yr) 0.81186 +- 0.39277 Iter 5
X Trans (m/yr) 0.07323 +- 0.01512 Iter 5
Y Trans (m/yr) -0.00657 +- 0.01128 Iter 5
Z Trans (m/yr) -0.01735 +- 0.01296 Iter 5
Condition Sigmas used 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000

Sites and relative sigmas used in stabilization
DRAG_GPS 1.02 RAMO_GPS 1.02 NICO_GPS 1.08 ANKR_GPS 1.08 BUCU_GPS 0.85 SOFI_GPS 0.88
MATE_GPS 0.92 GRAZ_GPS 0.95 NOT1_GPS 1.10 WTZR_GPS 1.07
For 30 Velocity Iter 5 Pre RMS 0.0159 m/yr; Post RMS 0.00132 m/yr

For 10 sites in origin, min/max dNE/dt sigma 0.31 0.48 mm/yr; Median 0.43 mm/yr, Tol 0.35 mm/yr
    
```

Πίνακας 4.1: Στοιχεία μετασχηματισμών υλοποίησης πλαισίων αναφοράς συντεταγμένων και ταχυτήτων της επίλυσης με το *globk/glorg*.

Table 4.1: Position and Velocity system stabilization results from the *globk/glorg* solution

Στον Πίνακα 4.1, παρατηρείται η επιτυχία του μετασχηματισμού υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς τόσο των συντεταγμένων όσο και των ταχυτήτων. Τα αποτελέσματα αυτά προέρχονται από την τελευταία επανάληψη του αλγορίθμου υλοποίησης. Ακόμη, παρουσιάζονται τα σχετικά σφάλματα (αντεστραμμένα βάρη) κάθε σταθμού που συμμετείχε στην κάθε υλοποίηση του πλαισίου.

#### 4.4. Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Gamit/Globk – Bernese

Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιαστούν τα διάφορα πειράματα συγκρίσεων μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών. Θα παρατεθούν συγκρίσεις των αποτελεσμάτων των ημερήσιων συντεταγμένων, των γραφημάτων χρονοσειρών και των ταχυτήτων που προκύπτουν τόσο από τη ρουτίνα *globk/glorg* (φίλτρο Kalman) όσο και από τη ρουτίνα *glred/glorg* (γραμμική παλινδρόμηση). Το χρονικό διάστημα παρατηρήσεων όπου διεξήχθησαν αυτά τα πειράματα περιελάμβανε 107 ημέρες παρατηρήσεων, από τις 08/01/2007 ως τις 23/03/2009 (4 ημέρες το μήνα). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, στην Διπλωματική Εργασία του *Αναστασίου Δ.* (2009) μελετήθηκε η επίδραση του σεισμού της Ανδραβίδας (08/06/2008) στους σταθμούς του Ιονίου πελάγους. Γι' αυτό το λόγο, υπήρξε πύκνωση των ημερών μελέτης γύρω από την ημερομηνία 08/06/2008.

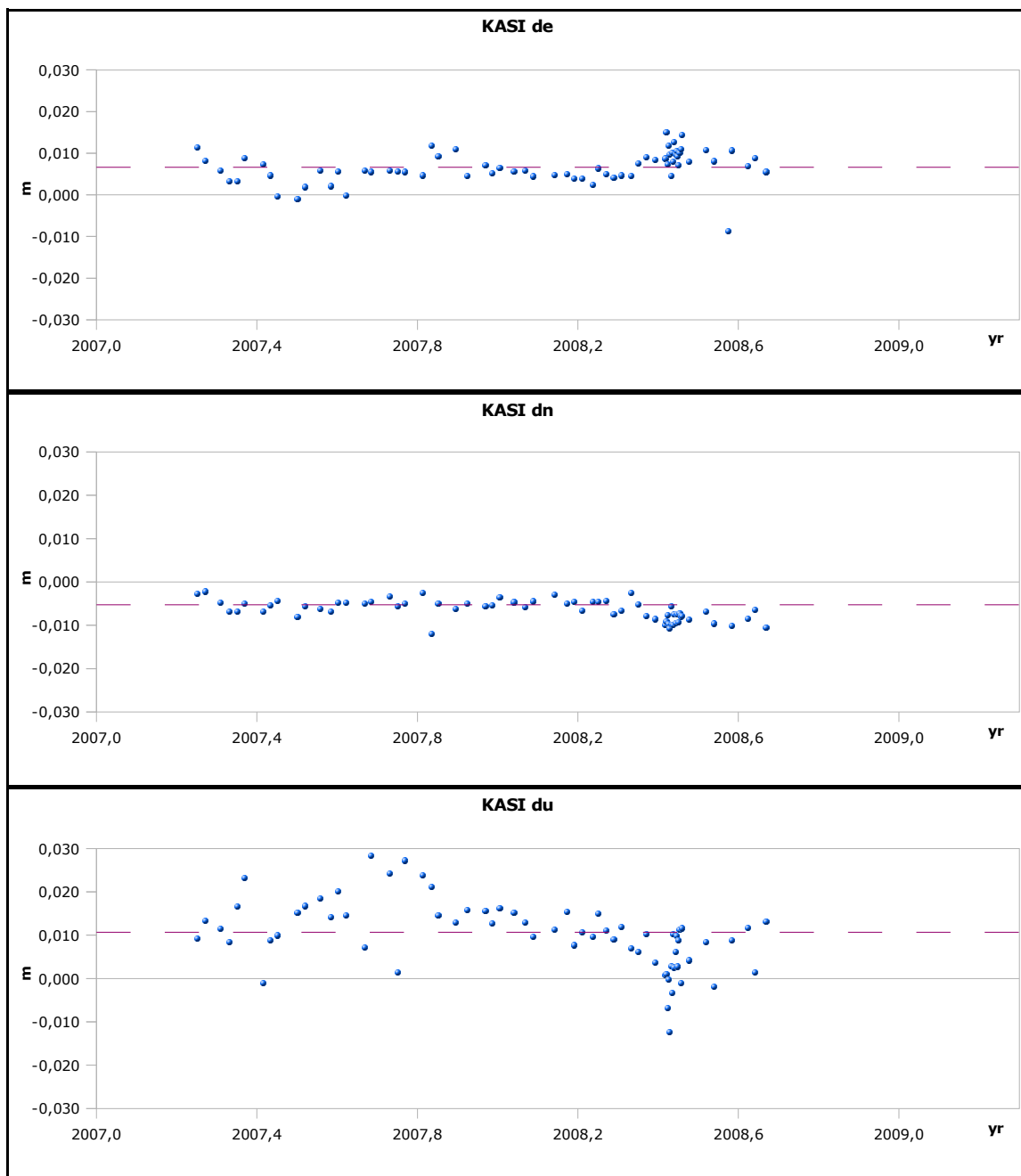
##### 4.4.1. Σύγκριση ημερήσιων συντεταγμένων

Κατά διάρκεια της εφαρμογής, συγκρίθηκαν οι συντεταγμένες των ημερήσιων επιλύσεων που παρήγαγαν τα δύο λογισμικά επεξεργασίας παρατηρήσεων GPS. Οι συγκρίσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν για τους 5 σταθμούς του Αστεροσκοπείου στο Ιόνιο πέλαγος (KASI, PONT,

#### Κεφάλαιο 4: Σύγκριση Bernese - Gamit/Globk

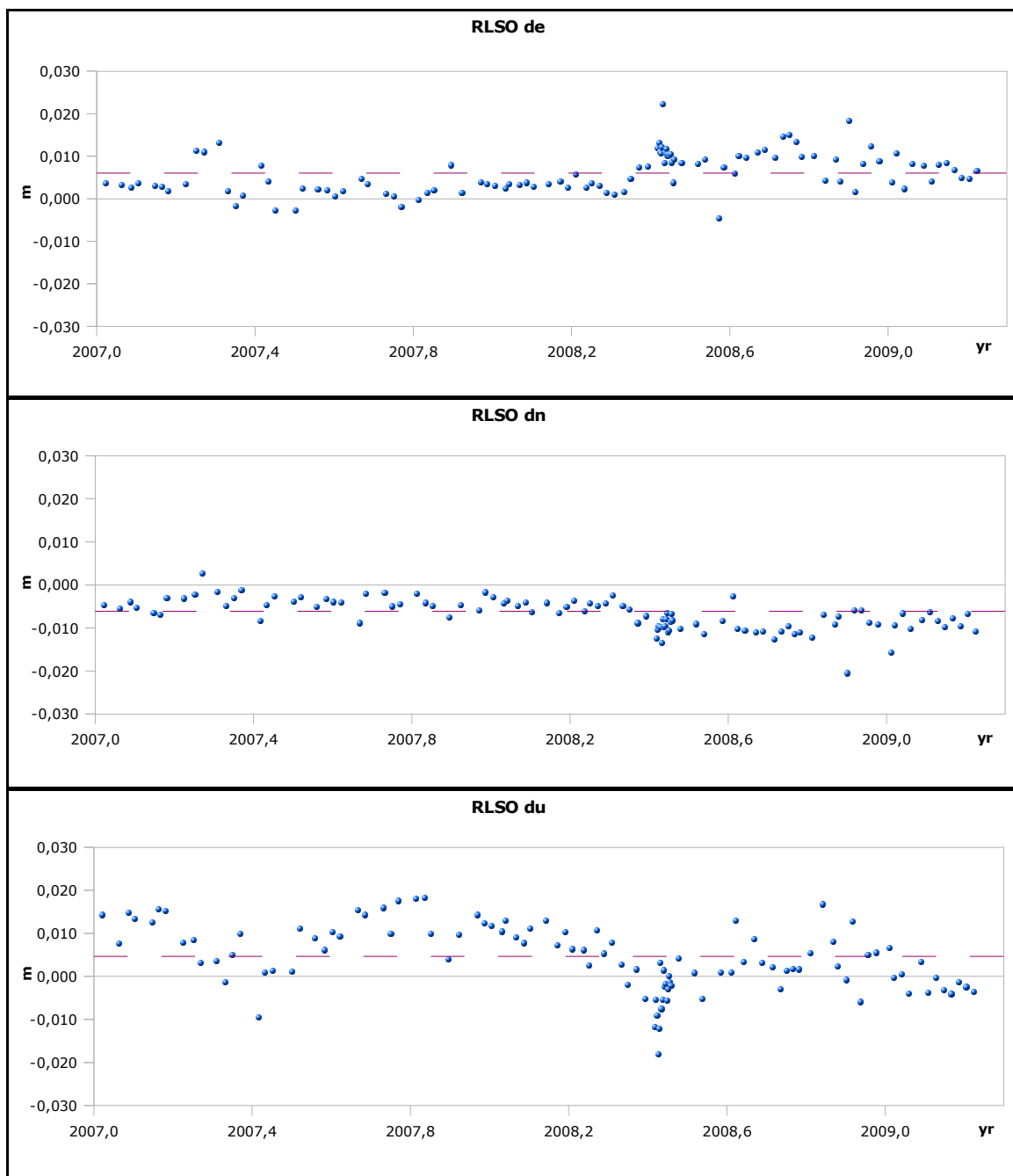
SPAN, VLSM, RLSO) τόσο σε καρτεσιανό όσο και σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων. Στο Παράρτημα A.3 παρατίθενται οι πίνακες με τα αποτελέσματα των συγκρίσεων για κάθε σταθμό, που για λόγους συνέχειας της ροής του κειμένου δεν ενσωματώθηκαν εδώ.

Παρακάτω, παρατίθενται σε μορφή χρονοσειρών οι ημερήσιες διαφορές μεταξύ Gamit/Globk – Bernese για καθένα από τους 5 σταθμούς, εκφρασμένες σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων. Στα γραφήματα αυτά παρουσιάζεται και η γραμμή του μέσου όρου των διαφορών.

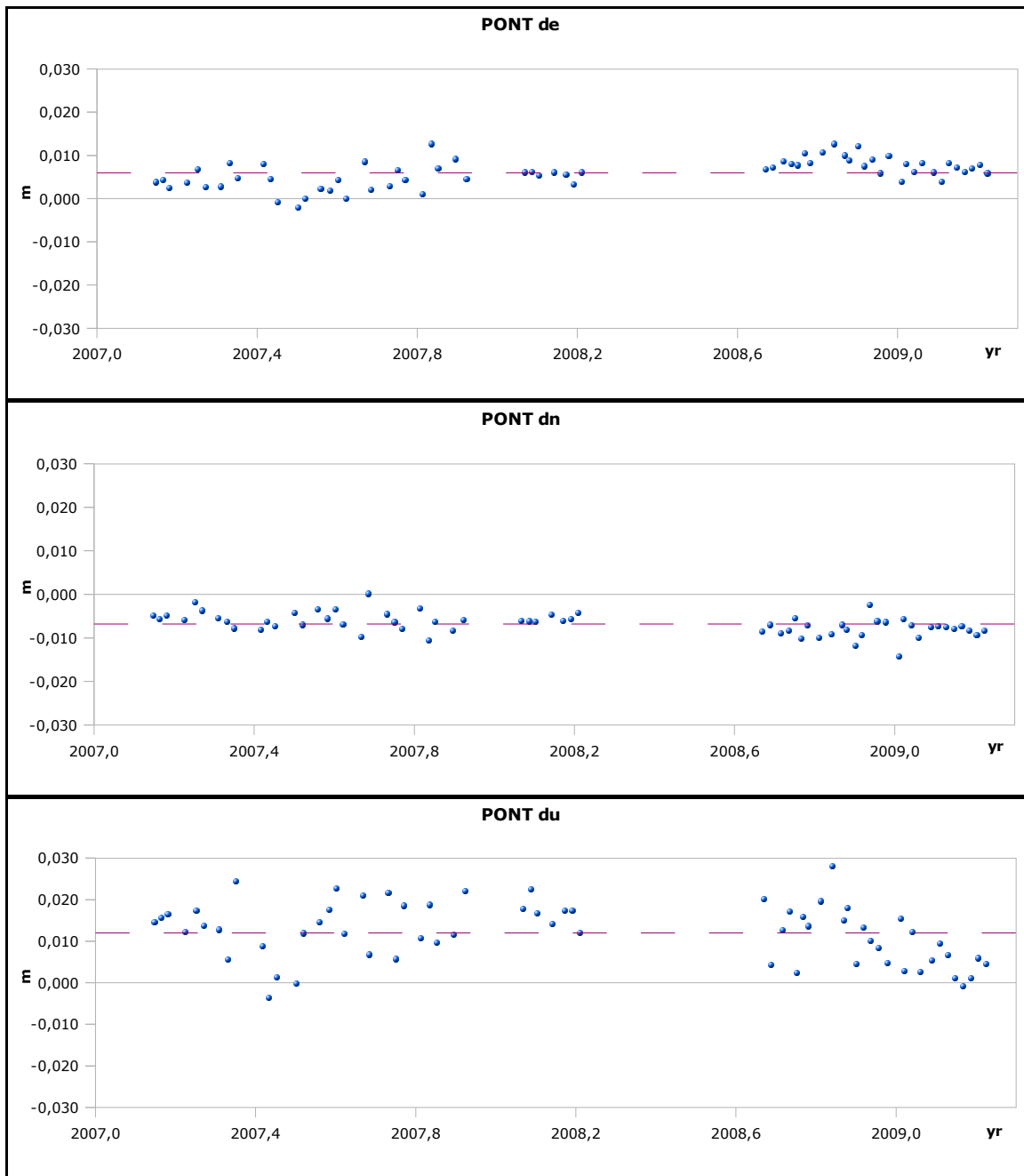


*Εικόνα 4.3: Χρονοσειρές ημερήσιων διαφορών Gamit/Globk – Bernese του σταθμού KASI*

*Image 4.3: Time series of daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions of station KASI*

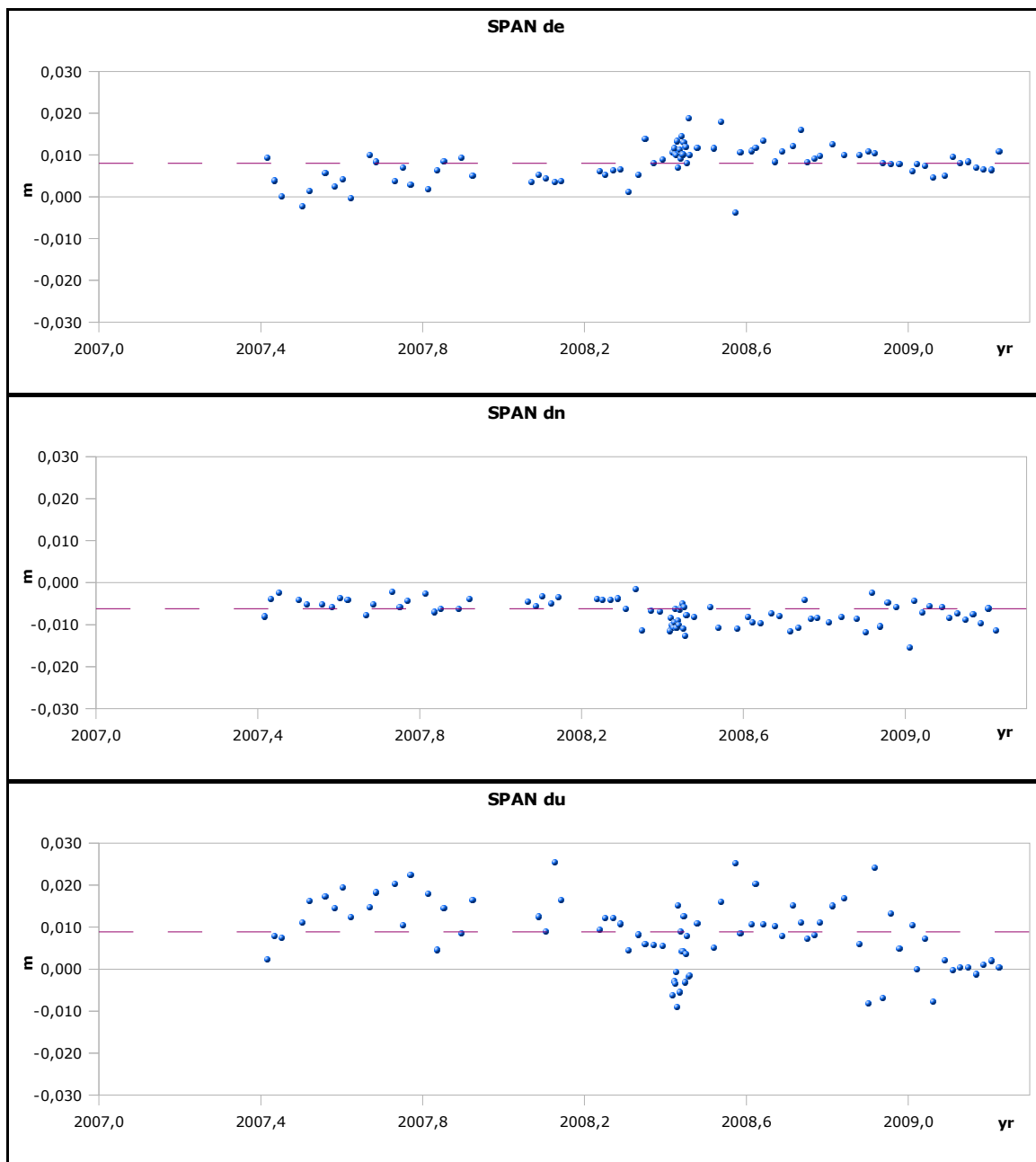


*Εικόνα 4.4: Χρονοσειρές ημερήσιων διαφορών Gamit/Globk – Bernese του σταθμού RLSO*  
*Image 4.4: Time series of daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions of station RLSO*

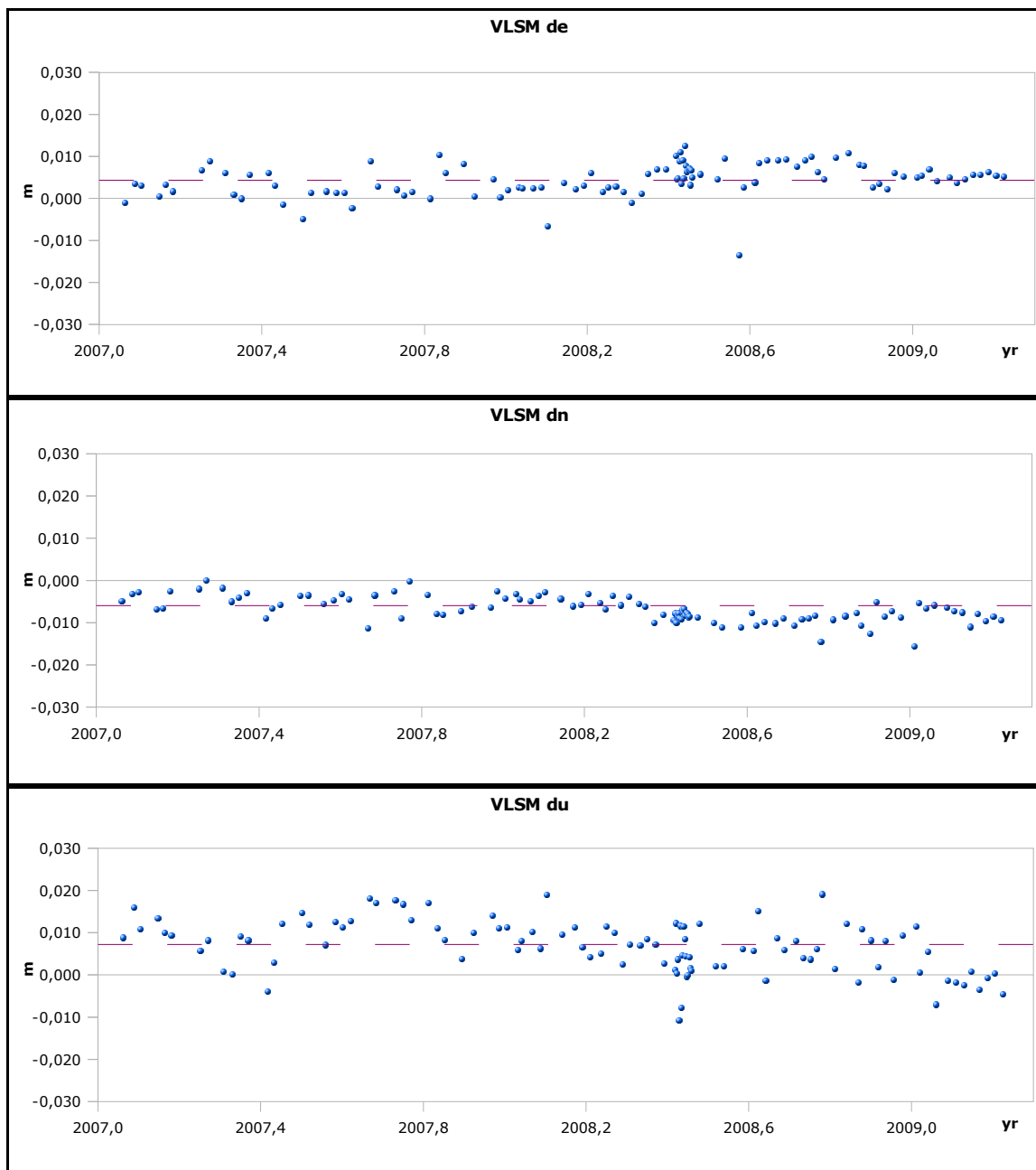


Εικόνα 4.5: Χρονοσειρές ημερήσιων διαφορών Gamit/Globk – Bernese του σταθμού PONT

Image 4.5: Time series of daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions of station PONT



*Εικόνα 4.6: Χρονοσειρές ημερήσιων διαφορών Gamit/Globk – Bernese του σταθμού SPAN*  
*Image 4.6: Time series of daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions of station SPAN*



*Εικόνα 4.7: Χρονοσειρές ημερήσιων διαφορών Gamit/Globk – Bernese του σταθμού VLSM*

*Image 4.7: Time series of daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions of station VLSM*

Στις Εικόνες 4.3-4.7, παρατηρείται η διακύμανση των διαφορών μεταξύ των δύο λογισμικών συναρτήσει του χρόνου. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις παρατηρούνται κατά την διεύθυνση του υψομέτρου (Up). Τα προηγούμενα σχήματα ενσωματώθηκαν στο κείμενο, έτσι ώστε να βοηθήσουν τον αναγνώστη να αντιληφθεί τις διαφορές αυτές ποιοτικά. Είναι προφανές στα διαγράμματα αυτά η συστηματοποίηση των διαφορών αυτών, ιδιαίτερα κατά τις διευθύνσεις North και East. Επιπροσθέτως, στα διαγράμματα των διαφορών κατά την διεύθυνση των

υψομέτρων (Up) παρατηρούνται μεταβολές που παρουσιάζουν ετήσια περίοδο (π.χ. RLSO, VLMS), γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε διαφορά των μοντέλων για τα περιοδικά φαινόμενα που χρησιμοποιούν τα δύο λογισμικά (ocean tidal loading, atmospheric tidal loading). Περαιτέρω έρευνα πρέπει να διεξαχθεί ούτως ώστε να επιβεβαιωθεί αυτό το πόρισμα.

Στην συνέχεια, παρατίθενται τα στατιστικά στοιχεία των ημερήσιων διαφορών για κάθε σταθμό.

<b>Στατιστικά στοιχεία διαφορών μεταξύ Gamit/Globk – Bernese (m)</b>			
<b>KASI</b>			
<b>Διαφορές</b>	<b>de</b>	<b>dn</b>	<b>du</b>
Ελάχιστη	0,000	0,002	0,000
Μέγιστη	0,015	0,012	0,028
<b>Μέση</b>	<b>0,007</b>	<b>-0,006</b>	<b>0,010</b>
Τυπική Απόκλιση	0,003	0,002	0,008
<b>RLSO</b>			
Ελάχιστη	0,000	0,001	0,000
Μέγιστη	0,022	0,021	0,018
<b>Μέση</b>	<b>0,006</b>	<b>-0,007</b>	<b>0,004</b>
Τυπική Απόκλιση	0,005	0,004	0,007
<b>PONT</b>			
Ελάχιστη	0,000	0,000	0,000
Μέγιστη	0,013	0,014	0,028
Μέση	<b>0,006</b>	<b>-0,007</b>	<b>0,012</b>
Τυπική Απόκλιση	0,003	0,002	0,007
<b>SPAN</b>			
Ελάχιστη	0,000	0,001	0,000
Μέγιστη	0,019	0,015	0,025
<b>Μέση</b>	<b>0,008</b>	<b>-0,007</b>	<b>0,008</b>
Τυπική Απόκλιση	0,004	0,003	0,008
<b>VLMS</b>			
Ελάχιστη	0,000	0,000	0,000
Μέγιστη	0,013	0,016	0,019
<b>Μέση</b>	<b>0,005</b>	<b>-0,007</b>	<b>0,007</b>
Τυπική Απόκλιση	0,003	0,003	0,006

Πίνακας 4.2: Στατιστικά στοιχεία διαφορών μεταξύ ημερήσιων λύσεων Gamit/Globk – Bernese

Table 4.2: Statistic elements of daily differences between Gamit/Globk – Bernese solutions

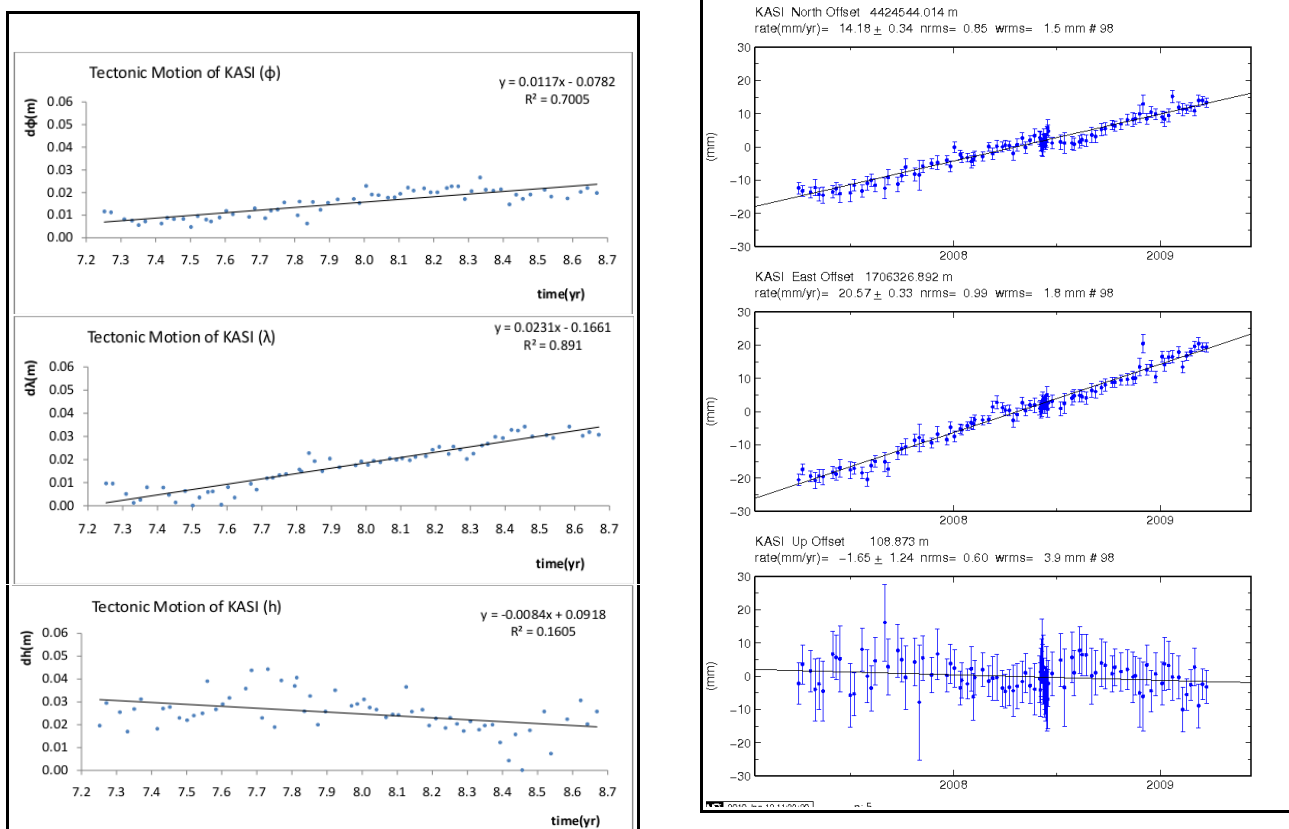
Στον Πίνακα 4.2, παρατηρείται ότι μέσες διαφορές μεταξύ των δύο λογισμικών κυμαίνονται από 5 ως 8 mm ως προς την διεύθυνση East (de), από -6 ως -7 mm ως προς την διεύθυνση North (dn) και από 4 ως 12 mm ως προς την διεύθυνση Up (du). Οι διαφορές αυτές παρουσιάζουν έντονη συστηματικοποίηση, η οποία είναι εμφανή στα διαγράμματα των Εικόνων 4.3-4.7, με θετικές διαφορές ως προς τις διευθύνσεις East και Up και αρνητικές ως προς την διεύθυνση North. Ακόμη, εξετάζοντας τα υπόλοιπα στατιστικά στοιχεία του παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι η διακύμανση των διαφορών είναι μεγαλύτερη κατά την διεύθυνση των υψομέτρων (Up), η οποία όπως είναι λογικό παρουσιάζει μεγαλύτερο θόρυβο. Στις Εικόνες 4.3-4.7, παρουσιάζεται ξεκάθαρα η διακύμανση των διαφορών αυτών. Τέλος, σημειώνεται ότι οι μέγιστες διαφορές

μεταξύ των δύο λογισμικών δεν ξεπερνούν τα 2 cm οριζοντιογραφικά και τα 3 cm υψομετρικά.

Άξιο αναφοράς είναι ότι από την όλη ανάλυση απορρίφθηκαν οι ημέρες 25 και 210 του 2008, διότι παρουσίαζαν χονδροειδείς διαφορές που άγγιζαν τα 8 cm ως προς όλες τις διευθύνσεις. Οι διαφορές αυτές παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.3.

#### 4.4.2. Σύγκριση γραφημάτων χρονοσειρών

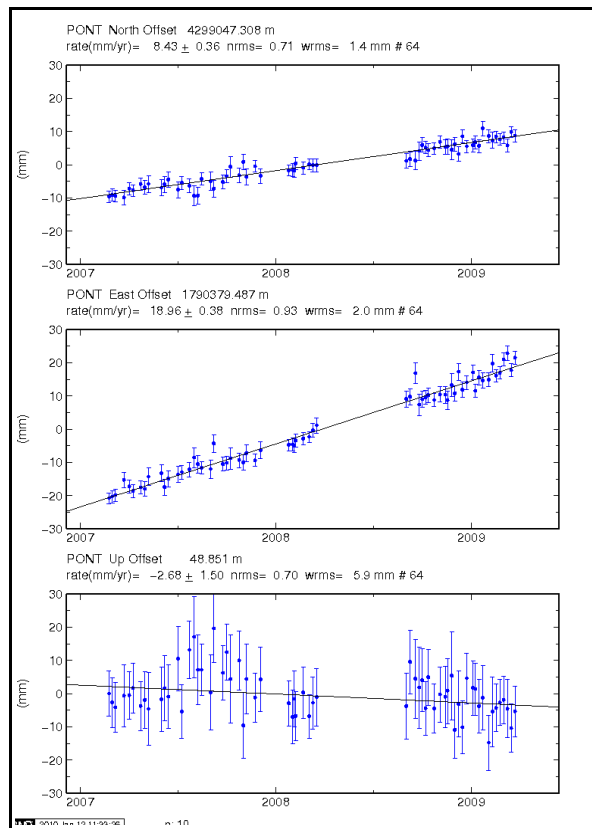
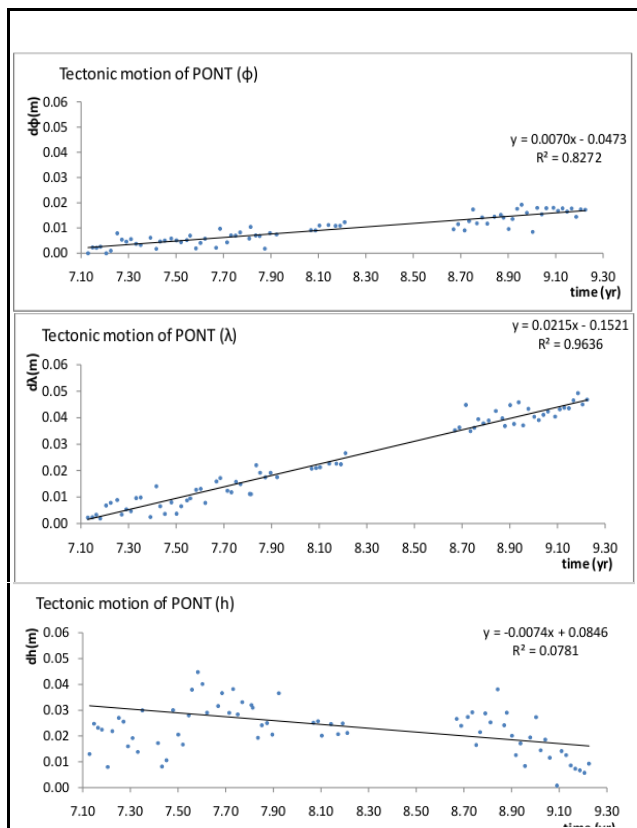
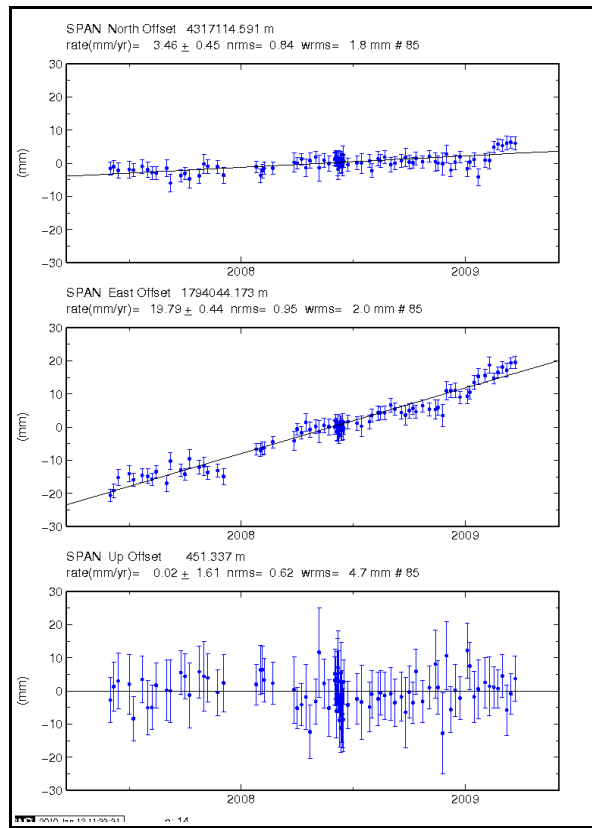
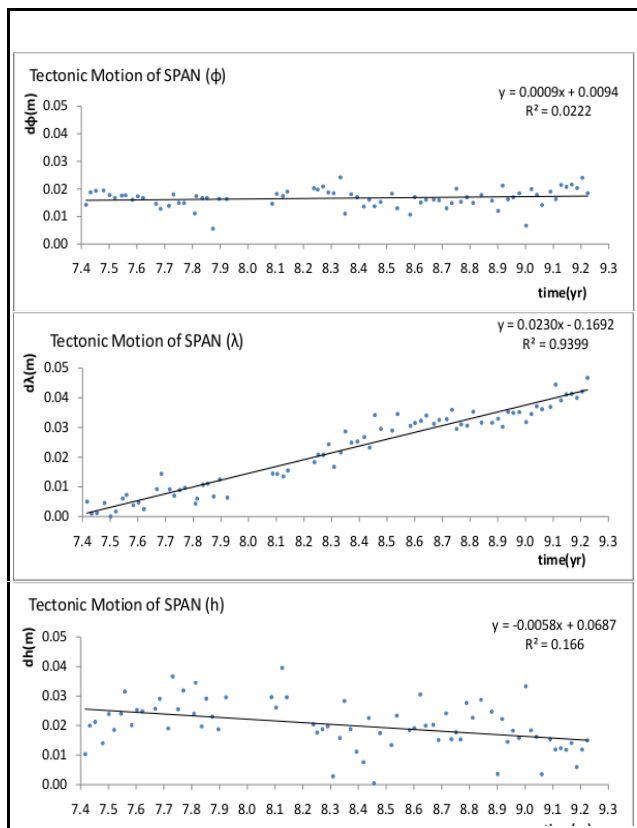
Σε αυτήν την ενότητα, θα παρουσιαστούν τα γραφήματα χρονοσειρών μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών με σκοπό την ποιοτική αξιολόγηση της συμπεριφοράς κάθε σταθμού. Συνεπώς, δεν θα επιχειρηθεί να συγκριθούν οι ταχύτητες που εμφανίζονται στα διαγράμματα αυτά. Η σύγκριση θα γίνει μεταξύ των σταθμών KASI, RLSO, SPAN, VLSM, PONT και NOA1.



Εικόνα 4.8: Χρονοσειρές Bernese – Gamit/Globk του σταθμού KASI

Image 4.8: Time series of station KASI from Bernese (left) and Gamit/Globk (right)

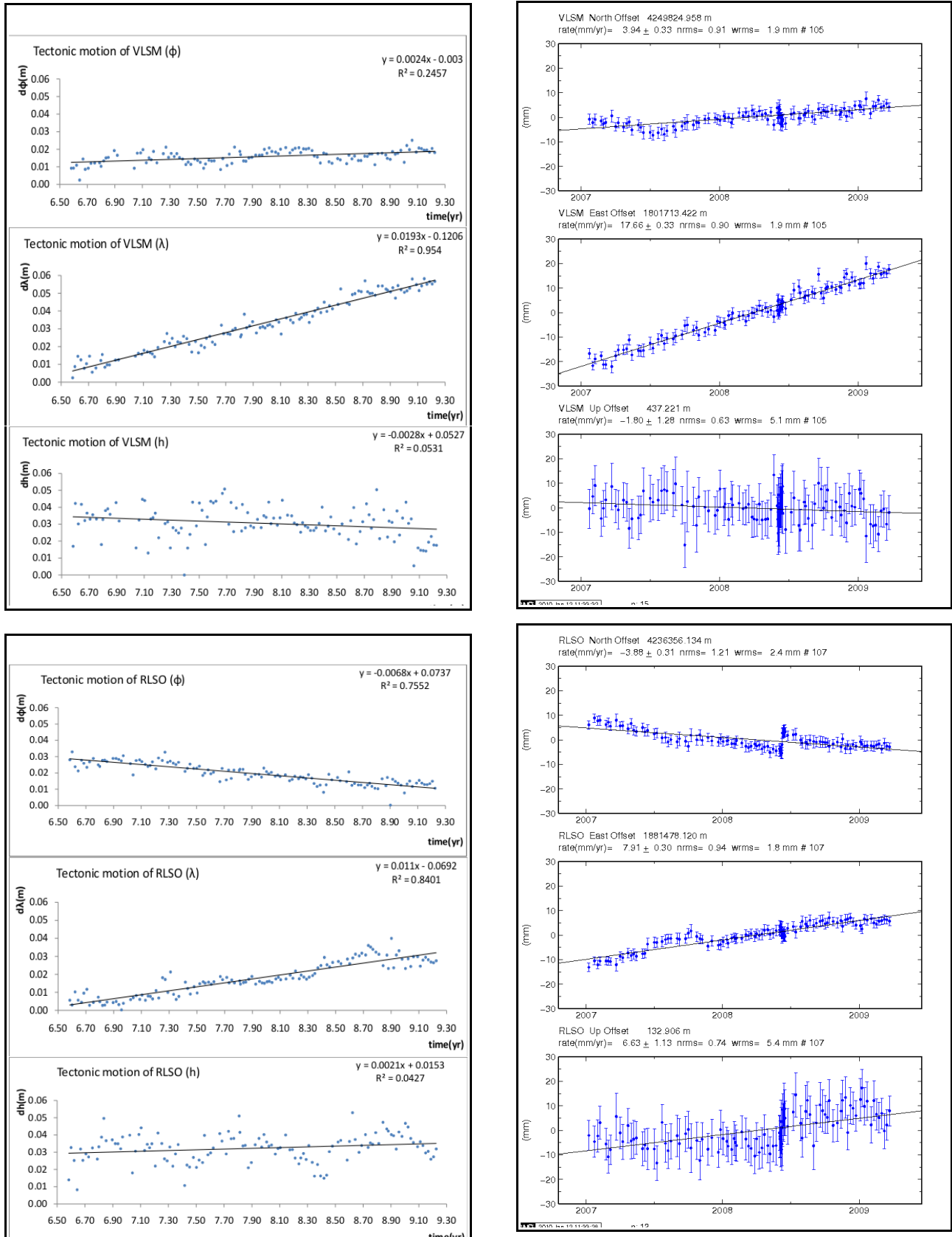




Εικόνα 4.9: Χρονοσειρές Bernese – Gamit/Globk των σταθμών SPAN και PONT

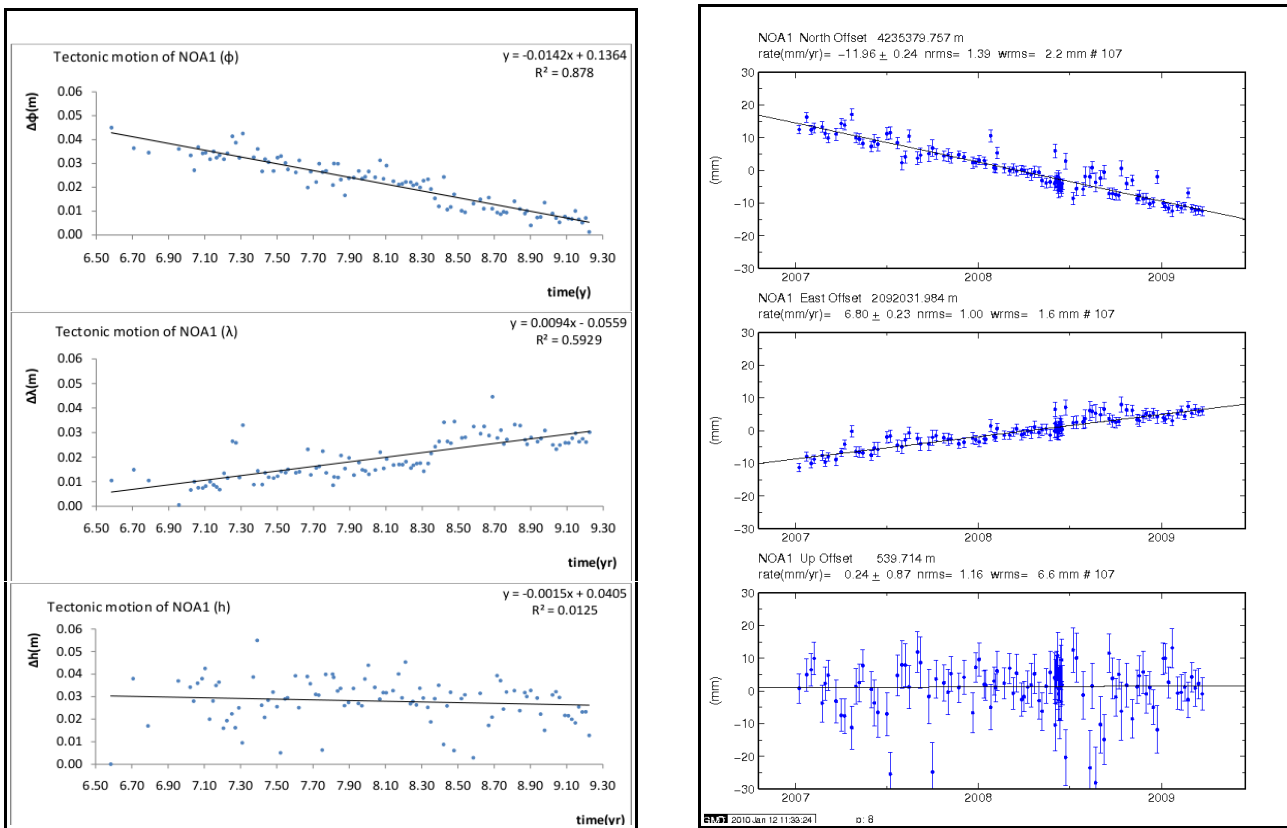
Image 4.9: Time series of stations SPAN and PONT from Bernese (left) and Gamit/Globk (right)

## Κεφάλαιο 4: Σύγκριση Bernese - Gamit/Globk



Εικόνα 4.10: Χρονοσειρές Bernese – Gamit/Globk των σταθμών VLSM και RLSO

Image 4.10: Time series of stations RLSO and VLSM from Bernese (left) and Gamit/Globk (right)



*Εικόνα 4.11: Χρονοσειρά Bernese – Gamit/Globk του σταθμού NOA1  
Image 4.11: Time series of station NOA1 from Bernese (left) and Gamit/Globk (right)*

Παραπάνω, στις Εικόνες 4.8–4.11, παρατίθενται οι χρονοσειρές του Bernese από την Διπλωματική Εργασία του Δ. Αναστασίου (αριστερά) και οι χρονοσειρές από την επεξεργασία με το Gamit/Globk (δεξιά). Οι χρονοσειρές του Δ. Αναστασίου εκφράζονται σε Δφ, Δλ και Δh, ενώ του Gamit/Globk σε Δη, Δε και Δυ. Για τόσο μικρές διαφορές μεταξύ τιμής αναφοράς των συντεταγμένων των διαγραμμάτων και τιμής της χρονοσειράς, τα μεγέθη αυτά είναι απολύτως ίδια εάν είναι εκφρασμένα σε m.

Παρατηρώντας τα γραφήματα των παραπάνω χρονοσειρών των δύο λογισμικών, είναι προφανές ότι η συμπεριφορά των σταθμών είναι παρόμοια χωρίς ιδιαίτερες ασυμβατότητες. Μικρές διαφορές παρουσιάζονται στις κλίσεις των ευθειών παρεμβολής, οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενη ενότητα. Αξιοσημείωτη είναι η μετάθεση που παρατηρείται στην χρονοσειρά του σταθμού RLSO κατά την κατεύθυνση North από την επίλυση Gamit/Globk. Στην χρονοσειρά της επίλυσης από το Bernese δεν είναι τόσο εμφανή η μετάθεση αυτή. Όπως προαναφέρθηκε, η μετάθεση αυτή οφείλεται στην επίδραση του σεισμού της Ανδραβίδας (08/06/2008) στο σταθμό RLSO.

### 4.4.3. Σύγκριση ταχυτήτων

Στην συνέχεια, συγκρίθηκαν οι ταχύτητες που προέκυψαν από τα δύο λογισμικά. Οι ταχύτητες από το Gamit/Globk προέρχονται από μία ενιαία συνόρθωση χρησιμοποιώντας το φίλτρο Kalman, ενώ οι ταχύτητες της Διπλωματικής Εργασίας του Δ. Αναστασίου προέρχονται από μία γραμμική παλινδρόμηση στις ημερήσιες επίλυσεις του Bernese. Παρακάτω, παρατίθενται οι εν λόγω ταχύτητες από την επίλυση Gamit/Globk και από την επίλυση Bernese στο ITRF 2005, εκφρασμένες σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.

Ταχύτητες Gamit/Globk στο ITRF 2005 (m/yr)							
Site	Ve	Vn	Vu	Epoch	sVe	sVn	sVu
NOA1	0.0070	-0.0120	0.0015	2008.22	0.0002	0.0003	0.0009
RLSO	0.0082	-0.0039	0.0077	2008.21	0.0003	0.0003	0.0011
SPAN	0.0202	0.0029	0.0010	2008.41	0.0003	0.0003	0.0013
VLSM	0.0180	0.0039	-0.0009	2008.24	0.0003	0.0003	0.0013
PONT	0.0194	0.0083	-0.0019	2008.23	0.0004	0.0004	0.0015
KASI	0.0210	0.0139	-0.0009	2008.36	0.0003	0.0003	0.0012

Πίνακας 4.3: Ταχύτητες δικτύου μελέτης από το Gamit/Globk σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.

Table 4.3: Velocities of studied network from Gamit/Globk in regional representation

Ταχύτητες Bernese στο ITRF 2005 (m/yr)						
Site	Ve	Vn	Vu	sVe	sVn	sVu
NOA1	0,0093	-0,0142	-0,0015	0,0008	0,0005	0,0014
RLSO	0,0110	-0,0068	-0,0021	0,0004	0,0004	0,0009
SPAN	0,0230	0,0009	-0,0058	0,0007	0,0007	0,0022
VLSM	0,0193	0,0024	-0,0028	0,0004	0,0004	0,0011
PONT	0,0215	0,0070	-0,0074	0,0005	0,0004	0,0030
KASI	0,0231	0,0117	-0,0084	0,0010	0,0010	0,0025

Πίνακας 4.4: Ταχύτητες δικτύου μελέτης από το Bernese σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.

Table 4.4: Velocities of studied network from Bernese in regional representation

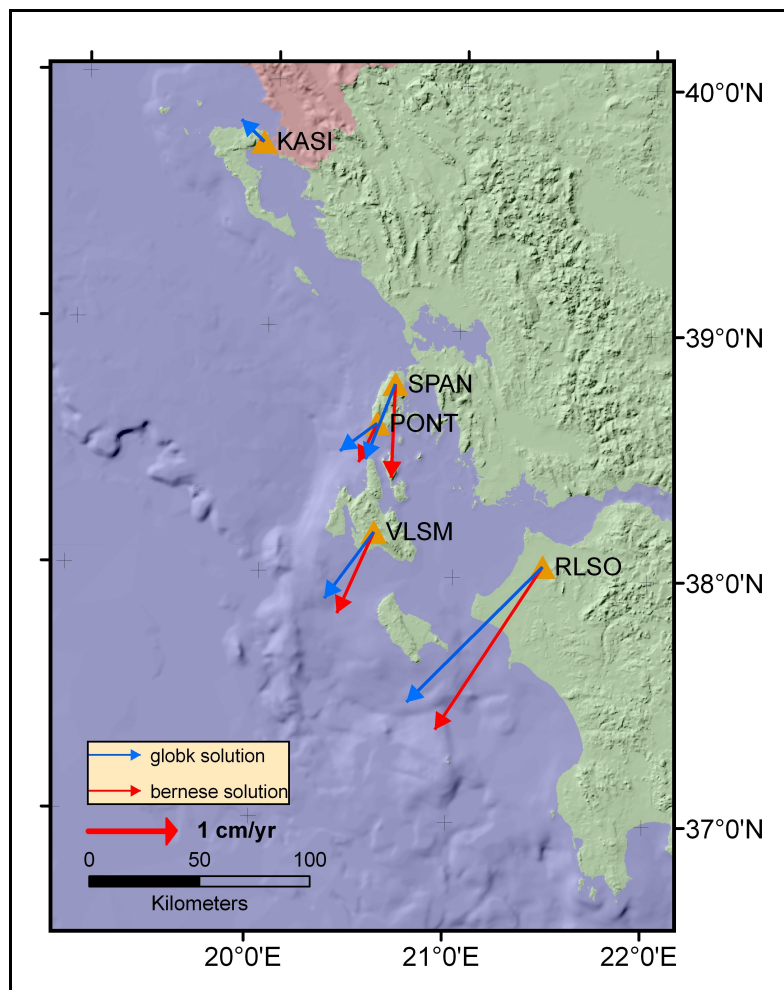
Στους παραπάνω πίνακες, παρατηρείται ότι τα τυπικά σφάλματα των ταχυτήτων προερχόμενα από το Bernese είναι ελαφρώς μεγαλύτερα από αυτά προερχόμενα από το Gamit/Globk. Αυτό φυσικά δεν σημαίνει ότι οι ταχύτητες του Gamit/Globk είναι περισσότερο αξιόπιστες, διότι οι αβεβαιότητες των ταχυτήτων είναι τις περισσότερες φορές υπερεκτιμημένες [Mao et al., 1999].

Έπειτα, στον Πίνακα 4.5 παρατίθενται οι διαφορές μεταξύ των παραπάνω ταχυτήτων του δικτύου μελέτης. Παρατηρείται ότι οι διαφορές στις ταχύτητες κυμαίνονται από 1 ως 3 mm/yr οριζοντιογραφικά και από 2 ως 10 mm/yr υψομετρικά. Επιπλέον, φαίνεται ξεκάθαρα η συστηματοποίηση των διαφορών αυτών, η οποία παρουσιάζεται με αρνητικές τιμές ως προς την διεύθυνση East και με θετικές τιμές ως προς την διευθύνσεις North και Up.

Διαφορές ταχυτήτων Gamit/Globk – Bernese (m/yr)			
Site	dVe	dVn	dVu
NOA1	-0,0023	0,0022	0,0030
RLSO	-0,0028	0,0029	0,0098
SPAN	-0,0028	0,0020	0,0068
VLSM	-0,0013	0,0015	0,0019
PONT	-0,0021	0,0013	0,0055
KASI	-0,0021	0,0022	0,0075

Πίνακας 4.5: Διαφορές ταχυτήτων μεταξύ Gamit/Globk – Bernese σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.  
Table 4.5: Velocity differences between Gamit/Globk and Bernese solutions in local representation

Εν συνεχεία, στην *Εικόνα 4.13*, παρατίθεται ο χάρτης των οριζοντιογραφικών ταχυτήτων, ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης, των δύο λογισμικών των σταθμών του δικτύου μελέτης, το οποίο εκτείνεται στην περιοχή του Ιονίου πελάγους.



Εικόνα 4.13: Χάρτης οριζοντιογραφικών ταχυτήτων των σταθμών του δικτύου μελέτης των λογισμικών Gamit/Globk (μπλε βέλη) και Bernese (κόκκινα βέλη) ως προς σταθερή Ευρώπη

Image 4.13: Map of horizontal station velocities of studied network from the Gamit/Globk solution (blue arrows) and Bernese (red arrows) solution with fixed Europe

#### Κεφάλαιο 4: Σύγκριση Bernese - Gamit/Globk

Επιπροσθέτως, στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι εν λόγω οριζοντιογραφικές ταχύτητες των σταθμών του Ιονίου πελάγους των δύο λογισμικών, ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης.

Ταχύτητες ως προς σταθερή Ευρώπη (m/yr)				
Site	Gamit/Globk		Bernese	
	Ve	Vn	Ve	Vn
<b>RLSO</b>	-0,0154	-0,0153	-0,0126	-0,0182
<b>SPAN</b>	-0,0034	-0,0085	-0,0006	-0,0105
<b>VLSM</b>	-0,0056	-0,0075	-0,0043	-0,0090
<b>PONT</b>	-0,0042	-0,0031	-0,0021	-0,0044
<b>KASI</b>	-0,0026	0,0025	-0,0005	0,0003

*Πίνακας 4.6: Οριζοντιογραφικές ταχύτητες των σταθμών του δικτύου μελέτης των λογισμικών Gamit/Globk - Bernese ως προς σταθερή Ευρώπη.*

*Table 4.6: Horizontal velocities of studied network from the Gamit/Globk and Bernese solutions with fixed Europe*

Μελετώντας τον χάρτη της Εικόνας 4.13 και τον Πίνακα 4.6, παρατήθηκε μία στροφή μεταξύ των διανυσμάτων των ταχυτήτων των δύο λογισμικών. Η στροφή αυτή είναι της ίδιας φοράς διεύθυνσης για όλους τους σταθμούς του Ιονίου πελάγους, ενώ εκτείνεται από 10 έως 30 μοίρες περίπου. Εν αντιθέσει, δεν παρατηρείται ιδιαίτερη διαφορά στα μέτρα των διανυσμάτων μεταξύ των δύο επίλυσεων (<1 mm/yr), με εξαίρεση τον σταθμό KASI (3 mm) που στην επίλυση με το Bernese εμφανίζει σχεδόν μηδενική οριζοντιογραφική ταχύτητα ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης. Η εν λόγω στροφή υποδεικνύει μία αξιοσημείωτη συστηματική διαφορά στον αλγόριθμο επίλυσης των δύο λογισμικών.

Διαφορές ταχυτήτων κατά διεύθυνση και μέτρο ως προς σταθερή Ευρώπη		
Site	da (degrees)	ds (m)
<b>RLSO</b>	10,52	0,0004
<b>SPAN</b>	18,37	0,0014
<b>VLSM</b>	11,53	0,0006
<b>PONT</b>	28,02	-0,0004
<b>KASI</b>	12,83	-0,0030

*Πίνακας 4.7: Διαφορές οριζοντιογραφικών ταχυτήτων των σταθμών του δικτύου μελέτης μεταξύ των λογισμικών Gamit/Globk - Bernese κατά διεύθυνση και μέτρο ως προς σταθερή Ευρώπη.*

*Table 4.7: Angle and length differences of horizontal velocity vectors from the Gamit/Globk and Bernese solutions with fixed Europe*

#### 4.5. Έλεγχος αξιοπιστίας αποτελεσμάτων

Στην παρούσα εφαρμογή, ο σταθμός NOA1 ενσωματώθηκε στο δίκτυο κυρίως για έλεγχο των αποτελεσμάτων. Ο σταθμός αυτός είναι μέρος του δικτύου του EUREF και επιλύεται από

διάφορα ευρωπαϊκά ερευνητικά κέντρα. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα διανύσματα των τοποκεντρικών ταχυτήτων του σταθμού NOA1 από τρεις διαφορετικές επιλύσεις. Η πρώτη προέρχεται από την δημοσιευμένη στην ιστοσελίδα του EUREF (<http://www.epncb.oma.be/>), η δεύτερη από την επίλυση με το Gamit/Globk και η τρίτη από την επίλυση με το Bernese.

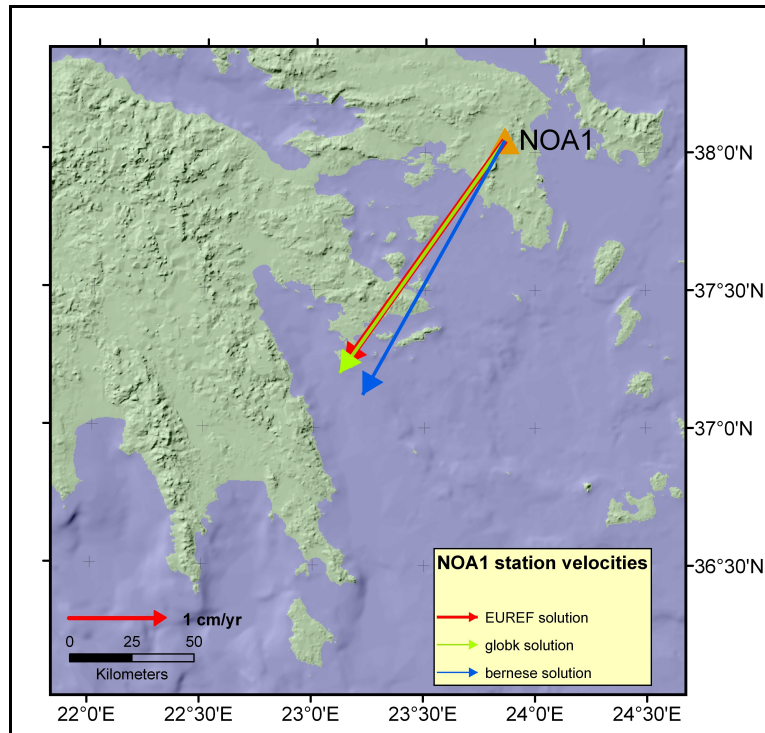
<b>Διαφορές ταχυτήτων του σταθμού NOA1 μεταξύ GAMIT/GLOBK - BERNESE – EUREF (m/yr)</b>					
	<b>ITRF 2005</b>			<b>Fixed Europe</b>	
<b>Επιλύσεις</b>	<b>Ve</b>	<b>Vn</b>	<b>Vu</b>	<b>Ve</b>	<b>Vn</b>
EUREF NOA1	0,0075	-0,0112	-0,0012	-0,0161	-0,0226
GAMIT/GLOBK NOA1	0,0070	-0,0120	0,0015	-0,0166	-0,0234
BERNESE NOA1	0,0093	-0,0142	-0,0015	-0,0143	-0,0256
<b>Διαφορές</b>	<b>dVe</b>	<b>dVn</b>	<b>dVu</b>	<b>dVe</b>	<b>dVn</b>
EUREF – GAMIT/GLOBK	0,0005	0,0008	-0,0027	0,0005	0,0008
EUREF – BERNESE	-0,0018	0,0030	0,0003	-0,0018	0,0030

*Πίνακας 4.8: Διαφορές στις εκτιμήσεις των ταχυτήτων του σταθμού NOA1 μεταξύ επιλύσεων EUREF, Gamit/Globk και Bernese σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.*

*Table 4.8: NOA1's velocity differences between EUREF, Gamit/Globk and Bernese solutions in local representation*

Παρατηρείται ότι οι διαφορές μεταξύ των επιλύσεων Gamit/Globk – EUREF στην ταχύτητα του NOA1 κυμαίνονται στο δέκατο του χιλιοστού οριζοντιογραφικά και στα 3 mm/yr υψομετρικά, ενώ οι διαφορές μεταξύ των επιλύσεων Bernese – EUREF κυμαίνονται στα 2 με 3 mm/yr οριζοντιογραφικά και στο δέκατο του χιλιοστού υψομετρικά. Είναι προφανές ότι η εκτίμηση των οριζοντιογραφικών συνιστωσών της ταχύτητας του σταθμού NOA1 από το Gamit/Globk ταυτίζονται με αυτής από το EUREF οριζοντιογραφικά. Εξαιρεση αποτελεί η εκτίμηση της συνιστώσας της ταχύτητας κατά την διεύθυνση του υψομέτρου, η οποία δικαιολογείται λόγω του υψηλού θορύβου κατά την διεύθυνση αυτή. Αντίθετα, οι διαφορές στις συνιστώσες της ταχύτητας του σταθμού NOA1 μεταξύ των επιλύσεων Bernese – EUREF είναι αξιοσημείωτες στο επίπεδο της οριζοντιογραφίας, αγγίζοντας τα 3 mm/yr κατά την διεύθυνση North και τα 2 mm/yr κατά την διεύθυνση East.

Παρακάτω, παρατίθεται ο χάρτης των διανυσμάτων των οριζοντιογραφικών ταχυτήτων των τριών επιλύσεων, ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης. Παρατηρείται ότι οι επιλύσεις του EUREF και του Gamit/Globk συμπίπτουν, ενώ η επίλυση του Bernese διαφέρει. Τα διανύσματα των ταχυτήτων του Bernese και του EUREF διαφέρουν σε στροφή (6°,12). Η στροφή αυτή είναι της ίδιας φοράς διεύθυνσης με την στροφή που παρατηρήθηκε στους σταθμούς του Ιονίου πελάγους (*Εικόνα 4.13*). Εν αντιθέσει, δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά στα μέτρα των διανυσμάτων των οριζοντιογραφικών ταχυτήτων (0,6 mm).



*Εικόνα 4.14: Χάρτης οριζοντιογραφικών ταχυτήτων του σταθμού NOA1 των επιλύσεων EUREF (κόκκινο βέλος), Gamit/Globk (πράσινο βέλος) και Bernese (μπλε βέλος) ως προς σταθερή Ευρώπη.*

*Image 4.14: NOA1's horizontal velocity vector differences from EUREF (red arrow), Gamit/Globk (green arrow) and Bernese (blue arrow) solutions with fixed Europe*

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο προσδιορισμός ταχυτήτων από το Gamit/Globk διαφέρει σε μεθοδολογία από αυτόν που ακολουθήθηκε στην Διπλωματική Εργασία του Δ. Αναστασίου. Οι εκτιμήσεις των ταχυτήτων με το Gamit/Globk προήλθαν από το πρόγραμμα *globk*, το οποίο χρησιμοποιεί ένα φίλτρο Kalman και συνορθώνει όλες τις ημερήσιες επιλύσεις παράγοντας ταχύτητες, ενώ οι εκτιμήσεις των ταχυτήτων από την Διπλωματική του Δ. Αναστασίου προήλθαν χρησιμοποιώντας την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης στις ημερήσιες επιλύσεις του Bernese.

Το Gamit/Globk παρέχει την δυνατότητα εξαγωγής ταχυτήτων με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία εφαρμόζεται στις ημερήσιες επιλύσεις που παράγει το πρόγραμμα *glred*. Παρόλα αυτά, δεν κρίθηκε αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν αυτές τις ταχύτητες στις συγκρίσεις που προηγήθηκαν. Οι διαφορές στις ταχύτητες μεταξύ των δύο μεθοδολογιών εξαγωγής ταχυτήτων από το Gamit/Globk παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.



<b>Διαφορές ταχυτήτων globk – glred (m/yr)</b>			
<b>Site</b>	<b>dVe</b>	<b>dVn</b>	<b>dVu</b>
<b>NOA1</b>	0,0002	-0,0001	0,0013
<b>RLSO</b>	0,0002	0,0000	0,0011
<b>SPAN</b>	0,0005	-0,0006	0,0009
<b>VLSM</b>	0,0003	0,0000	0,0009
<b>PONT</b>	0,0004	-0,0001	0,0008
<b>KASI</b>	0,0004	-0,0003	0,0008

*Πίνακας 4.9: Διαφορές στις εκτιμήσεις των ταχυτήτων μεταξύ globk και glred σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων.*  
*Table 4.9: Station velocity differences between globk and glred solutions in regional representation*

Στον *Πίνακα 4.9*, παρατηρείται ότι οι διαφορές στις ταχύτητες μεταξύ των δύο μεθοδολογιών που παρέχει το Gamit/Globk κυμαίνονται στο δέκατο του χιλιοστού. Συνεπώς, δεν επιχειρήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων των ταχυτήτων του Bernese με αυτές που παράγει το script *sh\_plotcrd* (glred) για προφανείς λόγους.



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσης εργασίας. Περιλαμβάνουν παρατηρήσεις πάνω στα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις εφαρμογές του τρίτου και τετάρτου κεφαλαίου. Η πρώτη εφαρμογή αφορούσε την επεξεργασία παρατηρήσεων των μόνιμων σταθμών GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών με το λογισμικό Gamit/Globk, ενώ η δεύτερη αφορούσε την σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των λογισμικών επεξεργασίας Bernese και Gamit/Globk.

### 5.2. Επίλυση του δικτύου GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών με το Gamit/Globk

Το δίκτυο μελέτης περιελάμβανε 11 τοπικούς σταθμούς GPS του Αστεροσκοπείου και 20 σταθμούς αναφοράς της IGS στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης (*Εικόνες 3.1-3.2*) για το χρονικό διάστημα 01/01/2007–28/10/2009. Η επεξεργασία και επίλυση πραγματοποιήθηκε από το Gamit/Globk σε δύο στάδια, πρώτα από το Gamit και ύστερα από το Globk. Στο επίπεδο επεξεργασίας του Globk πραγματοποιήθηκαν διάφορα πειράματα που αφορούσαν τον τρόπο σταθεροποίησης της επίλυσης και τον τρόπο υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς από το *glorg*. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση αυτής της εφαρμογής:

- Η επεξεργασία με το Gamit πραγματοποιήθηκε με επιτυχία για όλες τις ημέρες του χρονικού διαστήματος μελέτης. Τα ποσοστά επιλυμένων ασαφειών φάσεων βραχείας οδού NL (narrow lane) κυμάνθηκαν κατά μέσο όρο γύρω στο 93 %, ενώ τα κανονικοποιημένα rms (nrms) των επιλύσεων κυμάνθηκαν κατά μέσο όρο στο 0.17. Τα ποσοστά επιλυμένων ασαφειών φάσεων σε ακέραιους κύκλους με το Gamit είναι πολύ υψηλά σε ένα καλοσχηματισμένο δίκτυο.
- Τα πειράματα που διεξάχθηκαν στα επίπεδα επεξεργασίας του *glred* και του *globk* έδειξαν ότι η μεταβολή των a priori δεσμεύσεων στα τροχιακά στοιχεία των δορυφόρων και στα στοιχεία προσανατολισμού της γης (EOP) δεν επιφέρουν ουσιαστικές μεταβολές στις συντεταγμένες και ταχύτητες ενός τοπικού δικτύου μελέτης, όπως αυτό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Επιπλέον, ο προσδιορισμός κλίμακας ή όχι κατά τους μετασχηματισμούς υλοποίησης των πλαισίων αναφοράς των συντεταγμένων και των ταχυτήτων δεν επιφέρει ουσιαστικές μεταβολές στα αποτελέσματα των συντεταγμένων

και ταχυτήτων ενός τοπικού δικτύου μελέτης. Οι μεταβολές αυτές ήταν της τάξης του δεκάτου του χιλιοστού.

- Η επεξεργασία με το Globk πραγματοποιήθηκε με επιτυχία τόσο στο επίπεδο των ημερήσιων επιλύσεων (*glred/glorg*) όσο και στο επίπεδο της ενιαίας επίλυσης (*globk/glorg*). Τα στατιστικά στοιχεία των μετασχηματισμών υλοποίησης των πλαισίων αναφοράς (POST RMS) κυμάνθηκαν στις τυπικές τιμές των 3 mm για τις συντεταγμένες και του 1 mm/yr για τις ταχύτητες. Η υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας 18 σταθμούς αναφοράς κατά κόρον. Επιπλέον, οι διαφορές στα αποτελέσματα των ταχυτήτων των σταθμών του Αστεροσκοπείου μεταξύ των επιλύσεων από τις ρουτίνες *glred/glorg* (γραμμική παλινδρόμηση) και *globk/glorg* (φίλτρο Kalman) κυμάνθηκαν στην τάξη του 0.1 mm/yr. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι για ένα καλοσχηματισμένο δίκτυο σταθμών GPS με επαρκές διάστημα παρατηρήσεων, οι διαφορές στα αποτελέσματα μεταξύ των δύο μεθοδολογιών εξαγωγής ταχυτήτων είναι αμελητέες.
- Ο σταθμός NOA1 στην Πεντέλη του νομού Αττικής προστέθηκε στην ανάλυση επειδή είναι σταθμός του δικτύου του EUREF. Η διαφορά στα αποτελέσματα των ταχυτήτων μεταξύ των επιλύσεων της παρούσης εφαρμογής και των επιλύσεων του EUREF είναι στην τάξη του δεκάτου του χιλιοστού οριζοντιογραφικά και στην τάξη του χιλιοστού υψομετρικά (*Πίνακας 3.9*). Επιπρόσθετα, υπήρξε απόλυτη ταύτιση των διανυσμάτων των ταχυτήτων οριζοντιογραφικά (*Εικόνα 3.18*), γεγονός που υποδηλώνει το υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας της επεξεργασίας που πραγματοποιήθηκε με το Gamit/Globk στο δίκτυο σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.
- Η κίνηση των σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών οριζοντιογραφικά, ως προς σταθερή την τεκτονική πλάκα της Ευρώπης, ακολουθεί νοτιοδυτική διεύθυνση, με εξαίρεση τους σταθμούς NVRK στο Κάτω Νευροκόπι Δράμας και KASI στην Κασσιόπη της Κέρκυρας που κινούνται βορειοδυτικά (*Εικόνα 3.17*).

### 5.3. Σύγκριση Bernese – Gamit/Globk

Η δεύτερη εφαρμογή της παρούσης εργασίας αποσκοπούσε στην σύγκριση των αποτελεσμάτων που παράγουν τα λογισμικά επεξεργασίας Bernese και Gamit/Globk. Το δίκτυο μελέτης περιελάμβανε 6 σταθμούς GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και 10 σταθμούς αναφοράς της IGS. Η επεξεργασία με το λογισμικό Bernese πραγματοποιήθηκε από τον Αναστασίου Δημήτριο στα πλαίσια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας του [Αναστασίου Δ. 2009]. Ακόμη, κατά την επεξεργασία με το Gamit/Globk τηρήθηκαν οι αρχικές συνθήκες (διάστημα παρατηρήσεων, σταθμοί αναφοράς κ.α.) που είχαν χρησιμοποιηθεί στην

προηγούμενη μελέτη από τον Δ. Αναστασίου, έτσι ώστε η σύγκριση να είναι όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη. Παρακάτω, παρατίθενται τα συμπεράσματα της σύγκρισης:

- Οι διαφορές στις συντεταγμένες των ημερήσιων επιλύσεων των σταθμών του Αστεροσκοπείου στο Ιόνιο πέλαγος μεταξύ των δύο λογισμικών (Gamit/Globk – Bernese) κυμάνθηκαν κατά μέσο όρο: από 5 ως 8 mm ως προς την διεύθυνση East, από -6 ως -7 mm ως προς την διεύθυνση North και από 4 ως 12 mm ως προς την διεύθυνση Up (Πίνακας 4.2). Παρατηρήθηκε έντονη συστηματοποίηση των διαφορών αυτών, καθότι παρουσίαζαν θετικές τιμές κατά τις διευθύνσεις East και Up και αρνητικές κατά την διεύθυνση North (Εικόνες 4.3-4.7).
- Τα γραφήματα χρονοσειρών των 6 τοπικών σταθμών του δικτύου μελέτης παρουσίασαν παρόμοια “συμπεριφορά” και στις δύο επιλύσεις (Εικόνες 4.8-4.11). Ως “συμπεριφορά” ορίζεται η εικόνα κινητικότητας που παρουσίαζαν οι σταθμοί στις χρονοσειρές τους.
- Οι διαφορές στις ταχύτητες των 6 σταθμών του Αστεροσκοπείου μεταξύ των δύο λογισμικών (Gamit/Globk – Bernese) κυμάνθηκαν: από 1 ως 3 mm/yr οριζοντιογραφικά και από 2 ως 10 mm/yr υψομετρικά (Πίνακας 4.5). Παρατηρήθηκε έντονη συστηματοποίηση των διαφορών αυτών, καθότι παρουσίαζαν θετικές τιμές κατά τις διευθύνσεις North και Up και αρνητικές κατά την διεύθυνση East (Πίνακας 4.5 – Εικόνα 4.13).
- Η διαφορά στα αποτελέσματα των ταχυτήτων για τον σταθμό NOA1 μεταξύ των επιλύσεων Gamit/Globk και των επιλύσεων του EUREF κυμάνθηκαν στο δέκατο του χιλιοστού οριζοντιογραφικά και στα 3 mm/yr υψομετρικά. Εν αντιθέσει, οι διαφορές στα αποτελέσματα των ταχυτήτων μεταξύ των επιλύσεων Bernese και των επιλύσεων του EUREF κυμάνθηκαν στα 2-3 mm/yr οριζοντιογραφικά και στο δέκατο του χιλιοστού υψομετρικά (Πίνακας 4.7). Επιπροσθέτως, υπήρξε απόλυτη ταύτιση των διανυσμάτων των ταχυτήτων οριζοντιογραφικά των επιλύσεων Gamit/Globk και EUREF, πράγμα που δεν συνέβηκε μεταξύ των επιλύσεων Bernese και EUREF (Εικόνα 4.14). Τα μέτρα των διανυσμάτων των οριζοντιογραφικών ταχυτήτων δεν διαφέρουν ιδιαίτερα σε μέτρο αλλά διαφέρουν σημαντικά σε στροφή.
- Η συστηματική διαφορά στα αποτελέσματα των συντεταγμένων και των ταχυτήτων μεταξύ των λογισμικών Bernese και Gamit/Globk υποδεικνύει τη διαφορά στους αλγόριθμους επεξεργασίας και υλοποίησης του πλαισίου αναφοράς. Περαιτέρω μελέτη θα πρέπει να διεξαχθεί ούτως ώστε να εντοπισθεί που οφείλονται εν λόγω διαφορές.

## 5.4. Σύγκριση αποτελεσμάτων του Globk μεταξύ των επιλύσεων των εφαρμογών του 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> κεφαλαίου

Οι επιλύσεις με το Gamit/Globk των εφαρμογών που παρουσιάζονται στα κεφάλαια 3 και 4, περιέχουν στο τοπικό δίκτυο μελέτης 6 κοινούς σταθμούς GPS (KASI, PONT, SPAN, VLSM, RLSO, NOA1). Οι εν λόγω επιλύσεις διέφεραν ως προς την μεθοδολογία επεξεργασίας που ακολουθήθηκε στα εξής σημεία:

- **Πλήθος των τοπικών σταθμών μελέτης.** Στην πρώτη εφαρμογή το τοπικό δίκτυο μελέτης περιελάμβανε 11 σταθμούς GPS, ενώ στην δεύτερη 6 σταθμούς.
- **Πλήθος των σταθμών αναφοράς της IGS.** Στην πρώτη εφαρμογή το δίκτυο αναφοράς περιελάμβανε 20 σταθμούς GPS, ενώ στην δεύτερη 10 σταθμούς. Οι κοινοί σταθμοί αναφοράς μεταξύ των δύο προσεγγίσεων ήταν 5 σε πλήθος (WTZR, GRAZ, BUCU, ANKR, NICO).
- **Γεωμετρία των σταθμών αναφοράς.** Στην πρώτη εφαρμογή το δίκτυο των σταθμών αναφοράς εκτεινόταν στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης, ενώ στην δεύτερη εκτεινόταν στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου.
- **Χρονικό διάστημα και περίοδο μετρήσεων.** Στην πρώτη εφαρμογή επιλύθηκαν 1032 συνεχείς ημέρες ενός χρονικού διαστήματος 3 περίπου χρόνων (01/01/2007–28/10/2009), ενώ στην δεύτερη εφαρμογή επιλύθηκαν 107 ημέρες, συχνότητας 4 ημερών το μήνα, ενός χρονικού διαστήματος 2 χρόνων περίπου (08/01/2007–23/03/2009).

Διαφορές Ταχυτήτων μεταξύ των δύο επιλύσεων με το Gamit/Globk στο ITRF 2005 (m/yr)						
Site	dVX	dVY	dVZ	dVe	dVn	dVu
NOA1	0.0011	0.0005	0.0007	0.0000	-0.0001	0.0014
RLSO	0.0004	0.0003	0.0019	0.0001	0.0012	0.0015
SPAN	0.0004	0.0000	-0.0006	-0.0001	-0.0007	-0.0001
VLSM	-0.0003	0.0009	0.0005	0.0009	0.0004	0.0003
PONT	0.0002	0.0007	0.0010	0.0006	0.0005	0.0009
KASI	-0.0011	0.0009	-0.0003	0.0012	0.0002	-0.0008

*Πίνακας 5.1: Διαφορές στις εκτιμήσεις των ταχυτήτων μεταξύ των δύο προσεγγίσεων επίλυσης με το Gamit/Globk των εφαρμογών του 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> κεφαλαίου.*

*Table 5.1: Station velocity differences between the two approaches of Gamit/Globk solutions from the experiments of the 3<sup>rd</sup> and the 4<sup>th</sup> Chapter*

Στον παραπάνω πίνακα, παρουσιάζονται οι διαφορές στις ταχύτητες των 6 σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών μεταξύ των δύο προσεγγίσεων επεξεργασίας τόσο σε καρτεσιανό όσο

και σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων. Παρατηρείται ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο επιλύσεων στα αποτελέσματα των ταχυτήτων δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές και κυμαίνονται στην τάξη του 1 mm/yr.

Τελικό συμπέρασμα είναι ότι, παρόλο που οι αρχικές συνθήκες των δύο προσεγγίσεων επίλυσης διαφέρουν σημαντικά στα σημεία που προαναφέρθηκαν, οι διαφορές στις εκτιμώμενες ταχύτητες είναι ελάχιστες. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι δεν χρειάζονται καθημερινές ημερήσιες παρατηρήσεις, διάστημα δεδομένων πάνω από 2 χρόνια και υπερβολικά μεγάλο δίκτυο σταθμών αναφοράς για την εκτίμηση των ταχυτήτων σταθμών GPS ενός τοπικού δικτύου μελέτης, με ακρίβεια της τάξης του 1 mm/yr.





---

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναστασίου, Δ. (2009), **Διπλωματική Εργασία: Μελέτη των τεκτονικών μετατοπίσεων στο Ιόνιο με ανάλυση χρονοσειρών GPS**, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου, ΕΜΠ.
- Κορακίτης, Ρ.Α. (2006), **Σημειώσεις Γεωδαιτικής Αστρονομίας**, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου, ΕΜΠ.
- Altamimi, Z., P. Sillard, and C. Boucher (2002), **ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications**, *Journal of Geophysical Research*, 107(B10), 2214.
- Altamimi, Z., X. Collilieux, J. Legrand, B. Garayt, and C. Boucher (2007), **ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of stations positions and Earth Orientation Parameters**, *Journal of Geophysical Research*, 112, B09401.
- Argus, D.F., and M.B. Heflin (1998), **Angular velocity of main plates**, *Pers. Comm.*.
- Beutler, G., E. Brockmann, W. Gurtner, U. Hugentobler, L. Mervart, and M. Rothacher (1994b), **Extended orbit modeling techniques at the CODE Processing Center of the International GPS Service for Geodynamics (IGS): theory and initial results**, *Man, Geod.*, 19, 367– 386.
- Blewitt, G. (1989), **Carrier Phase Ambiguity Resolution for the Global Positioning System Applied to Geodetic Baselines up to 2000 km**, *Journal of Geophysical Research*, 94, 10187-10203.
- Blewitt, G., and Lavalée, D. (2002), **Effects of annual signals on geodetic velocity**, *Journal of Geophysical Research*, 107, 9-1.
- Boehm, J., B. Werl, and H. Schuh (2006), **Troposphere mapping functions for GPS and very long baseline interferometry from European Center for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data**, *Journal of Geophysical Research*, 111, B02406.
- Dong, D., T.A. Herring, and R.W. King (1998), **Estimating regional deformation from a combination of space and terrestrial geodetic data**, *Journal of Geodesy*, 72, 200-214.
- Dong, D., P. Fang, Y. Bock, M.K. Cheng, and S. Miyazaki (2002), **Anatomy of apparent seasonal variations from a GPS-derived site position time series**, *Journal of Geophysical Research*, 107(B4), 2075.
- Gelb, A., ed. (1974), **Applied Optimal Estimation**, *The M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge, Massachusetts, and London, England .
- Herring, T.A., J.L. Davis, and I.I. Shapiro (1990), **Geodesy by Radio Interferometry: The Application of Kalman Filtering to the Analysis of Very Long Baseline Interferometry Data**, *Journal of Geophysical Research*, 95, 12861-12581.
- Herring, T.A., R.W. King, and S.C. McClusky (2006), **GAMIT Reference Manual: GPS Analysis at MIT, Release 10.3**, *Department of Earth Atmospheric and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology*.
- Herring, T.A., R.W. King, and S.C. McClusky (2006), **GLOBK Reference Manual: Global Kalman filter**

## Βιβλιογραφία

---

**VLBI and GPS analysis program, Release 10.3**, Department of Earth Atmospheric and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.

Herring, T.A., R.W. King, and S.C. McClusky (2008), **Introduction to Gamit/Globk**, Department of Earth Atmospheric and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.

Kalman, R.E. (1960), **A new Approach to Linear Filtering and Prediction Problems**, *Journal of Basic Engineering* (ASME), 82(D), 35-45.

Leick, A. (1995), **GPS Satellite Surveying**, Department of Surveying Engineering, University of Maine, Orono, Maine.

Mao, A., C.G.A. Harrison, and T.H. Dixon (1999), **Noise in GPS coordinate time series**, *Journal of Geophysical Research*, 104, 2797-2816.

Ray, J., D. Dong, and Z. Altamimi (2004), **IGS reference frames: status and future improvements**, *GPS solutions*, 8, 251-266.

Ray, J., and Z. Altamimi (2005), **Evaluation of co-location ties relating the VLBI and GPS reference frames**, *Journal of Geodesy*, 79, 189-195.

Ray, J., J. Kouba, and Z. Altamimi (2005). **Is there utility in rigorous combinations of VLBI and GPS Earth orientation parameters?**, *Journal of Geodesy*, 79, 505-511.

Rülke, A., R. Dietrich, M. Fritsche, M. Rothacher, and P. Steigenberger (2008), **Realization of the Terrestrial Reference System by a reprocessed global GPS network**, *Journal of Geophysical Research*, 113, B08403.

Tregoning, P., and T. van Dam (2005), **Effects of atmospheric pressure loading and seven-parameter transformations on estimates of geocenter motion and station heights from space geodetic observations**, *Journal of Geophysical Research*, 110, B03408.

Welch, G., and Bishop G. (2006), **An introduction to the Kalman Filter**, Department of Computer Science - University of North Carolina, Chapen Hill, NC 27599-3175.

Williams, S.D.P. (2002), **The effect of coloured noise on the uncertainties of rates estimated from geodetic time series**, *Journal of Geodesy*, 76, 483-494.

## Ιστοσελίδες Αναφοράς:

Gamit/Globk Homepage - <http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/>

The Generic Mapping Tools Homepage - <http://gmt.soest.hawaii.edu/>

National Observatory of Athens GPS Project Homepage - <http://www.gein.noa.gr/gps.html>

EUREF Homepage - <http://www.epncb.oma.be/>

IGS Homepage - <http://igscb.jpl.nasa.gov/>

SOPAC Homepage - <http://sopac.ucsd.edu/>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### A1. Αρχεία εντολών Gamit της εφαρμογής του 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου

```
# File to control the use of stations in the processing
#
# Format: site expt keyword1 keyword2 ...
#
# where the first token is the 4- or 8-character site name (GAMIT uses only
# 4 characters, GLOBK allows only 4 unless there are earthquakes or renames),
# the second token is the 4-character experiment name, and the remaining
# tokens, read free-format, indicate how the site is to be used in the processing.
# All sites for which there are RINEX files in the local directory will be used
# automatically and do not need to be listed.
#
# GAMIT:
# ftprnx = sites to ftp from rinex data archives.
# ftpraw = sites to ftp from raw data archives.
# localrx = sites names used to search for rinex files on your local system.
#           (required in conjunction with rnxwnd path variable set in process.defaults).
# xstinfo = sites to exclude from automatic station.info updating.
# xsite   = sites to exclude from processing, all days or specified days
# GLOBK:
# glrepu = sites used in the GLRED repeatability solution (default is to use all)
# glreps = sites used for reference frame definition (stabilization) in
#           GLORG for the GLRED repeatability solution (default is IGS list)
# glts   = sites to plot as time series from GLRED repeatability solution (default is all)
#
# may use the following
# all_sites tubi xstinfo
# individual station commands will override all_sites if they follow it
atal_gps noal localrx xstinfo
noa__gps noal localrx xstinfo
noal_gps noal localrx xstinfo
kasi_gps noal localrx xstinfo
lemn_gps noal localrx xstinfo
neap_gps noal localrx xstinfo
nvrk_gps noal localrx xstinfo
pont_gps noal localrx xstinfo
prkv_gps noal localrx xstinfo
rls__gps noal localrx xstinfo
rls0_gps noal localrx xstinfo
span_gps noal localrx xstinfo
vls__gps noal localrx xstinfo
vlsn_gps noal localrx xstinfo
ankr_gps noal ftprnx xstinfo
brus_gps noal ftprnx xstinfo
cagl_gps noal ftprnx xstinfo
graz_gps noal ftprnx xstinfo
hers_gps noal ftprnx xstinfo
kit3_gps noal ftprnx xstinfo
mas1_gps noal ftprnx xstinfo
mets_gps noal ftprnx xstinfo
pdel_gps noal ftprnx xstinfo
pol2_gps noal ftprnx xstinfo
pots_gps noal ftprnx xstinfo
rabt_gps noal ftprnx xstinfo
trol_gps noal ftprnx xstinfo
wtzr_gps noal ftprnx xstinfo
zimm_gps noal ftprnx xstinfo
nico_gps noal ftprnx xstinfo
bucu_gps noal ftprnx xstinfo
ista_gps noal ftprnx xstinfo
tubi_gps noal ftprnx xstinfo
tela_gps noal ftprnx xstinfo
```

*Πίνακας A.1: Αρχείο sites.defaults - Table A.1: sites.defaults file*

```
# process.defaults
#
# Do not remove any of these entries. To by-pass a function, set the value to null: ""
## LOCAL DIRECTORIES
# Directory for translation of raw data
set rawpth = "$procdir/raw"
# Directory path for raw archives (search all levels); e.g. /data18/simon
set rawfnd = ""
# Input files for RINEX translators
set mph = "$procdir/mkrinex"
# RINEX files directory
set rpth = "$procdir/rinex"
# Directory path for RINEX archives (search all levels); e.g. /data18/simon
```

```

set rnxfnd = "/home/panos/work/rinex"
# Broadcast orbit directory
set bpth = "$procdir/brdc"
# IGS files directory
set ipth = "$procdir/igs"
# G-files directory
set gpth = "$procdir/gfiles"
# GAMIT and GLOBK tables directory
set tpth = "$procdir/tables"
# Output gifs directory
set gifpth = "$procdir/gifs"
# Globk solution directory
set glbpth = "$procdir/gsoln"
# Globk binary h-file directory
set glfpth = "$procdir/glbh"
# Directory path for other h-files (search all levels); e.g. /raid1/tah/SIO_GLL
set hfnd = ""
# Template files
set templatepth = "$procdir/templates"
# Place to store temporary control files
set cpth = "$procdir/control"
# Archive root directory (cannot be null)
set archivepth = "/home/panos/work/noal/archive"

## FTP INFO FOR REMOTE FILES
# Raw data archive
# set rawarchive = 'chandler.mit.edu'
# set rawdir = 'pub/continuous/mitnet'
# set rawlogin = "anonymous simon@chandler.mit.edu"
# Addresses for CDDSI, SOPAC, IGSCB, UNAVCO, BKG, IGN, USNO are given in template/ftp_info

##GAMIT
# Set sampling interval, number of epochs, and start time for processing
set sint = '30'
set neps = '2880'
set stime = '0 0'
# Variables for updating tables
set stinf_unique = "-u"
set stinf_nosort = "-nosort"
set stinf_slthgt = "2.00"
# Set "Y" to use RINEX header coordinates not in lfile or apr file
set use_rxc = "N"
# Broadcast orbits
set brdc = 'brdc'
# Minimum x-file size to be processed (Def. 300 blocks; most OS use 1 Kb blocks)
set minxf = '300'
# Set search window for RINEX files which might contain data for day - default check the previous day
set rx_doy_plus = 0
set rx_doy_minus = 1
# Default globk .apr file
set aprf = itrff05.apr
# Set compress (copts), delete (dopts) and archive (aopts) options. (Don't forget to set the archivepth.)
# Possible d-, c-, and a- opts: D, H, ao, ac, as, b, c, d, e, g, h, i, j, k, l, m, o, p, q, t, x, ps, all"
set dopts = ( D ac ao b c d e g i j k l m p t x ps )
set copts = ( h q o as )
set aopts = ( h q o as )
# Set the rinex ftp archives (defined in ftp_info) you would like to look for data in.
# (Default archives searched are: sopac, cddis and unavco).
set rinex_ftpsites = (sopac cddis unavco)
## RESOURCES
# Minimum raw disk space in Mbytes
set minraw = '100'
# Minimum rinex disk space in Mbytes
set minrinex = '100'
# Minimum archive disk space in Mbytes
set minarchive = '100'
# Minimum working disk space in Mbytes
set minwork = '500'
## SYSTEM-DEPENDENT SETTINGS
# UNIX df command must be set to return the correct form
# Most machines (
set udf = 'df -mk'
# but note that if you have free > 1 Tb, you will need to change this to Mb
# set udf = 'df -m'
# HP
# set udf = 'bdf'
# UNIX mail command
# Most machines
set umail = 'mail -s'
# HP
# set umail = 'mailx -s'
# Mail address for sending the processing report (if '' will default to `whoami` in sh_gamit)
set mailto = ''
# Host name for email and anonymous ftp password use (if '' will default to `hostname` in sh_gamit)
set machine = ''
# Ghostscript path
set gspath = '/usr/bin'
# ImageMagick path fir gif conversion
# set impath = '/usr/bin/X11'
set impath = '/usr/bin'

```

*Πίνακας A.2: Αρχειο process.defaults – Table A.2: process.defaults file*

```

Session Table
Processing Agency = DSO

Satellite Constraint = Y      ; Y/N (next two lines are free-format but 'all' must be present)
    all      a      e      i      n      w      M      rad1 rad2 rad3 rad4 rad5 rad6 rad7 rad8 rad9;
              0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01

Choice of Experiment = RELAX. ; BASELINE/RELAX./ORBIT
Type of Analysis = 1-ITER    ; 1-ITER/0-ITER (no postfit autcln)/PREFIT
    This now redundant AUTCLN Postfit = R ; Run autcln for postfit run; R causes repeat run.
Choice of Observable = LC_AUTCLN ; L1&L2/L1_ONLY/L2_ONLY/LC_ONLY/
    ; L1,L2_INDEPEND./LC_HELP/LC_AUTCLN
Station Error = ELEVATION 10 5 ; 1-way L1, a**2 + (b**2)(L**2) in mm, ppm, default = 10. 0.
Use N-file = Y                ; Y/N (default no): automatic procedure to reweight by station
AUTCLN reweight = Y          ; Release 10.31 equivalent of Use N-file
AUTCLN Command File = autcln.cmd ; Filename; default none (use default options)
Decimation Factor = 4        ; FOR SOLVE, default = 1
Quick-pre decimation factor = 10 ; 1st iter or autcln pre, default same as Decimation Factor
Quick-pre observable = LC_ONLY ; for 1st soln, default same as Choice of observable

Ionospheric Constraints = 0.0 mm + 8.00 ppm
Ambiguity resolution WL = 0.15 0.15 1000. 99. 15000. ; used for LC_HELP only
Ambiguity resolution NL = 0.15 0.15 1000. 99. 15000. ; Allow long baselines with LC_AUTCLN

Zenith Delay Estimation = Y ; Yes/No (default No)
Interval zen = 3           ; 2 hrs = 13 knots/day (default is 1 ZD per day)
Zenith Constraints = 0.50 ; zenith-delay a priori constraint in meters (default 0.5)
Zenith Variation = 0.02 100. ; zenith-delay variation, tau in meters/sqrt(hr), hrs (default .02 100.)
Elevation Cutoff = 0      ; default 0 to use value in autcln.cmd
Atmospheric gradients = Y ; Yes/No (default No)
Number gradients = 3      ; number of gradient parameters per day (NS or ES); default 1
Gradient Constraints = 0.01 ; gradient at 10 deg elevation in meters; default 0.03 m

Update T/L files = L_ONLY ; T_AND_L (default), T_ONLY, L_ONLY, NONE
Update tolerance = .3     ; minimum adjustment for updating L-file coordinates, default .3 m

Met obs source = GPT 50 ; hierarchical list: RNX ufile GPT/STP [humid value]; default GTP 50
    if [humid value] < 0, use RNX or UFL if available
Output met = N           ; write the a priori met values to a z-file (Y/N)
Use met.list = N
Use met.grid = N
DMap = VMF1              ; GMF(default)/NMFH/VMF1
WMap = VMF1              ; GMF(default)/NMFV/VMF1
Use map.list = N
Use map.grid = Y
Yaw Model = Y            ; Y/N default = Y
Radiation Model for ARC = BERNE
Inertial frame = J2000
Tides applied = 31      ; Binary coded: 1 earth 2 freq-dep 4 pole 8 ocean 16 remove mean for pole tide
    ; 32 atmosphere ; default = 31

Use otl.list = N
Use otl.grid = Y
Use atl.list = N
Use atl.grid = N
Etide model = IERS03    ; IERS96/IERS03
Apply atm loading = Y   ; Y/N for atmospheric loading
Use atml.list = N
Use atml.grid = Y
Antenna Model = AZEL    ; NONE/ELEV/AZEL default = ELEV Use ELEV for IGS01 relative model
SV antenna model = ELEV ; NONE/ELEV default = NONE
SV antenna off = N      ; Y/N to estimate satellite antenna offsets (default N)
Delete AUTCLN input C-files = Y ; Y/N ; default Y to force rerun of MODEL
Scratch directory = /tmp

Optional controls:

Inertial frame = B1950 ; B1950/J2000 (default = J2000)

Initial ARC ; Y/N default = Yes
Final ARC ; Y/N default = No
Radiation Model for ARC ; SPHRC/BERNE/SRDYB/SVBDY default = SPHRC
Reference System for ARC ; WGS72/WGS84/MERIT/IGS92/EGM96 (default = EGM96)
Tabular interval for ARC ; 900. seconds (new default), 1350. seconds (old default)
Stepsize for ARC ; 75. seconds (new default), 168.75 seconds (old default)

Earth Rotation ; Diurnal/Semidirunal terms: Binary coded: 1=pole 2=UT1 4=Ray model; default=7
Estimate EOP ; Binary coded: 1 wob 2 ut1 4 wob rate 8 ut1 rate
Wobble Constraint = 3. 0.3 ; Default 3. (arcsec) 0.3 (arcsec/day)
UT1 Constraint = 0.00002 0.02 ; Default .00002 (sec) 0.02 (sec/day)

Number Zen = 4 ; number of zenith-delay parameters (default 1)
Zenith Constraints = 0.50 ; zenith-delay a priori constraint in meters (default 0.5)
Zenith Model = PWL ; PWL (piecewise linear)/CON (step)
Zenith Variation = 0.02 100. ; zenith-delay variation, tau in meters/sqrt(hr), hrs (default .02 100.)
Gradient Constraints = 0.03 ; gradient at 10 deg elevation in meters
Gradient Variation = .01 100 ; gradient variation
Tropospheric Constraints = NO ; YES/NO (spatial constraint)

Antenna Model ; NONE/ELEV/AZEL default = NONE
Tide Model ; Binary coded: 1 earth 2 freq-dep 4 pole 8 ocean default = 15
Yaw Model ; YES/NO default = YES
I-file = N ; Use I-file (Y/N) (default Y)

AUTCLN Postfit = Y ; Assume 'Y' if 'Type of analysis = 1-ITER' (autcln.cmd.postfit file also)
    
```

## Παράρτημα

```

Delete AUTCLN input C-files = Y ; YES/NO/Intermediate (default no)
Quick-pre observable = LC ; For 1st iter or autcln pre, default same as Choice of observable
AUTCLN Command File ; Filename; default none (use default options)
Delete eclipse data = POST ; ALL/NO/POST (Default = NO)
SCANDD control ; BOTH (default) /NONE/FIRST/FULL/IFBAD see manual sec. 5.2
Iteration ; CFILES / XFILES (default)
Edit AUTCLN Command File ; YES/NO; default = NO (For clocks, no longer needed)

Ambiguity resolution WL ; default = 0.15 0.15 1000. 10. 500.
Ambiguity resolution NL ; default = 0.15 0.15 1000. 10. 500.
Type of Biases ; IMPLICIT (default for quick), EXPLICIT (default for full)
H-file solutions ; ALL ; LOOSE-ONLY
Station Error = BASELINE 10. 0. ; 1-way L1, a**2 + (b**2)(L**2) in mm, ppm, default = 10. 0.
Station Error = UNIFORM 10. ; 1-way L1 in mm, default = 10.
Station Error = ELEVATION 4.3 7.0 ; 1-way L1 , a**2 + b**2/sin(elev)**2 in mm, default = 4.3 7.0
Satellite Error = UNIFORM 0. ; 1-way L1 in mm (added quadratically to station error) default = 0.
Select Epochs ; Enter start and stop epoch number (applies only to SOLVE)
Decimation Factor ; FOR SOLVE, default = 1
Quick-pre decimation factor = 10 ; 1st iter or autcln pre, default same as Decimation Factor
Elevation Cutoff = 15. ; For SOLVE, overrides the MODEL or AUTCLN values if they are lower
Correlation print ; Threshold for printing correlations (default 0.9999)

Export Orbits ; YES/NO default = NO
Orbit id ; 4-char code read only if Export Orbits = YES
Orbit Format ; SP1/SP3 (NGS Standard Products)
Orbit organization ; 3-char code read only if Export Orbits = YES
Reference System for Orbit = ITR93 ; ITR92/ITR91/ITR90/WGS84/MERIT (for SP3 header)
Lunar eclipses = Y ; Set = N to turn off lunar eclipses in ARC to match model of GAMIT < 10.2 (default Y)

Delete all input C-files ; YES/NO default = NO
Delete MODEL input C-files ; YES/NO default = NO
Delete AUTCLN input C-files ; YES/NO default = NO
Update T/L files ; T_AND_L (default), T_ONLY, L_ONLY, NONE
; (Applies only to update for final solution after initial )
Update tolerance ; minimum adjustment for updating L-file coordinates, default .3 m
SOLVE-only = YES ; YES/NO default = NO
X-compress = YES ; Uncompress/compress X-files default = NO
SCANDD control ; FULL (default), FIRST, BOTH, IFBAD, NONE
Run CTOX = YES ; Make clean X-files from C-files default = NO
Bias apriori = 100. ; Optional constraint on biases for LC_AUTCLN (default 0 -> no constraint)
SOLVE print = Y ; Turn on SOLVE output to screen (default N)

Bias apriori = 1000. ; Optional constraint on biases for LC_AUTCLN (default 1000, 0 -> constraint)
Bias rcond = 10000. ; Condition number ratio for fixing dependent biases (default 10000.)

```

*Πίνακας A.3: Αpxείo sestbl. – Table A.3: sestbl. file*

```

Gamit station.info
*
*      Generated by SOPAC on 29-Jul-2009 @ 22:00:03 UTC
*      Send questions, comments or concerns to devel@gpsmail.ucsd.edu
*
*SITE Station Name      Session Start      Session Stop      Ant Ht      HtCod      Ant N      Ant E      Receiver Type      Vers
SwVer Receiver SN      Antenna Type      Dome      Antenna SN
019B TOBISHIMA          1996 072 00 00 00 2003 160 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 TRIMBLE 4000SSI 7.16
7.16 ----- TRM23903.00 -----
019B TOBISHIMA          2003 160 00 00 00 9999 999 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 TRIMBLE 5700 1.24
1.24 ----- TRM29659.00 -----
2353 Wairakei           1990 334 00 00 00 1990 337 00 00 00 1.4116 DHPAB 0.0000 0.0000 TRIMBLE 4000SST 4.10
4.10 ----- TRM14532.00 -----
2353 Wairakei           1990 337 00 00 00 1991 332 00 00 00 1.4077 DHPAB 0.0000 0.0000 TRIMBLE 4000SST 4.11
4.11 ----- TRM14532.00 -----
.
.
.
* regional network
*
ATAL Atalanti           2000 001 00 00 00 9999 001 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 ASHTECH UZ-12
----- IR1200304026 NOV533+CR RADM 32871
NOA1 Penteli           2000 001 00 00 00 9999 001 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200PRO 3.00
2.121 462590           LEIAT504 LEIS 103326
NOA Penteli           2000 001 00 00 00 9999 001 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200PRO 3.00
2.121 462590           LEIAT504 LEIS 103326
KASI Kerkyra           2000 001 00 00 00 9999 001 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200PRO 5.10
3.013 465462           LEIAX1202GG NONE 06500008
LEMN Limnos            2000 001 00 00 00 2009 076 23 59 59 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200GGPRO 5.00
3.013 351610           LEIAX1202GG NONE 06270112
LEMN Limnos            2009 077 00 00 00 2009 141 23 59 59 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200GGPRO 5.00
3.013 351610           LEIAT504GG NONE -----
LEMN Limnos            2009 142 00 00 00 9999 001 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200GGPRO 5.00
3.013 351610           LEIAX1202GG NONE 06270112
NVRK Neurokopi         2000 001 00 00 00 2007 355 23 59 59 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200GGPRO 5.10
3.013 351602           LEIAX1202GG NONE 6510014
NVRK Neurokopi         2008 343 00 00 00 9999 001 00 00 00 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200GGPRO 5.62
3.014 351602           LEIAX1202GG NONE 6510014
PONT Leykada           2000 001 00 00 00 2007 123 23 59 59 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200GGPRO 4.10
3.012 351602           LEIAX1202GG NONE 6360005
PONT Leykada           2007 124 00 00 00 2007 129 23 59 59 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200PRO 3.00
2.121 462661           LEIAX1202GG NONE 6360005
PONT Leykada           2007 130 00 00 00 2007 303 23 59 59 0.0000 DHPAB 0.0000 0.0000 LEICA GRX1200PRO 3.00

```

2.121	462661	LEIAX1202	NONE	-----									
PONT	Leykada	2007 304 00 00 00	2008	334 23 59 59	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		3.00	
2.121	462661	LEIAX1202GG	NONE	6360005									
PONT	Leykada	2007 335 00 00 00	2008	086 23 59 59	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		3.00	
2.121	462661	LEIAX1202	NONE	-----									
PONT	Leykada	2008 241 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		5.10	
3.013	465460	LEIAX1202GG	NONE	6360005									
PRKV	Mitilini	2000 001 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		5.10	
3.013	465459	LEIAX1202GG	NONE	6510014									
RLS	Riolos	2000 001 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200		1.35	
2.120	452163	LEIAX1202	NONE	-----									
RLS0	Riolos	2000 001 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200		1.35	
2.120	452163	LEIAX1202	NONE	-----									
VLS	Valsamatika	2000 001 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		2.14	
2.121	462019	LEIAX1202	NONE	05470019									
VLSM	Valsamatika	2000 001 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		2.14	
2.121	462019	LEIAX1202	NONE	05470019									
NEAP	Neapoli	2000 001 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	TRIMBLE	5700		1.23	
0.00	0220301086	TRM41249.00	NONE	12399257									
SPAN	Leykada	2000 001 00 00 00	2008	052 23 59 59	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		5.10	
3.013	465460	LEIAX1202GG	NONE	06500017									
SPAN	Leykada	2008 087 00 00 00	9999	001 00 00 00	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000	LEICA	GRX1200PRO		3.00	
2.121	462661	LEIAX1202GG	NONE	06500017									

Πίνακας A.4: Τμήμα αρχείου station.info – Table A.4: station.info file

SITE	FIX	--COORD.CONSTR.--
	<< default for regional stations >>	
ALL	NNN	200. 200. 200.
	<< OUR REFERENCE SITES>>	
ANKR	ANKR_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
BRUS	BRUS_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
CAGL	CAGL_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
HERS	HERS_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
METS	METS_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
PDEL	PDEL_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
POL2	POL2_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
RABT	RABT_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
TRO1	TRO1_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
ZIMM	ZIMM_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
NICO	NICO_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
BUCU	BUCU_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
ISTA	ISTA_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
TUBI	TUBI_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
TELA	TELA_GPS	NNN 0.080 0.080 0.08
	<< IGS core stations >>	
VILL	VILL_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
MAS1	MAS1_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
FORT	FORT_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
BRAZ	BRAZ_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
KOUR	KOUR_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
OHIG	OHIG_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
BRMU	BRMU_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
THU1	THU1_GPS	NNN 0.050 0.050 0.05
.		
.		
.		

Πίνακας A.5: Τμήμα αρχείου sittbl. – Table A.5: sittbl. file

## A2. Αρχεία εντολών Globk της εφαρμογής του 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου

```
* Globk command file for look at the repeatabilities of
* coordinates in daily h-files
*
* To be used in command like this:
*
* glred 6 noa1_rep.prt noa1_rep.log ../tables/noa1.gdl ../tables/glred_rep.cmd
*

eq_file ../tables/rename

make_svs comb.svs
com_file glred_rep.com
srt_file glred_rep.srt
sol_file glred_rep.sol

apr_file ../tables/itrf05.apr
in_pmu ../tables/pmu.usno

max_chii 20.0 10000.0 10000.0
app_ptid ALL

apr_neu all 20 20 20 0 0 0
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F F

apr_wob .25 .25 0 0
apr_utl .25 0

prt_opt CMDS GDLF BLEN

org_cmd ../tables/glogr_rep.cmd
org_opt CMDS PSUM GDLF
org_out noa1_rep.org
```

*Πίνακας A.6: Αρχείο glred\_rep.cmd – Table A.6: glred\_rep.cmd file*

```
* Glogr command file for repeatabilities

eq_file ../tables/rename
apr_file ../tables/itrf05.apr

source ../tables/noa1.stablist

pos_org xrot yrot zrot xtran ytran ztran
# rate_org xrot yrot zrot xtran ytran ztran

cnd_hgtv 10 10 3.0 3.0

stab_ite 5 0.8 4.0
```

*Πίνακας A.7: Αρχείο glogr\_rep.cmd – Table A.7: glogr\_rep.cmd file*

```
* Globk command file for combination and velocities
*
* To be used in command like this:
*
* globk 6 noa1_vel.prt noa1_vel.log ../tables/noa1.gdl ../tables/globk_vel.cmd
*

eq_file ../tables/rename

make_svs comb.svs
com_file globk_vel.com
srt_file globk_vel.srt
sol_file globk_vel.sol

apr_file ../tables/itrf05.apr
in_pmu ../tables/pmu.usno

max_chii 20.0 10000.0 10000.0
app_ptid ALL

apr_neu all 20 20 20 1 1 1
apr_svs all .1 .1 .1 .01 .01 .01
apr_rad all F F F F F F F F F
mar_svs all 3.65 3.65 3.65 .0365 .0365 .0365
```



```
apr_wob .25 .25 .1 .1
apr_utl .25 .1
mar_wob 22.8 22.8 3.65 3.65
mar_utl 22.8 3.65

prt_opt CMDS GDLF

org_cmd ../tables/glogr_vel.cmd
org_opt CMDS PSUM GDLF VSUM
org_out noaf_vel.org
```

*Πίνακας A.8: Αρχείο globk\_vel.cmd – Table A.8: globk\_vel.cmd file*

```
* Glogr command file for velocities
eq_file ../tables/rename
apr_file ../tables/itrf05.apr
source ../tables/noa1.stablist

pos_org xrot yrot zrot xtran ytran ztran
rate_org xrot yrot zrot xtran ytran ztran

cnd_hgtv 10 10 3.0 3.0
stab_ite 5 0.8 4.0
```

*Πίνακας A.9: Αρχείο glogr\_vel.cmd – Table A.9: glogr\_vel.cmd file*

### A3. Συγκρίσεις ημερήσιων επιλύσεων Gamit/Globk – Bernese της εφαρμογής του 4<sup>ου</sup> κεφαλαίου

Διαφορές συντεταγμένων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese στο ITRF 2005 για τον σταθμό KASI							
Year	Day	dx	dy	dz	de	dn	du
2007	92	0.004	0.014	0.004	0.011	-0.003	0.009
	99	0.008	0.012	0.007	0.008	-0.002	0.013
	113	0.009	0.010	0.004	0.006	-0.005	0.011
	121	0.009	0.007	0.000	0.003	-0.007	0.008
	128	0.015	0.009	0.005	0.003	-0.007	0.017
	135	0.017	0.015	0.011	0.009	-0.005	0.023
	152	0.001	0.008	-0.006	0.007	-0.007	-0.001
	158	0.008	0.008	0.002	0.005	-0.005	0.009
	165	0.010	0.003	0.003	0.000	-0.004	0.010
	183	0.016	0.005	0.003	-0.001	-0.008	0.015
	190	0.015	0.007	0.006	0.002	-0.006	0.017
	204	0.015	0.012	0.007	0.006	-0.006	0.018
	213	0.014	0.007	0.004	0.002	-0.007	0.014
	220	0.016	0.012	0.009	0.006	-0.005	0.020
	227	0.014	0.005	0.006	0.000	-0.005	0.015
	244	0.006	0.008	0.001	0.006	-0.005	0.007
	250	0.021	0.014	0.015	0.005	-0.005	0.028
	267	0.018	0.012	0.013	0.006	-0.003	0.024
	274	0.002	0.007	-0.003	0.006	-0.006	0.001
	281	0.021	0.013	0.014	0.005	-0.005	0.027
297	0.017	0.011	0.013	0.005	-0.002	0.024	
305	0.018	0.019	0.004	0.012	-0.012	0.021	
311	0.010	0.014	0.005	0.009	-0.005	0.015	
327	0.009	0.015	0.003	0.011	-0.006	0.013	
337	0.013	0.009	0.006	0.005	-0.005	0.016	
354	0.012	0.012	0.006	0.007	-0.006	0.016	
360	0.011	0.009	0.004	0.005	-0.005	0.013	
	2	0.012	0.011	0.008	0.006	-0.004	0.016
	15	0.012	0.010	0.006	0.006	-0.005	0.015
	25	0.011	0.010	0.004	0.006	-0.006	0.013
	32	0.008	0.008	0.003	0.004	-0.004	0.010
	52	0.008	0.008	0.005	0.005	-0.003	0.011
	63	0.012	0.010	0.006	0.005	-0.005	0.015
	70	0.007	0.007	0.001	0.004	-0.005	0.008
	77	0.010	0.008	0.002	0.004	-0.007	0.011
	87	0.009	0.006	0.003	0.002	-0.005	0.010
	92	0.011	0.011	0.006	0.006	-0.005	0.015
	99	0.009	0.009	0.004	0.005	-0.004	0.011
	106	0.010	0.008	0.000	0.004	-0.008	0.009
	113	0.011	0.009	0.002	0.005	-0.007	0.012

<b>2008</b>	<b>122</b>	0.005	0.007	0.002	0.005	-0.003	0.007
	<b>128</b>	0.005	0.010	0.000	0.008	-0.005	0.006
	<b>136</b>	0.009	0.013	0.001	0.009	-0.008	0.010
	<b>144</b>	0.005	0.011	-0.004	0.008	-0.009	0.004
	<b>153</b>	0.004	0.011	-0.007	0.009	-0.010	0.001
	<b>154</b>	0.001	0.016	-0.006	0.015	-0.009	0.001
	<b>155</b>	-0.003	0.007	-0.010	0.007	-0.008	-0.007
	<b>156</b>	0.002	0.013	-0.008	0.012	-0.010	0.000
	<b>157</b>	-0.006	0.008	-0.016	0.010	-0.011	-0.012
	<b>158</b>	0.004	0.006	-0.002	0.005	-0.006	0.003
	<b>159</b>	0.000	0.011	-0.010	0.010	-0.010	-0.003
	<b>160</b>	0.011	0.012	-0.001	0.008	-0.010	0.010
	<b>161</b>	0.002	0.014	-0.004	0.013	-0.008	0.002
	<b>162</b>	0.007	0.013	-0.003	0.010	-0.010	0.006
	<b>163</b>	0.008	0.014	0.000	0.010	-0.008	0.010
	<b>164</b>	0.003	0.011	-0.004	0.009	-0.007	0.003
	<b>165</b>	0.009	0.011	-0.002	0.007	-0.009	0.009
	<b>166</b>	0.009	0.014	0.002	0.010	-0.007	0.011
	<b>167</b>	0.000	0.012	-0.007	0.011	-0.008	-0.001
	<b>168</b>	0.008	0.018	0.001	0.014	-0.008	0.012
	<b>175</b>	0.006	0.011	-0.004	0.008	-0.009	0.004
	<b>190</b>	0.007	0.014	0.000	0.011	-0.007	0.008
	<b>197</b>	0.002	0.009	-0.009	0.008	-0.010	-0.002
	<b>210</b>	<b>-0.005</b>	<b>-0.011</b>	<b>0.089</b>	<b>-0.009</b>	<b>0.074</b>	<b>0.050</b>
<b>214</b>	0.009	0.015	-0.002	0.011	-0.010	0.009	
<b>228</b>	0.011	0.011	0.001	0.007	-0.009	0.012	
<b>235</b>	0.002	0.010	-0.004	0.009	-0.007	0.001	
<b>245</b>	0.014	0.011	0.000	0.006	-0.011	0.013	

Πίνακας Α.10: Διαφορές ημερήσιων επιλύσεων μεταξύ Gamit/Globk – Bernese για τον σταθμό KASI

Table A.10: Daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions for station KASI

<b>Διαφορές συντεταγμένων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese στο ITRF 2005 για τον σταθμό RLSO (m)</b>							
<b>Year</b>	<b>Day</b>	<b>dx</b>	<b>dy</b>	<b>dz</b>	<b>de</b>	<b>dn</b>	<b>du</b>
	<b>8</b>	0.012	0.009	0.005	0.004	-0.005	0.014
	<b>23</b>	0.008	0.006	0.000	0.003	-0.006	0.008
	<b>32</b>	0.012	0.008	0.006	0.003	-0.004	0.015
	<b>38</b>	0.011	0.008	0.004	0.004	-0.005	0.013
	<b>54</b>	0.012	0.008	0.003	0.003	-0.007	0.013
	<b>60</b>	0.014	0.009	0.004	0.003	-0.007	0.016
	<b>66</b>	0.012	0.007	0.007	0.002	-0.003	0.015
	<b>82</b>	0.006	0.006	0.002	0.003	-0.003	0.008
	<b>92</b>	0.003	0.013	0.003	0.011	-0.002	0.008
	<b>99</b>	-0.003	0.010	0.004	0.011	0.003	0.003
	<b>113</b>	-0.001	0.014	0.001	0.013	-0.002	0.003

<b>2007</b>	<b>121</b>	0.001	0.002	-0.005	0.002	-0.005	-0.001
	<b>128</b>	0.006	0.001	0.001	-0.002	-0.003	0.005
	<b>135</b>	0.008	0.004	0.005	0.001	-0.001	0.010
	<b>152</b>	-0.005	0.006	-0.012	0.008	-0.008	-0.010
	<b>158</b>	0.002	0.005	-0.003	0.004	-0.005	0.001
	<b>165</b>	0.003	-0.002	-0.001	-0.003	-0.003	0.001
	<b>183</b>	0.004	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	0.001
	<b>190</b>	0.009	0.006	0.005	0.002	-0.003	0.011
	<b>204</b>	0.009	0.006	0.001	0.002	-0.005	0.009
	<b>213</b>	0.006	0.004	0.001	0.002	-0.003	0.006
	<b>220</b>	0.010	0.004	0.003	0.000	-0.004	0.010
	<b>227</b>	0.008	0.005	0.003	0.002	-0.004	0.009
	<b>244</b>	0.015	0.011	0.002	0.005	-0.009	0.015
	<b>250</b>	0.010	0.008	0.007	0.003	-0.002	0.014
	<b>267</b>	0.012	0.006	0.008	0.001	-0.002	0.016
	<b>274</b>	0.010	0.005	0.002	0.001	-0.005	0.010
	<b>281</b>	0.016	0.004	0.007	-0.002	-0.004	0.018
	<b>297</b>	0.014	0.005	0.009	0.000	-0.002	0.018
	<b>305</b>	0.015	0.008	0.008	0.001	-0.004	0.018
	<b>311</b>	0.009	0.006	0.002	0.002	-0.005	0.010
	<b>327</b>	0.004	0.010	-0.004	0.008	-0.008	0.004
	<b>337</b>	0.009	0.005	0.002	0.001	-0.005	0.010
	<b>354</b>	0.012	0.009	0.004	0.004	-0.006	0.014
	<b>360</b>	0.009	0.007	0.006	0.003	-0.002	0.012
	<b>2</b>	0.009	0.007	0.005	0.003	-0.003	0.012
	<b>12</b>	0.009	0.006	0.003	0.002	-0.004	0.010
	<b>15</b>	0.010	0.008	0.005	0.003	-0.004	0.013
	<b>25</b>	0.008	0.007	0.002	0.003	-0.005	0.009
	<b>32</b>	0.007	0.007	0.002	0.004	-0.004	0.008
	<b>38</b>	0.011	0.007	0.002	0.003	-0.006	0.011
	<b>52</b>	0.011	0.008	0.005	0.003	-0.004	0.013
	<b>63</b>	0.008	0.007	-0.001	0.004	-0.007	0.007
	<b>70</b>	0.010	0.006	0.002	0.003	-0.005	0.010
	<b>77</b>	0.005	0.008	0.001	0.006	-0.004	0.006
	<b>87</b>	0.007	0.006	-0.001	0.003	-0.006	0.006
	<b>92</b>	0.003	0.005	-0.002	0.004	-0.004	0.002
<b>99</b>	0.009	0.007	0.003	0.003	-0.005	0.011	
<b>106</b>	0.006	0.004	0.000	0.001	-0.004	0.005	
<b>113</b>	0.007	0.004	0.003	0.001	-0.002	0.008	
<b>122</b>	0.004	0.003	-0.002	0.002	-0.005	0.003	
<b>128</b>	0.000	0.005	-0.006	0.005	-0.006	-0.002	
<b>136</b>	0.004	0.009	-0.006	0.007	-0.009	0.002	
<b>144</b>	-0.002	0.007	-0.009	0.008	-0.007	-0.005	
<b>153</b>	-0.006	0.010	-0.017	0.012	-0.013	-0.012	
<b>154</b>	-0.003	0.013	-0.012	0.013	-0.010	-0.005	
<b>155</b>	-0.005	0.010	-0.013	0.011	-0.010	-0.009	
<b>156</b>	-0.011	0.007	-0.019	0.011	-0.010	-0.018	

2008	157	-0.008	0.010	-0.015	0.012	-0.010	-0.012
	158	0.002	0.025	-0.009	0.022	-0.013	0.003
	159	-0.004	0.007	-0.011	0.008	-0.008	-0.008
	160	-0.002	0.011	-0.011	0.011	-0.010	-0.005
	161	0.002	0.013	-0.007	0.012	-0.010	0.001
	162	-0.001	0.011	-0.008	0.010	-0.008	-0.002
	163	-0.001	0.011	-0.006	0.011	-0.007	-0.002
	164	-0.002	0.010	-0.012	0.010	-0.011	-0.006
	165	0.000	0.011	-0.010	0.010	-0.011	-0.003
	166	0.002	0.010	-0.007	0.009	-0.009	0.000
	167	0.002	0.005	-0.006	0.004	-0.007	-0.001
	168	0.000	0.010	-0.008	0.009	-0.008	-0.002
	175	0.006	0.011	-0.005	0.008	-0.010	0.004
	190	0.003	0.010	-0.007	0.008	-0.009	0.001
	197	-0.001	0.010	-0.012	0.009	-0.011	-0.005
	210	-0.010	-0.009	0.091	-0.005	0.079	0.047
	214	0.003	0.009	-0.006	0.007	-0.008	0.001
	224	0.000	0.006	-0.002	0.006	-0.003	0.001
	228	0.012	0.015	0.000	0.010	-0.010	0.013
	235	0.005	0.012	-0.006	0.010	-0.011	0.003
	245	0.009	0.015	-0.003	0.011	-0.011	0.009
	252	0.004	0.014	-0.007	0.011	-0.011	0.003
	262	0.005	0.012	-0.009	0.010	-0.013	0.002
	269	-0.001	0.015	-0.010	0.015	-0.011	-0.003
	275	0.001	0.017	-0.007	0.015	-0.010	0.001
	281	0.003	0.016	-0.008	0.013	-0.011	0.002
	286	0.004	0.012	-0.008	0.010	-0.011	0.002
	297	0.007	0.014	-0.006	0.010	-0.012	0.005
	308	0.015	0.010	0.005	0.004	-0.007	0.017
	318	0.008	0.013	-0.002	0.009	-0.009	0.008
	322	0.004	0.006	-0.004	0.004	-0.007	0.002
	330	0.004	0.021	-0.017	0.018	-0.021	-0.001
	336	0.012	0.007	0.003	0.002	-0.006	0.013
	343	-0.004	0.007	-0.008	0.008	-0.006	-0.006
	350	0.004	0.015	-0.004	0.012	-0.009	0.005
358	0.006	0.012	-0.004	0.009	-0.009	0.006	
2009	4	0.012	0.009	-0.008	0.004	-0.016	0.007
	8	0.001	0.012	-0.008	0.011	-0.009	0.000
	15	0.003	0.004	-0.005	0.002	-0.007	0.001
	22	0.000	0.009	-0.010	0.008	-0.010	-0.004
	33	0.004	0.010	-0.004	0.008	-0.008	0.003
	40	-0.001	0.004	-0.007	0.004	-0.006	-0.004
	47	0.002	0.009	-0.007	0.008	-0.008	0.000
	54	0.000	0.009	-0.010	0.008	-0.010	-0.003
	61	-0.001	0.007	-0.009	0.007	-0.008	-0.004
	68	0.003	0.006	-0.008	0.005	-0.010	-0.001
	75	0.000	0.005	-0.007	0.005	-0.007	-0.002
82	0.001	0.007	-0.011	0.006	-0.011	-0.004	

Πίνακας Α.11: Διαφορές ημερήσιων επιλύσεων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese για τον σταθμό RLSO.

Table A.11: Daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions for station RLSO

Διαφορές συντεταγμένων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese στο ITRF 2005 για τον σταθμό PONT (m)							
Year	Day	dx	dy	dz	de	dn	du
2007	54	0,012	0,009	0,005	0,004	-0,005	0,015
	60	0,013	0,010	0,005	0,004	-0,006	0,016
	66	0,014	0,008	0,006	0,002	-0,005	0,016
	82	0,011	0,008	0,003	0,004	-0,006	0,012
	92	0,011	0,011	0,010	0,007	-0,002	0,017
	99	0,011	0,007	0,006	0,003	-0,004	0,014
	113	0,012	0,007	0,004	0,003	-0,005	0,013
	121	0,005	0,011	-0,001	0,008	-0,006	0,006
	128	0,021	0,013	0,009	0,005	-0,008	0,024
	152	0,008	0,012	-0,001	0,008	-0,008	0,009
	158	-0,001	0,005	-0,007	0,005	-0,006	-0,004
	165	0,006	0,001	-0,005	-0,001	-0,007	0,001
	183	0,003	-0,001	-0,003	-0,002	-0,004	0,000
	190	0,013	0,005	0,002	0,000	-0,007	0,012
	204	0,012	0,007	0,006	0,002	-0,004	0,015
	213	0,015	0,008	0,007	0,002	-0,006	0,018
	220	0,017	0,011	0,012	0,004	-0,003	0,023
	227	0,013	0,005	0,002	0,000	-0,007	0,012
	244	0,018	0,016	0,005	0,009	-0,010	0,021
	250	0,004	0,004	0,004	0,002	0,000	0,007
	267	0,018	0,010	0,010	0,003	-0,005	0,022
	274	0,006	0,009	-0,001	0,006	-0,006	0,006
	281	0,017	0,011	0,005	0,004	-0,008	0,019
	297	0,009	0,005	0,004	0,001	-0,003	0,011
305	0,015	0,019	0,003	0,013	-0,011	0,019	
311	0,008	0,011	0,001	0,007	-0,006	0,010	
327	0,010	0,014	0,001	0,009	-0,008	0,012	
337	0,018	0,012	0,009	0,004	-0,006	0,022	
2008	25	0,014	0,012	0,006	0,006	-0,006	0,018
	32	0,018	0,013	0,009	0,006	-0,006	0,023
	38	0,014	0,011	0,006	0,005	-0,006	0,017
	52	0,011	0,011	0,005	0,006	-0,005	0,014
	63	0,014	0,011	0,006	0,006	-0,006	0,017
	70	0,015	0,009	0,006	0,003	-0,006	0,017
	77	0,009	0,010	0,004	0,006	-0,004	0,012
	245	0,017	0,014	0,006	0,007	-0,009	0,020
	252	0,005	0,009	-0,003	0,007	-0,007	0,004
	262	0,012	0,013	0,001	0,009	-0,009	0,013
	269	0,015	0,014	0,004	0,008	-0,008	0,017
	275	0,002	0,009	-0,003	0,008	-0,005	0,002
	281	0,014	0,016	0,002	0,010	-0,010	0,016
	286	0,011	0,013	0,003	0,008	-0,007	0,014
	297	0,016	0,018	0,004	0,011	-0,010	0,020
	308	0,022	0,022	0,010	0,013	-0,009	0,028
	318	0,012	0,015	0,004	0,010	-0,007	0,015
	322	0,015	0,015	0,005	0,009	-0,008	0,018
	330	0,006	0,015	-0,006	0,012	-0,012	0,005
	336	0,013	0,013	0,001	0,007	-0,009	0,013
343	0,006	0,012	0,004	0,009	-0,002	0,010	
350	0,008	0,009	0,000	0,006	-0,006	0,008	
358	0,004	0,012	-0,002	0,010	-0,006	0,005	
	4	0,018	0,011	-0,001	0,004	-0,014	0,015

<b>2009</b>	<b>8</b>	0,003	0,010	-0,003	0,008	-0,006	0,003
	<b>15</b>	0,011	0,011	0,002	0,006	-0,007	0,012
	<b>22</b>	0,005	0,011	-0,006	0,008	-0,010	0,003
	<b>33</b>	0,006	0,009	-0,002	0,006	-0,007	0,005
	<b>40</b>	0,010	0,008	0,000	0,004	-0,007	0,009
	<b>47</b>	0,006	0,011	-0,002	0,008	-0,007	0,007
	<b>54</b>	0,003	0,009	-0,006	0,007	-0,008	0,001
	<b>61</b>	0,001	0,007	-0,006	0,006	-0,007	-0,001
	<b>68</b>	0,003	0,009	-0,006	0,007	-0,008	0,001
	<b>75</b>	0,007	0,011	-0,004	0,008	-0,009	0,006
	<b>82</b>	0,006	0,009	-0,004	0,006	-0,008	0,004

Πίνακας Α.12: Διαφορές ημερήσιων επιλύσεων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese για τον σταθμό PONT.

Table A.12: Daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions for station PONT

<b>Διαφορές συντεταγμένων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese στο ITRF 2005 για τον σταθμό SPAN (m)</b>							
<b>Year</b>	<b>Day</b>	<b>dx</b>	<b>dy</b>	<b>dz</b>	<b>de</b>	<b>dn</b>	<b>du</b>
<b>2007</b>	<b>152</b>	0,003	0,011	-0,005	0,009	-0,008	0,002
	<b>158</b>	0,007	0,007	0,002	0,004	-0,004	0,008
	<b>165</b>	0,007	0,003	0,003	0,000	-0,002	0,007
	<b>183</b>	0,011	0,002	0,004	-0,002	-0,004	0,011
	<b>190</b>	0,014	0,007	0,006	0,001	-0,005	0,016
	<b>204</b>	0,014	0,011	0,007	0,006	-0,005	0,017
	<b>213</b>	0,013	0,007	0,005	0,002	-0,006	0,014
	<b>220</b>	0,015	0,010	0,009	0,004	-0,004	0,019
	<b>227</b>	0,012	0,004	0,004	0,000	-0,004	0,012
	<b>244</b>	0,012	0,015	0,003	0,010	-0,008	0,015
	<b>250</b>	0,013	0,014	0,007	0,008	-0,005	0,018
	<b>267</b>	0,015	0,010	0,011	0,004	-0,002	0,020
	<b>274</b>	0,009	0,011	0,002	0,007	-0,006	0,010
	<b>281</b>	0,018	0,010	0,011	0,003	-0,004	0,022
	<b>297</b>	0,014	0,007	0,009	0,002	-0,003	0,018
	<b>305</b>	0,005	0,009	-0,003	0,006	-0,007	0,005
	<b>311</b>	0,011	0,013	0,004	0,009	-0,006	0,014
<b>327</b>	0,007	0,012	0,000	0,009	-0,006	0,008	
<b>337</b>	0,012	0,010	0,007	0,005	-0,004	0,016	
	<b>25</b>	<b>0,055</b>	<b>0,025</b>	<b>0,043</b>	<b>0,004</b>	<b>-0,004</b>	<b>0,074</b>
	<b>32</b>	0,011	0,010	0,004	0,005	-0,006	0,012
	<b>38</b>	0,007	0,007	0,003	0,004	-0,003	0,009
	<b>46</b>	0,020	0,011	0,012	0,004	-0,005	0,025
	<b>52</b>	0,013	0,009	0,008	0,004	-0,003	0,016
	<b>87</b>	0,007	0,009	0,003	0,006	-0,004	0,009
	<b>92</b>	0,009	0,009	0,004	0,005	-0,004	0,012
	<b>99</b>	0,009	0,010	0,004	0,006	-0,004	0,012
	<b>106</b>	0,008	0,010	0,004	0,007	-0,004	0,011
	<b>113</b>	0,006	0,004	-0,002	0,001	-0,006	0,004
	<b>122</b>	0,005	0,007	0,004	0,005	-0,001	0,008
	<b>128</b>	0,006	0,017	-0,005	0,014	-0,011	0,006
	<b>136</b>	0,005	0,011	-0,002	0,008	-0,007	0,006
	<b>144</b>	0,005	0,011	-0,002	0,009	-0,007	0,005
	<b>153</b>	-0,002	0,011	-0,013	0,011	-0,011	-0,006
	<b>154</b>	-0,001	0,012	-0,008	0,012	-0,008	-0,003
	<b>155</b>	0,000	0,011	-0,010	0,010	-0,010	-0,004

<b>2008</b>	<b>156</b>	0,002	0,012	-0,009	0,010	-0,011	-0,001
	<b>157</b>	-0,006	0,012	-0,013	0,013	-0,010	-0,009
	<b>158</b>	0,012	0,012	0,005	0,007	-0,006	0,015
	<b>159</b>	-0,002	0,011	-0,012	0,011	-0,011	-0,006
	<b>160</b>	0,009	0,013	-0,001	0,009	-0,009	0,009
	<b>161</b>	0,004	0,017	-0,005	0,015	-0,010	0,004
	<b>162</b>	0,003	0,012	-0,002	0,010	-0,006	0,004
	<b>163</b>	0,008	0,017	0,003	0,013	-0,006	0,013
	<b>164</b>	-0,004	0,011	-0,006	0,012	-0,005	-0,003
	<b>165</b>	0,005	0,015	-0,006	0,012	-0,011	0,004
	<b>166</b>	0,006	0,011	0,000	0,008	-0,006	0,008
	<b>167</b>	0,000	0,020	-0,011	0,019	-0,013	-0,002
	<b>168</b>	0,000	0,011	-0,007	0,010	-0,008	-0,002
	<b>175</b>	0,009	0,016	0,001	0,012	-0,008	0,011
	<b>190</b>	0,003	0,014	-0,001	0,012	-0,006	0,005
	<b>197</b>	0,012	0,024	0,002	0,018	-0,011	0,016
	<b>210</b>	<b>-0,018</b>	<b>-0,011</b>	<b>0,066</b>	<b>-0,004</b>	<b>0,064</b>	<b>0,025</b>
	<b>214</b>	0,009	0,015	-0,003	0,011	-0,011	0,009
	<b>224</b>	0,009	0,015	0,000	0,011	-0,008	0,011
	<b>228</b>	0,016	0,019	0,005	0,012	-0,010	0,020
	<b>235</b>	0,009	0,018	-0,001	0,013	-0,010	0,011
	<b>245</b>	0,009	0,012	0,001	0,008	-0,007	0,010
	<b>252</b>	0,007	0,014	-0,001	0,011	-0,008	0,008
	<b>262</b>	0,014	0,018	0,000	0,012	-0,012	0,015
	<b>269</b>	0,009	0,020	-0,001	0,016	-0,011	0,011
	<b>275</b>	0,005	0,011	0,001	0,008	-0,004	0,007
	<b>281</b>	0,008	0,013	-0,002	0,009	-0,009	0,008
	<b>286</b>	0,009	0,014	0,000	0,010	-0,008	0,011
	<b>297</b>	0,012	0,018	0,002	0,013	-0,009	0,015
	<b>308</b>	0,014	0,016	0,004	0,010	-0,008	0,017
<b>322</b>	0,006	0,013	-0,003	0,010	-0,009	0,006	
<b>330</b>	-0,003	0,010	-0,014	0,011	-0,012	-0,008	
<b>336</b>	0,015	0,017	0,013	0,010	-0,002	0,024	
<b>343</b>	-0,002	0,008	-0,012	0,008	-0,010	-0,007	
<b>350</b>	0,010	0,012	0,004	0,008	-0,005	0,013	
<b>358</b>	0,004	0,010	-0,001	0,008	-0,006	0,005	
<b>2009</b>	<b>4</b>	0,014	0,012	-0,006	0,006	-0,015	0,010
	<b>8</b>	0,000	0,008	-0,003	0,008	-0,004	0,000
	<b>15</b>	0,007	0,010	-0,001	0,007	-0,007	0,007
	<b>22</b>	-0,004	0,003	-0,009	0,005	-0,006	-0,008
	<b>33</b>	0,003	0,007	-0,003	0,005	-0,006	0,002
	<b>40</b>	0,001	0,011	-0,007	0,009	-0,008	0,000
	<b>47</b>	0,002	0,009	-0,005	0,008	-0,007	0,000
	<b>54</b>	0,002	0,010	-0,007	0,008	-0,009	0,000
	<b>61</b>	0,001	0,008	-0,007	0,007	-0,008	-0,001
	<b>68</b>	0,004	0,009	-0,007	0,007	-0,010	0,001
<b>75</b>	0,003	0,008	-0,004	0,006	-0,006	0,002	
<b>82</b>	0,003	0,013	-0,009	0,011	-0,011	0,000	

Πίνακας Α.13: Διαφορές ημερήσιων επιλύσεων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese για τον σταθμό SPAN  
 Table A.13: Daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions for station SPAN



Διαφορές συντεταγμένων μεταξύ Gamit/Globk - Bernese στο ITRF 2005 για τον σταθμό VLSM (m)							
Year	Day	dx	dy	dz	de	dn	du
2007	23	0,010	0,003	0,002	-0,001	-0,005	0,009
	32	0,012	0,008	0,007	0,003	-0,003	0,016
	38	0,009	0,006	0,005	0,003	-0,003	0,011
	54	0,014	0,006	0,003	0,000	-0,007	0,013
	60	0,010	0,007	0,001	0,003	-0,007	0,010
	66	0,008	0,005	0,004	0,002	-0,003	0,009
	92	0,003	0,008	0,002	0,007	-0,002	0,006
	99	0,003	0,010	0,005	0,009	0,000	0,008
	113	-0,001	0,006	-0,001	0,006	-0,002	0,001
	121	0,003	0,002	-0,004	0,001	-0,005	0,000
	128	0,009	0,003	0,003	0,000	-0,004	0,009
	135	0,006	0,008	0,003	0,006	-0,003	0,008
	152	0,000	0,007	-0,010	0,006	-0,009	-0,004
	158	0,005	0,005	-0,003	0,003	-0,007	0,003
	165	0,013	0,003	0,003	-0,001	-0,006	0,012
	183	0,015	0,000	0,006	-0,005	-0,004	0,015
	190	0,010	0,005	0,005	0,001	-0,004	0,012
	204	0,008	0,005	0,000	0,002	-0,006	0,007
	213	0,012	0,006	0,004	0,001	-0,005	0,013
	220	0,010	0,005	0,004	0,001	-0,003	0,011
	227	0,013	0,002	0,004	-0,002	-0,005	0,013
	244	0,017	0,016	0,002	0,009	-0,011	0,018
	250	0,014	0,008	0,008	0,003	-0,004	0,017
	267	0,014	0,007	0,009	0,002	-0,003	0,018
	274	0,017	0,007	0,003	0,001	-0,009	0,017
	281	0,009	0,005	0,008	0,001	0,000	0,013
	297	0,015	0,005	0,008	0,000	-0,003	0,017
	305	0,009	0,015	0,001	0,010	-0,008	0,011
	311	0,009	0,010	-0,001	0,006	-0,008	0,008
	327	0,004	0,010	-0,003	0,008	-0,007	0,004
	337	0,011	0,005	0,001	0,001	-0,006	0,010
	354	0,012	0,010	0,004	0,005	-0,006	0,014
	360	0,010	0,004	0,005	0,000	-0,003	0,011
	2	0,010	0,006	0,004	0,002	-0,004	0,011
	12	0,005	0,005	0,001	0,003	-0,003	0,006
	15	0,008	0,005	0,001	0,002	-0,005	0,008
25	0,009	0,006	0,002	0,002	-0,005	0,010	
32	0,006	0,005	0,001	0,003	-0,004	0,006	
38	0,018	0,000	0,010	-0,007	-0,003	0,019	
52	0,008	0,007	0,002	0,004	-0,004	0,009	
63	0,011	0,006	0,002	0,002	-0,006	0,011	
70	0,007	0,006	-0,001	0,003	-0,006	0,007	
77	0,003	0,008	0,000	0,006	-0,003	0,004	
87	0,006	0,004	-0,001	0,002	-0,005	0,005	
92	0,011	0,007	0,002	0,003	-0,007	0,011	
99	0,008	0,006	0,003	0,003	-0,004	0,010	
106	0,005	0,003	-0,003	0,001	-0,006	0,003	
113	0,008	0,002	0,001	-0,001	-0,004	0,007	
122	0,008	0,004	0,000	0,001	-0,006	0,007	
128	0,008	0,009	0,000	0,006	-0,006	0,008	
136	0,009	0,011	-0,003	0,007	-0,010	0,007	
144	0,004	0,009	-0,005	0,007	-0,008	0,003	
153	0,003	0,012	-0,007	0,010	-0,009	0,001	
154	0,013	0,010	0,000	0,005	-0,009	0,012	

2008	155	0,003	0,006	-0,006	0,005	-0,008	0,000
	156	0,005	0,011	-0,006	0,009	-0,010	0,004
	157	-0,007	0,009	-0,013	0,011	-0,008	-0,011
	158	0,012	0,008	0,001	0,004	-0,008	0,012
	159	-0,004	0,008	-0,012	0,009	-0,009	-0,008
	160	0,007	0,008	-0,004	0,005	-0,009	0,005
	161	0,008	0,016	0,002	0,013	-0,007	0,012
	162	0,008	0,011	-0,001	0,008	-0,007	0,008
	163	0,005	0,009	-0,003	0,006	-0,007	0,004
	164	0,002	0,008	-0,007	0,007	-0,008	0,000
	165	0,002	0,008	-0,006	0,007	-0,008	0,000
	166	0,007	0,006	-0,004	0,003	-0,008	0,004
	167	0,004	0,009	-0,006	0,007	-0,009	0,002
	168	0,004	0,007	-0,006	0,005	-0,009	0,001
	175	0,012	0,011	0,001	0,006	-0,009	0,012
	190	0,006	0,007	-0,007	0,005	-0,010	0,002
	197	0,005	0,012	-0,008	0,009	-0,011	0,002
	210	0,002	-0,014	0,111	-0,014	0,089	0,066
	214	0,010	0,006	-0,005	0,003	-0,011	0,006
	224	0,007	0,007	-0,002	0,004	-0,008	0,006
	228	0,014	0,014	0,001	0,008	-0,011	0,015
	235	0,001	0,010	-0,009	0,009	-0,010	-0,001
	245	0,009	0,013	-0,003	0,009	-0,010	0,009
	252	0,006	0,012	-0,003	0,009	-0,009	0,006
	262	0,009	0,012	-0,004	0,008	-0,011	0,008
	269	0,005	0,012	-0,005	0,009	-0,009	0,004
	275	0,004	0,012	-0,005	0,010	-0,009	0,004
	281	0,007	0,009	-0,003	0,006	-0,008	0,006
	286	0,021	0,013	0,000	0,004	-0,015	0,019
	297	0,003	0,011	-0,006	0,010	-0,009	0,001
	308	0,010	0,015	0,001	0,011	-0,008	0,012
	318	0,000	0,009	-0,007	0,008	-0,008	-0,002
	322	0,011	0,012	-0,002	0,008	-0,011	0,011
	330	0,012	0,007	-0,005	0,003	-0,013	0,008
	336	0,003	0,005	-0,003	0,003	-0,005	0,002
343	0,010	0,006	-0,002	0,002	-0,009	0,008	
350	0,001	0,007	-0,007	0,006	-0,007	-0,001	
358	0,010	0,009	-0,001	0,005	-0,009	0,009	
2009	4	0,016	0,011	-0,005	0,005	-0,016	0,011
	8	0,002	0,006	-0,004	0,005	-0,005	0,001
	15	0,005	0,009	-0,002	0,007	-0,007	0,005
	22	-0,003	0,003	-0,009	0,004	-0,006	-0,007
	33	0,001	0,006	-0,006	0,005	-0,007	-0,001
	40	0,001	0,004	-0,007	0,004	-0,007	-0,002
	47	0,001	0,005	-0,008	0,005	-0,008	-0,003
	54	0,005	0,008	-0,008	0,006	-0,011	0,001
	61	0,000	0,006	-0,008	0,006	-0,008	-0,003
	68	0,003	0,008	-0,008	0,006	-0,010	-0,001
75	0,003	0,007	-0,007	0,005	-0,009	0,000	
82	0,000	0,006	-0,010	0,005	-0,009	-0,005	

Πίνακας Α.14: Διαφορές ημερήσιων επιλύσεων μεταξύ Gamit/Globk – Bernese για τον σταθμό VL5M  
 Table A.14: Daily coordinate differences between Gamit/Globk and Bernese solutions for station VL5M