

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΠΑΛΙΡΡΟΙΟΓΡΑΦΟΥ ΤΥΠΟΥ RADAR ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΑΛΙΡΡΟΙΟΓΡΑΦΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ FOURIER (FFT)

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης
Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
e-mail: billmass@central.ntua.gr

Περίληψη

Περιγραφή εγκατάστασης ολοκληρωμένου συστήματος παλιρροιογράφων μηχανικού τύπου και τύπου Radar στην Κρήτη. Σύγκριση των καταγραφών των ανωτέρω παλιρροιογράφων και επεξεργασία των παρατηρήσεων με την χρήση φασματικής ανάλυσης. Γενικευμένες εφαρμογές των μετασχηματισμών Fourier (Fast Fourier Transform) στην αξιολόγηση και στην αξιοποίηση των παρατηρήσεων. Συσχετισμός και βέλτιστη απόδοση των δύο διατάξεων καταγραφής της στάθμης της θάλασσας. Έλεγχος και αξιοπιστία των συστημάτων.

Λέξεις – Κλειδιά: παλιρροιογράφος, Radar, φασματική ανάλυση, Fast Fourier Transform

Abstract

Description of integrated mechanical and Radar tide gauge installation in Crete. Comparison of the above tide gauge types records and processing of the observations using spectral analysis techniques. Complex applications of the Fast Fourier Transform (FFT) in the evaluation and utilization of relevant observations. Correlation and optimization of both sea level record devices. Validation of both tide gauge systems.

Keywords: tide gauge, Radar, spectral analysis, Fast Fourier Transform

1. Εισαγωγή

Η λεπτομερής καταγραφή της στάθμης της θάλασσας με την εξέλιξη των δορυφορικών τεχνολογιών καθώς και των συστημάτων τηλεανίχνευσης και ραντάρ, είναι αναγκαία σε πολλούς κλάδους της επιστήμης, όπως η διαστημική γεωδαισία, δορυφορική αλτιμετρία (υψομετρία), υδρογραφία, ωκεανογραφία, γεωφυσική και άλλοι. Συνήθως, η καταγραφή γίνεται κοντά στις ακτές όπου δεν ενδιαφέρει η καταγραφή του κυματισμού (πολύ υψηλές συχνότητες) αλλά όλη η υπόλοιπη μεταβολή της. Σε κάποιες περιπτώσεις ωστόσο, κρίνεται απαραίτητη να γίνεται ανοικτά στη θάλασσα (π.χ. ωκεανογραφία), επικεντρώνοντας ίσως στην καταγραφή του κυματισμού.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της, οι λεγόμενοι παλιρροιογράφοι ή σταθμηγράφοι, ποικίλουν ως προς την αρχή λειτουργίας τους και διαφοροποιούνται ως προς τη θέση τοποθέτησης τους. Υπάρχουν όργανα που τοποθετούνται μέσα στο νερό και βασικά καταγράφουν την υδροστατική πίεση του υπερκείμενου όγκου νερού και τα οποία είναι ευαίσθητα στο αλμυρό και πολλές φορές μολυσμένο νερό των λιμανιών.

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

Άλλου τύπου είναι αυτά που τοποθετούνται έξω από το νερό και καταγράφουν την απόσταση τους από αυτό, όπως radar, ακουστικά και άλλα. Τα όργανα αυτά μπορούν να τοποθετηθούν σε απλές κατασκευές αλλά τα δεδομένα που προκύπτουν, παρουσιάζουν αρκετό θόρυβο εφόσον καταγράφεται η φυσική στάθμη άρα και ο κυματισμός. Τα θεωρούμενα ακριβέστερα όργανα είναι αυτά που βασίζονται σε μηχανική αρχή και λειτουργούν με αντίβαρο και πλωτήρα. Είναι όμως απαιτητικά ως προς την κατασκευή που θα τα φιλοξενήσει.

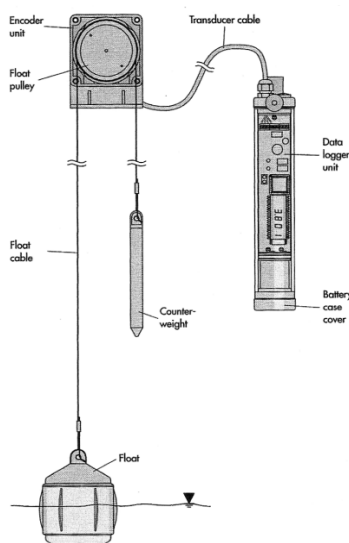
Συνήθως η καταγραφή της στάθμης γίνεται σε λιμάνια, όπου υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την ναυσιπλοΐα ενώ αρμόδια είναι κάποια κρατική υπηρεσία (Intergovernmental Oceanographic Commission - IOC 1985). Στην χώρα μας υπεύθυνη είναι η Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού (ΥΥΠΝ). Για το φυσικό φιλτράρισμα του κυματισμού χρησιμοποιούνται βαριές κατασκευές - οικίσκοι με πηγάδια που επικοινωνούν με τη θάλασσα υπογείως και είναι τοποθετημένοι σε προβλήτες λιμανιών. Ως επί το πλείστον τοποθετείται άλλος σωλήνας μέσα στο πηγάδι για την πλήρη αποκοπή του κυματισμού, όπου και τοποθετούνται τα όργανα καταγραφής.

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζεται η σύγκριση των καταγραφών ενός ολοκληρωμένου συστήματος παλιρροιογράφου μηχανικού τύπου Thalimedes της OTT και ενός ολοκληρωμένου συστήματος παλιρροιογράφου τύπου ραντάρ VEGAPULS 61 της Ohmart/Vega Corporation, με τη χρήση φασματικής ανάλυσης Fourier. Τα συστήματα αυτά είναι εγκατεστημένα και λειτουργούν στη θέση Καστέλλι, Κισσάμου της Κρήτης.

2. Ολοκληρωμένα Συστήματα Παλιρροιογράφων

2.1 Παλιρροιογράφος Μηχανικού Τύπου Thalimedes της OTT

Το βασικό όργανο καταγραφής της στάθμης της θάλασσας είναι ο Thalimedes της OTT (Σχήμα 1) που λειτουργεί με μηχανική αρχή (πλωτήρας - αντίβαρο). Ο περιστρεφόμενος αισθητήρας που συνδέει τον πλωτήρα με το αντίβαρο τοποθετείται πάνω στη μεταλλική βάση στο πάνω μέρος του σωλήνα.



Σχήμα 1. Το βασικό όργανο καταγραφής με την καταγραφική μονάδα

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διόνυσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

4^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012

Ο πλωτήρας συνδέεται με το αντίβαρο με ειδικό πλαστικό νήμα με μπίλιες, έτσι που να θηλυκώνει στις αντίστοιχες εγκοπές του περιστρεφόμενου αισθητήρα. Η κατακόρυφη μετατόπιση του πλωτήρα λόγω της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας καταγράφεται μέσω του αισθητήρα στο καταγραφικό του οργάνου. Η διακριτική ικανότητα του οργάνου είναι 1 mm και έχει την δυνατότητα να καταγράφει τιμές κάθε 1 λεπτό. Η μέγιστη δυνατότητα καταχώρησης στη μνήμη του είναι 30000 τιμές που σημαίνει ότι για καταγραφή κάθε 1 λεπτό υπάρχει αυτονομία περίπου 20 ημερών.

Το καταγραφικό του οργάνου συνδέεται με ένα GSM modem, το Siemens MC35 μέσω συνδεσμολογίας RS 232 και μιας μικρής συσκευής που λειτουργεί ως χρονοδιακόπτης για να ανοίγει το modem σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα αλλά και ως μετασχηματιστής τάσης, γιατί η βασική τροφοδοσία του οργάνου είναι 3 Volt. Τελικά το όργανο αλλά και το modem τροφοδοτούνται από μία μπαταρία 12 Volt 14 Ah, η οποία φορτίζεται από ένα μικρό ηλιακό συλλέκτη 10Watt, ώστε να υπάρχει πλήρης ενεργειακή αυτονομία του συστήματος (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Ο παλιρροιογράφος Thalimedes σε λειτουργία με τον ηλιακό συλλέκτη
Λεπτομέρεια: Η καταγραφική μονάδα, το modem, οι 2 μετασχηματιστές και η μπαταρία

Το GSM modem είναι εφοδιασμένο με μια κάρτα δεδομένων (data) κινητής τηλεφωνίας, οπότε είναι δυνατόν, τις ώρες που έχει προγραμματιστεί να ανοίγει το modem, πραγματοποιείται κλήση μέσω υπολογιστή χρησιμοποιώντας το λογισμικό Hydras 3, που υποστηρίζει τον παλιρροιογράφο Thalimedes.

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διόνυσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

4^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο πλήρης τηλεχειρισμός του οργάνου. Η κλήση μπορεί να γίνει από κινητό τηλέφωνο με σύνδεση του υπολογιστή μέσω Bluetooth ή μέσω modem με οποιαδήποτε γραμμή συμβατή με το τηλεφωνικό δίκτυο του ΟΤΕ. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να αποθηκευτούν άμεσα τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί, να παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο οι τιμές που καταγράφει ο αισθητήρας, να μεταβάλλονται οποιεσδήποτε άλλες παράμετροι, όπως και να συγχρονιστεί το ρολόι του εκάστοτε χρήστη με βάση το χρονόμετρο του υπολογιστή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η βαθμονόμηση του συστήματος είναι η πιο σημαντική διαδικασία αφού το όργανο μετράει σχετικές τιμές όπου πρέπει να συσχετισθούν με απόλυτες τιμές στάθμης της θάλασσας.

2.2. Παλιρροιογράφος Τύπου Radar (VEGAPULS 61)

Ένας νέου τύπου παλιρροιογράφος είναι αυτός που λειτουργεί με την αρχή μέτρησης των αποστάσεων με τη χρήση ραντάρ (RADAR: Radio Detection And Ranging). Το ολοκληρωμένο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε στο Καστέλλι, Κισσάμου της Κρήτης είναι ο παλιρροιογράφος τύπου ραντάρ VEGAPULS 61 της Ohmart/Vega Corporation (Εικόνα 2). Ο τύπος αυτός λειτουργεί στην περιοχή K- band των μικροκυμάτων (26 GHz), είναι εύκολος στην εγκατάσταση, τη χρήση και αρκετά οικονομικός στη συντήρησή του. Η κεραία του ραντάρ είναι σπειροειδούς τύπου διαμέτρου 40mm έως 80mm, ανθεκτική σε διαβρωτικά υγρά και ακραία καιρικά φαινόμενα. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες από -40° έως 80°C και πιέσεις από -1 έως 4 bar. Η καταγραφή του συστήματος ραντάρ γίνεται ανά δευτερόλεπτο (ανάλογα τη βαθμονόμηση του συστήματος), ενώ στην παρούσα εργασία οι καταγραφές του ραντάρ είναι ο μέσος όρος για κάθε ένα λεπτό από σει μετρήσεων ανά δευτερόλεπτο.



Εικόνα 2. Ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής ραντάρ (VEGAPULS)

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διόνυσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

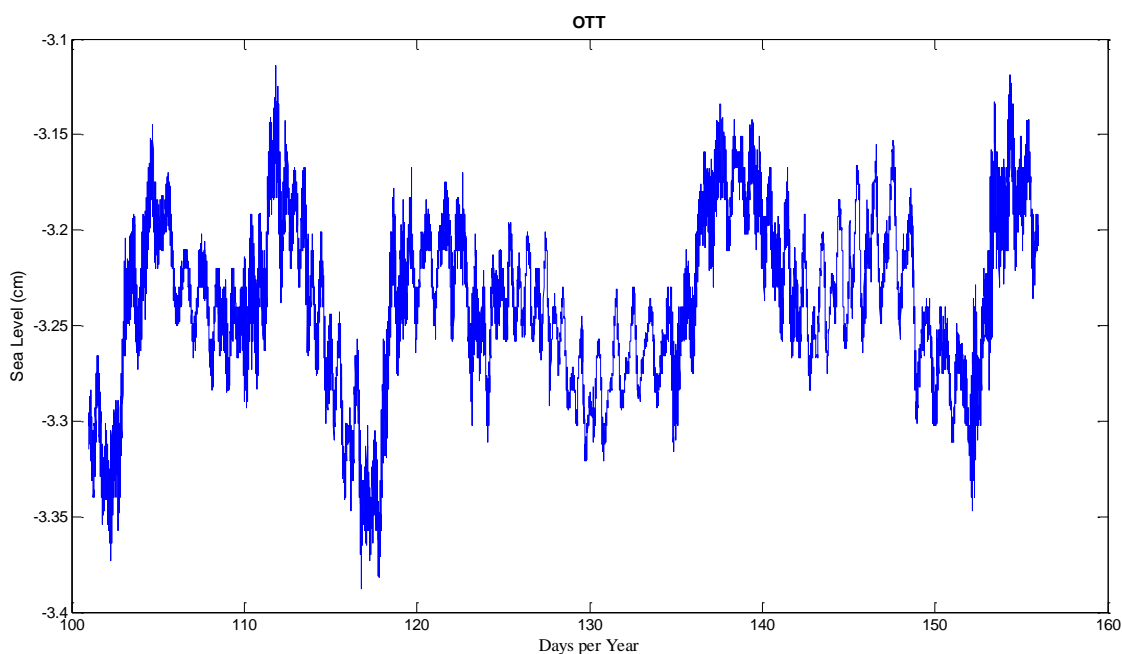
3. Φασματική ανάλυση των παρατηρήσεων με χρήση FFT

Προκειμένου να συγκρίνουμε τις παρατηρήσεις του μηχανικού παλιρροιογράφου (ΟΤΤ) με τον παλιρροιογράφο τύπου ραντάρ (VEGA), χρησιμοποιήσαμε ένα σετ μετρήσεων από τον Μάρτιο έως και τον Αύγουστο 2011 (Εικόνα 3). Για τις ανάγκες της εργασίας λάβαμε ένα τυχαίο δείγμα παρατηρήσεων με κοινή χρονική αφετηρία τον Απρίλιο 2011 για ένα διάστημα 55 ημερών.



Εικόνα 3. Τα δύο συστήματα παλιρροιογράφων (ΟΤΤ & VEGA)

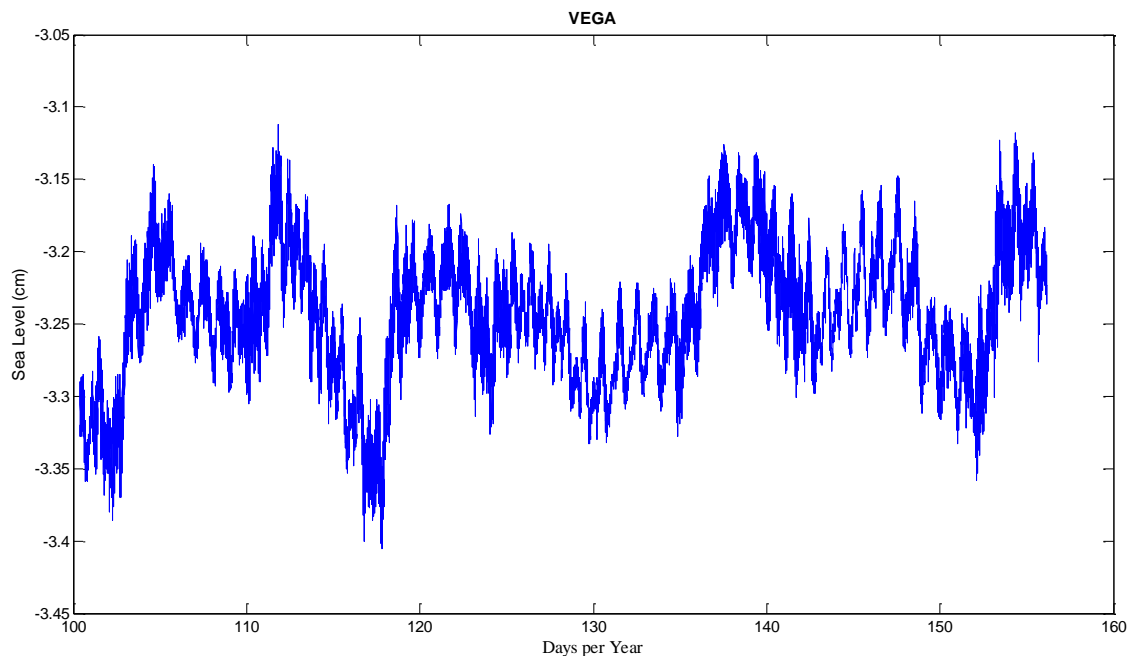
Στα Διαγράμματα 1 και 2 παρουσιάζονται οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας στη θέση Καστέλλι της Κρήτης για το κοινό διάστημα των 55 ημερών (100 – 155 days per year) του παλιρροιογράφου Thalimedes (ΟΤΤ) και του ραντάρ VEGAPULS 61 (VEGA) αντίστοιχα.



Διάγραμμα 1. Πραγματική καταγραφή μεταβολών στάθμης της θάλασσας (ΟΤΤ)

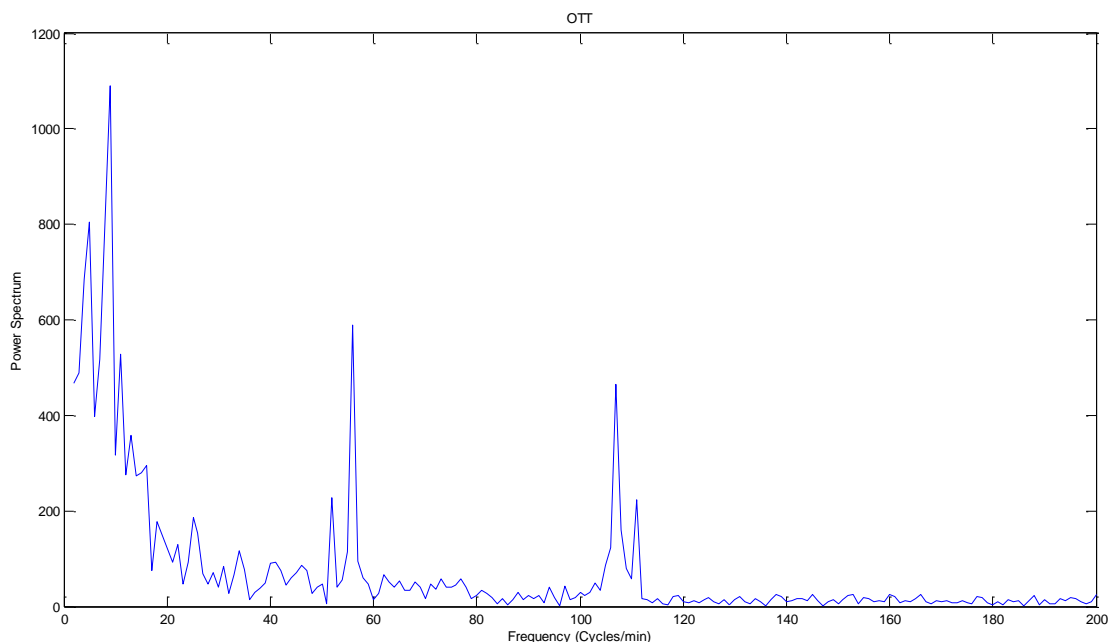
Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

4^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012



Διάγραμμα 2. Πραγματική καταγραφή μεταβολών στάθμης της θάλασσας (VEGA)

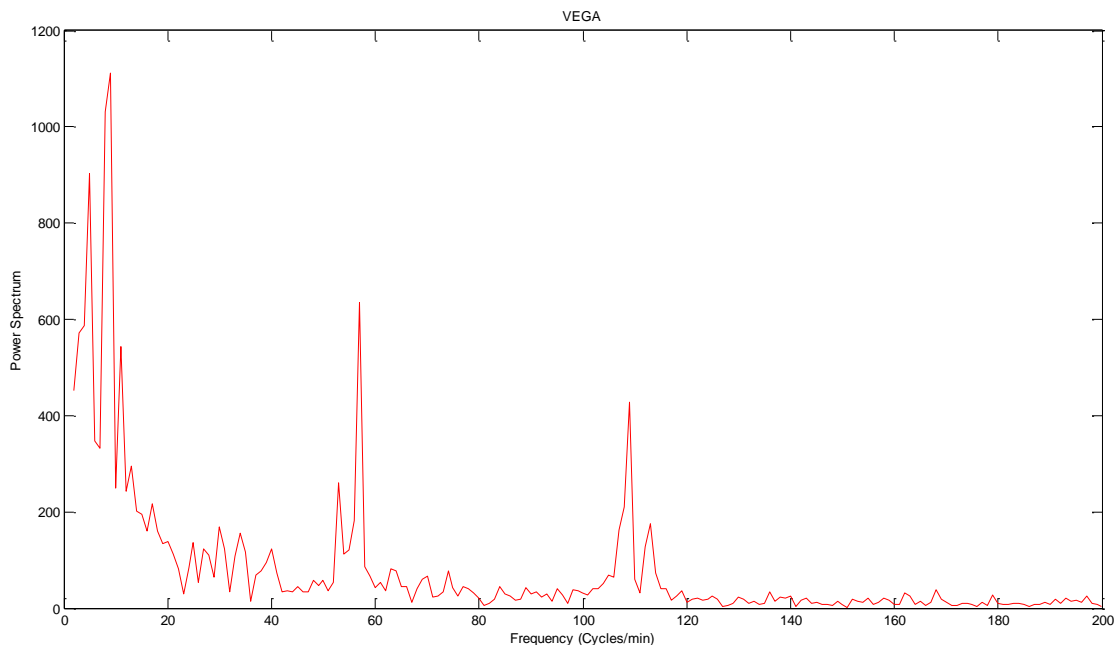
Εφαρμόζοντας ταχύ μετασχηματισμό Fourier (FFT) για τον μηχανικό παλιρροιογράφο (ΟΤΤ) και για τον παλιρροιογράφο τύπου ραντάρ (VEGA) προκύπτουν τα Διαγράμματα 3 και 4 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3. FFT των δεδομένων του μηχανικού παλιρροιογράφου (ΟΤΤ)

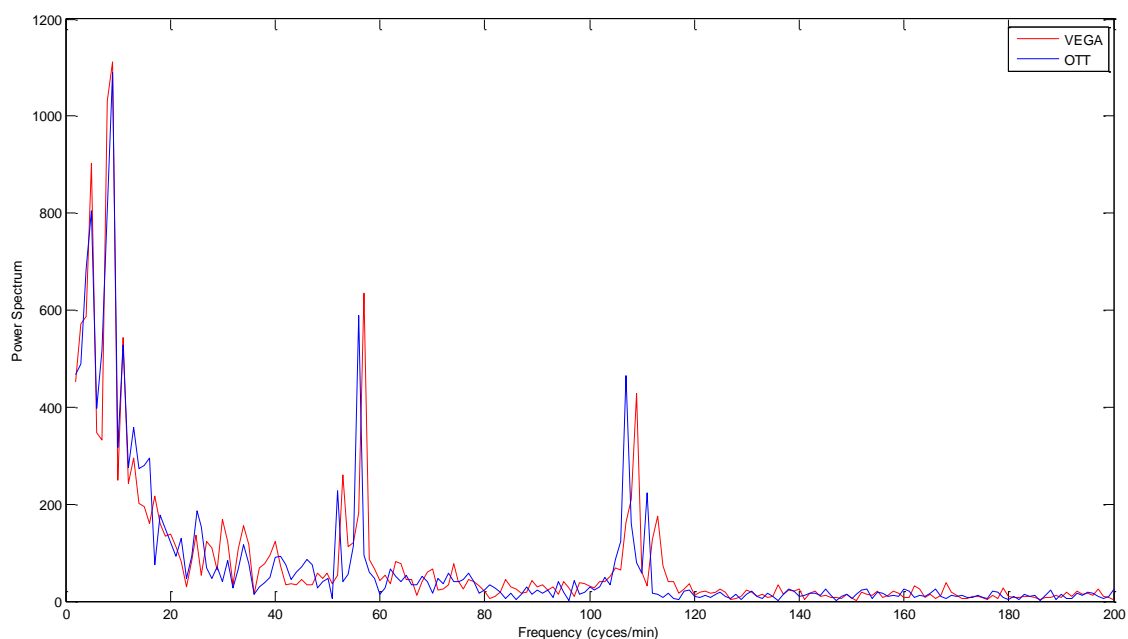
Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
 «Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

4^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας
 Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012



Διάγραμμα 4. FFT των δεδομένων για τον παλιρροιογράφο τύπου ραντάρ (VEGA)

Παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά και των δύο παλιρροιογράφων είναι ανάλογη. Πρέπει να τονιστεί ότι κατά τη διαδικασία της φασματικής ανάλυσης κατά Fourier έχουν απαλλαγεί οι συχνότητες από το θόρυβο λόγω παρατηρήσεων (λευκός θόρυβος) και λόγω εξωγενών παραμέτρων (όπως ανακλάσεις από τον πυθμένα της θάλασσας κοντά στην ακτή, έντονο κυματισμό, κλπ).



Διάγραμμα 5. Φασματικές αναλύσεις Fourier για τον OTT και VEGA

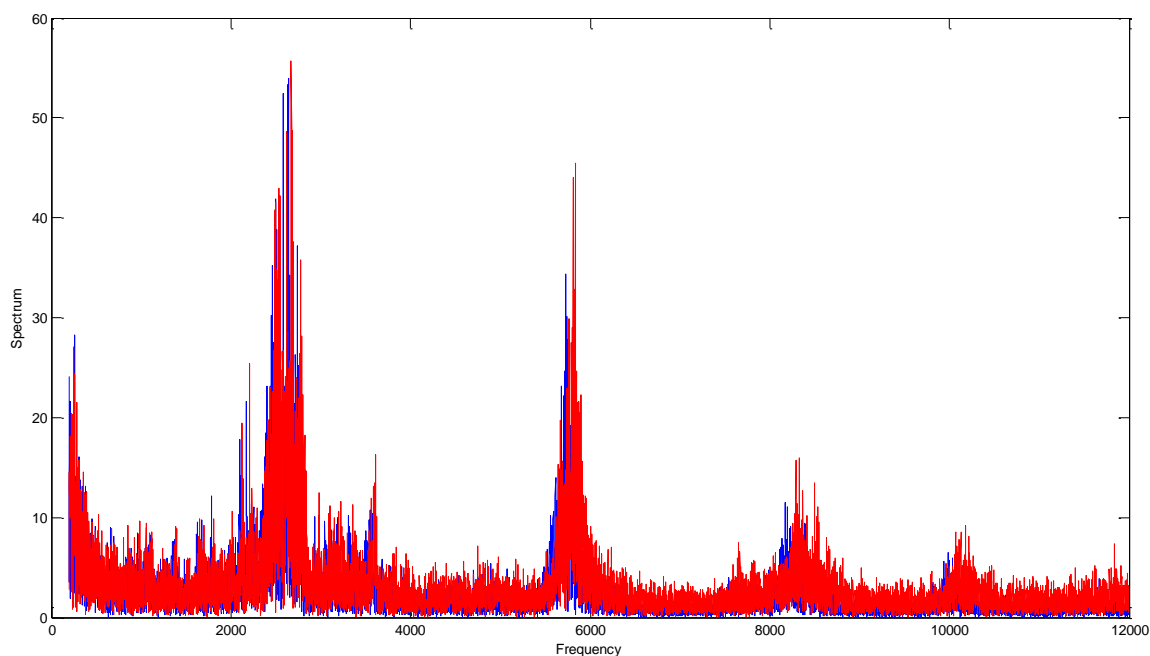
Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
 «Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

4. Έλεγχος και αξιοπιστία των συστημάτων

Συγκρίνοντας τις καταγραφές των δύο συστημάτων (Thalimedes της OTT και VEGAPULS 61 της Ohmart/Vega) προκύπτει ότι έχουν πανομοιότυπη συμπεριφορά στην καταγραφή της στάθμης της θάλασσας. Εάν θεωρηθεί ότι ο μηχανικός παλιρροιογράφος (OTT) είναι πιο κοντά στην πραγματική μέτρηση των μεταβολών της στάθμης της θάλασσας ανά λεπτό, αφού λειτουργεί με τον κλασικό μηχανικό τρόπο, εν τούτοις και ο παλιρροιογράφος τύπου ραντάρ (VEGA) ανταποκρίνεται με μεγάλη σαφήνεια και διακριτική ικανότητα (resolution record) στη λεπτομερή καταγραφή της στάθμης της θάλασσας. Αυτό φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα με τις φασματικές αναλύσεις του OTT και VEGA ταυτόχρονα (Διάγραμμα 5).

5. Αξιολόγηση - Συμπεράσματα

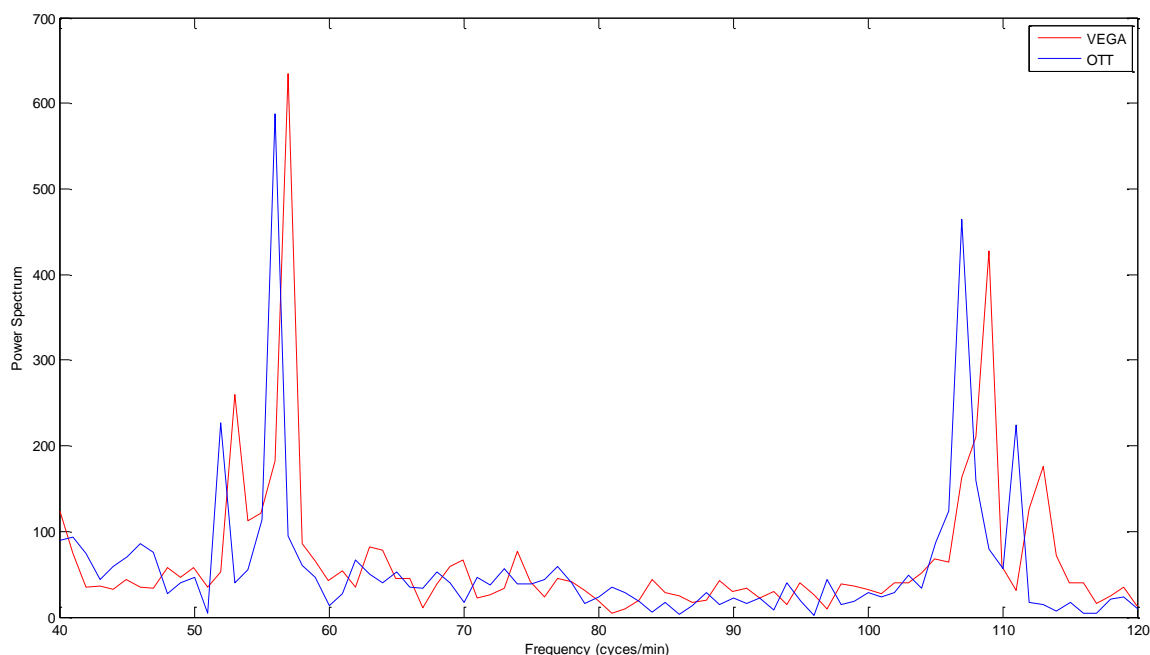
Παρουσιάζοντας στο ίδιο διάγραμμα τις FFT για τον μηχανικό παλιρροιογράφο (OTT) και τον παλιρροιογράφο τύπου ραντάρ (VEGA) αντίστοιχα (Διάγραμμα 6), προκύπτει ότι οι παρατηρήσεις και των δύο συστημάτων ακολουθούν σχεδόν τις ίδιες μεταβολές στο φάσμα (power spectrum). Το διάγραμμα αυτό έχει προκύψει μετά την αφαίρεση του θορύβου από τον παλιρροιογράφο τύπου ραντάρ (VEGA). Με μια πιο λεπτομερή φασματική ανάλυση, παρατηρείται ότι ο κόλπος έχει μια ιδοσυχνότητα της τάξεως των 50 λεπτών περίπου και μέσο εύρος (πλάτος/amplitude) 2.5 cm. Στο επόμενο διάγραμμα (Διάγραμμα 7), όπου έχουμε τμήμα του παραπάνω διαγράμματος με μεγαλύτερη κλίμακα στον άξονα x'x (Frequency), προκύπτει ότι ο μηχανικός παλιρροιογράφος (OTT) έχει μια χρονική μετατόπιση (time shift) νωρίτερα από τον παλιρροιογράφο τύπου ραντάρ (VEGA), δηλαδή αντιλαμβάνεται γρηγορότερα την μεταβολή της στάθμης της θάλασσας από ότι το ραντάρ.



Διάγραμμα 6. FFT μεγάλης διάρκειας για τον OTT και τον VEGA

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διόνυσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ραντάρ καταγράφει ανά ένα δευτερόλεπτο και χρησιμοποιεί την μέθοδο ολοκλήρωσης των παρατηρήσεων ανά ένα λεπτό (60 sec), άρα έχουμε μία μετατόπιση φάσης της τάξης των 30 sec. Για το λόγο αυτό, παρουσιάζεται στο διάγραμμα αυτή η χρονική υστέρηση του παλιρροιογράφου τύπου ραντάρ (VEGA) έναντι του μηχανικού (ΟΤΤ).



Διάγραμμα 7. Λεπτομερής σύγκριση – Χρονική μετατόπιση ΟΤΤ με VEGA

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς θέλουν να εκφράσουν τις ευχαριστίες τους για την υποστήριξη της NASA (Ocean Sciences Grant NNX08AR50G), η οποία παρείχε μέρος των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

Βιβλιογραφία

Μήλας Π, “*Αρμονική Ανάλυση Θαλάσσιων Παλιρροιακών Δεδομένων*”, ΕΜΠ Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, 1999, Αθήνα

Μήλας Π, “*Ανάλυση δεδομένων Παλιρροιογράφων Εργαστηρίου*”, ΕΜΠ Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας ΕΜΠ, 2003, Αθήνα

Μήλας Π, “*Αναγωγές Γεωμετρικών Υπομέτρων Στιγμαίας Στάθμης Θάλασσας σε Γεωμετρικά Υψόμετρα Μέσης Επιφάνειας Θάλασσας Εφαρμογή : Ιόνιο Πέλαγος και Κορινθιακός Κόλπος*”, 5^ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο ΕΜΠ, Μέτσοβο 27-30 Σεπτεμβρίου 2007

Μήλας Π., “*Ένα αξιόπιστο, λιτό και οικονομικό τηλεχειριζόμενο σύστημα καταγραφής της στάθμης της θάλασσας*”, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας ΕΜΠ, 3^ο Τακτικό Εθνικό συνέδριο Μετρολογίας, 5-6 Φεβρουαρίου 2010, Κύπρος

Υ.Υ.Π.Ν., “*Αρμονική Ανάλυση Παλιρροιών Ελληνικών Λιμένων*”, Ωκ. Μελέτη Νο 17, 1992

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διόνυσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ

«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

4^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012

Hunter, M., "Efficient FFT-based spectral analysis using polynomial-based filters for next generation test systems", Autotestcon, IEEE, 2007, Baltimore, MD, USA

I.O.C., "Manual on Sea Level Measurement and Interpretation", Vol I, UNESCO 1985

Manzano-Agugliaro F., Corchete V., Lastra X. B., "Spectral analysis of tide waves in the Strait of Gibraltar", Scientific Research and Essays Vol. 6(2), pp. 453-462, 18 January, 2011, Academic Journals

Milas P., Karamanou A., Paradissis D, Palamartchouk K., "Tide Gauges and Continuous GPS in Crete: On The Way To Detect Vertical Movements", IGS Workshop and Vertical Rates Symposium, 28 June - 2 July 2010, Newcastle, England

Pavlis E.C., Mertikas S., Milas P., Paradissis D., "Results from the Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet", OSTM Meeting, 10-15 November 2008 Nice, France

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D., Frantzis X. , "OSTM/JASON-2 CAL/VAL Results From The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet", Ocean Surface Topography From Space, June 22 -24 2009, Seattle Washington

Pavlis E.C., Evans K., Milas P, Massinas B. A., Paradissis D., "Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet", ILRS Technical Workshop on SLR Tracking of GNSS Constellations, September 14-19, 2009, Metsovo, Greece

Pavlis E.C., Evans K., Beckley B., Frantzis X., Mertikas S. P., Milas P., Paradissis D., "OSTM/JASON-2 Cal/val Results From The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet", Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-6608, 2009, Vienna

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Massinas B., Paradissis D., Frantzis X., "The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet", Geophysical Research Abstracts Vol. 12, EGU2010-11494, 2010, Vienna

Pavlis E.C., Milas P., Evans K., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., "The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet", Geophysical Research Abstracts Vol. 13, EGU2011-9054, 2011, Vienna

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., "Eastern Mediterranean Tide Gauge Network – eMACnet", 5th Coastal Altimetry Workshop, 16-18 October 2011, San Diego, USA

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., "Eastern Mediterranean Calibration Network-eMACnet", Ocean Surface Topography Science Team Meeting, 19-21 October, 2011, San Diego, CA, USA

Pawlowicza R., Beardsley B., Lentz S., "Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE", Computers & Geosciences 28, 929–937, 2002, Pergamon Press

Π. Μήλας, Β. Μασσίνας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διόνυσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)»

4^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012