

ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΗΣ Β.Δ. ΛΕΣΒΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΙΚΟΥ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΟΥ (THEMATIC MAPPER).

Γαζής Δ.Ε., Σ.Γ Κουκούλας & Ι.Ν Χατζόπουλος

Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Καραντώνη 17, 81100, Μυτιλήνη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρουσιάζονται το θεωρητικό υπόβαθρο και οι αλγόριθμοι μέτρησης βάθους της θάλασσας από πολυφασματικές εικόνες. Γίνεται αξιολόγηση της βαθυμετρικής ικανότητας των καναλιών 1,2,3 του θεματικού χαρτογράφου για την παράκτια ζώνη της Β.Δ. Λέσβου. Το κανάλι 2 δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα με ακρίβεια 0.65 μ για βάθη μικρότερα των 12 μ. Παρουσιάζεται μια απλή μέθοδος ταξινόμησης των νερών σε κλάσεις βάθους. Με την χρήση των καναλιών 2,3,4 διαχωρίζονται τρεις κλάσεις για βάθη μικρότερα των 10 μ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μορφή της επιφάνειας της γης επηρεάζει σημαντικά τις φυσικές συνθήκες των παράκτιων οικοσυστημάτων. Η ακτές και η τοπογραφία του βυθού της θάλασσας συμβάλλουν στην διαμόρφωση της κυκλοφορίας του νερού και στην δυναμική των ακτών και αποτελούν έναν από τους παράγοντες που συντελούν στην ευκολία μεταβολής των ιδιοτήτων του νερού, χωρικά και χρονικά, στα παράκτια οικοσυστήματα (Καρύδης 1989).

Η επιφάνεια της γης μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα σύνολο σημείων που αντιπροσωπεύουν τα κυριώτερα χαρακτηριστικά της και για τα οποία είναι γνωστή η μαθηματική τους θέση στον χώρο (Χατζόπουλος 1990). Η συλλογή χωρικής πληροφορίας για τα σημεία της γήινης επιφάνειας επιτυγχάνεται με τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους.

Ειδικά η μέτρηση του βάθους της θάλασσας (βαθυμετρία) μπορεί να επιτευχθεί με: **α)** με την χρήση ηχοβολιστικών οργάνων (sonar) από πλοία, **β)** με την χρήση side - scan sonar από πλοία, **γ)** με την χρήση LIDAR από αερομεταφερόμενες πλατφόρμες, **δ)** με την χρήση αεροφωτογραφιών και **ε)** πολυφασματικών εικόνων σαρωτών από αεροπλάνα και δορυφόρους. Όσον αφορά το τελευταίο, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι και τεχνικές (ASP 1982):

- 1) φωτογραμμετρικές τεχνικές υπολογισμού βάθους από στερεοφωτογραφίες,
- 2) φωτογραφικές μέθοδοι υπολογισμού της διαφάνειας του νερού,
- 3) μέθοδοι πολυφασματικής βαθυμετρίας.

Στην εργασία αυτή θα παρουσιασθεί μια προσπάθεια υπολογισμού του βάθους της θάλασσας με την χρήση εικόνων του δέκτη Thematic Mapper (θεματικός Χαρτογράφος) του δορυφόρου Landsat χρησιμοποιώντας μεθόδους πολυφασματικής βαθυμετρίας. Πρακτικά αποτελέσματα δίνονται από την μελέτη της παράκτιας ζώνης της Β.Δ. Λέσβου.

ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία εισερχόμενη στη θάλασσα, οπισθοσκεδάζεται από τα μόρια και τα συστατικά του νερού ενώ ένα ποσοστό της συνεχίζει προς τα κατώτερα στρώματα. Εφόσον το βάθος είναι μικρό (μέχρι 30 μ), η θάλασσα είναι καθαρή (άρα και η οπισθοσκεδάζομενη ακτινοβολία πολύ μικρή), η κατερχόμενη ακτινοβολία ανακλάται από τον πυθμένα και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μεταφέροντας πληροφορία από τον βυθό. Το βάθος διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας στο νερό εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Στο καθαρό νερό η μέγιστη διείσδυση γίνεται στην περιοχή του μπλέ και του πράσινου (0.44 - 0.54 μm) ενώ ελατώνεται όσο αυξάνει το μήκος κύματος (Campbell 1986). Πέρα από το εγγύς υπέρυθρο η ακτινοβολία δεν εισέρχεται στο νερό. Η ανερχόμενη από το νερό ακτινοβολία μπορεί να συσχετισθεί με το βάθος του πυθμένα και να εξαχθεί βαθυμετρική πληροφορία (Robinson 1985).

Η ανερχόμενη από νερό ακτινοβολία μπορεί να καταγραφεί από έναν δέκτη. Το σήμα που καταγράφει ο δέκτης μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από δύο μέρη, αυτό που προέρχεται από την παράμετρο που μας ενδιαφέρει (η ανακλαστικότητα του πυθμένα) και αυτό που προέρχεται από τον θόρυβο, ο οποίος οφείλεται στον ίδιο τον δέκτη και σε διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες (διαφάνεια του νερού, ατμόσφαιρα, ηλιακή γωνία, κ.α.). Για έναν συγκεκριμένο δέκτη, η καταγραφόμενη ακτινοβολία που προέρχεται από μία περιοχή της θάλασσας με βαθειά νερά (όπου όλη η προσπίπτουσα ακτινοβολία απορροφάται) θα οφείλεται μόνο στον θόρυβο και μπορεί να εκτιμηθεί και να απομακρυνθεί από το υπόλοιπο σήμα. Η διαφορά της τιμής ενός στοιχείου εικόνας από την τιμή για τα βαθειά νερά αποτελεί το χρήσιμο σήμα που μεταφέρει πληροφορία από τον πυθμένα.

Η ακτινοβολία που καταγράφει ο δέκτης συνδέεται με το βάθος με μία σχέση εκθετικής μορφής (Polcyn et al., 1970). Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται από τους ερευνητές συνδέουν το βάθος με α) την τιμή που καταγράφει ο δέκτης (π.χ. Cracknell & Ibrahim 1988), ή β) με τον λογάριθμο της διαφοράς της τιμής ενός στοιχείου εικόνας από αυτήν για τα βαθειά νερά (π.χ. Lyzenca, 1981). Για την ποσοτική εκτίμηση του βάθους απαιτείται καλιμπράρισμα των αλγορίθμων με δεδομένα από την συγκεκριμένη περιοχή για το βάθος ή/και για τον συντελεστή εξασθένησης της ακτινοβολίας για τα συγκεκριμένα κανάλια (Polcyn & Lyzenca, 1979). Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με την χρήση περισσότερων καναλιών και χρησιμοποιώντας δεδομένα για το βάθος, την διαφάνεια του νερού και την ανακλαστικότητα του πυθμένα (Spitzer & Dirks, 1987).

Η διαφορά της ραδιομετρικής τιμής ενός στοιχείου εικόνας από την αντίστοιχη τιμή για τα βαθειά νερά μετρά τον βαθμό που συνεισφέρει στο σήμα η επίδραση του βάθους. Θεωρώντας ότι κάθε κανάλι έχει ένα ορισμένο βάθος διείσδυσης στο νερό, είναι δυνατή η ταξινόμηση της εικόνας σε κλάσεις βάθους, όπου κάθε κλάση αντιπροσωπεύει το μέγιστο βάθος διείσδυσης κάθε καναλιού (Campbell 1986). Εάν είναι γνωστά τα μέγιστα βάθη διείσδυσης κάθε καναλιού τότε κάθε στοιχείο εικόνας αντιστοιχίζεται σε ένα συγκεκριμένο εύρος βάθους (Jupp et al., 1985).

Η πολυφασματική βαθυμετρία έχει δώσει αρκετά καλά αποτελέσματα σε περιοχές με καθαρά νερά και ομοιόμορφη αντανάκλαση του πυθμένα (Polcyn & Lyzenca, 1979). Όμως επειδή οι δύο παραπάνω συνθήκες δεν πληρούνται πάντα, για την εφαρμογή της μεθόδου και σε άλλες περιοχές απαιτούνται επιπλέον τοπικά δεδομένα για τους παράγοντες (πλύν του βάθους) που επιδρούν στο σήμα που καταγράφει ο δέκτης. Γίνονται προσπάθειες για την κατασκευή αλγορίθμων που να χρειάζονται μόνο δεδομένα βάθους για καλιμπράρισμα, με ικανοποιητικά αποτελέσματα (O'Neil & Miller, 1989).

Συνδυάζοντας την ακρίβεια δεδομένων των παραδοσιακών τεχνικών βαθυμετρίας με τα πλεονεκτήματα των εικόνων (ταχύτητα δειγματοληψίας, συλλογή δεδομένων για κάθε σημείο μιάς περιοχής) και βελτιώνοντας τους υπάρχοντες αλγόριθμους, μπορεί να επιτευχθεί η συνεχής συλλογή βαθυμετρικών δεδομένων ικανοποιητικής ακρίβειας για μεγάλες περιοχές και με μικρό κόστος.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το εργαστήριο τηλεπισκόπησης του Τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου διέθεσε για την μελέτη αυτή μία εικόνα του θεματικού Χαρτογράφου της Νήσου Λέσβου. Ο δέκτης TM του δορυφόρου Landsat διαθέτει επτά κανάλια από τα οποία τα τέσσερα πρώτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βαθυμετρία. Η φασματική διακριτική ικανότητά τους είναι (σε μm): κανάλι 1 (0.45 -0.52), κανάλι 2 (0.52 -0.60), κανάλι 3 (0.63 - 0.69), κανάλι 4 (0.76 - 0.90).

Η επιλογή της περιοχής που θα χρησίμευε για περιοχή μελέτης έπρεπε να ικανοποιεί τα ακόλουθα κριτήρια: τα νερά να είναι καθαρά, να μην υπάρχουν αποροές από την ξηρά και η σχετικά αβαθής περιοχή να εκτείνεται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ζώνη. Για την πλήρωση του πρώτου κριτηρίου ακολουθήθηκε παρακάτω διαδικασία: μετρήθηκε η διαφάνεια του νερού με τον δίσκο του Secchi σε δύο περιοχές μιά με καθαρά νερά (τιμή Secchi 25 μ) και μιά με μη καθαρά νερά (τιμή Secchi 7 μ). Οι οπτικές τιμές της εικόνας στα κανάλια του ορατού για τις περιοχές αυτές χρησιμοποιήθηκαν σαν δείγματα και έγινε μιά ταξινόμηση της θάλασσας σε καθαρές και μη καθαρές περιοχές. Οι περιοχές με αποροές (εκβολές χειμάρων και εργοστασίων, αγροτικές παράκτιες περιοχές, αστικές περιοχές) βρέθηκαν από τον χάρτη και την εικόνα. Οι ρηχές περιοχές βρέθηκαν από τον χάρτη. Η περιοχή που ικανοποιούσε τα παραπάνω κριτήρια ήταν η βορειοδυτική πλευρά του νησιού. Ο χάρτης της περιοχής φαίνεται στην εικόνα 9.

ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το τμήμα της εικόνας με την περιοχή μελέτης έχει 498x496 στοιχεία εικόνας (διαστάσεις μονάδας 30x30 μ). Έγινε γεωμετρική διόρθωση με βάση την σχέση $x = a_0 + a_1 X + a_2 Y$, $y = b_0 + b_1 X + b_2 Y$, όπου x, y οι συντεταγμένες εικόνας (στήλη, γραμμή) και X, Y οι συντεταγμένες χάρτη, και έδωσε ακρίβεια 30 μ . Σαν μέθοδος επαναδειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε αυτή του πλησιέστερου γειτονικού σημείου (nearest neighbor) για να διατηρηθούν οι αυθεντικές ραδιομετρικές τιμές της εικόνας. Επειδή η έκταση της περιοχής μελέτης είναι σχετικά μικρή (15x15 χλμ) θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχει σημαντική χωρική μεταβολή των συστατικών της ατμόσφαιρας και δεν έγινε ατμοσφαιρική διόρθωση. Έγινε απομόνωση (masking) της ξηράς με την χρήση των υπέρυθρων καναλιών (4, 5, 7). Καλύτερα αποτελέσματα έδωσε το κανάλι 7 (2.08 - 2.35 μm). Οι εικόνες για τα κανάλια 1, 2, και 3 φαίνονται στην εικόνα 2. Το κανάλι 1 φαίνεται να δίνει περισσότερη βαθυμετρική πληροφορία αλλά έχει και αρκετό θόρυβο. Το κανάλι 2 δίνει σχεδόν ίδια πληροφορία με λιγότερο θόρυβο. Το κανάλι 3 είναι φανερό ότι διεισδύει σε πολύ μικρότερα βάθη. Όλες οι εικόνες έχουν έντονη λωριδοποίηση (striping & banding). Δοκιμάσθηκαν δύο αλγόριθμοι εξάλειψης της λωριδοποίησης (Mather 1987) χωρίς όμως αποτελέσματα.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Παρουσιάζονται κάποια αρχικά αποτελέσματα καθώς η ερευνητική προσπάθεια βρίσκεται σε εξέλιξη.

1. Αξιολόγηση της βαθυμετρικής πληροφορίας κάθε καναλιού

Από τον χάρτη κλίμακας 1:50000 της Γ.Υ.Σ. της αντίστοιχης περιοχής της εικόνας επιλέχθηκαν 31 σημεία γνωστού βάθους (εύρος βαθών από 0.3 έως 25 μ) και μετρήθηκαν οι συντεταγμένες τους. Για τα ίδια σημεία μετρήθηκαν από την ανηγμένη εικόνα οι ραδιομετρικές τιμές για τα κανάλια 1, 2 και 3. Τα αντίστοιχα διαγράμματα φαίνονται στο σχήμα 1. Σε όλα παρατηρείται μία εκθετική μεταβολή του βάθους με την ραδιομετρική τιμή. Για την εύρεση μίας σχέσης που να συνδέει καλύτερα το βάθος με την ραδιομετρική τιμή χρησιμοποιήθηκε μη γραμμική παλινδρόμηση. Καλύτερα αποτελέσματα και για τα τρία κανάλια έδωσε η σχέση:

$$z = e^{a+b(DN)}$$

όπου:

z : βάθος σε μ.

DN : ραδιομετρική τιμή του καναλιού.

a,b: συντελεστές.

Οι συντελεστές a, b, ο συντελεστής συσχέτισης r και το τυπικό σφάλμα (standard error) φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

κανάλι	a	b	r	std. error
1	6.07783	-0.210037	-0.920	0.455
2	3.96009	-0.242689	-0.946	0.376
3	2.55240	-0.136755	-0.866	0.577

Κάθε μία από τις 3 σχέσεις που βρέθηκαν χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση του βάθους κάθε στοιχείου εικόνας (pixel). Από τις μικρότερες ραδιομετρικές τιμές της αρχικής εικόνας χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που βρέθηκαν εκτιμήθηκε ότι το μέγιστο βάθος διείσδυσης για τα κανάλια 1,2,3 ήταν 15 μ, 12 μ και 4 μ αντίστοιχα. Εγινε σύγκριση με τα βάθη του χάρτη για 42 σημεία (εύρος βαθών 0.3 έως 16 μ) και τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα ήταν 1.89 μ, 0.65 μ και 3.12 μ για τα κανάλια 1, 2 και 3 αντίστοιχα. Σε κάθε εικόνα εφαρμόσθηκε ένα φίλτρο μεσαίας τιμής (median) για την ομογενοποίηση των τιμών και την απομόνωση των ακραίων τιμών κάθε κλάσης καθώς και για την διατήρηση των ορίων κάθε κλάσης (Mather 1987). Η τελική εικόνα έδωσε έναν χάρτη με κλάσεις βάθους. Εγινε σύγκριση με την μορφή των ισοβαθών καμπυλών του χάρτη αναφοράς. Καλύτερα αποτελέσματα έδωσε το κανάλι 2 όπου διαχωρίζονται 10 κλάσεις βάθους (εικόνες 4,4a,4b). Η μορφή των ισοβαθών του χάρτη συμφωνεί αρκετά καλά με αυτήν της εικόνας για βάθη μικρότερα των 10 μ. Για μεγαλύτερα βάθη παρατηρούνται ασυμφωνίες που πιθανώς να οφείλονται στον θόρυβο από την λωριδοποίηση της αρχικής εικόνας.

2. Βαθυμετρική ταξινόμηση με την χρήση πολλών καναλιών

Από την εικόνα βρέθηκε για κάθε κανάλι η οπτική τιμή που αντιστοιχεί στις περιοχές με βαθειά νερά και που ισοδυναμεί με το σήμα που προέρχεται από τον θόρυβο του δέκτη και του περιβάλλοντος.

Ακολουθήθηκε η εξής λογική για την ταξινόμηση που έγινε (D_i το μέγιστο βάθος διεύθυνσης του καναλιού i , L_i η τιμή του καναλιού i , L_{wi} η τιμή για τα βαθειά νερά του καναλιού i):

- IF $[(L_1 > L_{w1}) \text{ AND } (L_i \leq L_{wi})]$, $i=2 \dots n$]
THEN $D = D_2 - D_1$
- IF $[(L_j > L_{wj})]$, $j=1,2$, AND $(L_i \leq L_{wi})$, $i=3 \dots n$]
THEN $D = D_3 - D_2$
- IF $[(L_j > L_{wj})]$, $j=1,2,3$, AND $(L_i \leq L_{wi})$, $i=4 \dots n$]
THEN $D = D_4 - D_3$
- IF $[(L_j > L_{wj})]$, $j=1 \dots n-1$, AND $(L_n \leq L_{wn})$]
THEN $D = D_n - D_{n-1}$
- IF $L_i > L_{wi}$, $i=1 \dots n$
THEN $D = 0 - D_n$
- IF $L_i \leq L_{wi}$, $i=1 \dots n$
THEN $D > D_1$

Κάθε στοιχείο εικόνας ταξινομήθηκε σε μία κλάση βάθους ή έμεινε αταξινόμητο. Αν χρησιμοποιηθούν N κανάλια μπορούν να διαχωριστούν $N+1$ κλάσεις βάθους. Κάθε κλάση αντιστοιχεί σε ένα εύρος βάθους που ορίζεται από τις διαφορές του μέγιστου βάθους διεύθυνσης κάθε καναλιού (π.χ. για τρία κανάλια χωρίζονται οι εξής κλάσεις βάθους: $0 - D_3$, $D_3 - D_2$, $D_2 - D_1$, $> D_1$, όπου D_1 , D_2 , D_3 , τα βάθη διεύθυνσης κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους.

Για την εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας γράφτηκε λογισμικό σε γλώσσα προγραμματισμού C. Χρησιμοποιήθηκαν συνδυασμοί τριών καναλιών (123, 234) και συνδυασμοί τεσσάρων καναλιών (1234, 2345, 2346). Στις εικόνες που δημιουργήθηκαν εφαρμόστηκε ένα φίλτρο μεσαίας τιμής (median) και στην συνέχεια έγινε σύγκριση με την μορφή των ισοβαθών καμπυλών και με τα βάθη διαφόρων σημείων του χάρτη αναφοράς.

Καλύτερα αποτελέσματα έδωσε ο συνδυασμός των καναλιών 2,3,4 (εικόνες) όπου διαχωρίζονται τέσσερις κλάσεις βάθους και εξαλείφεται ο θόρυβος από την λωριδοποίηση (εικόνες 5,6). Όμως και εδώ φαίνεται από την σύγκριση της μορφής των ισοβαθών ότι το μέγιστο βάθος διεύθυνσης του καναλιού 2 είναι μικρότερο από αυτό που εκτιμήθηκε (12) και σίγουρα μικρότερο των 10 μ.

Η χρήση των τεσσάρων πρώτων καναλιών (1 2 3 4) δίνει μία επιλέον κλάση βάθους όμως το κανάλι 1 δημιουργεί πολλά αταξινόμητα στοιχεία εικόνας σε παράκτιες περιοχές της εικόνας. Επιπλέον στην περιοχή της βαθειάς θάλασσας παραμένει ο θόρυβος από την λωριδοποίηση (εικόνες 7,8). Η επιπλέον χρήση του καναλιού 5 ή 6 στους συνδυασμούς των τριών ή τεσσάρων καναλιών δεν βελτιώνει τα αποτελέσματα. Η αντιστοίχιση των κλάσεων σε συγκεκριμένο εύρος βάθους αποτελεί μέρος της συνεχιζόμενης έρευνας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το κανάλι 2 του TM του δορυφόρου Landsat μας δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με την εκτίμηση του βάθους και την ακρίβεια που μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ένα μόνο κανάλι και βαθυμετρικά δεδομένα της περιοχής μελέτης (για βάθος μικρότερο των 12 μ μέσο τετραγωνικό σφάλμα 0.65 μ).

Για βαθυμετρική ταξινόμηση με την χρήση πολλών καναλιών, ο συνδυασμός των καναλιών 2,3 και 4 έδωσε ξεκάθαρα 4 κλάσεις βάθους με μέγιστο βάθος μικρότερο των 10 μ.

Η λωριδοποίηση της αρχικής εικόνας επηρεάζει τα αποτελέσματα. Χρειάζεται περισσότερη βαθυμετρική πληροφορία από αυτήν που χρησιμοποιήθηκε για μία καλύτερη και ποσοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Επίσης, χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν εικόνες διαφορετικών ημερομηνιών ώστε να εξαλειφθούν πιθανές επιδράσεις που οφείλονται σε εποχιακά φαινόμενα.

Υπό εξέλιξη βρίσκονται προσπάθειες α) για την κατασκευή νέων αλγορίθμων εκτίμησης του βάθους που χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα κανάλια, β) αλγορίθμων για την εξαίρεση της λωριδοποίησης και γ) για την συλλογή καλύτερων βαθυμετρικών δεδομένων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την χρήση εικόνων του θεματικού Χαρτογράφου και δεδομένων για το βάθος διεύθυνσης κάθε καναλιού, το βάθος της θάλασσας, την διαφάνεια του νερού και την ανακλαστικότητα του πυθμένα μπορεί να εξαχθεί ποσοτική βαθυμετρική πληροφορία, η ακρίβεια της οποίας εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση της παράκτιας περιοχής της Β.Δ. Λέσβου έγινε αξιολόγηση της δυνατότητας μέτρησης του βάθους για τα κανάλια 1,2 και 3. Καλύτερα αποτελέσματα έδωσε το κανάλι 2 με μέσο τετραγωνικό σφάλμα 0.65 μ για βάθη μικρότερα των 12 μ.

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε μία μέθοδος ταξινόμησης των σχετικά αβαθών νερών σε κλάσεις βάθους με αρκετά καλά αποτελέσματα (τρεις κλάσεις για βάθη μικρότερα των 10 μ με την χρήση των καναλιών 2,3,4).

Η πληροφορία αυτή είναι σημαντική καθώς δίνει μία εκτίμηση του βάθους για κάθε σημείο της περιοχής και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον καλύτερο σχεδιασμό των σημείων βαθυμέτρησης με συμβατικές μεθόδους. Το μεγάλο μήκος των Ελληνικών παράκτιων περιοχών απαιτεί ένα τεράστιο πλήθος βαθυμετρήσεων για την πλήρη τους κάλυψη. Τα καθαρά νερά των περισσότερων από αυτές καθιστούν την πολυφασματική βαθυμετρία με δορυφορικές εικόνες μία σημαντική πηγή δεδομένων που δεν πρέπει να μείνει ανεκμετάλευτη. Αξίζει λοιπόν να γίνει μία πιο συστηματική διερεύνηση της εφαρμογής της μεθόδου για τις παράκτιες περιοχές μας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ASP (American Society for Photogrammetry) 1983, Volume II, Editor: J.E. Estes, pp. 1415-1439.

Cambell J.B., 1987, "Introduction to Remote Sensing", Guilford Press.

Cracknell A.P. and Ibrahim M., 1988, "Remote Sensing Letters - Bathymetry studies on the coastal waters (Red Sea) of Jeddah, Saudi Arabia, using Shuttle MOMS-01 data", INT.J. Remote Sensing, Vol.9, No.6, 1161-1165.

Jupp, D.L.B., K.K.Mayo, D.A.Kucher, D.Van R.Classen, R.A.Kenchington, and P.R.Guerin. 1985. "Remote Sensing For Planning and Managing the Great Barrier Reef of Australia", Photogrammetria, Vol. 40, pp. 21-42.

- Καρύδης Μ., 1989, "Υδατικά Οικοσυστήματα", Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος.
- Klemas V. and Philpot W.D, 1981, "Drift and Dispersion Studies of Ocean-Dumped Waste Using Lansat Imagery and Current Drogues", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.47, No.4, pp.533-542.
- Lyzenga, D.R. 1981, " Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data", International Journal of Remote Sensing. Vol.2, pp. 71-82.
- Mather P.M., 1987, "Computer Processing of Remotely Sensed Images-an Introduction-", J.Wiley and Sons.
- O'Neil, N.T., and J.R.Miller, 1989, "On calibration of passive optical bathymetry through depth soundings. Analysis and treatment of errors resulting from the spatial variation of environmental parameters", International Journal of Remote Sensing, Vol. 10, No. 9, pp. 1481-1501.
- Polcyn, F.C., and C.T. Wezernak. 1970, "Pollution surveillance and data acquisition using multispectral remote sensing", Water Res. Bull., J.Armer. Water Res. Assoc. 6(6):920-934.
- Polcyn, F.C., and D.R.Lyzenga, 1979, "LANDSAT Bathymetric Mapping by Multispectral Processing". In Proceedings of the Thirteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann Arbor, MI: Environmental Research Institute of Michigan, pp.1269-1276
- Robinson I.S., 1985, "Satellite Oceanography - an Introduction for Oceanographers and Remote-Sensing Scientists", Ellis Horwood Limited, England, 455pp.
- Spitzer D. and Dirks R.W.J., 1987, "Bottom influence on the reflectance of the sea", INT.J.Remote Sensing, Vol.8, No.3, 279-290
- Χατζόπουλος Ι.Ν., 1990, "Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών", Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος.

BATHYMETRIC STUDY OF COASTAL ZONE OF THE NORTH WESTERN PART OF THE GREEK ISLAND OF LESVOS USING LANDSAT THEMATIC MAPPER IMAGERY

Gazis J., Koukoulas S. & Hatzopoulos J.N
Remote Sensing Laboratory, Department of the Environment, University
of the Aegean, Karantoni 17 st., Mytilene.

INTRODUCTION

The shape of the surface of the earth significantly affects the physical condition of the coastal ecosystems. The coastal characteristics together with the topography of the near coast seabed affect the water traffic and coastal dynamics and constitute one of the coastal factors which contribute to the changes in water attributes, in space and time, of the coastal ecosystems (Karydis 1989).

The earth's surface is accurately mapped by a set of points whose mathematical location is known and which are chosen to represent all significant features (Hatzopoulos J.N. 1990). The mathematical location of such points is assessed by surveying, photogrammetry, map digitizing and other methods.

The measurement of the sea-depth (bathymetry) can be applied in different ways such as: (a) using sonic waves from boats, (b) using side-scan sonar systems from boats, (c) using LIDAR from air platforms, (d) using aerial photographs and (e) using multispectral scanned images from aircrafts and satellites. For (d) and (e) above the following methods are used: (ASP 1982)

- (a) Photogrammetric methods to map the sea bed from stereophotographs.
- (b) Photographic methods for measuring the water transparency.
- (c) Methods based on multispectral bathymetry.

The purpose of this work is to study the bathymetry of the coastal zone of the North Western part of the Greek island of Lesvos by multispectral bathymetry methods and using Landsat TM satellite images. The work is organised in the following sections:

A. Multispectral bathymetry, where the procedures for such measurements are summarised.

B. The study area, where the coastal zone of the North Western part of the Greek island of Lesvos is described.

C. Preprocessing of the data, where it is given detail for some necessary corrections applied to the satellite imagery being used such as: geometric corrections, rectification, atmospheric correction, land masking, noise reduction and destriping.

D. Data processing, where the bathymetry is performed using (a) isolated single channels of Landsat TM imagery (b) multispectral classification.

E. Discussion, where the results are analysed.

F. Conclusions