

Χρήση δορυφορικών εικόνων για την παρακολούθηση του ρυθμού οπισθοχώρησης της ακτογραμμής

Δρακόπουλος, Π.Γ.¹, Οικονόμου, Ε.², Σκιάνης, Γ.³, Πούλος, Σ.³, Βαϊόπουλος, Α.³, Λαζογιάννης, Κ.^{3,4}, Γκιώνης, Γ.³, Βελεγράκης, Α.⁴

¹Τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας, Τ.Ε.Ι. Αθηνών, Αιγάλεω 12210, Ελλάδα, pdrak@teiath.gr

²Τμήμα Πολιτικών Μηχ. και Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής, Τ.Ε.Ι. Αθηνών, Αιγάλεω 12210, Ελλάδα, eoikonomou@teiath.gr

³Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ζωγράφου 15784, Ελλάδα, skianis@geol.uoa.gr, poulos@geol.uoa.gr, grisvaioopoulos@outlook.com, gghionis@otenet.gr

⁴Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 81100, Μυτιλήνη Ελλάδα, avf@aegean.gr

Περίληψη

Οι ιδιότητες ανάκλασης και οι φασματικές υπογραφές διαφόρων δειγμάτων που ελήφθησαν τόσο σε στεγνή και υγρή άμμο από τις εκβολές του Πηνειού ποταμού στην κεντρική Ελλάδα αναλύονται και συγκρίνονται με τα αντίστοιχα εικονοστοιχεία δορυφορικής εικόνας η οποία πάρθηκε με λίγες μέρες διαφορά από τον αισθητήρα WorldView-2. Οι υπερφασματικές πληροφορίες των δειγμάτων πεδίου επεξεργάστηκαν και στην συνέχεια μετατράπηκαν για σύγκριση σε κανονικοποιημένους δείκτες: φωτεινότητας, απόχρωσης, κλίσης και τροποποιημένης ερυθρότητας. Η βαθμονομημένη και ατμοσφαιρικά διορθωμένη εικόνα αξιολογείται από την άποψη αυτών των δεικτών, με στόχο να εξαχθεί τελικά η θέση της ακτογραμμής μέσω μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας χωρίς επιτήρηση.

Λέξεις κλειδιά: κλιματική αλλαγή, περιβαλλοντική παρακολούθηση, τηλεπισκόπηση, παράκτια ζώνη

Use of satellite imagery for automated monitoring of the shoreline retreat rate

Drakopoulos, P.G.¹, Oikonomou, E.², Skianis, G.³, Poulos, S.E.³, Vaiopoulos, A.³, Lazogiannis, G.^{3,4}, Ghionis, G.³, Velegrakis, A.⁴

¹Department of Optics and Optometry, T.E.I. of Athens, Athens, 12210, Greece, pdrak@teiath.gr

²Department of Civil Engineering and Surveying & Geoinformation, T.E.I. of Athens, Athens, 12210, Greece, eoikonomou@teiath.gr

³Department of Geology and Geoenvironment, University of Athens, 15784, Athens Greece, skianis@geol.uoa.gr, poulos@geol.uoa.gr, grisvaioopoulos@outlook.com, gghionis@otenet.gr

⁴Department of Marine Sciences, University of the Aegean, 81100, Mytilene, Lesvos, Greece, avf@aegean.gr

Abstract

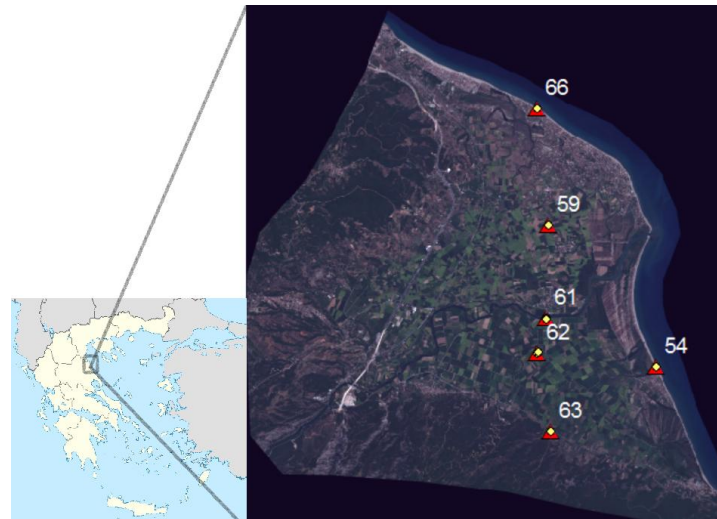
Preliminary results are presented of an investigation regarding the reflectance properties and spectral signatures of various samples of both dry and wet sands from the beach face of Pinios river in central Greece. The field measurements are compared against corresponding pixels of a few day difference WorldView-2 satellite imagery. The hyperspectral information of the field signatures is then reduced to satellite compatible normalized indices: brightness, hue, modified redness, and slope index. Once the image is properly calibrated and atmospherically corrected it is then evaluated in terms of these indices, with the aim to ultimately extract the shoreline position through an automated unsupervised procedure.

Keywords: climate change, environmental monitoring, remote sensing, coastal zone

1. Εισαγωγή

Η περιοχή μελέτης είναι το δέλτα του ποταμού Πηνειού στην Θεσσαλία, στο κεντρικό τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας (Εικ. 1). Η λεκάνη του ποταμού βρίσκεται σε μια περιοχή έντονης γεωργικής δραστηριότητας, συμπεριλαμβανομένων βιομηχανιών μεταποίησης τροφίμων και μεταλλικών κατασκευών. Η ακτή στο δέλτα του Πηνειού χαρακτηρίζεται από αμμώδεις παραλίες με χαμηλές αμμοθίνες. Πρόσφατες παρατηρήσεις αποκάλυψαν δελτογενείς εποχιακές αλλαγές στην θέση της ακτογραμμής της τάξης μερικών μέτρων, με εξαίρεση το στόμιο του ποταμού, όπου το νότιο τμήμα της ακτογραμμής υποχώρησε κατά περισσότερο από 10 m μετά από ΝΑ καταιγίδα, τον Ιανουάριο του 2012. Ως εκ τούτου, η παρακολούθηση του ρυθμού υποχώρησης της ακτογραμμής στο ευάλωτο

δέλτα έχει υψηλή περιβαλλοντική και οικονομική σημασία και είναι απαραίτητη για τη διαχείριση της παράκτιας ζώνης αλλά και για τον σχεδιασμό των χρήσεων γης. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός εργαλείου που θα βασίζεται σε δορυφορικά δεδομένα καθώς και στις φασματικές υπογραφές στεγνής και υγρής άμμου για τον αυτόματο και ακριβή προσδιορισμό της θέσης της ακτογραμμής (i.e. Drakopoulos et al., 2014).



Εικ. 1. Χάρτης της περιοχής μελέτης και η δορυφορική εικόνα WorldView-2 στις 27/07/2013 με τους σταθμούς επίγειων μετρήσεων αντανάκλασης.

2. Υλικά και μέθοδοι

Για την ανάπτυξη της διαδικασίας και την ταξινόμηση των μετρούμενων ανακλαστικότητων, χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες (Mathieu et al., 1998 ; Ray et al., 2004):

$$BI = \left[\frac{CH5^2 + CH3^2 + CH2^2}{3} \right]^{1/2}, HI = \frac{(2CH5 - CH3 - CH2)}{(CH3 - CH2)}, MRI = \frac{CH7^2}{CH2 \times CH3^3}$$

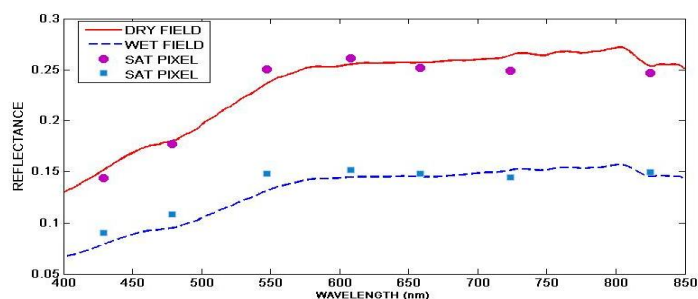
όπου BI είναι ο δείκτης της φωτεινότητας, ενδεικτικός του μέσου μεγέθους της ανακλαστικότητας, HI είναι ο δείκτης απόχρωσης που σχετίζεται με το κυρίαρχο χρώμα του δείγματος και MRI είναι μία τροποποιημένη εκδοχή του δείκτη ερυθρότητας (το κόκκινο κανάλι υποκαθίσταται από το εγγύς υπέρυθρο, επειδή το νερό εμφανίζεται "μαύρο" σε αυτό το μήκος κύματος). Επιπλέον έχουμε εισαγάγει έναν απλό δείκτη κλίσης $SI = (CH5 - CH2)$ ο οποίος είναι στενά συνδεδεμένος με την περιεκτικότητα του δείγματος σε νερό. Οι διάφορες τιμές ανακλαστικότητας CH αφορούν κανάλια του δορυφόρου WorldView-2. Ενδεικτικά το μέσο μήκος κύματος των καναλιών είναι: $CH2 = 479$ nm, $CH3 = 548$ nm, $CH5 = 659$ nm, $CH7 = 825$ nm. Οι δείκτες υπολογίστηκαν με συνέλιξη των δεδομένων πεδίου και της φασματικής απόκρισης των αισθητήρων του δορυφόρου όπως αυτή δίδεται από τους κατασκευαστές. Για την αξιολόγηση της σημασίας των δεικτών έγιναν αρχικά εργαστηριακές μετρήσεις σε δείγματα άμμου έντεκα παραλιών από όλη την Ελλάδα, ενώ στη συνέχεια ακολούθησαν *in situ* μετρήσεις στην παραλία Πηνείου με φορητό φασματοφωτόμετρο (Jaz – Ocean Optics). Επιπλέον, δείγματα παραλιακού ιζήματος αναλύθηκαν με κοκκομετρική μέθοδο.

Για το σκοπό της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιήθηκε μια δορυφορική εικόνα του δορυφόρου WorldView-2 (2 m χωρική ακρίβεια) πάνω από την περιοχή μελέτης του δέλτα του Πηνείου με ημερομηνία λήψης 27 Ιουλίου 2013, ενώ οι επί τόπου μετρήσεις πολυφασματικής ανακλαστικότητας λήφθηκαν μερικές ημέρες πριν από τη δορυφορική λήψη. Για τη ραδιομετρική /

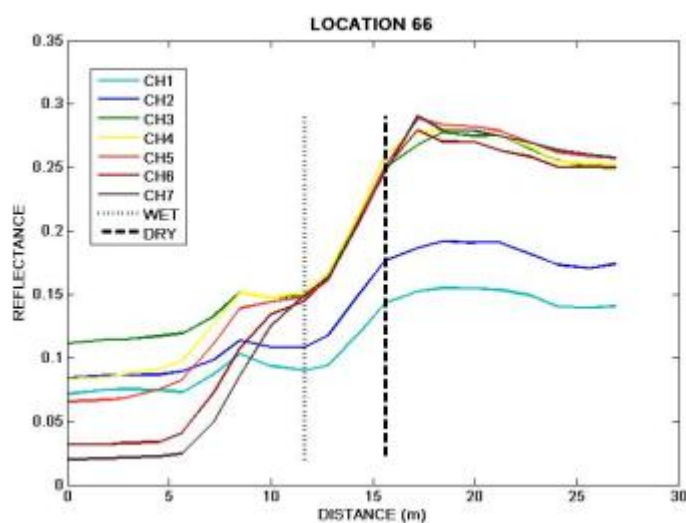
φασματική ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων και τη σύγκριση τους με τις μετρήσεις πεδίου, έγινε πρώτα η μετατροπή τους σε φασματική ακτινοβολία στο πάνω μέρος της ατμόσφαιρας (ToA- Top of Atmosphere spectral radiance), στην συνέχεια μετατράπηκαν σε φασματική ανακλαστικότητα επίσης στο πάνω μέρος της ατμόσφαιρας (ToA reflectance) (Urdike & Comp, 2010) και τέλος σε ανακλαστικότητα τηλεπισκόπησης στην επιφάνεια της Γης. Για το τελευταίο στάδιο εφαρμόστηκε εξειδικευμένο λογισμικό τηλεπισκόπησης ENVI που περιλαμβάνει την μέθοδο ατμοσφαιρικής διόρθωσης FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes).

3. Αποτελέσματα

Η σύγκριση των τιμών ανακλαστικότητας των μετρήσεων του πεδίου με τις τιμές που ανακτήθηκαν από τα δορυφορικά δεδομένα WorldView-2 υπέδειξε ότι τα δορυφορικά υπερεκτιμούν την επιφανειακή ανακλαστικότητα κατά μέσο όρο (και για όλα τα κανάλια) περίπου 1,14 φορές και εφαρμόστηκε ανάλογη βαθμονόμηση με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Η Εικόνα 2 παρουσιάζει τις τιμές ανακλαστικότητας πεδίου καθώς και τις βαθμονομημένες δορυφορικές σε υπέρθεση, ενώ η Εικόνα 3 τις διατομές των τιμών ανά κανάλι στον σταθμό 66. Η διάκριση μεταξύ υγρής και στεγνής άμμου χαρακτηρίζεται από αύξηση της ανακλαστικότητας της τάξης των 0,10-0,15 (πηγαίνοντας από τη θάλασσα προς την ακτή) για το πράσινο μήκος κύματος και άνω. Στα μικρότερα μήκη κύματος (Παράκτιο μπλε- CH1 και μπλε CH2, η διάκριση μεταξύ υγρής και στεγνής άμμου χαρακτηρίζεται από μια πιο περιορισμένη αύξηση της τάξης των 0,05. Η αξιολόγηση των δεικτών υπέδειξε σαφώς ότι εντός της ζώνης μετάβασης από την πολύ υγρή στην λιγότερο υγρή και τελικά στη στεγνή άμμο υπάρχει μία συνεχής αύξηση των δεικτών κλίσης, φωτεινότητας και απόχρωσης. Ειδικότερα, ο τροποποιημένος δείκτης ερυθρότητας MRI επιδεικνύει μια απότομη τοπική αύξηση στην θέση της υγρής άμμου και στη συνέχεια μία μείωση καθώς μεταβαίνουμε προς τη στεγνή άμμο (Εικ. 4α). Εάν εφαρμοστεί επιπλέον και φίλτρο Canny edge, η θέση της ακτογραμμής αναδεικνύεται με ανάλυση ενός εικονοστοιχείου (Εικ. 4β).

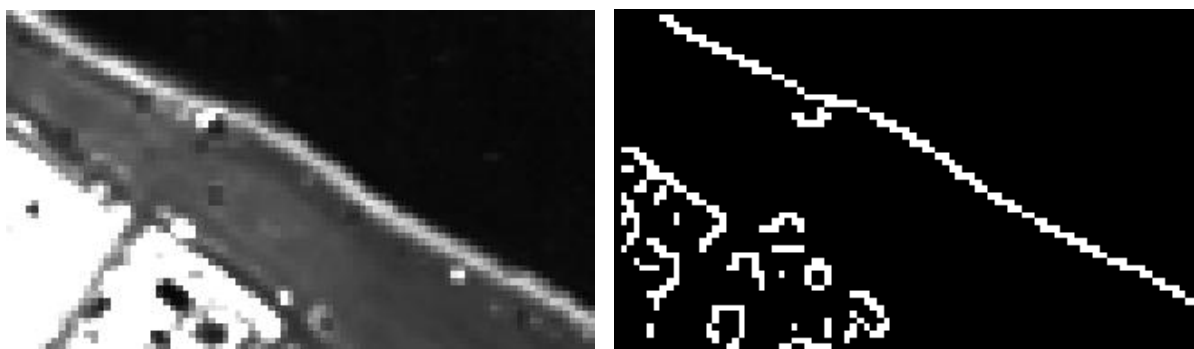


Εικ. 2. Φασματική σύγκριση υγρής-στεγνής άμμου μεταξύ των τιμών ανακλαστικότητας πεδίου (Στ.66) και των αντίστοιχων τιμών των εικονοστοιχείων του WorldView-2.



Εικ. 3. Οι διατομές (πηγαίνοντας από την θάλασσα προς την ακτή) των δορυφορικών τιμών ανακλαστικότητας στη θέση του επίγειου σταθμού 66 για τα 7 κανάλια. Οι διακεκομμένες γραμμές επισημαίνουν την θέση της υγρής (αριστερή γραμμή) και στεγνής άμμου (δεξιά γραμμή).

Ας σημειωθεί ότι η ζώνη διαβροχής ήταν περί τα τρία μέτρα και το συνολικό πλάτος της ζώνης υγρής άμμου που μετρήθηκε δεν ξεπερνά τα τέσσερα μέτρα.



Εικ. 4. (α) Η δορυφορική εικόνα δείκτη ερυθρότητας. (β) Η ίδια εικόνα μετά από εφαρμογή φίλτρου Canny edge.

4. Συμπεράσματα

Η εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας μπορεί να επεκταθεί σε διάφορες τοποθεσίες, όπου υφίστανται ανάλογες μετρήσεις πεδίου, καθώς και σε άλλους, υψηλής ανάλυσης, πολυφασματικούς δορυφορικούς αισθητήρες. Η εφαρμογή μεθόδων σύντηξης, όπου τα πολυφασματικά κανάλια συγχωνεύονται με το υψηλότερης χωρικής ανάλυσης παγχρωματικό κανάλι, θα μπορούσε επίσης να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια του εντοπισμού της ακτογραμμής. Στο τελικό στάδιο, θα πρέπει να κατασκευαστεί ένας νευρωνικός υπολογιστικός αλγόριθμος για την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση των παράκτιων αλλαγών, όπου τα δεδομένα εισαγωγής θα περιλαμβάνουν κατάλληλα επεξεργασμένα δορυφορικά δεδομένα τα οποία αξιολογούνται με την βοήθεια δεικτών και μετρήσεων πεδίου. Ως αποτέλεσμα θα παρέχεται η θέση της ακτογραμμής με την ελάχιστη δυνατή ανθρώπινη επέμβαση στην όλη υπολογιστική διαδικασία.

5. Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία υποστηρίχθηκε από το ερευνητικό πρόγραμμα ΘΑΛΗΣ-ΔΑΦΝΗ (MIS: 375908), Επιχειρησιακό Πρόγραμμα “Εκπαίδευση και Δια βίου Μάθηση, 2007-2013” του Υπουργείου Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.

6. Βιβλιογραφία

- Drakopoulos, P.G., Ghionis, G., Lazogiannis, K. and Poulos, S. 2014. Toward precise shoreline detection and extraction from remotely sensed images with the use of wet and dry sand spectral signatures. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, 2809-2813.
- Mathieu, R., Pouget, M. Cervelle, B. and Escadafal, R. 1998. Relationships between Satellite-Based Radiometric Indices Simulated Using Laboratory Reflectance Data and Typic Soil Color of an Arid Environment. *Remote Sensing of Environment*, 66, 17-28.
- Ray, S.S., Singh, J.P., Das, G. and Panigrahy, S. 2004. Use of high resolution remote sensing data for generating site-specific soil management plan. p. 132-137. In: *XXth ISPRS Congress, Technical Commission VII, July 12-23, 2004, Istanbul, Turkey*.
- Udpik, T. and Comp, C. 2010. *Radiometric Use of Worldview-2 Imagery*. Technical note, DigitalGlobe Inc.