

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΣΕΙΡΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΥΠΟΣΤΕΙ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΕΣ
ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

96 - 06

Κ. Περάκης**



DISCUSSION PAPER SERIES

3678

UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF PLANNING AND REGIONAL DEVELOPMENT

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΥΠΟΣΤΕΙ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΕΣ
ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ**

96 - 06

Κ. Περάκης**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ	
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»	
Αριθ. Εισ.:	2638/1
Ημερ. Εισ.:	25-02-2004
Δωρεά:	Π.Θ.
Ταξιθετικός Κωδικός:	A
	621.367 8
	ΠΕΡ

** Λέκτορας, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας



αρ. ειλ. 44084 / η. α.

Αρ. 1112 / 2011 / 11.11.2011

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ
ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΥΠΟΣΤΕΙ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΜΕ
ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ.**

Περάκης Κωνσταντίνος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
Πεδίο Αρεως, Βόλος, 38334
Τηλ. (0421) 69781-4, εσωτ. 167
Fax : (0421) 63793

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση διαφορετικών συνδυασμών φασματικών καναλιών του δορυφόρου SPOT, δείχνει, σύμφωνα με την εργασία αυτή, ότι η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης, όταν εφαρμόζεται στο 2ο κανάλι του δορυφόρου βοηθά στον εντοπισμό διαχρονικών στατιστικά σημαντικών μεταβολών σε πολεοδομικά συγκροτήματα, ενώ όταν εφαρμόζεται σε συνδυασμό του 2ου και του 3ου καναλιού - δείκτης βλάστησης - χωροθετεί τις στατιστικά σημαντικές αλλαγές σε δασικές και αγροτικές περιοχές.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τον έλεγχο διαχρονικών μεταβολών σε αστικές και μη αστικές περιοχές της Θεσσαλονίκης εφαρμόστηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι δορυφορικές εικόνες SPOT δύο διαφορετικών ημερομηνιών τόσο για το πολεοδομικό συγκρότημα (Εικ. 1. της 23/06/89 και Εικ. 2. 02/08/89), όσο και για τη γύρω δασική (δάσος Σείχ-Σου και περιοχή Χορτιάτη) και αγροτική περιοχή της Θεσσαλονίκης - ανατολικά του αεροδρομίου (εικόνες 21/07/87 και 02/08/89) στο δεύτερο και τρίτο φασματικά κανάλια.

ΕΙΚΟΝΑ 1 : ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ SPOT - ΚΑΝΑΛΙ 2 - ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ - 23 / 06 / 89



ΕΙΚΟΝΑ 2 : ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ SPOT - ΚΑΝΑΛΙ 2 - ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ - 02 / 08 / 89



Η εργασία χωρίστηκε σε δύο μέρη ως προς τις καλύψεις εδάφους των περιοχών εφαρμογής της μεθόδου. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης στην περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος όπου χρησιμοποιήθηκε το δεύτερο κανάλι από κάθε ημερομηνία και στη δασική-αγροτική περιοχή όπου χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης βλάστησης (NDVI) ο οποίος αποτελεί συνδυασμό του δεύτερου C2 και τρίτου C3 καναλιού:

$$NDVI = \frac{C3 - C2}{C3 + C2} \quad (1)$$

Ανεξάρτητα από την περιοχή εφαρμογής θεωρείται ότι η μεταγενέστερη χρονικά εικόνα αποτελεί γραμμική συνάρτηση της αρχικής. Έτσι θεωρούμε ότι η ραδιομετρική τιμή κάθε pixel Y_i της μεταγενέστερης εικόνας συνδέεται με τη ραδιομετρική τιμή της προγενέστερης με τη σχέση $Y_i = a + \beta X_i$. Οι συντελεστές a και β της παραπάνω γραμμικής εξίσωσης προσδιορίζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων που χρησιμοποιείται στη γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των δύο εικόνων με ανεξάρτητη μεταβλητή (X) την προγενέστερη ημερομηνία και εξαρτημένη (Y) τη μεταγενέστερη.

ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

ΕΚΛΟΓΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Εξετάζοντας συγχρόνως τόσο τα ιστογράμματα των εικόνων, όσο και τις ίδιες τις εικόνες παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο δυναμικό εύρος τιμών (μεγαλύτερο κοντράστ - εύρος ιστογράμματος) εμφανίζεται στο 2ο φασματικό κανάλι των δύο ημερομηνιών και για το λόγο αυτό προτιμήθηκε η χρησιμοποίηση του 2ου καναλιού για την εφαρμογή της μεθόδου.

Από την Εικ. 1 και 2 καθώς και από τα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη θέσης και διασποράς παρατηρούμε ότι τα χαρακτηριστικά των δύο εικόνων είναι παρόμοια με μικρές παρεκλίσεις. Έτσι έχουμε τις μέσες ραδιομετρικές τιμές $\mu_1=57,5$ του Ιουνίου και $\mu_2 = 49,8$ του Αυγούστου και τις τυπικές αποκλίσεις $\sigma_1=22,1$, $\sigma_2=17,2$.

Η παραπάνω παρατήρηση αποτελεί ένδειξη ότι δεν υπάρχουν μεγάλης έκτασης σημαντικές αλλαγές μεταξύ των δύο εικόνων.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου είναι απαραίτητη η προβολή της προγενέστερης εικόνας (23/06/89) στη μεταγενέστερη (02/08/89) ώστε οι εικόνες να είναι υπερθέσιμες.

Έτσι για κάθε ρίξει της εικόνας της 23/06/89 με συντεταγμένες X , Y (σε γραμμές X και στήλες Y) εφαρμόζεται ένας αφινικός μετασχηματισμός (Παρασχάκης, Παπαδοπούλου και Πατιάς, 1993) του τύπου

$$X = b_1 X + b_2 Y + b_0 \quad (2)$$

$$Y = b'_1 X + b'_2 Y + b'_0 \quad (3)$$

όπου οι συντελεστές b_1, b_2, b_0 και b'_1, b'_2, b'_0 έχουν υπολογιστεί με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων με βάση τις συντεταγμένες επτά (7) τοποσταθερών σημείων στις δύο εικόνες. Στη συνέχεια, ελέγχεται η στήλη των Residuals και απορρίπτονται Residuals με μεγάλη τιμή, όπως τέτοια με μεγάλη απόλιση από την μέση τιμή 0 (Wonnacot and Wonnacot 1985).

Μ'αυτόν τον τρόπο προκύπτει η γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα της 23/06/89 σε σχέση με την 02/08/89.

Η γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα της 23/06/89 που σε διαστάσεις είναι ελαφρά μεγαλύτερη από αυτήν της 02/08/89 κόβεται όπως κόβεται και αυτή της 02/08/89 προκειμένου να καταστούν υπερθέσιμες

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Στις διορθωμένες-υπερθέσιμες εικόνες 23/06/89 και 02/08/89 εφαρμόζεται γραμμική παλινδρόμηση με ανεξάρτητη μεταβλητή (X) την γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα της 23/06 και εξαρτημένη (Y) την εικόνα της 02/08.

Η ευθεία παλινδρόμησης που προκύπτει έχει ως εξίσωση,

$$Y = 17,683161 + 0,561821X \quad (4)$$

με συντελεστή συσχέτισης $r = 0,7273$.

Στη συνέχεια δημιουργούμε μια ψευδοεικόνα η οποία ακολουθεί την εξίσωση (4). Πολλαπλασιάζουμε δηλαδή κάθε pixel της εικόνας της 23/06/89 με 17,683161 και προσθέτουμε 0,561821. Αυτή θεωρείται ότι είναι εικόνα της 02/08/89 που προκύπτει από αυτήν της 23/06/89 εάν η ραδιομετρική τιμή κάθε pixel βρισκόταν στην ευθεία παλινδρόμησης που προέκυψε .

Αφού δοθεί η ευθεία παλινδρόμησης και υπολογιστεί ο συντελεστής συσχέτισης και ο συντελεστής προσδιορισμού $r^2 = 52,89\%$ υπολογίζονται οι τυπικές αποκλίσεις των δύο (2) μεταβλητών : $s.d.(X) = 22,117$ και $s.d.(Y) = 17,086$.

Για την εύρεση ενός διαστήματος εμπιστοσύνης του συντελεστή β της ευθείας παλινδρόμησης χρησιμοποιείται το t-test στο οποίο, επειδή οι βαθμοί ελευθερίας της εικόνας μας $n=1014171$ είναι πολλοί σε αριθμό, η τιμή του $t_{\alpha/2}$ τείνει στην τιμή του $z_{\alpha/2}$ από την κανονική κατανομή.

$$b - t_{\alpha/2} \frac{\sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n-2}}}{\sqrt{\sum X^2}} < \beta < b + t_{\alpha/2} \frac{\sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n-2}}}{\sqrt{\sum X^2}} \quad (5)$$

Έτσι το τυπικό σφάλμα του β δίνεται από τον τύπο :

$$S.E. \text{ of } \beta = \frac{\sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n-2}}}{\sqrt{\sum X^2}} = 0,0005265, \quad b=0,561821 \text{ και } t_{\alpha/2} \approx z_{\alpha/2}$$

ένα διάστημα εμπιστοσύνης για το συντελεστή β της ευθείας παλινδρόμησης δίνεται από το επόμενο διάστημα για επίπεδο σημαντικότητας $(1-\alpha)$ επί τοις %

$$0,561821 - z_{\alpha/2} * 0,0005265 < b < 0,561821 + z_{\alpha/2} * 0,0005265 \quad (6)$$

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΗΣ ΨΕΥΔΟΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ 23-06-89 ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ ΤΗΣ 02-08-89

Μετά τη δημιουργία της εικόνας των διαφορών των ραδιομετρικών τιμών (pixel - pixel) μεταξύ της εικόνας της 02/08/89 και της ψευδοεικόνας (αριθ. pixel $n=1014171$) θεωρήθηκε, οι διαφορές αυτές ακολουθούν κανονική κατανομή (Fung T., & LeDrew E. 1988). Από το ιστόγραμμα παρατηρούμε ότι προκύπτει μέση τιμή των διαφορών $\mu=0$ και τυπική απόκλιση $\sigma=11,7384$.

Θεωρώντας, με βάση την κανονική κατανομή ότι ο κύριος όγκος των διαφορών που βρίσκεται στο διάστημα $\mu-3\sigma$, $\mu+3\sigma$ είναι στατιστικά μη σημαντικός, εφαρμόζουμε μια τεχνητή ταξινόμηση της εικόνας των διαφορών θέτοντας χρώμα λευκό σε όλα τα pixels εκτός από το διάστημα $\mu-3\sigma$, $\mu+3\sigma$ όπου βρίσκονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές και μαύρο στα υπόλοιπα pixels. Μ'αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η εικόνα που μας δείχνει με άσπρο χρώμα τα pixels που εμφανίζουν σημαντικές αλλαγές στις ραδιομετρικές τους τιμές μεταξύ των δύο ημερομηνιών.

ΜΕΛΕΤΗ ΔΑΣΙΚΗΣ-ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΕΙ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Στην περίπτωση αυτή εφαρμόζεται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης στους δείκτες βλάστησης N.D.V.I.(εξίσ. (1)) της 21-07-1987 θεωρούμενης ως ανεξάρτητης μεταβλητής X και της 02-08-1989 θεωρούμενης ως εξαρτημένης.

Μετά την γεωμετρική διόρθωση των εικόνων όμοια με την αντίστοιχη διόρθωση που έγινε για το πολεοδομικό συγκρότημα εφαρμόζεται η γραμμική παλινδρόμηση και καταλήγουμε στην εξίσωση $Y = 0,027885 + 0,937249X$ (7)

με $r = 0,8792$ και $r^2 = 77,30\%$ και s.d. of (X) = 0,1904 και s.d. of (Y) = 0,203

Εδώ έχουμε $n = 1035452$ βαθμούς ελευθερίας και το διάστημα εμπιστοσύνης για τον συντελεστή b της ευθείας παλινδρόμησης είναι

$$0,937249 - z_{\alpha/2} * 0,0004991 < b < 0,937249 + z_{\alpha/2} * 0,0004991 .$$

Τέλος η εικόνα αποτέλεσμα που δίνει τις σημαντικές διαφορές στην βλάστηση, χρωματίζεται όπως και στην περίπτωση του πολεοδομικού συγκροτήματος με λευκό χρώμα εκεί που οι διαφορές είναι σημαντικές και μαύρο εντός του διαστήματος $[\mu-3\sigma, \mu+3\sigma]$.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην αναταξινομημένη εικόνα των διαφορών, μεταξύ του 2ου φασματικού καναλιού της 02-08-1989 και του ψευδοκαναλιού που προέκυψε από το 2ο φασματικό κανάλι της 23-06-1989 (βασισμένου στα τοποσταθερά σημεία που επιλέχθηκαν στις παραπάνω δύο ημερομηνίες), που προκύπτει εμφανίζεται pixels με σημαντικές στατιστικά τιμές διαφορών κυρίως εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης που σημαίνει ότι

υπάρχουν σημαντικές αλλαγές στις ραδιομετρικές τιμές του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης που εμφανίζονται με λευκό χρώμα (Εικόνα 3). Ομως δεν πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός ότι οι δύο ημερομηνίες μελέτης είναι πολύ κοντά μεταξύ τους. Με το δεδομένο αυτό και με τον εντοπισμό, χωρικά, στατιστικά σημαντικών αλλαγών στο εσωτερικό της πόλης, όπου λογικά είναι αδύνατο να έχουν πραγματοποιηθεί κτιριακές κατασκευές σε χρονικό διάστημα δύο μηνών, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι διαφορές στις ραδιομετρικές τιμές οφείλονται κυρίως στην αλλαγή πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς στην αλλαγή καταγραφής τους από τους αισθητήρες του δορυφόρου.

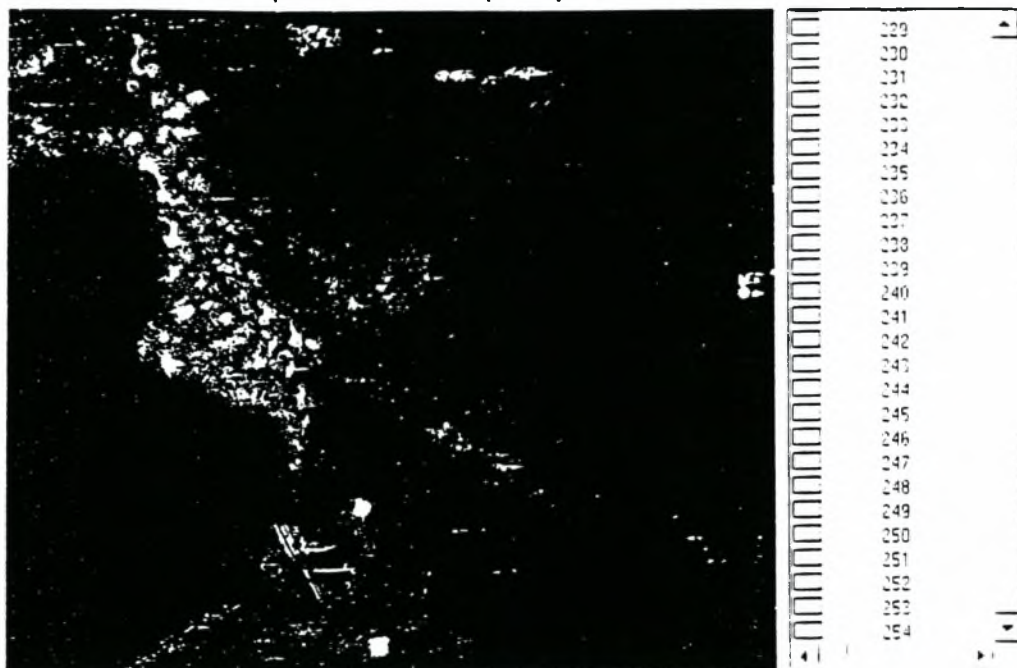
Στην περίπτωση της μελέτης του δασικού αγροτικού χώρου βλέπουμε ότι η εικόνα των διαφορών εντοπίζει κυρίως το δασικό περιβλημά της πόλης (δάσος Σείχ-Σου). Με σκεπτικό αναλογο με το προηγούμενο, παρ'όλο που οι δύο ημερομηνίες απέχουν μεταξύ τους, και με την παρατήρηση ότι καμμία ουσιαστική αλλαγή δεν έχει συμβεί στο δάσος αυτό στο χρονικό διάστημα μεταξύ της λήψης των δύο εικόνων που μελετούνται, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει σημαντική διαφορά της συμπεριφοράς της χλωροφύλλης των ίδιων φυτών ως προς τις ραδιομετρικές τους τιμές στις δύο ημερομηνίες. Ωστόσο μία πιο προσεκτική παρατήρηση της εικόνας αυτής εμφανίζει κάποια μεμονωμένα λευκά pixels σημαντικών διαφορών με τιμές εκτός του διαστήματος $[\mu+3\sigma, \mu-3\sigma]$ και στον αγροτικό χώρο της περιοχής(Εικόνα 4). Σ'αυτήν την περίπτωση μπορούμε να υποθέσουμε ή ότι βρισκόμαστε σε διαφορετικές φάσεις της ίδιας καλλιέργειας ή ότι έχει αλλάξει ουσιαστικά η ίδια η καλλιέργεια.

ABSTRACT

In this paper we apply the same method of linear regression in two different ways on satellite images. Firstly by using the second spectral channel we achieved to localize the statistically significant temporally changes of the urban area of the city of Thessaloniki. Secondly by using a combination of the second and third spectral channel -Normalized Difference Vegetation Index- images we achieved to localize the statistically significant temporally changes of the forest and agricultural surroundings of the city of Thessaloniki.

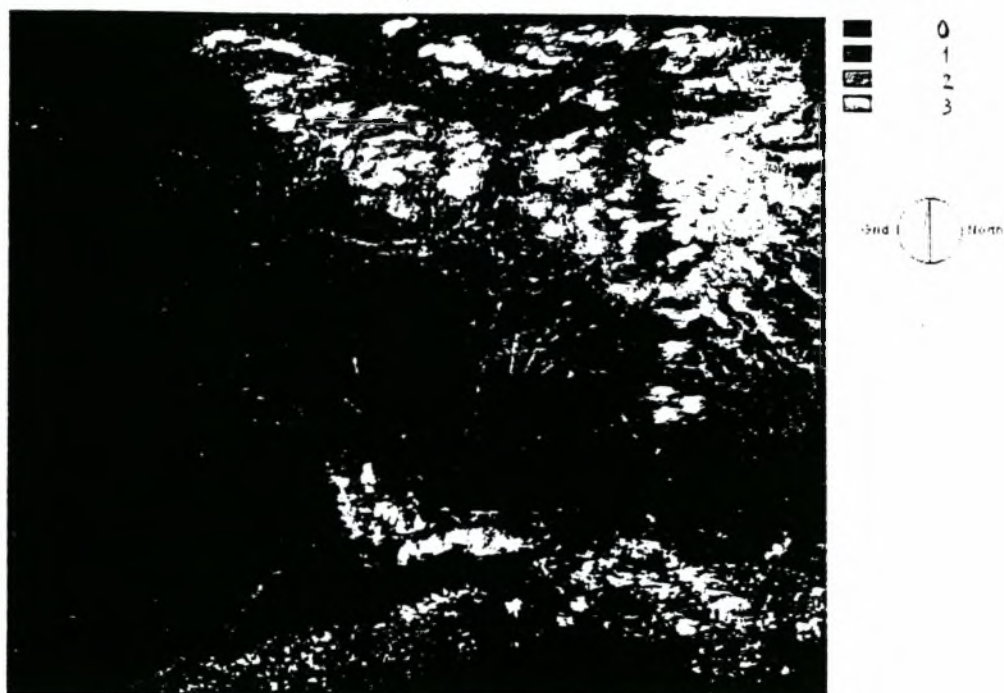
ΕΙΚΟΝΑ 3

Εικόνα 02/08/89-ψευδ.02/08/89 με τιμές 0 στο διαστ. [μ-3σ,μ+3σ]



ΕΙΚΟΝΑ 4

Εικόνα NDVI89-ψευδ.NDVI87 με τιμές 0(μαύρο) στο διάστημα [μ-3σ,μ+3σ]



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Dalle P. E. R., Chandica A.L. & Evans M. (1996) : Using image subtraction and classification to evaluate change in sub-tropical intertidal wetlands. *International Journal of Remote Sensing*, Vol.17, No. 4, 703-719.

Fung T., & LeDrew E. (1988) : The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 10, 1449-1454.

Lambin E. F., Ehrlich D. (1996) : The surface temperature vegetation index space for land cover and land -cover change analysis. *International Journal of Remote Sensing*, Vol.17, No. 3, 463-487.

Παρασχάκης Ι., Παπαδοπούλου Μ. & Πατιάς Π. (1993) : Αυτοπονημένη χαρτογραφία. *Εκδόσεις Ζήτη*, Θεσσαλονίκη.

Wonnacott R., Wonnacott T. (1985) : Introductory Statistics. *John Wiley & Sons*. New York.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074238

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Τα άρθρα της Σειράς Ερευνητικών Εργασιών διατίθενται σε περιορισμένο αριθμό αντιτύπων, με σκοπό την προώθηση του επιστημονικού διαλόγου και την διατύπωση κριτικών σκέψεων ή απόψεων. Συνεπώς, δεν θα πρέπει να αναφέρονται σε δημοσιεύσεις, χωρίς την έγκριση των συγγραφέων. Για πληροφορίες σχετικά με την δημοσίευση επιστημονικών άρθρων και την απόκτηση αντιτύπων της Σειράς, απευθυνθείτε στην Γραμματεία του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πεδίον Άρεως, Βόλος 38334, τηλ. (0421) 62017, fax (0421) 63793

NOTE: The papers of this Series are released in limited circulation, in order to facilitate discussion and invite criticism. They are only tentative in character and should not be referred to in publications without the permission of the authors. To obtain further information or copies of the Series, please contact the Secretary's Office, Department of Planning and Regional Development, University of Thessaly, Pedion Areos, Volos 38334, Greece, tel. ++ 30 421 62017, fax ++ 30 421 63793

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
Πεδίον Άρεως, Βόλος 38334



UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF PLANNING AND
REGIONAL DEVELOPMENT
Pedion Areos, Volos 38334, Greece