

# Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΤΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΑΜΕΝΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΣΚΙΑΘΟ<sup>1</sup>

ΑΔΡΙΑΝΟΣ ΡΕΤΑΛΗΣ<sup>2</sup>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται η δυναμική της χρήσης των τεχνικών της δορυφορικής τηλεπισκόπησης για την εκτίμηση και καταγραφή των αλλαγών κάλυψης γης στην Σκιάθο που σχετίζονται με τις δασικές πυρκαγιές. Για την αποτύπωση των αλλαγών κάλυψης γης και τον εντοπισμό - καταγραφή των καμένων εκτάσεων, χρησιμοποιήθηκαν τρεις δορυφορικές εικόνες Landsat (1988, 1999 και 2000), στις οποίες εφαρμόστηκαν διάφορες τεχνικές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, όπως οι αλγόριθμοι NDVI, MSAVI, καθώς και η μέθοδος της μη-επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν μία καλή συμφωνία στον προσδιορισμό των καμένων εκτάσεων. Τα αποτελέσματα είναι άμεσα συγκρίσιμα με τα αντίστοιχα στοιχεία που προέκυψαν από επιτόπιες μετρήσεις. Τα αποτελέσματα φανερώνουν την ευκολία αλλά και το χαμηλό κόστος που παρέχει η δορυφορική τηλεπισκόπηση για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικών με τη μελέτη του φυσικού περιβάλλοντος.

## ABSTRACT

This paper examines the potential for using satellite remote sensing techniques to assess and map land cover changes in the Skiathos Island of Greece. Tourism is a driving force in the regional economic development and influences the landscape. Any changes in landscape have considerable effects on sustainable land use development. Last August a fire occurred in Skiathos during its high season tourism period, burning large areas of pine forest. The occurrence of fires on Skiathos is considered as an example for investigating the possible impact of fires on tourism activities and the possible changes in the land use. Land cover changes have been derived from two Landsat-5 TM and one Landsat-7 ETM+ satellite images acquired in 1988, 1999 and 2000. Unsupervised classification technique has been performed to map land-cover changes along with the NDVI (Normalized Difference Vegetation Indices) and MSAVI (Modified Soil-Adjusted Vegetation Indices) algorithms. The results derived from mapping burned areas are in close agreement with those resulting from in-situ mapping. The information derived from the remotely sensed images may be used for a variety of purposes; as indicators for sustainable land use; as a guide for taking measures against any future fire events for the further protection of the islands' physical treasures; and finally for the assessment of landscape changes with time, and thus for relating changes to corresponding tourism development.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Δορυφορική τηλεπισκόπηση (satellite remote sensing), δασικές πυρκαγιές (forest fires), κάλυψη γης (land cover)

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντικό εργαλείο για περιβαλλοντικές εφαρμογές όπως έχουν δείξει στις εργασίες τους οι Malingreau et al. [1989] και Green et al. [1994]. Έτσι, χρησιμοποιείται με μεγάλη επιτυχία για την χαρτογράφηση και καταγραφή των αλλαγών κάλυψης γης. Πλεονέκτημά της αποτελεί το γεγονός της συλλογής δεδομένων με μεγάλη συχνότητα αλλά και ακρίβεια, παρέχοντας πληροφορίες τόσο για τα φασματικά χαρακτηριστικά των στοιχείων κάλυψης/χρήσης γης, αλλά και για το χώρο, το σχήμα και το μέγεθός τους [Lioubimsteva, 1988].

---

1: THE USE OF REMOTE SENSING FOR THE ASSESSMENT AND MONITORING OF LAND COVER CHANGES AND BURNED AREAS IN SKIATHOS ISLAND

2: Dr. Adrianos Retalis

National Observatory of Athens/Institute for Space Applications & Remote Sensing  
Metaxa and Vas. Pavlou Str., Palea Penteli, Athens, GR 152-36, Greece

Tel.: +3010 - 8109195

Fax: +3010 - 6138343

E-mail: adrianr@space.noa.gr

Για την καταγραφή μεγάλων εκτάσεων κάλυψης γης, οι δορυφορικές εικόνες χαμηλής διακριτικής ικανότητας NOAA-AVHRR έχουν αποδειχτεί ότι είναι κατάλληλες [Ceccato et al., 1999]. Ωστόσο, όταν απαιτείται να καταγραφούν οι αλλαγές κάλυψης γης σε περιοχές μικρής σχετικά έκτασης, τότε είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν δορυφορικές εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας, όπως είναι οι εικόνες των δορυφόρων Landsat TM and SPOT-XS [Nellis and Briggs, 1987].

Η εκτίμηση και χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων από δασικές πυρκαϊές αποτελεί συχνά εφαρμογή της δορυφορικής τηλεπισκόπησης. Οι καμένες εκτάσεις από μεγάλες δασικές πυρκαϊές, οι οποίες σχετίζονται στενά με τις αλλαγές κάλυψης γης, έχουν αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό τα τελευταία χρόνια στην περιοχή της Μεσογείου [Vazquez et al., 2001].

Στην Σκιάθο, τα τελευταία 15 χρόνια, οι δασικές πυρκαϊές αποτελούν συχνό φαινόμενο, με αποτέλεσμα την αλλαγή κάλυψης γης. Έτσι, οι πυρκαϊές μπορεί να αποτελέσουν τον κύριο δείκτη επίδρασης του ανθρώπου στις αλλαγές κάλυψης γης.

Η καταγραφή των συνθηκών των δασικών πυρκαϊών είναι σημαντική για τη διαχείριση των δασικών πόρων των ελληνικών νησιών και ειδικότερα για την ορθολογιστική κατανομή των περιορισμένων δυνάμεων δασοπυρόσβεσης, ώστε να αντιμετωπιστούν έγκαιρα οι τυχόν πυρκαϊές.

Σημαντικός αριθμός πυρκαϊών έλαβε χώρα στην περιοχή μελέτης από τον Ιούνιο του 1988 έως και τον Αύγουστο του 2000. Ειδικότερα, κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2000, οι πυρκαϊές στην Σκιάθο άλλαξαν σε σημαντικό βαθμό το τοπίο της. Οι πυρκαϊές ξεκίνησαν κάτω από αδιευκρίνιστες αιτίες και εξαπλώθηκαν πολύ γρήγορα με τη βοήθεια των τοπικών ανέμων.

## **2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Η περιοχή μελέτης εστιάζεται στον γεωγραφικό χώρο των Βορείων Σποράδων και ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Σκιάθου, όπου ο τουρισμός αποτελεί μία σημαντική πηγή εσόδων για την οικονομική της ανάπτυξη.

Η Σκιάθος έχει μήκος 5 περίπου μίλια και πλάτος 9 μίλια, περίπου. Χαρακτηρίζεται από την έντονη παρουσία πευκόφυτων δασικών εκτάσεων και τις αναρίθμητες (περίπου 62) όμορφες αμμώδεις παραλίες. Ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 5,000 περίπου κατοίκους, από τους οποίους οι περισσότεροι διαμένουν στη χώρα. Οι κυριότερες δραστηριότητες των κατοίκων είναι η γεωργία (ιδιαίτερα η παραγωγή λαδιού από τα 600.000, περίπου, ελαιόδεντρα που υπάρχουν στο νησί), η αλιεία και ο τουρισμός.

## **3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Στην εργασία αυτή επιχειρείται μία συνδυασμένη χρήση των τεχνικών της τηλεπισκόπησης για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικών με τη διαχρονική αλλαγή κάλυψης γης, καθώς και την αποτύπωση των καμένων εκτάσεων στην Σκιάθο. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν ιστορικά αρχεία από συμβάντα πυρκαϊών, καθώς και δορυφορικά δεδομένα.

Για την χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων και την εκτίμηση των αλλαγών κάλυψης γης πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες ενέργειες:

- Απόκτηση δορυφορικών εικόνων απαλλαγμένων από την παρουσία νεφών και ραδιομετρικών λαθών,
- Προ-επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων,
- Χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων και των αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών της δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

## **4. ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Για τους σκοπούς της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν τρεις δορυφορικές εικόνες Landsat με ημερομηνίες λήψης 12 Ιουνίου 1988 (Landsat-5 TM), 14 Αυγούστου 1999 (Landsat-5 TM) και 24 Αυγούστου 2000 (Landsat-7 ETM+), αντίστοιχα.

Η προ-επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων αναφέρεται στις ενέργειες που απαιτούνται να γίνουν πριν από την κύρια ανάλυση των δεδομένων και οι οποίες περιλαμβάνουν τη γεωμετρική και ραδιομετρική διόρθωση (βαθμονόμηση δέκτη και ατμοσφαιρική διόρθωση).

#### 4.1 Γεωμετρική διόρθωση

Οι δορυφορικές εικόνες διορθώθηκαν γεωμετρικά και αναχθήκανε στο ίδιο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς (Universal Transverse Mercator). Η γεωμετρική διόρθωση πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της λήψης επίγειων σημείων ελέγχου (GCP's) και τη χρήση ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM), για την εξασφάλιση της καλύτερης χωρικής και θεματικής ακρίβειας στις μετρήσεις. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν του πλησιέστερου γειτονικού σημείου.

#### 4.2 Βαθμονόμηση δέκτη

Οι παραγόμενες ορθοεικόνες διορθώθηκαν ραδιομετρικά, μετατρέποντας αρχικά τις ψηφιακές τιμές (DN) των εικόνων σε τιμές έντασης της ακτινοβολίας και στην συνέχεια σε τιμές ανακλαστικότητας. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη προκειμένου να εφαρμοστεί η ατμοσφαιρική διόρθωση των εικόνων [Hadjimitsis, 1999].

#### 4.3 Ατμοσφαιρική διόρθωση

Λόγω της μεταβαλλόμενης επίδρασης της ατμόσφαιρας στις δορυφορικές εικόνες με διαφορετική ημερομηνία λήψης, θεωρήθηκε αναγκαία η εφαρμογή αλγορίθμου ατμοσφαιρικής διόρθωσης στις τρεις δορυφορικές εικόνες. Η μέθοδος ατμοσφαιρικής διόρθωσης που κρίθηκε ως η πιο κατάλληλη για εφαρμογή για την απαλοιφή της επίδρασης της ατμόσφαιρας στα δορυφορικά δεδομένα ήταν η μέθοδος των σκοτεινών στόχων [Chavez, 1996], η οποία και εφαρμόστηκε και στις τρεις δορυφορικές εικόνες [Hadjimitsis et al., 2000].

### **5. Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΑΜΕΝΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ**

Οι τεχνικές της δορυφορικής τεχνολογίας έχουν αποδειχθεί πολύτιμο εργαλείο για την καταγραφή και παρακολούθηση πυρκαϊών αλλά και για την χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων και τον προσδιορισμό των περιοχών υψηλής επικινδυνότητας. Ιδιαίτερα, ο προσδιορισμός των περιοχών υψηλής επικινδυνότητας αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη λήψη κατάλληλων αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση των δυνάμεων και μέσω καταστολής για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση πυρκαϊών.

Η χαρτογράφηση των δασικών πυρκαϊών με τη χρήση της δορυφορικής τηλεπισκόπησης άρχισε στη δεκαετία του 1960 με τη λήψη αεροφωτογραφιών από υπέρυθρους δέκτες. Στην συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν οι δορυφορικές εικόνες NOAA-AVHRR για τον εντοπισμό των καμένων εκτάσεων και/ή ενεργών πυρκαϊών, αλλά και για την χαρτογράφηση της βλάστησης [Ceccato et al., 1999, Muirhead and Cracknell, 1985]. Τα δεδομένα NOAA-AVHRR παρέχουν τη δυνατότητα της λήψης τουλάχιστον δύο εικόνων ημερησίως. Το γεγονός της χαμηλής ανάλυσης (1.1x1.1 km<sup>2</sup>), αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι παρέχουν πληροφορίες που καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής αποτελούν οι καταγραφές των μεγάλων πυρκαϊών στην Καλιφόρνια, στη Βραζιλία, στον Καναδά, κτλ..

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας αναπτύχθηκαν δορυφορικά συστήματα με μεγαλύτερη χωρική ανάλυση, όπως οι δορυφόροι Landsat, SPOT, IRS, IKONOS και τελευταία ο QuickBird. Η υψηλή χωρική ανάλυση των δορυφόρων Landsat (30m) παρέχει τη δυνατότητα της καταγραφής πυρκαϊών [π.χ. Chuvieco and Congalton, 1989]. Μοναδικό μειονέκτημα αποτελεί η μικρή επαναληπτικότητα (16 ημέρες) λήψης εικόνων, η οποία στερεί τη δυνατότητα της συνεχούς παρακολούθησης και ανίχνευσης πυρκαϊών. Οι δορυφορικές εικόνες Landsat TM έχουν κριθεί κατάλληλες για την χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων αλλά και για την εκτίμηση των πιθανών αλλαγών στις χρήσεις γης [π.χ. Chuvieco and Congalton, 1988 και Garcia Lopez and Casseles, 1991].

Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τρεις δορυφορικές εικόνες Landsat που καλύπτουν τη γεωγραφική περιοχή της νήσου Σκιάθου, για μία χρονική περίοδο 13 χρόνων (1988-2000) για τον εντοπισμό των καμένων εκτάσεων αλλά και τον προσδιορισμό των αλλαγών κάλυψης γης με την εφαρμογή κατάλληλων αλγορίθμων.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι τρεις δορυφορικές εικόνες της περιοχής μελέτης. Ο φασματικός συνδυασμός των καναλιών (R-G-B: 7-4-1), έχει επιλεγεί κατάλληλα, έτσι ώστε να ξεχωρίζουν οι καμένες εκτάσεις που αποτυπώνονται με κόκκινο χρώμα.



Σχήμα 1. Ψευδοέγχρωμες (RGB: 741) δορυφορικές εικόνες Landsat της περιοχής Σκιάθου στις οποίες οι καμένες εκτάσεις εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα.

Figure 1. Pseudo-colour (RGB: 741) Landsat images of Skiathos island; burned areas are depicted with red colour.

## 6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

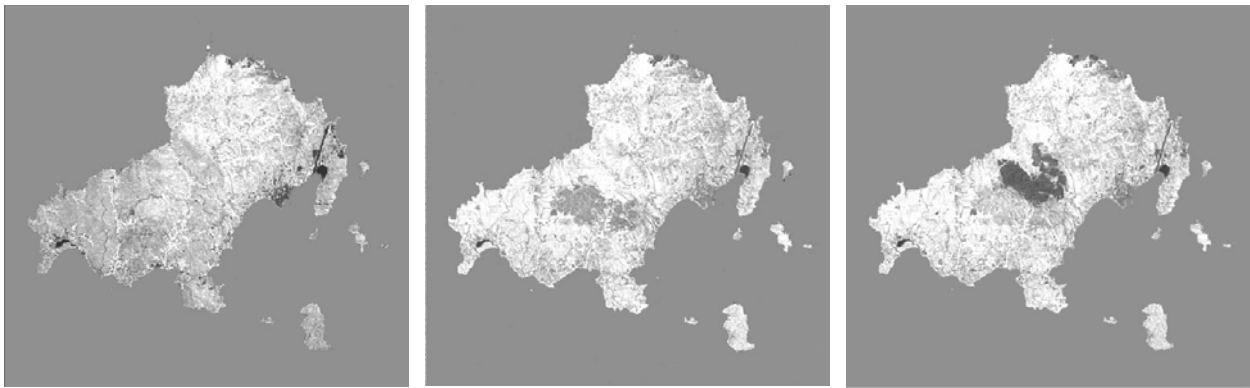
Διάφοροι μέθοδοι έχουν προταθεί από ερευνητές σχετικά με την εκτίμηση των αλλαγών κάλυψης γης [π.χ. Wrbka et al., 1999 και Sunar, 1998]. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των αλγορίθμων των δεικτών βλάστησης NDVI και MSAVI και της μεθόδου της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

### 6.1 Δείκτης NDVI

Ο πιο διαδεδομένος δείκτης βλάστησης είναι ο NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), ο οποίος υπολογίζεται από τις τιμές της ανακλαστικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας στις φασματικές περιοχές του κόκκινου (R) και κοντινού υπέρυθρου (NIR), όπως περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

Για τις δορυφορικές εικόνες Landsat TM, ο δείκτης NDVI ορίζεται ως  $NDVI = (L_{TM4} - L_{TM3}) / (L_{TM4} + L_{TM3})$ , όπου  $L_{TM4}$  και  $L_{TM3}$ , είναι αντίστοιχα, οι τιμές της φασματικής ανακλαστικότητας στο φασματικό κανάλι του κοντινού υπέρυθρου (0.7-0.8  $\mu m$ ) και του κόκκινου καναλιού (0.6-0.7  $\mu m$ ). Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του αλγορίθμου NDVI παρουσιάζονται στο Σχήμα 2. Όπως παρατηρείται οι καμένες εκτάσεις εμφανίζονται με σκουρότερους τόνους του γκρι.



NDVI: 12 Ιουνίου 1988      NDVI: 14 Αυγούστου 1999      NDVI: 24 Αυγούστου 2000

Σχήμα 2. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων του αλγορίθμου NDVI.

Figure 2. NDVI algorithm results; burned areas are highlighted in darker gray tones.

### 6.2 Δείκτης MSAVI

Ο δείκτης SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) προτάθηκε από τον Huete (1988), και περιγράφει την ελάχιστη επίδραση του φωτεινότητας του εδάφους στους φασματικούς δείκτες βλάστησης στις περιοχές του κόκκινου (R) και κοντινού υπέρυθρου (NIR) του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Ο δείκτης SAVI ορίζεται ως εξής:

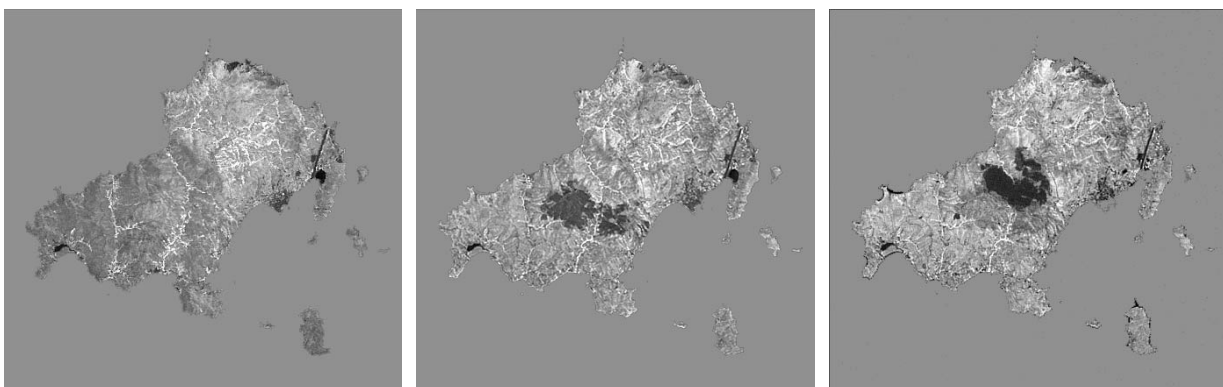
$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \times (1 + L) \quad (2)$$

όπου L είναι ένας δείκτης που η τιμή του εξαρτάται από την πυκνότητα της βλάστησης και η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1. Συνήθως χρησιμοποιείται ένας ενδιάμεσος τύπος βλάστησης (L=0.5).

Οι Qi et al. (1994) πρότειναν έναν τροποποιημένο δείκτη που ονομάζεται MSAVI (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index), ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις διαφορές στο είδος του εδάφους. Η τιμή μεταβάλλεται από -1 έως +1 και υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$MSAVI = (1/2) (2 (NIR + 1) - \sqrt{(2 (NIR + 1))^2 - 8 (NIR - R)}) \quad (3)$$

Τα αποτελέσματα του MSAVI παρουσιάζονται στο Σχήμα 3. Οι καμένες εκτάσεις απεικονίζονται με σκοτεινότερες αποχρώσεις του γκρι. Στη δορυφορική εικόνα του Αυγούστου του 2000, ξεχωρίζουν και οι καμένες εκτάσεις που προηγήθηκαν του Αυγούστου, αλλά με πιο ανοικτόχρωμους τόνους του γκρι.



MSAVI: 12 Ιουνίου 1988      MSAVI: 14 Αυγούστου 1999      MSAVI: 24 Αυγούστου 2000

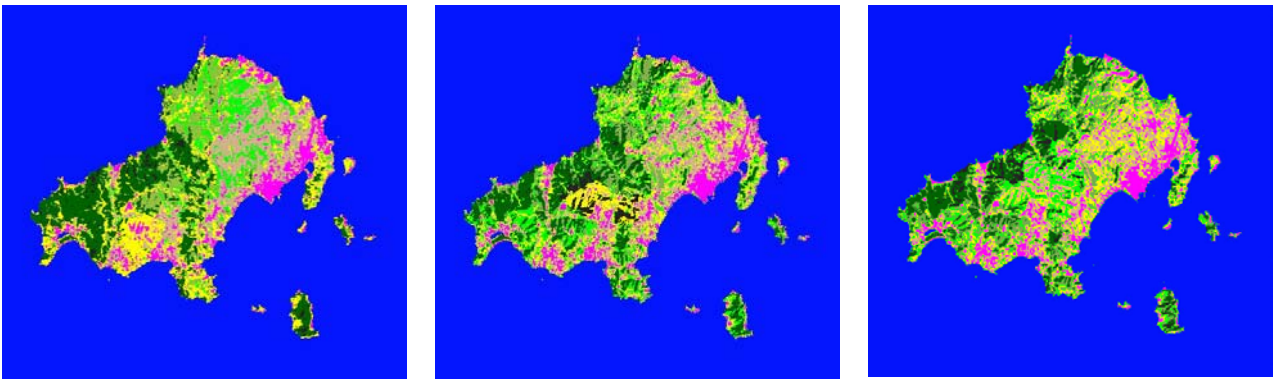
Σχήμα 3. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων του αλγορίθμου MSAVI.

Figure 3. MSAVI algorithm results; burned areas are highlighted in darker gray tones.

### 6.3 Μη-επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Για την εξαγωγή των πιθανών αλλαγών κάλυψης γης διαχρονικά, εφαρμόστηκε η μέθοδος της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος ISODATA του λογισμικού επεξεργασίας εικόνων ERDAS Imagine 8.4 [ERDAS, 1999]. Ο αλγόριθμος αυτός ταξινομεί (κατηγοριοποιεί) αυτόματα τις εικόνες ανάλογα με το βαθμό της ομοιογένειας χαρακτηριστικών χωρικά στοιχείων στις δορυφορικές εικόνες.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Οι κατηγορίες χρήσεων γης που προκαθορίστηκαν για την εκτέλεση του αλγορίθμου είναι επτά (7). Με μωβ χρώμα απεικονίζονται οι αστικές περιοχές, με πράσινα χρώματα οι διάφορες δασικές περιοχές, με μπλε χρώμα οι γυμνές περιοχές (χάμα) και με κίτρινο οι αγροτικές περιοχές. Οι διαφορές που εμφανίζονται στα αποτελέσματα της ταξινόμησης στις τρεις δορυφορικές εικόνες αντιπροσωπεύουν τις αλλαγές στην κάλυψη γης, οι οποίες σχετίζονται με τις δασικές πυρκαϊές.



Ταξινόμηση 1988

Ταξινόμηση 1999

Ταξινόμηση 2000

Σχήμα 4. Αποτελέσματα του αλγορίθμου της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

Figure 4. Unsupervised classification results.

### 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά τον υπολογισμό των δεικτών βλάστησης και τη θεματική αναγνώριση των τιμών τους πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν στην καμένη βλάστηση σε αυτές τις περιοχές. Η καμένη έκταση που υπολογίστηκε από τους δείκτες NDVI and MSAVI για την πυρκαγιά του 1999 στην περιοχή μελέτης είναι 2483,1 στρεμ. και 2481,3 στρεμ., αντίστοιχα, ενώ για την πυρκαγιά του 2000 είναι 2629,8 στρεμ. και 2624,4 στρεμ., αντίστοιχα. Οι καμένες εκτάσεις όπως αποδόθηκαν από την μη-επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι 2430,9 στρεμ. (1999) και 2601,9 στρεμ. (2000). Οι αντίστοιχες καμένες εκτάσεις όπως αυτές καταγράφηκαν στην Περιφέρεια της Σκιάθου με επίγειες παρατηρήσεις είναι 2630 στρεμ. και 2775 στρεμ.

Παρουσιάζεται μία απόκλιση από την έκταση που υπολογίστηκε αυτόματα από τις ψηφιακές μεθόδους ως προς αυτές που χαρακτηρίστηκαν ως αναδασωτέες από τη Δ/νση Δασών Μαγνησίας. Η απόκλιση αυτή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο δασολόγος (ή φωτοερμηνευτής) λαμβάνει υπόψη του ότι οι καμένες δασικές εκτάσεις πρόκειται να κηρυχθούν αναδασωτέες, οπότε τα όρια είναι προτιμότερο να αποκλίνουν προς τα άνω. Με τον τρόπο αυτό, αναπόφευκτα, περιλαμβάνονται θύλακες υγιούς βλαστήσεως εντός της καμένης περιοχής, πράγμα το οποίο δεν συμβαίνει με την αυτόματη μέθοδο.

Επιπλέον, στον υπολογισμό της καμένης έκτασης με τις ψηφιακές μεθόδους τηλεπισκόπησης υπεισέρχονται σφάλματα που μπορεί να οφείλονται είτε στην αλλαγή της κλίμακας των δεικτών (π.χ. από 16bit σε 8bit), είτε στην ομοιογένεια των

εικονοστοιχείων (π.χ. ένα εικονοστοιχείο 30m x 30m που αντιστοιχεί σε 0,9 στρ. μπορεί να εμπεριέχει περισσότερο από μία κατηγορία χρήσης γης).

Το γενικότερο συμπέρασμα από τη χρήση της τηλεπισκόπησης για την εκτίμηση της καμένης βλάστησης στην περιοχή της Σκιάθου είναι ότι όλοι οι δείκτες έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα και αρκετά συγκρίσιμα με τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης με επίγειες μεθόδους. Επίσης, συμπεραίνεται ότι η ψηφιακή μέθοδος υπερέχει της επίγειας σε χρόνο, παρέχοντας τη δυνατότητα της εξαγωγής χρήσιμων πληροφοριών σε σύντομο χρονικό διάστημα και σε μεγάλη κλίμακα σχετικά με την εκτίμηση μιας κατάστασης, την καταγραφή της επικινδυνότητας, τον εντοπισμό κινδύνων και των θέσεων ενεργών πυρκαϊών, και την εκτίμηση της καταστροφής και της έκτασης των καμένων εκτάσεων. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επίσης, για τη λήψη μέτρων για την πρόληψη και έγκαιρη αντιμετώπιση πυρκαϊών για την προστασία του φυσικού πλούτου της νήσου.

Τέλος, τα αποτελέσματα των τεχνικών της δορυφορικής τηλεπισκόπησης που εφαρμόστηκαν στις τρεις δορυφορικές εικόνες Landsat, δείχνουν ξεκάθαρα τις αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία 13 χρόνια (1988-2000) στην κάλυψη γης. Συγκεκριμένα, από την σύγκριση των δορυφορικών εικόνων, ξεχωρίζει η αύξηση της αστικοποίησης σε βάρος των αγροτικών - δασικών εκτάσεων, η οποία είναι ιδιαίτερα εμφανής στο ανατολικό και νότιο τμήμα της νήσου, όπου και υπάρχει έντονη τουριστική δραστηριότητα. Επιπλέον, είναι εμφανής η γενικότερη αλλαγή στο φυσικό περιβάλλον ιδιαίτερα στις περιοχές που έχουν καεί, τα τελευταία χρόνια, και οι οποίες γειτνιάζουν. Τα αποτελέσματα αυτά φανερώνουν την ευκολία αλλά και το χαμηλό κόστος που παρέχει η δορυφορική τηλεπισκόπηση για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικών με τη μελέτη του φυσικού περιβάλλοντος.

#### **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η εργασία αυτή αποτελεί τμήμα ενός ερευνητικού έργου που πραγματοποιείται σε συνεργασία με το Cyprus Research Centre for Remote Sensing and GIS. Η αγορά των δορυφορικών εικόνων χρηματοδοτήθηκε από την Ιερά Μονή Ευαγγελισμού της Θεοτόκου Σκιάθου.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Ceccato P., Flasse, S.P. and Downey I.D., 1999, Monitoring of vegetation fires in Sumatra, Indonesia: A burning issue, *Proceedings of the 18<sup>th</sup> EARSeL symposium on operational sensing for sustainable development* (Enschede, Netherlands, 11-14 May 1998). In *Operational Remote Sensing for Sustainable Development* (Ed. Nieveuwhuis G.J.A, Vaughan R.A., Molenaar M.), 277-280.
- [2] Chavez P.S., 1996, Image-Based atmospheric corrections-revised and improved, *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, 62, 1025-1036.
- [3] Chuvieco E. and Congalton R.C., 1988, Mapping and inventory of forest fires from digital processing of TM data, *Geocarto International*, 4, 41-53.
- [4] Chuvieco E. and Congalton R.G., 1989, Application of remote sensing and geographical information systems to forest fire hazard mapping, *Remote Sensing of Environment*, 29, 147-159.
- [5] ERDAS, 1999, *ERDAS Imagine Field Guide*, version 8.4, Atlanta, USA.
- [6] Furyaev V.V., 1985, The use of aerospace Imagery to examine and assess the consequences of forest fires, *Soviet Journal of Remote Sensing*, 4, 773-782.
- [7] Garcia Lopez M.J. and Caselles V., 1991, Mapping burns and natural reforestation using Thematic Mapper data, *Geocarto International*, 1, 31-37.
- [8] Green K., Kempka D. and Lackey L., 1994, Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 331-337.
- [9] Hadjimitsis D.G., 1999, The application of atmospheric correction algorithms in the satellite remote sensing of reservoirs. *PhD Thesis*, University of Surrey, School of Engineering in the Environment, Department of Civil Engineering, Guildford, UK.
- [10] Hadjimitsis D.G., Clayton C.R.I. and Hope V.S., 2000, The importance of accounting for atmospheric effects in satellite remote sensing: A case study from the Lower Thames Valley Area, UK, *Space and Robotics 2000* (Ed. S. Johnson,

- K. Ghua, R. Galloway, P. Richter), New Mexico, USA, sponsored by the ASCE, NASA and SANDIA National Laboratories, 194-201.
- [11] Huete A.R., 1988, A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment*, 25, 295-309.
- [12] Lioubimsteva E.Y., 1998, Interpretation and mapping landscape pattern in forest and forest-steppe zones in Russia using RESURS-F/MK-4 and RESURS-01/MSU-SK satellite imagery. In: *Proceedings of the 24<sup>th</sup> Annual Conference and Exhibition of the Remote Sensing Society*, The University of Greenwich, 9-11 September 1998, 128-135.
- [13] Malingreau J.P., Tucker C.J. and Laporte N., 1989, AVHRR for monitoring global tropical deforestation, *International Journal of Remote Sensing*, 10, 855-867.
- [14] Muirhead, K. and Cracknell, A.P., 1985, Straw burning over Great Britain detected by AVHRR, *International Journal of Remote Sensing*, 6, 827-833.
- [15] Nellis M.D. and Briggs, J.M., 1987, The effect of spatial scale on Konza landscape classification using textural analysis, *Landscape Ecology*, 2, 93-100.
- [16] Qi J., Chehbouni A., Huete A.R., Kerr Y.H. and Sorooshian, S., 1994, A modified soil adjusted vegetation index, *Remote Sensing of Environment*, 48, 119-126.
- [17] Sunar F., 1998, An analysis of changes in a multi-data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey, *International Journal of Remote Sensing*, 19, 225-235.
- [18] Vazquez A, Cuevas J.M., and Gonzalez-Alonso F., 2001, Comparison of the use of WIFS and LISS images to estimate the area burned in large forest fire, *International Journal of Remote Sensing*, 22, 357-364.
- [19] Wrbka Th., Reiter K., and Szerencists E., 1999, Landscape structure derived from satellite images as indicator for sustainable land use, *Proceedings of the 18<sup>th</sup> EARSeL symposium on operational sensing for sustainable development* (Enschede, Netherlands, 11-14 May 1998), In: *Operational Remote Sensing for Sustainable Development* (Ed. Nieuwenhuis G.J.A, Vaughan R.A., Molenaar M.), 119-127.