

**ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΤΗ ΖΑΚΥΝΘΟ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ<sup>1</sup>**

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α. ΒΑΙΟΠΟΥΛΟΣ<sup>2</sup>, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<sup>3</sup>, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΙ. ΣΚΙΑΝΗΣ<sup>4</sup>**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να καταγραφούν με τη χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης περιοχές που επλήγησαν από πυρκαϊές στη νήσο Ζάκυνθο κατά την δεκαεπενταετία 1984-1999. Από τη Νομαρχία μας δόθηκαν στατιστικά στοιχεία για τις πυρκαϊές που έπληξαν τη νήσο κατά την πενταετία 1987-1992. Αυτά τα στοιχεία εισήχθησαν σε ένα ΓΣΠ και στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένας ψηφιακός χάρτης των καμένων περιοχών. Στη συνέχεια με ψηφιακή επεξεργασία τριών δορυφορικών εικόνων (εικόνα του Θεματικού Χαρτογράφου του 1984, εικόνα του Θεματικού Χαρτογράφου του 1986 και εικόνα του Βελτιωμένου Θεματικού Χαρτογράφου του 1999) χαρτογραφήθηκαν και άλλες καμένες περιοχές για τις οποίες δεν υπήρχαν στατιστικά στοιχεία από τη Νομαρχία.

Λαμβάνοντας υπόψη τα οπτικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων συμπεραίνεται ότι η χρήση τεχνικών διόρθωσης της επίδρασης της ατμόσφαιρας είναι αναγκαία. Η απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τη σχετική. Οι διάφοροι δείκτες βλάστησης είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι στην καταγραφή καμένων περιοχών από δορυφορικές εικόνες και τα καλύτερα αποτελέσματα δίνουν ο Διαφοροποιημένος Δείκτης Βλάστησης και ο Προσαρμοσμένος ως προς το Έδαφος Δείκτης Βλάστησης. Η τεχνική Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών δίνει επίσης πολύ καλά αποτελέσματα.

**ABSTRACT**

Summertime forest fires are a major problem in all the Mediterranean countries and a factor that contributes in erosion and desertification of large areas. The damage evaluation phase starts with the mapping of the burnt areas and the fire damage assessment.

In this study, we present the use of GIS & Remote Sensing technology in mapping the burnt areas at the island of Zakynthos during the period from July 1984 to July 1999.

The local prefecture provided us with the details of fires during a five years period from 1987 to 1992. We inserted those details in a GIS database and created a digital map of the burnt areas. Then, with the use of three satellite images (Landsat 5 TM of July 84, Landsat 5 TM of September 86 and Landsat 7 ETM of July 99) we created another digital map of the burnt areas and we compared the results.

At the digital processing of the satellite images we examined the following: The need for atmospheric correction when we use multitemporal data, algorithms for absolute and relative atmospheric correction, the use of different vegetation indexes as vi, ndvi, savi, etc, and the technique of principal component analysis for the mapping of burnt areas.

Taking into account the final optical result, it is concluded that the atmospheric correction is necessary. The absolute atmospheric correction gives better results. The different vegetation indexes help in mapping. The principal component analysis gives also very good results.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Τηλεανίχνευση, ΓΣΠ, Ατμοσφαιρικές Διορθώσεις, Δείκτες Βλάστησης, Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών.

**KEY WORDS:** Remote Sensing, GIS, Atmospheric Correction, Vegetation Indexes, Principal Component Analysis.

1: MAPPING OF BURNT AREAS AT ZAKINTHOS ISLAND USING REMOTE SENSING DATA.

2: Αν. Καθηγητής Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Αθηνών, Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεανίχνευσης.

3: Γεωλόγος, Υποψήφιος Διδάκτορας Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Αθηνών.

4: Λέκτορας Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Αθηνών.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Κάθε χρονιά όλα τα μεσογειακά κράτη και ανάμεσα τους και η Ελλάδα αντιμετωπίζουν το πρόβλημα των πυρκαγιών. Η καταγραφή των ζημιών από τις πυρκαϊές αυτές είναι άμεσης προτεραιότητας τόσο για την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος όσο και για τη λήψη μέτρων για την αποφυγή άλλων επακόλουθων καταστροφών όπως πλημμύρες, κατολισθήσεις και ερημοποίηση. Η χρήση νέων τεχνολογιών, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και η Τηλεπισκόπηση, έχει αποδειχθεί ότι βοηθούν ιδιαίτερα τόσο στην αποτύπωση των ζημιών όσο και στη λήψη αποφάσεων για την αποκατάστασή τους.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι δυνατότητες καταγραφής των καμένων εκτάσεων στη νήσο Ζάκυνθο με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης.

Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση διαφόρων τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας, τόσο για τη βελτιστοποίηση των πρωτογενών δεδομένων όσο και για την καλύτερη αξιοποίηση τους.

Ειδικότερα γίνεται προσπάθεια να απαντηθούν μία σειρά από ερωτήματα όπως:

Α) Είναι αναγκαία η ατμοσφαιρική διόρθωση των δορυφορικών εικόνων;

Β) Πρέπει να εφαρμόζονται τεχνικές απόλυτης ή σχετικής ατμοσφαιρικής διόρθωσης;

Γ) Μπορούν όλοι οι δείκτες διαφοροποίησης της βλάστησης να αποδώσουν τα επιθυμητά αποτελέσματα στη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων;

Δ) Η τεχνική της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών βοηθάει στην αποτύπωση των καμένων εκτάσεων;

## **ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

Στη μελέτη αυτή ήταν διαθέσιμα τα παρακάτω δεδομένα:

Α) Στοιχεία των πυρκαϊών που σημειώθηκαν στη Ζάκυνθο κατά την πενταετία 1987-1992 σε αναλογική μορφή, από την Νομαρχία. Για κάθε πυρκαϊά ήταν γνωστή η τοποθεσία της, η ημερομηνία που εκδηλώθηκε και η έκταση που αποτεφρώθηκε. Συνολικά την πενταετία 87-92 εκδηλώθηκαν 92 πυρκαϊές, όμως για λόγους οικονομίας του χώρου στον πίνακα 1 παρουσιάζονται μόνο οι πυρκαϊές του έτους 1987.

Β) Τρεις δορυφορικές εικόνες διαφορετικών ημερομηνιών και ειδικότερα:

Μία δορυφορική εικόνα Landsat 5 TM του Ιουλίου του 1984,

Μία δορυφορική εικόνα Landsat 5 TM του Σεπτεμβρίου του 1986,

Μία δορυφορική εικόνα Landsat 7 ETM του Ιουλίου του 1999.

Γ) Δύο τοπογραφικοί χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1/50.000 χρονολογίας έκδοσης 1988, φύλλα Βολίμαι και Ζάκυνθος.

Οι τοπογραφικοί χάρτες σαρώθηκαν, εισήχθησαν στο ΓΣΠ και γεωαναφέρθηκαν σε ΕΓΣΑ 87. Στη συνέχεια, αποτυπώθηκαν πάνω σε αυτούς οι πυρκαϊές με βάση τα τοπωνύμια και την καμένη έκταση (σχήμα 1). Επίσης όλες οι δορυφορικές εικόνες γεωαναφέρθηκαν σε ΕΓΣΑ 87 και αναδομήθηκαν με τη μέθοδο της εγγύτερης γειτνίασης (nearest neighborhood).

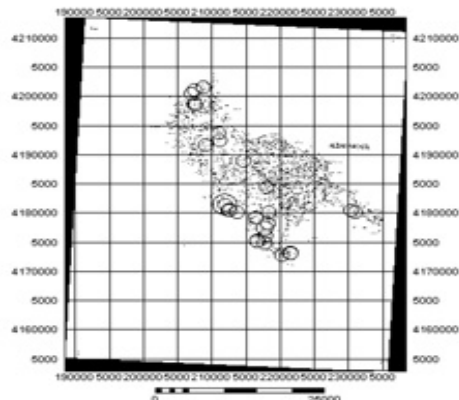
Αφού έγινε μία πρώτη αποτύπωση των καμένων εκτάσεων σε ένα ψηφιακό χάρτη, στη συνέχεια έγινε ψηφιακή επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων.

## **ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Διάφοροι συγγραφείς προτείνουν ποικίλους συνδυασμούς των καναλιών του Θεματικού Χαρτογράφου και του Βελτιωμένου Θεματικού Χαρτογράφου για την αποτύπωση των καμένων εκτάσεων χωρίς καμία απολύτως επεξεργασία. Ειδικότερα, οι Pereira J.M.C. et al 1999 προτείνουν ένα συνδυασμό των καναλιών 743 (σχήμα 2), ο Williams C.M. 1998 προτείνει ένα συνδυασμό των καναλιών 457 (σχήμα 3), οι Κούτσιας και Καρτέρη 1998 προτείνουν ένα συνδυασμό των καναλιών 741 (σχήμα 4), ενώ ο Picollini 1998 προτείνει ένα συνδυασμό των καναλιών 645 (σχήμα 5).

Κωδικός	Έτος	H/NIA	ΕΚΤΑΣΗ στρ.	ΘΕΣΗ
1	1987	4/10	100	Αχιούρη
2	1987	4/10	700	Ανδριωνιό
3	1987	5/10	15	Κατασταρινό Λαγγάδι
4	1987	14/6	3	Δάφνη
5	1987	23/6	15	Αριάκα

6	1987	30/6	4	Άμπελος
7	1987	13/7	40	Κούμαρος
8	1987	30/8	40	Μεγάλο Αμπέλι
9	1987	8/9	200	Σκοπός
10	1987	15/9	25	Μανδραούρι
11	1987	17/9	36	Ντορέτες
12	1987	17/9	70	Φυτείες
13	1987	17/9	300	Πρόγονος
14	1987	10/11	15	Λόγγος Αγίου



Σχήμα 1. Οι καμένες περιοχές με βάση τα στοιχεία της Νομαρχίας όπως αποτυπώθηκαν στο ΓΣΠ.

Fig. 1. Burnt areas registered in a GIS

Με όλους τους προτεινόμενους συνδυασμούς των καναλιών του θεματικού χαρτογράφου αποτυπώνονται οι καμένες περιοχές, χωρίς περαιτέρω ψηφιακή επεξεργασία.

Στη συνέχεια εξετάζεται αναλυτικότερα η ανάγκη ή μη για την ατμοσφαιρική διόρθωση των εικόνων και κατά πόσο αυτή συμβάλλει στην καλύτερη χαρτογράφηση των καμένων περιοχών.

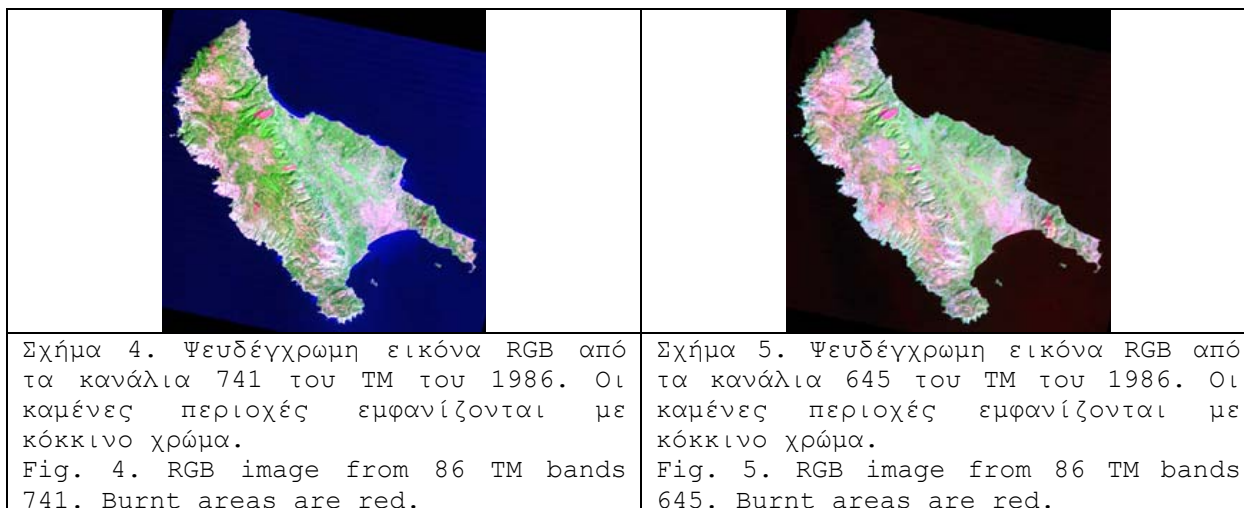
Όπως είναι γνωστό οι δορυφορικοί δέκτες καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται από τη γήινη επιφάνεια. Η διέλευση της ακτινοβολίας διαμέσου της ατμόσφαιρας, έχει σαν αποτέλεσμα να υφίσταται αλλοιώσεις λόγω κυρίως των φαινομένων της απορρόφησης και της σκέδασης. Όπως αναφέρουν οι Eckhardt et al., (1990) οι τιμές ανάκλασης ενός αντικειμένου που καταγράφει ο δορυφόρος επηρεάζονται από παράγοντες όπως η ηλιακή γωνία πρόσπτωσης, η απόσταση γης Ήλιου, το είδος του καταγραφέα, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και η γεωμετρία Ήλιου, Γης και δέκτη.



Σχήμα 2. Ψευδέγχρωμη εικόνα RGB από τα κανάλια 743 του TM του 1986. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα.  
Fig. 2. RGB image from 86 TM bands 743. Burnt areas are red.



Σχήμα 3. Ψευδέγχρωμη εικόνα RGB από τα κανάλια 457 του TM του 1986. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται με μπλε χρώμα.  
Fig. 3. RGB image from 86 TM bands 457. Burnt areas are blue.



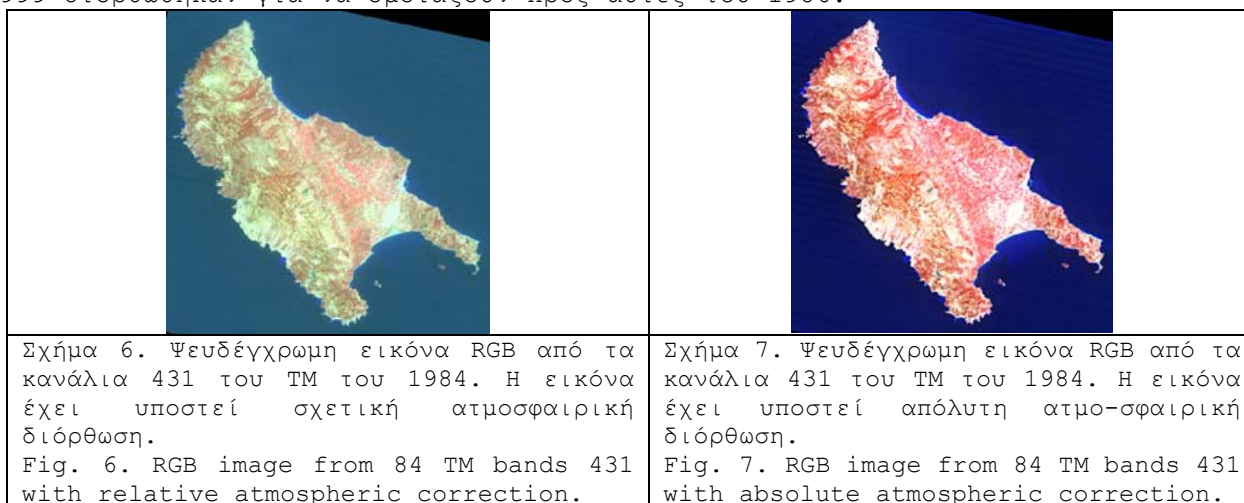
Διάφοροι συγγραφείς αναφέρονται στη χρησιμότητα των ατμοσφαιρικών διορθώσεων. Ο Kaufman 1985 αναφέρει ότι οι ατμοσφαιρικά διορθωμένες εικόνες της γήινης ακτινοβολίας βελτιώνουν την ταξινόμηση, οι Kimes & Sellers 1985 αναφέρουν ότι τα δεδομένα της γήινης ακτινοβολίας αποτελούν επίσης μία βάση για την εκτίμηση του ισολογισμού ακτινοβολίας της Γης, οι Song & al 2001 σημειώνουν ότι όλες οι διορθώσεις βελτιώνουν την ακρίβεια και ότι για σωστή κατάταξη και έρευνα μεταβολών με διαχρονικά δεδομένα είναι σημαντικό οι ραδιομετρικές μετρήσεις να τίθενται σε κοινή σχετική κλίμακα χωρίς όμως να είναι απαραίτητη η ακριβής υπολογισμός της γήινης/επιφανειακής ανάκλασης.

Στις δορυφορικές εικόνες εφαρμόστηκαν οι παρακάτω τεχνικές:

α) Τεχνική απόλυτης ατμοσφαιρικής διόρθωσης όπου η ψηφιακή τιμή που καταγράφεται από το δορυφόρο μετατρέπεται σε πραγματική ανακλαστικότητα στην επιφάνεια και

β) Τεχνική σχετικής ατμοσφαιρικής διόρθωσης της ατμοσφαιρικής εξασθένισης όπου ίδια ψηφιακή τιμή στις διορθωμένες εικόνες αντιστοιχεί στην ίδια ανακλαστικότητα ανεξάρτητα από την πραγματική τιμή της ανακλαστικότητας στην επιφάνεια του εδάφους (Chavez and Mackinnon 1994).

Για την εφαρμογή της τεχνικής της απόλυτης ατμοσφαιρικής διόρθωσης, χρησιμοποιήθηκε ο πρόγραμμα ATCOR λαμβάνοντας υπόψη κάθε φορά τις αντίστοιχες ατμοσφαιρικές συνθήκες. Για τις ημέρες λήψης των εικόνων, ήταν γνωστές οι τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του ύψους του ηλίου και του αζιμούθιου. Η διόρθωση έγινε μετά από μία σειρά δοκιμών και με τη συνθήκη ότι η ατμόσφαιρα είναι θαλάσσια (όχι αστική, ή ηπειρωτική). Η σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση έγινε θεωρώντας σαν σταθερές τις τιμές ανακλαστικότητας της δορυφορικής εικόνας του 1986. Θεωρήθηκε ότι ένα σημείο στη θάλασσα θα έπρεπε να έχει σταθερή τιμή και στις τρεις εικόνες. Οι όποιες διαφορές στις τιμές (πίνακας 2) οφείλονται στις ατμοσφαιρικές επιδράσεις. Οι τιμές ανακλαστικότητας των εικόνων του 1984 και του 1999 διορθώθηκαν για να ομοιάζουν προς αυτές του 1986.





Σχήμα 8. Ψευδέγχρωμη εικόνα RGB από τα κανάλια 431 του TM του 1999. Η εικόνα έχει υποστεί σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση.

Fig. 8. RGB image from 99 ETM bands 431 with relative atmospheric correction.

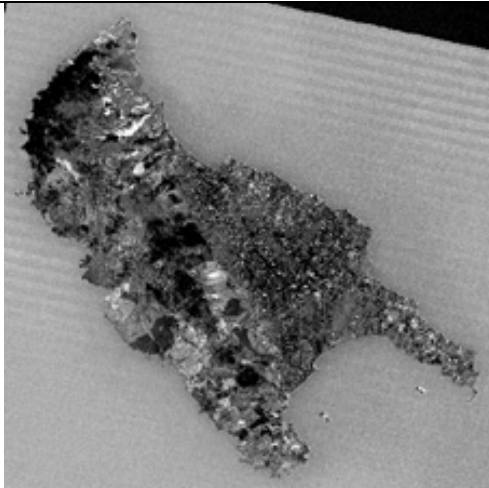


Σχήμα 9. Ψευδέγχρωμη εικόνα RGB από τα κανάλια 431 του TM του 1999. Η εικόνα έχει υποστεί απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση.

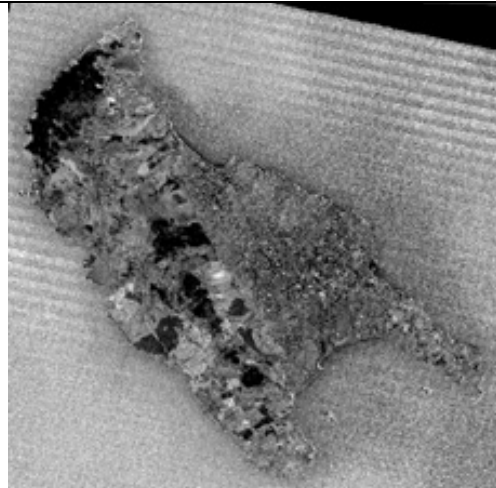
Fig. 9. RGB image from 99 ETM bands 431 with absolute atmospheric correction.

#### ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΜΕΝΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ

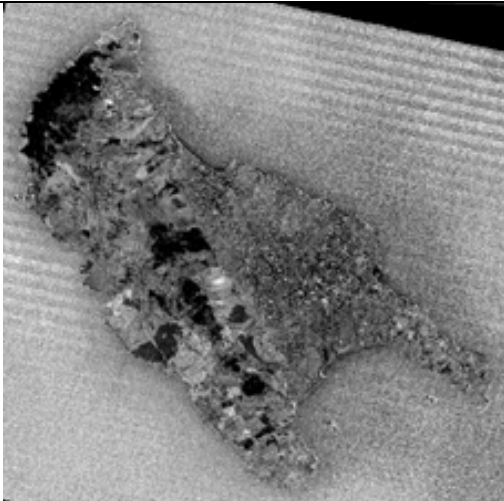
Διάφοροι συγγραφείς έχουν προτείνει εδώ και τρεις περίπου δεκαετίες τη χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης από το ερυθρό και το εγγύς υπέρυθρο τμήμα του φάσματος για τη χαρτογράφηση των μεταβολών της βλάστησης. Διάφοροι μαθηματικοί συνδυασμοί των δορυφορικών δεδομένων αποδείχθηκαν ευαίσθητοι δείκτες της παρουσίας και της κατάστασης της βλάστησης. Οι δύο πρώτοι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο Απλός Δείκτης Βλάστησης (Simple Vegetation Index) και ο Κανονικοποιημένος Δείκτης Διαφοροποίησης της Βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index).



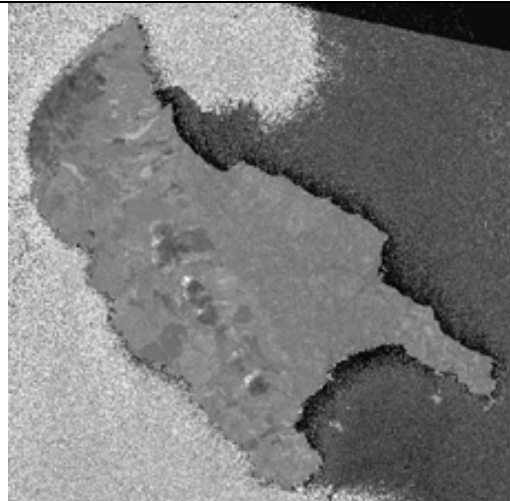
Σχήμα 10. Η εικόνα που δημιουργείται αν από την εικόνα του 1999 στην οποία έχει εφαρμοσθεί ο δείκτης SVI αφαιρεθεί η αντίστοιχη εικόνα του 1984. Οι δύο εικόνες έχουν υποστεί σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 10. SVI image of 99 - SVI image of 84. Burnt areas are darker.



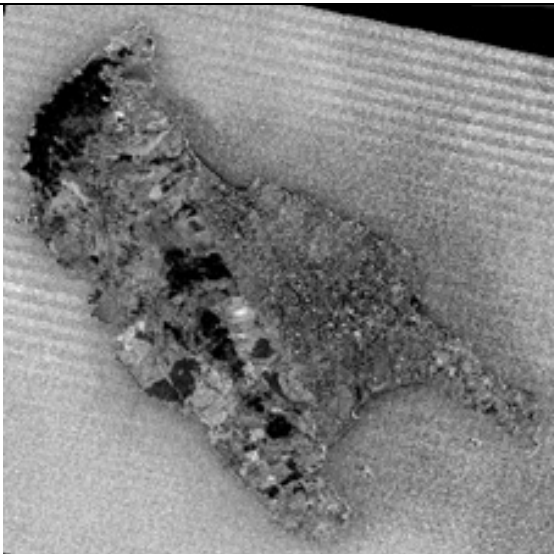
Σχήμα 11. Η εικόνα που δημιουργείται αν από την εικόνα του 1999 στην οποία έχει εφαρμοσθεί ο δείκτης TVI αφαιρεθεί η αντίστοιχη εικόνα του 1984. Οι δύο εικόνες έχουν υποστεί σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 11. TVI image of 99 - TVI image of 84. Burnt areas are darker.



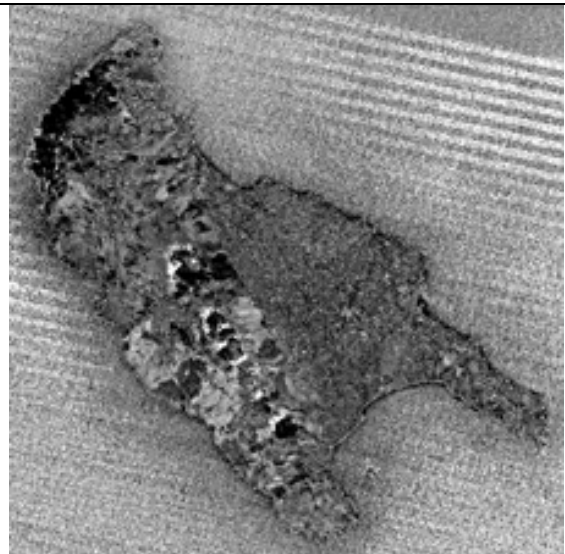
Σχήμα 12. Η εικόνα που δημιουργείται αν από την εικόνα του 1999 στην οποία έχει εφαρμοσθεί ο SAVI αφαιρεθεί η αντίστοιχη εικόνα του 1984. Οι δύο εικόνες έχουν υποστεί σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 12. SAVI image of 99 - SAVI image of 84. Burnt areas are darker.



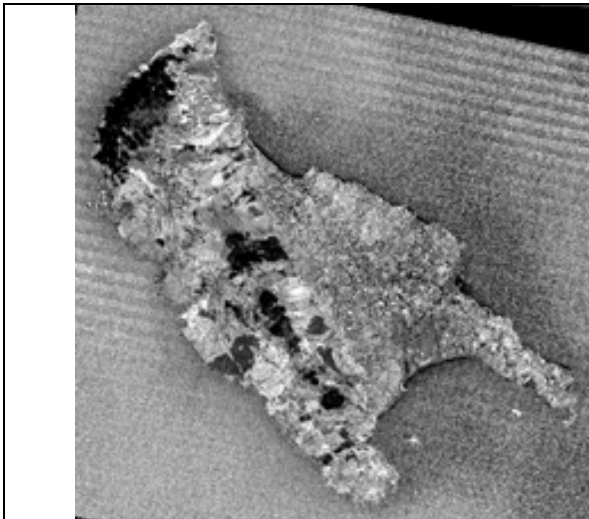
Σχήμα 13. Η εικόνα που δημιουργείται αν από την εικόνα του 1999 στην οποία έχει εφαρμοσθεί ο λόγος 5/7 αφαιρεθεί η αντίστοιχη εικόνα του 1984. Και οι δύο εικόνες έχουν υποστεί σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 13. 5/7 ratio image of 99 - 5/7 ratio image of 84. Burnt areas are darker.



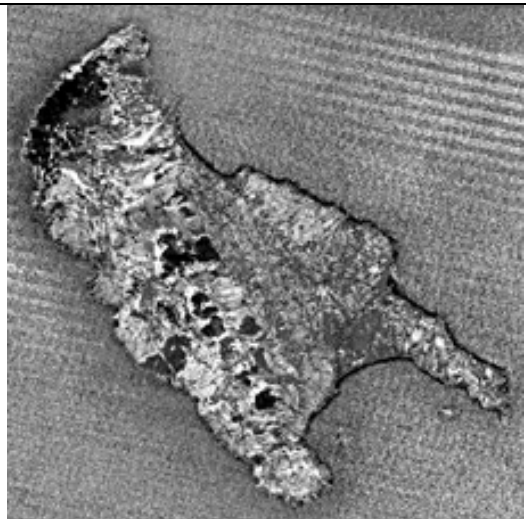
Σχήμα 14. Η εικόνα που δημιουργείται αν από την εικόνα του 1999 στην οποία έχει εφαρμοσθεί ο δείκτης NDVI αφαιρεθεί η αντίστοιχη εικόνα του 1984. Και οι δύο εικόνες έχουν υποστεί σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 14. NDVI image of 99 - NDVI image of 84. Burnt areas are darker. Both images had relative atmospheric correction.



Σχήμα 15. Η εικόνα που δημιουργείται αν από την εικόνα του 1999 στην οποία έχει εφαρμοσθεί ο δείκτης NDVI αφαιρεθεί η αντίστοιχη εικόνα του 1984. Και οι δύο εικόνες έχουν υποστεί απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 15. NDVI image of 99 - NDVI image of 84. Burnt areas are darker. Both images had absolute atmospheric correction.



Σχήμα 16. Η εικόνα που δημιουργείται με τη μέθοδο της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών. Δημιουργήθηκε μία εικόνα στην οποία το ένα κανάλι ήταν ο NDVI του 1984 και το δεύτερο ο NDVI του 1999. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Και οι δύο εικόνες έχουν υποστεί σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 16. PCA image. 1<sup>st</sup> component NDVI image of 99, 2<sup>nd</sup> component NDVI image of 84. Burnt areas are darker. Both images had relative atmospheric correction.



Σχήμα 17. Η εικόνα που δημιουργείται με τη μέθοδο της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών. Δημιουργήθηκε μία εικόνα στην οποία το ένα κανάλι ήταν ο NDVI του 1984 και το δεύτερο ο NDVI του 1999. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Και οι δύο εικόνες έχουν υποστεί απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση. Οι καμένες περιοχές εμφανίζονται σκουρότερες.  
Fig. 17. PCA image. 1<sup>st</sup> component NDVI image of 99, 2<sup>nd</sup> component NDVI image of 84. Burnt areas are darker. Both images had absolute atmospheric correction.

Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν σε όλες τις ατμοσφαιρικά διορθωμένες εικόνες του 1984 και του 1999 διάφορες μορφές του δείκτη βλάστησης και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Ειδικότερα εφαρμόστηκαν οι δείκτες SVI (Simple Vegetation Index) TVI (Transformed Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), καθώς και ο λόγος των καναλιών 5 προς 7 του θεματικού χαρτογράφου. Αφού εφαρμόστηκαν ξεχωριστά οι διάφοροι δείκτες βλάστησης στις εικόνες του 1984 και του 1999 πάρθηκαν ανά δύο οι διαφορές τους για να χαρτογραφηθούν οι μεταβολές στη βλάστηση για αυτή την περίοδο. Τέλος εφαρμόστηκε η μέθοδος της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών σε μία νέα εικόνα της οποίας τα κανάλια είναι οι εικόνες του 84 και του 99 με το NDVI. Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται οι διαφορές αυτές.

Πίνακας 2. Οι τιμές ενός σημείου στη θάλασσα πριν τη σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση για τις τρεις δορυφορικές εικόνες.

	TM 84	TM 86	ETM 99
Κανάλι 1	93	83	93
Κανάλι 2	30	23	51
Κανάλι 3	27	19	41
Κανάλι 4	21	11	24
Κανάλι 5	18	5	18
Κανάλι 7	5	1	14

Συγκρίνοντας τις εικόνες των σχημάτων 10 ως 17 με το χάρτη του σχήματος 1, παρατηρούμε ότι γενικά υπάρχει συμφωνία μεταξύ των καμένων περιοχών που καταγράφηκαν από τη Νομαρχία και εκφράζονται με κυκλίσκους στο σχήμα 1 αφενός και, των σκούρων περιοχών που προκύπτουν από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων, αφετέρου. Στις επεξεργασμένες δορυφορικές εικόνες, φαίνεται να εκφράζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι καμένες περιοχές. Η εικόνα που

προκύπτει από το λόγο φασματικών ζωνών 5/7, δίνει λιγότερο ευκρινή αποτελέσματα. Οι καμένες περιοχές αποτυπώνονται ευκρινέστερα στις εικόνες που εκφράζουν τις μεταβολές των δεικτών βλάστησης NDVI και SAVI, ιδίως αν οι δείκτες αυτοί αξιοποιηθούν σε συνδυασμό με την ανάλυση κυρίων συνιστωσών.

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η χαρτογράφηση καμένων περιοχών είναι πολύ πιο εύκολη με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων. Η χρησιμοποίηση εικόνων από πολυφασματικούς δέκτες μπορεί να συμβάλει στη λεπτομερή αποτύπωση των καμένων εκτάσεων. Αν μάλιστα λάβει κανείς υπόψη τη συνεχώς βελτιούμενη διακριτική ικανότητα των δεκτών και την πολύ καλή επαναληψιμότητα τους γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι στο μέλλον θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για αυτού του είδους τις χαρτογραφήσεις.

Με τη χρησιμοποίηση διαφόρων δεικτών βλάστησης μπορούν να αποτυπωθούν ευκρινώς οι καμένες περιοχές. Πιο φτωχά αποτελέσματα δίνει ο απλός λόγος των καναλιών 5 προς 7 του θεματικού χαρτογράφου. Οι υπόλοιποι δείκτες δίνουν εξίσου καλά αποτελέσματα με μια μικρή υπεροχή των δεικτών NDVI και SAVI.

Η ατμοσφαιρική διόρθωση των εικόνων είναι απολύτως απαραίτητη εφόσον έχουμε να επεξεργαστούμε διαχρονικές εικόνες ή εικόνες διαφορετικών δεκτών. Σε σχέση με τη σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση, η απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση έχει μεγαλύτερες δυσκολίες στην εφαρμογή, καθώς απαιτεί γνώση των ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά τη στιγμή της λήψης της εικόνας, όμως δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Τέλος ένας συνδυασμός της μεθόδου της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών με ατμοσφαιρικά απόλυτα διορθωμένες εικόνες στις οποίες έχει εφαρμοστεί ο δείκτης βλάστησης φαίνεται να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] CHAVEZ P.S. JR., AND MACKINNON, D.J., 1994. "Automatic Detection of Vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensing images", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60:(5) 571-583.
- [2] CHEN YUN, 1999. "Correlation of Saltbush Cover Measurements to TM Wavebands and Vegetation Indices", *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Hamburg Germany IEEE, Vol. 4:2590-2592.
- [3] ECKHARDT D W., J. P. VERDIN AND G.R. LYFORD, 1990. "Automated Update of an Irrigated Lands GIS Using SPOT HRV Imagery", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56 (11):1515-1522.
- [4] KAUFMAN Y.J., 1985. "The atmospheric effect on the separability of field classes measured from satellites", *Remote Sensing of Environment*, 18: 21-34.
- [5] KIMES D.S. AND SELLERS P.J., 1985. "Inferring hemispherical reflectance of the earth's surface for global energy budgets from remotely sensed nadir or directional radiance values", *Remote Sensing of Environment*, 18, 205-223.
- [6] KOUTSIAS, N. & KARTERIS, M., 1998, "Logistic regression modelling of multitemporal Thematic Mapper Data for burned area mapping". *International Journal of Remote Sensing*, 19, 3499-3514.
- [7] PEREIRA, M.C., 1999 "A Comparative Evaluation of NOAA/AVHRR Vegetation Indexes for Burned Surface Detection and Mapping". *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 37, 217-226.
- [8] PICCOLINI, I., 1998 "Development and validation of an adaptive algorithm for burn scar detection using ERS/ATSR-2 data". Thesis, Univ. La Sapienza, Rome.
- [9] SONG CONGHE, WOODCOCK E. CURTIS, SETO+ C. KAREN, LENNEY MARY PAX AND MACOMBER A. SCOT, 2001. "Classification and change Detection using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects", *Remote Sensing of Environment* 75:230-244.
- [10] WILLIAMS, C.M., "Comparison of Supervised and Unsupervised classification of a multispectral TM image". *International Journal of Remote Sensing*, 19, (18) 3473-3497, 1998.