

**Ο ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ: ΜΙΑ ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΙΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ<sup>1</sup>**

**ΝΙΚΟΣ ΚΟΥΤΣΙΑΣ<sup>2,3</sup>, ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΑΛΛΙΝΗΣ<sup>4</sup> ΚΑΙ ΜΙΧΑΛΗΣ ΚΑΡΤΕΡΗΣ<sup>5</sup>**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (PCA), μια στατιστική μέθοδος μείωσης του αριθμού των μεταβλητών δεδομένων υψηλής συσχέτισης έχει εκτενώς χρησιμοποιηθεί σε θέματα τηλεπισκόπησης. Δημιουργεί νέα μη συσχετισμένα δεδομένα μέσω γραμμικών αριθμητικών σχέσεων, στα οποία η πρώτη κύρια συνιστώσα εμπεριέχει το μεγαλύτερο μέρος της διασποράς, με τις υπόλοιπες συνιστώσες να περιέχουν μικρότερα ποσοστά της αρχικής διασποράς ανάλογα του βαθμού της συνιστώσας. Ο μετασχηματισμός κυρίων συνιστωσών εφαρμόστηκε για την ενίσχυση της φασματικής διακρίσιμότητας των καμένων εκτάσεων στα δορυφορικά δεδομένα του Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT. Η φασματική αυτή ενίσχυση προέκυψε από την επιλεκτική απομάκρυνση της φασματικής πληροφορίας από τα αρχικά δορυφορικά δεδομένα.

**SUMMARY**

Principal component analysis (PCA), a widely used method in remote sensing studies and quite explored multivariate data analysis technique, has been applied in this study in the context of image enhancement methods. PCA transforms multivariate correlated satellite data using a linear algebraic expression, which results from the eigenvector estimates, and creates a new uncorrelated coordinate system. In this new coordinate system, which arises from the rotation and shifting of the old one, the first component contains the most of the initial data variance while the succeeding components contain decreasing proportion and account for the maximum amount of the unexplained residual variance. Under this perspective, PCA has been applied to Landsat Thematic Mapper data to enhance the spectral signal of the burned surfaces.

The proposed method involves a forward/backward PCA of Landsat Thematic Mapper data to enhance the spectral signal of the fire scar and thus to improve the spectral discrimination of burned surfaces. The spectral enhancement of the burned surfaces results from the selective removal of the spectral information from the satellite data. For the landscape features found in the satellite image, including the burned surfaces, a different amount of data is removed from each pixel digital number depending on the spectral class which the pixel belongs to. The proposed methodology involves three steps: (i) application of the forward PCA to the original satellite data; the burnings are highlighted in the third PC axis, (ii) application of the backward PCA to the PC axes to

---

1: PRINCIPAL COMPONENT TRANSFORMATION OF MULTISPECTRAL SATELLITE DATA TO MAP SHORT-TERM CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS: A SPECIAL CASE STUDY ON FOREST FIRES

2: Νίκος Κούτσιας, Δρ., Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης-Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος-Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης-Παν. Θυρίδα 248, 54006 Θεσσαλονίκη, e-mail: [koutsias@for.auth.gr](mailto:koutsias@for.auth.gr)

3: Currently in

Geographic Information Systems Division (GIS)-Department of Geography-University of Zurich, Winterthurerstr. 190, CH-8057 Zurich, Switzerland,

E-mail: [koutsias@geo.unizh.ch](mailto:koutsias@geo.unizh.ch)

4: Γιώργος Μαλλίνης, Δασολόγος M.Sc., Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης-Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος-Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης-Παν. Θυρίδα 248, 54006 Θεσσαλονίκη

e-mail: [gmallin@for.auth.gr](mailto:gmallin@for.auth.gr)

5: Μιχάλης Καρτέρης, Καθηγητής, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης-Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος-Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης-Παν. Θυρίδα 248, 54006 Θεσσαλονίκη

e-mail: [karteris@for.auth.gr](mailto:karteris@for.auth.gr)

recreate the original spectral space without considering the information of the burned surfaces; the back-transformation do not use the third PC axis, and (iii) image differencing of the inverted data acquired in the second step from the original satellite data; in this modified data set the burned surfaces constitute a spectrally enhanced feature.

The modified, after the application of the forward/backward PCA, satellite data excel over the original in various aspects.

First, the forward/backward PCA creates a new spectral space in which the burned surfaces are spectrally enhanced. The spectral separability between burned surfaces and certain land cover types, as for instance with the vegetation, which are the less spectral distinct pair, has been increased in the modified data. Both, bi-spectral plots and separability measurements, verify this spectral enhancement and separability improvement.

Second, the correlation coefficients have been reduced in all pairs of spectral channels in the modified data. The reduction of the interband correlation indicates better performance of the data, which is further associated with the reduction and/or elimination of multicollinearity effects.

Third, the proposed methodology creates a new spectral space, which retains the original characteristics of the spectral signatures of various landscape features. Since the modified satellite data preserve their original chromatic subsistence, pre-existing knowledge to interpret the colour composites is retained and can be used successfully to interpret the modified data.

Fourth, the modified data, using the entropy estimate as an indication of the information content, contain more information compared to the original. The selective removal of the information creates the new spectral data, their histogram frequency distribution of which indicates a more informative spectral space.

In future, in the context of the forward/backward PCA, some of the topics that the research could be focused are:

a. use of standardized components for the back-transformation, instead of the non-standardized PC axes adopted here, b. use of other type of satellite data that exhibit a certain degree of correlation, c. use multi-temporal satellite data instead of a single post-fire image utilized in this paper, d. to estimate the eigenvector matrix using certain land cover types e.g. burned-vegetation, only burnings, etc. instead of the whole satellite image utilized here.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Ανάλυση κυρίων συνιστωσών, Θεματικός Χαρτογράφος, Landsat, Καμένες εκτάσεις, Δασικές πυρκαγιές, Ανίχνευση αλλαγών

**KEYWORDS:** Principal component analysis, Thematic Mapper, Landsat. Burned areas, Forest Fires, Change detection.

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων με μεθόδους τηλεπισκόπησης διεξάγεται είτε χρησιμοποιώντας υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας δορυφόρους (LANDSAT, MSS-TM, SPOT, κ.α.) είτε χαμηλής (NOAA AVHRR). Μολονότι το δορυφορικό σύστημα NOAA AVHRR παρέχει δεδομένα μεγάλης χρονικής διακριτικής ικανότητας, η μικρή χωρική διακριτική ικανότητά του αποτελεί ένα από τα κύρια μειονεκτήματά του, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη γενίκευση της πληροφορίας και συνεπώς περιορίζει τη χρήση του όταν απαιτείται λεπτομερειακή χαρτογράφηση. Τέτοιες δυσκολίες ξεπερνιούνται με τη χρήση δορυφορικών συστημάτων, τα οποία παρέχουν πολυφασματικά δεδομένα υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων χρησιμοποίησης δορυφορικών δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας συμπεριλαμβάνονται τα εξής (Koutsias κ.α. 1999): (i) χαρτογράφηση τόσο της περιμέτρου όσο και της καμένης έκτασης, (ii) χαρτογράφηση μη καμένων περιοχών που βρίσκονται μέσα στην περίμετρο της πυρκαγιάς, (iii) έμμεση χαρτογράφηση της έντασης της πυρκαγιάς και των επιπέδων καταστροφής, (iv) χαρτογράφηση των δασικών ειδών που έχουν καεί.

Αν και έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι δεν υπάρχει κάποια τυποποιημένη η οποία να εφαρμόζεται ανεξαρτήτως σε δορυφορικά δεδομένα για τον προσδιορισμό και χαρτογράφηση των καμένων περιοχών. Αυτές οι μέθοδοι ποικίλλουν, σύμφωνα με τα

ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης (Karteris, 1995), αν και η φασματική και όχι η χωρική ή η χρονική διακριτική ικανότητα των δεδομένων διαμορφώνουν τον τύπο της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί (Pereira κ.α. 1997). Η εφαρμογή κάποιας μεθόδου εξαρτάται από κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (Koutsias κ.α. 1999) όπως: (i) τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ίδιας της πυρκαγιάς (ii) τις ιδιαίτερες γεωμορφολογικές, βιοκλιματικές και οικολογικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν την ευρύτερη περιοχή γύρω από την καμένη έκταση, (iii) τα διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα, (iv) τον αντικειμενικό σκοπό της χαρτογράφησης.

Μολονότι η δορυφορική τηλεπισκόπηση παρέχει μια πλεονεκτική μεθοδολογική προσέγγιση για τη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων, συγκριτικά με άλλες μεθόδους, δεν είναι άμοιρη σφαλμάτων. Έρευνες οι οποίες διεξήχθησαν σε περιοχές με ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες, και χρησιμοποιώντας πολλαπλούς τύπους δορυφορικών δεδομένων και τεχνικών ανέδειξαν διάφορα προβλήματα στη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων. Υπάρχει μια σύμφωνη άποψη μεταξύ των ερευνητών ότι τα προβλήματα αυτά συνοψίζονται στα ακόλουθα (Chuvienco και Congalton 1988, Caetano κ.α. 1994, Karteris 1995, Pereira κ.α. 1997, Κούτσιας 2001): (i) προβλήματα διακριτότητας μεταξύ καμένων εκτάσεων και υδάτινων μαζών, (ii) προβλήματα διακριτότητας μεταξύ καμένων εκτάσεων και αστικών περιοχών, (iii) προβλήματα διακριτότητας μεταξύ καμένων εκτάσεων και τοπογραφικά σκιαζόμενων περιοχών, (iv) προβλήματα διακριτότητας μεταξύ μερικής καμένης βλάστησης και μη καμένης.

## **2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

Μία μεγάλη δασική πυρκαγιά η οποία εκδηλώθηκε στην περιοχή της Μαλακάσας το 1992 αποτέλεσε την περίπτωση μελέτης για την εφαρμογή του μετασχηματισμού κυρίων συνιστωσών. Η δασική πυρκαγιά εκδηλώθηκε στην ευρύτερη περιοχή της Μαλακάσας στις 5 Σεπτεμβρίου 1992 και σύμφωνα με στοιχεία της δασικής υπηρεσίας έκαψε δάση και δασικές εκτάσεις 60000 στρεμμάτων. Τα δορυφορικά δεδομένα τα οποία αποκτήθηκαν προέρχονται από τον Αμερικάνικο δορυφόρο LANDSAT-5, λήψης 11 Σεπτεμβρίου 1992.

## **3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **3.1 Ο ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ**

Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA), μια στατιστική μέθοδος μείωσης της διάστασης δεδομένων υψηλής συσχέτισης έχει εκτενώς χρησιμοποιηθεί σε θέματα τηλεπισκόπησης (Gillespie 1980, Anuta et al. 1984, Singh and Harrison 1985, Townshend et al. 1985, Fung and LeDrew 1987). Ο κύριος σκοπός της είναι η μείωση της διάστασης των δεδομένων, η απομάκρυνση της συσχέτισης μεταξύ των αρχικών μεταβλητών η οποία δηλώνει την επανάληψη της πληροφορίας και η απομόνωση του θορύβου στις τελευταίες κύριες συνιστώσες. Αυτά τα θέματα σχετίζονται περαιτέρω με τη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων και την ενίσχυση κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και δομών τα οποία κατανέμονται ποσοστιαία στα αρχικά δεδομένα (Richards 1984, Milne 1986, Siljestrom και Moreno 1995).

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την αύξηση της φασματικής διακριτότητας των καμένων εκτάσεων στα δορυφορικά δεδομένα του θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT αποτελείται από τρία βήματα (Κούτσιας 2001): (i) εφαρμογή του μετασχηματισμού κυρίων συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA) (ii) εφαρμογή του "αντίστροφου μετασχηματισμού κυρίων συνιστωσών" (backward PCA) ώστε να δημιουργηθούν ξανά τα αρχικά φασματικά δεδομένα και (iii) αφαίρεση των αντίστροφων δεδομένων από τα αρχικά δορυφορικά δεδομένα.

Στα τελικά μετασχηματισμένα δεδομένα, που προκύπτουν μετά την εφαρμογή της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών, οι καμένες εκτάσεις συνιστούν ένα φασματικά ενισχυμένο χαρακτηριστικό. Η φασματική αυτή ενίσχυση προκύπτει από την επιλεκτική απομάκρυνση της φασματικής πληροφορίας από τα αρχικά δεδομένα.

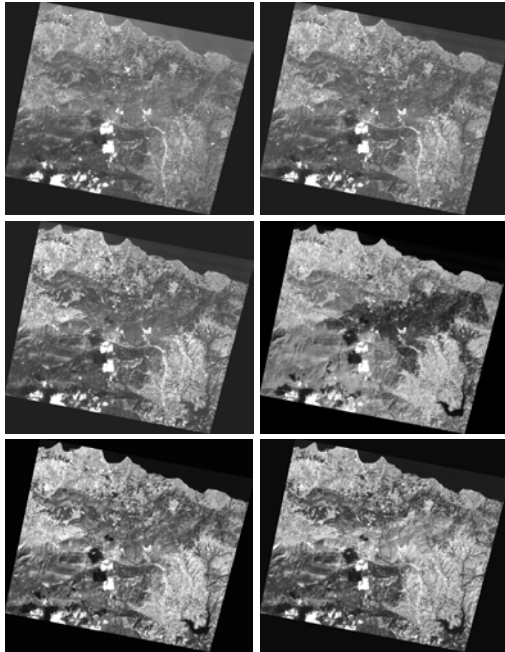
## **4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

### **4.1 ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ-ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ (FORWARD-BACKWARD PCA)**

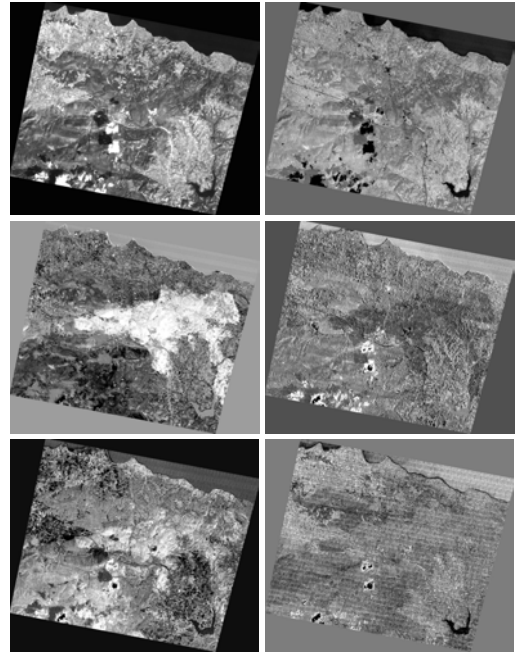
#### **4.1.1 Εφαρμογή του μετασχηματισμού των κυρίων συνιστωσών**

Ο μετασχηματισμός των δεδομένων γίνεται μέσω ενός γραμμικού μοντέλου, το οποίο προκύπτει από τα ιδιοδιανύσματα, ενώ το ποσοστό της επεξηγούμενης διασποράς προκύπτει από τις ιδιοτιμές. Στην **Εικόνα 1** παρουσιάζονται οι φασματικοί δίαυλοι των αρχικών δορυφορικών δεδομένων του θεματικού χαρτογράφου του LANDSAT. Οι καμένες εκτάσεις διακρίνονται εντονότερα στο δίαυλο TM4 και TM7. Στην **Εικόνα 2** παρουσιάζονται οι νέες κύριες συνιστώσες που προκύπτουν από το μετασχηματισμό των κυρίων συνιστωσών. Οι καμένες εκτάσεις στην περίπτωση αυτή

διακρίνονται εντονότερα στην τρίτη κύρια συνιστώσα. Η διάκριση αυτή είναι απόλυτα δικαιολογημένη, αφού η τρίτη κύρια συνιστώσα, όπως προκύπτει από τις τιμές των ιδιοδιανυσμάτων συνίσταται από τους διαύλους TM4 και TM7, στους οποίους οι καμένες εκτάσεις διακρίνονται εντονότερα (**Εικόνα 1**). Η πρώτη και δεύτερη κύρια συνιστώσα όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 2** ερμηνεύουν σχεδόν όλη την αρχική διασπορά με εξαίρεση τις καμένες εκτάσεις, ενώ οι τελευταίες κύριες συνιστώσες χαρακτηρίζονται κύρια από θόρυβο καθώς και πληροφορία η οποία δεν αποτελεί χαρακτηριστικό υψηλής συσχέτισης μεταξύ των αρχικών δεδομένων.



**Εικόνα 1**



**Εικόνα 2**

**Εικόνα 1.** Οι φασματικοί δίαυλοι των αρχικών δορυφορικών δεδομένων του θεματικού χαρτογράφου του LANDSAT.

**Image 1.** The spectral channels of the original satellite data of Landsat-5 Thematic Mapper

**Εικόνα 2.** Οι συνιστώσες της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών. Η φασματική πληροφορία των καμένων εκτάσεων συσσωρεύεται στην τρίτη κύρια συνιστώσα.

**Image 2.** The components of the principal component analysis (PCA). The spectral information of the burned surfaces is depicted in the third PCA.

#### 4.1.2 Εφαρμογή του αντίστροφου μετασχηματισμού κυρίων συνιστωσών

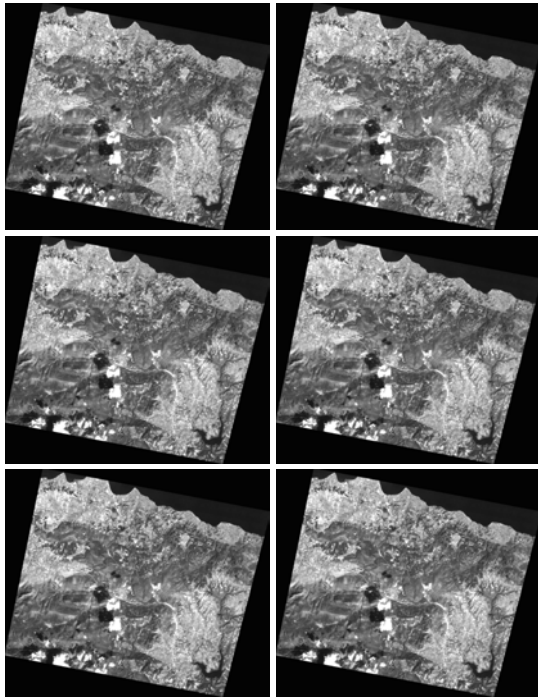
Η αντιστροφή των κυρίων συνιστωσών στον αρχικό φασματικό χώρο έγινε καταρχήν χρησιμοποιώντας μόνο την πρώτη κύρια συνιστώσα (**Εικόνα 3**) και κατά δεύτερον χρησιμοποιώντας την πρώτη και δεύτερη κύρια συνιστώσα. Η αντιστροφή διεξήχθη χρησιμοποιώντας τις τιμές των ιδιοδιανυσμάτων που προέκυψαν από το μετασχηματισμό των κυρίων συνιστωσών αλλά αντίστροφα.

Επειδή η φασματική πληροφορία των καμένων εκτάσεων βρίσκεται στην τρίτη κύρια συνιστώσα είναι φανερό ότι η αντιστροφή στον αρχικό φασματικό χώρο δημιουργεί δεδομένα τα οποία εμπεριέχουν την αρχική φασματική πληροφορία η οποία σχετίζεται με χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία συνθέτουν κατά κύριο λόγο το σύνολο της δορυφορικής εικόνας, αφού μόνο η πρώτη και η δεύτερη κύρια συνιστώσα αντιστρέφονται. Συνεπώς, η φασματική πληροφορία των καμένων εκτάσεων δε συμπεριλαμβάνεται στα δεδομένα που προκύπτουν μετά την αντιστροφή όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3**. Στους διαύλους TM4 και TM7 οι καμένες εκτάσεις δεν αποτυπώνονται όπως στην περίπτωση των αρχικών δορυφορικών δεδομένων.

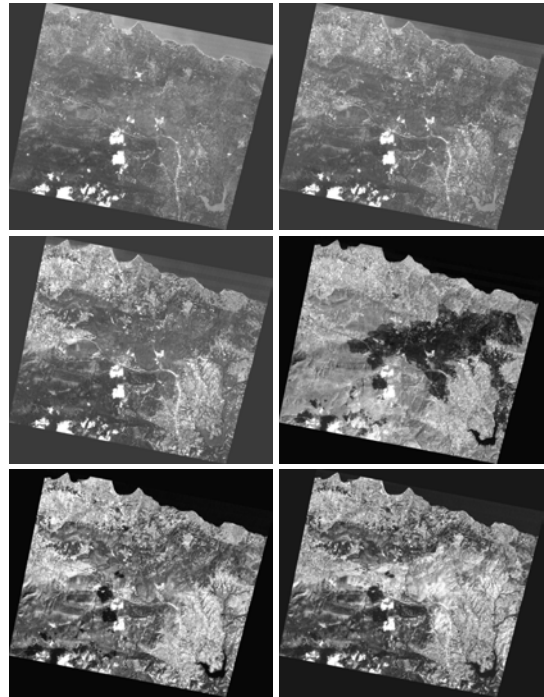
#### 4.1.3 Αφαίρεση των αντίστροφων δεδομένων από τα αρχικά

Τρίτο και τελευταίο βήμα στην εφαρμογή της εμπρόσθιας-αντίστροφης ανάλυσης κυρίων συνιστωσών είναι η αφαίρεση των αντίστροφων δεδομένων από τις αρχικές ραδιομετρικές τιμές καθενός εικονοστοιχείου. Η αφαίρεση αυτή δημιουργεί τα τελικά μετασχηματισμένα δεδομένα, στα οποία οι καμένες εκτάσεις συνιστούν ένα φασματικά ενισχυμένο χαρακτηριστικό. Στην **Εικόνα 4** παρουσιάζονται τα μετασχηματισμένα δεδομένα (1) μετά την αφαίρεση των αντίστροφων δεδομένων που

προκύπτουν μόνο από την πρώτη κύρια συνιστώσα.



**Εικόνα 3**



**Εικόνα 4**

**Εικόνα 3.** Οι φασματικοί δίαυλοι των αντίστροφων δεδομένων μετά την εφαρμογή του μετασχηματισμού των κυρίων συνιστωσών λαμβάνοντας υπόψη την πρώτη κύρια συνιστώσα.

**Image 3.** The spectral channels of the inverted satellite data after the application of the inverted principal component analysis of the first PC.

**Εικόνα 4.** Οι δίαυλοι των μετασχηματισμένων δεδομένων (1) μετά την εφαρμογή της εμπρόσθιας-αντίστροφης ανάλυσης κυρίων συνιστωσών. Εμφανής είναι η ενίσχυση της διακριτότητας των καμένων εκτάσεων ιδιαίτερα στο δίαυλο TM4.

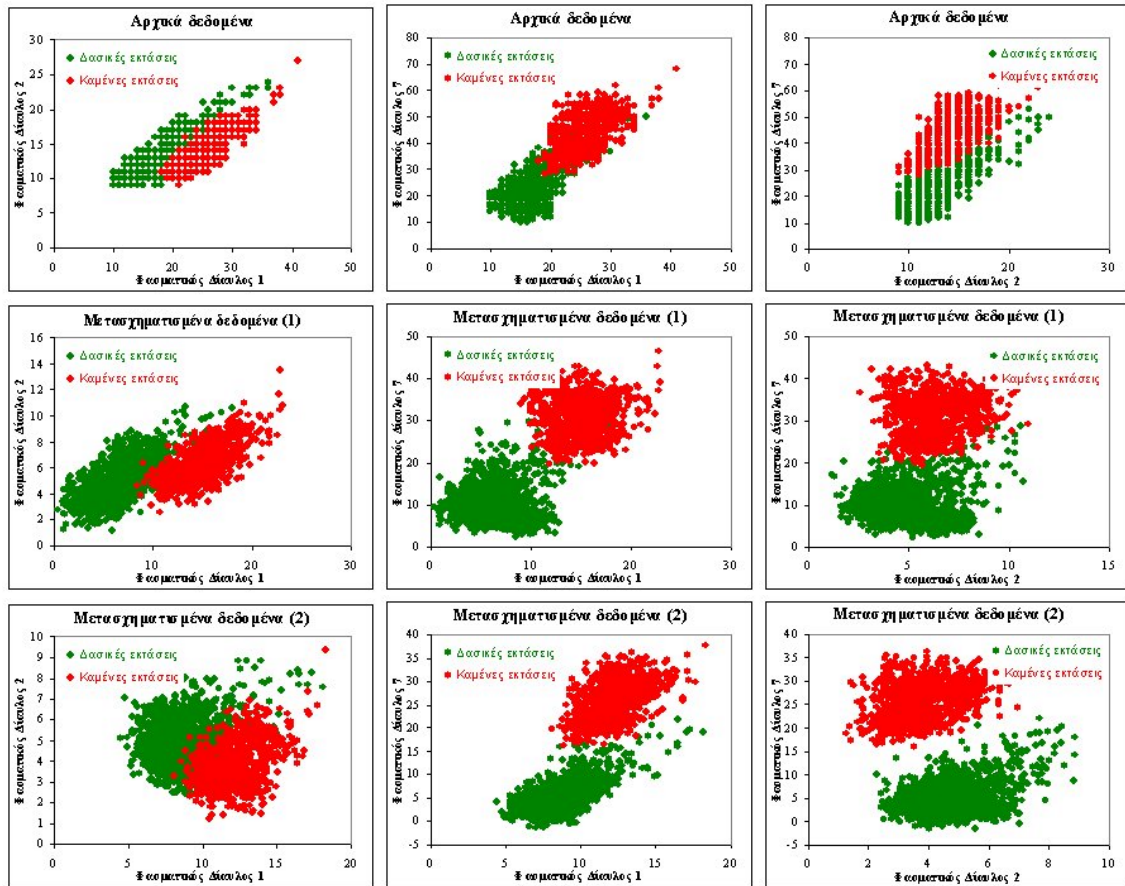
**Image 4.** The channels of the transformed satellite data (1) after the application of the forward-backward PCA. It is obvious that the spectral signal of burned surfaces has been enhanced especially in the TM4.

#### **4.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ**

Για την αξιολόγηση της διακριτότητας μεταξύ των κατηγοριών δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα διασποράς μεταξύ των καμένων εκτάσεων και της βλάστησης σε όλους τους συνδυασμούς των φασματικών διαύλων ανά δύο. Συνολικά, για την κάλυψη όλων των πιθανών συνδυασμών απαιτούνται 13 διαγράμματα.

Καταρχήν μεταξύ των κατηγοριών κάλυψης γης, οι περιοχές που καλύπτονται με βλάστηση παρουσιάζουν τη μικρότερη διακριτικότητα σε σχέση με τις καμένες εκτάσεις, γεγονός που συμπεραίνεται και από τις τιμές διακριτότητας (έχουν εκτιμηθεί οι δείκτες διακριτότητας Transformed Divergence και Jefferies-Matusita) και από τα γραφήματα διασποράς (Σχήμα 1). Οι καμένες και δασικές εκτάσεις συνιστούν ένα ευδιάκριτο φασματικό χαρακτηριστικό μόνο στις περιπτώσεις όπου στο συνδυασμό συμπεριλαμβάνεται ο φασματικός δίαυλος TM4 καθώς και στο συνδυασμό TM5-TM7. Σε όλους τους υπόλοιπους συνδυασμούς φασματικών διαύλων οι καμένες και δασικές εκτάσεις δε συνιστούν ιδιαίτερα ευδιάκριτα χαρακτηριστικά.

Στα μετασχηματισμένα δεδομένα (1) και (2) (που προκύπτουν από την αντιστροφή της πρώτης κύριας συνιστώσας (1) και της πρώτης και δεύτερης κύριας συνιστώσας (2) αντίστοιχα) οι καμένες και δασικές εκτάσεις αποτελούν ευδιάκριτο χαρακτηριστικό σε όλους τους συνδυασμούς στους οποίους συμπεριλαμβάνεται εκτός από τον φασματικό δίαυλο TM4 και ο δίαυλος TM7. Επίσης, η διακριτότητα των δυο αυτών κατηγοριών ενισχύεται στους περισσότερους διαύλους συγκριτικά με τα αρχικά δεδομένα. Στα διαγράμματα διασποράς φαίνεται και μείωση του βαθμού συσχέτισης μεταξύ των κατηγοριών.



**Σχήμα 1.** Διαγράμματα διασποράς των καμένων εκτάσεων συγκριτικά με τις δασικές εκτάσεις σε επιλεγμένους συνδυασμούς των φασματικών διαύλων των αρχικών δορυφορικών δεδομένων (πάνω σειρά), στα μετασχηματισμένα δεδομένα 1 (μεσαία σειρά), και στα μετασχηματισμένα δεδομένα 2 (κάτω σειρά).

**Figure 1.** Scatter plots of burned surfaces and forests in selected bispectral combinations of the spectral channels in the original satellite data (above), in the transformed data 1 (middle) and in the transformed data 2 (below).

Διαγράμματα διασποράς δημιουργήθηκαν επίσης μεταξύ των κατηγοριών α) καμένες εκτάσεις-αραιή βλάστηση, β) καμένων εκτάσεων σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, γ) καμένες εκτάσεις-σκιές σύννεφων και δ) καμένες εκτάσεις-αστικές περιοχές για τα αρχικά δεδομένα και τα μετασχηματισμένα δεδομένα (1) και (2) και για όλους τους συνδυασμούς φασματικών διαύλων, αλλά παρουσιάζεται μόνο ένα μέρος από αυτά. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, οι κατηγορίες συνιστούν ευδιάκριτα χαρακτηριστικά τόσο στα αρχικά δεδομένα όσο και στα μετασχηματισμένα.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από την αξιολόγηση των διαγραμμάτων διασποράς είναι ότι η ενίσχυση της φασματικής διακριτότητας παρουσιάζεται έντονα στην περίπτωση της βλάστησης, αποτέλεσμα που συμφωνεί και με τους δείκτες διακριτότητας.

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο μετασχηματισμός κυρίων συνιστωσών εφαρμόστηκε με επιτυχία στα δορυφορικά δεδομένα του Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT για την ενίσχυση της φασματικής διακριτότητας των καμένων εκτάσεων. Η φασματική αυτή ενίσχυση προέκυψε από την επιλεκτική απομάκρυνση της φασματικής πληροφορίας από τα αρχικά δορυφορικά δεδομένα. Για τις κατηγορίες που χαρακτηρίζουν την περιοχή της δορυφορικής εικόνας απομακρύνεται ένα μεγαλύτερο ποσοστό της φασματικής πληροφορίας ενώ για τις καμένες εκτάσεις απομακρύνεται ένα μικρότερο ποσοστό.

Εκτός από τη μείωση του πολυφασματικού χώρου, η οποία μεταφράζεται σε μείωση του όγκου των δεδομένων, καθώς και την αύξηση της πληροφορίας που εμπεριέχεται σε ένα χώρο 3 διαστάσεων (όσων δηλαδή και των χρωματικών επιπέδων που απαιτούνται για τη δημιουργία των έγχρωμων εικόνων σε οθόνη ή χάρτη), ένα άλλο πλεονέκτημα του μετασχηματισμού είναι η μείωση του βαθμού συσχέτισης μεταξύ των

φασματικών διαύλων, η οποία συνεπάγεται με ελαχιστοποίηση σφαλμάτων που προκύπτουν εξαιτίας της υψηλής συσχέτισης των μεταβλητών.

Αύξηση της διακριτότητας παρατηρείται μεταξύ των καμένων εκτάσεων και των κατηγοριών βλάστησης, ιδιαίτερα στους διαύλους TM4 και TM7, όπου οι δείκτες διακριτότητας αυξάνονται στα μετασχηματισμένα δεδομένα σε σχέση με τα αρχικά δεδομένα. Πιθανή εξήγηση για τη συμπεριφορά αυτή είναι ότι η επιλεκτική απομάκρυνση της φασματικής πληροφορίας από τα αρχικά δορυφορικά δεδομένα γίνεται με έμφαση στην κατηγορία βλάστηση.

Η εμπρόσθια-αντίστροφη ανάλυση κυρίων συνιστωσών δημιουργεί ένα νέο φασματικό χώρο, ο οποίος διατηρεί τα φασματικά πρότυπα των διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης συγκριτικά με τα αρχικά δεδομένα. Συνεπώς, προβλήματα που προκύπτουν από την ασυμβατότητα του φασματικού χώρου μεταξύ αρχικών και μετασχηματισμένων δεδομένων ελαχιστοποιούνται.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Anuta, P. E., Bartolucci, L. A., Dean, M. E., Lozano, D. F., Malaret, E., McGILLEM, C. D., Valdez, J. A. and Valenzuela, C. R., 1984, LANDSAT-4 MSS and Thematic Mapper data quality and information content analysis. *I.E.E.E Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22, 222-236.
- [2] Caetano, OE, LAK Mertes, JMC Pereira. 1994. Using spectral mixture analysis for fire severity mapping. In: 2nd International Conference of Forest Fire Research vol II, c.14 Coimbra, Portugal pp 667-677
- [3] Chuvieco, E, RG Congalton. 1988. Using cluster analysis to improve the selection of training statistics in classifying remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(9):1275-1281.
- [4] Fung, T. and LeDrew, E., 1987, Application of principal components analysis to change detection. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 53, 1649-1658.
- [5] Gillespie, A. R., 1980, Digital techniques of image enhancement. In *Remote Sensing in Geology*, edited by B. S. Siegal and A. R. Gillespie (New York: Wiley), pp. 139-226.
- [6] Karteris, M. 1995. Burned land mapping and post-fire effects. In: Chuvieco E. ed. *Remote Sensing and GIS applications to forest fire management*. Universidad de Alcala de Henares, Spain, pp 35-44.
- [7] Koutsias, N, M Karteris, A Fernadez-Palacios, C Navarro, J Jurado, R Navarro, A Lobo. 1999. Burned Land Mapping at Local Scale. In E. Chuvieco. ed.). *Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean Basin*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 157-187.
- [8] Κούτσιας, Ν. 2001. Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στη Φασματική Αξιολόγηση και Χαρτογράφηση των Καμένων Εκτάσεων στα Μεσογειακά Οικοσυστήματα. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 208 σελ.
- [9] Milne, AK. 1986. The use of remote sensing in mapping and monitoring vegetational change associated with bushfire events in Eastern Australia. *Geocarto International*, 1:25-35.
- [10] Pereira, JMC, E Chuvieco, A Beaudoin, N Desbois. 1997. Remote sensing of burned areas, A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires. E. Chuvieco, editor), University of Alcala, Alcala de Henares, Spain, pp. 127-183.
- [11] Richards, JA. 1984. Thematic mapping from multitemporal image data using the principal components transformation. *Remote Sensing of Environment*, 16: 35-46
- [12] Siljeström, P, A Moreno. 1995. Monitoring burnt areas by principal components analysis of multitemporal TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 16(9):1577-1587
- [13] Singh, A. and Harrison, A., 1985, Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 883-896.
- [14] Townshend, J. R. G., Goff, T. E. and Tucker, C. J., 1985, Multitemporal dimensionality of images of Normalised Difference Vegetation Index at continental scales. *I.E.E.E Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-23, 888-895.