

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ - ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΟΣ<sup>1</sup>**

**ΣΤΕΦΟΥΛΗ ΜΑΡΙΑΝΘΗ<sup>2</sup>, ΓΕΟΜΠΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ<sup>2</sup>**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στο παράδειγμα της λεκάνης της λίμνης Βεγορίτιδος, αναλύονται δορυφορικές εικόνες διαφορετικών χρονολογιών και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τη χρήση τεχνικών ΓΠΣ. Εξειδικευμένες τεχνικές επεξεργασίας εικόνας εφαρμόστηκαν στις δορυφορικές εικόνες της ευρύτερης περιοχής, για τη ταυτόχρονη συσχέτιση των εικόνων διαφορετικής χρονικής ή χωρικής διακριτικής ικανότητας, την εφαρμογή τεχνικών ταξινόμησης καθώς και τον αυτόματο προσδιορισμό των αλλαγών στη ψηφιακή βάση δεδομένων του συστήματος. Έτσι δίνεται η δυνατότητα της τεκμηρίωσης και ενημέρωσης βασικών μορφοτεκτονικών στοιχείων μιας περιοχής, ενώ παράλληλα δίδεται και η δυνατότητα συστηματικής διαχρονικής παρακολούθησής τους.

**ABSTRACT**

The use of Landsat and SPOT images in geomorphologic / geologic mapping is well established. However, there is a continuous improvement of the specifications of satellite systems and thus an improvement of the data quality of the image data that are provided to the end user. Landsat 7 data have been available to the scientific community since summer 1999. The aim of the work has been to evaluate the applicability of the use of digital multi-temporal Landsat 5 / 7 images & SPOT Panchromatic data for the mapping of local scale geological features and monitoring changes of land cover. Image processing techniques have been applied to remotely sensed data for:

- Application of both image processing / GIS vector data techniques.
- Image integration / creation of data fusion image products.
- Classification of data using unsupervised neural network techniques
- Automatic raster combination of the classification results for the identification of the areal extent of changes in conditions of land cover through time and final map updating. The TNTmips software package has been used for the application of the various processing techniques.

Selected part of the Vermio area (Vegoritida lake) has been used as a pilot project area of study. The contribution of the remotely sensed data to the geologic / geomorphologic mapping and identification of land cover changes through time of the pilot project area is indicated with the processed satellite imagery. Generally, the use of the remotely sensed images in map updating to scales up to 1:25,000 lies in the fact, that various geologic and mainly structural features can be mapped quickly for large areas while any temporal changes in land cover can be identified and evaluated. Landsat 7 data seem to be the most cost-effective solution for the map updating procedure. The cost to processing functions is well justifiable to a geologic / geomorphologic map updating procedure.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Τηλεπισκόπηση, ΓΠΣ, Γεωμορφολογία, Μορφοτεκτονική, Δ. Μακεδονία, Λίμνη Βεγορίτιδος,

**KEY WORDS:** Remote Sensing, GIS, Geomorphology, Morph-tectonic parameters, W.Macedonia GR, Vegoritida Lake

<sup>1</sup>:SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF MORPH-TECTONIC PARAMETERS USING INTEGRATED IMAGE PROCESSING / GIS TECHNIQUES - PILOT PROJECT OF VEGORITIDA LAKE AREA.

<sup>2</sup>:.Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Μεσογείων 70, 11527 Αθήνα, τηλ.: 0107798412-17

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι γεωλογικές εφαρμογές της τηλεπισκόπησης βασίζονται στη δυνατότητα καταγραφής διαφοροποιήσεων του επιφανειακού ανάγλυφου ή στη δυνατότητα αναγνώρισης διαφοροποιήσεων της επιφανειακής κάλυψης. Πολλές φορές ακόμα, χαρακτηριστική είναι και η φασματική απόκριση των διάφορων συστατικών του εδάφους ή των υδάτινων επιφανειών στην υπέρυθη / θερμική περιοχή του φάσματος. Έτσι με μεθόδους τηλεπισκόπησης μπορούν να ληφθούν σημαντικές πληροφορίες που μπορεί να χρησιμοποιηθούν στη χαρτογράφηση γεωλογικών ενοτήτων και τεκτονικών στοιχείων. Σήμερα, η αναθεώρηση των γεωλογικών χαρτών μικρής έως μέσης κλίμακας, γίνεται με χρήση τεχνικών τηλεπισκόπησης. Βασική προϋπόθεση γι' αυτό, αποτελεί η δυνατότητα εφαρμογής τόσο των τεχνικών επεξεργασίας εικόνας, όσο και των διανυσματικών τεχνικών των ΓΣΠ σε ενιαίο περιβάλλον λογισμικού, με δυνατότητα ανάπτυξης βιβλιοθηκών συμβόλων που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα στην απόδοση τόσο του αποτελέσματος της ερμηνείας των δορυφορικών εικόνων, όσο και των γεωλογικών χαρτών.

Σαν πιλοτική περιοχή μελέτης (Σχήμα 1) έχει χρησιμοποιηθεί τμήμα του Δυτικού Βερμίου και ειδικότερα η λίμνη της Βεγορίτιδας. Η περιοχή αποτελείται από σχηματισμούς που έχουν αποθεθεί στο Ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής ζώνης και στο Δυτικό όριο της Ζώνης Αλμωπίας, (Brunn, 1982; Photiades et. al., 1998). Σημαντικές αυξομειώσεις της στάθμης της λίμνης έχουν παρατηρηθεί για τη περίοδο 1957-1992, (Βαβλιάκης Ε., et.al., 1993). Είναι ενδεικτική η ανάγκη συνεχούς παρατήρησης όχι μόνο των αλλαγών της στάθμης της λίμνης, αλλά και της κάλυψης / χρήσης γης, με τη χρήση οικονομικών μεθόδων ανάλυσης.



**Σχήμα 1:** Πιλοτική περιοχή μελέτης

**Fig. 1:** Pilot project study area

## 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

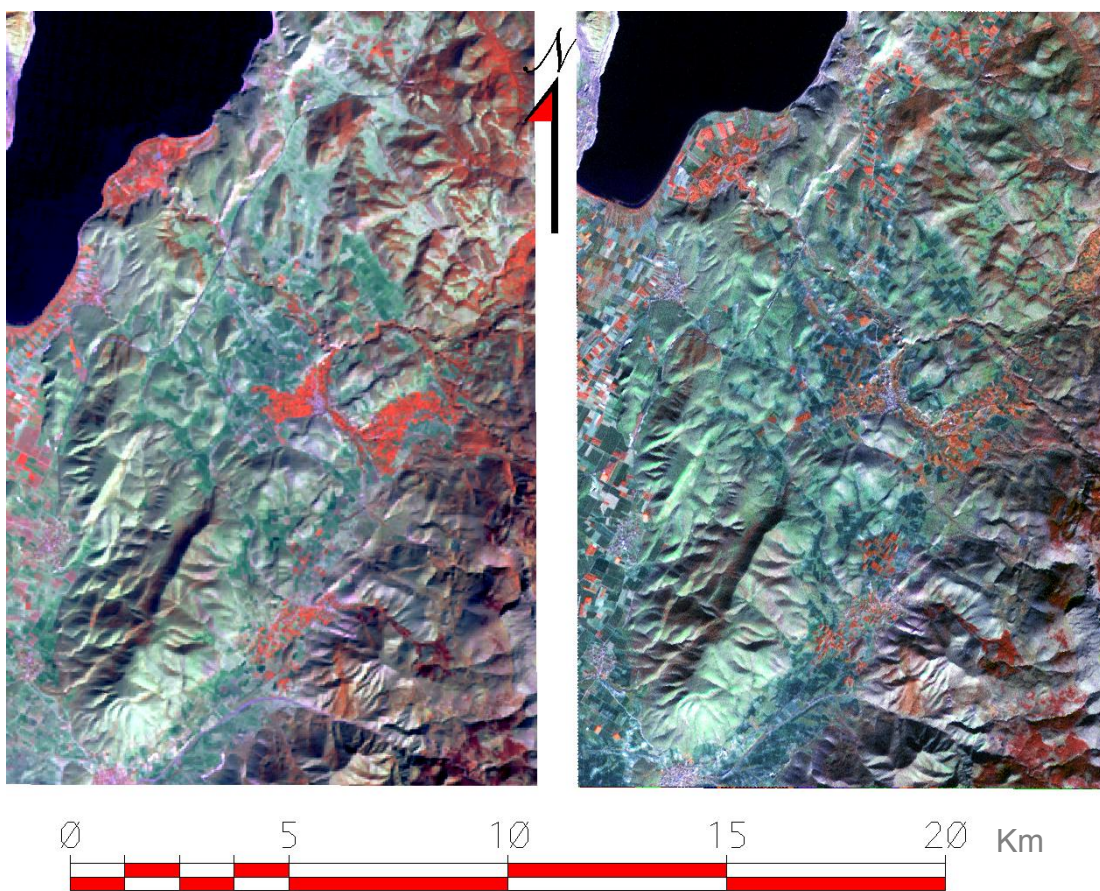
Χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακές δορυφορικές εικόνες του Landsat 7 TM δορυφορικού συστήματος, το οποίο αποτελεί το πλέον σύγχρονο σύστημα της σειράς αυτής των δορυφόρων, με ημερομηνία εκτόξευσης τον Απρίλιο του 1999. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ημερομηνίες λήψης Νοέμβριο του 1999 για τον Landsat 7 και Οκτώβριο 1986 για τον Landsat 5. Ακόμα χρησιμοποιήθηκε και μια παγχρωματική εικόνα του Γαλλικού δορυφόρου SPOT, λήψης Ιουλίου 1996.

Τα αποτελέσματα της ερμηνείας έχουν συνδυαστεί με ψηφιακά χαρτογραφικά στοιχεία στο πλαίσιο ενός ενιαίου συστήματος λογισμικού. Εκτός της δορυφορικής

εικόνας, οι άλλοι τύποι πληροφορίας οι οποίοι είναι συνήθως απαραίτητοι για την συνεπεξεργασία, είναι τα στοιχεία που αφορούν το τοπογραφικό υπόβαθρο, στοιχεία από μετρήσεις και παρατηρήσεις στην ύπαιθρο και στοιχεία διαφόρων καταγραφών. Η ανάλυση έγινε σε διάφορα στάδια και περιελάμβανε, την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων, την φασματική ανάλυσή τους, την δημιουργία ράστερ μωσαϊκών από τα δεδομένα των σαρωμένων χαρτών, την γεωμετρική διόρθωση των εικόνων, την γεωλογική και τεκτονική ερμηνεία τους και την στατιστική ανάλυση των γεωλογικών γραμμικών στοιχείων, η οποία ελέγχθηκε και συμπληρώθηκε μετά την συλλογή τεκτονικών μετρήσεων στο ύπαιθρο.

### 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Η χαρτογράφηση διαχρονικών διαφοροποιήσεων της κάλυψης γης από δορυφορικές εικόνες του συστήματος Landsat, είναι εφικτή εξ' αιτίας της επαναληπτικής κάλυψης της υδρογείου με εικόνες κατά τη τελευταία εικοσαετία περίπου. Για τη περιοχή μελέτης είναι ενδεικτικές διαφοροποιήσεις στη κάλυψη γης στο διάστημα 1986 -1999 (Σχήμα 2).



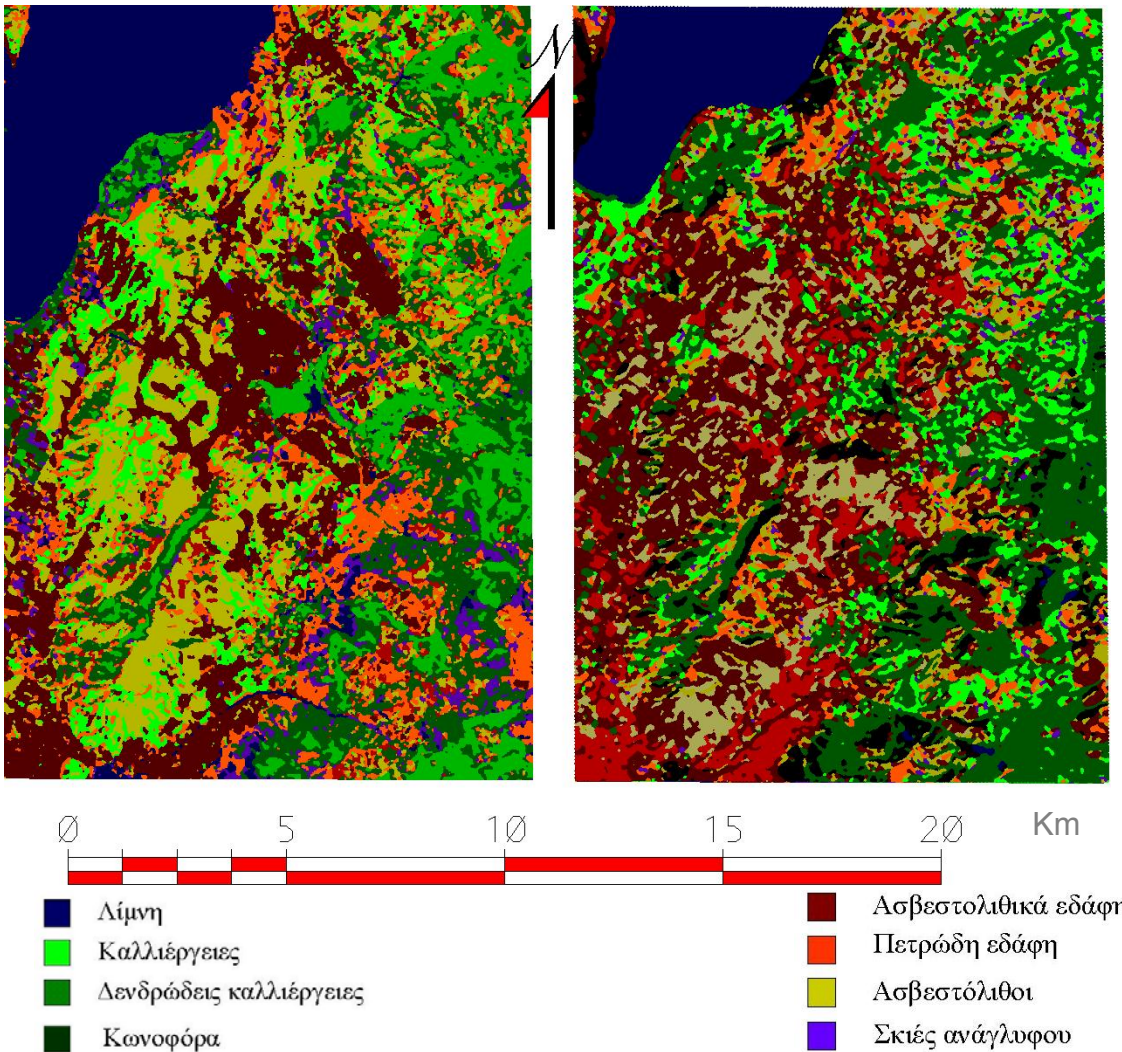
**Σχήμα 2:** Επεξεργασμένες εικόνες Landsat. Η αριστερή εικόνα είναι της λήψης του Οκτωβρίου 1986 και η δεξιά είναι λήψης του Νοεμβρίου του 1999. Έγχρωμη σύνθεση με συνδυασμό των φασματικών περιοχών 4,5,3 στο Κόκκινο, Πράσινο και Μπλε αντίστοιχα.

**Fig.2:** Landsat TM / ETM images. The acquisition date of the left image is October 1986, while that of the right is autumn, November 1999. Colour Composite RGB:4,5,3.

Οι διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στη κάλυψη γης μεταξύ των εικόνων με ημερομηνία λήψης 1986 / 1999 είναι ενδεικτικές για το είδος τους. Χαρακτηριστική ακόμα είναι η διαφοροποίηση της ακτογραμμής της λίμνης Βεγορίτιδος στο τμήμα της που περιλαμβάνονται στο όριο του Φύλλου «Πύργιοι». Η χαρτογράφηση της κάλυψης γης από τον ερμηνευτή είναι συνήθως χρονοβόρα, ενώ λαμβάνει υπόψη του πληροφορίες μόνο από τρεις περιοχές φάσματος ή τέσσερις στη περίπτωση των



δεδομένων μίξης. Η εφαρμογή τεχνικών ταξινόμησης λαμβάνει υπόψη όλες τις περιοχές φάσματος της ακτινοβολίας, ενώ τα αποτελέσματα είναι άμεσα, (Key et. al. 1989, Kanellopoulos et. al. 1994). Το νευρωνικό δίκτυο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εφαρμογή είναι το μη επιβλεπόμενο δίκτυο των αυτο-οργανούμενων χαρτών (Self-organizing maps - SOM), με ιεραρχικό μεγίστου - ελαχίστου αλγόριθμο ομαδοποίησης. Το αποτέλεσμα εφαρμογής της ταξινόμησης στα δεδομένα του επιλεγμένου τμήματος του φύλλου χάρτου «Πύργοι», δίδονται στο σχήμα 3.



**Σχήμα 3:** Αποτέλεσμα της ταξινόμησης στις δύο διαφορετικές ημερομηνίες λήψης, Οκτώβριος 1986 (αριστερή εικόνα) και Νοέμβριος του 1999. Η λίμνη έχει χαρτογραφηθεί με ακρίβεια και στις δύο περιπτώσεις. Η κάλυψη με βλάστηση απεικονίζεται με του πράσινους τόνους, ενώ τα σκούρα χρώματα αντιστοιχούν με τα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής ή με περιοχές που λόγω εποχής δεν έχουν κάποια κάλυψη με βλάστηση.

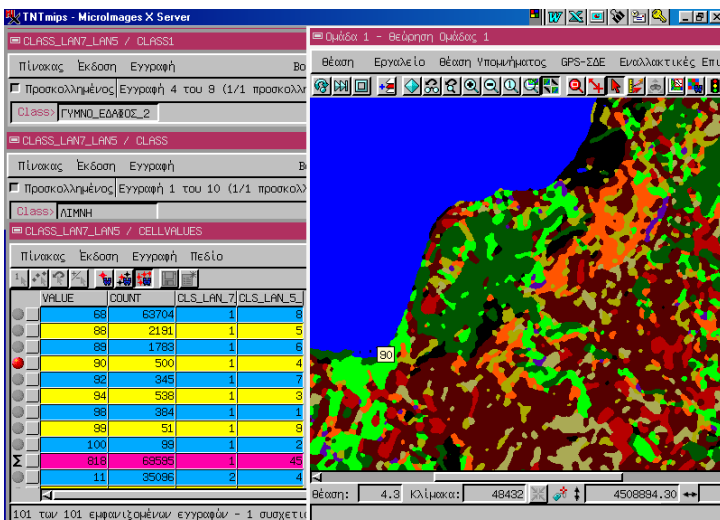
**Fig.3:** Classification results of the images with the two different dates of October 1986 (left image) and November 1999. The areal extent of the lake has been mapped accurately in both cases. Vegetation is shown with green colors, while dark colors correspond to the bare limestone mountains and / or bare ground.

#### 4. ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΡΑΣΤΕΡ

Ο αυτόματος συνδυασμός της ψηφιακής βάσης που συνοδεύει το αποτέλεσμα της ταξινόμησης δίδει τη δυνατότητα άμεσης πιστοποίησης των χαρτογραφημένων διαφοροποιήσεων της κάλυψης γης. Η διαδικασία αυτόματου συνδυασμού δύο ή περισσότερων δεδομένων ράστερ, έχει σχεδιαστεί για την διευκόλυνση της ανάλυσης

των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης ή της ανάλυσης ενός θεματικού ράστερ, στα οποία οι τιμές του προσδιορίζουν χωρικές τάξεις κάποιου τύπου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αναπαριστούν τις ίδιες παραμέτρους (Κάλυψη Γης) αλλά σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η επεξεργασία εξετάζει την ομάδα των τιμών του ράστερ εισόδου για κάθε θέση κυψελίδας, έπειτα αποδίδει κάθε μοναδική ομάδα τιμών σε κάθε μία διακριτή αυθαίρετη τιμή κυψελίδας στο νέο ράστερ των συνδυασμένων δεδομένων. Ένας προσκολλημένος πίνακας ΤΙΜΩΝ ΚΥΨΕΛΙΔΩΝ (CELL VALUES), δίδει τη λεπτομερή ανάλυση των πραγματικών συνδυασμών που διαθέτει μια εγγραφή για κάθε τιμή κυψελίδας, όπως και τον αριθμό των κυψελίδων που έχουν το συγκεκριμένο συνδυασμό. Αναλύοντας τον πίνακα αυτό, είναι δυνατό να προσδιοριστεί ο βαθμός συσχετισμού μεταξύ των διαφορετικών χωρικών συνθηκών ή να καθοριστεί η φύση και η έκταση των αλλαγών στις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες διαμέσου του χρόνου. Έτσι είναι δυνατό να αναλυθούν όλοι οι τύποι των ράστερ δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των έγχρωμων συνθέσεων και μιγαδικών ράστερ, αλλά η εφαρμογή είναι καλύτερη σε τύπους θεματικών ράστερ. Ακόμα δίδεται η εναλλακτική επιλογή να μεταφερθούν και άλλοι πίνακες ιδιοτήτων από τα ράστερ εισόδου στο συνδυασμένο ράστερ. Οι πίνακες αυτοί κρατούν την αρχική δομή τους και έχουν προσκολληθεί στις τιμές κυψελίδων του συνδυασμένου ράστερ με τις αντίστοιχες εγγραφές σύμφωνα με τις κατά περίπτωση ανάγκες. Η δυνατότητα αυτή, επιτρέπει το συνδυασμό με άλλες πληροφορίες από διαφορετικά ράστερ εισόδου. Επίσης δυνατή είναι και η επιλογή μεταφοράς της χρωματικής πληροφορίας για κάθε ράστερ εισόδου στο ράστερ συνδυασμού για τη διευκόλυνση της ερμηνείας. Για κάθε ράστερ εισόδου με χρωματική πληροφορία, η επεξεργασία δημιουργεί ένα αντίστοιχο υπο-αντικείμενο χρωματικής παλέτας για το ράστερ συνδυασμού (Kanellopoulos et. al., 1994, Key et. al., 1989). Έτσι γίνεται δυνατή η προβολή του ράστερ συνδυασμού με την αντίστοιχη παλέτα ενός από τα ράστερ εισόδου. Η δυνατότητα αυτή είναι εφικτή εφόσον ο αριθμός των τιμών των μοναδικών τιμών των συνδυασμών είναι μικρότερος από 65536, αφού αυτό είναι το τρέχον ανώτατο όριο για τον αριθμό των χρωμάτων σε μια παλέτα.

Το αποτέλεσμα του συνδυασμού των διαχρονικών ράστερ εικόνων που έχουν προκύψει από τη ταξινόμηση, συνοδεύεται από βάση δεδομένων. Οι τρεις συνοδευτικοί πίνακες αφορούν τους πίνακες που έχουν δημιουργηθεί από την απόδοση των τάξεων για τις εικόνες με τη διαφορετική ημερομηνία λήψης όπως και τον πίνακα που είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των δύο θεματικών ράστερ. Με την επιλογή οποιασδήποτε κυψελίδας γίνεται αυτόματα η ενημέρωση των συνοδευτικών πινάκων (Σχήμα 4).

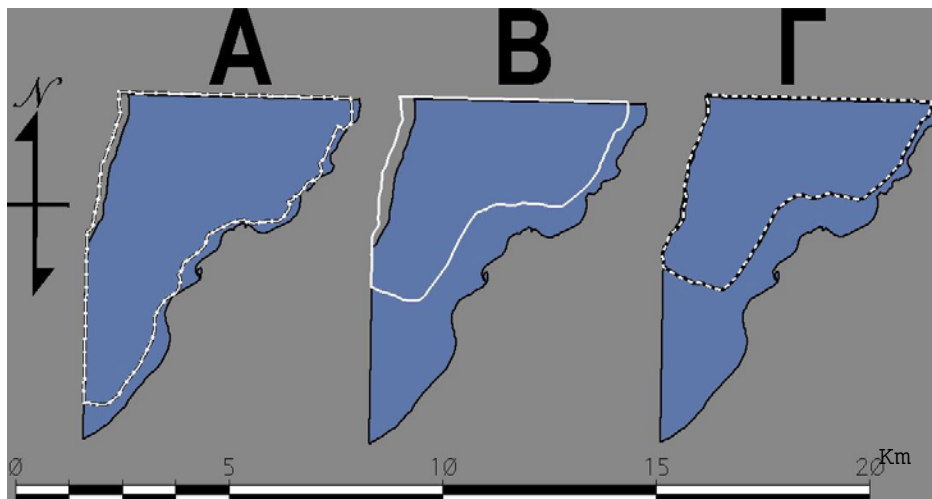
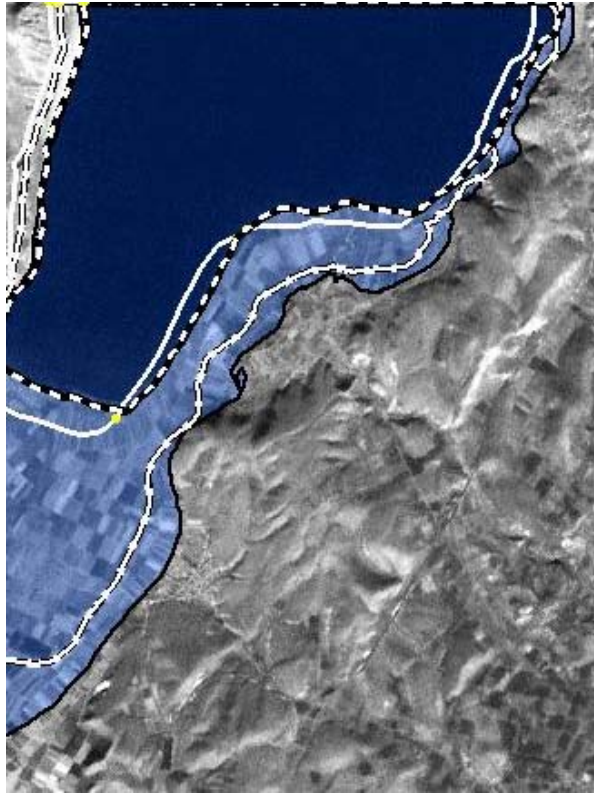


**Σχήμα 4:** Οι συνοδευτικοί πίνακες του αυτόματου συνδυασμού των θεματικών / διαχρονικών ράστερ.

**Fig. 4:** The accompanying tables of the raster image, showing the combinations of land cover, along with a count of the number of cells for each unique combination.

## 5. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΡΑΣΤΕΡ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ

Η ράστερ πληροφορία δεν είναι άμεσα αξιοποιήσιμη σ' ότι αφορά την αυτόματη ενημέρωση χαρτών που συνήθως είναι αρχειοθετημένη σαν διανυσματική πληροφορία. Το σύστημα καλύπτει την αυτόματη μετατροπή της ράστερ σε διανυσματική μορφή. Τα πεδία της βάσης δεδομένων ενημερώνονται αυτόματα κατά την μετατροπή του αποτελέσματος της ταξινόμησης σε διανυσματική μορφή χάρτη. Από το διανυσματικό αρχείο είναι δυνατό να επιλεγούν στοιχεία ενδιαφέροντος με επερώτηση στη βάση δεδομένων που στη προκειμένη περίπτωση αποτελούν οι ακτογραμμές της λίμνης Βεγορίτιδος (Σχήμα5).



**Σχήμα 5:** Συνδυασμός της διανυσματικής πληροφορίας που αφορά τμήμα της ακτογραμμής της λίμνης Βεγορίτιδος, όπως αυτή έχει προέλθει από τον τοπογραφικό χάρτη της ΓΥΣ και την εικόνα του 1986 (Α), τον τ.χ. της ΓΥΣ και την εικόνα του 1996 – SPOT (Β) και τον τ.χ. της ΓΥΣ και την εικόνα του LANDSAT 7 (Γ). Τα ίδια στοιχεία των ακτών έχουν σχεδιαστεί σε επικάλυψη, με υπόβαθρο την δορυφορική εικόνα, (επάνω τμήμα του σχήματος 5).



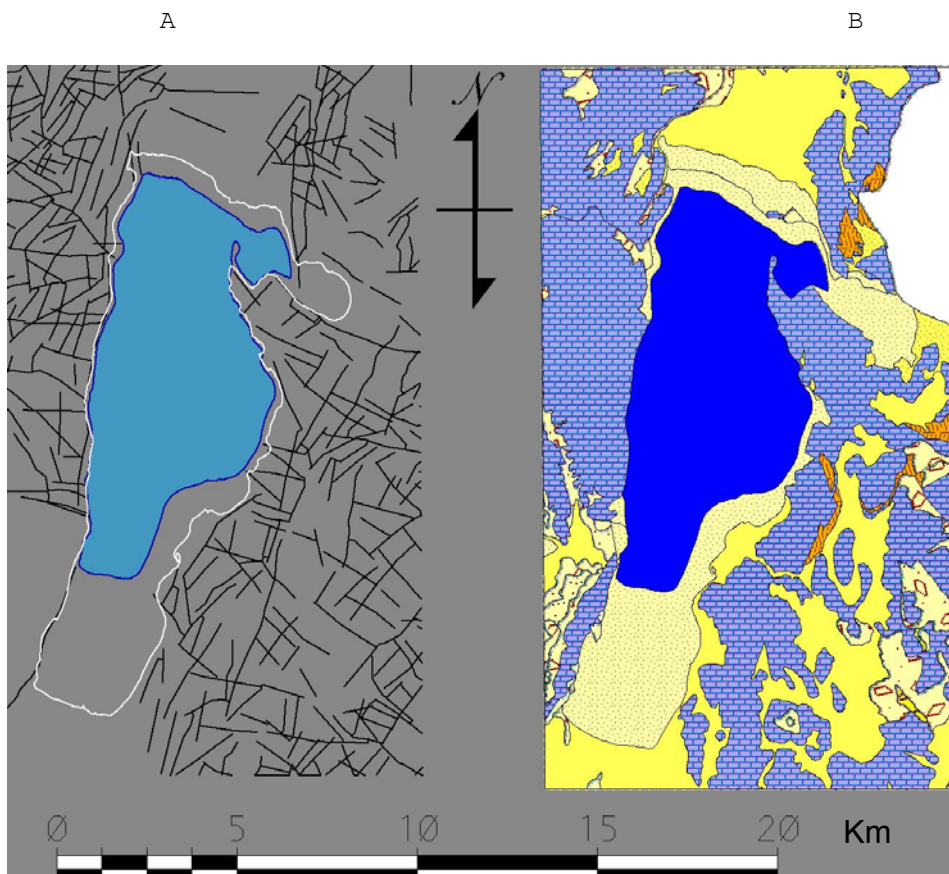
**Fig.5:** Combination of vector data concerning part of the Vegoritida lake coastline, as these have been obtained from the topographic map of Geographical Service Army, the 1986 image (A), the 1996 SPOT image, and finally the 1999 LANDSAT 7 image (Upper part of the image).

## 6. Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η παράλληλη επεξεργασία των στοιχείων της δορυφορικής εικόνας με τα διάφορα γεωλογικά στοιχεία χαρτών είναι σημαντική ως προς την απόκτηση αξιόπιστων στοιχείων, διευκόλυνση της ερμηνείας και τελική ενημέρωση των στοιχείων ενός γεωλογικού χάρτη. Η ανάλυση, πρέπει να περιλαμβάνει τόσο τα σχεδιαστικά στοιχεία, όσο και τα ποιοτικά της βάσης δεδομένων. Η απεικόνιση με γεωλογικά σύμβολα διευκολύνει την ποιοτική ερμηνεία των στοιχείων του χάρτη. Η αποθήκευση των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε επιχειρησιακή βάση δεδομένων, διευκολύνει την κάθε επακόλουθη ανάλυση, όπως και την επιβολή συνδυαστικών επερωτήσεων.

Για την αναγνώριση και χαρτογράφηση των ορίων των γεωλογικών και τεκτονικών σχηματισμών που αποκαλύπτονται στην περιοχή έρευνας και αναγνωρίζονται στη δορυφορική εικόνα, κατασκευάστηκε ένα μωσαϊκό από τους δημοσιευμένους χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000, της περιοχής αυτής. (Ματαράγκας Δ. 1981, Κούκουζας Κ. 1990, Mercier et.al. 1985)

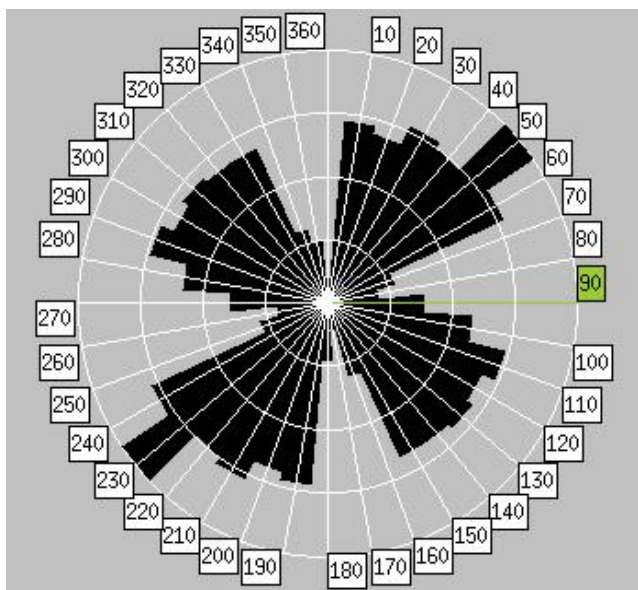
Τα αποτελέσματα της ερμηνείας της εικόνας αντιπαραβλήθηκαν με τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη 1:50.000 της περιοχής και συνδυάστηκαν με τεκτονικά στοιχεία που συλλέχθηκαν στην ύπαιθρο. Οι κύριες διευθύνσεις των τεκτονικών ασυνεχειών που διέπουν την περιοχή είναι 50° και 130° μοίρες (Σχήμα 7).



**Σχήμα 6:** (A) Αποτέλεσμα ερμηνείας των τεκτονικών στοιχείων της δορυφορικής εικόνας τα οποία έχουν σχεδιαστεί με μαύρες γραμμές (A) και των λιθολογικών στοιχείων του 1:50000 αναθεωρημένου γεωλογικού χάρτη (B).

**Fig. 6:** Result of the interpretation of structural / geological features of satellite imagery (black lines - A) and the lithological boundaries (B) in 1:50,000 scale.

Στην περιοχή αυτή, έχουν αναλυθεί στοιχεία του γεωλογικού χάρτη σε συνδυασμό με διαφορετικής διακριτικής ικανότητας και τύπου δορυφορικές εικόνες. Η συνδυαστική μελέτη όλων αυτών των στοιχείων υλοποιήθηκε γρήγορα και απρόσκοπτα στο διαθέσιμο πακέτο λογισμικού TNTmips. Αποδεικνύεται λοιπόν ότι η χρήση των δορυφορικών εικόνων μπορεί να βοηθήσει στην ενημέρωση των γεωλογικών χαρτών και όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, ο αριθμός των τεκτονικών στοιχείων που έχουν χαρτογραφηθεί στη εικόνα είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτόν των γεωλογικών χαρτών κλίμακας 1:50,000. Από την ερμηνεία έχουν παραχθεί δύο χάρτες που αντιστοιχούν : Α. Τα γεωλογικά γραμμικά στοιχεία της εικόνας. Β. Τα αναθεωρημένα όρια του 1:50.000 γεωλογικού χάρτη (Σχήμα 6).



**Σχήμα 7:** Χάρτης των μεγάλων ρηξιγενών δομών της περιοχής μελέτης και απόδοση σε μορφή ροδοδιαγράμματος. Οι κύριες διευθύνσεις είναι αυτές των 50° και 130° μοιρών.

**Fig.7:** Rose diagram of the structural features of the map of Figure 6A. The main directions are those of 50° and 130° degrees respectively.

## 7. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα ίχνη των τεκτονικών στοιχείων έχουν χαρτογραφηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια στις δορυφορικές εικόνες από ότι στους κλίμακας 1:50,000 γεωλογικούς χάρτες. Το κλάσμα του αριθμού των στοιχείων που έχουν χαρτογραφηθεί στις εικόνες ως προς τους χάρτες είναι 4 προς 1 αντίστοιχα. Αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η πληροφορία των δορυφορικών εικόνων αυτής της διακριτικής ικανότητας, μπορεί να συμβάλει σε ενημέρωση χαρτών σε κλίμακες έως 1 : 25,000. Οποσδήποτε, απαραίτητη είναι η επιβεβαίωση όλων των στοιχείων στο ύπαιθρο. Χαρακτηριστικά που συνδέονται με επιφανειακές διαφοροποιήσεις της σύστασης του εδάφους ή των υδάτινων επιφανειών μπορούν επίσης να χαρτογραφηθούν στις δορυφορικές εικόνες. Ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων της ερμηνείας με τα ψηφιακά διανυσματικά στοιχεία, δίνει την δυνατότητα ενημέρωσης παλαιότερων χαρτών. Η επαναληπτική εφαρμογή των συμβόλων δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας εξειδικευμένων χαρτογραφικών προϊόντων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην απόδοση διανυσματικής γεωλογικής πληροφορίας που προέρχεται είτε από την ερμηνεία των δεδομένων της τηλεπισκόπησης είτε από ψηφιοποιήσεις χαρτών ή από στοιχεία υπαίθρου.

Η χρήση του συστήματος TNTmips φαίνεται να έχει μία πολύ καλή εφαρμογή στην ψηφιακή αναπαράσταση των γεωλογικών / θεματικών χαρτών, στην συνδυαστική ανάλυση τους με τα δεδομένα της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, όπως και στην τελική χαρτογραφική απόδοση τους, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εταιρείες, ερευνητικά ινστιτούτα, πανεπιστήμια και διάφορους οργανισμούς για την υποστήριξη εργασιών ενημέρωσης χαρτών και χαρτογραφικής παραγωγής.



Βασική προϋπόθεση για μία ολοκληρωμένη εφαρμογή στο πεδίο της γεωλογικής - περιβαλλοντικής έρευνας είναι:

\* ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.

\* ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΣΠ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ.

Με την αποστολή των νέων δορυφορικών συστημάτων οι ακρίβειες όσον αφορά τις κλίμακες, μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά και να φθάσουν στο επίπεδο της εφαρμοσμένης έρευνας σε κλίμακες 1 :5,000 ή μεγαλύτερες. Ο χρόνος που απαιτείται για την οριοθέτηση της γενικής γεωλογικής δομής της περιοχής μελέτης και τον εντοπισμό θέσεων λιθολογικών διαφοροποιήσεων, τον συνδυασμό με άλλα στοιχεία και την τελική ενημέρωση των χαρτών είναι ελάχιστος σε σχέση με αυτόν που απαιτείται με τη εφαρμογή κλασικών μεθόδων ανάλυσης ή ακόμη και μετά την χρήση δύο (ή περισσότερων) διαφορετικών πακέτων ψηφιακής ανάλυσης για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών.

## **8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Brunn J.H. 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο «ΠΥΡΓΟΙ», Κλίμακα 1:50000, Έκδοση ΙΓΜΕ, 1982.
- [2] Βαβλιάκης Ε., Αλμπανάκης Κ., Αντωνοπούλου Ε., Γεραμιάν Α., 1993. Ανθρωπογενείς επιδράσεις στη εξέλιξη της λίμνης της Βεγορίτιδας. 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο 1993 σελ. 275-289.
- [3] Kanellopoulos I, Wilkinson G. G. and Chiuderi A., 1994. "Land cover mapping using combined Landsat TM imagery and textural features from ERS-1 Synthetic Aperture Radar Imagery", Image and Signal Processing for Remote Sensing, Jaccky Desachy, Proc. SPIE 2315, pp. 332-341.
- [4] Key J., Maslanic A., and Schweiger A. J., 1989. "Classification of merged AVHRR and SMMR arctic data with neural network", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 55, no.9, pp. 1331-1338.
- [5] Κούκουζας Κ. 1999, Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο «ΠΤΟΛΕΜΑΪΣ», Κλίμακα 1:50000, Έκδοση ΙΓΜΕ, 1999.
- [6] Ματαράγκας Δ. 1981 Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο «ΒΕΥΗ», Κλίμακα 1:50000, Έκδοση ΙΓΜΕ, 1981.
- [7] Mercier et.al. 1985 Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο «ΑΡΝΙΣΣΑ», Κλίμακα 1:50000, Έκδοση ΙΓΜΕ, 1982.
- [8] Photiades A., Skourtsis - Coroneou V, Grigoris P, 1998. The stratigraphic and paleogeographic evolution of the Eastern Pelagonian margin during the late Jurassic-Cretaceous interval. (Western Vermion Mountain - western Macedonia, Greece). Bulletin of the Geological Society of Greece Vol. XXXII/1, pp 71-77, 1998 (Proceedings of the 8th International Congress, Patras, May 1998).