

## ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ\*

Μ. ΣΤΕΦΟΥΑΗ<sup>1</sup>

### ΣΥΝΟΨΗ

Αντιζημενικός στόχος της εργασίας είναι η αξιολόγηση της συμβολής επιχειρησιακών δορυφορικών συστημάτων, μετά από την εφαρμογή τεχνικών μίξης των δεδομένων τους, με σκοπό την ερμηνεία των γεωλογικών χαρακτηρισιστικών του εδάφους και κατ'επέκταση την ανάπτυξη συστήματος ενημέρωσης των γεωλογικών χαρτών. Τεχνικές επεξεργασίας εικόνων έχουν εφαρμοσθεί στις δορυφορικές εικόνες για τη γεωμετρική διόρθωσή τους, τη μείωση του όγκου της πληροφορίας που περιέχεται στην αναλλώμενη περιοχή του φάσματος, την ταυτόχρονη συσχέτιση των διαφορετικής διακριτικής ικανότητας εικόνων, όπως και την εφαρμογή τεχνικών ταξινομήσης. Το αποτέλεσμα της μελέτης δείχνει ότι τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ενημέρωση γεωλογικών χαρτών κλίμακας έως 1:25,000.

### ABSTRACT

The use of Landsat and SPOT images in 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 Landsat 7 & SPOT Panchromatic data combined with multispectral images (Fusion data) for the mapping of local scale geological features using advanced image processing techniques.

Image processing techniques have been applied to remotely sensed data for:

- ◆ Removal of artifacts related to atmosphere.
- ◆ Rectification of the images.
- ◆ Reduction of the high inter-band correlation inherent to the reflected part of the spectrum through the decorrelation stretching of bands.
- ◆ Interpolation and co-registration of all data sets.
- ◆ Image integration / creation of data fusion image products.

Remotely sensed imagery has been interpreted in terms of geologic structures, and lithology for a test area of study in Vermio (Pirgoi topographic sheet) so as to achieve the evaluation results. The interpretations have been verified with the 1:50,000 & 1:25,000 scale geologic maps. The system proved to be effective in:

- ◆ Covering the need for system development, concerning the image processing and GIS tasks.
- ◆ Providing flexible image processing facilities to enhance relevant image features.
- ◆ Providing tools for image registration, geometric corrections.
- ◆ Allowing information from different sources to be combined. The production of the data fusion data is fully automated.
- ◆ Applying both raster and vector techniques, along with the application of modelling techniques.

The contribution of the remotely sensed data to the geologic and structural mapping of the pilot project area is indicated with the processed satellite imagery. Geologic features have been mapped on the satellite imagery. More structural features are depicted on the satellite images than the general scale geologic maps.

Fusion data can contribute to the geologic map updating. Generally, the use of the remotely sensed images in geologic 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. The time that is needed to delineate the general structure of the area and to mark lithological features is a very short one, relatively to that needed for the construction of a geological map. Landsat 7 data seem to be the most cost-effective solution for geologic map updating. The cost to processing functions is well justifiable to a geologic map updating procedure.

\* GEOLOGIC MAP UPDATING USING HIGH RESOLUTION IMAGES OF THE MOST RECENT SATELLITE SYSTEMS  
1. Ινστιτούτο Γεωλογιών και Μεταλλευτικής Ερευνας, Εθνικό Μετσώβειο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Τηλεπισκόπηση, δορυφορικές εικόνες Landsat 5 / 7 & SPOT, επεξεργασία εικόνων, ψηφιακή μίξη εικόνων, ερμηνεία, ενημέρωση γεωλογικών χαρτών.

**KEY WORDS:** Remote Sensing, Landsat 5 / 7 & SPOT satellite images, data fusion, image interpretation, geologic map updating.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τηλεπισκόπηση δίδει σημαντική πληροφορία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ενημέρωση των γεωλογικών χαρτών. Έχει καθιερωθεί η χρήση των Landsat και SPOT εικόνων σε θέματα γεωλογικών χαρτογραφίσεων. Επίσης σε διάφορες εφαρμογές γίνεται χρήση της εφαρμογής των τεχνικών σύνθεσης και ταξινόμησης με νευρωνικά δίκτυα, (Kanelloropoulos et. al.,1994; Key et. al.,1989). Οποσδήποτε η ενημέρωση ενός γεωλογικού χάρτη είναι σύνθετη εργασία, και γι' αυτό δεν έχει γίνει η αξιολόγηση εξειδικευμένων τεχνικών επεξεργασίας, σε εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας για το γεωλογικό περιβάλλον της Ελλάδας. Γενικά, οι δυνατότητες της τηλεπισκόπησης στη γεωλογική έρευνα, δεν αξιοποιούνται πάντα σε όλο το εύρος των δυνατών εφαρμογών τους γιατί :

1. Οι επιλογές χρήσης τόσο των διαφορετικών τύπων δεδομένων των δορυφορικών συστημάτων / τεχνικών σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον, τις διάφορες εφαρμογές και το κόστος, είναι σύνθετες. Παράλληλα, έχει πραγματοποιηθεί η αποστολή νέων δορυφορικών συστημάτων με βελτιωμένες προδιαγραφές, όπως είναι μεταξύ άλλων και αυτή του Landsat 7.
2. Τα συστήματα επεξεργασίας εικόνων δεν είναι σχεδιασμένα για απ' ευθείας εφαρμογές στην έρευνα του γεωλογικού περιβάλλοντος.
3. Δεν υπάρχει πάντα η σωστή επικοινωνία μεταξύ των γεωλόγων και των τεχνικών επεξεργασίας εικόνων, ενώ απαιτείται παράλληλη χρήση τόσο τεχνικών επεξεργασίας εικόνων όσο και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, μ' ένα σχετικά υψηλό κόστος που δεν είναι πάντα διαθέσιμο.
4. Υπάρχουν προβλήματα με τη γεωμετρία των στοιχείων χαρτών / εικόνων, ενώ απαιτείται η εφαρμογή πολυάριθμων μετασχηματισμών τόσο των ράστερ όσο και των διανυσματικών στοιχείων των χαρτών / εικόνων.
5. Πρέπει να χρησιμοποιούνται γεωλογικά κριτήρια κατά τη διάρκεια της ερμηνείας των δορυφορικών εικόνων ή όταν γίνεται η συγχώνευση των θεματικών πολυγώνων, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα λάθη ερμηνείας μη επαρκών διαφοροποιήσεων και να επιτευχθεί η ενημέρωση των χαρτών.

Υποδεικνύεται η ανάγκη αξιολόγησης των διαθέσιμων δορυφορικών συστημάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ενημέρωση των γεωλογικών χαρτών. Αντιζημιενικός στόχος της εργασίας είναι η ανάπτυξη εφαρμογής που να καλύπτει την ψηφιακή ανάλυση των δορυφορικών εικόνων, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ενημέρωσης γεωλογικών χαρτών. Πιλοτική εφαρμογή μελέτης είναι περιοχή του Δυτικού Βορμιού και ειδικότερα ένα επιλεγμένο τμήμα του Γεωλογικού Φύλλου Πύργου. Η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα του Δυτικού Βορμιού και αποτελείται από σχηματισμούς που έχουν αποθεθεί στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής ζώνης και στο δυτικό όριο της Ζώνης Αλμωπίας, (Brunn, 1956; Photiades et. al., 1998).

Οι γεωλογικές χαρτογραφήσεις έχουν γίνει σε δύο διαφορετικές κλίμακες 1:50,000 και 1:25,000 (Φωτιάδης Α. Γρηγόρης Π) και καλύπτουν διαφορετικούς τύπους πετρωμάτων και τεκτονικών δομών. Έγινε αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων ερμηνείας της εικόνας, με τους 1:50,000 και 1:25,000 κλίμακας γεωλογικούς χάρτες.

## 2. ΜΕΣΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.

Τα δεδομένα των δορυφορικών εικόνων που έχουν χρησιμοποιηθεί στη μελέτη αναφέρονται σε εικόνες των LANDSAT 5 / 7 και SPOT (Πανγχρωματική εικόνα) δορυφορικών συστημάτων, Πίνακας 1. Το TNTmips πακέτο λογισμικού έχει χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση των δορυφορικών εικόνων και την εφαρμογή των κατάλληλων διανυσματικών τεχνικών επεξεργασίας του πεδίου των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Οι τύποι πληροφορίας των οποίων συνήθως είναι απαραίτητη η συνεπείξεργασία με τα στοιχεία των δορυφορικών εικόνων στις διαφορετικές μελέτες, είναι τα στοιχεία του τοπογραφικού υποβάθρου, τα στοιχεία των γεωλογικών χαρτών, συλλεγμένα στοιχεία υπαίθρου και στοιχεία διαφόρων καταγραφών και εργαστηριακών αναλύσεων.

Η στρατηγική της τηλεπισκόπησης βασίζεται αφενός στη δυνατότητα καταγραφής διαφοροποιήσεων του επιφανειακού ανάγλυφου ή στη δυνατότητα αναγνώρισης διαφοροποιήσεων της επιφανειακής σύστασης του εδάφους. Ειδικά για τη γεωλογία βασικό ρόλο παίζουν οι διαφοροποιήσεις σε αργιλικά ορυκτά, ορυκτά σιδήρου, ασβεστίου αλλά και η κάλυψη γης με βλάστηση ή ανθρωπογενείς κατασκευές. Επίσης, πολλές φορές είναι χαρακτηριστική η φασματική απόκριση των διαφόρων ανθεκτικών του εδάφους ή των υδάτινων επιφανειών στη θερμοκή περιοχή του φάσματος. Εξέταση των φασματικών χαρακτηριστικών του εδάφους δίνει μία ένδειξη

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Χαρακτηριστικά των Landsat 5 / 7 και SPOT δορυφορικών συστημάτων.**  
**TABLE 1. The data characteristics of the Landsat 5 / 7 & SPOT satellite systems.**

LANDSAT 4 & 5	LANDSAT 7	SPOT
ANIXNEYTHΣ: Thematic Mapper	ANIXNEYTHΣ: Thematic Mapper ETM+	HRV Instrument
Περιοχές Φάσματος (μm) 1:0.45-0.52 2:0.52-0.60 3:0.63-0.69 4:0.76-0.90 5:1.55-1.75 6:10.40-12.50 7:2.08-2.35	Περιοχές Φάσματος (μm) 1:0.45-0.515 2:0.525-0.605 3:0.63-0.690 4:0.75-0.90 5:1.55-1.75 6:10.40-12.5 7:2.09-2.35 8:0.52-0.90 (Παγχρωματικό)	Περιοχές Φάσματος (μm) XS MODE - ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ 1: 0.50-0.59 2: 0.61-0.68 3.0.79-0.89 (+ 4: 1.55-1.75 στις πρόσφατες) P MODE - Παγχρωματικό 1 : 0.51-0.73 (Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε Πανγχρωματική εικόνα του SPOT συστήματος)
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 30 μ (120 μ για Μπάντα 6)	ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 30 μ (60 μ για Μπάντα 6) (15 μ για Μπάντα 8)	ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 20 μ για XS MODE - ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ 10 μ για P MODE - Παγχρωματικό
ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 16 ΗΜΕΡΕΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 16 ΗΜΕΡΕΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 26 ΗΜΕΡΕΣ
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 8 BIT	ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 8 BIT	ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ 8 BIT
PATH/ROW:184/032 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ 26/10/1986	PATH/ROW:184/032 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ 01/11/1999	PATH/ROW:086/268 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ 16/07/1994

στη θερμοκή περιοχή του φάσματος. Εξέταση των φασματικών χαρακτηριστικών του εδάφους δίδει μία ένδειξη της δυνατότητας αναγνώρισης τους στην Υπέρυθρη περιοχή του φάσματος.

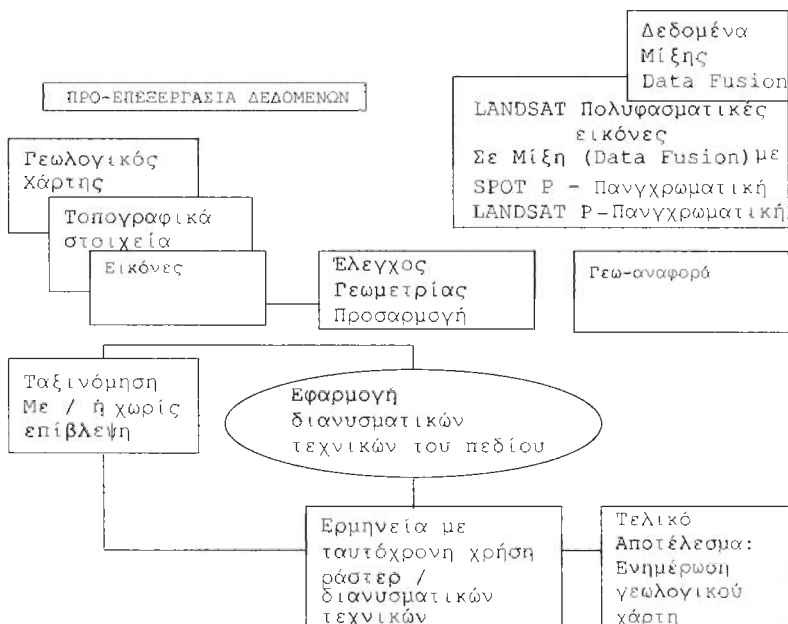
### 3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΤΟΝΙΣΜΟΥ ΕΙΚΟΝΑΣ

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις στην επεξεργασία εικόνας. Η πρώτη προσέγγιση βελτιστοποιεί την πληροφορία της εικόνας το περιεχόμενό της και την ποιότητα, έτσι ώστε ο αναλυτής να μπορέσει να τη χρησιμοποιήσει κατευθεία για την ερμηνεία της. Η δεύτερη προσέγγιση καλύπτει τις τεχνικές που συμπεριλαμβάνουν τις αυτόματες ταξινομήσεις των δορυφορικών εικόνων. Ο τονισμός εικόνας ανήκει στην πρώτη προσέγγιση και έχει σαν σκοπό την καλύτερη αναπαράσταση της αρχικής εικόνας από τις οποίες πρέπει να επιλεγθούν οι πλέον κατάλληλες για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Επιπρόσθετα, εξειδικευμένες τεχνικές χρησιμοποιούνται για τον φασματικό τονισμό των Landsat TM εικόνων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η ερμηνεία των γεωλογικών στοιχείων.

Οι βασικές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας που έχουν χρησιμοποιηθεί στη συγκεκριμένη μελέτη δίδονται στον Πίνακα 2, ενώ στο Σχήμα 1 δίδεται διαγραμματική απεικόνιση των συνδυαστικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της ενημέρωσης των χαρτών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΠΡΟΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ / ΤΟΝΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ / ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ  
TABLE 2. PRE-PROCESSING / IMAGE ENHANCEMENT / CLASSIFICATION**

Τεχνική Τόνισης	Περιγραφή	Αποτελέσματα
Γεωμετρική διόρθωση	Μοντέλο: Αφινικό	Απόδοση σύστημα EGSA
Αναδειγματοληψία	Κοντινής Γειτνίασης	Απόδοση διακριτικές ικανότητες των 10 & 15 μ.
Έγχρωμες συνθέσεις	Ανάλυση που εφαρμόστηκε : Υπολογισμός μήτρας 7*7 μεταβλητότητας / συμμεταβλητότητας . Διαβάθμιση των οριζουσών για κάθε 3*3 υπο-ορίζουσα. Πειραματικός έλεγχος Ποιοτική αξιολόγηση.	Οι καλύτεροι συνδυασμοί επιτυγχάνονται μετά το συνδυασμό από τις μπάντες TM 1,3 (ή 4) και 5 (ή 7) όπως και στις εικόνες των πραγματικών χρωμάτων.
Εικόνες ΧΕΚ-HIS	Εφαρμογή του μετασχηματισμού Χροιάς, Έντασης, Κορεσμού (ΧΕΚ), έτσι ώστε να επιτευχθεί η συγχώνευση των διαφορετικής διακριτικής ικανότητας δεδομένων.	Υποδεικνύεται επίτευξη τόνισμου εικόνων συμπίεση της σκιάς.
Εφαρμογή τεχνικών ταξινόμησης με επίβλεψη του Back-Propagation (Νευρωνικά Δίκτυα)	Καθορισμός εκπαιδευτικών πεδίων μετά από ερμηνεία των εικόνων. Ταξινόμηση της εικόνας σε προεπιλεγμένες τάξεις. Αυτόματη μετατροπή του αποτελέσματος ταξινόμησης σε θεματικό / διανυσματικό χάρτη. Αποθήκευση των θεματικών ιδιοτήτων σε σχεσιακή βάση δεδομένων.	Αυτόματη ερμηνεία των φασματικών χαρακτηρισιστικών των εικόνων. Αυσδιάκριτες διαφορές μεταξύ των πετρωμάτων χαρτογραφούνται ικανοποιητικά.



**ΣΧΗΜΑ 1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος", Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.  
FIGURE 1. GEOLOGIC MAP UPDATING PROCEDURE**

Οι συνδυασμοί των διαφορετικής διακριτικής ικανότητας εικόνων υποδεικνύονται ικανοποιητικοί στην ερμηνεία γεωλογικών χαρακτηρισισιών του εδάφους, αφού οι διαφορετικοί τύποι σάρωσης δίνουν διαφορετική αλλά συμπληρωματική πληροφορία για τον ίδιο στόχο.



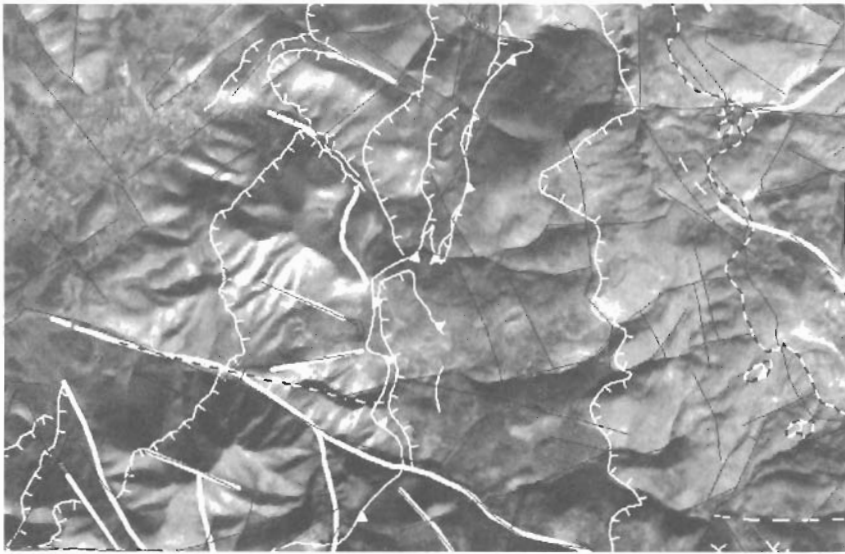
**ΣΧΗΜΑ 2.** Παγχρωματική εικόνα του SPOT δορυφορικού συστήματος με σχεδιασμό των ορίων των γεωλογικών σχηματισμών (άσπρες γραμμές) και τεκτονικών στοιχείων (διακεκομμένες γραμμές) του 1:50,000 κλίμακας χάρτη. Είναι ενδεικτική η διαφοροποίηση που υπάρχει σε θέσεις.

**FIGURE 2.** The geologic elements of the 1:50,000 scale map have been plotted on the SPOT Panchromatic image. It is indicated that there are differences between the mapped features and the geologic information provided by the image.

#### 4. Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ

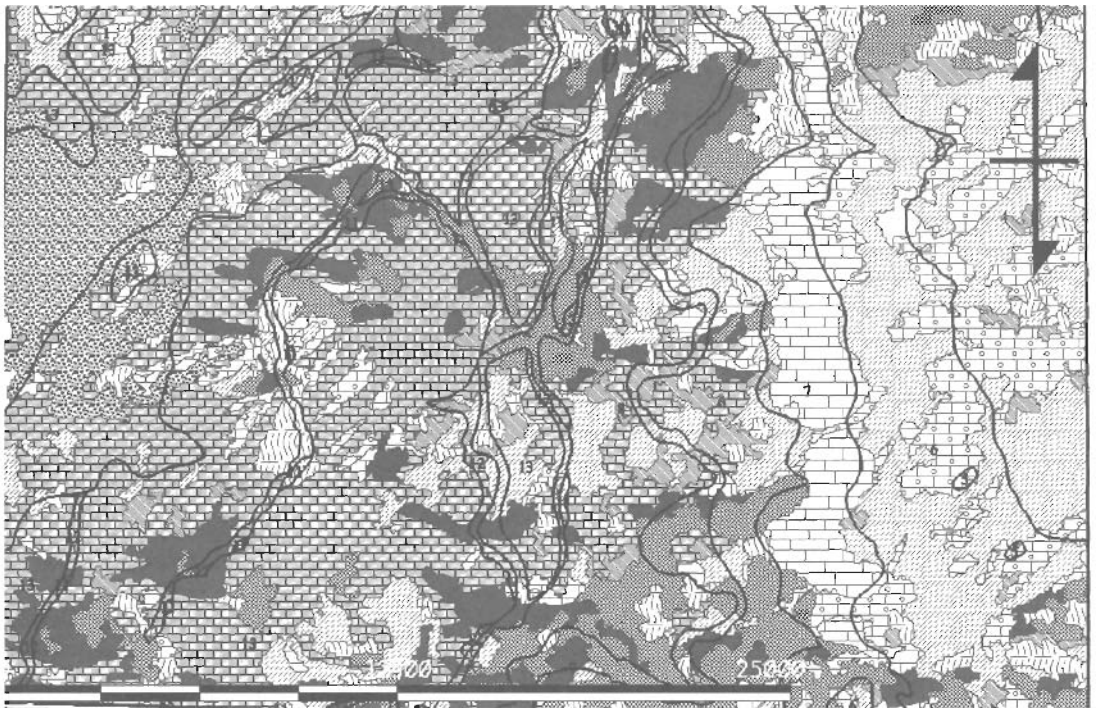
Η παράλληλη επεξεργασία των στοιχείων της δορυφορικής εικόνας με τα διάφορα γεωλογικά στοιχεία χαρτών είναι σημαντική ως προς την απόκτηση αξιόπιστων στοιχείων, διευκόλυνση της ερμηνείας και τελική ενημέρωση των στοιχείων του χάρτη. Η ανάλυση πρέπει να περιλαμβάνει τόσο τα σχεδιαστικά στοιχεία, όσο και τα ποιοτικά της βάσης δεδομένων. Η αποθήκευση των ποιοτικών χαρακτηρισισιών σε σχεσιακή βάση δεδομένων, διευκολύνει την κάθε επακόλουθη ανάλυση, όπως και την επιβολή συνδυαστικών επεξεργασιών. Στην περιοχή μελέτης έχουν αναλυθεί στοιχεία των γεωλογικών χάρτη σε συνδυασμό με τις διαφορετικής διακριτικής ικανότητας και τύπου δορυφορικές εικόνες. Είναι ενδεικτικό από τα Σχήματα 2 και 3 ότι οι δορυφορικές εικόνες δίνουν γεωλογική πληροφορία. Στην εικόνα του Σχήματος 3, έχουν σχεδιαστεί τα τεκτονικά στοιχεία των γεωλογικών χαρτών (διακεκομμένες γραμμές για τα στοιχεία του 1:50,000 κλίμακας χάρτη και άσπρες γραμμές γι' αυτά του 1:25,000) όπως και η ερμηνεία των γεωλογικών γραμμικών στοιχείων (λεπτές μαύρες γραμμές). Υπάρχουν διαφοροποιήσεις σχετικά την πληροφορία των δύο γεωλογικών χαρτών, όπως για παράδειγμα το ρήγμα Δ-ΒΔ/Α-ΝΑ διεύθυνσης στο κάτω αριστερό τμήμα της εικόνας του οποίου μόνο ένα μικρό τμήμα, με διαφορετική διεύθυνση έχει χαρτογραφηθεί στον 1:50,000 κλίμακας χάρτη. Αντίθετα είναι εμφανής η σύμπτωση που υπάρχει μεταξύ του ρήγματος αυτού του 1:25,000 κλίμακας χάρτη και του γεωλογικού γραμμικού στοιχείου που έχει χαρτογραφηθεί στη δορυφορική εικόνα. Παρόμοια ταύτιση ισχύει και για τα λοιπά γραμμικά στοιχεία των δορυφορικών εικόνων και των τεκτονικών στοιχείων του 1:25,000 χάρτη. Οποιοδήποτε σε περιοχές υποδεικνύεται ότι έχουν χαρτογραφηθεί περισσότερα γραμμικά στοιχεία στις δορυφορικές εικόνες.

Η συνδυαστική μελέτη όλων αυτών των στοιχείων υλοποιήθηκε γρήγορα και απρόσκοπτα στο διαθέσιμο πακέτο λογισμικού. Υποδεικνύεται ότι η χρήση των δορυφορικών εικόνων μπορεί να βοηθήσει στην ενημέρωση των γεωλογικών χαρτών. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4, είναι δυνατή η οριοθέτηση των γεωλογικών σχηματισμών με ακρίβεια, αφού το αποτέλεσμα προσεγγίζει τον 1:25,000 χάρτη. Για παράδειγμα, παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις στη χαρτογράφηση του ορίου των ασβεστολιθών που αντιστοιχούν με το πολύγωνο με κωδικό 7 του 1:25,000 κλίμακας χάρτη. Το ίδιο ισχύει για τον λιθολογικό σχηματισμό του φλύσχη, (κωδικός 6 του γεωλογικού χάρτη) στο **Εθνική Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.** σχηματισμών φλύσχη



**ΣΧΗΜΑ 3.** Πανγχρωματική εικόνα του Landsat 7 συστήματος. Έχουν σχεδιαστεί τα τεκτονικά στοιχεία του 1:50,000 κλίμακας γεωλογικού χάρτη (διακεκομμένες γραμμές), τα αντίστοιχα του 1:25,000 (άσπρες γραμμές με διαφορετικά μοτίβα) και τα γεωλογικά γραμμικά στοιχεία των δορυφορικών εικόνων (μαύρες λεπτές γραμμές).  
**FIGURE 2.** The figure shows the panchromatic image of Landsat 7 satellite system. On the image different linear features have been plotted like the tectonic elements of the 1:50000-scale map (dashed lines), and those of the 1:25,000 scale map (white lines with different patterns), along with interpreted on the satellite images lineaments.

και ζροκαλόπαγών, που αποδίδεται ικανοποιητικά στο αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Επίσης υπάρχουν διαφοροποιήσεις οι οποίες οφείλονται στο έντονο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης που δημιουργεί σκιές, οι οποίες κωδικοποιούνται πολλές φορές σε διαφορετική τάξη εξ' αιτίας της χαρακτηριστικής φασματικής απόκρισης τους. Ο ερμηνευτής θα πρέπει χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του ΓΣΠ συστήματος να δώσει την σωστή κωδικοποίηση /ερμηνεία των πολυγώνων αυτών. Τα μάραθα (κωδικός 13) έχουν αποδοθεί ικανοποιητικά, αλλά χρωτογραφούνται και διαφοροποιήσεις. Το ίδιο ισχύει για τους υπόλοιπους τύπους των πετρωμάτων. Η Κάλυψη Γης / βλάστηση σχετίζεται για την πιλοτική περιοχή μελέτης, με διαφορετικούς τύπους πετρωμάτων όπως των οφιολίθων, σχιστολίθων και της κλαστικής σειράς. Αποτέλεσμα αυτού είναι πολλές φορές η σύγχυση μεταξύ των τάξεων των διαφόρων πετρωμάτων. Τέλος υπάρχουν τμήματα του χάρτη, τα οποία θεωρούνται σαν «Μη ταξινομημένα» αφού δεν υπάρχει η δυνατότητα ένταξής τους σε μια από τις καθορισμένες κατηγορίες. Γενικά το αποτέλεσμα της εφαρμογής τεχνικών ταξινόμησης σε συνδυασμό μ' αυτές του πεδίου των ΓΣΠ δίνει την δυνατότητα οριοθέτησης περιοχών που συνδυάζονται με όρια λιθοστρωματογραφικών ενοτήτων. Η εφαρμογή των συνδυαστικών τεχνικών δίνει την δυνατότητα μείωσης του χρόνου ερμηνείας / σχεδιασμού των ορίων διαφορετικών πετρωμάτων, ενώ παράλληλα αξιοποιείται όλη η φασματική πληροφορία των διαφορετικών δορυφορικών εικόνων.



ριζικών εικόνων.

**ΣΧΗΜΑ 4.** Τα όρια (μαύρες γραμμές) του γεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:25,000, έχουν σχεδιαστεί στην χαρτογραφική απόδοση του αποτελέσματος εφαρμογής των τεχνικών ταξινόμησης του Back-propagation και των κατάλληλων διανυσματικών τεχνικών του πεδίου των ΓΣΠ. Είναι ενδεικτικές οι διαφοροποιήσεις σε τμήματα των χαρτογραφημένων ορίων.

**FIGURE 4.** The lithological boundaries of the 1:25,000 scale map have been plotted on the cartographic layout which is the result of the application of classification / interpretation, along with the appropriate GIS techniques.

*Different results are obtained after the analysis of the satellite images.*

**5.ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Το Landsat 7 σύστημα προσφέρει κάλυψη ενιαίων περιοχών με βελτιωμένη γεωμετρία, σε σχέση με τους προηγούμενους δορυφόρους της σειράς αυτής. Η μίξη με το Παγχρωματικό δίδει βελτιωμένο τρόπο ερμηνείας σε σχέση με τα γεωλογικά στοιχεία της εικόνας. Ο συνδυασμός δεδομένων των Landsat και SPOT δορυφορικών συστημάτων δίνει εικόνες βελτιωμένης ευκρίνειας, αλλά η εφαρμογή των τεχνικών είναι χρονοβόρα, ενώ το κόστος υψηλότερο. Και στις δύο περιπτώσεις εφαρμογής των τεχνικών μίξης υπάρχει βελτίωση σε σχέση με την κλίμακα χαρτογράφησης και τη χωρική διακριτική ικανότητα με μικρό κόστος και άμεση αξιοποίηση από το σύστημα επεξεργασίας, αλλά είναι ενδεικτική η πολυπλοκότητα ως προς τη διαδικασία ερμηνείας / τελικής ενημέρωσης του χάρτη.

Τα ίχνη των γεωλογικών στοιχείων έχουν χαρτογραφηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια στις δορυφορικές εικόνες από ότι στους κλίμακας 1:50,000. **Επιφύλαξη Βιβλιοθήκη "Οεόδωρος" - Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ** - σύγκριση με τον νεότε-

ρο 1:25,000 κλίμακα χάρτη. Αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η πληροφορία των δορυφορικών εικόνων μπορεί να συμβάλει σε ενημέρωση χαρτών σε κλίμακες έως 1 : 25,000. Οπωσδήποτε, απαραίτητη είναι η επιβεβαίωση όλων των στοιχείων στο ύπαιθρο. Ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων της ερμηνείας με τα ψηφιακά διανυσματικά στοιχεία δίδει τη δυνατότητα ενημέρωσης των χαρτών. **Βασική προϋπόθεση** για μία ολοκληρωμένη εφαρμογή στο πεδίο της γεωλογικής / περιβαλλοντικής έρευνας είναι η εφαρμογή συστηματικής μεθοδολογίας κατά την ερμηνεία των γεωλογικών στοιχείων.

Ο χρόνος που απαιτείται για την οριοθέτηση της γενικής γεωλογικής δομής της περιοχής μελέτης και τον εντοπισμό θέσεων λιθολογικών διαφοροποιήσεων, το συνδυασμό με άλλα στοιχεία και τη τελική ενημέρωση των χαρτών είναι ελάχιστος σε σχέση με αυτόν που απαιτείται με την εφαρμογή κλασικών μεθόδων ανάλυσης ή ακόμη και μετά τη χρήση δύο (ή περισσότερων) διαφορετικών πακέτων λογισμικού ψηφιακής ανάλυσης για την επεξεργασία των δεδομένων της τηλεπισκόπησης και των χαρτών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- BRUNN, J. H. 1982. Geological map of Greece: Pirgoi Sheet Scale 1:50,000. The geologic mapping has been carried out by Professor J. H. Brunn of the Orsay University, France. Published by IGME 1982.
- KANELLOPOULOS, I., WILKINSON, G., & 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, Jacky Desachy, *Proc. SPIE* 2315, 332-341.
- KEY J., MASLANIC A., & SCHWEIGER A. J., 1989. Classification of merged AVHRR and SMMR arctic data with neural network, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 55, no.9, 1331-1338.
- 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, 71-77.
- ΦΩΤΙΑΔΗΣ, Α. & ΓΡΗΓΟΡΗΣ, Π. 1997-1999. Γεωλογική χαρτογράφηση του ΝΔ/ζού τμήματος του Φ.Χ. "Πύργου", κλίμακας 1:25,000. (Ο χάρτης διατίθεται μόνο για εσωτερική χρήση στο ΙΓΜΕ).