

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΡΗΞΙΓΕΝΩΝ ΔΟΜΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ LANDSAT ΤΜ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΥΡΝΑΒΟΥ (ΑΝ. ΘΕΣΣΑΛΙΑ)

Ι. Παρχαρίδης*, Α. Παυλόπουλος* και Γ. Μιγκίρος*

ΣΥΝΟΨΗ

Οι δυνατότητες που μας παρέχει η μετατροπή πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων σε ψευδοχρωματικές μέσω των ειδικών λογισμικών επεξεργασίας τους βοηθά στην ανάδειξη και εντοπισμό τεκτονικών δομών οι οποίες με χρήση συμβατικών μεθόδων είναι δυνατό να μην αναγνωρίζονται. Η επεξεργασία εικόνων LANDSAT 5 TM και η δημιουργία ψευδέγχρωμων πολυφασματικών εικόνων στην περιοχή του Βοτανόχωριου (Ν. Λάρισας) ανέδειξε δύο χαρακτηριστικές ρηξιγενείς δομές με γενικές διευθύνσεις Α-Δ και Β-Ν. Η δεύτερη δομή είναι αποτέλεσμα ενός εφελκυστικού πεδίου.

ABSTRACT

The transformation of multispectral satellite images in pseudochromatic, through special designed software, provides a useful tool for enhancement and localisation of structures not easily recognisable by the conventional methods. The application of these methods in the area of Votanochori, in Tyrnavos region of Thessaly, revealed two typical fracture zones trending E-W, dissected by a third one striking N-S. The two former correspond to fractures with dextral displacement, while the latter corresponds to an extension zone which is related to the existence of an anticlinic form.

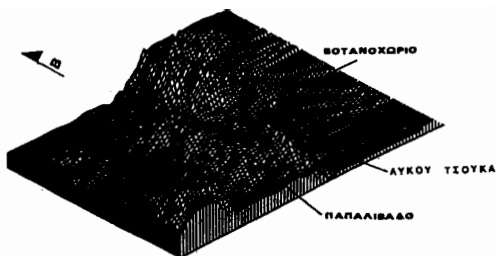
ΕΙΣΑΓΩΓΗ-INTRODUCTION

Η τηλεπισκόπηση, και ειδικότερα αυτή που χρησιμοποιεί διαστημικές εξέδρες, με την αλματώδη πρόοδο που σημείωσε την τελευταία δεκαετία, δίνοντας προϊόντα υψηλής διακριτικής ικανότητας, κατάφερε να γίνει ένα αξιόπιστο εργαλείο για τους γεωεπιστήμονες γενικότερα και τους γεωλόγους ειδικότερα. Τα προβλήματα που συναντά η διάδοση και εδραίωση της τηλεπισκόπησης οφείλονται κυρίως στο υψηλό κόστος αγοράς των εικόνων, των συστημάτων και των προγραμμάτων για την επεξεργασία τους καθώς και στο υψηλό κόστος συντήρησης.

Η παρούσα εργασία θέλει να συμβάλει στην εφαρμογή που μπορεί να έχει η τηλεπισκόπηση με την μορφή της ανάλυσης ψηφιακών εικόνων στην Τεκτονική Γεωλογία. Ειδικά για την νεοτεκτονική μπορεί να δώσει λύσεις στη χαρτογράφηση και μελέτη των ενεργών δομών και τον υπολογισμό της σεισμικής τους επικινδυνότητας (TRIFONOV, 1984). Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε η περιοχή δυτικά του Τυρνάβου, η οποία αποτελεί τμήμα της Πελαγονικής ζώνης, με σκοπό μέσα από την επιλογή των κατάλληλων φασματικών καναλιών και τη μετατροπή της αρχικής εικόνας σε ψευδοχρωματική να εντοπισθούν και να χαρτογραφηθούν τεκτονικά στοιχεία.

* Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Ορυκτολογίας - Γωλογίας, Ιερά οδός 75, 11855 Αθήνα.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.



Σχ. 1: Τρισδιάστατο μοντέλλο της περιοχής μελέτης (κλίμακα Ζ 0,1).
 Fig. 1: 3-D model of the studied area (z scale 0,1).

κτονικά ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη και συγκεκριμένα στην "Προανωκρητιδική Πελαγονική Σειρά" (ΜΙΓΚΙΡΟΣ, 1983 και 1986). Στη σειρά αυτή επωθήθηκε, μεταξύ του τέλους του Ανωτ. Ιουρασικού-αρχές του Κατωτ. Κρητιδικού, το "Προανωκρητιδικό τεκτονικό κάλυμμα (Ηωελληνικό κάλυμμα)" (GODFRIAUX & MERCIER, 1964, KATSIKATSOS et al., 1982). Οι σχηματισμοί του καλύμματος αυτού δεν εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης.

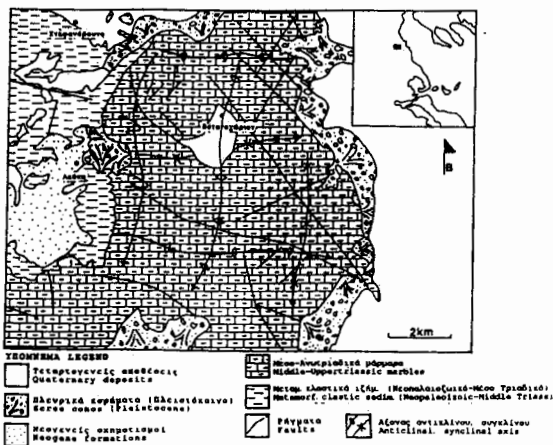
Σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες "Φύλλο Γόννοι" και "Φύλλο Ελασσών" (εκδόσεις ΙΓΜΕ, κλίμακα 1:50.000, ΜΙΓΚΙΡΟΣ, 1984 και ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, 1987, αντίστοιχα) στην ευρύτερη περιοχή εμφανίζονται οι παρακάτω σχηματισμοί και αποθέσεις (Σχ. 2):

- Τεταρτογενείς αποθέσεις.
- Νεογενείς σχηματισμοί.
- Μεσο-Ανωτριάδικα μάρμαρα.
- Νεοπαλαιοζωικοί-Μεσοτριάδικοί σχηματισμοί.
- Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούνται από:

α) Αλλουβιακά καλύμματα ποικίλου πάχους και ελουβιακούς μανδύες, από άμμωδη και αργιλικά υλικά μέσα στα οποία βρίσκονται διάσπαρτες κροκάλες και λατύπες. Οι αποθέσεις αυτές εμφανίζονται στη λεκάνη του Βοτανοχωρίου.

β) Κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα, που απαντώνται κυρίως στα ανατολικά κράσπεδα του αναγλύφου, προς την πεδιάδα της Θεσσαλίας, και συγκροτούνται από κροκαλολατύπες ποικίλου μεγέθους και λίγους άμμους. Τα υλικά αυτά είναι συσκολημένα με ανθρακική ύλη.

- Οι Νεογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από εναλλαγές μαργαϊκών και αργιλομαργαϊκών στρωμάτων μέσα στις οποίες, κατά θέσεις, παρεμβάλλονται φακοί και ενστρώσεις μαργαϊκών ασβεστολίθων. Στην περιοχή μελέτης μας οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται δυτικά του Βοτανοχωρίου, στο χωριό Λεύκη.



Σχ. 2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.
 Fig. 2: Geological map of the studied area.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ-GEOLOGICAL SETTING

Το τμήμα της εικόνας που μελετήθηκε είναι η περιοχή που περικλείεται σε γεωγραφικό μήκος 22° 10' - 22° 20' και πλάτος 39° 45' - 39° 52'. Η περιοχή παρουσιάζει σχετικά έντονο ανάγλυφο που οριοθετείται, ανατολικά και δυτικά, από τις πεδινές λεκάνες του Τυρνάβου και της Ελασσόνας. Οι σημαντικότερες κορυφές της περιοχής είναι το Παπαλίβαδο, Λύκου Τσούκα και Δρεπάνι (Σχ. 1).

Η περιοχή στο μεγαλύτερο τμήμα της δομείται από σχηματισμούς που γεωτε-

-Τα Μεσο-Ανωτριάδικά μάρμαρα, αποτελούν κανονική προς τα επάνω εξέλιξη των Νεοπαλαιοζωικών-Μεσοτριάδικών σχηματισμών και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης. Πρόκειται για μέσο-παχυστρωματώδη και κατά θέσεις άστρωτα μάρμαρα, δολομιτικά μάρμαρα και δολομίτες, κατά θέσεις βιτουμενιούχα, με λεπτές μαγγανιούχες ενδιάστρωσεις, καρστικοποιημένα και τεκτονισμένα. Συχνά η επαφή τους με τους υποκείμενους σχηματισμούς είναι διαταραγμένη ενώ ο έντονος κατακερματισμός τους εμφανίζεται στις ρηγματογόνες ζώνες και στους άξονες των πτυχών.

-Οι Νεοπαλαιοζωικοί-Μεσοτριάδικοί σχηματισμοί απαντώνται κυρίως στο δυτικό τμήμα της περιοχής και αποτελούν μέρος της σειράς Τσαρίτσανης Πετρωτού (ΜΙΓΚΙΡΟΣ, 1983). Τα κατώτερα μέλη τους αποτελούνται από εναλλαγές μαρμαρυγιακών και χλωριτικών σχιστολίθων καθώς και μαρμαρυγιακών γνευσιοσχιστολίθων. Τα μεσαία μέλη αποτελούνται από μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους που εναλλάσσονται με γνευσιοσχιστολίθους ενώ τα ανώτερα αντιπροσωπεύονται από μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, γνευσιοσχιστολίθους και αμφιβολίτες.

Ο ΜΙΓΚΙΡΟΣ (1983), στους σχηματισμούς της Πελαγονικής, στην περιοχή του Κάτω Ολύμπου, διακρίνει τρία συστήματα πτυχών με αξονικές διευθύνσεις:

α) $B20^{\circ}-45^{\circ}\Delta$, β) $B5^{\circ}-35^{\circ}\Lambda$ και γ) $B70^{\circ}-90^{\circ}\Delta$.

Ο ίδιος, αναφέρει την παρουσία δύο κυρίων συστημάτων ρηγμάτων, με διευθύνσεις $B35^{\circ}-60^{\circ}\Lambda$ και $B45^{\circ}-60^{\circ}\Delta$, από τα οποία το πρώτο είναι το παλαιότερο. Τα παλαιότερα ρήγματα, κατά την άποψή του, είναι αυτά που δημιούργησαν όλες τις συσάτες και μικρές εσωτερικές μεταλλικές λεκάνες της Θεσσαλίας. Τα δύο αυτά συστήματα ρηγμάτων αποτυπώνονται και στους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής, κλίμακας 1:50.000, (ΜΙΓΚΙΡΟΣ, 1984; ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, 1987).

Οι ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ κ.ά. (1989), αναφέρουν τις μεγάλες ρηξιγενείς γραμμές του Αλιάκμονα και του Πηνειού, με διευθύνσεις Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ, οι οποίες χωρίζουν την Πελαγονική σε επιμέρους τεμάχια. Ανάμεσα στις δύο μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες παρεμβάλλονται κανονικά ρήγματα τα οποία άρχισαν να δρουν από το Ανώτερο Μειόκαινο και συνεχίζουν τη δράση τους έως σήμερα.

Οι CAPUTO & PAVLIDIS (1993) αναφέρουν ότι, η πρόσφατη γεωδυναμική εξέλιξη της Θεσσαλίας σχετίζεται κυρίως με κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ/κής και Α-Δ/κής διεύθυνσης. Το πρώτο σύστημα, που είναι και το κυρίαρχο, δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμο στην ύπαιθρο σε αντίθεση με το σύστημα Α-Δ/κής διεύθυνσης το οποίο αναγνωρίζεται ευκολότερα. Τα ρήγματα Α-Δ/κής διεύθυνσης, κατά την άποψή τους, δημιουργούν έντονα μορφολογικά χαρακτηριστικά τα οποία δείχνουν την πρόσφατη τεκτονική τους δραστηριότητα. Ως χαρακτηριστικό παράδειγμα αναφέρουν ένα ρήγμα στην περιοχή Τυρνάβου, με συνεχή μη αποσθρωμένη επιφάνεια ολίσθησης και παρουσία μεταπτώσεων που φαίνονται στους γειτονικούς κώνους κορημάτων του ΑΝ. Πλειστοκαίνου.

Ο DOUTSOS (1984) αναφέρει ότι, σε μια μεταλλική φάση η Θεσσαλία τεμαχίσθηκε σε επιμέρους τμήματα, πλάτους 10-30km και μήκους 50-80km οριοθετημένα από μεγάλης γωνίας κανονικά ρήγματα τα οποία έλεγχαν την ιζηματογένεση, ποταμοποιμασίας φάσης, στα βυθίσματα. Επίσης κάνει αναφορά σε ένα σύστημα διάρρηξης με διευθύνσεις Β-Ν και Α-Δ, το οποίο έχει σχέση με την παρουσία της οπισθοτάφρου του Αιγαίου και τη γενική ανύψωση του φλοιού στην περιοχή.

Υπαίθριες παρατηρήσεις μας στην ευρύτερη περιοχή του Βοτανοχωρίου έδειξαν ότι στα Μέσο Ανωτριάδικά μάρμαρα επικρατούν μεγα-πτυχές με γενική αξονική διεύθυνση Β-Ν και Α-Δ. Οι Β-Ν είναι κεκλιμένες έως ανεστραμμένες, με ανατολική κλίση του αξονικού τους επιπέδου και βύθιση του άξονά τους γενικά προς τα νότια. Οι Α-Δ είναι ανοικτές, με έντονη καμπυλότητα του άξονά τους, ο οποίος βυθίζεται πότε προς τα ανατολικά και πότε προς τα δυτικά.

Τα ρήγματα που ελέγχουν την περιοχή είναι κανονικά, μεγάλης γωνίας, με κύριες διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ. Τα ρήγματα αυτά είναι νεοτεκτονικά, κλιμακωτά



0 32 36 39 42 45 47 51 53 57 60 63 66 69 255 255
 1 AUG 1984 CENTER: N39.40 E 22.37 SUN EL: 54 SUN AZ:

Εικ. 1.

84, Landsat 5 TM, band 2, Track 184, frame 032, Q 4, με γωνία ανύψωσης του ήλιου 54° και αζιμούθιο 126° , γεωμετρικά διορθωμένη (Εικ. 1).

β) Έξι διάυλοι (εξαιρείται ο θερμικός) τέταρτου εικόνας Landsat 5 TM (30m/pixel) σε ψηφιακή μορφή με τα ίδια χαρακτηριστικά της προηγούμενης εικόνας χωρίς γεωμετρικές διορθώσεις. Το μειονέκτημα της μη γεωμετρικής διόρθωσης της δεύτερης εικόνας αντισταθμίζεται από την πρώτη εικόνα που είναι διορθωμένη.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση από τους έξι διαύλους του TM επιλέχθηκαν ο 7 (2,08-2,35 μm), ο 3 (0,63-0,69 μm) και ο 1 (0,45-0,52 μm) ως ένα σύστημα ερυθρού-πράσινου-κυανού (RGB) και δημιουργήθηκε μία ψευδόχρωμη εικόνα της Αν. Θεσσαλίας μέσω των δυνατοτήτων που προσφέρει το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας EASI/PACE της PCI.

Η αποτύπωση του τελικού προϊόντος έγινε με την απ'ευθείας φωτογράφιση της εικόνας από την οθόνη του υπολογιστή, μέθοδος που προτείνεται και από τους BARRET and CURTIS (1992) και CURRAN (1985). Η επιλογή των συγκεκριμένων φασματικών διαύλων (7,3,1) έγινε διότι με το συνδυασμό αυτό αναδεικνύονται οι δομές των πετρωμάτων, όπως συνέβη με παλαιότερη χρήση σε περιοχή του

και πολλά χείνηντα. Τα κατερχόμενα τεμάχια κινούνται γενικά προς τα νότια.

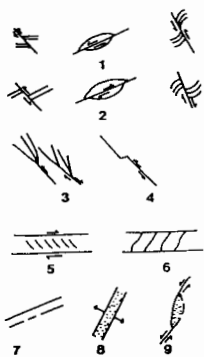
Τα κύρια συστήματα διακλάσεων έχουν διευθύνσεις Β 30° - 40° Α (κατακόρυφη), Β 60° - 70° Α (μέση κλίση 45°), Β 30° - 40° Δ (κατακόρυφη) και Β 70° - 80° Δ (μέση κλίση 45°).

Η καρστικοποίηση των ανθρακικών πετρωμάτων εντοπίζεται κατά κανόνα στις ζώνες διάρρηξης και κυρίως σε αυτές με διεύθυνση Α-Δ.

ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣ. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ - SOURCE PROCESSING PROCEDURES

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με χρήση των ακόλουθων διαθέσιμων δορυφορικών δεδομένων που καλύπτουν την περιοχή:

α) Ένα μονοδιαυλικό τέταρτο αναλογικής εικόνας (paper print) Landsat TM (30m/pixel), 11-8-



Σχ. 3: Παραδείγματα οριζοντίων μετατοπίσεων: 1 αριστερόστροφες μετατοπίσεις, 2 δεξιόστροφες μετατοπίσεις, 3 δεξιόστροφη μετατόπιση, 4 αριστερόστροφη κίνηση, 5 κλιμακωτά ρήγματα με αριστερόστροφη κίνηση, 6 κλιμακωτά ρήγματα με δεξιόστροφη κίνηση, 7 ζώνη εφελκυσμού, 8 ευθύγραμμη τάφρος μεταξύ δύο ρηγμάτων, 9 ζώνη εφελκυσμού μεταξύ δύο ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης (SCANVIC, 1983)..

Fig.3: Examples of strike slip fractures: 1 sinistral displacement, 2 dextral displacement, 3 dextral displacement, 4 sinistral movement, 5 "en echellon" faults accompanied by sinistral movement, 6 "en echellon" accompanied by dextral movement, 7 zone of extension, 8 rectilinear graben between two faults, 9 extension zone between two strike slip faults.

νότιου Ιράν για την αναγνώριση αντικλινικών δομών για τον εντοπισμό κοιτασμάτων πετρελαίου (Landsat Data Users Notes,1993).Προς το σκοπό αυτό συμβάλλουν και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα TM όπως η πολύ καλή του χωρική ανάλυση (spatial resolution) των 30/pixel.

Ο NORMAN (1976) καθόρισε τους δείκτες που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση εικόνων για αναγνώριση διαρρήξεων. Σύμφωνα με το συγγραφέα οι δείκτες αυτοί είναι:

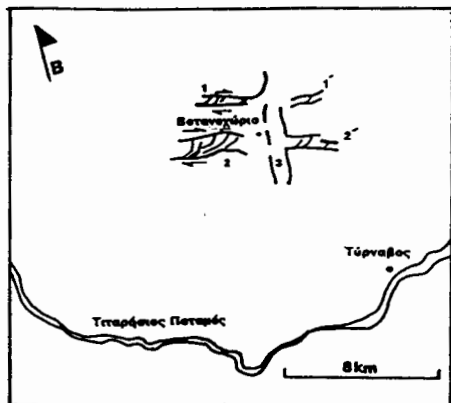
1) Εμμεσοι δείκτες:Η ύπαρξη των δεικτών αυτών επιτρέπει να υποθέσουμε την παρουσία διαρρήξεων. Τέτοιοι δείκτες μπορούν να είναι η εμφάνιση ευθυγραμμισμένης βλάστησης,οι ευθύγραμμες τονικές διαφοροποιήσεις, τα ευθύγραμμα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου, κ.ά.

2) Άμεσοι δείκτες:Επιτρέπουν την άμεση παρατήρηση του τύπου της διάρρηξης με βάση τον πίνακα με τις τυπικές μορφολογικές εμφανίσεις (SCANVIC,1983) (Σχ. 3).

Για την περιοχή του Κάτω Ολύμπου χρησιμοποίησαμε μια μονοδιαυλική εικόνα Landsat TM με γεωμετρικές διορθώσεις και μια ψευδέγχρωμη εικόνα Landsat TM 7,3,1 (RGB). Εξετάζοντας τις εικόνες αυτές, παρατηρούμε ότι η μονοδιαυλική εικόνα δεν προσφέρεται ιδιαίτερα για την αναγνώριση δομών, αλλά λειτουργεί απλώς ως βοήθημα για τον προσανατολισμό τους στην διαθέσιμη ψευδόγχρωμη εικόνα που δεν είναι γεωμετρικά διορθωμένη.Στην εικόνα αυτή η κόκκινη απόχρωση αντιπροσωπεύει τα πετρώματα, οι αποχρώσεις του πράσινου τη βλάστηση ενώ οι αποχρώσεις του κυανού τη θάλασσα, τα επιφανειακά νερά και τον πάγο.

ΕΡΜΗΝΕΙΑ-INTERPRETATION

Παρατηρώντας την ψευδέγχρωμη εικόνα διαπιστώνουμε ότι στην περιοχή νότια της λεκάνης της Ελασσόνας και στο ύψος του Βοτανοχωρίου στα Μεσο-Ανωτριάδικα μάρμαρα της Πελαγονικής και στους Πλειστοκαινικούς κώνους κορημάτων, αναγνωρίζονται δομές (Σχ. 4) τα χαρακτηριστικά των οποίων είναι:



Σχ. 4: Αποτύπωση των δομών που αναγνωρίστηκαν από τη δορυφορική εικόνα. 1 και 2 κλιμακωτά ρήγματα με δεξιόστροφη κίνηση, 3 ζώνη εφελκυσμού.

Fig. 4: Structures detected from the satellite image. 1 and 2 "en echellon" faults with dextral movement, 3 extension zone.

ΔΟΜΗ 1-1'

Η δομή αυτή έχει γενική διεύθυνση Α-Δ και παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά της δομής με αριθμό 6 του σχήματος 4. Η δομή αυτή αποτελεί τμήμα της νότιας παρυφής της λεκάνης της Ελασσόνας και αντιστοιχεί σε μία διάρρηξη με δεξιόστροφη κίνηση. Ο κλάδος 1 βρίσκεται σε σαφή ευθυγράμμιση με τον κλάδο 1' που παρατηρείται ανατολικά της δομής 3.

ΔΟΜΗ 2-2'

Η δομή 2-2' είναι παρόμοια με την προηγούμενη. Ο κλάδος 2 βρίσκεται ακριβώς στο δυτικό όριο της μικρής λεκάνης του Βοτανοχωρίου όπου το εύρος του ταυτίζεται περίπου με την διάσταση της λεκάνης κατά τη διεύθυνση Β-Ν. Ανατολικά της λεκάνης και της δομής 3 ο κλάδος 2' παρουσιάζει μία σαφή μείωση του εύρους του και διακοπή της συνέχειας στο βόρειο όριό του.

ΔΟΜΗ 3

Η δομή αυτή έχει διεύθυνση Β-Ν, βρίσκεται ανατολικά της λεκάνης του Βοτανοχωρίου και φαίνεται ότι τέμνει τις προηγούμενες. Το εύρος της παρουσιάζεται στην περιοχή μελέτης σταθερό. Η δομή αυτή αντιστοιχεί στη δομή 7 του σχήματος 4 που χαρακτηρίζει μία ζώνη εφελκυσμού με παρουσία μεταπτώσεων.

ΕΥΖΗΤΗΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - DISCUSSION, CONCLUSIONS

Οι δομές 1-1' και 2-2' με διεύθυνση Α-Δ συνδέονται με τα γνωστά ρήγματα της διεύθυνσης αυτής, που ενεργοποιήθηκαν από το Μειόκαινο έως σήμερα. Από το μορφολογικό χάρτη του σχήματος 1 διαπιστώνουμε ότι περίπου παράλληλα με την προηγούμενη διεύθυνση αναπτύσσονται στα υψώματα, δυτικά του Βοτανοχωρίου, κλιμακωτές μορφολογικές ασυνέχειες. Η παρατήρηση αυτή είναι σε συμφωνία και με τις δομές που παρατηρήθηκαν. Η δομή 3 με διεύθυνση Β-Ν συνδέεται με τα ρήγματα ίδιας διεύθυνσης που σύμφωνα με τον DOUTSOS (1984) έχουν σχέση με την οπισθοτάφρο του Αιγαίου και τα οποία μαζί με τα ρήγματα Α-Δ δημιούργησαν τη μορφολογία της περιοχής. Γενετικά η δομή 3 είναι μεταγενέστερη των δύο άλλων δομών και χαρακτηρίζεται από έλλειψη οριζόντιας μετατόπισης όπως φαίνεται από την αντιστοιχεία που έχουν οι δομές που τέμνει. Επιπλέον, η δομή αυτή γεωγραφικά ταυτίζεται με τον αντικλινικό άξονα με διεύθυνση Β-Ν, ο οποίος διέρχεται από το μέσο περίπου της λεκάνης του Βοτανοχωρίου (Σχ.2). Με τον τρόπο αυτό επιβεβαιώνεται το εφελκυστικό πεδίο που αντιστοιχεί στη δομή 3. Οι κάμψεις που διαπιστώνονται στους κλάδους 1 και 2 δυτικά της 3 πιθανότατα να είναι αποτέλεσμα του εφελκυσμού με διεύθυνση Α-Δ. Η δημιουργία της μικρής λεκάνης του Βοτανοχωρίου, κατά συνέπεια, πρέπει να οφείλεται στο συνδυασμό των δομών 2-2' και 3 οι οποίες παρουσιάζουν σχετικά ικανό εύρος και τέμνονται σχεδόν κάθετα καθώς και στην ύπαρξη του αντίκλινου με διεύθυνση Β-Ν. Στο μέτρο που η δομή αυτή εξαρτάται από το αντίκλινο, η λεκάνη του Βοτανοχωρίου μπορεί να θεωρηθεί μορφολογικά ως περίπτωση αναστροφής του αναγλύφου.

Από την παραπάνω εφαρμογή διαπιστώνεται ότι η επεξεργασία ψηφιακών εικόνων και η ανάλυση τους από το χρήστη γεωλόγο βοηθά στην αναγνώριση άμεσων δεικτών διαρρήξης και καθιστούν την Τηλεπισκόπηση ένα σημαντικό και αναθαμισμένο εργαλείο της Τεκτονικής Γεωλογίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον Διευθύνοντα Σύμβουλο της Εταιρίας IIS κ. Ιωάννη Κομπόπουλο καθώς και τον Γεωπόνο MSc της ίδιας Εταιρίας κ. Νίκο Σπυρόπουλο για την πρόθυμη παροχή τεχνικών διευκολύνσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- BARRET, E. and CURTIS, L.F. (1992). Introduction to enviromental Remote Sensing. - *Chapman and Hall*, London.
- CAPUTO, R. and PAVLIDES, S. (1993). Late Cainozoic geodynamic evolution of Thessaly and surroundings (central - northern Greece). - *Tectonophysics*, 223, 339-362.
- CURRAN, P.J (1985). Principles of Remote Sensing - *Longman*, London.
- DOUTSOS, T. (1984). Structural Analysis of Central Hellenic Nappes. - *N.Jb.Geol.Palaont.Abh*, 168, 1, 1-22.
- GODFRIAUX, I. and MERCIER, J. (1964). Essai de comparaison des massifs metamorphiques de Thessalie et de Macedoine. - *Ann Soc. Geol. Nord*, 84, 205-221.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G. and VIDAKIS, M. (1982). Structure geologique de la region de Thessalie orientale (Grece). - *Ann. Soc. Geol. Nord*, Cl, 177 188.
- LANDSAT DATA USERS NOTES (1993). Geological structures in Southern Iran. - Volume 8, number 1.
- ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. (1983). Γεωλογική μελέτη, περιοχής Κάτω Ολύμπου, Θεσσαλίας. - *Διδακτορική Διατριβή*, Πάτρα.
- ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. (1984). Γεωλογικός χάρτης, φύλλο "Γόννοι" κλίμακας 1:50.000, - Εκδόσεις *I.G.M.E.*,
- ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. (1986). Οι οφιόλιθοι της Αν. Θεσσαλίας - *Γεωλ. & Γεωφ. Μελέτες*, *IGME*, Τόμος εκτός σειράς, 249-268.
- NORMAN, J.W., (1976). Photogeological fracture trace analysis as a subsurface exploration technique. - *Trans. Inst. Min GB*, sect. B, n.86, pp. 52-62.
- SCANVIC, J.Y. (1983). Utilisation de la teledetection dans les sciences de la terre. - *Bureau de Recherches Geologiques et Minieres (ed.)*. *Manuels et methodes*, 7.
- ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, Ε. (1987). Γεωλογικός χάρτης, φύλλο "Ελασσών" κλίμακας 1:50.000, - Εκδόσεις *I.G.M.E.*
- TRIFONOV, G.V. (1984). Applications of space images for neotectonic studies. - *In P. Teleki and C. Weber (ed.) Remote Sensing for geological mapping*, 41-56.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. και ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Σ. (1989). Μορφολογικές και τεκτονικές συσχετίσεις στο χώρο του "πελαγονικού τεμάχους". - *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, τόμος XXIII/1, σελ. 271-278.