

**ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**

**ΣΥΜΠΟΣΙΟ  
"ΤΗΛΕΑΝΙΧΝΕΥΣΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ"**

**ΑΦΙΕΡΩΜΕΝΟ ΣΤΗ ΜΝΗΜΗ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ Μ. ΜΟΥΤΣΟΥΛΑ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**

**ΑΘΗΝΑ - ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ - 28&29/11/1996**

# “ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ GIS ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΡΗΞΙΓΕΝΩΝ ΔΟΜΩΝ: ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΥΤΙΚΟ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ”

ΚΑΡΦΑΚΗΣ, Ι.<sup>\*</sup>, ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ, Ε.<sup>\*\*</sup> & ΧΑΝΤΖΙΟΣ, Β.<sup>\*\*\*</sup>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιούνται τεχνικές Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ/GIS) και Τηλεπισκόπησης με σκοπό τον εντοπισμό των ρηξιγενών δομών που οριοθετούν το δυτικό περιθώριο της ευρύτερης λεκάνης του Ηρακλείου Κρήτης. Ο εντοπισμός των ρηξιγενών δομών και η αποσαφήνιση της κινηματικής τους παίζει βασικό ρόλο στην κατανόηση του νεοτεκτονικού καθεστώτος που επηρεάζει την ευρύτερη περιοχή.

Η ερμηνεία των αεροφωτογραφιών κλίμακας 1:30.000 που απεικονίζουν την περιοχή, βοήθησε στην κατασκευή φωτογεωλογικού – τεκτονικού χάρτη, ενώ η επεξεργασία ψηφιακών δορυφορικών εικόνων LANDSAT-TM πρόσφερε σημαντική, πρόσθετη πληροφορία για αναγνώριση και λεπτομερή χαρτογράφηση των μεγάλων ρηξιγενών δομών.

Η χρησιμοποίηση των ΣΓΠ και η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων τους όσον αφορά στον συνδυασμό διαφόρων επιπέδων πληροφοριών, που προήλθαν από την επεξεργασία δεδομένων πολλών τύπων, σε περιβάλλον ARC/INFO, βοήθησε στην παραγωγή σύνθετων εικόνων/χαρτών. Η αλλαγή ορισμένων παραμέτρων κατά την διάρκεια της παραγωγής των εικόνων, είχε ως αποτέλεσμα την ανάδειξη μορφολογικών χαρακτηριστικών που είναι δύσκολο να παρατηρηθούν με κλασσικές μεθόδους.

Κατά την διάρκεια του υπαίθριου ελέγχου έγινε πιστοποίηση του μεγαλύτερου ποσοστού των ρηξιγενών δομών που είχαν εντοπιστεί με μεθόδους Τηλεπισκόπησης, ενώ έγιναν συστηματικές τεκτονικές μετρήσεις και παρατηρήσεις στην περιοχή μελέτης. Μετά από συνδυασμό όλων των παραπάνω δεδομένων, εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα για τις σχέσεις μεταξύ των ρηξιγενών δομών καθώς και για τον κινηματικό τους χαρακτήρα. Για την συγκεκριμένη περιοχή επισημαίνεται ο χαρακτήρας της οριζόντιας δεξιόστροφης ολίσθησης στα ρήγματα με γενική διεύθυνση Β-Ν και ο κανονικός χαρακτήρας των ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρησιμοποίηση αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων για την εξαγωγή γεωλογικών συμπερασμάτων έχει γίνει πλέον απαραίτητο κομμάτι στις γεωλογικές μελέτες, ιδιαίτερα όταν αυτές έχουν να κάνουν με μέση κλίμακα παρατήρησης. Γεωλόγοι όλων των ειδικοτήτων που ασχολούνται με χαρτογράφηση υπαίθρου, υιοθετούν ολοένα τα τεχνολογικά επιτεύγματα της διαστημικής παρατήρησης ως συμπληρωματικό εργαλείο στις παρατηρήσεις υπαίθρου. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου χρειάζεται χαρτογράφηση μεγάλης κλίμακας, οι παρατηρήσεις που είναι δυνατό να προκύψουν από την μελέτη των αναλογικών ή πολύ περισσότερο των ψηφιακών δορυφορικών εικόνων, μπορεί να αποδειχθούν πολύ σημαντικές. Ερμηνεύοντας δε τις ψηφιακές δορυφορικές εικόνες μετά από κατάλληλη επεξεργασία εικόνας, ο γεωεπιστήμονας έχει την δυνατότητα να δει την περιοχή που μελετάει από μια διαφορετική οπτική γωνία, που είναι σίγουρα ενδιαφέρουσα και συχνά του δίνει την ευκαιρία να απαντήσει σε ερωτήματα που δεν έχουν απαντηθεί ή να δημιουργήσει νέα.

Πέρα από την ερμηνεία των εικόνων σε δύο διαστάσεις, η χρησιμοποίηση των ΣΓΠ δίνει την δυνατότητα εισαγωγής της τρίτης διάστασης, η οποία κάνει την διαδικασία της ερμηνείας πιο προσιτή στον μη ειδικευμένο, σε παρόμοιες τεχνικές, γεωεπιστήμονα. Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια συνδυασμού των δύο τεχνικών επεξεργασίας, με στόχο τον εντοπισμό

<sup>\*</sup> Δρ Γεωλόγος, Προϊστάμενος Υπηρεσίας Εφαρμογών Τηλεπισκόπησης, ΙΓΜΕ, Μεσογείων 70, 11527 Αθήνα, yetigme@otenet.gr

<sup>\*\*</sup> MSc Δυναμική, Τεκτονική & Εφ. Γεωλογία, Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Παν/πολη Ζωγράφου, 15784 Αθήνα, vassilakis@geol.uoa.gr

<sup>\*\*\*</sup> Μεταλλειολόγος Μηχανικός, Συνεργάτης Υπηρεσίας Εφαρμογών Τηλεπισκόπησης, ΙΓΜΕ

ρηξιγενών δομών στο δυτικό περιθώριο της λεκάνης του Ηρακλείου, αλλά και την αποσαφήνιση του κινηματικού τους χαρακτήρα πριν την τελική επιβεβαίωση στην ύπαιθρο.

## ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η περιοχή που μελετήθηκε αποτελεί το δυτικό κράσπεδο της λεκάνης του Ηρακλείου. Οι αλπικοί σχηματισμοί που την συνθέτουν ανήκουν στις ενότητες Γαβρόβου, Μάνης, Άρνας και Άρβης, με την μορφή που αυτές εμφανίζονται στην Κρήτη και αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης.

Η ενότητα Γαβρόβου εμφανίζεται με μέρος της ανθρακικής της σειράς με ηλικία Ιουρασικό – Κρητιδικό (Paranikolaou D., 1988). Η έντονη καρστικοποίηση και οι κύριες διευθύνσεις διαρρήξεων (B-N & A-Δ) που παρουσιάζουν οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι και οι σημαντικότεροι λόγοι διαφυγής των υπογείων υδάτων, κυρίως προς τις ακτές του Κρητικού Πελάγους (Αλμυρός, Μπαλί κλπ.). Η ενότητα της Μάνης έχει μικρή εμφάνιση στα δυτικά της περιοχής με λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους και κερατολιθικές ενδιαστρώσεις. Ακόμα εμφανίζονται οι οφιόλιθοι της ενότητας της Άρβης με την μορφή απομονωμένων ρακών.

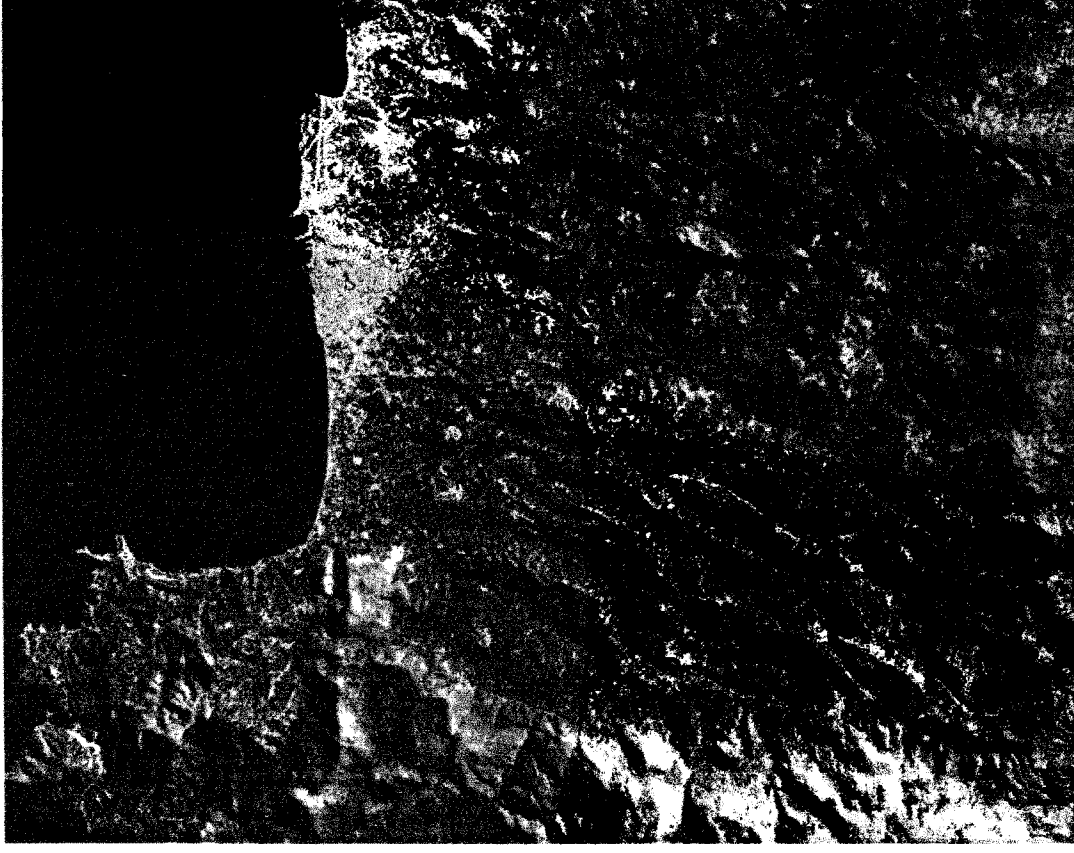
Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής που μελετήθηκε αποτελείται από Νεογενείς σχηματισμούς που εμφανίζονται μάλιστα σε αρκετά μεγάλα υψόμετρα (800μ. στον Κρουσώνα) και καλύπτουν, πιθανότατα, τα ανθρακικά ιζήματα της ενότητας της Τρίπολης τα οποία επανεμφανίζονται στο όρος Γιούχτα στα ανατολικά (Paranikolaou D., 1988).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Η μελέτη της περιοχής έγινε σε πρώτη φάση από δορυφορικές εικόνες SPOT-XS με διακριτική ικανότητα 20 μέτρα και LANDSAT-TM με διακριτική ικανότητα 30 μέτρα καθώς και από αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:33.000.

Η εικόνα SPOT (εικόνα 1α) χρησιμοποιήθηκε για την μεγαλύτερη διακριτικότητα που έχει ενώ η LANDSAT-TM για την πολυφασματική της πληροφόρηση. Η παράλληλη παρατήρηση των δύο δορυφορικών συστημάτων απαλείφει μέχρι ένα βαθμό τα μειονεκτήματα του ενός με τα πλεονεκτήματα του άλλου συστήματος (Astaras Th., 1989, Astaras Th., 1991). Έτσι η μικρότερη διακριτικότητα του συστήματος LANDSAT-TM ενισχύεται από την εικόνα SPOT, ενώ τα επτά κανάλια της εικόνας LANDSAT-TM δίνουν περισσότερες επιλογές στην ψευδέγχρωμη παρουσίαση των δεδομένων και εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τις επιφανειακές εμφανίσεις των γεωλογικών σχηματισμών και τον ρηξιγενή ιστό της αποτυπούμενης περιοχής. Η δυνατότητα που δίνουν οι πολλοί συνδυασμοί καναλιών και φυσικά η ψηφιακή επεξεργασία (Mather P., 1989) των εικόνων για την βελτίωση του οπτικού αποτελέσματος (χρησιμοποιώντας το λογισμικό ERDAS – Imagine), διευκολύνει την περαιτέρω ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων.

Στην ψευδέγχρωμη εικόνα LANDSAT-TM με συνδυασμό καναλιών 6,3,2 (R,G,B) (εικόνα 1β) οι γυμνοί ανθρακικοί σχηματισμοί έχουν πάρεϊ γαλάζιο χρώμα και είναι εμφανής η αντίθεση που παρουσιάζουν με τους φυτοκαλυμμένους μεταλπικούς σχηματισμούς οι οποίοι έχουν πάρεϊ κοκκινωπό χρώμα. Οι οφιόλιθοι έχουν μικρή εμφάνιση και δεν αναδεικνύονται καλά στην εικόνα αυτή είτε λόγω της χαμηλής διακριτικότητας είτε λόγω του συγκεκριμένου συνδυασμού καναλιών. Αντίθετα, με τον συγκεκριμένο συνδυασμό είναι εμφανής η παράκτια εκφόρτιση στην περιοχή του Αλμυρού καθώς χρησιμοποιώντας το κανάλι 6 (κόκκινο) γίνονται εμφανείς οι διαφορές θερμοκρασίας, ιδιαίτερα στις υδάτινες μάζες (Barret & Curtis, 1992). Έτσι το νερό που εκφορτίζεται από τη καρστική πηγή του Αλμυρού και έχοντας ως γνωστόν μεγαλύτερη θερμοκρασία από την θάλασσα, δημιουργεί αυτή την αντίθεση (σημειώνεται με το βέλος).



Landsat-7M Band 6 3:2

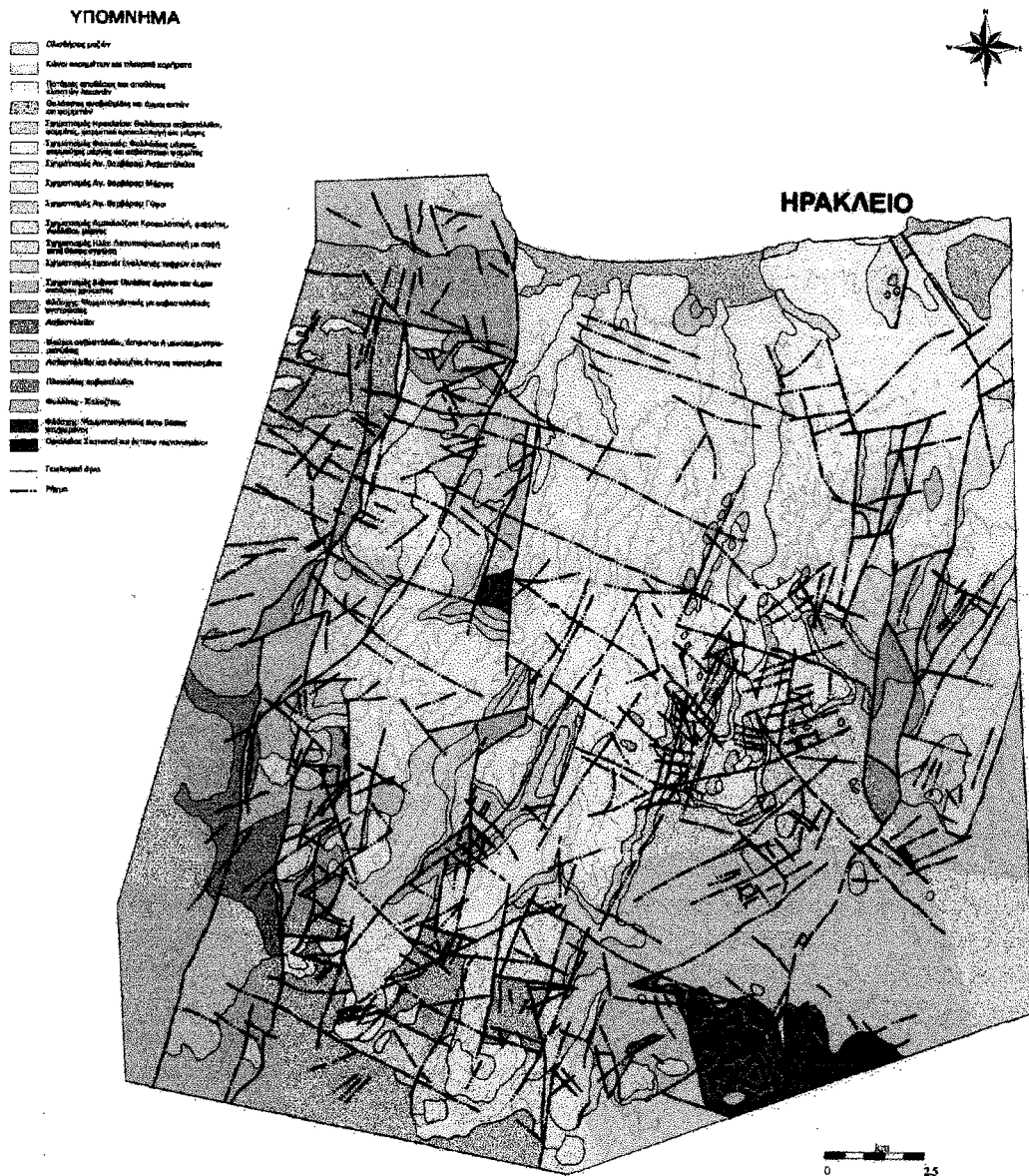
Scale



**Εικ.1. (α)** Δορυφορική εικόνα Spot, με συνδυασμό καναλιών (3:2:1, R:G:B), που απεικονίζει το δυτικό κράσπεδο της λεκάνης του Ηρακλείου και **(β)** Δορυφορική εικόνα Landsat-7M, γεωμετρικά διορθωμένη, με συνδυασμό καναλιών (6:3:2, R:G:B), όπου απεικονίζεται η ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου. Το βέλος υποδεικνύει την παράκτια εκφόρτιση στην περιοχή του Αλιμυρού.

Στη δορυφορική εικόνα SPOT-XS χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός 3,2,1 (R,G,B) που απεικονίζει το πραγματικό χρώμα που έχει η περιοχή κοιτώντας τη από ψηλά. Σκοπός της χρησιμοποίησης της παραπάνω ψηφιακής εικόνας ήταν η καλύτερη διακριτικότητα που προσφέρεται από το συγκεκριμένο δορυφορικό σύστημα με αποτέλεσμα να υπάρξει μεγαλύτερη ακρίβεια στον διαχωρισμό των λιθολογικών σχηματισμών και να εντοπιστούν ακριβέστερα τα σημεία γεωλογικού προβληματισμού για περαιτέρω μελέτη και υπαίθρια επίσκεψη.

Χρησιμοποιώντας τα συμπεράσματα από την παρατήρηση των παραπάνω δορυφορικών εικόνων, ενισχυμένα από την στερεοσκοπική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών, συντάχθηκε φωτογεωλογικός χάρτης (εικόνα 2). Ιδιαίτερα χαρακτηριστικές είναι οι γραμμώσεις που παρατηρήθηκαν και σημειώθηκαν στον παραπάνω χάρτη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μεγάλης διακριτικής ικανότητας, οι ασυνέχειες που εντοπίστηκαν έχουν μεγάλη ακρίβεια όσον αφορά στον χώρο και αντιστοιχούν είτε σε ρήγματα, είτε σε εδαφικές διαρρήξεις, ή σε διάφορα άλλα φαινόμενα και δομές γραμμικού χαρακτήρα. Οι επιφανειακές αυτές γραμμώσεις ελέγχθηκαν με εργασίες υπαίθρου και αφού διαχωρίστηκαν από αυτές που αντιστοιχούσαν σε μη τεκτονικές (Φωκάς Ερ., 1990), ενσωματώθηκαν στον φωτογεωλογικό χάρτη.



**Εικ.2.** Φωτογεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Λεκάνης Ηρακλείου.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ GIS

Σε δεύτερη φάση κρίθηκε αναγκαίο να ψηφιοποιηθούν τα τοπογραφικά δεδομένα και δημιουργηθούν ανυσματικοί χάρτες, για να γίνει πιο λεπτομερής η μελέτη της περιοχής και για να συνδυαστούν, μπαίνοντας σε κοινή βάση δεδομένων όλα τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί. Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν σαν πηγή πληροφοριών είναι οι τοπογραφικοί χάρτες 1:50.000 της ΓΥΣ και πιο συγκεκριμένα τα φύλλα χάρτη Ηρακλείου, Ανωγείων, Τυμπακίου και Επάνω Αρχάνων. Η ισοδιάσταση που χρησιμοποιήθηκε ήταν 40m, η οποία θεωρήθηκε ικανοποιητική για την κλίμακα που βασίστηκε η εργασία και τις ιδιαίτερα μεγάλες διακυμάνσεις στο ανάγλυφο της περιοχής. Τα παραπάνω φύλλα καλύπτουν το δυτικό κράσπεδο της λεκάνης του Ηρακλείου.

Η αναλογική πληροφορία αυτών των χαρτών (ισοϋψείς καμπύλες, οδικό και υδρογραφικό δίκτυο) μετατράπηκε σε ψηφιακή. Η μετατροπή αυτή έγινε με τη χρήση σαρωτή (scanner) και με τη χρήση ψηφιοποιητή (digitizer). Τα ψηφιακά δεδομένα που παράγονται με τη σάρωση είναι σε πινακοποιημένη δομή (raster) χωρίς γεωγραφική πληροφορία παρά μόνο πληροφορία για την τιμή του κάθε pixel (συνήθως 0 ή 1). Με τη χρήση του λογισμικού πακέτου CADCORE μετατράπηκαν σε ανυσματική μορφή (vector) και προστέθηκε η γεωγραφική πληροφορία (στη περίπτωση των ισοϋψών, οι οριζόντιες συντεταγμένες τους και το υψόμετρο).

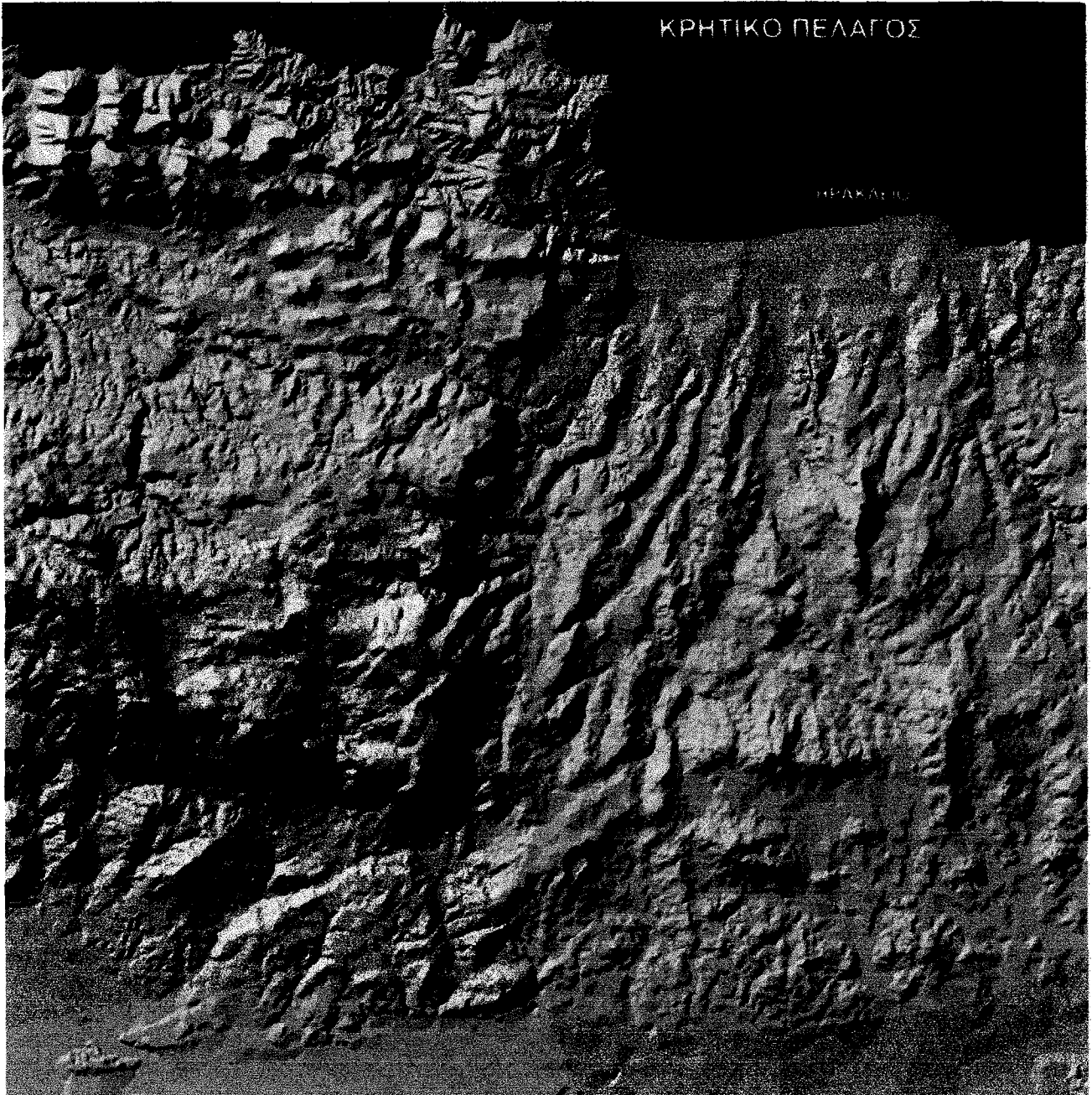
Η διαδικασία ήταν αρκετά χρονοβόρα λόγω της χρησιμοποίησης διαφορετικών λογισμικών που αντιμετώπιζαν προβλήματα συμβατότητας αλλά και του έντονου μορφολογικού ανάγλυφου που έχει η περιοχή μελέτης. Το αρχείο των ισοϋψών εισάγεται για επεξεργασία στο λογισμικό ARC/INFO.

Στην συνέχεια με βάση αυτό το αρχείο δημιουργείται, με τη χρήση του module GRID, ένα Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (ΨΜΑ ή DEM). Με το DEM καλύπτεται ολόκληρη η περιοχή του χάρτη από ένα διδιάστατο κάναβο (grid), στις κορυφές του οποίου καταγράφεται η τιμή του υψόμετρου. Το DEM είναι δηλαδή μια ασπρόμαυρη διδιάστατη εικόνα με όλες τις ενδιάμεσες διαβαθμίσεις του γκρι, ανάλογα με το υψόμετρο του σημείου που απεικονίζεται. Η παραγόμενη πληροφορία είναι σημαντική για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν το μορφοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής ενώ φαίνονται καθαρά πολύ σημαντικά γεωμορφολογικά στοιχεία (υδρογραφικό δίκτυο, λεκάνες απορροής, ανάγλυφο, κλπ.). Τα pixels με μικρές ψηφιακές τιμές (βαθύτεροι τόνοι του γκρι) απεικονίζουν περιοχές χαμηλού υψόμετρου, ενώ αντίθετα αυτά με μεγάλες ψηφιακές τιμές απεικονίζουν περιοχές με μεγαλύτερα, σχετικά, υψόμετρα.

Μετά από επεξεργασία του DEM δημιουργήθηκε ο χάρτης σκιασμένου αναγλύφου (εικόνα 3). Ο πανοραμικός χάρτης σκιασμένου αναγλύφου είναι ουσιαστικά η απεικόνιση της τρίτης διάστασης με την χρησιμοποίηση μιας ψεύτικης φωτεινής πηγής που υποκαθιστά τον ήλιο. Το μέγεθος της κυψέλης (cell) του κανάβου είναι 20 μέτρα. Η θέση της φωτεινής πηγής είναι: οριζόντια γωνία  $315^\circ$ , κατακόρυφη γωνία  $35^\circ$ . Ο συντελεστής μεγέθυνσης ως προς την κατακόρυφο είναι 2 και αυτό χρησιμεύει στην καλύτερη ανάδειξη του αναγλύφου.

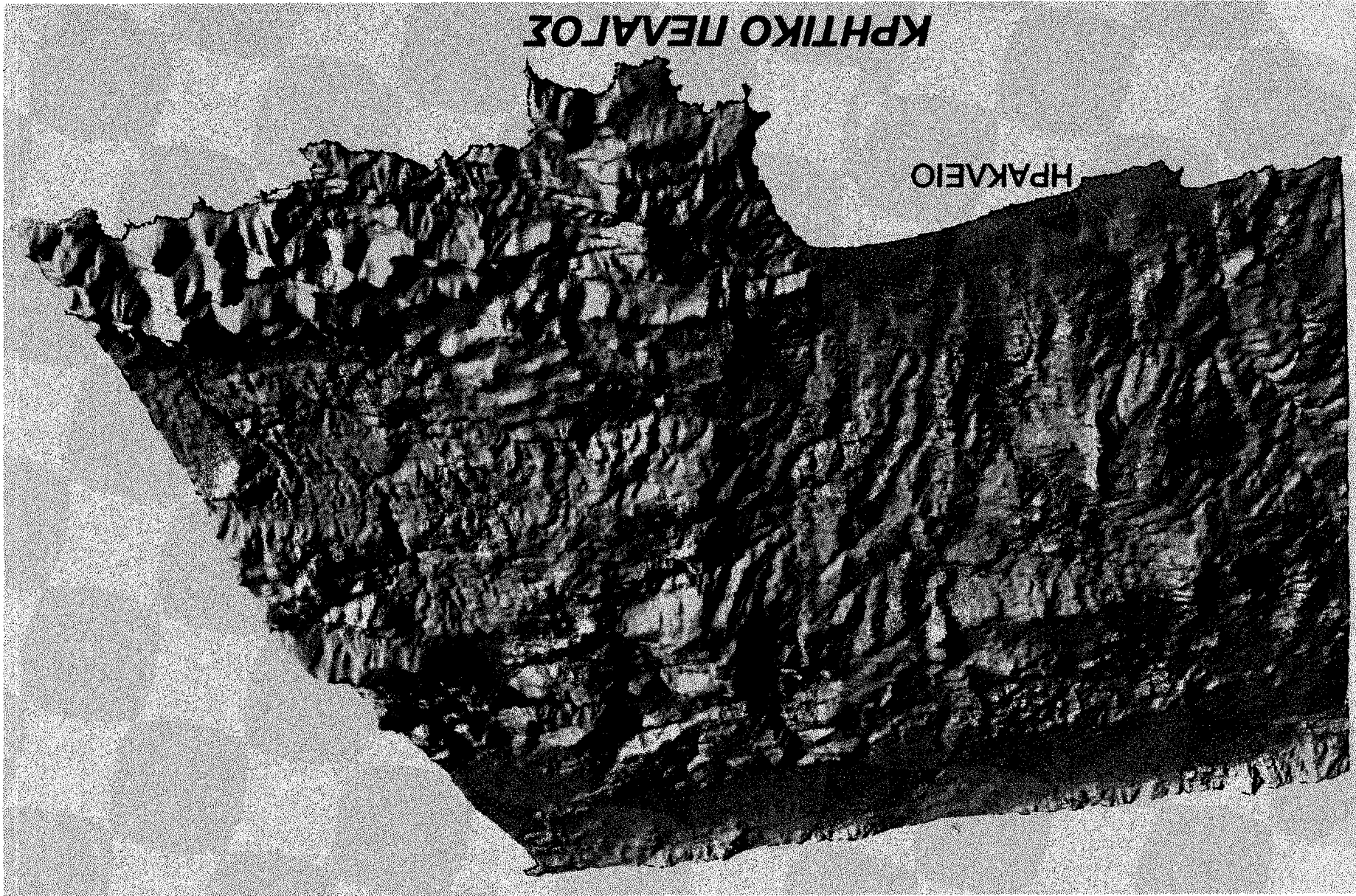
Σε επόμενο στάδιο παράχθηκε ένας προοπτικός χάρτης σκιασμένου αναγλύφου (εικόνα 4) ο οποίος προκύπτει με τη χρήση των modules ARCPLOT και GRID. Το DEM χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του προοπτικού και στη συνέχεια γίνεται επικάλυψη με το χάρτη σκιασμένου αναγλύφου και με τα ρήγματα που έχουν χαρτογραφηθεί με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Είναι πολύ εμφανής η ρηξιγενής ζώνη οριζόντιας ολίσθησης διεύθυνσης Β-Ν, στο βόρειο άκρο της οποίας είδαμε στην εικόνα LANDSAT την θερμική ανωμαλία και που αντιστοιχεί στα νερά της καρστικής πηγής του Αλμυρού.

Τέλος αξιοποιώντας όλα τα δεδομένα που εισήχθησαν στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών παράχθηκε ένας έγχρωμος χάρτης σκιασμένου αναγλύφου (εικόνα 5). Ο έγχρωμος χάρτης σκιασμένου αναγλύφου είναι μία σύνθεση του φωτογεωλογικού χάρτη (εικόνα 2) και του σκιασμένου αναγλύφου της περιοχής (εικόνα 3) και πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του module GRID και του χρωματικού μοντέλου HSV (Hue, Saturation, Value). Οι τιμές του Hue και του Saturation προκύπτουν από το γεωλογικό χάρτη, και οι τιμές του Value από το σκιασμένο ανάγλυφο. Το μέγεθος της κυψέλης του κανάβου και σε αυτό το χάρτη είναι 20 μέτρα. Στη συνθετική αυτή εικόνα γίνεται συνδυασμός της γεωλογικής και της γεωμορφολογικής πληροφορίας που έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη κατανόηση του ρόλου των γεωλογικών σχηματισμών στην μορφογένεση και τις εναλλαγές του αναγλύφου.

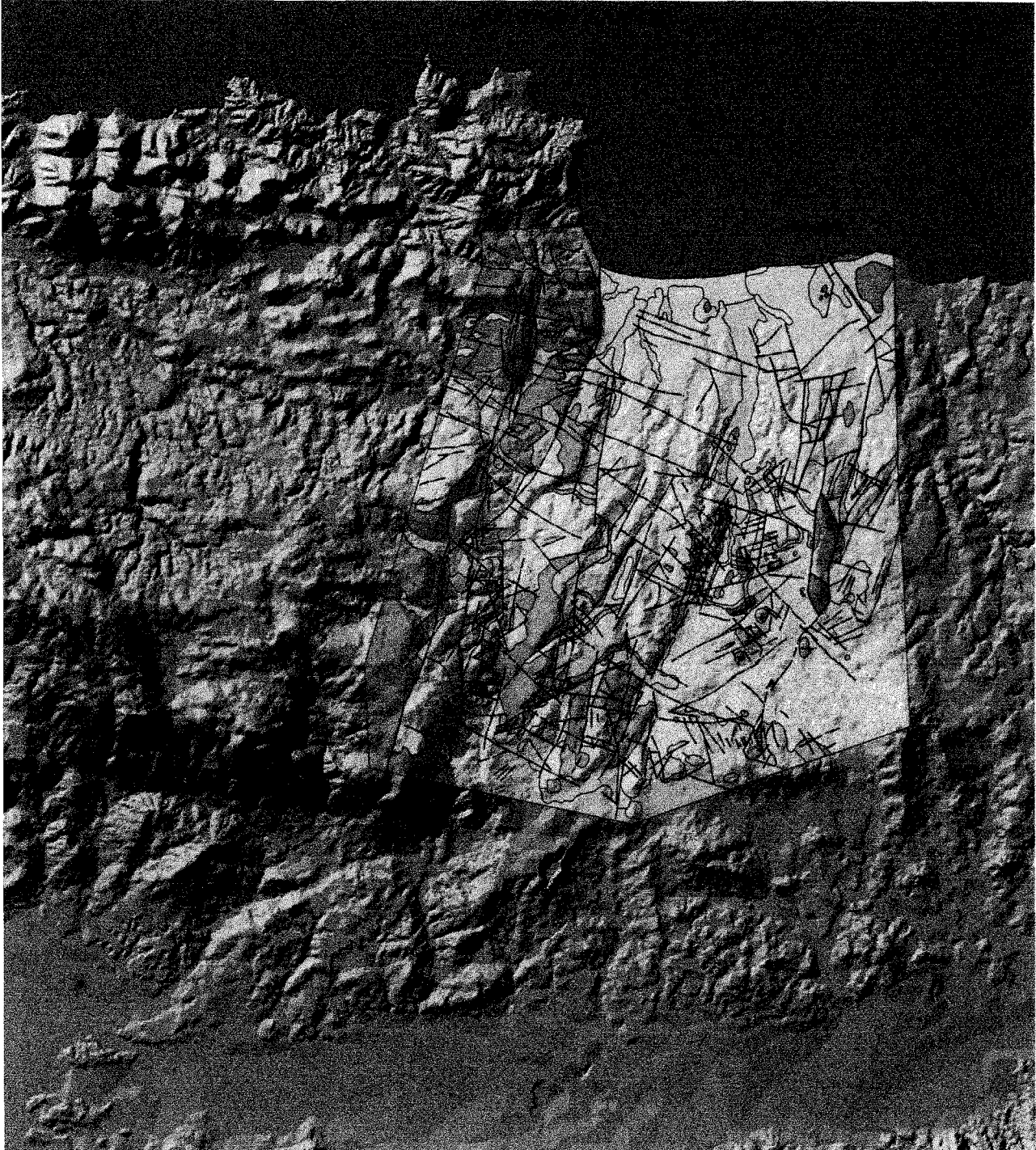


**Εικ.3.** Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου που προέκυψε από το DEM της περιοχής μελέτης. Η φωτεινή πηγή βρίσκεται σε οριζόντια γωνία  $315^\circ$ , γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων  $35^\circ$ , ενώ το ανάγλυφο είναι παραμορφωμένο 2 φορές ως προς την κατακόρυφο για να γίνει πιο έντονη η αντίθεση.

ΕΙΚ.4. Προοπτική εικόνα σκιασμένου αναγλύφου που επιδεικνύει τη μορφοπλαστικότητα που είχαν μεταρπάει σε πραγματικές συντεταγμένες.







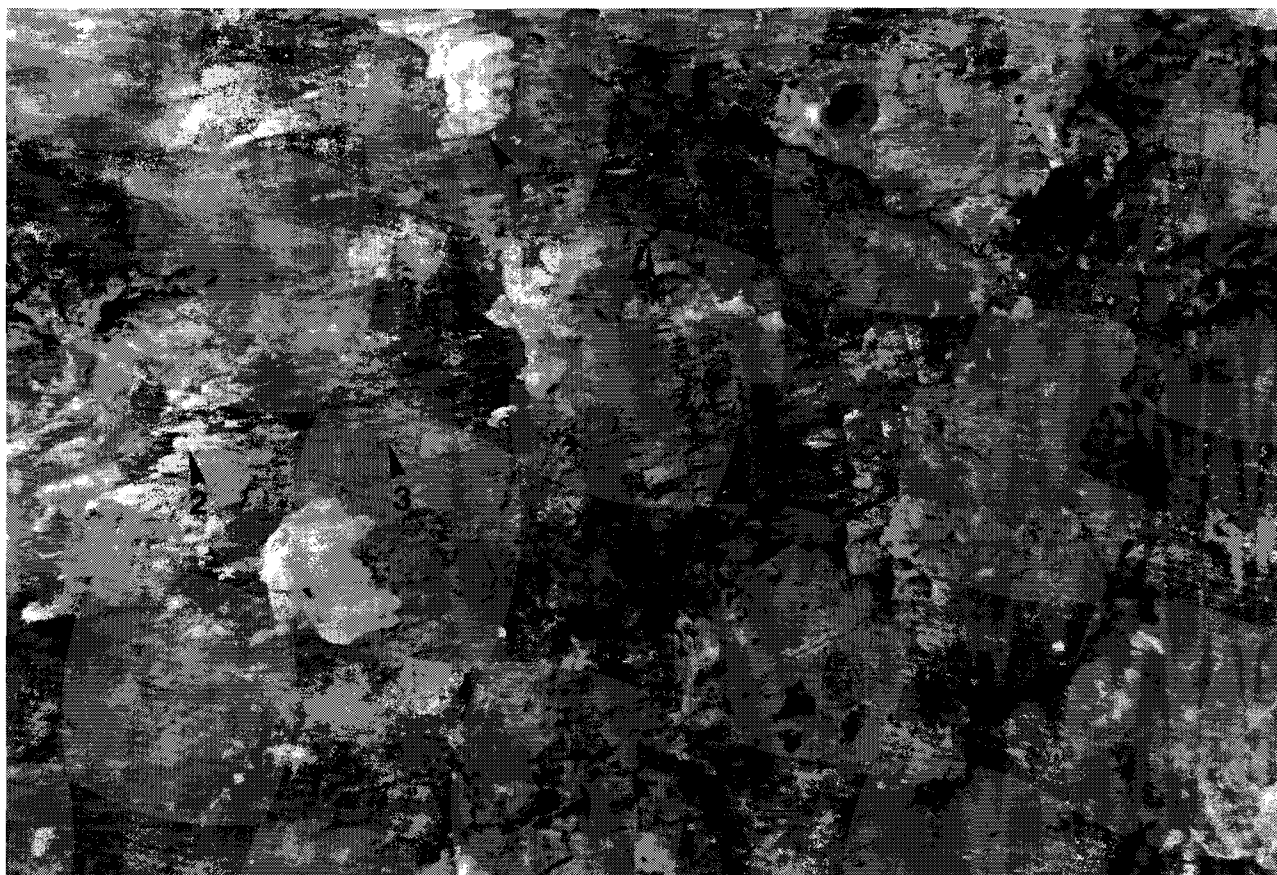
**Εικ.5.** Έγχρωμος χάρτης σκιασμένου αναγλύφου(βασικό επίπεδο πληροφορίας)σε σύνθεση με τον φωτογεωλογικό χάρτη ενός τμήματος της περιοχής (δεύτερο επίπεδο πληροφορίας)που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του module GRID και του χρωματικού μοντέλου HSV (Hue, Saturation, Value).

## ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ – GIS – ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Μετά από την επεξεργασία των προϊόντων που προέκυψαν από τις παραπάνω διεργασίες και συνδυάζοντας τα νέα δεδομένα που προκύπτουν από τις τεχνικές αυτές με τις υπαίθριες, κλασσικές παρατηρήσεις έγινε η γεωλογική ερμηνεία της περιοχής.

Έτσι εντοπίστηκαν δύο κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων μια Β-Ν με δεξιόστροφη οριζόντια ολίσθηση που ελέγχει το δυτικό κράσπεδο της λεκάνης και μια με διεύθυνση Α-Δ που την αποτελούν κανονικά ρήγματα που επηρεάζουν όχι μόνο το υπόβαθρο αλλά και τα νεότερα ιζήματα. Η επιβεβαίωση της δεξιόστροφης κίνησης της πρώτης ρηξιγενούς ζώνης, εκτός των σιγμοειδών μορφών που παίρνουν οι κύριοι κλάδοι των ρεμάτων που βρίσκονται κοντά στη ζώνη και είναι ιδιαίτερα εμφανείς στις δορυφορικές εικόνες των δύο συστημάτων, έγινε και με υπαίθρια παρατήρηση. Οι πρισματικοί κρύσταλλοι που βρέθηκαν, αναπτύσσονται είτε δημιουργώντας ένα τοπικό ασβεστίτικο επίχρισμα, είτε σχηματίζοντας ράβδωση παράλληλα με τις γραμμές ολίσθησης (εικόνα 6). Επίσης διακρίνεται η διάρρηξη των κρυστάλλων αυτών σχηματίζοντας ένα δόντι, το οποίο βλέπει προς την πλευρά που κινήθηκε το τέμαχος που λείπει (προς τα αριστερά).

Η σχετική κίνηση που περιγράφηκε παραπάνω, έδωσε πιθανότατα την τοξωτή μορφή που έχουν οι κύριοι κλάδοι των ποταμών που ρέουν κοντά στο δυτικό κράσπεδο της λεκάνης του Ηρακλείου. Έτσι αποκαλύπτεται και με αυτή τη μέθοδο η δεξιόστροφη κίνηση της ορεινής μάζας που βρίσκεται δυτικά και κινείται προς τα βόρεια σε σχέση με την ανατολική, πεδινή ως επί το πλείστον, περιοχή.



**Εικ. 6.** Φωτογραφία από την κατοπτρική επιφάνεια της ρηξιγενούς ζώνης που περιγράφεται στο κείμενο. Διακρίνεται η ανάπτυξη πρισματικών κρυστάλλων ασβεστίτη που δημιουργούν είτε μια τοπική κρούστα (1) είτε ράβδωση (2), παράλληλα με τις γραμμές ολίσθησης (3). Επίσης διακρίνεται η διάρρηξη των κρυστάλλων αυτών σχηματίζοντας ένα δόντι, το οποίο βλέπει προς την πλευρά που κινήθηκε το τέμαχος που λείπει (δηλαδή προς τα αριστερά).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω στοιχεία φάνηκε καθαρά ότι τα δεδομένα Τηλεπισκόπησης (Α/Φ, δορυφορικές εικόνες) σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που προσφέρουν τα λογισμικά πακέτα GIS, μπορούν να συμβάλλουν στην επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με την γεωλογική έρευνα και την καλύτερη κατανόηση του τεκτονικού καθεστώτος μιας περιοχής, μελετώντας την σε πρώτη φάση, σε κλίμακα όπου είναι ορατές μεγάλες δομές.

Καταλήγοντας, η ορεινή μάζα που οριοθετεί το δυτικό κράσπεδο της λεκάνης του Ηρακλείου φαίνεται, από όσα είπαμε παραπάνω φαίνεται να κινείται, σχετικά, προς τα βόρεια με ταυτόχρονη ανύψωση σε σχέση με την λεκάνη του Ηρακλείου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**Astaras, Th. (1989):** The contribution of Landsat Thematic Mapper (TM) imagery to reconnaissance geological and geomorphological mapping in mountain area of Kerkini - SW part of Rhodope and surrounding plains (Hellenic - Bulgarian borders). 2nd Hellenic - Bulgarian Symposium on the Geological and Physiographical problems of the Rhodope massif, Thessaloniki, Oct. Geogr. Rodopica, V2, p.104-114.

**Astaras, Th. (1991):** Geological lineaments interpretation of SIR-A and LANDSAT imageries of Cephalonia Island, Ionian Sea, Greece. Proceedings of the Workshop on Radar in Geology. EARSEL, Graz, AUSTRIA, 2<sup>nd</sup> July 1991, p.58-66.

**Barret, E. and Curtis, L. (1992):** Introduction to environmental remote sensing, Chapman & Hall, pp. 426.

**Mather, P. (1989):** Computer processing of remotely-sensed images, Wiley, pp. 352.

**Papanikolaou, D. (1988):** Introduction to the geology of Crete. IGCP project No276, first field meeting Crete-Greece, October 10-14, 1988. Guide Book on 'Paleozoic tectonic domains and their alpidic evolution in the Tethys', p.3-16.

**Φωκάς, Ερ. (1990):** Συσχέτιση των γραμμικών στοιχείων που παρατηρούνται στις δορυφορικές εικόνες Landsat της Δυτικής Ελλάδας με γεωλογικά δεδομένα. Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Αθηνών, Μάιος 1990, σ.137.