

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ  
ΤΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ  
LANDSAT  
ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ  
ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ  
ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ Ε.Μ.Π.  
Ο.Α.Σ.Π.

Α Θ Η Ν Α 1990

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9, 157 73 ΖΩΓΡΑΦΟΣ, ΤΗΛ. 7798471

<input type="checkbox"/> ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ :	Ο.Α.Σ.Π.
<input type="checkbox"/> ΣΥΜΒΑΣΗ :	29.11.1988
<input type="checkbox"/> ΠΗΓΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ :	Ο.Α.Σ.Π.
<input type="checkbox"/> ΔΙΑΡΚΕΙΑ :	1989 - 1990
<input type="checkbox"/> ΤΙΤΛΟΣ :	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ LANDSAT ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
<input type="checkbox"/> ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ :	Δρ. Μηχ. Δημ. Ρόκος Καθηγητής Ε.Μ.Πολυτεχνείου Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης
<input type="checkbox"/> ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ :	Καθ. Δημ. Ρόκος Καθ. Ν. Φυτρολάκης Δρ. Μ. Στεφούλη Διπλ. Μηχ. Ι. Σπυράκος, υποψ. διδάκτωρ
<input type="checkbox"/> ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ :	Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης Ε.Μ.Π.
<input type="checkbox"/> ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ :	Ηρώων Πολυτεχνείου 9 157 73 Ζωγράφου
<input type="checkbox"/> ΤΗΛΕΦΩΝΟ :	(01-) 7798471, 7705511-5
<input type="checkbox"/> ΤΕΛΕΞ :	221682 ΕΜΠ
<input type="checkbox"/> ΦΑΞ :	3626792 ΕΜΠ
<input type="checkbox"/> ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ :	σεισμοτεκτονική έρευνα, Καλαμάτα, φωτοερμηνεία, τηλεπισκοπική μεθοδολογία, ψηφιακές επεξεργασίες, τηλεπισκοπικές απεικονίσεις Landsat, ενίσχυση φωτογραμμώσεων



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελίδα
Περιεχόμενα .....	1
Πρόλογος .....	4
● <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u> .....	ΕΙΣΑΓΩΓΗ . 6
● <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u> .....	ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ . 11
2.1 Συλλογή πληροφοριών σχετικών με την περιοχή μελέτης .....	11
2.2 Επιλογή και εισαγωγή της περιοχής μελέτης στον Η/Υ .....	13
2.3 Προετοιμασία και σύνταξη των βοηθητικών προγραμμάτων Η/Υ .....	14
2.4 Ψηφιοποίηση των ήδη χαρτογραφημένων γεωτεκτονικών δεδομένων .....	15
● <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u> .....	ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ TM - LANDSAT .....
3.1 Εισαγωγή στη σεισμοτεκτονική έρευνα με εφαρμογή της Φωτοερμηνευτικής/ Τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας .....	17
3.2 Τα αναμενόμενα οφέλη από την ανάλυση των απεικονίσεων LANDSAT στη σεισμοτεκτονική μελέτη μιας περιοχής .....	20
3.3 Εισαγωγή στις επεξεργασίες των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων .....	21
3.4 Ορισμός της "γραμμωσης" (lineament) .....	23
3.5 Παράγοντες που σχετίζονται με τη φωτοερμηνεία των "γραμμώσεων" ....	25
● <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u> .....	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ . 27
4.1 Εισαγωγή .....	27
4.2 Μέθοδοι παρουσίασης των αποτελεσμάτων των επεξεργασιών εικόνας ....	27
4.3 Ενίσχυση της αντίθεσης .....	28
4.4 Χρωματική σύνθεση .....	29
4.5 Τεμαχιοποίηση της πυκνότητας (density slicing) .....	34
4.6 Ανίχνευση - ενίσχυση ορίων .....	35
4.6.1 Φίλτρα συνέλιξης (convolution) .....	36
4.6.2 Πείραμα αυτόματης παραγωγής ροδοδιαγραμμάτων .....	46

4.6.3	Μη γραμμικό φίλτρο Sobel .....	47
4.7	Μετασχηματισμός της χρωματικής πληροφορίας (HIS-RGB Transformations) .....	48
4.8	Λόγος καναλιών .....	50
4.9	Διαφορά καναλιών .....	55
●	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ .	58
5.1	Ψηφιοποίηση των φωτογραμμώσεων από φωτοερμηνεία των λήψεων .....	58
5.2	Επαλήθευση και συμπλήρωση της φωτοερμηνείας με επίγειο έλεγχο .....	61
5.3	Γεωλογική και τεκτονική επισκόπηση της περιοχής έρευνας .....	62
5.3.1	Γεωτεκτονικές ενότητες .....	62
5.3.2	Νεοτεκτονικές συνθήκες και ενότητες .....	63
5.4	Χαρτογραφική απόδοση των "γραμμώσεων" .....	65
●	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ .	67
6.1	Ποιοτική ανάλυση των χαρτών .....	67
6.1.1	Χάρτες 1, 2 και 3 .....	67
6.1.2	Χάρτες 4 και 5 .....	68
6.1.3	Χάρτης 7 .....	71
6.2	Στατιστική επεξεργασία των "γραμμώσεων" .....	71
6.3	Στατιστική ανάλυση των "γραμμώσεων" .....	72
6.3.1	Ροδοδιαγράμματα συχνότητας "γραμμώσεων" και ρηγμάτων .....	73
6.3.1.1	Βόρειες υποπεριοχές Β και Γ .....	73
6.3.1.2	Κεντρικές υποπεριοχές Ε και Ζ .....	74
6.3.1.3	Νοτιοανατολική υποπεριοχή Ι .....	74
6.3.1.4	Συγκεντρωτικό διάγραμμα Σ .....	74
6.3.2	Ροδοδιαγράμματα πυκνότητας "γραμμώσεων" και ρηγμάτων .....	75
6.3.3	Ιστογράμματα συχνότητας μήκους "γραμμώσεων" και ρηγμάτων .....	75
●	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .	76
7.1	Συμβολή της ολοκληρωμένης ανάλυσης δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων LANDSAT στη μελέτη της σεισμοτεκτονικής δομής μιας ελληνικής περιοχής .....	76
7.2	Αξιοποίηση της δορυφορικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης LANDSAT TM της 27.6.85 .....	81

● <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u> .....	83
● <u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I</u> .....	89
Προγράμματα γεωδαιτικής / γεωγραφικής αναφοράς και διαχείρισης και στατιστικής ανάλυσης των γεωλογικών πληροφοριών .....	89
● <u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II</u> .....	106
Φωτοερμηνευτικά και Τηλεπισκοπικά όργανα και συστήματα (αναλογικά και Ψηφιακά) του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. (1990) τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.	
Α. Φωτοερμηνευτικά και Τηλεπισκοπικά όργανα και συστήματα .....	106
Β. Ψηφιακός εξοπλισμός επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων .....	106
● <u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III</u> .....	109
Χάρτες .....	110
Διαγράμματα .....	119
Φωτογραφίες .....	137

— 0 —

## Πρόλογος.

Η ιδέα για την εκπόνηση ενός διεπιστημονικού ερευνητικού προγράμματος στα πεδία της Γεωλογίας, Γεωτεκτονικής, και Φωτοερμηνείας/ Τηλεπισκόπησης/ Ψηφιακών Επεξεργασιών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων και η σχετική πρόταση προς τον Ο.Α.Σ.Π., διαμορφώθηκε μετά από διεξοδικές συζητήσεις του επιστημονικού υπεύθυνου του έργου <sup>και</sup> της Δρ. Μ. Στεφούλη στο πλαίσιο των στόχων του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης για προώθηση και ανάπτυξη μεθόδων διεπιστημονικής θεώρησης, προσέγγισης κι έρευνας σημαντικών κι αντικειμενικά πολυδιάστατων προβλημάτων της χώρας μας όπως βέβαια και το πρόβλημα των σεισμών.

Η απόπειρά μας να τεκμηριώσουμε και να εισηγηθούμε στον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας την πρόταση για: "Διερεύνηση των Δυνατοτήτων Συμβολής της Ολοκληρωμένης Ανάλυσης Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων LANDSAT TM στην Προσέγγιση της Σεισμοτεκτονικής Έρευνας μιας Ελληνικής Περιοχής" συνάντησε την ευμενή αποδοχή του Διοικητικού Συμβουλίου και του Διευθυντού του Ο.Α.Σ.Π. και ύστερα από τις σχετικές συζητήσεις οι οποίες προηγήθηκαν της έγκρισης του προγράμματος, αποφασίσθηκε ως πεδίο έρευνας να ορισθεί η ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας, ως ενεργό "φυσικό" εργαστήριο σεισμικής δραστηριότητας για το οποίο υπήρχε ήδη εκτεταμένη γεωλογική, γεωτεκτονική και χαρτογραφική γενικότερα υποδομή.

Βασικός στόχος της έρευνας ήταν η αξιολόγηση των πραγματικών δυνατοτήτων αλλά και των αντικειμενικών περιορισμών των αναλογικών φωτοερμηνευτικών μεθόδων και των τεχνικών ψηφιακών επεξεργασιών δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων LANDSAT TM στη βέλτιστη δυνατή ολοκλήρωσή τους:

- (α) με τις πληροφορίες από ερμηνεία των διαθέσιμων αεροφωτογραφιών της περιοχής,
- (β) με τις εργασίες επίγειου ελέγχου στην περιοχή και
- (γ) με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων τηλεοπτικών καταγραφών και αναλύσεων των σχετικών στοιχείων.

Η διεπιστημονική ερευνητική ομάδα η οποία ασχολήθηκε με το αντικείμενο αυτό συγκροτήθηκε από τους:

Καθηγ. Δρ. Μηχανικό Δημ. Ρόκο επιστημονικό υπεύθυνο του προγράμματος,

Καθηγ. Δρ. Ν. Φυτρολάκη

Δρ. Μ. Στεφούλη

Διπλ. Αγρ. Τοπ. Μηχανικό Ι. Σπυράκο υποψήφιο διδάκτορα Ε.Μ.Π.

και καλύπτει από άποψη ειδικοτήτων τα πεδία του Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού και του Γεωλόγου και των αναλογικών και ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών ερμηνείας και ανάλυσης τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

Εκ μέρους της ερευνητικής ομάδας του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. και των συνεργατών ερευνητών θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω τη Διοίκηση του Ο.Α.Σ.Π. και τους συναδέλφους κ.κ. Γρίβα και Φουντούλη για την εξαιρετική συνεργασία και την αμέριστη συμπαράστασή τους στη διάρκεια εκπόνησης του ερευνητικού προγράμματος.

Θα ήθελα ακόμη να σημειώσω την ιδιαίτερα επιμελή συμβολή του υποψήφιου διδάκτορα κ. Ι. Σπυράκου σε όλες τις φάσεις της έρευνας.

Ελπίζω τέλος, ότι τα ελπιδοφόρα γενικά και ειδικά συμπεράσματα της έρευνας θα αποτελέσουν υποδομή στήριξης ειδικότερων ερευνών στα σχετικά πεδία αλλά και εγγύηση για τη συνέχιση της δημιουργικής διεπιστημονικής συνεργασίας η οποία θεμελιώθηκε από την Διοίκηση του Ο.Α.Σ.Π. με την ανάθεση αυτού του ερευνητικού προγράμματος.

Αθήνα 1.10.1990

Δ. Ρόκος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
Επιστημονικός Υπεύθυνος  
του Προγράμματος.

Αντικείμενο του Ερευνητικού Προγράμματος αυτού είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων συμβολής της ολοκληρωμένης ανάλυσης δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων LANDSAT TM στην προσέγγιση της σεισμοτεκτονικής έρευνας μιας ελληνικής περιοχής και συγκεκριμένα της περιοχής της Καλαμάτας.

Η επιλογή της περιοχής της Καλαμάτας έγινε για τρεις κυρίως λόγους :

- (α) Λόγω της "φύσης" της, ως φυσικού εργαστηρίου σεισμοτεκτονικής έρευνας,
- (β) Λόγω της εκτεταμένης υφιστάμενης γεωλογικής, γεωτεκτονικής και γενικότερης χαρτογραφικής και ερευνητικής υποδομής για την περιοχή και
- (γ) Λόγω της δυνατότητας αξιοποίησης δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων LANDSAT TM σε ψηφιακή και αναλογική μορφή οι οποίες ελήφθησαν προ και μετά την πρόσφατη καταστροφική σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή αυτή.

Με δεδομένο το ότι και η πρόβλεψη των σεισμών, (όπως άλλωστε κάθε τύπου διερεύνηση πολυδιάστατων φαινομένων και διεργασιών) απαιτεί προσέγγιση του θέματος από πολλές διαφορετικές οπτικές και τη συστηματική και συντονισμένη ανάλυση των "ευρημάτων" και πορισμάτων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη κατά το δυνατόν και πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των αιτιών τα οποία συντελούν στη γένεσή τους, κι επειδή ο συσχετισμός της ερμηνείας των LANDSAT MSS και TM τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με επίκεντρα σεισμών επιχειρήθηκε στο παρελθόν με κατ'αρχήν θετικά αποτελέσματα σε αρκετές μελέτες και εφαρμόζεται στη γενικότερη μεθοδολογία της ανάλυσης της σεισμικής επικινδυνότητας περιοχών, κρίθηκε σκόπιμη η προώθηση ενός συντονισμένου ερευνητικού προγράμματος σεισμολογίας και τεκτονικής, τα αποτελέσματα του οποίου θα μπορούσαν ενδεχομένως να δώσουν πρόσθετες δυνατότητες γνώσης των σύγχρονων κινήσεων του φλοιού και της σεισμικότητας της περιοχής.

Έτσι οι επιμέρους αναλογικές, ψηφιακές, εμπειρικές και στατιστικές μέθοδοι και τεχνικές της Τηλεπισκόπησης θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν κατάλληλα και να δοκιμασθούν σε συνθήκες πράξης στο πλαίσιο μιας διεπιστημονικής ερευνητικής ομάδας, με τη δημιουργική βήμα προς βήμα αλληλεπίδραση και συνεργασία των μελών της, γεωλόγων και αγρονόμων τοπογράφων μηχανικών ειδικών στη φωτοερμηνεία και τις ψηφιακές επεξεργασίες τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

Η τηλεπισκόπηση, με βάση την υπάρχουσα εμπειρία συμβάλλει κυρίως :

- (α) στην αναγνώριση και χαρτογράφηση τεκτονικών δομών. (Λεπτομερείς χάρτες ερμηνείας των στοιχείων των δορυφορικών απεικονίσεων αποκαλύπτουν με αξιοπιστία τα ίχνη των ενεργών ρηγμάτων μεγάλου μήκους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για το σχεδιασμό προγραμμάτων γεωφυσικών μετρήσεων).
- (β) σε τεκτονικές αναλύσεις σεισμογενών περιοχών όπως και στη κατανόηση των παραμορφώσεων οι οποίες σημειώνονται στις περιοχές αυτές. (Παράλληλα βέβαια δίνεται και η δυνατότητα να μελετηθούν όχι μόνο οι "ενεργές" αλλά και οι "ανεργές" περιοχές και στο βαθμό στον οποίο αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στην επεξήγηση αλλά και τη σύγκριση των παραμορφώσεων σε περιφερειακή κλίμακα τα αποτελέσματα μιας τέτοιας μελέτης θα ήταν ενδεχομένως χρήσιμα για να δώσουν ενδιαφέρουσες ενδείξεις για τη γεωδυναμική κατάσταση της ευρύτερης περιοχής).

#### Μεθοδολογία.

Βασικό στοιχείο της μεθοδολογίας η οποία επελέγη να χρησιμοποιηθεί στο ερευνητικό αυτό αντικείμενο είναι η προσπάθεια "ολοκληρωμένης" ανάλυσης των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων LANDSAT TM :

- (α) στην αναλογική υψηλής ευκρίνειας μορφή ψευδοχρωματικών θετικών φωτοτύπων, με τη φωτοερμηνεία τους από διεπιστημονική ομάδα γεωλόγων και αγρονόμων τοπογράφων μηχανικών φωτοερμηνευτών και
- (β) στη ψηφιακή μορφή τους, με τη συστηματική εφαρμογή των καταλληλότερων τεχνικών ψηφιακών επεξεργασιών στους βέλτιστους για το αντικείμενο της έρευνας συνδυασμούς καναλιών, με την κατάλληλη φωτοερμηνεία των πορισμάτων των ψηφιακών επεξεργασιών στην οθόνη των συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων και με τη συγκριτική παραβολή τους με τα πορίσματα της αναλογικής φωτοερμηνείας.

Η πολυδιάστατη ολοκλήρωση της ανάλυσης υποβοηθήθηκε κατάλληλα :

- (α) από την ακριβή γεωδαιτική αναφορά και γεωμετρική διόρθωση των στοιχείων των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων και των πορισμάτων της φωτοερμηνείας,

- (β) από την αξιοποίηση των διαθέσιμων αεροφωτογραφιών κατάλληλων κλιμάκων,
- (γ) από τα στοιχεία του επίγειου ελέγχου ο οποίος σχεδιάσθηκε από την ερευνητική ομάδα και πραγματοποιήθηκε από μέλη της στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας και
- (δ) από τα στοιχεία τηλεοπτικής απεικόνισης και ανάλυσης ενδιαφερουσών χαρακτηριστικών ζωνών της περιοχής της έρευνας.

Η αναλογική φωτοερμηνεία βασίσθηκε στην αξιολόγηση των βασικών φωτοαναγνωριστικών στοιχείων και κυρίως του τόνου, της υψής, της τρίτης διάστασης, των προτύπων, της σκιάς, της θέσης/ τοποθεσίας και της σχέσης με το περιβάλλον.

Η εφαρμογή των καταλληλότερων τεχνικών ενίσχυσης και ψηφιακής επεξεργασίας των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων LANDSAT TM συνέβαλε στην αξιοποίηση της καλύτερης διαθέσιμης ψηφιακής και φασματικής Διαχωριστικής/ Διακριτικής/ Ικανότητας/ Δυνατότητας στην αναγνώριση, χαρτογράφηση, εκτίμηση και ανάλυση εκείνων των στοιχείων τους (τεκτονικά στοιχεία και κατ' επέκταση ενεργά ρήγματα) με τα οποία συσχετίζεται και η εμφάνιση των σεισμών. Στη κατεύθυνση αυτή εφαρμόσθηκαν τεχνικές ενίσχυσης της εικόνας (image enhancement techniques), έτσι ώστε να τονισθούν τα γραμμικά στοιχεία της εικόνας, το υδρογραφικό δίκτυο και να γίνουν εμφανείς οι διαφορές των λιθοστρωματογραφικών ενοτήτων.

Η ερμηνεία και ανάλυση των στοιχείων και πορισμάτων των ψηφιακών επεξεργασιών συνέβαλε στην αναγνώριση της γενικής τεκτονικής της ευρύτερης περιοχής της μελέτης και στην ταχύτερη διαπίστωση τυχόν μεταβολών της οι οποίες θα ήταν δύσκολο να απογραφούν μόνο με συμβατικές μεθόδους ανάλυσης, (π.χ. με χαρτογραφήσεις υπαίθρου οι οποίες είναι χρονοβόρες και έχουν υψηλό κόστος).

Βασικός στόχος της έρευνας αυτής ήταν βέβαια το να εκτιμηθούν, τόσο η γενικότερη χρησιμότητα και συμβολή της μελέτης των LANDSAT TM απεικονίσεων σε σεισμοτεκτονικές μελέτες, όσο και η βοήθεια της ολοκληρωμένης ανάλυσης των LANDSAT εικόνων στην προσέγγιση της σεισμικής επικινδυνότητας της συγκεκριμένης περιοχής της Καλαμάτας ως αξιόπιστης μικρής κλίμακας υποδομής για λεπτομερέστερες μελέτες και έρευνες.

Στην περιοχή της έρευνάς μας η οποία χαρακτηρίζεται από έντονα μεταβαλλόμενο και ποικίλο τοπογραφικό ανάγλυφο και πολύπλοκη γεωλογική δομή οι μέθοδοι και τεχνικές ενίσχυσης οι οποίες εφαρμόσθηκαν για την παραγωγή εικόνων χρήσιμων για την παραπέρα ερμηνεία των τεκτονικών στοιχείων τα οποία απεικονίζονται στις LANDSAT TM είναι :



- Προσθετικές συνθέσεις με τις οποίες η αντίθεση του τόνου και κατ'επέκταση το ανάγλυφο γίνονται εντονότερα στη νέα εικόνα.
- Αναδόμηση των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων για την αξιοποίηση όλης της πληροφορίας την οποία μπορεί να πάρει ο φωτοερμηνευτής από την εικόνα.
- Γραμμική επέκταση και ισοδυναμοποίηση (κυρίως) του ιστογράμματος των ενδιαφερόντων καναλιών του LANDSAT TM ώστε να αξιοποιηθεί όλο το πεδίο των ψηφιακών τιμών.
- Παραγωγή των κατάλληλων ψευδοχρωματικών συνθέσεων για τη συσχέτιση της φασματικής - χωρικής πληροφορίας των βέλτιστων για την έρευνά μας συνδυασμών περιοχών του φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με χρωματικό τονισμό.
- Εφαρμογή τεχνικών φιλτραρίσματος, λόγου και παραγωγίσης καναλιών για τον τονισμό της υψής της εικόνας και κατ'επέκταση των συστημάτων των κατατμήσεων και του υδρογραφικού δικτύου.
- Τεχνικές απόλειψης ή περιορισμού του θορύβου.

Η φάση της ποιοτικής ανάλυσης της έρευνας περιλαμβάνει τη σύνταξη των χαρτών και την ανάλυσή τους. Η σύνταξη των χαρτών επιτυγχάνεται με τη σύνθεση και ενιαία γεωδαιτική αναφορά των στοιχείων της αναλογικής και ψηφιακής ερμηνείας και ανάλυσης των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ακολουθεί εμπειρική ανάλυση των χαρτών και η αξιολόγηση της χρησιμότητάς τους στην ερμηνεία των τεκτονικών - γεωλογικών στοιχείων και κατ'επέκταση στην εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής της έρευνας.

Τέλος στη φάση της ποσοτικής ανάλυσης γίνεται η εφαρμογή της στατιστικής ανάλυσης των χαρτογραφημένων τεκτονικών στοιχείων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει εφαρμογή των διανυσματικών μεθόδων ανάλυσης και τον υπολογισμό των παραμέτρων οι οποίες είναι απαραίτητες για την ερμηνεία των κύριων προσανατολισμών των συστημάτων των τεκτονικών στοιχείων τα οποία προκύπτουν από την ερμηνεία των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

Περιλαμβάνεται ακόμα η παραγωγή ροδοδιαγραμμάτων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή για τη διευκόλυνση της ερμηνείας της μεταβλητότητας των συστημάτων των τεκτονικών στοιχείων και ο υπολογισμός διαφόρων παραμέτρων όπως η συχνότητα και η πυκνότητα των παραπάνω στοιχείων ανά περιοχή που πιστεύεται ότι θα βοηθήσει την περιγραφή και ερμηνεία των παραμορφώσεων οι οποίες παρατηρήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της έρευνας.

Όπως θα φανεί στα κεφάλαια τα οποία ακολουθούν, τα αποτελέσματα τα οποία είχαν προδιαγραφεί ως αναμενόμενα κατά την υποβολή της πρότασης του ερευνητικού προγράμματος και συγκεκριμένα :

1. Ενδείξεις για τη σεισμική επικινδυνότητα σε περιφερειακή κλίμακα της περιοχής της έρευνας μετά από την :

- Αναγνώριση, χαρτογράφηση, ερμηνεία και ανάλυση των τεκτονικών στοιχείων τα οποία συνδέονται με τον εντοπισμό περιοχών περισσότερο πιθανών για την εμφάνιση σεισμών.
- Συσχέτιση τεκτονικών δομών όπως αυτές μπορούν να ερμηνευθούν από τις LANDSAT TM τηλεπισκοπικές απεικονίσεις με τη θέση των επικέντρων σεισμών και τη σύνθεσή τους με άλλα γεωλογικά και γεωφυσικά δεδομένα.

2. Βελτίωση των μεθόδων καθορισμού των σεισμογενών περιοχών και επιλογή στόχων οι οποίοι με βάση τη γεωλογική θεωρία και εμπειρία κρίνονται μετά την ολοκλήρωση όλων των φάσεων της μελέτης ως ενδιαφέρουσες για λεπτομερέστερη έρευνα.

3. Βελτίωση της ακρίβειας και ταχύτητας των μελετών οι οποίες σχετίζονται με νεοτεκτονικές μελέτες (χαρτογραφήσεις επιφανειακών ιχνών ρηγμάτων, ειδικότερα όπου η χαρτογράφηση είναι ατελής και οι γεωτεκτονικές συνθήκες είναι ανεπαρκώς γνωστές),

επιτεύχθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό και τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής, γενικά και ειδικά μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμη υποδομή για λεπτομερέστερες διεπιστημονικές έρευνες οι οποίες θα γίνουν στο μέλλον στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

### 2.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σύμφωνα με την διαδικασία εφαρμογής της φωτοερμηνευτικής τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας (Ρόκος, Δ., 1988) αρχικά έγινε η συλλογή του υφιστάμενου πληροφοριακού, χαρτογραφικού, αεροφωτογραφικού κ.λ.π. υλικού υποδομής και στήριξης της φωτοερμηνευτικής / τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας για την ευρύτερη περιοχή της μελέτης (Καλαμάτα).

Έτσι η ερευνητική ομάδα εξασφάλισε:

(α) Τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ., για την χαρτογραφική αναφορά, συσχέτιση και απόδοση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της έρευνας, στην υφιστάμενη γεωδαιτική χαρτογραφική υποδομή, και συγκεκριμένα τα φύλλα:

- 1) ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ 1:50.000 (φωτοτυπία)
- 2) ΚΑΡΔΑΜΥΛΗΣ 1:50.000 (φωτοτυπία)
- 3) ΚΟΡΩΝΗΣ 1:50.000 (φωτοτυπία)
- 4) ΦΙΛΙΑΤΡΩΝ 1:50.000 (φωτοτυπία)
- 5) ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΣ 1:50.000 (φωτοτυπία)
- 6) ΚΑΤΩ ΦΙΓΑΛΕΙΑΣ 1:50.000 (φωτοτυπία) (ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ)

(β) Γεωλογικούς χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. (λιθοστρωματικούς - τεκτονικούς), για την σύγκριση των ήδη χαρτογραφημένων στοιχείων με αυτά τα οποία αναμένεται να προκύψουν από την έρευνα και συγκεκριμένα τα φύλλα:

- 1) ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ 1:50.000 (Εγχρωμο αντίτυπο)
- 2) ΚΑΡΔΑΜΥΛΗΣ 1:50.000 (Εγχρωμο αντίτυπο)
- 3) ΚΟΡΩΝΗΣ 1:50.000 (Εγχρωμο αντίτυπο)
- 4) ΦΙΛΙΑΤΡΩΝ 1:50.000 (Εγχρωμο αντίτυπο)
- 5) ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΣ 1:50.000 (Εγχρωμο αντίτυπο)
- 6) ΚΑΤΩ ΦΙΓΑΛΕΙΑΣ 1:25.000 (Εγχρωμο αντίτυπο) (ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ)

(γ) Δισκέττες Η/Υ με τις γεωγραφικές συντεταγμένες (φ,λ) των ιστορικά καταχωρισμένων ισχυρών σεισμών (έντασης >4 R) για την περιοχή. Τα σεισμικά δεδομένα παραχωρήθηκαν στην ερευνητική ομάδα από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

(δ) Στοιχεία για τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης κατά την χρονική στιγμή της λήψης των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων από τον δορυφόρο Landsat (Ε.Μ.Υ. Σταθμός Καλαμάτας) :

Της 29/05/1986

GMT h	θερμοκρασία ξηρού °C	θερμοκρασία υγρού °C	υετός mm	υγρασία σχετική %	υγρασία απόλυτη mmHg	σημείο δρόσου °C
6	19.4	16.8	-	76	12.7	15.0
9	25.4	19.4	-	54	13.2	15.6

Της 20/08/1987

GMT h	θερμοκρασία ξηρού °C	θερμοκρασία υγρού °C	υετός mm	υγρασία σχετική %	υγρασία απόλυτη mmHg	σημείο δρόσου °C
6	23.6	20.2	-	72	15.6	18.2
9	29.0	22.0	-	52	15.5	18.1

(ε) Αεροφωτογραφίες της πόλης της Καλαμάτας και της περιαστικής της ζώνης, διαφορετικών κλιμάκων και ημερομηνιών λήψης.

(στ) Βιβλιογραφικά στοιχεία για την γεωλογία της περιοχής καθώς και για τις τεχνικές ενίσχυσης των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με στόχο την διευκόλυνση της φωτοερμηνείας της τεκτονικής δομής της περιοχής. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ).

## 2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΤΟΝ Η/Υ.

Η ερευνητική ομάδα επέλεξε για την εργασία αυτή να αξιοποιήσει τις ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις LANDSAT TM της 29-05-1986 και της 20-08-1987 οι οποίες πάρθηκαν πριν και μετά τον σεισμό της 13-09-1986. Αρχικά έγινε η εισαγωγή της πρώτης ψηφιακής απεικόνισης LANDSAT TM για ολόκληρο το ΝΔ τμήμα της Πελοποννήσου (Μεσσηνία) από τα δύο τρίτα (2/3) του τεταρτημορίου (QUAD) No 4 της λήψης της 29-05-1986 LANDSAT TM CORRECTED BIL CCTape με PATH 184 και ROW 034.

Με βάση την παραπάνω εικόνα έγινε η πρώτη γενική φωτοαναγνώριση της περιοχής της μελέτης και ορίσθηκε ζώνη εφαρμογής με μέγεθος 1024 x 1024 pixels (περίπου 30 x 30 Km). Η επιλογή μεγαλύτερης ζώνης (window) αντι των τεσσάρων (4) ζωνών εφαρμογής (windows), με διαστάσεις 512 x 512 pixels (περίπου 15 x 15 km) που είχαν αρχικά κριθεί απαραίτητες, έγινε για την ενιαία αντιμετώπιση της ευρύτερης περιοχής της Καλαμάτας ως μίας συνεχούς γεωλογικής ενότητας.

Το παράθυρο το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα από την αρχική ψηφιακή εικόνα επελέγη ώστε να αρχίζει (η πάνω αριστερή του γωνία) στην στήλη 2569 της 553ης γραμμής σάρωσης και να περιλαμβάνει όλα (7) τα κανάλια της αρχικής εικόνας, καταλαμβάνοντας έτσι ακριβώς 7Mbytes ψηφιακής πληροφορίας. Έτσι το επιλεγμένο παράθυρο ουσιαστικά περιβάλλει το γεωλογικό φύλλο χάρτου 1:50.000 της Καλαμάτας.

Στη συνέχεια έγινε η εισαγωγή της ψηφιακής απεικόνισης LANDSAT TM για τη δεύτερη χρονολογικά λήψη της ευρύτερης περιοχής της Καλαμάτας από τα δύο τρίτα (2/3) του τεταρτημορίου (QUAD) No 4 της λήψης της 20-08-1987 LANDSAT TM CORRECTED BIL CCTape με PATH 184 και ROW 034.

Ο προσδιορισμός των συντεταγμένων της επάνω αριστερής κορυφής της δεύτερης εικόνας ( X = 1965, Y = 550 ) έγινε έτσι ώστε οι δύο λήψεις να καλύπτουν την ίδια περιοχή με ακρίβεια, της τάξης του +/- 0.5 pixel.

Τέλος έγινε η μεταφορά τους σε δισκέττες για την πιο ευέλικτη διαχείρισή τους και την δυνατότητα επεξεργασίας τους από τα συστήματα Ψηφιακής Επεξεργασίας Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης.

## 2.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΞΗ ΤΩΝ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Η/Υ.

Για την ανάλυση και επεξεργασία των γεωτεκτονικών πληροφοριών κρίθηκε απαραίτητη η σύνταξη ενός συνόλου προγραμμάτων που να έχουν την δυνατότητα να εκτελέσουν (σε προσωπικούς υπολογιστές):

1) Μετατροπή - μεταφορά και χαρτογραφική απόδοση των διανυσματικών (vector) στοιχείων γεωλογικού ενδιαφέροντος σε δεδομένη χαρτογραφική προβολή καθώς και στην οθόνη του Η/Υ. Δυνατότητα μετάθεσης, περιστροφής και/ή αλλαγής της κλίμακας της προβολής ώστε να είναι δυνατή η επίθεση της διανυσματικής πληροφορίας τόσο στις LANDSAT απεικονίσεις όσο και στα φύλλα χάρτη.

Η αμφίδρομη μετατροπή των διανυσματικών στοιχείων είναι δυνατή μεταξύ τριών τύπων αρχείων:

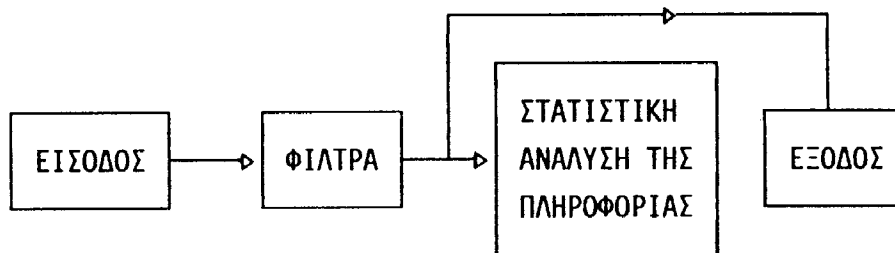
- α) διανυσματικών αρχείων NVDB (Na.T.U.Re.S Lab. Vector Data Base), τα οποία ακολουθούν το πρωτόκολο (format) του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (.NAT files),
- β) διανυσματικών αρχείων ERDAS, τα οποία ακολουθούν το πρωτόκολο του συστήματος ψηφιακής επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων του Εργαστηρίου (.DIG files) και
- γ) διανυσματικών αρχείων ARC/INFO που ακολουθούν το πρωτόκολο του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (G.I.S.) του Εργαστηρίου (import - export files).

2) Στατιστική Ανάλυση των καταγραμμένων φωτογραμμώσεων. (Ροδοδιαγράμματα, Διαγράμματα κατανομής, Πινακοποιημένα αποτελέσματα). Με δυνατότητα επιλεκτικής ανάλυσης των διανυσματικών δεδομένων κατά τρεις διαφορετικές έννοιες:

- α) κατά διεύθυνση (αζιμούθιο διανύσματος),
- β) κατά μέγεθος (μήκος διανύσματος) και
- γ) κατά χωρική θέση.

Η μορφή των προγραμμάτων κρίθηκε ότι πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο εύκολη και ευέλικτη στη χρήση και ότι η ενεργοποίησή τους πρέπει να γίνεται από ένα ενιαίο περιβάλλον εργασίας υπό τη μορφή Λίστας Επιλογών (Menu).

Για τον σκοπό αυτό οργανώθηκε η ροή τους όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί:



Στήν είσοδο γίνεται ο οριζοντιογραφικός (γεωμετρικός) μετασχηματισμός των διανυσμάτων, που έχουν ανακτηθεί από κάποιο αρχείο (ERDAS ή ARC-INFO format), ώστε να αντιστοιχηθούν με το συγκεκριμένο περιβάλλον εργασίας (γεωγραφικό σύστημα αναφοράς).

Στά "φίλτρα" γίνεται επιλεκτικά συνδυασμένη χρήση των φίλτρων διεύθυνσης (αζιμούθιου διανύσματος), μεγέθους (μήκους διανύσματος) και χωρικής θέσης, με δυνατότητα να παραλειφθεί ένα ή περισσότερα από αυτά.

Στό τμήμα της στατιστικής ανάλυσης της πληροφορίας γίνονται οι προαναφερόμενες λειτουργίες, όπως: Υπολογισμός της κατανομής των δεδομένων (για μήκος, διεύθυνση, πλήθος των διανυσμάτων), Υπολογισμός των ροδοδιαγραμμάτων, Εκτύπωση των αντίστοιχων πινάκων αριθμητικών τιμών.

Στό τμήμα της εξόδου γίνεται η αποθήκευση των φιλτραρισμένων διανυσμάτων σε αρχείο.

Πληρέστερη περιγραφή και ανάλυση των παραπάνω βοηθητικών προγραμμάτων περιέχεται στο Παράρτημα Ι.

#### 2.4 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΗΔΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Εγινε η ψηφιοποίηση των τεκτονικών και γεωλογικών δεδομένων από τους αντίστοιχους χάρτες (γεωλογικό φύλλο χάρτου 1:50.000 Καλαμάτας, τοπογραφικό χάρτη κ.λ.π.), σε διανυσματική (vector) μορφή με το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) ARC/INFO, και κωδικοποίησή τους με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατόν με κατάλληλα προγράμματα (που περιγράφονται στο Παράρτημα Ι) να γίνει επίθεσή τους πάνω στις ψηφιακές (επεξεργασμένες ή μη) raster δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις LANDSAT TM της έρευνας.

Η ψηφιοποίηση έγινε σε δύο κύρια επίπεδα (layers). Στο πρώτο έγινε ψηφιοποίηση των τεκτονικών ρηγμάτων και στο δεύτερο ψηφιοποιήθηκαν τα όρια των λιθολογικών ενοτήτων όπως αυτά εμφανίζονται στον χάρτη.

Επίσης ψηφιοποιήθηκαν και βοηθητικά στοιχεία όπως ορισμένοι οικισμοί και δρόμοι, καθώς και οι επιτόπιες παρατηρήσεις του μέλους της ερευνητικής ομάδας γεωλόγου Ν. Φυτρολάκη (Φυτρολάκης, Ν., 1987) μετά τον ισχυρό σεισμό (έντασης 5.9 R) της 13ης Σεπτεμβρίου του 1986 που έπληξε την πόλη της Καλαμάτας.

Για την ενιαία χαρτογραφική αναφορά, του γεωγραφικού συστήματος αναφοράς των χαρτών 1:50.000, του τοπικού αυθαίρετου συστήματος των ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων και του τοπικού αυθαίρετου συστήματος της τράπεζας ψηφιοποίησης (digitizer table), χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω σημεία ελέγχου (control points):

α) Για την βασική περιοχή μελέτης (1024 x 1024 pixels).

α/α	ERDAS		NVDB - ARC/INFO		ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	X	Y	X	Y	
1	568.5	883.5	16.66274	4.10220	Λιμάνι Καλαμάτας.
2	307.0	818.0	11.23819	6.68532	ΝΔ συμβολή αρδευτικών.
3	137.0	432.0	9.08722	15.88536	ΒΔ κανάλι Πάμισου.
4	574.0	364.0	18.88082	15.54781	ΒΑ συμβολή ποταμού Α (*)
5	576.0	386.0	18.81686	15.05144	ΒΑ συμβολή ποταμού Β (*)

(\*) Συμβολές του Τζιρορέμματος με δευτερεύουσες ρεμματιές κοντά στην Πολιανή.

β) Για την ευρύτερη περιφέρεια της ΝΔ Πελοποννήσου.

α/α	ERDAS		NVDB - ARC/INFO		ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	X	Y	X	Y	
1	1811	898	11.99622	9.36351	Λιμάνι Καλαμάτας.
2	1935	1309	12.14893	8.43687	Ακρωτήριο Κιτριές.
3	1535	1863	11.02801	7.36264	Ακρωτήριο Κορώνης.
4	85	1183	8.20227	9.49121	Ν άκρο Νήσου Πρώτης.
5	338	114	9.13655	11.73224	Εκβολή ποταμού Περιστέρα.



### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗΣ/ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.

Η Τηλεπισκόπηση ορίζεται (Ρόκος, Δ., 1988) "ως η επιστήμη και τεχνική με την οποία, τόσο ο άνθρωπος, (και οι ζώντες οργανισμοί γενικότερα), όσο και οι μηχανές, (φωτογραφικές μηχανές, τηλεπισκοπικοί δέκτες, συστήματα και συνδυασμοί τηλεπισκοπικών δεκτών και συστημάτων αυτόματης /ψηφιακής επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων), μπορούν:

1) Να επικοινωνήσουν με τον εξωτερικό κόσμο του φυσικού και του δομημένου περιβάλλοντος, αλλά και με συγκεκριμένα επι μέρους αντικείμενα, φαινόμενα, γεγονότα και συμβάντα,

να τα αισθανθούν, να τα παρατηρήσουν συστηματικά, να διακρίνουν, να αντιληφθούν, να ανιχνεύσουν, να αναγνωρίσουν, να μετρήσουν, να καταγράψουν, αλλά και να παρακολουθήσουν (monitoring), τις μεταβολές /διαφοροποιήσεις των δομικών και λειτουργικών, φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους στο χώρο και στο χρόνο.

2) Να συλλέξουν έτσι, ή/και να αποκαλύψουν μια απειρία ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, τόσο για τη συγκεκριμένη φυσική και την κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα και τις αλληλεπιδράσεις τους, όσο και για τις τάσεις μεταβολών τους δια μέσου του χρόνου.

3) Να επεξεργασθούν στη συνέχεια και να συσχετίσουν νοητικά /λογικά /υπολογιστικά με κατάλληλο τρόπο, και με βάση την επιστημονική μεθοδολογία, τις πληροφορίες αυτές και να καταλήξουν σε εκτιμήσεις, σε αξιολογήσεις και σε χρήσιμα συμπεράσματα γενικότερα, για μια σειρά εφαρμογών, σε επιμέρους επιστημονοτεχνικές περιοχές, ή και σε Ολοκληρωμένες Αποδόσεις, των φυσικών και των ανθρωπίνων διαθεσίμων μιας χώρας /περιφέρειας, οι οποίες αποτελούν την πολυτιμότερη υποδομή για κάθε σχεδιασμό Ανάπτυξης.

4) Να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν κατάλληλα κι αντίστοιχα, συγκεκριμένες αναδράσεις, σε συγκεκριμένες φάσεις των παραπάνω διαδικασιών αλλά και σε συγκεκριμένα επίπεδα αναφοράς, ώστε να αυξάνεται έτσι προοπτικά και να βελτιστοποιείται η ακρίβεια, η αξιοπιστία, η πληρότητα κι η ολοκλήρωση

των εκτιμήσεων και των απαντήσεων στα συγκεκριμένα επιμέρους προβλήματα."

Με βάση τον παραπάνω "λειτουργικό" ορισμό είναι φανερό ότι κάτω από τις κατάλληλες προϋποθέσεις η φωτοερμηνευτική/ τηλεπισκοπική μεθοδολογία είναι δυνατό να συνεισφέρει ουσιαστικά και στη σεισμοτεκτονική έρευνα/μελέτη μιας περιοχής. Στην έρευνα αυτή πιο συγκεκριμένα θα διερευνηθούν οι δυνατότητες προσέγγισης της σεισμοτεκτονικής έρευνας μέσω της ανάλυσης ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων του δορυφόρου LANDSAT, τόσο με εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών επεξεργασίας τους, όσο και με την φωτοερμηνεία των αναλογικών τους αντίστοιχων. Επίσης θα επιχειρηθεί μια αξιολόγηση των τεχνικών λαμβάνοντας υπόψη τις προϋποθέσεις, τις δυνατότητες καθώς και τους περιορισμούς της εφαρμογής τους.

Η εφαρμογή της τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας στη σεισμοτεκτονική έρευνα μιας περιοχής φανερώνει τον διαλεκτικό χαρακτήρα της σε σχέση με τον διαλεκτικό χαρακτήρα της φυσικής πραγματικότητας (Ρόκος, Δ., 1988) γεγονός που υπογραμμίζει ο Rudd (Rudd, R., 1974) με την φράση: "Σίγουρα υπάρχει μία προσέγγιση του τύπου 'κότα-αυγό' στις μελέτες της μορφής του τοπίου, της τεκτονικής δομής, ή των υλικών της επιφάνειας της γής με την έννοια ότι το καθένα από τα παραπάνω μπορεί να φανερώσει κάτι σχετικό με τα υπόλοιπα."

Έτσι η αντιμετώπιση του προβλήματος του εντοπισμού των τεκτονικών ρηγμάτων δεν απαιτεί μόνο μία μονοσήμαντη προσέγγιση του τύπου "ενίσχυση των γραμμώσεων" αλλά μία ολοκληρωμένη μελέτη του φυσικού τοπίου, η οποία να συνεκτιμά τη μορφολογία /ανάγλυφο της περιοχής, το υδρογραφικό της δίκτυο, τα υπόγεια νερά, τη λιθοστρωματική δομή της καθώς και τις επιφανειακές καταστροφές/ ενδείξεις από ενδεχόμενη πρόσφατη σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή, μεταβολές της μορφολογίας από πρόσφατες κατολισθήσεις κ.α.

Όπως αναφέρεται (Siegal, B., Gillespie, A., 1979), οι τεχνικές της τηλεπισκόπησης είναι ίσως τα πιο σημαντικά εργαλεία του γεωλόγου στη γεωλογική χαρτογράφηση γενικότερα και τη χαρτογράφηση των γεωλογικών δομών στη "μακροσκοπική" και σε μικρότερες κλίμακες (βλέπε πίνακα 3.1). Η άμεση λιθοστρωματογραφική χαρτογράφηση είναι εφικτή μόνον εάν τα πετρώματα διαφέρουν αρκετά στην αντοχή διάβρωσης και οι εμφανίσεις τους στην επιφάνεια είναι κατανεμημένες στην περιοχή μελέτης. Αυτό συμβαίνει σε μεγάλο βαθμό σε περιοχές με ελάχιστη εδαφική κάλυψη του πετρώματος και αραιότατη βλάστηση, όπως στις ερήμους και στις αρκτικές περιοχές και σε αρκετές περιοχές της χώρας μας (Κυκλάδες, Κρήτη κ.α.). Ευτυχώς όμως οι βασικές και δευτερεύουσες γεωλογικές δομές μπορούν να χαρτογραφηθούν με έμμεσο τρόπο από την ανάλυση της

μορφολογικής τους εικόνας στις περισσότερες περιοχές που οι άμεσες λιθολογικές παρατηρήσεις παρεμποδίζονται από την εδαφοκάλυψη και τη βλάστηση. Παρόλα αυτά η φωτοερμηνεία πρέπει να γίνεται με κάθε επιφύλαξη γιατί, όλα τα γραμμικά στοιχεία που είναι εμφανή στις τηλεπισκοπικές απεικονίσεις (γραμμώσεις, γραμμές θραύσης, joint traces) δεν οφείλονται κατ' ανάγκη σε υπάρχοντα ρήγματα, φλέβες, ρωγμές σε βάθος, διαρρήξεις ή συστήματα διακλάσεων, ή ζώνες ρηγμάτωσης.

Το βασικό κλειδί για τις εφαρμογές της τηλεπισκόπησης στην τεκτονική γεωλογία είναι η συλλογή της πληροφορίας σε κλίμακα συμβατή με το μέγεθος των στοιχείων που μελετώνται (Πίνακας 3.1) (Siegal, B., Gillespie, A., 1979).

Άμεσες παρατηρήσεις τηλεπισκοπικών απεικονίσεων σε μία "μεγασκοπική κλίμακα" οδήγησαν σε αναθεωρήσεις μερικών μορφοτεκτονικών απόψεων. Παραδείγματος χάρη γνωρίζουμε πλέον ότι:

- 1) Οι ρηγματώσεις δεν περιορίζονται ούτε από τα όρια των τεκτονικών περιφερειών ούτε από τη γεωλογική τους ηλικία, και φαίνεται να εμφανίζονται ξαναενεργοποιημένα ρήγματα κατά μήκος παλαιών ζωνών μειωμένης αντοχής.
- 2) Μεγάλα γραμμικά ρήγματα και ημισυμπαγή τμήματα του φλοιού πιθανότατα είναι εκδηλώσεις παραμορφώσεων μεταξύ λιθοσφαιρικών πλακών και ότι πρέπει να μελετώνται ταυτόχρονα με ζώνες πτυχωσιγενών οροσειρών, πεδιάδων, λεκανών, ηφαιστειακών και νησιωτικών τόξων, κύριες ρηματογενείς ζώνες και με τα όρια των τεκτονικών ενοτήτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Βέλτιστες κλίμακες για χαρτογράφηση γεωτεκτονικών φαινομένων.

Δομική κλίμακα και τάξη μεγέθους	Φυσική κλίμ. και μέγεθος αντικειμένων	Τύπος φαινομένου	Τύπος χαρτών
Γιγασκοπική 1	1:50 εκατ. > 1000 χλμ.	Ηπειρωτικές ή ωκεάνιες λιθοσφαιρικές πλάκες, σεισμικές λιθοσφαιρικές πλάκες	Γήινη σφαίρα: παγκόσμιοι και ηπειρωτικοί γεωλογικοί, τεκτονικοί και σεισμικοί χάρτες
Μεγασκοπική 2	1:1 εκατ.  10 έως 1000 χλμ.	Οροσειρές, λεκάνες, νησιωτικά τόξα, τεκτονικά βυθίσματα, τεκτονικές δομικές ενότητες πλουτώνεια δομή, μεταγραμμώσεις, κρατήρες	Μεγάλες γήινες σφαίρες: ηπειρωτικοί, εθνικοί, πολιτειακοί γεωλογικοί, τεκτονικοί και σεισμικοί χάρτες
Μακροσκοπική 3	1:1000  10 μ. έως 10 χλμ.	Πτυχές, ρήγματα, γραμμώσεις, ηφαιστειακοί κρατήρες, φλέβες, ίχνη διαρρηξέων, κ.α.	Τοπικοί γεωλογικοί και χάρτες τεκτονικής κατασκευής, διαγράμματα δομής

Πηγή: Siegal, B., Gillespie, A., 1979.

### 3.2 ΤΑ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ LANDSAT ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα της ολοκληρωμένης ανάλυσης των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων LANDSAT έχουν τεκμηριωθεί από πολλές βιβλιογραφικές αναφορές: (Siegal, B., Gillespie, A., 1979), (Manual of Remote Sensing, Vol.II, 1983)

"Μακροχρόνια, ένα από τα πιο σημαντικά οφέλη των απεικονίσεων του δορυφόρου LANDSAT θα είναι η αυξημένη γνώση - αντίληψη της παγκόσμιας τεκτονικής δομής. Ένα άριστο παράδειγμα αυτής της άποψης δίνεται με την εργασία των Molnar et al (Molnar, P., Tapponier, P., 1975) οι οποίοι

χρησιμοποίησαν τις απεικονίσεις του LANDSAT για να μελετήσουν την τεκτονική της κεντρικής Ασίας, που φαίνεται ότι είναι σύγκρουση μίας βυθιζόμενης λιθοσφαιρικής πλάκας, με αποτέλεσμα την έντονη σεισμική δραστηριότητα και τη αύξηση του πάχους του φλοιού".

Ο εντοπισμός "γραμμώσεων" έχει πολύ μεγάλη σημασία γιατί μπορεί να υποδηλώνουν ρήγματα (faults) ή/και απλές ρηξιγενείς ζώνες (fracture zones) στις οποίες δεν σημειώθηκε μετατόπιση (Sabins, F., 1978). Τα τελευταία μπορεί να υποδηλώσουν περιοχές πιθανών καταστροφικών φαινομένων ή και οικονομικά ενδιαφέρουσες περιοχές. Π.χ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οδηγοί για υδρογεωτρήσεις ή για εντοπισμό πιθανών θέσεων κοιτασμάτων μεταλλευμάτων.

Τα ρήγματα μπορούν να προσδιορίσουν περιοχές σεισμικής επικινδυνότητας, περιοχές πιθανών μελλοντικών κατολισθήσεων εξαιτίας της ταχείας υποχώρησης των υπογείων υδάτων ή ακόμη και τεκτονικές δομές που εμφανίζονται σε συνδυασμό με κοιτάσματα υδρογονανθράκων.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι από μελέτες (Lattman, L., Parizek, R., 1964), (Parizek, R., 1967), (Parizek, R., 1976) έχει διαπιστωθεί ότι οι υδρογεωτρήσεις σε περιοχές έντονης ρηγμάτωσης, μπορεί να είναι 10 μέχρι και 1000 φορές πιο παραγωγικές από αντίστοιχες γεωτρήσεις σε περιοχές με ελάχιστη ρηγμάτωση, χωρίς όμως αυτό να ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις.

### 3.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ.

Για να διευκολυνθεί κυρίως η (υποκειμενική) φωτοερμηνευτική ανάλυση ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων στην αναλογική τους μορφή, αλλά και ορισμένες φορές η ανάλυσή τους με βάση τις ψηφιακές τεχνικές σε συστήματα Ψηφιακής Επεξεργασίας Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ψ.Ε.Τ.Α.) χρησιμοποιούμε αλγόριθμους Ενίσχυσης/Βελτίωσης ψ.τ.α. (Image Enhancement).

Οι αλγόριθμοι αυτοί (Ρόκος, Δ., 1989) αξιοποιώντας τις βασικές αρχές της Φωτοερμηνευτικής Τηλεπισκοπικής Μεθοδολογίας αποσκοπούν σε βελτιώσεις της εμφάνισης / παρουσίασης των ψ.τ.α. :

σημειακού χαρακτήρα,  
γραμμικού χαρακτήρα,  
επιφανειακού χαρακτήρα, και  
χωρικού χαρακτήρα,

(α) είτε με τροποποιήσεις των Ψηφιακών Τιμών της κάθε στοιχειώδους επιφάνειας εικόνας (pixel) ανεξάρτητα απ' τις Ψηφιακές Τιμές των περιβαλλουσών της

στοιχειωδών επιφανειών,

(β) ή με τροποποιήσεις των ΨΤ κάθε pixel σε σχέση με τις ΨΤ των περιβαλλόντων τους pixels.

Οι συνήθεις τεχνικές Ενίσχυσης/Βελτίωσης ψ.τ.α. είναι:

- Η ενίσχυση/βελτίωση της διαβάθμισης του τόνου μιας ψ.τ.α., (Contrast Enhancement)
- Οι ψευδοχρωματικές ενισχύσεις/βελτιώσεις μιας ψ.τ.α. όπως η τεμαχιοποίηση της πυκνότητας (Density Slicing)
- Η ενίσχυση/βελτίωση μιας ψ.τ.α. μέσω αριθμητικών πράξεων (πρόσθεσης, αφαίρεσης, πολλαπλασιασμού και διαίρεσης ψ.τ.α.)
- Η ενίσχυση των ακμών (Edge Enhancement)
- Το φιλτράρισμα (Filtering) μιας ψ.τ.α.
- Άλλοι ειδικοί μετασχηματισμοί μιας ψ.τ.α. (όπως π.χ. η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών/Principal Component Analysis, ο δείκτης βλάστησης/Vegetation Index, ο μετασχηματισμός Kauth-Thomas/Tasseled Cap, ο μετασχηματισμός πολλαπλής διακριτικής ανάλυσης/Multiple Discriminant Analysis, ο μετασχηματισμός H,S,I/Hue, Saturation, Intensity, ο μετασχηματισμός Fourier, κ.λ.π.)

Ο Jensen (Jensen, J., 1986) περιλαμβάνει στις τεχνικές ενίσχυσης/βελτίωσης μιας ψ.τ.α. και τις διαδικασίες μεγέθυνσης και σμίκρυνσής της, οι οποίες υποβοηθούν στην ειδικότερη λεπτομερειακή προσέγγιση μέρους της, αλλά και στη συνοπτική συνολική θεώρησή της, (που θα ήταν αδύνατη με τις δοσμένες δυνατότητες π.χ. επίδειξής της (display) στο monitor ενός συστήματος Ψ.Ε.Τ.Α.) αντίστοιχα, καθώς επίσης και τον υπολογισμό σε μορφή ιστογράμματος των Ψηφιακών Τιμών των pixels κατά μήκος μιας ενδιαφέρουσας τομής μιας ψ.τ.α.

Για την ενίσχυση της εικόνας είναι απαραίτητο να τεθεί η ερώτηση: Τί πρέπει να τροποποιήσουμε σε μία εικόνα ώστε να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα; Μερικές φορές δεν είναι ξεκάθαρο ποιοί παράγοντες σχετίζονται με ζητούμενο αποτέλεσμα, γι'αυτό τον λόγο πρέπει να εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές ενίσχυσης ώστε να γίνει συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (Siegal, B., Gillespie, A., 1979). Έτσι γίνεται λοιπόν μία υποκειμενική επιλογή της πιο επιθυμητής προσέγγισης. Το γεγονός είναι ότι δεν υπάρχει μία μοναδική προσέγγιση στο θέμα της ενίσχυσης της εικόνας είτε δουλεύει κάποιος με ψηφιακές είτε με αναλογικές/φωτογραφικές μεθόδους.

Αυτονόητο είναι ότι δεν υπάρχει ένας τρόπος να γνωρίζουμε εκ των προτέρων την αξία της προστιθέμενης πληροφορίας που προκύπτει από κάθε μέθοδο ενίσχυσης

της τηλεπισκοπικής απεικόνισης. Έτσι η γνώση αποκτιέται μέσα από την εμπειρία και την εξοικείωση με τις διάφορες τεχνικές ενίσχυσης.

Η ενίσχυση ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων είναι μια τεχνική επεξεργασίας τους η οποία αποσκοπεί στην ανίχνευση ή αναγνώριση της παρουσίας ενός ενδιαφέροντος στοιχείου και την ερμηνεία και εκτίμηση της πολυδιάστατης σημασίας του. Κατ' ανάγκη, λοιπόν, ενισχύουμε μία εικόνα για να βελτιώσουμε ή να διευκολύνουμε τη φωτοερμηνεία της πάντα σε σχέση με τη φύση κάποιου συγκεκριμένου στοιχείου/ χαρακτηριστικού το οποίο απεικονίζεται σ' αυτή.

Τα μικρά αντικείμενα μπορούν να ανιχνευθούν αλλά όχι να διακριθούν ευκρινώς. Η διαφορά μεταξύ "ανίχνευσης" και "ευκρινούς διάκρισης" είναι πολύ σημαντική στη φωτοερμηνεία και την επεξεργασία εικόνας, παρότι οι δύο αυτοί όροι συχνά συγχέονται (Siegal, B., Gillespie, A., 1979). Η ανίχνευση σχετίζεται με τη δυνατότητα του φωτοερμηνευτή απλά να διαπιστώσει την παρουσία ενός στοιχείου, ασχέτως με την πιστότητα που αυτό απεικονίζεται στην εικόνα. Για να γίνει η "ευκρινής διάκριση" ενός αντικειμένου πρέπει αυτό να απεικονίζεται με πιστότητα.

Ένα πρωταρχικό πρόβλημα είναι ο ορισμός της "γράμμωσης". Οι γραμμώσεις δεν είναι απλώς ευθείες γραμμές σε μια εικόνα, αλλά συνήθως εμφανίζονται ως ασυνεχείς ζώνες μικρών ευθύγραμμων τμημάτων ή ακόμα και σημείων. Όπως δείχθηκε (Siegal, B., 1977) ακόμα και οι πιο ειδικευμένοι γεωλόγοι δεν συμφωνούν πάντοτε ως προς τη γεωλογική δομή που προκύπτει από την φωτοερμηνεία της εικόνας.

Αυτή η διαπίστωση τονίζει τη δυσκολία της αναγνώρισης των γραμμώσεων και ταυτόχρονα τη μεγάλη σημασία της τελειοποίησης των αυτόματων τεχνικών - διαδικασιών που θα ελαττώνουν την υποκειμενικότητα που υπάρχει σε ένα τεκτονικό χάρτη. Σε κάθε περίπτωση, η ολοκλήρωση των δυνατοτήτων των ψηφιακών τεχνικών και της φωτοερμηνευτικής/ τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας μπορεί να αποτελέσει τη βέλτιστη δυνατή προσέγγιση και για τη σεισμοτεκτονική έρευνα μιας περιοχής.

#### 3.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ "ΓΡΑΜΜΩΣΗΣ" (LINEAMENT).

Υπάρχει πληθώρα απόψεων σχετικά με τον ορισμό της έννοιας "γράμμωση" (lineament) στη βιβλιογραφία. Οι O'Leary et al. (O'Leary, D., Friedman, J.,

Ροην, Η., 1976) ορίζουν τον όρο "γράμμωση" (με τη γεωμορφολογική του έννοια), ως "ένα χαρτογραφούμενο, απλό ή σύνθετο γραμμικό στοιχείο μιας επιφάνειας, του οποίου τα τμήματα είναι διατεταγμένα σε ευθύγραμμη ή ελαφρά καμπυλόγραμμη μορφή και τα οποία διαφέρουν ευκρινώς από τα γειτονικά τους στοιχεία και πιθανόν να μαρτυρούν ένα υπόγειο φαινόμενο". Ο προηγούμενος ορισμός είναι συμβατός και με τον αρχικό ορισμό του Hobbs (Hobbs, W., 1904): "Οι γραμμώσεις δεν είναι τίποτα περισσότερο από μία γενικά ευθύγραμμη "γήινη" διαμόρφωση του τοπίου από:

- α) κορυφές οροσειρών που περιβάλλουν ανυψωμένες περιοχές,
- β) το υδρογραφικό δίκτυο,
- γ) τις ακτογραμμές και
- δ) γραμμές γειτνίασης μεταξύ σχηματισμών πετρωμάτων ή γραμμές που βγαίνουν στην επιφάνεια της γης" (π.χ. τα ρήγματα και οι φλέβες).

Αργότερα ο Hobbs περιέλαβε και τις σεισμοτεκτονικές γραμμές. Ο Lattman (Lattman, L., 1958) όρισε τη "φωτογεωλογική γράμμωση" ως ένα "φυσικό γραμμικό στοιχείο αποτελούμενο από ευθυγραμμίες γκριζών τόνων που οφείλονται σε τοπογραφικά στοιχεία (περιλαμβάνοντας και τα ευθύγραμμα τμήματα των ρεμμάτων), στοιχεία βλάστησης, η εδαφικά στοιχεία, που είναι ορατά κύρια σε αεροφωτογραφίες ή φωτομοσαϊκά, και εμφανίζονται συνεχόμενα ή διακοπτόμενα για αρκετά μίλια".

Παράλληλα εμφανίζονται μικρές ή μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις του όρου "γράμμωση" με ονομασίες όπως: "φωτογράμμωση", "τοπογραφική γράμμωση", "μαγνητική - αερομαγνητική γράμμωση", "βαρυτημετρική γράμμωση", "στρωματογραφική γράμμωση", "ηφαιστειακή και ηφαιστιογενών - αλκαλικών πετρωμάτων γράμμωση", και "γεωλογική γράμμωση". Εμείς προτιμήσαμε να υιοθετήσουμε στην παρούσα μελέτη τον όρο "γράμμωση".

Οι περισσότερες από τις γραμμώσεις είναι αποτέλεσμα της διαφορικής διάβρωσης των πετρωμάτων. Η σύγχρονη έρευνα σχετικά με τις γραμμώσεις εστιάζεται σε μερικές αντιλήψεις και παρατηρήσεις του Hobbs (Siegal, B., Gillespie, A., 1979) :

- α) "ότι πολλές γραμμώσεις ταυτίζονται με σεισμοτεκτονικές γραμμές, και έτσι παρέχεται, κατά ένα ποσοστό, ένας τρόπος να καθορισθούν εκ των προτέρων οι γραμμές της μέγιστης επικινδυνότητας, από ένα σεισμό". Η επικινδυνότητα βέβαια εξαρτάται από το είδος και την ηλικία του ρήγματος.
- β) "ότι ακόμα και η σύνθετη φύση των γραμμώσεων είναι ένδειξη κάποιου υπόγειου φαινομένου".
- γ) "ότι γραμμώσεις που φαίνονται σε ευθυγραμμία στους χάρτες, μπορεί να είναι αποτέλεσμα της μικρής κλίμακας του χάρτη".



### 3.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ "ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ".

Το πλάτος (πάχος) της γραμμώσης είναι μια παράμετρος η οποία σπάνια λαμβάνεται υπόψη. Ανάλογα με το μήκος της γραμμώσης το πλάτος μπορεί να κυμαίνεται σε μεγάλο βαθμό, από μερικά εκατοστά του μέτρου μέχρι και 30 περίπου μέτρα. Η σημασία της κλίμακας της απεικόνισης είναι πολύ σημαντική για το είδος των γραμμώσεων που μπορούν να ανιχνευθούν (Kowalik, W., Gold, D., 1976).

Στη στατιστική ανάλυση των γραμμώσεων πρέπει να τονισθεί ότι οι κύριες διευθύνσεις (από ροδοδιαγράμματα συχνότητας ή πυκνότητας) που προκύπτουν από φωτοερμηνεία σε μία δεδομένη κλίμακα, δεν ταυτίζονται αναγκαστικά με τις κύριες διευθύνσεις που προέκυψαν από μια διαφορετική κλίμακα φωτοερμηνείας (Kowalik, W., Gold, D., 1976), (Gold, D., Parizek, R., Alexander, S., 1973), (Wheeler, R., et al., 1976), (Canich, M., 1976). Όπως φάνηκε από μία μελέτη απεικονίσεων LANDSAT στην Pennsylvania, οι σε μικρή κλίμακα ανάλυση των γραμμώσεων έδωσε τις κύριες διευθύνσεις της περιοχής, ενώ η σε μεγαλύτερη κλίμακα μελέτη αποκάλυψε μεταβολές της κύριας διεύθυνσης σε αντιστοιχία με τις κατά τόπους γεωτεκτονικές και φυσιογραφικές περιοχές της Pennsylvania.

Επιπρόσθετα προβλήματα προκύπτουν γιατί το μεγαλύτερο ποσοστό της χαρτογράφησης των γραμμώσεων γίνεται από τηλεπισκοπικές απεικονίσεις (σε αντίθεση με τούς τοπογραφικούς, αερομαγνητικούς, κ.λ.π. χάρτες), οι οποίες περιέχουν προβληματικά γραμμικά στοιχεία και πρότυπα τα οποία οφείλονται στην κατανομή και "ένταση" της βλάστησης, την απόχρωση και τόνο του εδάφους κ.λ.π. (Siegal, B., Gillespie, A., 1979). Ακόμα και τα σχετικά με τη γεωλογική πληροφορία τοπογραφικά στοιχεία όπως ευθυγραμμίες κοιλάδων, τάφροι, χαράδρες και ευθύγραμμα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου, τονίζονται ή σκιάζονται από σκιές και άλλα εποχιακά φαινόμενα, με συνέπεια να υπάρχει σχετική ασάφεια στον εντοπισμό της θέσης τους, ιδιαίτερα όταν αλλάζουν οι φωτοερμηνευτές ή/και χρησιμοποιούνται οι συνηθισμένες τεχνικές σε μονοεικονικές (όχι στερεοσκοπικές) απεικονίσεις.

Η, με μονοεικονική, παρατήρηση χαρτογράφηση των γραμμώσεων από τηλεπισκοπικές απεικονίσεις είναι έντονα "υποκειμενική" (Siegal, B., 1977) και μόνο οι κύριες διευθύνσεις οι οποίες προκύπτουν από στατιστική ανάλυση των διευθύνσεων, από δύο διαφορετικούς φωτοερμηνευτές, μπορεί να βρεθούν παραπλήσιες.

Ενας τρόπος δε να αυξηθεί η αντικειμενικότητα των παρατηρήσεων μεταξύ διαφορετικών φωτοερμηνευτών είναι η στατιστική ανάλυση των διευθύνσεων με

γραφική παρουσίαση σε ροδοδιαγράμματα είτε της συχνότητας των γραμμώσεων σε σχέση με τη διεύθυνση (πλήθος γραμμώσεων ανά  $\Delta\phi$ ) είτε της πυκνότητας σε σχέση με τη διεύθυνση (συνολικό μήκος γραμμώσεων ανά  $\Delta\phi$ ). Η ανάλυση αυτή πρέπει να γίνεται σε κατάλληλου μεγέθους τμήμα(-τα) της περιοχής μελέτης, τα οποία (Podwysocki, M., Moik, J., Shoup, W., 1968) πρέπει να περιέχουν τουλάχιστον 100 παρατηρήσεις ώστε να είναι δυνατόν να γίνει με αξιοπιστία η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο παρατηρητών.

#### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Κατά τη φάση της εφαρμογής των τεχνικών ενίσχυσης των ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, εφαρμόστηκαν και αξιολογήθηκαν οι τεχνικές που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία, με παράλληλη προσπάθεια προσαρμογής τους στις συγκεκριμένες ελληνικές συνθήκες.

Επίσης σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν νέες τεχνικές/ προσεγγίσεις για την ενίσχυση και τον τονισμό των τεκτονικών γραμμών και λιθοστρωματικών ορίων, με βάση τις γνωστές προϋπάρχουσες τεχνικές. Οι τεχνικές αυτές οι οποίες για πρώτη φορά δοκιμάστηκαν στην έρευνα αυτή έδωσαν σχετικά καλά αποτελέσματα όπως θα δούμε αναλυτικότερα στη συνέχεια.

Η περιγραφή, εφαρμογή και ο σχολιασμός των επεξεργασιών τόσο των ήδη γνωστών όσο και των νέων, γίνεται με ενιαίο τρόπο στα εδάφια που ακολουθούν μαζί με τις σχετικές αναφορές στη βιβλιογραφία. Η σειρά παράθεσης των τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν έγινε για καθαρά εποπτικούς λόγους και δεν αντιστοιχεί κατ'ανάγκη με τη σειρά που αυτές εφαρμόστηκαν στις τηλεπισκοπικές απεικονίσεις. Αυτό εξάλλου γίνεται φανερό από την ανάγκη συνδυασμού περισσότερων της μίας επεξεργασίας για να επιτευχθεί η βελτίωση των απεικονίσεων και η ενίσχυση ενδιαφερόντων χαρακτηριστικών τους.

Η εφαρμογή των τεχνικών ψηφιακής ενίσχυσης και φωτοερμηνευτικής ανάλυσης των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων έγινε με τον ψηφιακό και αναλογικό εξοπλισμό του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. ο οποίος παρατίθεται στο παράρτημα ΙΙ.

#### 4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ.

Η παρουσίαση των εικόνων που προκύπτουν από την ψηφιακή επεξεργασία των αρχικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων έγινε δυνατή με δύο τρόπους:

- α) Με την εκτύπωση των ψηφιακών εικόνων στον laser εκτυπωτή του Εργαστηρίου, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα "laser2" που αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. στο πλαίσιο της προσπάθειας ανάπτυξης "Ελληνικού Λογισμικού Ψηφιακής Επεξεργασίας Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων" (Καραθανάση, Β., Ρόκος, Δ., Σπυράκος, Ι., 1988). Το πρόγραμμα αυτό έχει τη δυνατότητα ασπρόμαυρης εκτύπωσης εικόνων 512 x 512 pixels με 16 τόνους του γκριζου (σε απλό χαρτί ή διαφάνειες) με πυκνότητα 75 pixels ανά ίντσα.
- β) Με την έγχρωμη φωτογράφιση της οθόνης του υπολογιστικού συστήματος ERDAS. Η διακριτική ικανότητα της εμφάνισης των εικόνων στην οθόνη είναι 512 x 512 pixels με 256 τιμές για καθένα από τα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε). Χρησιμοποιήθηκε η φωτογραφική μηχανή CANON AE-1 πάνω σε τρίποδο στήριξης, με συσκότιση του περιβάλλοντα χώρου για αποφυγή αντανακλάσεων, σε συνδυασμό με τους φακούς CANON FD-50mm και SIGMA ZOOM K-III. Η φωτομέτρηση της οθόνης μέσω της μηχανής έγινε για ταχύτητα λήψης 1 sec, ευαισθησία φιλμ 100 ASA και μεταβλητό άνοιγμα διαφράγματος.

#### 4.3 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ.

Μια από τις βασικότερες μεθόδους ενίσχυσης των ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με στόχο την οπτικά καλύτερη εμφάνισή τους, είναι η "ενίσχυση της εικόνας με επέμβαση στο ιστόγραμμα της". Αυτή η μέθοδος ουσιαστικά μετασχηματίζει τις αρχικές ψηφιακές τιμές των pixels της εικόνας σε άλλες με βάση ένα πίνακα αντιστοιχιών (Look Up Table). Χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο LUT η παραγόμενη εικόνα μπορεί να εμφανιστεί με βελτιωμένη αντίθεση (contrast) και μεγαλύτερο εύρος τόνων του γκριζου, γεγονός το οποίο έχει ως συνέπεια την ευκολότερη διάκριση διαφορετικών τονικών λεπτομερειών της εικόνας κατά τη φωτοερμηνεία της. Εξάλλου οι δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις παρουσιάζουν τις περισσότερες φορές μικρό εύρος ψηφιακών τιμών, με συνέπεια να μην είναι δυνατή η άμεση φωτοερμηνεία τους (σκοτεινές και με χαμηλό contrast).

Ανάλογα με τη μέθοδο με την οποία υπολογίζεται ο πίνακας αντιστοιχιών LUT χαρακτηρίζεται και η αντίστοιχη τεχνική ενίσχυσης. Στην περίπτωση που ο LUT υπολογίζεται έτσι ώστε οι αρχικές ψηφιακές τιμές να καταλάβουν γραμμικά, όλο το εύρος των διατιθέμενων ψηφιακών τιμών (του συστήματος απεικόνισης) η τεχνική ονομάζεται linear contrast stretching δηλαδή γραμμική επέκταση της αντίθεσης. Η επέκταση της αντίθεσης μπορεί να γίνει και με μη γραμμικό τρόπο,

όπως π.χ. λογαριθμικά, εκθετικά κ.λ.π.

Όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Ρόκος, Δ., 1989), (Siegal, B., Gillespie, A., 1979) "η ενίσχυση της αντίθεσης (contrast stretching) είναι πιθανότατα η πιο χρήσιμη απ'όλες τις ψηφιακές ενισχύσεις" και επίσης "Η ενίσχυση της αντίθεσης (contrast enhancement) είναι μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές επεξεργασίας εικόνας για τη λιθολογική χαρτογράφηση."

Μια άλλη μορφή ενίσχυσης της αντίθεσης είναι η "ισοδυναμοποίηση" του ιστογράμματος της (histogram equalization), κατά την οποία ο LUT υπολογίζεται έτσι ώστε η νέα εικόνα να παρουσιάζει όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη/ ισόποση κατανομή των τόνων του γκριζου. Αυτή η τεχνική, η οποία χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα στην έρευνα αυτή, δίνει εικόνες με ικανοποιητική κατανομή των τόνων του γκριζου ή αντίστοιχα των αποχρώσεων στις χρωματικές συνθέσεις διαφόρων καναλιών του LANDSAT TM.

Η χρήση των παραπάνω μεθόδων ενίσχυσης και ειδικά της ισοδυναμοποίησης του ιστογράμματος των απεικονίσεων, ήταν απαραίτητο συμπλήρωμα όλων σχεδόν των υπόλοιπων επεξεργασιών βελτίωσης. Στο πλείστο των περιπτώσεων η ενίσχυση της αντίθεσης εφαρμόσθηκε στο τελικό αποτέλεσμα των επεξεργασιών ώστε να βελτιωθεί η οπτική εμφάνιση της εικόνας. Παραδείγματα χρήσης αυτής της ενίσχυσης ακολουθούν στα επόμενα εδάφια.

Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος μιας τηλεπισκοπικής απεικόνισης τη βελτιώνει σε όλες τις περιπτώσεις στις οποίες επιθυμούμε η τελική εικόνα να περιέχει σημαντικό εύρος τιμών του γκριζου (ή αποχρώσεων). Μια χαρακτηριστική περίπτωση στην οποία η ισοδυναμοποίηση δεν βελτιώνει την εικόνα, είναι η εφαρμογή της σε εικόνα "ορίων - ακμών" (προερχόμενη π.χ. από διαφόριση της απεικόνισης). Σε αυτή την περίπτωση που επιθυμούμε η τελική εικόνα να περιέχει "όρια" ενοτήτων/ αντικειμένων (λευκό) ή "μη όρια" (μαύρο), δηλαδή δυαδικό περιεχόμενο (binary image), η παραπάνω ενίσχυση προσθέτει σημαντικό ποσό "θορύβου".

#### 4.4 ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ.

Η ταυτόχρονη εποπτεία και φωτοερμηνευτική ανάλυση των επτά καναλιών μιας πολυφασματικής απεικόνισης TM του LANDSAT είναι πρακτικά αδύνατη. Η συγκριτική παρατήρηση των παραπάνω καναλιών από τον φωτοερμηνευτή (βλέπε φωτ. 2) δεν μπορεί να αποκαλύψει τις μικρές και μεσαίου μεγέθους τονικές διαφορές των απεικονιζόμενων αντικειμένων, οι οποίες οφείλονται στη διαφοροποίηση των

φασματικών τους υπογραφών.

Η μέθοδος που μπορεί να συνδυάσει και να αποδώσει ταυτόχρονα σε μία εικόνα, τρεις (ή μόνο δύο) από τις επτά διακριτές πολυφασματικά αλλά χωρικά ταυτόσημες απεικονίσεις λέγεται χρωματική σύνθεση εικόνων (color composition). Με αυτή τη μέθοδο η καθεμία από τις τρεις εικόνες αποδίδεται με ένα από τα τρία βασικά χρώματα Κόκκινο - Πράσινο - Μπλέ (RGB) και έτσι η παραγόμενη χρωματική σύνθεση αποδίδει με διαφορετικές αποχρώσεις τα αντικείμενα που έχουν διαφορετικές φασματικές υπογραφές στα τρία αρχικά "κανάλια". Στην περίπτωση που οι τρεις αρχικές εικόνες έχουν ληφθεί στα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στο κόκκινο, πράσινο και μπλέ χρώμα (RGB), τότε η χρωματική τους σύνθεση προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό τα φυσικά χρώματα του αντικειμένου. Στην περίπτωση που η σύνθεση δεν αποδίδει τα αντικείμενα με τις φυσικές τους αποχρώσεις, αναφέρεται και ως ψευδοχρωματική.

Η δυνατότητα χρωματικής σύνθεσης εικόνων δεν περιορίζεται μόνο σε συνδυασμούς αρχικά διακριτών φασματικά απεικονίσεων, όπως είναι οι απεικονίσεις των συγκεκριμένων καναλιών του LANDSAT TM, αλλά και σε πολυποίκιλους συνδυασμούς κάθε τύπου ψηφιακών επεξεργασιών τους. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί χρωματική σύνθεση εικόνων για να συνδυασθούν οι (χωρικά ταυτόσημες) διαχρονικές απεικονίσεις της ίδιας περιοχής, έτσι ώστε να αναδειχθούν οι διαφοροποιήσεις τους με διαφορές στην απόχρωση.

Η βιβλιογραφία (π.χ. Siegal, B., Gillespie, A., 1979) αναφέρει ότι η χρωματική σύνθεση χρησιμοποιείται ευρύτατα για φωτοερμηνεία γεωτεκτονικών στοιχείων είτε αμέσως, με τη σύνθεση αρχικών καναλιών, είτε εμμέσως με τη σύνθεση εικόνων που έχουν προκύψει από τον λόγο δύο κατάλληλων καναλιών. Εκείνο όμως που ενδιαφέρει περισσότερο είναι η επιλογή εκείνων των τριών καναλιών που δίνουν κάθε φορά τη μέγιστη και βέλτιστη δυνατή πληροφορία ως προς τα γεωτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Για την αξιολόγηση και επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού υιοθετήθηκε το σκεπτικό ότι η (δυναμικά) καλύτερη χρωματική σύνθεση θα πρέπει να συγκροτείται από τα κανάλια εκείνα του θεματικού Χαρτογράφου TM του LANDSAT που από μόνα τους περιέχουν τη μέγιστη δυνατή πληροφορία. Αυτή βέβαια η υπόθεση δεν επιτρέπει τη μονοσήμαντη επιλογή τριών καναλιών για αρκετούς λόγους, μερικοί από τους οποίους είναι :

- α) σε κάθε περιοχή η γεωλογική δομή δεν είναι η ίδια άρα και τα "καλύτερα" κανάλια δεν θα είναι τα ίδια,
- β) η ποσότητα, η ποιότητα και η αξιοπιστία της γεωτεκτονικής πληροφορίας του κάθε καναλιού δεν μπορεί να μετρηθεί ή να εκτιμηθεί με απόλυτα αντικειμενικό τρόπο,

γ) η εδαφοκάλυψη με διαφορετικού είδους βλάστηση μπορεί να επηρεάσει αντικειμενικά την επιλογή των καναλιών, (π.χ. σε περιοχές με χαμηλή ή καθόλου βλάστηση ευνοούνται εκείνα τα κανάλια που αποδίδουν άμεσα τις λιθολογικές διαφορές, ενώ σε περιοχές πυκνής βλάστησης ενδιαφέρουν περισσότερο τα κανάλια που αποδίδουν τη διαφοροποίηση της βλάστησης που οφείλεται συνήθως σε γεωλογικά ή και τεκτονικά αίτια όπως η περιεχόμενη υγρασία του εδάφους ή η συγκράτηση του επιφανειακού χώματος. Ένα τέτοιο παράδειγμα έχουμε στην επίγεια φωτογραφία 1, που λήφθηκε κατά την επιτόπια μελέτη της περιοχής, όπου φαίνεται η (γραμμική) διαφοροποίηση της επιφανειακής χαμηλής βλάστησης η οποία οφείλεται στο ρηγματωμένο υπόβαθρο).

Η επιλογή των τριών βέλτιστων καναλιών για την περιοχή της έρευνας έγινε με καθαρά υποκειμενικά κριτήρια από την ερευνητική ομάδα, αφού θεωρήθηκε ότι η ικανότητα ολοκληρωμένης εκτίμησης της περιεχόμενης πληροφορίας από ένα γεωλόγο φωτοερμηνευτή ως πρώτη προσέγγιση είναι ανώτερη από οποιοδήποτε "φυσικό" ή "μαθηματικό" μέτρο σύγκρισης.

Για τον παραπάνω σκοπό εκτυπώθηκαν και τα 7 κανάλια του παράθυρου το οποίο καλύπτει την περιοχή της έρευνας μετά από ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος τους (histogram equalization), στον Laser εκτυπωτή του Εργαστηρίου (βλέπε φωτογραφίες 3 - 9) και μετά από συγκριτική ανάλυση των συγκεκριμένων εικόνων τόσο στις εκτυπώσεις όσο και στην οθόνη του Η/Υ, διαπιστώθηκε ότι η "περισσότερη" για την έρευνα πληροφορία περιέχεται στα κανάλια 4,5,7 του θεματικού Χαρτογράφου TM του LANDSAT στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ετσι επιλέχθηκε ως καταλληλότερος συνδυασμός καναλιών για την βέλτιστη ψευδοχρωματική σύνθεση, ο εξής:

Red	:	κανάλι 7.	(2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$ . mid infrared )
Green	:	κανάλι 4.	(0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$ . near infrared )
Blue	:	κανάλι 5.	(1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$ . low mid infrared)

Γιατί: (α) Οι ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, οι οποίες αποδίδουν την πραγματικότητα στη φασματική περιοχή του καναλιού 7 είναι οι καταλληλότερες τόσο για την ταυτόχρονη διάκριση διαφορετικών εδαφικών τύπων και εμφανίσεων και υδροθερμικά αλλοιωμένων από μη αλλοιωμένες ζώνες, όσο και για τη διερεύνηση μεταλλευτικών

διαθέσιμων και συνεπώς αναδεικνύουν πιθανές ρηξιγενείς ζώνες και γενικά όρια ασυνέχειας. (αφού βέβαια αποκλεισθούν οι ιδίων αποτελεσμάτων θόρυβοι).

- (β) Οι ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις στην περιοχή του μέσου υπέρυθρου (κανάλια 4 και 5) διευκολύνουν την αναγνώριση των γεωλογικών συνθηκών οι οποίες σχετίζονται με την πιθανότητα μεταλλοφορίας της περιοχής (εμμέσως κι ενδεικτικά βοηθητική στη τεκτονική ανάλυση μιας περιοχής).

Στη συγκεκριμένη ψευδοχρωματική τηλεπισκοπική εικόνα απεικονίζονται η μεν πράσινη βλάστηση με σχεδόν φυσική απόχρωση (οικεία εντύπωση στον φωτοερμηνευτή) και η δομημένη και/ή άγονη γη με ανοικτή μώβ απόχρωση.

Με βάση αυτό τον συνδυασμό καναλιών έγινε ψευδοχρωματική εκτύπωση της πλήρους ανάλυσης επιλεγμένης ζώνης (παράθυρου έρευνας) σε φύλλο μεγέθους περίπου 1 x 1 m.

Από τη βιβλιογραφία (Rudd, R., 1974) είναι γνωστό ότι : "οι θερμικοί σαρωτές έχουν εξακριβώσει ρηξιγενείς ζώνες ή άλλα ρήγματα στο μητρικό πέτρωμα, ανιχνεύοντας διαφορές στην εκπεμπόμενη ακτινοβολία που οφείλονται στην παρουσία αυξημένης υγρασίας στα ρήγματα", επίσης ότι "οι απεικονίσεις των θερμικών σαρωτών που λαμβάνονται λίγο πριν την ανατολή του ήλιου αποκαλύπτουν τόσο λιθολογικά όσο και τεκτονικά στοιχεία, γεγονός που οφείλεται στον διαφορετικό ρυθμό ψύχρασης (cooling rate) των πετρωμάτων".

Παρότι αναμενόταν ότι το θερμικό κανάλι ( #6 ) του TM θα παρείχε σημαντική πληροφορία τόσο λιθολογικού όσο και τεκτονικού χαρακτήρα η εντύπωση που σχηματίστηκε από την εξέταση της μικρότερης διακριτικής ικανότητας 120 x 120 m pixel εικόνας, ήταν αντίθετη. (βλέπε φωτ.8)

Έτσι το μεγαλύτερο μέρος της φωτοερμηνείας των "γραμμώσεων" έγινε από ψευδοχρωματικές συνθέσεις χωρίς το θερμικό υπέρυθρο κανάλι και ειδικότερα με την ψευδοχρωματική σύνθεση RGB - 7,4,5 (χρώματα - κανάλια TM).

Θα πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι στις χρωματικές συνθέσεις η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος (histogram equalization) εφαρμόζεται για το καθένα κανάλι από τα τρία ξεχωριστά, εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά.

Από την πληθώρα των χρωματικών συνθέσεων που δοκιμάστηκαν ενδιαφέρον παρουσιάζει και η RGB - 3,2,1 που δίνει με σχεδόν φυσικά χρώματα τις διάφορες χρήσεις / καλύψεις της γήινης επιφάνειας. Στις φωτογραφίες 10 και 11 απεικονίζεται η περιοχή μελέτης στην πρώτη λήψη (της 29/5/1986 πριν τον σεισμό) και στη δεύτερη λήψη (της 20/8/1987 μετά τον σεισμό) αντίστοιχα. Και



στις δύο φωτογραφίες το μέγεθος των pixels είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός τους.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι το παραπάνω μέγεθος pixels 60 x 60 m αναφέρεται αποκλειστικά και μόνο στο αντίστοιχο μέγεθος στην επιφάνεια της γης, των pixels της οθόνης του συστήματος Η/Υ που χρησιμοποιούμε. Η κατά το ήμισυ σμίκρυνση του παράθυρου 1024 x 1024 pixels της περιοχής έρευνας, γίνεται ώστε αυτό να χωρέσει ολόκληρο στην οθόνη που έχει δυνατότητα απεικόνισης μόνο 512 x 512 pixels.

Στις φωτογραφίες 12 και 13 παρουσιάζεται η δεύτερη λήψη με μέγεθος pixels 30 m και με χρωματική σύνθεση RGB - 3,2,1. Στην τελευταία φωτογραφία είναι δυνατή η παρατήρηση της μέγιστης διακριτικής ικανότητας του TM σαρωτή πάνω στην πόλη της Καλαμάτας.

Στην χρωματική σύνθεση RGB - 3,2,1 με μέγεθος pixels 30 m, της φωτογραφίας 14, έγινε ισοδυναμοποίηση ιστογράμματος των καναλιών 3 και 2, ενώ στο (μπλέ) κανάλι 1 έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος βασισμένη μόνο σε τμήμα της εικόνας που καλύπτει την θαλάσσια περιοχή, με στόχο την αποκάλυψη των αβαθών παράκτιων υδάτων καθώς και πιθανού υποβρύχιου ανάγλυφου.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του συνδυασμού RGB - 3,2,1 όπως προαναφέρθηκε είναι η σχεδόν φυσική έγχρωμη απεικόνιση γεγονός που βοηθά τον φωτοερμηνευτή να αναγνωρίσει οικεία χαρακτηριστικά στις ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις.

Μια κλασική ψευδοχρωματική σύνθεση RGB - 4,3,2 της περιοχής μελέτης φαίνεται στις φωτογραφίες 15 και 16 για την πρώτη και τη δεύτερη λήψη αντίστοιχα. Το μέγεθος των pixels είναι 60 x 60 m και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος.

Η επιλεγμένη ως βέλτιστη ψευδοχρωματική σύνθεση RGB - 7,4,5 φαίνεται στις φωτογραφίες 17 και 18 για την πρώτη και δεύτερη λήψη αντίστοιχα. Το μέγεθος των pixels είναι 60 x 60 m και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος τους. Επίσης στην πρώτη είναι σχεδιασμένες και τοποθετημένες επάνω (overlay) οι "γραμμώσεις" της φωτοερμηνείας του φωτοερμηνευτή Α της ερευνητικής ομάδας (βλέπε 5.1).

Τέλος παρουσιάζεται δειγματοληπτικά από τις 20 περίπου χρωματικές συνθέσεις που δοκιμάστηκαν, η ψευδοχρωματική σύνθεση RGB - 2,7,6 στη φωτογραφία 19 για τη δεύτερη λήψη. Το μέγεθος των pixels είναι 60 x 60 m και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της.

Πρέπει να τονισθεί ότι οι τεχνικές ενίσχυσης που ήδη έχουν περιγραφεί παρουσιάζουν το πολύ ισχυρό πλεονέκτημα ότι διατηρούν τη σχετικά οικεία μορφή - εμφάνιση των αντικειμένων της εικόνας (ως προς την τονική τους συνιστώσα, όχι τη χρωματική) με αποτέλεσμα να είναι πολύ πιο εύκολο στον γεωλόγο φωτοερμηνευτή να συσχετίσει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες, όπως το ανάγλυφο - μορφολογία, το υδρογραφικό δίκτυο κ.λ.π., ώστε να μπορέσει να συμπεράνει κατά το δυνατόν ακριβέστερα για την ταυτότητα των "γραμμώσεων" που παρατηρούνται στην εικόνα. Κάτι τέτοιο όμως όπως θα δούμε παρακάτω είναι πολλές φορές αδύνατο να γίνει στις επόμενες τεχνικές ενίσχυσης, όπως π.χ. στον τονισμό - εξαγωγή των "γραμμώσεων" με φίλτράρισμα Sobel.

Ετσι προκύπτει ότι η ολοκληρωμένη ανάλυση και επεξεργασία των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων σε γεωτεκτονικές μελέτες υποχρεωτικά πρέπει να χρησιμοποιήσει όχι μόνο τις παραπάνω βασικές τεχνικές ενίσχυσης των εικόνων, αλλά βέβαια και αυτή καθ'εαυτή την ερμηνεία των αναλογικών αντιστοιχών τους και αεροφωτογραφιών μικρών κλιμάκων οι οποίες αποτελούν πάντοτε την οικειότερη απεικόνιση για τον άνθρωπο ως αντικειμενικά το τελειότερο ολοκληρωμένο τηλεπισκοπικό σύστημα.

#### 4.5 ΤΕΜΑΧΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (DENSITY SLICING).

Στη βιβλιογραφία (Siegal, B., Gillespie, A., 1979) αναφέρεται ότι για γεωτεκτονικές εφαρμογές χρησιμοποιείται και η τεχνική της τεμαχιοποίησης της πυκνότητας (density slicing) (Ρόκος, Δ., 1989). Η επεξεργασία εικόνας με τεμαχιοποίηση της πυκνότητας της, συνίσταται (Μπαντέκας, Ι., 1978) στην αντικατάσταση διαφόρων (συνήθως ίσων) διαστημάτων τόνων του γκριζου με κάποιους σταθερούς τόνους του γκριζου ή με κάποια χρώματα.

Από τις δοκιμές που έγιναν με εφαρμογή αυτής της τεχνικής ενίσχυσης της εικόνας δεν πρόκυψαν αξιόλογα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα με την εφαρμογή της μεθόδου προκύπτει μία απεικόνιση με ψευδοχρωματική αλληλουχία αποχρώσεων, αυθαίρετα εκλεγμένων, οι οποίες δεν είναι καθόλου οικείες στον φωτοερμηνευτή, δεν αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά φυσικών μεγεθών γραμμικών ή επιφανειακών και συνεπώς δεν θα μπορούσαν να τονίσουν συγκεκριμένα γραμμικά ή άλλα λιθολογικά στοιχεία της εικόνας.

#### 4.6 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΟΡΙΩΝ.

Βασιζόμενοι στο σκεπτικό, για την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου ενίσχυσης της απεικόνισης, που αναφέρει ότι : "εφόσον θέλουμε να ενισχύσουμε γραμμικά στοιχεία της εικόνας, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τεχνικές τονισμού των", εξετάστηκαν αρκετές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για αυτό τον σκοπό. Αυτή η προσέγγιση θεωρείται και ως μία από τις βασικότερες στην ανάλυση δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων για σεισμοτεκτονικές μελέτες (Siegal, B., Gillespie, A., 1979).

Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Manual of Remote Sensing, Vol.II, 1983) η ενίσχυση των απεικονίσεων με τεχνικές αυτόματης ανίχνευσης των ορίων (automatic edge detection) δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα σε γεωλογικές εφαρμογές. Μια δημοσίευση του Gurney (1980) αναφέρει τα προβλήματα που σχετίζονται με την επιλογή της τιμής κατωφλίου στην αυτόματη ανίχνευση των ορίων κυρίως για όρια (edges) που είναι μικρότερα ή περίπου ίσα με τη χωρική διαχωριστική ικανότητα του τηλεπισκοπικού δέκτη. Με άλλα λόγια η αυτόματη ανίχνευση των ορίων, τα οποία στην περίπτωση μας ενδεχομένως να είναι κάποια ρήγματα ή τμήματα ρηξιγενών ζωνών, δεν υπόσχεται ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτό είναι εύκολα κατανοητό αν λάβουμε υπόψη μας τον πολυσύνθετο χαρακτήρα της μορφής, με την οποία παρουσιάζονται στη γήινη επιφάνεια οι υπόγειοι τεκτονικοί σχηματισμοί (βλέπε φωτογραφίες 10, 15, 17).

Έτσι η απλή εξαγωγή των ορίων, με αλγόριθμους που βασίζονται μόνο στην τονική (ραδιομετρική) πληροφορία όπως αυτή διαφοροποιείται κατά περιοχές - "γειτονιές" της εικόνας, αγνοώντας τα υπόλοιπα μορφολογικά κ.λ.π. χαρακτηριστικά της περιοχής, τα οποία είναι απαραίτητα για τη σωστή ανίχνευση των "γραμμώσεων", τονίζει σε σημαντικό βαθμό και γραμμικά στοιχεία της εικόνας που δεν μας ενδιαφέρουν. Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν και τις επεμβάσεις του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον, όπως τους δρόμους, τους αεροδιαδρόμους, τα αρδευτικά κανάλια κ.λ.π. Δηλαδή παρουσιάζεται έντονος τονισμός του θορύβου: της μη χρήσιμης πληροφορίας.

Παρόλη την εκ των προτέρων γνώση των περιορισμών αυτής της μεθόδου, έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί ως υποβοήθημα για τον τονισμό και εντοπισμό "γραμμώσεων" που με τις άλλες τεχνικές ίσως να διέφευγαν της προσοχής του φωτοερμηνευτή. Σίγουρα η τεχνική τονισμού και εξαγωγής των ορίων, όπως θα φανεί και στα αποτελέσματα της εφαρμογής τους, ενισχύουν και τα γραμμικά στοιχεία των δορυφορικών απεικονίσεων που αντιστοιχούν σε ρήγματα ή ρηξιγενείς ζώνες. Τις περισσότερες όμως φορές παρατηρήθηκε ότι αυτά έχουν ήδη εντοπισθεί

στις απλά ενισχυμένες (ενίσχυση του contrast) απεικονίσεις ή στις χρωματικές συνθέσεις αυτών και συνήθως οφείλονται είτε σε τοπογραφικά/ γεωμορφολογικά στοιχεία (χαράδρες, ρεματιές από διάβρωση υδρογραφικού δικτύου κ.λ.π.), είτε σε επιφανειακές επαφές διαφορετικών πετρωμάτων (π.χ. φλύσχη - ασβεστόλιθων). Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι οι μεγαλύτερες χαράδρες καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο δημιουργούνται κυρίως κατά μήκος τεκτονικών δομών π.χ. ρηγμάτων ή συστημάτων διακλάσεων. Τα δε όρια μεταξύ διαφορετικών λιθολογικών ενοτήτων διακρίνονται διότι η μορφολογία λόγω διάβρωσής τους διαφέρει.

Μερικές από τις τεχνικές εξαγωγής πληροφορίας που αναπτύχθηκαν (Manual of Remote Sensing, Vol.II, 1983) κατάλληλης ή τουλάχιστον χρήσιμης για γεωτεκτονική ανάλυση, από τα τέλη της δεκαετίας 1960 και στις αρχές τις δεκαετίας του 1970, σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να ενισχύουν την πληροφορία υψηλής χωρικής συχνότητας που περιέχεται στις απεικονίσεις.

Η χωρική πληροφορία μιας απεικόνισης μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από χαμηλές έως και υψηλές συχνότητες. Η συνιστώσα των χαμηλών συχνοτήτων συνήθως αντιστοιχεί στην εικόνα σε μεγάλες περιοχές σταθερής ανακλαστικότητας, οι οποίες στην περίπτωση των απεικονίσεων του LANDSAT, περιέχουν την πληροφορία της ανακλαστικότητας ή/και του χρώματος των αντικειμένων. Η συνιστώσα των υψηλών συχνοτήτων, αποτελείται από μεταβολές έντασης της λαμβανόμενης ακτινοβολίας μέσα σε πολύ μικρή (χωρικά) έκταση, οι οποίες μπορεί να οφείλονται στον προσανατολισμό ή/και την κλίση του τοπογραφικού ανάγλυφου σε σχέση με την πηγή φωτισμού (ήλιος) ή μπορεί να οφείλονται σε διαφορά ανακλαστικότητας γειτονικών γεωλογικών ενοτήτων.

Αναπτύχθηκαν διάφορες ψηφιακές τεχνικές ενίσχυσης των εικόνων, όπως η Fast Fourier Transformation (FFT) (Andrew, 1970), για την καταστολή της συνιστώσας χαμηλών συχνοτήτων και την ενίσχυση των υψηλών. Αυτή ειδικά η τεχνική είναι εξαιρετικά χρονοβόρα και απαιτεί μεγάλους υπολογιστές, εκτός αν χρησιμοποιηθεί ειδικευμένο hardware επιτάχυνσης του FFT. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν εφαρμόσθηκε η μέθοδος στην παρούσα εργασία.

#### 4.6.1 ΦΙΛΤΡΑ ΣΥΝΕΛΙΞΗΣ (CONVOLUTION).

Μια τεχνική χωρικού φιλτραρίσματος (spatial filtering) της εικόνας, που είναι πολύ πιο αποδοτική από την FFT, είναι η συνέλιξη (convolution) της εικόνας με πυρήνες - φίλτρα που ενισχύουν τις υψηλές συχνότητες (Manual of

Remote Sensing, Vol.II, 1983). Η συνέλιξη είναι μία "τοπική επεξεργασία ανεξαρτήτως της θέσης εφαρμογής της" (local operation - position invariant) (Σπυράκος, Ι., 1988) και ανάλογα με τον πυρήνα (kernel) που χρησιμοποιούμε μπορούμε είτε να "εξομαλύνουμε" την εικόνα είτε να τονίσουμε ακμές - όρια των αντικειμένων/ εμφανίσεων της εικόνας.

Το μέγεθος των ορθογώνιων (συνηθέστατα τετράγωνων) πυρήνων εξαρτάται από το μέγεθος των γραμμικών στοιχείων τα οποία ο φωτοερμηνευτής επιθυμεί να τονίσει ή να εξομαλύνει. Στην περίπτωση τονισμού, οι πολύ υψηλές συχνότητες (λεπτομέρειες) οι οποίες ενισχύονται μπορεί να κυμαίνονται μεταξύ ελάχιστων γραμμώσεων που βρίσκονται πολύ κοντά στη διαχωριστική ικανότητα του δέκτη, έως μεγάλων γραμμώσεων μήκους εκατοντάδων pixels.

Ένα χωρικό φίλτρο γενικά τονίζει στοιχεία τα οποία έχουν μέγεθος μικρότερο του μισού του μεγέθους του πυρήνα που χρησιμοποιείται. Αντίθετα εξασθενεί τα στοιχεία που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από το μισό του πυρήνα. Αυτό πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα στην περίπτωση που επιθυμούμε την ενίσχυση γεωτεκτονικών γραμμικών στοιχείων, όπου το τυπικό πλάτος σε pixels της "γραμμώσης" πρέπει να είναι περίπου το μισό του μεγέθους του πυρήνα. Σε αυτό το σημείο βέβαια αναγκαστήκαμε να κάνουμε ορισμένες παραδοχές ως προς το πλάτος των αναζητούμενων "γραμμώσεων". Έτσι χρησιμοποιήσαμε πυρήνες με μεγέθη 3x3, 5x5, 7x7 και 11x11 που αντιστοιχούν σε διαφορετικά πλάτη "γραμμώσεων" που κυμαίνονται από 45 m μέχρι και 330 m. Το τελευταίο μέγιστο πλάτος χρησιμοποιήθηκε για τον τονισμό ρηξιγενών ζωνών και όχι μεμονωμένων ρηγμάτων. Το ελάχιστο, θεωρητικό, πλάτος των 45 m που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί, οπωσδήποτε περιορίζει την αναζήτηση σε ρήγματα σημαντικού μεγέθους μόνο. Το γεγονός αυτό όμως δεν είναι κατ'ανάγκη μειονέκτημα, γιατί συνήθως τα μεγαλύτερα ρήγματα είναι και τα σεισμικά επικινδυνότερα.

Οι χωρικά φιλτραρισμένες εικόνες από τρία διαφορετικά μήκη κύματος (κανάλια του TM) είναι δύσκολο να ερμηνευτούν ξεχωριστά (Manual of Remote Sensing, Vol.II, 1983), επειδή μερικά γραμμικά στοιχεία μπορεί να εμφανίζονται μόνο σε ορισμένα μήκη κύματος. Για να ελαχιστοποιηθεί αυτό το πρόβλημα, οι τρεις φιλτραρισμένες εικόνες μπορούν να αποτελέσουν μία χρωματική σύνθεση (color composition) των τριών βασικών χρωμάτων (Red Green Blue), πράγμα που όμως δυσκολεύει τη φωτοερμηνεία τους. (βλέπε φωτ. 34).

Ακολουθεί η παράθεση μερικών από τις επεξεργασίες φιλτραρίσματος των απεικονίσεων LANDSAT με φίλτρα μη συγκεκριμένης διεύθυνσης.

\* Σε αναδομημένη (resampled) (Ρόκος, Δ., 1989) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 20) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 :

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 12 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

το οποίο επιτυγχάνει ασθενή τονισμό των ορίων και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 21) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 :

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

το οποίο επιτυγχάνει μέτριο τονισμό των ορίων και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 22) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 :

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 23) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 :

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμμάτος της. (λήψη της 20/08/1987).

Με τις τέσσερεις αυτές ψηφιακές επεξεργασίες φιλτραρίσματος των LANDSAT TM τηλεπισκοπικών απεικονίσεων επιτυγχάνουμε σταδιακό τονισμό των ορίων, από ασθενή έως ισχυρότατο, μεταβάλλοντας κυρίως την συνιστώσα (βάρος) του κεντρικού pixel του πυρήνα του φίλτρου. Με τα δύο πρώτα φίλτρα ο τονισμός δεν είναι υπερβολικός και έτσι διατηρείται η αίσθηση/ επίδραση του τοπογραφικού αναγλύφου, η οποία είναι απαραίτητη για τη σωστή φωτοερμηνεία των "γραμμώσεων". Ταυτοχρόνως όμως έχουν τονιστεί οι ρηξιγενείς ζώνες που είναι αμέσως ορατές στο άνω αριστερό και κάτω δεξιό άκρο της εικόνας. Στις δύο τελευταίες φιλτραρισμένες εικόνες το τοπογραφικό ανάγλυφο έχει εξαφανιστεί, σχεδόν ολοκληρωτικά, έχουν υπερτονιστεί οι "γραμμώσεις" ταυτόχρονα όμως και ο θόρυβος ο οποίος καλύπτει σχεδόν τα πάντα. Γενικά μπορεί να υποστηριχθεί ότι όσο ισχυρότερα τονίζει τα όρια το φίλτρο, τόσο ελαττώνεται η αίσθηση του τοπογραφικού αναγλύφου στην εικόνα και επίσης αυξάνεται και ο θόρυβος. Προσπαθώντας να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ τονισμού των ορίων και διατήρησης του τοπογραφικού αναγλύφου, καταλήξαμε στους παρακάτω πυρήνες οι οποίοι φαίνεται να δίνουν τα ικανοποιητικότερα αποτελέσματα:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & \kappa & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

όπου το  $\kappa$  παίρνει τιμές από 9 έως 12.

Επιπλέον δοκιμάσαμε τον υπερτονισμό των ορίων σε ένα μόνο κανάλι της χρωματικής σύνθεσης με στόχο τη διατήρηση της αίσθησης του ανάγλυφου από τα

άλλα δύο, έτσι :

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 24) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 μόνο στο κανάλι 7 (το οποίο αποδίδεται με το κόκκινο χρώμα στην σύνθεση) :

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 25) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 μόνο στο κανάλι 7 (το οποίο αποδίδεται με το κόκκινο χρώμα στην σύνθεση) :

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων και έγινε στη συνέχεια ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος του κάθε καναλιού. Κατόπιν στα κανάλια 4, 5 που αποδίδονται με πράσινο και μπλέ χρώμα έγινε μείωση κατά 75% της φωτεινότητάς τους ώστε να αναδειχθεί το φιλτραρισμένο κανάλι 7. (λήψη της 20/08/1987).

Όπως φαίνεται από τις δύο τελευταίες δοκιμές η προσέγγιση αυτή μάλλον δίνει φτωχά αποτελέσματα τόσο ως προς τον τονισμό των γεωτεκτονικών γραμμώσεων όσο και ως προς την αίσθηση της μορφολογίας της περιοχής.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα μικρού μεγέθους (3x3) φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν ενισχύουν τις μικρού, σχετικά, πλάτους "γραμμώσεις" που εμφανίζονται στην περιοχή, οι οποίες όμως αποτελούν και την πλειοψηφία των "γραμμώσεων" οι οποίες παρατηρήθηκαν.



\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 26) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 5x5 :

-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	30	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1

το οποίο επιτυγχάνει μέτριο τονισμό των ορίων και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της. (λήψη της 20/08/1987).

Με το παραπάνω φίλτρο επιτυγχάνεται ο τονισμός τόσο των "γραμμώσεων" όσο και του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής με συνέπεια να αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο για γεωτεκτονικές μελέτες.

Ακολουθεί μία σειρά δοκιμών ψηφιακών επεξεργασιών οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με το ίδιο μέγεθος πυρήνα (5x5) στα κανάλια 4, 5, 6 και 7 :

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 27) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 5x5 :

-1	-1	-1	-1	-1
-1	0	0	0	-1
-1	0	16	0	-1
-1	0	0	0	-1
-1	-1	-1	-1	-1

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη απεικόνιση του καναλιού 4 (φωτ. 28) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 5x5 :

-1	-1	-1	-1	-1
-1	0	0	0	-1
-1	0	16	0	-1
-1	0	0	0	-1
-1	-1	-1	-1	-1

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη απεικόνιση του καναλιού 5 (φωτ. 29) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 5x5 :

-1	-1	-1	-1	-1
-1	0	0	0	-1
-1	0	16	0	-1
-1	0	0	0	-1
-1	-1	-1	-1	-1

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη απεικόνιση του θερμικού καναλιού 6 (φωτ. 30) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 5x5 :

-1	-1	-1	-1	-1
-1	0	0	0	-1
-1	0	16	0	-1
-1	0	0	0	-1
-1	-1	-1	-1	-1

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων. Κατόπιν οι ψηφιακές τιμές των pixels πολλαπλασιάστηκαν επί 2 για να βελτιωθεί η χαμηλή αντίθεση και η χαμηλή φωτεινότητα της εικόνας. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη απεικόνιση του καναλιού 7 (φωτ. 31) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 5x5 :

-1	-1	-1	-1	-1
-1	0	0	0	-1
-1	0	16	0	-1
-1	0	0	0	-1
-1	-1	-1	-1	-1

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων. (λήψη της 20/08/1987).

Από τις παραπάνω επεξεργασίες προκύπτει ότι το φίλτρο δεν προσφέρεται ιδιαίτερα για τονισμό γεωτεκτονικών γραμμώσεων και έτσι, στοιχειωδώς ικανοποιητικά αποτελέσματα έδωσε μόνο το κανάλι 4 του LANDSAT TM. Το θερμικό κανάλι 6 τόσο με εφαρμογή φίλτρου αυτού του πυρήνα όσο και με άλλων, δεν έδωσε τα αναμενόμενα από τη βιβλιογραφία αποτελέσματα, γεγονός το οποίο πρέπει να οφείλεται σε δύο παράγοντες: α) τη χαμηλή διαχωριστική ικανότητα του καναλιού σε σχέση με τα υπόλοιπα και β) τη μη ευνοϊκή (τοπικά) ώρα της λήψης.

Ενα ενδιαφέρον στοιχείο το οποίο προκύπτει από την εφαρμογή του ίδιου φίλτρου, είναι ότι στο κανάλι 4 τονίζονται περισσότερο οι "γραμμώσεις" που οφείλονται στο ανάγλυφο, ενώ στο κανάλι 7 σε μεγαλύτερο ποσοστό οι "γραμμώσεις" που οφείλονται στην ανθρώπινη επέμβαση στο φυσικό περιβάλλον. Αυτό βέβαια είναι φυσικό αφού το κανάλι 4 έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στη βλάστηση σε σχέση με το 7.

\* Σε αναδομημένη (resampled) εικόνα με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, για τα κανάλια 4,5,6 και 7 έγινε αρχικά ένα χωρικό φιλτράρισμα εξομάλυνσης (low pass) για την μείωση του θορύβου (φίλτρο 3x3) :

1	1	1
1	1	1
1	1	1

και κατόπιν εφαρμόσθηκε ένα φίλτρο ενίσχυσης των γραμμικών στοιχείων με μέγεθος 7x7.

Η φιλτραρισμένες εικόνες όπως απόδειξε η φωτοερμηνεία τους τονίζουν καλά την υφή, τις μεγάλες φωτογραμμώσεις και το υδρογραφικό δίκτυο (bands 5,6), μειώνουν όμως τις διαφορές των λιθοστρωματικών ενοτήτων.

\* Στο κανάλι 7 της αναδομημένης ψευδοχρωματικής σύνθεσης 7,4,5 (RGB) (φωτ. 32), που αποδίδεται με κόκκινο χρώμα εφαρμόστηκε το φίλτρο 11x11 "STEF" το οποίο δίνεται παρακάτω. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε κάθε κανάλι της αναδομημένης ψευδοχρωματικής σύνθεσης 7,4,5 (RGB) (φωτ. 33) έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος και κατόπιν στο κανάλι 7 το οποίο αποδίδεται με κόκκινο χρώμα εφαρμόστηκε το φίλτρο 11x11 "STEF". (λήψη της 29/05/1986).

ΦΙΛΤΡΟ: "STEF"

2	0	-5	-5	0	2	0	-5	-5	0	2
0	2	0	-5	0	2	0	-5	0	2	0
-5	0	2	0	0	2	0	0	2	0	-5
-5	-5	0	2	0	2	0	2	0	-5	-5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	2	0	80	0	2	2	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-5	-5	0	2	0	2	0	2	0	-5	-5
-5	0	2	0	0	2	0	0	2	0	-5
0	2	0	-5	0	2	0	-5	0	2	0
2	0	-5	-5	0	2	0	-5	-5	0	2

Τα αποτελέσματα εφαρμογής του παραπάνω φίλτρου, το οποίο σύμφωνα με βιβλιογραφική έρευνα (Μ. Στεφούλη) θεωρείται ως ειδικό για ανίχνευση γεωτεκτονικών "γραμμώσεων", δεν είναι ικανοποιητικά. Το φίλτρο θεωρητικά τονίζει τις μεγάλου πλάτους "γραμμώσεις" (δηλαδή ρηξιγενείς ζώνες) με διευθύνσεις Β-Ν, ΒΑ-ΝΔ, Α-Δ, και ΝΑ-ΒΔ.

Ενας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το αποτέλεσμα της συνέλιξης είναι η συμμετρία του πυρήνα που χρησιμοποιείται. Αν αυτός έχει "κεντρική συμμετρία" τότε ο τονισμός των "γραμμώσεων" γίνεται ισοδύναμα προς όλες τις διευθύνσεις και το φίλτρο ονομάζεται "μη συγκεκριμένης διεύθυνσης". Αν η συμμετρία του πυρήνα είναι "αξονική" (δηλαδή ως προς άξονα), τότε η ενίσχυση των "γραμμώσεων" γίνεται επιλεκτικά ως προς ορισμένες διευθύνσεις και το φίλτρο

ονομάζεται "συγκεκριμένης διεύθυνσης".

Γνωρίζουμε ότι "η ηλιο-σύγχρονη τροχιά του LANDSAT, όπως έχει δειχθεί από τους Goetz et al (Goetz, A., et al, 1975), επηρεάζει τη φωτοερμηνεία των γεωλογικών δομών, ενισχύοντας τις γραμμώσεις οι οποίες είναι κάθετες στη διεύθυνση των ηλιακών ακτίνων, και ότι για τη βελτίωση της φωτοερμηνείας είναι επιθυμητές λήψεις σε μία πληθώρα από αζιμούθια καθώς και γωνίες ύψους (elevation) του ήλιου." Η παραπάνω διαπίστωση ελέγχθηκε σε συνδυασμό με τη χρήση ενός πυρήνα συνέλιξης που θα τονίζει τις "γραμμώσεις" με διεύθυνση B-N που είναι κάθετες στη διεύθυνση A-Δ των ηλιακών ακτίνων.

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 34) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 :

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων με διεύθυνση B-N και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της. (λήψη της 20/08/1987).

\* Σε αναδομημένη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7,4,5 (RGB) (φωτ. 35) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, εφαρμόσθηκε το φίλτρο 3x3 :

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

το οποίο επιτυγχάνει ισχυρό τονισμό των ορίων με διεύθυνση A-Δ και κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της. (λήψη της 20/08/1987).

Στις δύο προηγούμενες δοκιμές παρατηρείται βέβαια τονισμός των συγκεκριμένων διευθύνσεων αλλά επίσης και μεγάλη ενίσχυση του θορύβου.

Μια άλλη τεχνική (Manual of Remote Sensing, Vol.II, 1983) η οποία τονίζει τη "γεωτεκτονική μικρο-υφή" των απεικονίσεων, για χαρακτηριστικά μεγέθους ίσου

ή και μικρότερου από τη διαχωριστική ικανότητα του δέκτη, είναι η παραγωγή πρώτου βαθμού. Αυτή επιτυγχάνεται προσεγγιστικά με την αφαίρεση της τιμής του pixel από το (τα) γειτονικό pixel. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με συνέλιξη με πυρήνα της μορφής :

$$\begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Πολλές φορές το περαιτέρω φιλτράρισμα με φίλτρο μείωσης του θορύβου (3x3, 5x5) μπορεί να απομακρύνει τον τυχαίο θόρυβο και να διευκολύνει τη φωτοερμηνεία.

#### 4.6.2 ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΡΟΔΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.

Βασιζόμενοι στην επιλεκτική, ως προς τη διεύθυνση, ευαισθησία μερικών τύπων πυρήνων, υποθέσαμε ότι θα μπορούσαμε να αυτοματοποιήσουμε την παραγωγή ροδοδιαγραμμάτων κατευθείαν από τις δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις της περιοχής μελέτης.

Κάτι τέτοιο θα ήταν εφικτό, πιστεύουμε με μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας, με την ακόλουθη διαδικασία :

- α) Πρώτα υπολογίζονται οι πυρήνες ενός φίλτρου ενίσχυσης των ορίων (όπως τα προαναφερθέντα συγκεκριμένης διεύθυνσης φίλτρα), για όλες τις διευθύνσεις τονισμού μεταξύ 0° και 180°, με βήμα π.χ. 10°.
- β) Εφαρμόζεται το καθένα από τα παραπάνω 18 φίλτρα στην περιοχή μελέτης και για το καθένα υπολογίζεται η μέση αριθμητική τιμή του αποτελέσματος της συνέλιξης (άθροισμα των τιμών της συνέλιξης σε κάθε θέση διά του πλήθους των pixels της περιοχής).
- γ) Με βάση τις παραπάνω 18 τιμές σχεδιάζεται το ροδοδιάγραμμα συχνότητας διευθύνσεων των γραμμώσεων.

Το αποτέλεσμα της μεθόδου που περιγράφηκε θα περίμενε κάποιος να αντανakλά, τις κύριες τουλάχιστον διευθύνσεις ρηγμάτων της περιοχής, υπό την προϋπόθεση ότι:

- α) Η ευαισθησία σε σχέση με τη διεύθυνση των 18 πυρήνων του βασικού φίλτρου θα πρέπει να είναι ακριβώς ισοδύναμη, ώστε να έχουμε συγκρίσιμα

αποτελέσματα ανά διεύθυνση.

- β) Ο συνδυασμός φίλτρου - καναλιού δίνει ικανοποιητικό τονισμό των "γραμμώσεων" σε σχέση με τον λοιπό θόρυβο, ώστε να μην προκύπτει ένα σχεδόν ισοδύναμο προς όλες τις διευθύνσεις ροδοδιάγραμμα, οφειλόμενο στη σχεδόν κανονική κατανομή του θορύβου.

Για την επίτευξη των παραπάνω είναι απαραίτητος ο υπολογισμός 18 κατά διεύθυνση ισοδύναμων, πυρήνων. Για αυτό τον σκοπό συντάχθηκε μία σειρά προγραμμάτων Η/Υ με στόχο την περιστροφή ενός βασικού φίλτρου ως προς το κέντρο του. Οι αλγόριθμοι οι οποίοι δοκιμάστηκαν ήταν παραλλαγές του αλγόριθμου γεωμετρικού μετασχηματισμού (γεωμετρικής διόρθωσης) των ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων. Δηλαδή με δεδομένη τη γωνία περιστροφής του φίλτρου υπολογίζεται ένα πολυωνυμικό μοντέλο περιστροφής των θέσεων (X,Y) του πυρήνα ως προς το κέντρο του και κατόπιν εφαρμόζονται αλγόριθμοι αναδόμησης (resampling) των νέων τιμών του πυρήνα από τις αρχικές, αντίστοιχων με τους αλγόριθμους αναδόμησης των ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων (υπολογισμού των νέων ψηφιακών τιμών των pixels από τις παλιές). Η τεχνική αναδόμησης η οποία επιβάλλεται από τις συνθήκες είναι η διγραμμική παρεμβολή (bilinear interpolation).

Οι παραγόμενοι όμως πυρήνες, από την περιστροφή του βασικού κατά τυχαία γωνία, δεν διατηρούν τη μορφή και συνεπώς και τις ιδιότητες του βασικού με συνέπεια την αδυναμία της παραπέρα εφαρμογής τους σύμφωνα με την προϋπόθεση α. Οι μόνες γωνίες περιστροφής οι οποίες έδωσαν ικανοποιητικούς πυρήνες, ήταν οι γωνίες που ήταν ακέραια πολλαπλάσια των 45°.

#### 4.6.3 ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ SOBEL

Εκτός από την ενίσχυση των ορίων με συνέλιξη, υπάρχει και μία σειρά αντίστοιχων ψηφιακών επεξεργασιών με χρήση μη γραμμικών φίλτρων όπως το φίλτρο τύπου Sobel (Pratt, W., 1978). Για την εφαρμογή του αναπτύχθηκε το κατάλληλο πρόγραμμα για το υπολογιστικό σύστημα του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. Ο τύπος του φίλτρου Sobel είναι:

$$\text{Τιμή Sobel} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

όπου:

$$X = (A_2 + 2A_3 + A_4) - (A_0 + 2A_7 + A_6)$$

$$Y = (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_6 + 2A_5 + A_4)$$

όπου  $A_i$  οι τιμές των pixels όπως φαίνεται παρακάτω:

$A_0$	$A_1$	$A_2$
$A_7$	—	$A_3$
$A_6$	$A_5$	$A_4$

Ένα δείγμα του αποτελέσματος της εφαρμογής του φίλτρου Sobel στην αναδομημένη εικόνα του καναλιού 3 του LANDSAT TM με μέγεθος pixel 60 m, (λήψης της 29/05/1986) παρουσιάζεται στη φωτογραφία 36. Όπως φαίνεται, το φίλτρο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη επιτυχία στην ενίσχυση των γεωτεκτονικών "γραμμώσεων" αλλά αντίθετα τις υποβαθμίζει αισθητά.

Κατά τη φάση της ανάπτυξης και ελέγχου λειτουργίας του προγράμματος Sobel προέκυψε τυχαία, από κάποια ατέλεια στην υλοποίηση του αλγόριθμου, μία αρκετά ενδιαφέρουσα εικόνα (φωτ. 37, κανάλι TM#3, μέγεθος pixel 60 m, 20/08/1987). Σε αυτήν τονίζονται σε ικανοποιητικό βαθμό, σε σχέση πάντα με παρόμοιες τεχνικές, οι "γραμμώσεις" και τα λοιπά γραμμικά χαρακτηριστικά της εικόνας τα οποία οφείλονται στο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής και ταυτόχρονα δεν παρατηρείται ο ανάλογος υπερτονισμός του θορύβου (βλέπε π.χ. λιμενοβραχίονα του λιμανιού της Καλαμάτας). Όμως ελπίζοντας σε καλύτερα αποτελέσματα μετά την διόρθωση αυτής της ατέλειας του προγράμματος Sobel, ο ενδιαφέρον αυτός αλγόριθμος σβύστηκε από τη μνήμη του υπολογιστή. Παρά τις σχετικές προσπάθειες να επαναπροσδιορισθεί δεν είχαμε μέχρι στιγμής θετικό αποτέλεσμα. Η ερευνητική ομάδα θα συνεχίσει πάντως την έρευνα σ'αυτή την κατεύθυνση θεωρητικά και πειραματικά.

#### 4.7 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (HIS-RGB TRANSFORMATIONS).

Μια ψηφιακή τεχνική ανάλυσης των πολυφασματικών δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων είναι ο μετασχηματισμός με βάση κατάλληλο μαθηματικό μοντέλλο, της ραδιομετρικής πληροφορίας την οποία περιέχει ένα υποσύνολο των καναλιών του δέκτη, σε ένα άλλο σύνολο παράγωγων "καναλιών". Ανάλογα με το μαθηματικό



μοντέλο που χρησιμοποιείται, είναι δυνατό να τονισθούν εκείνα τα στοιχεία της απεικόνισης τα οποία έχουν συγκεκριμένες φασματικές αποκρίσεις (φασματικές υπογραφές).

Μια τεχνική η οποία χρησιμοποιεί τρία κανάλια για είσοδο και παράγει ισάριθμα κανάλια στην έξοδο της αξιοποιεί τα μοντέλα χρωματικών μετασχηματισμών. Όπως είναι γνωστό η χρωματική πληροφορία μπορεί να περιγραφεί από μία τριάδα μεταβλητών, ανάλογα με το χρωματικό σύστημα κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται (Pratt, W., 1978). Στις συνηθισμένες χρωματικές συνθέσεις των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων σε Η/Υ, χρησιμοποιείται το προσθετικό σύστημα, των τριών βασικών χρωμάτων κόκκινο, πράσινο και μπλέ (RGB). Κάθε χρώμα όμως μπορεί να περιγραφεί και από μία άλλη τριάδα μεταβλητών: το χρώμα, την ένταση και τον κορεσμό του χρώματος (Hue, Intensity, Saturation ή HIS). Υπάρχει λοιπόν η δυνατότητα να μετατρέψουμε τρία αρχικά κανάλια του TM του LANDSAT σε τρία αντίστοιχα με βάση τις HIS συνιστώσες.

Η εφαρμογή του παραπάνω μετασχηματισμού στα τρία πρώτα κανάλια του LANDSAT TM φαίνεται, για την περιοχή μελέτης, στις φωτ. 38, 39 και 40 (λήψη της 29/05/1986). Σε αυτές φαίνονται αντίστοιχα η Hue, Intensity και Saturation συνιστώσα της χρωματικής σύνθεσης των καναλιών 1, 2, 3 (RGB), κατόπιν ισοδυναμοποίησης του ιστογράμματος της καθεμίας. Όπως φαίνεται, στην χρωματική συνιστώσα της έντασης I έχουμε "περίπου" τη μέση τιμή φωτεινότητας (ανακλαστικότητας των αντικειμένων) των τριών αρχικών εικόνων η οποία δεν τονίζει τα γραμμικά χαρακτηριστικά. Αλλά και οι δύο άλλες συνιστώσες δεν ενισχύουν τις "γραμμώσεις" τις οποίες μάλλον εξαφανίζουν. Τονίζουν όμως τις κύριες επιφανειακές λιθολογικές διαφοροποιήσεις στην περιοχή και κατ' αυτό είναι χρήσιμες.

Στην φωτ. 41 φαίνεται αναδομημένη (resampled) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, η χρωματική σύνθεση Intensity, Hue, Saturation (RGB) των παραπάνω καναλιών 1, 2 και 3 της λήψης της 29/05/1986. Για τελική βελτίωση της εικόνας ακολούθησε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος κάθε συνιστώσας (HIS). Και σε αυτή τη φωτογραφία επαληθεύονται οι προηγούμενες διαπιστώσεις.

Σε αναδομημένη (resampled) εικόνα με μέγεθος pixel ίσο με 60m (φωτ. 42), έγινε η μετατροπή της αρχικής έγχρωμης σύνθεσης των καναλιών 7, 4, 5 (RGB) σε αντίστοιχη (HIS : Hue, Intensity, Saturation), κατόπιν έγινε χωρικό φιλτράρισμα συνέλιξης μόνο στη συνιστώσα της φωτεινότητας (Intensity) με πυρήνα τονισμού των ορίων 3x3 και τελικά μετασχηματίσθηκε στην αρχική της μορφή: 7, 4, 5 (RGB). (λήψη της 29/05/1986).

Με αυτή την επεξεργασία ουσιαστικά γίνεται τονισμός των γραμμικών στοιχείων σε χρωματική σύνθεση καναλιών, χωρίς όμως στην τελική εικόνα να

παρατηρούνται οι χρωματικές διαφοροποιήσεις (των ορίων/γραμμικών στοιχείων) όπως στις εικόνες οι οποίες προκύπτουν από τη ξεχωριστή συνέλιξη του κάθε καναλιού της σύνθεσης.

Όπως διαπιστώσαμε στην παράγωγη εικόνα τονίζεται ο θόρυβος, μειώνεται η αίσθηση του ανάγλυφου, τονίζονται οι λιθολογικές διαφορές και αλλοιώνονται τα αρχικά χρώματα, χωρίς όμως και να τονίζονται γραμμικά χαρακτηριστικά γεωτεκτονικού χαρακτήρα.

#### 4.8 ΛΟΓΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ.

Όπως αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία η ψηφιακή ανάλυση και επεξεργασία τηλεπισκοπικών απεικονίσεων για γεωλογικές και γεωτεκτονικές εφαρμογές μπορεί να βοηθηθεί από τη μέθοδο εξαγωγής του λόγου των εικόνων δύο καναλιών.

Η ενίσχυση μιας τηλεπισκοπικής απεικόνισης η οποία προκύπτει από τον λόγο δύο καναλιών, δηλαδή απεικονίσεων της ίδιας περιοχής σε διαφορετικό μήκος κύματος, είναι μια τεχνική που συμβάλλει στην αναγνώριση των λιθολογικών ενοτήτων (Manual of Remote Sensing, Vol.II, 1983). Αυτή η τεχνική είναι χρήσιμη στην έρευνά μας γιατί ελαχιστοποιεί την επίδραση του τοπογραφικού ανάγλυφου (κλίση, προσανατολισμός) καθώς και των διαφορών ανακλαστικότητας των πετρωμάτων και ενισχύει τις συνήθως μικρές διαφορές ανακλαστικότητας σε διαφορετικά μήκη κύματος, μεταξύ των υλικών που καλύπτουν τη γήινη επιφάνεια. Ο βαθμός όμως χρησιμότητας ελαττώνεται όσο αυξάνεται και ποικίλει η φυτοκάλυψη της περιοχής.

Ο λόγος λοιπόν δύο καναλιών μιας πολυφασματικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης μπορεί να θεωρηθεί ως μια μέθοδος η οποία τονίζει τις μικροδιαφορές μεταξύ των υλικών που καλύπτουν τη γήινη επιφάνεια, καθορίζοντας την κλίση της φασματικής καμπύλης μεταξύ των δύο καναλιών (Siegal, B., Gillespie, A., 1979). Οι εικόνες οι οποίες προκύπτουν από τον λόγο δύο καναλιών ελαχιστοποιούν τις πρώτης τάξης (πρώτης παραγώγου) διαφοροποιήσεις της φωτεινότητας που οφείλονται στο τοπογραφικό ανάγλυφο και επιτρέπουν την απεικόνιση των διαφορών μεταξύ των κλίσεων των φασματικών υπογραφών των αντικειμένων της εικόνας. Ταυτοχρόνως όμως ο λόγος δύο καναλιών τονίζει τον θόρυβο, κάνοντας έτσι τη φωτοερμηνεία ακόμη δυσκολότερη. Επίσης διαφορετικά υλικά που έχουν παρόμοιες κλίσεις των φασματικών υπογραφών τους αλλά παρουσιάζουν διαφορετική (απόλυτη) ανακλαστικότητα, και που στις αρχικές εικόνες διαχωρίζονται εύκολα, μπορεί να μην είναι πλέον διακριτά στην εικόνα του λόγου των δύο καναλιών.

Οι εικόνες λόγου καναλιών έχουν συνεπώς μεγάλη φωτοερμηνευτική αξία γιατί μπορούν να συσχετιστούν άμεσα με τις φασματικές υπογραφές του υλικού των αντικειμένων τα οποία απεικονίζουν (Siegal, B., Gillespie, A., 1979).

Σε μια μελέτη για τον προσδιορισμό των βέλτιστων περιοχών μήκους κύματος (bands) καθώς και των λόγων (ratios) αυτών, για τον διαχωρισμό διαφόρων υλικών, χρησιμοποιώντας απεικονίσεις S-192 από το Skylab, οι Vincent και Pillars (Siegal, B., Gillespie, A., 1979) εφάρμοσαν γραμμικές αναλύσεις σε 211 εργαστηριακές φασματικές υπογραφές εδαφών, ορυκτών και πετρωμάτων. Οι καλύτεροι 12 από 66 δυνατούς συνδυασμούς λόγων καναλιών (band ratios) στην περιοχή μεταξύ 0.4μm και 2.34μm παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1 (Siegal, B., Gillespie, A., 1979). Οι αντίστοιχοι "καλύτεροι" λόγοι καναλιών του TM είναι (κατά προσέγγιση) οι: 4/3, 7/5, 2/1, 4/1, 4/2.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

Κατάταξη λόγων περιοχών μήκους κύματος κατά VINCENT και PILLARS

ΚΑΤΑΤΑΞΗ	ΛΟΓΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (μm)
1	0.77 - 0.89 / 0.60 - 0.65
2	0.50 - 0.55 / 0.45 - 0.50
3	0.93 - 1.05 / 0.54 - 0.60
4	1.15 - 1.28 / 1.03 - 1.19
5	2.10 - 2.34 / 1.55 - 1.73
6	0.77 - 0.89 / 0.50 - 0.55
7	0.54 - 0.60 / 0.45 - 0.50
8	0.54 - 0.60 / 0.50 - 0.55
9	0.77 - 0.89 / 0.45 - 0.50
10	0.77 - 0.89 / 0.54 - 0.60
11	0.93 - 1.05 / 0.50 - 0.55
12	0.93 - 1.05 / 0.77 - 0.89

Πηγή: Siegal, B., Gillespie, A., 1979.

Άλλες χρωματικές συνθέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον ίδιο σκοπό, σε δορυφορικές απεικονίσεις του MSS σαρωτή του LANDSAT είναι οι :

α) ΚΟΚΚΙΝΟ = MSS 6 / MSS 7  
 ΠΡΑΣΙΝΟ = MSS 5 / MSS 6  
 ΜΠΛΕ = MSS 4 / MSS 5  
 βλέπε (Siegal, B., Gillespie, A., 1979, σελ.366)

β) ΚΟΚΚΙΝΟ = MSS 7 / MSS 6  
 ΠΡΑΣΙΝΟ = MSS 6 / MSS 5  
 ΜΠΛΕ = MSS 5 / MSS 4  
 βλέπε (Siegal, B., Gillespie, A., 1979, σελ.408)

Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε ο τροποποιημένος λόγος καναλιών (ΤΛΚ) με τον οποίο αντιμετωπίζονται τα αριθμητικά προβλήματα τα οποία συνεπάγεται ο απλός λόγος δύο καναλιών. Ο απλός λόγος δίνεται από τον τύπο :

$$\frac{\text{(κανάλι A)}}{\text{(κανάλι B)}}$$

ενώ ο τροποποιημένος λόγος δίνεται από τον τύπο :

$$128 \times \frac{\text{(κανάλι A)}}{\text{(κανάλι B) + 1}}$$

Στον τροποποιημένο λόγο αποκλείεται η περίπτωση μηδενισμού του παρονομαστή και ενισχύεται (αυξάνεται) η τιμή λόγου για τις, συνήθως μεγαλύτερες της μονάδας, τιμές του καναλιού Β. Όπως αποδεικνύεται με την εφαρμογή του ο τροποποιημένος λόγος καναλιών δίνει εξαιρετικά αποτελέσματα σε λόγο ταυτόσημων καναλιών διαφορετικών όμως εποχών λήψης.

Η εφαρμογή του απλού λόγου των καναλιών 7 / 6 της λήψης της 29/05/1986 σε αναδομημένη (resampled) εικόνα με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, φαίνεται στην φωτογραφία 43. Μετά την εφαρμογή του λόγου έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για οπτική βελτίωση. Όπως αναμενόταν μειώθηκε η αίσθηση του

ανάγλυφου καθώς και των γραμμικών χαρακτηριστικών τα οποία οφείλονται σε αυτό. Τονίζεται σε αρκετό βαθμό το κύριο υδρογραφικό δίκτυο καθώς και οι περιοχές οι οποίες καλύπτονται από δενδρώνες και φυσική βλάστηση.

Οι εφαρμογή του λόγου καναλιών της ίδιας (χρονικά και χωρικά) λήψης μπορεί βέβαια να δώσει λιθολογικές πληροφορίες για τη γεωλογία της περιοχής, όμως μειώνει ή εξαφανίζει τις "γραμμώσεις" γεωτεκτονικού χαρακτήρα που είναι καθοριστικής σημασίας για τη σεισμοτεκτονική έρευνα. Έτσι επιχειρήθηκε ο συνδυασμός των ίδιων (φασματικά και χωρικά) καναλιών του σαρωτή TM, διαφορετικής όμως εποχής λήψης, με στόχο την ενίσχυση των "γραμμώσεων".

Εφόσον το περιεχόμενο των απεικονίσεων των διαχρονικών λήψεων δεν διαφοροποιείται σημαντικά, εξαιτίας π.χ. της ριζικής αλλαγής της βλάστησης, το ραδιομετρικό περιεχόμενο των αντίστοιχων καναλιών, ανάλογα πάντα με την ευαισθησία τους στις αντίστοιχες μεταβολές των χρήσεων/καλύψεων της γήινης επιφάνειας, παραμένει γενικά ταυτόσημο. Οι εναπομείναντες κύριοι παράγοντες που το διαφοροποιούν, σε κάποιο βαθμό, είναι :

- α) η διαφορετική απόλυτη στάθμη της ανακλώμενης ακτινοβολίας (που οφείλεται σε διαφορετική ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, σε διαφορετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, σε αλλαγή των παραμέτρων ρύθμισης του δέκτη κ.α.), η οποία εκφράζεται με μια συνολική μετατόπιση προς τα πάνω ή κάτω των ψηφιακών τιμών και ισχύει για το σύνολο της περιοχής,
- β) η μερική αλλαγή των σκιών, που οφείλεται στη διαφορετική γωνία ύψους (elevation) του ήλιου και
- γ) οι τοπικά αστάθμητοι παράγοντες όπως π.χ. η νέφωση (σύννεφα και σκιές τους) και η διατάραξη της επιφάνειας της θάλασσας.

Αν βρισκόταν συνεπώς ένας τρόπος με τον οποίο θα μπορούσαμε να εξαλείψουμε ή να μειώσουμε σε επαρκή βαθμό την επίδραση του πρώτου παράγοντα και ταυτοχρόνως να διατηρήσουμε την επίδραση του δεύτερου, τότε θα είχαμε τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε και να μελετήσουμε το μικροανάγλυφο μέσω των διαφοροποιήσεων των σκιών του.

Αυτό επιτεύχθηκε με τον λόγο και ακόμα καλύτερα με τον τροποποιημένο λόγο των ίδιων καναλιών αλλά διαχρονικών λήψεων. Ο πρώτος παράγοντας: σταθερής ραδιομετρικής διαφοράς, μειώνεται εξαιρετικά (θεωρητικά μηδενίζεται) ενώ η τοπική ραδιομετρική διαφοροποίηση, που οφείλεται στην αλλαγή του μήκους των σκιών εξαιτίας της διαφορετικής γωνίας ύψους του ήλιου, διατηρείται.

Τον τελευταίο από τους παράγοντες, αυτονόητα, δεν μπορούμε να τον εξαλείψουμε με κανένα τρόπο, αφού τα σύννεφα και οι σκιές τους καλύπτουν τη

ραδιομετρική πληροφορία της γήϊνης επιφάνειας στις απεικονίσεις των χρήσιμων για την έρευνά μας καναλιών TM του LANDSAT.

Αποτέλεσμα αυτής της τεχνικής είναι ο τονισμός του μικροανάγλυφου και συνεπώς και των δυσδιάκριτων "γραμμώσεων". Ειδικά δε παρατηρείται το φαινόμενο τονισμού των μεταβολών του ανάγλυφου που παρουσιάζει δευτέρου βαθμού παράγωγο ως προς τη μεταβολή του υψόμετρου. Αυτό έχει ως συνέπεια να υποβαθμίζονται οι ομαλές μορφολογικές κλίσεις, που σίγουρα δεν οφείλονται σε νεοτεκτονικές διεργασίες και να τονίζονται τα "μικροαντικείμενα" της εικόνας τα οποία παρουσιάζουν έντονη αλλαγή της κλίσης όπως π.χ. τα τεχνικά έργα (διαμορφώσεις πρανών δρόμων σε ορεινές περιοχές) καθώς και τα αποτελέσματα των "βίαιων" νεοτεκτονικών διεργασιών στην περιοχή. Αυτό είναι απόλυτα κατανοητό αφού οι πρώτου βαθμού μεταβολές του υψόμετρου καταστέλλονται από την πράξη της διαιρέσης.

Πρόσθετο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ο ομοιόμορφος φωτισμός της περιοχής αφού μειώνονται οι διαφοροποιήσεις της φωτεινότητας εξαιτίας του ανάγλυφου, γεγονός το οποίο επιτρέπει την ανακάλυψη "γραμμώσεων" σε περιοχές της εικόνας οι οποίες στις αρχικές απεικονίσεις σκιάζονταν. Το συγκεκριμένο πρόβλημα της σκίασης των "γραμμώσεων" αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Siegal, B., Gillespie, A., 1979): "Οι σκιές που προκαλούνται από το χαμηλό ύψος του ήλιου πάνω από τον ορίζοντα καθώς και από ανωμαλίες του τοπογραφικού ανάγλυφου μπορούν να φανούν χρήσιμες στον τονισμό των γεωλογικών δομών. Πολλές όμως φορές συμβαίνει να κρύβουν τη χρήσιμη πληροφορία". Αυτή η περίπτωση είναι ιδιαίτερα εμφανής στο ρήγμα με διεύθυνση BBD-NNA το οποίο βρίσκεται στη δυτική πλαγιά του Καλαθίου όρους, 7 περίπου χλμ. Ανατολικά - Νότιοανατολικά της πόλης της Καλαμάτας.

Η πρακτική επιβεβαίωση της τεχνικής η οποία περιγράφηκε παρουσιάζεται στις φωτ. 44 και 45. Στις δύο αυτές φωτογραφίες φαίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του τροποποιημένου λόγου των καναλιών 1 διὰ 1' και των 2 διὰ 2' αντίστοιχα. Οπου τα τονούμενα κανάλια αναφέρονται στην λήψη της 29/05/1986 (πριν το μεγάλο σεισμό της 13/09/1986) και τα άτονα στην λήψη της 20/08/1987 (μετά το σεισμό). Τα καταστροφικά αποτελέσματα της σεισμικής δραστηριότητας του Σεπτεμβρίου του 1986, δεν έχουν καμμία πρακτική ορατή επίδραση στην εικόνα, αφού είναι κατά πολύ μικρότερα της γεωμετρικής διακριτικής ικανότητας του δέκτη και επιπροσθέτως δεν δημιουργούν έντονη αντίθεση με τον περιβάλλοντα χώρο τους ώστε να μπορούν έστω να ανιχνευθούν. Μετά την εφαρμογή του λόγου, οι δύο εικόνες έχουν υποστεί ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός τους για οπτική βελτίωση. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι, η διαφορετικής έντασης υφή και

θόρυβος που παρατηρείται στο κανάλι 2 οφείλεται στην μεγαλύτερη ευασθησία του στις μεταβολές της βλάστησης. Παραταύτα σε πολλές τοποθεσίες τονίζονται ακόμα περισσότερο οι "γραμμώσεις".

Τέλος δοκιμάστηκε και ο συνδυασμός διαφορετικών καναλιών διαφορετικής εποχής λήψης. Έτσι στην φωτογραφία 46 φαίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του τροποποιημένου λόγου των καναλιών 5 (20/08/1987) δια 4 (29/05/1986). Κατόπιν έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος. Με αυτό τον συνδυασμό παρατηρείται ενίσχυση των "γραμμώσεων" (βλέπε ρήγμα δυτικής πλαγιάς Καλάθιου όρους) σε περιοχές στις οποίες δεν υπάρχει δασοκάλυψη του εδάφους και ταυτόχρονα μια περιορισμένου βαθμού διατήρηση του αναγλύφου. Δεν κρίνεται όμως τόσο χρήσιμος όσο ο λόγος ίδιων καναλιών μεταξύ τους.

#### 4.9 ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΝΑΛΙΩΝ.

Παρεμφερής με την προηγούμενη ψηφιακή τεχνική ανάλυσης τηλεπισκοπικών απεικονίσεων είναι και η διαφορά (αφαίρεση) μεταξύ δύο καναλιών της ψηφιακής δορυφορικής απεικόνισης. Με την απλή αφαίρεση δύο καναλιών όπως δίνει ο τύπος:

$$( \text{κανάλι A} ) - ( \text{κανάλι B} )$$

προκύπτουν ακέραιες τιμές που (δυνητικῶ) κυμαίνονται από -255 έως και +255. Πολλοί αντιμετωπίζουν αυτό τον διπλασιασμό του εύρους των τιμών με την εξαγωγή της απόλυτης τιμής της διαφοράς, αγνοώντας έτσι το πρόσημο. Η δική μας προσέγγιση στο πρόβλημα ήταν η χρήση της τροποποιημένης διαφοράς :

$$128 + [ ( \text{κανάλι A} ) - ( \text{κανάλι B} ) ] / 2$$

η οποία εξασφαλίζει ότι οι τιμές παραμένουν στο διάστημα [0, 255] και οι μηδενικές διαφορές δίνουν τιμές κοντά στο 128 που βρίσκεται στο μέσο της κλίμακας του γκριζου, με αποτέλεσμα την ευχερέστερη διάκριση των μικροδιαφορών.

Η πράξη της αφαίρεσης μεταξύ δύο ίδιων (φασματικά και χωρικά) διαχρονικών

καναλιών, τείνει να ισοπεδώσει (θεωρητικά υπό ορισμένες προϋποθέσεις μηδενίζει) τις τιμές, εκεί που δεν υπάρχει μεταβολή του περιεχόμενου της εικόνας. Αντίθετα εκεί που συνέβησαν μεταβολές τείνει να δώσει υψηλότερες (απόλυτα) τιμές. Η επίδραση της παραπάνω διαφοράς είναι ίδιου γενικά χαρακτήρα, με την επίδραση του λόγου των ίδιων καναλιών που περιγράφεται στο προηγούμενο εδάφιο (βλέπε φωτ. 44 και 47) (Ρόκος, Δ., 1989).

Η εφαρμογή της τεχνικής η οποία περιγράφηκε παραπάνω παρουσιάζεται στις φωτ. 47 και 48. Στις δύο αυτές φωτογραφίες φαίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής της τροποποιημένης διαφοράς των καναλιών 1 - 1' και 4 - 4' αντίστοιχα. Όπου τα τονούμενα κανάλια αναφέρονται στη λήψη της 29/05/1986 (πρίν τον μεγάλο σεισμό της 13/09/1986) και τα άτονα στη λήψη της 20/08/1987 (μετά τον σεισμό). Μετά την εφαρμογή του λόγου, οι δύο εικόνες έχουν υποστεί ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός τους για οπτική βελτίωση. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ο χαμηλότερος έντασης τονισμός των τεχνικών έργων (σε σχέση με τον "λόγο" φωτ. 45) καθώς και η ανάδειξη συγκεκριμένων τύπων βλάστησης (βλέπε ελαιώνες στις παρυφές της Καλαμάτας) η οποία παρατηρείται στο κανάλι 4, με συνέπεια την καλύτερη ανάδειξη των γεωτεκτονικών "γραμμώσεων".

Ειδικά στο Καλάθιο όρος τονίζεται το ρήγμα της δυτικής του πλαγιάς (BBD - NNA) καθώς και σύμπλεγμα παράλληλων "γραμμώσεων" οι οποίες τέμνουν το προηγούμενο με διεύθυνση BA - ΝΔ. (φωτ. 49)

Η διαφορά διαφορετικών καναλιών της ίδιας εποχής λήψης φαίνεται στην φωτογραφία 49. Πιο συγκεκριμένα φαίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής της τροποποιημένης διαφοράς, των αναδομημένων εικόνων των καναλιών με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, 7 μείον 5 (29/05/1986). Κατόπιν έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος.

Παρατηρείται διαφορικός τονισμός των διαφορετικών λιθολογικών ενοτήτων, γεγονός το οποίο αναμενόταν, επηρεασμένος από την καλύψη της βλάστησης και ελάχιστος τονισμός εκείνων των "γραμμώσεων" οι οποίες είναι συνάρτηση του μικροανάλυφου όπως παρατηρείται στις περιοχές Ελαιοχωρίου και Καλαθίου όρους BA της Καλαμάτας. Ειδικά σε αυτή την ευρύτερη περιοχή η οποία έχει ως κέντρο το Ελαιοχώρι (σχεδόν ολοκληρωτικά κατεστραμένο από τον σεισμό 5.9 R της 13 Σεπτεμβρίου 1986) ανιχνεύεται ένα διασταυρούμενο πυκνό πλέγμα "γραμμώσεων" με διευθύνσεις BA - ΝΔ και ΒΔ - ΝΑ.

Τέλος επιχειρήθηκε ο συνδυασμός διαφορετικών καναλιών της ίδιας εποχής λήψης, με ταυτόχρονη αξιοποίηση τριών τεχνικών: α) του λόγου καναλιών, β) της διαφοράς καναλιών και γ) της ψευδοχρωματικής σύνθεσης.



Έτσι στη φωτογραφία 50 φαίνεται το αποτέλεσμα της χρωματικής σύνθεσης δύο παράγωγων και ενός αρχικού καναλιού, της αναδομημένης εικόνας με μέγεθος pixel ίσο με 60 μ της λήψης της (29/05/1986) :

όπου ΚΟΚΚΙΝΟ =  $128 * [(\text{κανάλι } 7) / ((\text{κανάλι } 6) + 1)]$

ΠΡΑΣΙΝΟ =  $128 + [((\text{κανάλι } 7) - (\text{κανάλι } 5)) / 2]$

ΜΠΛΕ = (κανάλι 4)

Κατόπιν έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για οπτική βελτίωσή της.

Με τη ψευδοχρωματική σύνθεση του μεγάλου όγκου πληροφορίας τον οποίο περιέχουν οι τρεις συνιστώσες (RGB) ξεχωριστά, γίνεται δυσκολότερα η φωτοερμηνευτική ανάλυση της εικόνας, παρότι η σύνθετη εικόνα εμπεριέχει λιθολογικού χαρακτήρα πληροφορία μαζί με ελαφρά τονισμένες "γραμμώσεις" που οφείλονται στο μικροανάλυφο και ταυτόχρονα τονισμό συγκεκριμένου τύπου βλάστησης. Αυτού του τύπου οι συνθέσεις περισσότερο εξυπηρετούν τις ανάγκες προκαταρκτικής φωτο-αναγνώρισης της περιοχής μέσω μιας γενικευμένης ταξινόμησης.

### 5.1 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΛΗΨΕΩΝ.

Μετά την εφαρμογή των ψηφιακών τεχνικών ενίσχυσης - τονισμού των τεκτονικών και γεωλογικών στοιχείων των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων η οποία ολοκληρωνόταν σε κάθε φάση με την οπτική φωτοερμηνεία, ακολούθησε η καταγραφή των αποτελεσμάτων της φωτοερμηνείας με ψηφιοποίηση των γραμμικών - πολυγωνικών στοιχείων κατευθείαν από την οθόνη του Η/Υ.

Η διαδικασία της καθαρά ψηφιακής καταγραφής - αποθήκευσης - διαχείρισης - χαρτογραφικής απόδοσης και στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" εγγυάται την αποφυγή χονδροειδών σφαλμάτων (παραλείψεις στοιχείων, εσφαλμένη πληκτρολόγηση κ.λ.π.) καθώς και γεωγραφικών / γεωμετρικών σφαλμάτων τα οποία θα εισαγόταν ενδεχομένως από τη χειροκίνητη ή άλλη μέθοδο καταγραφής και χαρτογραφικής απόδοσης των "δυνάμει" γραμμώσεων. Ακόμη επέτρεψε την ταχύτερη διεξαγωγή της παραπάνω κυκλικής διαδικασίας με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης του χρόνου των φωτοερμηνευτών της ερευνητικής ομάδας σε καθαρά ερευνητικού επιπέδου νοητικές εργασίες ερμηνείας και ανάλυσης των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων και των παραγώγων τους και όχι σε διαδικασίες ρουτίνας. Αυτό επέτρεψε, στο βαθμό που ήταν δυνατό, την εκτεταμένη μελέτη της περιοχής και την πολλαπλή διερεύνηση των αντικειμενικών δυνατοτήτων διάφορων μεθόδων και τεχνικών εργασίας.

Η φωτοερμηνεία (αναγνώριση - εντοπισμός - καταγραφή) των φωτογραμμώσεων, δηλαδή των πιθανών ρηγμάτων, έγινε στο πλαίσιο της ερευνητικής ομάδας, από τους δύο γεωλόγους ερευνητές συνεργάτες Α και Β με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει συστηματικότητα στις μετρήσεις τους και να εξασφαλισθεί όσο το δυνατόν η δυνατότητα συγκριτικής ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Επίσης καθένας από τους δύο φωτοερμηνευτές εφάρμοσε διαφορετική διαδικασία προσέγγισης στο θέμα της φωτοερμηνείας με στόχο να επιβεβαιωθεί η επίδραση της κλίμακας, ο βαθμός εμπειρίας του φωτοερμηνευτή από αντίστοιχη εργασία στο ύπαιθρο και η χρησιμότητα στοιχείων από την επιτόπια γεωλογική έρευνα της περιοχής. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η φωτοερμηνεία έγινε ταυτόχρονα και στις δύο χρονικές εποχές λήψης: 29/05/1986 και 20/08/1987.

Η φωτοερμηνευτική προσέγγιση την οποία ακολούθησε ο φωτοερμηνευτής Α βασίζεται:

- α) Στη φωτοερμηνεία σε μικρή κλίμακα, όπου το μέγεθος των pixels της τηλεπισκοπικής απεικόνισης αυξήθηκε από τα 30 στα 60 m και την ψηφιοποίηση των "γραμμώσεων" οι οποίες ανιχνεύθηκαν. (χάρτης 1)
- β) Στη φωτοερμηνεία σε μεγάλη κλίμακα, όπου το μέγεθος των pixels της απεικόνισης είναι το ελάχιστο δυνατό (30 m) και συμπλήρωση των "γραμμώσεων" οι οποίες δεν παρατηρήθηκαν στο προηγούμενο βήμα. (χάρτης 2)

Η καταγραφή των γραμμώσεων έγινε έχοντας πλήρη γνώση των λιθολογικών και τεκτονικών στοιχείων του αντίστοιχου χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (τα οποία υπήρχε η δυνατότητα να σχεδιάζονται πάνω στη δορυφορική απεικόνιση). Επίσης αποφεύχθηκε η ψηφιοποίηση των ήδη χαρτογραφημένων από το Ι.Γ.Μ.Ε. ρηγμάτων. Τέλος έγινε συγχώνευση των δύο χαρτών (1 και 2) οι οποίοι πρόκυψαν από τα δύο βήματα σε ένα τελικό χάρτη 3 του φωτοερμηνευτή Α.

Η φωτοερμηνευτική προσέγγιση την οποία ακολούθησε ο φωτοερμηνευτής Β ήταν αρκετά διαφορετική, σε σχέση με τον Α. Η φωτοερμηνεία έγινε ταυτόχρονα σε όλες τις δυνατές κλίμακες, χωρίς όμως να υπάρχει γνώση των αποτελεσμάτων του φωτοερμηνευτή Α ή των γεωλογικών - τεκτονικών δεδομένων του αντίστοιχου χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. Έτσι έγινε καταγραφή και των ήδη χαρτογραφημένων ρηγμάτων. Η δεύτερη αυτή προσέγγιση έγινε για να διαπιστωθεί η δυνατότητα της φωτοερμηνευτικής Τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε περιοχές οι οποίες υποθετικά δεν έχουν ακόμη χαρτογραφηθεί γεωλογικά.

Ακολουθεί αναλυτικότερα ο προβληματισμός και η διαδικασία φωτοερμηνευτικής προσέγγισης του φωτοερμηνευτή Β:

Το κύριο ενδιαφέρον της ερευνητικής ομάδας στο αντικείμενο αυτό επικεντρώνεται ιδιαίτερα στην ανίχνευση κι αξιολόγηση των γραμμικών γεωλογικών δομών, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τη νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής. Όπως είναι γνωστό στις δομές αυτές περιλαμβάνονται και τα ενεργά ρήγματα ή και ολόκληρες ενεργές ρηματογενείς ζώνες, μερικές από τις οποίες φιλοξενούν επικίνδυνες σεισμικές εστίες.

Οι γραμμικές δομές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον από σεισμοτεκτονικής πλευράς έχουν συνήθως μήκος μεγαλύτερο από ένα χιλιόμετρο. Έτσι οι μικροί μήκους "γραμμώσεις" δεν μας απασχόλησαν ιδιαίτερα κατά τη φωτοερμηνεία και την ψηφιοποίηση στην οθόνη του υπολογιστή. Πρέπει όμως να δοθεί προσοχή στην

περίπτωση κατά την οποία μερικά ή πολλά μικρού μήκους ρήγματα βρίσκονται περίπου σε μια ευθεία ή παράλληλα και κοντά σε αυτήν. Αυτό σημαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις ότι αποτελούν τμηματικές επιφανειακές εκδηλώσεις μίας μεγαλύτερης ρηματογενούς ζώνης και φυσικά δεν αγνοήθηκαν κατά την παρούσα φωτοερμηνεία.

Αποφεύχθηκε, όσο ήταν δυνατόν, η ψηφιοποίηση "γραμμώσεων" που αντιστοιχούν σε μέτωπα επωθήσεων εφόσον βέβαια δεν αποτελούσαν συγχρόνως και ρήγμα κατακόρυφης κίνησης.

Τα όρια μεταξύ φλύσχη και ασβεστολίθων καθώς και μεταξύ ραδιολαριτών και ασβεστολίθων παρουσιάζουν σε ορισμένες περιπτώσεις δυσκολίες ορθής ερμηνείας ανάλογα με την κλίση των στρωμάτων των ασβεστολίθων και με τον βαθμό διάβρωσης.

Οι μορφολογικές μεταβολές (ευθύγραμμες πλαγιές λοφοσειρών και οροσειρών, χαραδρώσεις και σειρά αυχένων) δημιουργούν ανάλογες "γραμμώσεις", οι οποίες ψηφιοποιήθηκαν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό. Όπως είναι γνωστό τα μορφολογικά αυτά χαρακτηριστικά δημιουργούνται από την διάβρωση των πετρωμάτων παράλληλα προς τους άξονες τεκτονικά καταπονημένων ζωνών (άξονες πτυχών, πτυχωσιγενών ρηγμάτων, ρηγμάτων κατακόρυφης κίνησης) και κατά μήκος ορίων λιθολογικών σχηματισμών διαφορετικής αντοχής στη διάβρωση. Έτσι λοιπόν καταβλήθηκε προσπάθεια, ώστε από τις 'γραμμώσεις' μορφολογικής προέλευσης να ψηφιοποιηθούν, όσο είναι δυνατόν, μόνο εκείνες που έχουν σχέση με ρήγματα κατακόρυφης κίνησης.

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου βοήθησε στο διαχωρισμό μεταξύ βραχωδών και μαλακών ή χαλαρών γεωλογικών σχηματισμών, πράγμα που αποτελεί ένα ακόμη απαραίτητο κριτήριο για τον ορθό χαρακτηρισμό των "γραμμώσεων" σύμφωνα με τους περιορισμούς που αναπτύχθηκαν πιο πάνω. Όπως είναι φανερό η ορθή ερμηνεία των "γραμμώσεων" απαιτεί και αρκετή εμπειρία εργασίας στο ύπαιθρο. Χωρίς την εμπειρία αυτή δεν είναι εύκολο να φωτοερμηνευθούν ορθά οι μεταβολές του ανάγλυφου, παρά το γεγονός ότι φαίνονται πολύ καλά στην εικόνα.

Με όλους αυτούς τους περιορισμούς και τα κριτήρια κατασκευάστηκε ο υπ. αριθμόν 4 χάρτης "γραμμώσεων" χωρίς να συμβουλευτούμε τον γεωλογικό χάρτη και τον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής.

## 5.2 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟ.

Κατά την εργασία στο ύπαιθρο πραγματοποιήθηκε πλήθος επίγειων ελέγχων κατά μήκος επιλεγμένων διαδρομών για τους πιο κάτω λόγους:

- α) Να διαπιστωθεί ο βαθμός αξιοπιστίας της ψηφιοποίησης - καταγραφής των "γραμμώσεων" πάνω στην οθόνη του υπολογιστή.
- β) Να προσδιοριστεί η ταυτότητα και η ακριβής θέση των τεκτονικών δομών οι οποίες είχαν καταγραφεί ως αντίστοιχες γραμμώσεις.
- γ) Να εντοπισθούν οι πιο πιθανές ρηγματογενείς ζώνες οι οποίες συμβάλλουν στη σεισμικότητα της περιοχής, μεταξύ του συνόλου εκείνων που καταγράφηκαν κατά την φωτοερμηνεία.

Αν και τα συμπεράσματα θα αναπτυχθούν σε άλλο τμήμα της έκθεσης μπορεί να αναφερθεί εδώ ότι, η αξιοπιστία της φωτοερμηνείας είναι πολύ μεγάλη όταν υπάρχει σχετική εμπειρία και γνώση για τις αντικειμενικές δυνατότητες και τους περιορισμούς των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

Η επιτόπια γεωλογική αναγνώριση της περιοχής μελέτης καταγράφηκε σχεδόν στο σύνολό της με σύστημα λήψης - εγγραφής video καθώς και με έγχρωμη φωτογράφιση συγκεκριμένων τοποθεσιών ενδιαφέροντος. Η μαγνητοσκόπηση έγινε με το σύστημα PAL - VHS και έχει διάρκεια μεγαλύτερη των τριών ωρών.

Η καταγραφή των επίγειων εικόνων έγινε με στόχο τη διερεύνηση και αξιολόγηση της δυνατότητας υποβοήθησης της εργασίας γραφείου με την κατάλληλη πληροφορία των επίγειων ελέγχων. Η συγκριτική αξιολόγηση της μαγνητοσκόπησης σε σχέση με την κλασική φωτογράφιση με φωτογραφική μηχανή, κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες στο ύπαιθρο, δείχνει τα ακόλουθα:

- α) Οι έγχρωμες φωτογραφίες έχουν καλύτερη ευκρίνεια (διακριτική ικανότητα) και χρωματική πιστότητα των αντικειμένων σε μεγάλο εύρος στάθμης φωτισμού.
- β) Η μαγνητοσκόπηση μπορεί να μεταφέρει καλύτερα - πληρέστερα - ταχύτερα και πιο ολοκληρωμένα τη γενική άποψη της περιοχής. Αντισταθμίζει δε το μειονέκτημα της χαμηλότερης ευκρίνειας με την ευχέρεια εύκολων πανοραμικών καλύψεων της περιοχής.
- γ) Με τη μαγνητοσκόπηση γίνεται πολύ απλά και αυτόματα η καταγραφή της ώρας και της ημερομηνίας της λήψης καθώς και της τοποθεσίας και σχολιασμού του θέματος, αφού υπάρχει η ταυτόχρονη δυνατότητα της εγγραφής και ήχου.

- δ) Η ευχρηστία (portability) της φωτογραφικής μηχανής οφείλεται στο μικρό της μέγεθος, όμως η ανάγκη καταγραφής βοηθητικών στοιχείων (τοποθεσία, ώρα, προσανατολισμός, θέμα της λήψης) ελαττώνει την δυνατότητα γρήγορης και εύκολης κάλυψης του θέματος.
- ε) Αντίθετα, ενώ η videocamera δεν έχει εύκολο χειρισμό όπως η φωτογραφική μηχανή και επίσης είναι ογκωδέστερη, τελικά αποδείχθηκε πιο αποτελεσματική (ταχύτερη, πληρέστερη κάλυψη) στην πράξη, μεταφέροντας στο γραφείο μια πιο ολοκληρωμένη παράσταση της πραγματικότητας.
- στ) Τέλος οι φωτογραφίες μπορούν αμέσως να συνοδεύσουν κάποια τεχνική έκθεση, ενώ για να συμβεί το ίδιο με τις μαγνητοσκοπημένες εικόνες απαιτείται ειδικός, ακριβός εξοπλισμός.

### 5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ. (ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ 1:50.000 ΦΥΛΛΟΥ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ)

#### 5.3.1 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ.

Η περιοχή που καλύπτει ο τοπογραφικός χάρτης φύλλο "Καλαμάτας" κλίμακας 1:50.000 αποτελείται από τις ακόλουθες γεωτεκτονικές ενότητες :

- 1) Αυτόχθονη ενότητα Κρήτης - Μάνης ή Ιονίου ζώνης. Εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα του όρους "Καλάθι" και αποτελείται από τη γνωστή σειρά των πλακωδών ασβεστολίθων και από μικρού πάχους ασβεστοφυλλιτών και αργιλικών σχιστολίθων (Φυτρολάκης, Ν., 1971).
- 2) Αλλόχθονη ενότητα "φυλλιτών - χαλαζιτών". Αποτελεί το κατώτερο τεκτονικό κάλυμμα πάνω στην αυτόχθονη ενότητα. Τα πετρώματα που την αποτελούν είναι οι φυλλίτες και οι χαλαζίτες οι οποίοι εμφανίζονται σχεδόν σε ολόκληρο το ανατολικό άκρο της περιοχής (βλέπε γεωλογικό χάρτη 1:50.000 Ι.Γ.Μ.Ε.) και από τα στρώματα Τυρού (λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι εναλλασσόμενοι με σχιστόλιθους), τα οποία είναι επωθημένα στην αυτόχθονη ενότητα στην περιοχή του Καλάθιου όρους. Λόγω της εύκολης διάβρωσης των φυλλιτών και της δημιουργίας εκτεταμένων κατολισθήσεων στις κλιτύες, καθώς και λόγω της έντονης προνεοτεκτονικής παραμόρφωσής τους είναι δύσκολο να εντοπίσει κάποιος ρήγματα νεοτεκτονικής ηλικίας με βεβαιότητα.
- 3) Αλλόχθονη ενότητα της ζώνης Τριπόλεως. Αποτελεί το μεσαίο τεκτονικό κάλυμμα επωθημένο άλλοτε (σπάνια) απ'ευθείας πάνω στους αυτόχθονους

πλακώδεις ασβεστόλιθους (δυτικοί πρόποδες Καλάθιου όρους) και άλλοτε (συνήθως) πάνω στη σειρά φυλλιτών - χαλαζιτών. Η ενότητα αυτή αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι και δολομίτες) συνολικού πάχους 1100 μ. περίπου και από φλύσχη (άργιλλοι και ψαμμίτες) συνολικού πάχους 450 μ. περίπου. Το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Τριπόλεως καλύπτει το 65% περίπου της εξεταζόμενης έκτασης. Στα ανθρακικά πετρώματα αυτής της ενότητας φαίνονται πιο καθαρά οι ρηξιγενείς ζώνες και τα μεμονωμένα ρήγματα λόγω της συμπαγούς δομής τους και λόγω της καρστικής διάβρωσης που ευνοείται από την παχυστρωματώδη δομή και την απουσία παρεμβολών πυριτολιθικών και αργιλικών στρώσεων όπως συμβαίνει στις άλλες ενότητες.

- 4) Ανώτερη αλλόχθονη ενότητα της ζώνης Πίνδου. Αποτελεί το ανώτερο τεκτονικό κάλυμμα και παρατηρείται σε επιμέρους καλύμματα επωθημένα πάνω στο φλύσχη της ενότητας Τριπόλεως στο βόρειο και στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας. Αποτελείται από λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από έντονη προνεοτεκτονική καταπόνηση. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη φωτοερμηνεία για σεισμοτεκτονική έρευνα πρέπει κανείς να δείχνει περισσότερη προσοχή ώστε να αποφεύγει την καταγραφή γραμμώσεων που ανήκουν σε προνεοτεκτονικά γεγονότα.

Από όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω τα πιο σημαντικά σημεία για την παρούσα έρευνα είναι τα ακόλουθα :

- α) Κατά τη φωτοερμηνεία κάθε γεωτεκτονική ενότητα χρειάζεται ιδιαίτερη αξιολόγηση και μια σχετική επιλογή στα γραμμικά της στοιχεία.
- β) Μεγαλύτερη αξιοπιστία ως προς τη διάκριση μεταξύ νεοτεκτονικών και παλαιοτεκτονικών γραμμώσεων παρουσιάζει η ανθρακική σειρά της ενότητας Τριπόλεως.
- γ) Ο φλύσχος και οι φυλλίτες παρέχουν τις λιγότερο ασφαλείς πληροφορίες κατά τη φωτοερμηνεία.

### 5.3.2 ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΕΝΟΤΗΤΕΣ.

Μετά τη δημιουργία των τεκτονικών καλυμμάτων που αναφέρθηκαν πιο πάνω, με τις σχεδόν οριζόντιες κινήσεις των τεκτονικών ενοτήτων άρχισε ο κατακερματισμός της ευρύτερης περιοχής με τη δημιουργία ρηγμάτων μεγάλης κλίμακας και σχεδόν κατακόρυφης κίνησης. Η νεοτεκτονική αυτή δραστηριότητα

άρχισε κατά πάσα πιθανότητα κατά το Μειόκαινο αλλά εντάθηκε κατά το Πλειόκαινο και συνέχισε και κατά το Πλειστόκαινο.

Οι κύριες νεοτεκτονικές ρηγματογενείς ζώνες ακολουθούν σε γενικές γραμμές δύο διευθύνσεις: τη ΒΒΔ - ΝΝΑ και την ΑΒΑ - ΔΝΔ. Ασφαλώς υπάρχουν αποκλίσεις των διευθύνσεων προς ΒΔ - ΝΑ και ΒΑ - ΝΔ αντίστοιχα καθώς και δευτερεύοντα ρήγματα με άλλες διευθύνσεις, αλλά η γενική εικόνα είναι αυτή των προηγούμενων διευθύνσεων. Οι ρηγματογενείς αυτές ζώνες καθώς και ανάλογα μεμονωμένα ρήγματα διασχίζουν όλη την περιοχή αλλά η πιο έντονη εκδήλωσή τους είναι η δημιουργία του τεκτονικού βυθίσματος του Μεσσηνιακού κόλπου και της προέκτασής του, της Μεσσηνιακής πεδιάδας. Εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κάποιος ότι η βύθιση που προκάλεσαν οι ρηγματογενείς αυτές ζώνες και κατ' επέκταση η σχεδόν κατακόρυφη κίνηση των ρηγμάτων αυξάνει προοδευτικά από βορρά προς νότο (για τις ρηγματογενείς ζώνες της διεύθυνσης ΒΒΔ - ΝΝΑ) και από τα ανατολικά προς τα δυτικά (για τις ρηγματογενείς ζώνες διεύθυνσης ΑΒΑ - ΔΝΔ).

Ρήγματα των ρηγματογενών αυτών ζωνών ενεργοποιούνται κατά καιρούς και σήμερα ακόμη και δημιουργούν σεισμούς με επίκεντρα, των οποίων η θέση μεταβάλλεται ανάλογα με το πιο ρήγμα επαναδραστηριοποιήθηκε.

Περισσότερο από την παρατήρηση των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων TM του LANDSAT αλλά και από την επίγεια έρευνα μπορεί να διακρίνει κάποιος ορισμένες κύριες νεοτεκτονικές ενότητες που ορίζονται από αντίστοιχες ρηγματογενείς ζώνες :

- 1) Το ανατολικό τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος της Μεσσηνιακής πεδιάδας και το βόρειο τμήμα του Μεσσηνιακού κόλπου τα οποία ορίζονται κυρίως από ρήγματα ΒΒΔ - ΝΝΑ διεύθυνσης.
- 2) Στο νοτιοδυτικό τμήμα η νεοτεκτονική ενότητα του Καλάθιου όρους, η οποία ορίζεται στα δυτικά από τη ρηγματογενή ζώνη που έχει ΒΒΑ - ΝΝΑ διεύθυνση και στα βόρεια από ρήγματα που έχουν διεύθυνση ΑΒΑ - ΔΝΔ άλλα και από ανάλογα Α - Δ διεύθυνσης.
- 3) Το τεκτονικό μπλόκ που ορίζεται στα βόρεια από τη ρηγματογενή ζώνη του Νέδοντα ποταμού και στα νότια από ρήγματα διεύθυνσης ΝΔ - ΒΑ (Παραλία Βέργας - Αλαγονία). Αυτό το μπλόκ φαίνεται ότι ενεργοποιήθηκε κατά τους σεισμούς του Σεπτεμβρίου του 1986.
- 4) Τη νεοτεκτονική ενότητα που παρεμβάλλεται μεταξύ της ρηγματογενούς ζώνης του Νέδοντα στα νοτιοανατολικά και της αντίστοιχης της διεύθυνσης Αμφεία - Πολιανή.
- 5) Τη βορειοδυτική ορεινή τεκτονική ενότητα, η οποία αποτελείται από ένα μωσαϊκό από τεκτονικά μπλόκς, που διασχίζονται από ρήγματα και των δύο



κύριων διευθύνσεων. Πιο καθοριστικά όμως φαίνεται να είναι εκείνα της ΒΒΔ - ΝΝΑ διεύθυνσης.

- 6) Τη βορειοανατολική τεκτονική ενότητα στη βορειοανατολική γωνία της περιοχής η οποία διασχίζεται από ρήγματα ΒΒΔ - ΝΝΑ διεύθυνσης.

Σε μελλοντική έρευνα θα πρέπει να ελεγχθεί κατά πόσον οι καταστροφές από τους σεισμούς που έγιναν περιορίζονται κάθε φορά σε ορισμένο τεκτονικό μπλόκ και έτσι να διαπιστωθεί αν οι νεοτεκτονικές αυτές ενότητες δρουν και ως σεισμικές ενότητες (σεισμικά μπλόκς). Δεν αναμένεται ασφαλώς να υπάρχει πλήρης ταύτιση αλλά θα πρέπει να ερευνηθεί σε ποιό ποσοστό υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ επιφανειακών τεκτονικών και σεισμικών ενότητων.

#### 5.4 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ "ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ".

Ακολούθησε η χαρτογραφική απόδοση - παρουσίαση των "γραμμώσεων" σε διαφανή φύλλα κλίμακας 1:50.000 με δυνατότητα επίθεσής τους πάνω στο γεωλογικό φύλλο του Ι.Γ.Μ.Ε. της ίδιας κλίμακας, ώστε να είναι δυνατή τόσο η ανάλυσή τους όσο και η ενημέρωση του ήδη υπάρχοντα χάρτη με τα νέα δεδομένα, κατόπιν βέβαια της επίγειας επιβεβαίωσης και συμπλήρωσής τους.

Επίσης οι ίδιοι χάρτες - διαγράμματα αποδόθηκαν και σε κλίμακα 1:200.000 με στόχο την συνοπτική παρουσίασή τους στην παρούσα τελική έκθεση. Οι χάρτες αυτοί είναι:

Ο πίνακας αντιστοιχίας χαρτών - διαγραμμάτων είναι:

ΑΡ.ΧΑΡΤΗ	ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Α (μικρής κλίμακας).
2	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Α (μεγάλης κλίμακας).
3	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Α (χάρτες 1 + 2).
4	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Β.
5	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Β μετά από επίγειο έλεγχο.
6	σμίκρυνση του γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε.
7	σμίκρυνση των ρημάτων του χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε.
8	χάρτης διαρρήξεων του εδάφους σεισμού Καλαμάτας του '86

Η ακρίβεια θέσης των γραμμώσεων, δεν επιβαρύνεται από τις ενδιάμεσες εργασίες χαρτογραφικής απόδοσης (φιλτράρισμα, μεταφορά σε χάρτη) και περιορίζεται κύρια από δύο παράγοντες:

- α) Τη διαχωριστική ικανότητα του δέκτη, που στην περίπτωση του TM του LANDSAT είναι pixels των 30 m και
- β) Τη δυνατότητα ακριβούς εντοπισμού - ψηφιοποίησης της γραμμώσης από τον φωτοερμηνευτή, η οποία θα εξετασθεί πιο κάτω.

Η πράξη έδειξε ότι ο δεύτερος παράγοντας είναι και ο καθοριστικός της τελικής ακρίβειας η οποία ανάλογα κυμαίνεται μεταξύ +/- 15 m και +/- 100 m σε διευθύνσεις κάθετες στην γραμμώση.

Ολόκληρη η διαδικασία της χαρτογραφικής απόδοσης έγινε με καθαρά ηλεκτρονικό τρόπο αφού χρησιμοποιήθηκε το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS) ARC/INFO σε συνδυασμό με τα προγράμματα μεταφοράς και μετασχηματισμού διανυσματικών δεδομένων (vector data), που αναπτύχθηκαν ειδικά για αυτό τον σκοπό (Βλέπε παράρτημα I).

### 6.1 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ.

Η παρούσα έκθεση συνοδεύεται από δύο σειρές χαρτών οι οποίοι προέκυψαν από τα στοιχεία που κατέγραψαν στο πλαίσιο της ερευνητικής ομάδας οι δύο φωτοερμηνευτές - γεωλόγοι αντίστοιχα (Α και Β) στηριζόμενοι στα δεδομένα και τα ευρήματα των ψηφιακών επεξεργασιών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων οι οποίες προηγήθηκαν.

Οι χάρτες με τους αριθμούς 1, 2 και 3 προέκυψαν από την ανάλυση του φωτοερμηνευτή Α (Δρ. Μ. Στεφούλη) και οι χάρτες με τους αριθμούς 4 και 5 από την ανάλυση του φωτοερμηνευτή Β (Καθ. Δρ. Ν. Φυτρολάκης). Συντάχθηκαν ακόμα τρεις χάρτες για σύγκριση ορισμένων στοιχείων. Ο χάρτης με τον αριθμό 6 έχει προκύψει από τη ψηφιοποίηση των ορίων των γεωλογικών σχηματισμών του γεωλογικού χάρτη 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε. και ο με αριθμό 7 από τη ψηφιοποίηση των ρηγμάτων του ίδιου γεωλογικού χάρτη. Ο χάρτης με τον αριθμό 8 έχει προκύψει από τη ψηφιοποίηση των διαρρήξεων του εδάφους που προκλήθηκαν από τον σεισμό στις 13/9/1986 και από την καταγραφή επιτόπου παρατηρήσεων (Φυτρολάκης, Ν., 1987).

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι από τους δύο φωτοερμηνευτές ο μόν Α είναι περισσότερο ειδικευμένος στη φωτοερμηνεία των γεωλογικών στοιχείων ο δε Β είναι περισσότερο εξειδικευμένος στην επιτόπια ερμηνεία και χαρτογράφηση των γεωλογικών δομών. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο φωτοερμηνευτές δεν βλέπουν κάτω από το ίδιο ακριβώς πρίσμα τη σκοπιμότητα καταγραφής ή μη και τη συνέχιση ή διακοπή μιας δευτερεύουσας "γράμμωσης" όπως θα αναπτυχθεί πιο κάτω.

#### 6.1.1 ΧΑΡΤΕΣ 1, 2 ΚΑΙ 3.

Οι χάρτες αυτοί οι οποίοι συντάχθηκαν οι μόν 1 και 2 με διαφορετικής διαχωριστικής ικανότητας τηλεπισκοπικές απεικονίσεις ( διαφορετικά μεγέθη pixels 30 και 60 m), ο δε 3 ως η σύμπτυξη των 1 και 2, χαρακτηρίζονται από σαφή συμμετρικότητα τόσο ως προς τον προσανατολισμό όσο και ως προς το μέσο

μήκος των "γραμμώσεων".

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των χαρτών αυτών είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό "γραμμώσεων" παρατηρείται στις περιοχές οι οποίες καλύπτονται από μαλακούς ή χαλαρούς γεωλογικούς σχηματισμούς (φλύσχης, φυλλίτες, νεογενή και τεκτονικά καλύμματα από λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους της ζώνης Πίνδου). Οι σχηματισμοί αυτοί διαβρώνονται εύκολα και δημιουργούν πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο.

Αντίθετα, στις περιοχές οι οποίες καλύπτονται από παχυστρωματώδεις και μεγάλου πάχους ασβεστόλιθους οι "γραμμώσεις" που έχουν σημειωθεί είναι πολύ λίγες.

Πολύ καθαρά φαίνεται ότι επικρατούν δύο κύριες διευθύνσεις προσανατολισμού των "γραμμώσεων", η ΒΔ - ΝΑ και ΒΑ - ΝΔ (μέση τιμή διεύθυνσης). Αυτό το αποτέλεσμα ανταποκρίνεται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό προς τη γενική τεκτονική δομή της περιοχής και είναι πολύ θετικό το γεγονός ότι με την ανάλυση και την ψηφιακή επεξεργασία των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων αναγνωρίστηκαν αντίστοιχες "γραμμώσεις" στα μαλακά πετρώματα.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι στον χάρτη 1 (μικρής κλίμακας φωτοερμηνεία) έχουν ανιχνευθεί οι βασικές "γραμμώσεις" ενώ στον χάρτη 2 (μεγάλης κλίμακας φωτοερμηνεία) ανιχνεύθηκαν και μικρότερες, όχι κατ' ανάγκη δευτερεύουσας σημασίας, "γραμμώσεις".

#### 6.1.2 ΧΑΡΤΕΣ 4 ΚΑΙ 5.

Ο χάρτης 4 κατασκευάστηκε από την καταγραφή (ψηφιοποίηση) και μόνο των "γραμμώσεων" οι οποίες προέκυψαν από την ανάλυση των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, χωρίς να ληφθεί υπόψη ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής για να μην υπάρξει επηρεασμός κατά την ερμηνεία των εικόνων.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των "γραμμώσεων" παρατηρείται στις περιοχές οι οποίες καλύπτονται από ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθους και δολομίτες), τα οποία αντιστέκονται στη διάβρωση (συμπεριφορά βράχου). Η διάβρωση στα πετρώματα αυτά προχωρεί επιλεκτικά κατά μήκος των ρηγμάτων έτσι ώστε η παρουσία των ρηγμάτων είναι εμφανής και διατηρείται η μορφολογική διαφορά.

Στον χάρτη αυτόν έχουν καταγραφεί οι "γραμμώσεις" με μεγαλύτερο γενικά μήκος απ'ότι από τον φωτοερμηνευτή Α. Σε αυτό επιδρά η εμπειρία του γεωλόγου ειδικού στην επιτόπια ερμηνεία (ύπαιθρο) στο γεγονός ότι ορισμένα ρήγματα που είναι σαφή σε ορισμένες θέσεις και σχεδόν πάνω στην ίδια ευθεία, στην

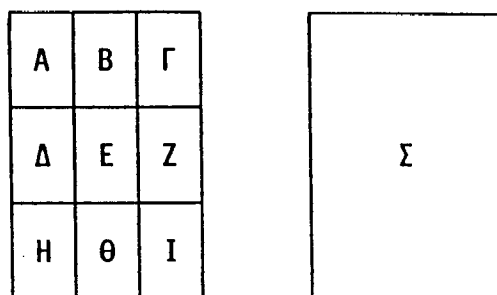
πραγματικότητα αποτελούν ένα και το αυτό ρήγμα και ενώνονται μεταξύ τους στον χάρτη. Η ένωση αυτή γίνεται βέβαια όταν υπάρχει και μία αντίστοιχη μορφολογική διαφορά.

Ο χάρτης με τον αριθμό 5 αποτελεί μια προσπάθεια βελτίωσης της καταγραφής και ερμηνείας των "γραμμώσεων" μετά από πολυήμερο έλεγχο στο ύπαιθρο των αποτελεσμάτων του χάρτη με αριθμό 4 με διαδρομές οι οποίες κάλυψαν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής.

Κατά την εργασία στο ύπαιθρο διαπιστώθηκε ότι η ρηγματογενής τεκτονική αποδίδεται με τη σωστή φωτοερμηνεία πολύ καλά και κυρίως τα μεγάλα ρήγματα τα οποία είναι και υπεύθυνα για τη σεισμικότητα της περιοχής. Διαφορές υπήρξαν ως προς τα πιο κάτω σημεία :

- α) Την ακριβή θέση μίας "γράμμωσης". Αυτό εξαρτάται από την κρίση του φωτοερμηνευτή αν θα καταγράψει τη "γράμμωση" στη βάση, στη μέση ή στην κορυφή μιας ρηγματογενούς πλαγιάς. Η ίδια διαφορά μπορεί να παρουσιαστεί και στην επιτόπια ερμηνεία από διαφορετικούς γεωλόγους. Μια μικρή μετάθεση της "γράμμωσης" δεν μειώνει βέβαια τη γεωλογική της σημασία.
- β) Ορισμένες μορφολογικές διαφορές οι οποίες εξεληφθησαν ως "γραμμώσεις" δεν αποτελούσαν στην πραγματικότητα ρήγματα αλλά απλή διάβρωση ή τυχαίο κλάδο του υδρογραφικού δικτύου. Αυτές οι διαφορές εκτιμώνται ότι ανέρχονται στο επίπεδο του 10% του συνόλου των γραμμώσεων οι οποίες προέκυψαν από την ανάλυση την επεξεργασία κι ερμηνεία των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.
- γ) Σε μια ρηγματογενή κοιλάδα είναι δυνατόν να καταγραφεί η "γράμμωση" μόνο κατά μήκος του άξονα της κοιτής ενώ σε ορισμένα τμήματα πρέπει να καταγραφεί "γράμμωση" και στις δύο πλαγιές και όχι στην κοιτή. Στην τελευταία περίπτωση δηλαδή πρόκειται για τεκτονική τάφρο η οποία διαμορφώθηκε σε χαράδρα. Και στην περίπτωση αυτή που σχεδιάζεται μια "γράμμωση" ως συνεχόμενη και παράλληλα προς τη μέση διεύθυνση του άξονα της χαράδρας δεν μειώνεται η σεισμοτεκτονική της σημασία αν πρόκειται για σχετικά νέα ρηγματογενή ζώνη.

Στον ίδιο χάρτη (αριθμός 5) σημειώνεται μεγάλος αριθμός γραμμώσεων στις υποπεριοχές Α, Δ, Η και Θ (βλέπε σχήμα 6.1) με κύριες διευθύνσεις που κυμαίνονται από ΒΔ - ΝΑ έως ΒΒΔ - ΝΝΑ. Τόσο ο μεγάλος αριθμός όσο και ο προσανατολισμός των "γραμμώσεων" αποδίδουν πιστά τη γενική τεκτονική δομή των ανατολικών περιθωρίων της Μεσσηνιακής τάφρου.



ΣΧΗΜΑ 6.1. Συμβολισμός των υποπεριοχών των χαρτών.

Με τη χρήση θετικών φωτοτύπων των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων μικρότερης κλίμακας (της Πελοποννήσου) διαπιστώθηκαν οι τρεις μεγάλο μήκους ρηγματογενείς ζώνες:

- 1) Ιθώμης - Κατσαρού,
- 2) Αριστομένη - Αρφαρά - Ακάβου και
- 3) Πύλου - Αρτεμισίας.

Είναι αυτονόητο ότι η πορεία τους κάτω από τις τεταρτογενείς αποθέσεις είναι υποθετική. Τόσο αυτές οι τρεις ρηγματογενείς ζώνες όσο και μια τέταρτη η οποία διαγράφεται παράλληλα προς τις προηγούμενες και στη γραμμή Αμφεια - Τζιρόρεμα - οροπέδιο Πολιανής (υποπεριοχές Δ και Ε) φαίνεται να είναι σχετικά νεότερες διότι επέδρασαν στη μεταβολή του αρχικού προσανατολισμού (ΒΔ - ΝΑ) των ρηγματογενών ζωνών της ανατολικής παρυφής της Μεσσηνιακής τεκτονικής τάφρου. Έτσι οι τελευταίες παρουσιάζουν σήμερα προσανατολισμό που κυμαίνεται από ΒΔ - ΝΑ έως ΒΒΔ - ΝΝΑ όπως αναφέρθηκε πιο πάνω. Τόσο οι νεότερες (ΒΑ - ΝΔ) όσο και οι παλαιότερες ρηγματογενείς ζώνες των ανατολικών περιθωρίων της Μεσσηνιακής τεκτονικής τάφρου πρέπει να παίζουν σημαντικό ρόλο στη σεισμικότητα της περιοχής.

Η διαπίστωση "γραμμώσεων" (χάρτες 4 και 5) οι οποίες είναι παράλληλες ή ταυτίζονται προς τις ρωγμές του εδάφους, που δημιουργήθηκαν από τον σεισμό στις 13/9/1986 (χάρτης 8) ενισχύει την άποψη για την ύπαρξη ενεργούς ρηγματογενούς ζώνης που με την επιτόπια γεωλογική έρευνα δεν φαίνεται να έχει τόσο μεγάλο μήκος .

### 6.1.3 ΧΑΡΤΗΣ 7.

Ο χάρτης αυτός περιλαμβάνει τα ρήγματα τα οποία έχουν σημειωθεί στον γεωλογικό χάρτη 1:50.000 φύλλο "Καλαμάτα" του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών έκδοσης 1986. Αυτονόητο είναι ότι τα ρήγματα σημειώθηκαν στον χάρτη μετά από πολύμηνη εργασία στο ύπαιθρο από τον γεωλόγο κ. Ψώνη. Όλα σχεδόν τα ρήγματα διασχίζουν ασβεστολίθους και δολομίτες ή χωρίζουν τα πετρώματα αυτά από άλλα πιο μαλακά (φλύσχη, φυλλίτες, νεογενή).

Οι καμπύλες και τεθλασμένες γραμμές των ρηγμάτων δείχνουν ότι έχουν σχεδιασθεί στο ύπαιθρο με πιστή αντιγραφή της μορφής των ρηγμάτων όπως φαίνονται από κοντινή απόσταση. Αυτή είναι και μία από τις διαφορές των πραγματικών τεκτονικών γραμμών από τις "γραμμώσεις" οι οποίες προέκυψαν ως αποτέλεσμα της ανάλυσης επεξεργασίας κι ερμηνείας των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

### 6.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ "ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ".

Μετά την ψηφιοποίηση - καταγραφή των "γραμμώσεων" ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία τους, με τα προγράμματα Η/Υ τα οποία ανέπτυξε το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. (Ι.Σπυράκος) και τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν τόσο με αριθμητική μορφή (πίνακες), όσο και με γραφική μορφή (ροδοδιαγράμματα, ιστογράμματα) με στόχο την ευκολότερη εποπτεία και συγκριτική αξιολόγησή τους.

Η στατιστική ανάλυση των γραμμώσεων έγινε σε δύο επίπεδα:

- α) για το σύνολο της περιοχής την οποία καλύπτει το φύλλο χάρτη "Καλαμάτα" 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε. και
- β) σε 9 ίσες υποπεριοχές του παραπάνω χάρτη, όπως αυτές ορίζονται από κάναβο 3x3 με πλευρές 5' x 5' λεπτά της μοίρας. (βλέπε σχήμα 6.1)

Η με στατιστική ανάλυση επεξεργασία των "γραμμώσεων" έγινε για τους χάρτες 1,2,3,4,5 και 7. Για κάθε χάρτη πρόκυψαν έτσι:

- α) Ένα τεύχος με τις αναλυτικές αριθμητικές τιμές των στατιστικών υπολογισμών. (Σε αυτό περιλαμβάνεται ανάλυση των "γραμμώσεων" ανά διεύθυνση για δύο τιμές γωνιακού βήματος 5° και 10° καθώς και ανάλυση ανά

μήκος για δύο τιμές βήματος μήκους 50 m και 250 m. Τα τεύχη αυτά αρχειοθετημένα κατάλληλα συνοδεύουν την παρούσα έκθεση).

- β) Ένα σύνολο 10 ροδοδιαγραμμάτων συχνότητας των "γραμμώσεων" (ρηγμάτων για τον χάρτη 7) με γωνιακό βήμα 5°.
- γ) Ένα σύνολο 10 ροδοδιαγραμμάτων πυκνότητας των "γραμμώσεων" (ρηγμάτων για τον χάρτη 7) με γωνιακό βήμα 5°.
- δ) Ένα σύνολο 10 ιστογραμμάτων συχνότητας μήκους "γραμμώσεων" (ρηγμάτων για τον χάρτη 7) με βήμα μήκους 50 m.

Ο πίνακας αντιστοιχίας χαρτών - διαγραμμάτων είναι:

ΧΑΡΤΗΣ Αρ. χάρτη	ΡΟΔΟΔΙΑΓΡ. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ Αρ. διαγράμματος	ΡΟΔΟΔΙΑΓΡ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ Αρ. διαγράμματος	ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΗΚΟΥΣ Αρ. διαγράμματος
1	1	2	3
2	4	5	6
3	7	8	9
4	10	11	12
5	13	14	15
7	16	17	18

Ο δε συνολικός αριθμός των μεμονωμένων ροδοδιαγραμμάτων ανέρχεται σε 120 και των ιστογραμμάτων σε 60.

### 6.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ "ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ".

Πιο πάνω στην ανάλυση των χαρτών αναφέρθηκαν πολλές περιπτώσεις κατά τις οποίες ο παράγοντας της υποκειμενικής κρίσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καταγραφή ή μη και στην ακριβή τοποθέτηση - ψηφιοποίηση μίας "γράμμωσης".

Αναπτύχθηκαν επίσης οι διαφορές οι οποίες υπάρχουν μεταξύ των χαρτών που αναλύθηκαν πιο πάνω. Φυσικό είναι λοιπόν να υπάρχουν ανάλογες διαφορές και στα στατιστικά διαγράμματα ανάλυσης των "γραμμώσεων".



### 6.3.1 ΡΟΔΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ "ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ" ΚΑΙ ΡΗΓΜΑΤΩΝ.

Όλα τα διαγράμματα του φωτοερμηνευτή Α (1, 2, 4, 5, 7 και 8) παρουσιάζουν μία σχετική συμμετρία προσανατολισμού των "γραμμώσεων". Δύο κύριες διευθύνσεις κυριαρχούν σε όλες τις υποπεριοχές, η διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ και η διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ.

Επειδή η περιοχή στα όρια της Μεσσηνιακής τεκτονικής τάφρου (ευρύτερη περιοχή των ορίων μεταξύ προνεογενών και νεογενών ή νεοτέρων γεωλογικών σχηματισμών) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από σεισμοτεκτονικής πλευράς, εξετάζονται από κοινού οι υποπεριοχές Α, Δ, Η, Θ οι οποίες καλύπτουν τα όρια της τάφρου :

- Στα διαγράμματα 1, 4, 7 του φωτοερμηνευτή Α (των χαρτών 1, 2 και 3) διακρίνονται δύο κύριες διευθύνσεις (ΒΔ - ΝΑ και ΒΑ - ΝΔ) μέγιστης συχνότητας "γραμμώσεων".
- Στα διαγράμματα 10, 13 του φωτοερμηνευτή Β (των χαρτών 4 και 5) παρατηρούνται επίσης ως επικρατέστερες οι ίδιες διευθύνσεις με ορισμένες τάσεις απόκλισης από την ακριβή διεύθυνση. Εξαίρεση αποτελεί το διάγραμμα της υποπεριοχής Δ στο οποίο φαίνεται και η διεύθυνση Β - Ν. Πράγματι υπάρχει μία σαφής αλλαγή της διεύθυνσης του περιθωρίου της Μεσσηνιακής λεκάνης. Η μορφή του διαγράμματος εξαρτάται από το κατά πόσον ο φωτοερμηνευτής θα καταγράψει ή όχι τα όρια αυτά ως "γραμμώσεις". Το έντονο ανάγλυφο στα όρια αυτά δεν αφήνει πολλά περιθώρια αμφισβήτησης της ρηγματογενούς δημιουργίας τους.
- Το διάγραμμα 16 του Ι.Γ.Μ.Ε., παρουσιάζει διευθύνσεις οι οποίες πλησιάζουν εκείνες των διαγραμμάτων του φωτοερμηνευτή Β.
- Η υποπεριοχή Η δεν παρουσιάζει ικανοποιητική αξιοπιστία αποτελεσμάτων διότι καλύπτεται στη μεγαλύτερη της έκταση από νέες προσχωσιγενείς αποθέσεις με συνέπεια να μην υπάρχει επαρκές πλήθος "γραμμώσεων" για στατιστική ανάλυση.

#### 6.3.1.1 ΒΟΡΕΙΕΣ ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ Β ΚΑΙ Γ.

- Τα διαγράμματα της υποπεριοχής Β δεν παρουσιάζουν ικανοποιητική αξιοπιστία διότι καλύπτεται η μισή από φλύσχη στον οποίο οι "γραμμώσεις" αντιστοιχούν

κυρίως στο πλούσιο υδρογραφικό του δίκτυο.

- Στα διαγράμματα της υποπεριοχής Β είναι χαρακτηριστική η επικράτηση της ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης σε όλα τα διαγράμματα. Ως δεύτερη συχνότητα πρέπει να θεωρηθεί αυτή με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ που παρατηρείται στα περισσότερα διαγράμματα.

#### 6.3.1.2 ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΕΣ Ε ΚΑΙ Ζ.

- Στα περισσότερα διαγράμματα της υποπεριοχής Ε ξεχωρίζει και πάλι ως μέγιστη συχνότητα 'γραμμώσεων' εκείνη με ΒΔ - ΝΑ διεύθυνση. Ως δεύτερη συχνότητα μπορεί να θεωρηθεί εκείνη με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ και ως τρίτη με διεύθυνση Β - Ν.
- Στα διαγράμματα της υποπεριοχής Ζ σε άλλα διαγράμματα επικρατεί ως μέγιστη συχνότητα εκείνη με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ και ως δεύτερη εκείνη με διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ ενώ στα άλλα συμβαίνει το αντίθετο. Αρα και οι δύο διευθύνσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην τεκτονική δομή της περιοχής.

#### 6.3.1.3 ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΗ Ι.

Και εδώ επικρατούν οι δύο κύριες διευθύνσεις (ΒΔ - ΝΑ, ΒΑ - ΝΔ) και μία τρίτη σχεδόν Β - Ν.

#### 6.3.1.4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Σ.

Τα συγκεντρωτικά διαγράμματα των φωτοερμηνευτών Α και Β παρουσιάζουν τις ίδιες διευθύνσεις μέγιστης συχνότητας με διαφορετικά ποσοστά. Το διάγραμμα στατιστικής ανάλυσης των ψηφιοποιημένων ρηγμάτων του Ι.Γ.Μ.Ε. δείχνει την ύπαρξη ρηγμάτων σε πολύ μεγάλο ποσοστό με διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ.

Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι τα ρήγματα της περιοχής τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τεκτονική της δομή είναι εκείνα που ακολουθούν γενικά τις δύο κύριες διευθύνσεις ΒΔ - ΝΑ και ΒΑ - ΝΔ. Διακρίνεται και ένα δευτερεύον ζεύγος ρηγμάτων με μικρές αποκλίσεις από τις γενικές διευθύνσεις Β - Ν και Α - Δ.

### 6.3.2 ΡΟΔΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ "ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ" ΚΑΙ ΡΗΓΜΑΤΩΝ.

Τα διαγράμματα πυκνότητας αξιολογούμενα όπως και τα διαγράμματα συχνότητας δίνουν σε γενικές γραμμές τα ίδια αποτελέσματα.

### 6.3.3 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΚΟΥΣ "ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ" ΚΑΙ ΡΗΓΜΑΤΩΝ.

Επειδή ο παράγοντας υποκειμενικής κρίσης για την καταγραφή μιας συνεχούς ή διακεκομμένης "γράμμωσης", όπως διευκρινίστηκε παραπάνω, παίζει καθοριστικό ρόλο για το αποτέλεσμα ενός ιστογράμματος, νομίζουμε ότι τα ιστογράμματα, μιά και δεν δείχνουν και το αζιμούθιο, δεν παρουσιάζουν κάποιο πρακτικό ενδιαφέρον.

7.1 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ LANDSAT ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΜΙΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε προκύπτει ότι τα δορυφορικά τηλεπισκοπικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ικανοποιητικά:

- (α) για τη μελέτη της μορφολογίας της γήινης επιφάνειας, η οποία είναι αποτέλεσμα κυρίως της νεοτεκτονικής εξέλιξης και της διάβρωσης.
- (β) για την απόδοση της γεωμετρίας των κύριων ασυνεχειών της γήινης επιφάνειας,
- (γ) για τη διάκριση των ρηγμάτων και
- (δ) για τη χαρτογράφηση των ασυνεχειών οι οποίες πιθανόν να περάσουν απαρατήρητες με τις υπόλοιπες μεθόδους χαρτογράφησης.

Χρησιμοποιώντας τις σύγχρονες διαστημικές τηλεπισκοπικές πλατφόρμες παρατήρησης όπως ο δορυφόρος LANDSAT, μπορεί να απεικονιστεί συνοπτικά κι επαναληπτικά η γήινη επιφάνεια με κατάλληλα τηλεπισκοπικά συστήματα όπως ο TM σε διαφορετικές περιοχές του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, σε κλίμακες οι οποίες ήταν μέχρι τότε δυνατό να επιτευχθούν μόνο με φωτομωσαϊκά σμικρύνσεων αεροφωτογραφιών ή από ερμηνεία κατάλληλα προετοιμασμένων χαρτών από εργασίες πεδίου. Αυτές οι μικρής κλίμακας τηλεπισκοπικές απεικονίσεις οι οποίες μπορούν να διορθωθούν γεωμετρικά και ραδιομετρικά προσθέτουν μια νέα διάσταση στην ανάλυση της γεωτεκτονικής πραγματικότητας, και εξαιτίας της συγκεκριμένης κλίμακας τους και της γενικής θεώρησης ευρύτατων περιοχών την οποία παρέχουν δίνουν τη δυνατότητα στους γεωλόγους να εντοπίσουν και να χαρτογραφήσουν ενδιαφέροντα γεωτεκτονικά στοιχεία.

Από την έρευνα αυτή διαπιστώθηκε ότι η συμβολή της ολοκληρωμένης ανάλυσης, επεξεργασίας κι ερμηνείας δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων σε ψηφιακή και αναλογική μορφή στη μελέτη της νεοτεκτονικής δομής και κατ' επέκταση των σεισμοτεκτονικών συνθηκών μίας περιοχής είναι σημαντική για τους παρακάτω λόγους:

Με τις δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις ο ερευνητής:

- α) Έχει την εποπτική εικόνα μιας ευρύτερης περιοχής που δεν την έχει με την επιτόπια παρατήρηση ακόμα και αν ανέβει στις πιο ψηλές κορυφές.
- β) Ο ερευνητής μπορεί να παρακολουθήσει τη συνέχεια μεγάλων νεοτεκτονικών δομών (ρηγμάτων, νεοτεκτονικών βυθισμάτων ή τάφρων και τεκτονικών εξάρσεων ή κεράτων).
- γ) Μπορεί να συσχετίσει τις νεοτεκτονικές αυτές δομές με ανάλογες που βρίσκονται σε αρκετή απόσταση, ή με τις ίδιες όταν διακόπτονται από άλλες γεωλογικές δομές (περίπτωση ρηματογενών ζωνών Ιθώμης - Κατσαρού, Αριστομένη - Αρφαρά κ.λ.π.).
- δ) Μπορεί να διαπιστώσει εύκολα την παραμόρφωση προηγούμενων τεκτονικών δομών από νεότερες ρηματογενείς ζώνες ή από μεμονωμένα ρήγματα και κατ' επέκταση να διακρίνει συγκριτικά νεότερες από παλαιότερες δομές (περίπτωση ανατολικών περιθωρίων Μεσσηνιακής τεκτονικής τάφρου αλλά και σε άλλες περιοχές εκτός του υπό μελέτη χάρτη οι οποίες θα αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής έρευνας).
- ε) Ρήγματα ή ρηματογενείς ζώνες που μπορούν να χαρακτηρισθούν ως "λανθάνουσες" (λόγω μακροχρόνιας διάβρωσης, λόγω νεότερων παραμορφώσεων κ.λ.π.) και δεν αναγνωρίζονται με την επιτόπια έρευνα τουλάχιστον ως προς την ορθή τους διάσταση, αναγνωρίζονται εύκολα με την εποπτική εικόνα της δορυφορικής λήψης. Παράδειγμα αποτελούν τα ρήγματα παράλληλα ή ταυτιζόμενα με τη διεύθυνση των διαρρήξεων του εδάφους κατά τους σεισμούς της Καλαμάτας (13/9/1986) όπως χαρτογραφήθηκαν τότε από τον γεωλόγο Ν. Φυτρολάκη.
- στ) Μετά τη μελέτη της δορυφορικής απεικόνισης μπορεί να γίνει εύκολα, λόγω των πιο πάνω πλεονεκτημάτων μια επιλογή των δομών εκείνων οι οποίες παρουσιάζουν μεγαλύτερο σεισμοτεκτονικό ενδιαφέρον, όπως περιθώρια τεκτονικών βυθισμάτων και εξάρσεων ή ρηματογενών ζωνών μεγάλου μήκους και προφανών νεοτεκτονικής ηλικίας. Έτσι το ενδιαφέρον της επιτόπιας έρευνας μπορεί να επικεντρωθεί αμέσως σε αυτές τις δομές χωρίς να χάνεται πολύτιμος χρόνος ψάχνοντας στο ύπαιθρο τις δομές αυτές και με απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες.
- ζ) Οι επικρατέστερες και καθοριστικές διευθύνσεις των νεοτεκτονικών δομών μιας περιοχής μπορούν να φανούν καθαρά με την ολοκληρωμένη ανάλυση των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων όταν βέβαια υπάρχει και η σχετική εμπειρία των ερευνητών. Αλλά και ο χρόνος (ανάλογα με την έκταση της περιοχής και τα τεκτονικά προβλήματα) είναι καταπληκτικά πολύ - πολύ πιο

μικρός από εκείνον ο οποίος θα απαιτηθεί για τη συγκέντρωση ίδιων στοιχείων με εργασία στο ύπαιθρο.

Η υποκειμενικότητα του φωτοερμηνευτή καθώς και η σχετική εμπειρία του στην επιτόπια ερμηνεία και χαρτογράφηση των γεωτεκτονικών δομών φαίνεται ότι επηρεάζουν αισθητά το αποτέλεσμα. Έτσι η εμπειρία εργασιών επίγειου ελέγχου η οποία εκφράζεται με πολυδιάστατες νοητικές συσχετίσεις των αντικειμενικά πολυδιάστατων στοιχείων της φυσικής πραγματικότητας, είναι σημαντικότερος παράγοντας για την ορθή εκτίμηση των "γραμμώσεων" στο βαθμό που ολοκληρώνει τις δυνατότητες της ειδικής επιστημονικής οπτικής κάτω από το πρίσμα της οποίας γίνεται η συγκεκριμένη έρευνα (Ρόκος, Δ., 1988). Η τελευταία διαπίστωση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η προσπάθεια "απομίμησης" της παραπάνω διαδικασίας με ηλεκτρονικό υπολογιστή, απαιτεί τη χρήση μεθόδων τεχνητής ευφυΐας (AI), πιθανότατα με τη μορφή Εμπειρων Συστημάτων (Expert Systems).

Η μελλοντική υλοποίηση κάποιας διαδικασίας αυτόματης ανίχνευσης και χαρτογραφικής απόδοσης των ρηγμάτων, θα συμβάλλει στη βαθμιαία αύξηση της αντικειμενοποίησης της ανάλυσης και επεξεργασίας των εικόνων. Η "έμπειρη", "έλλογη" και επιστημονικά τεκμηριωμένη όμως υποκειμενικότητα του φωτοερμηνευτή, όχι μόνο δεν θα αποτελεί ουσιαστικό εμπόδιο στην αξιοπιστία της συνολικής εκτίμησης της σεισμοτεκτονικής δομής της περιοχής μελέτης, αλλά στην πράξη θα την βελτιστοποιεί στο βαθμό που ο ειδικός φωτοερμηνευτής αποτελεί το πιο ολοκληρωμένο real time σύστημα τηλεπισκοπικής ανάλυσης.

Σε κάθε περίπτωση αυτονόητο είναι ότι την ανάλυση μίας δορυφορικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης ακολουθεί η επιτόπια λεπτομερειακή έρευνα των τεκτονικών δομών για να ελεγχθούν/ διαπιστωθούν/ επαληθευθούν/ τα ενεργά και τα πιθανά ενεργά ρήγματα, το εντατικό πεδίο και άλλα στοιχεία τα οποία αφορούν πια την καθαρά νεοτεκτονική μελέτη της περιοχής και που είναι αδύνατον να μελετηθούν με διαφορετικό τρόπο. Για την μεταφορά ενός τμήματος της επίγειας έρευνας για παραπέρα μελέτη στο γραφείο, η τεχνική της μαγνητοσκόπησης μας έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Μερικά από τα ειδικά συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν για τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της Φωτοερμηνευτικής - Τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας στη συγκεκριμένη έρευνα είναι:

- α) Επιβεβαιώνεται η γνωστή από τη βιβλιογραφία (Siegal, B., Gillespie, A., 1979) σχέση μεταξύ της κλίμακας της φωτοερμηνείας και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων της. Δηλαδή ότι οι μικρότερες κλίμακες μπορούν να δώσουν τις γενικές (κύριες) διευθύνσεις και θέσεις των μεγάλων ρηγμάτων και ρηματογενών ζωνών ενώ οι μεγαλύτερες μπορούν να αποκαλύψουν με μεγαλύτερη

λεπτομέρεια την τοπική τεκτονική δομή της περιοχής.

- β) Δεν μπορεί να υπάρξει μία απλή και ταυτόχρονα σίγουρη τεχνική ανίχνευσης των ρηγμάτων. Αντίθετα είναι δυνατή η ενίσχυσή τους με πολλές επιμέρους τεχνικές, ώστε να είναι δυνατή η υποβοήθηση του φωτοερμηνευτή. Αυτές οι επιμέρους τεχνικές αναλύονται στο 4ο κεφάλαιο.
- γ) Η με φωτοερμηνεία γεωτεκτονική - σεισμοτεκτονική μελέτη δεν χρειάζεται απαραίτητα, πλήρη γεωλογική χαρτογραφική υποδομή υποστήριξης, αφού όπως φαίνεται αυτή δεν επηρεάζει αισθητά το αποτέλεσμα. Αυτονόητο είναι ότι την φωτοερμηνεία θα ακολουθεί επίγεια λεπτομερής μελέτη των ρηγμάτων, η οποία θα αφορά στον προσδιορισμό της ηλικίας, του τύπου και του μηχανισμού κίνησής τους.
- δ) Η υποστήριξη της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας με κατάλληλο σύστημα ψηφιακής ανάλυσης κι επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων μπορεί σε μικρό χρόνο και με σχετικά χαμηλό κόστος (περίπτωση συστηματικής παραγωγής) να συμβάλει στην ολοκλήρωση των δυνατοτήτων των αναλογικών και ψηφιακών τεχνικών με αποτέλεσμα ικανοποιητικής ποιότητας γεωλογικές και γεωτεκτονικές προσεγγίσεις. Το σύστημα ψηφιακής επεξεργασίας πρέπει απαραίτητα να περιλαμβάνει ολοκληρωμένο πακέτο λογισμικού επεξεργασίας ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων (Καραθανάση, Β., Ρόκος, Δ., Σπυράκος, Ι., 1988) καθώς και γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (G.I.S.).
- (ε) Αποτελεί θέμα προς εξαντλητική περαιτέρω πειραματική έρευνα η επιλογή συνδυασμών πολυφασματικών συνθέσεων δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων για ολοκλήρωση των δυνατοτήτων της οπτικής φωτοερμηνείας σε αντικείμενα γεωτεκτονικής έρευνας.

Θεωρητικά τα κανάλια του LANDSAT TM και κυρίως τα εγγύς και μέσα υπέρυθρα τα οποία είναι ευαίσθητα στην ανάλυση γεωλογικών χαρακτηριστικών στην διάκριση εδαφών και μεταλλευμάτων και στην επίπτωση της μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος σε ζώνες ασυνέχειας, χαλαρότητας κ.λ.π. είναι οι καταλληλότερες συνιστώσες των πολυφασματικών χρωματικών συνθέσεων που ενδιαφέρουν την έρευνά μας.

Η βασική επιλογή για την καταλληλότερη πολυφασματική χρωματική σύνθεση την οποία κυρίως χρησιμοποιήσαμε στην έρευνα αυτή θα πρέπει πιο πέρα να ενισχυθεί με μια δυνητικά ενδιαφέρουσα συμμετοχή του καναλιού 1 του LANDSAT TM, το οποίο μεταξύ άλλων καλύπτει και τη διάσταση συμβολής στη διάκριση εδαφών.

Επίσης πρέπει να αξιοποιηθούν τα πορίσματα άλλων ερευνών του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. αλλά και άλλων ερευνητικών κέντρων του εξωτερικού για την ιδιαίτερη χρησιμότητα πολυφασματικών χρωματικών συνθέσεων όπως π.χ.:

- (I) των καναλιών 4,5,3 (Red, Green, Blue αντίστοιχα) για την ανάλυση των εδαφικών συνθηκών,
  - (II) των καναλιών 3,2,1 (Red, Green, Blue αντίστοιχα) για την ανάλυση στοιχείων τα οποία αφορούν σε συνέχιση ρηγμάτων και μελέτη της βαθυμετρίας σε σχετικά αβαθή ύδατα,
  - (III) των καναλιών 7,4,2 (Red, Green, Blue αντίστοιχα) για την εκτίμηση των μεταβολών στην περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία, κ.λ.π.
- (στ) Αποτελεί επίσης θέμα αντίστοιχης περαιτέρω έρευνας η επιλογή των συνδυασμών πολυφασματικών χρωματικών συνθέσεων οι οποίες αποδίδουν με οπτική φωτοερμηνεία πιστότερα :

- (I) χαρακτηριστικά ενισχυτικά της γεωτεκτονικής έρευνας (γεωμορφολογικά, τοπογραφικά, φυσιογραφικά, υδρολογικά),
- (II) γραμμικά χαρακτηριστικά τα οποία προκαλούν σύγχυση ιδιαίτερα στην αυτόματη αναγνώριση γραμμώσεων γεωτεκτονικού ενδιαφέροντος (δρόμοι, σιδηρόδρομοι, αρδευτικά δίκτυα και λοιπές γραμμικού χαρακτήρα επεμβάσεις του ανθρώπου).

Κατάλληλες ψηφιακές τεχνικές άλγεβρας εικόνων μπορούν είτε να επιβεβαιώσουν την αξιοπιστία της γεωτεκτονικής ερμηνείας ή και να αφαιρέσουν τους συνυπάρχοντες θορύβους για να την καταστήσουν ευκολότερη.

- (ζ) Σημαντική ερευνητική προσπάθεια επίσης πρέπει να καταβληθεί σε μεθόδους και τεχνικές αποκάλυψης μορφολογικών χαρακτηριστικών τα οποία καλύπτονται συνήθως από πυκνή βλάστηση.
- (η) Τέλος το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. θα πρέπει να συνεχίσει και πέραν του αντικειμένου αυτού του ερευνητικού προγράμματος την προσπάθεια συσχέτισης των γραμμώσεων που ερμηνεύθηκαν ως ρήγματα με τα επίκεντρα των σεισμών της περιοχής. Παρά τις δυσκολίες και τους κινδύνους λαθών στο συσχέτισμό, πιστεύεται ότι η προσπάθεια αυτή θα συμβάλει στη βελτίωση των μεθόδων έρευνας προς την κατεύθυνση αυτή και θα παρουσιάσει ορισμένα σεισμοτεκτονικά προσομοιώματα, τα οποία θα προσεγγίσουν καλύτερα τη σεισμοτεκτονική εικόνα της περιοχής.



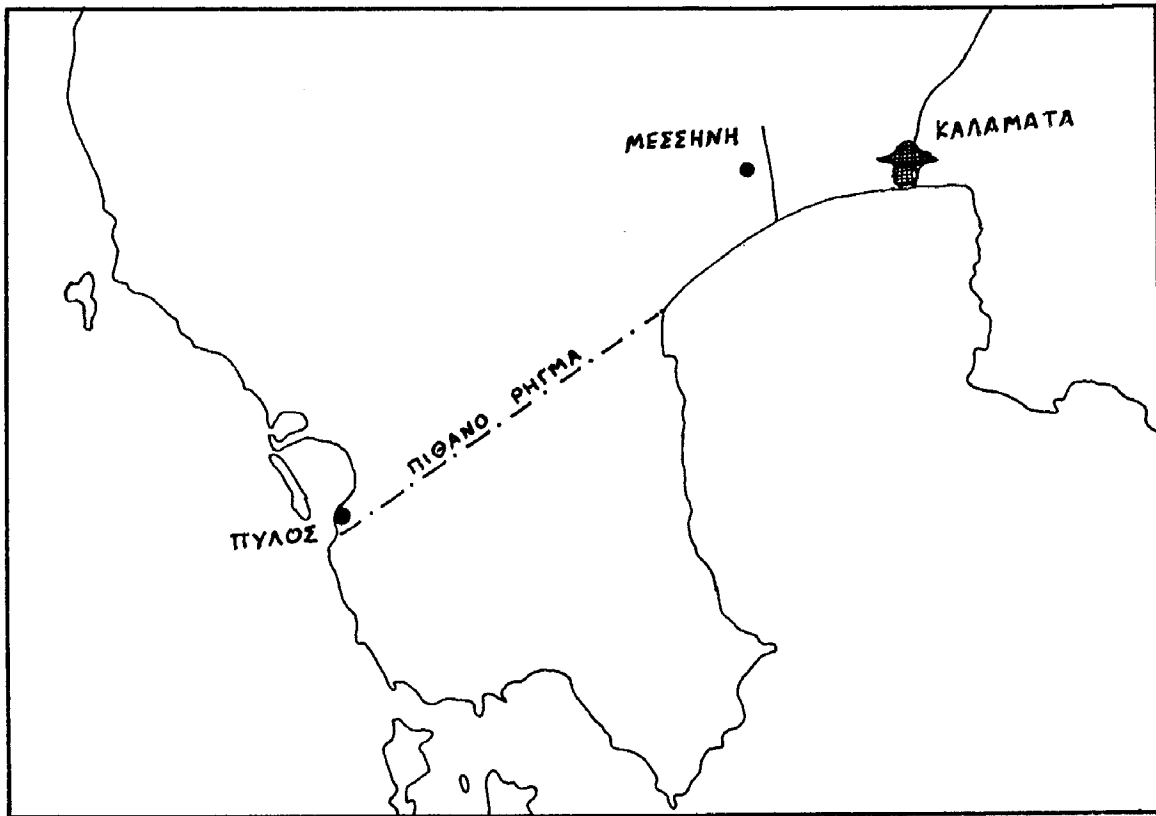
## 7.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ LANDSAT TM ΤΗΣ 27.6.85

Τέλος επιδιώχθηκε η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της παραδοσιακής φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας, για διερεύνηση των πιθανοτήτων ενδεχόμενης καλύτερης απόδοσης ή και διαπίστωσης νέων στοιχείων με την οπτική χρήση της έγχρωμης σύνθεσης 4, 3, 2 (Red, Green, Blue) της τηλεπισκοπικής απεικόνισης Landsat TM της 27-6-1985 η οποία αποκτήθηκε στο πλαίσιο άλλου ερευνητικού προγράμματος από το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Πολυτεχνείου και κρίθηκε χρήσιμο να εξεταστεί και για την έρευνα αυτή.

Γενικά διαπιστώθηκε ότι η τηλεπισκοπική αυτή απεικόνιση λόγω της εξαιρετικής ευκρίνειάς της στη συγκεκριμένη περιοχή έρευνας αποκαλύπτει περισσότερες λεπτομέρειες οι οποίες όμως δεν μεταβάλλουν τη σεισμοτεκτονική εικόνα της περιοχής όπως είχε προκύψει από τη μελέτη και τις ψηφιακές επεξεργασίες των δύο νεότερων λήψεων.

Δηλαδή οι καθοριστικές τεκτονικές γραμμές στην περιοχή του φύλλου χάρτη Καλαμάτας διακρίνονται σε όλες τις λήψεις τόσο ώστε να καθίσταται δυνατή η αξιόπιστη αποτύπωση τους. Απλά και μόνο η εργασία πραγματοποιήθηκε πιο άνετα επειδή η λήψη της 27-6-1985 είναι πιο ευκρινής. Μια περαιτέρω αναλυτική διερεύνηση κι αποτύπωση των επουσιωδών ρηγμάτων ή άλλων γραμμώσεων για την ολοκλήρωση της τεκτονικής έρευνας της περιοχής θα πρέπει να αξιοποιήσει και τα στοιχεία της λήψης της 27-6-1985.

Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το πεπερασμένο της συμβολής των στοιχείων τα οποία μπορούν να αντληθούν με την ερμηνεία της εικόνας αυτής στη διαπίστωση νέων γραμμικών χαρακτηριστικών δεν αποτελεί γενικό κανόνα, διότι με την δορυφορική τηλεπισκοπική απεικόνιση λήψης της 27-6-1985 επιβεβαιώθηκε η ανακάλυψη μιας σημαντικής γραμμώσης /πιθανού ρήγματος μήκους περίπου 20 χλμ. η οποία ξεκινά από τη χερσόνησο της Πυλίας και κατευθύνεται προς την πόλη της Καλαμάτας (βλέπε σχήμα 7.1). Αυτή η μεγάλου μήκους γραμμώση δεν είναι αμέσως ορατή στις φωτογραφικές εκτυπώσεις των ψευδοχρωματικών συνθέσεων των καναλιών 4, 3, 2 (R.G.B.) του LANDSAT TM των ημερομηνιών λήψης 29-5-1986 και 20-8-1987, αλλά όμως αναδεικνύεται με αισθητή ευκρίνεια και διαπιστώθηκε με τις κατάλληλες ψηφιακές τεχνικές στη ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7, 4, 5 (R.G.B.) η οποία προέκυψε με βάση τις ψηφιακής μορφής αντίστοιχες απεικονίσεις της ευρύτερης περιοχής της νοτιοδυτικής Πελοποννήσου.



ΣΧΗΜΑ 7.1. Σκαρίφημα πιθανού ρήγματος στη ΝΔ Πελοπόννησο.

Συνεπώς προκύπτει η ανάγκη για συνέχιση στο μέλλον της ερευνητικής προσπάθειας στο πεδίο αξιοποίησης των δυνατοτήτων και των "μή βέλτιστων", λογικά, χρωματικών συνθέσεων σε αναλογική μορφή, οι οποίες κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις (ύψος και αζιμούθιο ήλιου, ώρα και εποχή λήψης κ.λ.π. σε σχέση με τα γεωμορφολογικά, τα καλλιεργητικά και λοιπά πρότυπα της περιοχής), μπορούν να συμβάλλουν στην ολοκληρωμένη προσέγγιση της σεισμοτεκτονικής πραγματικότητας της περιοχής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Α. ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

- Καραθανάση, Β.,  
Ρόκος, Δ.,  
Σπυράκος, Ι. : "Ελληνικό Λογισμικό Ψηφιακής Επεξεργασίας Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων. (ΕΛΛ. ΛΟΓ. ΨΕΤΑ / Α ΝΑ.Τ.Υ.ΡΕ.Σ. ΛΑΒ. Δ.Ι.Ρ. ΣΟΦΤ).", Ένα εκπαιδευτικό εργαλείο του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Συνέδριο "Σύγχρονες Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης." Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1988. (Πρακτικά υπό δημοσίευση).
- Μαριολάκος, Η.,  
Λόγος, Ε.,  
Λόζιος, Σ.,  
Φουντούλης, Ι. : "Νεοτεκτονική παραμόρφωση της ρηξιγενούς επιφάνειας "Ζίμπελι" (ανατολικά της Καλαμάτας)", Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, τόμος ΧΧΙΙΙ/3, Αθήνα, 1989.
- Μπαντέκας, Ι. : "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση." σημειώσεις μαθήματος, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1984.
- Ρόκος, Δ. : "Αναλογικές Μέθοδοι και Ψηφιακές Επεξεργασίες." Σημειώσεις για τους σπουδαστές. Ε.Μ.Π., Εργ. Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ. : "Προεπεξεργασίες Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων." Σημειώσεις για τους σπουδαστές. Ε.Μ.Π., Εργ. Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ. : "Ενίσχυση/Βελτίωση Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (ψ.τ.α.)." Σημειώσεις για τους σπουδαστές. Ε.Μ.Π., Εργ. Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ. : "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση." Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Σημειώσεις για τους σπουδαστές. Εργ. Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1988.

- Ρόκος, Δ. : "Ειδικά Κεφάλαια Τηλεπισκόπησης." Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Σημειώσεις για τους σπουδαστές. Εργ.Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1988.
- Σπυράκος, Ι. : "Οργάνωση και σύνταξη βασικών προγραμμάτων μίας βιβλιοθήκης επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας", Διπλωματική εργασία, Τμήμα Αγρονόμων - Τοπογράφων μηχ. Ε.Μ.Π, 1988.
- Φυτρολάκης, Ν. : "Οι σεισμοτεκτονικές συνθήκες στη Μεσοσηνία και τα μετασεισμικά φαινόμενα των σεισμών της 13ης Σεπτεμβρίου 1986", Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά Νο. 64/1987, σελ.7-15.
- Φυτρολάκης, Ν. : "Τα μέχρι τούδε άγνωστα παλαιοζωϊκά στρώματα νοτιοανατολικώς των Καλαμών", Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Τόμος VIII/1, Αθήνα, 1971.
- Φυτρολάκης, Ν. : "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος: φύλλο Κορώνη - Πύλος - Σχίζα 1:50.000", έκδοση Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα, 1980

#### B. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

- Argialas, D., Stearns, R. and Shahrokhi, F. : "Mapping of Landsat satellite and gravity lineaments in West Tennessee", Journal of Aerospace Engineering, Vol.I, No.2, April 1988.
- Buckingham, W.F., Sommer, s.,e. : "Mineralogical characterization of rock surfaces formed by hydrothermal alteration and weathering: application to remote sensing." Economic Geology, 78, 1983.
- Canich, M. : "A study of the Tyrone-Mount Union lineament by remote sensing techniques and field methods", M.S. Thesis, The Pennsylvania State Univ., 1976

- Coldwell, R. (Ed) : "Manual of Remote Sensing", American Society of  
Photogrammetry and Remote Sensing, Falls Church Va,  
Sheridan Press, 1983, Vol.II.
- Foley, J.D., and : "Fundamentals of Interactive Computer Graphics.",  
Van Damm, A. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1982.
- Goetz, A., : "Applications of ERTS images and image processing  
Billingsley, B., to regional geological problems and geologic mapping  
Gillespie, A., in northern Arizona", 1975, Techn.Rept. 32-1597  
Abrams, M., Squires, R., JPL, California Institute of Tech., Pasadena  
Shoemaker, E., California.  
Luchitta, I., and  
Elston, D.
- Gold, D., "Analysis and application of ERTS-1 data for  
Parizek, R., and regional geological mapping" Symposium of  
Alexander, S. significant results obtained from the Earth  
Resources Technology Satellite -1: NASA Document  
SP-327, p.231-245, 1973.
- Gonzales, R.F., and : "Digital Image Processing." Addison - Wesley,  
Wintz, P. Reading, Massachusetts, 1977.
- Hobbs, W. : "Lineaments of the Atlantic border region", Geol.  
Soc. Amer. Bull., v.15, p.483-506, 1904.
- Jensen, J.R. : "Introductory digital image processing - a remote  
sensing perspective." Englewood Cliffs, Prentice -  
Hall, N.J., 1986.
- Kahle, A.B. and : "Mineralogic information from a new airborne thermal  
Goetz, A.F.H. infrared multispectral scanner." Science, 222, 1983.
- Kowalik, W., and "The use of LANDSAT-1 imagery in mapping lineaments  
Gold, D. in Pennsylvania", Proc. First Int. Conf. on the New  
Basement Tectonics, Utah Geol. Assoc. Pub. no.5,  
p.236-249, 1976.

- Lattman, L., : "Technique of mapping geologic fracture traces and lineaments on aerial photographs" Photogrammetric Eng., V.24, no.4, p.568-576, 1958.
- Lattman, L., and Parizek, R. "Relationship between fracture traces and the occurrence of ground-water in carbonate rocks", Jour. Hydrol., v.2, p.73-91, 1964.
- Molnar, P., and Tapponier, P. "Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision", Science 1975, V.189, pg.419-426.
- Moore, G.K. and Waltz, F.A. : "Objective procedures for lineament enhancement and extraction." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49, 1983.
- O'Leary, D., Friedman, J., and Pohn, H. "Lineaments, linear, lineation: some proposed new standards for old terms", Geol. Soc. Amer. Bull. v. 87, p. 1463-1469, 1976.
- Parizek, R. : "Application of fracture traces and lineaments to ground-water prospecting, in Field guide to lineaments and fractures in central Pennsylvania", Second international conference on the new basement tectonics, Gold, D.P., and Parizek, R.R., eds.: Department of Geosciences, The Pennsylvania State University, p.38-59, 1967.
- Parizek, R., : "Lineaments and ground-water, in Interdisciplinary application and interpretations of EREP data within the Susquehanna River basin", McMurtry, G.T., and Petersen, G.W., eds.: SKYLAB EREP Investigation #475, NASA Contract No. NAS 9-13406, ORSER-SSEL, The Pennsylvania State University, p.4-59 to 4-86, 1976.

- Podwysocki, M.,  
Moik, J., and  
Shoup, W. : "Quantification of geologic lineaments by manual and machine processing techniques", proceedings NASA TM X-58168, Houston Texas, V.I-B, p.885-903
- Pratt, W.K. : "Digital Image Processing." Wiley - Interscience, New York, 1978.
- Press, F., Siever, R. : "Earth", W.H. Freeman & Co, San Francisco, 1974.
- Rudd, R.D. : "Remote sensing, a better view", Duxbury Press, North Scituate, Massachusetts, 1974
- Sabins, F.F. Jr. : "Remote Sensing Principles and Interpretation." W.H.Freeman and Co., Salt Lake City Utah, 1978.
- Siegal, B.S. and  
Gillespie, A.R.(eds) : "Remote sensing in geology." Wiley, New York, 1979.
- Siegal, B. : "Significance of operator variation and the angle of illumination in lineament analysis on synoptic images", Modern Geology, v. 6, p.75-88, 1977.
- Stefouli, M. : "The Remote Sensing of geologic features and it's application to the structure of Crete", P.h.d. thesis, Bristol University, 1983.
- Stefouli, M.,  
Osmaston, H. : "The Remote Sensing of geological linear features using LANDSAT: matching analytical approaches to practical applications".
- Wheeler, R., Trumbo, D.,  
Mullennex, R.,  
Henderson, C., and  
Moore, R. : "Field study of the Parsons lineament, Tucker Co., West Virginia", Abst., Geol. Soc. Amer., v.8, no.2, 1976.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΡΗΓΜΑΤΩΝ.

- Καραθανάση, Β.,  
Ρόκος, Δ.,  
Σπυράκος, Ι. : "Ελληνικό Λογισμικό Ψηφιακής Επεξεργασίας  
Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων. (ΕΛΛ. ΛΟΓ. ΨΕΤΑ /  
A Na.T.U.Re.S. Lab. D.I.P. Soft).", Ένα εκπαιδευτικό  
εργαλείο του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του  
Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Συνέδριο "Σύγχρονες Εφαρμογές της  
Τηλεπισκόπησης." Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1988.  
(Πρακτικά υπό δημοσίευση).
- Σπυράκος, Ι. : "Οργάνωση και σύνταξη βασικών προγραμμάτων μίας  
βιβλιοθήκης επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας",  
Διπλωματική εργασία, Τμήμα Αγρονόμων - Τοπογράφων  
μηχ. Ε.Μ.Π, 1988.
- Agterberg, F.P. : "Geomathematics, Mathematical background and  
Geo-science applications", Elsevier Scientific  
Publishing Co., Amsterdam, 1974.
- Kernighan, B. and  
Ritchie, D. : "The C programming language", Prentice - Hall, 1976
- Siegal, B.S. and  
Gillespie, A.R.(eds) : "Remote sensing in geology." Wiley, New  
York, 1979.

— 0 —



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΗΣ / ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.

Το βασικό σκεπτικό για τη γεωδαιτική αναφορά και διαχείριση των γραμμικών (vector) γεωλογικών δεδομένων, όπως είναι τα ρήγματα και οι λιθοστρωματογραφικές ενότητες, είναι η οργάνωσή τους σε μία ψηφιακή βάση πληροφοριών η οποία να μπορεί να αξιοποιηθεί από το λογισμικό GIS ARC/INFO που διαθέτει το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. καθώς επίσης και να οδηγεί τα προγράμματα στατιστικής ανάλυσης που απαιτούνται για την επεξεργασία των δεδομένων.

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος κρίθηκε απαραίτητο να καθορισθεί και να υλοποιηθεί μία ενδιάμεση βάση διανυσματικών δεδομένων η οποία ονομάσθηκε NVDB (Na.T.U.Re.S. Lab. Vector Data Base) με προορισμό να λαμβάνει ή να στέλνει δεδομένα στις δύο άλλες μορφές βάσεων διανυσματικών δεδομένων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Οι άλλες δύο βάσεις δεδομένων είναι:

- A) η ERDAS η οποία υλοποιείται με τα DIG files και
- B) η ARC/INFO η οποία υλοποιείται με τα IMPORT/EXPORT files.

Το format αποθήκευσης της NVDB δίνεται στον πίνακα Ι και μπορεί να περιέχει γραμμικά μόνο δεδομένα (οχι κλειστά πολύγωνα, οχι σημεία) καθώς και ένα αριθμητικό κωδικό "ποιότητας" της κάθε πολυγωνικής γραμμής. Ο αριθμητικός κωδικός είναι ο USER ID# του ARC/INFO ή ο CLASS NUMBER του ERDAS format. Έτσι μπορεί κάποιος να κωδικοποιήσει μία ή περισσότερες ιδιότητες των γραμμικών στοιχείων (π.χ. οδός, ρήγμα, πιθανό ρήγμα, ποτάμι κ.ο.κ.) .

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Format NVDB.		
	αύξων αριθμός πολυγωνικής γραμμής	[θετικός INT]
	πλήθος σημείων πολυγωνικής γραμμής	[θετικός INT]
a n c	— κωδικός ποιότητας πολυγωνικής γραμμής	[θετικός INT]
x <sub>1</sub> y <sub>1</sub>	— συντεταγμένες 1ου σημείου (X, Y)	
x <sub>2</sub> y <sub>2</sub>	— συντεταγμένες 2ου σημείου	[2 REAL numbers]
.....	...	...
x <sub>n</sub> y <sub>n</sub>	— συντεταγμένες νιοστού σημείου	...
Το τέλος της NVDB σηματοδοτείται από το μηδενικό στοιχείο:		
0 0 0	(a n c)	
Κατόπιν τούτου μπορούν να προστεθούν οποιοσδήποτε πληροφορίες.		

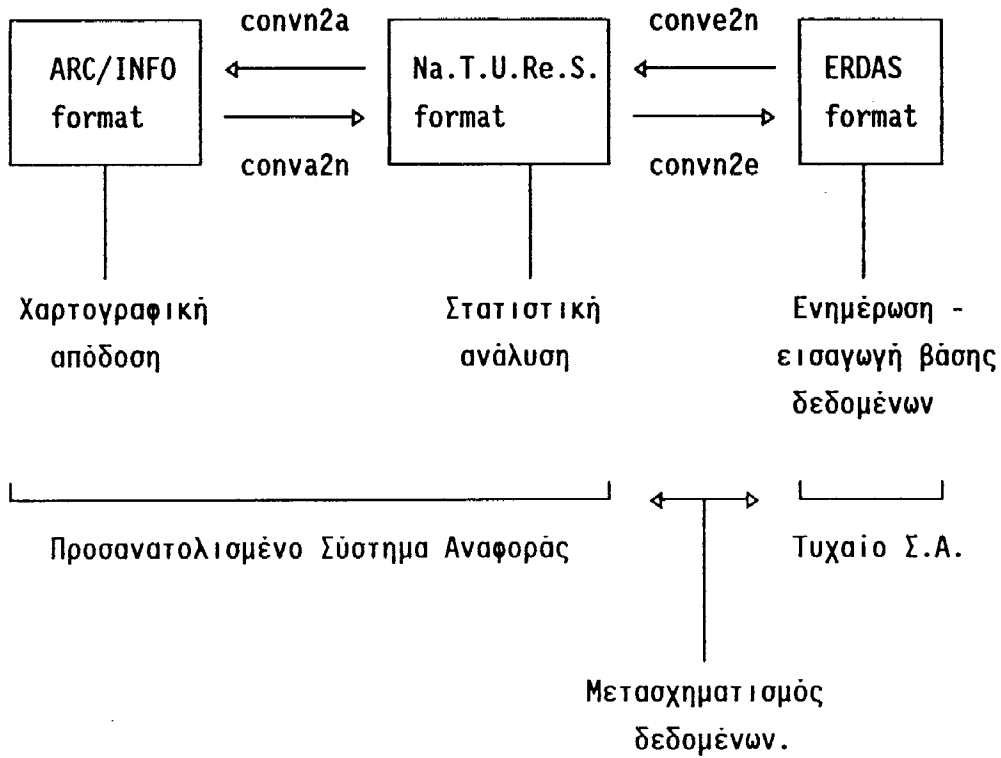
Για τη NVDB χρησιμοποιήθηκε το ίδιο γεωδαιτικό/ γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων με αυτό το οποίο χρησιμοποιείται στο ARC/INFO δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να γίνεται η στατιστική ανάλυση των γεωλογικών δεδομένων ακριβώς στο ίδιο σύστημα αναφοράς.

Για τη μετάβαση και επιστροφή των δεδομένων της NVDB στο και από το σύστημα ERDAS γίνεται αλλαγή του γεωγραφικού συστήματος αναφοράς ώστε αυτό να ταυτίζεται με την εκάστοτε τηλεπισκοπική απεικόνιση, η οποία πλέον δεν χρειάζεται να υποστεί RASTER - γεωμετρική διόρθωση /αναγωγή (γεγονός που εκτός από τον υπολογιστικό και αποθηκευτικό φόρτο τον οποίο συνεπάγεται, προκαλεί και σημαντικές ραδιομετρικές παραμορφώσεις στην εικόνα).

Τα τέσσερα προγράμματα μετατροπής (Ι.Σπυράκος) των δεδομένων μεταξύ των τριών βάσεων είναι τα εξής:

- 1) CONVE2N: CONvert Erdas to Na.T.U.Re.S. format.
- 2) CONVN2E: CONvert Na.T.U.Re.S. to Erdas format.
- 3) CONVA2N: CONvert Arc/Info to Na.T.U.Re.S. format.
- 4) CONVN2A: CONvert Na.T.U.Re.S. to Arc/Info format.

έτσι η ροή των δεδομένων γίνεται όπως φαίνεται στο διάγραμμα:



(Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι τα 4 CONV προγράμματα καλύπτουν έν μέρει την σύνδεση των συστημάτων ERDAS - ARC/INFO χωρίς να είναι απαραίτητο να βρίσκονται εγκατεστημένα στον ίδιο Η/Υ)

Ένα υπόδειγμα αρχείου NVDB φαίνεται στον πίνακα 2Α:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2Α

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ NVDB.	
1 4 1	
730.999943	541.401140
731.999942	548.368460
732.999942	547.363384
761.999945	485.330039
2 3 1	
400.999937	679.745670
400.999937	679.745670
427.999936	699.446442
3 2 1	

394.999937 689.762325

427.999936 715.391235

4 5 1

395.999937 673.809006

398.999937 673.783426

402.999937 673.749320

427.999938 659.584460

451.999938 647.421226

7 7 4

527.999939 630.828408

492.999942 550.406327

465.999939 632.353610

489.999937 691.941943

548.999938 659.549286

605.999939 628.170231

605.999939 630.163331

8 9 3

638.999940 609.950960

642.999940 610.913403

680.999941 578.699805

741.999942 564.227987

604.999941 586.323677

604.999941 586.323677

545.999942 564.902659

604.999943 534.503100

591.999941 581.451776

0 0 0

-0.000036 1.000000 -0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

2.521510 -0.008527 0.996550 0.000000 0.000000 0.000000

5

45.0000 41.0000 45.0000 43.0000

396.0000 209.0000 396.0000 207.0000

435.0000 13.0000 435.0000 12.0000

367.0000 456.0000 367.0000 454.0000

6.0000 428.0000 6.0000 429.0000

Ένα υπόδειγμα αρχείου ERDAS φαίνεται στον πίνακα 2B:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2B

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ERDAS

4	-1	0	1	71
11810.39				-38263.72;
11810.39				-26560.33;
32567.40				-26560.33;
32567.40				-38263.72;
4	1	0	2	;
27921.93				-28752.62;
27909.93				-29066.43;
27962.44				-29030.92;
29751.36				-26560.33;
3	1	0	2	;
12157.71				-31998.66;
12157.71				-31998.66;
13196.51				-33092.22;
2	1	0	2	;
11810.39				-32386.35;
13067.49				-33790.85;
5	1	0	2	;
11983.85				-31695.88;
12117.19				-31720.36;
12294.98				-31752.99;
13519.05				-31345.65;
14682.55				-31017.49;
2	1	0	2	;
22453.71				-34972.00;
24636.71				-38081.36;
3	1	0	2	;
24567.50				-36714.32;
24648.33				-36774.30;
25384.25				-38263.72;
7	4	0	2	;
18189.55				-30938.90;
17287.06				-27116.55;

15425.76	-30476.74;
16008.67	-33292.40;
18889.10	-32376.49;
21672.56	-31487.93;
21656.43	-31575.26;
9 3 0 2 ;	
23284.46	-30971.21;
23454.19	-31047.51;
25401.22	-29960.27;
28225.38	-29846.64;
21966.79	-29645.88;
21966.79	-29645.88;
19521.80	-28203.92;
22386.10	-27375.34;
21429.29	-29321.50;
22 5 0 2 ;	
23123.96	-33830.99;
23600.49	-33241.29;
24267.01	-32867.04;
24905.20	-32397.31;
25438.57	-32495.21;
25818.34	-32429.49;
25870.85	-32393.98;
28484.97	-32422.37;
29450.42	-31922.42;
31047.56	-34969.38;
32567.40	-36692.98;
29936.96	-36255.29;
28559.29	-36499.00;
22676.33	-36006.04;
17682.12	-35179.62;
15427.51	-34946.35;
13867.34	-33441.08;
13948.17	-33501.06;
15657.42	-33950.23;
17184.75	-34140.29;
18659.18	-33372.61;
19693.47	-33246.45;

Ένα υπόδειγμα αρχείου ARC/INFO φαίνεται στον πίνακα 2Γ:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2Γ

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ARC/INFO						
EXP 0						
ARC 2						
	1	1	1	2	0	0
	7.3099994E+02	5.4140114E+02	7.3199994E+02	5.4836846E+02		4
	7.3299994E+02	5.4736338E+02	7.6199995E+02	4.8533004E+02		
	2	1	3	4	0	0
	4.0099994E+02	6.7974567E+02	4.0099994E+02	6.7974567E+02		3
	4.2799994E+02	6.9944644E+02				
	4	1	7	8	0	0
	3.9599994E+02	6.7380901E+02	3.9899994E+02	6.7378343E+02		5
	4.0299994E+02	6.7374932E+02	4.2799994E+02	6.5958446E+02		
	4.5199994E+02	6.4742123E+02				
	6	1	11	12	0	0
	6.8999994E+02	7.3109515E+02	6.9199994E+02	7.3207464E+02		3
	7.1399993E+02	7.6178354E+02				
	7	4	13	14	0	0
	5.2799994E+02	6.3082841E+02	4.9299994E+02	5.5040633E+02		7
	4.6599994E+02	6.3235361E+02	4.8999994E+02	6.9194194E+02		
	5.4899994E+02	6.5954929E+02	6.0599994E+02	6.2817023E+02		
	6.0599994E+02	6.3016333E+02				
	8	3	15	16	0	0
	6.3899994E+02	6.0995096E+02	6.4299994E+02	6.1091340E+02		9
	6.8099994E+02	5.7869980E+02	7.4199994E+02	5.6422799E+02		
	6.0499994E+02	5.8632368E+02	6.0499994E+02	5.8632368E+02		
	5.4599994E+02	5.6490266E+02	6.0499994E+02	5.3450310E+02		
	5.9199994E+02	5.8145178E+02				
	9	5	17	18	0	0
	6.4699994E+02	6.7366192E+02	6.5499994E+02	6.5864546E+02		22
	6.6799994E+02	6.4757257E+02	6.7999994E+02	6.3451511E+02		
	6.9199994E+02	6.3441279E+02	6.9999994E+02	6.3135492E+02		
	7.0099994E+02	6.3034985E+02	7.5799994E+02	6.1989833E+02		
	7.7699994E+02	6.0478809E+02	8.2399994E+02	6.6517686E+02		
	8.6399994E+02	6.9672538E+02	8.0499994E+02	6.9822500E+02		
	7.7599994E+02	7.0943431E+02	6.4599994E+02	7.2349792E+02		

5.3399994E+02 7.2644601E+02 4.8399993E+02 7.3085854E+02  
 4.4399994E+02 7.0429276E+02 4.4599994E+02 7.0527226E+02  
 4.8499994E+02 7.0792937E+02 5.1899994E+02 7.0564636E+02  
 5.4799994E+02 6.8247845E+02 5.6999994E+02 6.7531502E+02  
 -1 0 0 0 0 0 0

LAB 2

1 0 1.3681000E+01 8.2720000E+00  
 1.3681000E+01 8.2720000E+00 1.3681000E+01 8.2720000E+00  
 2 0 1.7249000E+01 3.7720000E+00  
 1.7249000E+01 3.7720000E+00 1.7249000E+01 3.7720000E+00  
 3 0 1.2527000E+01 1.4457000E+01  
 1.2527000E+01 1.4457000E+01 1.2527000E+01 1.4457000E+01  
 4 0 1.0201000E+01 1.3191000E+01  
 1.0201000E+01 1.3191000E+01 1.0201000E+01 1.3191000E+01  
 5 0 1.0023000E+01 1.2140000E+01  
 1.0023000E+01 1.2140000E+01 1.0023000E+01 1.2140000E+01  
 6 0 9.7480000E+00 9.6610000E+00  
 9.7480000E+00 9.6610000E+00 9.7480000E+00 9.6610000E+00  
 7 0 1.9189000E+01 1.4630000E+01  
 1.9189000E+01 1.4630000E+01 1.9189000E+01 1.4630000E+01  
 -1 0 0.0000000E+00 0.0000000E+00

IFO 2

KALAM.BND XX 4 4 16 1  
 XMIN 4-1 14-1 12 3 60-1 -1 -1-1 1  
 YMIN 4-1 54-1 12 3 60-1 -1 -1-1 2  
 XMAX 4-1 94-1 12 3 60-1 -1 -1-1 3  
 YMAX 4-1 134-1 12 3 60-1 -1 -1-1 4

9.3599997E+00 7.7899998E-01 2.6834999E+01 2.2606001E+01

KALAM.TIC XX 3 3 12 4  
 IDTIC 4-1 14-1 5-1 50-1 -1 -1-1 1  
 XTIC 4-1 54-1 12 3 60-1 -1 -1-1 2  
 YTIC 4-1 94-1 12 3 60-1 -1 -1-1 3

1 9.3590002E+00 8.6199999E-01  
 2 2.6777000E+01 7.7600002E-01  
 3 2.6832001E+01 2.2569000E+01  
 4 9.4729996E+00 2.2603001E+01

EOI

EOS



Χρησιμοποιώντας τα προγράμματα CONV2E και CONVE2N είναι απαραίτητος ο πίνακας με τα σημεία επίγειου ελέγχου (GCPs) όπως ακριβώς τα καθορίζει το σύστημα ERDAS. Το όνομα του GCP file πρέπει να είναι το ίδιο με το όνομα του ERDAS.DIG file (με extension .gcp). Ένα παράδειγμα φαίνεται στον πίνακα 3:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

5 ← number of GCPs			
45.0000	41.0000	55.0000	53.0000
396.0000	209.0000	406.0000	217.0000
435.0000	13.0000	445.0000	22.0000
367.0000	456.0000	377.0000	464.0000
6.0000	428.0000	16.0000	439.0000
X ERDAS	Y ERDAS	X ARC/INFO	Y ARC/INFO

Τα προγράμματα στατιστικής ανάλυσης (Ι.Σπυράκος) οργανώθηκαν έτσι ώστε να καλούνται από ένα κεντρικό Menu, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε Η/Υ οι οποίοι λειτουργούν με το λειτουργικό σύστημα DOS (μελλοντικά και στο UNIX) ανεξάρτητα από την οργάνωση του υλικού του (hardware configuration). (εκτός από την επιλογή χαρτογραφικής σχεδίασης η οποία απαιτεί κάρτα και οθόνη EGA ή συμβατής με αυτήν π.χ. VGA, IBM 8514A).

Καλώντας το πρόγραμμα εμφανίζεται το κεντρικό μενού επιλογών:

-----  
 Na.T.U.Re.S. Laboratory : Statistical Analysis of Vector Geo-Data.  
 ( for the O.A.S.P. Kalamata Project. 1989 - 1990)  
 -----



#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4

FORMAT ΑΡΧΕΙΟΥ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ .prm	
john.nat	όνομα του αρχείου NVDB
0.0 1000.0	clipping minX maxX
0.0 2000.0	clipping minY maxY
0.0 3000.0	clipping min Μήκος max Μήκος
0.0 180.0	clipping min Αζιμούθιο max Αζιμούθιο
0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0	παράμετροι γεωμετρικού μετασχηματισμού
0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0	παράμετροι γεωμετρικού μετασχηματισμού
<u>ΟΛΕΣ ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΙΝΑΙ REAL</u>	

#### ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Στο πρόγραμμα φορτώνονται από το αρχείο NVDB τα διανύσματα (γραμμώσεων - ρηγμάτων) με τα εξής βήματα:

- α) Η πολυγωνική γραμμή μετασχηματίζεται γεωμετρικά.
- β) Από την πολυγωνική αποθηκεύονται ΜΟΝΟ το αρχικό και το τελικό σημείο, δημιουργώντας έτσι ένα Ευθύγραμμο Τμήμα (ET).
- γ) Αποκόπτεται και αποθηκεύεται το τμήμα του ET, που περιέχεται μέσα στο ορθογωνικό παράθυρο με συντεταγμένες Xmin, Xmax, Ymin, Ymax. Στην περίπτωση που το ET βρίσκεται ολοκληρωτικά έξω από το παράθυρο, τότε αυτό δεν αποθηκεύεται.
- δ) Στην περίπτωση που το ET (το τμήμα που ανήκει μέσα στο παράθυρο) έχει μήκος μικρότερο από το minLength ή έχει μήκος μεγαλύτερο από maxLength, τότε δεν αποθηκεύεται.
- ε) Στην περίπτωση που το Αζιμούθιο του ET είναι μικρότερο από minAZIMUTH ή είναι μεγαλύτερο από maxAZIMUTH, τότε το ET δεν αποθηκεύεται.

Κατόπιν ο χρήστης οδηγείται στο κεντρικό μενού επιλογών.

Με την επιλογή #2 ο χρήστης μπορεί να στείλει τα φιλτραρισμένα διανύσματα σε κάποιο αρχείο (με extension .nat) του οποίου το όνομα καθορίζει από το πληκτρολόγιο.

Με την επιλογή #3 εμφανίζεται το δευτερεύον "μενού" επιλογών, από το οποίο μπορεί να επιλέξει έναν από τους τέσσερις τύπους διαγραμμάτων και να το στείλει στην οθόνη:

```
-----  
Na.T.U.Re.S. Laboratory : Statistical Analysis of Vector Geo-Data.  
    ( for the O.A.S.P. Kalamata Project. 1989 - 1990)  
-----
```

```
0: *** RETURN TO MAIN MENU ***  
1: OUTPUT SELECTION   (screen)  
2: DIAGRAM SELECTION (Frequency, Rosediagram)  
3: DRAW THE DIAGRAM
```

```
< please make a choice >
```

Με την επιλογή #4 σχεδιάζονται στην οθόνη (EGA) τα φιλτραρισμένα διανύσματα που φορτώθηκαν από την NVDB. Η κλίμακα σχεδίασης ρυθμίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα έτσι ώστε να γεμίζει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα της οθόνης (dynamic scaling), διατηρώντας ταυτόχρονα τις γεωμετρικές αναλογίες.

Με την επιλογή #5 στέλνονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης σε ένα αρχείο. Από τον χρήστη ζητούνται:

- α) το όνομα του αρχείου (με extension .sta).
- β) το βήμα Δφ της ανάλυσης κατά διεύθυνση.
- γ) το βήμα Δl της ανάλυσης κατά μήκη διανυσμάτων.

Ακολουθεί ένα δείγμα αποτελεσμάτων:

```
-----  
STATISTICAL ANALYSIS OF VECTOR GEO - DATA.   (Na.T.U.Re.S. Laboratory)  
The DATAFILE's name was: john.nat  
-----
```

```
Vector#  1 (Original#  1) Class#  1 Azimuth: 151.1 Length:   64.1  
        ( 730.999943,  541.401140) - ( 761.999945,  485.330039)
```

Vector# 2 (Original# 2) Class# 1 Azimuth: 53.9 Length: 33.4  
 ( 400.999937, 679.745670) - ( 427.999936, 699.446442)  
 Vector# 3 (Original# 3) Class# 1 Azimuth: 52.2 Length: 41.8  
 ( 394.999937, 689.762325) - ( 427.999936, 715.391235)  
 Vector# 4 (Original# 4) Class# 1 Azimuth: 115.2 Length: 61.9  
 ( 395.999937, 673.809006) - ( 451.999938, 647.421226)  
 Vector# 5 (Original# 5) Class# 1 Azimuth: 45.3 Length: 84.3  
 ( 636.999936, 701.650572) - ( 696.999934, 760.931947)  
 Vector# 6 (Original# 6) Class# 1 Azimuth: 38.0 Length: 39.0  
 ( 689.999935, 731.095147) - ( 713.999934, 761.783544)  
 Vector# 7 (Original# 7) Class# 4 Azimuth: 90.5 Length: 78.0  
 ( 527.999939, 630.828408) - ( 605.999939, 630.163331)  
 Vector# 8 (Original# 8) Class# 3 Azimuth: 58.8 Length: 55.0  
 ( 638.999940, 609.950960) - ( 591.999941, 581.451776)  
 Vector# 9 (Original# 9) Class# 5 Azimuth: 91.2 Length: 77.0  
 ( 646.999937, 673.661918) - ( 569.999937, 675.315019)

-----  
 The filter's parameters are:

-----  
 $X_{min} = 0.000000$      $X_{max} = 1000.000000$   
 $Y_{min} = 0.000000$      $Y_{max} = 2000.000000$   
 $MINlength = 0.000000$      $MAXlength = 3000.000000$   
 $MINazimuth = 0.000000$      $MAXazimuth = 180.000000$  (deg)

The loaded vector data ranges (for 9 vectors) are:

-----  
 $X_{MIN} = 394.999937$      $X_{MAX} = 761.999945$   
 $Y_{MIN} = 485.330039$      $Y_{MAX} = 761.783544$   
 $MINlength = 33.423351$      $MAXlength = 84.346198$   
 $MINazimuth = 38.027345$      $MAXazimuth = 151.063132$  (deg)

The transformation equations are:

-----  
 $x' = 0.000 + 1.000 * x + 0.000 * y + 0.000 * x^2 + 0.000 * y^2 + 0.000 * xy$   
 $y' = 0.000 + 0.000 * x + 1.000 * y + 0.000 * x^2 + 0.000 * y^2 + 0.000 * xy$   
 -----

The azimuth step is: 10.000000

THE AZIMUTH'S FREQUENCY HISTOGRAM IS:

Class#	1 ( 30 - 40 [deg])	vectors:	1 ( 11.111111 %)
Class#	2 ( 40 - 50 [deg])	vectors:	1 ( 11.111111 %)
Class#	3 ( 50 - 60 [deg])	vectors:	3 ( 33.333333 %)
Class#	4 ( 60 - 70 [deg])	vectors:	0 ( 0.000000 %)
Class#	5 ( 70 - 80 [deg])	vectors:	0 ( 0.000000 %)
Class#	6 ( 80 - 90 [deg])	vectors:	0 ( 0.000000 %)
Class#	7 ( 90 - 100 [deg])	vectors:	2 ( 22.222222 %)
Class#	8 (100 - 110 [deg])	vectors:	0 ( 0.000000 %)
Class#	9 (110 - 120 [deg])	vectors:	1 ( 11.111111 %)
Class#	10 (120 - 130 [deg])	vectors:	0 ( 0.000000 %)
Class#	11 (130 - 140 [deg])	vectors:	0 ( 0.000000 %)
Class#	12 (140 - 150 [deg])	vectors:	0 ( 0.000000 %)
Class#	13 (150 - 160 [deg])	vectors:	1 ( 11.111111 %)

-----

THE AZIMUTH'S (TOTAL LENGTH) HISTOGRAM IS: ( 534.473253)

Class#	1 ( 30 - 40 [deg])	total length:	38.958666 ( 7.289170 %)
Class#	2 ( 40 - 50 [deg])	total length:	84.346198 ( 15.781182 %)
Class#	3 ( 50 - 60 [deg])	total length:	130.172087 ( 24.355211 %)
Class#	4 ( 60 - 70 [deg])	total length:	0.000000 ( 0.000000 %)
Class#	5 ( 70 - 80 [deg])	total length:	0.000000 ( 0.000000 %)
Class#	6 ( 80 - 90 [deg])	total length:	0.000000 ( 0.000000 %)
Class#	7 ( 90 - 100 [deg])	total length:	155.020578 ( 29.004366 %)
Class#	8 (100 - 110 [deg])	total length:	0.000000 ( 0.000000 %)
Class#	9 (110 - 120 [deg])	total length:	61.905695 ( 11.582562 %)
Class#	10 (120 - 130 [deg])	total length:	0.000000 ( 0.000000 %)
Class#	11 (130 - 140 [deg])	total length:	0.000000 ( 0.000000 %)
Class#	12 (140 - 150 [deg])	total length:	0.000000 ( 0.000000 %)
Class#	13 (150 - 160 [deg])	total length:	64.070028 ( 11.987509 %)

-----

The length step is: 10.000000

THE LENGTH'S FREQUENCY HISTOGRAM IS:

Class#	0	( 30.0 - 40.0)	vectors:	2	( 22.222222 %)
Class#	1	( 40.0 - 50.0)	vectors:	1	( 11.111111 %)
Class#	2	( 50.0 - 60.0)	vectors:	1	( 11.111111 %)
Class#	3	( 60.0 - 70.0)	vectors:	2	( 22.222222 %)
Class#	4	( 70.0 - 80.0)	vectors:	2	( 22.222222 %)
Class#	5	( 80.0 - 90.0)	vectors:	1	( 11.111111 %)

-----

THE LENGTH'S (TOTAL LENGTH) HISTOGRAM IS: ( 534.473253)

Class#	0	( 30.0 - 40.0)	total length:	72.382017	( 13.542683 %)
Class#	1	( 40.0 - 50.0)	total length:	41.783262	( 7.817653 %)
Class#	2	( 50.0 - 60.0)	total length:	54.965475	( 10.284046 %)
Class#	3	( 60.0 - 70.0)	total length:	125.975723	( 23.570071 %)
Class#	4	( 70.0 - 80.0)	total length:	155.020578	( 29.004366 %)
Class#	5	( 80.0 - 90.0)	total length:	84.346198	( 15.781182 %)

-----

#### ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.

Στην αρχή τυπώνεται το όνομα του αρχείου διανυσματικών δεδομένων το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση. Κατόπιν ακολουθεί ο πίνακας των, αποθηκευμένων - φορτωμένων, γεωμετρικά μετασχηματισμένων και συνάμα φιλτραρισμένων Ευθύγραμμων Τμημάτων. Για κάθε ΕΤ δίνεται ο αύξων αριθμός αποθήκευσης του (vector #), ο αύξων αριθμός του στο αρχικό αρχείο διανυσμάτων (Original #), ο κωδικός περιγραφής του (Class #), το αζιμούθιό του σε μοίρες, το μήκος του σε μονάδα μέτρησης του χρήστη και τέλος οι συντεταγμένες της αρχής και του τέλους του.

Κατόπιν ακολουθεί ο πίνακας παραμέτρων εισόδου ο οποίος περιέχει τις τιμές του αρχείου παραμέτρων εισόδου (βλέπε πίνακα 4) και τις παρατηρημένες μέγιστες και ελάχιστες τιμές (X, Y, αζιμούθιων, μήκους) καθώς και το πλήθος των αποθηκευμένων - φορτωμένων Ευθύγραμμων Τμημάτων.

Ακολουθούν:

(α) ο πίνακας με τις τιμές της στατιστικής ανάλυσης συχνότητας ΕΤ ανά γωνιακό βήμα αζιμούθιου (AZIMUTH'S FREQUENCY HISTOGRAM), δηλαδή του

ποσοστιαίου πλήθους ET ανά γωνιακό βήμα ως προς τον συνολικό αριθμό των ET,

- (β) ο πίνακας με τις τιμές της στατιστικής ανάλυσης πυκνότητας ET ανά γωνιακό βήμα αζιμουθίου (AZIMUTH'S TOTAL LENGTH HISTOGRAM), δηλαδή του συνολικού μήκους των ET ανά γωνιακό βήμα ως προς το συνολικό μήκος όλων των ET,
- (γ) ο πίνακας με τις τιμές της στατιστικής ανάλυσης συχνότητας ET ανά βήμα μήκους (LENGTH'S FREQUENCY HISTOGRAM), δηλαδή του ποσοστιαίου πλήθους ET ανά βήμα μήκους ως προς τον συνολικό αριθμό των ET και
- (δ) ο πίνακας με τις τιμές της στατιστικής ανάλυσης πυκνότητας ET ανά βήμα μήκους (LENGTH'S TOTAL LENGTH HISTOGRAM), δηλαδή του συνολικού μήκους των ET ανά βήμα μήκους ως προς το συνολικό μήκος όλων των ET.

Με την επιλογή #6 εμφανίζονται στην οθόνη του χρήστη οι παρακάτω πληροφορίες σχετικά με τη φορτωμένη NVDB:

```

                                CURRENT PARAMETER LIST
                                =====
The DATAFILE's name is: john.nat

The filter's parameters are:
-----
Xmin      =    0.000000   Xmax      = 1000.000000
Ymin      =    0.000000   Ymax      = 2000.000000
MINlength  =    0.000000   MAXlength  = 3000.000000
MINazimuth =    0.000000   MAXazimuth = 180.000000 (deg)

The loaded vector data ranges (for 9 vectors) are:
-----
XMIN     = 394.999937   XMAX     = 761.999945
YMIN     = 485.330039   YMAX     = 761.783544
MINlength  = 33.423351   MAXlength  = 84.346198
MINazimuth = 38.027345   MAXazimuth = 151.063132 (deg)

The transformation equations are:
-----
```



$$\begin{aligned}x' &= 0.000 + 1.000 * x + 0.000 * y + 0.000 * x^2 + 0.000 * y^2 + 0.000 * xy \\y' &= 0.000 + 0.000 * x + 1.000 * y + 0.000 * x^2 + 0.000 * y^2 + 0.000 * xy\end{aligned}$$

\*\*\* Press any key to continue \*\*\*

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Αναλογικά και Ψηφιακά) του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. (1990) τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα :

### Α.ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

Στερεοσκόπια τσέπης.

Κατοπτρικά στερεοσκόπια.

Φωτογραφική μηχανή με τον παρελκόμενο της εξοπλισμό, για φωτογράφιση των αποτελεσμάτων.

Video camera PAL VHS.

### Β.ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ.

-Μικροϋπολογιστές IBM/AT compatible με:

16bit CPU, 640Kb or 1Mb RAM, 40Mb Hard disk,

1 Floppy drive 5.25" 1.2Mb/360Kb,

1 Floppy drive 3.5" 720Kb,

VGA graphics cards και 14" color monitors,

Centronics parallel και serial RS-232 interfaces.

-Ποντίκια χειρισμού (Microsoft compatible).

Οι παραπάνω αυτοτελείς κι ολοκληρωμένες μονάδες εργασίας είναι εξοπλισμένες με το εκπαιδευτικό λογισμικό ψηφιακής επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων το οποίο αναπτύχθηκε από τους συνεργάτες του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π. (Α.Να.Τ.Υ.Ρε'Σ Lab. DIP Soft.) καθώς και το πακέτο λογισμικού MICROIPS-EGA.

-Μικροϋπολογιστής IBM PS2 model 60 με:

16bit CPU, 1Mb RAM, 70Mb Hard disk,

1 Floppy drive 3.5" 1.44Mb/720Kb,

VGA graphics card με 12" color monitor,

Centronics parallel και serial RS-232 interfaces.

- Εκτυπωτής Proprinter XL dot matrix μεγέθους A3.
- Εκτυπωτής Laser 300x300dpi Citizen Overture 106, μεγέθους A4.

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ ΚΑΙ  
 LIS/GIS: PC ERDAS αποτελούμενο από:

**HARDWARE:**

- Μικροϋπολογιστή COMPAQ 386-20MHZ  
 IBM/AT compatible με:  
 32bit CPU, 1Mb RAM, 130Mb Hard disk,  
 αριθμητικό συνεπεξεργαστή 80387,  
 1 Floppy drive 5.25" 1.2Mb/360Kb,  
 1 Floppy drive 3.5" 1.44Mb/720Kb,  
 Hercules graphics card με 12" B&W monitor,  
 Centronics parallel και serial RS-232 interfaces.
- ERDAS 512x512x32bit image processing card.
- 20" color monitor.
- Ποντίκι χειρισμού.
- Tektronix 4696 ink-jet color printer.
- Μονάδα ανάγνωσης και εγγραφής μαγνητικών  
 ταινιών 9-track, 1600bpi με το pc interface.

**ERDAS SOFTWARE:**

- Core software. (Βασικά προγράμματα επεξεργασίας εικόνας).
- Image processing software. (Ειδικά προγράμματα επεξ. εικόνας).
- Color hardcopy software. (Προγράμματα εκτύπωσης εικόνων).
- Tapes software. (Προγράμματα ανάγνωσης/εγγραφής Ψηφιακών  
 Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων από/σε μαγνητικές ταινίες).
- Software toolkit. (Εργαλεία ανάπτυξης νέων εφαρμογών).

## ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (G.I.S.): pc ARC/INFO

Αποτελούμενο από:

### HARDWARE:

- Μικροϋπολογιστή IBM/AT compatible με:  
16bit CPU, 1Mb RAM, 2x 42Mb Hard disk,  
1 Floppy drive 5.25" 1.2Mb/360Kb,  
VGA graphics cards και 14" color monitor,  
Centronics parallel και 2x serial RS-232 interfaces.
- A1 ENCAD SP-1800 plotter .
- Summagraphics Microgrid II 24x36" digitizing table.

### ARC/INFO SOFTWARE: (πλήρες πακέτο για το PC).

- Starter Kit.
- Arc edit.
- Arc plot.
- Arc overlays.
- Arc network.
- Arc data exchange.
- INFO DBMS programs.

— 0 —

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

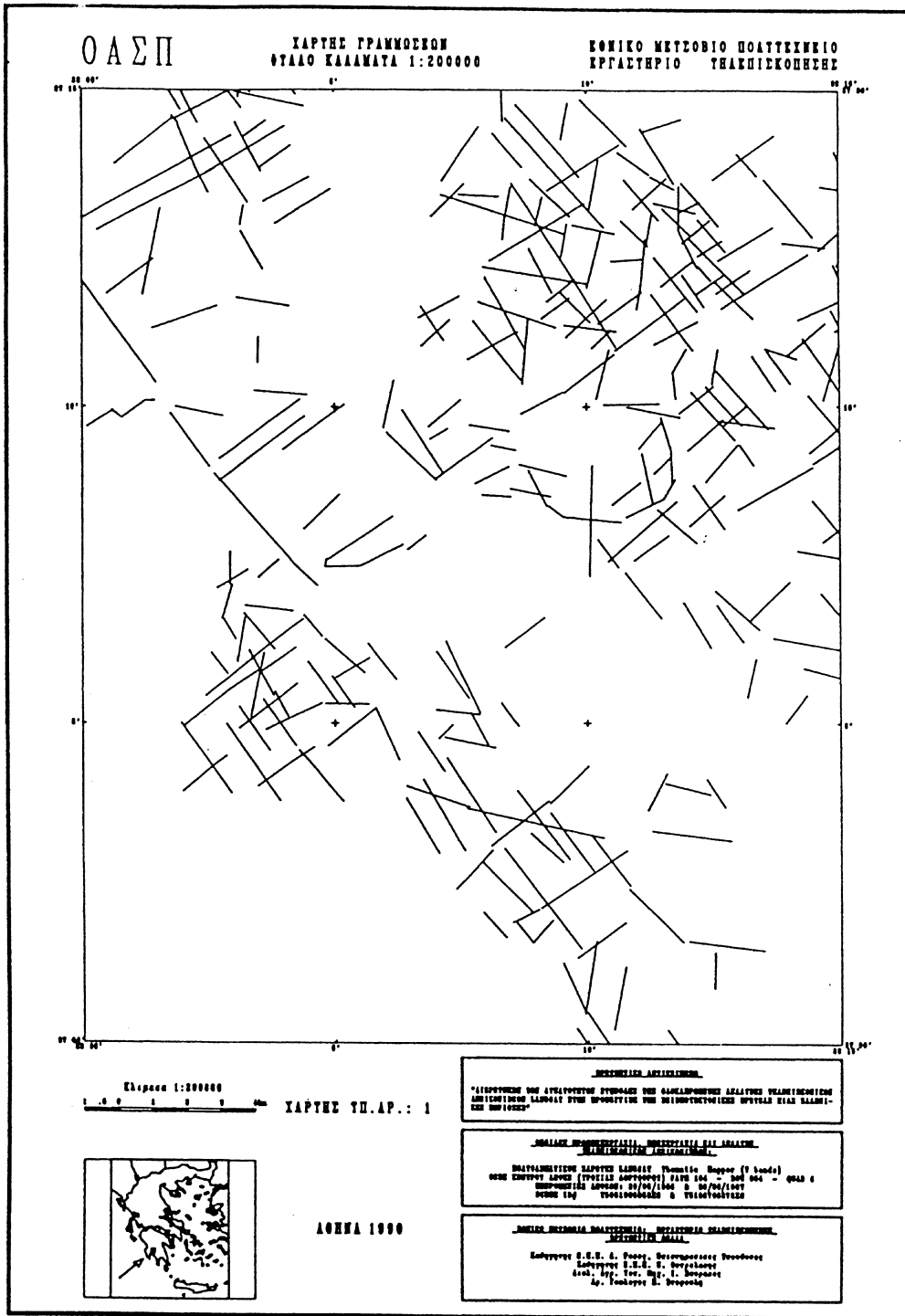
ΧΑΡΤΕΣ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΡ.ΧΑΡΤΗ	ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΕΛΙΔΑ
1	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Α (μικρής κλίμακας).	110
2	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Α (μεγάλης κλίμακας).	111
3	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Α (χάρτες 1 + 2).	112
4	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Β.	113
5	γραμμώσεις φωτοερμηνευτή Β μετά από επίγειο έλεγχο.	114
6	σμίκρυνση του γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε.	115
7	σμίκρυνση των ρηγμάτων του χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε.	116
8	χάρτης διαρρήξεων του εδάφους σεισμού Καλαμάτας του '86	117
9	χάρτης υποπεριοχών στατιστικής επεξεργασίας γραμμώσεων	118

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	ΣΕΛΙΔΑ
1	119
2	120
3	121
4	122
5	123
6	124
7	125
8	126
9	127
10	128
11	129
12	130
13	131
14	132
15	133
16	134
17	135
18	136

Ο πίνακας αντιστοιχίας χαρτών - διαγραμμάτων είναι:

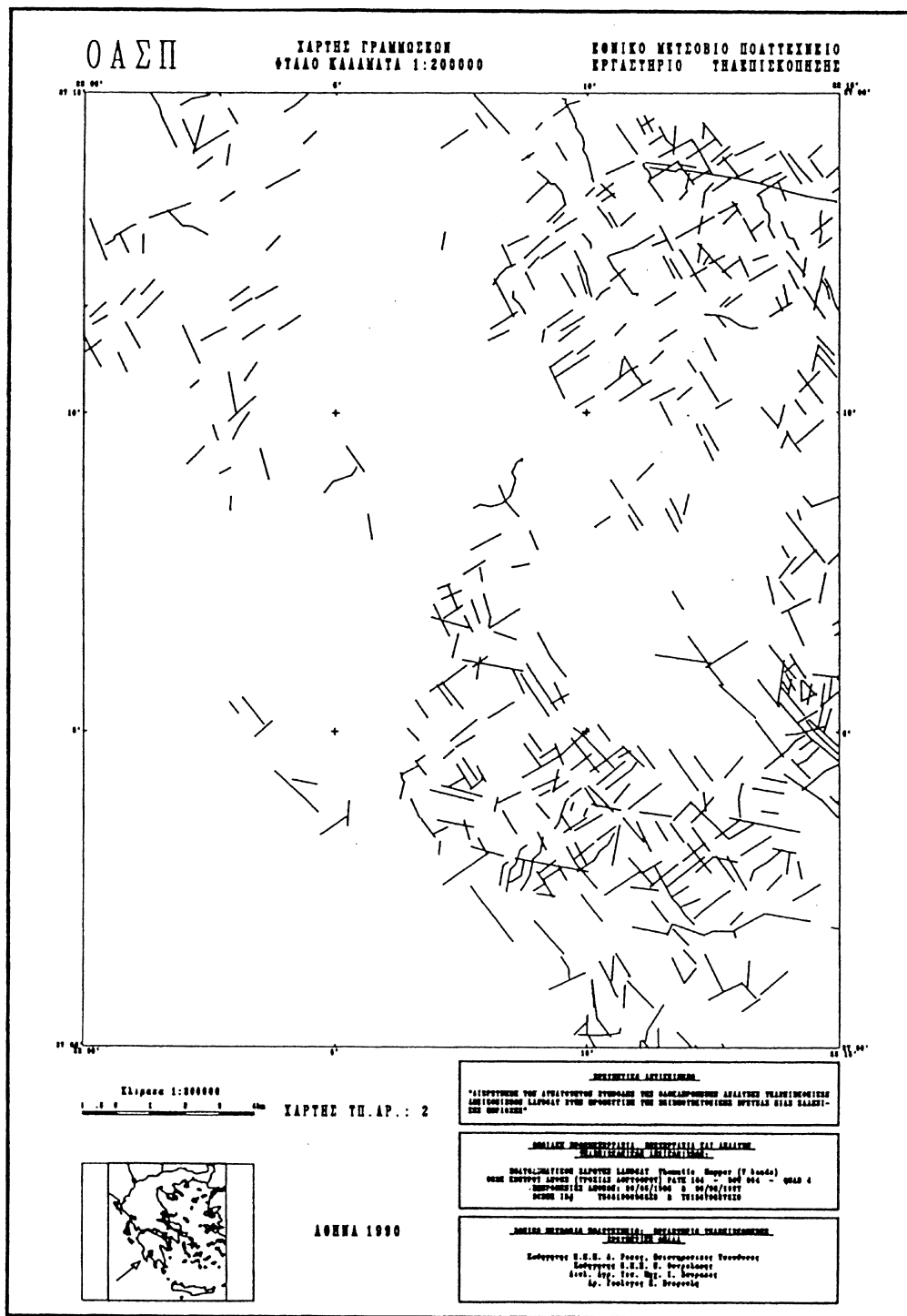
ΧΑΡΤΗΣ Αρ.χάρτη	ΡΟΔΟΔΙΑΓΡ.ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ Αρ. διαγράμματος	ΡΟΔΟΔΙΑΓΡ.ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ Αρ. διαγράμματος	ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΗΚΟΥΣ Αρ. διαγράμματος
1	1	2	3
2	4	5	6
3	7	8	9
4	10	11	12
5	13	14	15
7	16	17	18



Χάρτης "Γραμμώσεων" του ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗ Α (μέλους της ερευνητικής ομάδας) ο οποίος συντάχθηκε με βάση τις ψηφιακά επεξεργασμένες δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις του LANDSAT TM των ημερομηνιών 29/5/1986 και 20/8/1987. Η καταγραφή των "γραμμώσεων" έγινε ψηφιακά από οθόνη Η/Υ με μέγεθος pixel ίσο με 60 m.

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000  
 ( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

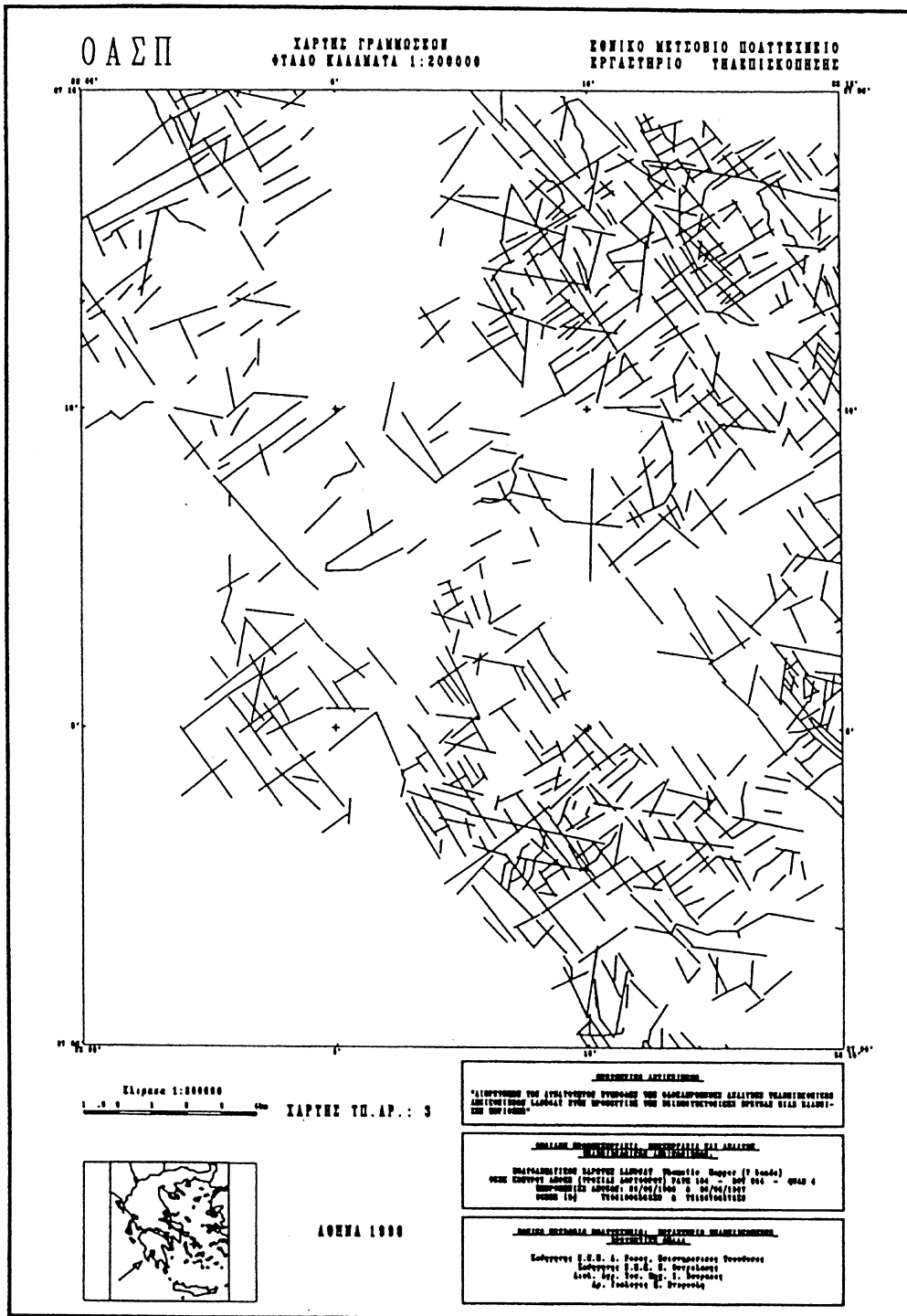
ΧΑΡΤΗΣ 1



Χάρτης "Γραμμώσεων" του ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗ Α (μέλους της ερευνητικής ομάδας) ο οποίος συντάχθηκε με βάση τις ψηφιακά επεξεργασμένες δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις του LANDSAT TM των ημερομηνιών 29/5/1986 και 20/8/1987. Η καταγραφή των "γραμμώσεων" έγινε ψηφιακά από οθόνη Η/Υ με μέγεθος pixel ίσο με 30 m και δεν περιλαμβάνει τις "γραμμώσεις" οι οποίες περιέχονται στον Χάρτη 1.

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000  
( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

ΧΑΡΤΗΣ 2

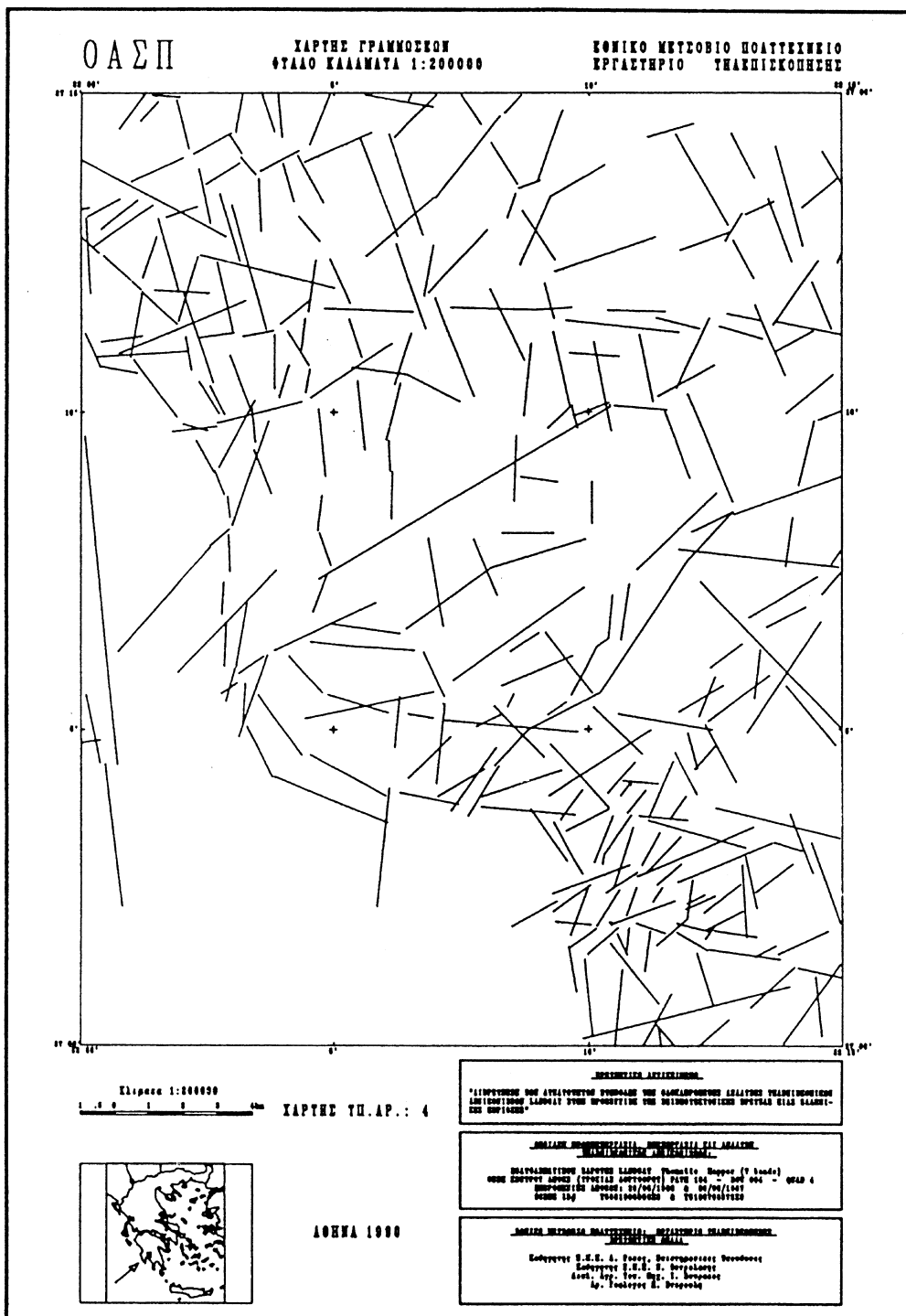


Χάρτης "Γραμμώσεων" του ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗ Α (μέλους της ερευνητικής ομάδας) ο οποίος συντάχθηκε με βάση τις ψηφιακά επεξεργασμένες δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις του LANDSAT TM των ημερομηνιών 29/5/1986 και 20/8/1987. Η καταγραφή των "γραμμώσεων" έγινε ψηφιακά από οθόνη Η/Υ με μέγεθος pixel ίσο με 60 και 30 m. Είναι η σύμπτυξη των χαρτών 1 και 2.

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000  
( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

**ΧΑΡΤΗΣ 3**

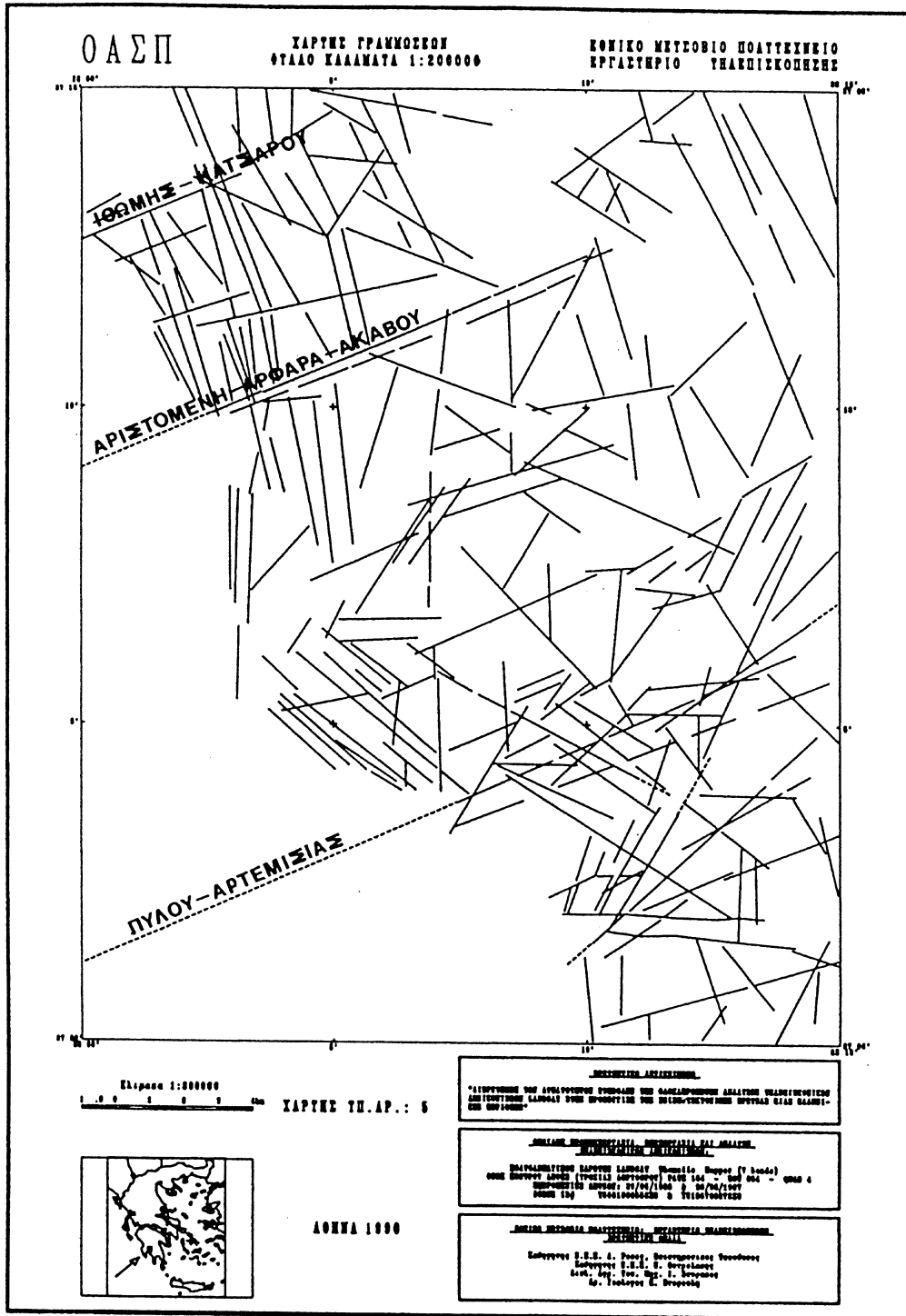




Χάρτης "Γραμμώσεων" του ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗ Β (μέλους της ερευνητικής ομάδας) ο οποίος συντάχθηκε με βάση τις ψηφιακά επεξεργασμένες δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις του LANDSAT TM των ημερομηνιών 29/5/1986 και 20/8/1987. Η καταγραφή των "γραμμώσεων" έγινε ψηφιακά από οθόνη Η/Υ με μέγεθος pixel ίσο με 60 και 30 m.

**ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000**  
 ( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

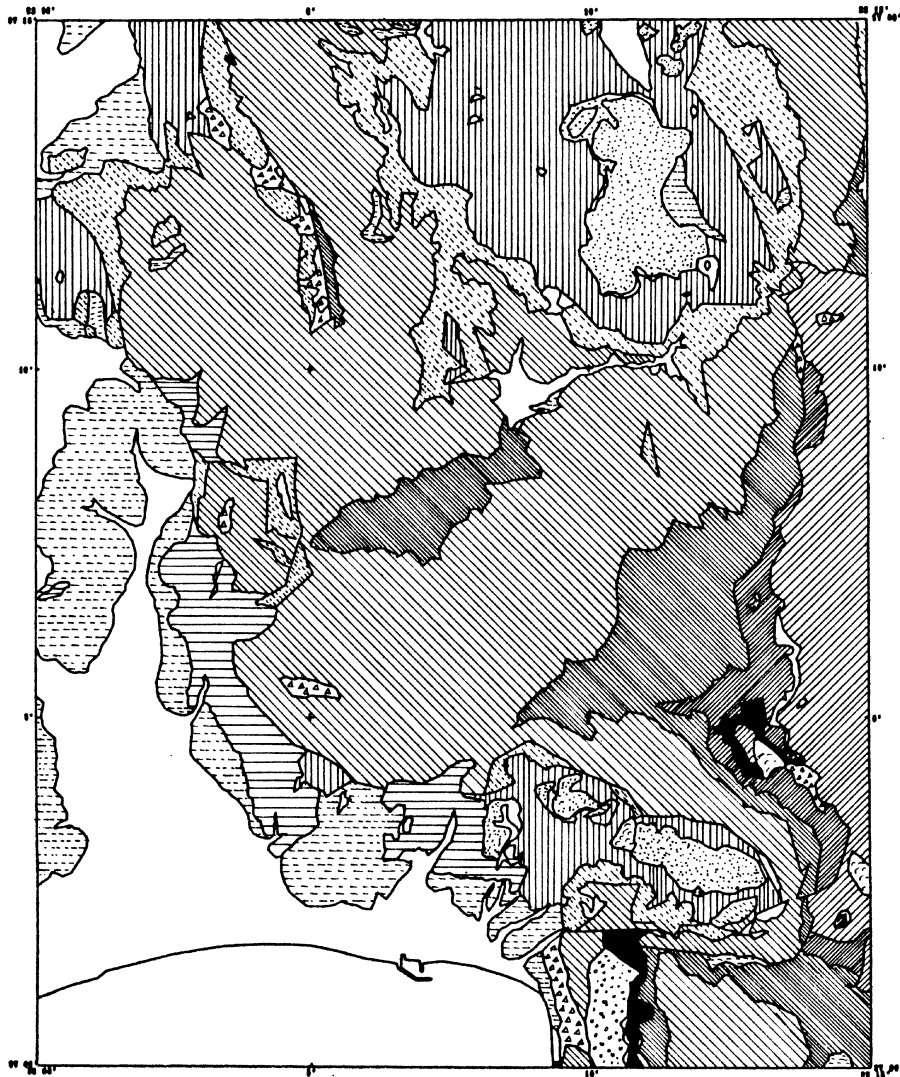
**ΧΑΡΤΗΣ 4**



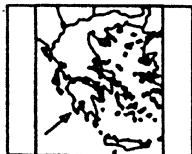
Χάρτης "Γραμμώσεων" του ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗ Β (μέλους της ερευνητικής ομάδας) ο οποίος συντάχθηκε με βάση τις ψηφιακά επεξεργασμένες δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις του LANDSAT TM των ημερομηνιών 29/5/1986 και 20/8/1987. Η καταγραφή των "γραμμώσεων" έγινε ψηφιακά από οθόνη Η/Υ με μέγεθος ρίχελ ίσο με 60 και 30 m (χάρτης 4) και κατόπιν διορθώθηκε και συμπληρώθηκε με στοιχεία επίγειου ελέγχου.

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000  
( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

ΧΑΡΤΗΣ 5



Κλίμακα 1:200000  
ΧΑΡΤΗΣ ΓΕ.ΑΡ.: 6



ΑΘΗΝΑ 1990

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ ΑΝΑΦΩΤΗΣ**  
 \*ΕΙΣΡΟΦΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΥΝΕΒΑΝ ΟΣΙΣ ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΟΙΣ ΟΔΟΙΣ ΠΛΗΡΗΣΤΟΤΕΤΩΣ  
 ΑΣΦΑΛΤΟΤΩΣ ΛΙΘΟΛΙΣ ΟΥΝΕ ΚΑΤΑΤΙΣ ΤΩΣ ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ ΟΥΝΕΣ ΕΙΣ ΤΑΣ  
 ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ

**ΑΝΑΦΩΤΗ ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ ΟΔΟΙΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΟΔΟΣ**  
 ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ ΟΔΟΙΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΟΔΟΣ

**ΑΝΑΦΩΤΗ ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ ΟΔΟΙΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΟΔΟΣ**  
 ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ ΟΔΟΙΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΟΔΟΣ

**ΑΝΑΦΩΤΗ ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ ΟΔΟΙΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΟΔΟΣ**  
 ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΣ ΟΔΟΙΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΟΔΟΣ

- |  |                        |  |                       |
|--|------------------------|--|-----------------------|
|  | ασβεστόλιθοι           |  | φλύσχης αδιαίρετος    |
|  | αλλουβιακές αποθέσεις  |  | θαλάσσιοι σχηματισμοί |
|  | αναβαθμίδες (χερσαίες) |  | φυλλίτες - χαλαζίτες  |

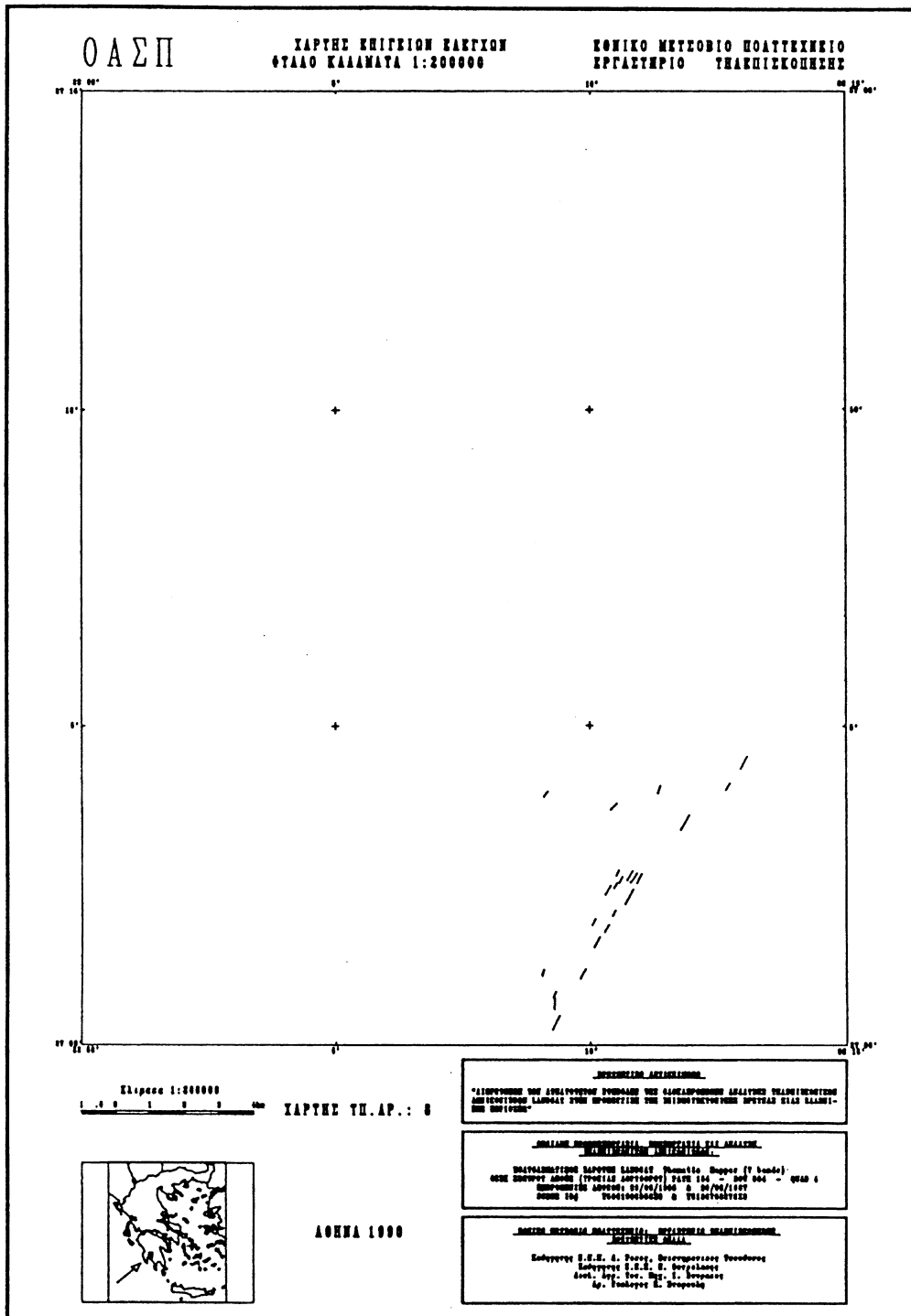
Σμίκρυνση του γεωλογικού χάρτη 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε.

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000

( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

ΧΑΡΤΗΣ 6

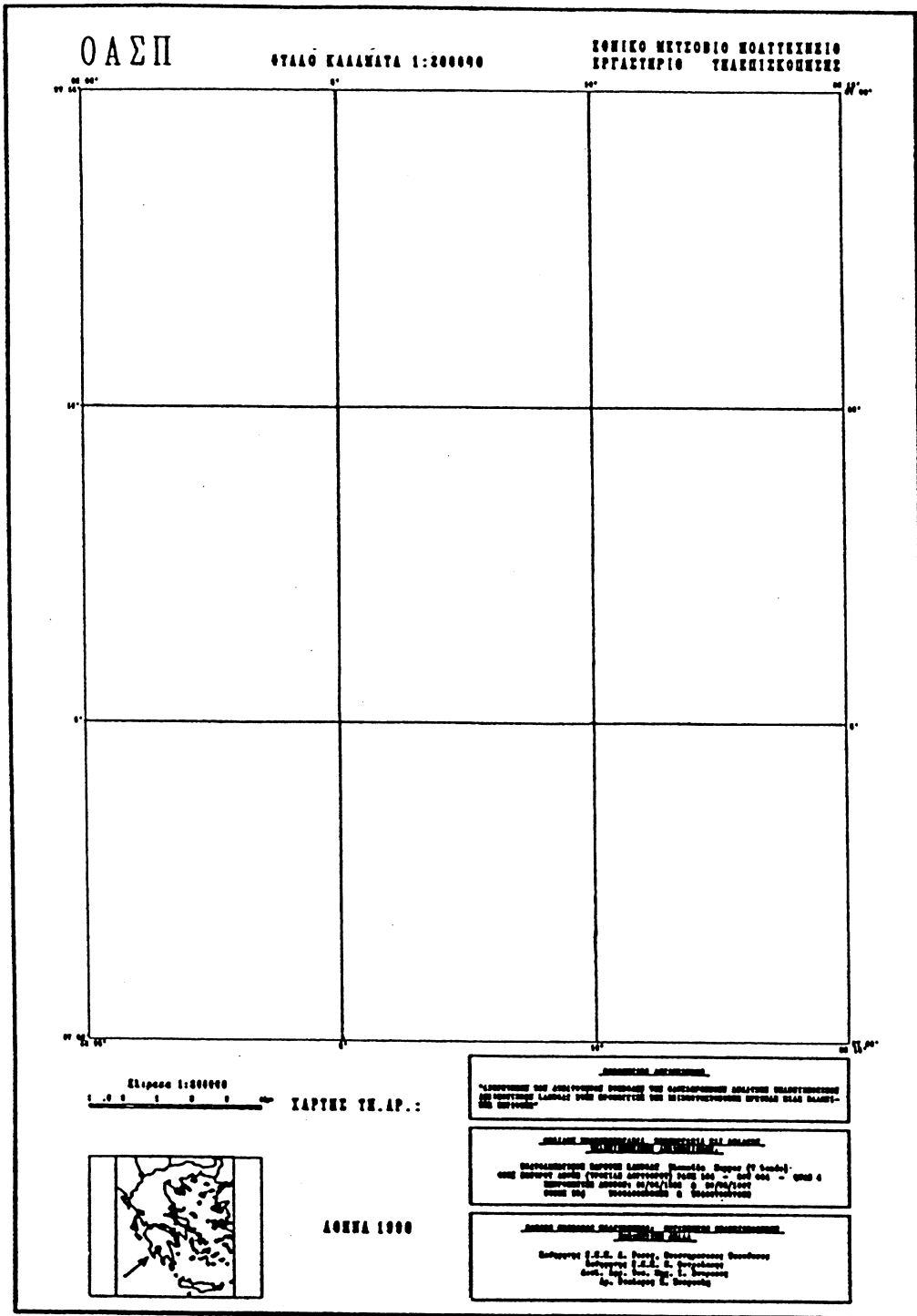




Χάρτης διαρρήξεων του εδάφους οι οποίες διαπιστώθηκαν μετά τον σεισμό της 13/8/1986 στην Καλαμάτα με επείγουσους ελέγχους (Ν. Φυτρολάκης).

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000  
 ( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

ΧΑΡΤΗΣ 8

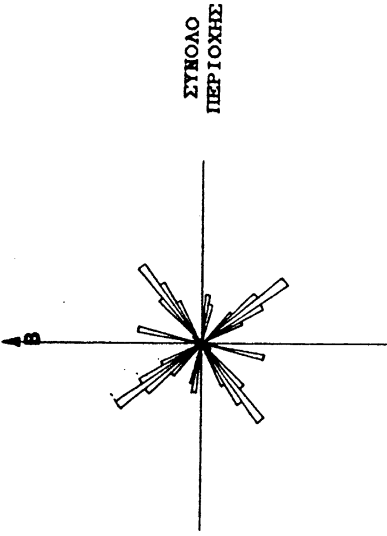


Χάρτης επεξήγησης των 9 υποπεριοχών 5' x 5' που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των "γραμμώσεων" και των ρηγμάτων.

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:200.000  
( Αντιστοιχεί στο φύλλο χάρτου 1:50.000 "Καλαμάτα" της Γ.Υ.Σ. )

ΧΑΡΤΗΣ 9

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ι**

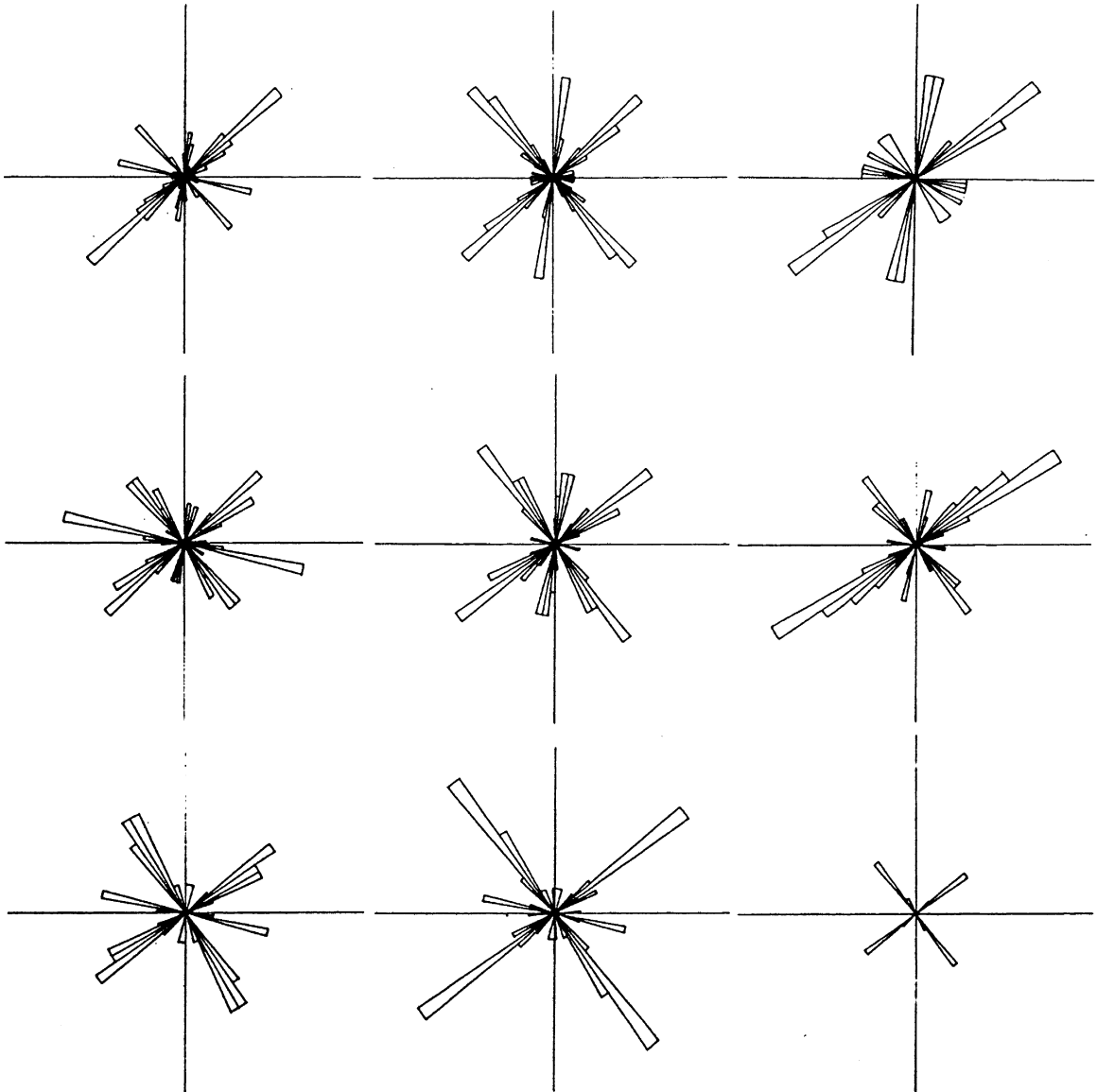
Τα ροδoγρoμμάτa είναι αποτέλeσμα στατιστικής ανάλυσης των "γρoμμάσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερημνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 60 μέτρα.

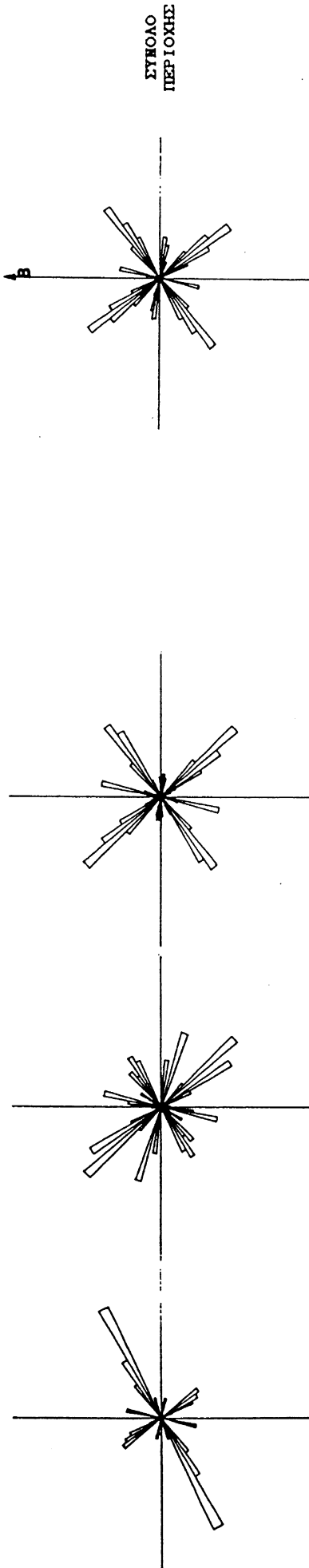
## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιπροσώπευε στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστέρo το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα λεπτό). Εάννυ παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδoγρoμμάτa έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμούθλου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.



# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2**

Τα ροδoγράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικό παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 60 μέτρα.

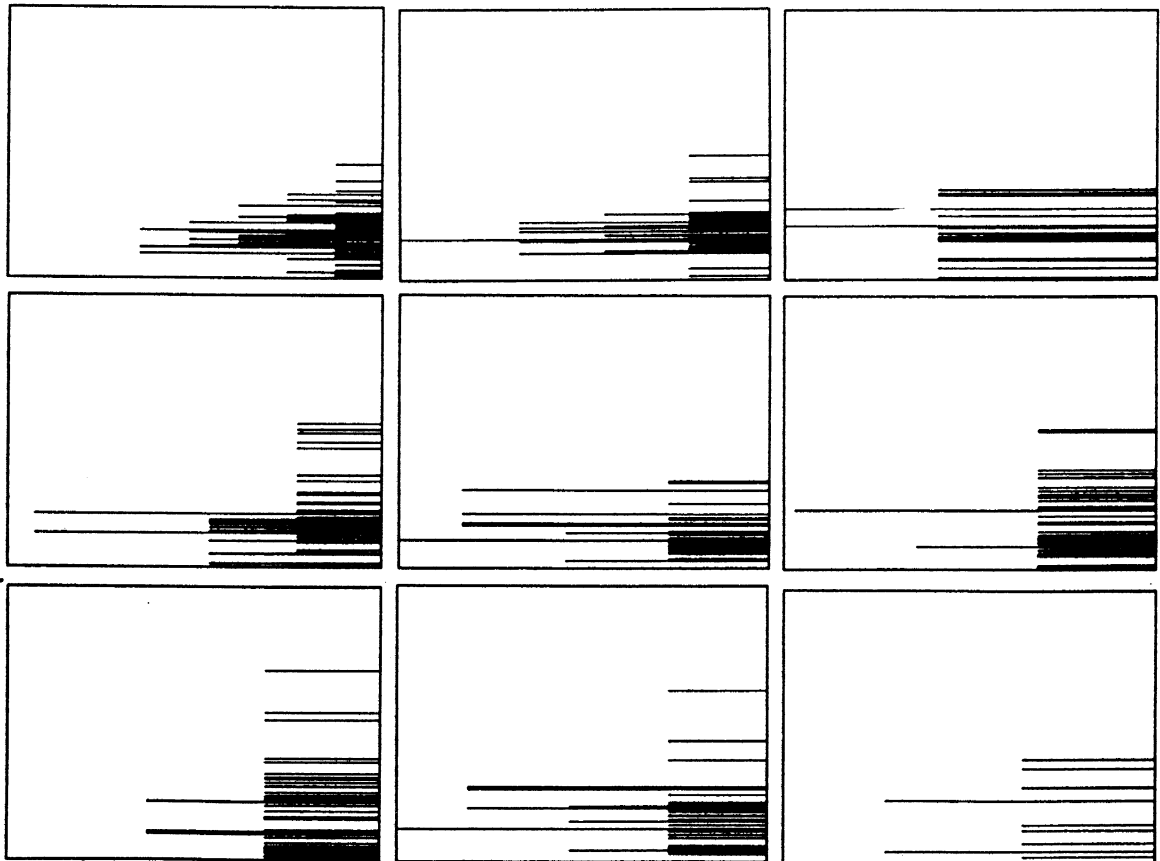
**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το φύλλο χάρτη αναλύεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5'x 5' (πρώτα δεξιά). Επώνυ παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδoγράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμούλιου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.



# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΚΟΥΣ 'ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ'



ΣΥΧΝΟΤΑ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3**

Τα ιστογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμάσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερημνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

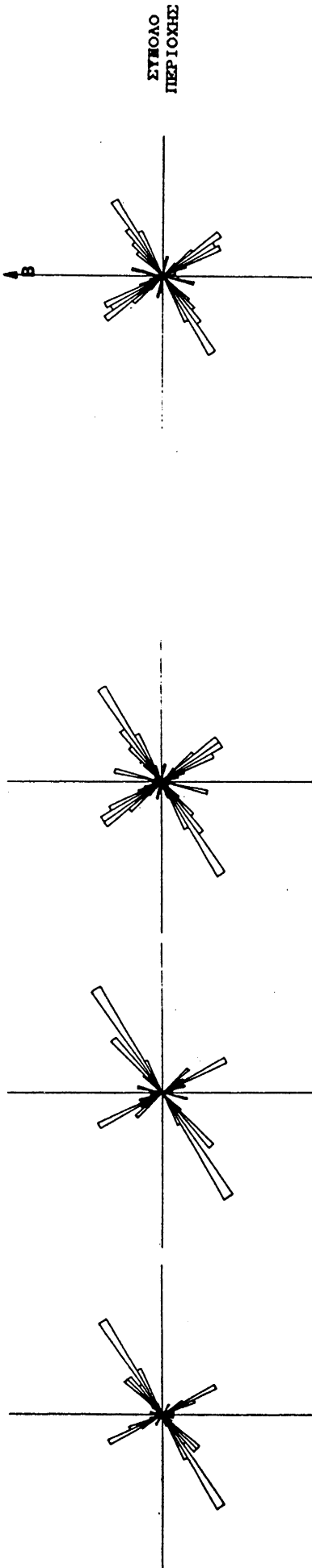
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 60 μέτρα.

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αρτοτερα το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 λσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα λσπιδ). Ενώω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ιστογράμματα έχουν σχεδιασσει με βήμα μήκους 50 μέτρων.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



ΣΥΧΝΟΤΑ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4**

Τα ροδογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γρήμμωσεων" που φωτοερμηνεύτηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του ΤΗ του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

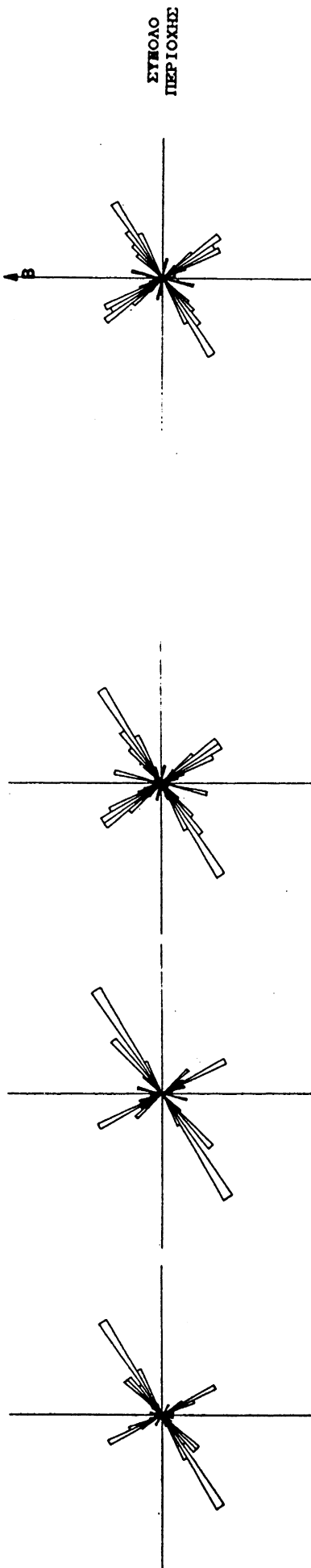
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 μέτρα.

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αρσιτερά το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα δεξιά). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αζιμουθίου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βόρρα του φύλλου χάρτη.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4**

Τα ροδoγρoμματα είναι αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης των "χρoμώσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του ΤΗ του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

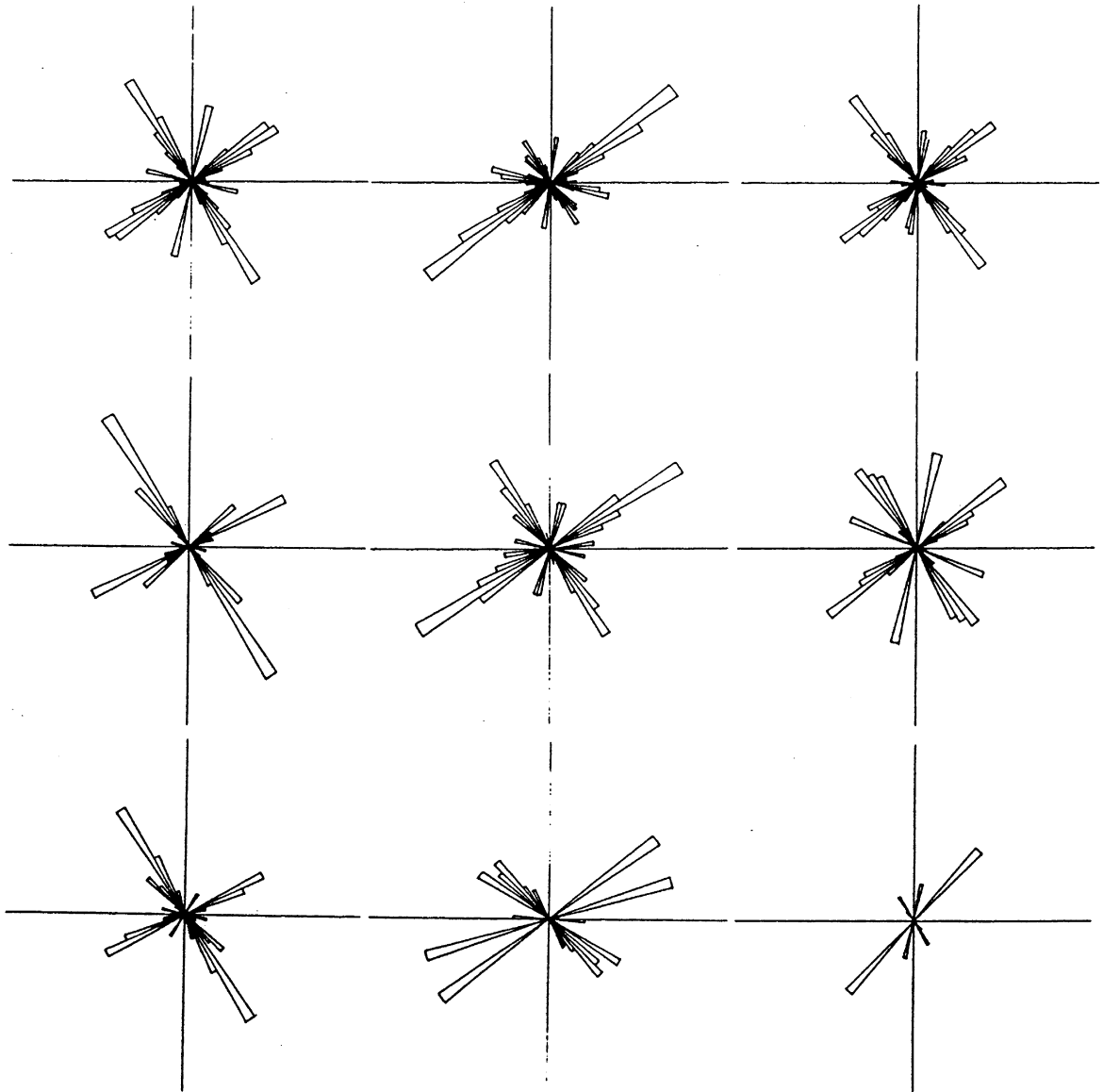
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 μέτρα.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα δεξιά). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το συνορό του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδoγρoμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αζιμουθίου 5 μοίρων και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ 'ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ'



ΣΥΝΟΛΟ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5

Τα ροδoγρoμμoτa εινoι oπoτέρeσμo στoιςτoικής αnάδuσπς τi "γρoμμώσeωv" πoυ φoτoερμηνευτiκoν απó τiς τiλεπισκοπiκi απεικoνiσεις τoυ ΤΗ τoυ δoρυφóρoυ LANDSAT τυν πiερoπνiώ 29/5/1986 κoι 20/8/1987, χρiσητiμοπoιώvτoς τóσo πηγioκές τεχνiκi óσo κoι φoτoγρoφiκó πoρoγέυγo τυν πηγioκώv απεικoνiσεωv.

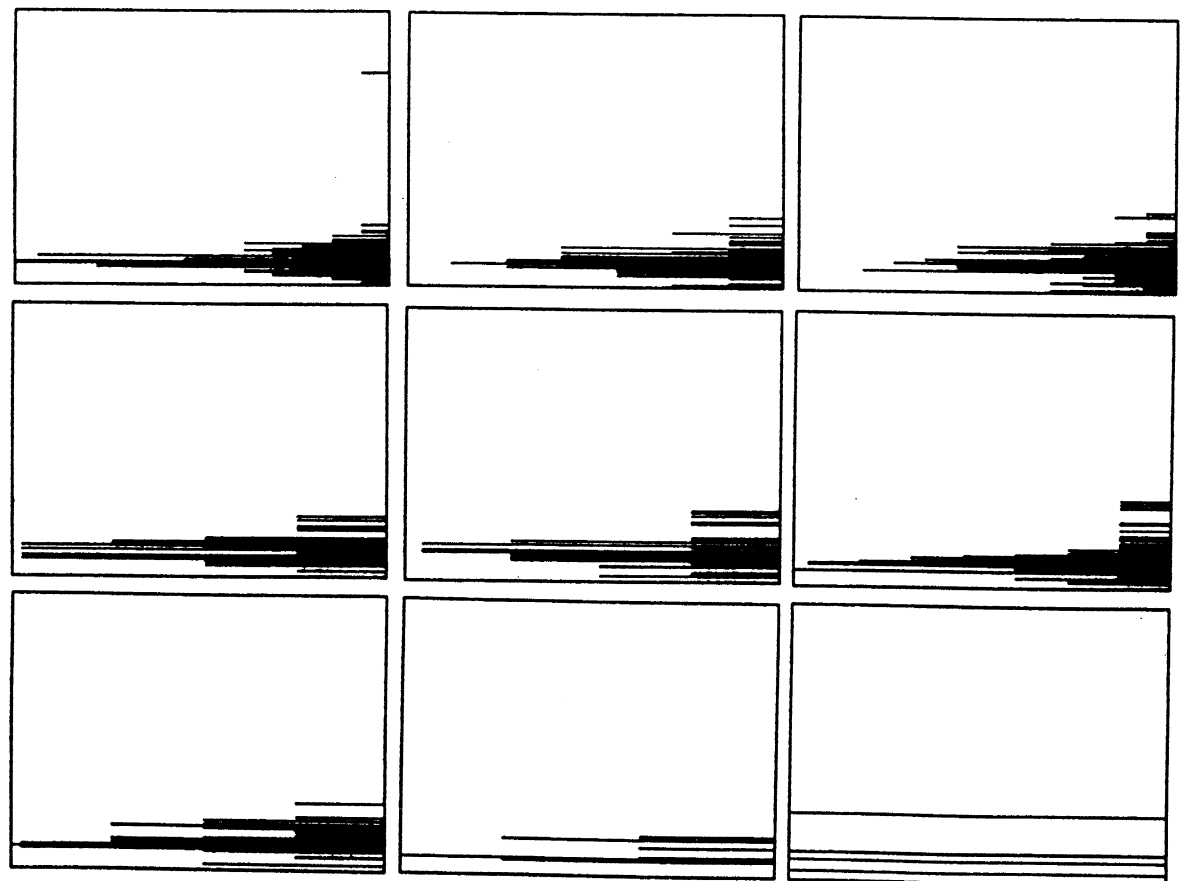
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦOΤOΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΠΗΦIΑΚΗΣ ΦOΤOΕΡΜΗΝΕIΑΣ: 30 μέτρo.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

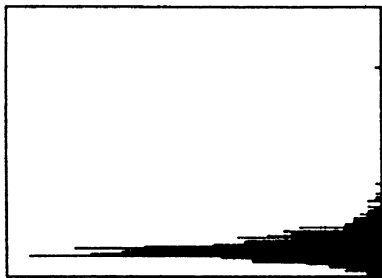
Η στoιςτoική αnάδuση αnτiστοιχεί στiν έκτoση τoυ φύλλoυ χάρτi 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερo τo φύλλo χάρτi αnαλύετo σε 9 ίσες υποπεριoχές μeγέθoυς 5' x 5' (πρoτo λέπτo). Επóυ παρoυσιoδiζεται η αnάδuση γiα τo σύνoλo τoυ φύλλoυ χάρτi μeγέθoυς 15' x 15'.

Τα ρoδoγρoμμoτa έχoυν σχεδiοστέι με βήμo αζιμoθέλου μoιρών κoι αnαφέρoντoι στoν Γεωγρoφiκó Βορρo τoυ φύλλoυ χάρτi.

# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΚΟΥΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



ΣΥΧΝΟΤΑ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ



0 7200 μ.

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6

Τα ιστογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερησίων: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

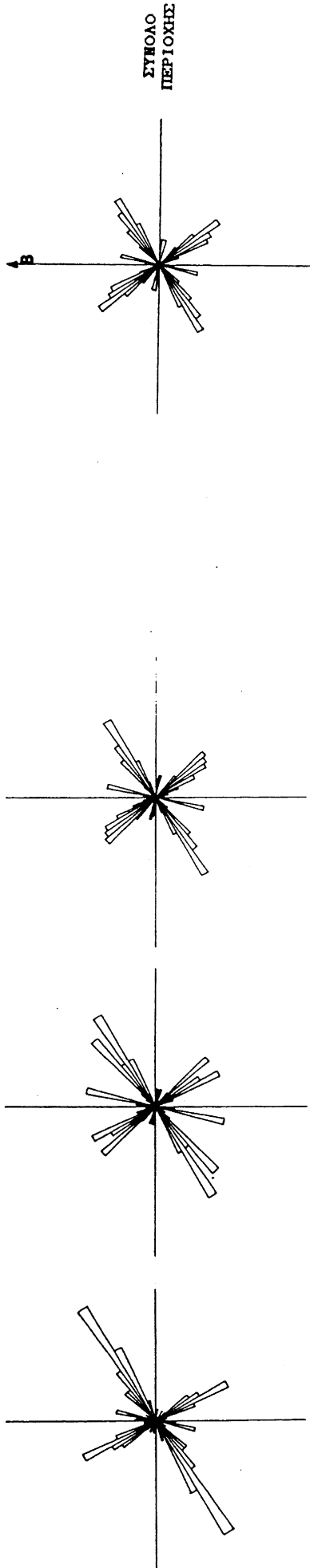
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 μέτρα.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιπροσωπεύει στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα λεπτό). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ιστογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα μήκους 50 μέτρων.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7

Τα ροδογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

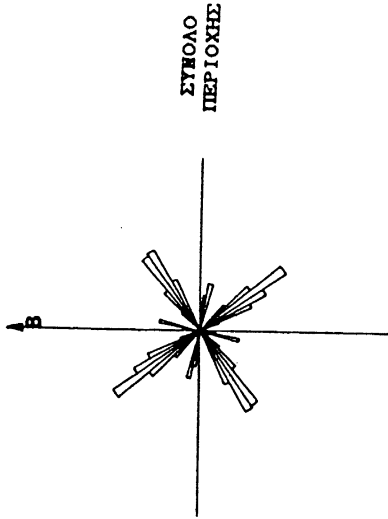
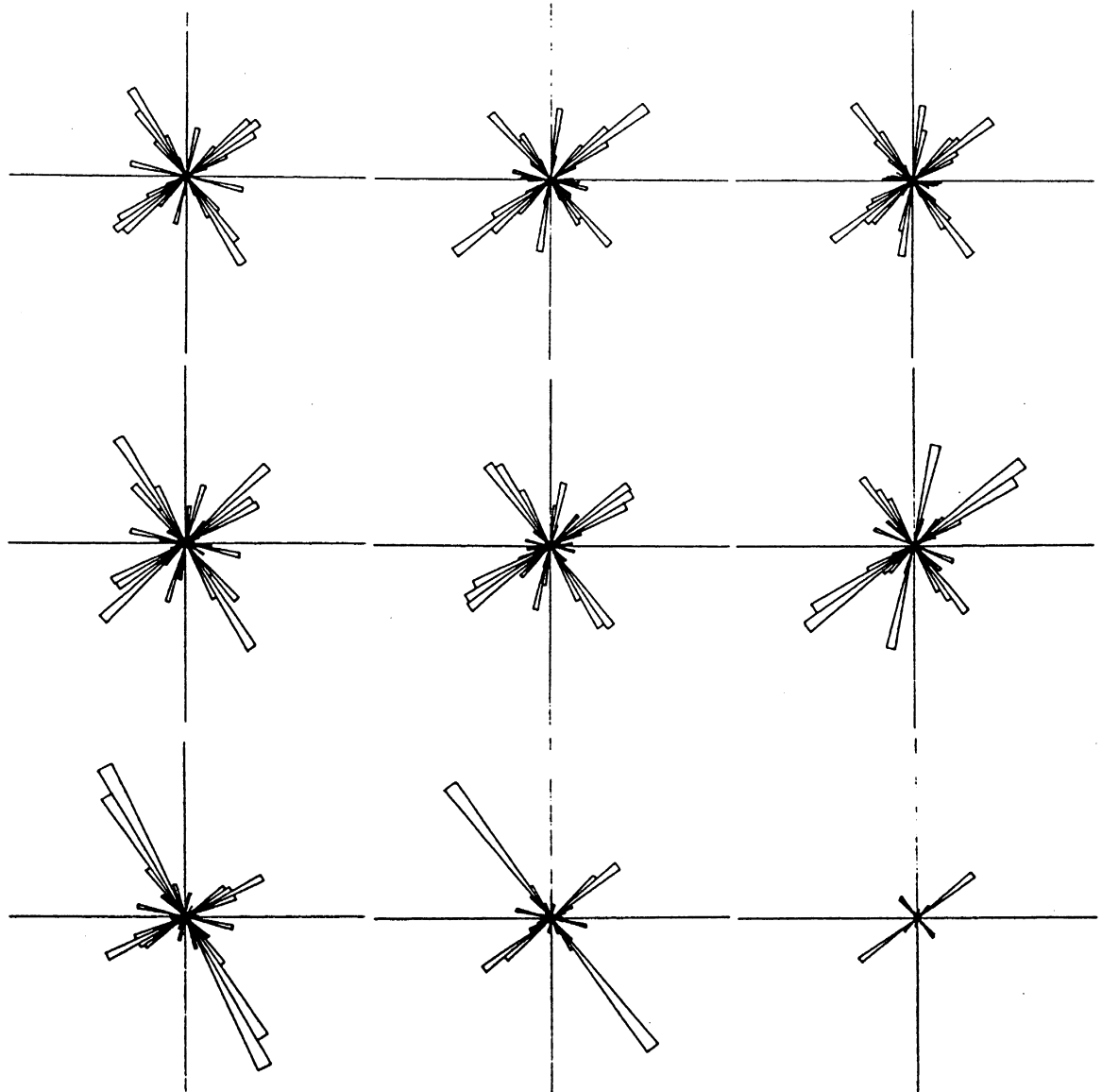
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 και 60 μέτρα.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αρριστερά το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5', (πρώτα θέτη). Ενώ παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμούθιου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8**

Τα ροδογράμματα είναι αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύτηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

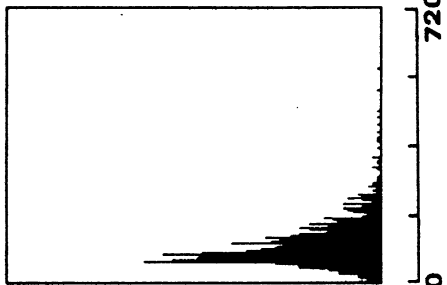
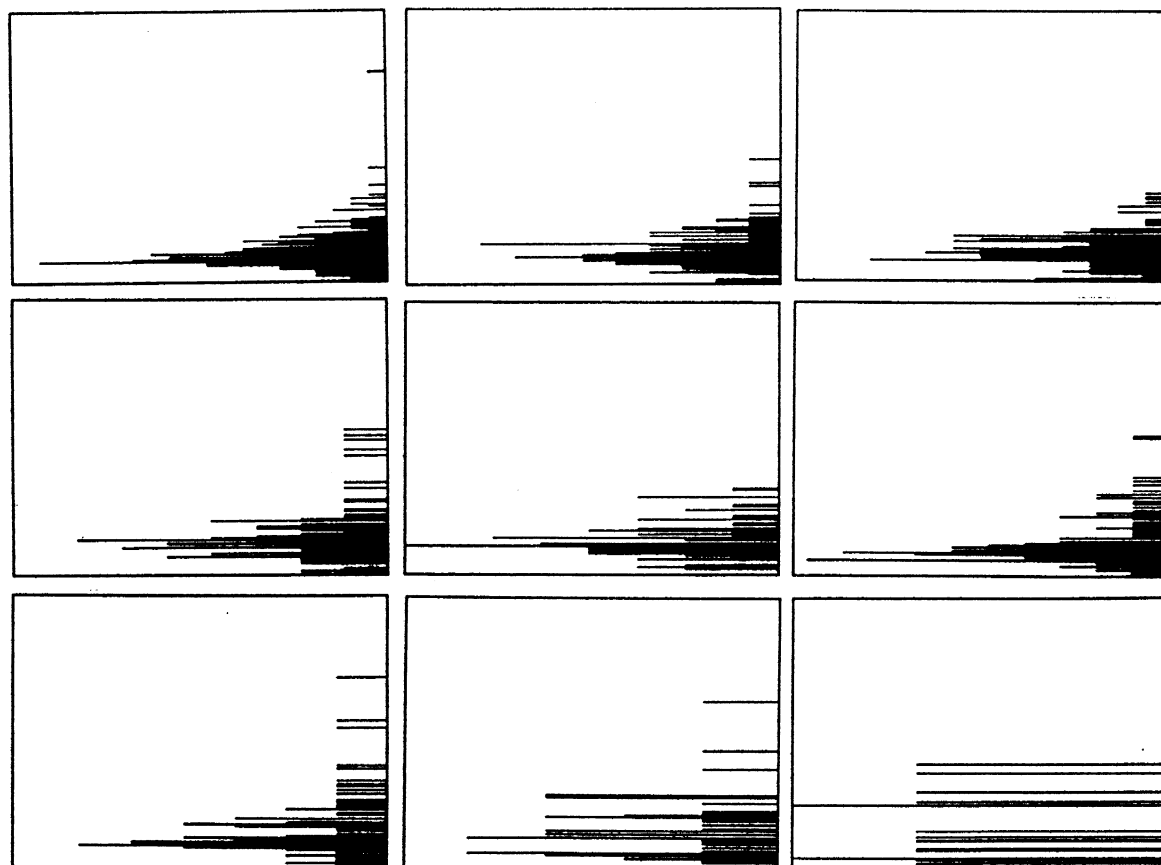
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 και 60 μέτρα.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα λεπτό). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμούσιου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.

# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΚΟΥΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



ΣΥΜΒΟΛΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9

Τα ιστογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύτηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Α  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 και 60 μέτρα.

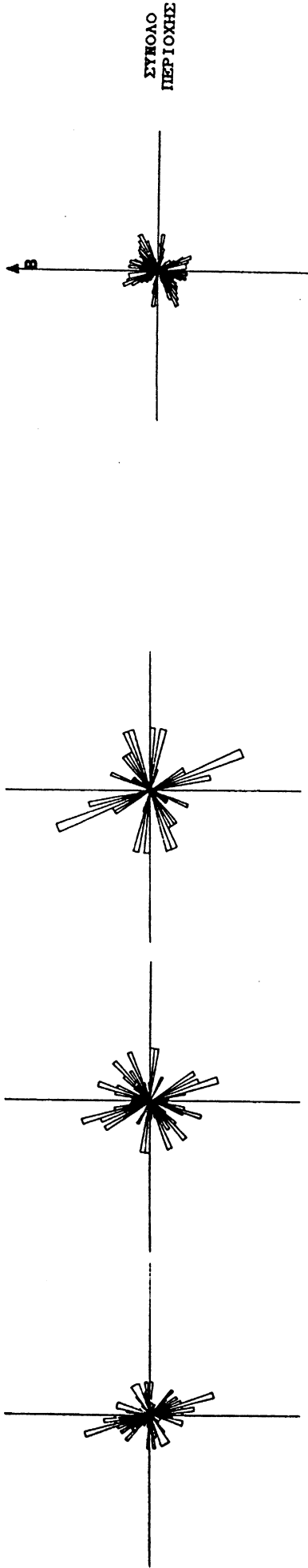
### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντίστοιχελ στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αρτισερό το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5'x 5' (πρώτα λεπτά). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ιστογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα μήκους 50 μέτρων.



# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10**

Το ροδολόγιο είναι οιοδήποτε στατιστικό ανάστημα των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερησίων: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

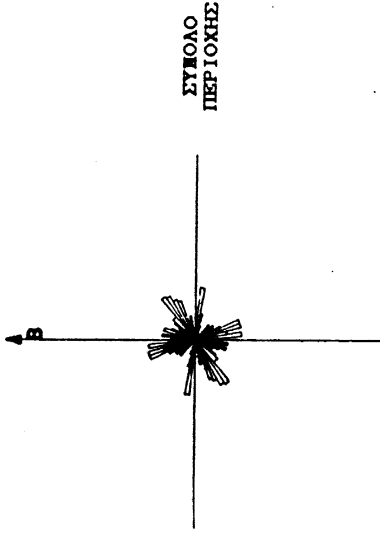
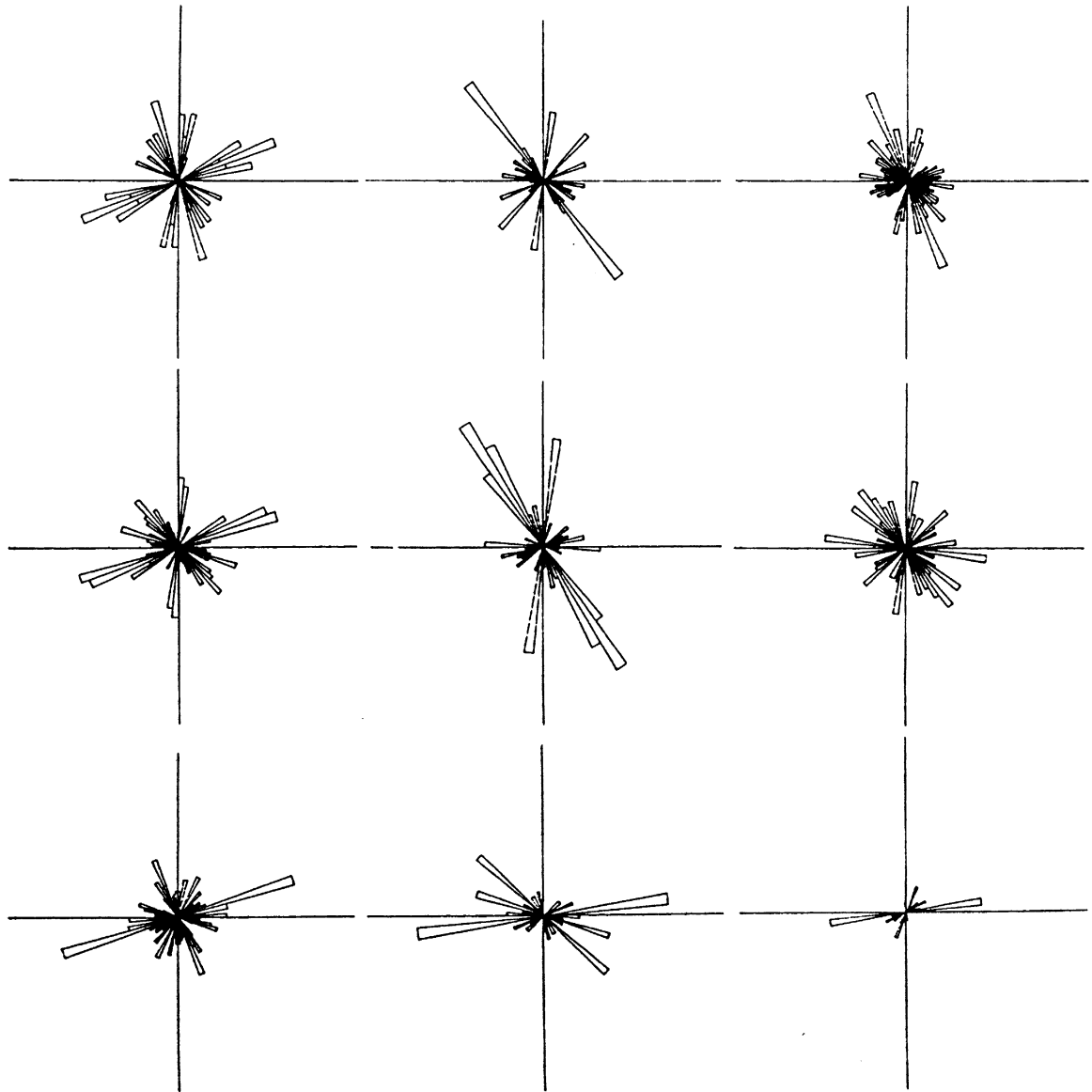
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Β  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 και 60 μέτρα.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιπροσωπεύει στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστέρα το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5'x 5' (πρώτα λεπτά). Επώνυμο παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδολόγια έχουν σχεδιαστεί με βήμα αζιμουθίου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βόρρα του φύλλου χάρτη.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11

Τα ροδoγράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γρομμώσεων" που φωτοερμηνεύθηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερησίων: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

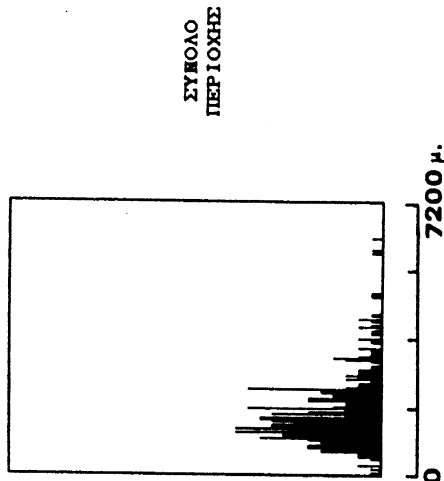
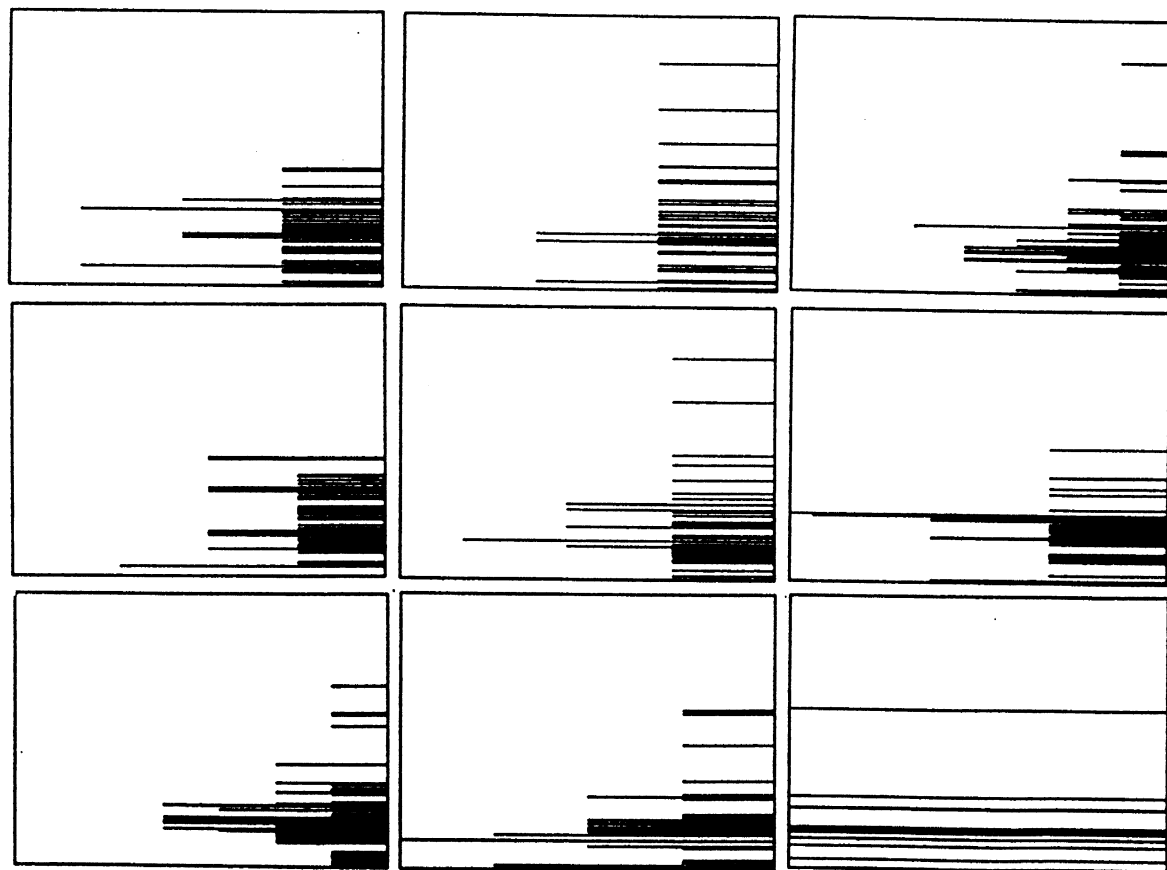
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Β  
ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 και 60 μέτρα.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα λεπτά). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδoγράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμούσιου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.

# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΚΟΥΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12

Τα ιστογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύτηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερησίων: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικό παράγωγο των ψηφιακών απεικονίσεων.

**ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Β**

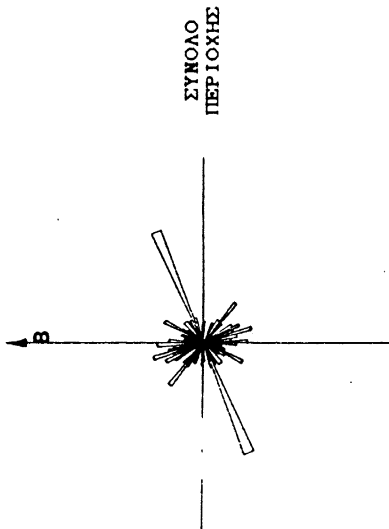
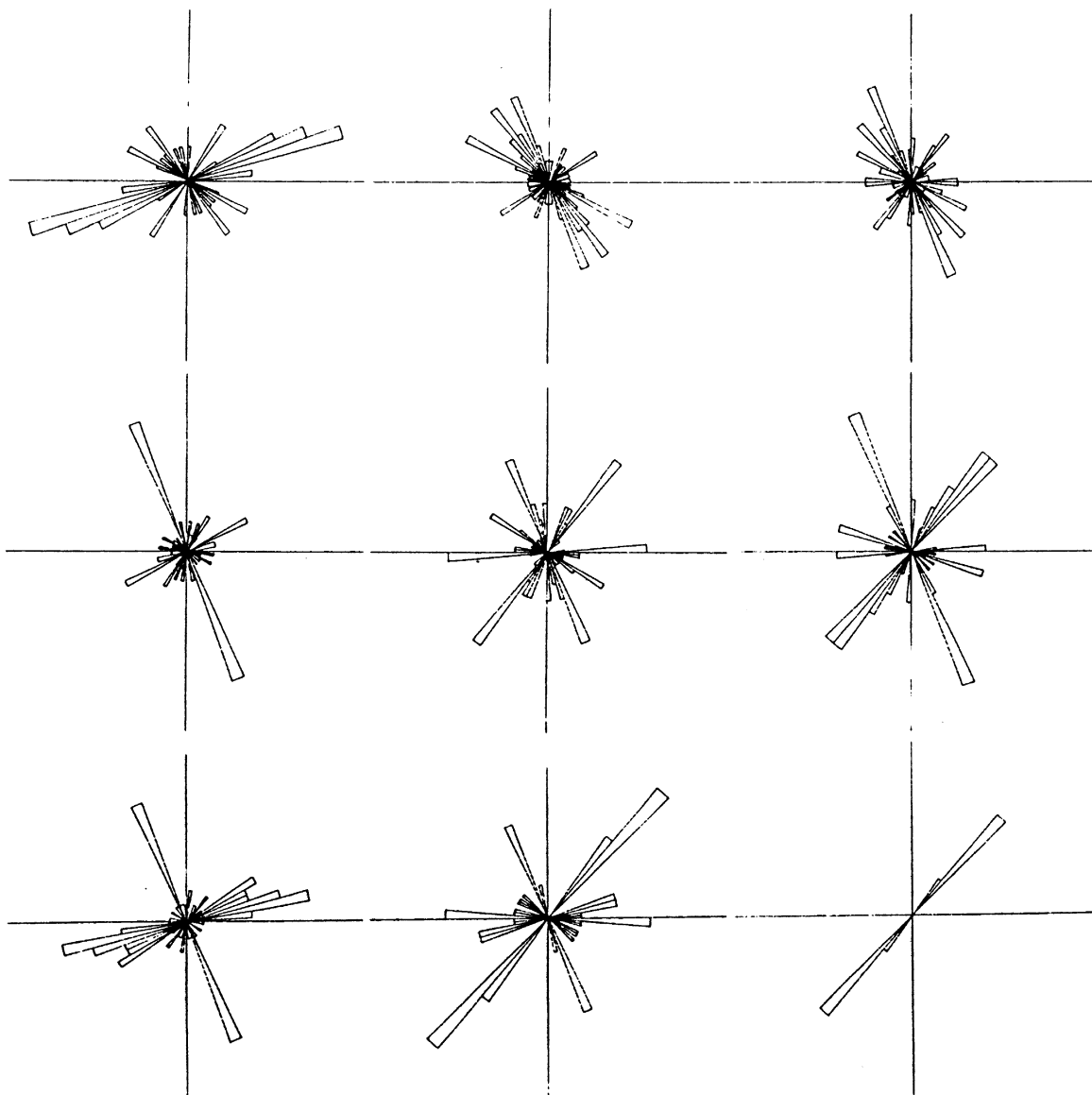
**ΜΕΓΕΘΟΣ PIXEL ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑΣ: 30 και 60 μέτρα.**

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντίστοιχει στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερό το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα λεπτό). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ιστογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα μήκους 50 μέτρων.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13**

Τα ροδογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύτηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

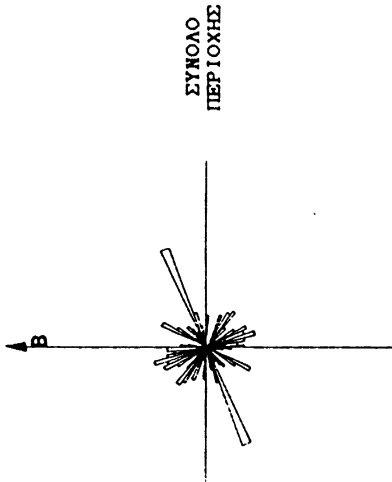
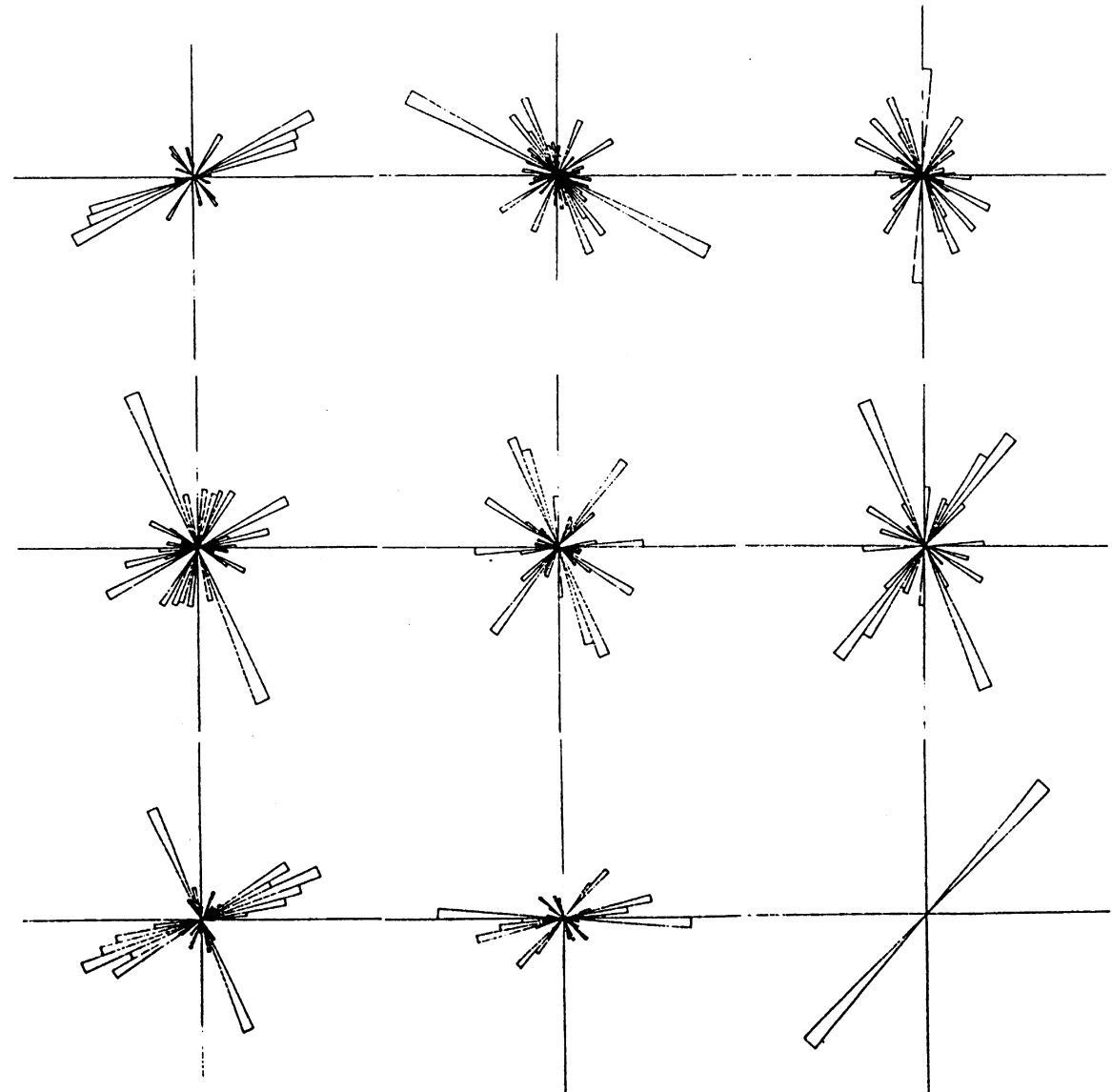
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Β

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιπροσωπεύει στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστέρω το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα άξοντα). Ενώ η παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμούθλου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.

ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14

Τα ροδoγρoμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γρoμμώσεων" που φωτοερμηνεύτηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του ΤΗ του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

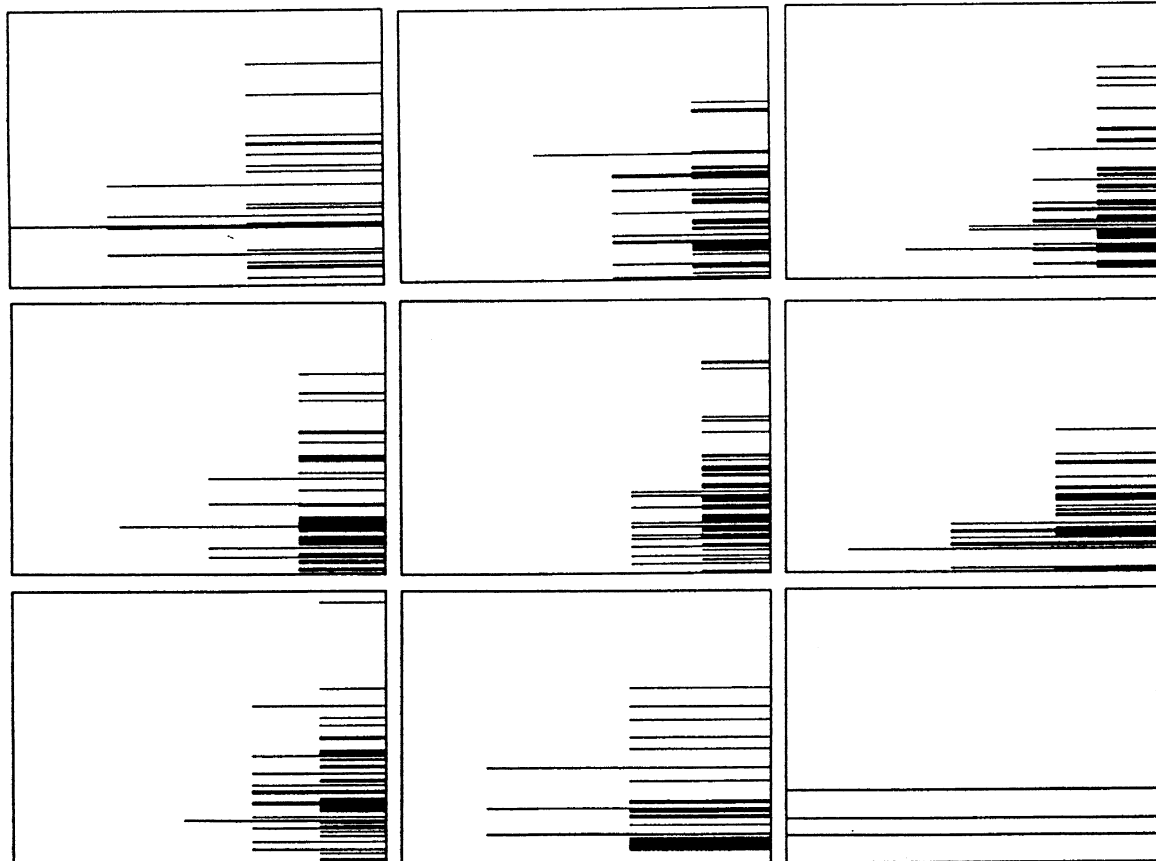
ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ - ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΥΤΗΣ: Β

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

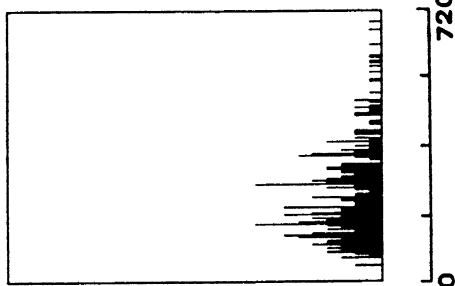
Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΣΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστέρo το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα δεξιά). Εάννυ παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδoγρoμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα οξιμουθίου 5 μοίρων και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βορρά του φύλλου χάρτη.

# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΚΟΥΣ ' ΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ '



ΣΥΝΟΛΟ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15

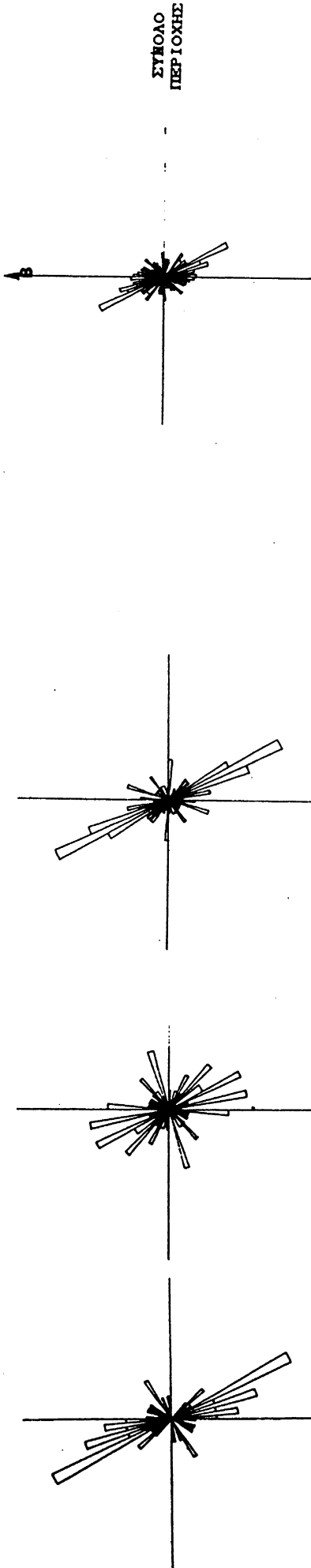
Τα ιστογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "γραμμώσεων" που φωτοερμηνεύτηκαν από τις τηλεοπτικές απεικονίσεις του TM του δορυφόρου LANDSAT των ημερομηνιών: 29/5/1986 και 20/8/1987, χρησιμοποιώντας τόσο ψηφιακές τεχνικές όσο και φωτογραφικά παράγωγα των ψηφιακών απεικονίσεων.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η στατιστική ανάλυση αντιπροσωπεύει στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το φύλλο χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα δεπτά). Εάν να παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ιστογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα μήκους 50 μέτρων.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16**

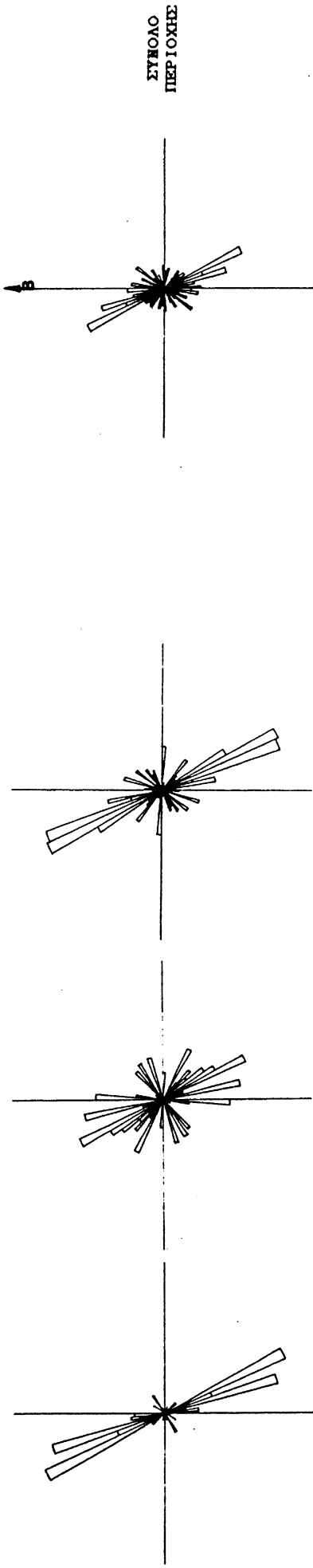
Τα ροδογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "ρηγμάτων" που ψηφιοποιήθηκαν από το γεωλογικό φύλλο χάρτη 1:50.000 της Καλαμάτας έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε.

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αρτιστέρω το φύλλο χάρτη αναρτάται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5'x 5' (πρώτα άνω). Εάν υπάρχει παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμουθίου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βόρρα του φύλλου χάρτη.

# ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17**

Τα ροδογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "ρηγμάτων" που ψηφιοποιήθηκαν από το γεωλογικό φύλλο χάρτη 1:50.000 της Καλαμάτας έκδοσης Ι. Γ. Μ. Ε.

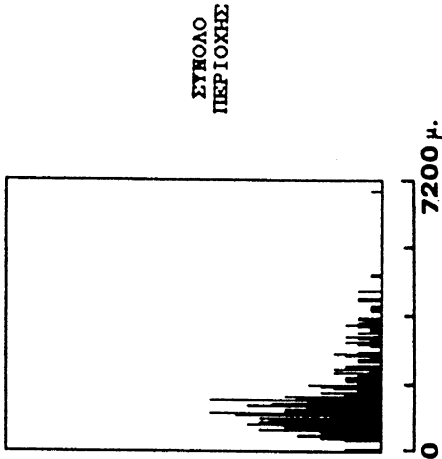
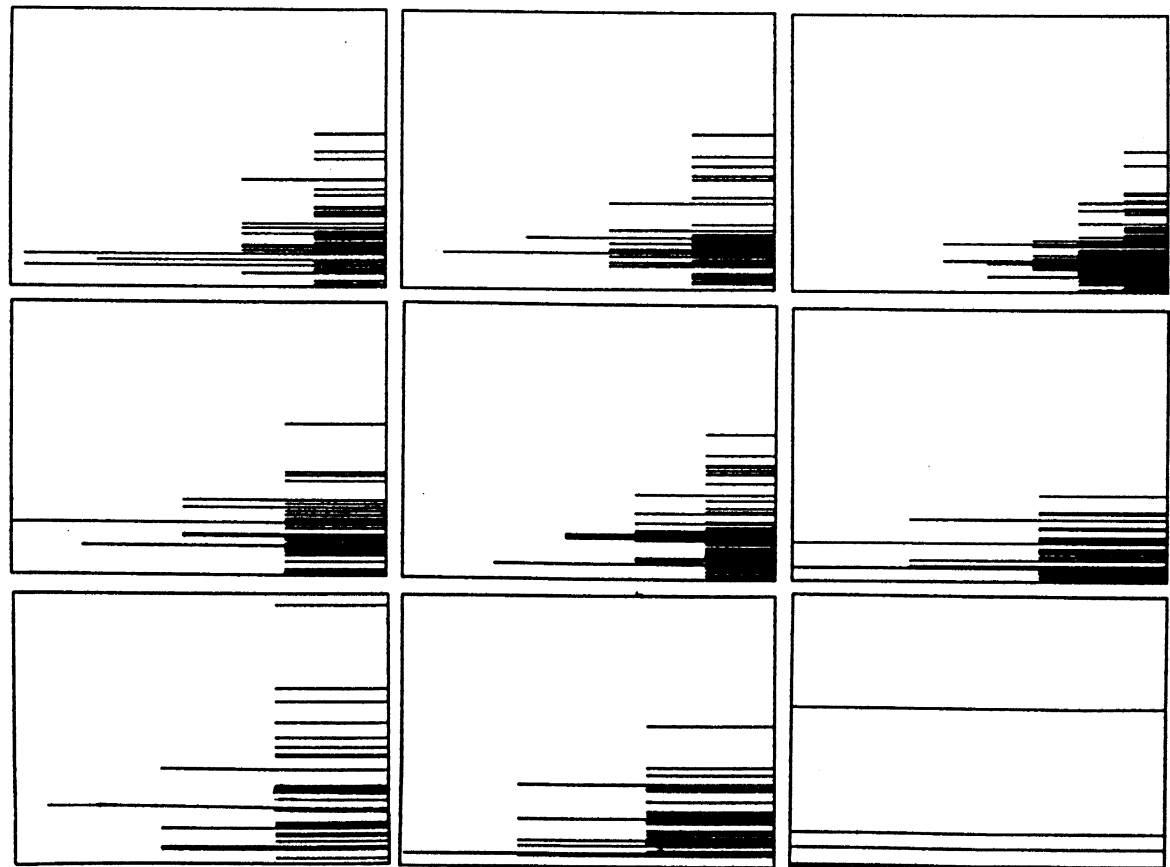
**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το γεωλογικό χάρτη αναφέρεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα δεξιά). Ενώ παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ροδογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα αξιμουθίου 5 μοιρών και αναφέρονται στον Γεωγραφικό Βόρρα του φύλλου χάρτη.



# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΚΟΥΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18

Τα ιστογράμματα είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης των "ρηγμάτων" που φηλοιοποίησαν από το γεωλογικό φύλλο χάρτη 1:50.000 της Καρδιάς έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

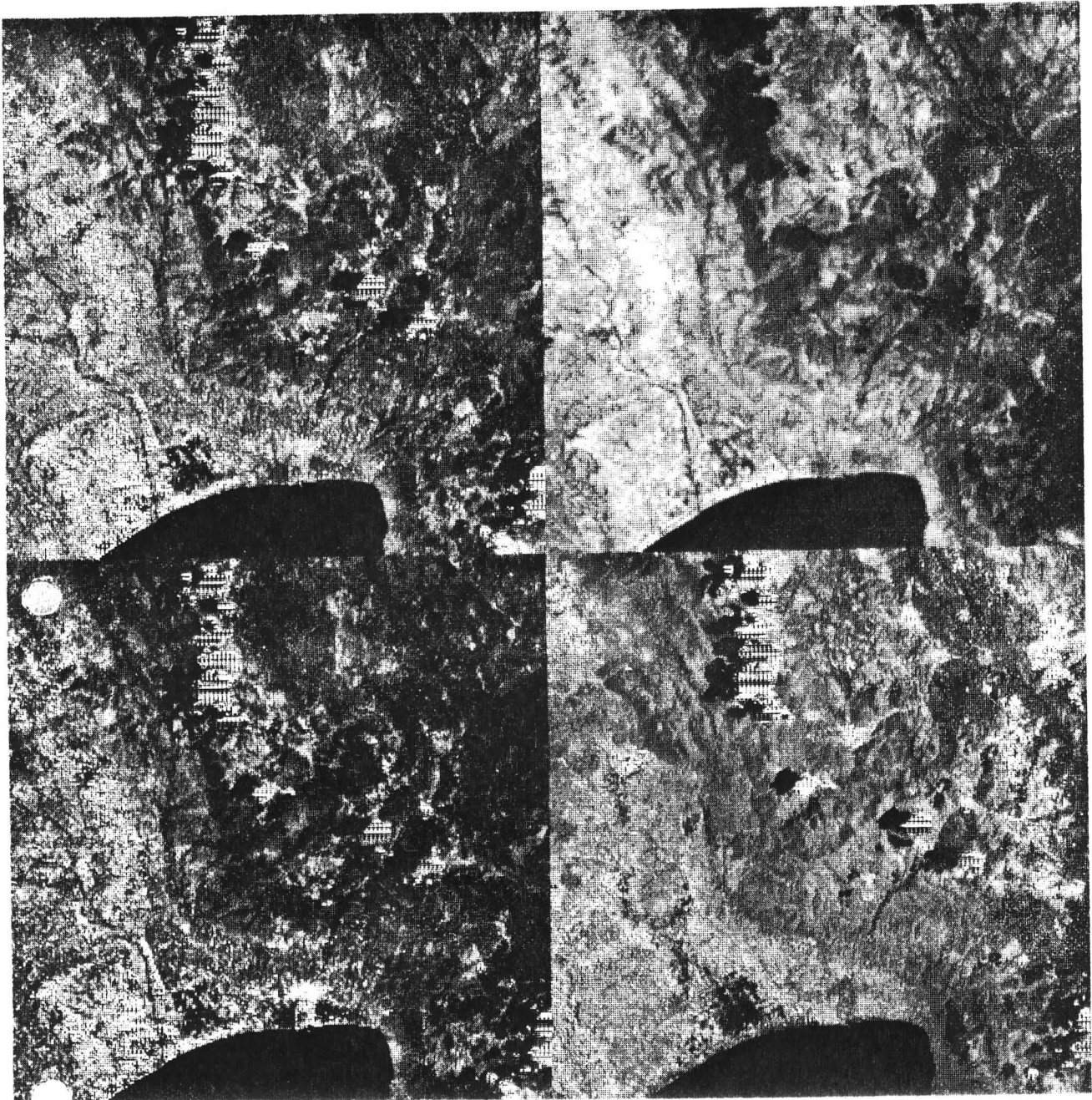
Η στατιστική ανάλυση αντιστοιχεί στην έκταση του φύλλου χάρτη 1:50.000 "ΚΑΛΑΜΑΤΑ". Αριστερά το φύλλο χάρτη αναλύεται σε 9 ίσες υποπεριοχές μεγέθους 5' x 5' (πρώτα λεπτά). Επάνω παρουσιάζεται η ανάλυση για το σύνολο του φύλλου χάρτη, μεγέθους 15' x 15'.

Τα ιστογράμματα έχουν σχεδιαστεί με βήμα μήκους 50 μέτρων.



#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 1

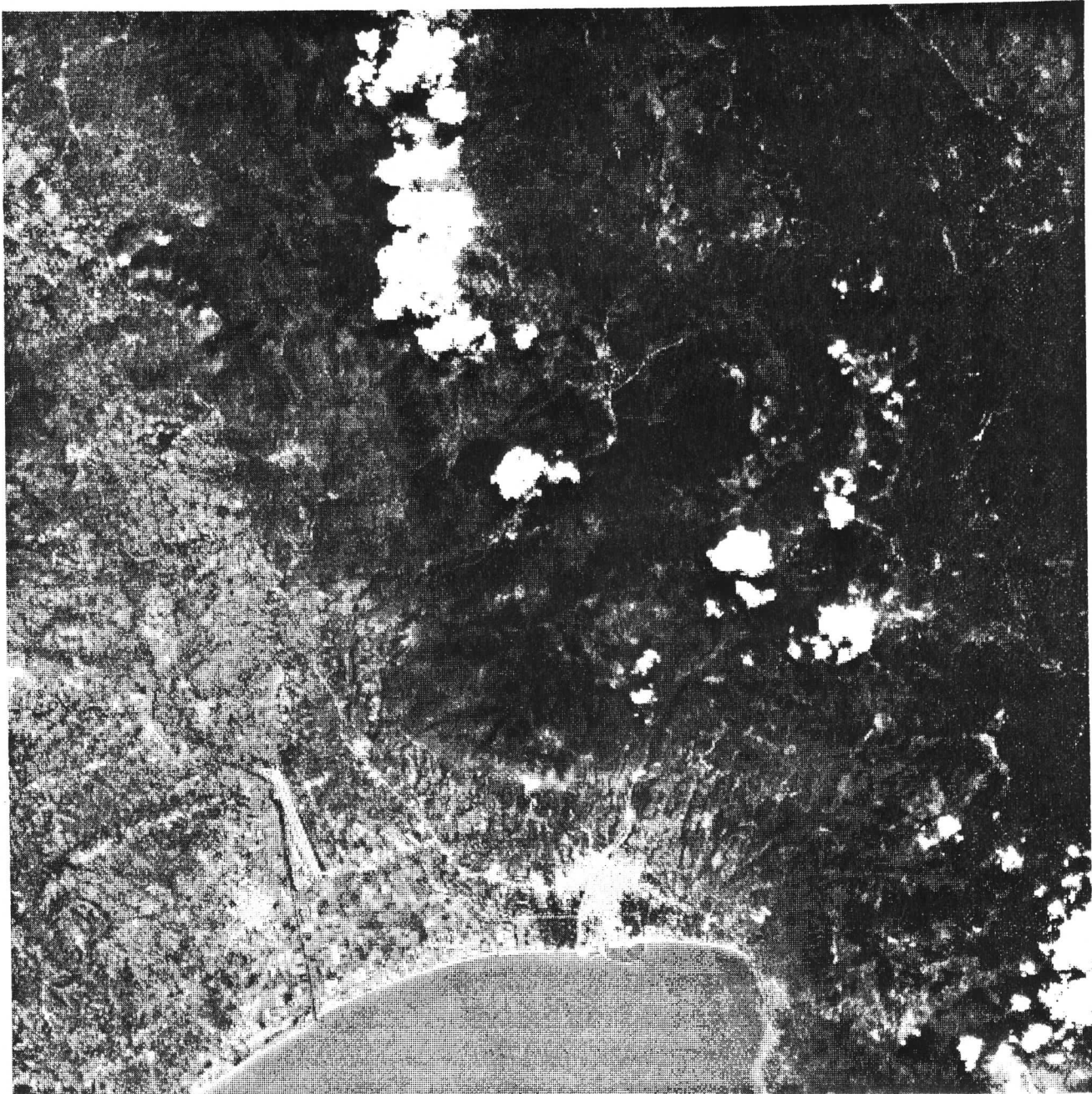
Η λήψη έγινε κατά τους επίγειους έλεγχους στην ρεματιά "Τζιρόρεμα" από το υπάρχον μεγάλο λατομείο που εφάπτεται στον κεντρικό δρόμο Θουρίας - Πολιανής με διέυθυνση προς ΒΔ. Απεικονίζεται η γραμμική διαφοροποίηση της επιφανειακής θαμνώδους βλάστησης η οποία οφείλεται στο ρηγματωμένο υπόβαθρο. Οι ανεπαίσθητες διαφοροποιήσεις των θάμνων, στο επάνω τμήμα της εικόνας, συνδέονται με τις (μικρο-)ρηγματώσεις των εκτεθειμένων ασβεστόλιθων στο μέσον της εικόνας.



## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 2

Συγκριτική παράθεση καναλιών του LANDSAT TM 5 - 6 (επάνω) και 7 - 4 (κάτω) της περιοχής της έρευνας από την λήψη της 29/5/1986. Η ταυτόχρονη φωτοερμηνεία και των τεσσάρων καναλιών είναι αντικειμενικά πολύ δύσκολη, εάν αυτά σε συνδυασμούς ανά τρία δεν υποστούν τις κατάλληλες ψηφιακές επεξεργασίες.





ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 3

Εκτύπωση του καναλιού 1 του LANDSAT TM της 29/5/1986 που καλύπτει την περιοχή εργασίας της έρευνας. Στην δορυφορική αυτή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει γίνει βελτίωση με ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της (histogram equalization).



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4

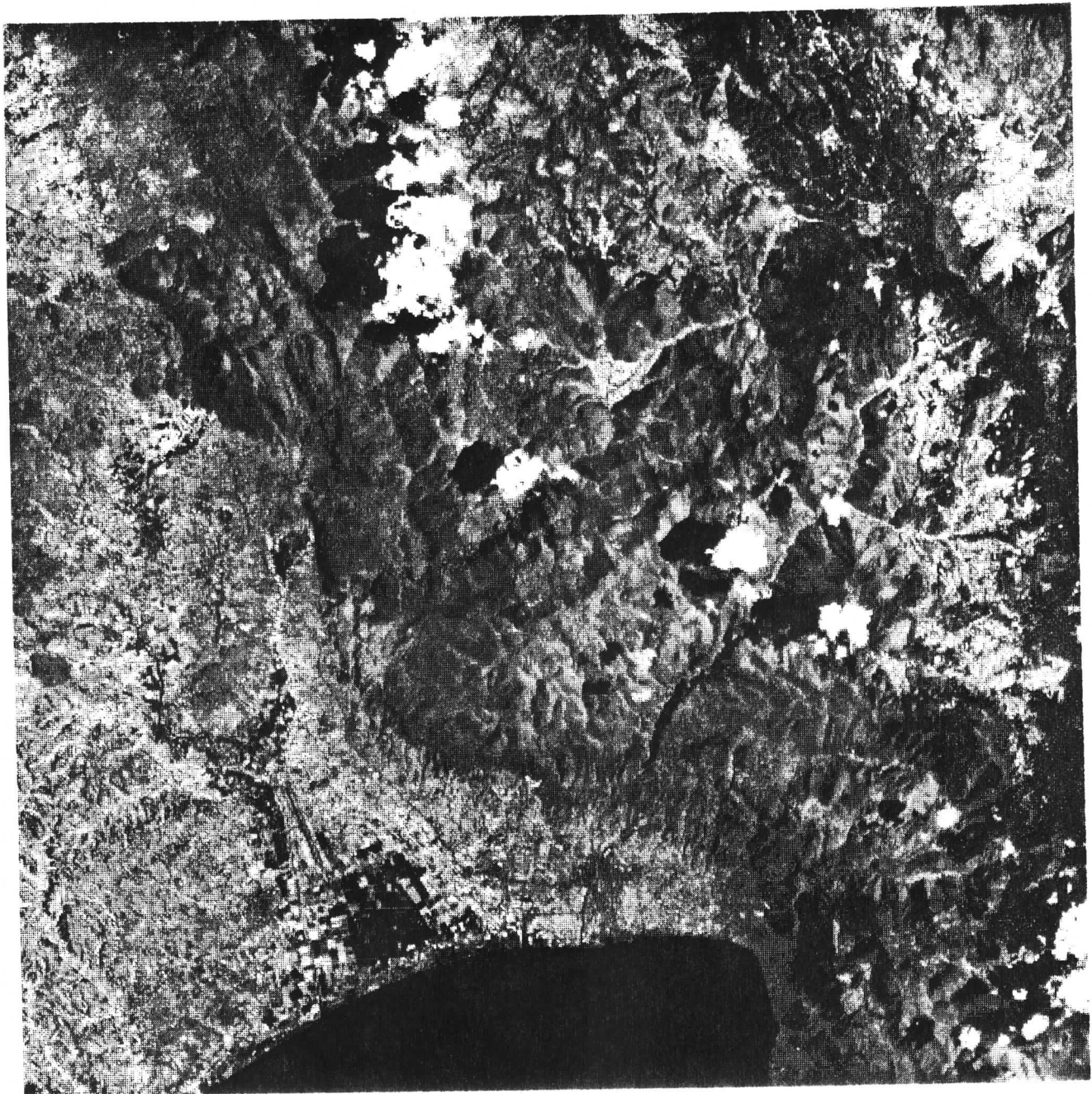
Εκτύπωση του καναλιού 2 του LANDSAT TM της 29/5/1986 που καλύπτει την περιοχή εργασίας της έρευνας. Στην δορυφορική αυτή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει γίνει βελτίωση με ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της (histogram equalization).



#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 5

Εκτύπωση του καναλιού 3 του LANDSAT TM της 29/5/1986 που καλύπτει την περιοχή εργασίας της έρευνας. Στην δορυφορική αυτή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει γίνει βελτίωση με ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της (histogram equalization).





ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 6

Εκτύπωση του καναλιού 4 του LANDSAT TM της 29/5/1986 που καλύπτει την περιοχή εργασίας της έρευνας. Στην δορυφορική αυτή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει γίνει βελτίωση με ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της (histogram equalization).



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 7

Εκτύπωση του καναλιού 5 του LANDSAT TM της 29/5/1986 που καλύπτει την περιοχή εργασίας της έρευνας. Στην δορυφορική αυτή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει γίνει βελτίωση με ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της (histogram equalization).





#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 8

Εκτύπωση του καναλιού 6 του LANDSAT TM της 29/5/1986 που καλύπτει την περιοχή εργασίας της έρευνας. Στην δορυφορική αυτή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει γίνει βελτίωση με ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της (histogram equalization).



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 9

Εκτύπωση του καναλιού 7 του LANDSAT TM της 29/5/1986 που καλύπτει την περιοχή εργασίας της έρευνας. Στην δορυφορική αυτή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει γίνει βελτίωση με ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της (histogram equalization).

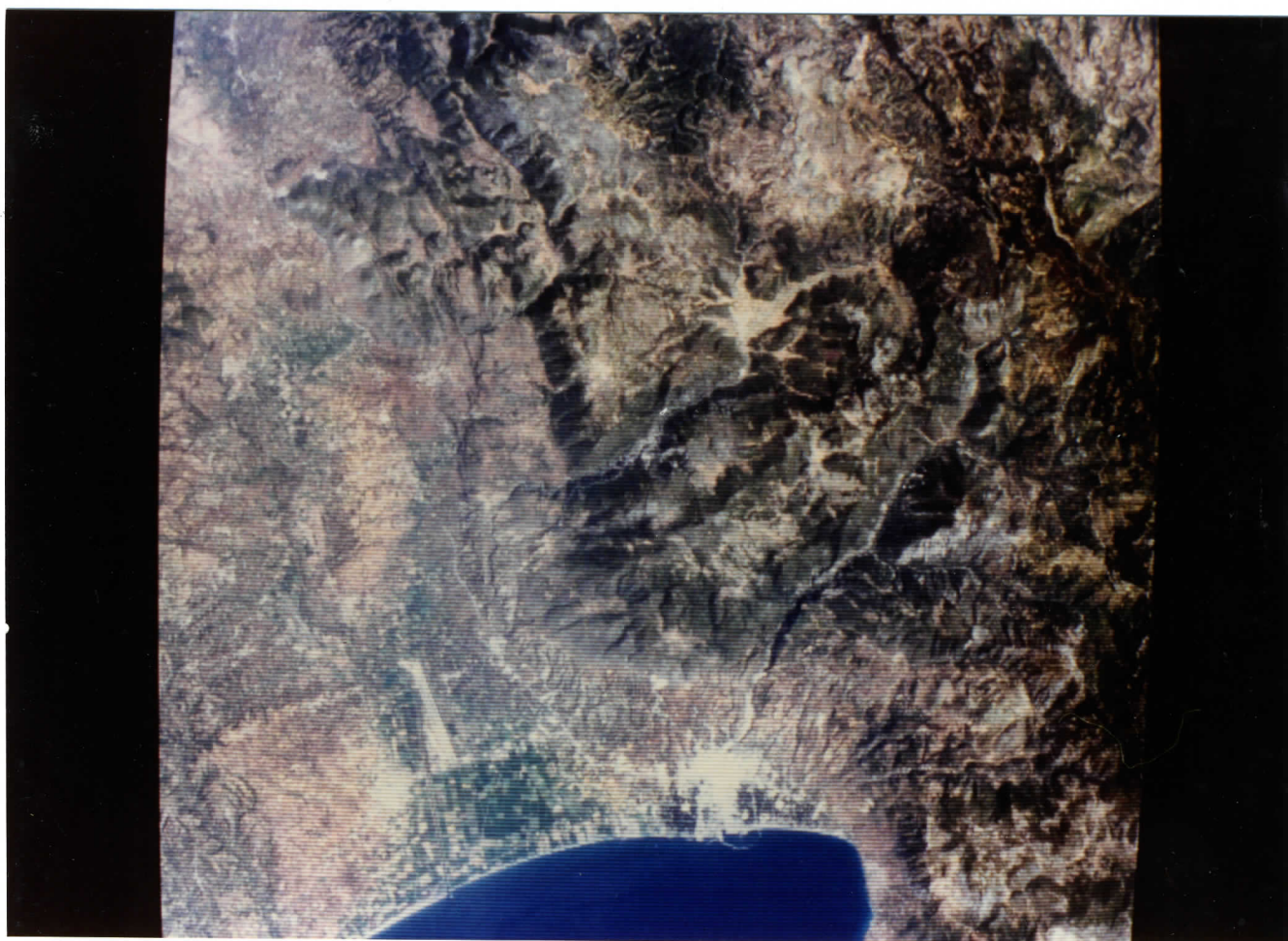




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 10

Χρωματική σύνθεση των καναλιών 3 - 2 - 1 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) όπου απεικονίζεται η περιοχή έρευνας πριν το σεισμό της 13/9/1986. Το μέγεθος των pixel είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματός της απεικόνισης.

Με τη χρωματική αυτή σύνθεση τα στοιχεία της φυσικής και κοινωνικο-οικονομικής πραγματικότητας εμφανίζονται με τα φυσικά τους χρώματα.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 11

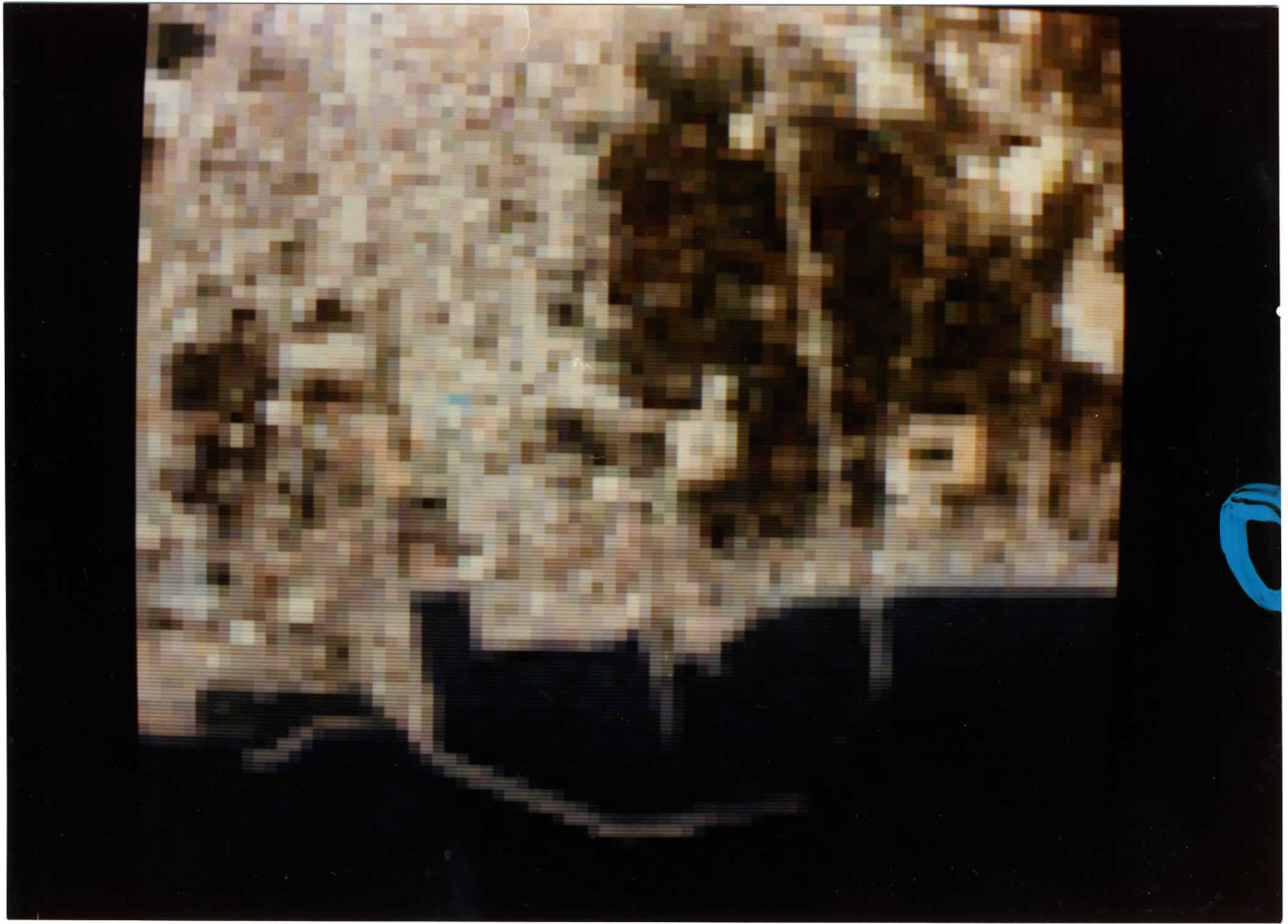
Χρωματική σύνθεση των καναλιών 3 - 2 - 1 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) όπου απεικονίζεται η περιοχή έρευνας μετά το σεισμό της 13/9/1986. Το μέγεθος των pixels είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης.





#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 12

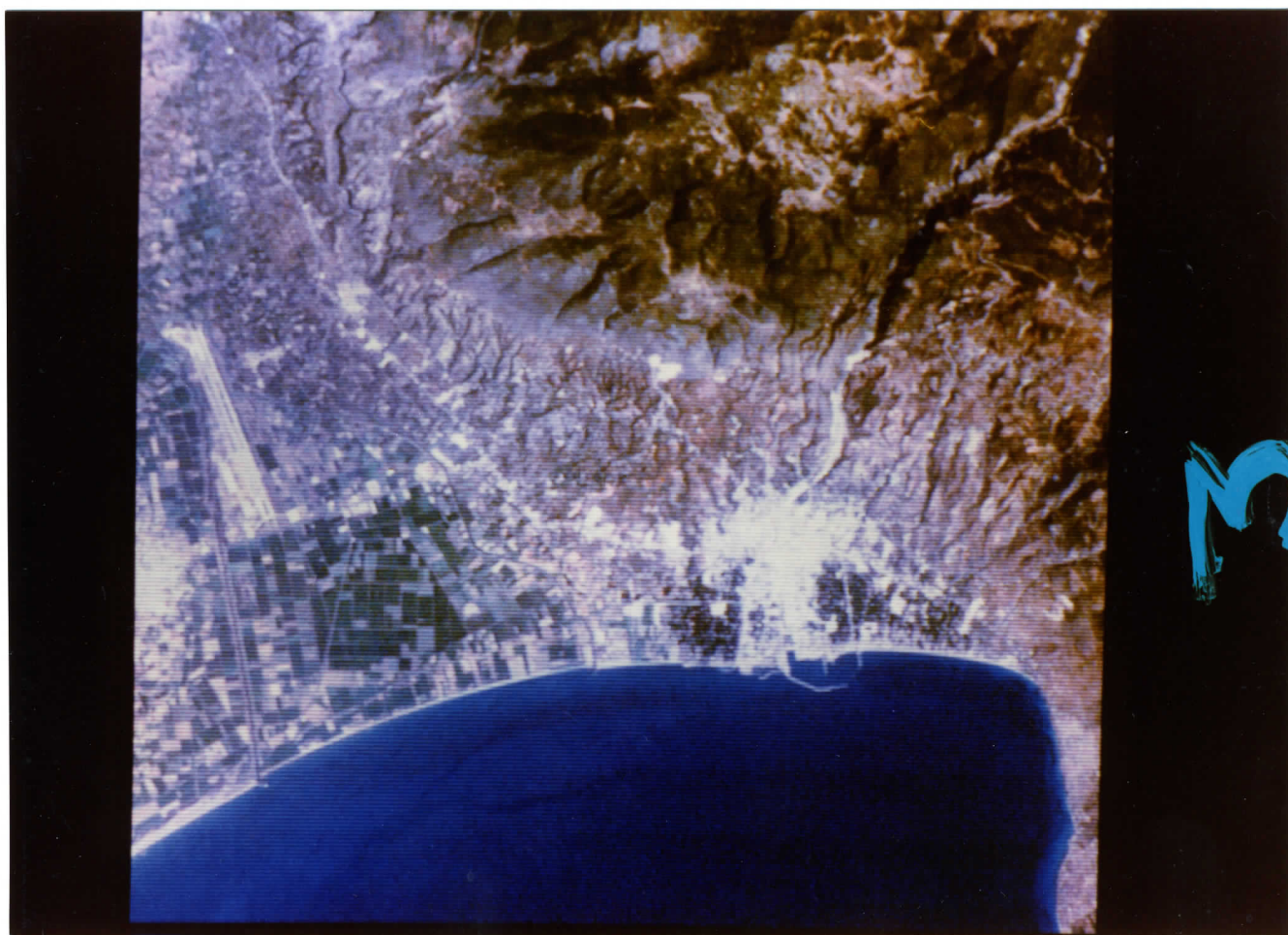
Χρωματική σύνθεση των καναλιών 3 - 2 - 1 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) όπου απεικονίζεται τμήμα της περιοχής έρευνας με την πόλη της Καλαμάτας, μετά το σεισμό της 13/9/1986, στο κέντρο της εικόνας. Το μέγεθος των pixels είναι 30 x 30 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης (Βλέπε και φωτογραφία 13).



### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 13

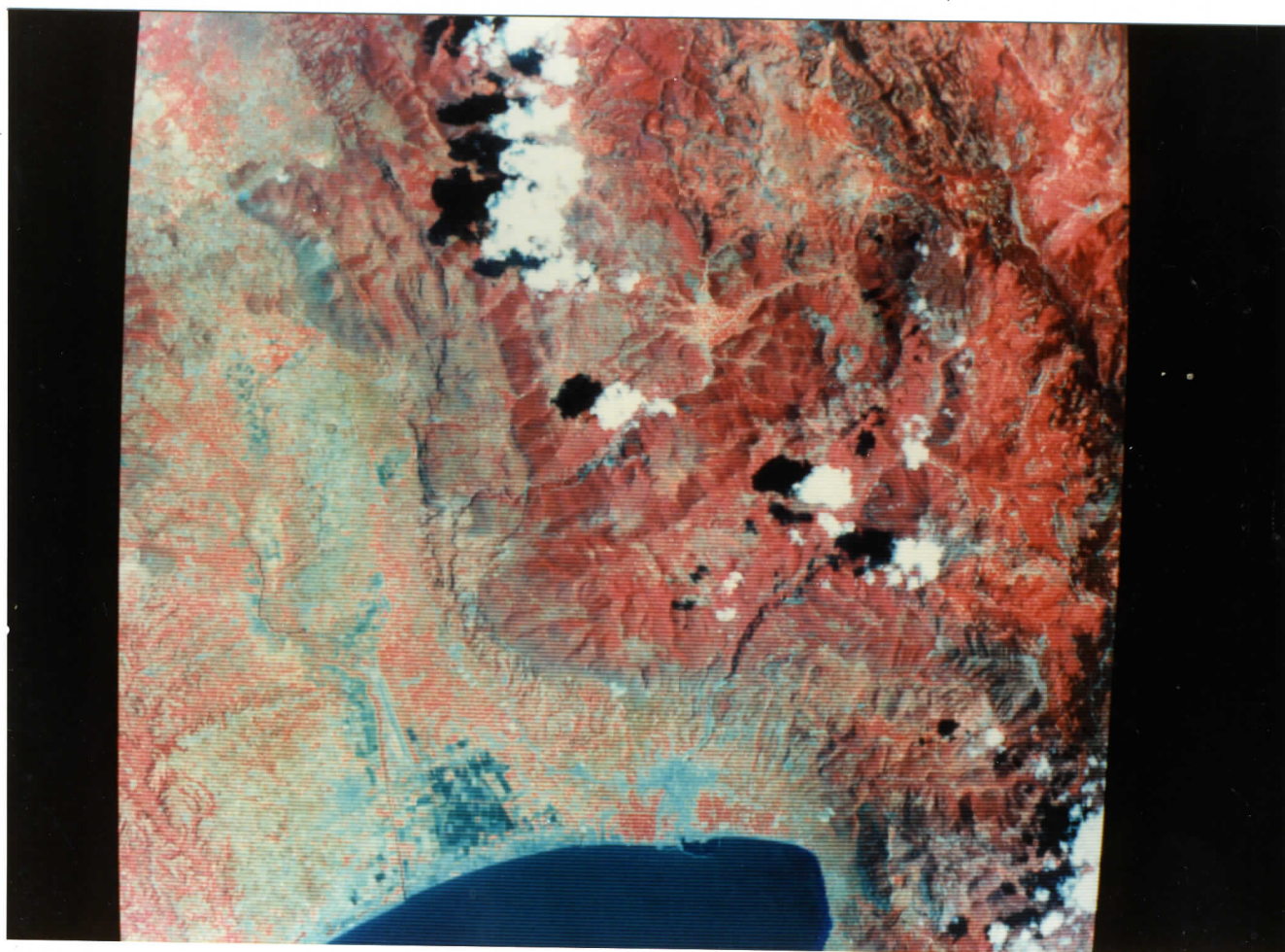
Χρωματική σύνθεση των καναλιών 3 - 2 - 1 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) όπου απεικονίζεται τμήμα της πόλης της Καλαμάτας. Το μέγεθος των pixel είναι 30 x 30 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης. Με την ψηφιακή μεγέθυνση (zoom) x12 φορές, είναι δυνατή η διαπίστωση των αντικειμενικών περιορισμών της μέγιστης διακριτικής ικανότητας του TM σαρωτή πάνω στην πόλη της Καλαμάτας.





#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 14

Χρωματική σύνθεση των καναλιών 3 - 2 - 1 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel 30 m. Έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος των καναλιών 3 και 2, ενώ στο (μπλέ) κανάλι 1 έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος βασισμένη μόνο σε τμήμα της εικόνας που καλύπτει την θαλάσσια περιοχή, με στόχο την αποκάλυψη των αβαθών παράκτιων υδάτων καθώς και πιθανού υποβρύχιου ανάγλυφου.

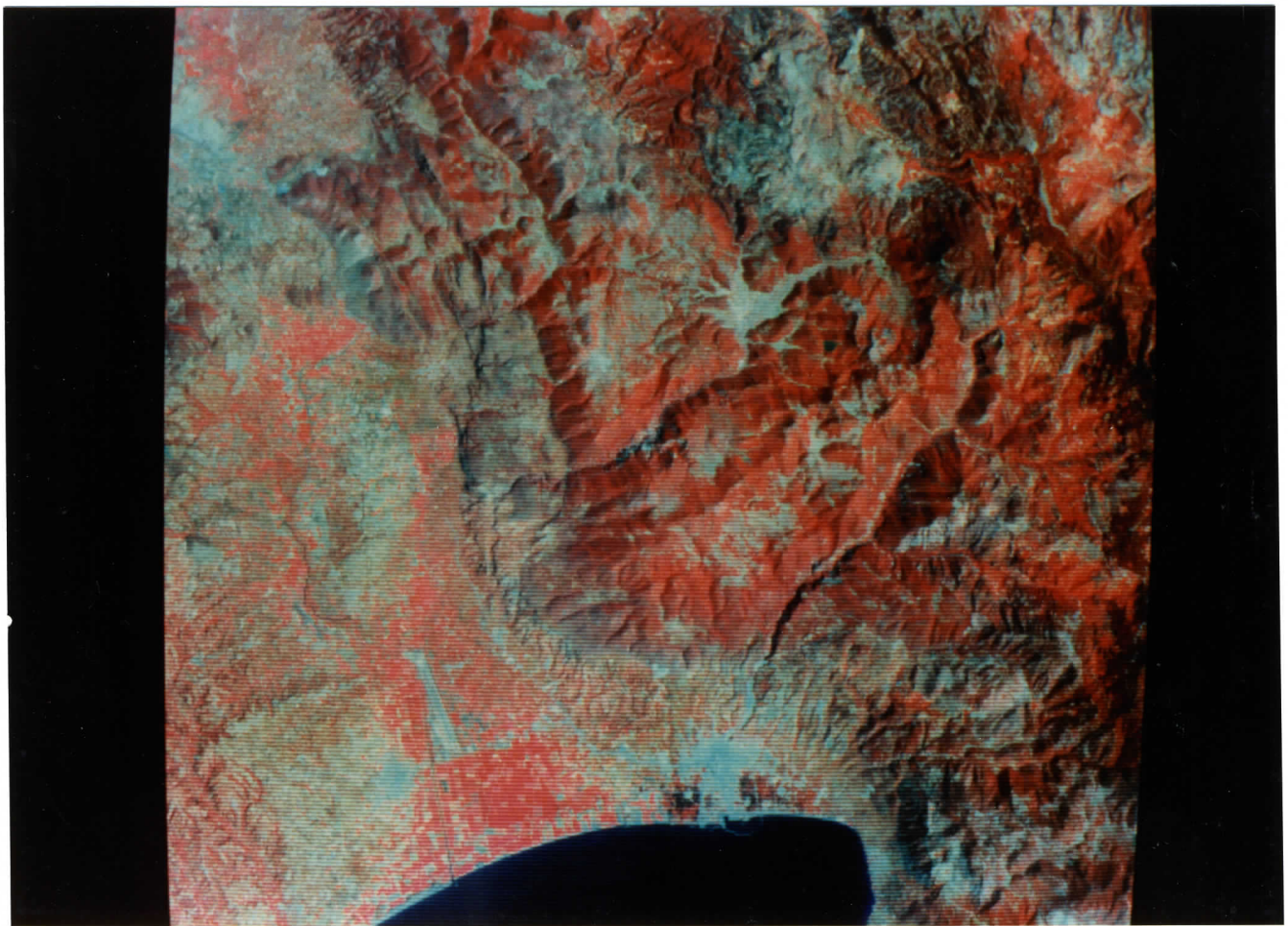


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 15

Ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 4 - 3 - 2 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) όπου απεικονίζεται η περιοχής έρευνας. Το μέγεθος των ριχελ είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης.

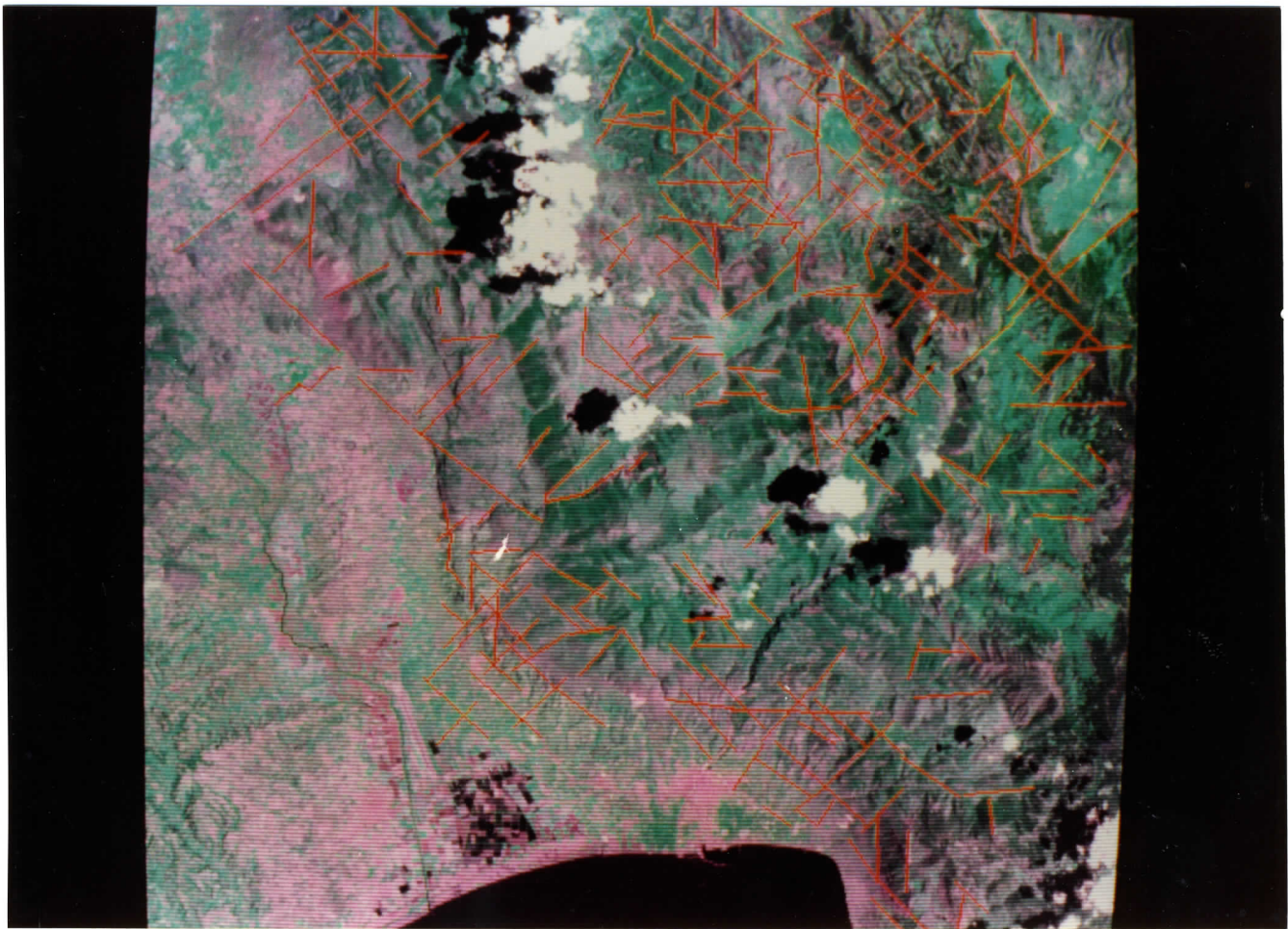
Αυτή η ψευδοχρωματική σύνθεση καναλιών του LANDSAT TM είναι αντίστοιχη με τα αναλογικής μορφής φωτογραφικά αντίτυπα που χρησιμοποιήθηκαν στην οπτική φωτοερμηνεία της περιοχής έρευνας (βλέπε και φωτογραφία 16).





ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 16

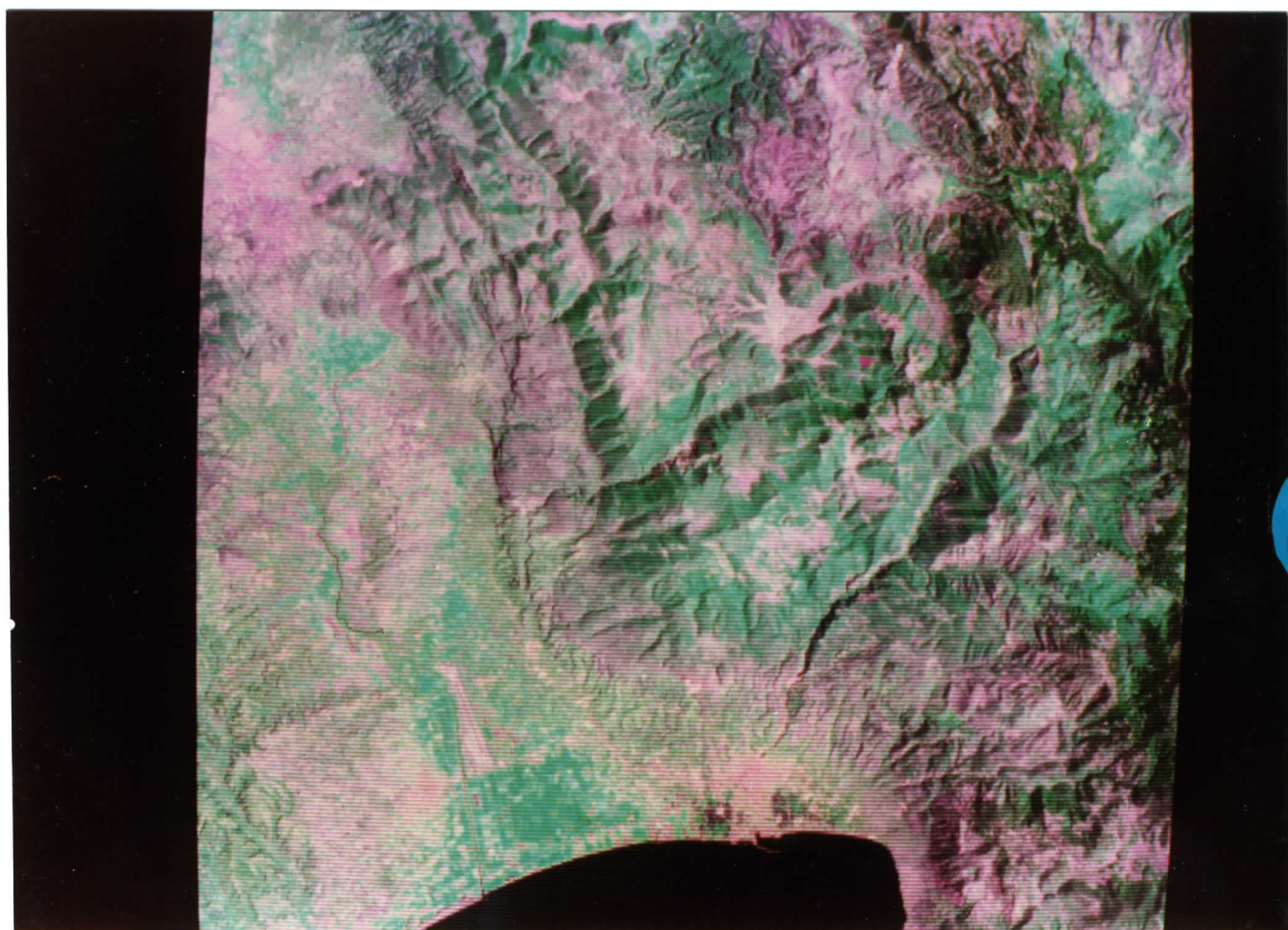
Ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 4 - 3 - 2 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) αντίστοιχη των θετικών φωτοτύπων της οπτικής φωτοερμηνείας, όπου απεικονίζεται η περιοχή έρευνας. Το μέγεθος των pixels είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης.



#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 17

Ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) όπου απεικονίζεται η περιοχή έρευνας. Το μέγεθος των pixel είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης. Επίσης έχουν σχεδιασθεί κι επιτεθεί (overlay) οι "γραμμώσεις" της ερμηνείας του φωτοερμηνευτή Α της ερευνητικής ομάδας (Βλέπε και φωτογραφία 18).

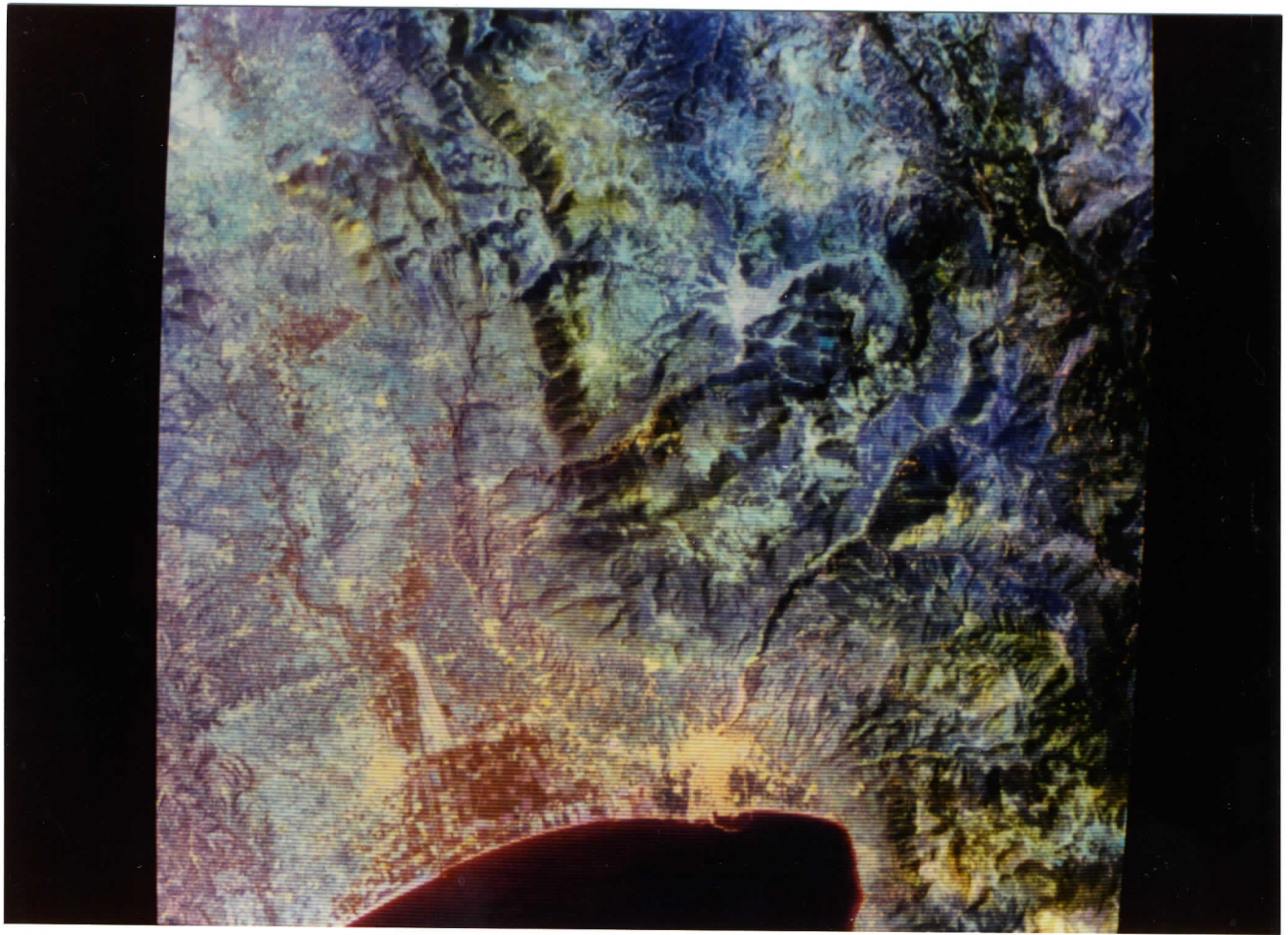




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 18

Ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) όπου απεικονίζεται η περιοχή έρευνας. Το μέγεθος των ριχελ είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης.

Αυτή η ψευδοχρωματική σύνθεση αποδείχθηκε η βέλτιστη και σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας μας, δίνει αξιόπιστες πληροφορίες για ανίχνευση νέων πιθανών ρηγμάτων.

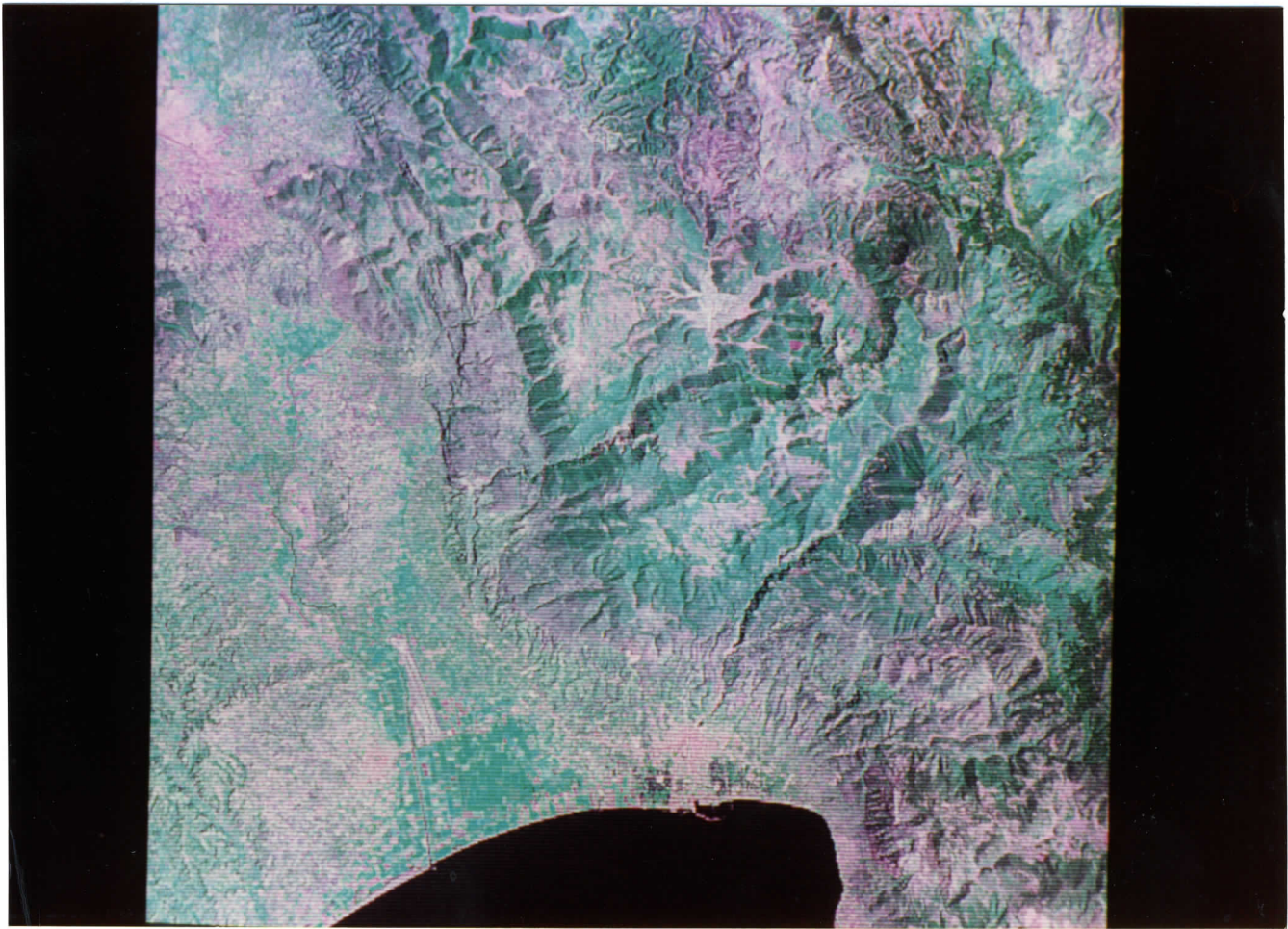


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 19

Ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 2 - 7 - 6 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) όπου απεικονίζεται η περιοχής έρευνας. Το μέγεθος των pixel είναι 60 x 60 m στο έδαφος και έχει γίνει ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης.

Η σύνθεση αυτή μπορεί να είναι χρήσιμη σε γεωλογικές /μή γεωτεκτονικές εφαρμογές.

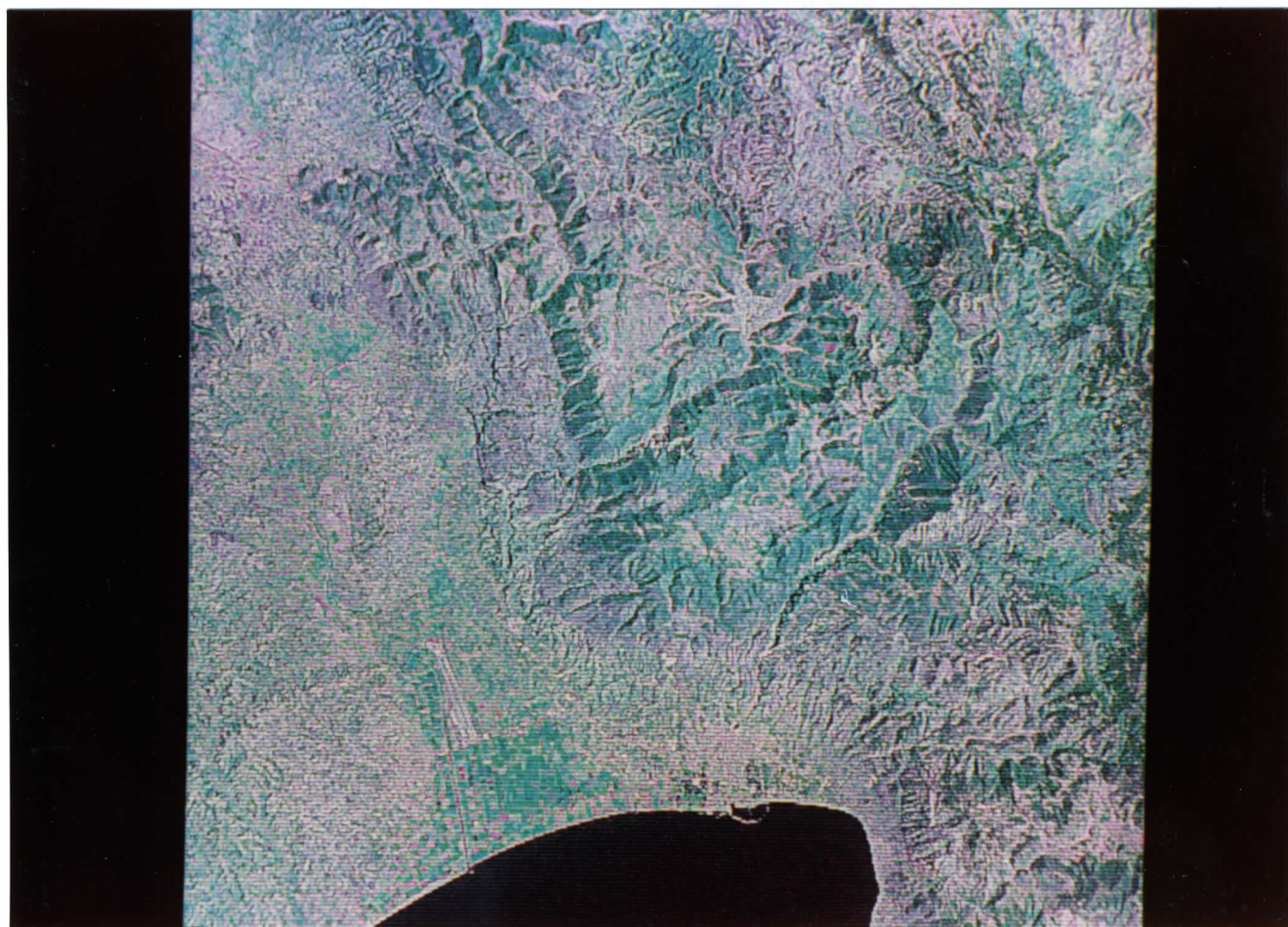




ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 20

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 ασθενούς τονισμού των ορίων. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης.



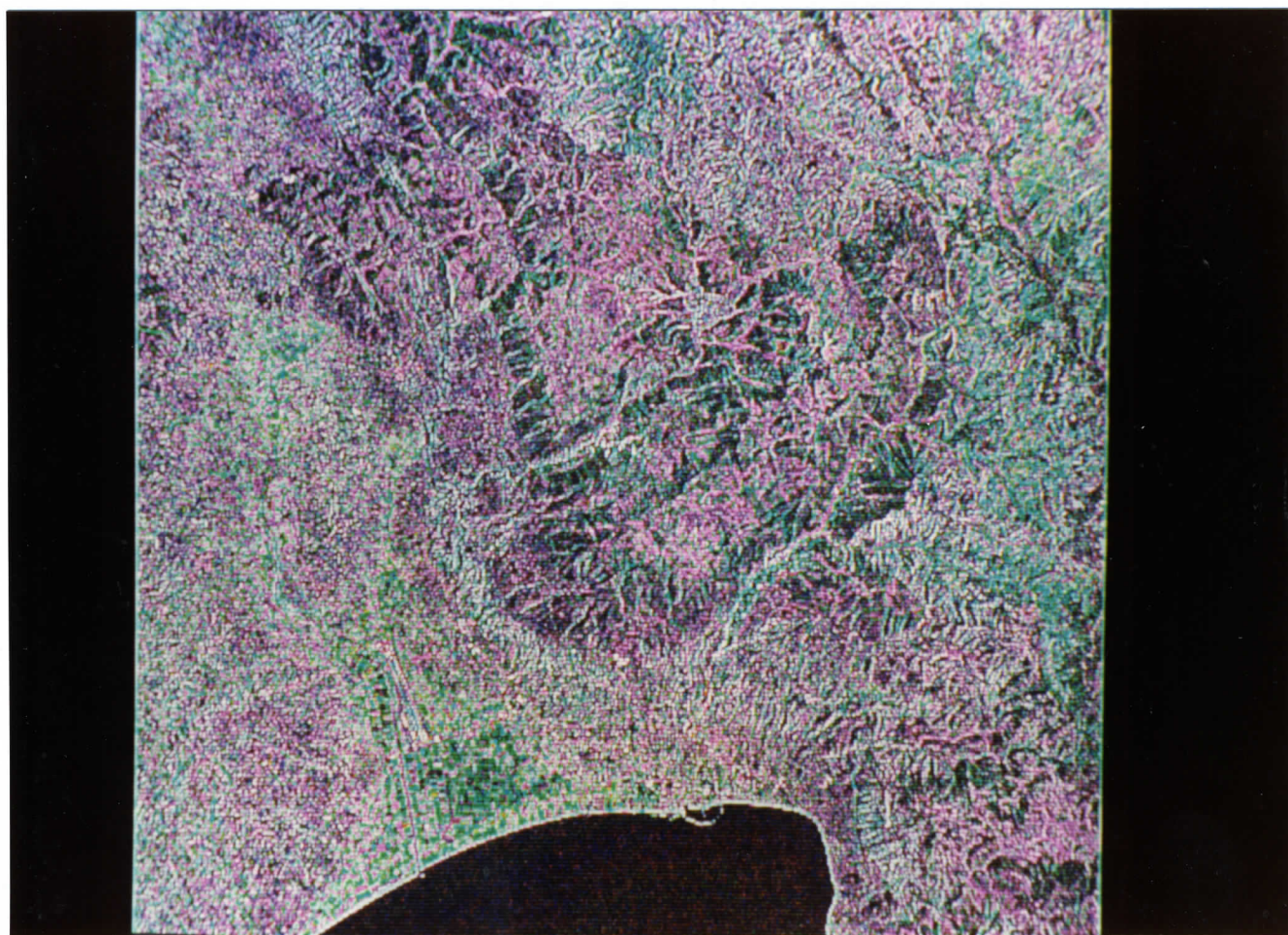


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 21

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 μέτρου τονισμού των ορίων. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης.

Αυτή η επεξεργασία βελτίωσης της δορυφορικής απεικόνισης δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα τονισμού των γραμμικών στοιχείων. (Για σύγκριση βλέπε την φωτογραφία 18).



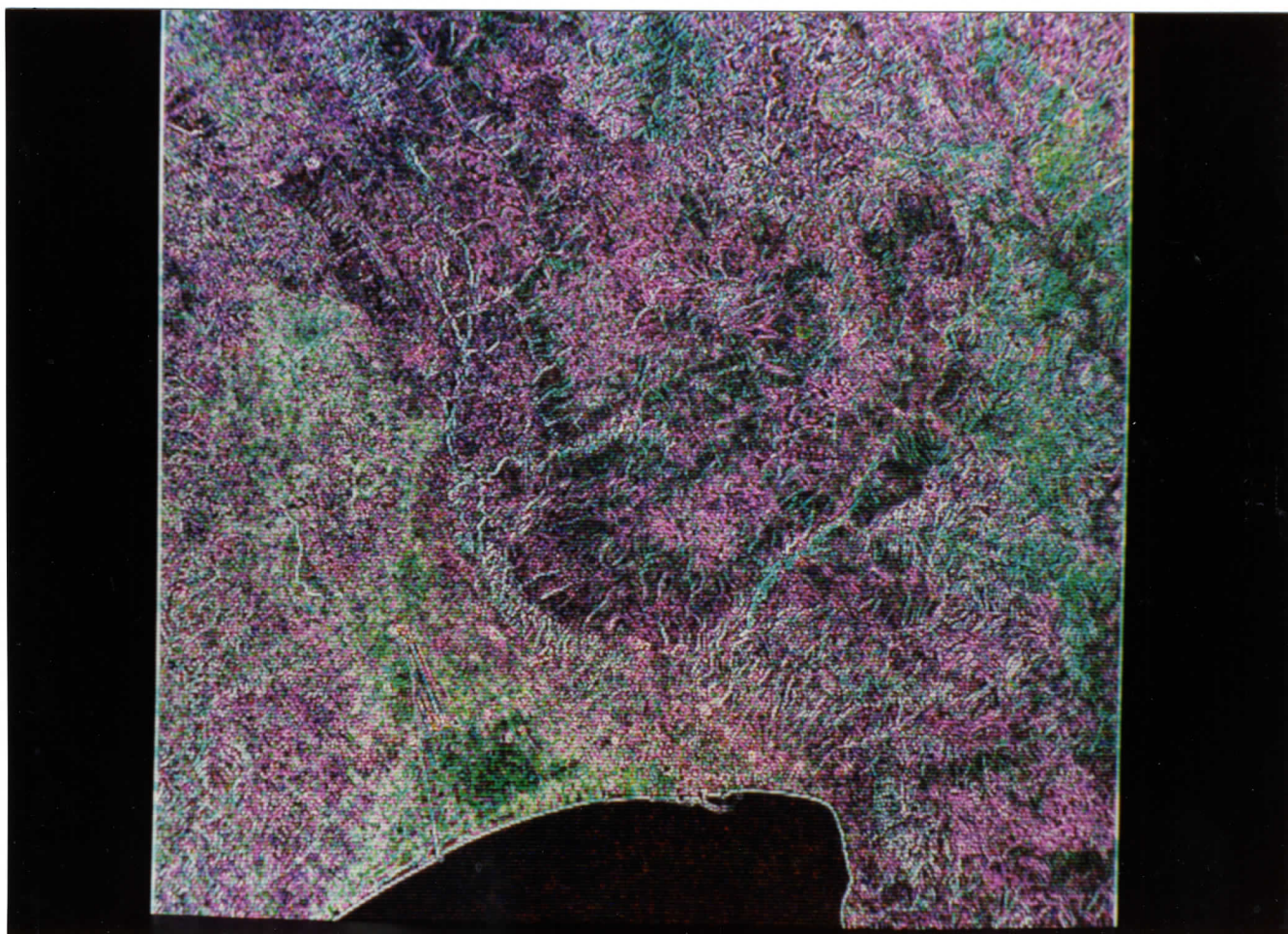


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 22

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 ισχυρού τονισμού των ορίων. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης.

Με τον ισχυρό τονισμό των ορίων τα οποία εμφανίζονται στην περιοχή παρατηρείται και έντονος τονισμός του θορύβου της.





#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 23

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόσθηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 ισχυρού τονισμού των ορίων. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης.

Με την εφαρμογή του παραπάνω φίλτρου, παρά την έντονη ενίσχυση του θορύβου, διαπιστώθηκε παράλληλα και η ενίσχυση γραμμικών στοιχείων που οφείλονται στο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.

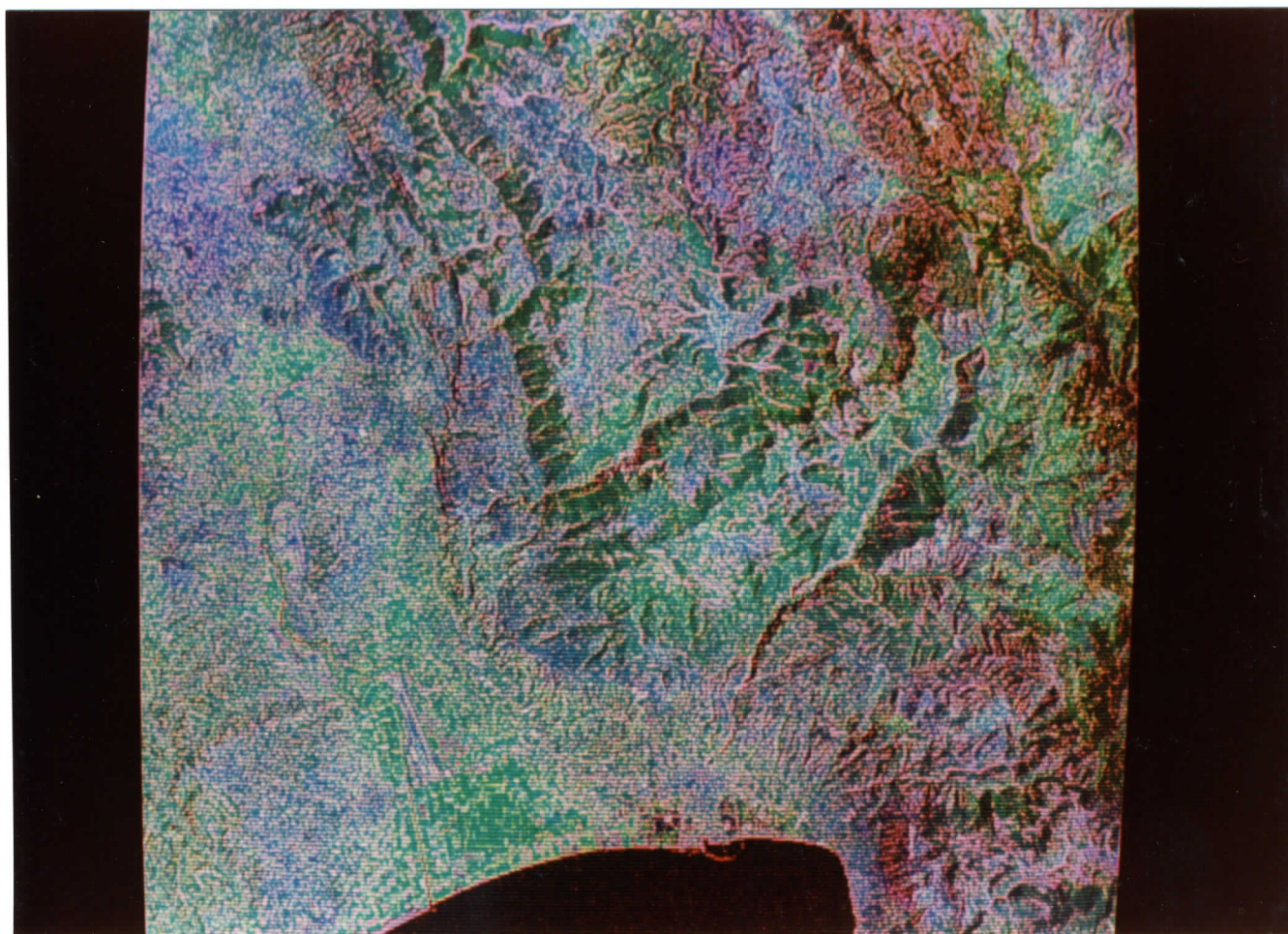




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 24

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόσθηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 ισχυρού τονισμού των ορίων μόνο στο κανάλι 7 το οποίο αποδίδεται με το κόκκινο χρώμα στην σύνθεση. Ο υπερτονισμός των ορίων σε ένα μόνο κανάλι της χρωματικής σύνθεσης έγινε με στόχο την διατήρηση της αίσθησης του ανάγλυφου από τα άλλα δύο για να διευκολυνθεί η γεωτεκτονική ερμηνεία χωρίς όμως ικανοποιητικά αποτελέσματα. (Βλέπε επίσης και φωτογραφία 25).

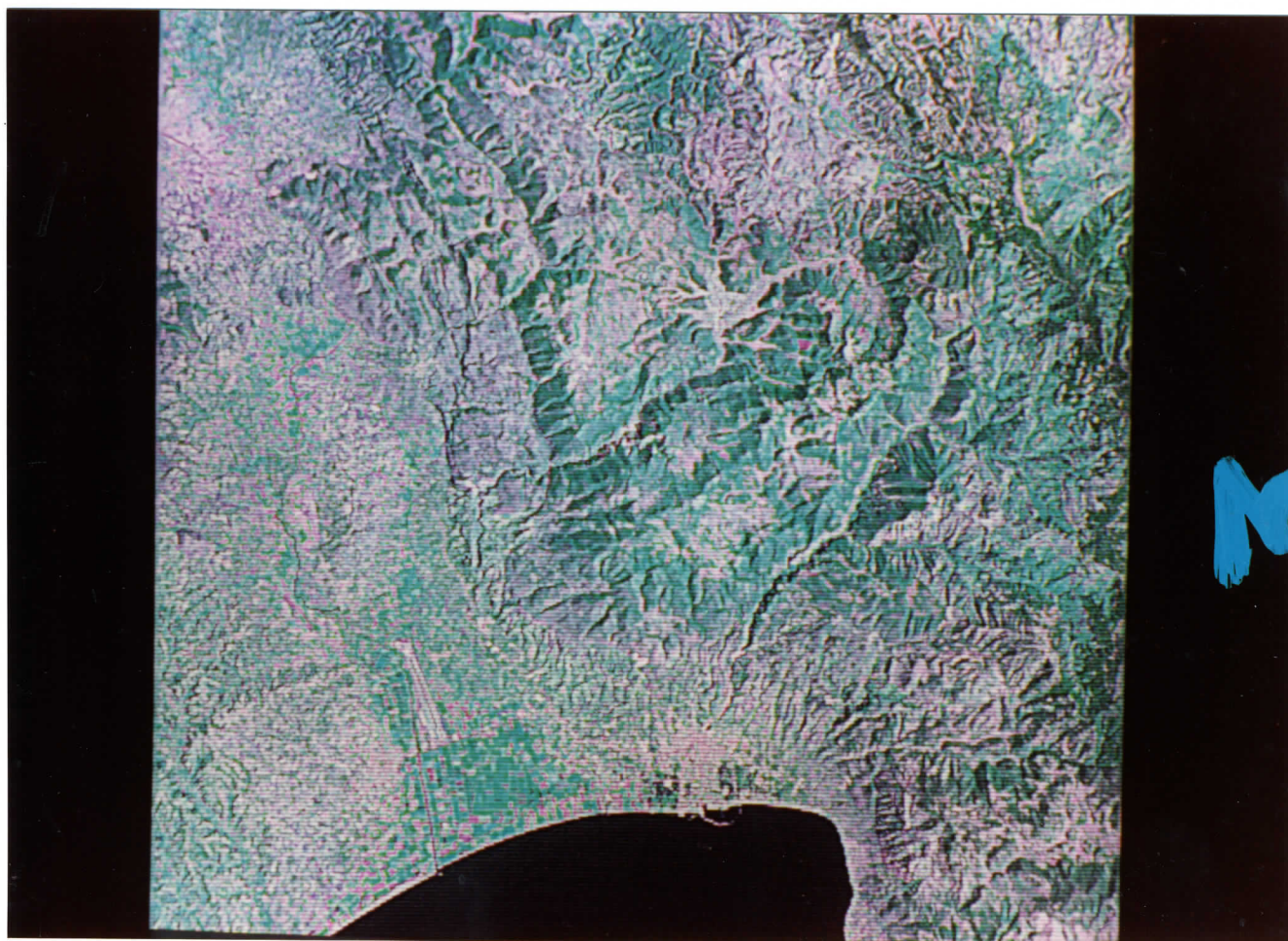




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 25

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 ισχυρού τονισμού των ορίων μόνο στο κανάλι 7 το οποίο αποδίδεται με το κόκκινο χρώμα στην σύνθεση. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης και στη συνέχεια στα κανάλια 4 και 5 που αποδίδονται με πράσινο και μπλέ χρώμα αντίστοιχα έγινε μείωση κατά 75% της φωτεινότητάς τους ώστε να αναδειχθεί το φιλτραρισμένο κανάλι 7. Ο υπερτονισμός των ορίων σε ένα μόνο κανάλι της χρωματικής σύνθεσης έγινε με στόχο την διατήρηση της αίσθησης του ανάγλυφου από τα άλλα δύο. Τα αποτελέσματα δεν κρίνονται ικανοποιητικά για την γεωτεκτονική ερμηνεία.



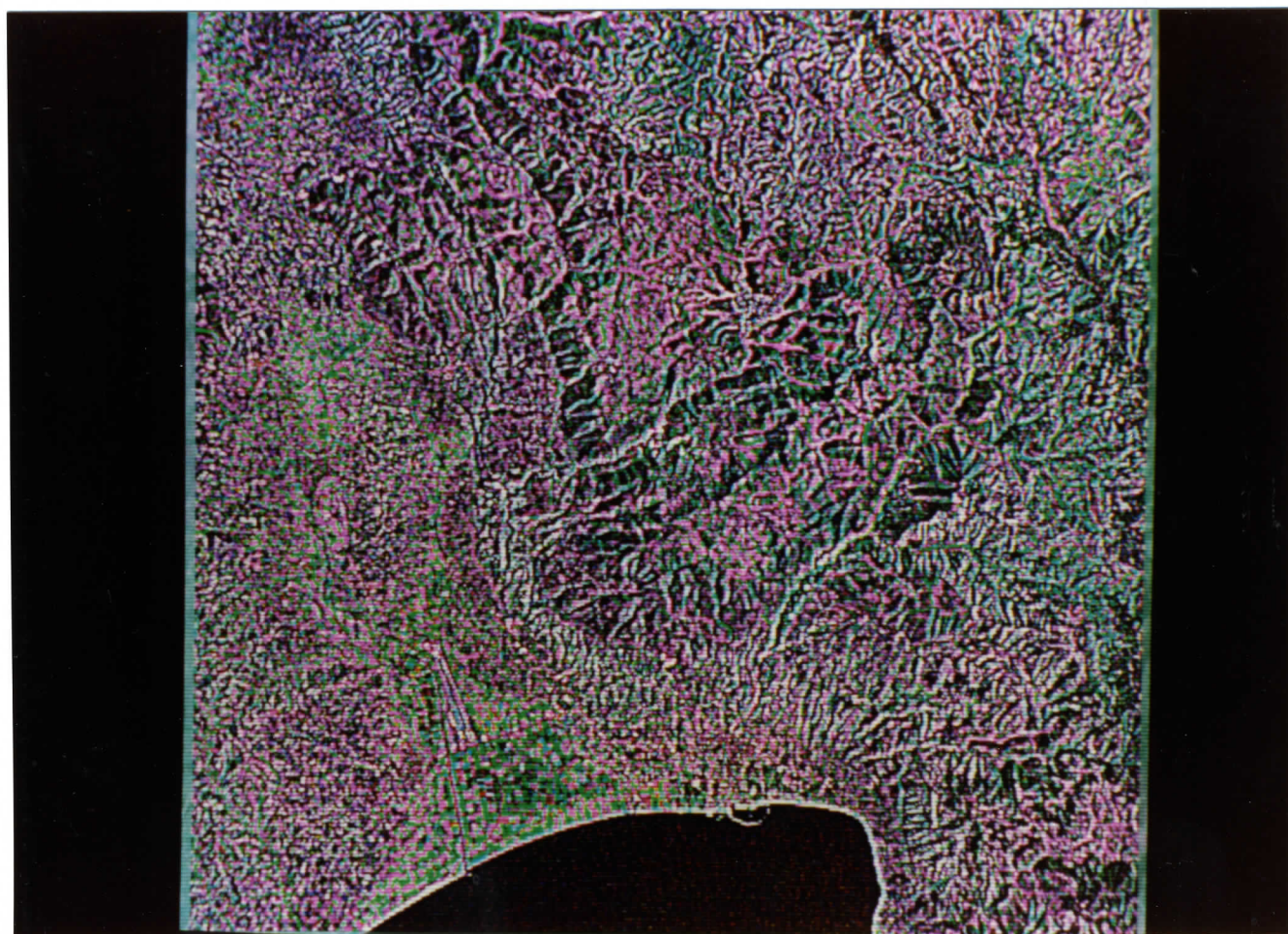


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 26

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 5x5 μέτρου τονισμού των ορίων. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης. Με αυτό το φίλτρο επιτυγχάνεται ο τονισμός τόσο των "γραμμώσεων" όσο και του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής με συνέπεια να αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο στη γεωτεκτονική έρευνα.

Η ψευδοχρωματική αυτή σύνθεση αξιοποιήθηκε εντατικά στην έρευνά μας με αποτέλεσμα να ανιχνευθεί με την ερμηνεία της ένας μεγάλος αριθμός νέων πιθανών ρηγμάτων.



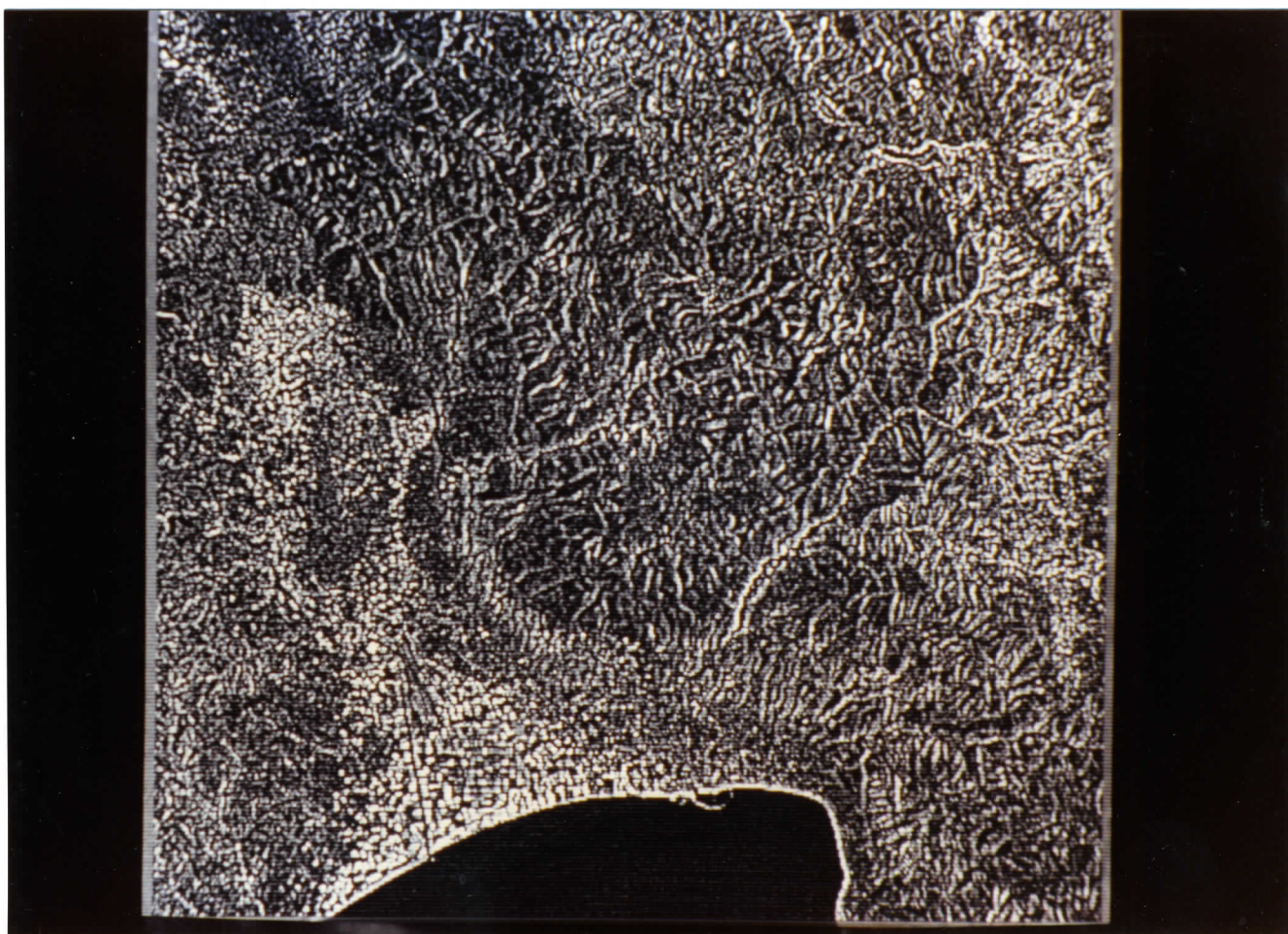


ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 27

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 5x5 ισχυρού τονισμού των ορίων. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης.

Ο έντονος τονισμός του θορύβου ελαττώνει τη χρησιμότητα αυτού του φίλτρου για γεωτεκτονική ερμηνεία.



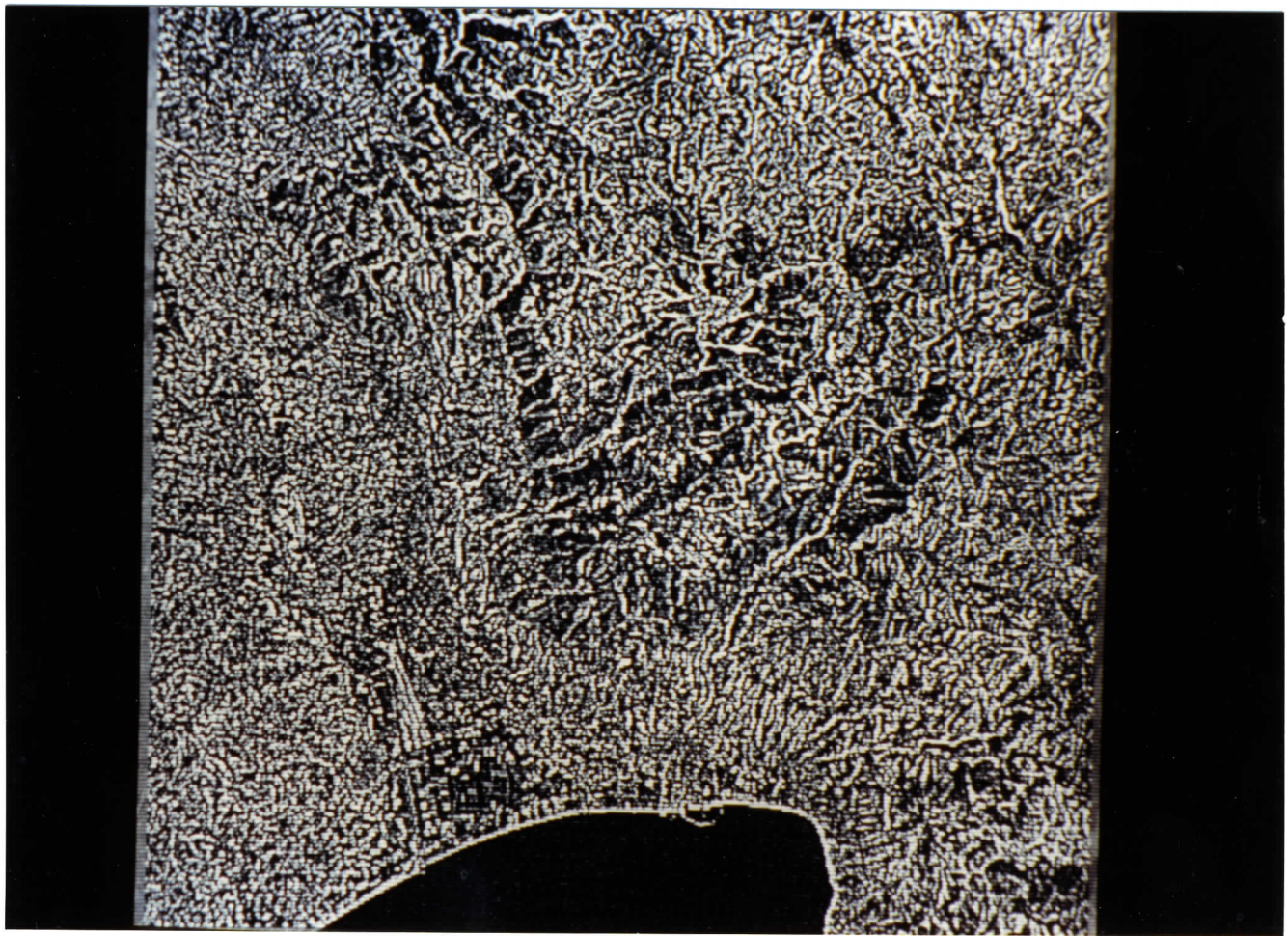


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 28

Αναδομημένη (resampled) απεικόνιση του καναλιού 4 του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 5x5 ισχυρού τονισμού των ορίων.

Στις φωτογραφίες 29, 30 και 31 εφαρμόστηκε το ίδιο ακριβώς φίλτρο στα κανάλια 5, 6 και 7 του LANDSAT TM. Στις φωτογραφίες αυτές αποδεικνύεται η σημασία της εφαρμογής του συγκεκριμένου φίλτρου στα κανάλια αυτά, στις δυνατότητες γεωτεκτονικής ερμηνείας τους.





ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 29

Αναδομημένη (resampled) απεικόνιση του καναλιού 5 του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόσθηκε φίλτρο συνέλιξης 5x5 ισχυρού τονισμού των ορίων.

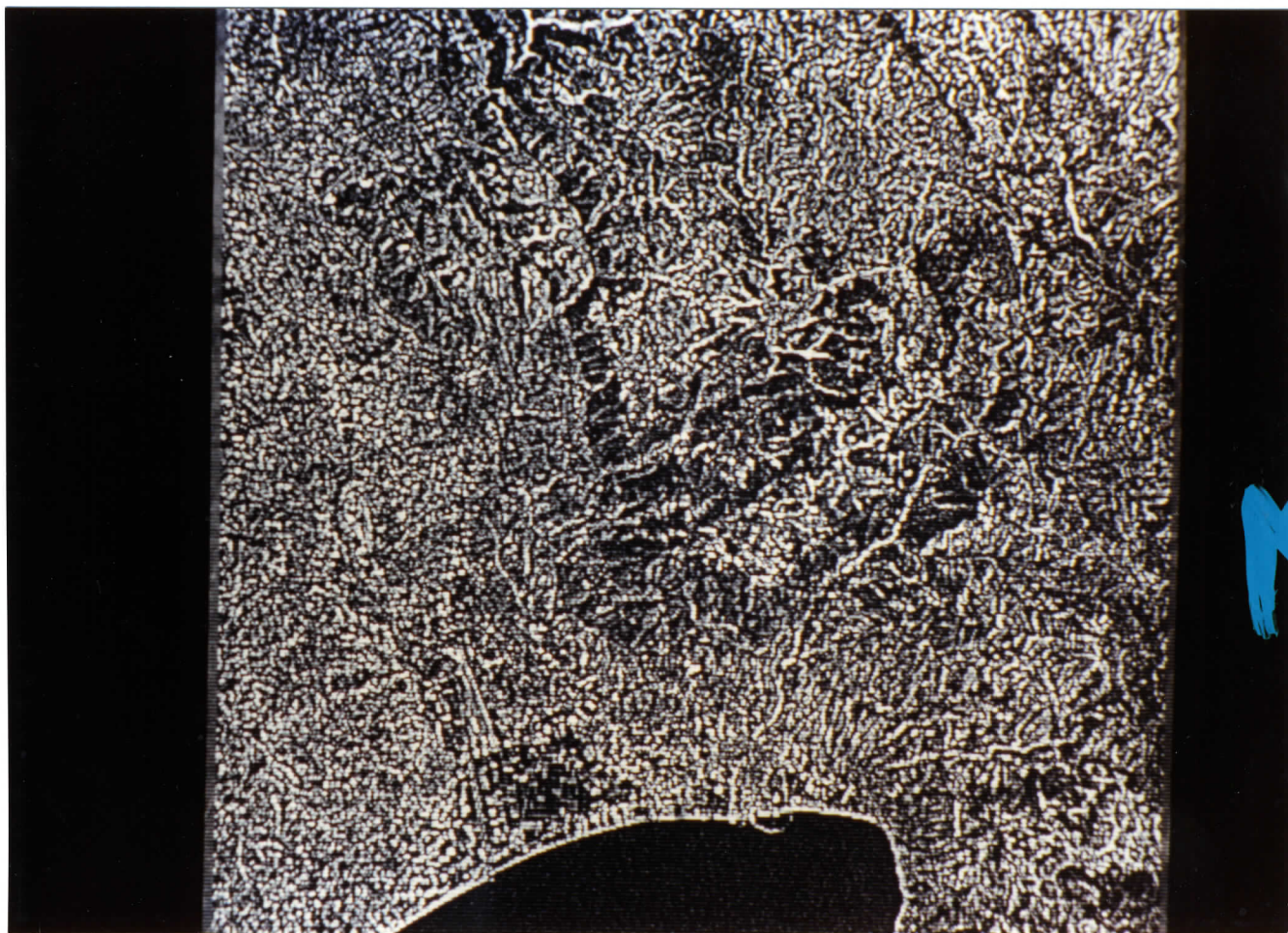




### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 30

Αναδομημένη (resampled) απεικόνιση του θερμικού καναλιού 6 του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόσθηκε φίλτρο συνέλιξης 5x5 ισχυρού τονισμού των ορίων. Κατόπιν οι ψηφιακές τιμές των pixels πολλαπλασιάστηκαν επί 2 για να βελτιωθεί η χαμηλή αντίθεση και η χαμηλή φωτεινότητα της εικόνας και πάλι όμως χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα.

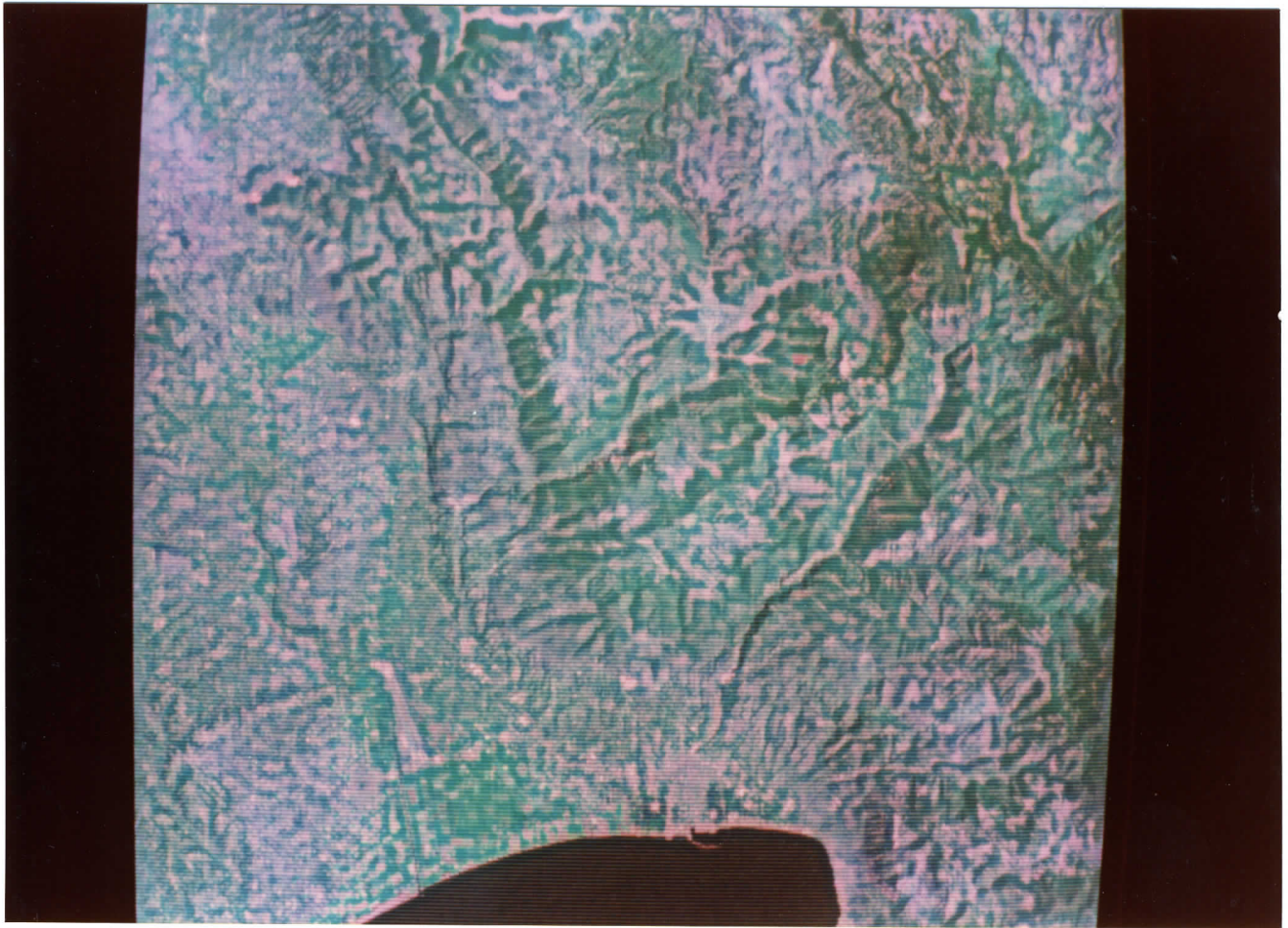




ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 31

Αναδομημένη (resampled) απεικόνιση του καναλιού 7 του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 5x5 ισχυρού τονισμού των ορίων.

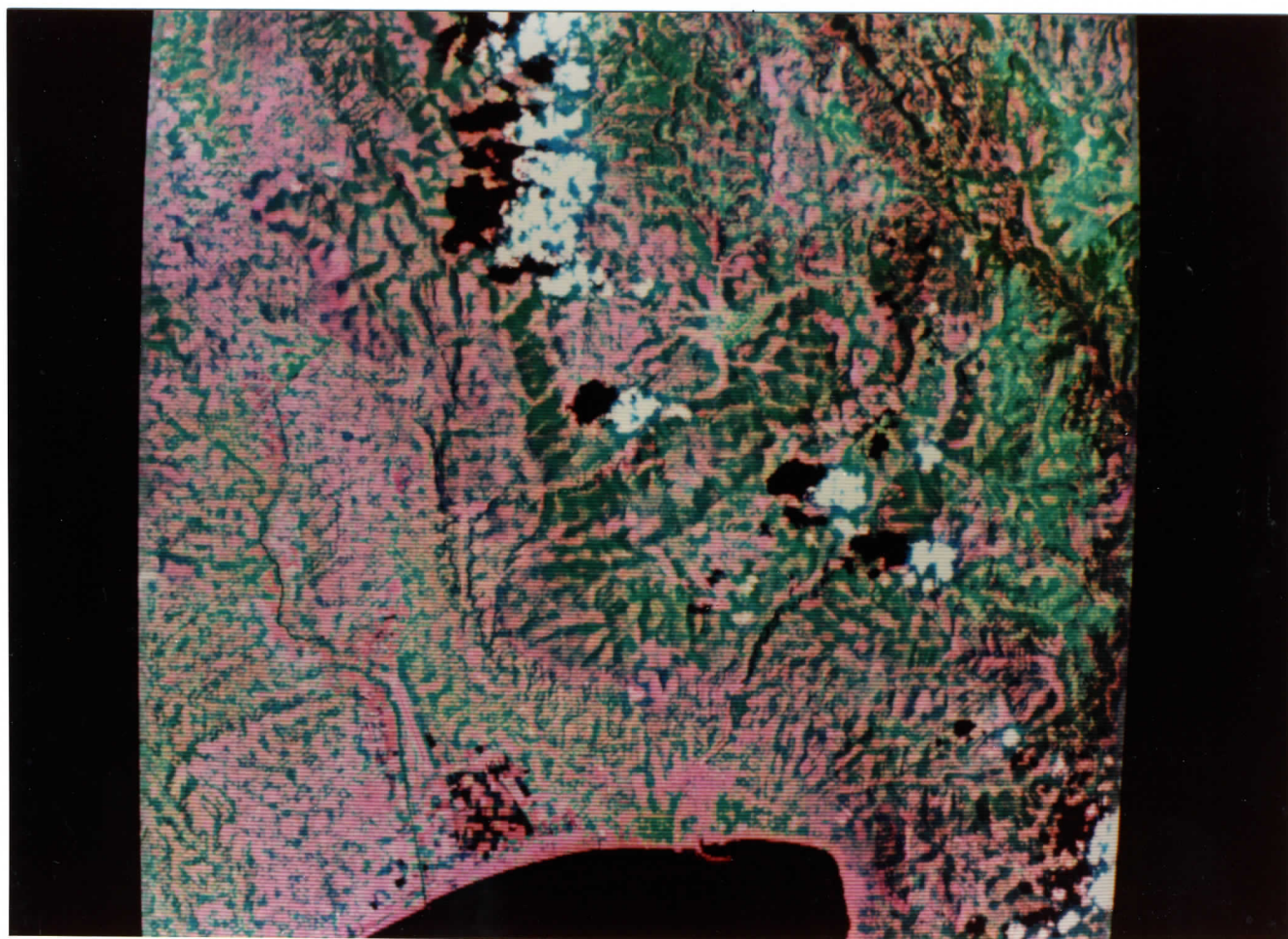




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 32

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 11x11 τονισμού των ορίων μόνο στο κανάλι 7 το οποίο αποδίδεται με το κόκκινο χρώμα στην σύνθεση.

Με το φίλτρο αυτό δεν διαπιστώθηκε τελικά κανένα θετικό αποτέλεσμα. (Βλέπε και φωτογραφία 33).



### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 33

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία αφού έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της εφαρμόσθηκε φίλτρο συνέλιξης 11x11 τονισμού των ορίων μόνο στο κανάλι 7 το οποίο αποδίδεται με το κόκκινο χρώμα στην σύνθεση. Και με την ισοδυναμοποίηση στην πρό του σεισμού λήψη δεν διαπιστώθηκε θετικό αποτέλεσμα στην δυνατότητα ανίχνευσης νέων πιθανών ρηγμάτων.





#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 34

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόστηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 ισχυρού τονισμού των ορίων με διεύθυνση B-N . Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης.

Το φιλτράρισμα αυτό ουσιαστικά προκαλεί διαφόριση της εικόνας κατά την οριζόντια διεύθυνση ενισχύοντας όμως παράλληλα τον θόρυβο της χωρίς όμως και να αναδεικνύει τις "γραμμώσεις" όπως άλλα φίλτρα που χρησιμοποιήσαμε.

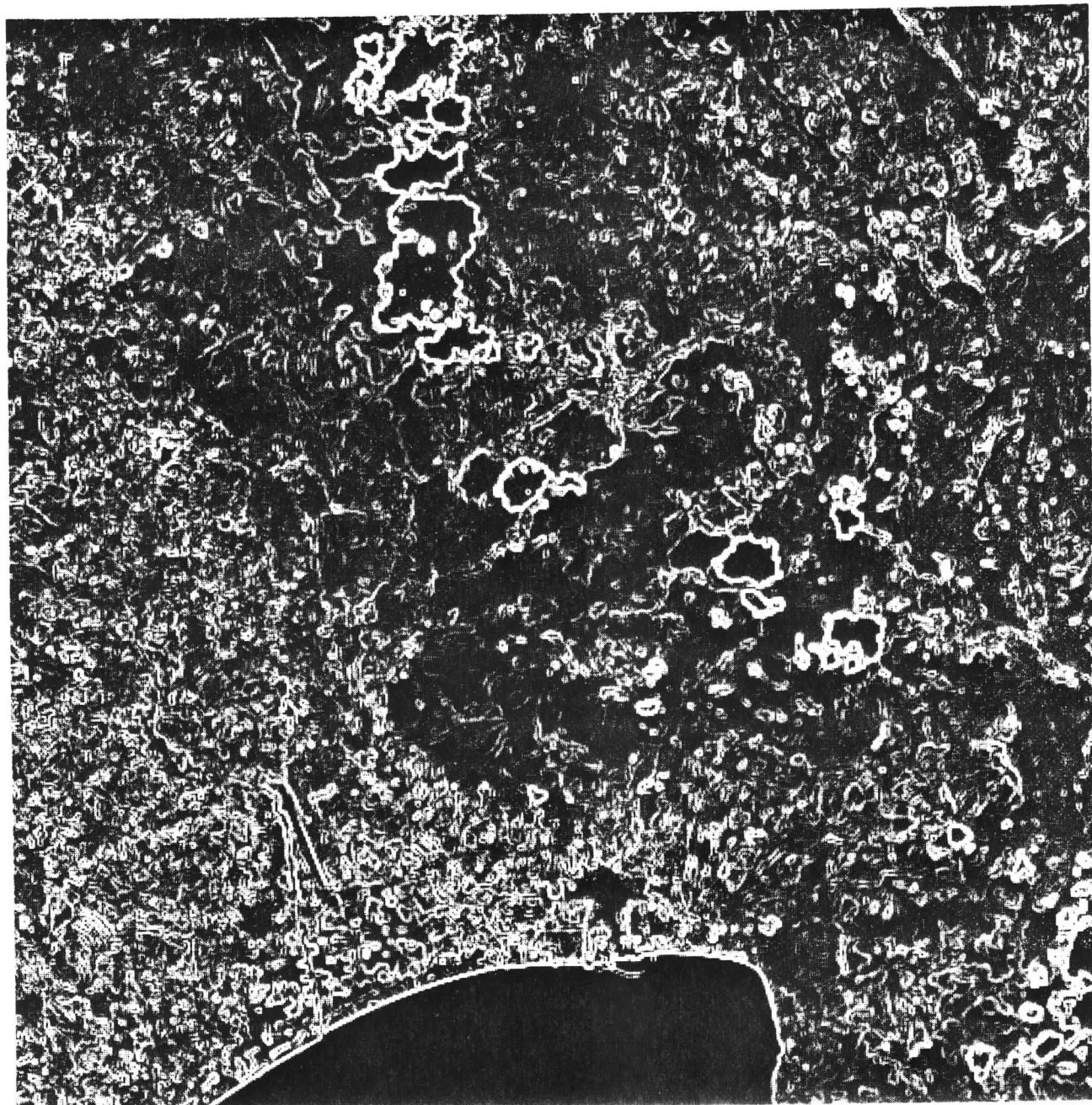




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 35

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, στην οποία εφαρμόσθηκε φίλτρο συνέλιξης 3x3 ισχυρού τονισμού των ορίων με διεύθυνση Α-Δ . Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της σύνθεσης.

Το φιλτράρισμα αυτό ουσιαστικά προκαλεί διαφόριση της εικόνας κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Τονίζει υπερβολικά τον θορυβό της χωρίς όμως να αναδεικνύει τις "γραμμώσεις" όπως άλλα φίλτρα τα οποία χρησιμοποιήσαμε.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 36

Εκτύπωση του αποτελέσματος της εφαρμογής του μη γραμμικού φίλτρου Sobel στην αναδομημένη εικόνα του καναλιού 3 του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, που καλύπτει την περιοχή της έρευνας. Όπως φαίνεται, το φίλτρο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη επιτυχία στην ενίσχυση των γεωτεκτονικών 'γραμμώσεων' αλλά αντίθετα τις υποβαθμίζει αισθητά.





ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 37

Εκτύπωση του εξαιρετικά ικανοποιητικού αποτελέσματος της εφαρμογής πειραματικού μη γραμμικού φίλτρου στην αναδομημένη εικόνα του καναλιού 3 του LANDSAT TM (της 20/8/1987) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m, που καλύπτει την περιοχή της έρευνας. Τονίζονται σε ικανοποιητικό βαθμό, σε σχέση πάντα με παρόμοιες τεχνικές, οι "γραμμώσεις" και τα λοιπά γραμμικά χαρακτηριστικά της εικόνας τα οποία οφείλονται κυρίως στο τοπογραφικό ανάγλυφο και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής χωρίς ταυτόχρονα να παρατηρείται ο ανάλογος υπερτονισμός του θορύβου (βλέπε π.χ. λιμενοβραχίονα του λιμανιού της Καλαμάτας). Η κατακόρυφη μαύρη γραμμή στο δεξί τμήμα της φωτογραφίας οφείλεται σε ατέλεια του αλγορίθμου επεξεργασίας της ψηφιακής απεικόνισης.

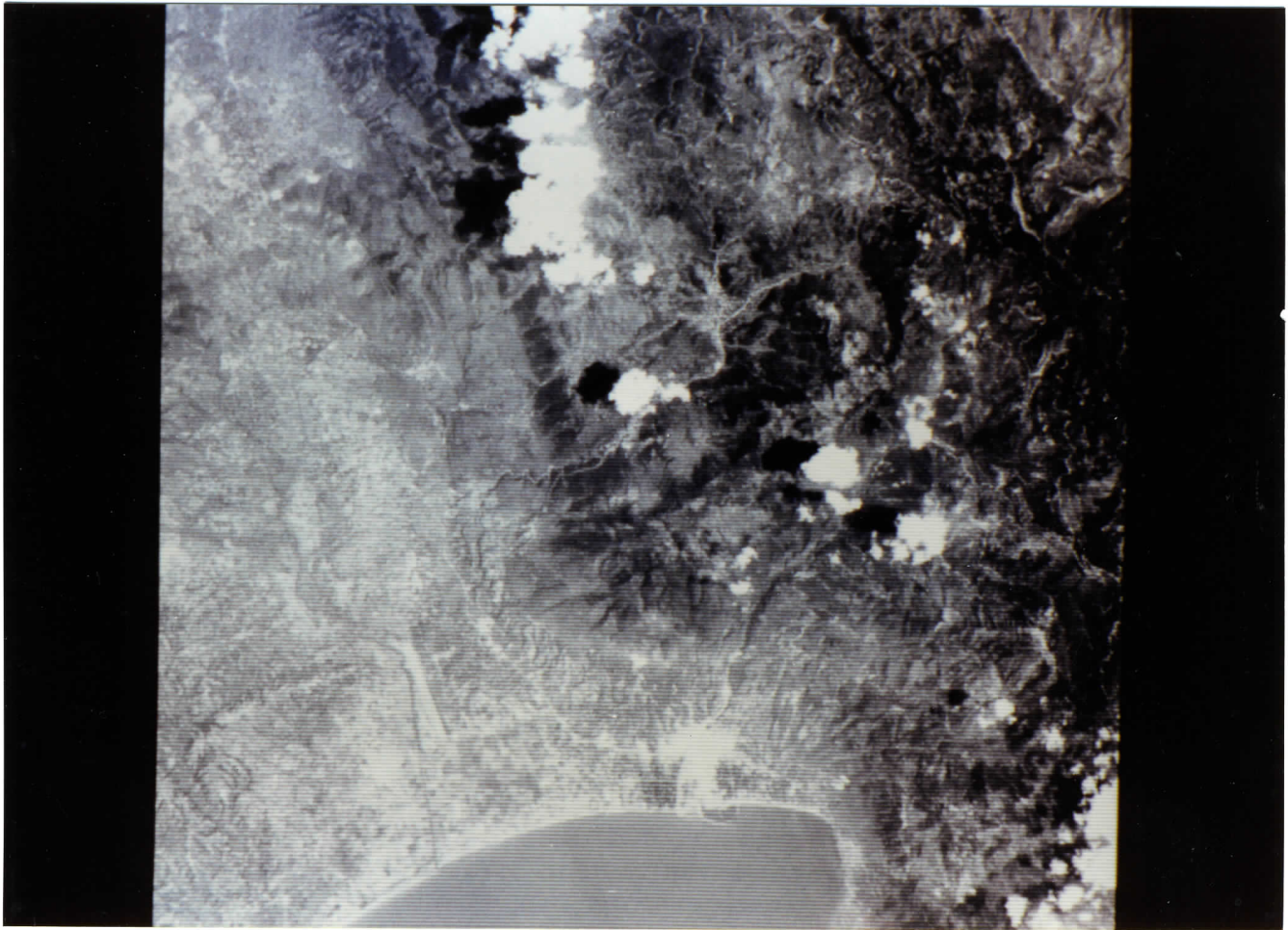
Στην κατεύθυνση βελτίωσης του αλγορίθμου αυτής της ψηφιακής επεξεργασίας θα πρέπει να καταβληθεί σημαντική ερευνητική προσπάθεια.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 38

Η Hue συνιστώσα της ψευδοχρωματικής σύνθεσης των καναλιών 1 - 2 - 3 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m όπως αυτή προέκυψε από τον μετασχηματισμό RGB -> HIS. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης, χωρίς όμως καθόλου ικανοποιητικά αποτελέσματα.





#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 39

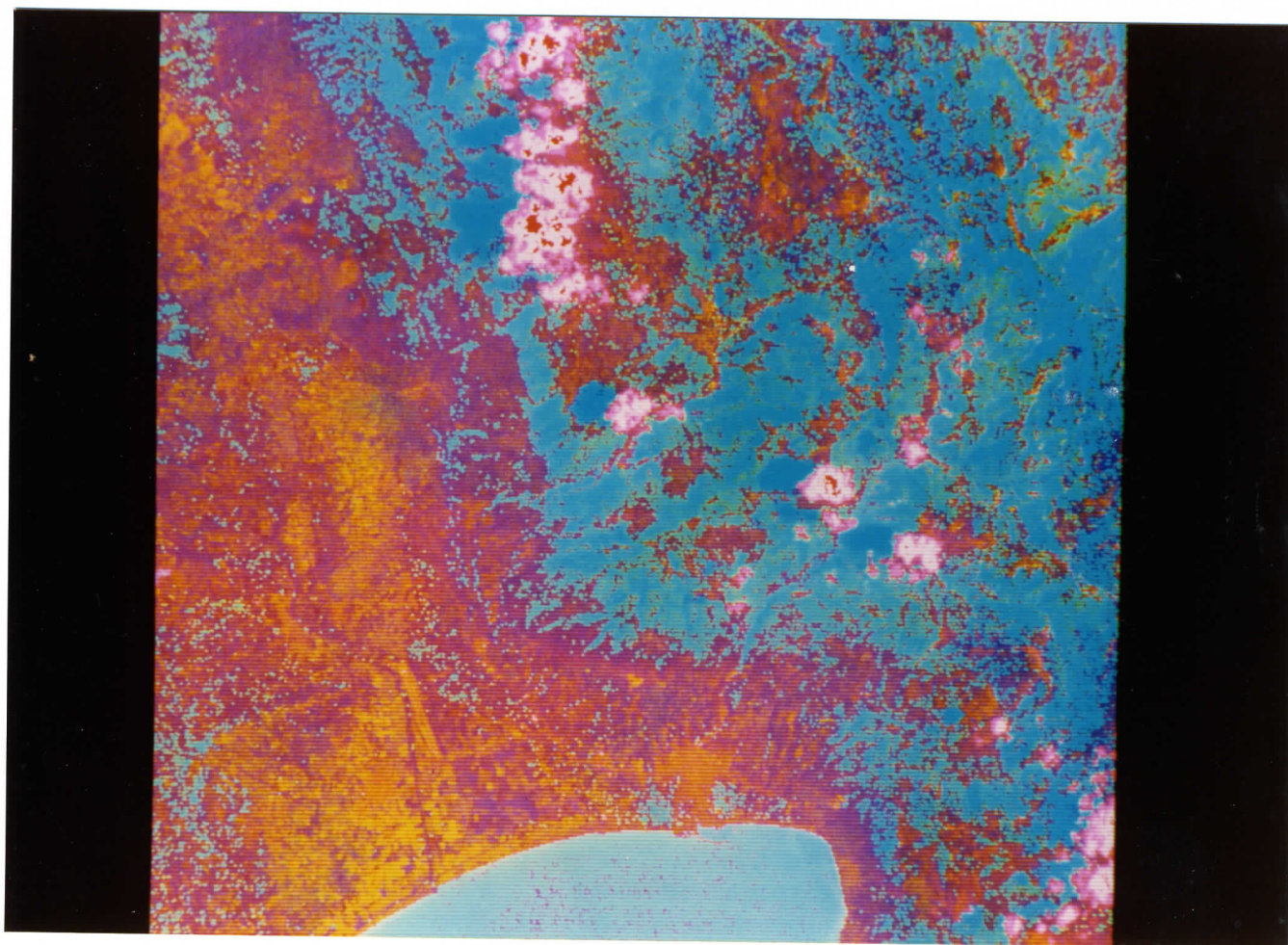
Η Intensity συνιστώσα της ψευδοχρωματικής σύνθεσης των καναλιών 1 - 2 - 3 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60m όπως αυτή προέκυψε από τον μετασχηματισμό RGB -> HIS. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης και πάλι χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα.





ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 40

Η Saturation συνιστώσα της ψευδοχρωματικής σύνθεσης των καναλιών 1 - 2 - 3 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60m όπως αυτή προέκυψε από τον μετασχηματισμό RGB -> HIS. Κατόπιν έγινε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος της απεικόνισης και εδώ χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα.

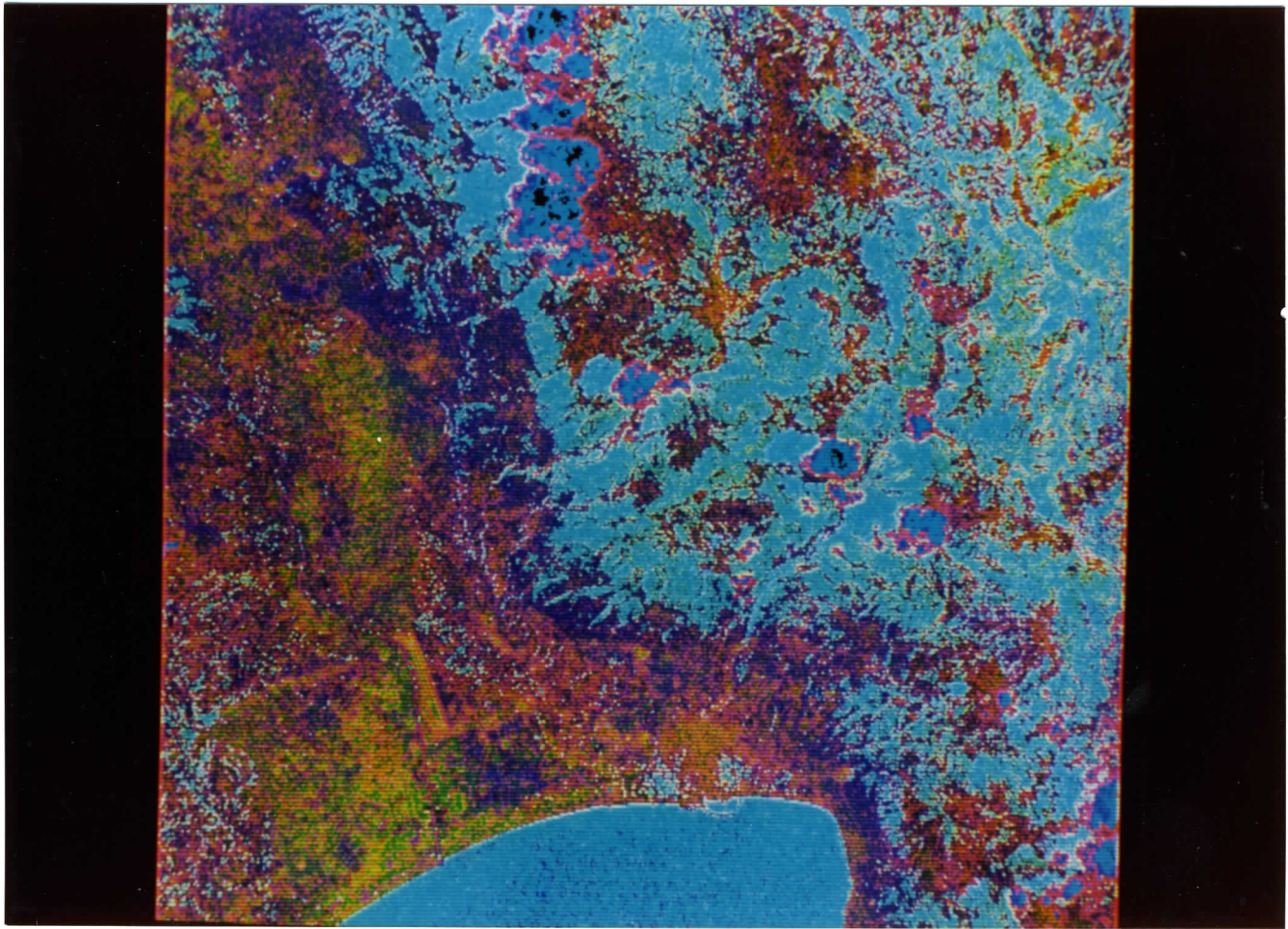


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 41

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των παράγωγων απεικονίσεων Intensity, Hue, Saturation (Red - Green - Blue) που προέρχονται από τα αρχικά κανάλια 1 - 2 - 3 του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m. Για οπτική βελτίωση της εικόνας ακολούθησε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος κάθε συνιστώσας (HIS).

Με τη χρωματική αυτή σύνθεση παρατηρείται ο γενικός διαχωρισμός των "μαλακών πετρωμάτων" (αποχρώσεις του κίτρινου και του μώβ) σε σχέση με τα "σκληρά πετρώματα" (αποχρώσεις του γαλάζιου). (Βλέπε και φωτογραφία 42). Ο διαχωρισμός αυτός μπορεί "δυνάμει" να θεωρηθεί εμμέσως υποβοηθητικός για ανίχνευση νέων πιθανών ρηγμάτων.

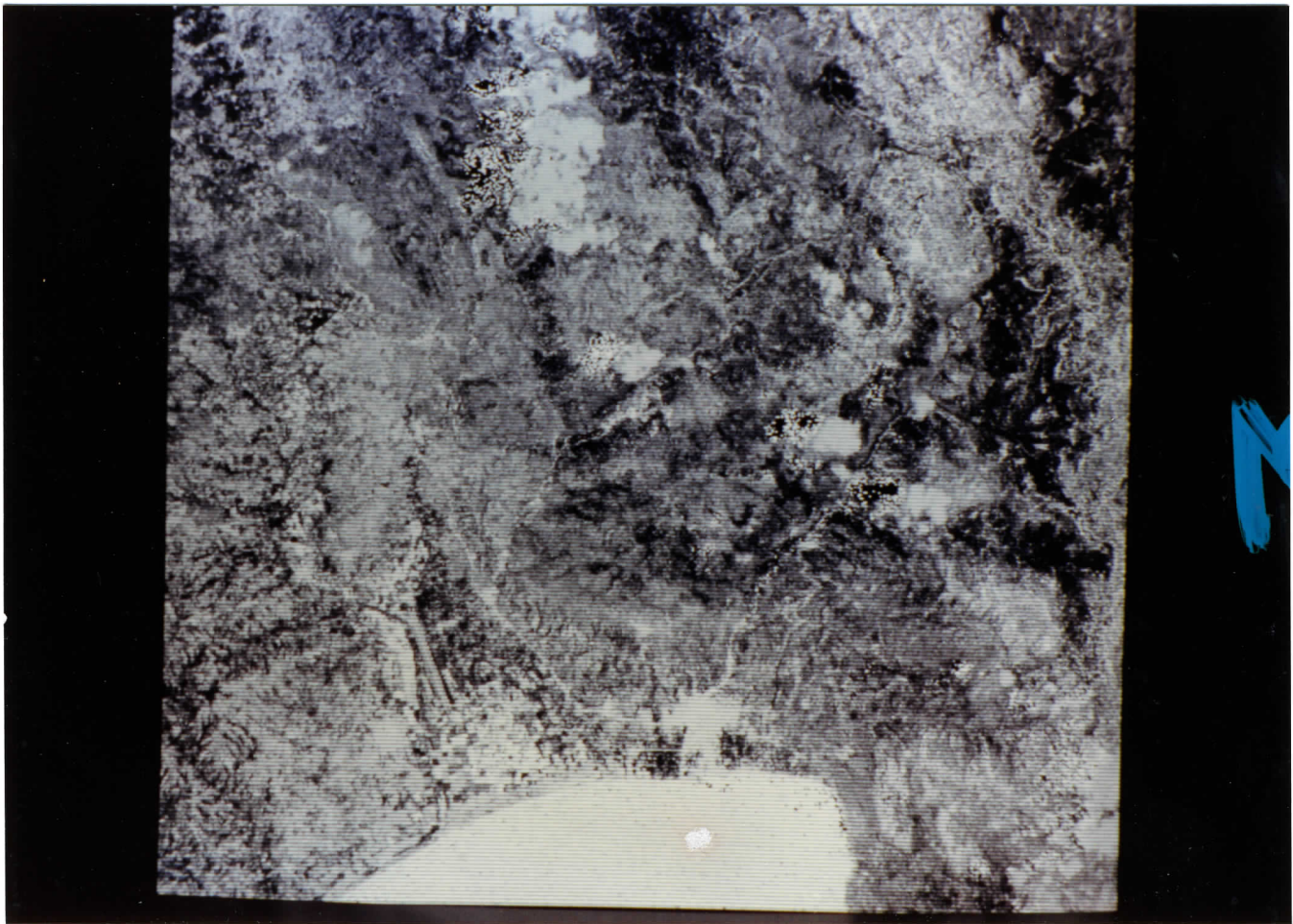




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 42

Σε αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των καναλιών 7 - 4 - 5 (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60m έγινε μετασχηματισμός στις HIS χρωματικές συνιστώσες. Κατόπιν έγινε χωρικό φιλτράρισμα συνέλιξης μόνο στην συνιστώσα της φωτεινότητας (Intensity) με πυρήνα τονισμού των ορίων 3x3 και τελικά εφαρμόστηκε ο αντίστροφος μετασχηματισμός (HIS -> RGB) ώστε να επανέλθει η απεικόνιση στην αρχική ψευδοχρωματική σύνθεση. Και αυτή η τεχνική δεν έδωσε θετικά αποτελέσματα στην ενίσχυση των γραμμώσεων.

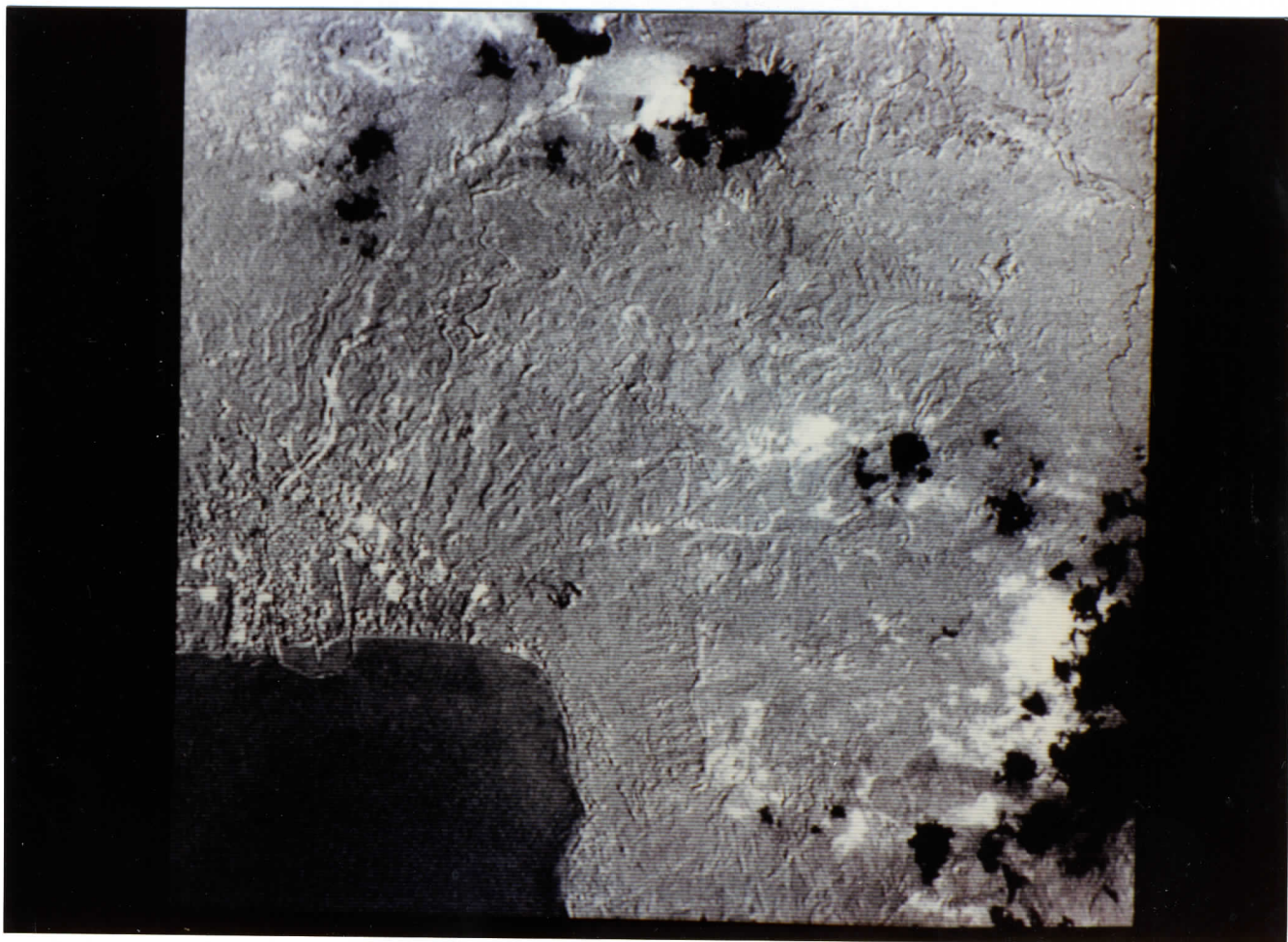




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 43

Απεικόνιση του απλού λόγου των καναλιών 7 / 6 του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m. Μετά την εφαρμογή του λόγου έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας.

Με το λόγο καναλιών της ίδιας λήψης, μειώνεται η αίσθηση του τοπογραφικού αναγλύφου και δεν αναδεικνύονται κατ' ανάγκη οι γραμμώσεις τεκτονικού ενδιαφέροντος.

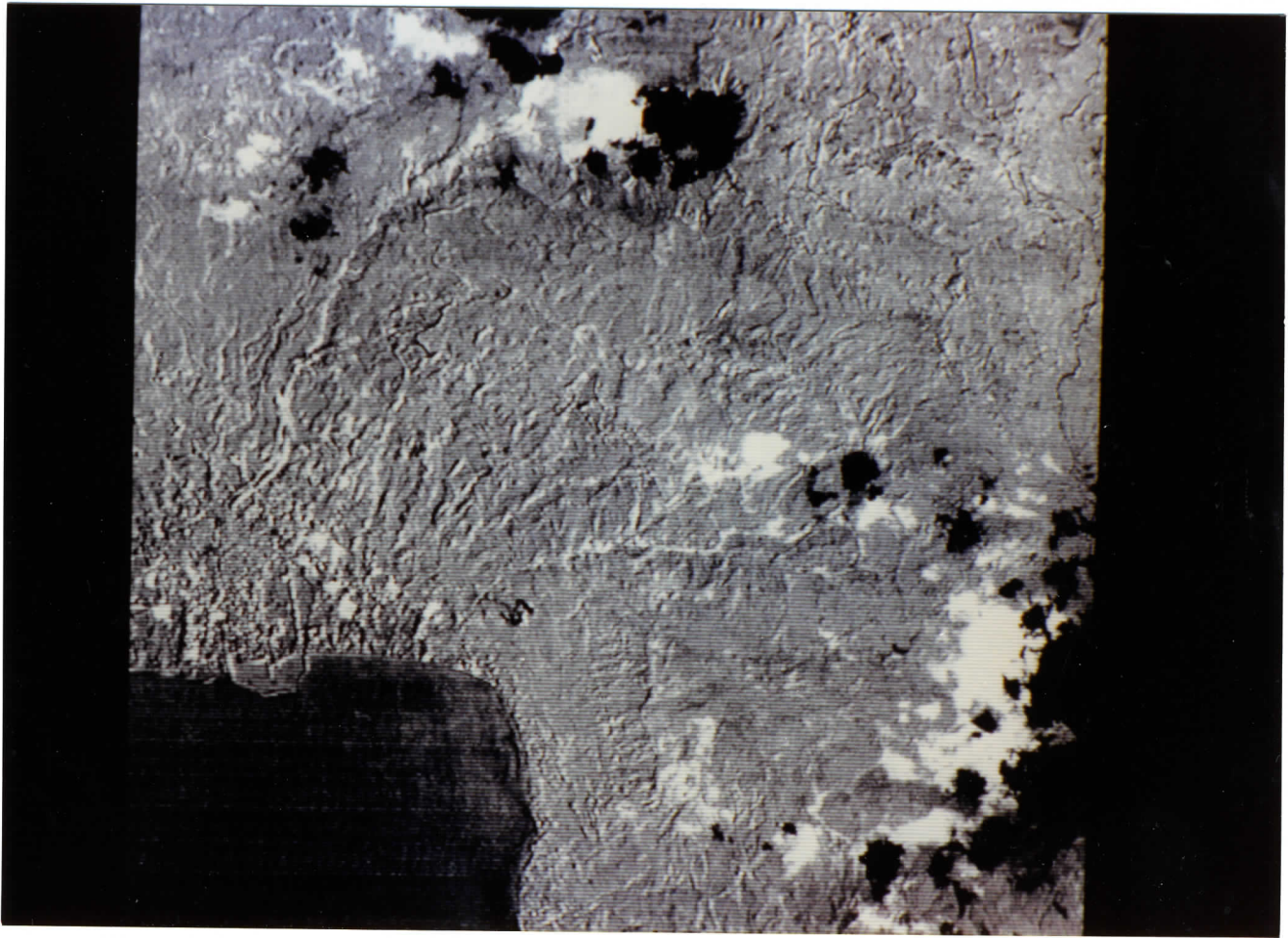


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 44

Απεικόνιση του τροποποιημένου λόγου των καναλιών 1 / 1' του LANDSAT TM με μέγεθος pixel ίσο με 30 m, όπου το τονούμενο κανάλι αναφέρεται στην λήψη της 29/5/1986 (πριν τον μεγάλο σεισμό της 13/9/1986) και το άτονο στην λήψη της 20/8/1987 (μετά τον σεισμό). Μετά την εφαρμογή του λόγου έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας. Η ψηφιακή αυτή επεξεργασία έδωσε ικανοποιητικά για την έρευνά μας αποτελέσματα.

Με τον λόγο των αντίστοιχων καναλιών, διαφορετικής όμως εποχής λήψης, εκτός από τη μείωση της αίσθησης του τοπογραφικού αναγλύφου, παρατηρείται και σημαντικός τονισμός των γραμμώσεων - πιθανών ρηγμάτων. Στο κέντρο της φωτογραφίας, όπου περίπου βρίσκεται το Ελαιοχώρι, καθώς και νοτιότερα, προς το Καλάθιο όρος, παρατηρείται πλέγμα παράλληλων γραμμώσεων με διευθύνσεις περίπου ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ. (Βλέπε και φωτογραφία 45).

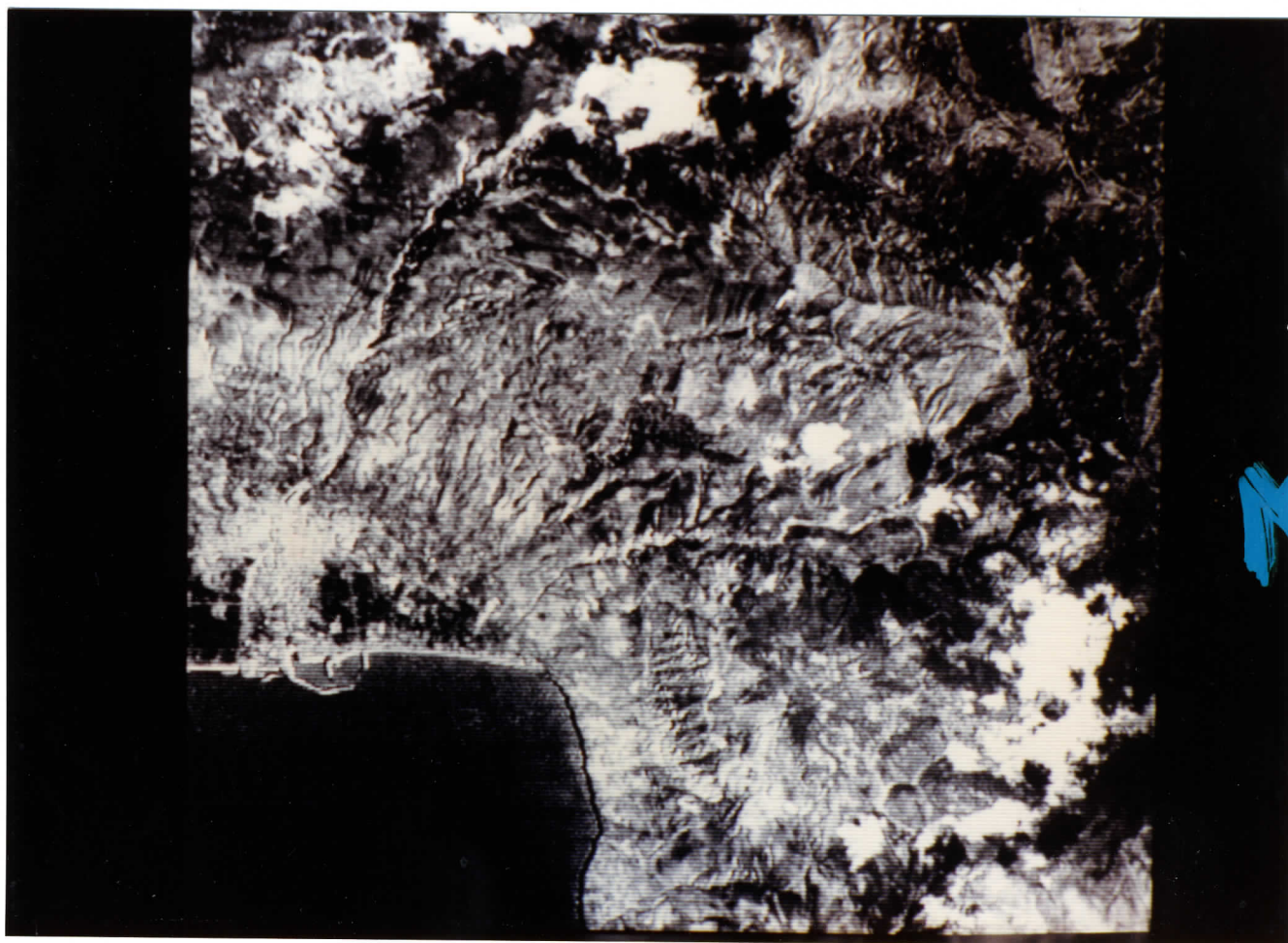




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 45

Απεικόνιση του τροποποιημένου λόγου των καναλιών 2 / 2' του LANDSAT TM με μέγεθος pixel ίσο με 30 m, όπου το τονούμενο κανάλι αναφέρεται στην λήψη της 29/5/1986 (πριν τον μεγάλο σεισμό της 13/9/1986) και το άτονο στην λήψη της 20/8/1987 (μετά τον σεισμό). Μετά την εφαρμογή του λόγου έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας. Και αυτή η ψηφιακή επεξεργασία έδωσε ικανοποιητικά για την έρευνά μας αποτελέσματα.

Με τον λόγο των αντίστοιχων καναλιών, διαφορετικής όμως εποχής λήψης, εκτός από τη μείωση της αίσθησης του τοπογραφικού αναγλύφου, παρατηρείται και σημαντικός τονισμός των γραμμώσεων - πιθανών ρηγμάτων.

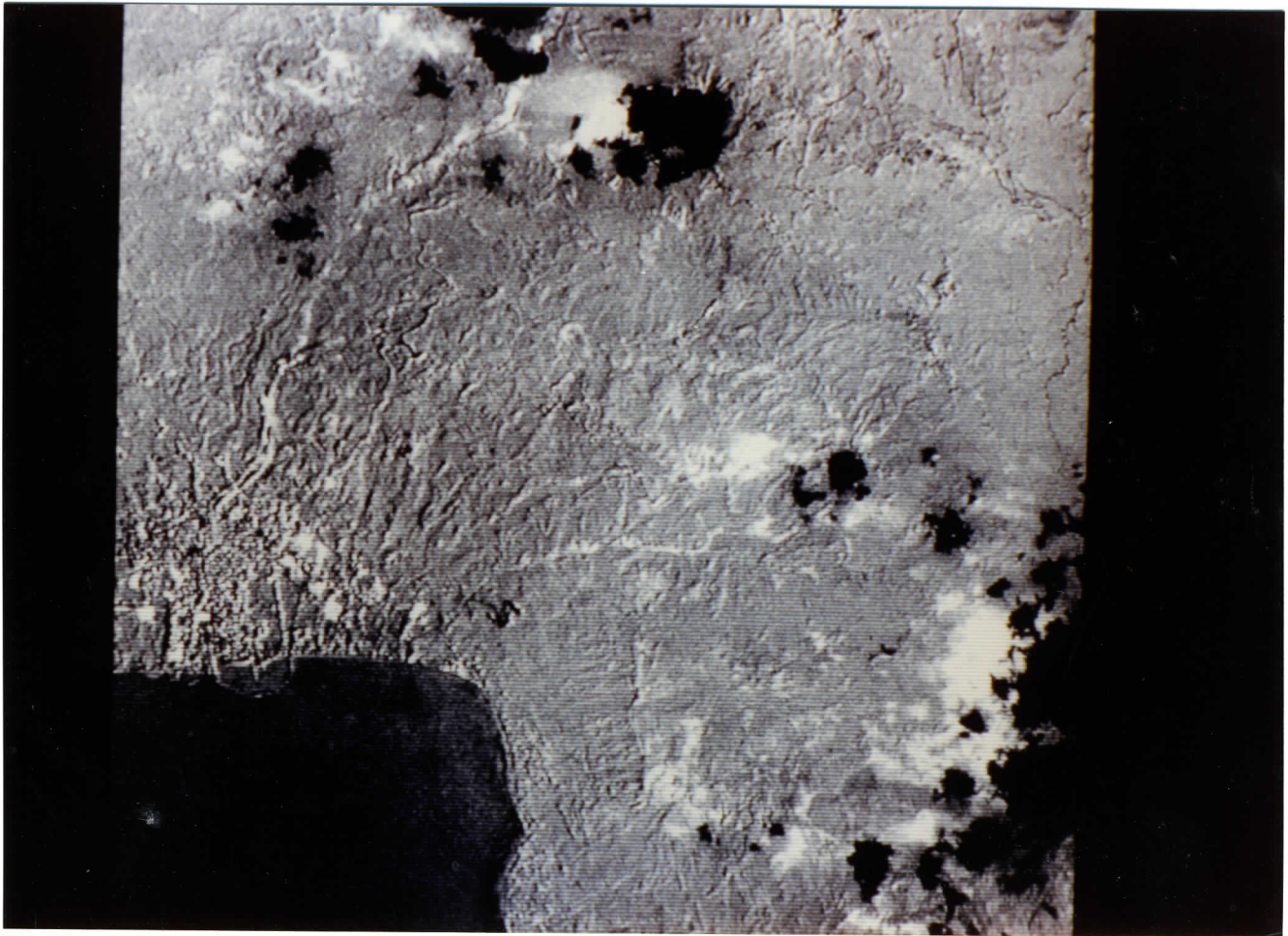


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 46

Απεικόνιση του τροποποιημένου λόγου των καναλιών 5 / 4' του LANDSAT TM με μέγεθος ρίχελ ίσο με 30 m, όπου το τονούμενο κανάλι αναφέρεται στην λήψη της 29/5/1986 (πριν τον μεγάλο σεισμό της 13/9/1986) και το άτονο στην λήψη της 20/8/1987 (μετά τον σεισμό). Μετά την εφαρμογή του λόγου έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας.

Σε σχέση με τις επεξεργασίες οι οποίες εφαρμόστηκαν και παρουσιάζονται στις φωτογραφίες 44 και 45, ο λόγος διαφορετικών καναλιών, διαφορετικών εποχών λήψης, δεν δίνει το ίδιο ικανοποιητικά αποτελέσματα.

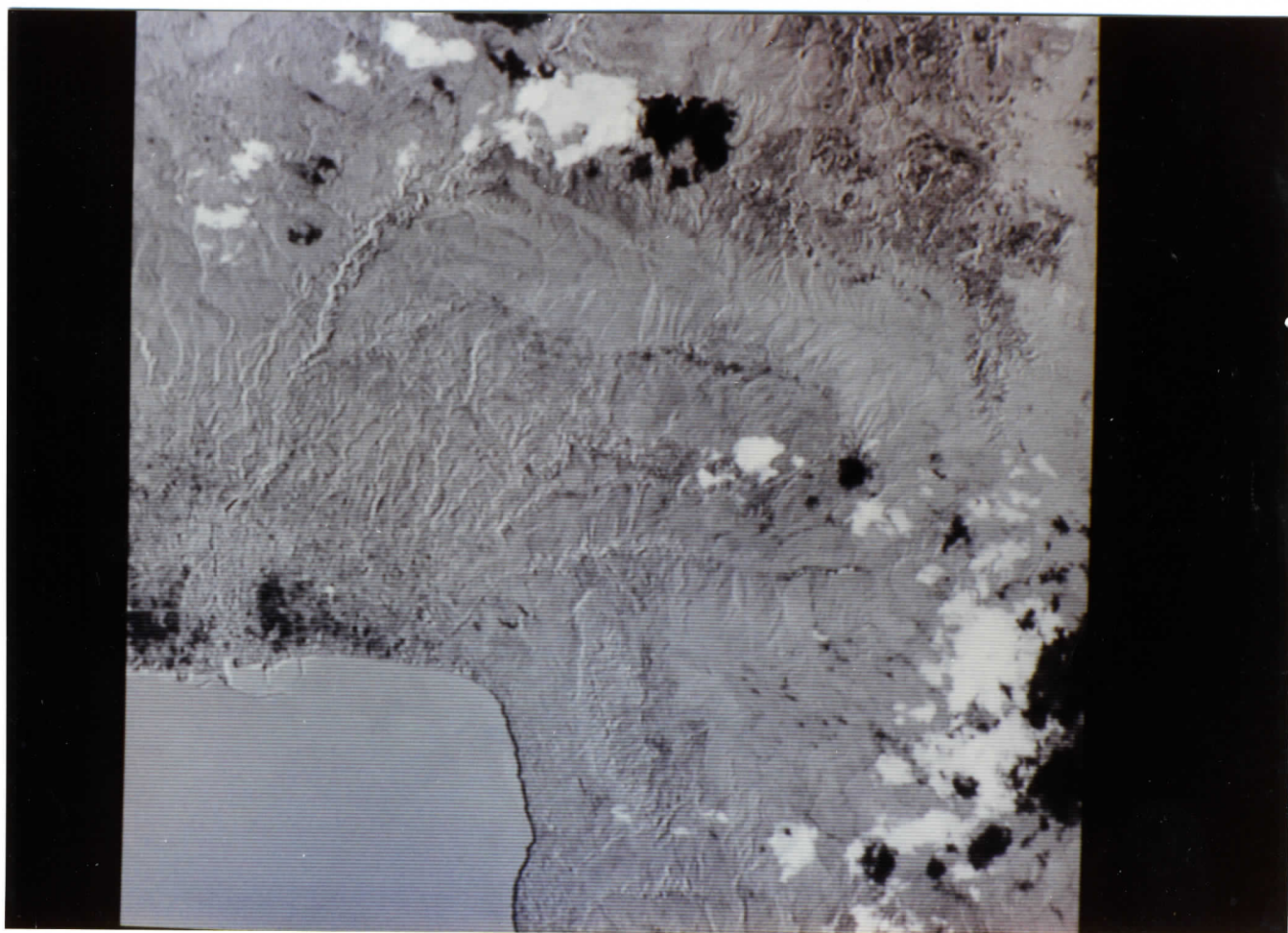




#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 47

Απεικόνιση της τροποποιημένης διαφοράς των καναλιών 1 - 1' του LANDSAT TM με μέγεθος pixel ίσο με 30 m, όπου το τονούμενο κανάλι αναφέρεται στην λήψη της 29/5/1986 (πριν τον μεγάλο σεισμό της 13/9/1986) και το άτονο στην λήψη της 20/8/1987 (μετά τον σεισμό). Μετά την εφαρμογή της διαφοράς έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας.

Η ψηφιακή τεχνική της διαφοράς αντίστοιχων καναλιών, διαφορετικής εποχής λήψης δίνει παραπλήσια αποτελέσματα με το λόγο των ίδιων καναλιών. (Βλέπε φωτογραφία 44).



#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 48

Απεικόνιση της τροποποιημένης διαφοράς των καναλιών 4 - 4' του LANDSAT TM με μέγεθος pixel ίσο με 30 m, όπου το τονούμενο κανάλι αναφέρεται στην λήψη της 29/5/1986 (πριν τον μεγάλο σεισμό της 13/9/1986) και το άτονο στην λήψη της 20/8/1987 (μετά τον σεισμό). Μετά την εφαρμογή της διαφοράς έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας.

Η επιλογή των κατάλληλων καναλιών, για την εφαρμογή της τροποποιημένης διαφοράς τους, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο (σύγκρινε με φωτογραφία 47) στην επιτυχία ενίσχυσης των γραμμώσεων, πάντοτε σε σχέση με την ενίσχυση του θορύβου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι γραμμώσεις στην περιοχή του Καλάθιου όρους (νότια-κεντρική περιοχή της φωτογραφίας) όπου εμφανίζονται ως πλέγμα παράλληλων γραμμώσεων με περίπου ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και μάλιστα προσθετικά κι ενισχυτικά προς όσες διαπιστώθηκαν με τις επεξεργασίες διαφορών και λόγων των καναλιών 1 και 2 του LANDSAT TM.



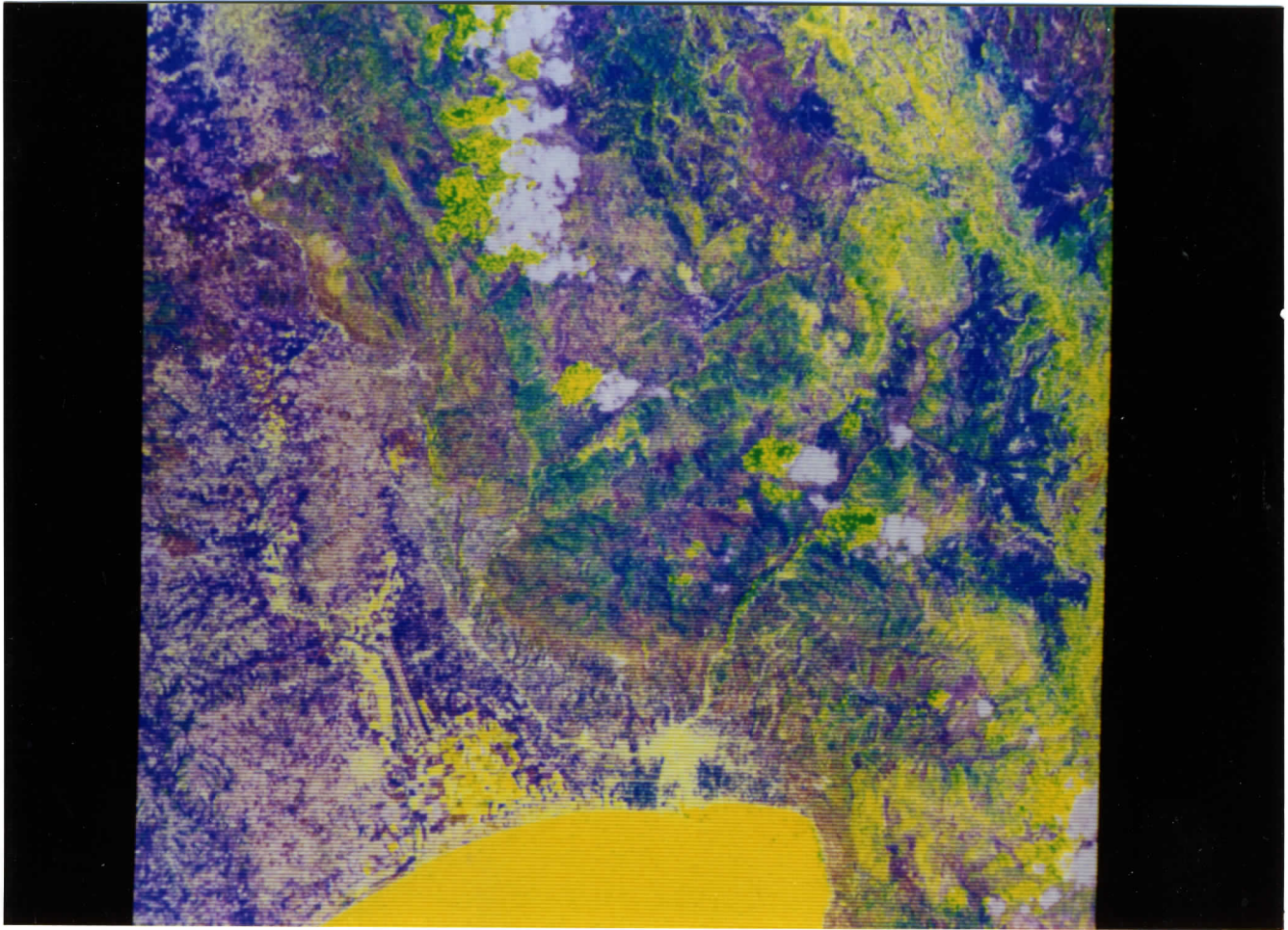


#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 49

Απεικόνιση της τροποποιημένης διαφοράς των καναλιών 7 - 5 του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m. Μετά την εφαρμογή της διαφοράς έγινε ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας.

Η τροποποιημένη διαφορά καναλιών της ίδιας εποχής λήψης δεν παρουσιάζει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ενίσχυση των γραμμώσεων τεκτονικού χαρακτήρα.





#### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 50

Αναδομημένη (resampled) ψευδοχρωματική σύνθεση των παράγωγων απεικονίσεων A, B, Γ (Red - Green - Blue) του LANDSAT TM (της 29/5/1986) με μέγεθος pixel ίσο με 60 m. Για βελτίωση των συνθηκών οπτικής φωτοερμηνείας της εικόνας πραγματοποιήθηκε η ισοδυναμοποίηση του ιστογράμματος.

$$\begin{aligned} \text{όπου } A &= 128 * [(\text{κανάλι } 7) / ((\text{κανάλι } 6) + 1)] \\ B &= 128 + [((\text{κανάλι } 7) - (\text{κανάλι } 5)) / 2] \\ \Gamma &= (\text{κανάλι } 4) \end{aligned}$$

Με την σύνθεση αυτή επιχειρήθηκε η αξιοποίηση των θετικών χαρακτηριστικών επιμέρους ψηφιακών επεξεργασιών χωρίς όμως τα λογικά αναμενόμενα "δυνάμει" ικανοποιητικά αποτελέσματα στη γεωτεκτονική έρευνα. Η σύνθεση αυτή θα πρέπει να διερευνηθεί διεξοδικότερα για μια σειρά άλλων εφαρμογών.