



**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ)  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ  
ΧΑΝΙΩΝ



**Παπαδημητρίου Παναγιώτης**

**Περδικούλης Ιωάννης**

**Εισηγήτρια: Δρ. Κούλη Μαρία**

**ΧΑΝΙΑ**  
**2008**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	8
1.1 . ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	8
1.2 ΨΗΦΙΑΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	9
1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	9
1.2.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	10
1.3 ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΨΗΦΙΔΩΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	15
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΣΠ.....	16
2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	18
2.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (COMPONENTS) ΕΝΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	19
2.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ(HARDWARE).....	20
2.3.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (SOFTWARE).....	20
2.3.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ (DATA).....	21
2.3.4 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ.....	23
2.3.5 ΜΕΘΟΔΟΣ.....	23
2.4 ΔΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	24
2.4.1. ΔΟΜΗ ΚΑΝΝΑΒΟΥ (RASTER).....	24
2.4.2 ΔΟΜΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ (VECTOR).....	27
2.5 ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	30
2.5.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Ψ.Μ.Ε.....	31
2.5.2 ΕΙΔΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	32
2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΣΠ.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	37
3.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΥΠΟΒΑΘΡΑ,Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΓΣΑ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ.....	37
3.2 ΦΥΣΙΚΗ ΓΗΙΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΕΣ.....	37
3.2.1 ΣΦΑΙΡΟΕΙΔΗΣ ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑ.....	38
3.2.2 ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	38
3.2.3 Η ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΙ Η ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	39
3.3 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	40
3.4 ΤΟ ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	41
3.4.1 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Ε.Μ.Π. (U.T.M.).....	41
3.4.2 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΣΑ'87.....	43
3.5 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	44
3.5.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ.....	44
3.6 ΠΗΓΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ.....	45
3.6.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΣΤΡΑΤΟΥ (Γ.Υ.Σ.).....	45
3.6.2 ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (Ε.Σ.Υ.Ε.).....	46
3.6.3 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΚΤΗΜΑΤΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (Υ.Κ.Χ.Ε.).....	46
3.6.4 ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ (Ι.Γ.Μ.Ε.).....	46
3.6.5 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ (ΥΠΓΕ).....	47
3.6.6 ΚΤΗΜΑΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ.....	47
3.6.7 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (ΥΕΝ).....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	48
4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ.....	48

4.1.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΡΗΤΗΣ.....	48
4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ.....	55
4.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	59
4.3.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARCGIS-ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ Γ.Σ.Π.....	63
5.1 ΤΟ ARCGIS 9 DESKTOP.....	63
5.1.1 ARC CATALOG.....	64
5.1.2 ARCMAP.....	66
5.1.3 ARC TOOLBOX.....	68
5.2 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	68
5.2.1 ΣΑΡΩΣΗ – ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ.....	68
5.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	86
6.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	86
6.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ.....	90
6.2.1 ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ.....	92
6.3 ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100
ΠΗΓΕΣ ΑΠ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	100
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	101

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών της Δυτικής Κρήτης και συγκεκριμένα του Νομού Χανίων, βασιζόμενο στο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής και κατ'επέκταση η χωρική και θεματική ανάλυση των ψηφιοποιημένων επιπέδων πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα ψηφιοποιήθηκαν οι γεωλογικοί χάρτες της περιοχής, τους οποίους μας παρέιχε το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) και δημιουργήθηκαν δύο αρχικά επίπεδα πληροφορίας, ένα πολυγωνικό επίπεδο με την γεωλογία και ένα γραμμικό με τα τεκτονικά ρήγματα της περιοχής.

Εδώ, θα πρέπει να τονιστεί η «ευελιξία» του λογισμικού ArcGIS, με τη βοήθεια του οποίου έγινε η διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων από τα δύο επίπεδα πληροφοριών ταυτόχρονα και προέκυψαν δευτερογενώς νέα επίπεδα πληροφοριών.

Η συνδυασμένη χρήση των διαφόρων επιπέδων πληροφοριών GIS έδωσε την δυνατότητα να υπολογιστούν γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως το εμβαδόν και η περίμετρος που καταλαμβάνει κάθε γεωλογικός σχηματισμός, το μήκος των ρηγμάτων που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης, καθώς και να ελεγχθεί η σχέση μεταξύ γεωλογικών σχηματισμών και κύριων τεκτονικών γραμμών. Κατά το τελικό στάδιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, δημιουργήθηκαν θεματικοί χάρτες.

## Abstract

The aim of the current undergraduate thesis is the development of a Geographic Information System (GIS) in the Chania Prefecture of Western Crete. The geological regime of the study area was depicted in a GIS framework with further aim the spatial analysis of several thematic layers. For this reason, the geological maps of the area were digitized and two different layers, the polygonal geology layer and the linear fault layer were created. For the digitization, analysis and manipulation of the available data, the ArcGIS software was used. With the combination of the several thematic layers, several geometrical characteristics of the geological formations as well as of the tectonic structures were calculated, such as length, area, perimeter. Finally, several thematic maps were produced depicting the spatial relationship between geological formations and tectonic lineaments.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

*"Οι χάρτες, όπως και τα πρόσωπα, είναι η υπογραφή της Ιστορίας" (Γουίλ Ντυράν, Αμερικάνος ιστορικός)*

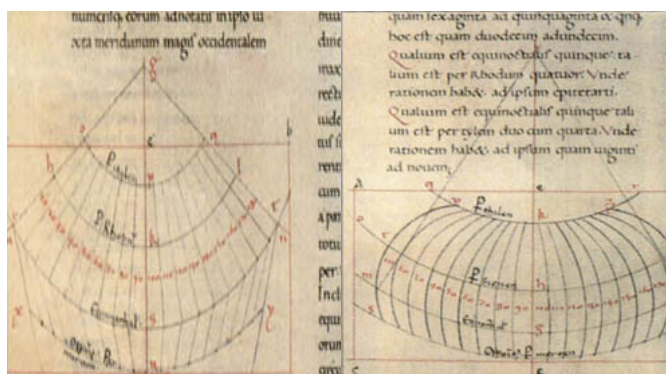
Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ) αναπτύχθηκαν και εξελίχθηκαν μέσα στους αιώνες μέσω της δημιουργίας χαρτών και της συλλογής γεωγραφικών πληροφοριών και αποθήκευσής τους σε καταχωρητές. Οι πρώτοι γνωστοί χάρτες σχεδιάστηκαν πάνω σε περγαμινές για να δείξουν τα χρυσωρυχεία του Κοππές κατά τη διάρκεια της βασιλείας του Ραμσύ II της Αιγύπτου (1292-1225 π.Χ.). Ίσως νωρίτερα, οι Βαβυλώνιοι με επιγραφές σφηνοειδούς γραφής να περιέγραφαν τον τότε γνωστό κόσμο.

Αργότερα, γύρω στο 300 π.Χ οι αρχαίοι Έλληνες συνέταξαν τους πρώτους πραγματικούς χάρτες χρησιμοποιώντας ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων. Περίπου 100 χρόνια αργότερα, ο Έλληνας μαθηματικός, αστρολόγος και γεωγράφος Ερατοσθένης (276-194 π.Χ.) κορυφαίος εκπρόσωπος της μαθηματικής γεωγραφίας της ελληνιστικής περιόδου που έδρασε στην Αλεξάνδρεια τον 3ο αιώνα π.Χ έβαλε τα θεμέλια της επιστημονικής χαρτογραφίας αναδείχθηκε ο ιδρυτής της επιστήμης της γεωδαισίας, αφού το κυριότερο επίτευγμά του θεωρείται η μέτρηση της περιφέρειας της γης (40550 χιλιόμετρα), η οποία προσεγγίζει την πραγματική τιμή (σύγχρονες μετρήσεις) κατά 500 χιλιόμετρα περίπου (40075 χιλιόμετρα), περιγράφοντας τον χάρτη της οικουμένης με ορθογώνιο σύστημα αναφοράς από μεσημβρινούς και παραλλήλους.

Αρκετά χρόνια αργότερα ένας από τους πιο γνωστούς παγκόσμιους χάρτες δημιουργήθηκε από τον Κλαούντιο Πτολεμαίο (90-168 μ.Χ.), αστρονόμο και γεωγράφο που έζησε και εργάστηκε στην Αλεξάνδρεια του 2ο μ.Χ. αιώνα (γύρω στο 160 μ.Χ.). Το έργο του, η "Γεωγραφική Υφήγησις" ήταν η επιτομή όλης της γεωγραφικής γνώσης του αρχαίου κόσμου, και αποτέλεσε δίαυλο μεταφοράς γνώσης στον σύγχρονο κόσμο. Ο Πτολεμαίος, κάνοντας κριτική στο έργο του Ερατοσθένη, ο οποίος είχε κάνει χρήση ορθογωνίας προβολής για να αποδώσει σε επίπεδο σχέδιο την κυρτή επιφάνεια της γης, προτείνει την κωνική προβολή, η οποία κατά την άποψη του ήταν περισσότερο αληθοφανής.

Η προβολή αυτή είχε δύο εκδόσεις: την απλή κωνική προβολή, η οποία "έσχιζε" τους μεσημβρινούς στην περιοχή του ισημερινού (για να αποφύγει τις μεγάλες παραμορφώσεις του νότιου ημισφαιρίου), καθώς και την κυκλοειδή κωνική προβολή, μια δύσκολα κατασκευάσιμη χαρτογραφική προβολή, η οποία όμως έδινε μια αρτιότερη εικόνα στο σύνολο. Ο Πτολεμαίος υπογράμμισε ότι η ορθογώνια προβολή παραμένει η καλύτερη μέθοδος για τους κατά τόπους χάρτες, όταν όμως ληφθεί υπόψη η σχέση μεταξύ της

αμετάβλητης τιμής της μοίρας του μεσημβρινού και εκείνης του μέσου παραλλήλου του χάρτη, η οποία μεταβάλλεται σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος.



Εικόνα 1:Γεωμετρική κατασκευή των δύο προβολών που πρότεινε ο Πτολεμαίος, της απλής κωνικής (δεξιά) και της κυκλοειδούς κωνικής (αριστερά) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον Χάρτη της Οικουμένης (από λατινικό χειρόγραφο της "Γεωγραφικής Υφήγησις" του Πτολεμαίου, Parisinus Latinus 4805, του 15ου μ.Χ. αιώνα

Με το πέρασμα των αιώνων στη διάρκεια της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, οι Ρωμαίοι ασχολήθηκαν με την καταγραφή και την καταχώρηση γεωγραφικών δεδομένων. Οι όροι cadastre (ένας επίσημος καταχωρητής ιδιοκτησίας) και cadastral (ένας χάρτης ή έρευνα που δείχνει τα σύνορα ιδιοκτησίας) προέρχονται από τα ελληνικά «κατά στίκον» που σημαίνει «γραμμικός». Ήταν οι πρώτοι που εισήγαγαν την έννοια της καταγραφής των ιδιοκτησιών, στο capitum registra (τον καταχωρητή γης).

Καθώς οι κοινωνίες οργανώνονταν, π.χ. με την εισαγωγή συστημάτων φορολογίας, η καταχώρηση των ιδιοκτησιών συστηματοποιήθηκε εξ' αρχής για να διασφαλίσει το ετήσιο κρατικό εισόδημα. Ενώ σχεδιάστηκαν και οι πρώτοι χάρτες για να διευκολύνουν τα εμπορικά ακτοπλοϊκά ταξίδια από Άραβες που ήταν οι καθοδηγητές χαρτογράφοι του Μεσαίωνα. Παράλληλα οι εξερευνησεις του Μάρκο Πόλο, του Χριστόφορου Κολόμβου, του Βάσκο ΝτεΓκάμα κ.ά. είχε σαν αποτέλεσμα, πέραν της ανάπτυξης του εμπορίου, και της δημιουργίας νέων χαρτών.

Η Ευρωπαϊκή χαρτογραφία αναγεννήθηκε με την πτώση της Βυζαντινής αυτοκρατορίας και τη μετάφραση τον 15ο αιώνα του έργου Geographia του Κλαούντιου Πτολεμαίου στα Λατινικά που έγινε η τότε υπάρχουσα εικόνα του κόσμου.

Παρόλο που η χαρτογραφία παραμελήθηκε, σε πολλές χώρες η καταχώρηση ιδιοκτησιών ευδοκίμησε. Το γνωστότερο παράδειγμα είναι αυτό του Μεγάλου Κτηματολογίου των περιοχών της Αγγλίας που συντάχθηκε το 1086 από τον πρώτο Νορμανδό βασιλιά, Ουίλιαμ τον κατακτητή.

Οι επιτελικοί χάρτες αποτέλεσαν τους καθοδηγητές τόσο για τους τοπογραφικούς χάρτες ξηράς όσο και για τους χάρτες πλοήγησης. Μέχρι το 19<sup>ο</sup> αιώνα, οι γεωγραφικές πληροφορίες χρησιμοποιούνταν κυρίως στο εμπόριο, στις εξερευνήσεις, για τη συλλογή

φόρων και από το στρατό. Καθώς οι κοινωνίες έγιναν πολυπλοκότερες, νέες εφαρμογές αναπτύχθηκαν για τις επερχόμενες υποδομές (τηλεφωνικές γραμμές, σιδηροδρόμους κλπ.).

Η ανάπτυξη των ΓΣΠ είναι στενά συνδεδεμένη με την πρόοδο των Η/Υ. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, οι εξελίξεις στις τιμές, την ταχύτητα και στην αποθηκευτική ικανότητα των workstations και personal Η/Υ σε συνδυασμό με την σημαντική πρόοδο στο λογισμικό τους, κατέστησε τα GIS διαθέσιμα τόσο από τεχνολογική όσο και από οικονομική άποψη σε μια μεγάλη γκάμα χρηστών.

Ωστόσο η ιστορία των ΓΣΠ ξεκινά από το 1960, όταν το πρώτο πραγματικό, αναπτύχθηκε στον Καναδά για τις ανάγκες του υπουργείου γεωργίας υπό το όνομα CGIS από τον Βρετανό Roger Tomlinson ο οποίος θεωρείται ο πατέρας των ΓΣΠ. Στα πρώτα χρόνια η ανάπτυξη τους οφειλόταν αποκλειστικά σε κυβερνητικούς και στρατιωτικούς οργανισμούς. Η δεκαετία του 1970 είναι εκείνη η οποία σηματοδοτεί την μεγάλη ανάπτυξη των ΓΣΠ. Η ανάπτυξη του οικολογικού κινήματος και η επιθυμία των κυβερνητικών οργανισμών για όλο και περισσότερο έλεγχο στην χρήση γης, οδήγησε στην απαίτηση για την ανάπτυξη συστημάτων τα οποία όχι μόνο θα αποθήκευαν δεδομένα αλλά θα διαχειρίζονταν και θα τα ανέλυαν σε έναν αξιοπρεπή χρόνο.

Την εποχή αυτή εμφανίζονται και οι πρώτες εμπορικές επιχειρήσεις κατασκευής λογισμικού (esri , Intergraph), εκμεταλλεόμενες την ανάπτυξη των υπολογιστών, οι οποίες προχωρούν στην ανάπτυξη και διάθεση στην αγορά “off-the-self” GIS λογισμικού. Ταυτόχρονα υπό την αιγίδα της διεθνούς γεωγραφικής ένωσης και της UNESCO λαμβάνουν χώρα, στην Οτάβα του Καναδά, τα πρώτα δύο συνέδρια για τα ΓΣΠ. Είναι χαρακτηριστικό ότι στο πρώτο συνέδριο έλαβαν μέρος μόλις 40 σύνεδροι, οι οποίοι ήταν και το σύνολο των επιστημόνων από όλο τον κόσμο που εκείνη την εποχή ασχολούντο με τα ΓΣΠ. Οι παραπάνω σύνεδροι ανέλαβαν την υποχρέωση να συγγράψουν το πρώτο βιβλίο για τα ΓΣΠ το οποίο και παρουσιάστηκε στο συνέδριο του 1972. Αυτό είναι και το κομβικό σημείο της ανάπτυξης των ΓΣΠ. Από το 1972 πανεπιστήμια σε Ευρώπη και Βόρειο Αμερική εισάγουν τα ΓΣΠ στα προγράμματα σπουδών τους, παράγοντας την πρώτη γενιά εξειδικευμένων στα ΓΣΠ στελεχών

Φτάνοντας στο σήμερα, μελέτη της γνωστής εταιρείας αναλύσεων Frost & Sullivan προσδιορίζει το μέγεθος της βιομηχανίας GIS στα 2 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (USD) και προβλέπει αύξηση της αξίας της αγοράς κατά 5% ετησίως, ενώ μελέτες εταιρειών συμβούλων όπως της Andersen Consulting και της IBM περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο τα GIS θα είναι σημαντικός παράγοντας αλλαγών σε πάρα πολλούς τύπους οργανισμών τα επόμενα χρόνια.

Όλα λοιπόν δείχνουν ότι μια “ήρεμη” επανάσταση, όπως περιγράφεται από το περιοδικό Business Week στο τεύχος του Ιουλίου του 1997, συντελείται μια επανάσταση η οποία πρόκειται να επηρεάσει τις ζωές όλων μας ( <http://www.geoapikonisis.gr/>).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ

## 1.1 . ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ

Χαρτογραφία είναι η επιστήμη η οποία ασχολείται με την επεξεργασία και τη γραφική απόδοση στοιχείων, που αφορούν στα φυσικά φαινόμενα αλλά και στα ανθρωπογενή (κοινωνικό-οικονομικά) φαινόμενα. Συνδέεται στενά με τις επιστήμες της Γεωδαισίας, της Τοπογραφίας, της Φωτογραμμετρίας και της Τηλεπισκόπησης, των οποίων το κύριο αντικείμενο είναι η συλλογή δεδομένων (Αστάρης, 2005). Η επιστήμη της χαρτογραφίας χωρίζεται σε κλάδους, οι οποίοι ασχολούνται με επιμέρους γνωστικά αντικείμενα:

Στην «Μαθηματική Χαρτογραφία», η οποία ασχολείται με τον τρόπο απόδοσης μιας μη-επίπεδης επιφάνειας σε επίπεδη με τη βοήθεια μαθηματικών προβολών, καθώς και τους τρόπους μοντελοποίησης και επεξεργασίας των δεδομένων μέσω μεθόδων παρεμβολής, εξομάλυνσης και γενίκευσης.

Στην «Θεματικής Χαρτογραφία», η οποία ασχολείται με την επεξεργασία και απόδοση της θεματικής (μη-γεωμετρικής) πληροφορίας, ενώ κάποιο ιδιαίτερο κομμάτι της, ασχολείται με τη μελέτη του συμβολισμού και των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται, όπως και του τρόπου με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ένα χάρτη.

Την τελευταία εικοσαετία, επικρατεί ο όρος «Ψηφιακή ή Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία», ο οποίος δεν αναφέρεται απλώς σε ένα τμήμα της Χαρτογραφίας, αλλά αφορά στην εξέλιξη του συνόλου των χαρτογραφικών διαδικασιών (δηλαδή της συλλογής, επεξεργασίας, αποθήκευσης, ενημέρωσης, επανατοποθέτησης και απόδοσης δεδομένων). Έτσι, πέρα από τα αντικείμενα που παραδοσιακά απασχολούν τη Χαρτογραφία, η Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία καλύπτει ένα πλήθος δραστηριοτήτων, όπως η αυτόματη σχεδίαση με Η/Υ, οι μεθοδολογίες συμπίεσης δεδομένων, οι τρόποι και οι μεθοδολογίες αποθήκευσης στοιχείων, οι δομές βάσεων δεδομένων, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών κλπ (Παρασχάκης κ.α., 1990). Η Ψηφιακή Χαρτογραφία, η οποία αποτελεί στην ουσία τη σύγχρονη έκφραση της Χαρτογραφίας, τείνει να αντικαταστήσει σχεδόν ολοκληρωτικά τις παραδοσιακές χαρτογραφικές μεθόδους στις διάφορες χαρτογραφικές διαδικασίες.



## **1.2 ΨΗΦΙΑΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ**

### **1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η ραγδαία εξέλιξη της επιστήμης της πληροφορικής δημιούργησε καινούργιες προοπτικές στις εφαρμοσμένες επιστήμες, ειδικότερα στη χαρτογραφία, στα Γ.Σ.Π. (G.I.S) και την τηλεπισκόπηση, εισάγοντας σε αυτά την έννοια της αυτοματοποίησης.

Σύμφωνα με τους Παρασχάκη κ.α. (1990), με τον όρο Ψηφιακή Χαρτογραφία ή Χαρτογραφία μέσω Η/Υ, εννοούμε το αυτοδύναμο εκείνο κομμάτι της Χαρτογραφίας, το οποίο συλλέγει, επεξεργάζεται και αποδίδει τα χαρτογραφημένα δεδομένα, χρησιμοποιώντας ως εργαλεία τους Η/Υ και τις ειδικές περιφερειακές συσκευές τους. Όλα αυτά γίνονται σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που παρέχονται από διάφορα λογισμικά (όπως λογισμικά για γραφικά, για βάσεις δεδομένων κ.λ.π.).

Η εισαγωγή του αυτοματισμού στη Χαρτογραφία βέβαια δημιούργησε την ανάγκη για αυστηρότερους και ακριβέστερους, από μαθηματική άποψη, ορισμούς, κυρίως σε θέματα επεξεργασίας των χαρτογραφικών δεδομένων, όπως π.χ. προσαρμογές σε μαθηματικά μοντέλα, παρεμβολές, εξομαλύνσεις κ.λ.π.. Αφενός μεν συντέλεσε στην απελευθέρωση του ανθρώπινου δυναμικού από επίπονες και χρονοβόρες διαδικασίες, αφετέρου δε μαζικοποίησε και επιτάχυνε την παραγωγή των χαρτών. Η χαρτογράφηση των διαφόρων δυναμικών φαινομένων και ιδιαίτερα αυτών που μεταβάλλονται πολύ γρήγορα, όπως π.χ. τα μετεωρολογικά φαινόμενα, απέκτησε με τον αυτοματισμό καινούργια διάσταση, καθώς αυξήθηκε η ταχύτητα των φάσεων της επεξεργασίας και της απόδοσής τους σε γραφικό αρχείο.

Με την εξέλιξη αυτή δημιουργήθηκαν πλέον καινούργια χαρτογραφικά προϊόντα, όπως είναι οι οπτικοηλεκτρονικοί (video maps) και οι ψηφιακοί χάρτες (digital maps) οι οποίοι παρέχουν ταυτόχρονα τη δυνατότητα άμεσης επέμβασης, μέσω της οθόνης γραφικών στην οποία απεικονίζονται. Επιπλέον ο αυτοματισμός επεξέτεινε τα όρια της «κλασσικής» Χαρτογραφίας.

Η παρέμβαση του αυτοματισμού στη χαρτογραφική διαδικασία από πλευράς Χαρτογραφίας, εξαρτάται βασικά από το είδος του χάρτη, δηλαδή αν αυτός είναι πρωτογενής ή παράγωγος (Πιν.1). Για τους πρωτογενείς χάρτες γεωμετρικού και θεματικού περιεχομένου, ο αυτοματισμός υπεισέρχεται στη φάση της επεξεργασίας για την προσαρμογή των δεδομένων σε κάποιο γεωμετρικό ή μαθηματικό μοντέλο, όπως π.χ. στη χάραξη ισοϋψών καμπυλών με παρεμβολή ή με προσαρμογή μιας μαθηματικής επιφάνειας και στη φάση της αρχειοθέτησης, όπως φαίνεται και στο Πίνακα 1. Η συλλογή των δεδομένων στους πρωτογενείς χάρτες, καθώς και ένα μέρος της επεξεργασίας τους, είναι καθαρά αντικείμενο των αντίστοιχων επιστημών. Στους παράγωγους χάρτες γεωμετρικού ή

θεματικού περιεχομένου, ο χαρτογραφικός αυτοματισμός υπεισέρχεται σε όλες τις φάσεις της χαρτογραφικής διαδικασίας.

Έτσι λοιπόν η Ψηφιακή Χαρτογραφία, η οποία αποτελεί στην ουσία τη σύγχρονη έκφραση της Χαρτογραφίας, τείνει στο εγγύς μέλλον να αντικαταστήσει σχεδόν ολοκληρωτικά τις παραδοσιακές χαρτογραφικές μεθόδους στις διάφορες χαρτογραφικές διαδικασίες.

Πίνακας 1: Η χαρτογραφική διαδικασία στους πρωτογενείς και τους παράγωγους χάρτες

	<b>ΣΥΛΛΟΓΗ</b>	<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΗ</b>
<b>ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΧΑΡΤΕΣ</b>	Παρατηρήσεις γεωμετρικού τύπου. Τοπογραφία, Φωτογραμμετρία (Γεωδαισία. Τηλεπισκόπηση)	Τοπογραφία, Φωτογραμμετρία (Γεωδαισία. Τηλεπισκόπηση). Χαρτογραφία	Χάρτες γεωμετρικού τύπου με Χαρτομετρική εφαρμογή. Χαρτογραφία
<b>ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΧΑΡΤΕΣ</b>	Παρατηρήσεις θεματικού τύπου. Τηλεπισκόπηση. Φυσικές και ανθρώπινες επιστήμες	Τηλεπισκόπηση. Φυσικές και ανθρώπινες επιστήμες. Χαρτογραφία	Χάρτες θεματικού τύπου. Χαρτογραφία
<b>ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ ΧΑΡΤΕΣ</b>	Επινοήσεις γεωμετρικού τύπου. Χαρτογραφία	Χαρτογραφία	Χάρτες επινοήσεων γεωμετρικού τύπου. Χαρτογραφία
<b>ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ ΧΑΡΤΕΣ</b>	Επινοήσεις θεματικού τύπου. Χαρτογραφία	Χαρτογραφία	Χάρτες επινοήσεων θεματικού τύπου. Χαρτογραφία

### 1.2.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Εδώ αρχικά πρέπει να κάνουμε μια διάκριση μεταξύ δεδομένων και πληροφοριών. Τα δεδομένα συντίθεται από παρατηρήσεις, μετρήσεις και καταγραφές των ιδιοτήτων των αντικειμένων, οι οποίες πάρθηκαν δίχως να ληφθούν υπόψη πιθανές εφαρμογές και από μόνες τους, μπορούν να έχουν σημασία. Από αυτά τα δεδομένα μπορούν να προέλθουν άμεσα ή έμμεσα οι πληροφορίες.

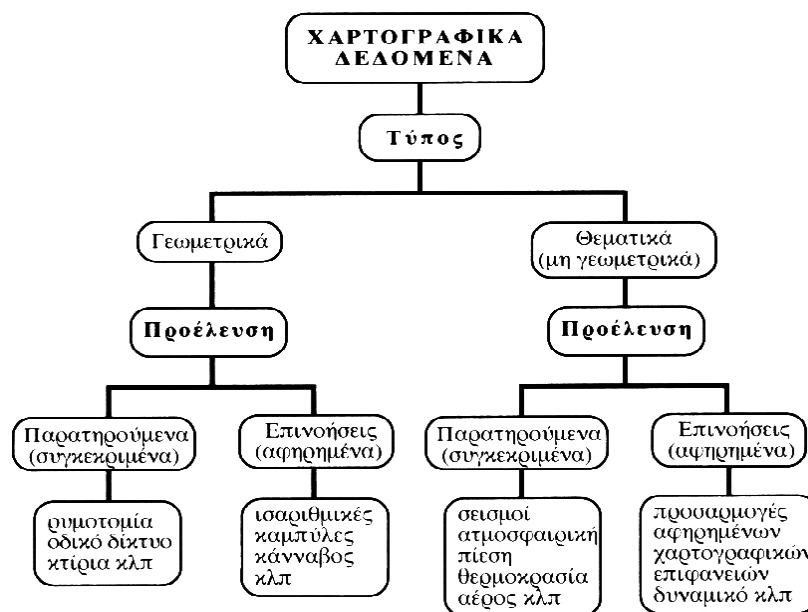
Αντίθετα πληροφορία είναι η γνώση ενός συστήματος αντικειμένων, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια πορεία για τη λήψη αποφάσεων ή σε μια χρήση επικοινωνίας (Καρτέρης και Μελιάδης, 1992).

Ως χαρτογραφικά δεδομένα, θεωρούμε το σύνολο των δεδομένων, που είναι απαραίτητα για την κατασκευή του χάρτη.

Τα χαρτογραφικά δεδομένα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες:

- Ανάλογα με τον τύπο τους, διακρίνονται σε: γεωμετρικά και θεματικά (μη γεωμετρικά). Έτσι δεδομένα που προέρχονται από παρατηρήσεις γεωμετρικού τύπου, συλλέγει η Γεωδαισία, η Τοπογραφία, η Φωτογραμμετρία και η Τηλεπισκόπηση. Αντίστοιχα δεδομένα που συνιστούν παρατηρήσεις θεματικού τύπου, συλλέγονται από τη Φωτογραμμετρία, την Τηλεπισκόπηση και τις Φυσικές και Ανθρώπινες Επιστήμες, όπως π.χ. η Μετεωρολογία, η Σεισμολογία, η Κοινωνιολογία, η Οικονομία.

- Ανάλογα με την προέλευσή τους, κατατάσσονται σε: παρατηρούμενα (συγκεκριμένα) και επινοήσεις (αφηρημένα). Οι επινοήσεις γεωμετρικού τύπου, όπως οι ισούψεις καμπύλες, ο κάρναβος και αντίστοιχα οι επινοήσεις θεματικού τύπου, όπως οι αφηρημένες χαρτογραφικές επιφάνειες, το δυναμικό περιγράφουν αφηρημένα φαινόμενα. Αντιθέτως, οι παρατηρήσεις γεωμετρικού τύπου, περιγράφουν συγκεκριμένα φαινόμενα, όπως είναι π.χ. η ρυμοτομία, το οδικό δίκτυο, το υδρογραφικό δίκτυο κ.λ.π.. Στην Εικ.1.2 φαίνεται η κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, όπως περιγράφηκε προηγουμένως .



Εικόνα 1.2: Κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, ανάλογα με τον τύπο και την προέλευσή τους (Παρασχάκης κ.α., 1990)

Με την επεξεργασία παρατηρήσεων γεωμετρικού τύπου (πλευρές, γωνίες κ.λ.π.) έχουμε τη δυνατότητα να ορίσουμε το γεωμετρικό μοντέλο αναφοράς του χάρτη (γεωμετρικό υπόβαθρο). Αποδίδοντας στο γεωμετρικό μοντέλο αναφοράς, φαινόμενα που είναι δυνατό να περιγραφούν από γεωμετρικές παρατηρήσεις, δημιουργούνται χάρτες με γεωμετρικές δυνατότητες (όπως π.χ. τεχνικοί χάρτες κλπ).

Οι χάρτες αυτοί παρέχουν μετρητική πληροφορία και καθιστούν δυνατή τη γεωμετρική αναπαραγωγή της πραγματικότητας, μέσα βέβαια στα ανεκτά λόγω της κλίμακας του χάρτη όρια. Η αναπαραγωγή γίνεται με μετρήσεις πάνω στο χάρτη και η ακρίβειά της εξαρτάται άμεσα από την κλίμακα, η απόδοση στο γεωμετρικό μοντέλο αναφοράς κάποιων αφηρημένων φαινομένων, που είναι όμως δυνατό να περιγραφούν από επινοήσεις γεωμετρικού τύπου, δίνει τη δυνατότητα κατασκευής χαρτών, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι σε κάποιο μοντέλο γεωμετρικής αναπαράστασης.

Αντίστοιχα οι χάρτες θεματικής αναπαράστασης, αναφέρονται σε θεματικές παρατηρήσεις. Αποδίδοντας στο μοντέλο αναφοράς αφηρημένα φαινόμενα, που περιγράφονται από θεματικές επινοήσεις, δημιουργούμε χάρτες προσαρμοσμένους σε

κάποιο μαθηματικό μοντέλο. Ανεξάρτητα από τον τύπο και την προέλευσή τους, τα χαρτογραφικά δεδομένα μπορούν να χωριστούν σε τρεις γενικές κατηγορίες:

**Ονομαστικά:** Τα ονομαστικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από την ονομασία τους, όπως π.χ. τα ονόματα των γεωλογικών σχηματισμών, ονομασίες οδών, ονομασίες μετεωρολογικών ή σεισμολογικών σταθμών.

**Ποιοτικά, ποσοτικά:** Τα ποιοτικά ποσοτικά δεδομένα αναφέρονται σε κάποιο ποιοτικό ποσοτικό χαρακτηριστικό ή είδος, όπως π.χ. κύρια ή δευτερεύουσα οδική αρτηρία, πρωτεύουσα νομού, πρωτεύουσα επαρχίας, χωριό, είδος πετρώματος κλπ. Το ποσοτικό στην προηγούμενη περίπτωση δεν έχει να κάνει με μια συγκεκριμένη τιμή του δεδομένου, αλλά περισσότερο με τον ποιοτικό χαρακτηρισμό, π.χ. οδός με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας, τύπος υδρογραφικού δικτύου, υδρογραφικό δίκτυο με πολλούς παράλληλους κλάδους κ.λ.π.



Εικόνα 1.3: Κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, ανεξάρτητα από τον τύπο και την προέλευσή τους (Παρασχάκης κ.α., 1990)

**Αριθμητικά:** Τα αριθμητικά δεδομένα περιγράφουν φαινόμενα αναλογικά με συνεχή κατανομή στο χώρο, όπως είναι οι συντεταγμένες των σημείων (π.χ. μιας γεώτρησης), το υψόμετρο του εδάφους, η θερμοκρασία του αέρα, η ατμοσφαιρική πίεση, η βαρύτητα κλπ, καθώς και φαινόμενα διακριτά (ψηφιακά), όπως ο πληθυσμός των πόλεων, ο αριθμός των γεωλογικών ενοτήτων (πετρωμάτων) κ.λ.π. Τα αριθμητικά δεδομένα που αναφέρονται σε διακριτά φαινόμενα, αποδίδονται με ακέραιους (integer), ενώ αντίστοιχα τα αναλογικά φαινόμενα με πραγματικούς αριθμούς (real numbers). Η μετατροπή ενός αναλογικού μεγέθους σε ψηφιακό γενικά, ονομάζεται ψηφιοποίηση (digitizing).

Η παράσταση των ονομαστικών όπως και των ποιοτικών, ποσοτικών δεδομένων, γίνεται με σύμβολα ή με λέξεις. Τα αριθμητικά δεδομένα αντιπροσωπεύονται από αριθμούς που εκφράζουν το φαινόμενο και οι οποίοι είναι ακέραιοι (διακριτοί) ή πραγματικοί (αναλογικοί). Δηλαδή, οι πραγματικοί και οι ακέραιοι αριθμοί είναι αντίστοιχα αναλογικά και ψηφιακά μεγέθη.

Θεωρητικά, ένα μέγεθος μετριέται ακριβέστερα με αναλογικό τρόπο, γιατί έτσι δεν έχουμε απώλεια μέρους της πληροφορίας. Στην πράξη όμως υπάρχουν τεχνολογικές αδυναμίες και τα διάφορα όργανα δεν μπορούν να μας δώσουν απεριόριστη ακρίβεια του μετρούμενου μεγέθους (αναλογικά ρολόγια, μανόμετρα, θερμόμετρα, χιλιομετρητές). Έτσι, ένα μέγεθος μετριέται, πρακτικά, ακριβέστερα με ψηφιακό τρόπο, γιατί οι ψηφιακοί αριθμοί είναι ακριβείς και όχι κατά προσέγγιση και ποσοτικοποιούνται πάντοτε σε μικρά βήματα, το εύρος των οποίων, τελικά, καθορίζει και την ακρίβεια της μέτρησης.

Τα ψηφιακά μεγέθη (πληροφορίες) μπορούν να συγκριθούν, να αντιγραφούν ή και να μεταβιβαστούν χωρίς λάθη. Έτσι, έναν αριθμό τηλεφώνου, που είναι μια ψηφιακή ποσότητα, μπορούμε να τον αντιγράψουμε ακριβώς, αλλά την εικόνα και τον ήχο, π.χ. ενός τηλεφώνου, που είναι αναλογικές ποσότητες, μπορούμε να τα αντιγράψουμε μονάχα κατά προσέγγιση, με μηχανή λήψης και μαγνητόφωνο, αντίστοιχα.

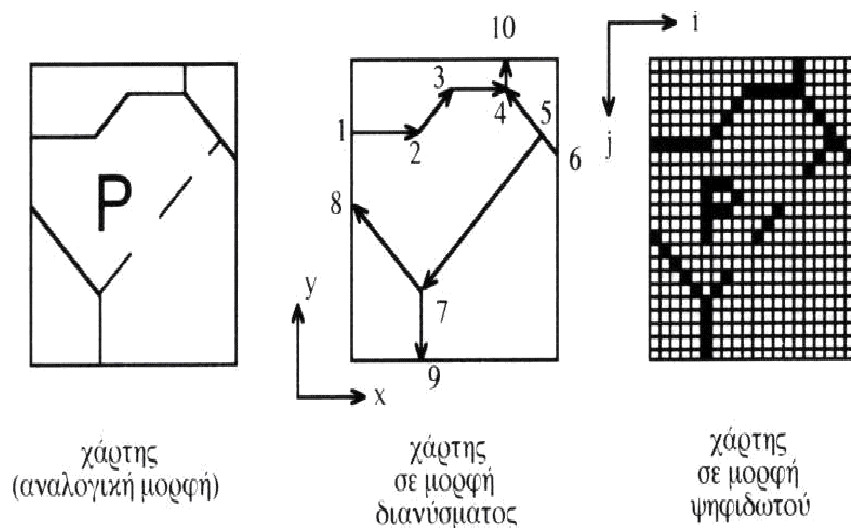
Παραδείγματα της τέλει διατήρησης των ψηφιακών πληροφοριών υπάρχουν πολλά. Εμείς θα αναφέρουμε ένα παράδειγμα με τα γράμματα της αλφαβήτου, τα οποία είναι ψηφιακές και όχι αναλογικές παραστάσεις. Είναι διακριτά σύμβολα. Δεν υπάρχουν άλλα γράμματα ανάμεσα στο Α και το Β ή ανάμεσα στο Β και στο Γ κ.ο.κ.. Κατά συνέπεια, τα γράμματα ή ομάδες γραμμάτων, γραπτά κείμενα, κ.λ.π., μπορούν να αντιγράφονται πιστά, χωρίς δηλαδή λάθη και να διατηρούνται αναλλοίωτα για απεριόριστο χρονικό διάστημα. Αυτό όμως δεν μπορεί να γίνει για τις αναλογικές παραστάσεις, π.χ. η οπτική απεικόνιση ενός ζωγραφικού πίνακα, ύστερα από συνεχείς αντιγραφές θα αλλοιωθεί δραστικά (Βαϊόπουλος, 2000β).

### **1.3 ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΨΗΦΙΔΩΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ**

Γενικά ένας χάρτης για να είναι συμβατός με έναν Η/Υ και τις περιφερειακές συσκευές του και κατεπέκταση αναγνώσιμος από αυτές, θα πρέπει να μετατραπεί από τη φυσική του μορφή, σε κάποια άλλη αναγνωρίσιμη από τον Η/Υ. Η διαδικασία αυτή μετατρέπει τη δισδιάστατη αναλογική κατανομή του χάρτη σε ψηφιακή. Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, έχουν αναπτυχθεί δυο διαφορετικές μέθοδοι μορφοποίησης ή μορφής (format) των χαρτογραφικών δεδομένων, σε κάποιου είδους ψηφιακή μορφή (digital format). Οι μέθοδοι ξεχωρίζουν ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιούν. Η πρώτη από αυτές μετατρέπει τη μορφή του χάρτη σε μορφή διανύσματος(vector format) ή διανυσματική μορφή ή πολυγώνου, χρησιμοποιώντας την τεχνική του διανύσματος και η δεύτερη σε μορφή ψηφιδωτού ή κανάβου (raster format) ή ψηφιδωτή μορφή, χρησιμοποιώντας την τεχνική του ψηφιδωτού.

Οι μέθοδοι ονομάζονται αντίστοιχα μέθοδος του διανύσματος και μέθοδος κανάβου. Και οι δυο μέθοδοι, συγχρόνως με τη μετατροπή αυτή καθ'αυτή του χάρτη σε ψηφιακή μορφή, παρέχουν και τοπολογική ποιοτική πληροφορία για τον ακριβή τρόπο επανασύστασής του.

Παίρνοντας σαν παράδειγμα το χάρτη της εικόνας 1.4, η μετατροπή της αναλογικής μορφής του σε διανυσματική, γίνεται μέσω μιας ακολουθίας σχεδιαστικών εντολών.



Εικόνα 1.4: Μετασχηματισμός χάρτη σε μορφή διανύσματος και σε μορφή ψηφιδωτού (Παρασχάκης κ.α., 1990)

Οι εντολές αυτές, εκφράζουν τη μετατροπή της αναλογικής μορφής του χάρτη σε διανυσματική. Τα επιμέρους διανύσματα που συνιστούν το χάρτη (σε μορφή διανύσματος), είναι τα :  $1 > 2$ ,  $2 > 3$ ,  $3 > 4$ ,  $6 > 4$ ,  $5 > 7$ ,  $7 > 8$ ,  $7 > 9$  και  $4 > 10$  (Εικ. 1.4). Οι συντεταγμένες  $x_i$ ,  $y_i$  με  $i = 1, \dots, 10$ , των αντίστοιχων σημείων της αρχής και του τέλους των επιμέρους διανυσμάτων, αναφέρονται σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς  $(x, y)$  και αποτελούν την ψηφιακή έκφραση του χάρτη. Επιπλέον οι εντολές 1 ως 8, με τη σύνταξή τους δίνουν την τοπολογική πληροφορία για τον τρόπο συναρμογής των διανυσμάτων. Η ακρίβεια της ψηφιοποίησης του χάρτη με τη διανυσματική μέθοδο, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνον από την ακρίβεια προσδιορισμού των συντεταγμένων των σημείων  $(x_i, y_i)$  των επιμέρους διανυσμάτων, καθώς και από τον καλύτερο δυνατό προσδιορισμό των διανυσμάτων.

Η ψηφιδωτή μέθοδος αντιμετωπίζει την ψηφιοποίηση του χάρτη από μια τελείως διαφορετική σκοπιά. Θεωρεί το χάρτη ως ένα ενιαίο σύνολο, που μπορεί να ονομαστεί ψηφιδωτό ή κάνναβος. Ο κάνναβος αποτελείται από επιμέρους στοιχειώδη τμήματα που ονομάζονται ψηφίδες ή εικονοψηφίδες ( Picture ElementS, pixels). Η μέθοδος αφού αναλύσει τον χάρτη σε ψηφίδες, περιγράφει στη συνέχεια τη θέση και το περιεχόμενο (χρώμα) της κάθε ψηφίδας. Με αυτό τον τρόπο ψηφιοποιείται ο χάρτης στο σύνολό του. Παράλληλα εκτός από τη γεωμετρική πληροφορία ψηφιοποιείται και η θεματική πληροφορία του χάρτη (όπως π.χ., ονοματολογία, σύμβολα, χρώματα κ.λ.π.), καθώς και η επεξήγηση της πληροφορίας (όπως π.χ., υπόμνημα, πλαισίωση κ.λ.π.). Ο συνδυασμός των ψηφίδων στο σύνολό τους, αποδίδει το χάρτη σε μορφή ψηφιδωτού (Εικ.1.4).

Η ακρίβεια παράστασης του χάρτη με τη ψηφιδωτή μέθοδο, εξαρτάται από το μέγεθος της ψηφίδας, το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο, με τον αριθμό των γραμμών και στηλών που υποδιαιρείται το ορθογωνικό πλαίσιο του χάρτη και υποδηλώνει τη διακριτική ικανότητα (resolution) της μεθόδου (Παρασχάκης κ.α., 1990).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Η τεχνολογία των ΓΣΠ έχει καταστεί σήμερα αναντικατάστατο μέρος της καθημερινότητας εκατομμυρίων ανθρώπων σε Αμερική και Ευρώπη, αν και πολύ από εμάς δεν το αντιλαμβανόμαστε. Πυροσβεστικά οχήματα και γενικά οχήματα παροχής βοήθειας οδηγούνται στον προορισμό τους από τον ταχύτερο διαθέσιμο δρομολόγιο, δίκτυα ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτρισμού και τηλεπικοινωνιών παρακολουθούνται και γίνεται ευκολότερη η διαχείριση τους από σύγχρονα κέντρα διοίκησης, στρατιωτικές επιχειρήσεις διεξάγονται, μολυσματικές ασθένειες μελετώνται και αναγνωρίζονται patterns εξάπλωσης σε συγκεκριμένες περιοχές, ενώ όλο και περισσότεροι οργανισμοί δημόσιοι και ιδιωτικοί βασίζουν τις αποφάσεις τους σε εξελεγμένα ΓΣΠ.

Τα ΓΣΠ ολοκληρώνουν συστήματα από διαφορετικούς τομείς και περιοχές των επιστημών όπως της των υπολογιστών, του remote sensing, της γεωγραφίας και της επιστήμης των αποφάσεων.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι εν δυνάμει χρήστες των ΓΣΠ μπορούν να προέρχονται από οποιονδήποτε τομέα, γεγονός που αναπόφευκτα σημαίνει ότι υπάρχουν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις και ιδέες σχετικά με την φύση και τον σκοπό τους ακόμα και για τον ορισμό τους.

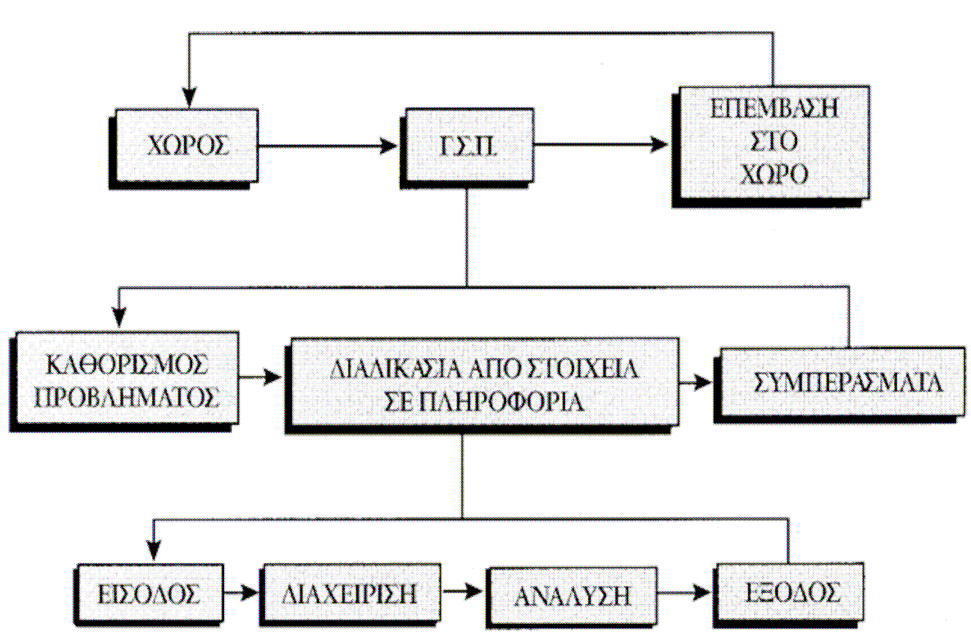
## 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΣΠ

Παρά το μεγάλο ενδιαφέρον και την τρομερή εξέλιξη που παρατηρήθηκε τα τελευταία 30 χρόνια στην χρήση και στην εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, εντούτοις οι προσπάθειες για ένα σαφή και κοινά αποδεκτό ορισμό για το τι είναι ΓΣΠ και κυρίως ποιές είναι οι εφαρμογές τους, δεν έχουν ευοδωθεί.

Οι διαφορετικές, όμως, προσεγγίσεις που έχουν κατά καιρούς εκφρασθεί για τα ΓΣΠ και τις εφαρμογές τους, μπορούν να συμπυκνωθούν σε τρεις ξεχωριστές αλλά συνάμα αλληλένδετες μεταξύ τους ομάδες (Κουτσόπουλος, 2002).

Η πρώτη ομάδα είναι η Διαχειριστική Προσέγγιση που στοχεύει στην δημιουργία και στην διαχείριση χωρικών στοιχείων, χωρίζεται δε στη Χαρτογραφική προσέγγιση και τη Πληροφορική προσέγγιση. Η δεύτερη ομάδα αναφέρεται ως Προσέγγιση Χωρικής Ανάλυσης και υποστηρίζει τη σπουδαιότητα της Χωρικής Ανάλυσης. Τέλος, η τρίτη ομάδα αναφέρεται στην Σχεδιαστική Προσέγγιση, που εστιάζεται στην δυνατότητα των ΓΣΠ να βοηθούν στην επίλυση χωρικών προβλημάτων, να συμμετέχουν δηλαδή ενεργά στο χωρικό σχεδιασμό.

Οι θεωρήσεις αυτές των ΓΣΠ (διαχείριση, ανάλυση, σχεδιασμός) μπορούν να ιδωθούν σαν επιστημονικά πεδία που έχουν κοινό τόπο την χωρική διάσταση και αποτελούν τμήματα μιας Ολοκληρωμένης Χωρικής Προσέγγισης (Κουτσόπουλος, 2002). Τα στάδια και οι διαδικασίες σ' ένα ΓΣΠ φαίνονται στην εικόνα 2.1 και οι σχέσεις ανάδρασης διέπουν όχι μόνο τις διαδικασίες μέσα στο ΓΣΠ αλλά και τη σχέση του ίδιου με τον χώρο.



Εικόνα 2.1: Στάδια και Διαδικασίες σε ένα ΓΣΠ (Κουτσόπουλος, 2002).



Γενικά ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών/ΓΣΠ (Geographical Information Systems/G.I.S.), είναι ένα «δυναμικό εργαλείο» συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και απεικόνισης χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο (Burrrough 1992, Burrrough and McDonnell 2000).

Είναι δηλαδή πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα:

- συλλογής
- διαχείρισης
- αποθήκευσης
- επεξεργασίας
- ανάλυσης και
- οπτικοποίησης

σε ψηφιακό περιβάλλον των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή και χωρικά και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά. Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση).

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την λειτουργία αυτή βασίζεται είτε στο σχεσιακό μοντέλο δεδομένων (relational), όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων, είτε στο αντικειμενοστραφές μοντέλο δεδομένων (object-oriented), όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = "γεωλογία", όνομα = "ασβεστόλιθος", γεωμετρία = "[X1,Y1],[X2,Y2]...", περίμετρος = "20μέτρα").

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές GIS εξαιτίας:

- των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο
- της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση

σύνθετων φυσικών φαινομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση.

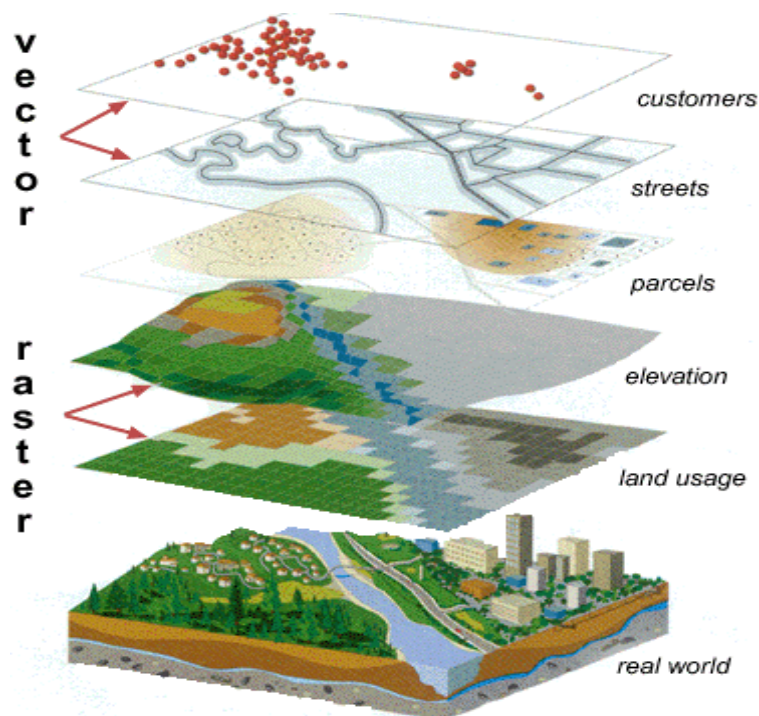
Πολλές φορές η ολοκληρωμένη έννοια των GIS (integrated GIS concept) επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το λογισμικό και τον μηχανικό εξοπλισμό όσο και τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα την διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια GIS.

## 2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η λειτουργία των ΓΣΠ στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών επιπέδων, τα οποία αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Το καθένα από τα επίπεδα αυτά, περιλαμβάνει είτε μη επεξεργασμένα δεδομένα, όπως τοπογραφικά, δορυφορικά κλπ., είτε θεματικές πληροφορίες όπως είδη βλάστησης, τύποι εδαφών, κλίση και έκθεση του αναγλύφου, αποτελέσματα ταξινόμησης δορυφορικών δεδομένων κλπ.

Συνίσταται από δύο αναπόσπαστα τμήματα, σε πλήρη αλληλεξάρτηση μεταξύ τους Ένα είναι αυτό που αφορά στα χωρικά δεδομένα (μορφή, θέση κτλ) και το άλλο είναι αυτό που περιέχει τα αντίστοιχα ποιοτικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες.

Η κεντρική βάση περιστοιχίζεται και υποστηρίζεται από μια σειρά συστημάτων λογισμικού που είναι τα απαραίτητα συστατικά (components) στη λειτουργία του GIS και έτσι ως σύνολο πλέον, όλα μαζί συνιστούν ένα ισχυρό εργαλείο για χειρισμό και ανάλυση δεδομένων καθώς για δημιουργία μοντέλων και προσφορά εναλλακτικών λύσεων. Τα συστατικά αυτά είναι:



Εικόνα 2.2: Η αρχή των αλληλεπικαλυπτόμενων Πληροφοριακών Επιπέδων στα ΓΣΠ. (Τα στοιχεία του πραγματικού κόσμου αναπαρίστανται σε διαφορετικούς αλληλεπικαλυπτόμενους θεματικούς χάρτες)

1. Συστήματα Γεωγραφικής Ανάλυσης (Geographic Analysis Systems GAS). Είναι ίσως το βασικότερο συστατικό ενός GIS. Με τον όρο αυτό περιγράφεται η ικανότητα ανάλυσης δεδομένων σε σχέση με τη γεωγραφική τους θέση, ανάλυση δηλαδή που βασίζεται στη θέση των στοιχείων πάνω στην επιφάνεια της γης, κάτι το οποίο πραγματοποιείται με τη σύγκριση διαφορετικών θεματικών χαρτών μιας συγκεκριμένης περιοχής. Τούτο επιτυγχάνεται με τη μέθοδο των αλληλεπικαλυπτόμενων επιπέδων (overlay layers) (εικ.2.2), δηλαδή με χάρτες σε ψηφιακή μορφή μιας περιοχής της ίδιας κλίμακας και με διαφορετική θεματική αναφορά (τοπογραφικός, γεωφυσικός, υδρολογικός, οδικός, κλιματολογικός, οικονομικός, δημογραφικός κτλ) σε κοινό υπόβαθρο (ground unit). Ακριβώς αυτή η δυνατότητα επεξεργασίας χωρικών δεδομένων, είναι που χαρακτηρίζει τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και τα κάνει να ξεχωρίζουν από κάθε άλλο είδος λογισμικού που διαχειρίζεται δεδομένα μέσα από διάφορες μορφές βάσεων δεδομένων. Είναι η ειδοποιός διαφορά των GIS.

2. Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων (Data Base Management System DBMS). Αυτή βρίσκεται σε πλήρη συνεργασία με την προηγούμενη βάση δεδομένων και ουσιαστικά δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης και διαχείρισης των χωρικών δεδομένων και ιδιοτήτων τους. Η βάση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για είσοδο και έξοδο δεδομένων από και προς τις αντίστοιχες συσκευές. Τα συστήματα λογισμικού που περιγράφονται παρακάτω είναι μεν αναγκαία για την υποστήριξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος, αν και πολλές φορές δε συναντιούνται, απαραίτητα, όλα μαζί σε ένα GIS.

3. Σύστημα Ψηφιοποίησης Χαρτών (Map Digitising System MDS). Είναι το σύστημα, που μετατρέπει σε ψηφιακή μορφή τα στοιχεία του χάρτη.

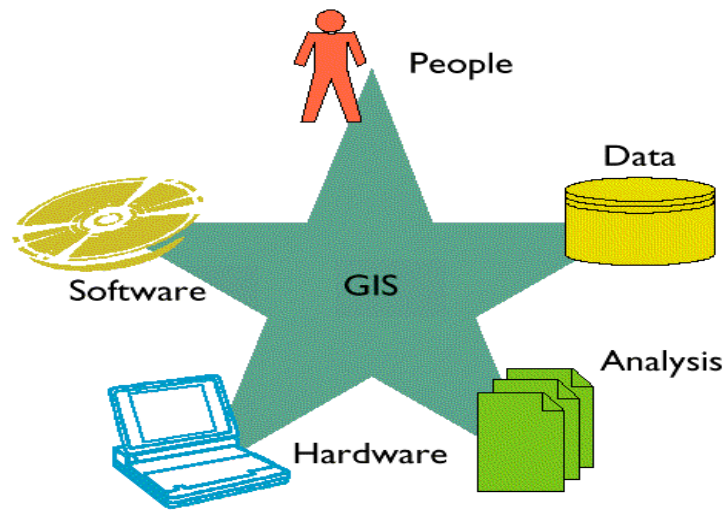
4. Σύστημα Επεξεργασίας Εικόνας (Image Processing System IPS). Το σύστημα αυτό μπορεί να παίρνει τηλεσκοπικά δεδομένα (remote sensing data) από απομακρυσμένους σταθμούς, πχ από δορυφόρους ή εργαστηριακές συσκευές και να τις μετατρέπει σε ψηφιακά στοιχεία χαρτών.

5. Σύστημα Εμφάνισης Χαρτών (Cartographic Display System CDS). Αυτό δεσμεύει επιλεγμένα τμήματα της βάσης δεδομένων και παράγει χάρτες στην οθόνη ή στον εκτυπωτή, σχεδιαστή κτλ.

6. Σύστημα Στατιστικής Ανάλυσης (Statistical Analysis System SAS). Είναι το λογισμικό για τις απαραίτητες γεωγραφικές και χωροταξικές αναλύσεις.

### **2.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (COMPONENTS) ΕΝΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Για να λειτουργήσει ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών είναι απαραίτητα τα εξής συστατικά:



Εικόνα 2.3: Συστατικά ενός ΓΣΠ

### 2.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ (HARDWARE)

Περιλαμβάνει το σύστημα του Η/Υ στο οποίο τρέχει το ΓΣΠ software. Η επιλογή του μπορεί να γίνει ανάμεσα σε ένα οικιακό pc έως ένα super computer. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει scanners, digitizer boards, handheld pc's, gps ως data entry devices και οθόνες υψηλής ανάλυσης, δίσκους με μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα καθώς και plotters ως συσκευές εξόδου. Αναλυτικά:

Ένα προσωπικό υπολογιστή (PC), είτε ένα σταθμό εργασίας (workstation) είτε ένα ακόμη ισχυρότερο σύστημα (π.χ. ένα main frame σύστημα)

Σύστημα απεικόνισης που να επιτρέπει έγχρωμες γραφικές απεικονίσεις υψηλής ανάλυσης και απεικονίσεις κειμένου.

Σύστημα αποθήκευσης με πολύ μεγάλη χωρητικότητα (μόνιμοι ή κινητοί σκληροί δίσκοι, οπτικοί δίσκοι).

Σύστημα εισαγωγής δεδομένων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ψηφιοποιητές (digitizers) και σαρωτές (scanners) για τα χωρικά δεδομένα και το πληκτρολόγιο για τα μη χωρικά. Εισαγωγή δεδομένων μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους, π.χ. μπορούν να εισαχθούν δεδομένα από παγκόσμια συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού θέσης (GPS/Global Positioning System) από δορυφορικές εικόνες σε ψηφιακή μορφή κ.α.

Σύστημα παρουσίασης των αποτελεσμάτων σε έντυπη μορφή, π.χ. εκτυπωτές (printers) και αυτόματοι σχεδιαστές (plotters).

### 2.3.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (SOFTWARE)

Είναι ειδικά στοιχεία λογισμικού τα οποία επιτρέπουν την διαχείριση δεδομένων σε οποιαδήποτε μορφή και από οποιαδήποτε πηγή, την αποθήκευση και ανάκτηση τους καθώς και την επεξεργασία και χωρική τους ανάλυση με σκοπό την παραγωγή προϊόντων έτοιμων

για παρουσίαση σε οθόνη, χαρτί ή άλλο αποθηκευτικό μέσο. Περισσότερο γνωστά προϊόντα λογισμικού είναι το MAPINFO, ARC/info, και το AUTOCAD Map, ακόμα υπάρχουν και freeware προγράμματα τα οποία αναπτύσσονται υπό την αιγίδα του OPENGIS Consortium.

Ένα λογισμικό ΓΣΠ πρέπει να παρέχει τις εξής δυνατότητες:  
I)Την ψηφιοποίηση δεδομένων: εισαγωγή σημείων, γραμμών πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών.

II)Την αποθήκευση δεδομένων: αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχέτισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων.

III)Την επεξεργασία δεδομένων: εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, συντήρηση και ενημέρωση με νέα δεδομένα, μετατροπή των x,y συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές (ανάλογα με την προβολή) συντεταγμένες, ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών, επιλογή τμήματος μιας περιοχής και καταχώρηση σε ξεχωριστό αρχείο.

IV)Την ανάλυση δεδομένων: δημιουργία νέων πολυγώνων (π.χ. buffer zones) γύρω από σημεία ή γραμμές, εκτέλεση εντολών Boolean δηλαδή ΚΑΙ, Ή και ΟΧΙ (AND, OR και NOT) πάνω στα διάφορα επίπεδα δεδομένων, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων, στατιστική επεξεργασία κλπ.

V)Την εξαγωγή δεδομένων: στην οθόνη σε εκτυπωτές, σε αυτόματους σχεδιαστές, σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κλπ.

VI)Εκτός των παραπάνω απαραίτητων δυνατοτήτων χειρισμού γεωγραφικά προσανατολισμένων δεδομένων, τα ΓΣΠ πρέπει να περιλαμβάνουν ρουτίνες οι οποίες επιτρέπουν την επεξεργασία και ανάλυση δορυφορικών δεδομένων

### **2.3.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ (DATA)**

Τα δεδομένα είναι ο πυρήνας σε κάθε GIS. Πρόκειται για το σύνολο της πληροφορίας για την περιοχή ενδιαφέροντος. Η συλλογή των δεδομένων γίνεται με ποικίλους τρόπους. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται χάρτες της υπηρεσίας στρατού, του ΙΓΜΕ αλλά και του υπουργείου περιβάλλοντος, επίσης χρησιμοποιούνται αεροφωτογραφίες, δορυφορικές φωτογραφίες και συστήματα εντοπισμού GPS.

Τα δεδομένα που εισάγονται μέσω της διαδικασίας της ψηφιοποίησης και αφού υποστούν τις απαραίτητες διορθώσεις-χρησιμοποιούνται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ανάλογα με την φύση και το περιεχόμενό τους και διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: Τα χωρικά δεδομένα τα οποία χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από τη θέση τους στο χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων. Τα μη χωρικά ή περιγραφικά δεδομένα, τα οποία σχετίζονται ή περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες της υπόψη χωρικής θέσης.

## ΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Απεικόνιση του πραγματικού κόσμου σε ένα ΓΣΠ είναι ουσιαστική απλοποίηση απόψεων της πραγματικότητας. Οι οντότητες (entities) του πραγματικού κόσμου στο ΓΣΠ αντιπροσωπεύονται από χωρικά αντικείμενα (objects) τα οποία σχετίζονται με χαρακτηριστικά (attributes) τα οποία περιγράφουν τις ιδιότητες της οντότητας. Τα κύρια χωρικά αντικείμενα ή στοιχεία ενός ΓΣΠ είναι τα σημεία (όπως, τα επίκεντρα σεισμών, οι πόλεις, τα ηφαίστεια, οι γεωτρήσεις κ.α.), οι γραμμές (όπως δρόμοι, υδρογραφικό δίκτυο, ρήγματα κ.α.) και τα πολύγωνα (όπως υδρογραφικές λεκάνες, γεωλογικές ενότητες κ.α.).

Επίσης υπάρχουν και τα τρισδιάστατα δεδομένα ανάγλυφου, τα οποία καταλαμβάνουν όχι μόνο μια συγκεκριμένη επιφάνεια, αλλά εκτείνονται και στο χώρο. Περιλαμβάνουν δηλαδή επιφάνειες καθώς και κατακόρυφες ή τρίτης διάστασης (Z) συντεταγμένες. Έχουν δηλαδή μήκος, έκταση και ύψος. Τέτοια περίπτωση είναι η τρισδιάστατη εμφάνιση ενός χάρτη κλίσεων ή γενικότερα η προσομοιωμένη τρισδιάστατη εμφάνιση του ανάγλυφου.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα μη χωρικά ή περιγραφικά δεδομένα σχετίζονται ή περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες της υπόψη χωρικής θέσης. Έτσι π.χ. η θέση μιας ισοΐψους καμπύλης πάνω στο χάρτη είναι χωρική πληροφορία, ενώ ο χαρακτηρισμός της με βάση το υψόμετρό της, μη χωρική. Αυτά διαχωρίζονται σε:

**Ονομαστικά δεδομένα (nominal):** Είναι ποιοτική, μη αριθμητική, μη γραμμική κλίμακα. Τα χαρακτηριστικά διαχωρίζονται με βάση τα ουσιαστικά πραγματικά χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα, η ιδιότητα "λεκάνη απορροής" μπορεί να πάρει τις τιμές: Κερίτης, Ταυρωνίτης κ.λπ.

**Τακτικά δεδομένα (ordinal):** Είναι ονομαστική κλίμακα αλλά με σειρά. Δηλαδή τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με κάποια τακτική διάταξη. Ένα παράδειγμα είναι η ιδιότητα "Μέγεθος" που μπορεί να πάρει τις τιμές: μικρή, μεσαία, μεγάλη κ.λπ.

**Κατά διαστήματα δεδομένα (interval):** Είναι μία τακτική κλίμακα αλλά με αριθμούς. Τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την απόκλισή τους από ένα αυθαίρετο μέγεθος μέτρησης. Ένα παράδειγμα είναι το " Εμβαδόν" το οποίο παίρνει τιμές που μετρούνται σε τετραγωνικά μέτρα.

**Αναλογικά δεδομένα(ratio):** Είναι μία κλίμακα με ένα απόλυτο μηδενικό σημείο έναρξης. Ένα παράδειγμα είναι το "Υψόμετρο" το οποίο μετριέται σε μέτρα και η μέτρηση αρχίζει από την επιφάνεια της θάλασσας.

Ένας ακόμα διαχωρισμός των περιγραφικών δεδομένων γίνεται ανάλογα με τη φύση τους, όπου διακρίνονται σε:

- διακριτά (όπως ο πληθυσμός, η χρήση γης κ.α.) και

- συνεχή (όπως το υψόμετρο, η ατμοσφαιρική ρύπανση κ.α.).

Η πρώτη από αυτές μετατρέπει τη μορφή του χάρτη σε μορφή διανύσματος (vector format) ή διανυσματική μορφή πολυγώνου, χρησιμοποιώντας την τεχνική του διανύσματος και η δεύτερη σε μορφή ψηφιδωτού ή κανάβου (raster format), χρησιμοποιώντας την τεχνική του ψηφιδωτού. Και οι δυο μέθοδοι, συγχρόνως με τη μετατροπή αυτή κάθε αυτή του χάρτη σε ψηφιακή μορφή, παρέχουν τοπολογική και ποιοτική πληροφορία για τον ακριβή τρόπο επανασύστασής του.

### 2.3.4 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Το σύνολο των λογισμικών ενός GIS καθορίζει πως τα γεωγραφικά στοιχεία μετατρέπονται σε πληροφορία, αλλά σαφώς δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι η όλη διαδικασία είναι η πιο κατάλληλη ή η πλέον αποδοτική. Για την επίτευξη των παραπάνω καθοριστικό ρόλο παίζουν τα διαθέσιμα με την εφαρμογή των στοιχείων, των ανθρώπων και της οργανωτικής υποδομής. Η αγορά ενός υπολογιστικού συστήματος με το αναγκαίο λογισμικό δεν εξασφαλίζει καμία επιτυχία σε οποιαδήποτε προσπάθεια αν δεν υπάρχουν τα κατάλληλα στοιχεία, οι εξειδικευμένοι χειριστές και αναλυτές χώρου και βέβαια ένας οργανισμός που να υποστηρίζει το σύνολο των διαδικασιών που απαιτεί η χρήση ενός GIS.

Υπάρχουν τρεις τουλάχιστον κατηγορίες χρηστών: Οι τεχνικοί οι οποίοι σχεδιάζουν και συντηρούν το σύστημα, οι κοινοί χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν το σύστημα στην καθημερινή εργασία τους και οι GIS engineers/ managers οι οποίοι χρησιμοποιούν τα ΓΣΠ στην διαδικασία λήψης αποφάσεων.

### 2.3.5 ΜΕΘΟΔΟΣ

Πάνω από όλα όμως για να είναι επιτυχημένο ένα ΓΣΠ, στα πλαίσια ενός οργανισμού, πρέπει να λειτουργεί σε συμφωνία με το σχέδιο λειτουργίας και τους business rules που διέπουν την λειτουργία του οργανισμού. Η ανάλυση μέσω των ΓΣΠ γίνεται με τέσσερις τρόπους. Δηλαδή υπάρχουν τέσσερα είδη αρχιτεκτονικών για τις υλοποιήσιμες εφαρμογές ΓΣΠ.

**Project ΓΣΠ:** Όλα τα δεδομένα βρίσκονται σε ένα Η/Υ, στον οποίο είναι εγκατεστημένο το λογισμικό. Τοπικά γίνεται η χαρτογράφηση αλλά και οι αναλύσεις. Οι δυνατότητες είναι περιορισμένες όσον αφορά στην αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων που απαιτούν πολλά είδη δεδομένων και αυξημένη υπολογιστική ισχύ.

**Υπηρεσιακά ΓΣΠ:** Όλα τα δεδομένα είναι διαθέσιμα σε πολλούς χρήστες με πρόσβαση από διαφορετικούς Η/Υ στην κλίμακα του τμήματος της επιχείρησης. Υφίσταται ολοκλήρωση και ενοποίηση των δεδομένων από τα διαφορετικά τμήματα. Οι ομάδες δεδομένων διατηρούνται και διαχειρίζονται κεντρικά. Τέλος, πολλά είδη εφαρμογών χρησιμοποιούνται για τις επιμέρους ανάγκες των τμημάτων.

**Επιχειρησιακά ΓΣΠ:** Όλα τα σύνολα δεδομένων διαχειρίζονται ως η βασική πηγή για παραγωγή πληροφορίας στην κλίμακα της επιχείρησης. Αποθηκεύονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων με τα οποία είναι προσπελάσιμα μέσω ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης. Εφαρμογές ΓΣΠ παίζουν το ρόλο του πελάτη και λαμβάνουν τα δεδομένα από την κεντρική βάση δεδομένων (που βρίσκεται στον εξυπηρετητή) για τις αναλύσεις. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ενός ΓΣΠ αρχιτεκτονικής πελάτη/εξυπηρετητή.

**Διαδικτυακά ΓΣΠ:** Τα δεδομένα υφίστανται σε κεντρικό εξυπηρετητή όπου υπάρχει κατάλληλο λογισμικό που επιτρέπει την πρόσβαση μέσω του Παγκόσμιου Ιστού. Οι ύπαρξη Java applets κάνει εφικτή, την πρόσβαση στα δεδομένα, από μακρινές αποστάσεις και για συγκεκριμένα είδη.



Εικόνα 2.4:Είδη αρχιτεκτονικών εφαρμογών του GIS

## 2.4 ΔΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα χωρικά δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή κατάλληλη για χρήση από τα GIS. Η διαδικασία αυτή καλείται ψηφιοποίηση, γιατί κατά την ψηφιοποίηση διατηρούνται τα τοπολογικά χαρακτηριστικά των δεδομένων. Τα ψηφιακά δεδομένα καταχωρούνται είτε σε μορφή κανάβου (raster) είτε σε μορφή διανύσματος ή πολυγώνου (vector). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ταξινομούνται κατ' επέκταση σε μια από τις δυο κατηγορίες ανάλογα με το ποια μορφή δεδομένων σχεδιάστηκαν για να επεξεργάζονται. Στη συνέχεια αναλύουμε τους δύο αυτούς τύπους δεδομένων.

### 2.4.1. ΔΟΜΗ ΚΑΝΑΒΟΥ (RASTER)

Στη δομή αυτή ο χώρος υποδιαιρείται σε όμοια τετράγωνα (μονάδες κανάβου) όπως στην περίπτωση των δορυφορικών δεδομένων. Η θέση ενός σημείου ορίζεται από τη γραμμή και τη στήλη του κανάβου στην οποία εμπίπτει. Το μέγεθος των τετραγώνων ορίζει και τη

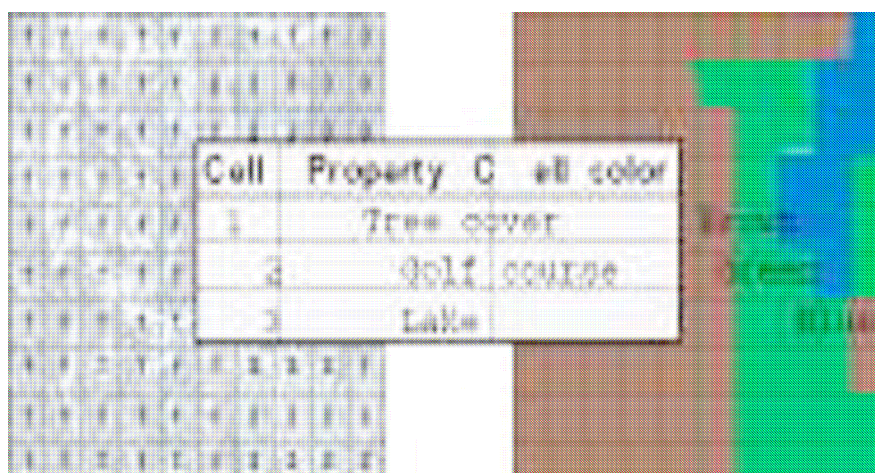


χωρική διακριτική ικανότητα εμφάνισης των δεδομένων (εικ.2.5). Η γενική αρχή των μοντέλων αυτών είναι η δυνατότητα απεριόριστης επέκτασής τους στο χώρο και το αντίστροφο, δηλαδή η δυνατότητα της συνεχούς υποδιαίρεσης του ίδιου σχήματος σε μικρότερες ενότητες που έχουν τις ίδιες ιδιότητες με το αρχικό σχήμα. Υπάρχουν τα ψηφιδωτά μοντέλα κανονικής και μη κανονικής μορφής. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται περισσότερο από όλα είναι το τετράγωνο-ψηφίδα, λόγω της δυνατότητάς του να υποδιαιρείται σε απεριόριστο αριθμό υπό περιοχών που έχουν το ίδιο σχήμα, ιδιότητες και λειτουργία. Η τιμή της κάθε ψηφίδας (pixel-cell) θεωρείται κατά σύμβαση ότι αντιστοιχεί σε όλη την περιοχή την οποία αυτό καλύπτει. Το μέγεθος των τετραγώνων ορίζει την ακρίβεια της αναπαράστασης. Στο ψηφιδωτό μοντέλο είναι δυνατό να γίνει η απεικόνιση με τους κωδικούς αλυσίδων, μηκών και κωδικούς τετραγώνων.

**Κωδικοί αλυσίδων (Chain codes):** Θεωρείται ένα σημείο έναρξης, όπως για παράδειγμα η ψηφίδα με συντεταγμένες σειρά 10 και στήλη 1, καθώς και οι τέσσερις κατευθύνσεις (ανατολικά = 0, βόρεια = 1, δυτικά = 2 και νότια = 3). Η περιγραφή των ορίων μιας περιοχής, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί καθορίζοντας τα όρια σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Το μοντέλο αυτό πλεονεκτεί στην απλότητα και το συμβατικό τρόπο οργάνωσης, χαρακτηριστικά που διευκολύνουν λειτουργίες, όπως η μέτρηση εμβαδών και περιμέτρων. Το μειονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι η δυσκολία στην εκτέλεση υπερθέσεων.

**Κωδικοί μηκών (Run-length codes):** Σε αυτόν τον τύπο λειτουργίας, για κάθε σειρά δημιουργούνται διαστήματα ψηφιδών της μορφής "από-έως". Πρόκειται για τεχνική συμπίεσης. Εάν το αρχείο περιέχει ομάδες εικονοστοιχείων με ίδιες τιμές γίνεται συμπίεση. Έτσι, αντί να αποθηκεύεται κάθε εικονοστοιχείο, αποθηκεύεται μια τιμή και το πλήθος των εικονοστοιχείων που έχουν αυτή την τιμή. Είναι χρήσιμη τεχνική κυρίως για μονοχρωματικές και δυαδικές εικόνες (Chrisman, 1997).

**Κωδικοί τετραγώνων (Block codes):** Σε αυτό το μοντέλο παρουσιάζεται η περιοχή με τη μορφή τετραγώνων άνισων μεγεθών. Κάθε ένας από τους προαναφερθέντες τύπους έχει τα πλεονεκτήματά του και τα μειονεκτήματά του. Έτσι, η χρησιμοποίηση ενός εκ των δύο μοντέλων καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από την εφαρμογή που πρόκειται να εκτελεστεί.



Εικόνα 2.5: Μορφή Κανάβου (Raster)

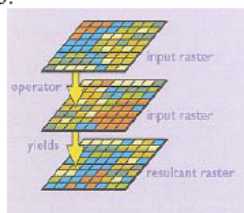
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μοντέλων κανάβου (raster)

<b>Ψηφιδωτά μοντέλα ή μοντέλα κανάβου(raster)</b>	
<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<p>Η γεωγραφική θέση κάθε μονάδας του κανάβου εξαρτάται από τη θέση της μέσα στη μήτρα τετραγώνων του κανάβου. Οι μονάδες καταχωρούνται με κάποια σειρά στη μνήμη του υπολογιστή, επομένως η διαδικασία εντοπισμού είναι εύκολη.</p>	<p>Απαιτείται μεγαλύτερος χώρος για την ψηφιακή αποθήκευση των δεδομένων από ότι στα συστήματα διανύσματος.</p>
<p>Δεν χρειάζεται η αποθήκευση των συντεταγμένων των μονάδων του κανάβου, εφόσον η γεωγραφική τους θέση καθορίζεται από την αντίστοιχη, μέσα στον κανάβο.</p>	<p>Η διακριτική ικανότητα είναι μικρότερη και εξαρτάται από το μέγεθος των μονάδων του κανάβου.</p>
<p>Οι γειτονικές θέσεις καθορίζονται από γειτονικές μονάδες, επομένως αρκετά εύκολα μπορούν να αναπτυχθούν σχέσεις γειννίας δηλαδή μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών ταξινομήσης.</p>	<p>Η εμφάνιση χαρτών με δεδομένα κανάβου είναι άκομψη ή ακόμη και ενοχλητική στον χρήστη.</p>
<p>Η ανάπτυξη και χρήση των σχετικών αλγορίθμων είναι απλούστερη απ' ό τι των αντίστοιχων συστημάτων διανύσματος.</p>	<p>Η πρόσβαση των δεδομένων είναι συνεχούς μορφής, επομένως για να εντοπιστεί κάποια μονάδα του κανάβου θα πρέπει να ελεγχθούν όλες οι προηγούμενες, γεγονός που αυξάνει τον χρόνο χρησιμοποίησης της μνήμης του υπολογιστή</p>
<p>Τα συστήματα κανάβου είναι συμβατά με άλλα δεδομένα όπως τα δορυφορικά, ή άλλα όργανα εξαγωγής δεδομένων σε μορφή κανάβου όπως π.χ. οι κλασσικοί εκτυπωτές.</p>	<p>Κατά την ψηφιοποίηση τα δεδομένα εισάγονται υπό μορφή διανύσματος. Επομένως θα πρέπει να γίνει η μετατροπή τους σε κανάβο για να υπάρχει συμβατότητα, πράγμα που μειώνει κατά κάποιο τρόπο την ακρίβεια που σχετίζεται με τη γεωγραφική θέση των δεδομένων.</p>

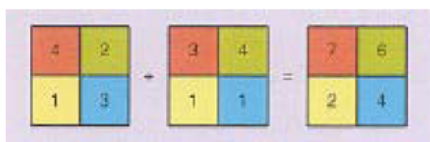
Γενικά, τα συστήματα κανάβου προτιμούνται από τους γεωεπιστήμονες όπως και από αυτούς που ασχολούνται με την τηλεπισκόπηση, γιατί είναι πιο απλά, επιτρέπουν την ευκολότερη και ταχύτερη επεξεργασία επιφανειακών δεδομένων, διευκολύνουν τη συσχέτιση με άλλα δεδομένα μορφής κανάβου ή ακόμα και διανύσματος (αφού μετατραπούν σε κανάβο) και δεν ενοχλεί σημαντικά η τυχόν μείωση κατά ένα μικρό ποσοστό της γεωγραφικής ακρίβειας.

### Επεξεργασίες στα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης

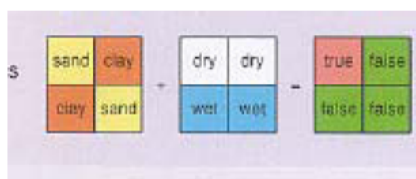
Σε δύο ή περισσότερα επίπεδα εφαρμόζονται αριθμητικοί ή λογικοί τελεστές. Προκύπτει ένα νέο επίπεδο.



**Αριθμητικοί τελεστές**  
+, -, \*, /, cos, sin, sqrt, ...



**Λογικοί τελεστές**  
And, Or, Xor, Not, >, <,  
...



Εικόνα 5: Είδη επεξεργασίας σε μοντέλα κανάβου

### 2.4.2 ΔΟΜΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ (VECTOR)

Η δομή αυτή έχει ως βασική μονάδα το διάνυσμα (εικ.2.7) δηλαδή είναι κατάλληλη στις περιπτώσεις όπου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε:

**ΓΡΑΜΜΕΣ:** Κατά χώρο δεδομένα ή χαρακτηριστικά είναι δυνατόν να οριστούν ακριβώς με τη χρησιμοποίηση γραμμών. Η χρήση γραμμών χρησιμοποιείται ευρέως, αφού με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η απεικόνιση πολλών μορφών, όπως ρήγματα, δρόμοι, ποτάμια, γραμμές κίνησης τεμαχίων ή ακόμη και λιθοσφαιρικών πλακών, δίκτυα ποικίλων μορφών κ.α. Συνήθως, οι γραμμές που εισάγονται σε ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών ενώνονται μεταξύ τους και τα σημεία σύνδεσής λέγονται κόμβοι (nodes). Υπάρχουν δύο κύριες δυνατότητες για τη μορφή της κωδικοποίησης. Η επιλογή εξαρτάται από το αν ενδιαφέρουν περισσότερο οι κόμβοι ή οι σύνδεσμοι. Εάν ενδιαφέρουν, κυρίως, οι κόμβοι, τότε μπορεί να δημιουργηθεί ένα αρχείο στο οποίο να καταγράφεται η αρίθμηση των κόμβων, οι συντεταγμένες τους (x,y) και οι αριθμοί των συνδέσμων με τους οποίους καθένας σχετίζεται. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ενδιαφέρον για την κατεύθυνσή

τους, τότε καταγράφεται ο αριθμός της γραμμής, του αρχικού και του τελικού της σημείου. Τα δίκτυα στα οποία δύο κόμβοι ενώνονται με μία ευθεία γραμμή, μπορεί να βρεθούν στη βιβλιογραφία και ως "Πλήρως Συνδεδεμένα δίκτυα". Υπάρχει, βέβαια, και η περίπτωση του συνδυασμού των δύο παραπάνω περιπτώσεων, έτσι ώστε το γεωγραφικό μοντέλο να αποτελείται από δύο αρχεία: ένα αρχείο συνδέσμων και ένα αρχείο κόμβων.

**ΣΗΜΕΙΑ:** Επιδιώκεται ο ακριβής εντοπισμός του αντικειμένου στο χώρο. Το σημείο είναι η απλούστερη μέθοδος απεικόνισης αντικειμένων και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των αντικειμένων που δεν έχουν καμία διάσταση στο χώρο (σε συγκεκριμένη κλίμακα). Η θέση τους στο χώρο προσδιορίζεται με τη χρήση είτε απόλυτων είτε σχετικών συντεταγμένων.

**ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ:** Απαιτείται η κατά το δυνατόν ακριβής παρουσίαση του σχήματος ενός αντικειμένου. Υπάρχουν πολλοί τρόποι απεικόνισης επιφανειών: το μοντέλο Spaghetti, το μοντέλο κωδικών αλυσίδων (Chain code), το τοπολογικό μοντέλο (Topological), το μοντέλο Dime και το μοντέλο Polyvnt.

**Μοντέλο Spaghetti:** Πρόκειται για τον απλούστερο τρόπο απεικόνισης μιας επιφάνειας, έτσι χρησιμοποιείται στις πιο απλές μορφές αυτοματοποιημένης χαρτογράφησης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό για κάθε πολύγωνο της περιοχής ενδιαφέροντος δημιουργείται ένα αρχείο, όπου καταχωρούνται με τη σειρά οι συντεταγμένες κάθε σημείου που έχει περαστεί για να καθοριστεί η πολυγωνική επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο, το δισδιάστατο μοντέλο ενός χάρτη μετατρέπεται σε μονοδιάστατο. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι η καταγραφή παραπάνω από μία φορές των συντεταγμένων των σημείων που ανήκουν σε γραμμές, οι οποίες με τη σειρά τους ανήκουν σε γειτονικά πολύγωνα.

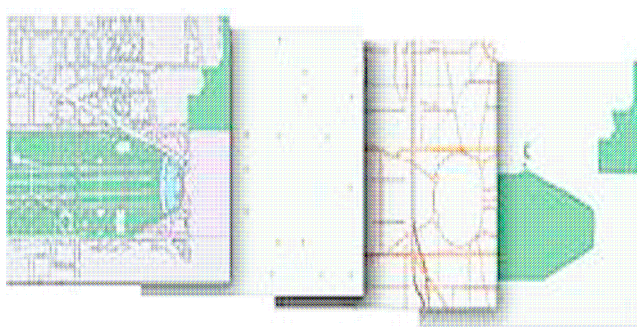
**Μοντέλο κωδικών αλυσίδων (Chain code):** Εδώ καταγράφεται η θέση ενός αρχικού σημείου, κατόπιν οι θέσεις των επόμενων σημείων καταγράφονται σε σχέση με την απόστασή τους από το αρχικό. Με τον τρόπο αυτόν, κωδικοποιούνται τα γραμμικά στοιχεία με τη χρησιμοποίηση μόνο των συντεταγμένων του αρχικού σημείου της γραμμής. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως για την απεικόνιση οδικού δικτύου, δικτύου απορροής, κ.λπ. Εξάλλου, το βασικό πλεονέκτημά του είναι η ευκολία μετατροπής των ήδη εισαγόμενων δεδομένων του, στη μορφή που απαιτούν τα άλλα μοντέλα.

**Τοπολογικό μοντέλο (Topological):** Αποτελεί το συνηθέστερο τρόπο οργάνωσης των γεωγραφικών στοιχείων και διατηρεί τις χωρικές σχέσεις ανάμεσα στα διαφορετικά αντικείμενα και φαινόμενα που καταχωρούνται στο σύστημα. Η οργάνωση γίνεται με την χρήση κόμβων και περιλαμβάνονται οι συντεταγμένες τους. Κατασκευάζεται ένα αρχείο πολυγώνων, όπου με μονάδα τη γραμμή καταχωρίζεται η αρχή και το τέλος της, καθώς και τα πολύγωνα που βρίσκονται εκατέρωθεν αυτής.

**Μοντέλο GBF/Dime (Geographic Base File/Dual IndependentMap):** Αποτελεί το γνωστότερο μοντέλο τοπολογικής χρήσης. Η βασική μονάδα του είναι το τμήμα μιας

επιφάνειας που περιλαμβάνεται ανάμεσα σε δύο τομές της. Το χαρακτηριστικό του είναι η χρήση τόσο των διευθύνσεων των γραμμών, όσο και των συντεταγμένων του, ενώ για την εύρεση ενός τμήματος γραμμής, το πρόγραμμα ψάχνει σειριακά σε όλο το αρχείο. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε τη δεκαετία του '70 στις ΗΠΑ για την κατασκευή των αστικών χαρακτηριστικών στις διάφορες ανεπτυγμένες περιοχές.

**Μοντέλο Polyvrt (POLYgon conVERTer):** Το μοντέλο αυτό έχει οργανωμένα τα στοιχεία του με ιεραρχική δομή. Η βασική γραμμική μονάδα είναι μία αλυσίδα, δηλαδή μία σειρά από ευθύγραμμα τμήματα που αρχίζουν και τελειώνουν σε έναν κόμβο. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε και αυτό μέσα στη δεκαετία του '70 από το Harvard Laboratory for Computer Graphics και είναι καλύτερο στο θέμα της ανάκτησης των στοιχείων του μοντέλου.



Εικόνα 2.7: Δομή Διανύσματος (Vector)

Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διανυσματικών μοντέλων(vector)

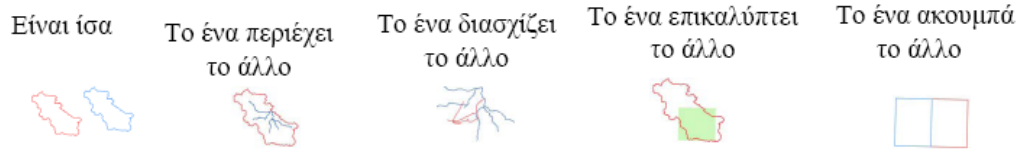
<b>Διανυσματικά μοντέλα (vector)</b>	
<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
Ο χάρτης που παράγεται, αποδίδεται με τον ίδιο βαθμό λεπτομέρειας όπως το πρωτότυπο.	Οι αλγόριθμοι των συστημάτων διανύσματος είναι πολύ περισσότερο πολύπλοκοι απ' ότι του κανάβου.
Για την κατασκευή του χάρτη δεν απαιτείται καμιά μετατροπή των αποθηκευμένων δεδομένων.	Χωρικά δεδομένα τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς, δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με διανύσματα, αλλά απαιτείται μετατροπή σε μορφή κανάβου
Αποθηκεύονται λιγότερα δεδομένα απ' ότι στην περίπτωση του κανάβου.	Δεν εξυπηρετεί το συνδυασμό των υπό μορφή κανάβου δορυφορικών δεδομένων και λοιπών γραμμικής δομής γεωγραφικών δεδομένων.
Οι ψηφιοποιημένοι χάρτες δεν χρειάζεται να μετατραπούν σε μορφή κανάβου για περαιτέρω επεξεργασία.	Απαιτείται δαπανηρό λογισμικό και τεχνικός εξοπλισμός.
Απαιτείται πολύ λιγότερος χώρος στον υπολογιστή απ' ότι σε ένα σύστημα κανάβου.	Δυσκολία μέτρησης εμβαδού και μήκους
Είναι πιο εύκολο να συσχετίσουμε τα περιγραφικά δεδομένα με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο.	

## Επεξεργασίες στα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων

### Γεωμετρικές

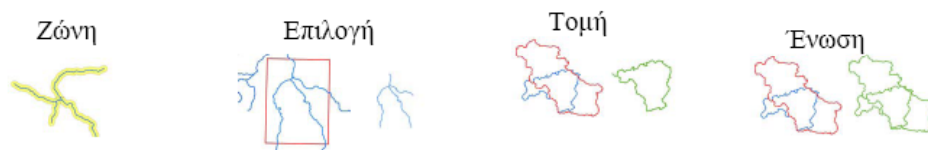
Συγκρίνουν τη γεωμετρία δύο οντοτήτων.

Δύο αντικείμενα μπορούν να έχουν τις παρακάτω σχέσεις:



### Τοπολογικές

Είναι πράξεις πάνω σε δύο ή περισσότερα επίπεδα πληροφορίας. Παράγουν ένα νέο επίπεδο.



Εικόνα 2.8: Είδη επεξεργασίας σε διανυσματικά μοντέλα

## 2.5 ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του ανάγλυφου στο χώρο, οπότε χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της τοπογραφίας μιας περιοχής. Παρότι έχουν χρησιμοποιηθεί ήδη από τη δεκαετία του 50 (Miller and Laflamme, 1958), η ανάπτυξη της επιστήμης της Πληροφορικής αναβάθμισε το ρόλο τους στις μέρες μας και τα κατέστησε αξιόπιστα έτσι ώστε να θεωρούνται απαραίτητο στοιχείο στη διαδικασία της γεωγραφικής ανάλυσης.

Παράγονται με την ψηφιοποίηση τοπογραφικών χαρτών, τη φωτογραμμετρική ανάλυση αεροφωτογραφιών και τέλος με την ανάλυση στερεοζευγών δορυφορικών δεδομένων όταν είναι επιθυμητή η χονδρική (μη λεπτομερής) αναπαράσταση του αναγλύφου. Σε αντίθεση με τους τοπογραφικούς χάρτες στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους η πληροφορία αποθηκεύεται σε μορφή κανάβου (raster), δηλαδή ο χάρτης διαιρείται κανονικά σε ορθογώνια εικονοστοιχεία και αποθηκεύει την ανύψωση κάθε εικονοστοιχείου. Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους είναι γκριζες εικόνες κλίμακας όπου οι τιμές του κάθε εικονοστοιχείου (pixel) είναι πραγματικοί αριθμοί υψομέτρου, ξεφεύγουν από τη λογική της απεικόνισης θεματικών επιπέδων πληροφορίας σε δύο διαστάσεις, αφού αποτελούνται από έναν κατάλογο X,Y,Z συντεταγμένων και ένα σύνολο καταλλήλων κανόνων παρεμβολής (π.χ να βρεθεί το Z για ένα οποιοδήποτε άλλο ζεύγος X,Y). Τα εικονοστοιχεία συντονίζονται επίσης στο παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων ή σε άλλα συστήματα συντεταγμένων, όπως αυτό που χρησιμοποιούμε στην Ελλάδα το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987, (ΕΓΣΑ '87).

Παρόλα αυτά οι δυνατότητες που έχουν στην παρουσίαση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων για το ανάγλυφο τα καθιστούν απαραίτητο συστατικό ενός ενοποιημένου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους αναφέρονται με διάφορους όρους, όπως DTM (Digital Terrain Model), DEM (Digital Elevation Model), DTD (Digital Terrain Data) και DTED (Digital Terrain Elevation Data). Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι τύποι δεδομένων από GIS.

Πίνακας 4:Είδη ψηφιακών μοντέλων εδάφους

Digital line graph (DLG)	Vector χάρτες που αποτελούνται από διάφορα γεωαναφερόμενα θεματικά γραμμικά layers όπως δρόμοι κτλ. ( 1:24,000 ,1:100,000 ,1:2,000,000)
Digital elevation model (DEM)	Raster απεικόνιση του υψομέτρου σύμφωνα με τα στάνταρτ της USGS (1:24,000 ,1:250,000)
Digital Raster graphics (DRG)	Ψηφιακά επεξεργασμένες αεροφωτογραφίες έτσι ώστε τυχόν ανωμαλίες που προκλήθηκαν από την κάμερα να έχουν απομακρυνθεί.
Digital orthophoto quads (DOQ)	Προέρχονται από αεροφωτογραφίες και χωρίζονται σε 9 κατηγορίες: κατοικημένοι τόποι, αγροκαλλιέργειες, βοσκοτόπια, δασικές, εκτάσεις, υδροβιότοποι , βάλτοι, χέρσες περιοχές τούνδρα και παγετώνες.

Γενικά τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους χρησιμοποιούνται ως:

- Μέσο αποτύπωσης της υψομετρικής πληροφορίας
- Υπόβαθρο των GIS/LIS/CAC-επεξεργασία δεδομένων (κλίση, προσανατολισμός, φωτοσκίαση κ.α)
- Πληροφορία για την κατασκευή ορθοφωτοχαρτών
- Αυτοματοποίηση φωτογραμμετρικών διαδικασιών
- Στοιχείο για το σχεδιασμό και την μελέτη τεχνικών έργων (δρόμοι, φράγματα, αεροδρόμια)

### 2.5.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Ψ.Μ.Ε.

- Υπολογισμός ιδιοτήτων της επιφάνειας του εδάφους (υψόμετρο, κλίση, προσανατολισμός, φωτοσκίαση)
- Εντοπισμός στοιχείων (λεκάνες απορροής, κορυφογραμμές, δίκτυα επικοινωνιών και υδροδότησης)

- Μοντελοποίηση υδρολογικών λειτουργιών (ενεργειακή ροή, δασικές πυρκαγιές, μετακίνηση πληθυσμού)

Μετά τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους μπορεί να εξαχθεί από αυτό πληθώρα πληροφοριών, τις οποίες δεν θα ήταν δυνατό να τις εξάγουμε από την ανάλυση των παραδοσιακών αναλογικών χαρτών:

- Υπολογισμός τιμών υψομέτρου
- Χάραξη ισοϋψών καμπυλών
- Υπολογισμός κλίσεων και προσανατολισμού
- Υπολογισμός εμβαδών και αποστάσεων στη περιοχή μελέτης
- Υπολογισμός όγκων
- Καθορισμός συνθηκών ορατότητας από ένα ή περισσότερα σημεία
- Τομές κατά μήκος επιφανειών
- Προσδιορισμός ιδιαίτερων μορφών του αναγλύφου (υδροκρίτες, λεκάνες απορροής, ρέματα κλπ)
- Σκίαση του αναγλύφου με καθορισμό της θέσης της φωτεινής πηγής

## 2.5.2 ΕΙΔΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ

Σε ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους τα βασικά δεδομένα εισαγωγής είναι οι καταγραφές του συνεχούς φαινομένου που περιγράφει αυτό το μοντέλο. Οι καταγραφές αυτές συνήθως αφορούν στο υψόμετρο και προέρχονται είτε από ψηφιακά δεδομένα (θεματικά Γ.Σ.Π, αρχεία ASCII κλπ), είτε από δεδομένα Τηλεανίχνευσης – φωτογραμμετρικές αποδόσεις του αναγλύφου (Makarovic 1976), δεδομένα radar, αλτιμέτρων κλπ – είτε από μετρήσεις πεδίου. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών των στοιχείων, όπως είναι η χωρική ακρίβεια απόδοσης, η ισοδιάσταση των υψομετρικών καμπυλών κλπ, συναρτώνται άμεσα με τις απαιτήσεις για τη πιστότητα του μοντέλου, το είδος της εφαρμογής, καθώς και τους περιορισμούς του διαθέσιμου υλικού και λογισμικού.

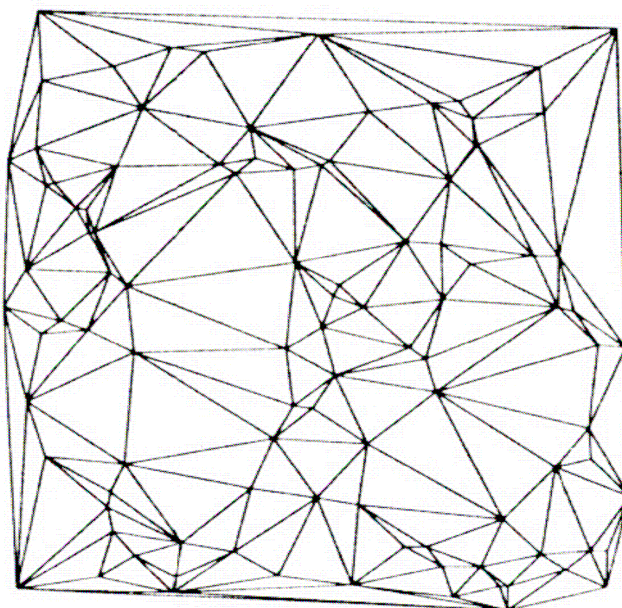
Εκτός από τα υψομετρικά δεδομένα, ο ακριβής υπολογισμός ψηφιακού μοντέλου εδάφους απαιτεί ακόμη και τις περιγραφές πρόσθετων δεδομένων τα οποία επηρεάζουν το σχήμα του αναγλύφου. Αυτά έχουν να κάνουν με δομικά στοιχεία που συνιστούν ανωμαλίες της συνεχούς επιφάνειας και είναι συνήθως το υδρογραφικό δίκτυο, τα ρήγματα κλπ.

Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται κυρίως δύο δομές δεδομένων για τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους: τα δίκτυα Τριγώνων (Triangulated Irregular Network) και τα σημειακά μοντέλα (πίνακες υψομέτρων, rectangular grid, elevation matrices, lattices).



## ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΓΩΝΩΝ (TIN)

Τα μοντέλα TIN παριστούν τη συνεχή επιφάνεια σαν ένα σύνολο από τρίγωνα τα οποία έχουν για κορυφές σημεία με καθορισμένη τιμή της μεταβλητής  $Z$  (συνήθως υψόμετρο) και συντεταγμένες  $x, y$ . Η δημιουργία των τριγώνων αυτών πρέπει να ικανοποιεί το κριτήριο Delaunay σύμφωνα με το οποίο ο κύκλος που διέρχεται από τις τρεις κορυφές του τριγώνου δεν θα πρέπει να περιέχει άλλο σημείο. Με αυτόν τον τρόπο όλοι οι κόμβοι συνδέονται με τους δύο πλησιέστερους. Επίσης η ικανοποίηση του κριτηρίου αυτού εξασφαλίζει τη μονοσήμαντη δημιουργία των τριγώνων, η οποία επιπλέον δεν εξαρτάται από τη σειρά επεξεργασίας των δεδομένων.



Εικόνα 2.9:Δομή τριγώνου TIN

Τα στοιχεία ενός μοντέλου TIN περιγράφονται παρακάτω:

1. Κόμβοι(Nodes):Είναι το βασικό στοιχείο του μοντέλου TIN. Οι κόμβοι δημιουργούνται από τα δεδομένα εισαγωγής. Κάθε κόμβος είναι κορυφή τριγώνου και έχει μια τιμή  $Z$  της συνεχούς μεταβλητής, καθώς και συντεταγμένες  $X, Y$ .
2. Πλευρές Τριγώνων(edges):Κάθε κόμβος συνδέεται με τους δύο πλησιέστερους του σύμφωνα με το κριτήριο Delaunay. Κάθε πλευρά έχει δύο κόμβους, αλλά κάθε κόμβος μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από δύο πλευρές.
3. Τρίγωνα(triangles):Κάθε τρίγωνο του μοντέλου περιγράφει ένα τμήμα της επιφάνειας. Είναι η στοιχειώδης δομική μονάδα και μπορεί να δώσει ποσοτικά στοιχεία σχετικά με τη κλίση, τον προσανατολισμό, την επιφάνεια κλπ. Επίσης ο συνδυασμός τριγώνων μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικές με όγκους, τομές επιφανειών, συνθήκες ορατότητας κλπ.
4. Όρια του TIN :Καθορίζει την περιοχή δόμησης του μοντέλου.

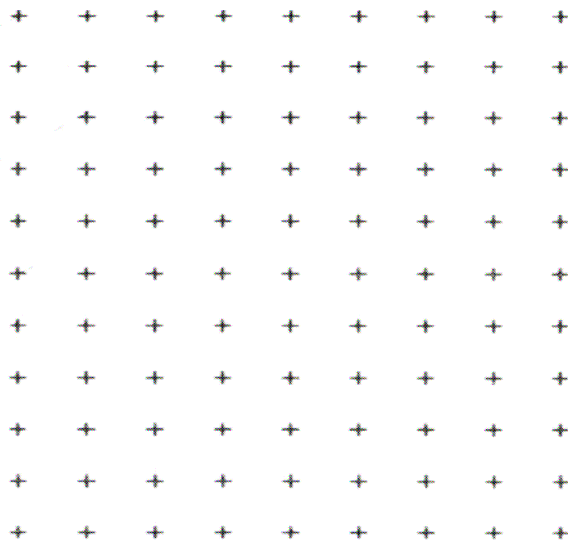
5. Τοπολογία: Η τοπολογική πληροφορία ενός μοντέλου TIN περιλαμβάνει στοιχεία για κάθε τρίγωνό του. Συγκεκριμένα για κάθε τρίγωνο καταγράφονται:

- Ο αριθμός αναγνώρισης του
- Οι αριθμοί αναγνώρισης των γειτονικών του τριγώνων
- Οι τρεις κόμβοι του
- Οι συντεταγμένες  $x, y$  των κόμβων
- Οι τιμές της μεταβλητής  $Z$  για κάθε κόμβο
- Ο τύπος της κάθε πλευράς του

6. Γενικές πληροφορίες: Αυτές αφορούν στις μονάδες μέτρησης, στο είδος της προβολής κλπ.

## ΣΗΜΕΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ (LATTICE, GRID)

Στα σημειακά μοντέλα υψομετρικών πινάκων η συνεχής επιφάνεια παρίσταται σαν ένας κάρναβος σημείων τα οποία ισαπέχουν και στα οποία αντιστοιχεί κάποια τιμή της μεταβλητής  $Z$ . Υπάρχει η δυνατότητα αντιστοίχισης μιας τιμής  $Z$  σε ένα σημείο του μοντέλου (μοντέλο lattice) ή σε μια στοιχειώδη επιφάνεια (μοντέλο grid).



Εικόνα 2.10: Δομή πίνακα πλέγμα

Γενικά, στα σημειακά μοντέλα πινάκων έχουμε τα παρακάτω στοιχεία:

- Κωδικούς αναγνώρισης των σημείων
- Συντεταγμένες  $x, y$  αρχικού σημείου αναφοράς σε πραγματικές μονάδες
- απόσταση μεταξύ των σημείων σε πραγματικές μονάδες
- Αριθμός σημείων

- Πίνακας με τις τιμές της μεταβλητής  $Z$  για κάθε σημείο. Σημειώνεται ότι οι συντεταγμένες  $x, \psi$  αποθηκεύονται μόνο για το σημείο αναφοράς.

Πρέπει να τονιστεί ότι η αύξηση της ανάλυσης (διακριτική ικανότητα, resolution) του μοντέλου αυξάνει και την ακρίβεια αναπαράστασης της φυσικής πραγματικότητας, μεγαλώνοντας όμως και τις απαιτήσεις για αποθήκευση των ψηφιακών δεδομένων.

Η δομή των δεδομένων με τη μορφή πινάκων έχει αναλογίες με τις δομές αποθήκευσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για παράδειγμα, κάθε σημείο ενός καννάβου υψομέτρων μπορεί να αποθηκευτεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη χρήση τριών αριθμών, τις καρτεσιανές συντεταγμένες  $x, \psi$ , και την τιμή του υψομέτρου  $Z$ .

Έτσι, η διαχείριση των πινάκων υψομέτρων με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι εύκολη και γρήγορη. Επίσης, η εφαρμογή ειδικών αλγορίθμων ανάλυσης και επεξεργασίας της πληροφορίας είναι πολύ εύκολη στα σημειακά ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Παρόλα αυτά για την όσο το δυνατό πιο ακριβή προσαρμογή των μοντέλων αυτών στις πραγματικές συνθήκες απαιτείται πυκνό δίκτυο σημείων.

Από την άλλη πλευρά στα μοντέλα TIN, συνδυάζονται καλύτερα οι δομές της επιφάνειας με τις τριγωνικές μορφές του μοντέλου. Επίσης, παρέχεται πιστή απεικόνιση της τραχύτητας του αναγλύφου. Όμως είναι πιο πολύπλοκα, απαιτούν ακριβή καταγραφή πολλών τοπολογικών σχέσεων και παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες στη διαχείριση. Άξιο αναφοράς είναι επίσης, ότι υπάρχουν αλγόριθμοι ανάλυσης οι οποίοι, ενώ εφαρμόζονται στα σημειακά μοντέλα, παρουσιάζουν τεχνικές δυσκολίες στα μοντέλα TIN (Burrough, 1986).

Δεν υπάρχει καθολική υπεροχή κάποιου είδους ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Ο βαθμός καταλληλότητας κάθε δομής δεδομένων εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες (την εφαρμογή, την επιθυμητή ακρίβεια κλπ). Έτσι, αποκτούν ιδιαίτερη σημασία η δυνατότητα μετατροπών από τη μια δομή στην άλλη και η ευελιξία του όλου υπολογιστικού συστήματος δόμησης των ψηφιακών μοντέλων εδάφους.

## **2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΣΠ**

Η απαίτηση για βελτιστοποίηση των διαδικασιών λήψης απόφασης σε προβλήματα οποία σχετίζονται με γεωγραφικά δεδομένα οδήγησε στην ανάπτυξη εφαρμογών ΓΣΠ για ένα ευρύτατο φάσμα παραγωγικών τομέων. Έτσι συστήματα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται σε τομείς όπως η δημοσιότητα διοίκηση, η βιομηχανία, η έρευνα ενώ όπως φαίνεται από την παράγραφο όπου παρουσιάζονται εφαρμογές ανά τομέα δραστηριότητας είναι δυνατόν να αναγνωρίσουμε την ύπαρξη και αναγκαιότητα τους σχεδόν σε κάθε δραστηριότητα η οποία περιλαμβάνει γεωγραφικό περιεχόμενο. Αναλυτικότερα, τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται στις παρακάτω εφαρμογές:

- Τράπεζες και Ασφάλειες
- ΜΜΕ
- Real Estate
- Επιχειρήσεις
- Retail Business
- Υπηρεσίες προσδιορισμού Θέσης
- Επικοινωνίες
- Σχεδίαση και ανάλυση δικτύων
- Βελτιστοποίηση Επιχειρήσεων
- Προγραμματισμός Προμηθειών
- Στρατός- Άμυνα
- Συστήματα διοίκησης & Ελέγχου (C4ISR)
- Κυβερνητικές υπηρεσίες( ΥΠΕΧΩΔΕ, Υπ. Υγείας για να αναφέρουμε δύο υπουργεία που χρησιμοποιούν sdss εφαρμογές στην Ελλάδα) Δημόσια Διοίκηση
- Πολιτική Προστασία (διαχείριση Πυρκαγιών, σχέδια εκκενώσεως περιοχών, άμεση επέμβαση και βοήθεια κτλ)
- Επιχειρήσεις Κοινής Ωφελείας
- διαχείριση δικτύων νερού, ηλεκτρικού, φυσικού αερίου και τηλεφώνου
- Ανάλυση μολυσμένων χώρων
- Ανάλυση περιβαλλοντικού κινδύνου
- Διαχείριση δασών, αγροτικών περιοχών, υδροβιότοπων
- Διαχείριση Φυσικών Πόρων
- Διαχείριση ορυχείων ,μεταλλείων
- Κτηματολόγιο – Χρήση Γης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

### **3.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΥΠΟΒΑΘΡΑ , Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΓΣΑ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ**

Σε κάθε εργασία συλλογής, διαχείρισης και παρουσίασης Γεωγραφικών Δεδομένων συμμετέχει το υπόβαθρο. Το υπόβαθρο είναι ο καμβάς, πάνω στον οποίο αναπτύσσεται όλη η πληροφορία. Συχνά επίσης, το υπόβαθρο περιέχει από μόνο του σημαντική πληροφορία, σχετιζόμενη με το θέμα των γεωγραφικών δεδομένων.

Για να είναι δυνατόν να συσχετίζονται οι πληροφορίες που μας αφορούν και να αξιοποιούνται διαχρονικά με την ανθρώπινη αντίληψη του χρόνου, χρησιμοποιούμε πρότυπα. Τα πρότυπα για την συγκεκριμένη αυτή χρήση τα λέμε: Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς. Τι είναι όμως ένα Γ.Σ.Α.; (ΒΕΗΣ, 1987):

Ένα Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ) στην κλασσική γεωδαισία:

- Ορίζεται με την επιλογή ενός (γεωδαιτικού) Datum, που δίνει αρχικές συντεταγμένες σε ένα σημείο και τις διαστάσεις ενός ελλειψοειδούς αναφοράς. Ο προσανατολισμός επιτυγχάνεται με αστρονομικές μεθόδους.

- Υλοποιείται με τις μετρήσεις ενός γεωδαιτικού δικτύου, την συνόρθωσή του και τον υπολογισμό των συντεταγμένων ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) των κορυφών του στο νέο Datum.

- Εφαρμόζεται με την απεικόνιση (ή προβολή) του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο που δίνει τις επίπεδες συντεταγμένες του δικτύου.

- Χρησιμοποιείται με την εξάρτηση (και εντοπισμό) των γεωδαιτικών, τοπογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών στο δίκτυο και την χρήση των συντεταγμένων των κορυφών του.

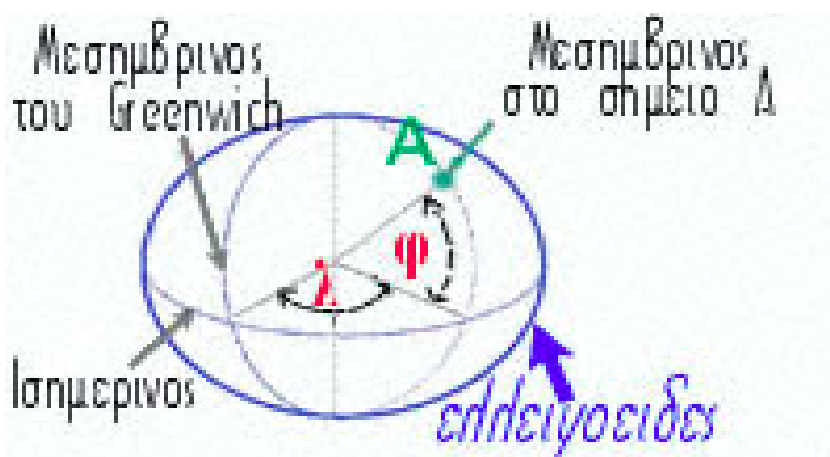
### **3.2 ΦΥΣΙΚΗ ΓΗΙΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΕΣ**

Ο όρος Φυσική Γήινη Επιφάνεια χρησιμοποιείται για να περιγράψει την επιφάνεια του γήινου πλανήτη. Το σχήμα της επιφάνειας αυτής έχει κατά ιστορικούς καιρούς περιγραφεί γεωμετρικά ως επίπεδο, σφαίρα, σφαιροειδές και ελλειψοειδές. Η πιο σύγχρονη θεώρηση για το σχήμα της γης χρησιμοποιεί την έννοια του γεωειδούς, το οποίο είναι μια σύνθετη επιφάνεια που περιγράφεται μόνον με αναλυτικούς/μαθηματικούς τύπους. Στην πράξη, για την αποφυγή πολύπλοκων πράξεων (και των σφαλμάτων που απορρέουν από αυτές) το πλέον συχνά χρησιμοποιούμενο σχήμα είναι το ελλειψοειδές εκ περιστροφής. Ένα σημείο πάνω στο ελλειψοειδές μπορεί να ορισθεί από τις γεωγραφικές συντεταγμένες, γνωστές ως γεωγραφικό μήκος ( $\lambda$ ) και γεωγραφικό πλάτος ( $\varphi$ ), τα οποία είναι γωνιακά μεγέθη και αναφέρονται στο νοητό κέντρο του ελλειψοειδούς. Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος μετρούνται σε μοίρες.

### 3.2.1 ΣΦΑΙΡΟΕΙΔΗΣ ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑ

Ήδη από τον 19ο αιώνα είχε καθιερωθεί η χρήση σαν επιφάνεια αναφοράς των γεωδαιτικών μετρήσεων σχήματος ελλειψοειδούς εκ περιστροφής. Το σχήμα αυτό μας δίνει ικανοποιητικές προσεγγίσεις της γήινης επιφάνειας, χωρίς οι αναγκαίοι υπολογισμοί να γίνονται απαγορευτικά πολύπλοκοι. Τόσο οι επιστημονικές διαφορές και η καλύτερη τοπική προσαρμογή, όσο και πολιτικοί λόγοι, οδήγησαν στην χρήση διαφορετικών ελλειψοειδών από διαφορετικές χώρες. Στα ελλειψοειδή ορίζουμε σαν παραλλήλους την τομή επιπέδων καθέτων στον άξονα συμμετρίας και της επιφάνειας του σφαιροειδούς. Οι παράλληλοι είναι κύκλοι.

Ο μέγιστος από τους κύκλους αυτούς, με ακτίνα τον μεγάλο από τους ημιάξονες του ελλειψοειδούς λέγεται ισημερινός. Ορίζουμε σαν μεσημβρινούς, την τομή των επιπέδων που διέρχονται από τον άξονα συμμετρίας και της επιφάνειας του σφαιροειδούς. Οι μεσημβρινοί είναι ελλείψεις. Ένας εκ των μεσημβρινών ορίζεται σαν πρώτος μεσημβρινός, ώστε να χρησιμοποιείται σαν αφετηρία μέτρησης των λοιπών.



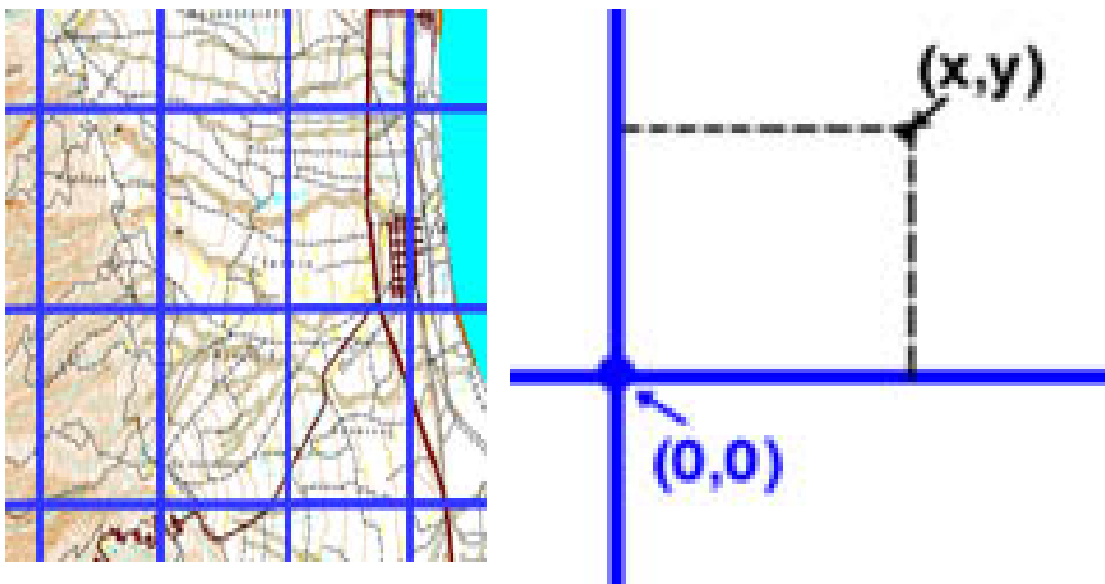
Εικόνα 3.1:Ελλειψοειδές

### 3.2.2 ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΟ

Ένας χάρτης στην γνωστή και συμβατική του μορφή είναι επίπεδος (δισδιάστατη επιφάνεια). Όποιος χρησιμοποιεί υπόβαθρα (εφόσον αυτά αναφέρονται σε ένα Γ.Σ.Α. ή αλλιώς όπως λέμε έχουν γεωαναφορά), χρησιμοποιεί και συντεταγμένες. Αυτές προσδιορίζουν μονοσήμαντα την θέση ενός σημείου στο υπόβαθρο. Χρησιμοποιούμε δύο ειδών συντεταγμένες ή συνδυασμό τους - για τον προσδιορισμό κάθε σημείου: γραμμικές (απόσταση από κάποια αφετηρία μέτρησης) και γωνιακές (το μέτρο της περιεχόμενης γωνίας μεταξύ κάποιας διεύθυνσης -αφετηρίας μέτρησης του γωνιακού μεγέθους - και της διεύθυνσης προς το σημείο ενδιαφέροντος).

Τις γραμμικές συντεταγμένες σε ορθοκανονικό σύστημα αξόνων τις λέμε συχνά **Καρτεσιανές** δηλ. την απόσταση από την τομή των αξόνων X,Y (ή σε ορισμένες περιπτώσεις E,N από τις αγγλικές λέξεις East,North). Συνήθως, σαν άξονας τετμημένων (Y)

θεωρείται η διεύθυνση του Βορρά (η οποία ταυτίζεται με την διεύθυνση του μεσημβρινού). Οι καρτεσιανές συντεταγμένες συνήθως μετριοούνται σε μέτρα. **Γεωδαιτικές συντεταγμένες** λέγονται οι δύο γωνίες, που ορίζουν την θέση ενός σημείου στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς αναφοράς. Το γεωδαιτικό πλάτος  $\varphi$  είναι η γωνία μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς και του επιπέδου του ισημερινού του ελλειψοειδούς. Το γεωδαιτικό πλάτος  $\lambda$  είναι η γωνία μεταξύ του επιπέδου του πρώτου μεσημβρινού και του μεσημβρινού, που διέρχεται από το σημείο ενδιαφέροντος. Είναι σημαντικό να μη ξεχνάμε ότι, η γνώση συντεταγμένων δεν ορίζει την απόλυτη (ότι και αν σημαίνει αυτό) θέση ενός σημείου, αλλά την θέση του σε συσχέτισμό με την αφετηρία μετρήσεων, δηλαδή την θέση του σε συγκεκριμένο Γ.Σ.Α.



Εικόνα 3.2:Ο χαρτογραφικός κάρναβος και οι καρτεσιανές συντεταγμένες  $x,y$  ενός σημείου στο χάρτη

Επομένως, η γνώση και αναφορά της θέσης σημείου σημαίνει: γνώση συντεταγμένων και γνώση Γ.Σ.Α. των συντεταγμένων. Μετά από αυτά είναι πλέον κατανοητό, πως είναι δυνατόν να έχουμε σημεία με ταυτόσημες συντεταγμένες, χωρίς τα σημεία να καταλαμβάνουν την ίδια θέση στον χώρο, όπως και πολλαπλά ζεύγη διαφορετικών κατά την τιμή μεταξύ τους συντεταγμένων, που αναφέρονται στο ίδιο σημείο.

### 3.2.3 Η ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΙ Η ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Το γεωμετρικό-μαθηματικό πρόβλημα που συναντάται είναι η απεικόνιση της γης (όλης ή μέρους της) σε ένα χάρτη ή με άλλα λόγια η απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο. Έχουμε σαν δεδομένο ότι η επιφάνεια των ελλειψοειδών είναι καμπύλη επιφάνεια, ενώ οι ανάγκες μας απεικόνισης των σημείων αυτής της επιφανείας γίνεται συνήθως στο επίπεδο. Επομένως, προκύπτει το πρόβλημα του τρόπου μετάβασης από την καμπύλη σε επίπεδη επιφάνεια. Η απάντηση στο πρόβλημα αυτό δόθηκε καταρχήν με την προβολή, κεντρική ή παράλληλη, της καμπύλης επιφανείας σε επίπεδη ή αναπτυσσόμενη σε επίπεδη, καμπύλη

επιφάνεια (παράπλευρες επιφάνειες κώνων ή κυλίνδρων). Στην συνέχεια και στην προσπάθεια να διατηρηθούν αμετάβλητα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της αρχικής επιφανείας (εμβαδόν, μήκη, γωνίες) στην απεικόνιση, δημιουργήθηκαν μαθηματικές προβολές, δηλαδή συναρτήσεις μετασχηματισμού των (γωνιακών) γεωδαιτικών συντεταγμένων, σε συνδυασμό με τα στοιχεία του σφαιροειδούς αναφοράς, σε επίπεδες, ήτοι σε γραμμικά μεγέθη.

Οι προβολές, με την χρήση κλίμακας στην απεικόνιση κάνουν δυνατόν τελικά να απεικονίζονται (προβάλλονται) οι καμπύλες επιφάνειες σε ένα κομμάτι χαρτί. Καταχρηστικά και σε αναλογία με τις προβολές, συγγραφείς ή εφαρμογές αναφέρονται σε απεικονίσεις των αρχικών γεωδαιτικών συντεταγμένων σαν να επρόκειτο για προβολές.

### **3.3 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Προβολικό σύστημα ή και απλά προβολή ονομάζεται ένα σύστημα που επιτρέπει την απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο. Το σύστημα αυτό ορίζεται από μια σειρά συναρτήσεων, που μεταξύ άλλων πληροφοριών, παρέχουν και το βαθμό παραμόρφωσης των σχημάτων όταν απεικονίζονται στο ελλειψοειδές. Έτσι, κάθε σημείο του ελλειψοειδούς αντιστοιχεί σε ένα σημείο του επιπέδου και αντίστροφα (αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία). Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα σημεία στο ελλειψοειδές με τα σημεία στο επίπεδο του χάρτη, χρησιμοποιείται για την μετατροπή από γεωγραφικές σε καρτεσιανές συντεταγμένες και αντίστροφα. Για να ορισθεί και να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ένα προβολικό σύστημα χρειάζονται :

- μαθηματικές σχέσεις που να συνδέουν αμφιμονοσήμαντα τις θέσεις σημείων στο ελλειψοειδές με αυτές που τους αντιστοιχούν στο επίπεδο.
- μαθηματικές σχέσεις που να παρέχουν τον βαθμό παραμόρφωσης των μεγεθών επί του ελλειψοειδούς.

Μια προβολή μπορεί να παραμορφώνει όλες ή μερικές από τις ιδιότητες ενός σχήματος του ελλειψοειδούς (διαστάσεις, μορφή και εμβαδά). Το σίγουρο είναι ότι τουλάχιστον ένα από τα παραπάνω μεγέθη θα παραμορφωθεί κατά την εφαρμογή της προβολής. Οι προβολές που διατηρούν κάποια από τα παραπάνω μεγέθη (δηλ. δεν τα παραμορφώνουν) έχουν και ιδιαίτερο όνομα ανάλογα με το ποιά χαρακτηριστικά διατηρούν. Πιο συγκεκριμένα:

- Μια ισαπέχουσα προβολή διατηρεί ανέπαφες τις διαστάσεις, και πιο συγκεκριμένα τις αποστάσεις από κάποια σημεία.
- Μια σύμμορφη προβολή διατηρεί την μορφή (δηλ. τις γωνίες) των σχημάτων.
- Μια ισοδύναμη προβολή διατηρεί το εμβαδό των σχημάτων.

Μια προβολή χρησιμοποιεί μια γεωμετρική επιφάνεια, η οποία οφείλει να είναι αναπτυσκτική. Αναλόγως του είδους της επιφανείας που χρησιμοποιείται, μια προβολή μπορεί να χαρακτηριστεί ως:

- Κυλινδρική, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένας κύλινδρος



- Αζιμουθιακή ή επίπεδη, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένα επίπεδο
- Κωνική, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένας κώνος.

### **3.4 ΤΟ ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Το σύνολο των τριγωνομετρικών σημείων της χώρας με τις γεωδαιτικές τους συντεταγμένες ( $\varphi, \lambda$ ) και το υψόμετρό τους ( $H$ ) ορίζουν το Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ ή datum) στο οποίο γίνεται εξάρτηση των γεωδαιτικών τοπογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών.

Οι σχέσεις που συνδέουν τις γωνίες και τις αποστάσεις στο ελλειψοειδές με τις καμπυλόγραμμες συντεταγμένες ( $\varphi, \lambda$ ) είναι πολύπλοκες και δύσχρηστες. Γι'αυτό γίνεται αντικατάσταση των ( $\varphi, \lambda$ ) των τριγωνομετρικών σημείων με ορθογώνιες επίπεδες συντεταγμένες ( $\chi, \psi$ ). Οι σχέσεις που συνδέουν τις ( $\chi, \psi$ ) με τις γωνίες και τις αποστάσεις πάνω στο επίπεδο είναι της επίπεδης αναλυτικής γεωμετρίας και είναι πολύ απλές και εύχρηστες. Η αντικατάσταση των συντεταγμένων ( $\varphi, \lambda$ ) με ( $\chi, \psi$ ) γίνεται με απεικόνιση του ελλειψοειδούς αναφοράς σε ένα επίπεδο (χάρτη) με τις εξισώσεις απεικόνισης  $\chi=f(\varphi, \lambda)$  και  $\psi=g(\varphi, \lambda)$ . Η απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους και δεν υπάρχει απεικόνιση που να απεικονίζει τα σχήματα του ελλειψοειδούς στο επίπεδο χωρίς παραμορφώσεις. Είναι δυνατόν σε μία απεικόνιση να διατηρούνται τα εμβαδά των σχημάτων (ισοδύναμη απεικόνιση) είτε οι μορφές των στοιχειωδών σχημάτων (σύμμορφη απεικόνιση) είτε οι αποστάσεις και γωνίες διεύθυνσης από κάποιο σημείο (ισαπέχουσα αζιμουθιακή απεικόνιση). Κάθε φορά επιλέγεται το κατάλληλο σύστημα απεικόνισης (προβολής) ώστε να εξυπηρετεί το σκοπό για τον οποίο γίνεται η απεικόνιση (Τάκος, 1994).

Τα προβολικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα είναι η αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή του HATT, τα δύο συστήματα Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής (TM3 και UTM) και το τρίτο και πλέον πρόσφατο σύστημα Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής (ΕΓΣΑ'87).

#### **3.4.1 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Ε.Μ.Π. (U.T.M.)**

Μέχρι και τον 19ο αιώνα, τα συστήματα των περισσοτέρων ευρωπαϊκών χωρών ήταν, λόγω επιστημονικών αλλά και πολιτικών διαφορών, τοπικά. Η εξέλιξη της επιστήμης, των οργάνων, αλλά και κυρίως οι ανάγκες πριν, κατά και μετά από τους δύο Παγκόσμιους Πολέμους οδήγησαν στην διάρκεια του 20ου αιώνα σε προσπάθειες δημιουργίας ενιαίου Ευρωπαϊκού Συστήματος Αναφοράς.

Αμέσως μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, η Δυτική Ευρώπη συμφώνησε σε ένα πρότυπο Γ.Σ.Α., το European Datum του 1950 (ED50). Στο ED50 όπως και σε άλλα Γ.Σ.Α., αποφασίστηκε να χρησιμοποιείται σαν Προβολικό Σύστημα το Παγκόσμιο Σύστημα

Εγκάρσια Μερκατορικής Προβολής (UTM), που εξυπηρέτησε τις ανάγκες των Δυτικών κατά τη διάρκεια του πολέμου.

Η Ελλάδα ακολούθησε και χρησιμοποιεί το ED50 σε κάποιες εφαρμογές έως σήμερα. Δεν ακολούθησε όμως για πρακτικούς λόγους στις ενημερώσεις και βελτιώσεις του συστήματος (ED79 κ.α.) που έγιναν στην συνέχεια. Τα ED50 και UTM χρησιμοποιούν μέχρι το γεωγραφικό πλάτος των 84° βορείως την εγκάρσια μερκατορική προβολή, σε ζώνες πλάτους 6°. Η Ελλάδα περιλαμβάνεται εν μέρει στην ζώνη 34 Βόρεια με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda=21^\circ$  και κατά το υπόλοιπο στην ζώνη 35 Βόρεια με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda=27^\circ$ .

Πίνακας 5: Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή

<b>Όνομα προβολικού συστήματος:</b>	<b>Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή - Universal Transverse Mercator)</b>
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	E.D.50 , με αφετηρία το Potsdam
Ελλειψοειδές αναφοράς:	Hayford
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6378388.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/297
Συντελεστής κλίμακας $K_0$	0.9996
Διαστάσεις ζωνών:	6° σε γεωγραφικό μήκος
Αριθμός ζωνών κάλυψης του Ελλαδικού χώρου:	2 (4η και 5η ζώνη, με κ.μ. $\lambda=21^\circ$ και $\lambda=27^\circ$ αντίστοιχα)

Η γη χωρίζεται σε 60 ζώνες, γεωγραφικού μήκους 6ο. Η μέγιστη διαφορά μέσα στην ίδια ζώνη δεν υπερβαίνει τις 3ο. Η πρώτη ζώνη ξεκινά από τον μεσημβρινό του Greenwich. Η Ελλάδα καταλαμβάνει τις ζώνες 4 και 5 αφού τα γεωγραφικά μήκη των άκρων της Ελλάδας είναι  $\lambda=19^\circ$  ο έως  $\lambda=28^\circ$  ο (περίπου). Το σύστημα χρησιμοποιεί συντελεστή κλίμακας 0.9996 οπότε οι παραμορφώσεις μέσα σε κάθε ζώνη δεν υπερβαίνουν το 1:2500. Για να αποφευχθούν αρνητικές συντεταγμένες η τιμή των τετμημένων των κεντρικών μεσημβρινών είναι 500000μ. Η αρχή των τεταγμένων είναι η τομή του κεντρικού μεσημβρινού με τον ισημερινό. Το σύστημα χρησιμοποιεί το Διεθνές ελλειψοειδές του Hayford. Η προβολή είναι σύμμορφη, και σχηματικά αντιστοιχεί στην απεικόνιση του ελλειψοειδούς με την βοήθεια ενός κυλίνδρου (ελλειπτικής διατομής) που εφάπτεται στον μεσημβρινό της ζώνης.

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται παγκοσμίως και έχει υιοθετηθεί κυρίως από τις στρατιωτικές υπηρεσίες των χωρών. Από την Γ.Υ.Σ. στην προβολή UTM του ED50 έχουμε μεγάλο μέρος από την Χαρτογραφική εργασία (περιοχές κεντρικής και Νότιας Ελλάδας) στις κλίμακες 1:50000 και 1:5000. Την ίδια επιλογή έχει μέχρι σήμερα και η Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού.

### 3.4.2 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΣΑ'87

Τον Δεκέμβριο του 1987, μετά από εισήγηση (ΒΕΗΣ, 1986) του καθηγητή Γεωργίου Βέη προς την ΈΓεωδαιτική και Γεωφυσική Επιτροπή του Κράτους (Γ.Γ.Ε.Π.) εγκρίθηκε προς χρήση το ΕΓΣΑ. Το ΕΓΣΑ χρησιμοποιεί σαν ελλειψοειδές αναφοράς το GRS80, εξ ορισμού προσανατολισμένο παράλληλα (ΒΕΗΣ, 1994) με το ITRF89 (International Terrestrial Reference Frame -1989). Γεωκεντρικές συντεταγμένες στο δίκτυο δόθηκαν από την υπολογισμένη στο ITRF89 θέση του κεντρικού βάθρου του σταθμού του Διονύσου. Ο προσανατολισμός και η κλίμακα δόθηκαν (ΒΕΗΣ, 1987) από δίκτυο 6 σταθμών laser, οι οποίοι συνδέθηκαν με το υπόλοιπο δίκτυο με δορυφορικές μετρήσεις. Η θέση του μετατεθειμένου (ως προς το ITRF89) γεώκεντρου έχει υπολογισθεί ώστε η επιφάνεια του ελλειψοειδούς να είναι η βέλτιστη για την Ελλάδα. Σαν προβολικό σύστημα χρησιμοποιεί την Ε.Μ.Π. σε μία μόνο ζώνη, με κεντρικό μεσημβρινό στις 24° - δηλαδή ακριβώς στην γραμμή διαχωρισμού των ζωνών 34 και 35 του UTM και λοιπές παραμέτρους όπως το UTM.

Στην πράξη το ΕΓΣΑ χρησιμοποιείται σταδιακά από το 1989. Έχουν συνταχθεί σε αυτό τα υπόβαθρα της πλειονότητας των εργασιών της τελευταίας δωδεκαετίας, όπως διαγράμματα Τοπογραφικά και Κτηματολογικά για τα την κατασκευή των μεγάλων και μικρών τεχνικών έργων, το κτηματολόγιο, αναδασμούς, αιγιαλούς κλπ, όπως και οι ορθοφωτοχάρτες του Υπουργείου Γεωργίας, που καλύπτουν το μέγιστο μέρος της Ελλάδας. Επίσης πλήθος σχεδίων για την Χωροταξική και Πολεοδομική οργάνωση της χώρας.

Πίνακας 6:Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς

<b>Όνομα προβολικού συστήματος:</b>	<b>Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 87</b>
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ε.Γ.Σ.Α. 87 με αφετηρία το μετατεθειμένο γεώκεντρο, βάθρο Διονύσου
Ελλειψοειδές αναφοράς:	GRS'80
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6378137.000m
Επιπλάτυση ελλειψοειδούς (1/f):	1/298.25722101
Συντελεστής κλίμακας K <sub>0</sub>	0.9996

Είναι το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών - Ε.Μ.Π., της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ. Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη την χώρα με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda_0=24^{\circ}$  και χρησιμοποιείται ενιαίος συντελεστής κλίμακας 0.9996. Οι παραμορφώσεις με αυτόν τον τρόπο μπορούν να φτάσουν μέχρι και 1:1.000 στα άκρα της χώρας (δηλ. 1 μέτρο σε απόσταση 1χλμ.). Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει ως τετμημένη 500000μ. Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ( $\varphi=0^{\circ}$ ). Το σύστημα

χρησιμοποιείται για την σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου καθώς έχει υιοθετηθεί από τον ΟΚΧΕ. Γενικά, τείνει να γίνει το επίσημο προβολικό σύστημα για την Ελλάδα καθώς προσφέρει ενιαία αναφορά για το σύνολο της χώρας. Έχει ήδη υιοθετηθεί από τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς καθώς και ιδιωτικές εταιρείες.

### **3.5 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Στην παραγωγή Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μας είναι ανεκτίμητες οι πληροφορίες, που περιέχουν τα παλαιότερα, αναλογικά ή διανυσματικά διαγράμματα, χάρτες, αεροφωτογραφίες κλπ. Για να γίνει δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στο ισχύον πρότυπο (ΕΓΣΑ), όπως έχουν ή μετά από διανυσματοποίηση, είναι αναγκαίο να παρεμβληθεί η διαδικασία του μετασχηματισμού των συντεταγμένων τους. Κάποιες φορές πάλι, ίσως να χρειαστεί η αντίστροφη διαδικασία. Να μετασχηματιστούν δηλαδή σύγχρονα δεδομένα (σε ΕΓΣΑ), ώστε να συσχετίζονται με αυτά κάποιου άλλου Γ.Σ.Α. . Ο ενδιαφερόμενος, πριν μπει στην διαδικασία προμήθειας των πρωτογενών υποβάθρων, θα πρέπει να απαντήσει στο ερώτημα: Μήπως τα δεδομένα υπάρχουν ήδη έτοιμα; Με την ανάπτυξη των εργασιών σε διανυσματικά ή ψηφιοποιημένα υπόβαθρα τα τελευταία χρόνια, υπάρχει η πιθανότητα να υπάρχουν έτοιμα, ψηφιοποιημένα και μετασχηματισμένα τα υπόβαθρα της περιοχής που ενδιαφέρει τον σχεδιαστή του Γ.Σ.Π.. Σαν παράδειγμα, πρέπει να υπάρχει στο ΕΓΣΑ το σύνολο των υποβάθρων κλίμακας 1:50000 της Γ.Υ.Σ., πολλά ή και όλα από αυτά της κλίμακας 1:5000 (ψηφιδωτά) κ.α. Η έρευνα μπορεί να γίνει στον Δημόσιο Τομέα (ΓΥΣ, ΥΠΕΧΩΔΕ κλπ) ή τον ιδιωτικό. Περισσότερα για τον Δημόσιο Τομέα υπάρχουν σε κείμενα σχετικά με την ΕΥΓεΠ.

#### **3.5.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ**

Ίσως δεν είναι άμεσα ορατά στον χρήστη, αλλά η αλλαγή προβολικού συστήματος περιέχει εγγενή προβλήματα. Περιληπτικά, αυτά σχετίζονται με την πιθανή αλλαγή σχημάτων, μηκών, γωνιών και εμβαδών. Σαν παράδειγμα, παρότι στο αρχικό προβολικό σύστημα τα άκρα ενός ευθύγραμμου τμήματος και το μέσον του βρίσκονται απευθείας, στο τελικό ίσως ορίζουν τόξο. Επίσης, με την αλλαγή κλίμακας, τα αναλυτικώς υπολογιζόμενα μήκη πλευρών και εμβαδά χωρίων θα αλλάξουν τιμές. Οι αλλαγές ίσως δεν φαίνονται ή είναι αριθμητικώς αμελητέες σε μετασχηματισμό μικρών εκτάσεων, αλλά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όταν οι εκτάσεις είναι ευρύτερες.

### 3.6 ΠΗΓΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Οι κυριότεροι δημόσιοι οργανισμοί παροχής χαρτογραφικών, γεωδαιτικών και τοπογραφικών δεδομένων στην Ελλάδα είναι οι ακόλουθοι:

#### 3.6.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΣΤΡΑΤΟΥ (Γ.Υ.Σ.)

Η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού είναι στενά συνδεδεμένη με τη χαρτογραφία στην Ελλάδα, αφού συγκροτήθηκε με βασική αποστολή τη σύνταξη του «τοπογραφικού και κτηματικού χάρτη της χώρας», προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για στρατιωτικούς και γενικότερους αναπτυξιακούς σκοπούς. Αρχικά η αποστολή της προσανατολίστηκε στην εκτέλεση των αναγκών, γεωδαιτικών, τοπογραφικών, φωτογραμμετρικών και χαρτογραφικών εργασιών για την κάλυψη των επιτακτικών αναγκών των Ενόπλων Δυνάμεων σε χαρτογραφικά προϊόντα και λοιπά τεχνικά στοιχεία και δεδομένα.

Η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) διαθέτει σε δημόσιες υπηρεσίες και ιδιώτες χάρτες, διαγράμματα, αεροφωτογραφίες, συντεταγμένες τριγωνομετρικών, βαρυτομετρικά, γεωμαγνητικά στοιχεία, τα οποία αποτελούν το βασικό υπόβαθρο της μελέτης και της κατασκευής όλων των μεγάλων τεχνικών έργων της χώρας. Επίσης, εκτελεί γεωδαιτικές, τοπογραφικές, κτηματολογικές και αεροφωτογραφικές εργασίες για λογαριασμό υπηρεσιών του ευρύτερου δημόσιου τομέα. Τα χαρτογραφικά υπόβαθρα που διαθέτει καλύπτουν το σύνολο σχεδόν του Ελληνικού χώρου στις ακόλουθες κλίμακες: Ειδικότερα οι χάρτες κλίμακας 1:50.000 κατασκευάστηκαν στο Προβολικό σύστημα Ε.Μ.Π. (U.T.M.)



Εικόνα 3.3:Χάρτης κλίμακας 1:50000m

### **3.6.2 ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (Ε.Σ.Υ.Ε.)**

Η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (ΕΣΥΕ) είναι Γενική Γραμματεία, που υπάγεται στο Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας. Σκοπός της είναι η συλλογή, ταξινόμηση, επεξεργασία και επιστημονική ανάλυση όλων των εθνικών στατιστικών δεδομένων, που είναι απαραίτητα στις δημόσιες και κρατικές υπηρεσίες για τον καθορισμό κυβερνητικών κατευθύνσεων και προγραμματισμό.

Η ΕΣΥΕ, εκτός των ποικίλων στατιστικών στοιχείων για τον Ελληνικό χώρο, διαθέτει επίσης διάφορα χαρτογραφικά προϊόντα όπως:

- Χάρτης της Ελλάδος, διαστάσεων 0,50x0,70, κλίμακας 1:2.000.000
- Χάρτης της Ελλάδος, διαστάσεων 0,70x100, κλίμακας 1:1.000.000.
- Χάρτες διαστάσεων 0,50x0,70 σε κλίμακα 1: 200.000 για κάθε νομό της Ελλάδος.
- Χάρτης Περιφέρειας Πρωτευούσης, διαστάσεων 0,50x0,70, κλίμακας 1:100.000
- Διαγράμματα κλίμακας 1:5.000 & 1:2.000 με τα απογραφικά τετράγωνα.

### **3.6.3 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΚΤΗΜΑΤΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (Υ.Κ.Χ.Ε.)**

Η Υ.Κ.Χ.Ε. ανήκει στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων.

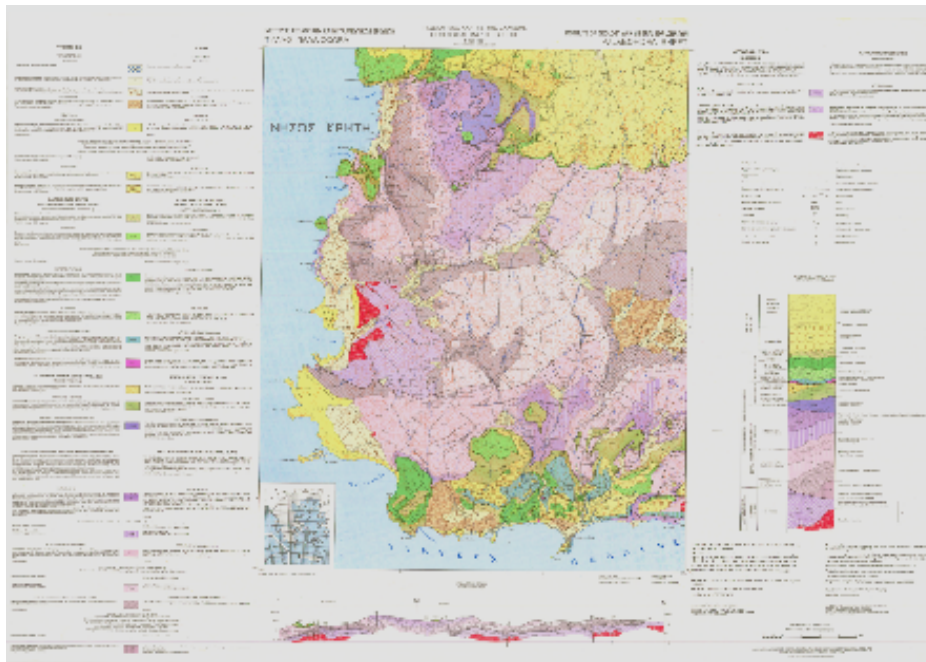
Τα χαρτογραφικά προϊόντα που παρέχει είναι:

- Αεροφωτογραφίες
- Διαγράμματα κλίμακας 1:1000 στο προβολικό σύστημα TM3
- Διαγράμματα κλίμακας 1:5000 στο προβολικό σύστημα TM3
- Χάρτες κάλυψης γης από το πρόγραμμα CORINE, κλίμακας 1:100.000 στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87

### **3.6.4 ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ (Ι.Γ.Μ.Ε.)**

Το ΙΓΜΕ ιδρύθηκε το 1976 και είναι ο θεσμοθετημένος τεχνικός σύμβουλος της πολιτείας, σε θέματα γεωεπιστημών. Βασικός σκοπός του, είναι η γεωλογική μελέτη της χώρας, η έρευνα και η αξιολόγηση των ορυκτών πρώτων υλών (πλην υδρογονανθράκων) και υπογείων νερών. Είναι σήμερα ο μοναδικός φορέας στη χώρα που επιμελείται την έκδοση γεωλογικών και άλλων θεματικών χαρτών και είναι σε θέση να αναλάβει παρόμοιες εργασίες και για λογαριασμό τρίτων.

Το ΙΓΜΕ μεταξύ άλλων προϊόντων διαθέτει Γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:1.000.000 και 1:50.000. Οι χάρτες 1:50.000 χρησιμοποιούν ως τοπογραφικό υπόβαθρο αυτό των χαρτών της Γ.Υ.Σ. με ισοδιάσταση 40 m αντί για 20 m.



Εικόνα 3.4: Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000m (ΙΓΜΕ)

### 3.6.5 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ (ΥΠΓΕ)

Τα χαρτογραφικά προϊόντα του Υπουργείου Γεωργίας διατίθενται μέσω της Διεύθυνσης Τοπογραφικής και του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών.

Η Διεύθυνση Τοπογραφικής του Υπουργείου Γεωργίας διαθέτει:

- Χάρτες διανομών κλίμακας 1:5.000 (σε τοπικά συστήματα συντεταγμένων αζιμουθιακής προβολής)
- Χάρτες αναδασμών κλίμακας 1:2.000 (σε τοπικά συστήματα συντεταγμένων αζιμουθιακής προβολής)
- Αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:20.000 (από το 1990 και μετέπειτα) & 1:40.000 (από το 1997 και αργότερα)
- Ορθοφωτοχάρτες κλίμακας 1:5.000
- Διαγράμματα οικισμών κλίμακας 1:2.000

Το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών του Υπουργείου Γεωργίας διαθέτει επίσης: Δασικούς χάρτες κλίμακας 1:20.000 στο προβολικό σύστημα HATT

### 3.6.6 ΚΤΗΜΑΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

Η Κτηματική Υπηρεσία ανήκει στο Υπουργείο Οικονομικών.

Το χαρτογραφικό υλικό που διαθέτει είναι:

- Διαγράμματα αιγιαλού και παραλίας.
- Διαγράμματα διανομών στεγαστικών προγραμμάτων και προσφυγικών αποκαταστάσεων

### **3.6.7 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (ΥΕΝ)**

Το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας διαθέτει:

- Ναυτικούς χάρτες διαφόρων κλιμάκων παραθαλάσσιων περιοχών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ**

Η Κρήτη αποτελεί, σύμφωνα με τον Ν.1739/87 περί διαχείρισης υδατικών πόρων ένα αυτόνομο υδατικό διαμέρισμα που περιλαμβάνει την ομώνυμη μεγαλόνησο μαζί με τα μικρά νησιά (Γαύδος, Δία, Κουφονήσι κλπ). Έχει συνολική έκταση 8.335 km<sup>2</sup> και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας.

Η μορφολογία της χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών: την ζώνη με υψόμετρο 400μ και άνω (υψηλή ή ορεινή), τη ζώνη από 200-400μ (μέση) και την χαμηλή ζώνη που αφορά τις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200μ. Τα βασικά ορεινά συγκροτήματα είναι προς τα δυτικά τα Λευκά όρη (2.454μ.) στο κεντρικό τμήμα ο Ψηλορείτης (ή Ιδη, 2.456μ.) και προς τα ανατολικά το όρος Δίκτη (2.147μ.) και τα όρη Σητείας (1.476μ.). Προς τα δυτικά και νότια οι υπώρειες των ορέων είναι απότομες και φθάνουν με μεγάλη κλίση προς τη θάλασσα ενώ προς τα βόρεια το ανάγλυφο είναι πιο ήπιο και λοφώδες (πεδιάδες Χανίων, Ρεθύμνου). Η μεγαλύτερη πεδιάδα βρίσκεται στο νότιο-κεντρικό τμήμα του νησιού (πεδιάδα Μεσσαράς) ενώ στα νοτιοανατολικά αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας. Υπάρχουν επίσης αρκετά οροπέδια τα κυριότερα των οποίων είναι του Λασιθίου και του Ομαλού. Ο συνολικός πληθυσμός του διαμερίσματος ανέρχεται σε 601.159 κατοίκους (ΕΣΥΕ, 2001) ή το 5,3% του συνολικού πληθυσμού της χώρας.

#### **4.1.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΡΗΤΗΣ**

Η γεωλογική δομή της Κρήτης συνδέεται άμεσα με την συνολική γεωλογική δομή της Ελλάδας, η οποία χωρίζεται σε διάφορες γεωτεκτονικές ζώνες με γενική διεύθυνση στον ηπειρωτικό χώρο της ΒΔ-ΝΑ.

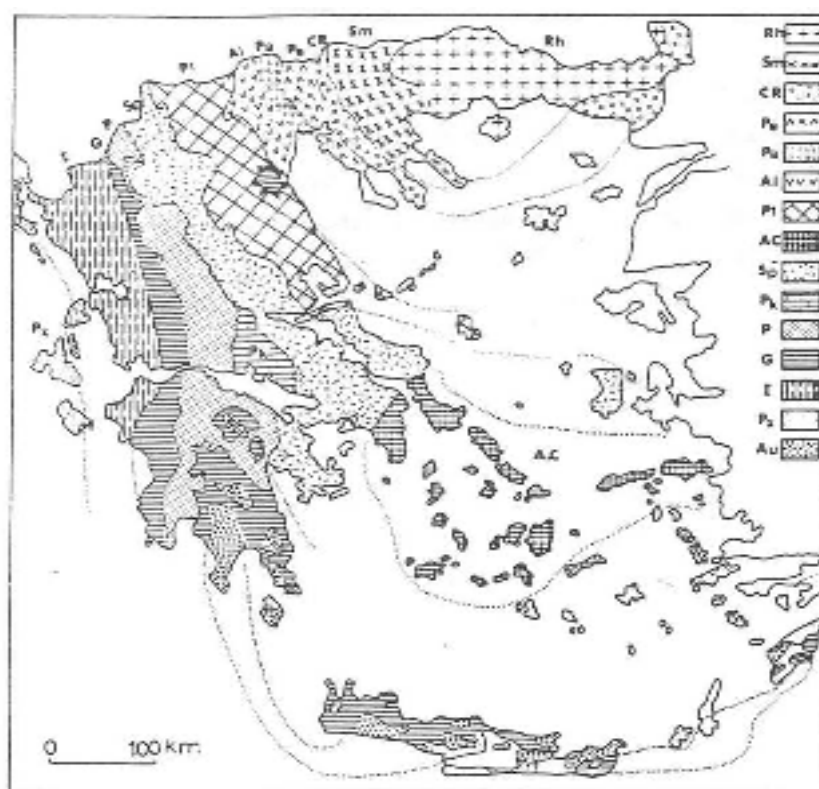


Κάθε ζώνη, χαρακτηρίζεται από ορισμένη και χαρτογραφίσιμη στρωματογραφική /λιθολογική διαδοχή των πετρωμάτων της όπως αυτά προέκυψαν από την επαλληλία των τεκτονικών γεγονότων που οδήγησαν στην δημιουργία του ορογενούς.

Στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο, οι κύριες γεωτεκτονικές ζώνες των οροσειρών με διεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ είναι (εικ.4.1):

Η μάζα της Ροδόπης εμφανίζεται στην Ανατολική Μακεδονία, Θράκη και στη Θάσο. Αποτελείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα.

Η Σερβομακεδονική μάζα εμφανίζεται δυτικά του Στρυμώνα από τα σύνορα μέχρι και την Χαλκιδική. Αποτελείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα.



Εικόνα 4.1:Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα Ροδόπης, SM: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Παίκου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξίου, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικό-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα «Ταλέα όρη - πλακώδεις ασβεστόλιθοι» πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Μουντράκης, 1985)

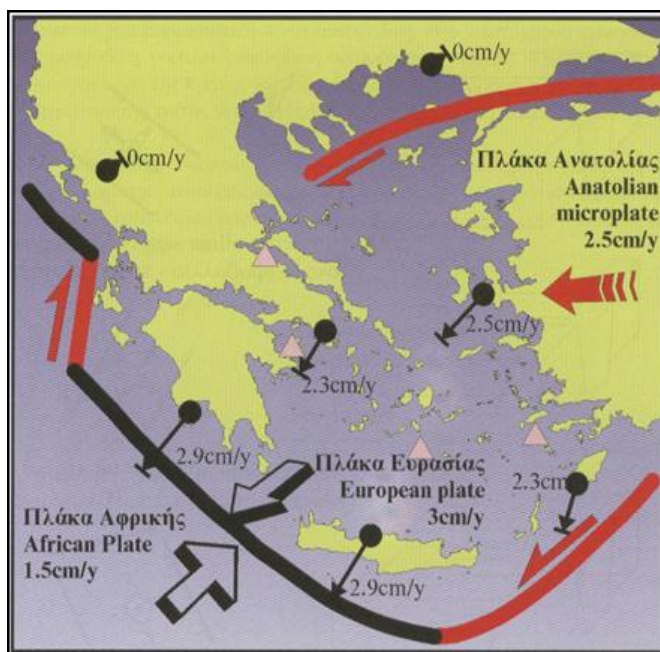
Η Περιοδοπική ζώνη εκτείνεται στη δυτική πλευρά της Σερβομακεδονικής μάζας με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Η ζώνη του Αξιού εμφανίζεται στην Κεντρική Μακεδονία, χαρακτηρίζεται από τις μεγάλες οφειολιθικές μάζες που απαντώνται σε αυτήν.

Η Πελαγονική ζώνη εμφανίζεται σε όλη την Ελλάδα. Αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, γνευσιωμένους γρανίτες και ανθρακικά καλύμματα.

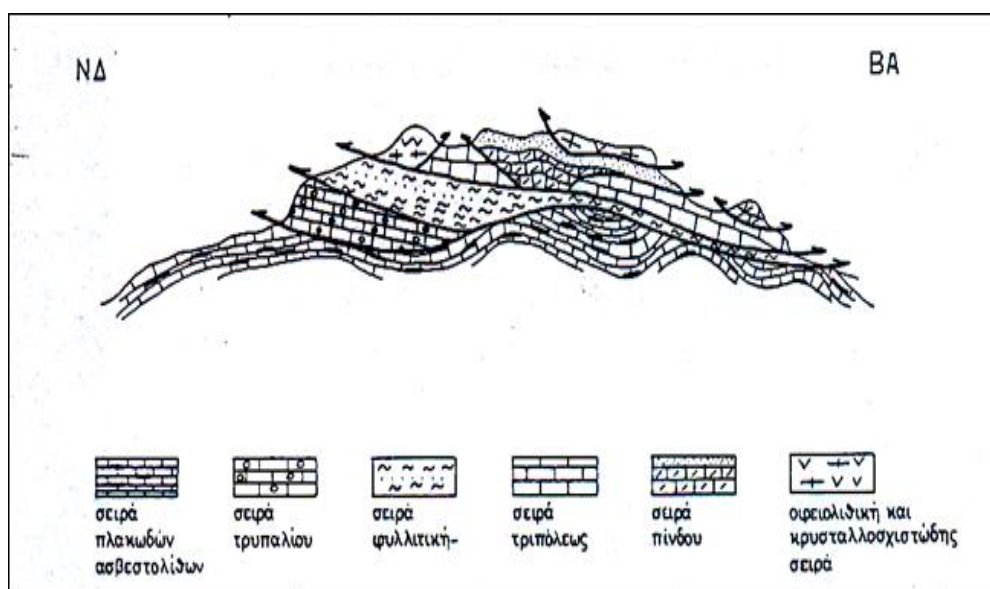
Η Αττικό-Κυκλαδική ζώνη εμφανίζεται κυρίως στα νησιά των Κυκλάδων και σε ένα τμήμα της Αττικής και της Νότιας Εύβοιας.



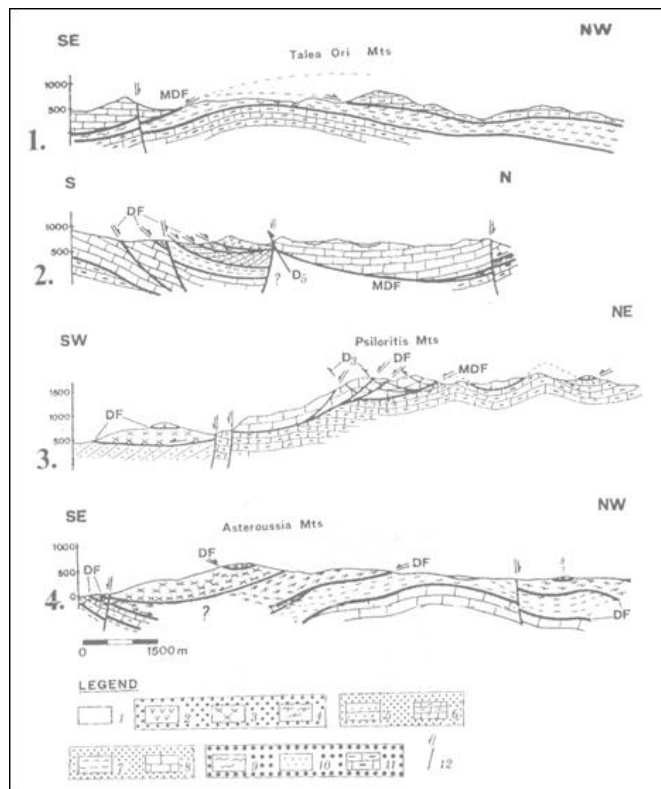


Εικόνα 4.3: Η σημερινή κινηματική κατάσταση του Αιγαίου (τροποποιημένη από τον Gilbert et al. 1994, Noomen et al. 1996 και Reilinger et al. 1997). Τα βέλη αντιστοιχούν σε οριζόντιες μετατοπίσεις σε σχέση με τη σταθερή Ευρώπη. Η παχιά μαύρη γραμμή δείχνει τη ζώνη υποβύθισης και οι κόκκινες γραμμές πλάγιες κινήσεις.

Χαρακτηριστικό στοιχείο της δομής της είναι τα αλλητάλληλα τεκτονικά καλύμματα των διαφόρων ζωνών (εικ.4.4), τα οποία αναπτύσσονται πάνω στην ενότητα Ταλέα όρη- των πλακωδών ασβεστόλιθων.

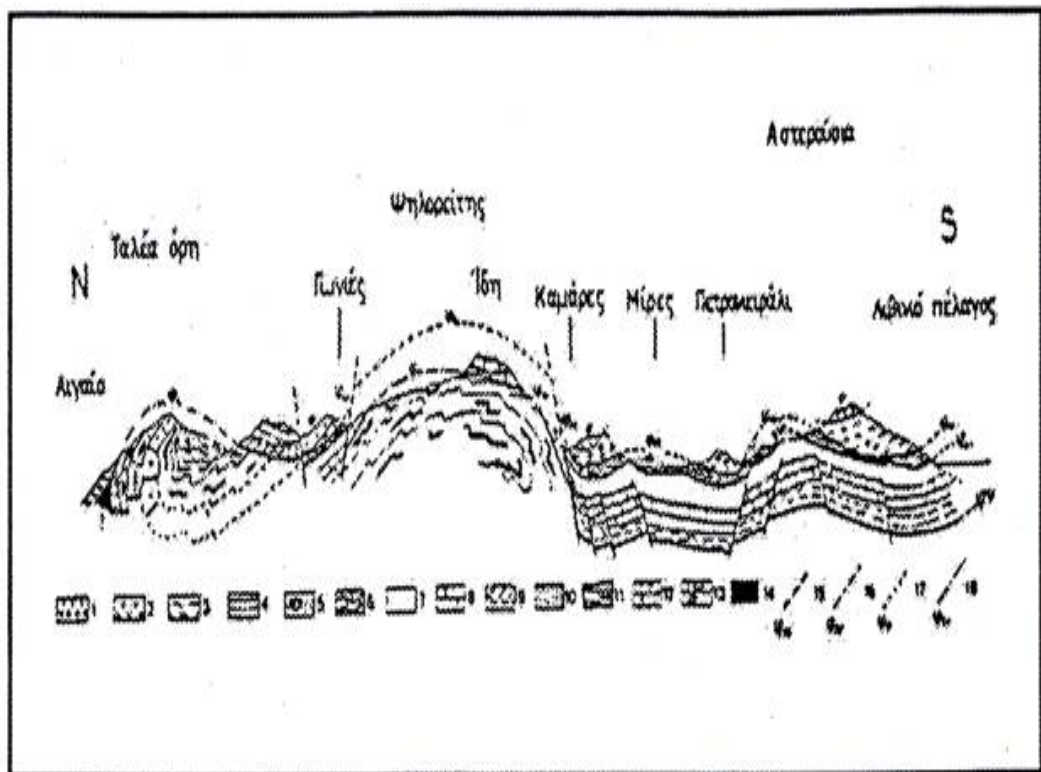


Εικόνα 4.4: Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της Κρήτης με τα αλλητάλληλα τεκτονικά καλύμματα.



Εικόνα 4.5:Γεωλογικές τομές στην περιοχή της κεντρικής Κρήτης (Φασσουλάς 1995). Τα νούμερα υποδηλώνουν: 1. Νεογενή ιζήματα, 2. Οφιολίθους, 3. καλ. Αστερουσίων, 4. καλ. Τεκτονικού melange, 5 και 6. καλ. Πίνδου (φλύσχης και ανθρακικά), 7 και 8. καλ. Τρίπολης (φλύσχης και ανθρακικά), 9. καλ. Φυλλιτών - χαλαζιτών, 10 και 11. καλ. Πλακωδών ασβεστολίθων (μεταφλύσχης και ανθρακικά), DF ρήγμα απόσπασης, MDF κύριο ρήγμα απόσπασης.

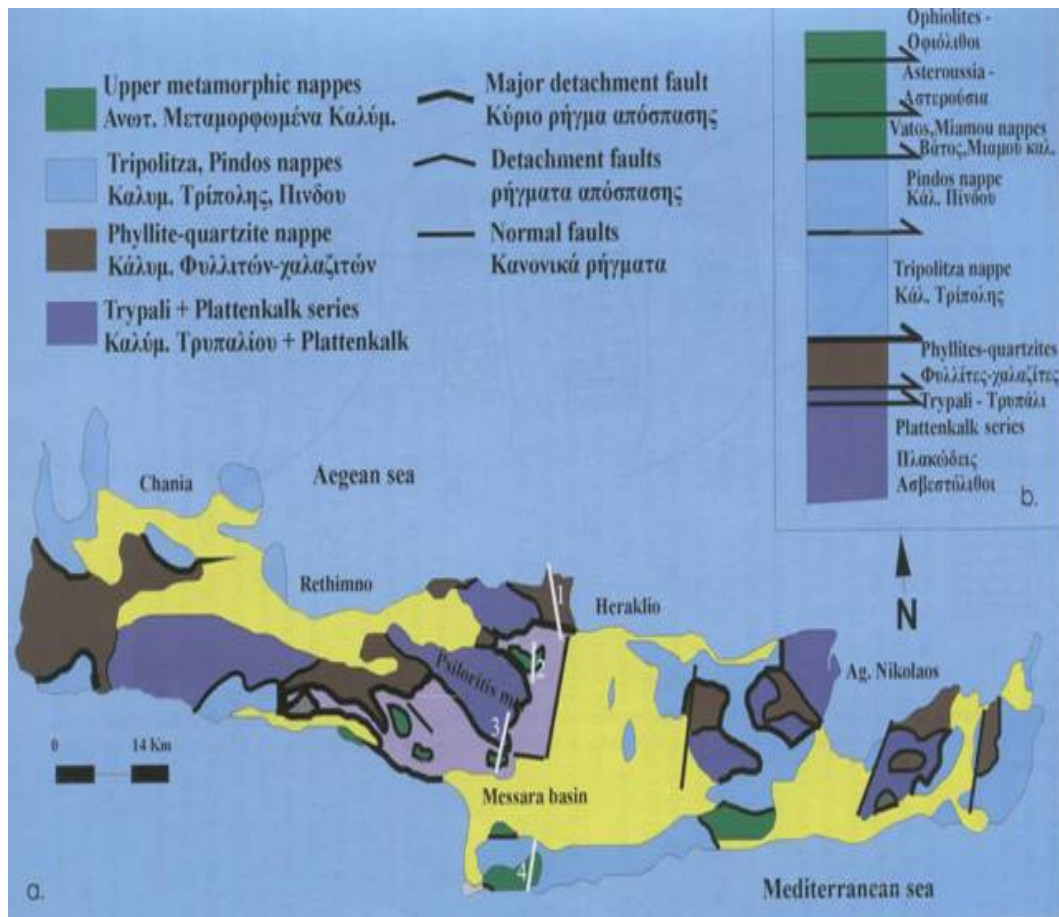
Το αυτόχθονο ή σχετικά αυτόχθονο σύστημα της Κρήτης αποτελεί η ακολουθία Ταλέα Όρη-Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι (εικ.4.6). Η ενότητα αυτή έχει ηλικία από το Πέρμιο μέχρι το Ηώκαινο και είναι ημιμεταμορφωμένη και πιθανώς ανήκει στην ζώνη της Αδριατικοϊονίου, αποτελείται κυρίως από κλαστικά ιζήματα χωρίς ηφαιστειακά πετρώματα στη βάση που εξελίσσονται σε τυπικούς «πλακώδεις ασβεστόλιθους» (μάρμαρα) που περιέχουν σε σημαντικό βαθμό κερατολιθικούς κονδύλους και πυριτικές ενστρώσεις. Εμφανίζονται επίσης μεγάλες μάζες άστρωτων (μετα)-ασβεστόλιθων, δολομιτών, ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών και φυλλιτικών-χαλαζιακών πετρωμάτων. Αποκαλύπτεται σε πολλές περιοχές της Κρήτης υπό μορφή τεκτονικού παραθύρου.



Εικόνα 4.6: Σχηματική γεωλογική τομή εγκάρσια στην Κεντρική Κρήτη. Απεικονίζεται η δομή των βουνών Ταλέα όρη, Ήδη (Ψηλορείτης) και Αστερούσια. 1: Νεογενείς αποθέσεις, 2: Οφειόλιθοι, 3: μεταμορφωμένα πετρώματα των αστερουσιών, 4: πρώτος φλύσχος της Πίνδου (Κάτω Κρητιδικό), 5: ενότητα Άρβης, 6: τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου, 7: φλύσχος ζώνης Γαβρόβου - Τρίπολης, 8: ασβεστόλιθοι Γαβρόβου - Τρίπολης, 9: φυλλίτης, 10-14: σειρά των πλακωδών ασβεστόλιθων (Plattenkalk), 15-18: επωθήσεις των διαφόρων τεκτονικών καλυμμάτων.

Τεκτονικά επωθημένη στην ενότητα Ταλέα Όρη- Πλακωδών Ασβεστόλιθων βρίσκεται η ενότητα του Τρυπαλιού, που αποτελείται από μεταμορφωμένους δολομίτες, δολομιτικούς ασβεστόλιθους, λατυποπαγείς ασβεστόλιθους έως γραουβάκες, σκούρους κυψελώδεις δολομίτες, άσπρα ζαχαρόκοκκα μάρμαρα και εμφανίσεις γύψου στη βάση. Η ηλικία τους καθορίστηκε με την βοήθεια απολιθωμάτων μεταξύ Άνω Τριαδικού-Κάτω Ιουρασικού.

Πάνω από την ενότητα του Τρυπαλιού βρίσκεται η ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζιτών, η οποία περιλαμβάνει φυλλίτες, χαλαζίτες, μετα-ψαμμίτες, μετα-κροκαλοπαγή, φακοειδείς ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μετα-ανδεσίτες, μεταβασίτες. Η ηλικία της είναι μεταξύ Περμίου - Τριαδικού. Στην ενότητα αυτή συμπεριλαμβάνεται από τους περισσότερους ερευνητές και το ημιμεταμορφωμένο σύστημα των Ραβδούχων που αποτελεί και το υπόβαθρο της ανθρακικής ακολουθίας της ζώνης της Τρίπολης που ακολουθεί επίσης με τεκτονική επίσης επαφή και αποτελείται από στο υποκείμενο και τους μεγάλου πάχους νηριτικούς ασβεστόλιθους. Σε ανώτερη τεκτονική θέση βρίσκεται απωθημένο το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου (εικ.4.7).



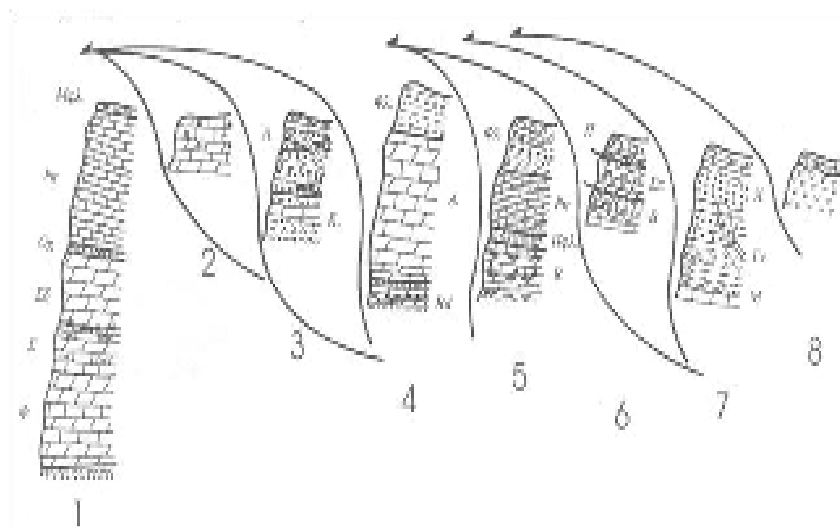
Εικόνα 4.7: Το οικοδόμημα των καλυμμάτων της Κρήτης.

Πάνω από τις παραπάνω αναφερόμενες εξωτερικές ζώνες υπάρχουν σε ανώτερη τεκτονική θέση αλλόχθονα τεκτονικά λείπια των εσωτερικών ζωνών, όπως είναι η ενότητα της Άρβης. Πάνω από την ενότητα του Τρυπαλίου βρίσκεται η ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζιτών, η οποία περιλαμβάνει φυλλίτες, χαλαζίτες, μετα-ψαμμίτες, μετα-κροκαλοπαγή, φακοειδείς ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μετα-ανδεσίτες, μεταβασίτες. Η ηλικία της είναι μεταξύ Περμίου-Τριαδικού. Στην ενότητα αυτή συμπεριλαμβάνεται από τους περισσότερους ερευνητές και το ημιμεταμορφωμένο σύστημα των Ραβδούχων που αποτελεί και το υπόβαθρο της ανθρακικής ακολουθίας της ζώνης της Τρίπολης που ακολουθεί επίσης με τεκτονική επαφή και αποτελείται από στο υποκείμενο και τους μεγάλου πάχους νηριτικούς ασβεστόλιθους. Σε ανώτερη τεκτονική θέση βρίσκεται απωθημένο το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου.

Πάνω από τις παραπάνω αναφερόμενες εξωτερικές ζώνες υπάρχουν σε ανώτερη τεκτονική θέση αλλόχθονα τεκτονικά λείπια των εσωτερικών ζωνών, όπως είναι η ενότητα της Άρβης που περιλαμβάνει τμήματα οφιολιθικού συμπλέγματος, η ενότητα των Αστερουσίων που περιέχει γνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες.

Τέλος, πάνω από τους αλπικούς σχηματισμούς βρίσκονται ιζήματα του Νεογενούς (κυρίως κλαστικά θαλάσσια ιζήματα) και Τεταρτογενούς (κυρίως ηπειρωτικής φάσης) τα

οποία συνήθως έχουν κυμαινόμενο πάχος και εξάπλωση στις διάφορες περιοχές της Κρήτης (εικ.4.8).



Εικόνα 4.8:Στρωματογραφικές στήλες των καλυμμάτων της Κρήτης. Τα νούμερα υποδηλώνουν: 1. καλ. Πλακώδων ασβεστολίθων, 2. καλ. Τρυπαλίου, 3. καλ. Φυλλιτών-Χαλαζιτών, 4. καλ. Τρίπολης, 5. καλ. Πίνδου, 6. καλ. Τεκτονικού melange, 7. καλ. Αστερουσίων, 8. Οφιόλιθοι.

## 4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

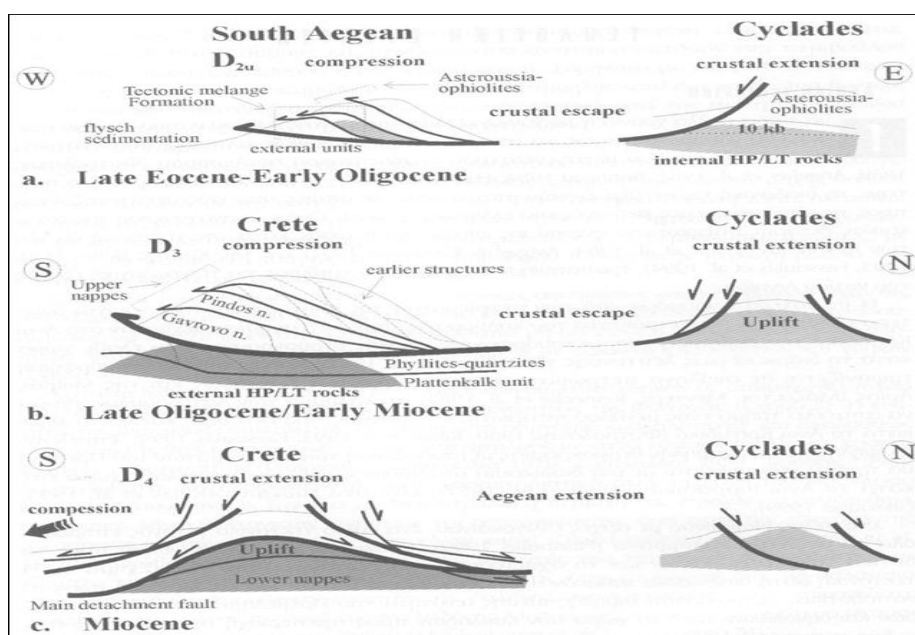
### Αλπική τεκτονική

Για πάρα πολλά χρόνια η τεκτονική εξέλιξη της Κρήτης και του νότιου Αιγαίου γενικότερα, θεωρούνται ως το αποτέλεσμα της τελικής αλπικής, συμπίεστικής τεκτονικής και του μεταγενέστερου νεοτεκτονικού εφελκυσμού (Φυτρολάκης 1980, Angelier et al. 1982, Bonneau 1984, Bonneau et al. 1977 Hall et al. 1984). Το πιο αποδεκτό μοντέλο προτείνει την διαδοχική ανάπτυξη ζωνών υποβάθμισης, οι οποίες συνεχώς μετατοπίζονταν προς τις εξωτερικότερες περιοχές του ελληνικού χώρου. Όμως, η αναγνώριση της διαδικασίας έκτασης ηπειρωτικού φλοιού ως κύριας συνιστώσας κατά την τεκτονική εξέλιξη των Κυκλάδων (Lister et al. 1984, Avigad και Garfunkel 1991), και της Κρήτης (Kilias et al. 1993, Fassoulas et al. 1994, Kilias et al. 1994, Κίλιας και συνεργάτες 1985), τροποποίησε τις μέχρι τότε απόψεις για την γεωλογική εξέλιξη του νότιου Αιγαίου.

Η παλαιότερη παραμόρφωση των πετρωμάτων της Κρήτης παρατηρείται στα ανώτερα καλύμματα. Τα πετρώματα του καλύμματος των Αστερουσίων δέχθηκαν στο Άνω Κρητιδικό την επίδραση μιας μεταμόρφωσης υψηλής θερμοκρασίας που έλαβε χώρα κατά την διάρκεια μιας λέπτυνσης του φλοιού (Hall 1987) καθώς η ίδια μεταμόρφωση εμφανίζεται σε ανάλογα πετρώματα στην περιοχή των Κυκλάδων και της Μικράς Ασίας (Μάζα του Μεντερέ, Reinecke et al. 1982), το κάλυμμα των Αστερουσίων μπορεί να αποτελεί τμήμα ενός μεγάλου ηπειρωτικού τεμάχους που εκτάθηκε και λεπτύνθηκε κατά το Άνω Κρητιδικό (Φυτρολάκης 1980, Kilias et al. 1993 Fassoulas 1999). Επιπλέον, η υψηλής πίεσης/χαμηλής

θερμοκρασίας μεταμόρφωση των πετρωμάτων του Πρέβελη θα πρέπει να συνδέεται με μια διαδικασία υποβύθισης πλακών, που έλαβε χώρα είτε κατά το Άνω Ιουρασικό (Seidel et al. 1977, 1978, Greutzburg και Seidel, 1975), είτε στο Ηώκαινο (Kilias et al. 1993, Fassoulas 1999).

Στο τέλος Ηωκαίνου με αρχές Ολιγοκαίνου, ένα κύριο τεκτονικό γεγονός επηρέασε όλα τα ανώτερα καλύμματα (Fassoulas 1999), προκαλώντας την επώθηση προς τα δυτικά των καλυμμάτων και το σχηματισμό του Τεκτονικού melange (εικ.4.9). Η τεκτονική αυτή διαδικασία πιθανόν σχετίζεται με μια απόσπαση και διαφυγή προς τα νοτιοδυτικά, πετρωμάτων υψηλής πίεσης (ενότητα του Πρέβελη;), κρυσταλλοσχιστωδών και οφιολίθων, από το χώρο των Κυκλάδων προς την περιοχή της Κρήτης, καθώς οι δυο περιοχές συνδέονται γεωλογικά και τεκτονικά μεταξύ τους (Fassoulas 1999).



Εικόνα 4.9: Η γεωλογική εξέλιξη της Κρήτης (Fassoulas, 1999).

Στο άνω Ολιγόκαινο, η φορά της τοποθέτησης των καλυμμάτων στράφηκε προς τα νότια (εικ.4.9.β). Οι παρατηρήσεις υπαίθρου έδειξαν ότι η μεταβολή της φοράς τοποθέτησης των καλυμμάτων δεν είναι σταδιακή (Fassoulas 1999), αντιθέτως ήταν απότομη και πιθανόν σχετίζεται με την αλλαγή που συνέβη στο Ολιγόκαινο στη σχετική ανάμεσα στην Αφρική και στην Ευρασία (Dercourt et al. 1986). Η καλυμματική τεκτονική του Ολιγοκαίνου επηρέασε όλα τα καλύμματα της Κρήτης προκαλώντας την υποβύθιση και μεταμόρφωση των κατωτέρων καλυμμάτων και την επανατοποθέτηση, με ανάστροφα ρήγματα, των ανωτέρων καλυμμάτων (εικ.4.9.β).

Στην αρχή του Μειόκαινου, τα πετρώματα της Κρήτης επηρεάστηκαν από μια βορρά νότου ηπειρωτική έκταση, ως αντιστάθμισμα στην προηγούμενη πάχυνση του φλοιού (Kilias et al. 1993, Fassoulas et al. 1994, Φασσουλάς 1995, εικ.4.9.γ). Η έκταση αυτή δημιούργησε κανονικά, προς τον βορρά και τον νότο, ρήγματα απόσπασης, και προκάλεσε την



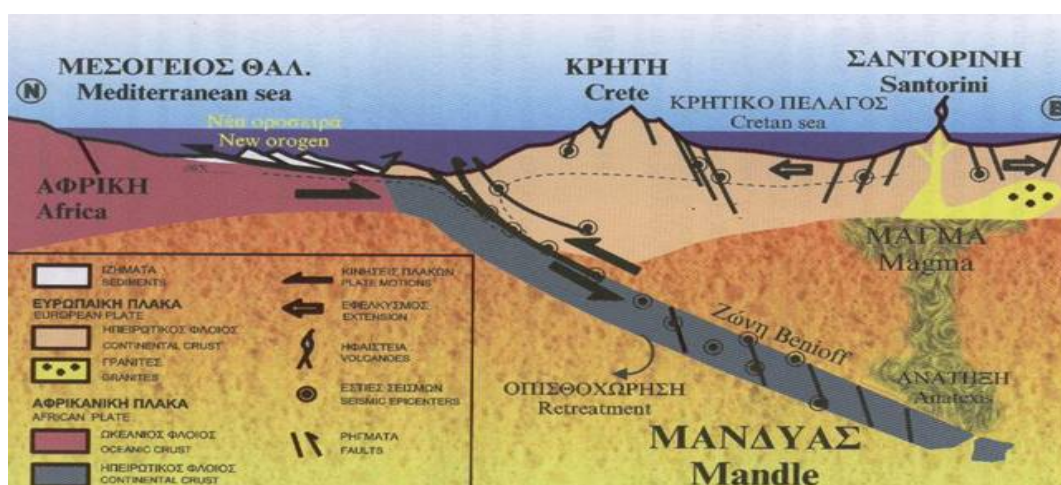
κατάρρευση του οικοδομήματος των καλυμμάτων της Κρήτης και τον σχηματισμό των πρώτων συντεκτονικών λεκανών (εικ.4.9.γ). Τα ρήγματα απόσπασης διευκόλυναν την απομάκρυνση τουλάχιστον 10km φλοιού που βρισκόταν ανάμεσα στα ανώτερα και κατώτερα καλύμματα, προκαλώντας ταυτόχρονα την τεκτονική ανύψωση και εκταφή τους.

Η ανύψωση των κατωτέρων καλυμμάτων στην δυτική Κρήτη ήταν πολύ γρήγορη και ολοκληρώθηκε στο χρονικό διάστημα 24 με 15 εκατ. χρόνια από σήμερα (Thompson et al. 1998), ενώ στην κεντρική Κρήτη ήταν πιο αργή, επιτρέποντας έτσι την ανάπτυξη μιας μεταμόρφωσης πολύ χαμηλού βαθμού (Kiliyas et al. 1994, Fassoulas et al. 1994, Φασσουλάς 1995, Karakitsios, 1979). Η έκταση του Μειόκαινου συνεπώς οδήγησε στην επανατοποθέτηση όλων των καλυμμάτων της Κρήτης και την απολέπτυνση (boudinage) όλων των πετρωμάτων που βρίσκονται πάνω από το κάλυμμα των Πλακωδών ασβεστόλιθων (εικ.4.9.γ).

Τα ανώτερα μεταμορφωμένα καλύμματα δεν επηρεάστηκαν ουσιαστικά από την πλαστική παραμόρφωση του Ολιγοκαίνου-Μειόκαινου, αφού σύμφωνα με παρατηρήσεις πυρηνικών σχάσεων σε απατίτη (Thompson et al. 1998) τα πετρώματα αυτά βρίσκονταν από το Ηώκαινο, σχεδόν σε επιφανειακές συνθήκες.

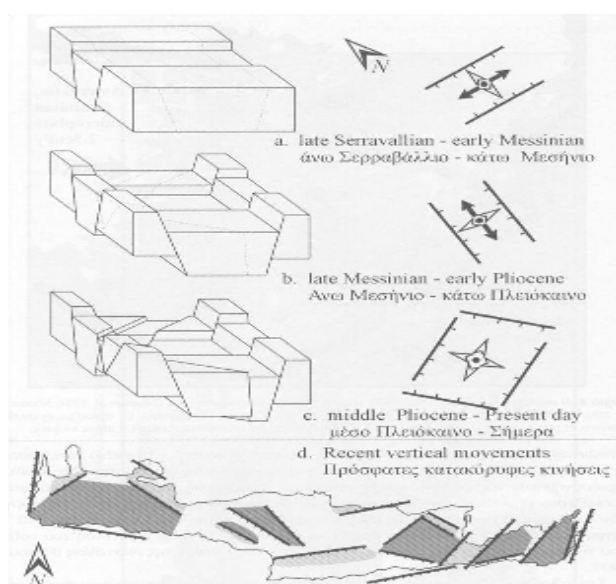
## Μετά-αλπική τεκτονική

Κατά την διάρκεια του Νεογενούς η Κρήτη επηρεάστηκε κυρίως από εφελκυστική-εκτατική με πιθανά διαλείμματα συμπιεστικών φάσεων. Η γεωλογική εξέλιξη της Κρήτης από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα από αποτέλεσμα δύο κύριων γεωδυναμικών διεργασιών: της συνεχούς σύγκλισης των πλακών της Αφρικής και Ευρασίας με την ταυτόχρονη οπισθοχώρηση της ζώνης υποβύθισης και της τεκτονικής διαφυγής προς τα νοτιοδυτικά της μικροπλάκας της Ανατολίας (Σχήμα 4.10).



Εικόνα 4.10: Σχηματική απεικόνιση της Ελληνικής ζώνης υποβύθισης (χωρίς κλίμακα)

Πρόσφατες τεκτονικές μελέτες στην περιοχή της κεντρικής Κρήτης (ten Veen & Meijer, 1999 Fassoulas 2000) έδειξαν ότι από το μέσο Μειόκαινο μέχρι σήμερα, η τεκτονική εξέλιξη της Κρήτης ήταν αποτέλεσμα διαδοχικών εφελκυστικών περιόδων που δημιούργησαν τουλάχιστον τρεις γενεές ρηγμάτων. Η πρώτη γενεά αποτελείται από ρήγματα με διεύθυνση ανατολής-δύσης. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη των ρηγμάτων αυτών συνέβη κατά την διάρκεια του μέσο/ άνω Μειόκαινου με αρχές Μεσηνίου, ως αποτέλεσμα της οπισθοχώρησης προς τα νότια της ζώνης υποβύθισης. Αυτό το βορρά-νότου εφελκυστικό πεδίο των τάσεων δημιούργησε και τις πρώτες λεκάνες της Κρήτης στην διεύθυνση ανατολής- δύσης (εικ.4.11.a).



Εικόνα 4.11: Η τεκτονική εξέλιξη της λεκάνης του Ηρακλείου (a. - c.) και οι πρόσφατες τεκτονικές κινήσεις του νησιού (d.). Με ανοικτό γκρι οι καταβυθίσεις και με σκούρο γκρι οι ανυψώσεις (Fassoulas, 2000).

Στο τέλος του Μεσηνίου, η έναρξη της ολίσθησης κατά μήκος του ρήγματος της βόρειας Ανατολίας και η απαγομένη τεκτονική διαφυγή της πλάκας της Ανατολίας (Westaway 1994) προκάλεσαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο πεδίο των τάσεων στην Κρήτη (εικ.4.3). Κατά την διάρκεια του τέλους Μεσηνίου με μέσο Πλειόκαινου, δημιουργήθηκαν τα δεύτερης γενεάς ρήγματα με διεύθυνση βορρά-νότου, τα οποία προκάλεσαν σημαντική ανύψωση ορισμένων περιοχών και ταυτόχρονα την δημιουργία των λεκανών του Ηρακλείου της Ιεράπετρας και του Καστελίου Χανίων (εικ.4.11.b).

Τα ρήγματα αυτά είναι αποτέλεσμα της έκτασης παράλληλα στην διεύθυνση του τόξου, που προκάλεσε η διαφυγή προς τα νοτιοδυτικά της πλάκας της Ανατολίας.

Στο τέλος του Πλειόκαινου, η σταθεροποίηση του πεδίου των τάσεων στην Κρήτη που δημιούργησε το σημερινό, ενεργό γεωδυναμικό καθεστώς (δηλαδή η οπισθοχώρηση της ζώνης υποβύθισης και η διαφυγή της Ανατολίας), προκάλεσε τα ρήγματα της τρίτης γενεάς. Αυτά αναπτύχθηκαν κάθετα μεταξύ τους, λόγω του ότι οι εφελκυστικοί άξονες του πεδίου των τάσεων βρίσκονται οριζόντιοι και με το ίδιο μέγεθος (εικ.4.11.c). Εξαιτίας των ρηγμάτων

αυτών δημιουργήθηκαν νέες λεκάνες με διεύθυνση βορειοανατολική-νοτιοδυτική και βορειοδυτική-νοτιοανατολική, ενώ ταυτόχρονα συνεχίστηκε με μεγάλους ρυθμούς η τεκτονική ανύψωση ορισμένων περιοχών. Η σημερινή τοπογραφία και το ανάγλυφο της Κρήτης διαμορφώθηκαν από την δράση πολλών, μεγάλης κλίμακας, ρηγμάτων της τρίτης γενεάς (εικ.4.11.d), με ορισμένα από αυτά να είναι ακόμα ενεργά.

Από το τέλος του Μειόκαινου, η τεκτονική ανύψωση ολόκληρης σχεδόν της Κρήτης ενίσχυσε την καρστική αποσάθρωση των ανθρακικών πετρωμάτων σχηματίζοντας πολλά φαράγγια, σπηλιές και οροπέδια, καθώς επίσης και άλλες εντυπωσιακές καρστικές δομές.

### **4.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Για τη δημιουργία της ψηφιακής βάσης δεδομένων αποφασίσαμε ότι η περιοχή μελέτης με την οποία θα ασχοληθούμε θα είναι ο νομός Χανίων, στον οποίο υπάγεται το τμήμα των Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Ο νομός Χανίων καλύπτει το δυτικό τμήμα της Κρήτης κι έχει έκταση 2.376 τ.χ και πληθυσμό 140.000 κατοίκους (απογραφή 1991). Ο νομός με πρωτεύουσα την πόλη των Χανίων (52.000 κατ) υποδιαιρείται σε πέντε επαρχίες: Κυδωνίας, Κισάμου, Αποκορώνου, Σελίνου και Σφακίων.

Από το 1999 ο νομός χωρίζεται σε 23 Δήμους (Καποδιστριακούς) και 2 κοινότητες. Η βόρεια περιοχή του Νομού καταλήγει σε τρεις χερσονήσους. Όσον αφορά τη νότια πλευρά του νησιού προς την πλευρά του Λιβυκού πελάγους παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Ευρώπη. Βόρεια, δυτικά και νότια ο νομός περιβάλλεται από θάλασσα. Ο νομός Χανίων βρίσκεται στο δυτικό άκρο του νησιού και καταλαμβάνει την έκταση των 2.375 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Τα 1.476 τ.χλ. από αυτά είναι ορεινές περιοχές. Βόρεια βρέχεται από το Κρητικό πέλαγο, νότια από το Λυβικό πέλαγος ενώ ανατολικά συνορεύει με τον νομό Ρεθύμνου.



Εικόνα 4.12:Ο νομός Χανίων

#### 4.3.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η στρωματογραφία της υπό μελέτη περιοχής από τα νεότερα προς τα παλαιότερα γεωλογικά στρώματα, είναι η εξής

- **Τεταρτογενή:** Αποτελούνται από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, πηλούς, ψαμμίτες, κροκάλες-λατύπες ποικίλης σύστασης αναλόγως της προέλευσης τους, ασύνδετες έως συνεκτικά συνδεδεμένες, καθώς και από υλικά του αλλουβιακού μανδύα. Η εμφάνιση τους γίνεται κυρίως σε απολήξεις λεκανών ανοικτών προς τη θάλασσα, στις μείζονες κοίτες των ποταμών, σε μικρές εσωτερικές λεκάνες καθώς και σε μορφή πλευρικών κορημάτων και αναβαθμίδες χειμάρρων.

- **Νεογενή:** Αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κίτρινων-κιτρινόλευκων μάργων με κλαστικούς μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, συχνά βιογενείς-υφαλογενείς, ομοιόμορφα στρωμένους, που το πάχος τους κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως ένα-δύο μέτρα. Επίσης, εντός των αποθέσεων αυτών συναντώνται και μαργαϊκοί ψαμμίτες, αμμώδες άργιλοι, λατύπες και κροκαλοπαγή. Τα κροκαλοπαγή-λατυπτοπαγή εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή Χοιροσπηλίου νοτιότερα της Αγίας και στην περιοχή Τοπολίων. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα η έντονη συνεκτικότητα την οποία παρουσιάζουν, κυρίως ανθρακικής προέλευσης, με ανθρακικό συνδετικό υλικό. Οι λατύπες και κροκάλες που συνιστούν τις παραπάνω αποθέσεις, έχουν προέλθει από την διάβρωση και απόθεση των προϊόντων, τόσο του τεκτονικού καλύμματος της ζώνης Τρίπολης όσο σε μικρότερο βαθμό και των άλλων ενοτήτων που αποτελούν υπόβαθρο των νεογενών αποθέσεων. Οι ενότητες που επίσης συμμετέχουν στην παραπάνω διεργασία είναι η Φυλλιτική-Χαλαζιτική, των Πλακωδών ασβεστόλιθων και της Πίνδου.

- **Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Τρίπολης:** Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλη έκταση στον νομό Χανίων. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο να είναι απωθημένοι είτε στην ενότητα Ταλέα Όρη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι, είτε στην ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται οι σχηματισμοί της ζώνης Τρίπολης στην βάση τους έντονα κατακερματισμένοι λόγω τεκτονισμού. Οι σχηματισμοί της ενότητας που βρίσκονται στα χαμηλότερα στρώματα συνίστανται από δολομίτες-δολομιτικούς ασβεστόλιθους παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, έντονα τεκτονισμένους και καρστικοποιημένους με σπηλαιώδη υφή. Το χρώμα τους κυμαίνεται από τεφρό έως τεφρόλευκο. Στους σχηματισμούς της ενότητας των υψηλότερων στρωμάτων εμφανίζονται ασβεστόλιθοι που το χρώμα τους κυμαίνεται από μαύρο έως τεφρόμαυρο. Το πάχος των σχηματισμών είναι μέσο και συνήθως παρουσιάζουν μικρολατυπτοπαγή υφή. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι το έντονο ανάγλυφο και το φτωχό υδρογραφικό δίκτυο, που συμπίπτει με τεκτονικές ασυνέχειες. Εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το φαινόμενο καρστικής διάλυσης που εμφανίζεται με διάφορες μορφές, μεγέθη και σχήματα. Το πάχος της ζώνης

φθάνει τις λίγες εκατοντάδες μέτρα και η ηλικία της κυμαίνεται από το Άνω Τριαδικό έως και το Άνω Κρητιδικό.

- **Τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς:** Η ενότητα αυτή καταλαμβάνει σημαντική έκταση στο δυτικό τμήμα του νομού Χανίων. Οι σχηματισμοί που συναντώνται στο τεκτονικό κάλυμμα είναι κυρίως μαρμαρυγιακοί-ανθρακικοί ασβεστόλιθοι, σερικιτικοί-χλωριτικοί φυλλίτες και χαλαζιακοί μεταψαμμίτες. Στα πετρώματα αυτά παρεμβάλλονται εμφανίσεις χαλαζία σημαντικού πάχους υπό μορφή φλεβών, καθώς και ενστρώσεις μαύρων κρυσταλλικών κατακερματισμένων ασβεστόλιθων με μικρό πάχος. Η ηλικία της ενότητας εκτείνεται μεταξύ Περμίου και Άνω Τριαδικού, ενώ το πάχος της μπορεί και να ξεπερνάει σε ορισμένες περιπτώσεις τα 1.500 μέτρα στην ευρύτερη περιοχή της δυτικής Κρήτης.

- **Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Ομαλού (Τρυπαλίου):** Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής βρίσκονται απωθημένοι στην ενότητα των Πλακωδών ασβεστόλιθων. Το κάλυμμα Τρυπαλίου αποτελεί το πρώτο τεκτονικό κάλυμμα της Κρήτης. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη του απαντάται στην περιοχή του Ομαλού. Τα πετρώματα που εμφανίζονται σε αυτή την σειρά είναι μάρμαρα, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι. Στην βάση του σχηματισμού εμφανίζεται τεκτονικό λατυποπαγές με σημαντικό πάχος. Στα κατώτερα πετρώματα της ενότητας επικρατούν κυψελώδεις δολομίτες. Συνήθως, αυτό το κάλυμμα περιέχει λεπτές κερατολιθικές ενστρώσεις ή βολβούς κερατολίθων γεγονός που το καθιστά πετρογραφικά όμοιο με την ενότητα Ταλέα Όρη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι. Το πάχος του καλύμματος φθάνει τα 400 μέτρα, ενώ η ηλικία του σχηματισμού κυμαίνεται μεταξύ Τριαδικού και Κάτω Ιουρασικού.

- **Πλακώδεις ασβεστόλιθοι:** Πρόκειται κυρίως για ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους που σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν υποστεί μεταμόρφωση και έχουν μετατραπεί σε μάρμαρα. Εμφανίζονται καλοστρωμένοι σε πάγκους, το πάχος των οποίων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως και ένα μέτρο. Στα κατώτερα μέλη τους εμφανίζονται παχυστρωματώδεις, ενώ προς τα ανώτερα εξελίσσονται σε μεσοστρωματώδεις και στη συνέχεια σε λεπτοστρωματώδεις. Το χρώμα τους μπορεί να είναι από τεφρό έως τεφρόμαυρο. Επίσης σημαντικό γεγονός αποτελεί η εμφάνιση πυριτικού υλικού είτε με την μορφή ενστρώσεων, είτε με την μορφή φακών. Η εμφάνιση του πυριτικού υλικού στα μεσαία μέλη του σχηματισμού είναι μεγάλη, σε αντιδιαστολή με τα υπόλοιπα μέλη όπου οι παρεμβολές αυτές περιορίζονται αισθητά. Η καρστικοποίηση του σχηματισμού είναι περιορισμένη και ανομοιόμορφη. Στο φαινόμενο αυτό συμβάλλουν οι πυριτικές παρεμβολές. Το πάχος της ενότητας φθάνει τα 1200 μέτρα και η ηλικία της προσδιορίζεται στο Μέσο Ιουρασικό-Ηώκαινο.

- **Μεταμορφωμένο υπόβαθρο Κρυσταλλοσχιστωδούς Κρήτης:** Η ενότητα των οφιολίθων-κρυσταλλοσχιστωδών είναι ένα σύνθετο πολύμεικτο τεκτονικό κάλυμμα με μεγάλη ποικιλία λιθολογικών σχηματισμών διαφόρου ηλικίας. Στην ενότητα αυτή συμμετέχουν

οφιόλιθοι (σερπεντινίτες, βασάλτες, περιδοτίτες, γάβροι κ.α.), μεταμορφωμένα πετρώματα (γνεύσιοι, αμφιβολίτες), ανθρακικά πετρώματα ηλικίας Α.Τριαδικού έως Α.Κρητιδικού, φλυσχοειδή ιζήματα, γρανίτες κ.α. Στο σύνολο της ενότητας αυτής καταγράφονται διάφορες υποενότητες με χαρακτηριστικές ονομασίες όπως καλύμματα Αρβης, Μιαμού, Βάτου, Αστερουσίων, Οφιολιθικό κάλυμμα.

- **Ιόνιος ζώνη:** Περιλαμβάνει την ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων που χαρακτηρίζεται από την λεπτοστρωματώδη ανάπτυξη ισχυρά ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων - μαρμάρων στους οποίους παρεμβάλλονται πυριτόλιθοι με μορφή λεπτών στρώσεων, κονδύλων ή φακών, σχιστολίθους κυρίως πυριτικούς που βρίσκονται με μορφή ένστροφης στη βάση των πλακωδών κρυσταλλικών ασβεστολίθων, και παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους έως μάρμαρα και δολομίτες. Τα ανθρακικά της Ιονίου ζώνης αναπτύσσονται κυρίως στα κεντρικά τμήματα των ορεινών όγκων (Λευκά όρη, Ψηλορείτης, Ταλαία Όρη, Δίκητη, Σελένα και Θριππή) και σποραδικά σε άλλα τμήματα ιδιαίτερα στο Ν.Ρεθύμνου.

- **Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Πίνδου (Ωλονού):** Το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου συναντάται με μικρές γενικά ανθρακικές εμφανίσεις λεπτοπλωδών ασβεστολίθων με ενστρώσεις πυριτιολίθων, στρώματα κερατολίθων και μεγαλύτερα αναπτύγματα του φλύσχη. Η ενότητα της Πίνδου συναντάται κυρίως επωθημένη πάνω στην αντίστοιχη της Τρίπολης και τοπικά πάνω στους φυλλίτες.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ArcGIS- ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ Γ.Σ.Π.**

Το λογισμικό ARCGIS, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί το πιο εμπορικό και πιο διαδεδομένο λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στον κόσμο. Είναι αποκλειστικό προϊόν της εταιρείας ESRI Inc. Το ARCGIS, παρέχει ένα πλαίσιο για την ενασχόληση με τα ΓΣΠ, από έναν απλό χρήστη, από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα σε μεμονωμένους προσωπικούς υπολογιστές, σε τοπικά δίκτυα, στο διαδίκτυο αλλά και στο υπαίθριο πεδίο.

Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα συγκερασμό πολλών λογισμικών μικρότερων εφαρμογών, προκειμένου να οικοδομηθεί ένα πλήρες λογισμικό πακέτο ΓΣΠ. Αποτελείται από πολλά πλαίσια εφαρμογής:

- ARCGIS Desktop
- ARCGIS Engine
- Server GIS-ArcSDE, ArcIMS, ARCGIS Server
- Mobile GIS – Arc Pad

### **Προϋποθέσεις εγκατάστασης:**

- Το ArcGIS 9 υποστηρίζεται στις πλατφόρμες Windows XP, Server 2003 και 2000.  
Δεν είναι δυνατή η εγκατάσταση σε Windows NT, ME, 98 και 95.
- Εγκατεστημένη έκδοση 6 (ή πιο πρόσφατη) του Internet Explorer.
- Περίπου 800 MB ελεύθερο χώρο στον τοπικό δίσκο.
- Ελάχιστες απαιτήσεις συστήματος: Pentium 1 GHz , 512 MB RAM

### **5.1 TO ARCGIS 9 DESKTOP**

Το ARCGIS 9 Desktop είναι το βασικό πλαίσιο, εντός του οποίου οι επαγγελματίες και οι ερευνητές μπορούν να διαχειριστούν χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες. Η εργασία επιτελείται σε μια πρότυπη (standard) επιφάνεια εργασίας η οποία προορίζεται ως χώρος παραγωγής, συγγραφής, διαχείρισης και δημοσίευσης των παραπάνω δεδομένων. Είναι από τα πιο διαδεδομένα προγράμματα για Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS). Χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών οι οποίες περιλαμβάνουν σχεδιασμό, ανάλυση, διαχείριση και καταγραφή γεωγραφικών συστημάτων, environmental management, land records management, land planning, vehicle tracking κ.α. Ο χρήστης επιλέγει ποιο προϊόν από τα ArcView και ArcEditor θα χρησιμοποιούν οι εφαρμογές ArcMap και ArcCatalog. Το ArcToolbox έχει ενσωματωθεί πλέον στις παραπάνω εφαρμογές. Η επιλογή αυτή γίνεται κατά την διάρκεια της εγκατάστασης. Αργότερα μπορούμε να την αλλάξουμε από το παράθυρο του Desktop Administrator (Start -> Programs -> ArcGIS -> Desktop Administrator) επιλέγοντας στα αριστερά Software Product και στα δεξιά ArcView ή ArcEditor.

Είναι διαθέσιμο σε δύο εκδόσεις και κάθε μια από αυτές καλύπτει τις ανάγκες πολλών διαφορετικών χρηστών.

Οι εκδόσεις αυτές είναι:

- **Arc View- Arc Info:** επικεντρώνει τη λειτουργία του στην αναλυτική χρήση των δεδομένων, στην χαρτογράφηση και στην ανάλυση τους, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο επαγγελματικό πακέτο το οποίο συνδυάζει πλήθος εργαλείων χωρικής επεξεργασίας με λειτουργικότητα του συστήματος.

- **Arc Editor:** προσφέρει όλες τις δυνατότητες του Arc View. Επιπλέον επιτρέπει τις χωρικές επεξεργασίες και την δημιουργία δεδομένων.

Κάθε μια από τις εκδόσεις του ARCGIS Desktop περιλαμβάνει ένα σύνολο περιβαλλόντων εργασίας:

- ArcMap
- Arc Catalog
- Arc Toolbox
- Model Builder

Κάθε έκδοση του ARCGIS Desktop εκτός από τα βασικά περιβάλλοντα εργασίας περιλαμβάνει και προαιρετικές επεκτάσεις (extensions) με τις οποίες εμπλουτίζονται οι δυνατότητες του λογισμικού. Ορισμένες από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες προεκτάσεις είναι:

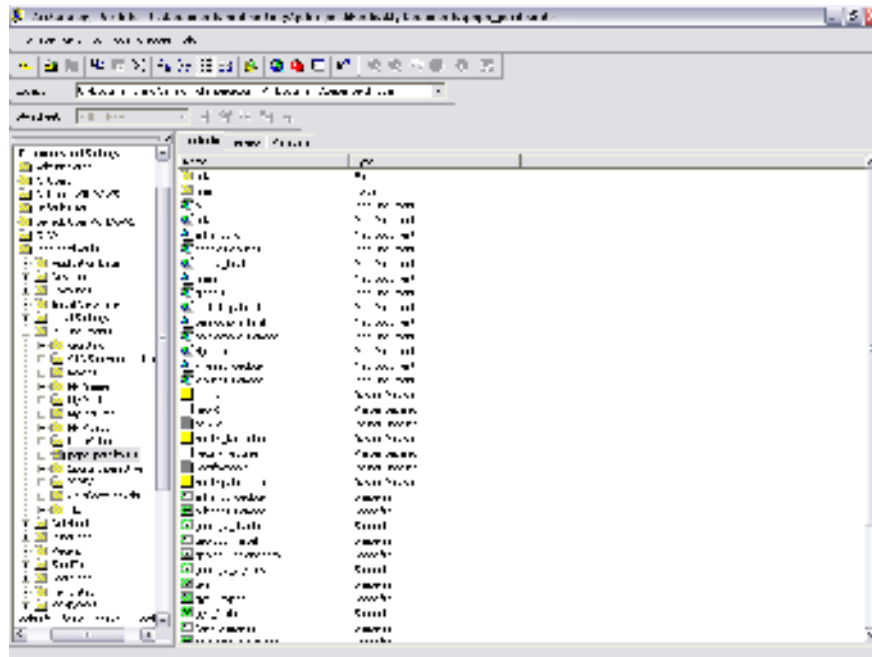
- Spatial Analyst
- 3D Analyst
- Geostatistical Analysis
- Survey Analyst,
- Arc Press κλπ.

### 5.1.1 ARC CATALOG

Το περιβάλλον εργασίας του Arc Catalog μοιάζει με τον window explorer ,είναι δηλαδή ένα εργαλείο για την πλοήγηση στα δεδομένα GIS του δίσκου, όπου οργανώνει και διαχειρίζεται. Το ArcCatalog καθιστά την πρόσβαση και την διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων απλή. Η εύρεση των αρχείων γίνεται εύκολα. Τα απαραίτητα στοιχεία απεικονίζονται και διαβάζονται γρήγορα και με την ίδια ευκολία δημιουργούνται τα ζητούμενα μεταδεδομένα.

Το περιβάλλον του περιλαμβάνει ένα παράθυρο εμφάνισης γεωγραφικών δεδομένων, ένα παράθυρο όπου ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί στην δενδρική διαδρομή των αρχείων του συστήματος του, ένα μενού επιλογών και πολλά εργαλεία πλοήγησης, γεωγραφίας και μεταδεδομένων. (Εικ.5.1)



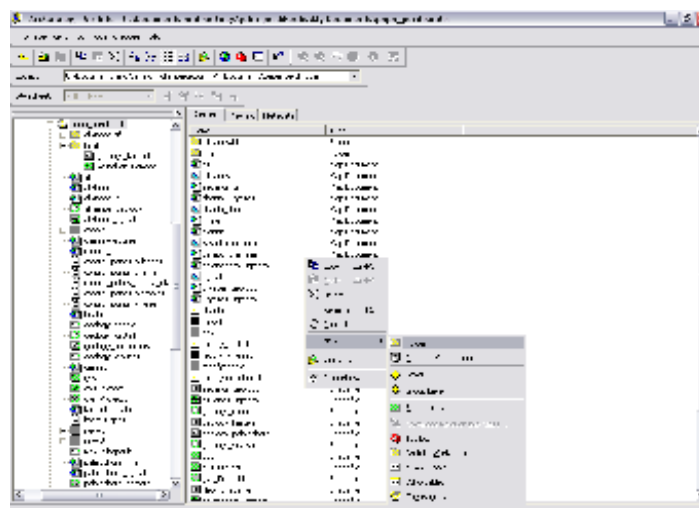


Εικόνα 5.1:Επιφάνεια εργασίας Arc catalog

Οι βασικές λειτουργίες του είναι:

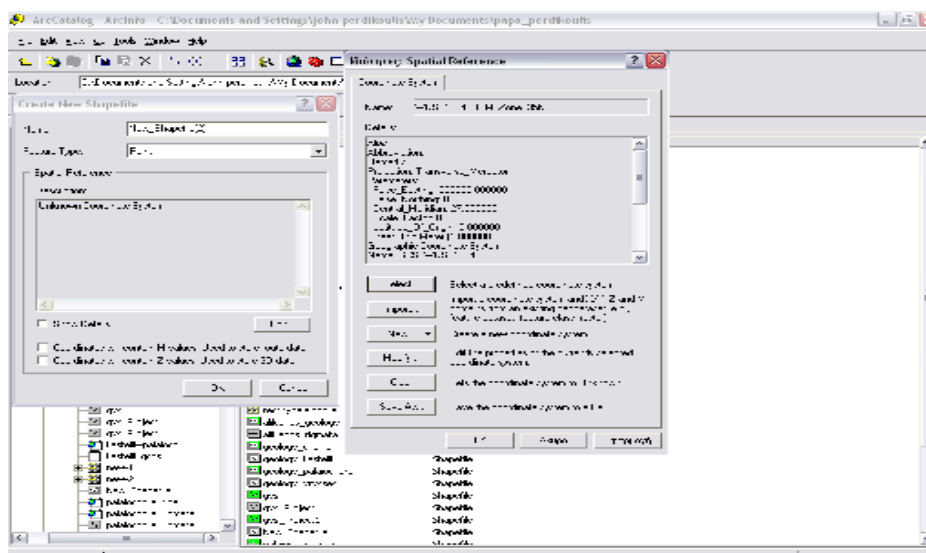
- Πλοήγηση
- Διαχείριση δεδομένων
- Προεπισκόπηση
- Επισκόπηση των Metadata

Επίσης μπορούν να διαχειριστούν τα χωρικά στοιχεία που αποθηκεύονται στους φακέλους στους τοπικούς δίσκους ή στις σχεσιακές βάσεις δεδομένων που είναι διαθέσιμες στο δίκτυό μας. Πιο συγκεκριμένα, εδώ δημιουργούνται τα προς επεξεργασία αρχεία και ορίζονται οι αρχικές τους ιδιότητες βάσει των πραγματικών τους χαρακτηριστικών. Μπορούμε να δημιουργήσουμε νέους φακέλους ,χωρικά-περιγραφικά αρχεία και βάσεις δεδομένων.(Folder, personal geodatabase, layer, shape file). (εικ.5.2).



Εικόνα 5.2:Δημιουργία νέου αρχείου

Δημιουργώντας ένα νέο αρχείο ο ArcCatalog μας δίνει τη δυνατότητα να ορίσουμε το όνομα, τον τύπο(feature type) και το προβολικό σύστημα συντεταγμένων στο οποίο θα αναφέρεται (εικ.5.3)



Εικόνα 5.3:Καθορισμός προβολικού συστήματος

### 5.1.2 ARCMAP

Το ArcMap χρησιμοποιείται στην απεικόνιση χαρτών, στην δημιουργία αντιγράφων προς δημοσιοποίηση, στην ανάπτυξη συνηθισμένων χαρτογραφικών εφαρμογών και στην εκτέλεση πολλών άλλων έργων βασισμένων σε χάρτες. Επίσης παρέχει μια εύκολη και φυσική μετάβαση από την εξέταση ενός χάρτη στην επεξεργασία της γεωγραφίας του, δίνει την δυνατότητα να δημιουργηθούν χάρτες από επίπεδα χωρικής πληροφορίας, να αναλυθούν χωρικές σχέσεις και να επιλεγούν μέσα από αναζητήσεις χωρικά και μη χωρικά στοιχεία. Επίσης μπορούν να σχεδιαστούν και να δημιουργηθούν διαφορετικές απεικονίσεις ενός χάρτη, αλλάζοντας χρώματα και συμβολισμούς.

Το περιβάλλον εργασίας του αποτελείται από τον πίνακα περιεχομένων, την περιοχή εμφάνισης του χάρτη, τη ράβδο μηνυμάτων καθώς και τα διάφορα εργαλεία και το μενού επιλογών. Στον πίνακα περιεχομένων περιέχονται όλα τα θεματικά επίπεδα του χάρτη που έχει ανοίξει ο χρήστης (π.χ είδη πετρωμάτων, ρήγματα). Εάν ο χρήστης προσθέσει ή αφαιρέσει ένα επίπεδο, ο πίνακας περιεχομένων θα ενημερωθεί άμεσα και οι αλλαγές θα εμφανισθούν στην περιοχή εμφάνισης του χάρτη.

Τα κυριότερα στοιχεία του περιβάλλοντος εργασίας του ArcMap είναι:

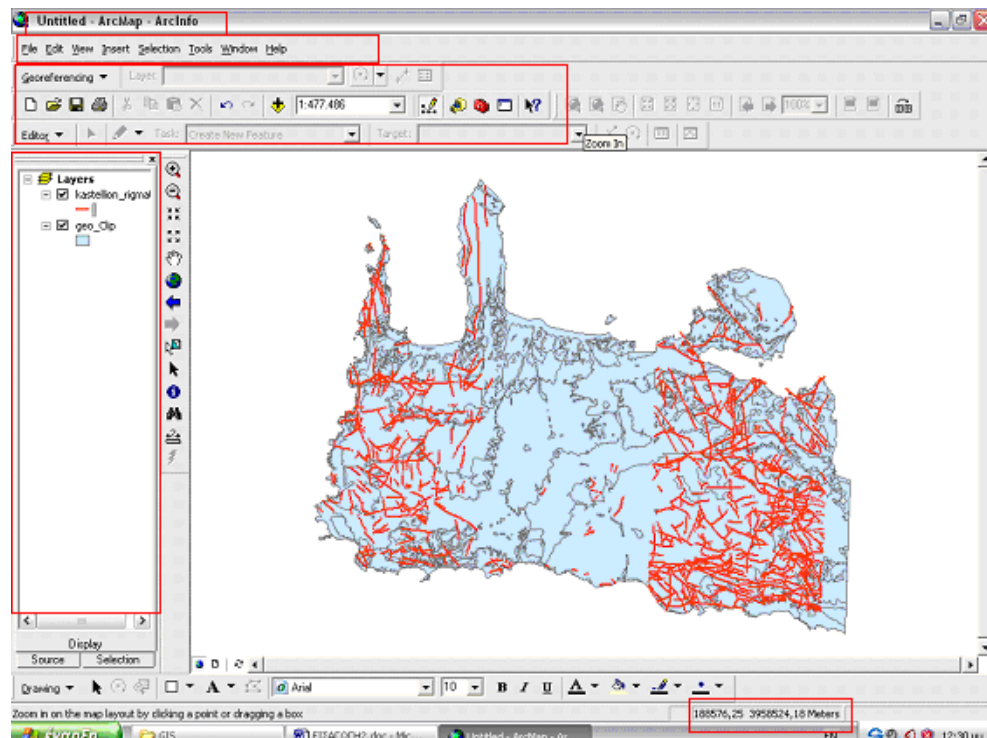
Α)Γραμμή Τίτλου: Είναι στην πάνω μεριά του παραθύρου εργασίας και περιλαμβάνει τον τίτλο του προγράμματος και το σχέδιο που επεξεργαζόμαστε.

Β) Γραμμή πτυσσόμενου μενού: Είναι κάτω από τη γραμμή τίτλου και αναπτύσσει καταλόγους επιλογών.

Γ) Πίνακας περιεχομένων: Περιέχει όλα τα θεματικά επίπεδα καθώς και το χαρτογραφικό υπόβαθρο.

Δ) Γραμμές Εργαλείων: Είναι κάτω από το πτυσσόμενο μενού σε οριζόντια διάταξη.

Ε) Γραμμή Κατάστασης: Πρόκειται για μια μπάρα μηνυμάτων στο κάτω δεξιά μέρος του παραθύρου του ARCMAP. Στην γραμμή αυτή εμφανίζονται οι απαραίτητες πληροφορίες, όπως οι συντεταγμένες (χ,γ).



Εικόνα 5.4: Περιβάλλον εργασίας ARCMAP

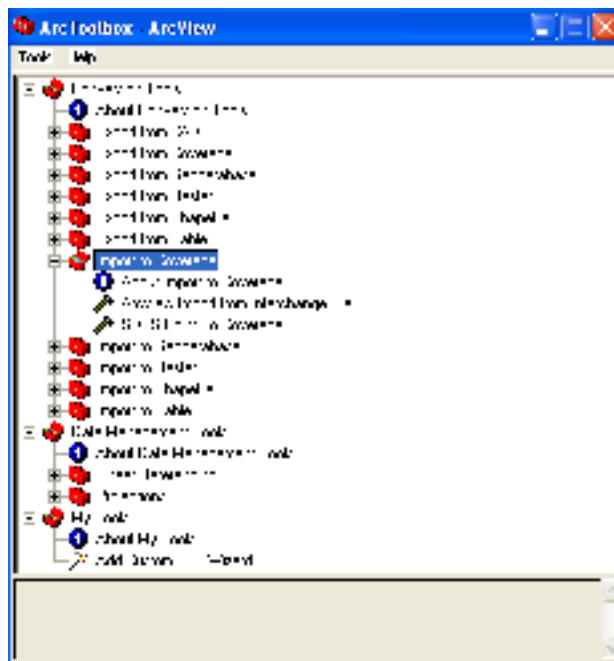
Ο ARCMAP προσφέρει δύο καταστάσεις εμφάνισης των δεδομένων:

- Μία χωρική εμφάνιση των δεδομένων (data view): βρισκόμενος σε αυτή την κατάσταση, ο χρήστης μπορεί να εργαστεί με τα χωρικά δεδομένα (layers), να αναλύσει, να ψηφιοποιήσει, να επεξεργαστεί, να εισάγει και να διαχειριστεί δεδομένα.
- Μία κατάσταση χαρτογραφικής απόδοσης των δεδομένων (layout view): βρισκόμενος σε αυτή την κατάσταση, ο χρήστης μπορεί να διαχειριστεί τον υπό εκτύπωση χάρτη, να διαμορφώσει την εμφανισή του, να εισάγει χαρτογραφικά στοιχεία όπως η κλίμακα, το υπόμνημα, ο προσανατολισμός και ο τίτλος του χάρτη.

### 5.1.3 ARC TOOLBOX

Το περιβάλλον εργασίας ArcToolbox περιέχει μια μεγάλη συλλογή γεωεπεξεργασιών. Διαχείριση των δεδομένων, μετατροπή των δεδομένων, Coverage processing (επεξεργασία αρχείων Coverage), διανυσματική ανάλυση, γεωκωδικοποίηση, στατιστική.

Πολλές από τις λειτουργίες του ArcToolbox είναι ενσωματωμένες στον ArcCatalog αλλά και στον ArcMap ενώ είναι διαθέσιμος και στις τρεις εκδόσεις του ArcGIS Desktop. Μόνο όμως στην έκδοση ArcInfo δίνονται οι πλήρεις λειτουργίες του.



Εικόνα 6:Το περιβάλλον εργασίας του ArcToolbox

## 5.2 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 5.2.1 ΣΑΡΩΣΗ – ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ

Στο πλαίσιο των GIS, τα δεδομένα αποτελούν μια συλλογή από χωρικά και μη-χωρικά στοιχεία για συγκεκριμένες οντότητες (αντικείμενα, δραστηριότητες κ.α.), τα χαρακτηριστικά τους και τις σχέσεις μεταξύ τους και επομένως εκφράζουν το άθροισμα της ερμηνείας των γεωγραφικών φαινομένων. Ένα GIS αναφέρεται σε κάθε ψήγμα πληροφορίας που σχετίζεται με τον χώρο και επομένως αποτελεί ένα σύνολο που περιλαμβάνει δύο ειδών στοιχεία. Πρώτον, στοιχεία εύκολα προσβάσιμα από το GIS, όπως: χαρτογραφικά ψηφιακά προϊόντα, τηλεσκοπικά στοιχεία και πληροφορίες και δεύτερον, στοιχεία μη συμβατά με τον Η/Υ, όπως: χάρτες και παρατηρήσεις πεδίου που δεν μπορούν άμεσα να αναγνωριστούν από το σύστημα.

Στην περίπτωση των στοιχείων της δεύτερης κατηγορίας, είναι προφανής η ανάγκη για μετατροπή των στοιχείων αυτών σε μορφή που μπορεί να διαβαστεί άμεσα από τον Η/Υ. Επομένως, η μετατροπή αποτελεί μια ουσιαστική διαδικασία στην ανάπτυξη ενός GIS. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία αυτή, δηλαδή η εισαγωγή των δεδομένων, αφορά την αυτοματοποίηση των δεδομένων και την μετατροπή τους σε ψηφιακούς σχηματισμούς, προσβάσιμους από τον Η/Υ.

Για να εισαχθούν στο GIS τα διατιθέμενα για την περιοχή στοιχεία, σε αναλογική (γεωλογικοί χάρτες) και σε ψηφιακή μορφή (ψηφιοποιημένοι ή ψηφιακοί χάρτες) υπέστησαν τις κατάλληλες και απαραίτητες κατά περίπτωση ψηφιακές μετατροπές, διαδικασίες και επεξεργασίες των κανναβικών (raster) και διανυσματικών (vector) δεδομένων. Η μέθοδος ψηφιοποίησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η Heads up Digitizing (απευθείας ψηφιοποίηση μέσα από την οθόνη η οποία περιλαμβάνει την ιχνηλάτηση με τον κέρσορα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του χάρτη ή της φωτογραφίας κατευθείαν στον υπολογιστή).

Προηγήθηκε η σάρωση υψηλής ανάλυσης (600 dpi) των έξι αναλογικών χαρτών, τους οποίους πήραμε από το ΙΓΜΕ, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές πληροφοριών:

- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000-φύλλο Χανιά
- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000-φύλλο Βρύσες
- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000-φύλλο Καστέλλι
- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000-φύλλο Πλατανιάς
- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000-φύλλο Αλικιανός
- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000-φύλλο Παλαιόχωρα


Οι χάρτες από το ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50000 που χρησιμοποιήθηκαν μετατράπηκαν σε Raster δεδομένα (σε TIFF (\*.tiff)). Τα δεδομένα σε Tagged Image File Format (TIFF) χρησιμοποιούνται κυρίως για αρχεία τα οποία προέρχονται από σάρωση αναλογικής μορφής. Για την εφαρμογή παρήχθησαν και χρησιμοποιήθηκαν μονόχρωμες εικόνες με 256 διαβαθμίσεις του γκριζου (8 bits).

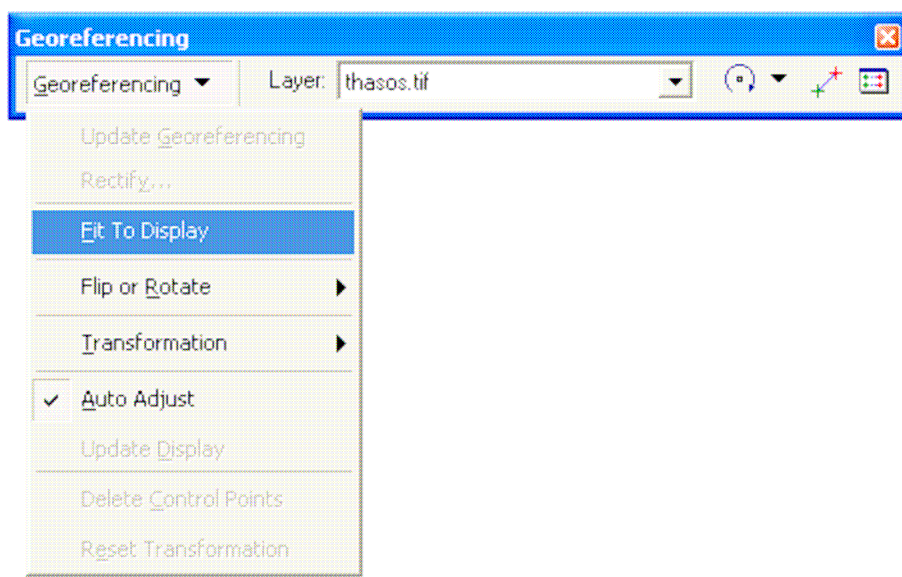
Για να μετασχηματιστεί μια ψηφιδωτή εικόνα, θα πρέπει να συνοδεύεται και από μία κατάλληλη πληροφορία γεωαναφοράς. Για να αναγνωρίσει, δηλαδή, το ArcMap το σύστημα συντεταγμένων του ψηφιδωτού αρχείου μας, θα πρέπει να του δώσουμε την συγκεκριμένη πληροφορία, ορίζοντας το προβολικό του σύστημα (projection), με την ίδια διαδικασία που χρησιμοποιείται και για τα σχηματικά αρχεία (shape files ).

Με δεδομένο όμως ότι τα ψηφιδωτά δεδομένα προέρχονται κυρίως από σαρωμένους χάρτες, δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες και επιπλέον δεν περιέχουν συγκεκριμένες πληροφορίες ώστε να θεωρηθούν ως γεωαναφορά, είναι φανερό ότι θα πρέπει να δημιουργηθεί γεωαναφορά στα ψηφιδωτά δεδομένα μας, ορίζοντας την αντιστοιχία τους με τις συντεταγμένες ενός χάρτη.

Ως γεωαναφορά μπορούμε να ορίσουμε την διαδικασία της αντιστοίχισης των συντεταγμένων μιας εικόνας (ενός δηλαδή ψηφιδωτού αρχείου) και ενός χαρτογραφικού συστήματος. Είναι δηλαδή η αντιστοίχιση στις γραμμές και στήλες μιας εικόνας, των X,Y συντεταγμένων. Η λογική της γεωαναφοράς, είναι η τοποθέτηση του ψηφιδωτού αρχείου (εικόνας) στην ίδια περιοχή με τα χαρακτηριστικά αυτά σημεία τα οποία ονομάζονται σημεία ελέγχου (control points). Τα σημεία ελέγχου έχουν γνωστές συντεταγμένες X, Y οι οποίες έχουν ληφθεί είτε διαβάζοντας προσεκτικά τον αναλογικό χάρτη, είτε μετά από επίσκεψη στις θέσεις αυτές και την λήψη των συντεταγμένων τους με την χρήση ενός GPS (Global Positioning System) χειρός.

Αρχικά ανοίγουμε το ArcMap και εισάγουμε τα αρχεία μας (την εικόνα στην οποία θα προσδώσουμε γεωαναφορά και το αντίστοιχο σχηματικό αρχείο που έχει το σωστό σύστημα συντεταγμένων. Στη συνέχεια στο ArcMap από το μενού **View**, επιλέγοντας **Toolbars**, επιλέγεται το πτυσσόμενο μενού **Georeferencing**. (εικ.5.6)

Κάνοντας κλικ στο εργαλείο  full extent για να εστιάσουμε σε όλη την περιοχή, βλέπουμε μόνο μια μικρή κουκίδα στο χάρτη. Αυτό συμβαίνει γιατί ενώ οι συντεταγμένες του σχηματικού μας αρχείου είναι σε ΕΓΣΑ '87, το ψηφιδωτό αρχείο δεν έχει συγκεκριμένες συντεταγμένες και για αυτό το λόγο τοποθετείται στο σημείο X:0, Y:0 στο χάρτη. Για να το επιλύσουμε κάνουμε **Zoom to Layer** στο σχηματικό μας αρχείο και στη συνέχεια από το μενού του **Georeferencing** επιλέγουμε **Fit to Display**.




Εικόνα 7:Μενού γεωαναφοράς

Η εικόνα μας μετατοπίζεται και εμφανίζεται στην ίδια περίπου περιοχή με τα δεδομένα μας. Για να βελτιώσουμε τη εικόνα μπορούμε από τον πίνακα περιεχομένων να επιλέξουμε με διπλό κλικ το σύμβολο του σχηματικού μας αρχείου και να επιλέξουμε **No color** στο πεδίο **Fill Color** και στο **Outline Color** να επιλέξουμε ένα κόκκινο χρώμα. Αυτό θα βοηθήσει στη


συνέχεια της διαδικασίας κατά τη διάρκεια της οποίας πρέπει να ταυτοποιήσουμε την εικόνα με το αρχείο.

Σκοπός της διαδικασίας της γεωαναφοράς είναι να βρεθούν και να ταυτιστούν κοινά σημεία της εικόνας με το αρχείο που έχει σωστό προβολικό σύστημα αναφοράς. Προκειμένου να συνδεθεί ο χάρτης με τα διανυσματικά δεδομένα, πρέπει στον χάρτη να υπάρχουν ορατές χαρακτηριστικές περιοχές των οποίων να είναι γνωστές οι συντεταγμένες. Τέτοιες χαρακτηριστικές περιοχές είναι συνήθως οι διασταυρώσεις των οδικών δικτύων, τα υδρογραφικά δίκτυα, διακριτά σημεία των ακτογραμμών, εκκλησίες ή μεγάλα κτίρια.

Πρέπει επομένως να κάνουμε αρκετά **zoom** και να επιλέγουμε προσεκτικά τα σημεία που θα ταυτιστούν ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα. Στη συνέχεια μεγεθύνουμε σε κάποιο τμήμα του χάρτη και επιλέγουμε από το μενού του **Georeferencing** το εικονίδιο

**Add Control Points**  και έπειτα με κλικ επιλέγουμε ένα σημείο της εικόνας και στη συνέχεια με δεύτερο κλικ επιλέγουμε το αντίστοιχο (κοινό σημείο) στο σχηματικό αρχείο. Με αντίστοιχη διαδικασία βρίσκουμε και ταυτοποιούμε κοινά σημεία. Η ταυτοποίηση των σημείων θα πρέπει να καλύπτει το σύνολο της εικόνας και τα πιο αξιόπιστα πάντα σημεία είναι εκείνα της ακτογραμμής κάθε εικόνας. Αυτό όμως δεν πρέπει να αποκλείει την επιλογή σημείων και στο υπόλοιπο της εικόνας, προκειμένου να αποφευχθεί η παραμόρφωση της. Ο βέλτιστος αριθμός των σημείων ελέγχου συνήθως είναι τέσσερα στα άκρα της εικόνας και δύο σημεία στο εσωτερικό της. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται ένας μαθηματικός μετασχηματισμός που έχει ως βάση ένα πολυώνυμο προκειμένου να δοθούν συντεταγμένες όχι μόνο στα σημεία που επιλέξαμε αλλά σε όλα τα εικονοστοιχεία της ψηφιδωτής εικόνας.


Ο μαθηματικός μετασχηματισμός που συνήθως χρησιμοποιείται αφού καλύπτει τις περισσότερες περιπτώσεις είναι ο **αφινικός μετασχηματισμός**. Περιλαμβάνει πρώτης τάξης πολυώνυμο και μας δίνει την δυνατότητα να μετακινήσουμε, στρέψουμε και αλλάξουμε κλίμακα στην εικόνα μας. Γι' αυτό πρέπει να επιλεγούν σημεία με όσο το δυνατόν μικρότερη διακύμανση σφάλματος.

Μπορούμε να ελέγξουμε το σφάλμα των σημείων που επιλέγουμε και να σβήσουμε κάποιο ή κάποια με σκοπό να βελτιώσουμε το τελικό αποτέλεσμα ή ακόμα και να προσθέσουμε νέα. Επιλέγοντας από το μενού του **Georeferencing** το εικονίδιο  View Link Table μπορούμε να δούμε τον πίνακα με τα σημεία που έχουμε επιλέξει και το σφάλμα (**Residual**) που υπάρχει, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

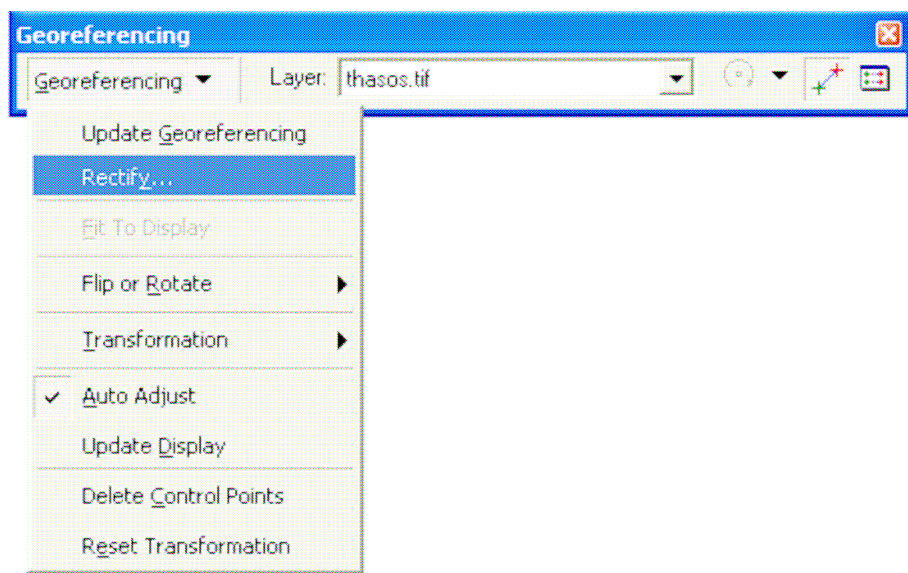
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	22,765407	13,264455	565980,933008	4503856,317323	173,78735
2	13,695080	23,766437	554675,450472	4516614,771739	163,50045
3	13,105571	2,901436	554168,471258	4490722,619049	123,98418
4	22,171934	6,308658	565430,652358	4494959,516762	124,64000
5	5,304541	7,380314	544644,504604	4496552,880004	163,18008
6	4,132146	9,144538	543159,779764	4498508,371256	77,53341
7	7,542944	20,158581	547396,677477	4512305,448424	136,53265

Auto Adjust    Transformation: &1st Order Polynomial (Affine)    Total RMS Error: 140.97719  
 Load...    Save...    OK

Εικόνα 8: Link Table

Μπορούμε να σβήσουμε ένα σημείο επιλέγοντας το και πατώντας το κουμπί  Delete. Με τη διαγραφή ενός σημείου τα σφάλματα να αλλάζουν, γι' αυτό επιλέγουμε για διαγραφή εκείνα που έχουν το μεγαλύτερο σφάλμα με σκοπό να μείνουν τα σημεία εκείνα που έχουν μικρή διακύμανση σφαλμάτων. Για να είναι πιο αποδεκτό το αποτέλεσμα θα πρέπει να έχει επιλεγεί ένας ικανοποιητικός αριθμός σημείων ο οποίος θα καλύπτει περιμετρικά την εικόνα. Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε επίσης να δούμε πληροφορίες για τις ακριβείς συντεταγμένες των σημείων επιλογής.

Εάν επιθυμούμε να δημιουργήσουμε μια νέα ψηφιδωτή εικόνα με τις ορθές συντεταγμένες, τότε επιλέγουμε από το κουμπί Georeferencing, Rectify και καθορίζουμε την τεχνική επαναδειγματοληψίας. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται Γεωμετρική Διόρθωση.

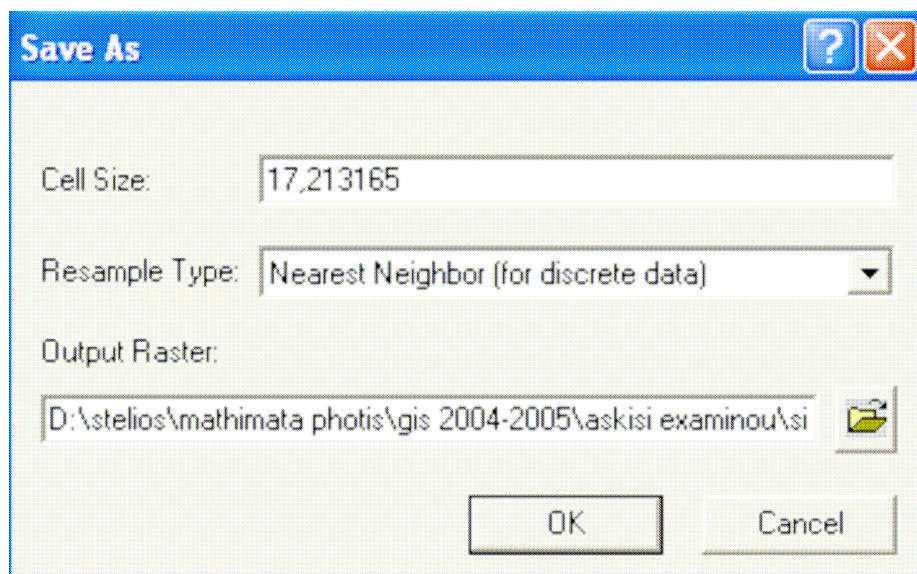


Εικόνα 9: Δημιουργία νέας ψηφιδωτής εικόνας με σωστές συντεταγμένες (Γεωμετρική Διόρθωση)

Στη συνέχεια όπως βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα επιλέγουμε το όνομα, τον τύπο και το χώρο αποθήκευσης του τελικού αρχείου. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την



διατήρηση της γεωγραφικής θέσης της επιθυμητής εικόνας και μετά τη διαγραφή του αρχικού ψηφιδωτού αρχείου ή κατά την επαναφορά της στο ArcMap.



Εικόνα 10:Καθορισμός τεχνικής επαναδειγματοληψίας

### **Επαναδειγματοληψία (Resampling)**

Είναι η διαδικασία κατά την οποία δίνονται τιμές συντεταγμένων σε κάθε εικονοστοιχείο της ψηφιδωτής εικόνας. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται και μέθοδος αναδόμησης.

Υπάρχουν τρεις τεχνικές επαναδειγματοληψίας:

#### **A) Nearest Neighbor (Μέθοδος του Εγγύτερου Γείτονα)**

Αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο επαναδειγματοληψίας. Η τιμή κάθε εικονοστοιχείου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη της την τιμή του πιο κοντινού εικονοστοιχείου. Είναι η ταχύτερη των μεθόδων, κατάλληλη για θεματικά δεδομένα.

#### **B) Bilinear Interpolation (Μέθοδος Διγραμμικής Παρεμβολής)**

Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη της τον μέσο όρο των τεσσάρων πιο κοντινών εικονοστοιχείων και αποτελεί το ισοδύναμο της γραμμικής παρεμβολής σε δισδιάστατο χώρο. Είναι κατάλληλη για συνεχή δεδομένα όπως είναι οι κλίσεις, το ανάγλυφο, ο προσανατολισμός, κ.τ.λ.

#### **Γ) Cubic Convolution (Μέθοδος Κυβικής Συνέλιξης)**

Μια εναλλακτική μέθοδος επαναδειγματοληψίας κατά την οποία η τιμή που θα δοθεί στο εικονοστοιχείο υπολογίζεται από τις 16 πιο κοντινές τιμές. Είναι και αυτή κατάλληλη για συνεχή δεδομένα.

Στην παρούσα εργασία για την γεωαναφορά των χαρτών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του εγγύτερου γείτονα με περίπου 15 σημεία ελέγχου για κάθε χάρτη, ενώ χρησιμοποιήθηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς '87(EGSA '87). Όλοι οι χάρτες

διορθώθηκαν με τη χρήση σημείων γης και της παγχρωματικής εικόνας (channel 8) του LANDSAT 7.

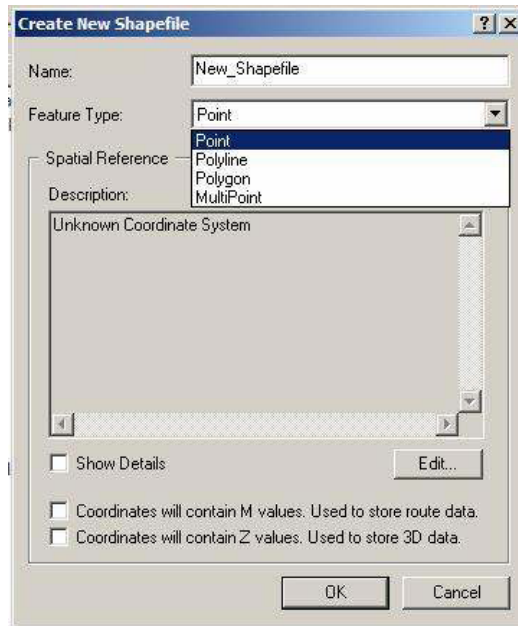
Αναλυτικότερα για κάθε γεωλογικό χάρτη που κάναμε γεωμετρική διόρθωση είχαμε:

Πίνακας 7: Πίνακας Γεωμετρικής Διόρθωσης

<b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ 1:50000m ΦΥΛΛΟ</b>	<b>TOTAL RMS ERROR(m)</b>
ΧΑΝΙΑ	30m
ΒΡΥΣΕΣ	29m
ΚΑΣΤΕΛΛΙ	28m
ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ	31m
ΠΛΑΤΑΝΙΑΣ	30m
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	30m

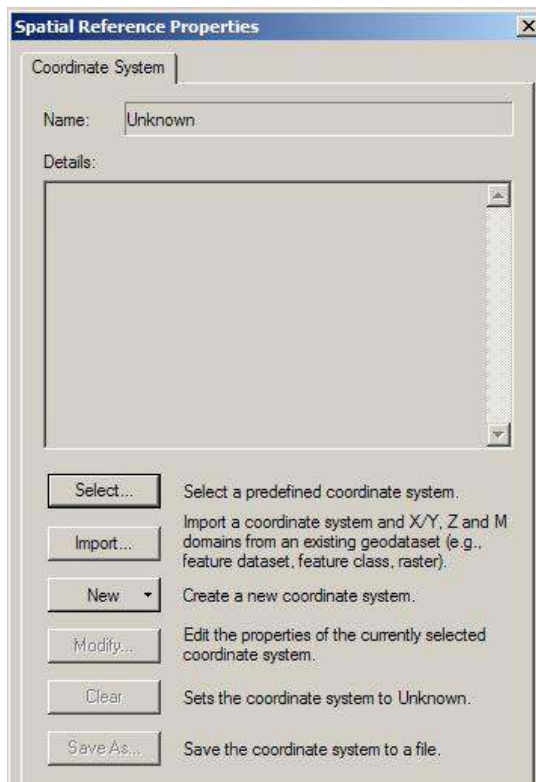
### **5.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Την διαδικασία της γεωαναφοράς ακολούθησε η ψηφιοποίηση όλων των απαραίτητων πληροφοριών, πηγή των οποίων αποτέλεσαν οι γεωμετρικά διορθωμένοι χάρτες. Με τον όρο «ψηφιοποίηση» εννοούμε την μετατροπή των ψηφιδωτών (raster) δεδομένων σε διανυσματικά (vector) δεδομένα προκειμένου να είναι δυνατή η περαιτέρω χωρική τους ανάλυση και συσχέτιση. Πριν όμως ξεκινήσουμε την ψηφιοποίηση πρέπει να δημιουργήσουμε σχηματικά τα αρχεία τα οποία θα δεχθούν τις γραμμές και τα πολύγωνα που θα ψηφιοποιήσουμε. Από το ArcCatalog επιλέγουμε File \_ New\_ Shapefile. Στο πρώτο πεδίο συμπληρώνουμε το όνομα του αρχείου και στο δεύτερο τον τύπο. Για παράδειγμα εάν δημιουργηθεί ένα αρχείο (shape file) για να αποθηκευτεί η ψηφιοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών θα επιλεγεί η μορφή polygon. Εάν επιλέξουμε να ψηφιοποιήσουμε τις θέσεις των ρηγμάτων πάνω σε έναν χάρτη θα επιλεγεί η μορφή polyline.



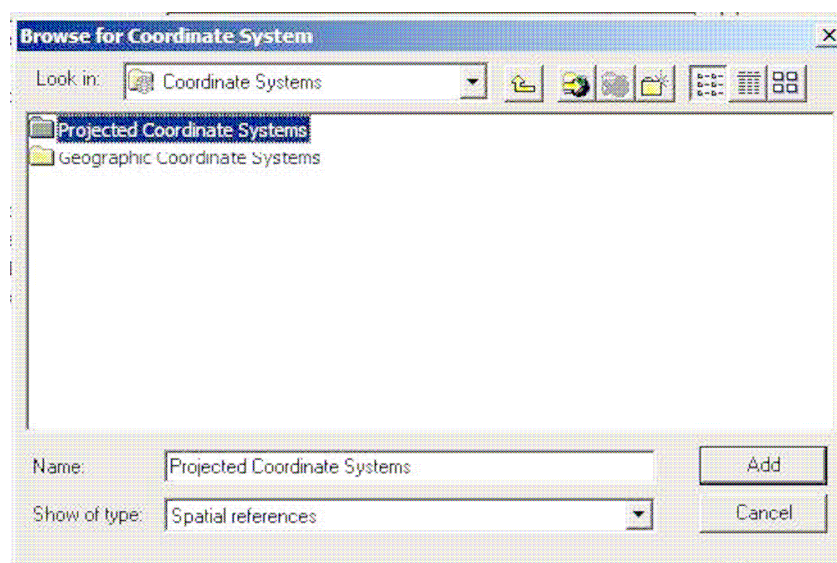
Εικόνα 5.10:Καθορισμός μορφής του νέου σχηματικού αρχείου(shp.)

Το σχηματικό αρχείο δεν έχει ορισμένο προβολικό σύστημα. Για να ορίσουμε το προβολικό σύστημα κάνουμε κλικ στην επιλογή Edit και μια νέα οθόνη διαλόγου εμφανίζεται. Επιλέγουμε Select για να δώσουμε πληροφορίες για το προβολικό σύστημα.



Εικόνα 5.11:Επιλογές τρόπου εισαγωγής του προβολικού συστήματος

Από την καινούρια οθόνη που εμφανίζεται επιλέγουμε Projected Coordinate και πατάμε το κουμπί Add.



Εικόνα 5.12:Καθορισμός προβολικού συστήματος

Από την καινούρια οθόνη που εμφανίζεται επιλέγουμε τη διαδρομή UTM\_ZONE\_WGS '84\_ZONE 35°.

Με τον ίδιο τρόπο δημιουργούμε όλα τα σχηματικά αρχεία, καθορισμένα στο προβολικό σύστημα που αναφέραμε, που θα χρησιμοποιήσουμε κατά τη διάρκεια της ψηφιοποίησης, τα οποία παραθέτουμε στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 8:Σχηματικά Αρχεία(shape files)

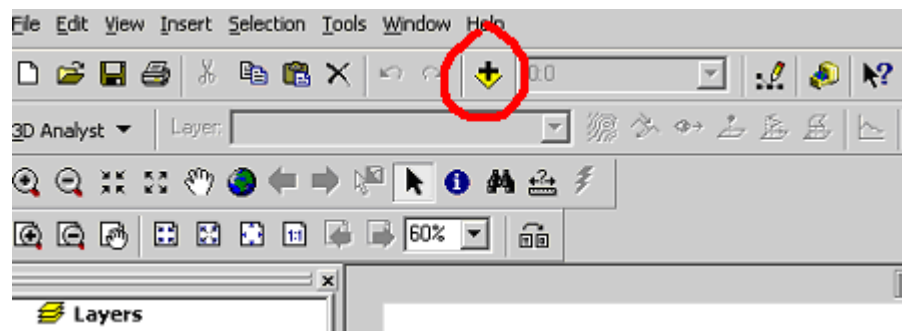
NAME	FEATURE TYPE
geology_chania	polygon
geology_kastelli	polygon
geology_palaiochora	polygon
geology_vrysses	polygon
geology_alikianos	polygon
geology_platanias	polygon
rigmata_chania	polyline
rigmata_kastelli	polyline
rigmata_palaiochora	polyline
rigmata_vrysses	polyline
rigmata_alikianos	polyline
rigmata_platanias	polyline

Τη διαδικασία της δημιουργίας των σχηματικών αρχείων ακολουθεί η ψηφιοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών και των κύριων τεκτονικών γραμμών. (Για να συμβεί αυτό

εισάγουμε στο ARCMAP ένα ψηφιδωτό αρχείο (.tiff) και τα αντίστοιχα σχηματικά αρχεία (.shp) που έχουμε δημιουργήσει).

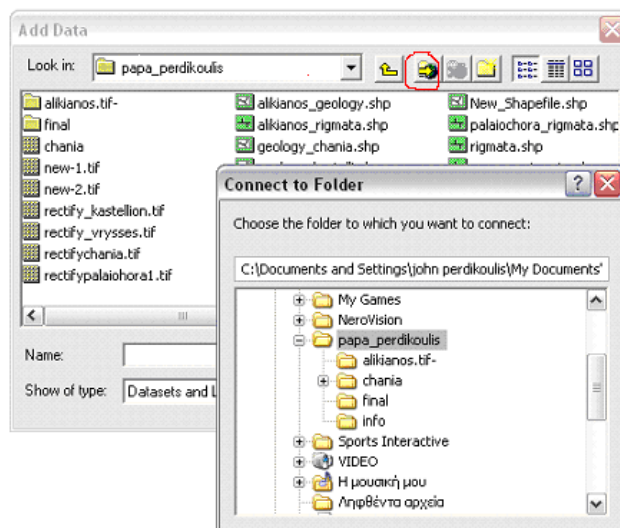
Εισάγουμε για παράδειγμα το ψηφιδωτό αρχείο chania.tiff και τα σχηματικά αρχεία geology\_chania.shp, rigmata\_chania.shp, στα οποία θα αποθηκεύουμε τους ψηφιοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις κύριες τεκτονικές γραμμές αντίστοιχα.

Η προσθήκη των θεματικών επιπέδων του χάρτη (layers), γίνεται πατώντας τον μαύρο σταυρό, από το περιβάλλον εργασίας του ARCMAP.



Εικόνα 5.13: Προσθήκη θεματικών επιπέδων στο περιβάλλον εργασίας του ARCMAP.

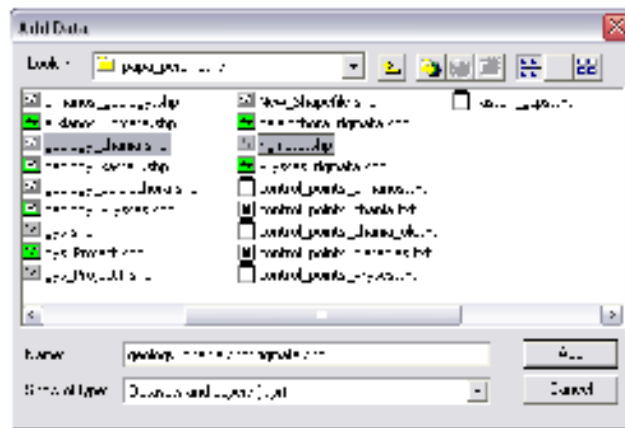
Για να διευκολυνθεί η προσθήκη των layers μπορούμε να ορίσουμε μια μόνιμη σύνδεση με το φάκελο (ή τους φακέλους) που βρίσκονται τα δεδομένα μας, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.14: Δημιουργία μόνιμης σύνδεσης με δεδομένα

Αφού γίνει η πλοήγηση (navigation) στο φάκελο όπου βρίσκονται τα δεδομένα, επιλέγουμε το layer που θα προστεθεί. Μπορούμε να προσθέσουμε περισσότερα από ένα layer κρατώντας το ctrl πατημένο και στη συνέχεια πατάμε add. Επίσης παρατηρούμε δίπλα

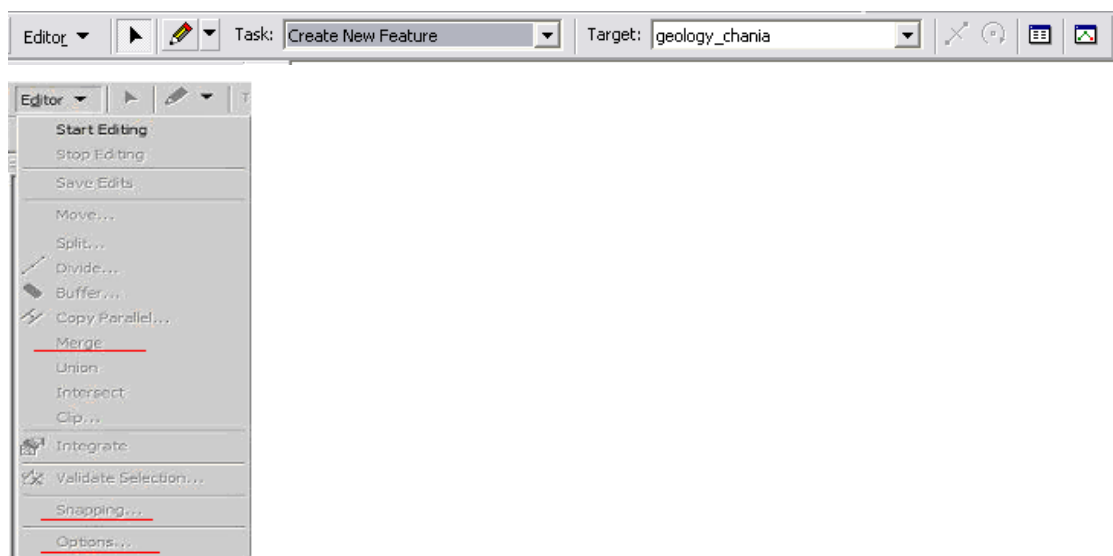
σε κάθε layer υπάρχει ένα σχέδιο που υποδηλώνει το είδος του αρχείου μας (γραμμικό, πολυγωνικό κτλ.).



Εικόνα 5.15:Εισαγωγή δεδομένων

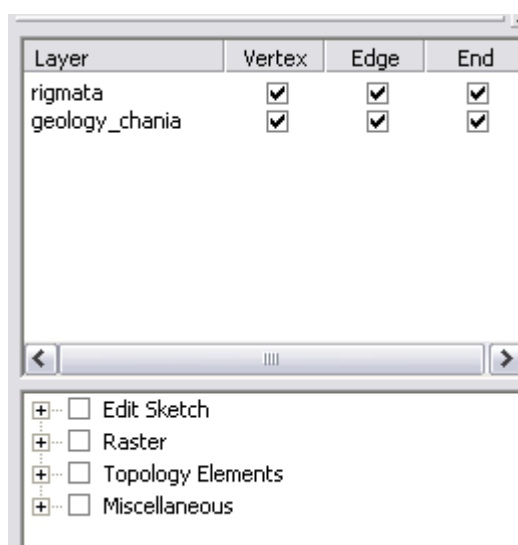
Οι εργασίες δημιουργίας και διόρθωσης χαρακτηριστικών από τη διαδικασία της σύνταξης, αρχίζει όταν επιλέγουμε Start Editing από το μενού Editor της εργαλειοθήκης Editor και τελειώνει με το Stop Editing. Όταν ξεκινάμε μια διαδικασία εισαγωγής ή διόρθωσης θα πρέπει να προσδιοριστούν απαραίτητα τρεις παράμετροι στην εργαλειοθήκη Editor:

1. Το εργαλείο σχεδίασης που θα χρησιμοποιηθεί,
2. Τη λειτουργία που θα εκτελεστεί (Task),
3. Το στόχο (target) της λειτουργίας. Δηλαδή το θεματικό επίπεδο στο οποίο θα δημιουργηθούν τα δεδομένα.



Εικόνα 5.16:Η εργαλειοθήκη και το μενού του editor

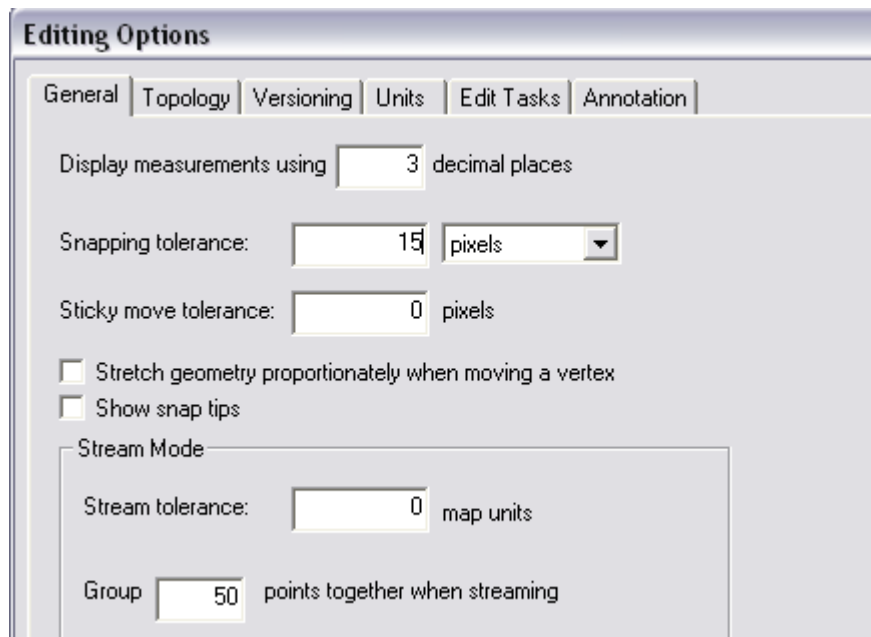
Ένα σημαντικό σημείο που πρέπει να προσεχθεί για τη σωστή τοπολογική δομή των γεωγραφικών δεδομένων που εισάγονται σε ένα GIS, είναι να μην υπάρχουν ασύνδετες γραμμές ή ανοιχτά πολύγωνα. Η σύμπτωση των χωρικών οντοτήτων επιτυγχάνεται με τον καθορισμό ορισμένων παραμέτρων ως εξής: Στην εργαλειοθήκη Editor επιλέγουμε το εργαλείο Editor και στο επεξηγηματικό μενού κάνουμε κλικ στην εντολή Snapping. Εμφανίζεται τότε η οθόνη διαλόγου Snapping Environment που χωρίζεται σε δύο παράθυρα. Στο επάνω παράθυρο περιέχονται τετραγωνάκια επιλογών για τις γεωμετρικές οντότητες (κορυφή-vertex, πλευρά-edge και κόμβος-end point) κάθε επιπέδου. Καθώς ψηφιοποιούμε μια νέα οντότητα σε ένα επίπεδο, ο κέρσορας μετακινείται στην αντίστοιχη οντότητα, ανάλογα με ποιο τετραγωνάκι είναι επιλεγμένο. Μόλις ο κέρσορας φτάσει σε μια προκαθορισμένη απόσταση από την οντότητα τότε αυτόματα μετακινείται πάνω σε αυτήν.





Εικόνα 5.17: Snapping Environment

Το κάτω παράθυρο βάζει τους κανόνες για την διαδικασία σύμπτωσης. Όταν ψηφιοποιούμε ένα πολύγωνο ενεργοποιούμε την επιλογή Edit sketch vertices, ενώ όταν δημιουργούμε μια κάθετη γραμμή στην προηγούμενη ενεργοποιούμε την επιλογή Perpendicular to sketch.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να καθοριστούν τα κριτήρια για τη διαδικασία σύμπτωσης. Από το μενού του Editor επιλέγουμε Snapping και συμπληρώνουμε το ομώνυμο παράθυρο διαλόγου. Ακολούθως, στο ίδιο μενού του Editor στην επιλογή Options και στην οθόνη που εμφανίζεται ορίζουμε το πεδίο Snapping Tolerance (παραμέτρος σύμπτωσης) δηλαδή με πόση ακρίβεια μονάδων του χάρτη θα κολληθούν οι δύο άκρες της κλειστής γραμμής.

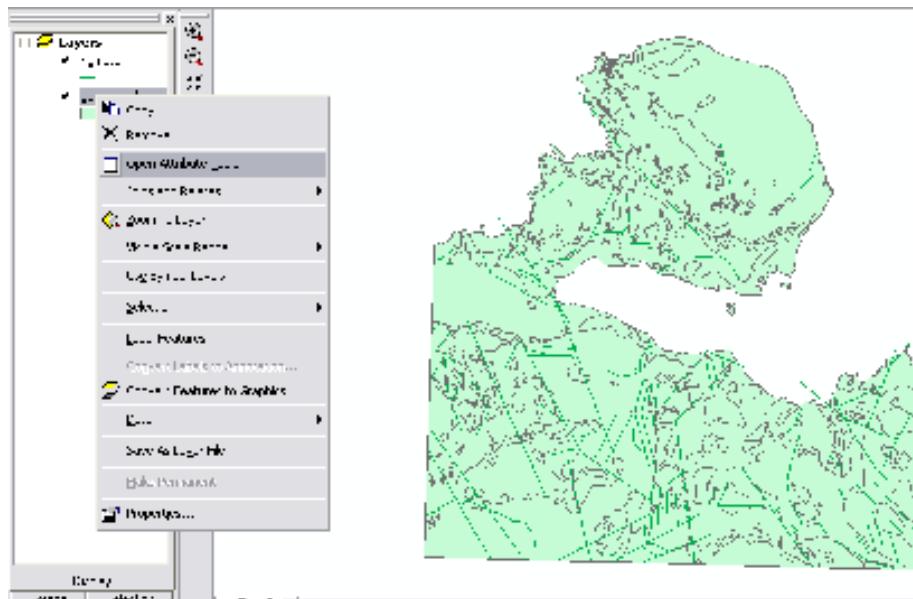


Εικόνα 5.18: Snapping Tolerance(παράμετρος σύμπτωσης)

Αφού έχουν καθοριστεί όλες οι παράμετροι, ξεκινάμε τη ψηφιοποίηση επιλέγοντας το εργαλείο προσθήκης νέων οντοτήτων και με τον κέρσορα ακολουθούμε το ίχνος της γραμμής του ψηφιδωτού αρχείου, με διαδοχικά αριστερά κλικ του ποντικιού. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης της κάθε γραμμής ολοκληρώνετε με διπλό κλικ. Αν κατά την διάρκεια της ψηφιοποίησης χρειαστεί να μετακινηθούμε ώστε να ακολουθήσουμε το ίχνος της οντότητας που ψηφιοποιούμε, απλά πατάμε το κουμπί της μετακίνησης  και μετακινούμαστε στην περιοχή που επιθυμούμε. Στην συνέχεια κάνοντας κλικ στο εργαλείο  (sketch tool) συνεχίζεται η ψηφιοποίηση από το σημείο που σταματήσαμε. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε τα πολύγωνα να είναι κλειστά μετά το πέρας της ψηφιοποίησης. Άλλωστε ο λόγος που καθορίζονται τα κριτήρια σύμπτωσης είναι ακριβώς για να αποφεύγονται τέτοια λάθη. Επίσης σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίσουμε ότι κατά τη διάρκεια της ψηφιοποίησης όταν ένας γεωλογικός σχηματισμός περιέχει άλλους μικρότερους σχηματισμούς διαφορετικού είδους προτιμότερο είναι να ψηφιοποιούμε τον μεγαλύτερο σχηματισμό προσπαθώντας να κυκλώσουμε τους μικρότερους, ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν μικρότερο σφάλμα. Βέβαια αυτό προϋποθέτει ότι θα χρειαστεί πολλές φορές να ολοκληρώσουμε κάποιο πολύγωνο χωρίς να έχουμε ψηφιοποιήσει ολόκληρο το σχηματισμό αλλά ένα μέρος του. Έτσι ο ψηφιοποιημένος σχηματισμός μπορεί να αποτελείται από πολλά πολύγωνα, ανάμεσα στα οποία θα βρίσκονται οι μικρότεροι σχηματισμοί χωρίς να έχουν ψηφιοποιηθεί. Το μενού του Editor μας δίνει την δυνατότητα να ενώσουμε δύο ή και περισσότερα πολύγωνα, ώστε ο γεωλογικός σχηματισμός να πάρει την κανονική του μορφή. Με το κουμπί  (select features) και κρατώντας πατημένο το κουμπί shift τικάρουμε όλα τα πολύγωνα που θέλουμε να ενώσουμε και από το μενού του Editor πατάμε Merge.

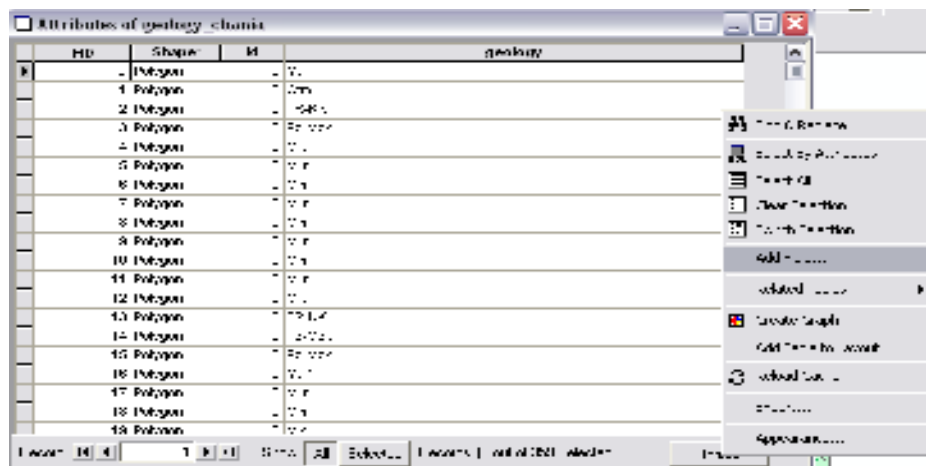


Όταν τελειώσει η διαδικασία της ψηφιοποίησης, επιλέγουμε Save edits\_Stop Editing από το μενού του Editor και στην ερώτηση αν θέλουμε να αποθηκευτούν οι αλλαγές απαντάμε καταφατικά. Επειδή κάθε γεωγραφική – γεωμετρική οντότητα συνοδεύεται από έναν αριθμό χαρακτηριστικών, αυτά τα χαρακτηριστικά θα πρέπει να εισαχθούν στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών (Attribute Table). Πρώτα όμως πρέπει να διαμορφωθεί κατάλληλα ο πίνακας των περιγραφικών χαρακτηριστικών. Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο όνομα του αρχείου και στο πτυσσόμενο μενού που εμφανίζεται επιλέγουμε Open Attribute Table.



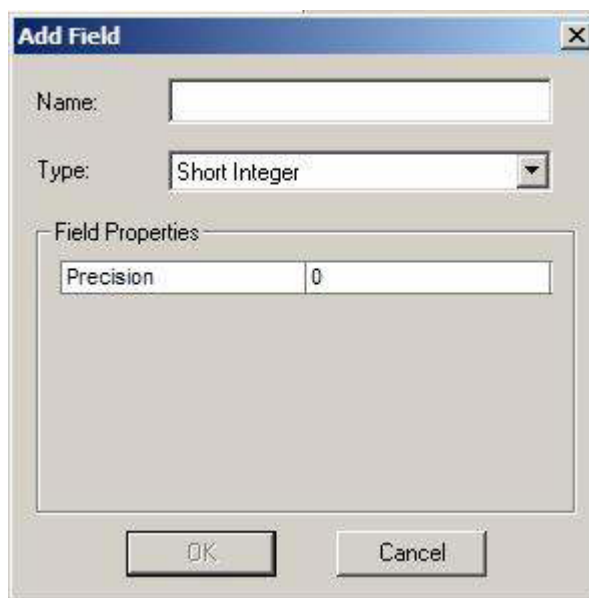
Εικόνα 5.19: Πτυσσόμενο μενού ενός σχηματικού αρχείου(layer)

Αμέσως εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη, που αποτελεί τον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου επιπέδου με τις αντίστοιχες οντότητες (Records) και τα πεδία (Fields).



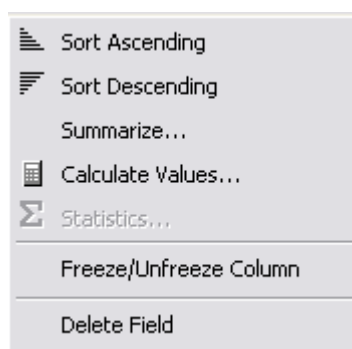
Εικόνα 11: Πίνακας περιγραφικών χαρακτηριστικών. (Attribute Table).

Κάνοντας κλικ στην επιλογή Options και επιλέγοντας, από το πτυσσόμενο μενού που εμφανίζεται, Add Field, εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη διαλόγου. Στο παράθυρο Name συμπληρώνουμε το όνομα του πεδίου, στο παράθυρο Type τον τύπο του πεδίου και στο τελευταίο παράθυρο Field Properties συμπληρώνουμε το μέγεθος του.



Εικόνα 12: Δημιουργία νέου πεδίου στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών

Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να προσθέσουμε όσα πεδία θέλουμε ανάλογα με το είδος της περιγραφικής πληροφορίας που επιθυμούμε να εισάγουμε. Επίσης πατώντας δεξί κλικ πάνω σε κάποιο πεδίο του περιγραφικού πίνακα μας εμφανίζεται το παρακάτω πτυσσόμενου μενού, δίνοντας μας ορισμένες δυνατότητες:



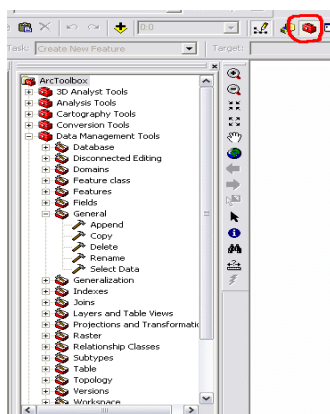
Εικόνα 13: Επιλογές νέου πεδίου

**Calculate values:** Μπορούμε να υπολογίσουμε τις εγγραφές ενός πεδίου, ορίζοντας αριθμητικές φόρμουλες με προσθαφαιρέσεις, διαιρέσεις, συνδυαστικές πράξεις που περιλαμβάνουν τιμές από άλλα πεδία (πχ το εμβαδόν και την περίμετρο των σχηματισμών, όπως και το μήκος των ρηγμάτων) και να εμφανιστούν το καθένα σε ένα νέο πεδίο που θα έχουμε δημιουργήσει.

**Statistics:** Η επιλογή αυτή δίνει τα στατιστικά χαρακτηριστικά των τιμών ενός πεδίου, όπως είναι η ελάχιστη τιμή, η μέγιστη τιμή, η τυπική απόκλιση, η μέση τιμή κ.α.

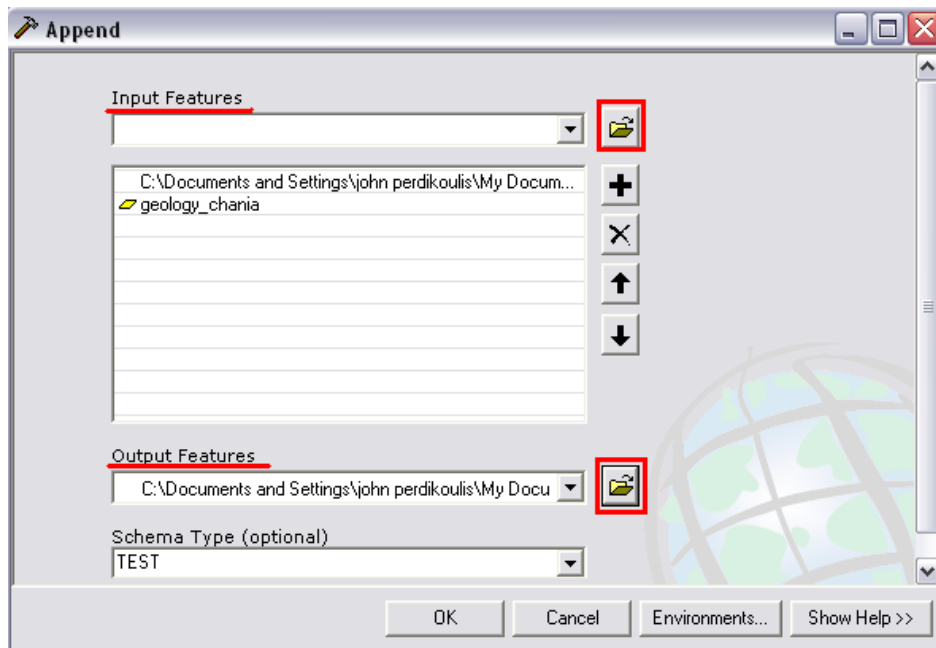
**Summarise:** Επιτρέπει την επεξεργασία των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε ένα καινούριο πίνακα.

Στο τελικό στάδιο και αφού πρώτα έχουμε ψηφιοποιήσει το σύνολο των ψηφιδωτών αρχείων (και τους έξι ψηφιακούς χάρτες) θα πρέπει να ενώσουμε όλα τα σχηματικά μας αρχεία (shape files) σ'ένα τελικό σχηματικό αρχείο, το οποίο θα περιέχει το σύνολο της χωρικής πληροφορίας για την περιοχή την οποία ψηφιοποιήσαμε. Ένα shape file θα περιέχει το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών, επίπεδο πολυγωνικής πληροφορίας, ενώ ένα άλλο shape file θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση του συνόλου των κυρίων τεκτονικών γραμμών (ρηγμάτων), επίπεδο γραμμικής πληροφορίας. Για τη δημιουργία των δύο τελικών αρχείων χρησιμοποιούμε τον **Arctoolbox**, που μας παρέχει την δυνατότητα ένωσης δυο ή και περισσότερων αρχείων shape file σ' ένα.



Εικόνα 14: Πτυσσόμενο μενού Arctoolbox

Πατώντας το κόκκινο κουμπί στην επιφάνεια εργασίας του **ArcMap** ανοίγει το μενού του arctoolbox και διαδοχικά πατώντας **Data Management Tools/General/Append** εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη. Στην επιλογή Input Features πατώντας το φάκελο στα δεξιά, μας ζητάει να ορίσουμε που βρίσκεται το αρχείο που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Ακριβώς την ίδια διαδικασία μας ζητάει να κάνουμε και η επιλογή Output Feature ορίζοντας τη διαδρομή που βρίσκεται και το δεύτερο αρχείο, με τη διαφορά ότι στο αρχείο αυτό θα προστεθεί η χωρική και η περιγραφική πληροφορία του πρώτου αρχείου που ορίσαμε.



Εικόνα 15: Διαδικασία ένωσης σχηματικών αρχείων

Διαδοχικά προσθέτουμε όλα τα shape files σ'ένα αρχείο που περιέχει τους γεωλογικούς σχηματισμούς και αντίστοιχα προσθέτουμε τα shape files που περιέχουν τα ρήγματα. Αναλυτικά τα θεματικά επίπεδα πληροφορίας που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής:

#### ❖ Γεωλογία (Πολυγωνικό επίπεδο πληροφορίας)

**Όνομα: GEOLOGY.shp**

**Περιγραφή:** Σε αυτό το επίπεδο πληροφορίας καταγράφονται τα είδη των πετρωμάτων που καλύπτουν την υπό μελέτη περιοχή.

**Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα:** geology (είδος σχηματισμού), zones (ηλικία σχηματισμού), perimeter (περίμετρος σχηματισμού), area (εμβαδόν του κάθε σχηματισμού).

Επίσης από τα παραπάνω δεδομένα με βάση το είδος του κάθε σχηματισμού (geology) δημιουργήσαμε τα εξής επίπεδα πληροφορίας: Cnt\_geology (το πλήθος των όμοιων σχηματισμών), Sum\_area (το συνολικό εμβαδόν που καταλαμβάνει το πλήθος ενός όμοιου σχηματισμού), Sum\_perimeter (η συνολική περίμετρο που έχει το πλήθος ενός όμοιου σχηματισμού). Αντίστοιχα με βάση την γεωλογική ζώνη που ανήκει κάθε σχηματισμός (zones) δημιουργήσαμε τα εξής επίπεδα πληροφορίας: Cnt\_zones (πλήθος των πολυγώνων που ανήκουν στην ίδια γεωλογική ζώνη), Sum\_area (το συνολικό εμβαδόν που καταλαμβάνει κάθε γεωλογική ζώνη), Sum\_perimeter (η συνολική περίμετρο που έχει κάθε γεωλογική ζώνη).

ΠΟ	Shape	Id	Id	ΓΡΟΙ ΟΝΥ	ΑΡΓΟ	ΡΓΜ
1	POINT	1	1	Ανατολική Γροί	24.422422881	39.222119298
2	POINT	2	2	Κεντρική Γροί	22.422422881	39.222119298
3	POINT	3	3	Δυτική Γροί	20.422422881	39.222119298
4	POINT	4	4	Βόρεια Γροί	22.422422881	39.222119298
5	POINT	5	5	Ανατολική Γροί	24.422422881	39.222119298
6	POINT	6	6	Κεντρική Γροί	22.422422881	39.222119298
7	POINT	7	7	Δυτική Γροί	20.422422881	39.222119298
8	POINT	8	8	Βόρεια Γροί	22.422422881	39.222119298

Εικόνα 16: Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα:

### ❖ Ρήγματα (Γραμμικό επίπεδο πληροφορίας)

**Όνομα:** FAULTS.shp

**Περιγραφή:** Σε αυτό το επίπεδο πληροφορίας αποτυπώνονται τα ρήγματα στην περιοχή μελέτης.

**Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα:** ορατά ρήγματα, πιθανά-μη ορατά ρήγματα και length (μήκος) του κάθε ρήγματος.

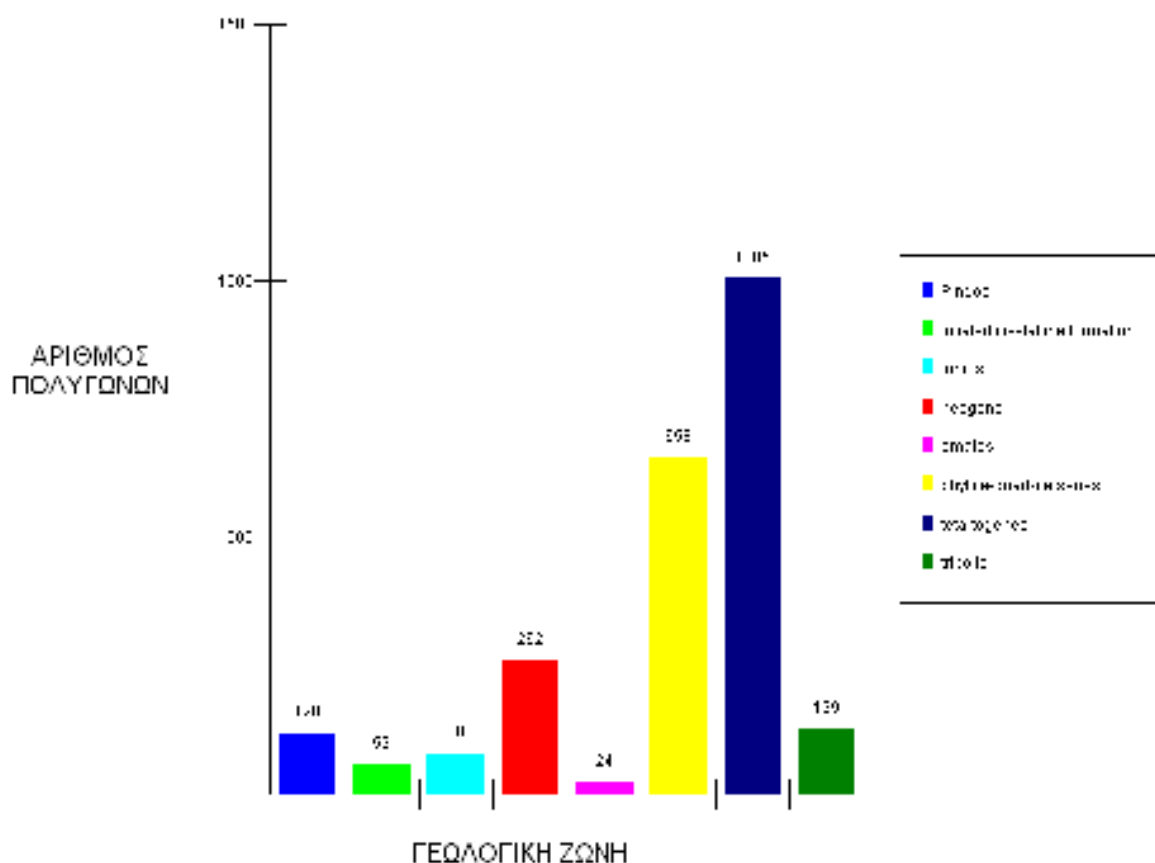
Δημιουργήσαμε επίσης με βάση μας αν τα ρήγματα είναι ορατά ή όχι τα εξής επίπεδα πληροφορίας:

Cnt\_faults (το πλήθος των ρηγμάτων που είναι ορατά και των ρηγμάτων που είναι μη ορατά-πιθανά), Min\_length (το ελάχιστο μήκος των ρηγμάτων που είναι ορατά και αντίστοιχα των ρηγμάτων που είναι μη ορατά), Max\_length (το μέγιστο μήκος των ρηγμάτων που είναι ορατά και αντίστοιχα), Ave\_length (η μέση τιμή του μήκους των ρηγμάτων που είναι ορατά και αντίστοιχα των ρηγμάτων που είναι μη ορατά), Sum\_length (το συνολικό μήκος όλων των ορατών ρηγμάτων και αντίστοιχα των ρηγμάτων που είναι μη ορατά).

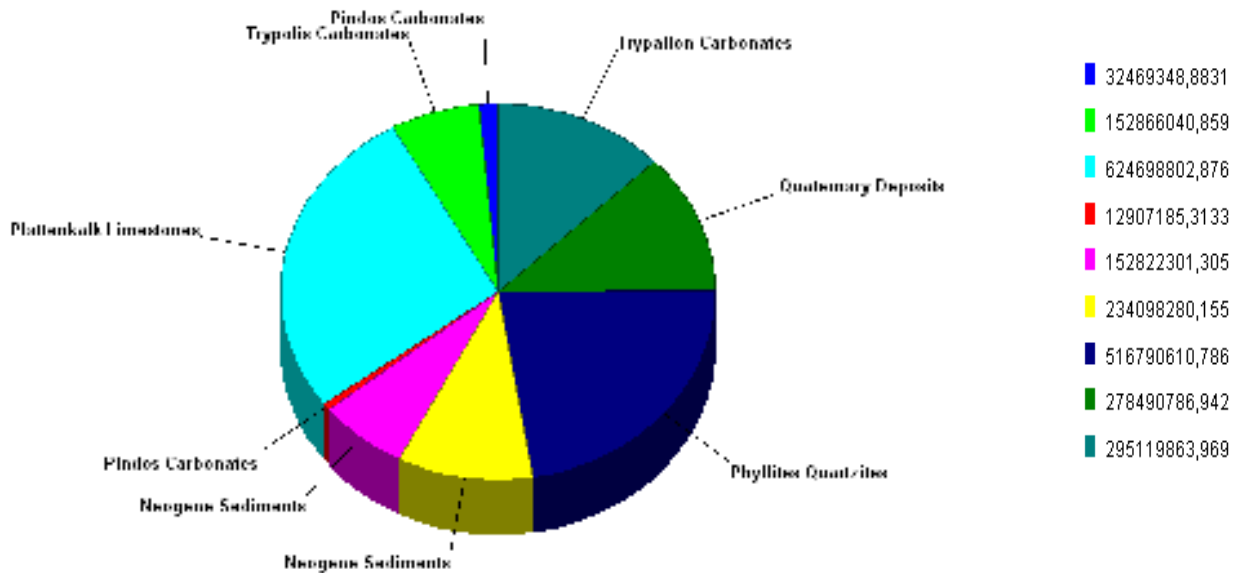
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 6.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

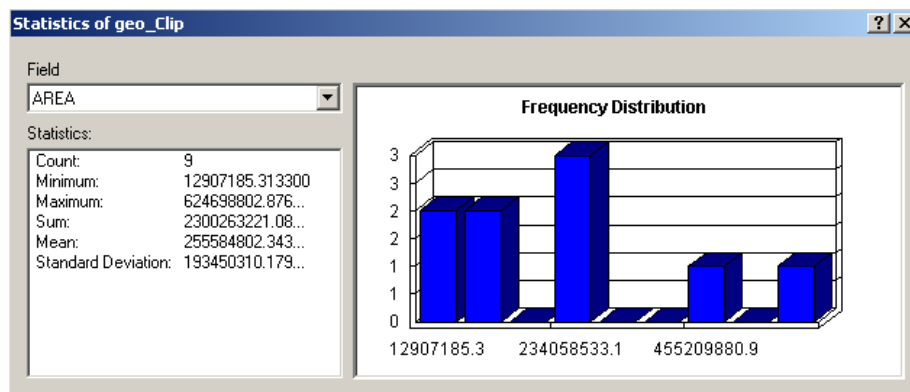
Έχοντας ολοκληρώσει τη δημιουργία των θεματικών επιπέδων πληροφορίας και χρησιμοποιώντας την επιλογή **Tools>Graphs** από το μενού, μπορούμε να διακρίνουμε το πλήθος των γεωλογικών σχηματισμών (εικ.6.1, 6.2) που ανήκουν στην ίδια γεωλογική ζώνη και το εμβαδόν που καταλαμβάνουν συναρτήσει του συνολικού εμβαδού. Στη συνέχεια με δεξί κλικ στο πεδίο area του αλφαριθμητικού πίνακα εμφανίζεται ο πίνακας κατανομής συχνότητας, επιλογή η οποία μας δίνει τα στατιστικά χαρακτηριστικά των τιμών του πεδίου, όπως είναι η ελάχιστη τιμή, η μέγιστη τιμή, η τυπική απόκλιση, η μέση τιμή κ.α. (εικ 6.3)



Εικόνα 6.1: Γραφική παράσταση των πολυγώνων που ψηφιοποιήσαμε σε συνάρτηση των γεωλογικών ζωνών που ανήκουν.

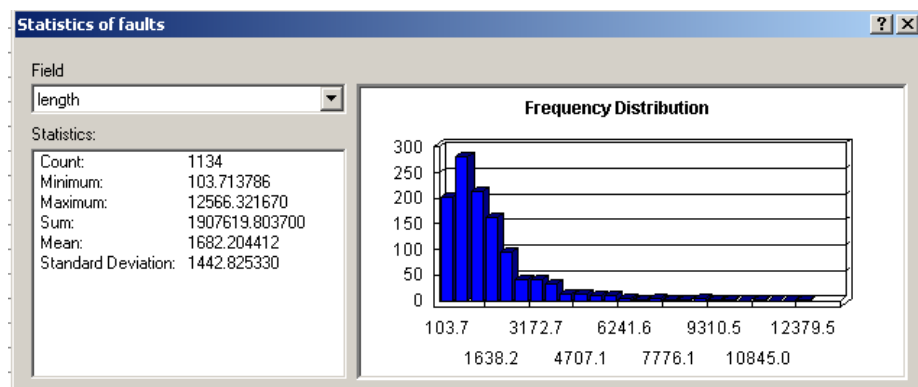


Εικόνα 6.2:Το εμβαδόν που καταλαμβάνει κάθε γεωλογική ζώνη(τ.μ).

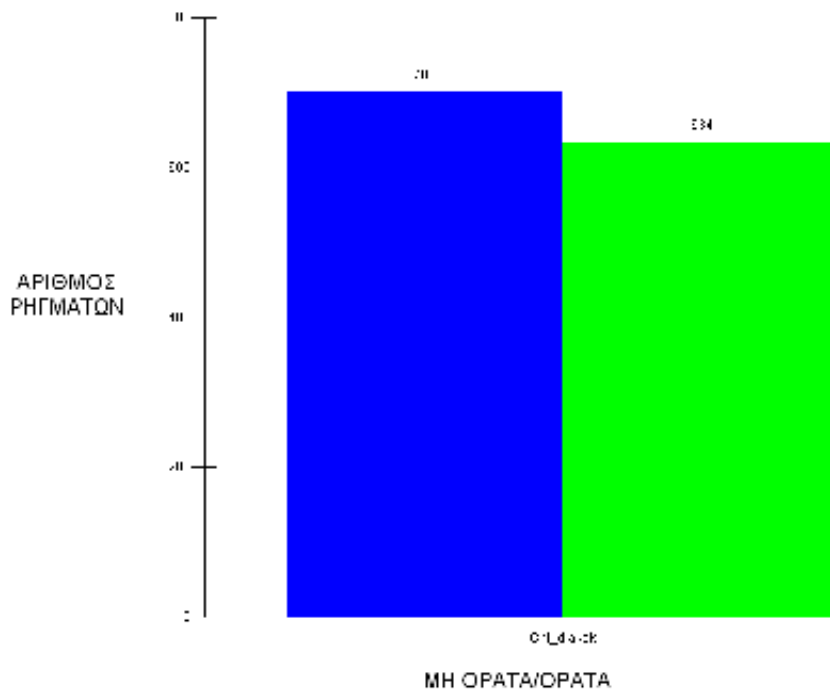


Εικόνα 6.3:Κατανομή Συχνότητας εμβαδού των γεωλογικών ζωνών

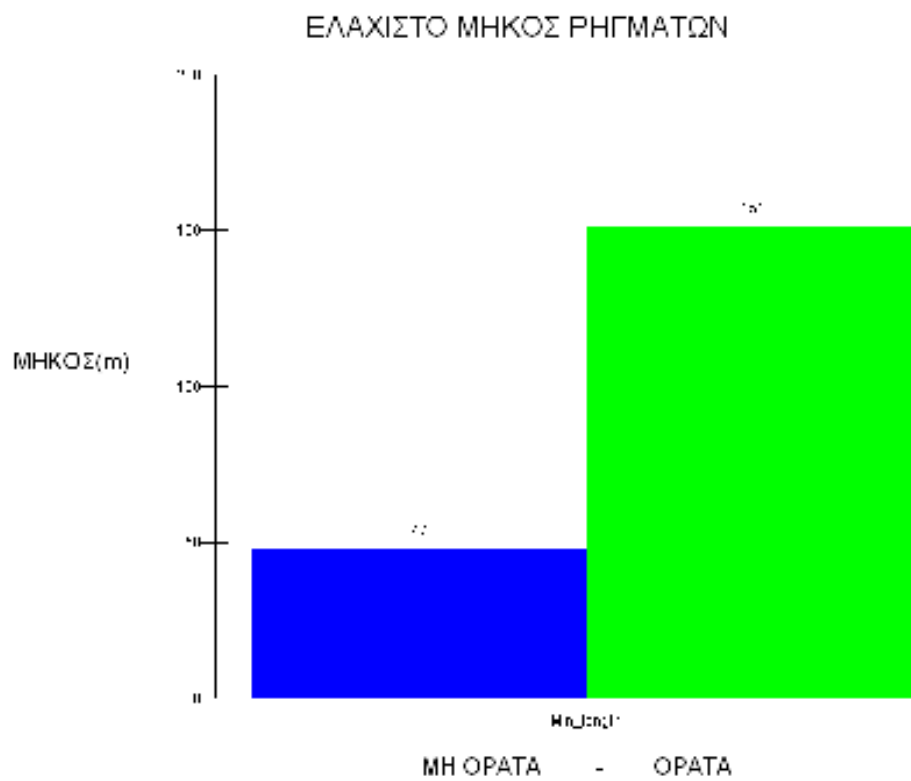
Επίσης, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα από το γραμμικό επίπεδο πληροφορίας μπορούμε να διακρίνουμε το πλήθος των ρηγμάτων που είναι ορατά και μη ορατά, το ελάχιστο και μέγιστο μήκος των ρηγμάτων, τη μέση τιμή αυτών και να δούμε την κατανομή συχνότητας του μήκους των ρηγμάτων στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.4:Κατανομή συχνότητας μήκους των ρηγμάτων.

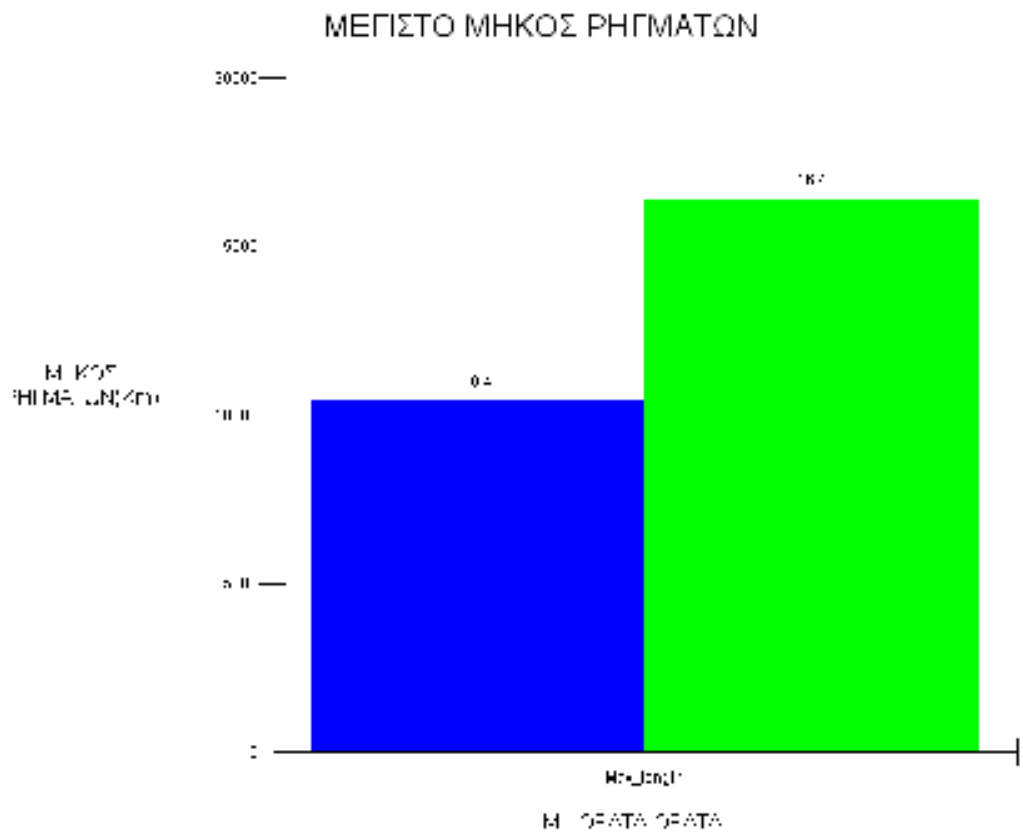


Εικόνα 6.5:Αριθμός ρηγμάτων ανάλογα με την περιγραφική τους ιδιότητα(ορατά-μη ορατά)

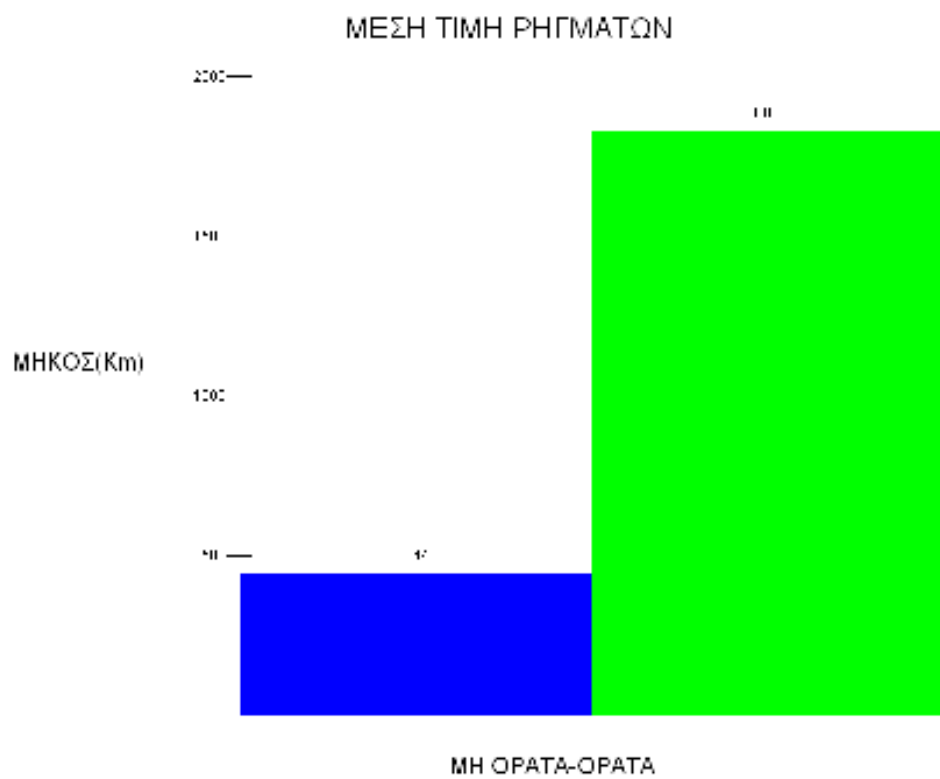


Εικόνα 6.6:Γραφική παράσταση του ελάχιστου μήκους των ρηγμάτων διαχωρισμένα σε ορατά και μη ορατά(μ)





Εικόνα 6.7: Γραφική παράσταση του μέγιστου μήκους των ρηγμάτων διαχωρισμένα σε ορατά και μη ορατά(Km)

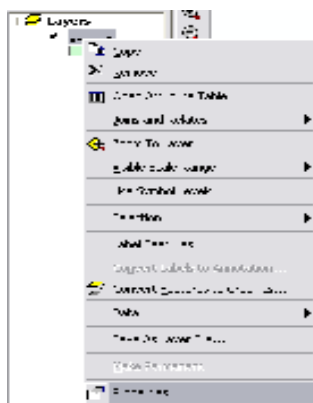


Εικόνα 6.8: Γραφική παράσταση της μέσης τιμής του μήκους των ρηγμάτων διαχωρισμένα σε ορατά και μη ορατά(Km).

## 6.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

Από τα χαρτογραφικά στοιχεία ενός χάρτη τα πιο σημαντικά είναι τα σύμβολα, γιατί με τη βοήθεια τους μπορούν να γίνουν εύκολα αντιληπτές οι θέσεις των αντικειμένων που απεικονίζουν, οι σχέσεις (ποιοτικές και ποσοτικές) που υπάρχουν μεταξύ αυτών των δεδομένων, καθώς και άλλες χωρικές και μη πληροφορίες στο χάρτη. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, τα χαρτογραφικά σύμβολα διαφοροποιούνται ως προς το χρώμα, το σχήμα, το μέγεθος, τον προσανατολισμό και το πρότυπο τους. Επιπλέον, όμως η διαφοροποίηση και η χρήση των συμβόλων εξαρτάται από τη φύση των οντοτήτων που απεικονίζονται.

Μετά το πέρας της ψηφιοποίησης των γεωλογικών σχηματισμών και των ρηγμάτων στην περιοχή μελέτης καθώς επίσης και τη δημιουργία των θεματικών επιπέδων πληροφορίας η ανάλυση των χωρικών δεδομένων μας γίνεται με τη βοήθεια του ARCGIS. Από το μενού του πίνακα περιεχομένων και κάνοντας δεξί κλικ σε κάποιο layer εμφανίζεται το μενού με όλες τις δυνατές λειτουργίες για τα θεματικά επιθέματα (layers).



Εικόνα 6.9:Μενού ενός layer

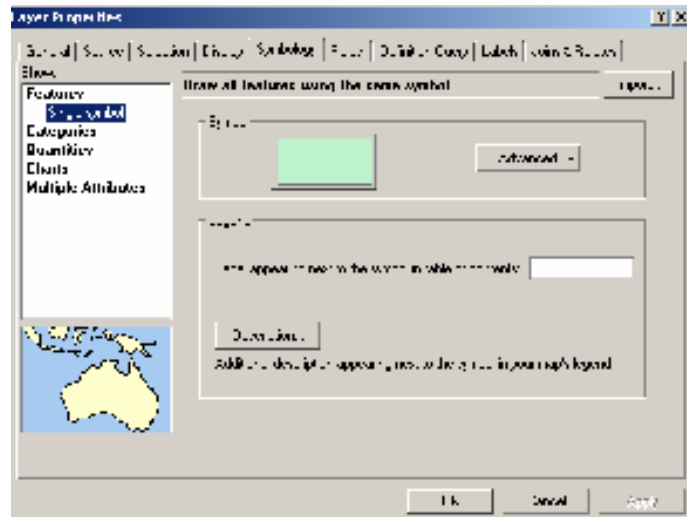
Η επιλογή **Properties** ενεργοποιεί μια ομάδα από επάλληλες καρτέλες λειτουργιών από τις οποίες επιλέγεται η καρτέλα **Symbology** μέσω της οποίας καθορίζονται:

- α) το είδος του συμβολισμού (Features, Categories, Quantities, Charts, Multiple, attributes)
- β) τα χαρακτηριστικά του συμβόλου (ή των συμβόλων)

Για το συμβολισμό όλων των χαρτογραφικών οντοτήτων ενός layer με το ίδιο σύμβολο, διατηρείται η προκαθορισμένη επιλογή του συστήματος **Features/Single symbol**. Η διαδικασία αυτή ισχύει τόσο για τα επιφανειακά σύμβολα όσο και για τα σημειακά και τα γραμμικά.

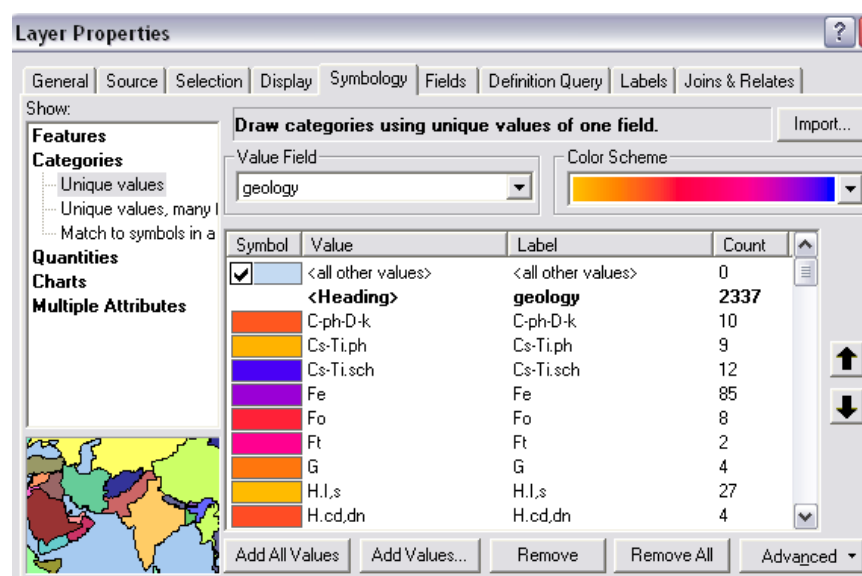
Το Arcmap μας παρέχει τη δυνατότητα ανάλυσης δύο ή περισσότερων layer που βρίσκονται στο πίνακα περιεχομένων, στο ίδιο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Ο συμβολισμός των θεματικών επιπέδων γίνεται από την καρτέλα Symbology, όπως προηγουμένως, ενώ η

σειρά εμφάνισης τους εξαρτάται από την σειρά τοποθέτησης τους στον πίνακα περιεχομένων. Πρακτικά το πρόγραμμα αυτόματα τοποθετεί τα θεματικά επίπεδα στον πίνακα περιεχομένων με την ακόλουθη σειρά: σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά.



Εικόνα 6.10: Η καρτέλα Symbology από το μενού ιδιοτήτων ενός layer.

Αντίστοιχα από την καρτέλα **Properties>Symbology**, αφού γίνει η προσθήκη του αντιστοίχου layer, ενεργοποιείται η επιλογή **Categories>Unique values** και από τον κατάλογο **Value field** γίνεται ο συμβολισμός των χαρακτηριστικών του layer ανάλογα με τις μοναδικές τιμές που παίρνουν με βάση τη βάση δεδομένων (Attribute Table). Στη συνέχεια με το κουμπί **Add All Values** προστίθενται όλες οι τιμές του.



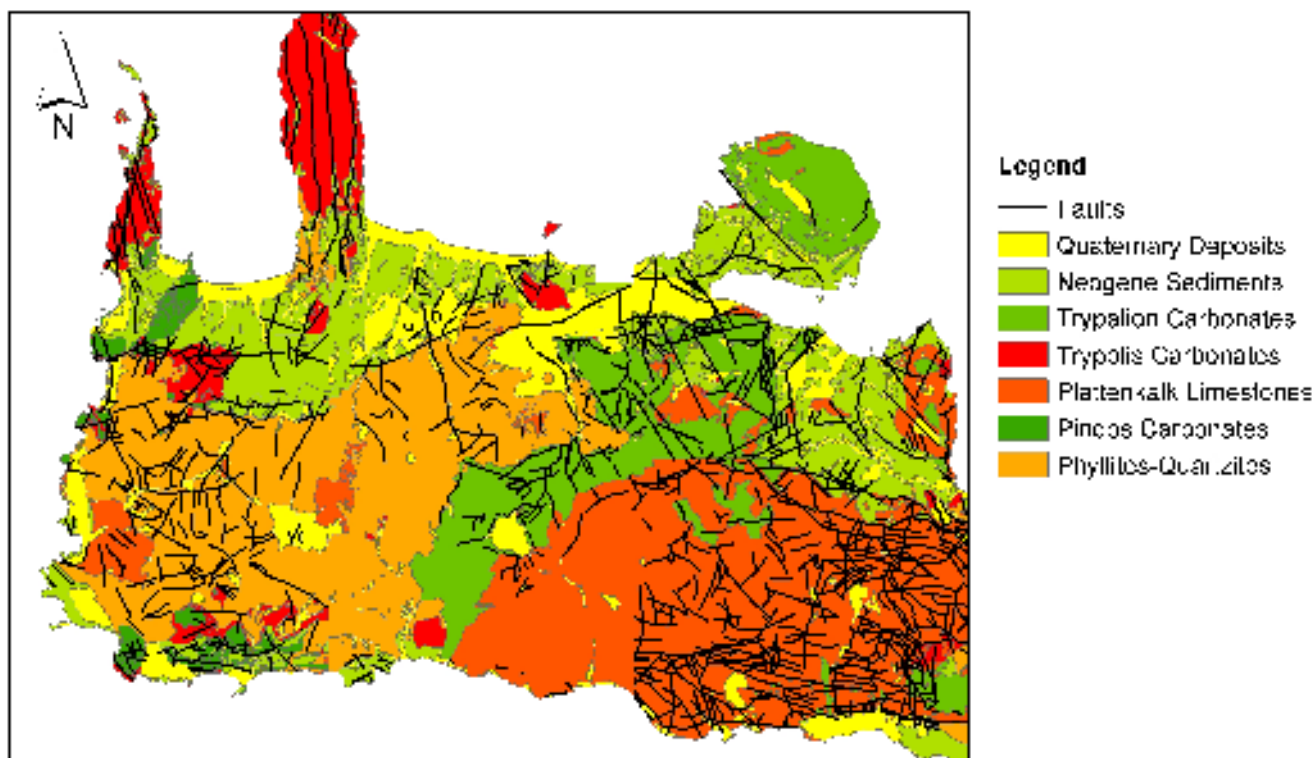
Εικόνα 6.11: Ανάλυση του layer ανάλογα με τα είδη των γεωλογικών σχηματισμών.

Από την επιλογή **Categories>Quantities>Graduated Colours** συμβολίζουμε τα χαρακτηριστικά του layer ανάλογα με τις τιμές που παίρνουν από τη βάση δεδομένων ,τις οποίες όμως ομαδοποιούμε σε κλάσεις. Στο πεδίο value καθορίζουμε το πεδίο της βάσης δεδομένων ,στο οποίο θέλουμε να διαμορφώσουμε το συμβολισμό του.

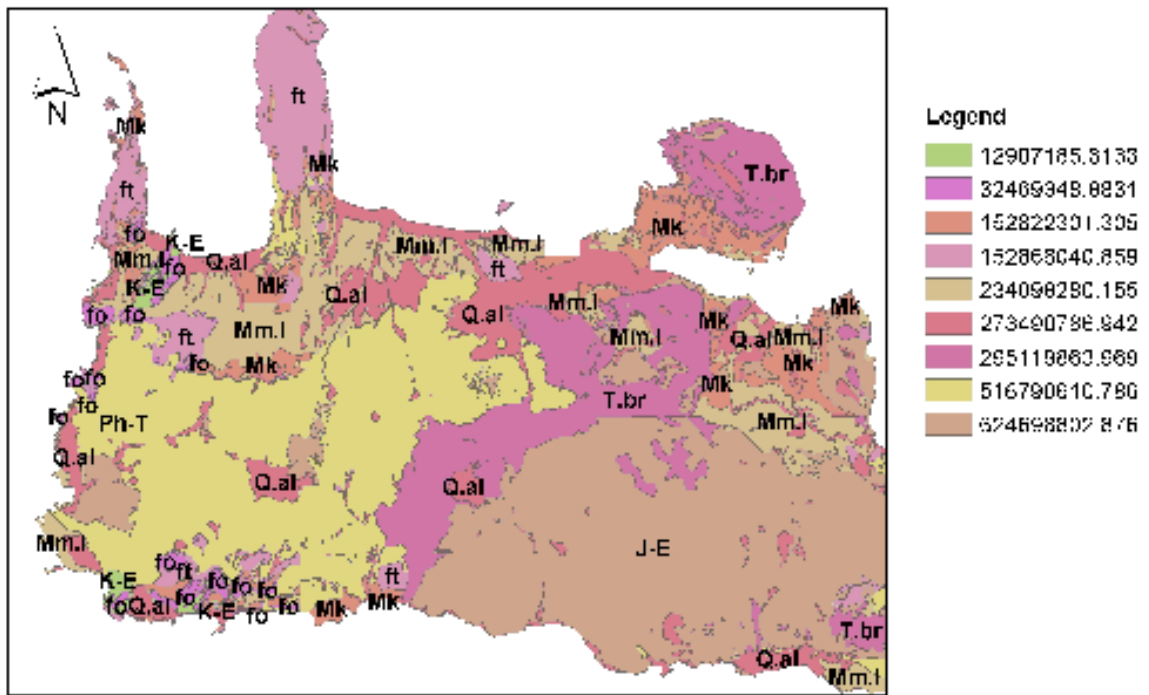
### 6.2.1 ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Οι θεματικοί χάρτες αναπαριστούν τα δεδομένα με χρωματικές αποχρώσεις, πρότυπα ή σύμβολα και κάποιος μπορεί να δημιουργήσει διαφορετικούς θεματικούς χάρτες με αυτά τα αντικείμενα βασιζόμενος στα δεδομένα του (διάφοροι συνδυασμοί των θεματικών επιπέδων πληροφορίας) και στα ερωτήματα τα οποία επιθυμεί να απαντήσει.

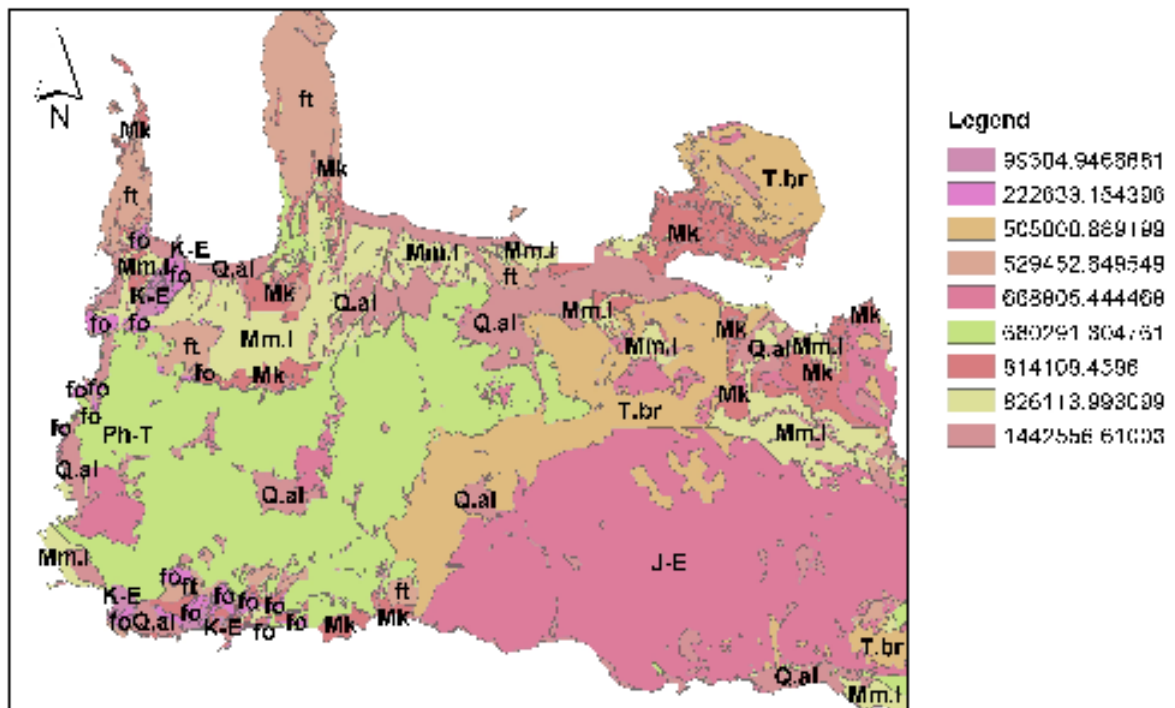
Για το πολυγωνικό επίπεδο (geology.shp) επιλέγοντας το πεδίο geology δημιουργούμε θεματικό χάρτη με βάση τα είδη των γεωλογικών σχηματισμών. Κάθε σχηματισμός αποδίδεται με διαφορετική απόχρωση, ενώ παράλληλα μπορούμε να γνωρίζουμε τον ακριβή αριθμό των πολυγώνων που αντιστοιχούν σε κάθε σχηματισμό και κατ'επέκταση το συνολικό εμβαδόν και την περίμετρο κάθε γεωλογικού σχηματισμού.



Εικόνα 6.12:Θεματικός χάρτης γεωλογικών σχηματισμών και ρηγμάτων



Εικόνα 6.13:Θεματικός χάρτης εμβαδού των γεωλογικών σχηματισμών.



Εικόνα 6.14:Θεματικός χάρτης περιμέτρου των γεωλογικών σχηματισμών.

### 6.3 ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

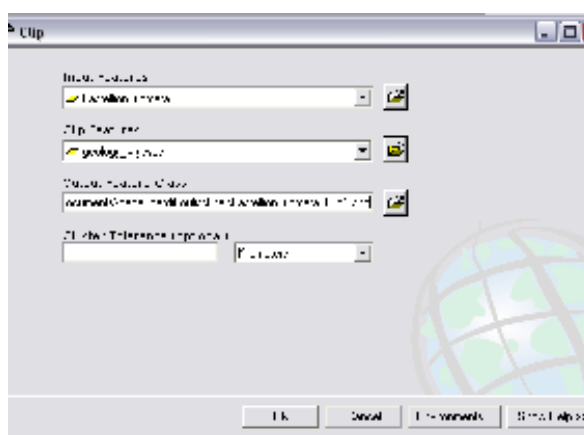
Το στάδιο της ανάλυσης αποτελεί την καρδιά κάθε Γ.Σ.Π. και επομένως με όλα όσα ασχοληθήκαμε μέχρι τώρα αποτελούν απλώς τα συστατικά υλικά για την επίτευξη του τελικού στόχου, που είναι η επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων με τη χρήση Γ.Σ.Π.

Θα προχωρήσουμε στη χωρική ανάλυση των ρηγμάτων ανά γεωλογική ενότητα. Από το μενού **Selection>select by attributes** επιλέγουμε, με βάση τις τιμές του πεδίου zones, κάθε γεωλογική ζώνη. Οι σχηματισμοί που ανήκουν στην γεωλογική ζώνη που επιλέξαμε θα χρωματιστούν.



Εικόνα 6.15:Αναζήτηση δεδομένων-select by attributes

Από το μενού του **Arctoolbox** επιλέγουμε διαδοχικά **analysis tools>extract>clip** και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.

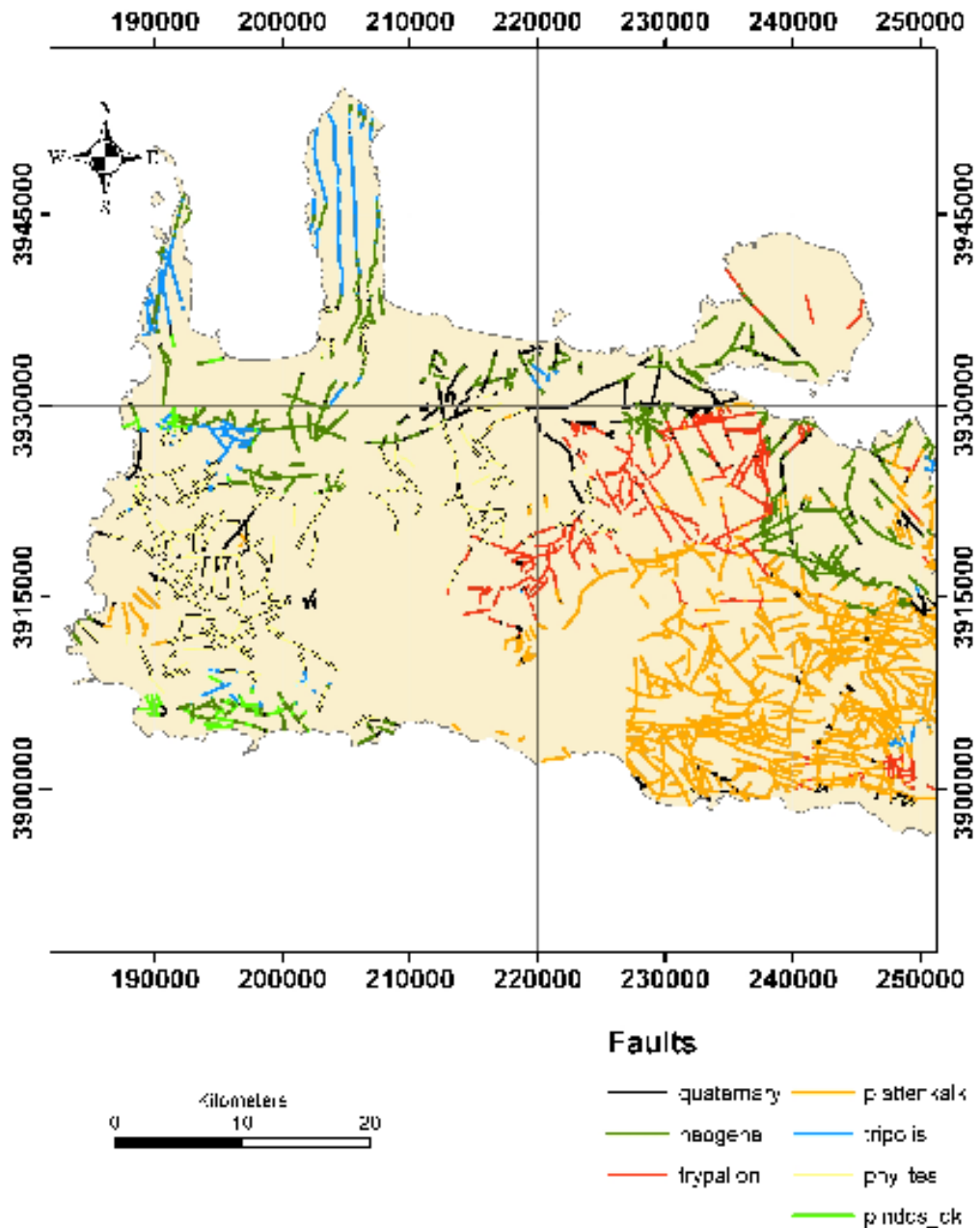


Εικόνα 6.16:Κοπή ενός layer με βάση τα όρια ενός άλλου πολυγωνικού layer.

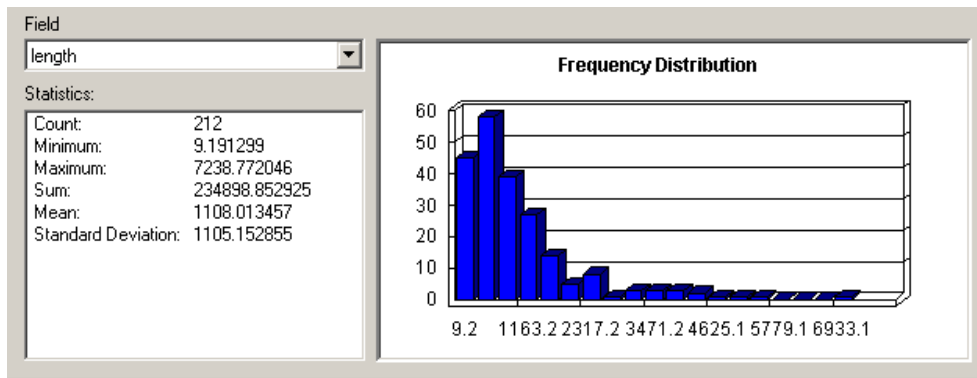
Στην επιλογή Input Features πατώντας το φάκελο στα δεξιά, μας ζητάει να ορίσουμε που βρίσκεται το αρχείο που θέλουμε να αναλύσουμε χωρικά (faults.shp), ενώ στην επιλογή Clip Features ορίζουμε το πολυγωνικό αρχείο (geology.shp) με βάση το οποίο θα γίνει η κοπή του πρώτου αρχείου. Τέλος στην επιλογή Output Features Class ορίζεται η διαδρομή του νέου σχηματικού αρχείου που δημιουργήσαμε.

Με βάση τα ρηγμάτα που αντιστοιχούν σε κάθε γεωλογική ενότητα δημιουργήσαμε οχτώ νέα σχηματικά αρχεία τα οποία διακρίνονται στον παρακάτω θεματικό χάρτη.

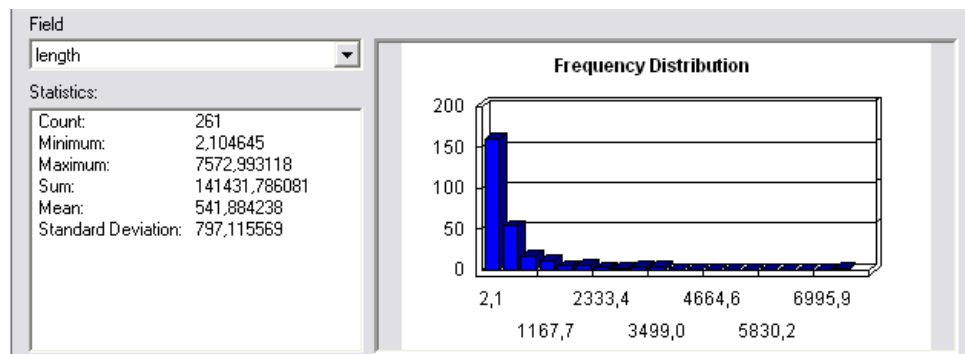
Στη συνέχεια επιλέγοντας με δεξί κλικ την επιλογή statistics, από τον αλφαριθμητικό πίνακα του κάθε νέου αρχείου, εμφανίζονται τα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τα αντικείμενα τα οποία έχουμε επιλέξει. Εμφανίζεται η κατανομή συχνότητας που μας δίνει πληροφορίες για τον αριθμό των ρηγμάτων ανά γεωλογική ενότητα, το μέγιστο και ελάχιστο μήκος, τη μέση τιμή, το συνολικό μήκος και την διακύμανση τους. Αναλυτικά για κάθε γεωλογική ενότητα έχουμε τις παρακάτω κατανομές συχνότητας:



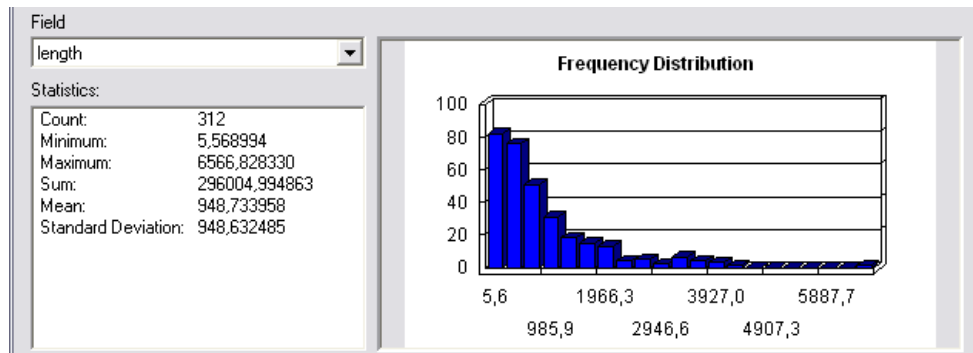
Εικόνα 6.17:Χωρική ανάλυση ρηγμάτων ανά γεωλογική ενότητα. Τα ρηγμάτα που ανήκουν στην ίδια γεωλογική ζώνη συμβολίζονται με το ίδιο χρώμα.



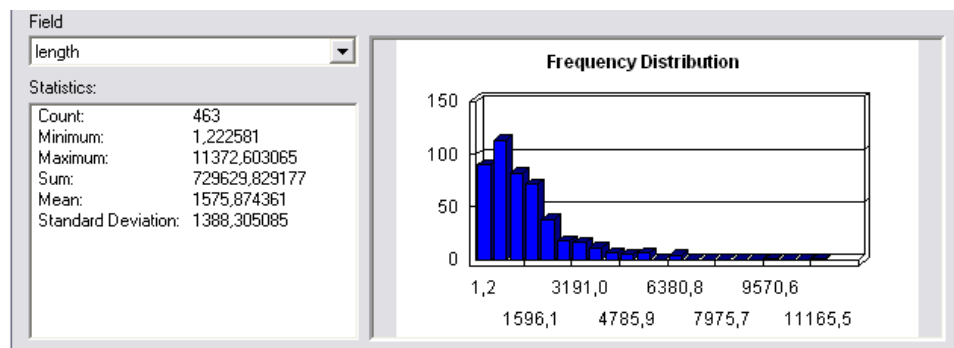
Εικόνα 6.18:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Τρυπαλιού



Εικόνα 6.19:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Τεταρτογεούς

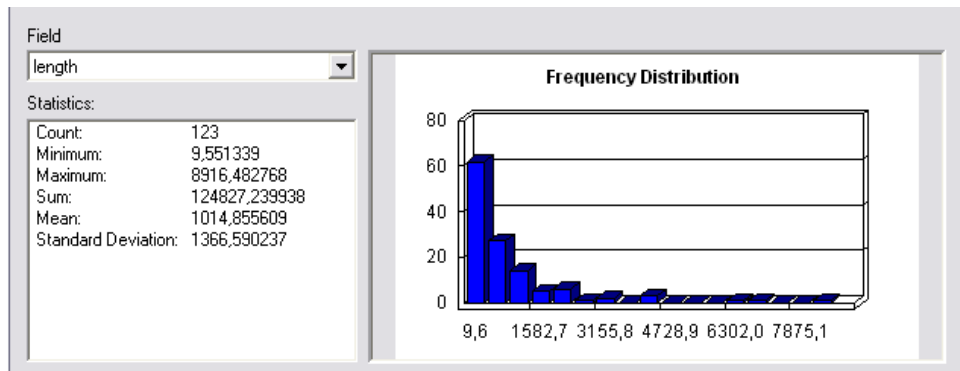


Εικόνα 6.20: Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Νεογεούς

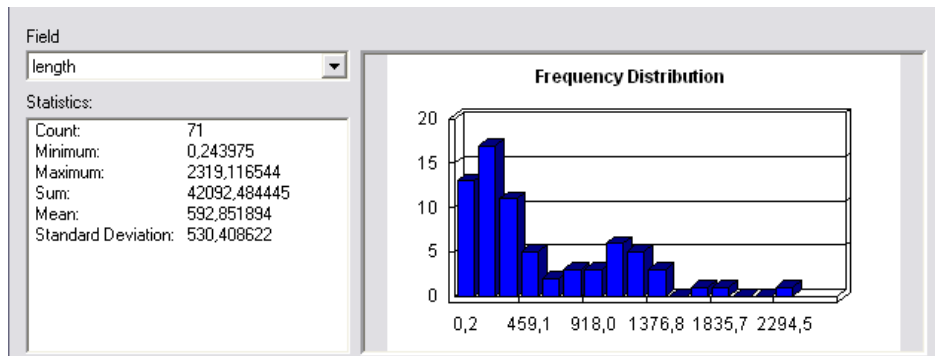


Εικόνα 6.21:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Ασβεστόλιθων

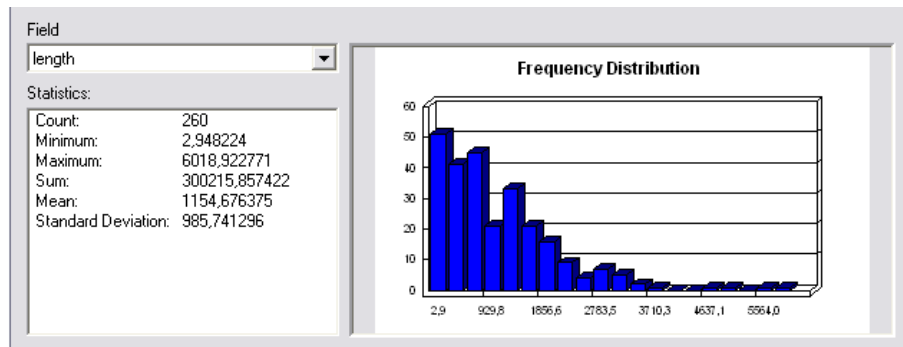




Εικόνα 6.22:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Τρίπολης



Εικόνα 6.23:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Πίνδος



Εικόνα 6.24:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Φυλλικικής –χαλαζικικής σειράς

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η εξέλιξη της τεχνολογίας είναι ραγδαία. Η πληροφορία μεταβάλλεται σε κύριο προϊόν ενώ οι καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου, από τις πιο απλές μέχρι τις πλέον σύνθετες, είναι τις περισσότερες φορές συνυφασμένες με την έννοια του χώρου. Στη σημερινή κοινωνία των πληροφοριών δημόσιες υπηρεσίες, οργανισμοί, ιδιωτικές εταιρείες, ακόμη και απλοί πολίτες συλλέγουν διαφόρων ειδών πληροφορίες για τα θέματα που τους αφορούν και αναφέρονται στις δραστηριότητες άλλων πολιτών. Σχεδόν όλες οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε κυβερνητικό ή επιστημονικό επίπεδο επηρεάζονται, περιορίζονται ή ακόμη και υπαγορεύονται από κάποιο γεωγραφικό χαρακτηριστικό. Οι αποφάσεις λαμβάνονται μετά από εκτίμηση διαφόρων δεδομένων που χαρακτηρίζονται ως πληροφορίες και είναι συνδεδεμένες με το χώρο.

Τα ΓΣΠ δέχονται δεδομένα από πολλαπλές πηγές οι οποίες μπορεί να έχουν πολλές διαφορετικές τυποποιήσεις και δομές. Στους διαφορετικούς τύπους δεδομένων συμπεριλαμβάνονται χάρτες, εικόνες, φωτογραφίες, ψηφιακά προϊόντα, σήματα/μετρήσεις GPS, κείμενα, πίνακες δεδομένων. Τα ΓΣΠ συνδυάζουν δεδομένα και συνεργάζονται με ένα μεγάλο αριθμό άλλων επιστημονικών κατευθύνσεων, όπως τη Γεωγραφία, τη Χαρτογραφία, τη Φωτογραμμετρία, την Τηλεπισκόπηση, τη Γεωδαισία, την Τοπογραφία, την Επιστήμη του Πολιτικού Μηχανικού, τη Στατιστική, την Πληροφορική, την Επιχειρησιακή έρευνα, την Τεχνητή Νοημοσύνη, την Γεωλογία κλπ. Αποστολή των ΓΣΠ είναι να εφοδιάσουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων με τις απαραίτητες πληροφορίες. Οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται, είτε για να αναγνωρίσουν και να επισημάνουν την ύπαρξη και τη θέση ενός προβλήματος, είτε για να ανιχνεύσουν και να αναλύσουν τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις ή και για να βοηθήσουν στην εκτέλεση μιας απόφασης. Αποτελούν μια τεχνολογία παραγωγής ψηφιακών προϊόντων (χάρτες, πίνακες κλπ.), που παρέχουν δυνατότητες συσχέτισης μεταξύ αναγκών και πληροφοριών για την κάλυψη οργανωτικών και διαχειριστικών λειτουργιών. Παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων που ορίζουν τις σχέσεις μεταξύ χωρικών πληροφοριών και περιγραφικών πληροφοριών. Η μετακίνηση μεταξύ των βάσεων χωρικών και περιγραφικών δεδομένων δίνει τη δυνατότητα όχι μόνον της εύρεσης κάποιου στοιχείου ή κάποιας πληροφορίας, αλλά και της χρησιμοποίησης πολλαπλών δεδομένων αποθηκευμένων σε μεγάλο αριθμό αρχείων. Τα εργαλεία αναζήτησης και η διαδικασία χωρικής ανάλυσης επιτρέπουν πολλαπλές αναζητήσεις, εύρεση στοιχείων που πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις ή διαθέτουν προκαθορισμένα από το χρήστη ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Βασικές πληροφορίες χωρικής ανάλυσης είναι η θέση ενός σημείου με τον ακριβή προσδιορισμό των συντεταγμένων του, η απόσταση μεταξύ δύο αντικειμένων, το εμβαδόν και η περίμετρος.

Οι δυνατότητες συνδυασμένης χρησιμοποίησης των χωρικών και των περιγραφικών πληροφοριών καθιστούν τα ΓΣΠ ισχυρότατα βοηθήματα για το σχεδιασμό ενεργειών και τη

λήψη αποφάσεων. Αυτό ισχύει τόσο για αποφάσεις που βασίζονται σε αντικειμενικά στοιχεία, στατιστικές αξιολογήσεις και πραγματικούς αριθμούς, όσο και για αποφάσεις που βασίζονται σε αρχές πολιτικής.

Ένα ολοκληρωμένο ΓΣΠ επιτρέπει τη σύνταξη θεματικών χαρτών, όπου με κατάλληλους συμβολισμούς δείχνονται τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των περιγραφικών πληροφοριών, την εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε ψηφιακή μορφή, σε format αναγνώσιμο από άλλα προγράμματα, την έξοδο αναλυτικών στατιστικών στοιχείων με τη μορφή αριθμών και διαγραμμάτων, τη δημιουργία νέων αρχείων με δευτερογενή στοιχεία και τη χρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων της χωρικής ανάλυσης σε εκθέσεις και αναλύσεις.

Η σωστή οργάνωση της μεθοδολογίας της εργασίας, η εκπαίδευση και η αποτελεσματική απόδοση του προσωπικού είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχή έκβαση κάθε είδους εργασίας εφαρμογής ενός ΓΣΠ.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Johnston, C. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στην Οικολογία, επιμέλεια: Ιωάννης Ν.Βογιατζάκης-Αλέξανδρος Μαλούνης εκδόσεις Ίων.

William J. Douglas, Environmental GIS Applications to Industrial Facilities, Lewis Pub.

Αστάρας Θεόδωρος, Βουβαλίδης Κωνσταντίνος, Οικονομίδης Δημήτριος: Ψηφιακές Διδακτικές Σημειώσεις στη Ψηφιακή χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.),Α.Π.Θ. Σελ. 83-95, 120-123.

Κούλη Μαρία, Αλεξάκης Δημήτρης, Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά 2005.

Δρ. Ιωάννης Κ. Καπαγερίδης Επίκουρος Καθηγητής Μεταλλευτικής Πληροφορικής, Εισαγωγή Στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ΤΕΙ Κοζάνης, Τμήμα Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος. Κοζάνη 2006. Σελ.30-35.

Κίλιας, Α., Σωτηριάδης, Λ.& Μουντράκης, Δ. (1985). Νέα στοιχεία για την τεκτονική δομή της Δυτικής Κρήτης. Η τεκτονική θέση της ανθρακικής μάζας του χοιροσπήλιου. Γεωλογικές και Γεωφυσικές μελέτες, τόμος Γ. Παπασταματίου ΙΓΜΕ.

Φασσουλάς Χ. 1995. Κινηματική και Παραμόρφωση των καλυμμάτων της κεντρικής Κρήτης. Διδ. Διατρ., Αριστοτέλειο Παν. Θεσ/νίκης, 259 σελ.

Fassoulas C. 2000. The tectonic development of a Neogene basin at the leading edge of the active European margin: The Heraklion basin, Crete, Greece. J. Geodynamics, (in press).

Ανάπτυξη ενός Έμπειρου Συστήματος για την Παρακολούθηση, Διαχείριση & Προστασία του Φυσικού Τοπίου & του Περιβάλλοντος της Κρήτης, Φορέας συντονιστής Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών-Ίδρυμα Τεχνολογίας και (ΙΜΣ-ΙΤΕ)Εργαστήριο Γεωφυσικής— Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης& Αρχαιοπεριβάλλοντος.

Μετασχηματισμοί Συντεταγμένων των Γεωγραφικών Δεδομένων στον Ελληνικό Χώρο , Συγγρός Ιωάννης, 2002, *Coords\_Gr*, έκδοση 1.60,

ΒΕΗΣ Γ., 1987, *Το χρησιμοποιούμενο πλέον σήμερα Ελληνικό Datum (ΕΓΣΑ87)*, Δελτίο ΠΑ.Σ.Δ.Α.Τ.Μ., τεύχος 80 Φεβρ.1988, 12-39.

## ΠΗΓΕΣ ΑΠ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.msjc.edu/gis/whatisgis.htm>

<http://www.hellasgi.gr/>

<http://www.sciencedirect.com>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/gis>

<http://www.geoapikonisis.gr/gis-greek.htm>

<http://www.geoapikonisis.gr/projections-greek.htm>

<http://www.marathondata.gr.>

<http://www.chania.gr>

<http://www.esri.com/>

[http://users.auth.gr/kvek/coords\\_gr.zip](http://users.auth.gr/kvek/coords_gr.zip)

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:Γεωμετρική κατασκευή των δύο προβολών που πρότεινε ο Πτολεμαίος, της απλής κωνικής και της κυκλοειδούς κωνικής.....	6
Εικόνα 1.2:Κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, ανάλογα με τον τύπο και την προέλευσή τους (Παρασχάκης κ.α., 1990).....	11
Εικόνα 1.3:Κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, ανεξάρτητα από τον τύπο και την προέλευσή τους (Παρασχάκης κ.α., 1990).....	12
Εικόνα 1.4: Μετασχηματισμός χάρτη σε μορφή διανύσματος και σε μορφή ψηφιδωτού (Παρασχάκης κ.α., 1990).....	14
Εικόνα 2.1: Στάδια και Διαδικασίες σε ένα ΓΣΠ (Κουτσόπουλος, 2002).....	16
Εικόνα 2.2:Η αρχή των αλληλεπικαλυπτόμενων Πληροφοριακών Επιπέδων στα ΓΣΠ. .	18
Εικόνα 2.3:Συστατικά ενός ΓΣΠ .....	20
Εικόνα 2.4:Είδη αρχιτεκτονικών εφαρμογών του GIS.....	24
Εικόνα 2.5: Μορφή Κανάβου (Raster).....	26
Εικόνα 2.6: Είδη επεξεργασίας σε μοντέλα κανάβου.....	27
Εικόνα 2.7: Δομή Διανύσματος (Vector).....	29
Εικόνα 2.8: Είδη επεξεργασίας σε διανυσματικά μοντέλα.....	30
Εικόνα 2.9:Δομή τριγώνου TIN .....	33
Εικόνα 2.10:Δομή πίνακα πλέγμα .....	34
Εικόνα 3.1:Ελλειψοειδές .....	38
Εικόνα 3.2:Ο χαρτογραφικός κάρναβος και οι καρτεσιανές συντεταγμένες x,y ενός σημείου στο χάρτη .....	39
Εικόνα 3.3:Χάρτης κλίμακας 1:50000m.....	45
Εικόνα 3.4:Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000m (IGME).....	47
Εικόνα 4.1:Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. (Μουντράκης, 1985) .....	49
Εικόνα 4.2:Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης (τροποποιημένος από Boneau, 1973 ). .....	50
Εικόνα 4.3:Η σημερινή κινηματική κατάσταση του Αιγαίου (τροποποιημένη από τον Gilbert et al. 1994, Noomen et al. 1996 και Reilinger et al. 1997).....	51
Εικόνα 4.4:Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της Κρήτης με τα αλλεπάλληλα τεκτονικά καλύμματα.....	51
Εικόνα 4.5:Γεωλογικές τομές στην περιοχή της κεντρικής Κρήτης (Φασσουλάς 1995).....	52
Εικόνα 4.6:Σχηματική γεωλογική τομή εγκάρσια στην Κεντρική Κρήτη.....	53
Εικόνα 4.7:Το οικοδόμημα των καλυμμάτων της Κρήτης. ....	54
Εικόνα 4.8:Στρωματογραφικές στήλες των καλυμμάτων της Κρήτης.....	55
Εικόνα 4.9: Η γεωλογική εξέλιξη της Κρήτης (Fassoulas, 1999).....	56
Εικόνα 4.10:Σχηματική απεικόνιση της Ελληνικής ζώνης υποβύθισης (χωρίς κλίμακα)....	57
Εικόνα 4.11:Η τεκτονική εξέλιξη της λεκάνης του Ηρακλείου (a. - c.) και οι πρόσφατες τεκτονικές κινήσεις του νησιού (d.)(Fassoulas, 2000).....	58
Εικόνα 4.12:Ο νομός Χανίων .....	59
Εικόνα 5.1:Επιφάνεια εργασίας Arc catalog .....	65
Εικόνα 5.2:Δημιουργία νέου αρχείου.....	65
Εικόνα 5.3:Καθορισμός προβολικού συστήματος .....	66
Εικόνα 5.4:Περιβάλλον εργασίας ARCMAP .....	67
Εικόνα 5.5:Το περιβάλλον εργασίας του ArcToolbox .....	68
Εικόνα 5.6:Μενού γεωαναφοράς.....	70
Εικόνα 5.7: Link Table .....	72
Εικόνα 5.8:Δημιουργία νέας ψηφιδωτής εικόνας με σωστές συντεταγμένες (Γεωμετρική Διόρθωση).....	72
Εικόνα 5.9:Καθορισμός τεχνικής επαναδειγματοληψίας.....	73
Εικόνα 5.10:Καθορισμός μορφής του νέου σχηματικού αρχείου(shp.) .....	75
Εικόνα 5.11:Επιλογές τρόπου εισαγωγής του προβολικού συστήματος.....	75
Εικόνα 5.12:Καθορισμός προβολικού συστήματος .....	76
Εικόνα 5.13:Προσθήκη θεματικών επιπέδων στο περιβάλλον εργασίας του ARCMAP. ...	77
Εικόνα 5.14:Δημιουργία μόνιμης σύνδεσης με δεδομένα .....	77
Εικόνα 5.15:Εισαγωγή δεδομένων .....	78
Εικόνα 5.16:Η εργαλειοθήκη και το μενού του editor .....	78

Εικόνα 5.17: Snapping Environment .....	79
Εικόνα 5.18: Snapping Tolerance(παράμετρος σύμπτωσης) .....	80
Εικόνα 5.19: Πτυσσόμενο μενού ενός σχηματικού αρχείου(layer) .....	81
Εικόνα 5.20: Πίνακας περιγραφικών χαρακτηριστικών. (Attribute Table).....	81
Εικόνα 5.21:Δημιουργία νέου πεδίου στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών .....	82
Εικόνα 5.22:Επιλογές νέου πεδίου.....	82
Εικόνα 5.23: Πτυσσόμενο μενού Arctoolbox .....	83
Εικόνα 5.24:Διαδικασία ένωσης σχηματικών αρχείων.....	84
Εικόνα 5.25: Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα:.....	85
Εικόνα 6.1: Γραφική παράσταση των πολυγώνων που ψηφιοποιήσαμε σε συνάρτηση των γεωλογικών ζωνών που ανήκουν.....	86
Εικόνα 6.2:Το εμβαδόν που καταλαμβάνει κάθε γεωλογική ζώνη(τ.μ).....	87
Εικόνα 6.3:Κατανομή Συχνότητας εμβαδού των γεωλογικών ζωνών.....	87
Εικόνα 6.4:Κατανομή συχνότητας μήκους των ρηγμάτων. ....	87
Εικόνα 6.5:Αριθμός ρηγμάτων ανάλογα με την περιγραφική τους ιδιότητα(ορατά-μη ορατά)88	
Εικόνα 6.6:Γραφική παράσταση του ελάχιστου μήκους των ρηγμάτων διαχωρισμένα σε ορατά και μη ορατά(m).....	88
Εικόνα 6.7: Γραφική παράσταση του μέγιστου μήκους των ρηγμάτων διαχωρισμένα σε ορατά και μη ορατά(Km).....	89
Εικόνα 6.8: Γραφική παράσταση της μέσης τιμής του μήκους των ρηγμάτων διαχωρισμένα σε ορατά και μη ορατά(Km).....	89
Εικόνα 6,9:Μενού ενός layer .....	90
Εικόνα 6.10:Η καρτέλα Symbology από το μενού ιδιοτήτων ενός layer. ....	91
Εικόνα 6.11:Ανάλυση του layer ανάλογα με τα είδη των γεωλογικών σχηματισμών. ....	91
Εικόνα 6.12:Θεματικός χάρτης γεωλογικών σχηματισμών και ρηγμάτων .....	92
Εικόνα 6.13:Θεματικός χάρτης εμβαδού των γεωλογικών σχηματισμών. ....	93
Εικόνα 6.14:Θεματικός χάρτης περιμέτρου των γεωλογικών σχηματισμών.....	93
Εικόνα 6.15:Αναζήτηση δεδομένων-select by attributes.....	94
Εικόνα 6.16:Κοπή ενός layer με βάση τα όρια ενός άλλου πολυγωνικού layer.....	94
Εικόνα 6.17:Χωρική ανάλυση ρηγμάτων ανά γεωλογική ενότητα.Τα ρήγματα που ανήκουν στην ίδια γεωλογική ζώνη συμβολίζονται με το ίδιο χρώμα. ....	95
Εικόνα 6.18:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Τρυπαλίου.....	96
Εικόνα 6.19:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Τεταρτογενούς.....	96
Εικόνα 6.20: Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Νεογενούς .....	96
Εικόνα 6.21:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Ασβεστολίθων .....	96
Εικόνα 6.22:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Τρίπολης .....	97
Εικόνα 6.23:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Πίνδος .....	97
Εικόνα 6.24:Κατανομή συχνότητας ρηγμάτων στη ζώνη Φυλλιτικής –χαλαζιτικής σειράς97	