

Σημειώσεις  
Αναπλ. Καθηγητή  
Εμμ. Βασιλάκη

Εισαγωγή στα Συστήματα  
Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)

### 1.1.1 Εισαγωγή

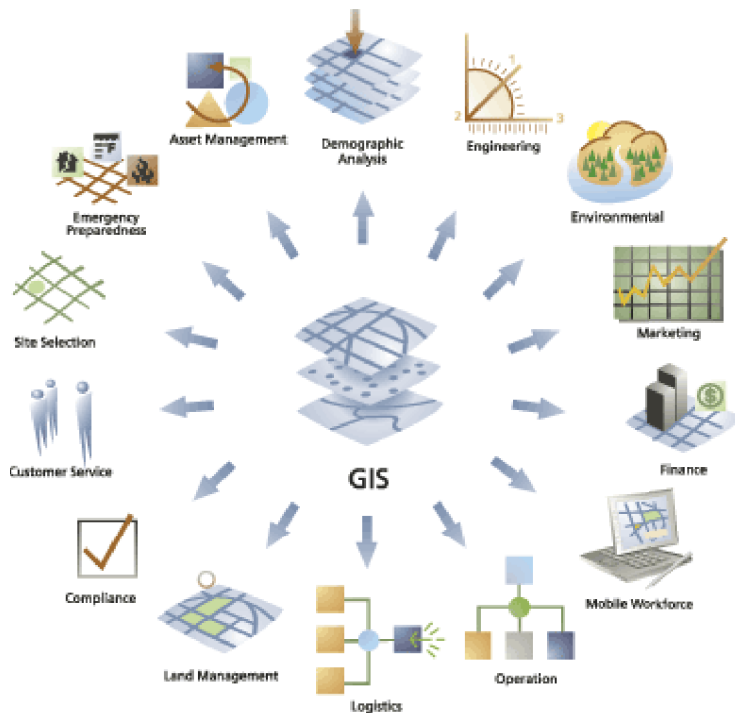
Η χρήση του όρου Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (*Geographic Information System*) αρχίζει από τα τέλη της δεκαετίας του '60, αλλά αφορά δύο διαφορετικές φιλοσοφίες. Στον Καναδά, αναφέρεται στη χρήση ενός υπολογιστικού συστήματος μεγάλων, για την εποχή, δυνατοτήτων, συνοδευόμενο από ένα σύνολο περιφερειακών συσκευών, τα οποία χρησίμευαν στη διαχείριση χαρτογραφημένων πληροφοριών που είχαν συλλεχθεί (Goodchild, 1993). Την ίδια εποχή, στις ΗΠΑ, ερευνητές αντιμετώπιζαν προβλήματα σχετικά με τη διαχείριση πολλών και διαφορετικών τύπων δεδομένων, που τους ήταν απαραίτητα και οραματίστηκαν ένα ΣΓΠ ως ένα σύστημα που θα ήταν ικανό να εξάγει τα απαραίτητα δεδομένα από πολλές πηγές, μετατρέποντάς τα σε δομή έτοιμη προς ανάλυση και απεικόνιση σε μορφή χάρτη (Corrock & Rhind, 1991).

Σχεδόν 40 χρόνια μετά, αυτές οι δύο διαφορετικές απόψεις παραμένουν, όσον αφορά τον καθορισμό ενός ΣΓΠ. Ένα ΣΓΠ χρησιμοποιείται ως τεχνολογία γενικής γνώσης, για τη διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Πλέον, ο τυπικός χρήστης ενός λογισμικού ΣΓΠ, αναμένει να μπορεί να καθορίζει τις απαιτήσεις του από το σύστημα και να αλληλεπιδρά με αυτό, μέσω ενός φιλικού περιβάλλοντος με εικονίδια και γραφικές αναπαραστάσεις.

Αρχικά, θα πρέπει να γίνει μια σαφής διάκριση μεταξύ των ΣΓΠ και της ψηφιακής χαρτογραφίας. Ένα ΣΓΠ περιλαμβάνει στοιχεία με πολλαπλά χαρακτηριστικά, συχνά αποθηκεύονται δυναμικές σχέσεις μεταξύ διαφόρων επιπέδων πληροφορίας, μέσω μιας βάσης χωρικών δεδομένων, ενώ γενικότερα συμπεριλαμβάνουν και όλες τις δυνατότητες της ψηφιακής χαρτογραφίας, ως προς το τελικό αποτέλεσμα. Η τελευταία σχετίζεται με τα στοιχεία που συμμετέχουν στην κατασκευή ενός χάρτη και τα οποία αφορούν το συμβολισμό, το χρώμα, το υπόμνημα. Επίσης, αφορούν στην τελική μορφή ενός χάρτη όπως αυτή προκύπτει λαμβάνοντας υπ' όψιν την κλίμακα, τη γεωγραφική προβολή κλπ. Ο όρος ψηφιακή χαρτογραφία περιλαμβάνει τις διαδικασίες προετοιμασίας για την κατασκευή των ψηφιακών χαρτών (Berry, 1993). Όλες αυτές οι διαδικασίες συγκεντρώνονται στην εισαγωγή και οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι ακριβές και ευανάγνωστο το τελικό προϊόν. Η διαχείριση της βάσης των χωρικών δεδομένων περιλαμβάνει διαδικασίες, που έχουν σκοπό την αποτελεσματική οργάνωση μεγάλου αριθμού δεδομένων και την διατήρηση της μεταξύ τους σχέσης. Εκτός αυτού, είναι πολύ σημαντική η ταχύτητα και η ικανότητα επεξεργασίας τεραστίου όγκου δεδομένων σε σύγκριση με τις κλασσικές μεθόδους. Αυτές οι λειτουργίες αποτελούν τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός ΣΓΠ σε διάφορες εφαρμογές.

Η τεχνολογία των ΣΓΠ, όταν χρησιμοποιείται για την κατασκευή οποιουδήποτε τύπου ψηφιακού χάρτη, αποτελεί μια διαδικασία διαφορετική και παράλληλα, μια διαδικασία παρόμοια με αυτήν της κατασκευής κλασσικών χαρτών. Από αυτήν την άποψη, τα ΣΓΠ αποτελούν ένα σύνολο εργαλείων, που σκοπό έχουν να βοηθήσουν στη σωστή και αντικειμενική μεταφορά των δεδομένων, που έχουν συλλεχθεί, σε ένα ψηφιακό υπόβαθρο. Όμως, η σημαντικότερη λειτουργία που αφορά στα ΣΓΠ σχετίζεται με τη βάση δεδομένων που δημιουργείται και λειτουργεί πίσω από κάθε ψηφιακό χάρτη. Η σωστή κατασκευή και ενημέρωση της βάσης δεδομένων, αποτελεί τη θεμελιώδη αρχή ενός ψηφιακού χάρτη, ο οποίος είναι σχεδιασμένος σε

ένα ΣΓΠ. Η υπερβολική αύξηση του όγκου των γεωγραφικών δεδομένων, τα οποία αποτελούν την ουσία ενός ΣΓΠ, οδηγεί στην ανάγκη για πολύπλοκη διαχείριση τεραστίων βάσεων χωρικών δεδομένων με σύνθετες πληροφορίες (Rigaux et al., 2002).



Εικόνα 1: Τα μέρη ενός Σ.Γ.Π. (G.I.S.)

Ο κύριος σκοπός ενός ΣΓΠ είναι η διαχείριση του συνόλου της χωρικής πληροφορίας. Η δομή των δεδομένων μπορεί να παρομοιαστεί με ένα σύνολο «διαφανών» χαρτών με κοινή γεωαναφορά, επιτρέποντας στον χρήστη να τους κοιτά ταυτόχρονα (Berry, 1993). Όλα τα λογισμικά ΣΓΠ διαθέτουν λειτουργίες για την εισαγωγή, αποθήκευση, επεξεργασία και προβολή δεδομένων, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ψηφιακών χαρτών. Τα χωρικά δεδομένα μπορεί να συγχωνευθούν ή να επεξεργαστούν με σκοπό τη δημιουργία νέων, μέσω μαθηματικών αλγορίθμων.

Το κυρίαρχο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας των ΣΓΠ, είναι ότι η χωρική πληροφορία αντιπροσωπεύεται από αριθμούς και όχι από απλές γραμμές και σημεία, όπως σε έναν αναλογικό χάρτη. Λόγω της αναλογικής φύσης αυτών των κλασικών χαρτών, η περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία τους είναι περισσότερο ποιοτική και όχι ποσοτική, ενώ σε προσπάθεια ποσοτικοποίησης, τα αποτελέσματα δεν είναι ακριβή. Αντίθετα, η ψηφιακή ιδιότητα ενός χάρτη, ο οποίος είναι κατασκευασμένος σε ένα ΣΓΠ, έχει τη δυνατότητα για ακριβή, ποιοτική αλλά και ποσοτική, πλέον, ανάλυση. Στον 21<sup>ο</sup> αιώνα, η εξέλιξη της Τεχνολογίας εξακολουθεί να προσφέρει συνεχώς τα μέσα εκείνα, με τα οποία η «Ψηφιακή», πλέον, Χαρτογραφία είναι βέβαιο, ότι θα εξακολουθησει να αναπτύσσεται εντυπωσιακά και να αποκτά

όλο και μεγαλύτερη σημασία για την εξέταση και καταγραφή φαινομένων στο χώρο (Κατσίκης, 1990).

Η εισαγωγή του αυτοματισμού στη Χαρτογραφία 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. Επίσης, αφ' ενός μεν συνετέλεσε στην απελευθέρωση του ανθρώπινου δυναμικού από επίπονες και χρονοβόρες διαδικασίες, αφ' ετέρου 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 απόδοσης τους σε γραφικό αρχείο. Η Ψηφιακή Χαρτογραφία δημιούργησε πλέον καινούργια χαρτογραφικά προϊόντα, όπως είναι οι οπτικοηλεκτρονικοί (video maps) και οι ψηφιακοί χάρτες (digital maps). Οι τελευταίοι παρέχουν ταυτόχρονα τη δυνατότητα άμεσης επέμβασης, μέσω της οθόνης γραφικών στην οποία απεικονίζονται. Επιπλέον ο αυτοματισμός επεξέτεινε τα όρια της «κλασσικής» Χαρτογραφίας.



Εικόνα 2: Χρήστης Σ.Γ.Π.

Η παρέμβαση του αυτοματισμού στη χαρτογραφική διαδικασία από πλευράς Χαρτογραφίας, εξαρτάται βασικά από το είδος του χάρτη, δηλαδή αν αυτός είναι πρωτογενής ή παράγωγος. 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. 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 & όλες τις φάσεις της χαρτογραφικής διαδικασίας.

### 1.1.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Σ.Γ.Π.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΓΠ

- Διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.
- Ελάχιστος δυνατός χρόνος διαχείρισης δεδομένων και παραγωγής χαρτών.
- Δυνατότητα γρήγορης και εύκολης επικαιροποίησης δεδομένων.
- Μεγάλη ακρίβεια.
- Διαχείριση δεδομένων για πολύ μεγάλες επιφάνειες.
- Παραγωγή τρισδιάστατων χαρτών.
- Σχετικά μικρό κόστος.
- Γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος.

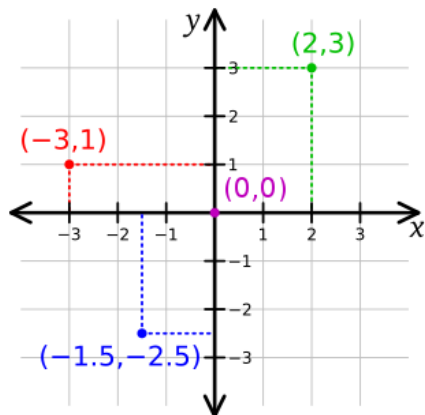
#### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΓΠ

- Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος καθώς και της τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης αυτού, είναι αρκετά υψηλό.
- Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος προϋποθέτει την άρτια εκπαίδευση του κατάλληλου προσωπικού.
- Υπάρχουν προβλήματα κατά τη μετατροπή και καταχώρηση ορισμένων προϋπαρχόντων δεδομένων σε συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

### 1.1.3. Προβολικά Συστήματα

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία ενός ΣΓΠ είναι η χρησιμοποίηση ενός κοινού συστήματος συντεταγμένων για όλα τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί σε αυτό. Ένα σύστημα συντεταγμένων είναι μια απεικόνιση (συνάρτηση), στα πλαίσια της οποίας σε κάθε σημείο του χώρου αντιστοιχεί ένα μοναδικό ζεύγος πραγματικών αριθμών. Μια ουσιαστική ιδιότητα του συστήματος συντεταγμένων είναι ο αμφιμονοσήμαντος χαρακτήρας της σχετικής απεικόνισης, δηλαδή σε διαφορετικά σημεία πρέπει να αντιστοιχούν διαφορετικές συντεταγμένες αλλά και σε διαφορετικές συντεταγμένες πρέπει να αντιστοιχούν διαφορετικά σημεία (Δερμάνης, 2005).

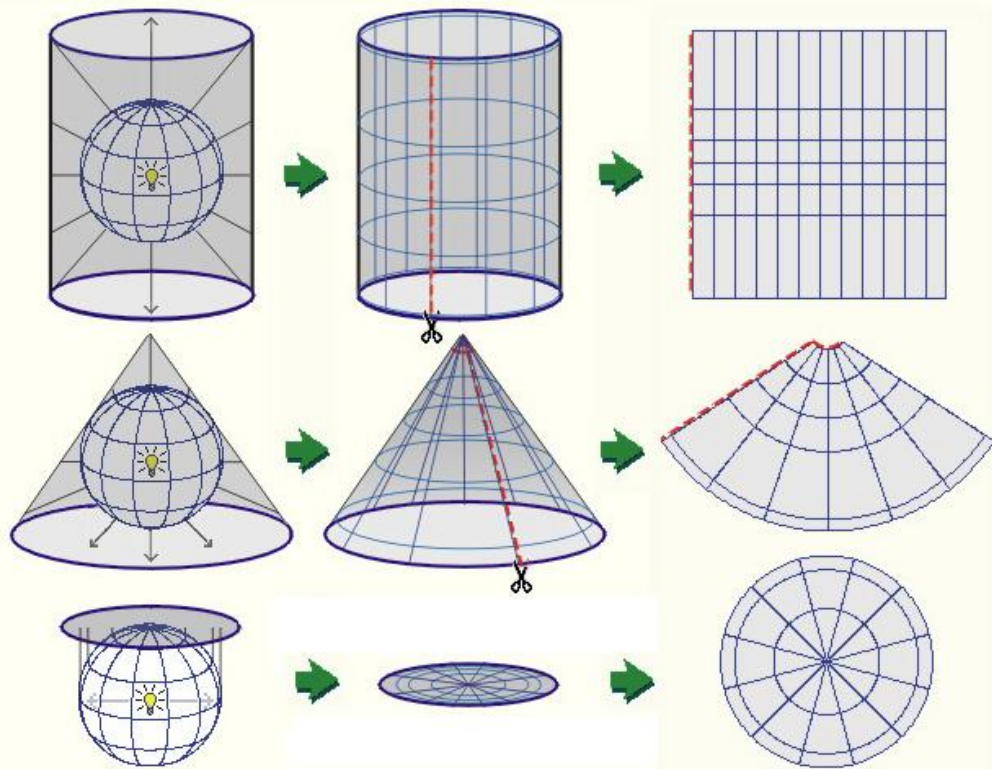
Απαραίτητη προϋπόθεση για την περιγραφή της θέσης ενός σημείου με συντεταγμένες είναι ο ορισμός ενός συστήματος αναφοράς (ΣΑ). Ένα ΣΑ ορίζεται από ένα σημείο που είναι η αρχή του συστήματος, από έναν ή περισσότερους άξονες, οι οποίοι διέρχονται από το σημείο της αρχής και από την αντίστοιχη μονάδα μέτρησης κατά μήκος κάθε άξονα.



**Εικόνα 3: Καρτεσιανό σύστημα συστεταγμένων**

Τα ΣΑ διακρίνονται σε μονοδιάστατα, δισδιάστατα, τρισδιάστατα ή πολυδιάστατα, ανάλογα με τις διαστάσεις του χώρου τον οποίο αντιπροσωπεύουν. Έτσι, τα σημεία του μονοδιάστατου, δισδιάστατου, τρισδιάστατου και γενικά του  $n$ -διάστατου χώρου, αντιπροσωπεύονται από 1, 2, 3 και  $n$  παραμέτρους (συντεταγμένες) αντίστοιχα. Επίσης, τα ΣΑ διακρίνονται σε ορθογώνια ή καρτεσιανά (όπου οι άξονες του ΣΑ τέμνονται σε ορθή γωνία), πλαγιογώνια και πολικά. Τέλος, υπάρχουν ΣΑ, τα οποία προσαρμόζονται σε συγκεκριμένες επιφάνειες, όπως το επίπεδο, η σφαίρα, το ελλειψοειδές, ο κύλινδρος, ο κώνος, κτλ. (Χατζόπουλος, 2006). Από τα παραπάνω ΣΑ προκύπτει ο αντίστοιχος χαρακτηρισμός των συντεταγμένων (π.χ. ορθογώνιες ή καρτεσιανές, πολικές, σφαιρικές, ελλειψοειδείς, κυλινδρικές κ.τ.λ.).

Η γήινη σφαίρα ή καλύτερα το γήινο ελλειψοειδές δεν είναι αναπτυκτές επιφάνειες. Μη αναπτυκτή επιφάνεια είναι η επιφάνεια εκείνη, η οποία δεν μπορεί να γίνει επίπεδη (για την αναπαράστασή της σε ένα χάρτη), δίχως να παραμορφωθεί. Από τη γνωστή στα μαθηματικά διαδικασία απεικόνισης σημείων μιας μη αναπτυκτής επιφάνειας, όπως το ελλειψοειδές, στο επίπεδο ή σε αναπτυκτές σε αυτό επιφάνειες (π.χ. κύλινδρος, κώνος) προκύπτει και η δυνατότητα απεικόνισης ενός γήινου σημείου όπως ορίζεται από τις συντεταγμένες του (μήκος  $\lambda$ , πλάτος  $\phi$ ) στο ελλειψοειδές, σε επίπεδο με καρτεσιανές συντεταγμένες  $(x,y)$ . Η σχέση των  $\lambda$ ,  $\phi$ , με τα  $x$ ,  $y$ , γίνεται μέσω μιας χαρτογραφικής προβολής (Λιβιεράτος, 1992).



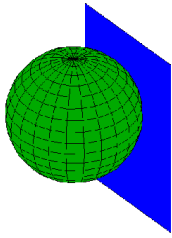
Εικόνα 4: Είδη Χαρτογραφικών Προβολών

Με τον όρο χαρτογραφική προβολή (map projection) ή προβολικό σύστημα εννοούμε τη μεταφορά σημείων από τη σφαιρική επιφάνεια στο επίπεδο του χάρτη. Κάθε σημείο της σφαίρας περιγράφεται από ένα ζευγάρι  $\phi, \lambda$  (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος), ενώ το ίδιο σημείο πάνω στο χάρτη περιγράφεται από κάποιο ζευγάρι συντεταγμένων  $x, y$  ενός καρτεσιανού συστήματος αναφοράς. Προβολικό σύστημα ή απλά προβολή στη Γεωδαισία, ονομάζεται το σύστημα που επιτρέπει τη χαρτογραφική απεικόνιση σημείων του ελλειψοειδούς ή της σφαίρας στο επίπεδο, έτσι ώστε να υπάρχει αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία. Η χαρτογραφική προβολή επομένως, είναι η διαδικασία μετασχηματισμού των  $\phi, \lambda$  σε  $x, y$  και περιγράφεται από μαθηματικές σχέσεις (Παπαδοπούλου, 2000).

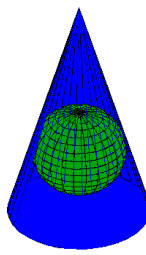
Το πρόβλημα της απεικόνισης επιδέχεται απειρία λύσεων και η επιλογή του κατάλληλου προβολικού συστήματος, εξαρτάται από το σκοπό που θα εξυπηρετήσει, τη περιοχή στην οποία αναφέρεται και την έκταση που θα καλύψει.

Τα προβολικά Συστήματα (Projections), ταξινομούνται σε κατηγορίες με βάση τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους :

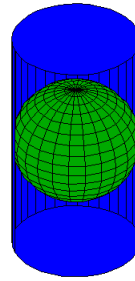
- Η απεικόνιση (προβολή) γίνεται απευθείας σε επίπεδο ή σε αναπτυσσόμενη επιφάνεια



Planar Projection Surface



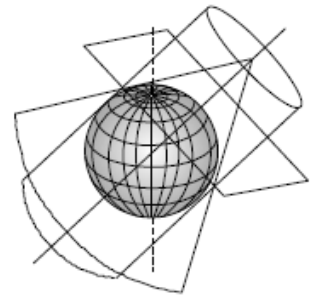
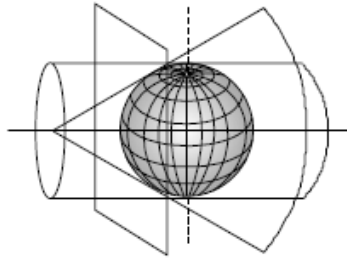
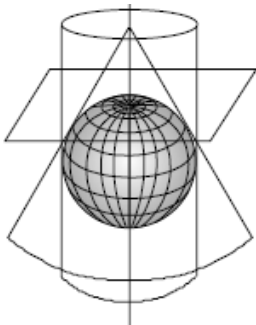
Conical Projection Surface



Cylindrical Projection Surface

### Εικόνα 5: Προβολές (Αζιμουθιακές ή Επίπεδες – Κωνικές – Κυλινδρικές)

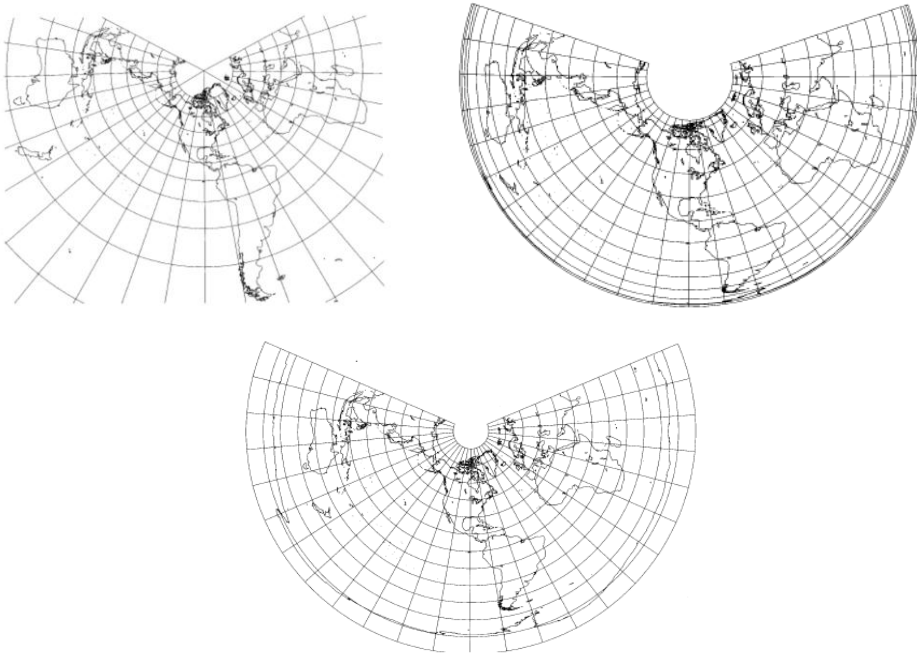
- Η θέση του άξονα προβολής σε σχέση με τον πολικό άξονα του ελλειψοειδούς (παράλληλος, κάθετος, πλάγιος)



### Εικόνα 6: Θέση του άξονα προβολής στα προβολικά συστήματα

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που παραμένουν αναλλοίωτα μετά την προβολή (γραμμικά μεγέθη, αζιμούθια, εμβαδά).
  - **σύμμορφες** (γωνίες αναλλοίωτες)
  - **ισοδύναμες** (αναλλοίωτα εμβαδά)
  - **ισαπέχουσες** (αναλλοίωτες οι αποστάσεις) και
  - **αφυλακτικές** προβολές (δεν διατηρείται αναλλοίωτο κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό)





Εικόνα 7: Σύμμορφη κωνική προβολή Lambert, Ισοδύναμη κωνική προβολή Albers, Απλή κωνική προβολή.

### Παράμετροι των προβολικών συστημάτων

Το όνομα μιας προβολής δεν αρκεί ώστε να καθορισθεί ένα προβολικό σύστημα, αλλά υπάρχει ένα σύνολο παραμέτρων, οι τιμές των οποίων πρέπει να είναι γνωστές. Έτσι, έχουμε (για τις προβολές που κυρίως μας ενδιαφέρουν) τις εξής γραμμικές και γωνιακές παραμέτρους (ESRI, 2004):

- Κεντρικός μεσημβρινός (Central meridian,  $\lambda_0$ ): Καθορίζει την αρχή των  $x$  συντεταγμένων.
- Κεντρικός παράλληλος (Central parallel,  $\phi_0$ ): Καθορίζει την αρχή των  $y$  συντεταγμένων.
- Γεωγραφικό πλάτος αρχής των συντεταγμένων (Latitude of origin): Καθορίζει την αρχή των  $y$  συντεταγμένων. Είναι δυνατόν, η παράμετρος αυτή να μη βρίσκεται στο κέντρο της προβολής.
- False Easting ( $E_0$ ): Για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τετμημένες (σημεία δυτικά του κεντρικού μεσημβρινού) συνηθίζεται να προστίθεται συμβατικά μια σταθερή ποσότητα, η οποία υπερβαίνει τη μέγιστη αρνητική τετμημένη. Η ποσότητα αυτή λαμβάνεται συνήθως ίση με 500.000 m για ζώνες εύρους  $6^\circ$ , όπως συμβαίνει με τις προβολές UTM και TM 87 και 200.000 m για ζώνες εύρους  $3^\circ$ ,

όπως ισχύει για την απεικόνιση TM 3°. Με αυτόν τον τρόπο ο άξονας των τεταγμένων μετατοπίζεται δυτικά του κεντρικού μεσημβρινού κατά  $E_0$  προσδιορίζοντας έτσι το σημείο (0,0) σε νέα θέση (Φωτίου, 2007).

- False Northing ( $N_0$ ): Με αναφορά την προβολή UTM και μόνο για το Νότιο ημισφαίριο χρησιμοποιείται η ποσότητα  $N_0 = 10.000.000$  m, η οποία προστίθεται στις τεταγμένες και τις μετατρέπει σε θετικές τιμές (κατά αντιστοιχία με την ποσότητα  $E_0$ ). Για το Βόρειο ημισφαίριο είναι  $N_0=0$  (Φωτίου, 2007).
- Επιπλέον, υπάρχει και ο συντελεστής κλίμακας σημείου (point scale factor) ή αλλιώς μέτρο γραμμικής παραμόρφωσης (m) του στοιχειώδους μήκους (s) στο προβολικό σύστημα, προς το αντίστοιχο στοιχειώδες μήκος (S) στο ελλειψοειδές εκ περιστροφής (Φωτίου, 2007). Πρόκειται για έναν καθαρό αριθμό (χωρίς μονάδες), με τιμή συνήθως λίγο μικρότερη της μονάδας. Ο συντελεστής κλίμακας μειώνει τη συνολική παραμόρφωση της προβολής στην περιοχή ενδιαφέροντος, η οποία προκύπτει επειδή η γήινη σφαίρα δεν είναι αναπτυσσόμενη επιφάνεια (ESRI, 2004).

#### 1.1.4. Προβολικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στον Ελληνικό χώρο

Το πρώτο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (datum) που ιδρύθηκε στην Ελλάδα είναι το λεγόμενο παλαιό Ελληνικό datum ή Bessel. Αποτελέσει το επίσημο datum μέχρι περίπου τη δεκαετία του 1990, σε συνδυασμό με τα προβολικά συστήματα Hatt και TM3° και κατά συνέπεια ο μεγάλος όγκος των γεωδαιτικών, τοπογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών στην Ελλάδα αναφέρεται σε αυτό (Φωτίου, 2007). Ο μηδενικός (κεντρικός) μεσημβρινός του παλαιού Ελληνικού γεωδαιτικού datum διέρχεται από τριγωνομετρικό σημείο στο Αστεροσκοπείο Αθηνών, ( $\lambda=23^\circ 42' 58''$ .815, ως προς Greenwich). Το παλαιό Ελληνικό datum παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα συμβατότητας για όλη τη χώρα, με μια ακρίβεια - αβεβαιότητα της τάξης των μερικών μέτρων, η οποία μάλιστα δεν είναι ίδια σε όλη την έκταση της χώρας. Γι' αυτό, στην πραγματικότητα δεν υπάρχει ένα ενιαίο παλαιό Ελληνικό datum (Φωτίου & Πικριδίας, 2006). Επίσης, οι αναθεωρήσεις, σε συνδυασμό με τις όχι πάντοτε καλές συνθήκες (πόλεμοι, καταστροφές, μετακινήσεις κ.α.) κατέστησαν το παλαιό Ελληνικό datum «προβληματικό», όπως άλλωστε συνέβη και στα περισσότερα παλαιά datum σε διάφορες χώρες (Φωτίου, 2007). Για τους παραπάνω λόγους το παλαιό Ελληνικό datum τείνει να καταργηθεί και να αντικατασταθεί από το νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ87).

Το νέο ΓΣΑ της Ελλάδας ονομάζεται ΕΓΣΑ87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987) και όπως φανερώνει η ονομασία του, προτάθηκε το 1987. Αποτελεί το ισχύον ΓΣΑ στην Ελλάδα, το οποίο προέκυψε από συνδυασμό κλασικών και δορυφορικών μετρήσεων. Αφετηρία του είναι ένα τριγωνομετρικό σημείο στο Διόνυσο Αττικής (εγκαταστάσεις ΕΜΠ), ενώ χρησιμοποιεί το γεω-κεντρικό ελλειψοειδές GRS 80 και την εγκάρσια Μερκατορική προβολή μιας ζώνης, με κεντρικό μεσημβρινό ( $\lambda=24^\circ$  ως προς Greenwich) αυτόν που διέρχεται από το Διόνυσο Αττικής, άξονα τετμημένων τον ισημερινό, προσθετική σταθερά (False Easting)  $E_0=500.000$  m και συντελεστή κλίμακας στον κεντρικό μεσημβρινό 0.9996 (Λιβιεράτος 1992, Δερμάνης κ.α. 1994, Φωτίου & Πικριδίας 2006).

Το Ευρωπαϊκό Datum (European Datum 50/ED 50) θεωρεί ως αφετηρία το τριγωνομετρικό σημείο «Πύργος του Helmert» στο Potsdam της Γερμανίας, ελλειψοειδές αυτό του Hayford και προβολικό σύστημα την παγκόσμια εγκάρσια Μερκατορική προβολή (Universal Transverse Mercator/UTM), όπως υλοποιείται από ζώνες των 6°, για τη χαρτογραφία 1:50.000, με κεντρικό μεσημβρινό εκείνο του Greenwich (Λιβιεράτος, 1992). Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε στην Ελλάδα κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς.

Το Παγκόσμιο ΓΣΑ WGS 84 (World Geodetic System 1984) του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ είναι ένα από τα προϊόντα της NIMA (National Imagery and Mapping Agency) (Φωτίου & Πικριδάς, 2006). Έχει σχεδιαστεί για χρήση από το δορυφορικό σύστημα GPS και χρησιμοποιεί το ομώνυμο ελλειψοειδές (WGS 84) για να περιγράψει το σχήμα και το μέγεθος της Γης. Το Παγκόσμιο ΓΣΑ έχει δύο ειδών συστήματα συντεταγμένων: (i) τις γεωγραφικές συντεταγμένες  $\phi$  και  $\lambda$ , (ii) ένα καρτεσιανό τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς, με αρχή το κέντρο του ελλειψοειδούς και άξονες X, Y να βρίσκονται επί του ισημερινού επιπέδου, θετικό άξονα Z προς την κατεύθυνση του Βόρειου Πόλου και θετικό άξονα X να εκτείνεται προς την κατεύθυνση του μεσημβρινού του Greenwich. Το σύστημα των γεωδαιτικών συντεταγμένων μπορεί να θεωρηθεί επίσης τρισδιάστατο, αν ληφθεί ως τρίτη παράμετρος (συντεταγμένη) το γεωδαιτικό υψόμετρο του σημείου (h), το οποίο αντιπροσωπεύει την απόσταση του σημείου από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς (Χατζόπουλος, 2006).

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται ή έχουν χρησιμοποιηθεί έως σήμερα οι εξής τέσσερις γεωδαιτικές - χαρτογραφικές προβολές (απεικονίσεις) (Φωτίου & Λιβιεράτος, 2000):

1. Η πλάγια ισαπέχουσα αζιμουθιακή απεικόνιση Hatt
2. Η Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση (Universal Transverse Mercator/UTM)
3. Η Εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση των 3° (Transverse Mercator 3°/TM3°)
4. Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87).

## Προβολικό σύστημα HATT

Η απεικόνιση Hatt ανήκει στις ισαπέχουσες (διατήρηση των μηκών για τις γραμμές που διέρχονται από το κέντρο της) αζιμουθιακές (διατήρηση των αζιμουθίων για τις γραμμές που διέρχονται από το κέντρο της) προβολές. Χρησιμοποιεί ένα επίπεδο αναφοράς, το οποίο εφάπτεται στο ελλειψοειδές σε ένα σημείο, το οποίο είναι και το κέντρο (η αρχή) του συστήματος των προβολικών συντεταγμένων. Γενικά, η εν λόγω προβολή είναι βολική για αποστάσεις από το κέντρο της, της τάξης των μερικών δεκάδων χιλιομέτρων, ενδεικτικά μικρότερες των 40 km για τα ελληνικά γεωδαιτικά πλάτη. Η προβολή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι οι παραμορφώσεις των γωνιών, των αζιμουθίων καθώς και των εμβαδών διατηρούνται μικρές (αμελητέες) μέσα στο ίδιο Φ.Χ. και αυξάνονται ανάλογα με την απόσταση από το Κ.Φ.Χ., ενώ οι αποστάσεις που αναφέρονται στο κέντρο και προς οποιοδήποτε σημείο του ίδιου Φ.Χ. δεν παραμορφώνονται (για αυτό και η προβολή ονομάζεται ισαπέχουσα).

Ένα σοβαρό μειονέκτημα της απεικόνισης Hatt είναι η χρήση πολλών κέντρων προβολής ή ισοδύναμα πολλών προβολικών συστημάτων, όταν πρόκειται να απεικονίσουμε μια μεγαλύτερη έκταση, όπως π.χ. η έκταση της Ελλάδας. Η χρήση πολλών κέντρων περιπλέκει τα πρακτικά προβλήματα με τους συνεχείς μετασχηματισμούς που απαιτούνται από το ένα σύστημα στο

άλλο (αλλαγή κέντρου φύλλου χάρτη), όταν πρόκειται να συσχετιστεί πληροφορία (συντεταγμένες) για μια περιοχή που ένα μέρος της αναφέρεται στο ένα σύστημα και το υπόλοιπο στο άλλο γειτονικό σύστημα. Η μαθηματική όμως απλότητα της Hatt (τις παλαιότερες εποχές αρκετά επιθυμητή), ιδίως για αρκετά μικρές περιοχές, σε συνδυασμό με την έλλειψη ικανού επιστημονικού δυναμικού όταν άρχισε να εφαρμόζεται στην Ελλάδα, συνετέλεσαν στην αποδοχή και την ευρεία εφαρμογή της.

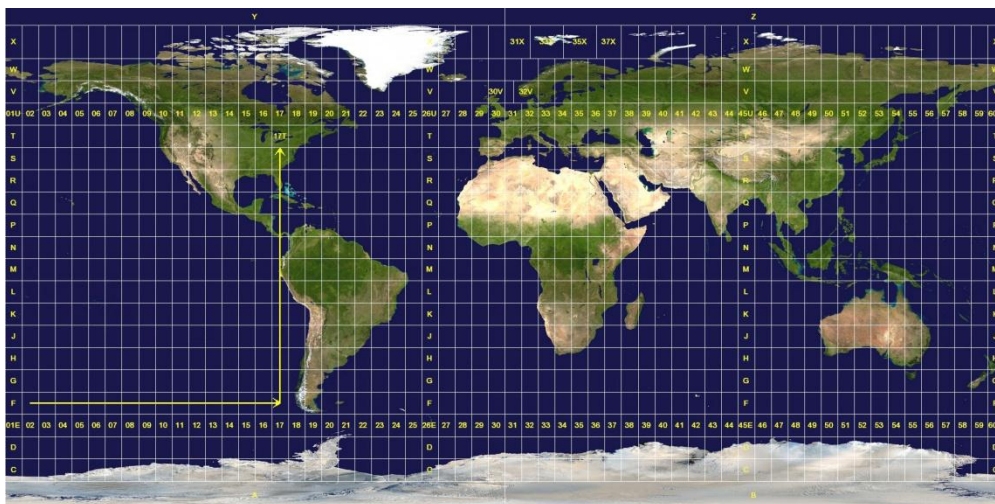
Στην Ελλάδα η απεικόνιση Hatt εφαρμόστηκε με την εξής διανομή κέντρων ή φύλλων χάρτη Hatt: Ο ελληνικός γεωγραφικός χώρος στο ελλειψοειδές (ΕΕΠ Bessel, παλαιό Ελληνικό datum) διαιρείται σε ελλειψοειδή τραπέζια διαστάσεων 30' x 30' κατά φ και λ, κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε ένα προβολικό σύστημα με κέντρο ( $\phi_0$ ,  $\lambda_0$ ) το κέντρο του τραpezίου. Τα ελλειψοειδή τραπέζια των 30' x 30' (55 km x 45 km περίπου), τα οποία δημιουργούνται για τον ελληνικό χώρο, δεν χρησιμοποιούνται όλα, αλλά χρησιμοποιούνται περίπου 130 από αυτά, εκεί όπου υπάρχει κυρίως στεριά. Κάθε «μεγάλο φύλλο Hatt», όπως ονομάζεται, έχει κέντρο ( $\phi_0$ ,  $\lambda_0$ ) που αντιστοιχεί σε ακέραιες μοίρες και 15' ή 45'. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στην διανομή των χαρτών της Γ.Υ.Σ. 1: 100.000, 1: 50.000 και 1:5.000 οι οποίοι καλύπτουν συστηματικά όλη την επιφάνεια της χώρας. Γενικά τείνει να καταργηθεί σαν σύστημα αναφοράς γεωδαιτικών και τοπογραφικών μετρήσεων (για τους προαναφερθέντες λόγους) και να αντικατασταθεί από το ΕΓΣΑ'87.



Εικόνα 8: Ο κάναβος των 130 μεγάλων φύλλων HATT

## Παγκόσμια εγκάρσια Μερκατορική προβολή (UTM)

Σύμφωνα με αυτήν την προβολή η γη έχει χωρίζεται σε 60 ζώνες, γεωγραφικού μήκους  $6^\circ$ . Η μέγιστη διαφορά μέσα στην ίδια ζώνη δεν υπερβαίνει τις  $3^\circ$ . Η παγκόσμια διανομή των ζωνών της UTM έχει ως εξής: Το ελλειψοειδές, με όρια εφαρμογής από  $\phi=-80^\circ$  έως  $\phi=+84^\circ$ , διαιρείται σε 60 μεσημβρινές ζώνες πλάτους  $6^\circ$  με πρώτη τη ζώνη μεταξύ  $\lambda=180^\circ$  W και  $\lambda=174^\circ$  W και με αύξουσα αρίθμηση των ζωνών προς ανατολικά. Η Ελλάδα καταλαμβάνει τις ζώνες 34 και 35 αφού τα γεωγραφικά μήκη των άκρων της Ελλάδας είναι  $\lambda=19^\circ$  έως  $\lambda=28^\circ$  (περίπου), με κεντρικούς μεσημβρινούς  $\lambda=21^\circ$  και  $\lambda=27^\circ$  αντίστοιχα. Οι χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:50.000 αναφέρονται στο ED 50 και την προβολή UTM (Φωτίου, 2007). Το σύστημα χρησιμοποιεί συντελεστή κλίμακας 0.9996. Για να αποφευχθούν αρνητικές συντεταγμένες η τιμή των τετμημένων των κεντρικών μεσημβρινών είναι 500.000μ. 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.

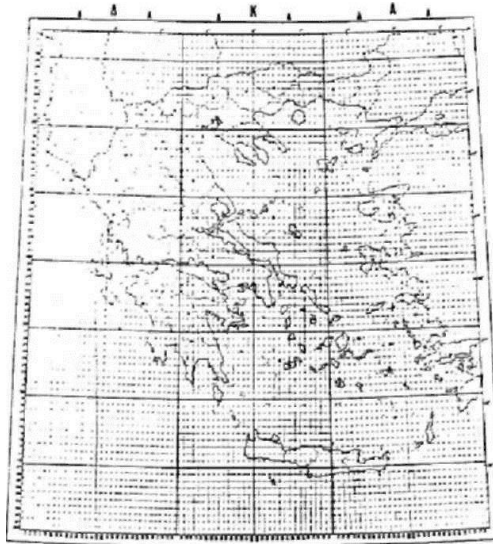


Εικόνα 9: Οι ζώνες της προβολής UTM

## Προβολικό σύστημα 3 μοιρών (ΕΜΠ3° ή ΤΜ3°)

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Η εγκάρσια Μερκατορική προβολή με ζώνες των  $3^\circ$  ( $\pm 1^\circ 30'$  εκατέρωθεν του κεντρικού μεσημβρινού) (Transverse Mercator/TM  $3^\circ$ ) αποτελεί μια παραλλαγή της εγκάρσιας Μερκατορικής απεικόνισης (Transverse Mercator/TM). Στην Ελλάδα εφαρμόστηκε κυρίως από το 1982 και για μία δεκαετία περίπου, με αναφορά το παλαιό Ελληνικό datum, όπως και η Hatt ( $\lambda_0=0^\circ$  στο μεσημβρινό του Αστεροσκοπείου Αθηνών). Ο Ελλαδικός χώρος διαιρείται σε τρεις ζώνες: τη Δυτική με  $\lambda_0=-3^\circ$ , την Κεντρική με  $\lambda_0=0^\circ$  και την Ανατολική με  $\lambda_0=+3^\circ$ . Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει

τετμημένη 200.000μ. Η αρχή των συντεταγμένων θεωρείται η τομή του κεντρικού μεσημβρινού με τον παράλληλο  $\phi=34^\circ$ . Η προβολή αυτή χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Bessel. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση της ΕΠΑ (Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης) και την σύνταξη φωτογραμμετρικών διαγραμμάτων σε κλίμακα 1:5.000 και 1:1.000. Το σχετικά μικρό εύρος ζώνης προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης απλοποιημένων εκφράσεων τόσο για τις εξισώσεις απεικόνισης όσο και για τις αναγωγές (Φωτίου, 2007).



Εικόνα 10: Ο κάναβος της Προβολής  $3^\circ$

## Προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87

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 και αποτελεί μια παραλλαγή της εγκάρσιας Μερκατορικής απεικόνισης (Transverse Mercator/TM). Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη την χώρα με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda_0=24_0$  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 500.000μ. Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ( $\phi=0^0$ ). 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.

Γ.Σ.Α.	Χρήση από / Προβολή	απειρία μέτρησης		Γεωδαιτικό μήκος από Greenwich του Πρώτου ή Κεντρικού Μεσημβρινού	Κλίμακα (κ0) στον κεντρικό μεσημβρινό	προσθεταίος σε μέτρα		
		Ανατολικά	Βόρεια			προς Βορρά (false N)	προς Ανατολάς (false E)	
ΠΑΛΑΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ: Αρχικό τεροσκόπειο Αθηνών ( $\phi_0=37^{\circ} 41' 20.132''$ , $\lambda_0=23^{\circ} 41' 58.815''$ ), ελλειψοειδές Bessel 1841	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού & Γενική Χρήση	- (γεωδαιτικές συνίνες)	$0^{\circ} =$ Αστεροσκοπείο	$0^{\circ}$	$23^{\circ} 42' 58.815''$	-	-	-
	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού & Γενική Χρήση Γεωργίας (προ ΕΓΣΑ)	Ισαπέχουσα αζιμουθιακή - HATT, σε μέτρα	κέντρο Φ.Χ. ( $30^{\circ} \times 30'$ )		1.00000	0.00	0.00	0.00
	ΠΕΧΩΔΕ Ε.Μ.Π. 3' - ΔΥΤ.ΖΩΝΗ	Εγκάρσια Μερκατορική, σε μέτρα	$-3^{\circ}$	κέντρο Φ.Χ. ( $6' \times 6'$ )		1.00000	0.00	0.00
	ΠΕΧΩΔΕ Ε.Μ.Π. 3' - ΚΕΝΤΡ.ΖΩΝΗ		$0^{\circ}$	$34^{\circ}$	$20^{\circ} 42' 58.815''$	0.9999	0.00	200000.00
ΠΕΧΩΔΕ Ε.Μ.Π. 3' - ΑΝΑΤ. ΖΩΝΗ	$3^{\circ}$		$23^{\circ} 42' 58.815''$		$26^{\circ} 42' 58.815''$			
ΕΔ50 - εφαρμογή στον Ελληνικό Χώρο: Αρχικό σημείο Potsdam ( $\phi_0=52^{\circ} 21' 51.45''$ , $\lambda_0=13^{\circ} 03' 58.74''$ ), ελλειψοειδές διεθνές (Hayford)	Γ.Υ.Σ., Υδρογραφική Υπ. Π.Ν., NATO	- (γεωδαιτικές συνίνες)	$0^{\circ} =$ Greenwich	$0^{\circ}$	$0^{\circ}$	-	-	-
	ΖΩΝΗ 34 Βόρεια	Εγκάρσια Μερκατορική, σε μέτρα	$21^{\circ}$	$0^{\circ}$	$21^{\circ}$	0.9996	0.00	500000.00
	ΖΩΝΗ 35 Βόρεια		$27^{\circ}$		$27^{\circ}$	0.9996	0.00	500000.00
ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ '84 - WGS84: Αρχικό σημείο Γεωκέντρο, ελλειψοειδές WGS84	Υπ. Αμύνης Ο.Σ.Α., στρατιωτική και μη δορυφορικοί δέκτες παγκοσμίως (GPS)	- (γεωδαιτικές συνίνες)	$0^{\circ} =$ Greenwich	$0^{\circ}$	$0^{\circ}$	-	-	-
	ΖΩΝΗ 34 Βόρεια	Εγκάρσια Μερκατορική, σε μέτρα	$21^{\circ}$	$0^{\circ}$	$21^{\circ}$	0.9996	0.00	500000.00
	ΖΩΝΗ 35 Βόρεια		$27^{\circ}$		$27^{\circ}$	0.9996	0.00	500000.00
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΕΓΣΑ): Αρχικό σημείο με μετάθεση γεωκέντρου του ITRF89, ελλειψοειδές GRS80	Γενική Χρήση	- (γεωδαιτικές συνίνες)	$0^{\circ} =$ Greenwich	$0^{\circ}$	$0^{\circ}$	-	-	-
	Μονοζωνικό	Εγκάρσια Μερκατορική, σε μέτρα	$24^{\circ}$	$0^{\circ}$	$24^{\circ}$	0.9996	0.00	500000.00

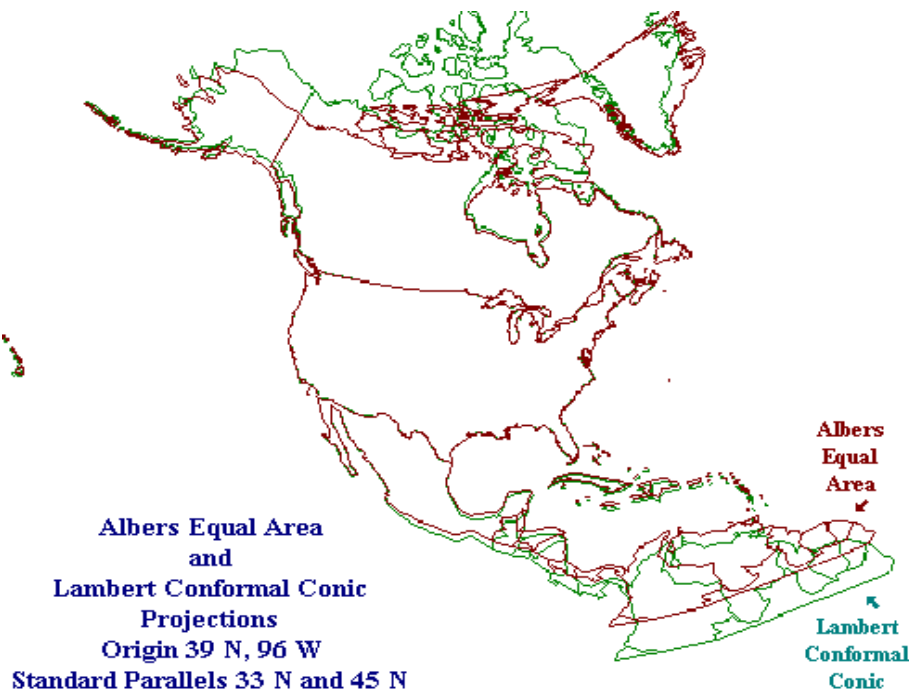
**Εικόνα 11: Πίνακας Γεωδαιτικών και Προβολικών Συστημάτων Αναφοράς στον ελλαδικό χώρο**

### 1.1.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΡΟΒΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Είναι βασικό για τον κάθε χρήστη να γνωρίζει το προβολικό σύστημα προέλευσης των δεδομένων του. Κάθε προβολικό σύστημα χαρακτηρίζεται από το είδος της προβολής που χρησιμοποιεί, από τον τρόπο ορισμού του καρτεσιανού συστήματος των προβολικών συντεταγμένων, καθώς και από το γεωδαιτικό datum, το οποίο χρησιμοποιείται.

Στις πρακτικές εφαρμογές συχνά εμφανίζεται το πρόβλημα του μετασχηματισμού συντεταγμένων από ένα προβολικό σύστημα σε ένα άλλο. Τα διάφορα λογισμικά ΣΓΠ συνήθως συμπεριλαμβάνουν εργαλεία μετατροπής των δεδομένων από το ένα σύστημα προβολής σε κάποιο άλλο. Η μεθοδολογία επίλυσης του προβλήματος της αλλαγής ενός προβολικού συστήματος ή και datum στηρίζεται βασικά στις εξισώσεις απεικόνισης των αντίστοιχων προβολών και στη γνώση των βασικών παραμέτρων των γεωδαιτικών datum.

Βασική προϋπόθεση είναι να γνωρίζει ο χρήστης το προβολικό σύστημα προέλευσης και το επιθυμητό σύστημα προβολής, ώστε να χρησιμοποιούνται οι σωστές εξισώσεις μετατροπής.



Εικόνα 12: Παράδειγμα στο οποίο είναι εμφανής η σύγκριση των προβολικών συστημάτων των δεδομένων



## ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1.2: ΤΥΠΟΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 1.2.1. Εισαγωγή

Τα δεδομένα που συμμετέχουν σε ένα ΣΓΠ έχουν δύο βασικές μορφές, οι οποίες χρησιμοποιούνται ανάλογα με το είδος των δεδομένων και αν αντιπροσωπεύουν συνεχείς χωρικές τιμές ή τοπικές καταγραφές. Η πρώτη προσέγγιση αφορά έναν ιδεατό κানাβο από κελιά, που καλύπτουν ολόκληρη την περιοχή που μελετάται. Σε κάθε κελί αντιστοιχεί μια τιμή, ανάλογα με τη χωρική πληροφορία που αντιπροσωπεύει, την οποία έχει αποθηκευμένη και αφορά όλον τον χώρο που καλύπτει. Η δεύτερη προσέγγιση αφορά ένα σύνολο από γεωμετρικά στοιχεία, με καθορισμένα τα όριά τους, που αναφέρονται σε σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Αν και υπάρχουν ουσιώδεις πρακτικές διαφορές σε αυτές τις δύο μορφές δεδομένων, μπορεί πάντα να γίνει μετάβαση από τη μία στην άλλη, ανάλογα με τις ανάγκες ενός ψηφιακού χάρτη.

Αρχικά πρέπει να γίνει 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. 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 ενός χάρτη. Ανεξάρτητα από τον τύπο και την προέλευση τους, τα χαρτογραφικά δεδομένα μπορούν να χωριστούν σε τρεις γενικές κατηγορίες, που είναι: α) τα ονομαστικά, β) τα ποιοτικά - ποσοτικά και γ) τα αριθμητικά. Πιο αναλυτικά έχουμε:

**Ονομαστικά:** Τα ονομαστικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από την ονομασία τους, όπως π.χ. τα ονόματα πόλεων και χωριών, ονομασίες οδών, ονομασίες μετεωρολογικών ή σεισμολογικών σταθμών, γεωλογικών ενοτήτων κλπ.

**Ποιοτικά:** Τα ποιοτικά δεδομένα αναφέρονται σε κάποιο ποιοτικό χαρακτηριστικό ή είδος, όπως π.χ. κύρια ή δευτερεύουσα οδική αρτηρία, πρωτεύουσα νομού, πρωτεύουσα επαρχίας, χωριό, είδος πετρώματος, είδος ρήγματος (π.χ. ενεργό ή μη ενεργό) κλπ.

**Αριθμητικά:** Τα αριθμητικά δεδομένα περιγράφουν φαινόμενα αναλογικά με συνεχή κατανομή στο χώρο, όπως είναι π.χ. 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 π.χ. ο πληθυσμός των πόλεων, κ.λ.π.

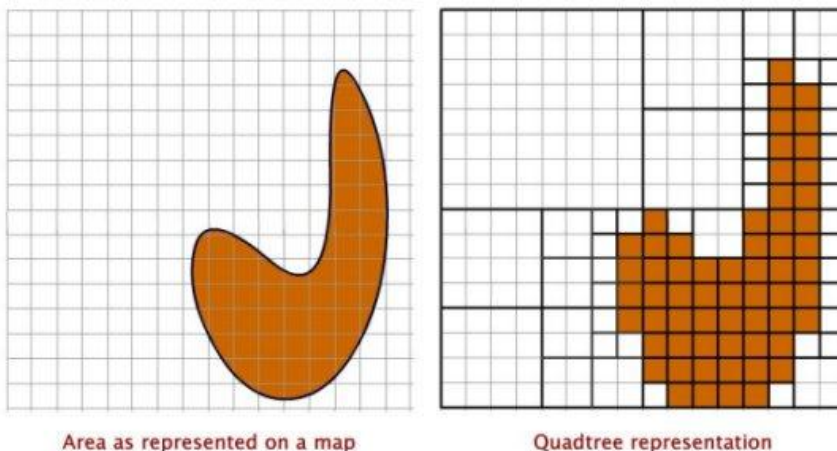
Ο βασικός στόχος είναι η σωστή μετατροπή και εισαγωγή των δεδομένων σε ένα ΣΓΠ ώστε να είναι διαχειρίσιμα και επεξεργάσιμα. Τα χωρικά δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή κατάλληλη για χρήση από τα ΣΓΠ. Η διαδικασία αυτή καλείται "γεωκωδικοποίηση"

(geocoding), γιατί κατά την ψηφιοποίηση διατηρούνται τα τοπολογικά χαρακτηριστικά των δεδομένων. 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). Η πρώτη από αυτές μετατρέπει τη μορφή του χάρτη σε μορφή διανύσματος (vector format) και η δεύτερη σε μορφή ψηφιδωτού ή κανάβου (raster format).

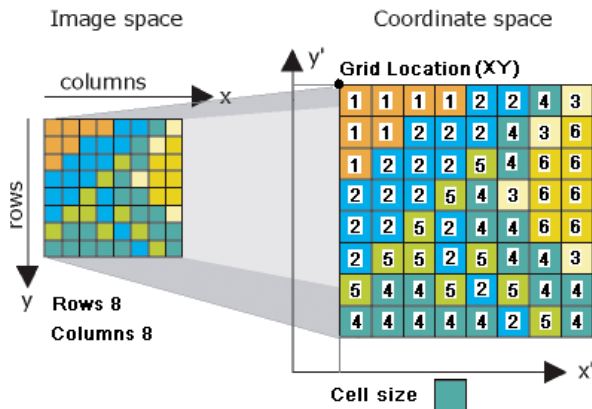
### 1.2.2. Δομή κανάβου

Στα δεδομένα μορφής **κανάβου (Raster)** το δομικό στοιχείο είναι το κελί (cell-pixel) και η μορφή του αντικειμένου φτιάχνεται ομαδοποιώντας κελιά. Το μέγεθος του κάθε κελιού σε ένα πλέγμα (grid) επηρεάζει τον τρόπο που απεικονίζεται η οντότητα. Η πιο συνήθης μορφή κανάβου είναι αυτή που τα κελιά είναι τετράγωνα ίσου μεγέθους (όπως στην περίπτωση των δορυφορικών δεδομένων) και τα οποία καθορίζουν την διακριτική (χωρική) ικανότητα που απαιτείται για να καταγραφεί σωστά η διαφοροποίηση των υπό εξέταση χαρακτηριστικών. Το πλέον διαδεδομένο μοντέλο είναι αυτό των 'τεταρτημορίων', με βάση το τετράγωνο, λόγω της δυνατότητάς του να υποδιαιρείται σε απεριόριστο αριθμό υποπεριοχών που έχουν το ίδιο σχήμα, τις ίδιες ιδιότητες και την αυτή λειτουργία. Μία επίσης γνωστή ψηφιδωτή μορφή είναι τα TIN (Triangulated Irregular Network), όπου τα κελιά είναι τριγωνικά χωρίς σταθερό μέγεθος (Κουτσόπουλος κ.α. 2007).

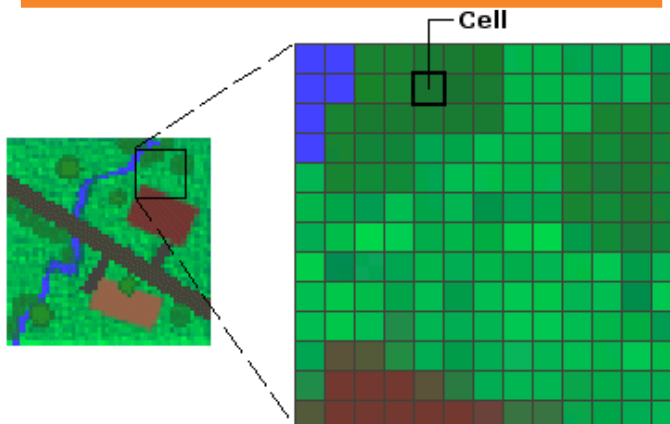
Η θέση ενός σημείου ορίζεται από την γραμμή και την στήλη του κανάβου, στην οποία εμπίπτει και για τη σωστή γεωγραφική απεικόνισή του σε ένα ΣΓΠ πρέπει να αντιστοιχούν σε συντεταγμένες ενός προβολικού συστήματος.



Εικόνα 13: Raster Data



Εικόνα 14: κάθε κελί του κανάβου έχει και μία τιμή



Εικόνα 15: Μεγέθυνση μιας raster εικόνας

Τα συστήματα κανάβου παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

### Πλεονεκτήματα δομής κανάβου

- Η γεωγραφική θέση των pixel εξαρτάται από την θέση του μέσα στον κανάβο, οι μονάδες καταχωρούνται με κάποια σειρά στη μνήμη του υπολογιστή, επομένως είναι εύκολος ο εντοπισμός της θέσης τους.
- Δεν χρειάζεται η αποθήκευση των συντεταγμένων των μονάδων του κανάβου, εφόσον η γεωγραφική τους θέση καθορίζεται από την αντίστοιχη, μέσα στον κανάβο.
- Οι γειτονικές θέσεις καθορίζονται από γειτονικές μονάδες, επομένως αρκετά εύκολα μπορούν να αναπτυχθούν σχέσεις γειτνίασης δηλαδή μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών ταξινόμησης.
- Η ανάπτυξη και χρήση των σχετικών αλγορίθμων είναι απλούστερη απ' ό τι στα δεδομένα vector.

- Τα δεδομένα Raster είναι συμβατά με δορυφορικά δεδομένα και με όργανα εξαγωγής δεδομένων όπως π.χ. εκτυπωτές.

### Μειονεκτήματα δομής κανάβου

- Τα δεδομένα raster καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο κατά την ψηφιακή τους αποθήκευση σε σχέση με τα διανυσματικά δεδομένα.
- Η διακριτική ικανότητα – χωρική ανάλυση είναι μικρότερη και εξαρτάται από το μέγεθος των κελιών του κανάβου.
- Κατά την ψηφιοποίηση τα δεδομένα εισάγονται σε διανυσματική μορφή, επομένως θα πρέπει να γίνει μετατροπή των δεδομένων σε μορφή raster, γεγονός που μειώνει την ακρίβεια της γεωγραφικής τους θέσης.
- Άσχημο αισθητικό αποτέλεσμα στον τελικό χάρτη.

Γενικά τα συστήματα κανάβου χρησιμοποιούνται από γεωπιστήμονες και από αυτούς που ασχολούνται με την τηλεοπτική, γιατί είναι απλά και ταχύτερα στην επεξεργασία, ιδιαίτερα σε εφαρμογές που δεν απαιτούν μεγάλη ακρίβεια σε ότι αφορά τη γεωγραφική θέση.

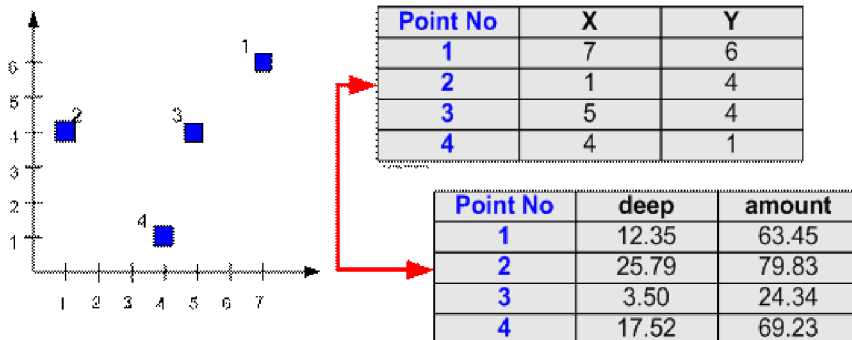
### 1.2.3. Δομή διανύσματος

Στα διανυσματικά δεδομένα ή αλλιώς **Vector** δεδομένα δομικό στοιχείο είναι το σημείο (χ,ψ). Με την χρήση των σημείων δομούνται οι οντότητες. Οι γραμμές και οι περιοχές δομούνται συνδέοντας ένα σύνολο από σημεία με σκοπό να φτιαχτούν αλυσίδες και πολύγωνα αντίστοιχα. Όσο πιο πολύπλοκο το σχήμα τόσο περισσότερα σημεία απαιτούνται. Τα σημεία είναι διανύσματα με μηδενικό μήκος, οι γραμμές είναι ένα σύνολο διανυσμάτων και τα πολύγωνα είναι κλειστές γραμμές που περικλείουν μία έκταση.

Κάθε ένα από τα αντικείμενα για να εισαχθεί στο GIS πρέπει να καθοριστεί η φύση του (π.χ., γραμμή), στη συνέχεια η θέση του στο χώρο μέσω των συντεταγμένων του αρχικού ( $x_i, y_i$ ) και τελικού σημείου ( $x_n, y_n$ ), τα σημεία αλλαγής της διεύθυνσης της γραμμής που ονομάζονται κόμβοι (nodes) και τα σημεία από τα οποία αποτελείται.

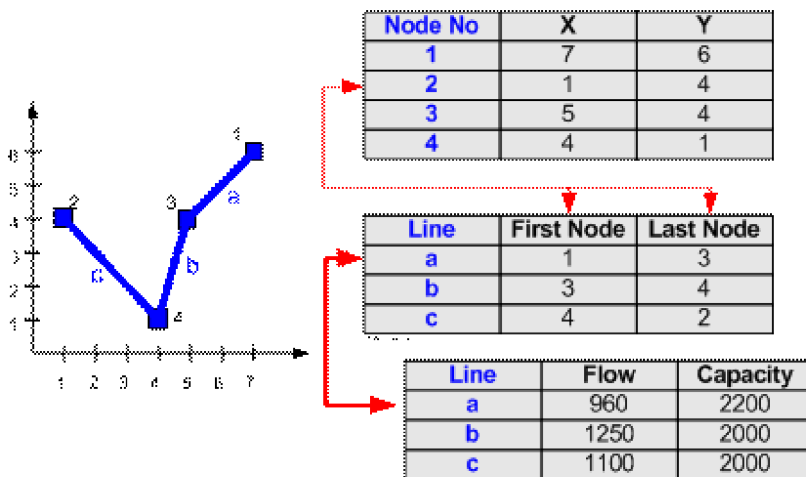
Βασικά χαρακτηριστικά των Vector δεδομένων είναι ότι χρησιμοποιούν λιγότερη μνήμη από τα δεδομένα της μορφής raster και δεν χάνουν την ακρίβεια της θέσης τους.

**-Σημεία:** Τα σημεία είναι ο απλούστερος τρόπος απεικόνισης αντικειμένων στο χώρο. Η θέση τους στο χώρο προσδιορίζεται με τη χρήση, είτε απόλυτων, είτε σχετικών συντεταγμένων, δηλαδή σε σχέση με κάποιο τοπικό σύστημα αναφοράς.



Εικόνα 16: Απεικόνιση Σημείων

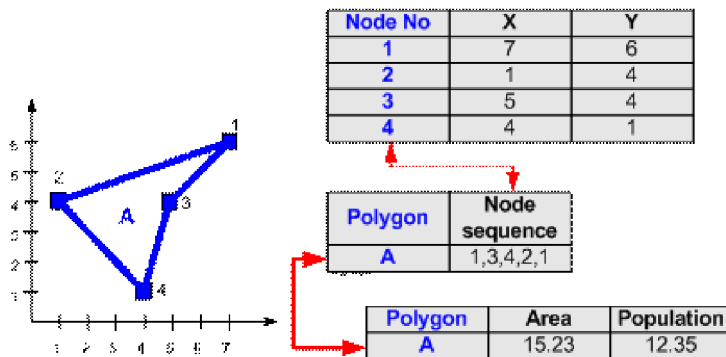
**-Γραμμές:** Οι γραμμές χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση πολλών γραμμικών μορφών, όπως ρήγματα, δρόμοι, υδρογραφικό δίκτυο, γραμμές κίνησης, δίκτυα ποικίλων μορφών, κτλ. Οι γραμμές (σύνδεσμοι) που εισάγονται σε ένα ΣΓΠ ενώνονται μεταξύ τους μέσω των κόμβων (nodes). Για δίκτυα όπου υπάρχουν πολλές συνδέσεις, όπως συμβαίνει στην απεικόνιση ποτάμιων συστημάτων, όπου για παράδειγμα κλάδοι 1ης τάξης ενώνονται για να δώσουν κλάδους 2ας τάξης, κλάδοι 2ας τάξης ενώνονται μεταξύ τους για να δώσουν κλάδους 3ης τάξης κ.ο.κ., υπάρχουν δύο κύριες δυνατότητες για τη μορφή της κωδικοποίησης, η επιλογή της οποίας εξαρτάται από το αν το ενδιαφέρον εστιάζεται περισσότερο σε κόμβους ή συνδέσμους. 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. Όταν δίνεται έμφαση στους συνδέσμους, κάτι που συμβαίνει σε περιπτώσεις που ενδιαφέρει και η 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, αναφέρονται 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.



**Εικόνα 17: Απεικόνιση Γραμμών με ενδιάμεσους κόμβους**

**-Επιφάνειες:** Υπάρχουν πολλοί τρόποι απεικόνισης επιφανειών, ο απλούστερος των οποίων είναι το μοντέλο Spaghetti που χρησιμοποιείται στις πιο απλές μορφές αυτοματοποιημένης χαρτογράφησης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό για κάθε πολύγωνο της περιοχής ενδιαφέροντος δημιουργείται ένα αρχείο, όπου καταχωρίζονται με τη σειρά οι συντεταγμένες κάθε σημείου που έχει εισαχθεί για να καθορίσει την 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.

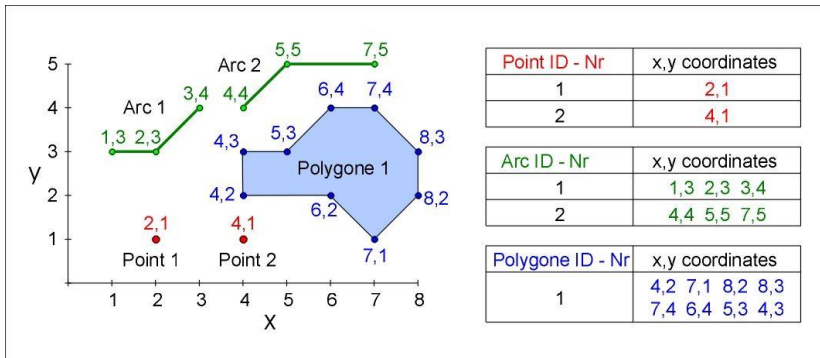


Εικόνα 18 : Απεικόνιση Επιφανειών – πολυγώνων

Άλλα ευρείας χρήσης μοντέλα απεικόνισης επιφανειών είναι το μοντέλο κωδικών αλυσίδων (Chain code) και το τοπολογικό μοντέλο (Topological).

- Στο μοντέλο κωδικών αλυσίδων καταγράφεται η θέση ενός αρχικού σημείου και, στη συνέχεια, οι θέσεις των επόμενων σημείων καταγράφονται σε σχέση με την απόστασή τους από το αρχικό. Με τον τρόπο αυτόν κωδικοποιούνται τα γραμμικά στοιχεία μέσω των συντεταγμένων του αρχικού σημείου της γραμμής. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως για την απεικόνιση οδικού δικτύου, δικτύου απορροής κ.ά., με βασικό πλεονέκτημά του την ευκολία μετατροπής των ήδη εισηγμένων δεδομένων του, στη μορφή που απαιτούν τα άλλα μοντέλα.

-Το τοπολογικό μοντέλο αποτελεί το συνηθέστερο τρόπο οργάνωσης των γεωγραφικών στοιχείων και διατηρεί τις χωρικές σχέσεις ανάμεσα στα διαφορετικά αντικείμενα και φαινόμενα που καταχωρίζονται στο σύστημα. Η οργάνωση γίνεται με τη χρησιμοποίηση των 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.



**Εικόνα 19 : Απεικόνιση όλων των τύπων διανυσματικής δομής**

Όπως στην περίπτωση του κανάβου, έτσι και το σύστημα διανύσματος παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αυτά είναι:

#### **Πλεονεκτήματα δομής διανύσματος:**

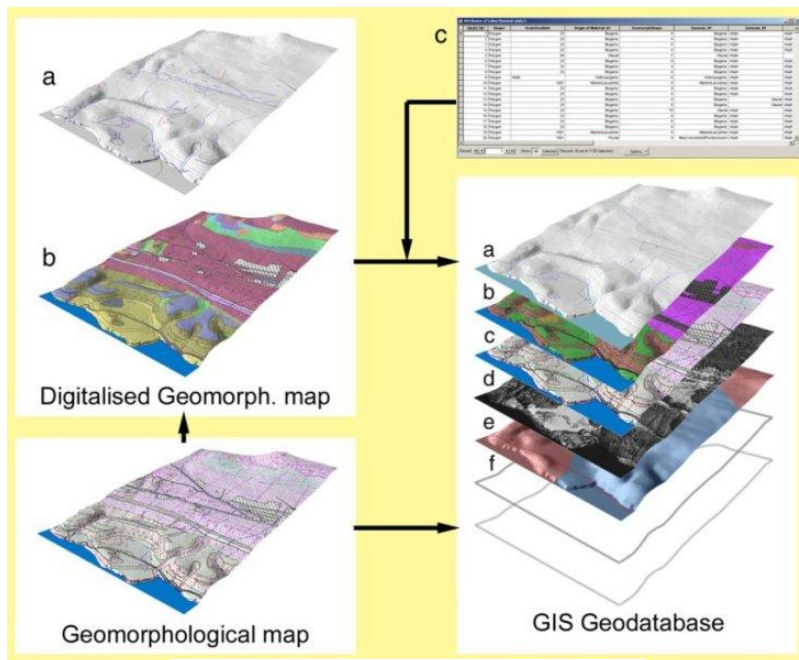
- Ο χάρτης που παράγεται, αποδίδεται με τον ίδιο βαθμό λεπτομέρειας όπως το πρωτότυπο.
- Για την κατασκευή του χάρτη δεν απαιτείται καμιά μετατροπή των αποθηκευμένων δεδομένων.
- Αποθηκεύονται λιγότερα δεδομένα απ' ότι στην περίπτωση του κανάβου, γι' αυτό πολλές διαδικασίες γίνονται πιο εύκολα και γρήγορα. Παραδείγματος χάρη, είναι πιο εύκολο και ακριβές να προσδιοριστεί η περίμετρος ενός ακανόνιστου πολυγώνου ή η απόσταση και διεύθυνση μεταξύ δυο σημείων με διανυσματικές μεθόδους, παρά με κανάβου.
- Οι ψηφιοποιημένοι χάρτες δεν χρειάζεται να μετατραπούν σε μορφή κανάβου για περαιτέρω επεξεργασία.
- Απαιτείται πολύ λιγότερος χώρος στον υπολογιστή απ' ότι σε ένα σύστημα κανάβου.
- Είναι πιο εύκολο να συσχετίσουμε τα περιγραφικά δεδομένα με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο.
- Διάφορα χαρακτηριστικά, όπως υδρογραφικό δίκτυο, σημεία δειγματοληψίας κλπ., μπορούν να εντοπισθούν και να ανακτηθούν με ευκολία και να επεξεργαστούν μεμονωμένα.

#### **Μειονεκτήματα δομής διανύσματος:**

- Οι αλγόριθμοι των συστημάτων διανύσματος είναι πολύ περισσότερο πολύπλοκοι απ' ότι του κανάβου.
- Χωρικά δεδομένα τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς, δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με διανύσματα, αλλά απαιτείται μετατροπή σε μορφή κανάβου.
- Δεν εξυπηρετεί το συνδυασμό των υπό μορφή κανάβου δορυφορικών δεδομένων και λοιπών γραμμικής δομής γεωγραφικών δεδομένων.

#### 1.2.4. Γεωβάση

Το νεότερο μοντέλο διαχείρισης δεδομένων, το οποίο έχει κατασκευαστεί από την εταιρεία ESRI, είναι αυτό της γεωβάσης (*geodatabase*). Πρόκειται για ένα αντικειμενοστραφές μοντέλο, το οποίο παρουσιάζεται μέσω του λογισμικού ΣΓΠ, ArcGIS (Zeiler, 1999). Το μοντέλο αυτό συνενώνει όλους τους τύπους διανυσματικών δεδομένων που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Η τελική μορφή του περιέχει όλα τα επί μέρους δεδομένα που συμπεριλαμβάνονται σε ένα ΣΓΠ, είτε πρόκειται για επίπεδα πληροφορίας που περιλαμβάνουν σημεία, γραμμές ή πολύγωνα, είτε περιλαμβάνουν πίνακες βάσεων δεδομένων. Το σύνολό τους εμπεριέχεται σε μια ενιαία γεωβάση, δηλαδή σε ένα ψηφιακό αρχείο, στο οποίο καθορίζονται οι μεταξύ τους σχέσεις, ενώ αυτά βρίσκονται σε κοινό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς.



Εικόνα 20: Σύστημα Γεωβάσης

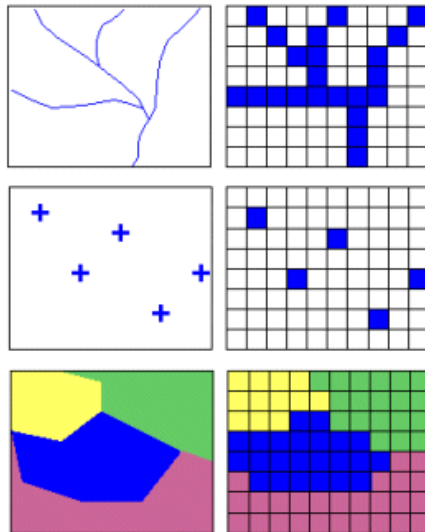
#### 1.2.5. Μετατροπές τύπων δεδομένων

Η δυνατότητα μετατροπής δεδομένων μεταξύ των δομών διανύσματος και κανάβου και αντίστροφα, είναι ένα θετικό στοιχείο των ΣΓΠ. Η παραπάνω δυνατότητα, επιτρέπει την ανάπτυξη νέων αναλυτικών διαδικασιών, με την αποτελεσματική εισαγωγή και χρησιμοποίηση των δορυφορικών δεδομένων, τα οποία είναι σε μορφή κανάβου, με άλλα, διανυσματικής μορφής.



Χωρικά μη συνεχή αριθμητικά δεδομένα, όπως είναι τα βαθυμετρικά και τα υψομετρικά σημεία, αντιπροσωπεύουν σημεία μιας συνεχούς επιφάνειας και μπορούν να μετατραπούν σε μία *raster* αναπαράσταση της επιφάνειας αυτής μέσω της δημιουργίας ενός κανάβου.

Τα Raster αρχεία μπορούν να εφαρμοστούν σε μεμονωμένες θέσεις για τη δημιουργία σημειακών, γραμμικών ή επιφανειακών δεδομένων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η δημιουργία ισοπληθών καμπυλών, όπως είναι οι ισούψεις, οι ισοβαθείς κτλ. Τα μη αριθμητικά δεδομένα μπορούν να εξαχθούν από raster αρχεία, μέσω επιβλεπόμενης ή ημιαυτόματης ψηφιοποίησης. Οι ημιαυτόματες ρουτίνες λειτουργούν, μέσω αλγορίθμων αναγνώρισης ορίων ή μεταβολών της raster τιμής (π.χ., της τιμής της φωτεινότητας) που υπερβαίνει όρια προκαθορισμένα από το χρήστη. Στη συνέχεια, τα όρια υποβάλλονται σε μία σειρά αραίωσης, ομαλοποίησης και καθαρισμού, έως ότου το αποτέλεσμα να είναι αποδεκτό στο χρήστη. Σε γενικές γραμμές, μία διαδικασία αυτού του είδους λειτουργεί ικανοποιητικά στην περίπτωση που το raster αρχείο είναι καθαρό (χωρίς θόρυβο, δηλαδή χωρίς περιττή πληροφορία). Στην αντίθετη περίπτωση, το τελικό παράγωγο χρειάζεται τότε διορθωση από το χρήστη που είναι χρονικά ασύμφορο.

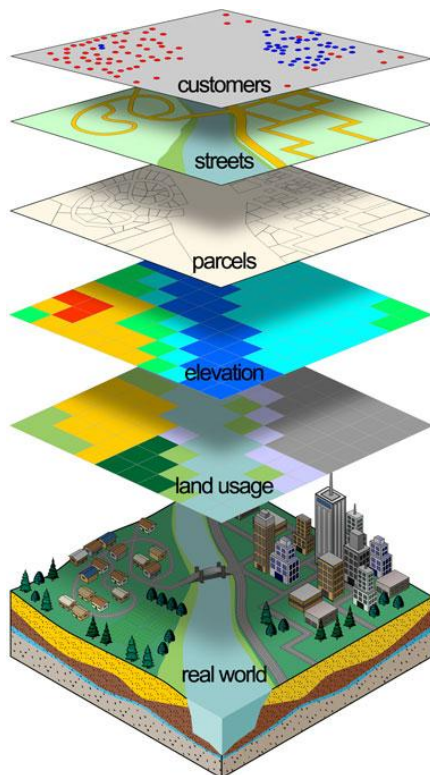


Εικόνα 21: τα ίδια δεδομένα σε διανυσματική δομή και δομή κανάβου

### 1.3.1. Θεματικά Επίπεδα

Ως θεματικό επίπεδο καθορίζεται ένα επίπεδο πληροφορίας, το οποίο περιλαμβάνει ένα σύνολο ομοειδών διανυσματικών στοιχείων ή κানাβο κελιών, με συγκεκριμένη γεωγραφική αναφορά. Η αρχική πληροφορία ενός τέτοιου θεματικού επιπέδου, όταν πρόκειται για διανυσματικά στοιχεία (σημεία, γραμμές, πολύγωνα), αφορά στις συντεταγμένες κάθε στοιχείου, καθώς και στην τοπολογία του (Harmon & Anderson, 2003). Η τοπολογική κωδικοποίηση συμπεριλαμβάνεται στην δομή του ψηφιακού αρχείου και πρόκειται για πληροφορία που αφορά τη χωρική σχέση (σύνδεση, διευθέτηση) μεταξύ των στοιχείων ενός θεματικού επιπέδου (Rigaux et al., 2002). Η πληροφορία αυτή διευκολύνει τους χωρικούς υπολογισμούς, όπως αυτοί που σχετίζονται με επικαλύψεις στοιχείων, διάκριση ζωνών και ανάλυση δικτύων.

Η επιλογή των θεματικών επιπέδων που συνθέτουν έναν ψηφιακό χάρτη αποτελεί μια διαδικασία που γίνεται στα αρχικά στάδια μιας εργασίας και συγκεκριμένα αφού καθοριστούν οι στόχοι της εργασίας. Τα διαφορετικά είδη χαρτών προϋποθέτουν και τους αντίστοιχους συνδυασμούς σε θεματικά επίπεδα, ώστε να μην απουσιάζει κάποιο σημαντικό στοιχείο, αλλά και να μην υπάρξει περιττή πληροφορία. Το τελευταίο, είναι πιθανό να οδηγήσει σε καθυστερήσεις και δυσλειτουργίες σε ένα λογισμικό ΣΓΠ.



Εικόνα 22 : Απεικόνιση Θεματικών Επιπέδων

### 1.3.2. Μεταδεδομένα

Είναι βασικό για τον κάθε χρήστη να γνωρίζει και να εμπιστεύεται την προέλευση των δεδομένων του. Τα μεταδεδομένα (μετάφραση του όρου metadata, ο οποίος σχηματίζεται από την ελληνική λέξη "μετά" και τη λατινική λέξη data "δεδομένα"), είναι πληροφορίες οι οποίες περιγράφουν σύνολα χωρικών δεδομένων και υπηρεσίες χωρικών δεδομένων. Κατά κανόνα, ένα σύνολο μεταδεδομένων περιγράφει ένα άλλο σύνολο δεδομένων, το οποίο αποτελεί έναν πόρο. Τα μεταδεδομένα είναι απαραίτητα καθότι διευκολύνουν την καταγραφή και τη χρήση των χωρικών δεδομένων, και καθιστούν την αναζήτηση αποτελεσματική.

Τα μεταδεδομένα πρέπει να περιλαμβάνουν πληροφορίες ως προς:

- Το ποιός συνέλεξε τα δεδομένα
- Πότε
- Σε τί ακρίβεια
- Σε ποιό Προβολικό Σύστημα παρουσιάζονται και
- Τα στοιχεία επικοινωνίας του συλλέκτη των δεδομένων.

Για την πλήρη τεκμηρίωση των χωρικών δεδομένων μπορεί κανείς να καταγράψει πλήθος στοιχείων που το αφορούν. Ένα μεγάλο μέρος αυτών των στοιχείων μεταδεδομένων χωρικής πληροφορίας έχει προτυποποιηθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Προτυποποίησης (International Organization for Standardization - ISO). Η σειρά ISO 191xx είναι μια σειρά προτύπων που αφορούν γεωγραφική πληροφορία. Το πρότυπο ISO 19115 είναι ένα μέρος αυτής της σειράς το οποίο ορίζει πάνω από 400 στοιχεία μεταδεδομένων (metadata elements) για την περιγραφή της γεωγραφικής πληροφορίας.

Η χρήση μιας κατάλληλης γλώσσας σήμανσης της πληροφορίας, όπως η XML (eXtensible Markup Language), μας επιτρέπει να αποθηκεύουμε, να μεταφέρουμε και να μοιραζόμαστε δεδομένα ανεξάρτητα από το λογισμικό ή τα μηχανήματα που χρησιμοποιούμε. Μάλιστα δεν χρειάζεται καν να γνωρίζουμε τους κανόνες σύνταξης ενός XML αρχείου αφού είναι εύκολο να χρησιμοποιήσουμε εφαρμογές (XML Editors) που δημιουργούν το αρχείο για εμάς ενώ συμπληρώνουμε πεδία σε ένα περιβάλλον φιλικό στο χρήστη.

Identification	Data Quality	Data Organization	Spatial Reference	Entity Attribute	Distribution	Metadata Reference			
General	Contact	Citation	Time Period	Status	Spatial Domain	Keywords	Browse Graphic	Security	Cross Reference
Description									
Abstract:	REQUIRED: A brief narrative summary of the data set.								
Purpose:	REQUIRED: A summary of the intentions with which the data set was developed.								
Language:	en								
Supplemental Information:									
Access Constraints:	REQUIRED: Restrictions and legal prerequisites for accessing the data set.								
Use Constraints:	REQUIRED: Restrictions and legal prerequisites for using the data set after access is granted.								
Data Set Credit:									
Native Data Set Environment:	Microsoft Windows XP Version 5.1 (Build 2600) Service Pack 3; ESRI ArcCatalog 9.3.0.1770								
Native Data Set Format:	Layer								
<input type="button" value="Save"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Help"/>									

Εικόνα 23: καρτέλα μεταδεδομένων

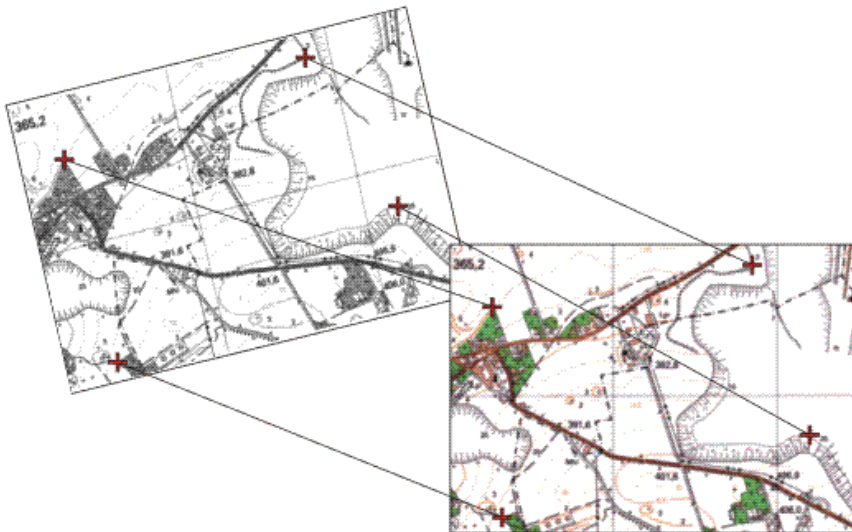
### 1.3.3. Γεωαναφορά

Η **Γεωαναφορά (Georeference)** αναφέρεται στη διαδικασία κατά την οποία προσδίδονται συντεταγμένες επιθυμητού συστήματος αναφοράς συντεταγμένων σε μία ψηφιακή εικόνα που έχει προέλθει από σάρωση π.χ. ενός τοπογραφικού χάρτη σε συσκευή σαρωτή (scanner). Η εικόνα που προκύπτει ονομάζεται έτσι γεωαναφερμένη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή χαρτογραφικών πληροφοριών σε διανυσματική μορφή με την διαδικασία της ψηφιοποίησης σε περιβάλλον ΣΓΠ, ή να συνδυαστεί με ήδη υπάρχοντα ψηφιακά γεωαναφερμένα δεδομένα για την δημιουργία μιας χαρτοσύνθεσης ή την γεωγραφική ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων, με την προϋπόθεση την ύπαρξη ενός κοινού συστήματος γεωγραφικής αναφοράς.

Η διαδικασία της Γεωαναφοράς απαιτεί την ύπαρξη ικανού αριθμού σημείων ελέγχου (control points) από την σαρωμένη εικόνα των οποίων οι συντεταγμένες σε ένα ορισμένο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς είναι ήδη γνωστές.

Στην περίπτωση των σαρωμένων τοπογραφικών χαρτών τα σημεία ελέγχου προκύπτουν εύκολα, από την ανάγνωση των συντεταγμένων του χάρτη σε διάφορα σημεία τομής των αξόνων του κανάβου, και την μετατροπή τους σε άλλο σύστημα αναφοράς εάν κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο.

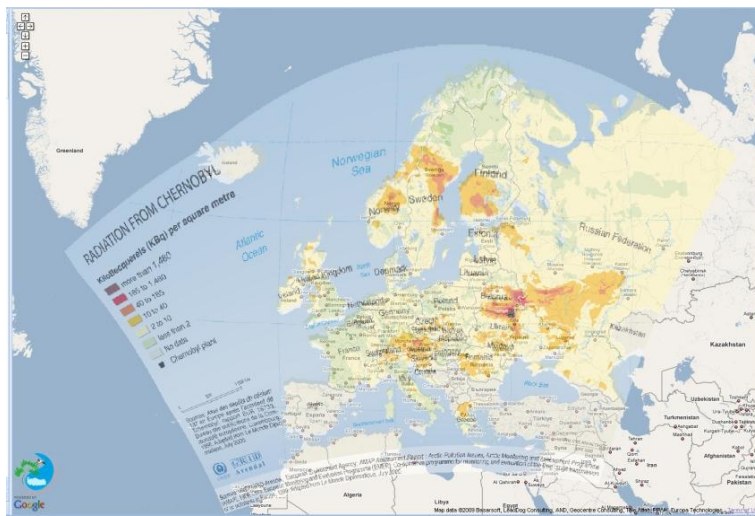
Στην περίπτωση σκαριφημάτων ή σχεδίων χωρίς κানাβο συντεταγμένων τα σημεία αυτά προκύπτουν από προσεκτική εξέταση και αναγνώριση ευδιάκριτων στοιχείων όπως διασταυρώσεις οδικών δικτύων ή χαρακτηριστικά σημεία του αναγλύφου, και τη λήψη μετρήσεων για τα σημεία αυτά με GPS και εργασία υπαίθρου. Εναλλακτικά, οι καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων αυτών μπορούν να υπολογισθούν και από τοπογραφικούς χάρτες, με ακρίβειες όμως που εξαρτώνται από την κλίμακα των χαρτών αυτών.



Εικόνα 24: Διαδικασία Γεωαναφοράς

Τα σημεία ελέγχου της σαρωμένης εικόνας (control points) χρησιμοποιούνται στη συνέχεια, μέσω του κατάλληλων λογισμικών εργαλείων, ως βάση αναφοράς για τον καθορισμό των πραγματικών συντεταγμένων και για την υπόλοιπη εικόνα. Οι μετασχηματισμοί που χρησιμοποιούνται κατά την διαδικασία αυτή είναι πολυωνυμικοί και είναι συνήθως:

- Γραμμικοί ή 1ου βαθμού πολυωνυμικοί, όπου απαιτούνται τουλάχιστο 3 σημεία ελέγχου, και οι αλλαγές που λαμβάνονται υπόψη για να γίνει η σαρωμένη εικόνα γεωαναφερόμενη είναι σχετικά μικρές (ελαφρά περιστροφή ή κλίση)
- 2ου βαθμού, όπου απαιτούνται τουλάχιστον 6 σημεία ελέγχου και λαμβάνονται υπόψη και οι στρεβλώσεις ή καμπυλώσεις στην σαρωμένη εικόνα ώστε να γίνει γεωαναφερόμενη.
- Πολυωνυμικοί 3ου βαθμού, όπου απαιτούνται τουλάχιστον 10 σημεία ελέγχου και λαμβάνονται υπόψη και οι στρεβλώσεις ή καμπυλώσεις ώστε να επιτευχθεί η γεωαναφορά της εικόνας.



Εικόνα 25 : 3<sup>ου</sup> βαθμού Πολυωνυμικοί Μετασχηματισμοί

Σημαντικό στοιχείο της διαδικασίας της Γεωαναφοράς, αποτελεί και η εκτίμηση του **Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος** (Root-Mean-Square Error) που υπεισέρχεται στην προσπάθεια απόδοσης συντεταγμένων του επιλεγμένου συστήματος προβολής στην σαρωμένη εικόνα. Υπολογίζεται σε πραγματικές μονάδες συντεταγμένων (π.χ. μέτρα) μέσω του κατάλληλου λογισμικού και αποτελεί κριτήριο τόσο για την επιτυχή επιλογή των σημείων ελέγχου, όσο και για την συνολική εκτίμηση της ακρίβειας της διαδικασίας της Γεωαναφοράς. Σε γενικές γραμμές το σφάλμα πρέπει να έχει τιμή μικρότερη από τη διάσταση του κελιού της εικόνας που γεωαναφέρεται.

### **ΣΑΡΩΣΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

Οι σαρωμένες εικόνες τοπογραφικών χαρτών έχουν διαστάσεις οι οποίες προκύπτουν από τις επιλογές των κατάλληλων παραμέτρων κατά την διαδικασία της σάρωσης τους από scanner σε Η/Υ. Από τη επιλογή της ανάλυσης σάρωσης (scanning resolution) και το αρχικό μέγεθος του τοπογραφικού χάρτη, προκύπτουν ο αριθμός των εικονοστοιχείων (pixels) της σαρωμένης εικόνας όπως και οι αντίστοιχες διαστάσεις σε αριθμό γραμμών και στηλών (rows - columns), τυπικά χαρακτηριστικά των ψηφιακών εικόνων που επηρεάζουν άμεσα την λεπτομέρεια με την οποία αποτυπώνονται οι πληροφορίες του αρχικού τοπογραφικού χάρτη στην τελική ψηφιακή του μορφή. Ανάλογη είναι και η επιλογή του βάθους χρώματος (color depth) στην ποιότητα αλλά και στο μέγεθος του παραγόμενου αρχείου.



**Εικόνα 26: Σάρωση Χάρτη**

Τυπικές διαστάσεις και μεγέθη των ψηφιακών αρχείων για δύο από τα πλέον χρησιμοποιούμενα είδη τοπογραφικών χαρτών φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

Τοπογραφικός Χάρτης	Ανάλυση σάρωσης Pixel / cm		* Στήλες x Γραμμές	Βάθος χρώματος	Μέγεθος ψηφιακού αρχείου **
Γ.Υ.Σ 1:50.000	200	78	3600 x 4700	24bit / 16 εκ.χρώματα	50 Mb
Γ.Υ.Σ 1:50.000	200	78	3600 x 4700	8bit / 256 χρώματα	17 Mb
Γ.Υ.Σ 1:50.000	300	118	5000 x 6500	8bit / 256 χρώματα	33 Mb
Γ.Υ.Σ 1:50.000	300	118	5700x 7100	1bit / Ασπρο-Μαύρο	5 Mb
Γ.Υ.Σ. 1:5.000	200	78	7000 x 4000	8bit / 256 διαβ.γκρί	28 Mb
Γ.Υ.Σ. 1:5.000	150	59	6300 x 3600	8bit / 256	23 Mb

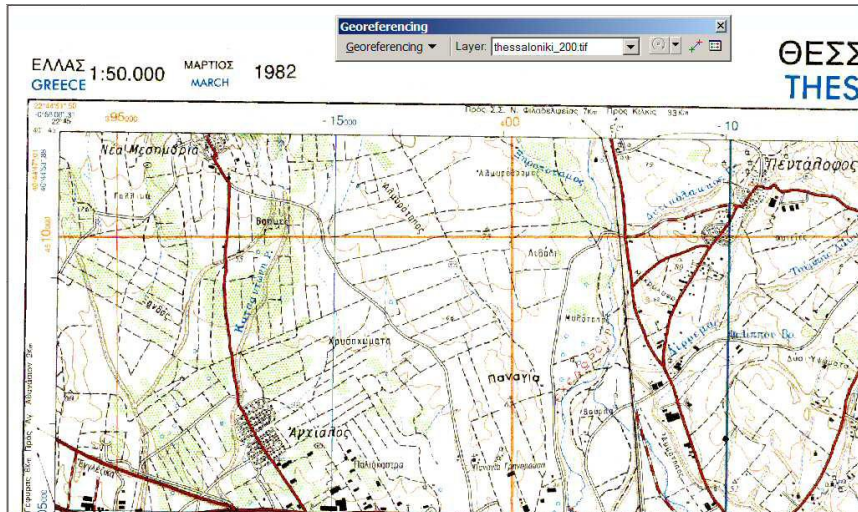
				διαβ.γκρί	
Γ.Υ.Σ. 1:5.000	150	59	6300 x 3600	1bit / Ασπρο-Μαύρο	3 Mb
* Ενδεικτικές διαστάσεις					
** Αρχείο TIF χωρίς συμπίεση (LZW ή PackBits)					

Οι σαρωμένες αυτές ψηφιακές εικόνες, συνήθως χρησιμοποιούν ως αυθαίρετη βάση για την αρίθμηση των γραμμών και στηλών από τις οποίες αποτελούνται - δηλαδή των εικονοστοιχείων τους κατά τις διευθύνσεις Χ και Υ - την κάτω αριστερή γωνία της εικόνας, με συντεταγμένες 0,0.

### ΕΥΡΕΣΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ

Η Γεωαναφορά σαρωμένων τοπογραφικών χαρτών πραγματοποιείται με την χρήση ενός λογισμικού ΣΓΠ μέσω εργαλείων Georeferencing. Η επιλογή των σημείων ελέγχου (control points) γίνεται με τη χρήση του αντίστοιχου εργαλείου. Ο καθορισμός των σημείων αυτών στην επιφάνεια του χάρτη γίνεται μετά την αναγνώριση των σημείων τομής του κανάβου, την ανάγνωση των συντεταγμένων τους Χ, Υ, και της μετατροπής τους – εάν κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο στο επιθυμητό Σύστημα Γεωγραφικής Αναφοράς.

Σε ένα κοινό φύλλο χάρτη (π.χ. ΓΥΣ 1:50.000), ο κανάβος υπάρχει σε διάφορα συστήματα αναφοράς όπως το ΕΓΣΑ87 (διαγράμμιση με πορτοκαλί χρώμα) και οι ενδείξεις των συντεταγμένων Χ, Υ αναγράφονται στο περίγραμμα του χάρτη με πορτοκαλί χρώμα: Χ (6ψήφιο), Υ (7ψήφιο).



**Εικόνα 27 : Εύρεση Σημείων Ελέγχου σε τοπογραφικούς χάρτες (α)**



Ανάλογα με τις διαδικασίες κάθε λογισμικού θα πρέπει να γίνει η επιλογή του σημείου ελέγχου (με την αρίθμηση των γραμμών και στηλών) και να γίνει αντικατάσταση αυτών των τιμών με τις αντίστοιχες γνωστές συντεταγμένες του επιθυμητού συστήματος που θέλουμε να γεωαναφέρουμε την εικόνα.



Εικόνα 28: Εύρεση Σημείων Ελέγχου σε τοπογραφικούς χάρτες (β)

Με αυτόν τον τρόπο, στο σημείο του χάρτη που έχουμε επιλέξει να το χρησιμοποιήσουμε ως σημείο ελέγχου, αποθηκεύονται αυτόματα οι νέες συντεταγμένες του σημείου, στο νέο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων. Για το λόγο αυτό, πρέπει η περιοχή της εικόνας που περιέχει το σημείο ελέγχου να είναι σε κατάλληλο βαθμό μεγεθυμένη, ώστε ο εντοπισμός του σημείου να γίνεται με βέλτιστο τρόπο (αφορά την ακρίβεια εντοπισμού του κελιού). Η επιλογή των σημείων ελέγχου πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα σημεία να εμφανίζουν ομοιόμορφη διασπορά σε όλη την επιφάνεια της εικόνας και όχι τοπική συγκέντρωση σε ορισμένες μόνο περιοχές του. Κάτι τέτοιο εξασφαλίζει και την ομοιομορφία της ακρίβειας σε ολόκληρη την επιφάνεια του χάρτη.

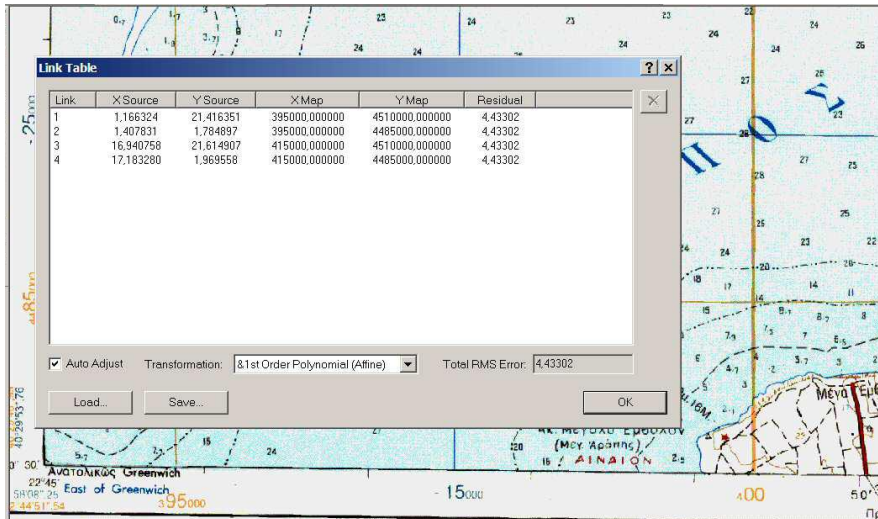
Οι πληροφορίες των σημείων ελέγχου που καθορίζονται με την παραπάνω διαδικασία αποθηκεύονται σε μορφή πίνακα με όλα τα στοιχεία τους για περαιτέρω ανάλυση. Η δημιουργία ενός τέτοιου αρχείου, κρίνεται απαραίτητη διότι έτσι αποθηκεύονται τα σημεία ελέγχου και μπορεί να ελεγχθεί η ακρίβεια της γεωαναφοράς.

Ο επιτυχής καθορισμός των σημείων ελέγχου κρίνεται από το υπολειμματικό σφάλμα του εκάστοτε σημείου, όπως αυτό εμφανίζεται στον αντίστοιχο πίνακα στη στήλη residual, όπως και από το συνολικό **Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα** (Total RMS Error). Οι αποδεκτές τιμές του σφάλματος προκύπτουν εμπειρικά :

- με τη βοήθεια της διαχωριστικής ικανότητας του ανθρώπινου ματιού (1/4 του χιλιοστού), αποδιδόμενος πάντα στη κλίμακα του αναλογικού χάρτη που βρίσκεται σε μορφή ψηφιακής εικόνας. Π.χ. για την κλίμακα 1:50.000 πρέπει να μην υπερβαίνει το RMS error, την τιμή 12.5  $\mu$ .

- μέσω του γενικού κανόνα ότι το σφάλμα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το  $\frac{1}{2}$  των διαστάσεων του εικονοστοιχείου της προκύπτουσας εικόνας σε μονάδες μέτρησης συντεταγμένων, δηλαδή: Ανάλυση αρχικού σαρωμένου ΦΧ: 150dpi ή 60 εικονοστοιχεία / cm. Κλίμακα ΦΧ: 1:50.000, άρα 60 εικονοστοιχεία/cm (στο ΦΧ) = 60 εικονοστοιχεία ανά 500 m (στην πραγματικότητα) άρα  $500/60 = 8,33$  m διάσταση εικονοστοιχείου άρα  $8,33/2 = 4,16$  m αποδεκτό σφάλμα.

Σε γενικές γραμμές, εάν δεν πρόκειται για κάποια ιδιαίτερη περίπτωση (ανάλυση εικόνας μεγαλύτερη από 300 dpi), φροντίζουμε το συνολικό RMS error να μην υπερβαίνει την μικρότερη από τις δύο παραπάνω τιμές, διατηρώντας πάντα ένα ικανοποιητικό αριθμό σημείων ελέγχου ( $\geq 6$  σημεία) και σε κάθε περίπτωση να ικανοποιεί το κριτήριο της διαχωριστικής ικανότητας.

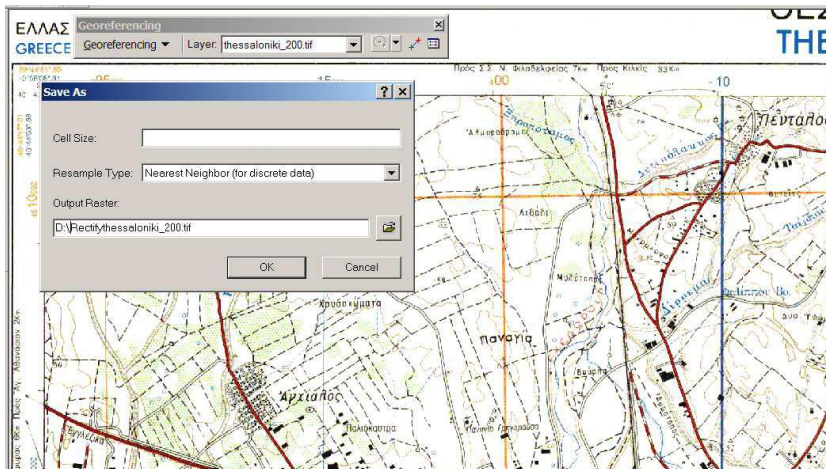


**Εικόνα 29: Επιτυχής καθορισμός Σημείων Ελέγχου**

Η ύπαρξη μεγάλων σφαλμάτων στην διαδικασία της επιλογής και καθορισμού των σημείων ελέγχου μερικές φορές είναι αναπόφευκτη και μπορεί να αποδοθεί:

- Στην δυσκολία εντοπισμού του ακριβούς σημείου στην σαρωμένη εικόνα.
- Σε σφάλματα κατά την διαδικασία του σαρώματος του αρχικού χάρτη.
- Στην χαμηλή ποιότητα ή στην άσχημη κατάσταση του πρωτογενούς υλικού.

Η διαδικασία της Γεωαναφοράς ολοκληρώνεται με την ενσωμάτωση των πληροφοριών των συντεταγμένων στην εικόνα και να δημιουργήσουμε μια νέα εικόνα με ιδιότητες χάρτη καθώς και να καθορίσουμε τις διαστάσεις του εικονοστοιχείου της παραγόμενης εικόνας και τον τύπο της παρεμβολής για την παραγωγή της.



**Εικόνα 30: Ενσωμάτωση Συντεταγμένων στην εικόνα**

Οι διαστάσεις των κελιών προκύπτουν από τον εμπειρικό κανόνα που περιγράφηκε παραπάνω, και είναι συνήθως κοντά στις προτεινόμενες από το λογισμικό τιμές, ενώ για τον τύπο της παρεμβολής που θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία της εικόνας υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές:

- Nearest neighbour: Η γρηγορότερη τεχνική, κατάλληλη για τοπογραφικούς, θεματικούς χάρτες κλπ. Χρησιμοποιεί το πλησιέστερο εικονοστοιχείο για την παρεμβολή.
- Bilinear interpolation & Cubic convolution: Απαιτητικές τεχνικές σε υπολογιστική ισχύ. Χρησιμοποιούν σταθμισμένους μέσους όρους ομάδων εικονοστοιχείων για την παρεμβολή. Κατάλληλες για συνεχείς επιφάνειες όπως αεροφωτογραφίες κλπ.

#### **ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1.4: ΘΕΜΑΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Σε ένα ΣΓΠ υπάρχει η ανάγκη να συμπεριλαμβάνονται χωρικά και αλφαριθμητικά δεδομένα. Η αποθήκευσή τους ελέγχεται είτε μέσω διαδικασιών που διατίθενται από το ίδιο το λογισμικό σύστημα, είτε από εξωτερικά, αυτόνομα εργαλεία διαχείρισης της βάσης δεδομένων. Οι βασικοί αλγόριθμοι εισαγωγής, διαχείρισης και στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων, που συμπεριλαμβάνονται στις ενισχυμένες εκδόσεις των λογισμικών ΣΓΠ (πχ ArcGIS), αρκούν για να γίνουν οι τυπικές λειτουργίες αποτύπωσης των μετρήσεων υπαίθρου σε ένα ψηφιακό, τοπογραφικό υπόβαθρο.

##### **1.4.1. Βάσεις δεδομένων – Γενικά**

Βάση δεδομένων ενός συστήματος πληροφοριών είναι μια κατάλληλα συνδυασμένη συγκέντρωση ορισμένων αρχείων του συστήματος με σκοπό τη δημιουργία ενός νέου, πιο αποτελεσματικού και λειτουργικά ολοκληρωμένου αρχείου, χωρίς περιττές επαναλήψεις στοιχείων, με δυνατότητα εξυπηρέτησης πολλών εφαρμογών – αναγκών και του οποίου τα στοιχεία αποθηκεύονται με τρόπο ώστε να είναι ανεξάρτητα από τα προγράμματα που τα χρησιμοποιούν (Μανιάτης, 1996).

Οι βασικοί όροι μιας βάσης δεδομένων είναι οι εξής:

- Πεδίο το οποίο περιέχει μια ιδιότητα ενός αντικειμένου
- Εγγραφή η οποία αποτελεί ένα σύνολο από χαρακτηριστικά ή ιδιότητες ενός αντικειμένου και
- Αρχείο που είναι το σύνολο των εγγράφων ενός αντικειμένου, τα πεδία των οποίων παίρνουν διαφορετικές τιμές. Ένα σύνολο από τέτοια αρχεία αποτελεί μια Βάση δεδομένων (Ισκιούπη κ.α., 2004).

The screenshot shows a software window titled "Section Description". At the top, there is a dropdown menu for "Section" set to "000-1" and a "Current Filter" button. Below this are several tabs: "Management Section", "PCI", "Events", "Deterioration Curve", and "Maintenance/Rehabilitation". The "Management Section" tab is active, displaying a form with the following fields and values:

- Sheet ID: 000, Beg Milepost: [empty], Beg Location: START
- Section ID: 1, End Milepost: [empty], End Location: END
- Street Name: ARMSTRONG WOODS RD - 89628
- Functional Class: 0 - Other, Originally Constructed: 04/28/1975, # of Lanes: 2
- Date Constructed: 02/13/2003, Length (ft): 100, Width (ft): 45, Area (sq ft): 4500
- Surface Type: A-AC
- General Code: [empty], Traffic Index: [empty]
- Funding Source: [empty], Outdate: [empty], IMTS: [empty], Shoulder Width: [empty]
- App ID: [empty], ΔDT: [empty], Attached Documents: 0
- Comments: [empty text area]

Εικόνα 31: Καρτέλα βάσης δεδομένων

#### 1.4.2. Βάσεις Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Τα διάφορα στοιχεία που καταχωρούνται σε ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών πρέπει να είναι οργανωμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν, με το μικρότερο δυνατό κόστος (σε χρήμα και χρόνο), τη λήψη όλων των πληροφοριών που χρειάζονται οι χρήστες. Για να επιτευχθεί αυτό, ο τρόπος καταχώρισης των στοιχείων πρέπει να ακολουθεί τις βασικές αρχές που διέπουν την οργάνωση, διαχείριση και επεξεργασία των βάσεων δεδομένων, προσαρμοσμένες βέβαια στις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης εφαρμογής (Μανιάτης, 1996).

Ο όρος βάση δεδομένων χρησιμοποιείται με πολλές σημασίες σε κάθε ΣΓΠ. Όσον αφορά το σχεδιαστικό και τοπολογικό μέρος σημαίνει τον τρόπο που το πρόγραμμα διαχειρίζεται, αποθηκεύει και ανακαλεί στοιχεία που αφορούν άμεσα στο γραφικό κυρίως περιβάλλον. Η συνήθης όμως, όπως και για άλλες εφαρμογές, χρήση του όρου, σημαίνει ένα σύνολο περιγραφικών πληροφοριών οι οποίες είναι τακτοποιημένες σε διαφόρους σχετικούς μεταξύ τους πίνακες καθώς και ένα σύνολο ερωτηματολογίων, μορφών παρουσίασης και αναφορών που αποθηκεύονται σε ένα αρχείο. Κάθε πίνακας είναι ένα μέρος μιας βάσης δεδομένων και αποτελείται από γραμμές και στήλες. Κάθε στήλη αποτελεί ένα πεδίο του πίνακα και κάθε

γραμμή συνίσταται από πολλά πεδία στα οποία εγγράφονται οι ειδικές πληροφορίες κάθε εγγραφής. Σε κάθε στήλη αντιστοιχίζεται ένας ορισμένος τύπος δεδομένων όπως ακέραιος, δεκαδικός, αλφαριθμητικός, κλπ (Υφαντής & Σαββαΐδης, 2004).

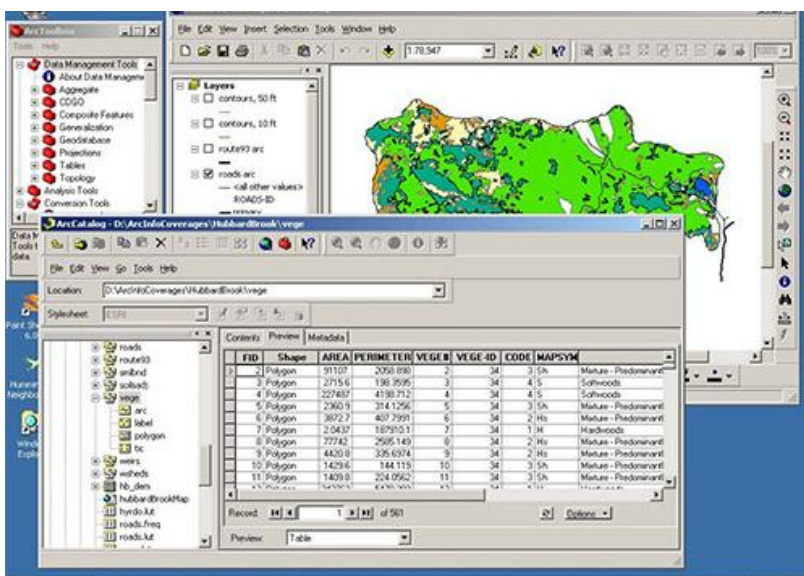
Η ύπαρξη των σχεσιακών βάσεων δεδομένων επέτρεψε στους σχεδιαστές των ΣΓΠ να διαχωρίσουν το πρόβλημα της αποθήκευσης δεδομένων σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο πρέπει να αποθηκευτεί η γεωμετρία και η τοπολογία των χωρικών αντικειμένων (χρήση διανυσματικού ή ψηφιδωτού μοντέλου), ενώ το δεύτερο στον τρόπο με τον οποίο θα αποθηκευτούν τα χαρακτηριστικά / ιδιότητές τους (περιγραφική πληροφορία). Σαν αποτέλεσμα έχουμε τη δημιουργία υβριδικών δομών, των “υβριδικών σχεσιακών βάσεων δεδομένων” που αναφέρονται και ως “γεωσχεσιακά μοντέλα” (Κίτσιου, 2001).

Όσον αφορά στην αποθήκευση της περιγραφικής πληροφορίας των χωρικών αντικειμένων γίνεται χρήση των σχεσιακών βάσεων δεδομένων που συναντώνται στο εμπόριο, όπως για παράδειγμα η βάση δεδομένων INFO που χρησιμοποιείται στο λογισμικό ArcInfo. Η πιο γνωστή υβριδική δομή είναι το “Τοπολογικό μοντέλο (Arc-Node) – Σχεσιακή Βάση Δεδομένων”. Στο τοπολογικό μοντέλο η αποθήκευση της τοπολογίας και των χωρικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων γίνεται σε πίνακες που διαχειρίζεται η βάση δεδομένων.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της υβριδικής δομής είναι:

- Η περιγραφική πληροφορία δεν είναι απαραίτητο να αποθηκευτεί μαζί με τη χωρική.
- Η περιγραφική πληροφορία μπορεί να μεταβληθεί, ενημερωθεί κλπ χωρίς να πρέπει να μεταβληθεί και η χωρική πληροφορία.
- Η αποθήκευση της περιγραφικής πληροφορίας στη σχεσιακή βάση δεδομένων δεν εμποδίζει την αποθήκευση της χωρικής πληροφορίας σε διάφορα χαρτογραφικά επίπεδα (Κίτσιου, 2001).

Ο ψηφιακός χάρτης αποτελείται από χαρτογραφική γραφική πληροφορία σε ψηφιακή μορφή και γι’ αυτό έχει την άμεση ανάγκη της διαχείρισης μιας βάσης χαρτογραφικών δεδομένων. Για την καλύτερη κατανόηση της δομής ενός ψηφιακού χάρτη, θεωρείται απαραίτητο να έχουμε βασικές γνώσεις, σχετικά με τις χαρτογραφικές βάσεις δεδομένων και τη γενικότερη οργάνωσή τους. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα χαρτογραφικών βάσεων, τα οποία ακολουθούν τα πρότυπα των συστημάτων διαχείρισης των βάσεων δεδομένων (Data Base Management Systems, DBMS). Οι περισσότερο γνωστές δομές βάσεων δεδομένων είναι: α) του απλού πίνακα, β) η ιεραρχική, γ) του δικτύου, δ) η σχεσιακή και ε) η αντικειμενοστραφής (Παρασχάκης κ.α., 1996).



Εικόνα 32 : Βάση χαρτογραφικών δεδομένων

Η βάση των χαρτογραφικών δεδομένων, περιλαμβάνει όλη εκείνη την πληροφορία που είναι απαραίτητη για τη σύνθεση του ψηφιακού χάρτη. Σ' αυτή βρίσκονται αποθηκευμένα όλα τα χαρτογραφικά δεδομένα, γεωμετρικά και θεματικά, συνοδευόμενα από την απαραίτητη τοπολογική πληροφορία. Η γεωμετρική πληροφορία περιγράφεται από τις συντεταγμένες όλων των σημείων που υπάρχουν στο χάρτη και οι οποίες δομούν τα χαρτογραφικά δεδομένα. Επίσης περιλαμβάνει τις σχέσεις μεταξύ των συντεταγμένων και τους χαρακτηρισμούς των χαρτογραφικών οντοτήτων, που ορίζουν την τοπολογία των χαρτογραφικών δεδομένων και αποδίδουν το θεματικό περιεχόμενο του ψηφιακού χάρτη (Zarzycki & Jiwani, 1986).

#### 1.4.3. Δημιουργία της βάσης δεδομένων ενός ΣΓΠ

Μια ισχυρή βάση δεδομένων είναι η καρδιά ενός ΣΓΠ. Ο ψηφιακός χάρτης αποτελείται από χαρτογραφική πληροφορία σε ψηφιακή μορφή και γι' αυτό έχει την άμεση ανάγκη της διαχείρισης μιας βάσης χαρτογραφικών δεδομένων.

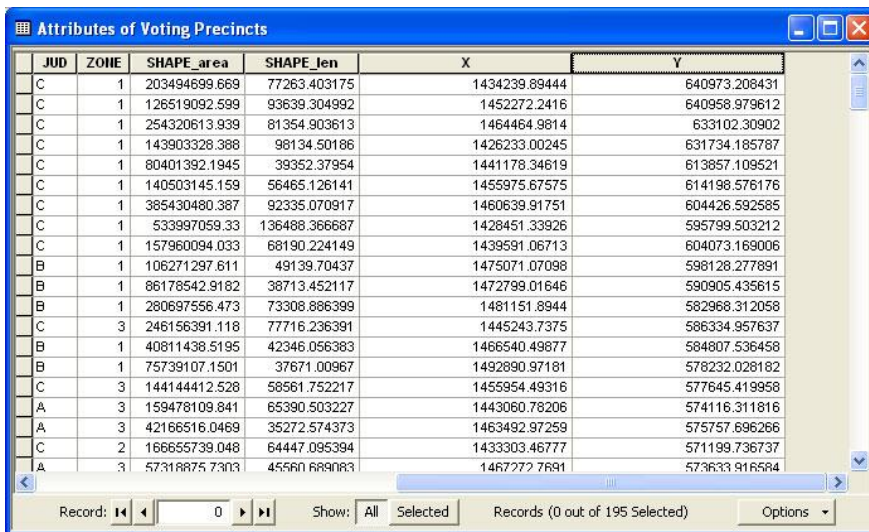
Η εισαγωγή δεδομένων σε ένα ΣΓΠ και η μετέπειτα απεικόνιση των αποτελεσμάτων είναι ο τρόπος με τον οποίο το ΣΓΠ επικοινωνεί με τον πραγματικό κόσμο. Με τον όρο εισαγωγή δεδομένων εννοούμε τη διαδικασία κωδικοποίησης των δεδομένων σε μια μορφή που μπορεί να διαβαστεί από τον υπολογιστή και την εγγραφή τους στη βάση δεδομένων του ΣΓΠ.

Η εισαγωγή δεδομένων σε ένα ΣΓΠ μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος αναφέρεται στην εισαγωγή ήδη υπάρχοντων αρχείων δεδομένων, ενώ ο δεύτερος στην εισαγωγή δεδομένων από το χρήστη. Η εισαγωγή των χωρικών δεδομένων από το χρήστη μπορεί να γίνει με χρήση

ψηφιοποιητή ή σαρωτή, ενώ η εισαγωγή της περιγραφικής πληροφορίας (attribute data) με το πληκτρολόγιο (Κίτσιου, 2001).

Τα περιεχόμενα μιας χωρικής βάσης δεδομένων αντιπροσωπεύουν μια άποψη του πραγματικού κόσμου και κατά συνέπεια, ο χρήστης "βλέπει" τον πραγματικό κόσμο μέσω αυτής. Επομένως, η δημιουργία μιας ακριβούς και καλά πληροφορημένης χωρικής βάσης δεδομένων είναι βασικό στοιχείο για την καλή λειτουργία ενός ΣΓΠ. Τα χωρικά δεδομένα είναι ουσιαστικά τα χωρικά αντικείμενα του πραγματικού κόσμου σε ψηφιακή μορφή. Αυτό που πρέπει να γίνει κατανοητό είναι ότι η απεικόνιση των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου μέσα σε ένα ΣΓΠ επιτυγχάνεται πάντα με το συνδυασμό σημείων, γραμμών ή περιοχών. Σε μια χωρική βάση δεδομένων μπορεί να περικλείονται στοιχεία που δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα, όπως για παράδειγμα οι ισουψεις καμπύλες μιας περιοχής, καθώς και αντικείμενα που δημιουργούνται για τις ανάγκες των διαφόρων εφαρμογών, όπως για παράδειγμα τα pixels που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση δεδομένων σε ψηφιδωτή μορφή (Παγουρτζή, 2000).

Όταν η γεωγραφική και η περιγραφική πληροφορία επαληθευτεί και αποθηκευτεί, η γεωγραφική βάση δεδομένων είναι πλέον έτοιμη για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση. Στάδιο προεπεξεργασίας των δεδομένων αποτελεί η μετατροπή τους σε ένα γνωστό γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων, έτσι ώστε η βάση δεδομένων να αντιπροσωπεύει πλέον ένα μοντέλο του πραγματικού κόσμου. Για το σκοπό αυτό, γίνεται χρήση σημείων αναφοράς των οποίων οι συντεταγμένες είναι γνωστές και τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή όλων των δεδομένων σε πραγματικές συντεταγμένες. Βασικό σημείο που πρέπει να τονισθεί εδώ είναι ότι όταν τα δεδομένα μιας περιοχής μελέτης έχουν αποθηκευτεί σε διαφορετικά χαρτογραφικά επίπεδα, πρέπει να γίνει μετατροπή τους σε ένα κοινό γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων, έτσι ώστε να είναι εφικτή η περαιτέρω ανάλυσή τους και ο συνδυασμός αυτή της πληροφορίας (Ανδρουλάκη, 2005).



JUD	ZONE	SHAPE_area	SHAPE_len	X	Y
C	1	203494699.669	77263.403175	1434239.89444	640973.208431
C	1	126519092.599	93639.304992	1452272.2416	640958.979612
C	1	254320613.939	81354.903613	1464464.9814	633102.30902
C	1	143903328.388	98134.50186	1426233.00245	631734.185787
C	1	80401392.1945	39352.37954	1441178.34619	613857.109521
C	1	140503145.159	56465.126141	1455975.67575	614198.576176
C	1	385430480.387	92335.070917	1460639.91751	604426.592585
C	1	533997059.33	136488.366687	1428451.33926	595799.503212
C	1	157960094.033	68190.224149	1439591.06713	604073.169006
B	1	106271297.611	49139.70437	1475071.07098	598128.277891
B	1	86178542.9182	38713.452117	1472799.01646	590905.435615
B	1	280697556.473	73308.886399	1481151.8944	582968.312058
C	3	246156391.118	77716.236391	1445243.7375	586334.957637
B	1	40811438.5195	42346.056383	1466540.49877	584807.536458
B	1	75739107.1501	37671.00967	1492890.97181	578232.028182
C	3	144144412.528	58561.752217	1455954.49316	577645.419958
A	3	159478109.841	65390.503227	1443060.78206	574116.311816
A	3	42166516.0469	35272.574373	1463492.97259	575757.696266
C	2	166655739.048	64447.095394	1433303.46777	571199.736737
A	3	57318875.7303	45560.689083	1467272.7691	573633.916584

Εικόνα 33: Παράδειγμα χωρικής βάσης δεδομένων

#### **1.4.4. Βασικά θεματικά επίπεδα χαρτών**

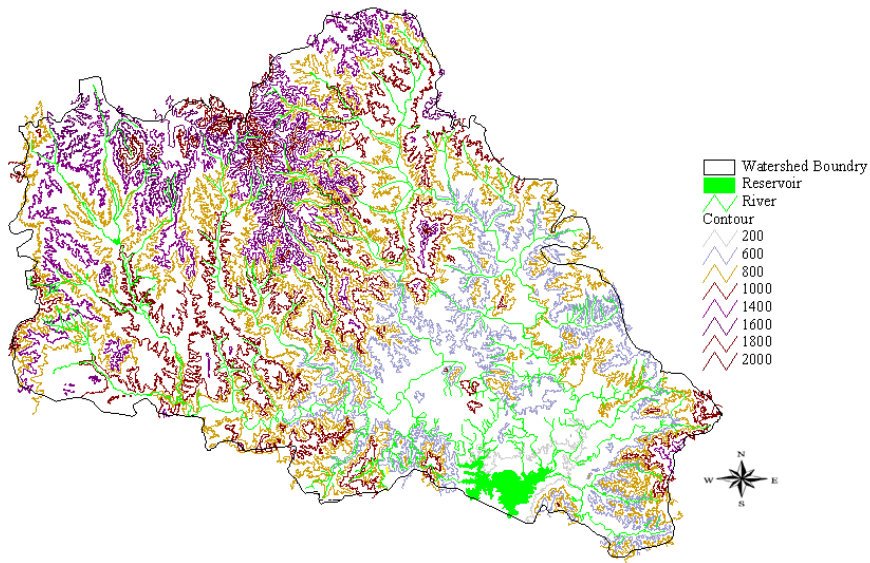
Η σχεδίαση των βάσεων δεδομένων που συνθέτουν έναν ψηφιακό χάρτη αποτελεί μια διαδικασία που γίνεται στα αρχικά στάδια μιας εργασίας και συγκεκριμένα αφού καθοριστούν οι στόχοι της. Τα διαφορετικά είδη χαρτών προϋποθέτουν και τις αντίστοιχες παραλλαγές της βάσης δεδομένων, ώστε να μην απουσιάζει κάποιο σημαντικό στοιχείο, αλλά και να μην υπάρξει περιττή πληροφορία. Το τελευταίο, είναι πιθανό να οδηγήσει σε καθυστερήσεις και δυσλειτουργίες σε ένα λογισμικό ΣΓΠ. Τα βασικά θεματικά επίπεδα καθώς και οι βάσεις δεδομένων τους περιγράφονται παρακάτω:

##### **Τοπογραφία**

Το θεματικό επίπεδο που αφορά την τοπογραφία της περιοχής μελέτης, έχει άμεση εξάρτηση με την κλίμακα παρουσίασης του ψηφιακού χάρτη. Πρόκειται για ένα επίπεδο πληροφορίας γραμμικού χαρακτήρα, του οποίου τα στοιχεία απεικονίζουν τις ισοϋψείς καμπύλες μιας περιοχής. Το μοναδικό πεδίο (στήλη) που είναι απαραίτητο για τη σωστή χρήση της συγκεκριμένης πληροφορίας, είναι η συμπλήρωση του υψομέτρου, που αντιστοιχεί σε κάθε καταγραφή (γραμμή). Ο τύπος των τιμών της στήλης είναι αριθμητικός, με τόσες θέσεις ψηφίων, όσες και το μεγαλύτερο υψόμετρο που υπάρχει στην περιοχή που καλύπτεται.

Σε αρκετές περιπτώσεις, όπου η κλίμακα είναι σχετικά μεγάλη (πχ 1:5.000) και το ανάγλυφο δεν είναι ιδιαίτερα έντονο, κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία ενός δεύτερου θεματικού επιπέδου, το οποίο έχει σημειακό χαρακτήρα. Αφορά τις καταγραφές τριγωνομετρικών σημείων με γνωστό υψόμετρο ή σημείων των οποίων οι συντεταγμένες και το υψόμετρο μετρίεται με συσκευές εντοπισμού θέσης (GPS). Η βάση δεδομένων έχει την ίδια δομή με αυτή που αναφέρθηκε στις ισοϋψείς καμπύλες, με τη διαφορά ότι θα μπορούσε να προβλεφθεί η ενσωμάτωση κάποιων δεκαδικών ψηφίων, τα οποία προσδίδουν μεγαλύτερη λεπτομέρεια, κατά το στάδιο σχεδίασης των πινάκων.





Εικόνα 34 : Θεματικό επίπεδο Τοπογραφίας

### Τοπωνύμια

Ένα από τα πιο χρήσιμα θεματικά επίπεδα, σε έναν ψηφιακό χάρτη, σχετίζεται με την προβολή των διαφόρων τοπικών ονομασιών, που μπορεί να αντιστοιχούν σε πόλεις, χωριά, βουνά, λίμνες, πελάγη κλπ. Στην περίπτωση αυτή, πρόκειται για ένα επίπεδο πληροφορίας με σημειακό χαρακτήρα, το οποίου η βάση δεδομένων περιλαμβάνει αρκετές, επί πλέον στήλες, εκτός των βασικών που αφορούν την τοπολογία και την περιγραφή του είδους των δεδομένων. Η τοποθέτηση των τοπωνυμίων σε ένα χάρτη, απαιτεί να επιτευχθεί μια ξεκάθαρη σχέση μεταξύ του σημείου και του ονόματός που του αντιστοιχεί (Freeman, 1991). Για να επιτευχθούν όλες οι απαραίτητες συνθήκες, ώστε να μην υπάρχουν επικαλύψεις, αλλά και για να είναι ευανάγνωστος ένας χάρτης, είναι απαραίτητη η σωστή σχεδίαση της δομής της βάσης δεδομένων. Συγκεκριμένα θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα παρακάτω πεδία:

- i. *κωδικός σημείου (N\_Id)*: αφορά στην κωδικοποίηση του σημείου, έχει αριθμητικό χαρακτήρα και χρειάζεται να έχει καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον τρία ψηφία, ανάλογα με τον αριθμό των τοπωνυμίων που θεωρεί ο χρήστης ότι πρέπει να καταχωρηθούν στη βάση δεδομένων του ΣΓΠ.
- ii. *ελληνική ονομασία (Name\_gr)*: αφορά στην ονομασία του σημείου με ελληνικούς χαρακτήρες. Έχει αλφαριθμητικό χαρακτήρα και χρειάζεται να έχει καθορισμένες θέσεις για αρκετά ψηφία (π.χ. Αγία Βαρβάρα). Το περιεχόμενο του πεδίου αυτού μπορεί να αναγράφεται στον ψηφιακό χάρτη, επάνω ή δίπλα στο σημείο που έχει καθοριστεί.
- iii. *λατινική ονομασία (Name\_it)*: αφορά στην ονομασία του σημείου με λατινικούς χαρακτήρες. Έχει αλφαριθμητικό χαρακτήρα και χρειάζεται να έχει καθορισμένες

θέσεις για αρκετούς ψηφία (π.χ. Agia Varvara). Η παρουσία της στήλης αυτής δεν αποτελεί υπερβολή, αφού λόγω περίπτωσης ασυμβατότητας των ελληνικών γραμματοσειρών, είναι πολύ πιθανή η προβληματική παρουσίαση του ψηφιακού χάρτη σε κάποιους υπολογιστές.

- iv. *είδος ονομασίας (Specif)*: αφορά στο είδος που αναφέρεται η ονομασία του σημείου. Κάθε καταγραφή θα μπορούσε να αναφέρεται σε χωριό, κορυφή, ποτάμι κλπ. Έχει αλφαριθμητικό χαρακτήρα και χρειάζεται να έχει καθορισμένες θέσεις για αρκετά ψηφία (π.χ. πέλαγος). Με βάση το πεδίο αυτό μπορεί να προσδιοριστεί ο τρόπος αναγραφής του πεδίου (ii) με διαφορετικό τρόπο ή ακόμα και η μη εμφάνιση κάποιων ομάδων (π.χ. να μην εμφανίζονται οι καταγραφές που αναφέρονται σε χωριά).
- v. *γωνία προβολής (Angle\_dg)*: αφορά στη γωνία αναγραφής της ονομασίας του σημείου, σε μοίρες. Έχει αριθμητικό χαρακτήρα και χρειάζεται να έχει καθορισμένες θέσεις για τρία ψηφία. Το πεδίο αυτό είναι απαραίτητο αν χρειαστεί να παρουσιαστούν τα περιεχόμενα του πεδίου (ii), υπό κάποια γωνία.

	Longitude	Latitude	Name	State
▶	-119.47	39.02	Incline Village	NV
	-82.68	27.56	St. Petersburg	FL
	-123.42	46.2	Lake Oswego	OR
	-76.25	40.17	Lancaster	PA
	-77.05	38.91	Alexandria	VA
	-74.34	39.49	Margate	NJ
	-70.84	42.5	Marblehead	MA
	-88.55	44.02	Oshkosh	WI
	-104.79	41.15	Cheyenne	WY
	-97.67	30.52	Round Rock	TX
	-122.11	47.67	Redmond	WA
	-97.34	37.69	Wichita	KS
	-122.15	37.45	Palo Alto	CA
*				

Record: 1 of 13

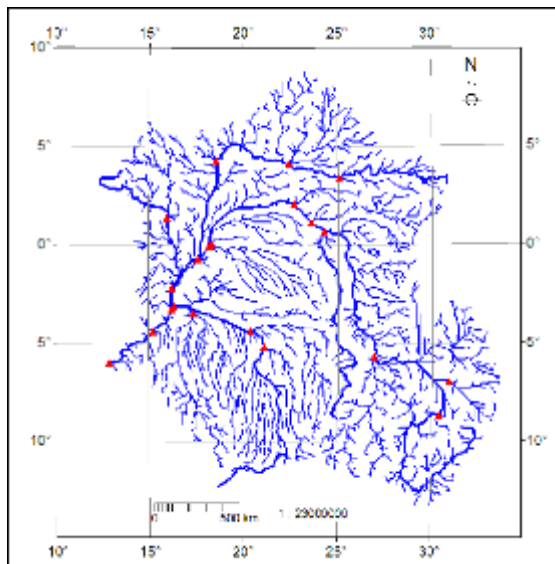
Εικόνα 35: Χαρακτηριστική Δομή Πίνακα Βάσης

## Υδρογραφία

Το θεματικό επίπεδο του υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνει τα στοιχεία που περιγράφουν την επιφανειακή ροή των υδάτων. Πρόκειται για ένα επίπεδο γραμμικού χαρακτήρα, το οποίο αποτελείται από τα ρέματα και ποτάμια, που διέρχονται από την περιοχή που μελετάται. Η αποτύπωση των στοιχείων αυτών είναι σημαντική, στη σύνθεση ενός ψηφιακού χάρτη, αφού σε συνδυασμό με την τοπογραφική πληροφορία γίνεται πιο ρεαλιστική η αίσθηση του αναγλύφου

μιας περιοχής. Η βάση δεδομένων που δημιουργείται, πρέπει να περιλαμβάνει πεδία που να είναι σημαντικά, αφ' ενός στην σωστή απεικόνιση της επιφανειακής απορροής της περιοχής και αφ' ετέρου στους μορφοτεκτονικούς και μορφομετρικούς υπολογισμούς, οι οποίοι γίνονται σε επόμενα στάδια επεξεργασίας μέσω του ΣΓΠ. Η περιγραφή των πεδίων έχει ως εξής:

- i. *κωδικός κλάδου ( $S\_ld$ ):* αφορά στην κωδικοποίηση του κάθε κλάδου, έχει αριθμητικό χαρακτήρα και χρειάζεται να έχει καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον πέντε ψηφία, ανάλογα με την πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου και τη λεπτομέρεια απεικόνισής του. Η τελευταία αποτελεί υποκειμενικό κριτήριο για κάθε χρήστη και σχετίζεται με τη βαρύτητα που θέλει να δώσει στην επιφανειακή απορροή.
- ii. *Μήκος κλάδου ( $S\_length$ ):* το πεδίο αφορά στο επιφανειακό μήκος του κάθε κλάδου, αφού πρώτα έχουν καθοριστεί οι μονάδες μέτρησής του μέσω του γεωγραφικού συστήματος προβολής. Πρόκειται για αριθμητικού χαρακτήρα πεδίο με καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον πέντε ψηφία. Ανάλογα με την ακρίβεια μέτρησης του μήκους, είναι πιθανό να χρειαστούν και δεκαδικά ψηφία. Το πεδίο αυτό συμπληρώνεται αυτόματα μέσα από αλγορίθμους που συμπεριλαμβάνονται σε κάθε λογισμικό ΣΓΠ με πολύ μεγάλη ακρίβεια μέτρησης.
- iii. *τάξη κατά Strahler ( $S\_order$ ):* πρόκειται για πεδίο αριθμητικού χαρακτήρα που προσδιορίζει την τάξη ενός συγκεκριμένου κλάδου σύμφωνα με την ταξινόμησή του κατά (Strahler, 1958). Χρειάζεται να έχει καθορισμένες θέσεις για δύο ψηφία, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση δεκαδικών. Η χρήση του πεδίου αυτού γίνεται σε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητη η διάκριση και απεικόνιση των κλάδων στις διάφορες τάξεις.



Εικόνα 36: Θεματικό επίπεδο υδρογραφικού δικτύου

## Γεωλογία

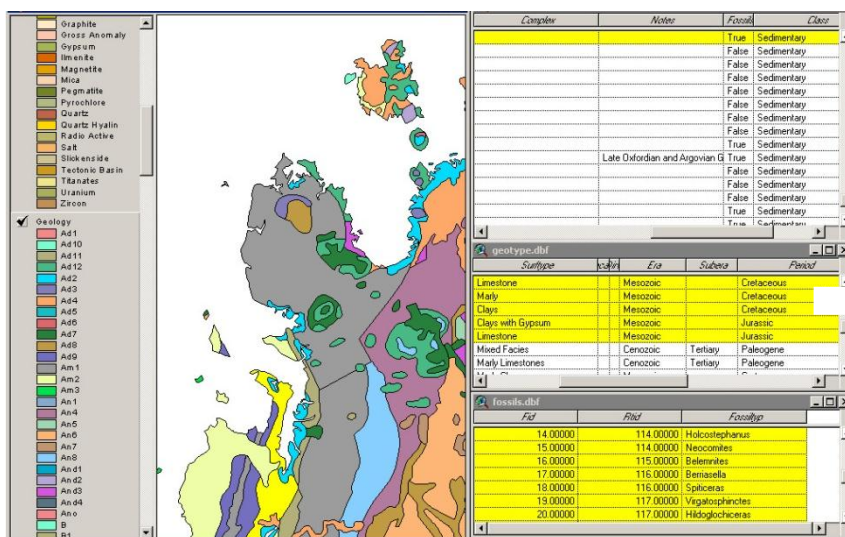
Το βασικότερο θεματικό επίπεδο ενός ψηφιακού γεωλογικού χάρτη, αποτελεί αυτό που απεικονίζει την επιφανειακή εμφάνιση και οριοθέτηση των γεωλογικών σχηματισμών. Προκύπτει από την αποτύπωση της γεωλογικής χαρτογράφησης και εισαγωγή των δεδομένων υπαίθρου στο ΣΓΠ. Πρόκειται για ένα επίπεδο πληροφορίας πολυγωνικού χαρακτήρα και καλύπτει ολόκληρη την περιοχή που μελετάται, εφ' όσον αυτή δεν περιέχει υδάτινα σώματα (λίμνες, θάλασσα). Τα όρια μεταξύ των παρακείμενων πολυγώνων είναι κοινά, χωρίς να μένει κενός ο ενδιάμεσος χώρος. Τα πεδία της βάσης δεδομένων είναι αρκετά, ενώ το είδος της χαρτογράφησης (υδρογεωλογική, γεωτεχνική κλπ) μπορεί να απαιτήσει την ενσωμάτωση πρόσθετων πεδίων. Τα πεδία που συνέθεσαν τη βάση δεδομένων για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής, περιγράφονται παρακάτω:

- i. *κωδικός πολυγώνου ( $G\_id$ ):* αφορά στην κωδικοποίηση του πολυγώνου, έχει αριθμητικό χαρακτήρα και χρειάζεται να έχει καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον τέσσερα ψηφία, ανάλογα με το πλήθος των πολυγώνων, που θεωρεί ο χρήστης ότι πρέπει να καταχωρηθούν στη βάση δεδομένων του ΣΓΠ.
- ii. *εμβαδόν πολυγώνου ( $G\_area$ ):* το πεδίο αφορά στο επιφανειακό εμβαδόν του κάθε πολυγώνου, αφού πρώτα έχουν καθοριστεί οι μονάδες μέτρησής του μέσω του γεωγραφικού συστήματος προβολής. Πρόκειται για αριθμητικού χαρακτήρα πεδίο με καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον δέκα ψηφία. Ανάλογα με την ακρίβεια μέτρησης του εμβαδού, είναι πιθανό να χρειαστούν και δεκαδικά ψηφία. Το πεδίο αυτό συμπληρώνεται αυτόματα μέσα από αλγορίθμους που συμπεριλαμβάνονται σε κάθε λογισμικό ΣΓΠ με πολύ μεγάλη ακρίβεια μέτρησης.
- iii. *περίμετρος πολυγώνου ( $G\_perim$ ):* το πεδίο αυτό συμπληρώνεται, επίσης, αυτόματα μέσα από αλγορίθμους που συμπεριλαμβάνονται σε κάθε λογισμικό ΣΓΠ με πολύ μεγάλη ακρίβεια μέτρησης. Αφορά στην περίμετρο του κάθε πολυγώνου, αφού πρώτα έχουν καθοριστεί οι μονάδες μέτρησής του μέσω του γεωγραφικού συστήματος προβολής. Πρόκειται για αριθμητικού χαρακτήρα πεδίο με καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον δέκα ψηφία. Ανάλογα με την ακρίβεια μέτρησης της περιμέτρου, είναι πιθανό να χρειαστούν και δεκαδικά ψηφία.
- iv. *λιθολογία ( $G\_lithol$ ):* στο πεδίο αυτό αναγράφεται μια σύντομη περιγραφή της λιθολογικής σύστασης του σχηματισμού, στον οποίο αναφέρεται κάθε πολυγωνική επιφάνεια. Πρόκειται για πεδίο αλφαριθμητικού χαρακτήρα με καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον τριάντα χαρακτήρες. Το πλήθος των θέσεων μπορεί να είναι και μεγαλύτερο (μέχρι 256 ψηφία), όμως είναι σημαντικό να ληφθεί υπ' όψιν ότι γίνεται προσπάθεια μείωσης του όγκου της βάσης δεδομένων, με σκοπό την καλύτερη και γρηγορότερη διαχείρισή της. Με την ίδια αντιμετώπιση θα πρέπει να καθορίζονται όλα τα αλφαριθμητικά πεδία.
- v. *αλπικό πέτρωμα ( $G\_alpine$ ):* ο χαρακτήρας του πεδίου αυτού είναι δυαδικός και συμπληρώνεται με την παρατήρηση, αν είναι αληθής ή ψευδής ο χαρακτηρισμός του πολυγώνου. Έτσι στα πολύγωνα που αναφέρονται σε αλπικά πετρώματα εισάγεται η λέξη *True* και σε αυτά που αναφέρονται σε μεταλλικά ιζήματα εισάγεται η λέξη *False*.

- vi. *γεωτεκτονική ενότητα (G\_unit)*: το πεδίο αυτό συμπληρώνεται με την ονομασία της γεωτεκτονικής ενότητας στην οποία ανήκει ο σχηματισμός, στον οποίο αναφέρεται το κάθε πολύγωνο. Έχει αλφαριθμητικό χαρακτήρα με θέσεις για τουλάχιστον τριάντα ψηφία. Στην περίπτωση που ο σχηματισμός είναι μεταλικός και κατά συνέπεια δεν εντάσσεται σε κάποια ενότητα, το πεδίο παραμένει κενό. Στην περιοχή της Κρήτης, το πεδίο συμπληρώθηκε με τις ονομασίες των Νεογενών σχηματισμών (βλ. Κεφ. 2).
- vii. *κατώτερη ηλικία (G\_agemin)*: στο πεδίο αυτό καταγράφεται η παλαιότερη ηλικία που έχει προσδιοριστεί για τον σχηματισμό στον οποίο αναφέρεται το κάθε πολύγωνο. Έχει αλφαριθμητικό χαρακτήρα με θέσεις για τουλάχιστον τριάντα ψηφία.
- viii. *ανώτερη ηλικία (G\_agemax)*: στο πεδίο αυτό καταγράφεται η νεότερη ηλικία που έχει προσδιοριστεί για τον σχηματισμό στον οποίο αναφέρεται το κάθε πολύγωνο. Έχει αλφαριθμητικό χαρακτήρα με θέσεις για τουλάχιστον τριάντα ψηφία.
- ix. *συμβολισμός (G\_symbol)*: πρόκειται για αλφαριθμητικό πεδίο με θέσεις για τουλάχιστον δέκα ψηφία. Συμπληρώνεται με βάση το συμβολισμό που υιοθετεί ο χρήστης και θέλει να εμφανίζεται στο κέντρο βάρους του κάθε πολυγώνου, κατά την οπτικοποίηση του ψηφιακού χάρτη. Συνήθως, αποτελείται από γράμματα και αριθμούς που υποδηλώνουν τη λιθολογική σύσταση και την ηλικία του πετρώματος στο οποίο αναφέρεται κάθε πολυγωνική επιφάνεια.
- x. *απολιθώματα (G\_fossil)*: στο πεδίο αυτό γίνεται καταγραφή των απολιθωμάτων που έχουν βρεθεί στον σχηματισμό, στον οποίο αντιστοιχεί το κάθε πολύγωνο. Η συμπλήρωσή του αφορά βιβλιογραφικές αναφορές, που θα αναφέρονται τα πιο χαρακτηριστικά απολιθώματα του κάθε σχηματισμού ή και παρατηρήσεις υπαίθρου μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των δειγμάτων. Πρόκειται για πεδίο αλφαριθμητικού χαρακτήρα, το οποίο χρειάζεται καθορισμό αρκετών ψηφίων.
- xi. *περιβάλλον απόθεσης (G\_envsed)*: πρόκειται για αλφαριθμητικό πεδίο με καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον πενήντα ψηφία. Σε αυτήν τη στήλη συμπληρώνονται οι συνθήκες ιζηματογένεσης του σχηματισμού, στον οποίο αναφέρεται το κάθε πολύγωνο. Η σημασία του πεδίου αυτού είναι μεγάλη στις περιπτώσεις όπου επιχειρείται να γίνει αναδόμηση του παλαιογεωγραφικού χώρου και έχει έννοια στις περιπτώσεις των μεταλικών ιζημάτων.
- xii. *περιγραφή (G\_text)*: στις περιπτώσεις όπου ο τελικός χρήστης του ψηφιακού χάρτη χρειάζεται περισσότερες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του κάθε σχηματισμού, μπορεί να προβλεφθεί η παρουσίαση ενός κειμένου με αναλυτικά στοιχεία του. Η λειτουργία αυτή συμπεριλαμβάνεται στα περισσότερα λογισμικά ΣΓΠ και το κείμενο εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή υπό μορφή παραθύρου. Για να γίνει αυτό, πρέπει να προβλεφθεί η ύπαρξη του συγκεκριμένου πεδίου, το οποίο συμπληρώνεται με την πλήρη ονομασία του αρχείου κειμένου, που έχει δημιουργηθεί. Πρόκειται για πεδίο αλφαριθμητικού χαρακτήρα, το οποίο έχει καθορισμένες θέσεις για τουλάχιστον εκατό ψηφία, ανάλογα με την διεύθυνση των αρχείων που θα χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό.
- xiii. *φωτογραφία (G\_photo)*: αφορά παρόμοια περίπτωση με την προηγούμενη και το πεδίο

σχεδιάζεται να έχει τα ίδια χαρακτηριστικά. Η διαφορά είναι ότι αντί για αρχείο κειμένου, εμφανίζεται η φωτογραφία μιας χαρακτηριστικής εμφάνισης του σχηματισμού, ώστε ο τελικός χρήστης του ψηφιακού χάρτη να έχει πληρέστερη αντίληψη του σχηματισμού για τον οποίον ενδιαφέρεται.

Ο συνδυασμός των παραπάνω πεδίων μπορεί να οδηγήσει στην κατασκευή ενός μεγάλου αριθμού θεματικών χαρτών ανάλογα με την επιθυμία του τελικού χρήστη. Η κατηγοριοποίηση της πληροφορίας, μέσω της χρησιμοποίησης της βάσης δεδομένων ενός ΣΓΠ, διευκολύνει και επιταχύνει τη διαδικασία της χαρτογραφικής σύνθεσης. Επίσης, η περαιτέρω εκμετάλλευση των υπολογιστικών δυνατοτήτων ενός λογισμικού ΣΓΠ, οδηγεί στη σύνθετη αναζήτηση καταγραφών, με βάση πολύπλοκα ερωτήματα, που εξετάζουν τα περιεχόμενα όλων των πεδίων και δίνουν συγκεκριμένες χωρικές απαντήσεις.



**Εικόνα 37 : Χαρακτηριστικό Παράδειγμα Θεματικού Χάρτη**

**ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1.5: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ**

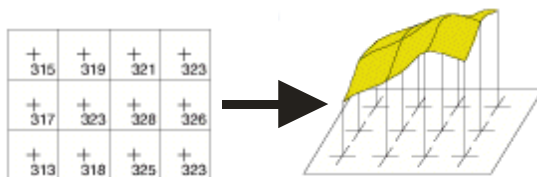
**1.5.1. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model)**

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους ή ψηφιακά μοντέλα ανάγλυφου είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του ανάγλυφου στο χώρο και χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της τοπογραφίας μιας περιοχής. 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).

Η χρήση των θεματικών επιπέδων που αποτελούν το τοπογραφικό υπόβαθρο του ψηφιακού χάρτη (ισοϋψείς καμπύλες, υψομετρικά σημεία), μπορούν να συνδυαστούν και μετά από εφαρμογή συγκεκριμένου αλγορίθμου, να παραχθεί το ΨΜΑ της περιοχής που καλύπτεται. Σε ένα ΣΓΠ, δίνεται η ευκαιρία για μοντελοποίηση, ανάλυση και οπτικοποίηση φαινομένων που σχετίζονται με την τοπογραφία, μέσω της δημιουργίας ενός ΨΜΑ (Weibel & Heller, 1991).

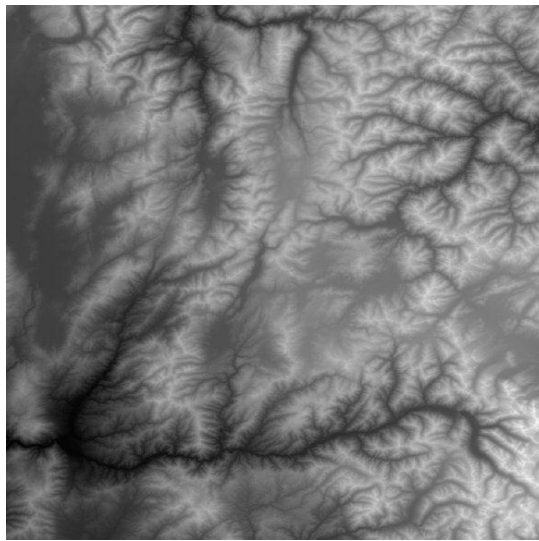
Η ουσιαστική διαδικασία που περιλαμβάνεται σε τέτοιου είδους αλγορίθμους, περιλαμβάνει την μετατροπή όλων των γραμμικών στοιχείων (ισοϋψών καμπυλών) σε σημεία με τιμές τεταγμένης, τετμημένης και του υψομέτρου της καμπύλης από την οποία προέρχονται. Το νέο σημειοσύνολο, εμπλουτισμένο με τα στοιχεία από το αρχείο των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής, αποθηκεύεται σε ένα νέο αρχείο. Είναι προφανές, ότι όσο περισσότερα είναι τα σημεία που αποτελούν το σημειοσύνολο, τόσο πιστότερο θα είναι το ΨΜΑ που θα δημιουργηθεί.



**Εικόνα 38: Αντιστοίχιση τιμών υψομέτρου σε κανάβο ΨΜΑ**

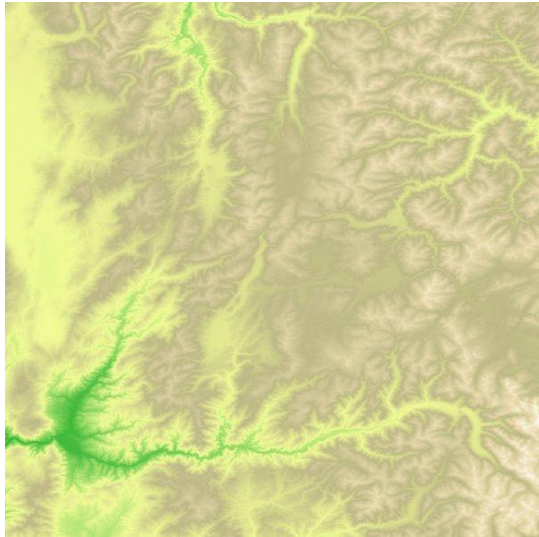
Με τη μέθοδο της παρεμβολής σημείων, στον ενδιάμεσο χώρο, όπου δεν υπάρχουν καταγραφές, υπολογίζονται οι τιμές των υψομέτρων με μαθηματικές μεθόδους. Για κάθε σημείο το οποίο είχε προκαθορισμένη τιμή, αυτή παραμένει, ενώ για τα ενδιάμεσα σημεία δίνεται η νέα, υπολογισμένη τιμή. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, είναι η δημιουργία ενός κανάβου από κελιά, σε κάθε κελί του οποίου αντιστοιχείται μια τιμή, που αναφέρεται στο υψόμετρο. Οι διαστάσεις των κελιών καθορίζονται πριν από την έναρξη της διαδικασίας, ενώ η ανάλυση του ΨΜΑ είναι αντιστρόφως ανάλογη με αυτές. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των κελιών, τόσο μειώνεται η ποιότητα της ψηφιακής αποτύπωσης του αναγλύφου. Φυσικά, η τελευταία έχει άμεση συνάρτηση και με την πυκνότητα των καταγραφών, της ισοδιάστασης των ισοϋψών καμπυλών κλπ. και αποκαλείται χωρική ανάλυση του ΨΜΑ.

Η απεικόνιση ενός ΨΜΑ μπορεί να γίνει είτε ως ασπρόμαυρη εικόνα με τα χαμηλότερα υψόμετρα να έχουν σκούρες τιμές και τα μεγαλύτερα υψόμετρα να έχουν φωτεινές τιμές,



**Εικόνα 39: Απεικόνιση ΨΜΑ σε ασπρόμαυρη εικόνα**

είτε χρησιμοποιώντας μια παλέτα με διαβαθμίσεις χρωμάτων, η οποία όμως να είναι ικανή να αποδίδει σωστά τις μεταβολές του αναγλύφου.



**Εικόνα 40: Απεικόνιση ΨΜΑ με διαβαθμίσεις χρωμάτων**

Η κατασκευή ενός ΨΜΑ είναι πολύ σημαντική και αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα θεματικά επίπεδα, όχι τόσο για τη σύνθεση ενός ψηφιακού χάρτη, όσο για τη χρήση του σε επόμενα



στάδια στην παραγωγή απεικονίσεων της μορφολογίας με διαφορετικούς τρόπους, αλλά και σε άλλες διαδικασίες όπως η ορθοαναγωγή δεδομένων τηλεπισκόπησης.

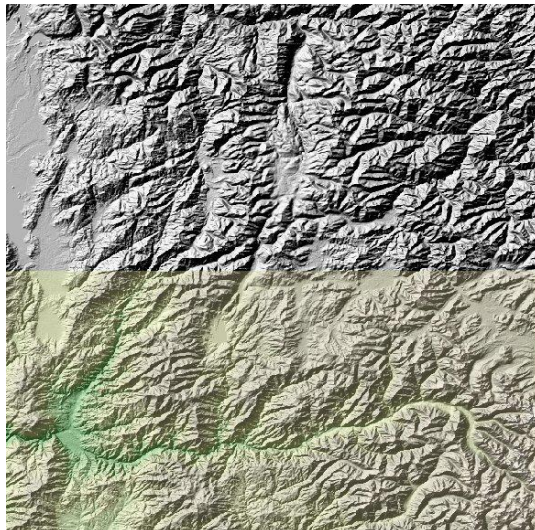
Συνήθως τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους χρησιμοποιούνται για:

- Τη δημιουργία τρισδιάστατων αναπαραστάσεων (3D), για την ευκολότερη κατανόηση της μορφολογίας της περιοχής.
- Εφαρμογές σε τεχνικά θέματα, όπως επιμετρήσεις όγκων και χωματισμών για έργα οδοποιίας και υδραυλικών έργων, όπως ο σχεδιασμός διαδρομών οδικού δικτύου και ο εντοπισμός βέλτιστης θέσης δεξαμενής αποθήκευσης ύδατος.
- Εφαρμογές σε θέματα αρχιτεκτονικής τοπίου, όπως είναι η αναπαράσταση του αναγλύφου περιοχής μελέτης, συμβάλλοντας στην κατανόηση της μορφολογίας του εδάφους, αλλά και στην δυνατότητα αναπαράστασης της μορφολογίας που θα προκύψει μετά από παρεμβάσεις.
- Εφαρμογές γενικότερα σε θέματα περιβάλλοντος και μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), όπως η βέλτιστη χωροθέτηση ΧΥΤΑ, Αιολικού πάρκου ή πάρκου κεραιών.
- Εφαρμογές στην υδρολογία, με τον υπολογισμό πλήθους υδρολογικών παραμέτρων, όπως είναι ο υδροκρίτης, η διεύθυνση ροής, η συγκέντρωση νερού, ο χρόνος συγκέντρωσης, η διαδρομή του νερού στην επιφάνεια, κ.ά..
- Εφαρμογές ράδιο-ηλεκτρονικής, όπως είναι, η εύρεση βέλτιστης θέσης εγκατάστασης αναμεταδότη ραδιοφωνικού σταθμού, συχνότητας VHF ή κινητής τηλεφωνίας.
- Στατιστικές αναλύσεις και συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών τύπων αναγλύφου εδάφους.
- Διορθώσεις παραμορφώσεων δορυφορικών εικόνων (σε ειδικές περιπτώσεις), λόγω υψομέτρου.
- Εφαρμογές στις γεωργικές επιστήμες, όπως στη δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας προσβολής από παγετούς σε αγροτεμάχια ή στη δημιουργία χαρτών καταλληλότητας καλλιεργειών.
- Δημιουργία επιπρόσθετων πληροφοριών, όπως είναι οι κλίσεις επιφανειών, ο προσανατολισμός τους, και η τεχνητή σκίαση.

### **Σκιασμένο ανάγλυφο (*Shaded Relief*)**

Ο συνηθέστερος τρόπος απεικόνισης της επιφάνειας της γης είναι ένας χάρτης σκιασμένου αναγλύφου. Πρόκειται για μια εικόνα της περιοχής που μελετάται, στην οποία φαίνονται οι υψομετρικές διαφοροποιήσεις της. Βασίζεται στην ψευδο-τοποθέτηση μιας φωτεινής πηγής σε συγκεκριμένη αζιμουθιακή γωνία, η οποία καθορίζεται από το χρήστη, που καθορίζει και τη γωνία πρόσπτωσης του φωτός στην επιφάνεια της γης. Με τον τρόπο αυτό, εμφανίζονται υπερφωτισμένες οι περιοχές που έχουν προσανατολισμό αντίρροπο με αυτόν της φωτεινής πηγής και σκιασμένες αυτές που έχουν τον ίδιο προσανατολισμό. Οι χάρτες σκιασμένου αναγλύφου προέρχονται από την επεξεργασία ΨΜΑ, έχουν μορφή κανάβου και τα κελιά του λαμβάνουν τιμές από 0 ως 255. Συνεπώς, πρόκειται για εικόνες που χρησιμοποιούν τις χρωματικές διαβαθμίσεις του γκρι. Στον υπολογισμό του αναγλύφου, ο αλγόριθμος συγκρίνει τα

στοιχεία της φωτεινής πηγής με τον προσανατολισμό κάθε κελιού του ΨΜΑ. Σε κάθε κελί δίνεται μια τιμή μεταξύ -1 και +1, η οποία προσδιορίζει το ποσό του φωτός που ανακλάται από αυτό. Οι αρνητικές και μηδενικές τιμές αντιπροσωπεύουν τις σκιασμένες περιοχές, ενώ οι θετικές τιμές αντιστοιχούν σε περιοχές με τη μεγαλύτερη ανάκλαση. Οι τιμές που προκύπτουν, εφαρμόζονται στις αρχικές τιμές των κελιών του ΨΜΑ για να προκύψει ο τελικός χάρτης σκιασμένου αναγλύφου. Όλες οι αρνητικές και μηδενικές τιμές αντικαθίστανται με το 0 και απεικονίζονται ως σκιασμένες. Η χρήση τους είναι πολύ σημαντική διότι δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να τονίζει τις μορφολογικές μεταβολές και κατ' επέκταση τα γεωλογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής, αλλάζοντας τις ιδιότητες της φωτεινής πηγής. Για παράδειγμα, προσαρμόζοντας τη φωτεινή πηγή σε αζιμούθιο  $45^\circ$ , τονίζονται οι μορφολογικές ασυνέχειες που έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, δηλαδή εγκάρσια σε αυτήν.



Εικόνα 41: Χάρτης Σκιασμένου Αναγλύφου

### Χάρτης κλίσεων (*Slope Map*)

Ένας χάρτης κλίσεων παρέχει το μοντέλο προσομοίωσης για τον βαθμό (κλιμάκωση) της κλίσης μιας επιφάνειας εδάφους (ή και γενικότερα οποιασδήποτε συνεχούς επιφάνειας). Οι χάρτες κλίσεων απεικονίζουν την κατανομή των μορφολογικών κλίσεων των πρανών μιας περιοχής, με τα αποτελέσματα ομαδοποιημένα σε εύρη ανάλογα με το μέγεθός των κλίσεων, είτε σε μοίρες ( $^\circ$ ) ή επί τοις εκατό (%). Οι διάφορες κλίσεις συμβολίζονται συνήθως με διαφορετικό χρωματισμό ή φωτεινότητα.

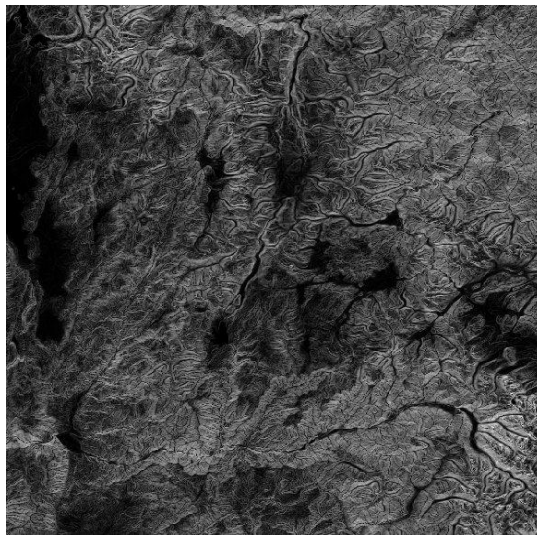
Σημαντικότερο ρόλο παίζει η δυνατότητα ταξινόμησης των διαφόρων τιμών της κλίσης σε τάξεις, ανάλογα με την εφαρμογή. Είναι δυνατή η δημιουργία μεγάλου αριθμού τάξεων με οποιοδήποτε εύρος, αλλά είναι πολύ πιο αποτελεσματική μια μικρή ταξινόμηση περιοχών με παρόμοια συμπεριφορά, ως προς τις κλίσεις, ώστε η απεικόνιση του χάρτη να είναι ικανή να αποδώσει μια ρεαλιστική εικόνα της περιοχής.

Εξ ορισμού η τιμή της κλίσης σε οποιοδήποτε σημείο αποτελεί συνάρτηση της υψομετρικής του διαφοράς από κάποιο άλλο σημείο που βρίσκεται σε συγκεκριμένη απόσταση (βαθμίδα μεταβολής των υψομέτρων). Ουσιαστικά υπολογίζεται αρχικά η βαθμίδα μεταβολής των υψομέτρων (σε m/m) και στη συνέχεια η τιμή της κλίσης (σε μοίρες) από το τόξο της εφαπτομένης. Ο αλγόριθμος παραγωγής ενός χάρτη κλίσεων από τον κάρναβο του ΨΜΑ σαρώνει την υπό μελέτη περιοχή σταδιακά, υπολογίζοντας κάθε φορά το άνωσμα της κλίσης από τη μέγιστη ταπείνωση του αναγλύφου μεταξύ της κεντρικής ψηφίδας ενός παραθύρου 3x3 κελιών και των οκτώ γειτονικών του. Ως σημεία αναφοράς για την μέτρηση των αποστάσεων λαμβάνονται τα κέντρα των κελιών του ΨΜΑ. Οι παραπάνω αποστάσεις βάσει των οποίων εκτιμάται κάθε φορά το άνωσμα της κλίσης σχετίζονται με την χωρική ανάλυση του εκάστοτε πλέγματος υψομετρικών τιμών του ΨΜΑ.

Παρόλο που οι χάρτες κλίσεων αποτελούν σημαντικά προϊόντα των περισσότερων εφαρμογών που έχουν ως βάση τους ένα ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου, ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται συνήθως στη παραγωγή του προσομοιωμένου ανάγλυφου, υποτιμώντας το ρόλο της μεθόδου που ακολουθείται για την εκτίμηση της κλίσης. Ο όρος 'εκτίμηση' παραπέμπει στην αδυναμία υπολογισμού των πραγματικών κλίσεων σε περιοχές μεγάλης κλίμακας με τις συμβατικές μεθόδους συλλογής δεδομένων π.χ. σε υδρολογικές λεκάνες. Το ενδιαφέρον για την ορθή εκτίμηση της κλίσης οφείλεται στο βασικό της ρόλο για το μετέπειτα υπολογισμό μιας σειράς παραμέτρων σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως μορφοτεκτονικών (οριοθέτηση ρηξιγενών δομών, καθορισμός επιφανειών επιπέδωσης και κατά βάθος διάβρωσης), υδρολογικών (π.χ. προσομοίωση της επιφανειακής απορροής), περιβαλλοντικών (π.χ. μοντέλα εκτίμησης της διάβρωσης, αναγνώριση και διαχείριση επικινδυνότητων όπως κατολισθήσεις και πλημμύρες) καθώς και πιο σύνθετων, όπως η διερεύνηση της οικιστικής καταλληλότητας μιας περιοχής.

Οι εφαρμογές που μπορεί να έχουν τέτοιου είδους χάρτες, ιδιαίτερα στην πρόληψη και διαχείριση φυσικών καταστροφών είναι οι εξής:

- Στον εντοπισμό περιοχών με ευνοϊκές συνθήκες για την εκδήλωση τοπικών πλημμυρικών φαινομένων, αφού σημαντικό παράγοντα αποτελούν οι γεωμορφολογικές συνθήκες μιας περιοχής (μικρές κλίσεις) σε συνδυασμό με τη σημαντική χωρική μεταβλητότητα της βροχής.
- Στην επικινδυνότητα διάβρωσης και στην προσομοίωση της εδαφικής απορροής, παράγοντες που συνδέονται άμεσα με την κλίση του πρσανούς και συνεπώς σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων μπορούν να εντοπιστούν περιοχές για μεταφορά και απόθεση εδαφών, καθώς και τα ποσοτικά μεγέθη αυτών, χρησιμοποιώντας μοντέλα που βασίζονται στους χάρτες κλίσεων.
- Στην οικιστική καταλληλότητα μιας περιοχής.
- Στην οριοθέτηση ενεργών ρηξιγενών δομών οι οποίες συνήθως σχετίζονται με τις έντονες μορφολογικές κλίσεις, που μπορούν να επισημανθούν σε ένα χάρτη κλίσεων.
- Στην εκτίμηση κατολισθητικού κινδύνου σε συνδυασμό με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά και τις επικρατούσες λιθολογίες μιας περιοχής.



Εικόνα 42: Χάρτης Κλίσεων

### Χάρτης προσανατολισμού πρανών (*Aspect Map*)

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πρανών ορίζονται από τη κλίση τους, τη καμπυλότητα κατά ή/και κάθετα στη διεύθυνση της κλίσης και τον προσανατολισμό τους.

Η απεικόνιση του προσανατολισμού των πρανών μέσω αλγορίθμων των ΣΓΠ γίνεται με τη κατασκευή των χαρτών προσανατολισμού πρανών ή *aspect maps*. Για την ταξινόμηση χρησιμοποιείται ο τριγωνομετρικός κύκλος με αρχή το Βορρά και ένδειξη  $0^\circ$ , που ακολουθώντας τη φορά των δεικτών του ρολογιού φτάνει έως τις  $359^\circ$ . Οι επίπεδες επιφάνειες εφόσον δεν έχουν κάποιο προσανατολισμό παίρνουν τιμή  $-1$ . Στους χάρτες αυτούς, ουσιαστικά, δίδεται η φορά της μέγιστης κλίσης για τα πρανή. Οι χάρτες αυτοί σχεδιάζονται με βάση τα δεδομένα των κελιών του κανάβου ενός Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου.

Οι συγκεκριμένοι χάρτες χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων, στη διαχείριση των φυσικών καταστροφών και του φυσικού περιβάλλοντος. Σχετικά με τις φυσικές καταστροφές, σχετίζονται κυρίως με τις κατολισθήσεις και κατά δεύτερον με τις πυρκαγιές αλλά και με τα τσουνάμι ή τις πλημμύρες. Γενικά σε οποιαδήποτε μελέτη περιοχής σχετικά με τη γεωλογία, τη τεκτονική, τη μορφοτεκτονική, τη γεωδυναμική κ.α. είναι χρήσιμη η δημιουργία αυτών των χαρτών εφόσον εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα.

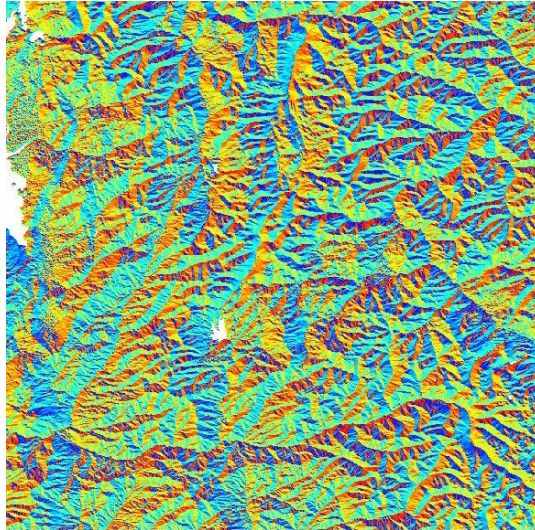
Ο προσανατολισμός των πρανών ή το αζιμούθιο της μέγιστης κλίσης αυτών, παίζει σημαντικό ρόλο στη διάρκεια και τη δριμύτητα της υγρασίας, του αέρα, του νετού και του ήλιου στη γήινη επιφάνεια. Ο προσανατολισμός σχετίζεται με το είδος της βλάστησης που αναπτύσσεται στα πρανή και επομένως επηρεάζεται από τις μετεωρολογικές και κλιματικές συνθήκες που επικρατούν.

Οι χάρτες προσανατολισμού πρανών χρησιμοποιούνται σε μελέτες όπου ο προσανατολισμός των πρανών αποτελεί κριτήριο επικινδυνότητας. Συγκεκριμένα:

- Η εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων αποτελεί απόρροια της μειωμένης ευστάθειας των πρανών έναντι φορτιών, στατικών ή σεισμικών. Η ευστάθεια των

πρανών περιγράφεται από γεωλογικούς, τεκτονικούς και φυσικούς παράγοντες. Διάβρωση, παγετός, υετός και σεισμοί επηρεάζουν τα πρανή και απειλούν την ευστάθεια τους προκαλώντας αστοχίες. Η έκθεση στις καιρικές συνθήκες επηρεάζει το είδος της φυτοκάλυψης και εν συνεχεία την εκκίνηση των κατολισθήσεων. Η βλάστηση ελέγχει τα επίπεδα του νερού, επηρεάζει το ποσοστό της διάβρωσης και σταθεροποιεί το έδαφος. Ανάλογα με το προσανατολισμό των πρανών μεταβάλλεται και το είδος της βλάστησης, η οποία σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες και τις υδρογεωλογικές. Ο προσανατολισμός των πρανών ελέγχει την συγκέντρωση της εδαφικής υγρασίας και σχετίζεται με τις εδαφικές διαρρήξεις, άρα επηρεάζει τη κατανομή των κατολισθήσεων.

- Ο προσανατολισμός των πρανών επιδρά στην υγρασία του εδάφους και ως εκ τούτου στο βαθμό κινδύνου ανάφλεξης, αλλά και διάδοσης πιθανής πυρκαγιάς. Οι άνεμοι που κατά τόπους πνέουν, όντας υγροί ή ξηροί, ανάλογα με την κατεύθυνσή τους λειτουργούν αποτρεπτικά ή ευνοϊκά αντίστοιχα στην εκδήλωση πυρκαγιάς.
- Εκπόνηση μελετών εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών και αξιοποίησης υδάτινων πόρων.



Εικόνα 43: Χάρτης προσανατολισμού πρανών