

Κεφάλαιο 1: Θεωρητική προσέγγιση

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των G.I.S., τα μέρη από τα οποία αποτελούνται (γεωγραφική πληροφορία, βάση δεδομένων, γλώσσα προγραμματισμού), οι τρόποι με τους οποίους διαχειρίζονται την πληροφορία και τις διαδικασίες που μπορούν να λάβουν χώρα σε αυτά. Γίνεται αναφορά στις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα G.I.S. και συγκεκριμένα στη συλλογή, εισαγωγή, αποθήκευση, διαχείριση, ανάκτηση επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων.

Επίσης, αναφέρονται τα είδη δεδομένων που μπορεί να διαχειριστεί ένα G.I.S.: χωρικά και ποιοτικά, διακριτά και συνεχή, σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στην έννοια της κλίμακας στα G.I.S.. Η κατηγοριοποίηση των δεδομένων ανάλογα με τον τρόπο καταχώρισης και επεξεργασίας των χαρτογραφικών στοιχείων και συγκεκριμένα σε Raster ή ψηφιδωτά και Vector ή διανυσματικά, είναι ένα από τα θέματα ανάπτυξης του κεφαλαίου αυτού, ενώ επίσης παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά για κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.

Στη συνέχεια, περιγράφονται οι μέθοδοι εισαγωγής δεδομένων σε ένα G.I.S.. Δεδομένου ότι ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα των G.I.S. είναι η δυνατότητά τους να απεικονίζουν τα χωρικά δεδομένα στη σωστή τους θέση στο χώρο, κάτι που, για να επιτευχθεί, απαιτεί τον ορισμό του συστήματος συντεταγμένων, στο οποίο βρίσκονται τα εν λόγω δεδομένα, καθώς επίσης και τις συντεταγμένες αυτών, περιγράφονται τα Γεωγραφικά Συστήματα Αναφοράς, οι παράμετροι που ορίζουν ένα προβολικό σύστημα, καθώς και τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα συστήματα αναφοράς στον Ελλαδικό χώρο.

Οι λειτουργίες ενός G.I.S. είναι πολυάριθμες και καθορίζονται από την ορθότητα σχεδίασης της εφαρμογής και των δεδομένων. Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται επίσης, οι σημαντικότερες γεωγραφικές αναλύσεις που πραγματοποιούνται σε ένα G.I.S. και συγκεκριμένα η αναζήτηση-επιλογή οντοτήτων, οι μετατροπές κλιμάκων, οι μετατροπές της ικανότητας ανάλυσης, η μέτρηση γεωγραφικών στοιχείων, η μελέτη απλών αναλύσεων κυρίαρχης τάσης, η σύνθετη απεικόνιση και η προσομοίωση και μοντελοποίηση.

Τέλος, παρουσιάζονται οι λογικές διαδικασίες και τα βήματα για την ανάπτυξη ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Στο κεφάλαιο αυτό τίθενται οι βάσεις και το θεωρητικό υπόβαθρο τόσο όσον αφορά σε όρους, όσο και σε έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν στα κεφάλαια που ακολουθούν.

1.1 Εισαγωγή

Η ανάγκη του ανθρώπου για συστηματική καταγραφή και ταξινόμηση των ιδιαίτερων στοιχείων της γήινης επιφάνειας, καθώς και η αναγκαιότητα διάθεσης ειδικών πληροφοριών που αφορούσαν στη γήινη επιφάνεια, ήταν οι αιτίες που οδήγησαν στην κατασκευή των πρώτων χαρτών, που απετέλεσαν την πρόδρομη μορφή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.) (Χαλκιάς, 2006).

Η ανάπτυξη μεθόδων λήψης και ανάλυσης αεροφωτογραφιών και αργότερα δορυφορικών εικόνων είχαν ως αποτέλεσμα τη χαρτογράφηση με μεγαλύτερη ακρίβεια από ό,τι τα προηγούμενα χρόνια. Οι μέθοδοι αυτές έδωσαν στους επιστήμονες τεράστιες δυνατότητες όχι απλώς για έρευνα, αλλά και για σημαντική αύξηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων που προέκυπταν από αυτή.

Η πρώτη προσπάθεια για συστηματική χρησιμοποίηση των χαρτογραφικών δεδομένων έγινε κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του '60 και του '70. Ιδιαίτερα, οι σχεδιαστές και οι αρχιτέκτονες στις Η.Π.Α. συνειδητοποίησαν ότι τα δεδομένα που προέρχονται από διαφορετικές πρωτογενείς έρευνες, μπορούν να συνδυαστούν και να ενοποιηθούν επικαλύπτοντας διαφανή αντίγραφα χαρτών σε μία φωτεινή τράπεζα. Ο πιο γνωστός υποστηρικτής της απλής αυτής τεχνικής ήταν ο αμερικανός αρχιτέκτονας *Ian McHarg*. Η πρώτη οργανωμένη προσπάθεια χρησιμοποίησης των χαρτογραφικών δεδομένων από ηλεκτρονικό υπολογιστή έγινε από τον *Howard T. Fisher*, το 1963. Το πρόγραμμα του *Fisher* ονομάστηκε *SYMAP* (*SYnagraphic MAPping system*) και δημιουργούσε απλούς χάρτες τυπώνοντας στατιστικές τιμές πάνω σε έναν κάρναβο, ενώ τα αποτελέσματα προβάλλονταν με πολλούς τρόπους χρησιμοποιώντας διαδοχικές γραμμικές εκτυπώσεις για την παραγωγή κατάλληλων αποχρώσεων του γκρι. Το πρόγραμμα *SYMAP* ακολουθήθηκε από μία σειρά άλλων προγραμμάτων χαρτογράφησης, όπως το *GRID* και το *IMGRID*, που είχαν τη δυνατότητα να χρωματίζουν και να σκιαγραφούν επιφάνειες με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται με τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, ό,τι επετύγχανε ο *McHarg* με τις διαφανείς επικαλύψεις. Από τότε μία σειρά εξελίξεων, όχι μόνο στα λογισμικά

αυτά αλλά και στη τεχνολογία των υπολογιστών, είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων συστημάτων ολοένα πιο ισχυρών που χειρίζονται, αναλύουν και παρουσιάζουν, γεωγραφικής φύσεως πληροφορίες. Για το λόγο αυτό ονομάστηκαν Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (*G.I.S.*) και χρησιμοποιήθηκαν από ένα ευρύ κοινό επιστημόνων, ποικίλων ειδικοτήτων, που συνεχώς αυξάνεται. Σήμερα, υπάρχουν στην αγορά *G.I.S.*, που έχουν αναπτυχθεί από διαφορετικές εταιρείες, όμως όλα λειτουργούν με βάση την ίδια φιλοσοφία και τις ίδιες αρχές, έχουν παρόμοιες δυνατότητες και τηρούν συγκεκριμένα πρότυπα που υπαγορεύονται από τη διεθνή οργάνωση “*Open G.I.S.*”.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (*Geographical Information Systems - G.I.S.*) είναι λογισμικά που αξιοποιούν τις δυνατότητες των υπολογιστών για αποθήκευση, ανάλυση, διαχείριση και παρουσίαση δεδομένων που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τη γεωγραφική πληροφορία.

Τα *G.I.S.* θα πρέπει να θεωρηθούν κάτι παραπάνω από μέσα κωδικοποίησης, αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων σχετικών με τις ιδιότητες της γήινης επιφάνειας, τα οποία ο χρήστης έχει δυνατότητα να τα μετατρέψει, να τα διαχειρίζεται και να τα απεικονίζει τόσο με μορφή διαγραμμάτων, όσο και με τη μορφή χαρτών. Τα *G.I.S.* μπορούν να χρησιμεύσουν στη δημιουργία δοκιμαστικών μοντέλων για τη μελέτη περιβαλλοντικών διαδικασιών, την ανάλυση των αποτελεσμάτων των τάσεων, τη μελέτη των πιθανών συνεπειών ενός σχεδιασμού κ.ά. (Βαϊόπουλος κ.α., 2002). Για παράδειγμα, μέσω των *G.I.S.* είναι δυνατή η εφαρμογή ενός μοντέλου πλημμυρικού κινδύνου, τροποποιώντας συνεχώς τις παραμέτρους εισόδου, προκειμένου να εντοπιστεί το κατώφλι της κάθε μιας από αυτές (Βαϊόπουλος κ.α., 2002). Σε γενικές γραμμές, ένα *G.I.S.* εμπεριέχει τους όρους (Μανιάτης, 1996):

- **Γεωγραφία:** τόσο η χρήση του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, όσο και τα δεδομένα που διαχειρίζεται, έχουν άμεση σύνδεση με τη γεωγραφία και συνδέονται μέσω κάποιου συστήματος συντεταγμένων με συγκεκριμένες θέσεις στη γη.
- **Σύστημα:** αποτελεί ένα περιβάλλον εργασίας μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να διαχειρίζεται, να αναλύει και να παρουσιάζει τα περιγραφικά και τα γεωγραφικά δεδομένα.
- **Πληροφορία:** το σύστημα αποτελεί ένα λογισμικό διαχείρισης γεωγραφικών και περιγραφικών πληροφοριών.

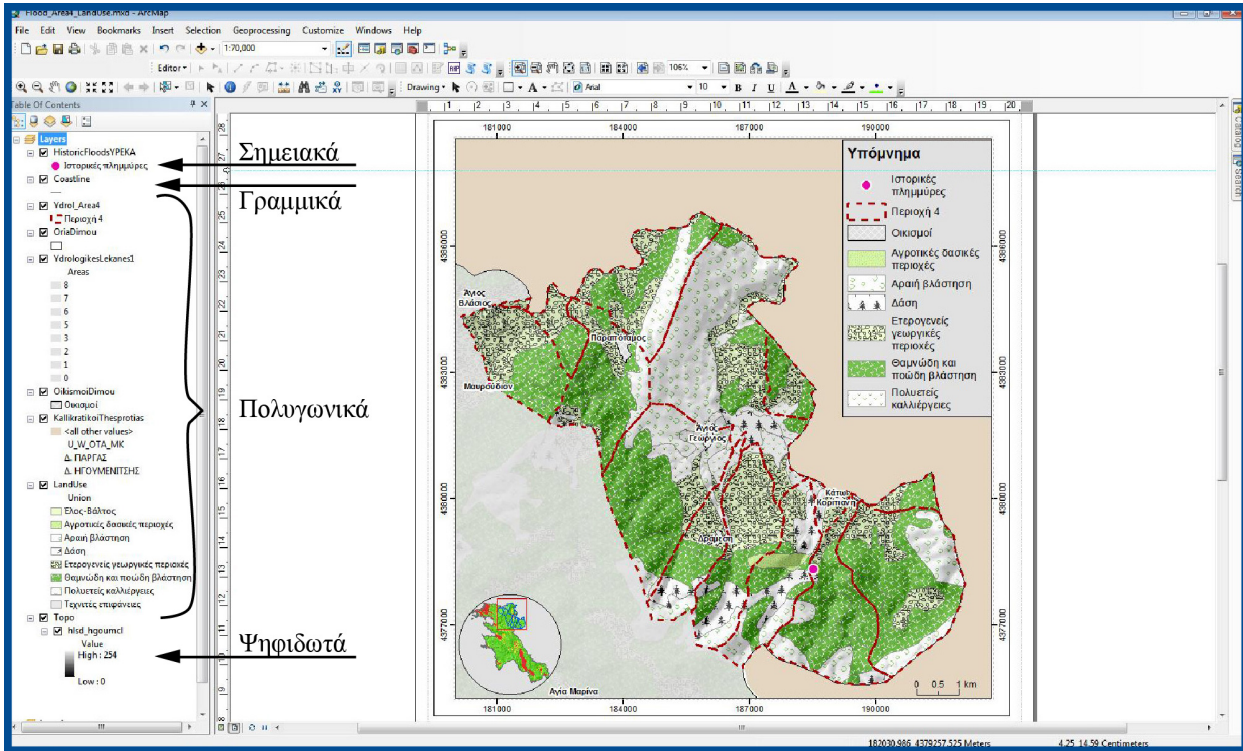
Τα δεδομένα σε ένα *G.I.S.* αναπαρίστανται μέσω επιπέδων πληροφορίας (*information layers*), τα οποία μπορούν να παρομοιαστούν με διαφανείς σελίδες, που περιέχουν διαφορετικό είδος πληροφορίας. Τα επίπεδα πληροφορίας τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο το ένα πάνω από το άλλο, ώστε να είναι εμφανές το σύνολο των χαρακτηριστικών των επιμέρους επιπέδων πληροφορίας. Συνήθως, πάνω-πάνω τοποθετούνται τα σημειακά επίπεδα πληροφορίας, από κάτω τα γραμμικά, πιο κάτω τα επιφανειακά και τέλος τα ψηφιδωτά (**Εικ. 1.1**).

Τα *G.I.S.* αποτελούνται από τρία τμήματα. Το πρώτο τμήμα αφορά στη γεωγραφική παρουσίαση των δεδομένων με μορφή χαρτών (**Εικ. 1.2α**). Το τμήμα αυτό αναλαμβάνει το σύνολο της γεωγραφικής διαχείρισης, αναζήτησης και ανάλυσης. Το δεύτερο τμήμα αφορά στη βάση δεδομένων, στην οποία είναι αποθηκευμένη η περιγραφική πληροφορία του κάθε γεωγραφικού αντικείμενου (Κουτσόπουλος κ.α., 2006). Η βάση δεδομένων έχει τη μορφή πίνακα, όπου η κάθε στήλη περιλαμβάνει ένα διαφορετικό είδος πληροφορίας (πεδίο) και η κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε διαφορετικό αντικείμενο του χάρτη (**Εικ. 1.2β**). Τα δύο πρώτα τμήματα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Το κάθε αντικείμενο του χάρτη αντιστοιχεί σε μια γραμμή στη βάση δεδομένων και κάθε γραμμή στη βάση δεδομένων αντιστοιχεί σε μια οντότητα του χάρτη. Αν αφαιρεθεί ένα αντικείμενο από τον χάρτη, αυτόματα θα αφαιρεθεί η αντίστοιχη γραμμή από τη βάση δεδομένων και αντίστροφα (**Εικ. 1.3**). Το τρίτο τμήμα αφορά στη γλώσσα προγραμματισμού, που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη πρόσθετων λειτουργιών για εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως, για παράδειγμα, αλγόριθμους εντοπισμού θέσεων υψηλού κινδύνου κάποιας συγκεκριμένης φυσικής καταστροφής.

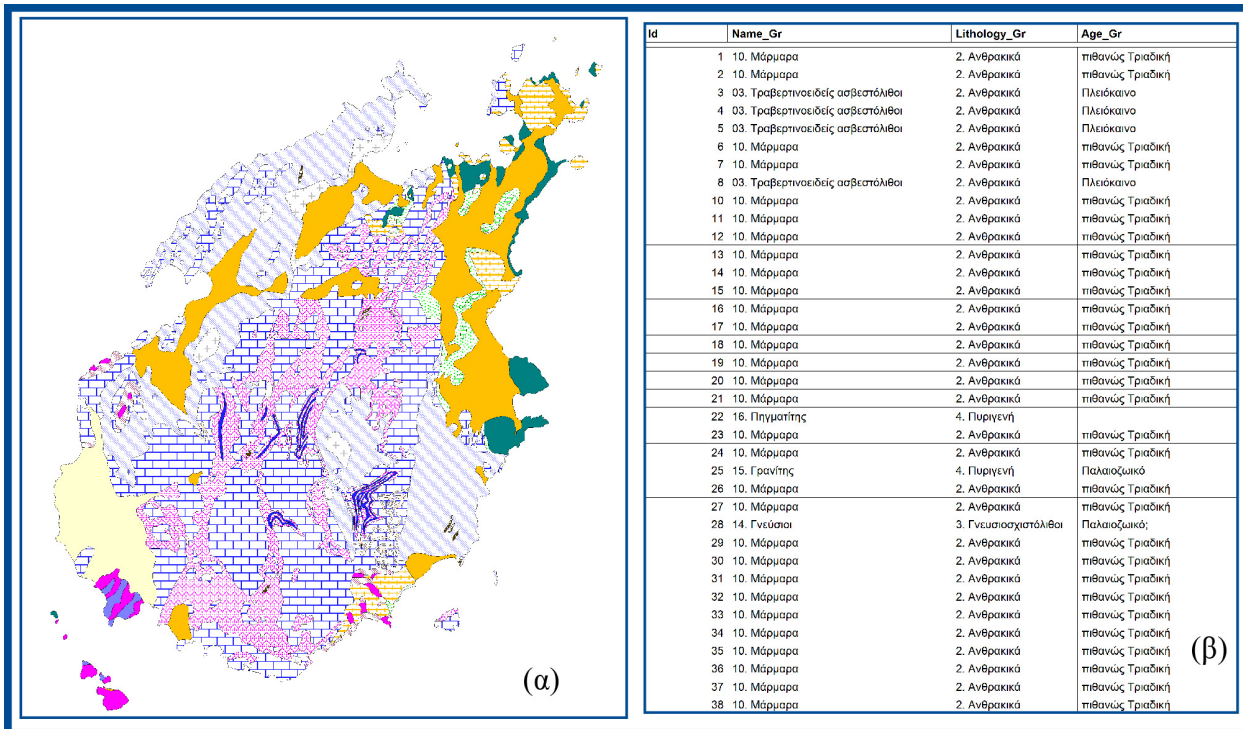
Προκειμένου να δημιουργηθεί μία *G.I.S.* εφαρμογή, η οποία να καλύπτει συγκεκριμένες απαιτήσεις, πρέπει να ακολουθηθεί μία σειρά ενεργειών, από τη συλλογή και την εισαγωγή των δεδομένων, έως την επεξεργασία και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Αναλυτικότερα, οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα με τη σειρά, είναι οι εξής:

- **Συλλογή δεδομένων:** Η συλλογή των δεδομένων που θα εισαχθούν στο σύστημα είναι δυνατόν να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη φύση των δεδομένων και την απαιτούμενη αξιοπιστία. Οι μέθοδοι συλλογής δεδομένων είναι πολυάριθμοι και πολύ συχνά ιδιαίτερα δαπανηροί. Η επιλογή του τρόπου συλλογής των δεδομένων στηρίζεται στη φύση της μελέτης, στην ειδικότητα του προσωπικού που χειρίζεται το *G.I.S.*, στις οικονομικές δυνατότητες του φορέα που υλοποιεί την έρευνα και στο βαθμό και ρυθμό ενημέρωσης των δεδομένων από την πρωτογενή πηγή συλλογής τους.

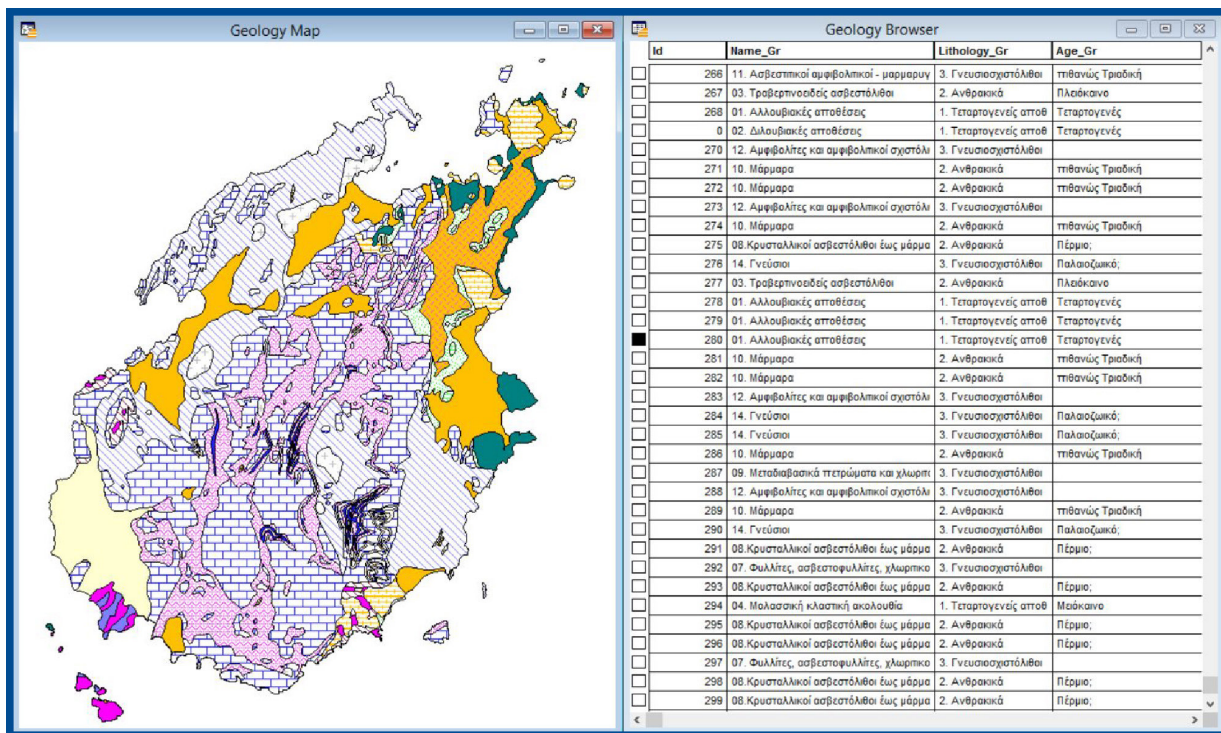
Εξυπακούεται, ότι κατά τη συλλογή δεδομένων καταβάλλεται προσπάθεια ώστε αυτά να είναι λεπτομερή και ακριβή, γιατί αυτό αποτελεί τη βάση για την αντικειμενικότητα και την ισχύ των πορισμάτων σε κάθε επιστημονικό κλάδο.



Εικόνα 1.1 Τα G.I.S. διαχειρίζονται την πληροφορία σε επίπεδα πληροφορίας, που μπορούν να παρομοιαστούν με διαφανείς σελίδες. Είναι σημαντικό να τοποθετούνται τα επιμέρους επίπεδα πληροφορίας σε σωστή σειρά - ιεραρχικά (από πάνω προς τα κάτω: σημειακά, γραμμικά, πολυγωνικά, ψηφιδωτά), έτσι ώστε στον τελικό χάρτη να είναι ορατό το σύνολο των γεωγραφικών αντικειμένων.



Εικόνα 1.2 (α) Γεωγραφική παρουσίαση δεδομένων. (β) Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει την περιγραφική πληροφορία της εκάστοτε γεωγραφικής οντότητας. Οι γραμμές αντιστοιχούν στις διαφορετικές γεωγραφικές οντότητες του χάρτη, ενώ οι στήλες ή πεδία αφορούν στις διαφορετικές πληροφορίες που διατίθενται για το συγκεκριμένο επίπεδο πληροφορίας.



Εικόνα 1.3 Η γεωγραφική και η περιγραφική πληροφορία είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Αν για παράδειγμα επιλεγεί μια γραμμή από τη βάση δεδομένων, αυτόματα θα επιλεγεί ένα αντικείμενο από τον χάρτη (και αντιστρόφως).

- **Εισαγωγή δεδομένων:** Η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων αρχίζει από τη στιγμή που τα πρωτογενή στοιχεία θα συλλεχθούν και θα πιστοποιηθούν ως προς την αξιοπιστία και την πληρότητά τους. Η πιστοποίηση λαμβάνει χώρα μέσω διαδικασιών τροποποίησης της μορφής τους, στην περίπτωση που έχουν διαφορετική δομή ή είναι καταγεγραμμένα σε διαφορετικά είδη αποθήκευσης, και μέσω εντοπισμού και διόρθωσης σφαλμάτων.

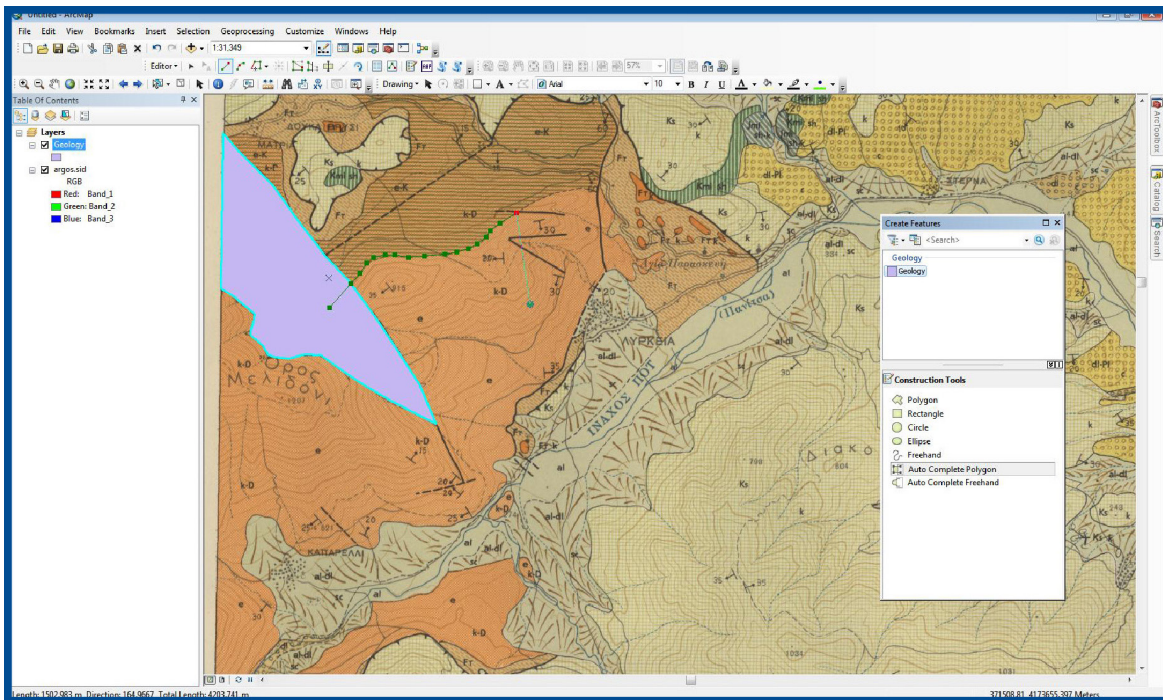
Υπάρχουν πολλοί τρόποι εισαγωγής δεδομένων και η επιλογή του κατάλληλου εξαρτάται από το είδος των δεδομένων. Αρχικά, στην περίπτωση που τα προς εισαγωγή στο *G.I.S.* δεδομένα έχουν μορφή εικόνας (π.χ. σαρωμένοι χάρτες, δορυφορικές εικόνες, ορθοφωτομωσαϊκό αεροφωτογραφιών, κ.ά.), η εισαγωγή δεδομένων γίνεται με γεωαναφορά αυτών, δηλαδή τοποθέτησή τους στη σωστή τους θέση στο χώρο. Ο όρος γεωαναφορά αποδίδεται και ως «προσανατολισμός» ή «αγκίστρωση» του χάρτη. Τα δεδομένα αυτά, για τα οποία θα γίνει αναφορά παρακάτω, ονομάζονται ψηφιδωτά ή *Raster* και η γεωαναφορά γίνεται με τη βοήθεια γεωγραφικών συντεταγμένων, οι οποίες αντιστοιχίζονται σε γνωστά σημεία. Στην περίπτωση που η εισαγωγή δεδομένων αφορά σε σημεία, γραμμές ή επιφάνειες, διανυσματικά δηλαδή δεδομένα, ο συνηθέστερος τρόπος, είναι απευθείας από τους σαρωμένους αναλογικούς χάρτες, διαδικασία γνωστή ως ψηφιοποίηση (*digitizing*) (Εικ. 1.4). Η ποιότητα της ψηφιοποίησης εξαρτάται από δύο, κυρίως, παραμέτρους:

- Από τη γεωαναφορά του χάρτη, η οποία πρέπει να είναι ακριβής, διαδικασία γνωστή και ως προσανατολισμός. Είναι η πρώτη εργασία που λαμβάνει χώρα πριν την έναρξη της ψηφιοποίησης των γεωγραφικών αντικειμένων.
- Από την κλίμακα κατά την οποία πραγματοποιείται η ψηφιοποίηση, η οποία θα πρέπει να είναι μεγάλη. Σημειώνεται ότι, όταν γίνεται αναφορά σε μεγάλη κλίμακα, εννοείται κλίμακα όπου παρέχεται μεγάλη ανάλυση. Αριθμητικά, η μεγάλη κλίμακα αντιστοιχεί σε μικρό αριθμό, π.χ. κλίμακα 1:5.000 θεωρείται μεγάλη κλίμακα, ενώ κλίμακα 1:1.000.000 θεωρείται μικρή κλίμακα. Ενεκτικά, τα όρια για το χαρακτηρισμό μιας κλίμακας είναι (Lisle et al., 2011):

- Μεγάλης κλίμακας (μεγαλύτερη από 1:100.000, δηλαδή 1:10.000, 1:20.000, 1:25.000, 1:50.000 έως 1:100.000).
- Μεσαίας κλίμακας (μεγαλύτερη από 1:500.000 και μικρότερη από 1:100.000, δηλαδή 1:200.000, 1:250.000, 1:400.000).
- Μικρής κλίμακας (μικρότερη από 1:500.000, δηλαδή 1:500.000, 1:1.000.000, 1:2.000.000).

Οι κυριότεροι τρόποι εισαγωγής δεδομένων είναι: α) από την οθόνη του Η/Υ χρησιμοποιώντας το ποντίκι για την εισαγωγή των στοιχείων του χάρτη (σημεία, γραμμές, όρια επιφανειών), β) μέσω

GPS (Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης), γ) μέσω επικοινωνίας του *G.I.S.* με όργανα συνεχούς παρατήρησης και καταγραφής δεδομένων από το ύπαιθρο. Τα όργανα παρατήρησης τοποθετούνται στο ύπαιθρο με αυστηρά καθορισμένες γεωγραφικές συντεταγμένες και δίνουν μία διαδοχική σειρά δεδομένων, παρακολουθώντας τη μεταβολή φαινομένων (όπως βροχόπτωση, θερμοκρασία, ηφαιστειακή δραστηριότητα, μετατόπιση εδάφους, διάβρωση, ανύψωση στάθμης υδάτων, κ.ά.) συναρτήσει του χρόνου. Με τον τρόπο αυτό συλλέγονται τα δεδομένα συστηματικά, ενώ η συνεχής χρονοσειρά δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους σε μοντέλα πρόβλεψης καταστάσεων και προειδοποίησης επερχόμενων κινδύνων, σε σενάρια λήψης αποφάσεων κ.ά..



Εικόνα 1.4 Μέσω της ψηφιοποίησης, είναι δυνατή η εισαγωγή διανυσματικών δεδομένων (σημεία, γραμμές, επιφάνειες-πολύγωνα) σε ένα *G.I.S.*

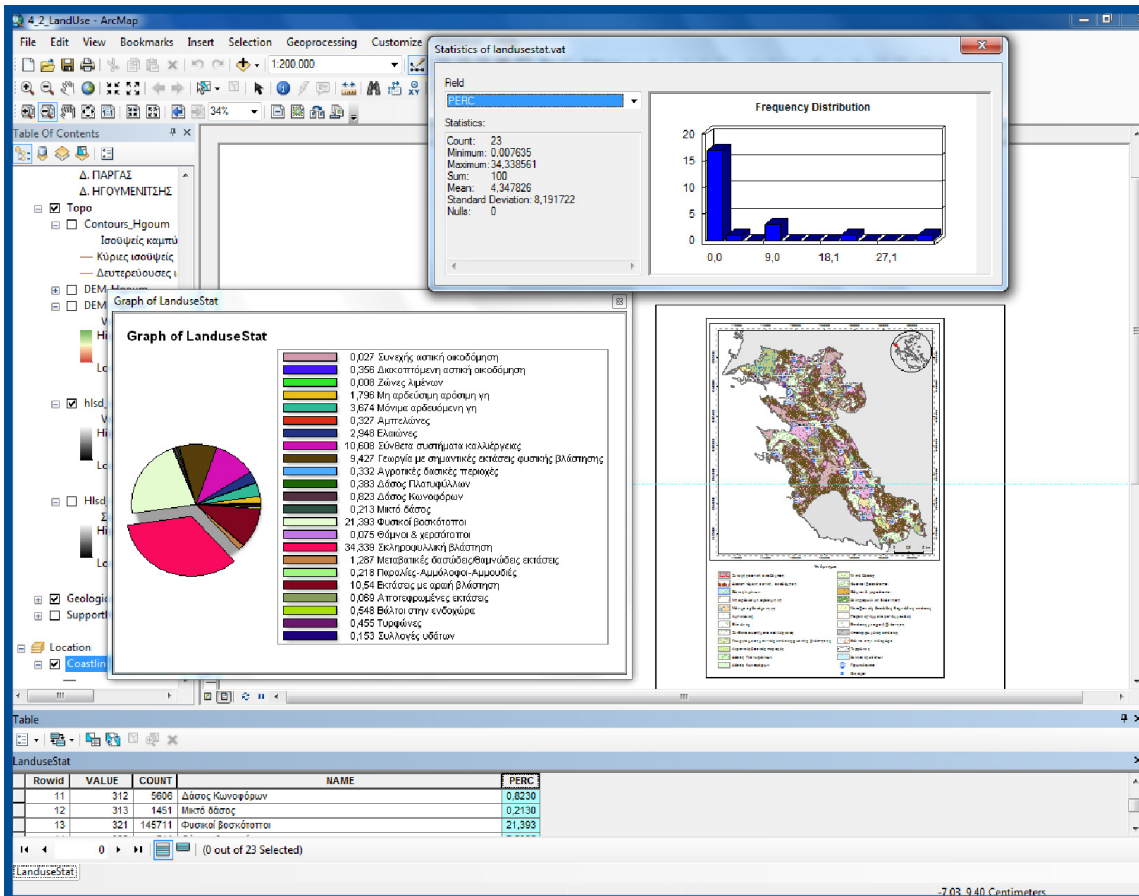
- **Αποθήκευση δεδομένων:** Η αποθήκευση των δεδομένων των επιπέδων πληροφορίας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες διαδικασίες και θέλει σωστή οργάνωση, προκειμένου να είναι δυνατή η βέλτιστη διαχείριση της αποθηκευμένης πληροφορίας. Συνήθως, είναι προτιμότερη η αποθήκευση των δεδομένων κατά ομάδες όμοιων χαρακτηριστικών σε διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας, με σκοπό την αποδοτικότερη και απρόσκοπτη περαιτέρω διαχείριση και ανάλυσή τους, είτε αυτή αφορά στην ανάκτησή τους σε μορφή χαρτών, είτε σε στατιστικές αναλύσεις. Τα δεδομένα μπορεί να αποθηκεύονται είτε σε εσωτερική (ενσωματωμένη στο λογισμικό) βάση δεδομένων, είτε σε εξωτερική βάση δεδομένων, γεγονός που επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ειδικών λογισμικών Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (*DBMS: Data Base Management Systems, RDBMS: Remote Data Base Management Systems*), που μεταξύ άλλων προσφέρουν στους χρήστες αποτελεσματική αποθήκευση, ανάκτηση και ενημέρωση των δεδομένων τους, καθώς και αποφυγή πολλαπλών καταγραφών.
- **Διαχείριση δεδομένων:** Τα επίπεδα πληροφορίας συνδέονται με βάσεις δεδομένων, στις οποίες αποθηκεύεται η περιγραφική πληροφορία των γεωγραφικών αντικειμένων (**Εικ. 1.5**). Ο χρήστης ορίζει ποια πεδία από τη βάση δεδομένων πρέπει να εμφανίζονται, όταν ζητούνται πληροφορίες για τα αντικείμενα ενός επιπέδου πληροφορίας. Η βάση δεδομένων ακολουθεί, συνήθως, τη δομή και τα πρότυπα κάποιας από τις γνωστές βάσεις (βλ. παρακάτω παράγραφο), ενώ μπορεί να δεχθεί δεδομένα και από αρχεία βάσεων άλλης μορφής, με κατάλληλη μετατροπή. Τα *G.I.S.* μπορούν να διαχειρίζονται και ψηφιακές εικόνες, σε μορφή *Raster*, στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω. Με τον τρόπο αυτόν, δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός ή η αναζήτηση στοιχείων, αλλά αφενός διευκολύνεται η συγκριτική παρατήρηση, αφετέρου είναι δυνατή η ψηφιοποίηση στοιχείων που λείπουν κατά τη διάρκεια μιας μελέτης, χωρίς να είναι απαραίτητη η εκ των προτέρων ψηφιοποίηση όλων των στοιχείων. Επίσης, μέσω των οδηγιών *ODBC (Open Database Connectivity)*, είναι δυνατή η απευθείας δια-

χείριση δεδομένων, χωρίς να προηγηθεί η εισαγωγή τους στη βάση δεδομένων του *G.I.S.*. Με τον τρόπο αυτό, το *G.I.S.* διαχειρίζεται γεωγραφικά τα στοιχεία της βάσης δεδομένων, ενώ παράλληλα είναι δυνατή η ταυτόχρονη τροποποίησή της και από άλλα λογισμικά. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ χρήσιμη σε περιπτώσεις ομαδικής εργασίας, στην οποία κάποιος είναι υπεύθυνος για τις *G.I.S.* αναλύσεις, ενώ μια ομάδα συνεργατών έχει αναλάβει την εισαγωγή δεδομένων σε βάσεις δεδομένων π.χ. *Excel*, *Access*, *Oracle* κ.ά.

id	Name	X_Coord	Y_Coord	Geological Formation	Date	Count	Roof_depth_cm_from_SL	Retreatment_point_depth_cm	Height_cm	Genesis	Roof_depth_cm_from_SL_2	Retreatment_point_depth_cm_2
1	Site 1	25,2616	37,1322	03. Travertinoid limestones	06/08/2010	2	20	20	32	c	130	20
2	Site 2	25,257	37,1403	10. Marbles	06/08/2010	2	20	28	41	b	150	35
3	Site 3	25,266	37,1568	10. Marbles	06/08/2010	2	20	22	40	b	130	47
4	Site 4	25,2578	37,0067	14. Schists - Gneisses	06/08/2010	0	-	-	-	-	-	-
5	Site 5	25,1867	36,9775	10. Marbles	06/08/2010	0	-	-	-	-	-	-
6	Site 6	25,09	37,0566	10. Marbles	06/08/2010	2	20	20	20	b	200	-
7	Site 7	25,1182	37,0702	08. Crystalline Limestones and Marbles	06/08/2010	2	20	22	40	f	130	47

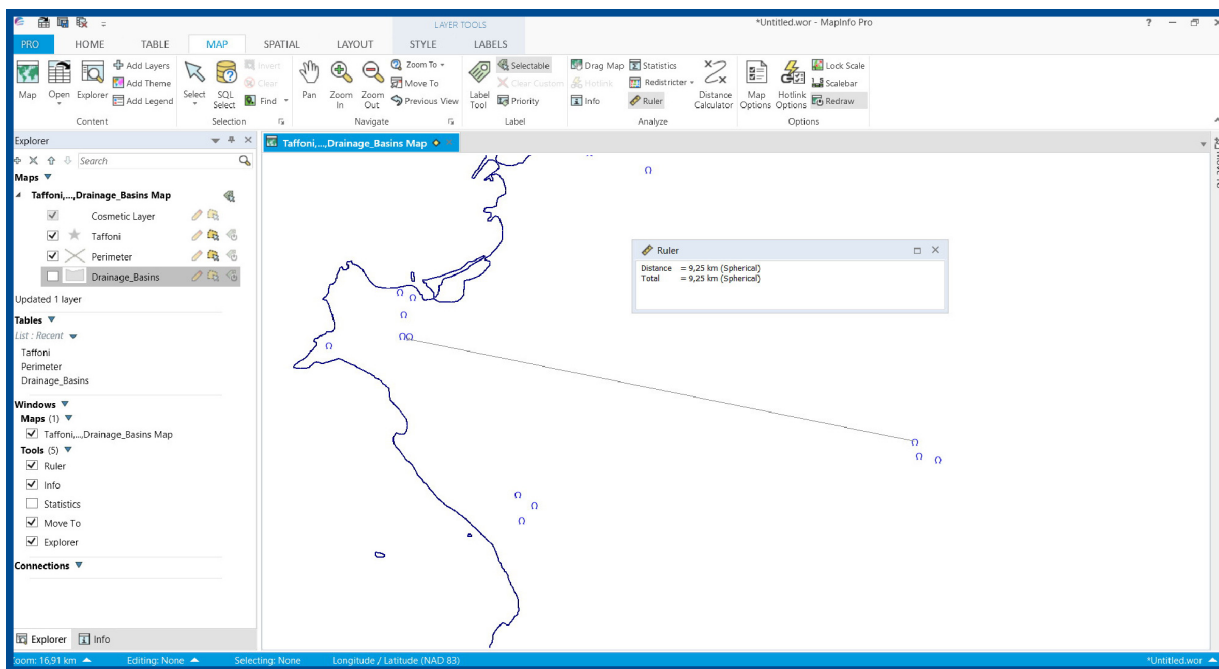
Εικόνα 1.5 Η βάση δεδομένων που αφορά σε θαλάσσιες εγκοπές. Κάθε στήλη αφορά σε διαφορετική πληροφορία για την εκάστοτε γεωγραφική οντότητα (γραμμή στη βάση δεδομένων).

- **Ανάκτηση δεδομένων:** Η ανάκτηση της περιγραφικής πληροφορίας για μια γεωγραφική οντότητα γίνεται απλά με την επιλογή αυτής. Εάν επιλεγούν περισσότερες οντότητες, το *G.I.S.* μπορεί να επεξεργαστεί τις αντίστοιχες γραμμές της βάσης δεδομένων και να εξάγει δευτερογενείς πληροφορίες από το συνδυασμό ή τη στατιστική επεξεργασία αυτών (**Εικ. 1.6**). Ένα *G.I.S.* μπορεί να διαχειρίζεται περισσότερες της μίας βάσεις δεδομένων, αλλά η δυσκολία και ο χρόνος επεξεργασίας και συσχετισμού αυτών αυξάνουν αναλογικά με το πλήθος αυτών και το πλήθος της πληροφορίας που είναι αποθηκευμένη σε καθεμία από τις βάσεις δεδομένων.
- **Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων:** Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εργασιών, μερικές από τις οποίες είναι οι αναταξινομήσεις και ομαδοποιήσεις ποιοτικών στοιχείων, γεωμετρικές επεξεργασίες (π.χ. μετατροπές κλίμακας, προβολικού συστήματος), μετρήσεις (π.χ. αποστάσεων, εμβαδών, περιμέτρων, κ.ά.) (**Εικ. 1.7**), γεωγραφικές αναλύσεις (π.χ. δημιουργία θεματικών χαρτών, δημιουργία ζωνών επιρροής, κ.ά.) (**Εικ 1.8**).



Εικόνα 1.6 Απλή στατιστική επεξεργασία πεδίων της βάσης δεδομένων μέσα από το *G.I.S.*

- **Παρουσίαση Δεδομένων:** Η παρουσίαση των δεδομένων, χωρικών ή ποσοτικών, επιτυγχάνεται με ένα ευρύ φάσμα ενεργειών και εργαλείων, είτε απευθείας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, είτε μέσω άλλων μέσων όπως είναι οι εκτυπωτές, οι *plotters* (σχεδιογράφοι για εκτυπώσεις μεγάλων μεγεθών), βιντεοπροβολείς, διαδίκτυο, κ.ά.



Εικόνα 1.7 Επειδή είναι γνωστή η πραγματική θέση στο χώρο του κάθε σημείου του χάρτη, υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας των γεωμετρικών στοιχείων του χάρτη. Μέτρηση απόστασης χειροκίνητα για μια γραμμική οντότητα και αυτόματα για το σύνολο των γραμμικών αντικειμένων του επιπέδου πληροφορίας. Στη δεύτερη περίπτωση είναι δυνατή η ενημέρωση της βάσης δεδομένων με το αποτέλεσμα της γεωμετρικής αυτής επεξεργασίας.

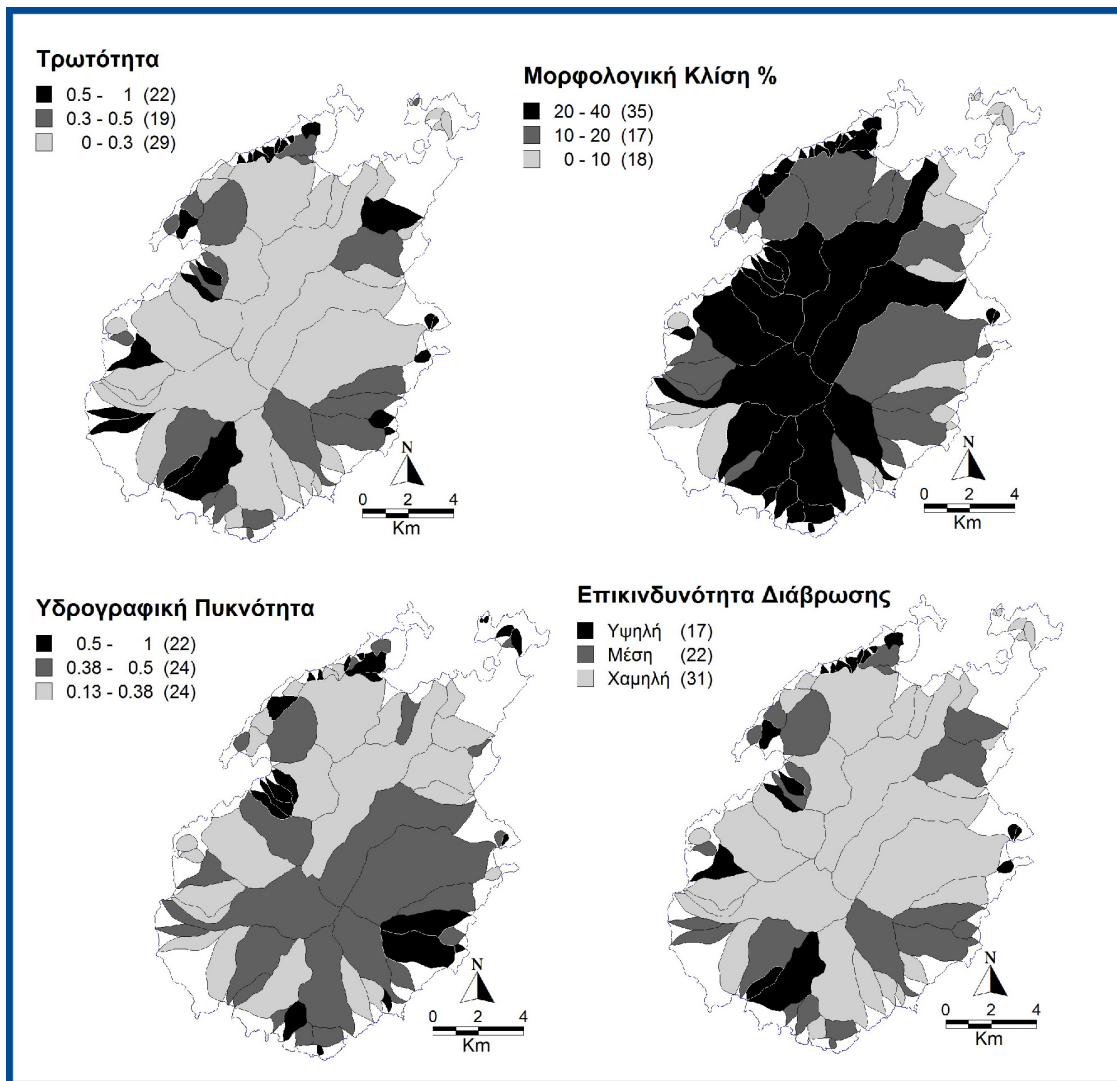
1.2 Είδη Δεδομένων

Τα δεδομένα σε ένα *G.I.S.* μπορούν να διακριθούν σε δύο κύριες κατηγορίες: τα χωρικά δεδομένα, που αφορούν σε αντικείμενα τα οποία απεικονίζονται σε χάρτη και τα ποιοτικά ή περιγραφικά δεδομένα, που αφορούν σε τιμές και χαρακτηριστικά, που αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων (**Εικ. 1.9**). Περαιτέρω, τα δεδομένα ενός *G.I.S.*, ανάλογα με τη φύση τους διακρίνονται σε διακριτά, όταν η πληροφορία δεν είναι δυνατόν να καλύπτει κάθε στοιχειώδες σημείο της περιοχής μελέτης, όπως για παράδειγμα τα σεισμικά επίκεντρα, και σε συνεχή όταν για κάθε σημείο του χάρτη υπάρχει μια πληροφορία, όπως για παράδειγμα το υψόμετρο μιας περιοχής (**Εικ. 1.10**).

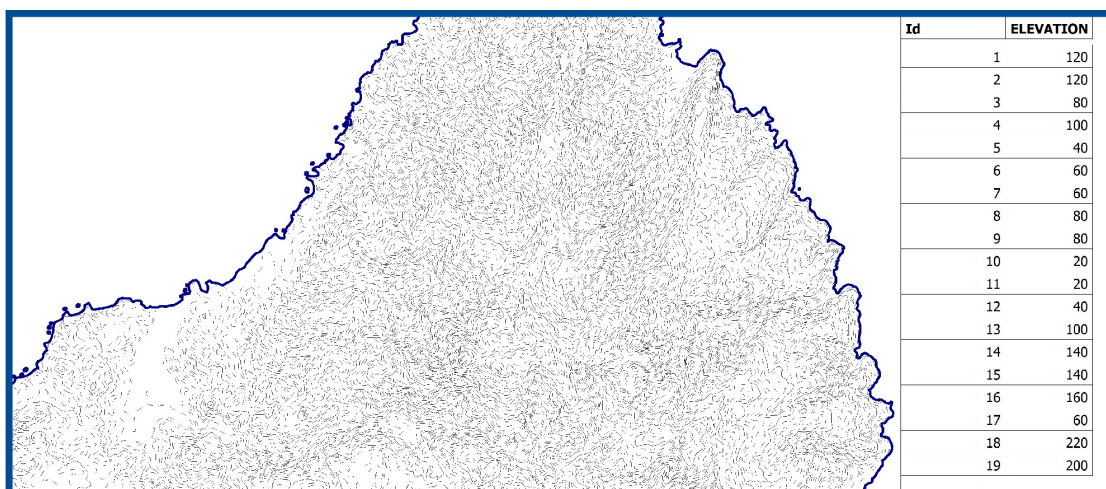
Ανάλογα με τις διαστάσεις τους στο χώρο, τα δεδομένα διακρίνονται σε σημειακά (όπως οι θέσεις δειγματοληψίας), γραμμικά (όπως το υδρογραφικό δίκτυο) και πολυγωνικά (όπως οι λιθολογικοί σχηματισμοί) (**Εικ. 1.11**). Ένα σημείο θεωρείται ότι έχει μηδενικές διαστάσεις, μία ευθεία που ενώνει δύο σημεία έχει μία διάσταση, ενώ μία επιφάνεια που αποτελείται από ένα κλειστό σύνολο πολυγωνικών γραμμών έχει δύο διαστάσεις.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί, ότι το είδος του αντικειμένου εξαρτάται και από την κλίμακα που χρησιμοποιείται. Έτσι, ενώ σε σχετικά μεγάλη κλίμακα η νήσος Νάξος μπορεί να περιλαμβάνει σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά δεδομένα, σε μικρή κλίμακα δεν είναι δυνατή η λεπτομερής απεικόνιση των δεδομένων (**Εικ. 1.12**). Ως εκ τούτου θα πρέπει να καθοριστεί ποια επίπεδα πληροφορίας θα εμφανίζονται σε καθορισμένο εύρος κλίμακας.

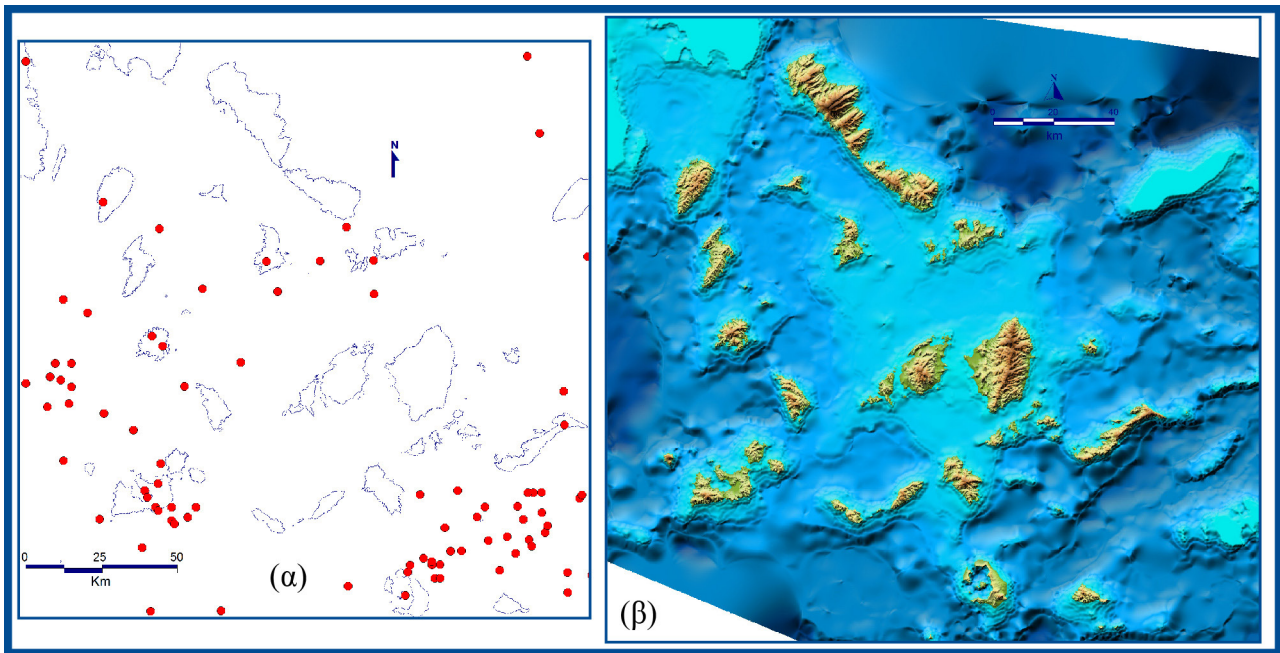
Είναι προφανές, ότι σε χαρτογραφικές απεικονίσεις που γίνονται με πολύ μικρή κλίμακα, η συντριπτική πλειονότητα των γεωγραφικών δεδομένων, που σε άλλη περίπτωση θα αποτελείτο από τα άλλα είδη των χωρικών δεδομένων (σημειακά, γραμμικά, επιφανειακά), απεικονίζεται αναγκαστικά και κατά σύμβαση ως σημειακό στοιχείο.



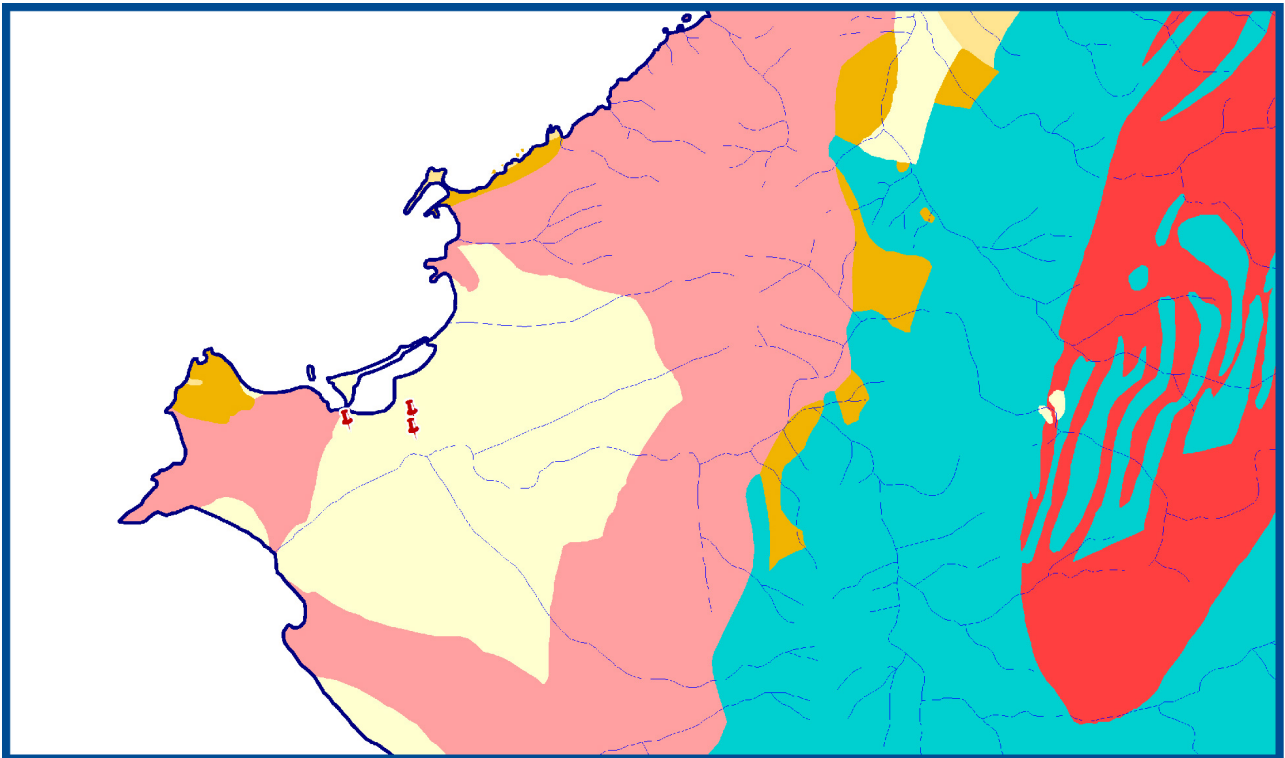
Εικόνα 1.8 Υπάρχουν διάφορα είδη γεωγραφικής ανάλυσης που πραγματοποιείται το G.I.S. όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη θεματικών χαρτών των επιμέρους παραμέτρων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό των περιοχών υψηλού φυσικού κινδύνου.



Εικόνα 1.9 Τα χωρικά δεδομένα είναι γεωγραφικές οντότητες που απεικονίζονται στον χάρτη – ισοϋψείς καμπύλες στο συγκεκριμένο παράδειγμα ισοδιάστασης 20 m, ενώ τα ποιοτικά δεδομένα, δεξιά, αφορούν στην περιγραφική πληροφορία των χωρικών δεδομένων που είναι αποθηκευμένη στη βάση δεδομένων – το υψόμετρο καθεμιάς από αυτές στο συγκεκριμένο παράδειγμα.

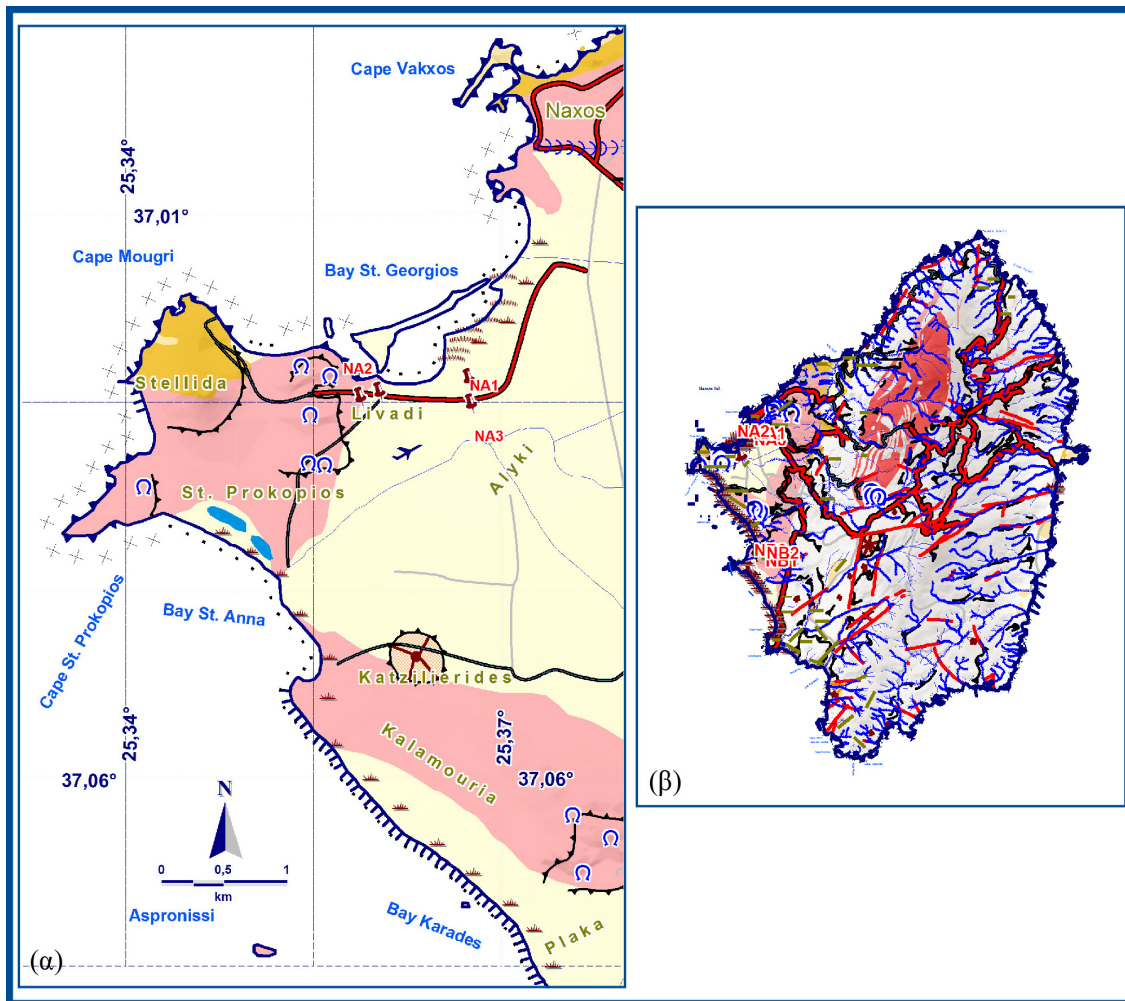


Εικόνα 1.10 Τα επίκεντρα των σεισμών στις Κυκλάδες, αποτελούν διακριτά δεδομένα (α) ενώ το τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους στην ίδια περιοχή αφορά σε συνεχή δεδομένα (β).



Εικόνα 1.11 Χάρτης που περιλαμβάνει τρία επίπεδα πληροφορίας. Ο χάρτης δεν είναι τελικός προς εκτύπωση, αλλά αποτελεί ένα στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια εργασίας στο GIS. Οι διαφορετικές έγχρωμες επιφάνειες αφορούν στους διαφορετικούς λιθολογικούς σχηματισμούς, τα μπλε γραμμικά στοιχεία στο υδρογραφικό δίκτυο και τα σημειακά στις θέσεις των γεωτρήσεων.

Μεγάλη πλειονότητα δεδομένων αποτυπώνεται σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή σε βάσεις δεδομένων με τη μορφή πινάκων. Επίσης, πληροφορία που παρέχεται, π.χ. από *GPS* καθώς και από όργανα υψηλής ανάλυσης (*lidar*), είναι σε μορφή πινάκων.



Εικόνα 1.12 Η περιοχή του Αγίου Γεωργίου στη νήσο Νάξο, σε κλίμακα 1:50.000 όπου φαίνονται τα σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά δεδομένα (α) και σε κλίμακα 1:400.000 (β), όπου δεν είναι δυνατή η λεπτομερής παρατήρηση του συνόλου της γεωγραφικής πληροφορίας.

Οι πίνακες αυτοί είναι αυτόνομοι και διαχειρίζονται ως τέτοιοι μέσα σε ένα *G.I.S.*, μπορούν δε να διακριθούν σε:

- Πίνακες απλού κειμένου (π.χ. αρχεία *ascii*, *txt*), το οποίο διαχωρίζεται με κόμμα (ή κάποιας μορφής διαχωριστή όπως παύλα, κενό, *tab*, κ.λπ.). Πρόκειται για την πιο απλή, ανοιχτού τύπου δομή δεδομένων με περιορισμένες δυνατότητες.
- Πίνακες *dbase*. Αποτελούν ανοικτού τύπου δομή δεδομένων για την ανταλλαγή πληροφοριών σε μορφή πίνακα, που παρέχει περισσότερες δυνατότητες στον ορισμό συγκεκριμένων λογικών εκφράσεων στους τύπους των δεδομένων. Ένα μειονέκτημα των πινάκων *dbase* είναι ότι τα ονόματα των πεδίων δεν μπορούν να υπερβαίνουν τους 9 χαρακτήρες.
- Φύλλα εργασίας του *Microsoft Excel*. Αποτελούν ένα εργαλείο με πολλές δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας πληροφοριών σε μορφή πίνακα. Το γεγονός ότι μία στήλη μπορεί να αποτελεί δυναμική λειτουργία των άλλων στηλών είναι ένα παράδειγμα των δυνατοτήτων τους. Ένα μειονέκτημα του *Microsoft Excel* είναι ότι έχει πολύ πιο περίπλοκη δομή ως μορφή αρχείου από ό,τι τα δύο προηγούμενα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί πλήρως από άλλες εφαρμογές, ειδικά εξαιτίας της διαφοροποίησης της δομής του με την εξέλιξη του λογισμικού.
- *Desktop-Oriented* Μορφές Βάσης Δεδομένων όπως για παράδειγμα, η *Microsoft Access*. Αποτελούν ένα εργαλείο που επιτρέπει πολύ σύνθετες ρυθμίσεις των πινάκων, οι οποίοι εμφανίζονται ως ένα ενιαίο αρχείο. Οι εφαρμογές αυτές προσφέρουν πλεονεκτήματα όσον αφορά στο μέγεθος των πινάκων που μπορούν να υποστηρίξουν.
- Βάσεις δεδομένων που βρίσκονται σε *server* και χρησιμοποιούνται από οργανισμούς – εταιρίες, όπως *Oracle*, *MySQL*, *Postgres*, *Microsoft SQL*, κ.λπ. Αυτά τα Συστήματα Διαχείρισης Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων (*RDBMS*) είναι προσβάσιμα από πολλούς ανθρώπους και εφαρμογές, ενώ ταυ-

τόχρονα είναι ανοικτού τύπου και ιδιαίτερα σταθερά, μπορούν δε, θεωρητικά, να διαχειριστούν απεριόριστες ποσότητες δεδομένων και λειτουργούν πολύ αποτελεσματικά σε πολύπλοκες και απαιτητικές αναζητήσεις. Αυτά τα συστήματα μπορούν επίσης να διαχειριστούν κωδικούς πρόσβασης και δικαιώματα - προνόμια των χρηστών. Σημειώνεται, ότι ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές για τους θεμελιώδεις τύπους δεδομένων καθώς και τα πρωτόκολλα που πρέπει να υποστηρίζει ένα σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, για την ανταλλαγή δεδομένων στις διάφορες εφαρμογές.

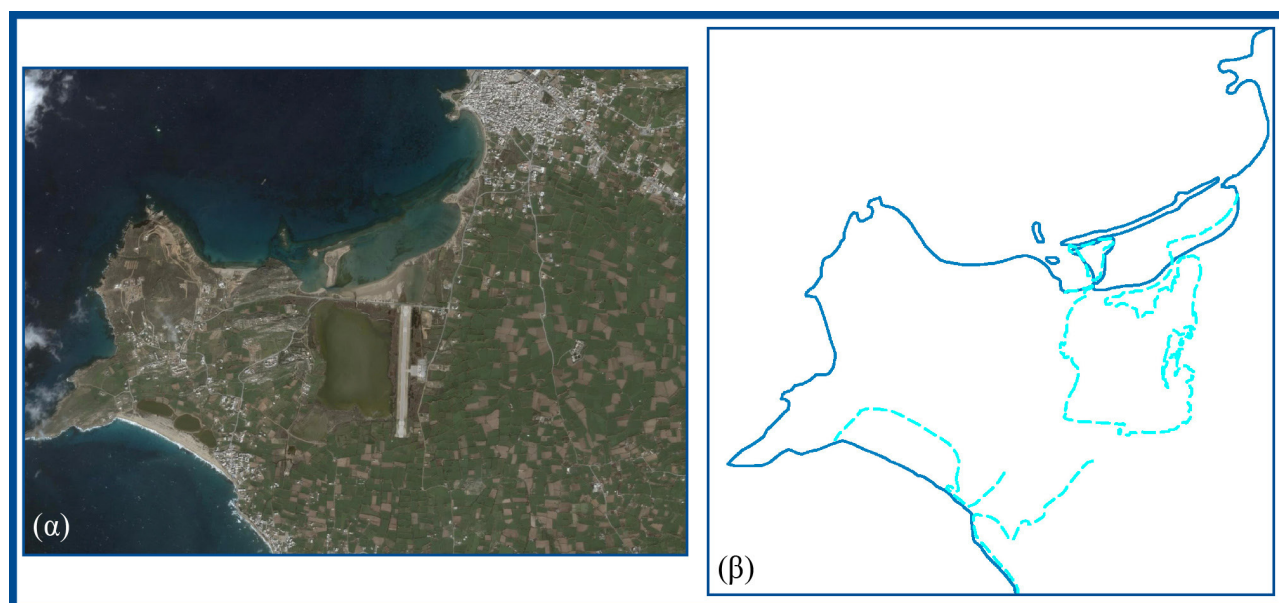
1.3 Τύποι δεδομένων

Βάσει του τρόπου καταχώρισης και επεξεργασίας των χαρτογραφικών στοιχείων, τα δεδομένα στο G.I.S. χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: *Raster* ή ψηφιδωτά και *Vector* ή διανυσματικά (Εικ. 1.13). Τα δύο είδη απεικόνισης έχουν μεγάλες μεταξύ τους διαφορές τόσο σε ό,τι αφορά στην αρχή λειτουργίας τους, όσο και στις ιδιότητές τους.

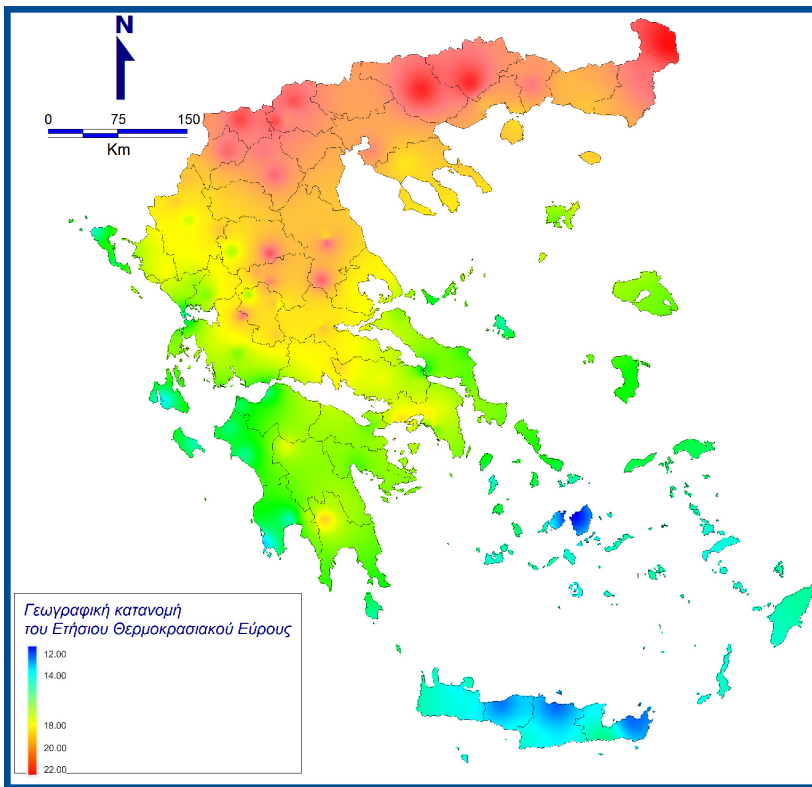
1.3.1. Ψηφιδωτά δεδομένα

Τα ψηφιδωτά δεδομένα ή *raster datasets* αναπαριστούν τις γεωγραφικές οντότητες ως πλέγμα ψηφιδών (*pixels*), τα οποία αποθηκεύουν μια τιμή, που μπορεί να είναι μετρήσεις, αριθμοί, ή κωδικοί. Ανάλογα με το σχήμα της ψηφίδας, τα ψηφιδωτά δεδομένα χωρίζονται σε κανονικής και μη κανονικής μορφής. 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. Το μέγεθος της τετραγωνισμένης ψηφίδας, ορίζει την επιφάνεια του εδάφους που καλύπτει (π.χ. 10 m×10 m) και, κατ' επέκταση, την ανάλυση του ψηφιδωτού αρχείου. Σημειώνεται ότι, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος της ψηφίδας, τόσο υψηλότερη είναι η ανάλυση του αρχείου, δηλαδή η λεπτομέρεια της πληροφορίας, αλλά και τόσο μεγαλύτερος ο αποθηκευτικός χώρος και το υπολογιστικό σύστημα που απαιτείται. Χρησιμοποιούνται τόσο για διακριτές οντότητες, όσο και για συνεχείς, όμως συνοδεύονται από πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών μόνο για τα διακριτά δεδομένα. Ενδείκνυται, κυρίως, για την αναπαράσταση μιας συνεχούς μεταβλητής (π.χ. υψομέτρου, βροχόπτωσης, θερμοκρασίας, κ.λπ.) (Εικ. 1.14, 1.15).

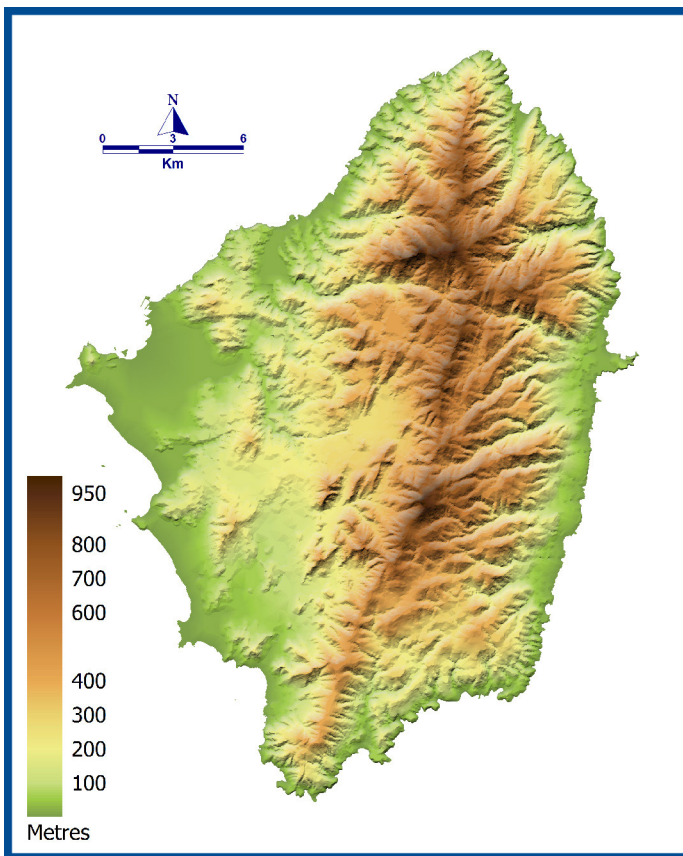
Προκειμένου να γίνει η σύνδεση των ψηφιδωτών δεδομένων με την πραγματική τους θέση στο χώρο, απαιτούνται τουλάχιστον τρία ζεύγη συντεταγμένων (x, y), τα οποία συνήθως αντιστοιχούν στις γωνίες του raster αρχείου. Στον **πίνακα 1.1** παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ψηφιδωτών δεδομένων.



Εικόνα 1.13 Ψηφιδωτά δεδομένα – δορυφορική εικόνα από την περιοχή του Αγ. Γεωργίου στη Νάξο (α) και διανυσματικά δεδομένα – δύο διαφορετικής χρονολογίας ακτογραμμές (σημερινή που απεικονίζεται με μπλε σκούρο χρώμα και του 1960 που απεικονίζεται με τirkουάζ) της περιοχής που φαίνεται στη δορυφορική εικόνα (β).



Εικόνα 1.14 Γεωγραφική κατανομή του ετήσιου θερμοκρασιακού εύρους. Πρόκειται για αναπαράσταση συνεχούς μεταβλητής (θερμοκρασίας), η οποία έχει προκύψει από προσομοίωση διακριτών δεδομένων.



Εικόνα 1.15 Για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της Νάξου (Digital Terrain Model - DTM, ή Digital Elevation Model - DEM), έγινε προσομοίωση των υψομετρικών δεδομένων, προκειμένου να υπολογιστεί η πληροφορία του υψομέτρου για κάθε σημείο του χάρτη και να προκύψει μια συνεχής μεταβλητή η οποία εν συνεχεία αναπαραστάθηκε στο χώρο.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> • Απλή δομή δεδομένων • Συμβατά με δεδομένα τηλεπισκόπησης ή σάρωσης • Υπεροχή στη χωρική ανάλυση και μοντελοποίηση ιδιαίτερα σε μέση και μικρή κλίμακα • Ευκολία υπέρθεσης και συνδυασμού των δεδομένων με δεδομένα που συλλέγονται από διαφορετικές πηγές • Η γεωγραφική θέση των κελιών εξαρτάται από τη θέση τους 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλες απαιτήσεις αποθηκευτικού χώρου και μνήμης • 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. • Η ποιότητα της οπτικοποίησης εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του κελιού • Η διακριτική ικανότητα – χωρική ανάλυση εξαρτάται από το μέγεθος των κελιών του κανάβου. • Είναι δυσκολότερη η ανάπτυξη τοπολογίας

Πίνακας 1.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα ψηφιδωτών (raster) δεδομένων.

1.3.2 Διανυσματικά δεδομένα

Τα διανυσματικά δεδομένα ή *vector* αναπαριστούν τις γεωγραφικές οντότητες ως σημεία, γραμμές ή επιφάνειες-πολύγωνα με τις συντεταγμένες να προσδιορίζουν το σχήμα και τη θέση της γεωγραφικής οντότητας (Εικ. 1.1, 1.13β). Κάθε ένα από τα αντικείμενα για να εισαχθεί στο *G.I.S.* πρέπει να καθοριστεί η φύση του (π.χ. γραμμή), στη συνέχεια η θέση του στο χώρο μέσω των συντεταγμένων του αρχικού (x1, y1) και τελικού σημείου (x2, y2), τα σημεία αλλαγής της διεύθυνσης της γραμμής που ονομάζονται «κόμβοι» (nodes στο *MapInfo Professional* ή vertexes στο *ArcGIS*) και τα σημεία από τα οποία αποτελείται.

Πρόκειται για συλλογές από ομοιογενή στοιχεία με παρόμοια χαρακτηριστικά. Ενδείκνυται για διακριτά δεδομένα (διοικητικά όρια, δρόμοι, κτίρια, ποτάμια, λίμνες, κ.λπ.) και, εκτός από τη χωρική πληροφορία που υφίσταται για αυτά, συνοδεύονται και από αντίστοιχη περιγραφική πληροφορία, η οποία αποθηκεύεται σε βάση δεδομένων (πίνακας περιγραφικών χαρακτηριστικών). Στον πίνακα 1.2 αναφέρονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους.

1.4 Εισαγωγή δεδομένων – Γεωγραφικά Συστήματα Αναφοράς

Για να αναπαρασταθεί ο πραγματικός κόσμος μέσα από ένα *G.I.S.*, θα πρέπει να μετατραπούν τα γεωγραφικά δεδομένα σε ψηφιακή μορφή, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα είδη αρχείων που είναι συμβατά με τα *G.I.S.*. Καθένα από τα τρία είδη δεδομένων (ψηφιδωτά, διανυσματικά και δεδομένα σε μορφή πίνακα) είναι κατάλληλο για διαφορετικές εφαρμογές, μπορούν να συνυπάρχουν και είναι δυνατή η μετατροπή από το ένα είδος στο άλλο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία.

Σημειώνεται ότι λόγω του μεγάλου αριθμού αρχείων, που προκύπτουν κατά την εργασία μέσα σε ένα *G.I.S.*, συνιστάται η δημιουργία ενός φακέλου, στον οποίο θα αποθηκεύονται όλα τα αρχεία που αφορούν στην περιοχή μελέτης. Μια ενδεικτική δομή του φακέλου αυτού θα μπορούσε να είναι:

- *Input*
 - *vector*
 - *raster*
 - *tables*
- *Output*
 - *vector*
 - *raster*
 - *tables*

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> • Μικρότερες απαιτήσεις αποθηκευτικού χώρου • Εύκολη ανάπτυξη τοπολογίας • Πολύ υψηλή ανάλυση • Η οπτικοποίηση των δεδομένων είναι πλησιέστερη στην πραγματική κατάσταση • Δυνατότητες ενημέρωσης των γραφικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών • Ο χάρτης αποδίδεται με τον ίδιο βαθμό λεπτομέρειας • Για την κατασκευή του χάρτη δεν απαιτείται καμιά μετατροπή των αποθηκευμένων δεδομένων • Αποθηκεύονται λιγότερα δεδομένα από ό,τι στην περίπτωση του κανάβου, για αυτό πολλές διαδικασίες γίνονται πιο εύκολα και γρήγορα. Για παράδειγμα, είναι πιο εύκολο και ακριβές να προσδιοριστεί η περίμετρος ενός ακανόνιστου πολυγώνου ή η απόσταση μεταξύ δυο σημείων με διανυσματικά παρά με ψηφιδωτά δεδομένα • Οι ψηφιοποιημένοι χάρτες δεν χρειάζεται να μετατραπούν σε μορφή κανάβου για περαιτέρω επεξεργασία • Απαιτείται πολύ λιγότερος χώρος στον υπολογιστή • Είναι πιο εύκολος ο συσχετισμός των περιγραφικών δεδομένων με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο • Διάφορα χαρακτηριστικά, όπως υδρογραφικό δίκτυο, σημεία δειγματοληψίας κλπ., μπορούν να εντοπισθούν και να ανακτηθούν με ευκολία και να υποστούν επεξεργασία μεμονωμένα. 	<ul style="list-style-type: none"> • Περίπλοκη δομή δεδομένων και αλγορίθμων • Χωρικά δεδομένα τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς, δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με διανύσματα. • Μη συμβατή μορφή με τηλεπισκοπικά δεδομένα • Σε μερικές περιπτώσεις η χωρική ανάλυση είναι δυσκολότερη • Η χρήση επικαλυπτόμενων διανυσματικών χαρτών είναι δυσκολότερη στην επεξεργασία

Πίνακας 1.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα διανυσματικών (*vector*) δεδομένων.

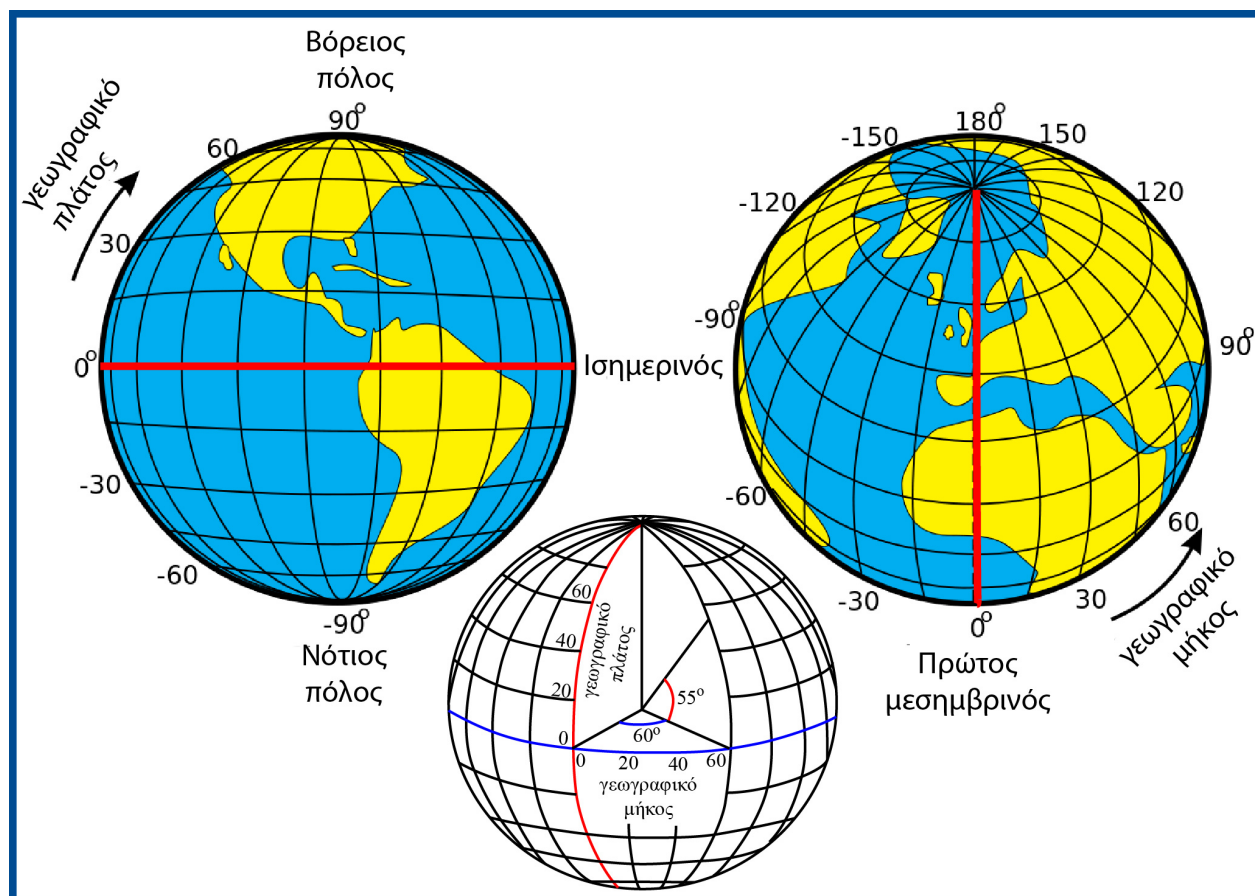
Στον υποφάκελο *Input* αποθηκεύονται, ανάλογα με το είδος τους (*vector, raster, tables*), όλα εκείνα τα πρωτογενή δεδομένα από τα οποία είναι δυνατόν να αντληθούν πληροφορίες, ενώ στον υποφάκελο *Output* αποθηκεύονται, ανάλογα και πάλι με το είδος τους, τα δεδομένα που έχουν προέλθει από περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση.

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα των *G.I.S.* είναι η δυνατότητά τους να απεικονίζουν τα χωρικά δεδομένα στη σωστή τους θέση στο χώρο. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται ο ορισμός του συστήματος συντεταγμένων στο οποίο βρίσκονται τα εν λόγω δεδομένα. Καταρχάς, για να απεικονιστούν τα στοιχεία μιας θέσης, απαιτείται ένα σύστημα αναφοράς, στα πλαίσια του οποίου σε κάθε σημείο του χώρου αντιστοιχεί ένα μοναδικό ζεύγος πραγματικών αριθμών. Το σύστημα αναφοράς (*reference system*) 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. Τα συστήματα αναφοράς διακρίνονται σε μονοδιάστατα ή πολυδιάστατα, ανάλογα με τις διαστάσεις του χώρου που αντιπροσωπεύουν. Επίσης, διακρίνονται σε ορθογώνια ή καρτεσιανά, πλαγιογώνια και πολικά και είναι δυνατόν να προσαρμόζονται σε συγκεκριμένες επιφάνειες, όπως το επίπεδο, η σφαίρα, το ελλειψοειδές, ο κύλινδρος, κ.λπ. Τα συστήματα αναφοράς είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα γεωγραφικά και στα προβολικά (www.geoapikonis.gr). Τα πρώτα ορίζουν τις θέσεις των σημείων σε ένα σφαιρικό ή σφαιροειδές μοντέλο της γης και χρησιμοποιούν ως συντεταγμένες το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος (*Longitude/Latitude*) και τα δεύτερα ορίζουν τις θέσεις των σημείων σε μια αναπτυκτική επιφάνεια (επίπεδο, κύλινδρο ή κώνο), χρησιμοποιώντας ως συντεταγμένες μονάδες απόστασης. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Αναφοράς χρησιμοποιούν τις ακόλουθες γραμμές χωρικής αναφοράς στη Γη:

- Τον Ισημερινό, που αποτελεί τη νοτιή γραμμή διεύθυνσης Α-Δ, γύρω από την περιφέρεια της γης.
- Τον πρώτο Μεσημβρινό, που αποτελεί τη νοτιή γραμμή διεύθυνσης Β-Ν που διέρχεται από το αστεροσκοπείο του *Greenwich* στο Λονδίνο.

- Τους παράλληλους, που αποτελούν γραμμές διεύθυνσης A-Δ που είναι παράλληλες στον Ισημερινό.
- Τους μεσημβρινούς, που αποτελούν γραμμές διεύθυνσης Β-Ν που συναντώνται στους πόλους.

Έτσι, η θέση κάθε σημείου στην επιφάνεια της γης ορίζεται από το γεωγραφικό μήκος του (*longitude*) που ισούται με τη γωνία που σχηματίζει η θέση του σημείου προς τα ανατολικά ή δυτικά με τον πρώτο μεσημβρινό (60°E) και το γεωγραφικό πλάτος του (*latitude*) που ισούται με τη γωνία που σχηματίζει η θέση του σημείου προς τα βόρεια ή νότια με τον Ισημερινό (55°N) (**Εικ. 1.16**). Το σημείο με γεωγραφικές συντεταγμένες $\lambda=23^{\circ}\text{A}$ και $\varphi=37^{\circ}\text{B}$ βρίσκεται στον Ν. Αττικής.

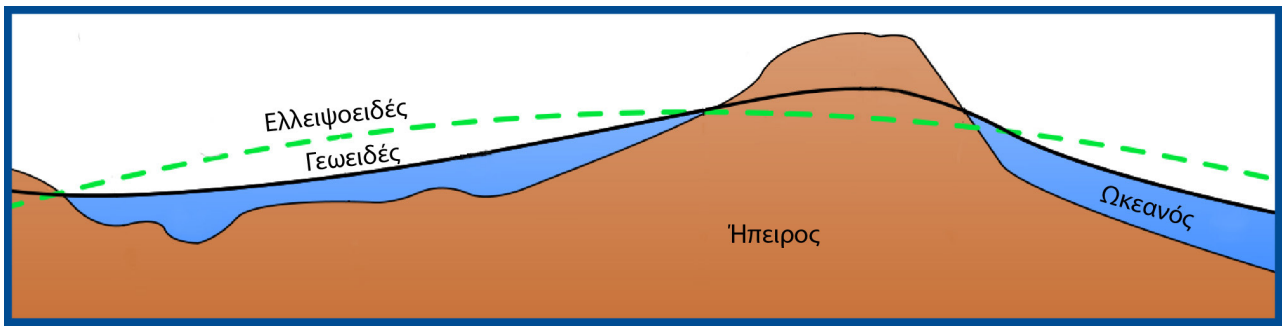


Εικόνα 1.16: Ορισμός της θέσης κάθε σημείου στην επιφάνεια της γης μέσω του γεωγραφικού πλάτους και μήκους του.

Επειδή το πραγματικό σχήμα της γης είναι πολύπλοκο για να χρησιμοποιηθεί, έχουν δημιουργηθεί διάφορα είδη σφαιροειδών μοντέλων τα οποία περιλαμβάνουν μονάδες μέτρησης γωνίας, τον πρώτο μεσημβρινό (*Greenwich*) και ένα ελλειψοειδές αναφοράς (*Datum*). Το ελλειψοειδές αναφοράς αποτελεί θεωρητική επιφάνεια, που υπολογίζεται με βάση μαθηματικές σχέσεις, είναι γνωστό ως «ελλειψοειδές εκ περιστροφής» και προσομοιάζει το σχήμα της γης που ορίζεται από το γεωειδές, δηλαδή από την κλειστή ομαλή επιφάνεια που περιβάλλει τη γη, εφάπτεται στη μέση στάθμη της επιφάνειας των θαλασσών και η διεύθυνση της βαρύτητας είναι παντού κάθετη σε αυτή. Σημειώνεται, ότι το γεωειδές και το ελλειψοειδές δεν ταυτίζονται (**Εικ. 1.17**).

Για να παρασταθεί η Γη ή τμήμα της στο επίπεδο, πρέπει πρώτα να απεικονιστούν οι γραμμές που θα αντιπροσωπεύουν τους μεσημβρινούς και τους παράλληλους, οι οποίες στη συνέχεια αποτελούν το δίκτυο του χάρτη, που ονομάζεται κάρναβος. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται χαρτογραφική απεικόνιση ή προβολή (*map projection*). Τα Προβολικά Συστήματα Αναφοράς βασίζονται στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, στο οποίο η θέση του σημείου ορίζεται από σταθερές μονάδες απόστασης x (μέτρηση ανατολικά ή δυτικά από το 0 που είναι η αρχή των αξόνων) και y (μέτρηση βόρεια ή νότια από το 0). Αποτελούνται από:

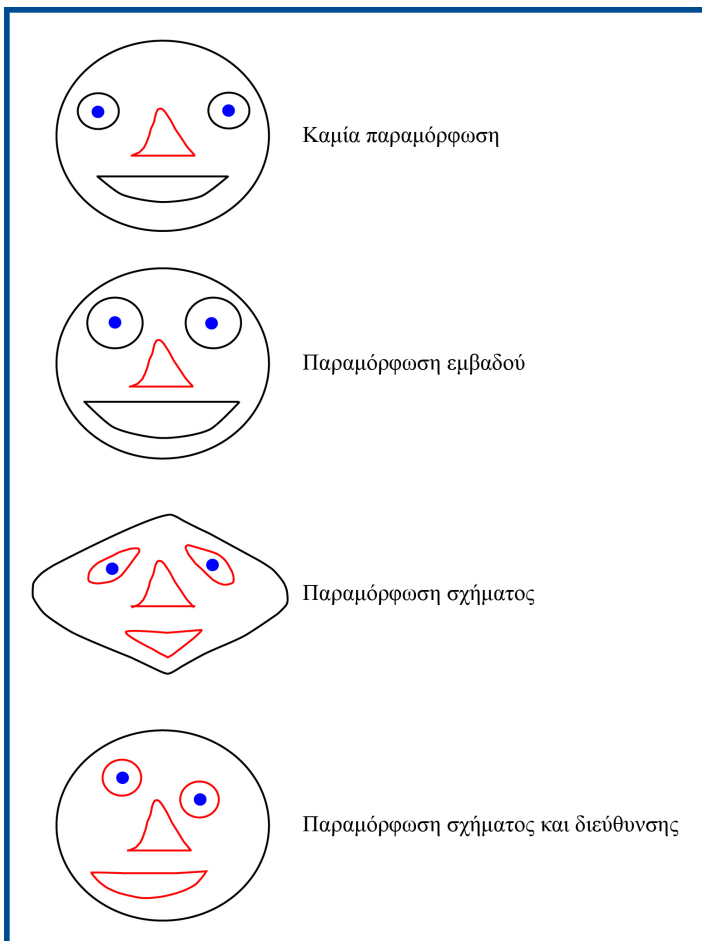
- Μονάδα μέτρησης
- Αρχή συστήματος (0,0)
- Προβολή (επίπεδη, κωνική, κυλινδρική)
- Υποκείμενο Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς



Εικόνα 1.17: Προκειμένου να προσομοιωθεί η επιφάνεια της γης έχουν δημιουργηθεί θεωρητικές επιφάνειες όπως το ελλειψοειδές και το γεωειδές.

Τα Προβολικά Συστήματα επιτρέπουν τη χαρτογραφική απεικόνιση σημείων του ελλειψοειδούς ή της σφαίρας στο επίπεδο, έτσι ώστε να υπάρχει αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία. Η διαδικασία μετασχηματισμού των ϕ, λ (πλάτος, μήκος) σε x, y (καρτεσιανές συντεταγμένες) περιγράφεται από μαθηματικές σχέσεις. Η επιλογή του κατάλληλου προβολικού εξαρτάται από το σκοπό που θα εξυπηρετήσει, την περιοχή στην οποία αναφέρεται και την έκταση που θα καλύψει. Κάθε τέτοια προβολή προκαλεί χωρική παραμόρφωση σε κάποιο γεωμετρικό χαρακτηριστικό, όπως στο σχήμα, εμβαδόν, απόσταση ή στη διεύθυνση. Ανάλογα με το γεωμετρικό χαρακτηριστικό που παραμένει αναλλοίωτο μετά τον μετασχηματισμό, οι προβολές διακρίνονται (**Εικ. 1.18**) σε:

- Σύμμορφες (αναλλοίωτες γωνίες)
- Ισοδύναμες (αναλλοίωτα εμβαδά)
- Ισαπέχουσες (αναλλοίωτες αποστάσεις)
- Αφύλακτες προβολές (δεν διατηρείται αναλλοίωτο κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό)



Εικόνα 1.18: Κάθε προβολή είναι δυνατόν να προκαλέσει χωρική παραμόρφωση (σχήμα, εμβαδόν, απόσταση και διεύθυνση).

Οι κύριες παράμετροι που ορίζουν ένα προβολικό σύστημα είναι:

- Ο Κεντρικός μεσημβρινός (*central meridian*, λ_0): καθορίζει την αρχή των x συντεταγμένων
- Ο Κεντρικός παράλληλος (*central parallel*, φ_0): καθορίζει την αρχή των y συντεταγμένων.
- *False Easting* (Εο): για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τετμημένες (σημεία δυτικά του κεντρικού μεσημβρινού) συνηθίζεται να προστίθεται μια ποσότητα η οποία υπερβαίνει τη μέγιστη αρνητική τετμημένη (500.000 m για ζώνες εύρους 6ο - 200.000 m για ζώνες εύρους 3ο)
- *False Northing* (Νο): για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τεταγμένες (10.000.000 m για το νότιο ημισφαίριο - 0 m για το βόρειο ημισφαίριο)
- Συντελεστής κλίμακας σημείου (*Point scale factor*) ή μέτρο γραμμικής παραμόρφωσης (m) του στοιχειώδους μήκους (s) στο προβολικό σύστημα, προς το αντίστοιχο στοιχειώδες μήκος (S) στο ελλειψοειδές εκ περιστροφής. Καθαρός αριθμός με τιμή λίγο μικρότερη της μονάδας. Μειώνει τη συνολική παραμόρφωση της προβολής στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Σε ό,τι αφορά στον Ελλαδικό χώρο, χρησιμοποιούνται ευρέως τα ακόλουθα συστήματα αναφοράς:

- **Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση** (*Universal Transverse Mercator/UTM*). Αποτυπώνεται στους χάρτες κλίμακας 1:50.000 της ΓΥΣ. Το ελλειψοειδές *Hayford*, που χρησιμοποιεί για να προσομοιάσει το σχήμα της γης, διαιρείται σε 60 μεσημβρινές ζώνες πλάτους 6° με πρώτη τη ζώνη του *Greenwich* και με αύξηση των ζωνών προς τα ανατολικά και παραμορφώσεις μικρότερες από 1:2.500. Η Ελλάδα καταλαμβάνει τις ζώνες 34 και 35.
- **Ευρωπαϊκό Datum** (*European Datum 50/ED50*). Ως αφετηρία έχει τον «Πύργο του *Helmert*» στο *Potsdam* της Γερμανίας. Χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές *Hayford* και την παγκόσμια εγκάρσια Μερκατορική προβολή (*UTM 6°*), με κεντρικό μεσημβρινό αυτόν του *Greenwich*. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε για στρατιωτικούς σκοπούς.
- **Παγκόσμιο WGS 84** (*World Geodetic System 1984*). Χρησιμοποιείται από το δορυφορικό σύστημα *GPS*. Κάνει χρήση του ελλειψοειδούς *WGS 84* και δύο ειδών συστημάτων συντεταγμένων: (α) γεωγραφικές (φ, λ) και (β) καρτεσιανό τρισδιάστατο σύστημα, με αρχή το κέντρο του ελλειψοειδούς και άξονες x, y επί του ισημερινού, με θετικό άξονα y προς το βόρειο πόλο και θετικό άξονα x προς την κατεύθυνση του μεσημβρινού του *Greenwich*. Ως τρίτη παράμετρος μπορεί να ληφθεί το γεωδαιτικό υψόμετρο του σημείου (h) που αντιπροσωπεύει την απόσταση του σημείου από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς.
- **HATT**. Αποτελεί απλό μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στη διανομή των χαρτών της ΓΥΣ κλίμακας 1:5.000. Πρόκειται για πλάγια ισαπέχουσα αζιμουθιακή απεικόνιση με $\lambda_0=0$ στο Αστεροσκοπείο Αθηνών. Κάνει χρήση του ελλειψοειδούς *Bessel* και χωρίζει την Ελλάδα σε 130 φύλλα χάρτου (τραπέζια, διαστάσεων 55x45 km). Οι παραμορφώσεις των γωνιών, αζιμουθίων και εμβαδών διατηρούνται μικρές μέσα στο ίδιο φύλλο χάρτου και αυξάνονται αναλογικά προς τα άκρα, ενώ οι αποστάσεις, που αναφέρονται στο κέντρο και προς οποιοδήποτε σημείο του ίδιου φύλλου χάρτη, δεν παραμορφώνονται. Ωστόσο, η χρήση πολλών κέντρων προβολής απαιτεί συνεχείς μετασχηματισμούς.
- **Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987** (ΕΓΣΑ 87). Αποτελεί παραλλαγή της εγκάρσιας μερκατορικής προβολής (*UTM*) με κεντρικό μεσημβρινό στις 24° που διέρχεται από τον Διόνυσο Αττικής, άξονα τετμημένων τον Ισημερινό, *False Easting* 500.000 m και συντελεστή κλίμακας 0.9996. Κάνει χρήση του γεω-κεντρικού ελλειψοειδούς *GRS 80* και παρουσιάζει παραμορφώσεις μέχρι 1:1000 στα άκρα της χώρας (1 m σε απόσταση 1 km). Είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ και χρησιμοποιείται για τη σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου.
- **Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989 ή ETRS89** (*European Terrestrial Reference System 89*). Είναι ένα γεωκεντρικό γεωδαιτικό Καρτεσιανό σύστημα αναφοράς, στο οποίο η Ευρασιατική Πλάκα θεωρείται ως στατική οντότητα στο σύνολό της, οπότε, οι συντεταγμένες των γεωδαιτικών σημείων ελέγχου, καθώς και οι χάρτες της Ευρώπης που βασίζονται στο *ETRS89*, δεν υπόκεινται σε αλλαγές και μετακινήσεις, λόγω διηπειρωτικής ολίσθησης. Η ανάπτυξη του *ETRS89* σχετίζεται με το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς *ITRS*, στο οποίο όμως η διηπειρωτική ολίσθηση είναι εξισορροπημένη κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε η συνολική φαινομενική γωνιακή ορμή των ηπειρωτικών πλακών να είναι μηδενική.
Το *ETRS89* θεσπίστηκε επίσημα το 1990, από την Ευρωπαϊκή υποεπιτροπή της Διεθνούς Ένωσης

Γεωδαισίας (*IAG*) *EUREF* (*European Reference Frame*) στη σύνοδο που πραγματοποιήθηκε στη Φλωρεντία, βασικός στόχος της οποίας ήταν η ενοποίηση των (Εθνικών) γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς της Ευρώπης για χαρτογράφηση, *G.I.S.* και πλοήγηση. Σύμφωνα με σχετικό ψήφισμα, το σύστημα ονομάστηκε Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς του 1989 (*ETRS89*). Από τότε *ETRS89* και *ITRS* αποκλίνουν λόγω της ηπειρωτικής ολίσθησης με μια ταχύτητα περίπου 2,5 cm ετησίως. Μέχρι το έτος 2000 τα δύο ισότιμα συστήματα διέφεραν περίπου 25 cm. Πρέπει να γίνει σαφές ότι το 89 στο όνομα του συστήματος αναφοράς, δεν είναι το έτος λύσης (πραγματοποίησης), αλλά ένα έτος αρχικού καθορισμού, όταν το *ETRS89* ήταν πλήρως ισοδύναμο με το *ITRS*.

Σε γενικές γραμμές, στην περίπτωση που η εξεταζόμενη περιοχή αφορά σε παραπάνω από μία χώρες, προτείνεται η χρήση μιας προβολής ίσης έκτασης, ιδιαίτερα αν ο χάρτης είναι παγκόσμιος (*World projections*).

1.5 Κατηγορίες Γεωγραφικών Εφαρμογών

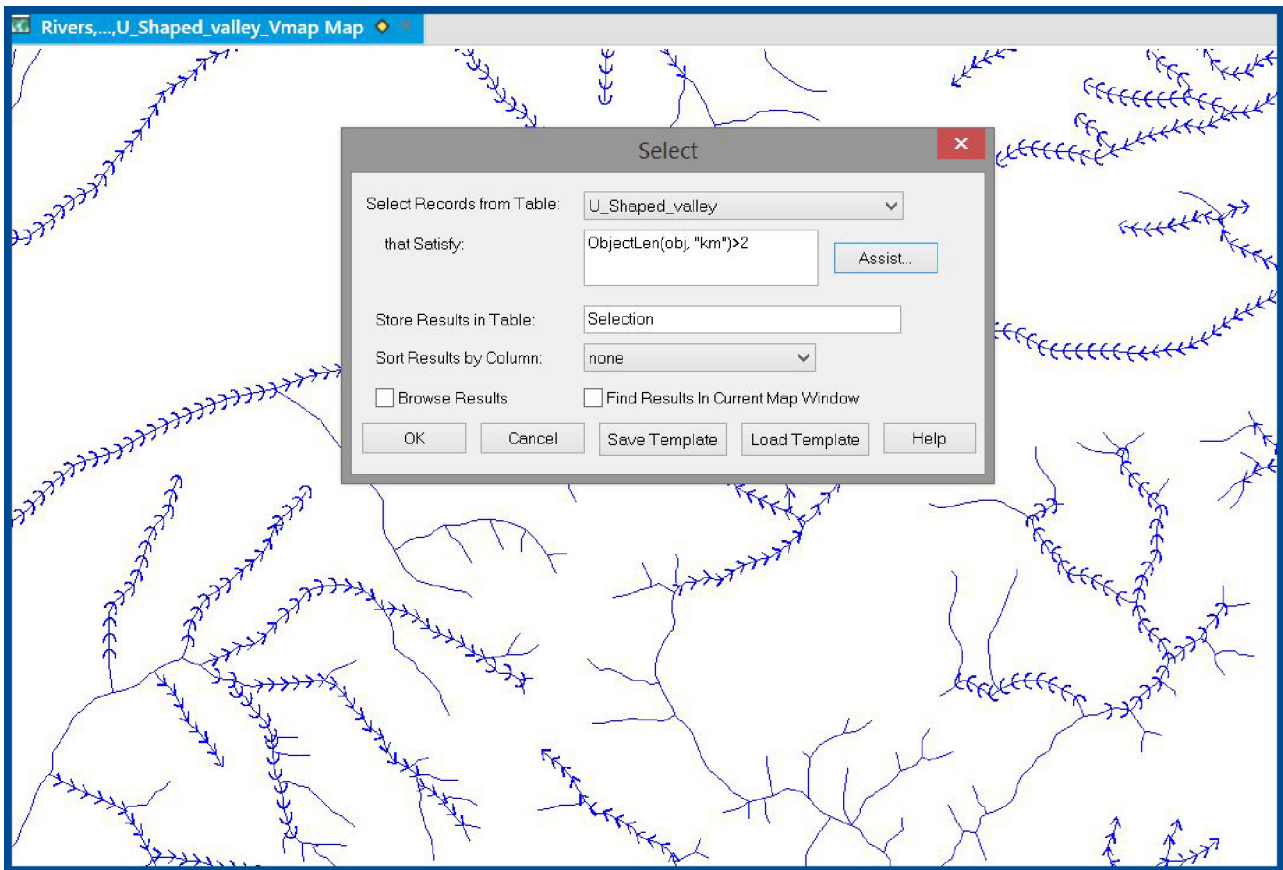
Οι εφαρμογές των *G.I.S.* είναι πολλές και καθορίζονται ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες του προβλήματος. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των περιπτώσεων είναι η χωρική επεξεργασία και η προβολή δεδομένων που έχουν γεωγραφική υπόσταση. Οι λειτουργίες ενός *G.I.S.* είναι πολυάριθμες και καθορίζονται από την ορθότητα σχεδίασης της εφαρμογής και των δεδομένων. Οι σημαντικότερες γεωγραφικές αναλύσεις που πραγματοποιούνται σε ένα *G.I.S.* είναι:

- **Αναζήτηση-Επιλογή:** Είναι η δυνατότητα εύρεσης των χαρακτηριστικών ενός ή περισσότερων καθορισμένων αντικειμένων που υπόκεινται σε ένα σύνολο προϋποθέσεων και κανόνων που υπαγορεύει ο χρήστης (**Εικ. 1.19**).
- **Μετατροπές κλίμακας:** Πρόκειται για την ικανότητα του συστήματος να μετατρέπει γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια την κλίμακα των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων του (**Εικ. 1.20**).
- **Μετατροπές της ικανότητας ανάλυσης:** Πρόκειται για τη δυνατότητα συνοπτικής παρουσίασης κάποιων αναλυτικών μορφών και το αντίστροφο (εφόσον, βέβαια, το επιτρέπουν τα δεδομένα). Ένα παράδειγμα είναι η γενίκευση ενός σεισμολογικού χάρτη, έτσι ώστε αντί να παρουσιάζει σεισμούς μικρού, μέσου και μεγάλου εστιακού βάρους και να παρουσιάζει γενικώς τους σεισμούς (**Εικ. 1.21**).
- **Μέτρηση γεωγραφικών στοιχείων:** Είναι η δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων, μηκών, εμβαδών κ.λπ. (**Εικ. 1.22**).
- **Μελέτη απλών αναλύσεων κυρίαρχης τάσης:** Εδώ, αναφέρονται ερωτήσεις καθώς και στατιστικές εκτιμήσεις, που αφορούν στην πορεία εξέλιξης μίας κατάστασης ή μίας περιοχής.
- **Σύνθετη απεικόνιση:** Πρόκειται για τη χρησιμοποίηση ενός ή περισσότερων επιπέδων πληροφορίας, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παραγωγή σύνθετων χαρτών (**Εικ. 1.23**).
- **Προσομοίωση και μοντελοποίηση:** Αφορά στην ανάπτυξη μοντέλων, τα οποία περιγράφουν τις συνθήκες λειτουργίας που διέπουν ένα σύστημα, άλλοτε με μαθηματικό και άλλοτε με περιγραφικό τρόπο. Η εργασία αυτή αποσκοπεί στην προσομοίωση της φυσικής πραγματικότητας, έτσι ώστε να γίνει εφικτή η αυτοματοποιημένη παρακολούθηση της εξέλιξης του συστήματος συναρτήσει του χρόνου, καθώς και η εκτίμηση της εξελικτικής του πορείας (**Εικ. 1.24**).

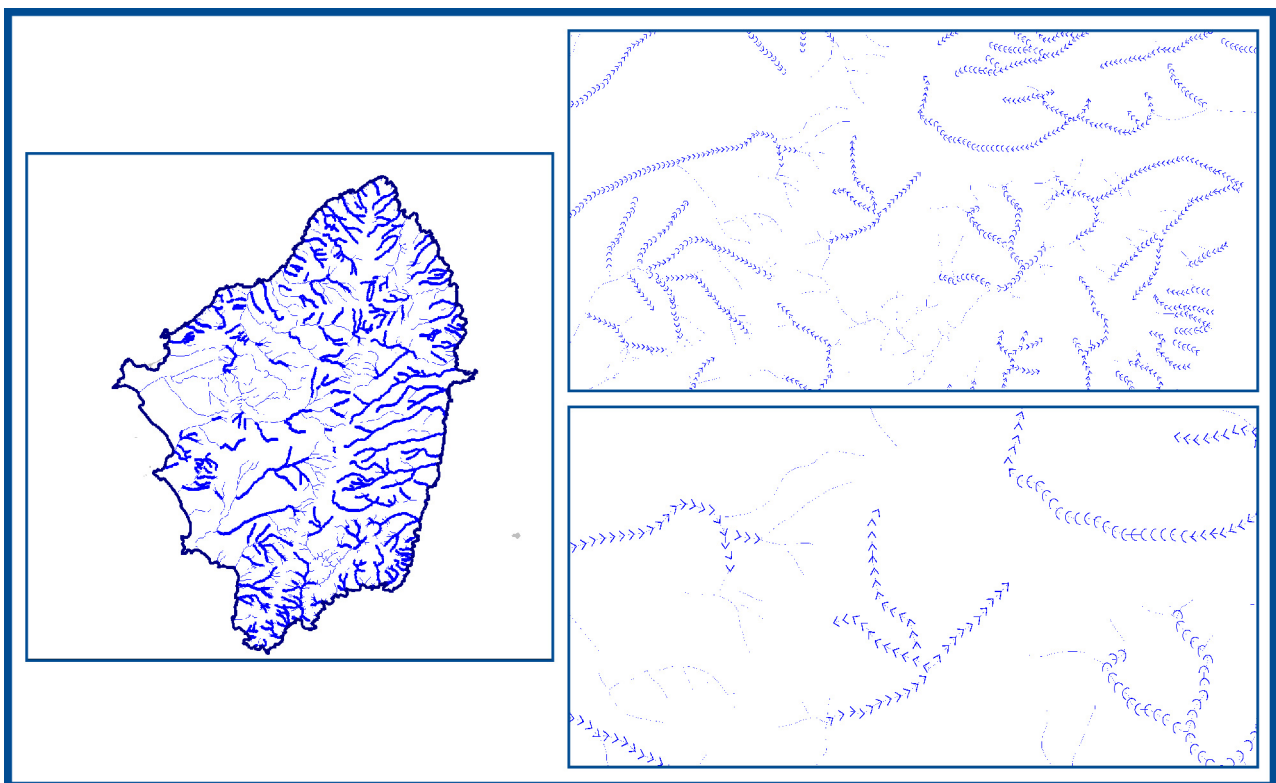
1.6 Τεκμηρίωση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών - Δημιουργία Χωρικής Βάσης Δεδομένων και Μεταδεδομένων

Βασικό στάδιο για την ανάπτυξη ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι ο σαφής καθορισμός του προβλήματος ή του αντικειμένου μελέτης. Ακολουθούν μια σειρά από διαδικασίες που συνοπτικά μπορούν να χωριστούν ως ακολούθως:

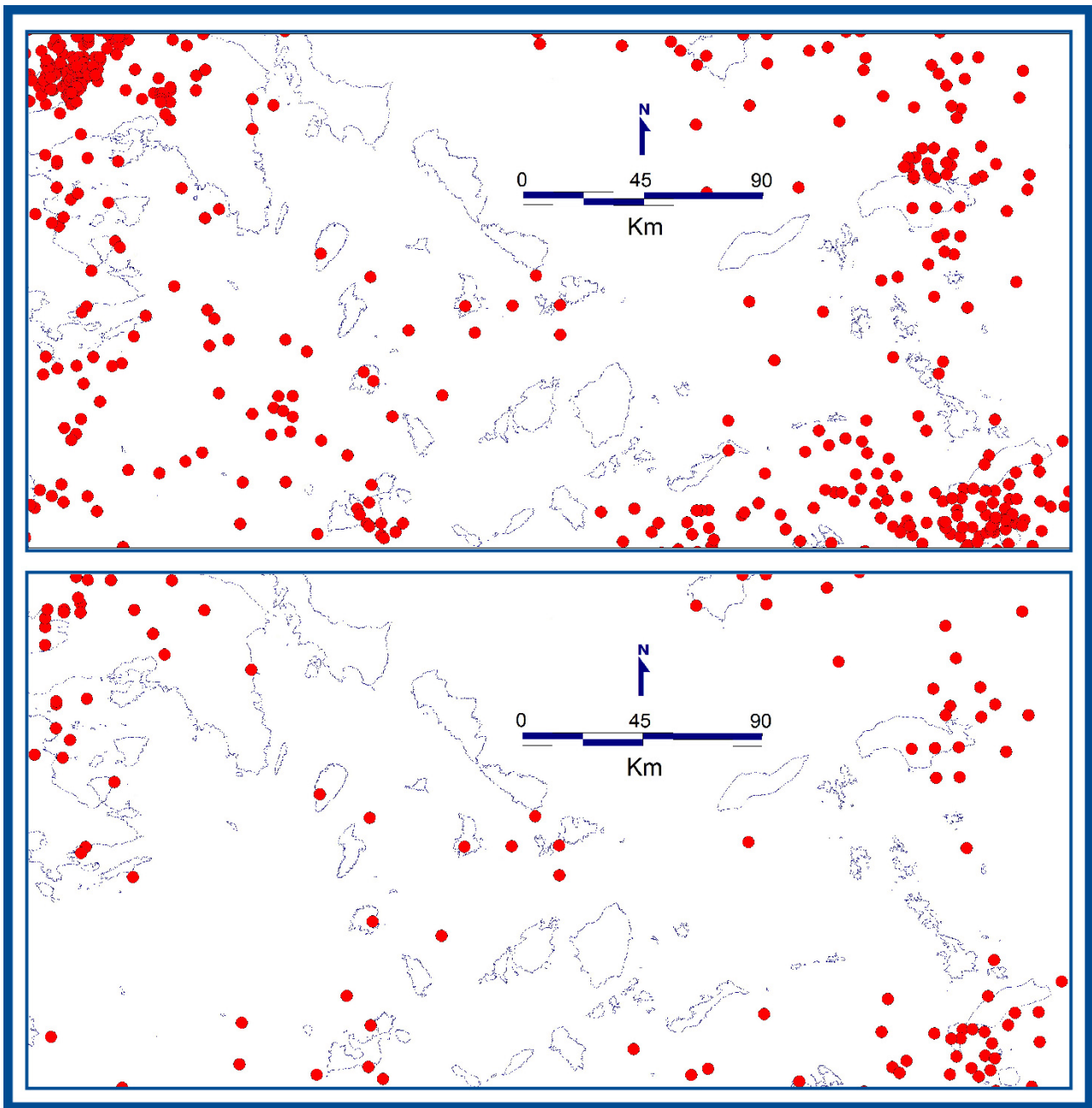
- Καθορισμός κριτηρίων
- Προσδιορισμός απαιτούμενων επιπέδων πληροφορίας
- Προσδιορισμός περιγραφικών χαρακτηριστικών
- Καθορισμός συστήματος συντεταγμένων
- Οργάνωση χώρου εργασίας.



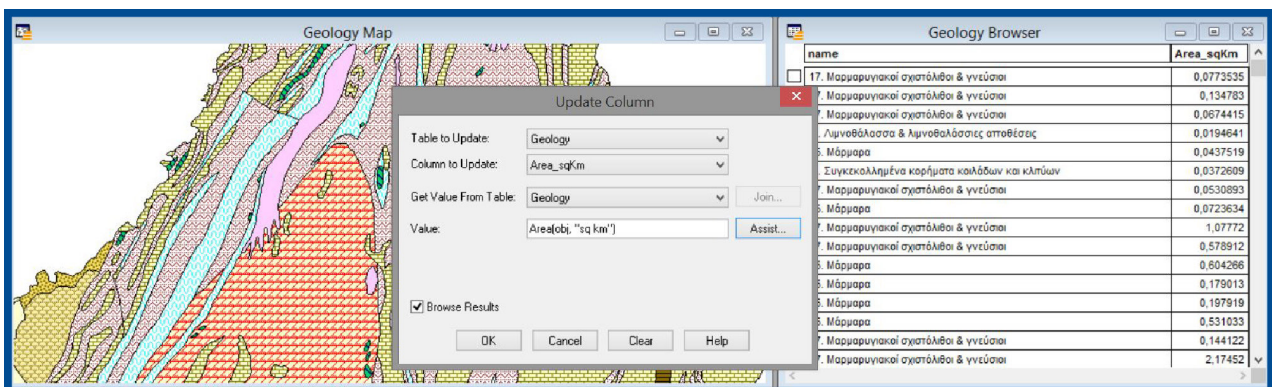
Εικόνα 1.19 Αναζήτηση γεωγραφικών οντοτήτων που πληρούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Όπως φαίνεται και από την εικόνα, ζητήθηκε στο σύστημα να εντοπίσει τις κοιλάδες σχήματος U και συγκεκριμένα αυτές που έχουν μήκος μεγαλύτερο των 2 Km.



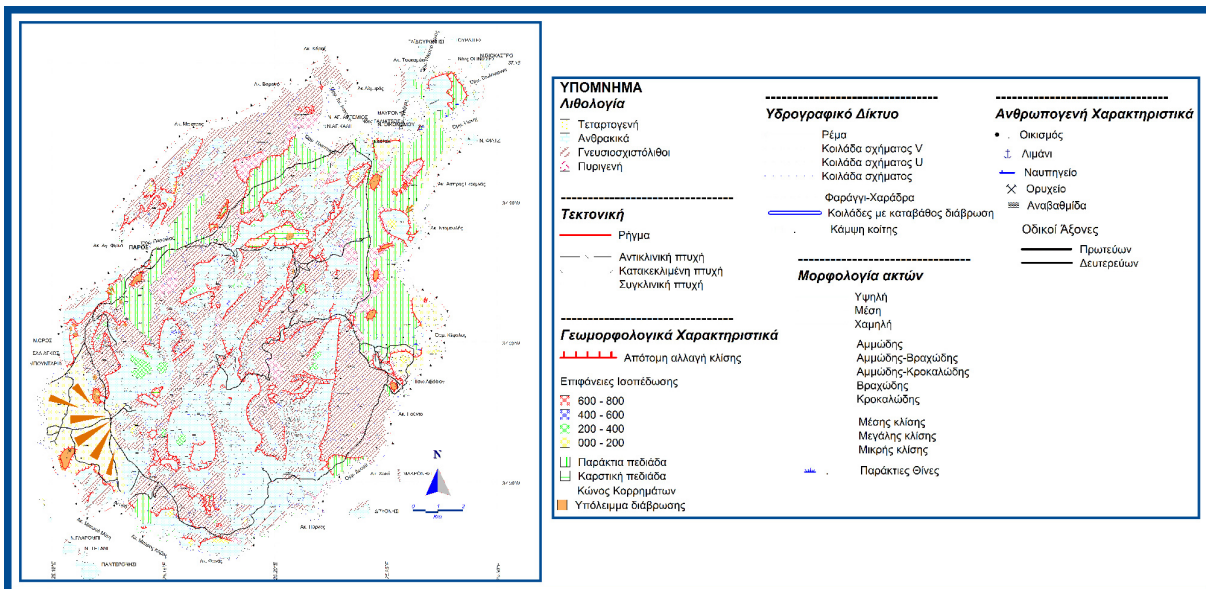
Εικόνα 1.20 Διαδοχικά μεγαλύτερη κλίμακα παρατήρησης των επιπέδων πληροφορίας που αφορούν στο σχήμα κοιλάδων της νήσου Νάξου.



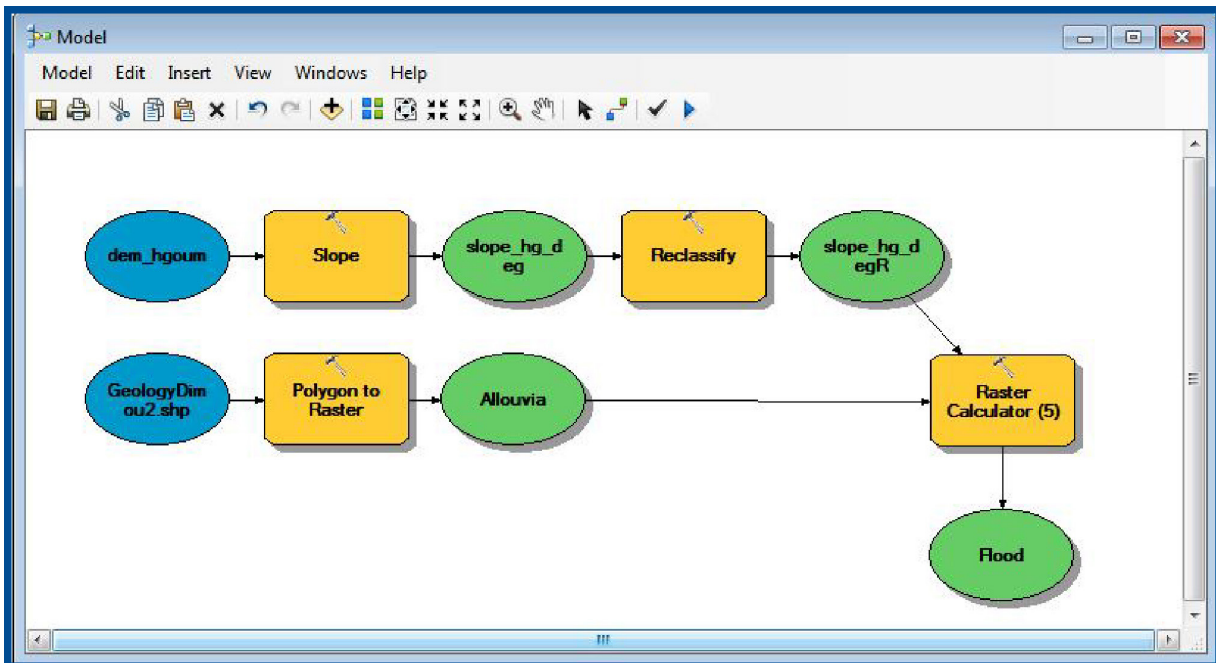
Εικόνα 1.21 Γενικευμένος χάρτης στον οποίο παρουσιάζονται οι σεισμοί στις Κυκλάδες (επάνω) και οι σεισμοί μεγέθους μεγαλύτερου του 5 της κλίμακας Ρίχτερ (κάτω).



Εικόνα 1.22 Αναζήτηση της πληροφορίας που αφορά στο εμβαδόν των γεωλογικών σχηματισμών της Νάξου και ενημέρωση της βάσης δεδομένων με την πληροφορία αυτή.



Εικόνα 1.23 Γεωμορφολογικός χάρτης της νήσου Πάρου, όπου συνδυάζονται πολυάριθμα επίπεδα πληροφορίας όπως φαίνεται και στο υπόμνημά του.



Εικόνα 1.24 Στιγμιότυπο οθόνης όπου απεικονίζεται γραφικά η αυτοματοποιημένη διαδικασία εκτίμησης πιθανών πλημμυρικών περιοχών.

Ας υποθεθεί ότι το πρόβλημα, που πρέπει να μελετηθεί, είναι ο εντοπισμός θέσεων υψηλού κινδύνου διάβρωσης σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Ακολουθεί η μελέτη των κριτηρίων, που περιληπτικά θα μπορούσαν να καθοριστούν ως εξής (Goumpelos *et al.*, 2001):

- Τρωτότητα των πετρωμάτων: Η τρωτότητα των πετρωμάτων εξαρτάται από μια σειρά παραμέτρων, όπως είναι οι ασυνέχειες, οι διακλάσεις, τα ρήγματα, η καταπόνηση του πετρώματος, κ.λπ.
- Μορφολογικές κλίσεις: Η τιμή της μορφολογικής κλίσης σε μοίρες ή επί τοις εκατό, καθώς επίσης και η φορά και η μορφή αυτής (κυρτή, κοίλη ή συνδυασμός).
- Υδρογραφική πυκνότητα: Η πυκνότητα που υδρογραφικού δικτύου που καθορίζεται από το συνολικό μήκος αυτού σε συγκεκριμένη επιφάνεια, προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.
- Χρήσεις γης: Το είδος χρήσης γης (δασική, καλλιέργειες κ.λπ.) επηρεάζει την επικινδυνότητα διάβρωσης μιας περιοχής. Για παράδειγμα, σε μια περιοχή που καλύπτεται από βλάστηση, η διαβρωτική δράση του νερού είναι πιο περιορισμένη αφού επιβραδύνεται από τις ρίζες των φυτών και δέντρων.

Στη συνέχεια, πρέπει να γίνει ο καθορισμός των επιπέδων πληροφορίας που θα χρειαστούν για την επίλυση του προβλήματος. Κάθε κριτήριο πρέπει να μεταφραστεί σε συγκεκριμένα γεωγραφικά στοιχεία, σε ένα ή περισσότερα επίπεδα πληροφορίας. Δύο είναι οι βασικές συνιστώσες για την οργάνωση των χωρικών στοιχείων σε επίπεδα: α) η μορφή των δεδομένων (σημειακά, γραμμικά ή πολυγωνικά), β) η εννοιολογική τους ενότητα. Δευτερογενώς, για κάθε κριτήριο θα πρέπει να δημιουργηθούν τα επίπεδα πληροφορίας που το περιγράφουν. Για παράδειγμα, για το κριτήριο της τρωτότητας ένα επίπεδο πληροφορίας, που θα πρέπει να δημιουργηθεί, αφορά στους γεωλογικούς σχηματισμούς και θα εμφανίζεται με τη μορφή πολυγώνων. Στον **πίνακα 1.3** που ακολουθεί, φαίνεται ο προσδιορισμός των επιπέδων πληροφορίας και η μορφή αυτών για κάθε κριτήριο.

Ενδεικτικά Κριτήρια	Επίπεδο Πληροφορίας	Μορφή
Τρωτότητα	Γεωλογικοί Σχηματισμοί	Επιφάνειες
	Ρήγματα και ασυνέχειες	Γραμμές
Μορφολογία	Μορφολογικές Κλίσεις	Επιφάνειες
Υδρογραφική Πυκνότητα	Υδρογραφικό Δίκτυο	Γραμμές
	Υδρογραφικές λεκάνες	Επιφάνειες
Χρήσεις Γης	Χρήσεις Γης	Επιφάνειες

Πίνακας 1.3 Παράδειγμα προσδιορισμού επιπέδων πληροφορίας βάσει κριτηρίων.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες παραγράφους, το κάθε γεωγραφικό αντικείμενο είναι συνδεδεμένο με μία βάση δεδομένων, στην οποία γίνεται η καταχώριση της περιγραφικής πληροφορίας. Η δομή της βάσης δεδομένων καθορίζεται ανάλογα με τη φύση του επιπέδου πληροφορίας και του προβλήματος που θα επιλυθεί. Στον **πίνακα 1.4** που ακολουθεί, φαίνεται ένα παράδειγμα των πεδίων της βάσης δεδομένων για τα επίπεδα πληροφορίας, που θα χρησιμοποιηθούν βάσει των κριτηρίων που καθορίστηκαν.

Μερικές φορές, κάποια από τα περιγραφικά χαρακτηριστικά αποθηκεύονται καλύτερα χρησιμοποιώντας κωδικούς. Για παράδειγμα, μια ιδιότητα, που περιγράφει μια τάξη, μπορεί να περιγραφεί με κωδικό αντί για το όνομα της τάξης. Η ίδια λογική μπορεί να ακολουθηθεί και για εύρη τιμών. Στον **πίνακα 1.5** που ακολουθεί, φαίνεται ένα παράδειγμα αποθήκευσης περιγραφικών χαρακτηριστικών με κωδικοποίηση.

Αφού καθοριστούν τα πεδία που θα αποτελέσουν την περιγραφική βάση δεδομένων, πρέπει να οριστούν τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες τους. Έτσι, αν ένα πεδίο πρόκειται να συμπληρωθεί με χαρακτήρες, όπως για παράδειγμα το όνομα των γεωλογικών σχηματισμών (φλύσης, σχιστόλιθος, κ.λπ) θα πρέπει να δηλωθεί το πεδίο ως τύπου ‘character’ ή ‘text’ και μάλιστα να προσδιοριστεί ο μέγιστος αριθμός χαρακτήρων που θα δέχεται το πεδίο αυτό (με βάση το όνομα με τους περισσότερους χαρακτήρες). Στην περίπτωση που πρόκειται να εισαχθούν αριθμοί, θα πρέπει να δηλωθεί αν πρόκειται για ακέραιους ή δεκαδικούς, καθώς επίσης και οι επιμέρους παράμετροί τους (μέγιστος αριθμός δεκαδικών ψηφίων, μέγιστη τιμή, κ.λπ). Άλλα είδη πεδίων είναι αυτά στα οποία εισάγεται ημερομηνία ή είναι Boolean λογικής, δηλαδή τύπου ναι/όχι, σωστό/λάθος, 0/1. Επόμενο στάδιο της ανάπτυξης και ενημέρωσης μιας βάσης δεδομένων, είναι η δημιουργία λεξικού μετα-δεδομένων (metadata), για τα οποία θα γίνει αναφορά στο κεφάλαιο 3. Ουσιαστικά το λεξικό αυτό παρέχει πληροφορίες και διευκρινίσεις για τα δεδομένα, μεταφέροντας πληροφορίες σε άλλους χρήστες της βάσης δεδομένων καθώς και υπενθυμίζοντας λεπτομέρειες στον κατασκευαστή της, που μπορεί να ξεχαστούν με το πέρασμα του χρόνου. Τα μεταδεδομένα της βάσης δεδομένων που σχεδιάστηκε στο παράδειγμα που περιγράφηκε προηγουμένως, θα μπορούσαν να έχουν τη μορφή του **πίνακα 1.6**.

Τα επιμέρους επίπεδα πληροφορίας, που αντιπροσωπεύουν τα γεωγραφικά δεδομένα, θα πρέπει να μπορούν να συνδυάζονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα, σε μία παράκτια περιοχή τα επίπεδα πληροφορίας των γεωλογικών σχηματισμών και των ισούψων καμπυλών θα πρέπει να έχουν δημιουργηθεί με βάση την ίδια περίμετρο, έτσι ώστε, όταν είναι και τα δύο επίπεδα ορατά, η ακτογραμμή να εμφανίζεται ως μία γραμμή. Για

το λόγο αυτό τα επιμέρους επίπεδα πληροφορίας θα πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων, ώστε τα στοιχεία κάθε επιπέδου να εγγράφονται στη βάση δεδομένων με απόλυτη αντιστοιχία μεταξύ τους. Το σύστημα που θα επιλεγεί εξαρτάται κάθε φορά από το είδος της εφαρμογής και την περιοχή μελέτης. Στο κεφάλαιο 3 αναφέρονται τα κυριότερα συστήματα συντεταγμένων που υπάρχουν, καθώς και οι συνηθέστερες χρήσεις αυτών.

Επίπεδο πληροφορίας	Μορφή
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	Κωδικός Βάσης Περιγραφή Ονομασία Ηλικία Εμβαδόν Λιθολογία
Χρήση Γης	Κωδικός Βάσης Περιγραφή Κατηγορία Εμβαδόν
Υ/Δ	Κωδικός Βάσης Περιγραφή Τάξη Μήκος
Προστατευόμενες Θέσεις	A/A Ονομασία Κατηγορία

Πίνακας 1.4 Παραδείγματα πεδίων βάσης δεδομένων για το εκάστοτε επίπεδο πληροφορίας.

Μορφολογικές κλίσεις	Κωδικός
0°-10°	1
11°-20°	2
21°-30°	3
31°-40°	4
>40°	5

Πίνακας 1.5 Παράδειγμα αποθήκευσης περιγραφικών χαρακτηριστικών με κωδικοποίηση.

1.7 Χρονική Διάσταση Γεωγραφικών Δεδομένων

Η χρονική διάσταση των γεωγραφικών δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντική ειδικά σε περιβαλλοντικές μελέτες διότι καταγράφεται η δυναμική εξέλιξη του μελετώμενου φαινομένου όπως για παράδειγμα μιας πλημμύρας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, αντιστοιχούν στις γεωγραφικές οντότητες τιμές σχετικές με σημαντικές χρονικές στιγμές ή χρονικά διαστήματα όπως για παράδειγμα η ημερομηνία κατασκευής ενός φράγματος, η ημερομηνία ενός σημαντικού πλημμυρικού φαινομένου ή και η διάρκειά του. Συχνά επίσης αντιστοιχίζονται πληροφορίες σχετικά με την εξέλιξή τους καθώς επίσης και με τις χρονικές τους σχέσεις. Ο χώρος και χρόνος

είναι δύο έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους και κατά συνέπεια είναι ιδιαίτερης σημασίας η χρονική διάσταση των γεωγραφικών δεδομένων. Σε περιβαλλοντικές εφαρμογές όπως για παράδειγμα οπισθοχώρηση μιας ακτογραμμής, ποτάμια πλημμύρες, παρακολούθηση ερπυσμού εδάφους, κ.ά. είναι σημαντικό τα δεδομένα να είναι ενημερωμένα κατά το βέλτιστο έτσι ώστε να αναπαριστούν όσο πιο πιστά γίνεται την κατάσταση της χρονικής περιόδου στην οποία αναφέρονται.

Ενδεικτικά κριτήρια	Επίπεδο	Μορφή	Περιγραφικά χαρακτηριστικά (κωδικοποίηση)	Περιγραφικά χαρακτηριστικά
Τρωτότητα	Γεωλογικοί Σχηματισμοί	Επιφάνειες	Κατηγορίες 100 200 300 400 500	Ασβεστόλιθος Δολομίτης Σχιστόλιθος Φλύσχης Τεταρτογενείς Αποθέσεις
Μορφολογία	Μορφολογικές κλίσεις	Επιφάνειες	Κατηγορίες 1 2 3 4	Χαμηλή Μέση Υψηλή Πολύ Υψηλή
Υδρογραφική Πυκνότητα	Υδρογραφικό Δίκτυο	Γραμμές	Κατηγορίες 1 2 3 4	Χαμηλή Μέση Υψηλή Πολύ Υψηλή
Χρήσεις γης	Χρήσεις Γης	Επιφάνειες	Κατηγορίες 100 200 300 400	Αγροτική Μη Αγροτική Δασική Αστική

Πίνακας 1.6 Τα μεταδεδομένα της βάσης δεδομένων που σχεδιάστηκε για το παράδειγμά μας.

Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Βαϊόπουλος Δ.Α., Βασιλόπουλος Α.Π. & Ευελπίδου Ν.Η. (2002). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών από τη θεωρία στην πράξη*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 463σ.
- Gournelos Th., Vassilopoulos A. & Evelpidou N. (2001). Examples of erosion risk maps using Boolean and fuzzy logical rules in GIS web platforms. *Proceedings of 20th International cartographic conference, Beijing, China, Vol. 4*. 2472-2479.
- Κουτσόπουλος Κ, Ευελπίδου Ν. & Βασιλόπουλος Α., (2006). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - Χρήση του MapInfo Professional*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 273σ.
- Lisle, J., R., Brabham, P. & Barnes, J. (2011). *Basic Geological Mapping*. Wiley-Blackwell.
- Μανιάτης Γ. (1996). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης – Κτηματολογίου*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 304σ.
- Χαλκιάς Χ. (2006). *Όροι και έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 157σ.

