



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ (Υ4202)

Άσκηση 2

ΨΗΦΙΑΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ

από

Δρ. Σπυριδούλα Βασιλοπούλου

Αθήνα, Φεβρουάριος 2026



ΑΔΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

Copyright © 2026, Σπυριδούλα Βασιλοπούλου

Η παρούσα Εργαστηριακή Άσκηση προορίζεται για τις εκπαιδευτικές ανάγκες των φοιτητών του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος (εφεξής ΤΓΓ) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και διατίθεται βάσει άδειας χρήσης **Creative Commons BY-NC-ND** (αναφορά πηγής, μη εμπορική χρήση, όχι παράγωγα).



Οι χρήστες της παρούσας Εργαστηριακής Άσκησης δικαιούνται να:

Κοινοποιούν και αναδιανέμουν το υλικό της Εργαστηριακής Άσκησης με κάθε είδους μορφότυπο (format) και σε κάθε είδους επικοινωνιακό μέσο (Οι κάτοχοι του copyright δεν μπορούν να αρνηθούν ή ακυρώσουν αυτά τα δικαιώματα υπό την προϋπόθεση ότι τηρούνται απαρέγκλιτα οι όροι της άδειας).

Τα δικαιώματα χρήσης παρέχονται κάτω από του ακόλουθους όρους και προϋποθέσεις:

Αναφορά Δημιουργού (BY) - Οφείλει να αποδίδεται η δέουσα αναφορά στην πηγή της Εργαστηριακής Άσκησης, να παρατίθεται ο σύνδεσμος (link) προς την άδεια χρήσης και να εξειδικεύονται γραπτά οι όποιες αλλαγές έχουν γίνει από τον Χρήστη. Η εξειδίκευση των αλλαγών μπορεί να γίνει με κάθε εύλογο τρόπο αλλά οπωσδήποτε όχι τέτοιο που να υπονοεί ότι ο κάτοχος του copyright εγκρίνει, υιοθετεί ή προσυπογράφει τις αλλαγές.

Απαγόρευση Εμπορικής Χρήσης (Non Commercial) - Το υλικό της Εργαστηριακής Άσκησης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οιονδήποτε Χρήστη για προσπορισμό κέρδους, για κανένα λόγο και κάτω από καμία συνθήκη ή προϋπόθεση.

Απαγόρευση Κατασκευής Παραγώγων (No Derivatives) - Απαγορεύεται η κοινοποίηση ή/και διανομή κάθε είδους και μορφής προϊόντος που προκύπτει από αναδιάθρωση, μετατροπή, η επέκταση του υλικού της Εργαστηριακής Άσκησης.

Απαγόρευση πρόσθετων περιορισμών - Ο Χρήστης δεν δικαιούται να ασκήσει νομικά ή τεχνολογικά μέτρα τα οποία περιορίζουν σε Τρίτους την άσκηση των δικαιωμάτων που προβλέπει η παρούσα άδεια χρήσης.

Η χρήση της παρούσας Εργαστηριακής Άσκησης προϋποθέτει και εξυπακούεται την πλήρη κατανόηση, αποδοχή και συμμόρφωση με τις δεσμεύσεις της άδειας CC BY-NC-ND, οι οποίες λεπτομερώς παρατίθενται στην διεύθυνση <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>.

Δεν παρέχεται καθ' οιονδήποτε τρόπο, εγγύηση για την ακρίβεια, ασφάλεια και χρησιμότητα του περιεχομένου της παρούσας Εργαστηριακής Άσκησης και των συνοδευόντων αυτή αρχείων δεδομένων και λογισμικού. Οι συγγραφείς αποποιούνται οιαδήποτε ευθύνη για προβλήματα ή ζημιές που θέλουν προκύψει από την χρήση της παρούσας και των συνοδών αρχείων δεδομένων και λογισμικού.

ΑΣΚΗΣΗ

Για την Άσκηση 2 & Άσκηση 3 δίδονται:

- 2 αρχεία (**TOPO.dat** και **MAGNETICS.dat**) με τα δεδομένα της Άσκησης (διαβάζονται είτε μέσω Notepad είτε μέσω SURFER με την εντολή **File/Open** και ακολουθώντας τις οδηγίες του προγράμματος).
- 1 αρχείο (**FAULTS.blm**) το οποίο περιέχει τα ρήγματα που θα προβληθούν στους χάρτες (προτείνεται να ανοίξετε το αρχείο ώστε να δείτε την δομή του) και ένα αρχείο (**AKTO-GRAMMH.blm**) το οποίο περιέχει την ακτογραμμή που θα προβάλλετε στους χάρτες.

Οι συντεταγμένες δίδονται στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (WGS'84 / UTM).

Για την Άσκηση 2 ζητούνται:

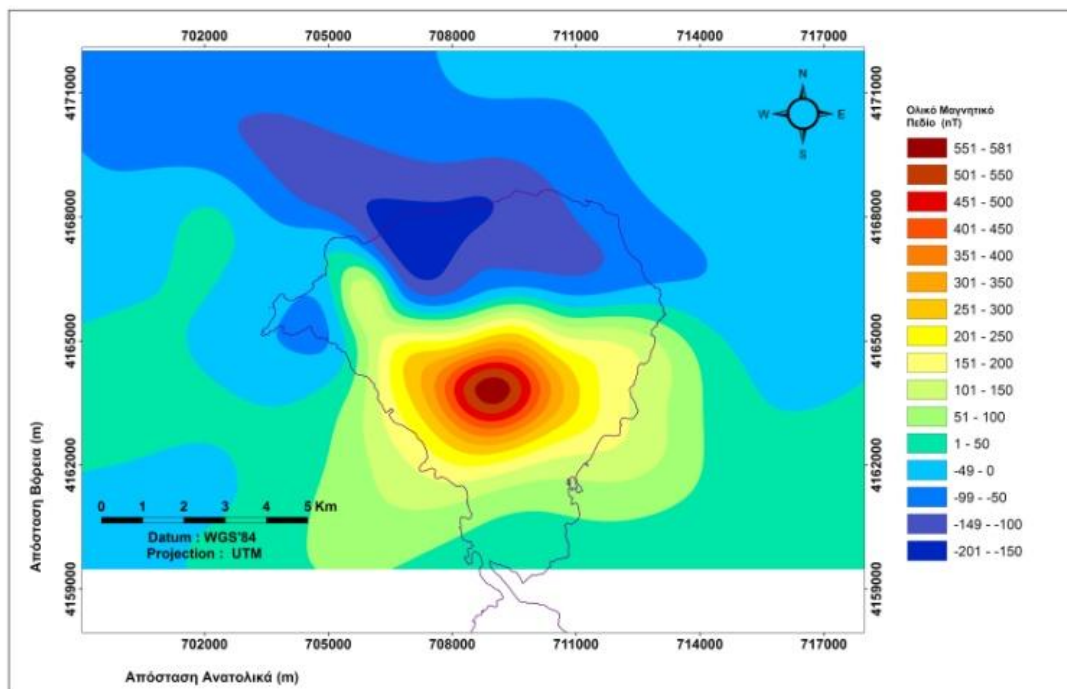
1. Να κατασκευασθούν οι χάρτες των:

Μαγνητικής ανωμαλίας ολικού πεδίου

Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου (ΨΜΑ)

Τα **grids** να δημιουργηθούν μέσω των μεθόδων **kriging**, **nearest neighbor** και **natural neighbor**. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα.

Οι χάρτες να περιλαμβάνουν την απαραίτητη πληροφορία, όπως κλίμακα συντεταγμένων, υπόμνημα κ.λ.π., όπως στον ακόλουθο χάρτη.



Για την κατασκευή χαρτών συμβουλευτείτε τις σημειώσεις που είναι στο eclass : «Συνοπτικές Σημειώσεις SURFER»

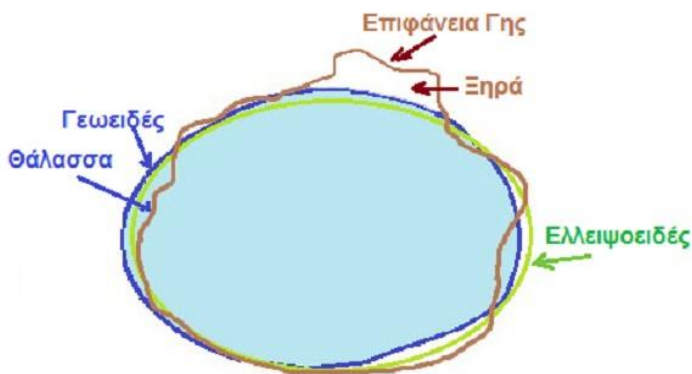
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

(Τμήμα Σημειώσεων:

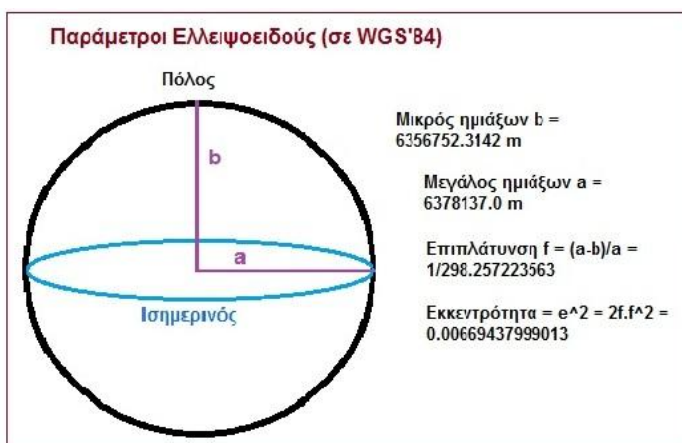
“Εφαρμογές Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και Τηλεανίχνευσης σε Γεωλογικές και Γεω-περιβαλλοντικές Μελέτες”, Δρ. Σπυριδούλα Βασιλοπούλου, σ. 283, ΕΚΠΑ, 2014, κωδ. ΕΥΔΟΞΟΣ 33239672 .)

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ - ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

A. Τοπογραφική Επιφάνεια – Επιφάνεια Γεωειδούς – Επιφάνεια Ελλειψοειδούς



Η Επιφάνεια Γης (Τοπογραφική Επιφάνεια ή Φυσική Γήινη Επιφάνεια), σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, σε σχέση με την Επιφάνεια Γεωειδούς και Ελλειψοειδούς.



Το Ελλειψοειδές εκ Περιστροφής και οι Παράμετροι Ελλειψοειδούς: Μεγάλος ημιάξονας - a , Μικρός ημιάξονας - b , Επιπλάτυνση - f και Εκκεντρότητα - e , στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς - WGS'84.

Η πραγματική επιφάνεια της ξηράς και θάλασσας (Φυσική Γήινη Επιφάνεια) σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, αποτελεί την **Τοπογραφική Επιφάνεια της Γης**.

Γεωειδές: Ορίζεται ως η νοητή επιφάνεια που πλησιάζει περισσότερο την επιφάνεια της γης. Ορίζεται από την Μέση Στάθμη της Θάλασσας (ΜΣΘ) και της νοητής προέκτασής της κάτω από τις ηπείρους. Είναι κάθετη στην διεύθυνση της κατακόρυφου (διεύθυνση του διανύσματος της βαρύτητας), αλλά δεν δύναται να εκφρασθεί με απλές μαθηματικές σχέσεις. Ακριβέστερα, το Γεωειδές είναι εκείνη η επιφάνεια, στην οποία το γήινο πεδίο βαρύτητας έχει σταθερή και προκαθορισμένη τιμή (όση στην "μέση στάθμη θάλασσας").

Η μοντελοποίηση της επιφάνειας της γης με μαθηματικό τρόπο, οδήγησε τελικά στο ελλειψοειδές εκ περιστροφής.

Ελλειψοειδές εκ Περιστροφής (ΕΕΠ): Ορίζεται ως η μαθηματική λεία επιφάνεια που προσεγγίζει το Γεωειδές. Παριστάνει την μαθηματική μορφή της Γης, στην οποία αναφέρονται οι θέσεις των τριγωνομετρικών σημείων είτε στο σύστημα των ορθογωνίων ελλειψοειδών συντεταγμένων του, είτε στο σύστημα των ορθογωνίων καρτεσιανών συντεταγμένων του. Η επιπλάτυνση του ελλειψοειδούς στους πόλους είναι σχετικά μικρή ώστε το ελλειψοειδές τείνει σε σφαίρα και αντίστοιχα ονομάζεται σφαιροειδές.

Η Γη γενικότερα θεωρείται ως **σφαιροειδές**. Συχνά λαμβάνεται ως **σφαίρα** (ανάλογα με την κλίμακα μελέτης και την ακρίβεια που απαιτείται) και επιτυγχάνονται ευκολότερα οι μαθηματικοί υπολογισμοί. Όταν πρόκειται για περιορισμένες εκτάσεις, η επιφάνεια αναφοράς θεωρείται και ως **οριζόντιο επίπεδο**.

Οι αποστάσεις και τα εμβαδά μετρώνται ευκολότερα σε επίπεδη επιφάνεια, με βάση το Καρτεσιανό Σύστημα Συντεταγμένων, όπου χρησιμοποιεί γραμμικές μονάδες όπως το μέτρο κ.ά., παρά στο σφαιροειδές, ή στην σφαίρα, οπότε συνδυάζεται το τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων (Ο, Χ, Υ, Ζ) με το σφαιροειδές.

Το ελλειψοειδές χαρακτηρίζεται ως:

- γήινο ή γεωκεντρικό ελλειψοειδές (ΓΕΕΠ)
- γεωδαιτικό ελλειψοειδές (ΥΕΕΠ)

Το **γήινο ή γεωκεντρικό ελλειψοειδές (ΓΕΕΠ)** χρησιμοποιείται ως μαθηματική προσέγγιση ολόκληρης της επιφάνειας του γεωειδούς. Το κέντρο του ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της γης. Ο άξονας ΟΖ συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής της Γης, ενώ το επίπεδο (ΟΧ, ΟΖ) συμπίπτει με το μεσημβρινό επίπεδο του Greenwich. Χρησιμοποιείται για διακρατικές ή διηπειρωτικές εργασίες.

Το **γεωδαιτικό ελλειψοειδές (ΥΕΕΠ)** χρησιμοποιείται ως μαθηματική προσέγγιση συγκεκριμένου τμήματος κάθε φορά της επιφάνειας της φυσικής Γης, δηλαδή τοπικά. Το κέντρο του δεν ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της Γης, αλλά απέχει από αυτό. Το μηδενικό μεσημβρινό επίπεδο αυτού θα είναι παράλληλο με το μεσημβρινό επίπεδο του Greenwich του **ΓΕΕΠ**.

Β. Συντεταγμένες και Υψόμετρο Σημείου

Γεωγραφικές Συντεταγμένες Σημείου

Κάθε σημείο στην επιφάνεια της Γης, ορίζεται με τρεις παραμέτρους: Το υψόμετρο «h» (height) και τις γεωγραφικές συντεταγμένες του, που ορίζονται από τις γωνίες του γεωγραφικού πλάτους (latitude) «φ» και γεωγραφικού μήκους (longitude) «λ», μετρούμενες σε μοίρες ή ακτίνια, σε σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων.

Γεωγραφικό πλάτος (Latitude - φ) ενός σημείου ευρισκομένου στην επιφάνεια της σφαίρας, ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζει η ακτίνα της σφαίρας, η οποία διέρχεται από το εν λόγω σημείο, με το επίπεδο του Ισημερινού, στην κατεύθυνση Βορρά – Νότου.

Το γεωγραφικό πλάτος χαρακτηρίζεται Βόρειο (Β) ή Νότιο (Ν) ανάλογα με το ημισφαίριο που ευρίσκεται το σημείο. Σημεία του ίδιου ημισφαιρίου έχουν ομώνυμα πλάτη σε αντίθεση με σημεία διαφορετικού ημισφαιρίου που έχουν ετερόνυμα πλάτη (λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν στους υπολογισμούς).

Το γεωγραφικό πλάτος μετράται σε μοίρες ($^{\circ}$) και υποδιαιρέσεις αυτών (πρώτα λεπτά ($'$) και δεύτερα λεπτά ($''$), από 0° - 90° Β ή 0° - 90° Ν (αρχής γενομένης της μέτρησης από τον Ισημερινό με γεωγραφικό πλάτος 0°).

Γεωγραφικό Μήκος (Longitude - λ) ενός σημείου, ευρισκομένου στην επιφάνεια της σφαίρας, ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται από το επίπεδο του μεσημβρινού που διέρχεται από το εν λόγω σημείο, με το επίπεδο του Πρώτου Μεσημβρινού (0°), στην διεύθυνση Ανατολής – Δύσης. Ως Πρώτος Μεσημβρινός ορίσθηκε το 1884 στο Διεθνές Συνέδριο Μεσημβρινών στην Ουάσιγκτον, ο Μεσημβρινός του Βασιλικού Αστεροσκοπείου στο Γκρήνουιτς κοντά στο Λονδίνο. Το γεωγραφικό μήκος κυμαίνεται από 0° έως 360° .

Το γεωγραφικό μήκος χαρακτηρίζεται Ανατολικό (Α) ή Δυτικό (Δ) ανάλογα με το ημισφαίριο, στο οποίο ευρίσκεται το σημείο. Σημεία του ίδιου ημισφαιρίου έχουν ομώνυμα μήκη, σε αντίθεση με τόπους διαφορετικού ημισφαιρίου που έχουν ετερόνυμα μήκη (λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν στους υπολογισμούς).

Το γεωγραφικό μήκος μετράται σε μοίρες και υποδιαιρέσεις αυτών, από 0° - 180° Α ή 0° - 180° Δ (αρχής γενομένης της μέτρησης από τον Πρώτο Μεσημβρινό με γεωγραφικό μήκος 0°).

Όλα τα σημεία της γης με το ίδιο γεωγραφικό πλάτος ορίζουν έναν **παράλληλο**. Όλα τα σημεία της γης με το ίδιο γεωγραφικό μήκος ορίζουν έναν **μεσημβρινό**. Το νοητό δίκτυο παράλληλων και μεσημβρινών στην γη ονομάζεται **πλέγμα**, όπως επίσης και η προβολή τους σε ένα επίπεδο.

Γεωδαιτικές Συντεταγμένες Σημείου

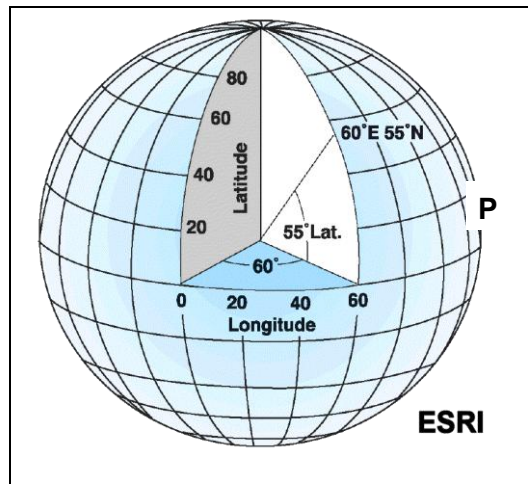
Οι συντεταγμένες ενός σημείου ευρισκομένου στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς καλούνται γεωδαιτικές και έχουν ως ακολούθως:

Γεωδαιτικό Πλάτος (Geodetic Latitude) ορίζεται η γωνία μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς από το σημείο που ευρίσκεται στην επιφάνεια της γης και του επιπέδου του Ισημερινού.

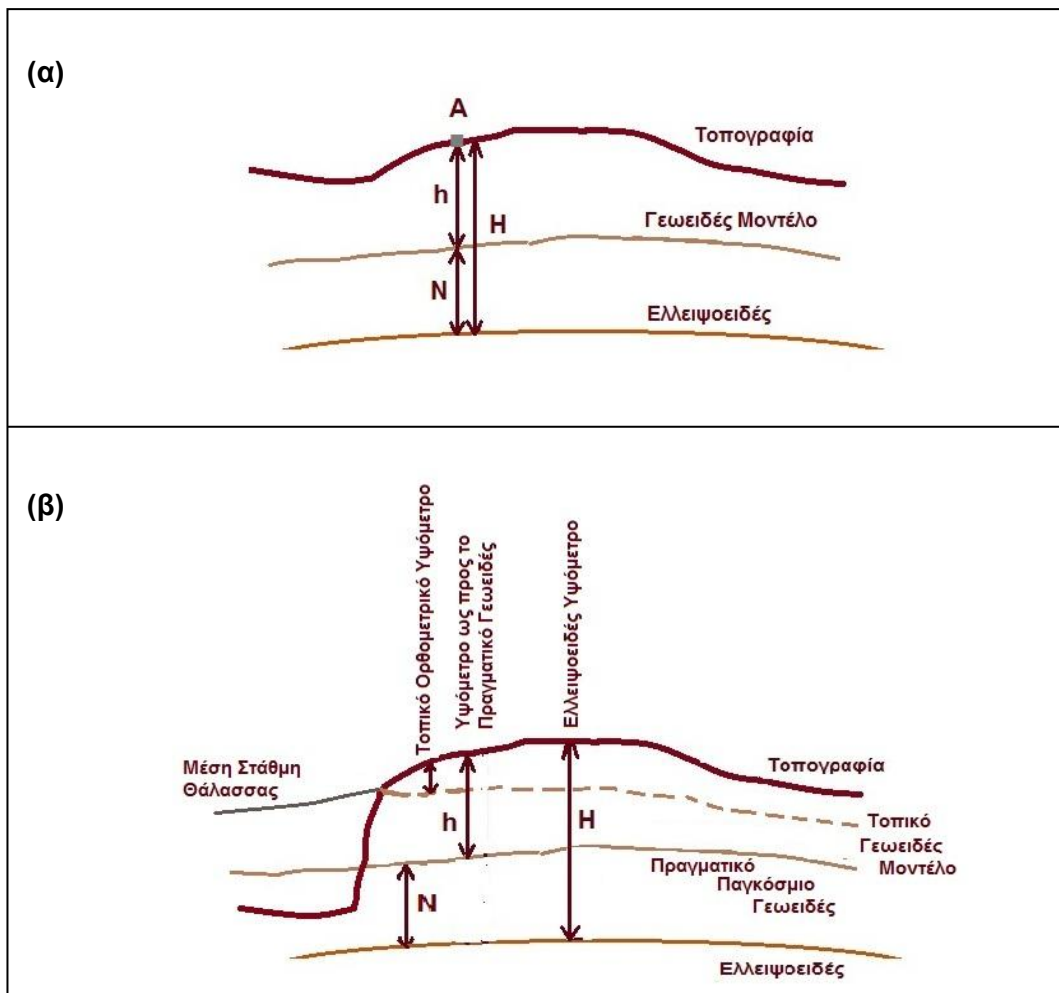
Γεωδαιτικό Μήκος (Geodetic Longitude) ορίζεται η γωνία που σχηματίζει στον Ισημερινό, το επίπεδο του μεσημβρινού, που διέρχεται από το σημείο και του επιπέδου του Πρώτου Μεσημβρινού.

Είδη Υψομέτρου Σημείου

Υψόμετρο: Υψόμετρο ενός σημείου, ευρισκομένου στην φυσική γήινη επιφάνεια, ορίζεται η απόστασή του από το ελλειψοειδές ή το γεωειδές αναφοράς. Το ελλειψοειδές ή γεωμετρικό υψόμετρο (**H**) και το γεωειδές ή ορθομετρικό υψόμετρο (**h**) ενός σημείου Α σε σχέση με μοντέλο γεωειδούς-ελλειψοειδούς διαχωρισμού (**N**) δίδεται από την σχέση $H = h + N$



Οι Μεσημβρινοί και Παράλληλοι Κύκλοι ορίζουν το Γεωγραφικό Πλάτος (Latitude) και το Γεωγραφικό Μήκος (Longitude), ενός σημείου P ευρισκομένου στην επιφάνεια της σφαίρας (προβολή-πόλος σημείου ευρισκομένου στην επιφάνεια της Γης), (ESRI, 2004).



(α) Ελλειψοειδές ή Γεωμετρικό Υψόμετρο (**H**) και Γεωειδές ή Ορθομετρικό Υψόμετρο (**h**) ενός σημείου **A** σε σχέση με το μοντέλο Γεωειδούς-Ελλειψοειδούς Διαχωρισμού **N**.
 (β) Σχέση μεταξύ Γεωειδούς, Τοπικού Γεωειδούς Μοντέλου, Μέσης Στάθμης Θάλασσας και Ελλειψοειδούς. Διακρίνονται τα αντίστοιχα υψόμετρα.

Γ. Χάρτης

Οι Γεωεπιστήμες ειδικότερα, αλλά και άλλοι κλάδοι της Επιστήμης και της Τεχνολογίας, ως μέσον παρουσίασης-έκφρασης-αποτύπωσης των πληροφοριών-δεδομένων αποτελεσμάτων, των διαφορών μελετών έχουν τον χάρτη.

Ο χάρτης επιτελεί δύο σημαντικές λειτουργίες:

- Μέσον αποθήκευσης πληροφοριών.
- Εργαλείο για την κατανόηση των χωρικών φαινομένων, στις σχέσεις και την πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος.

Βασικά Χαρακτηριστικά Χάρτη

α) Ο Χάρτης είναι εργαλείο χωρικής ανάλυσης. Οι χάρτες περιέχουν δύο ειδών πληροφορίες: τις γεωγραφικές θέσεις και τα χαρακτηριστικά.

Γεωγραφικές θέσεις: Σημεία στον χώρο των δύο διαστάσεων (τόποι) με συντεταγμένες χ,γ (χωρικά δεδομένα).

Χαρακτηριστικά: Ποιοτική ή ποσοτική πληροφορία για συγκεκριμένη γεωγραφική θέση (περιγραφικά δεδομένα).

Κάθε είδους τοπολογική και μετρητική ιδιότητα των σχέσεων δύναται να αναγνωρισθεί και προκύψει.

β) Κλίμακα: Ο λόγος ανάμεσα στις διαστάσεις του χάρτη και της πραγματικότητας. Εκφράζει την σμίκρυνση.

γ) Χαρτογραφική Προβολή: Η μετάφραση γεωμετρικών ή φυσικών μεγεθών της γήινης επιφάνειας σε επίπεδη επιφάνεια (χάρτη).

δ) Γενίκευση: Η απλοποιημένη αναπαράσταση των λεπτομερειών που κρίνονται κατάλληλες ως προς την κλίμακα και τον σκοπό του χάρτη. Περιλαμβάνει την επεξεργασία κατάταξης των δεδομένων απλοποίησής τους, αφαίρεση των περιττών πληροφοριών για τον σκοπό του χάρτη.

ε) Συμβολισμός: Οι χάρτες χρησιμοποιούν σύμβολα που παραπέμπουν στα στοιχεία της πραγματικότητας. Τα νοήματα των συμβόλων συνιστούν τον συμβολισμό. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση δεδομένων αποτελούνται από διάφορα είδη γραφικών στοιχείων (γραμμές κουκίδες, χρώματα, μοτίβα κ.ά.). Τα σύμβολα και η περιγραφή-νόημα αυτών δίδονται στο υπόμνημα του χάρτη.

Κατηγορίες Χάρτη

Οι χάρτες ταξινομούνται με βάση την κλίμακα σε τρεις κατηγορίες:

- Μεγάλης κλίμακας (1:25.000 και άνω)
- Μεσαίας κλίμακας (1:25.000 - 1:250.000)
- Μικρής κλίμακας (μικρότερη από 1:250.000)

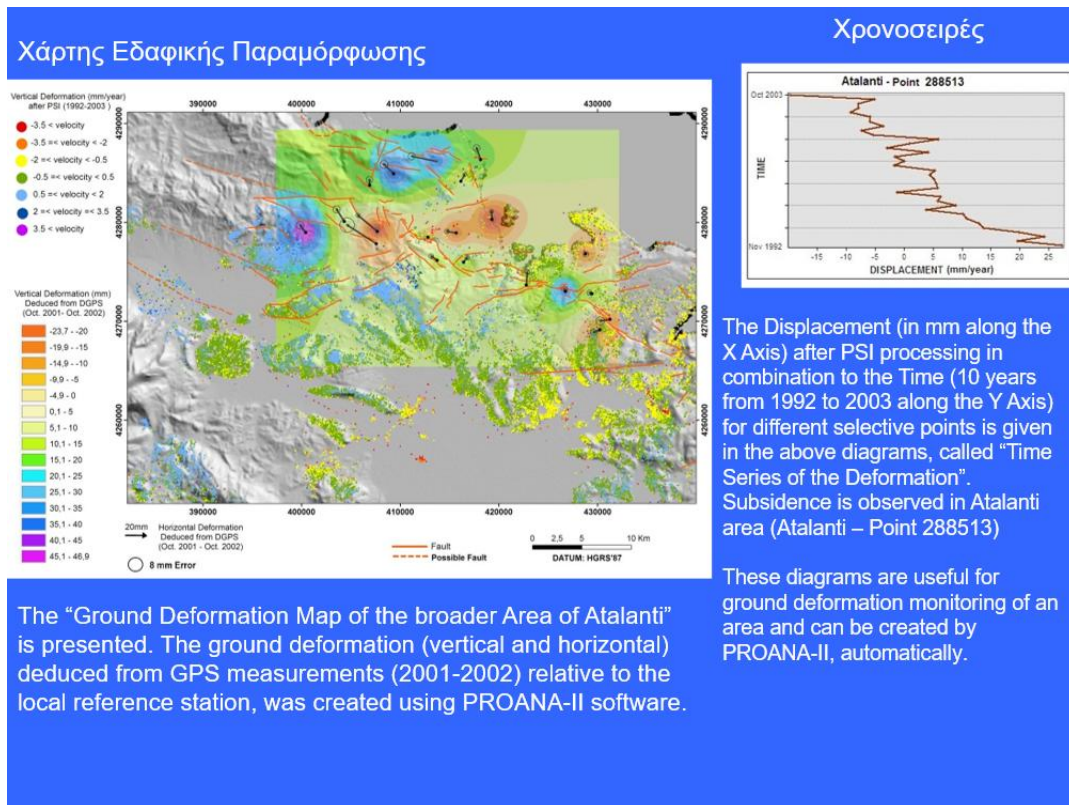
Οι χάρτες ταξινομούνται με βάση την λειτουργία, στις κατηγορίες:

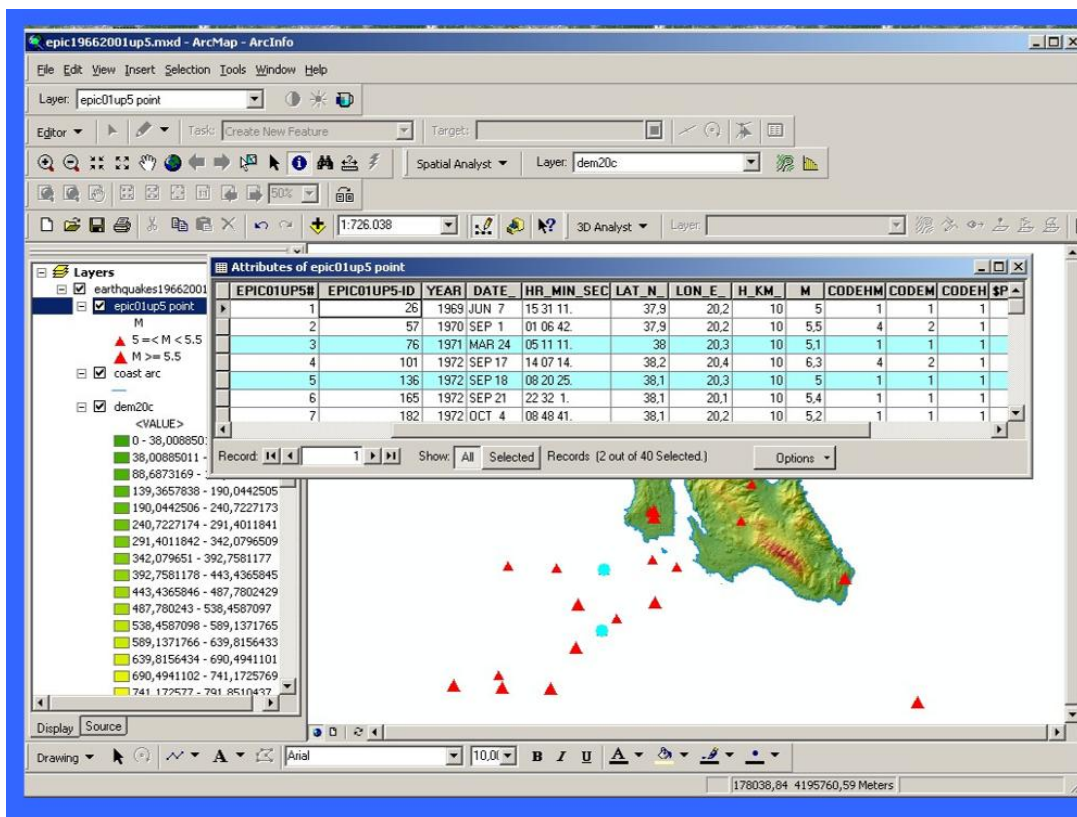
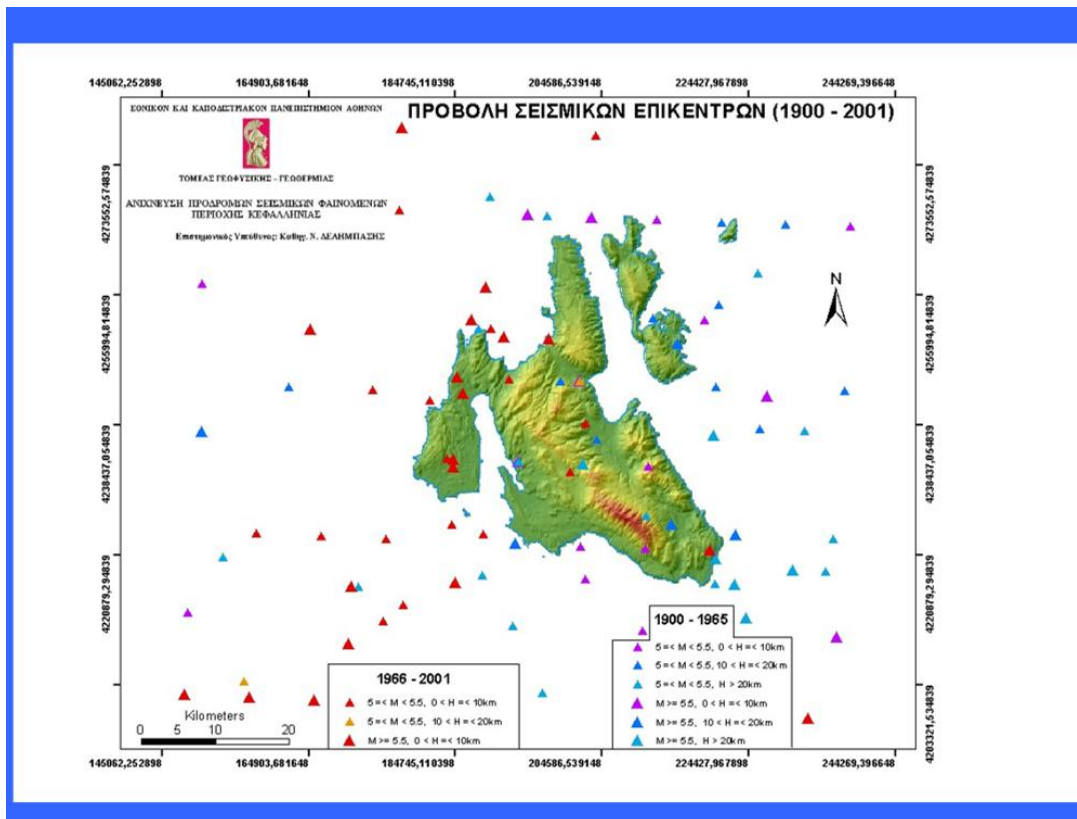
- Γενικής αναφοράς (τοπογραφικός)
- Θεματικοί ή ειδικού σκοπού (τεκτονικός)
- Διαγράμματα (οικοδομικά τετράγωνα)

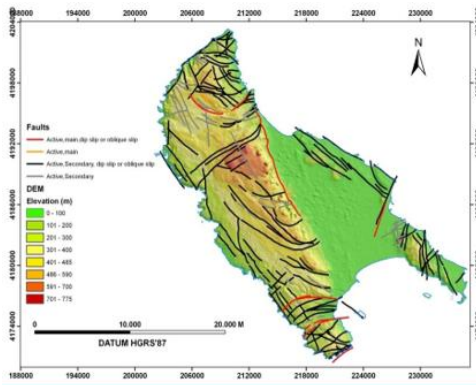
Οι χάρτες ταξινομούνται με βάση το περιεχόμενό τους ως:

Τοπογραφικοί, Γεωλογικοί, Γεωφυσικών δεδομένων, Σεισμολογικοί, Γεωτεχνικοί, Γεωμορφολογικοί, Νεοτεκτονικοί, Τεκτονικοί, Γεωχημικοί, Πολεοδομικοί, Χρήσεων Γης κ.ά.

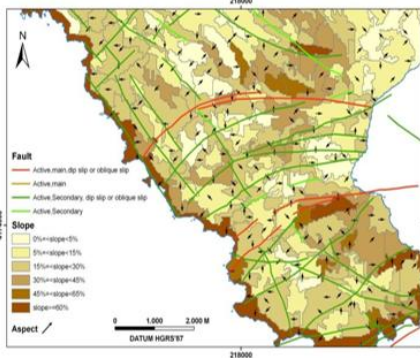
Ακολουθούν θεματικοί και συνθετικοί χάρτες, τομές, διαγράμματα, χρονοσειρές σημείου:







The DEM of Zakynthos island (30m * 30m pixel size) was created from ASTER Data (3N & 3B Band)



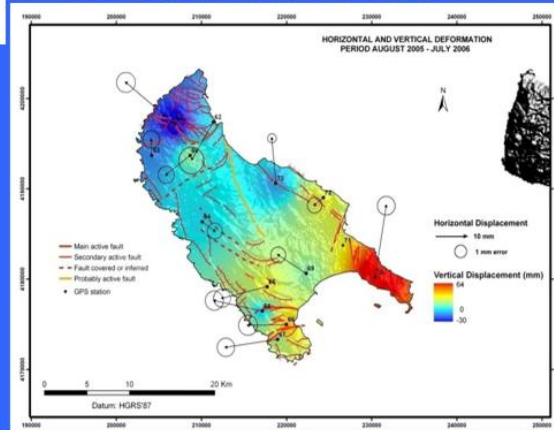
Horizontal extension of the southern part of the island in the area around Laganas Bay

The central part of the island appears stable.

The northern part, however, presents an inconsistent pattern (two stations No 60 and 62 have directions to the SW, while the most northerly ones, No 61 and 63, have orientations to the NW and N

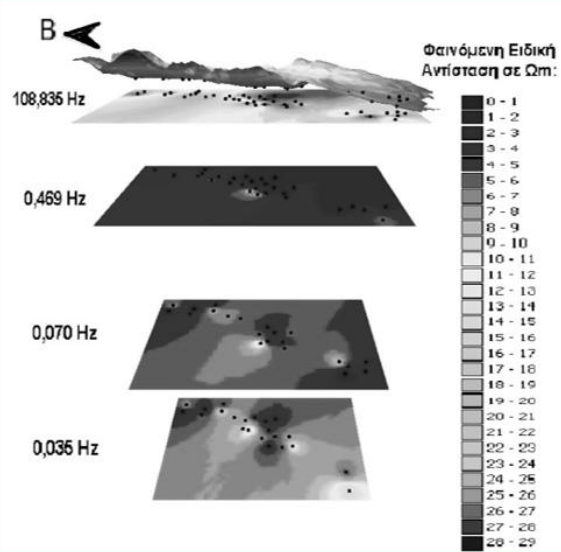
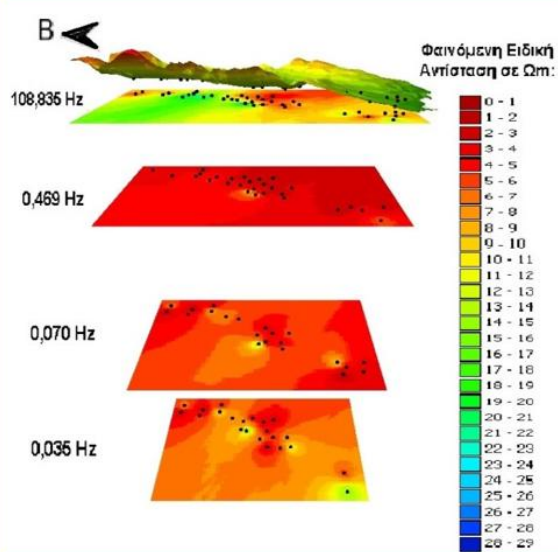
The vertical deformation is expressed with uplift mostly in the southern part bounding the area of Laganas Bay

The extreme northern part had subsided by 12-30 mm, while the section to its SE was remained unchanged.

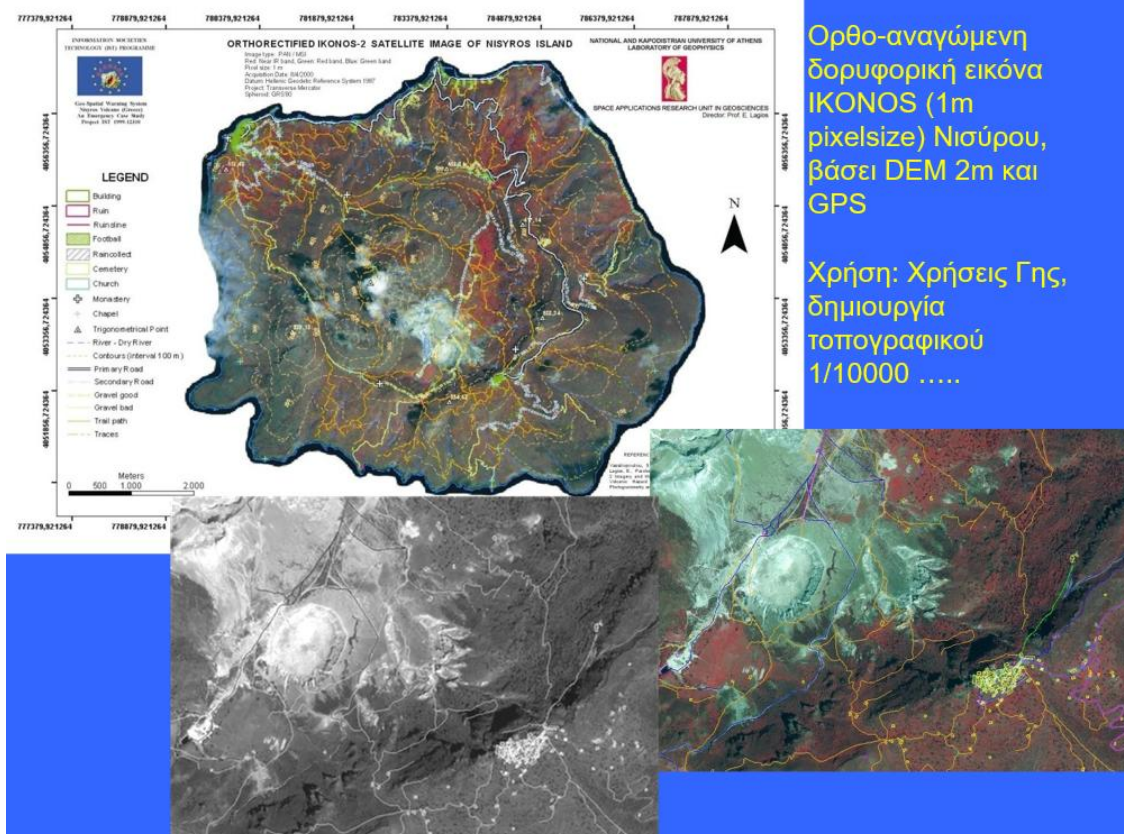
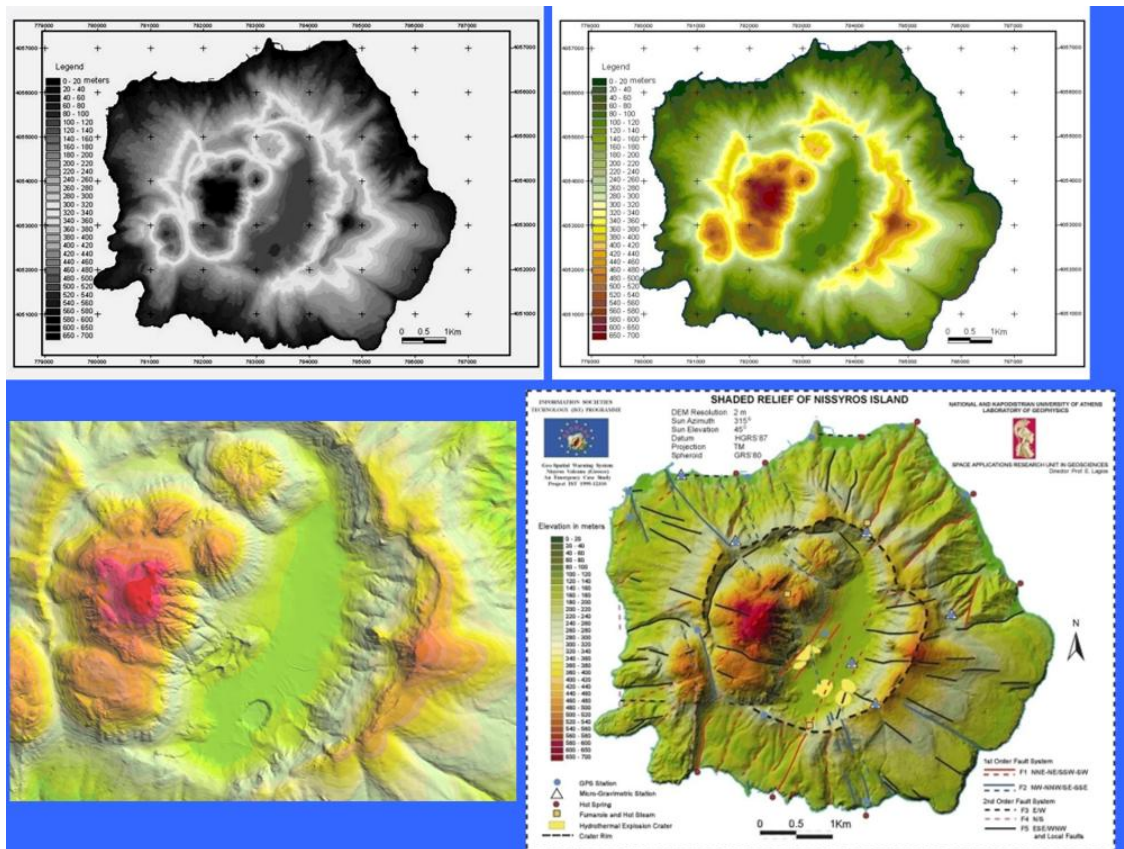


The Map of Terrain Analysis and the Map of the Ground Deformation produced automatically by "PROANA after database organization and management

Κατανομή Φαινόμενης Ειδικής Αντίστασης σε διάφορες συχνότητες

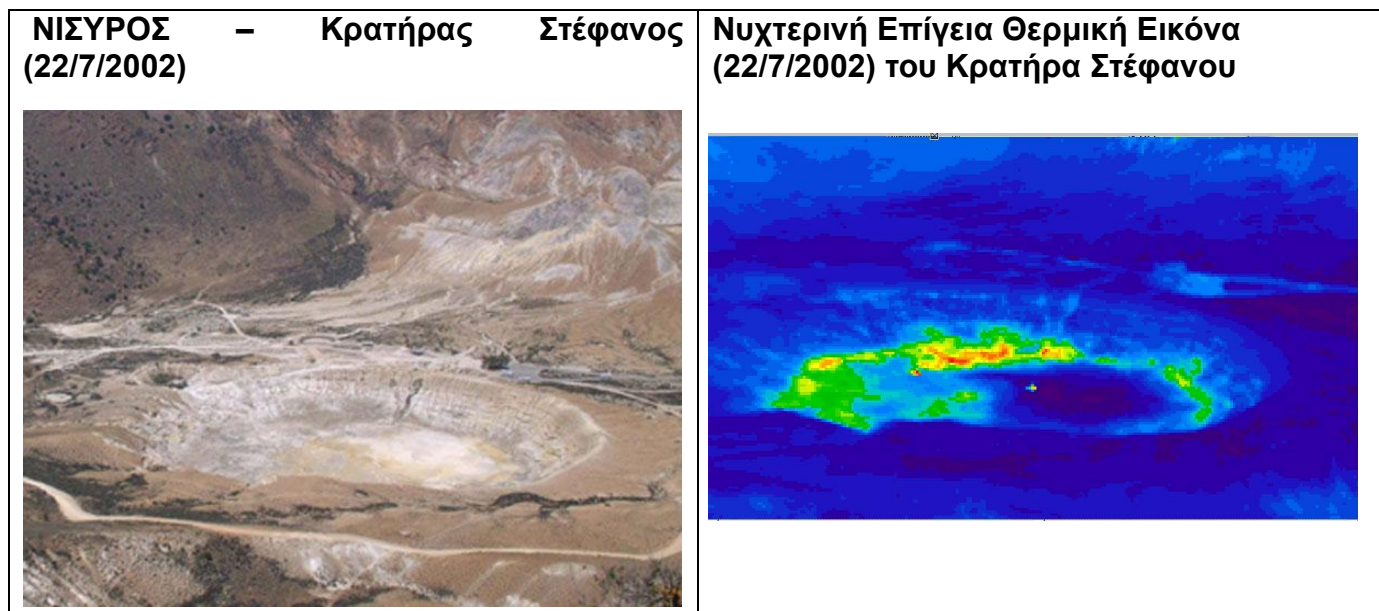


Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου – Σκιασμένο Ανάγλυφο



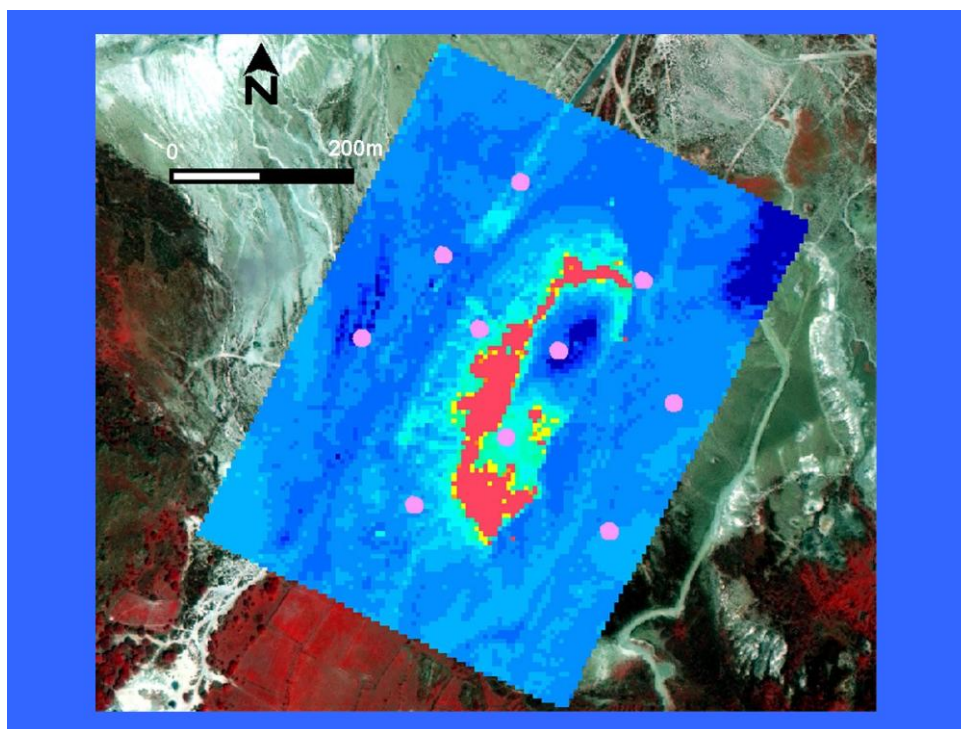
Θερμική Παρακολούθηση Ηφαιστείου Νισύρου (2000-2003)

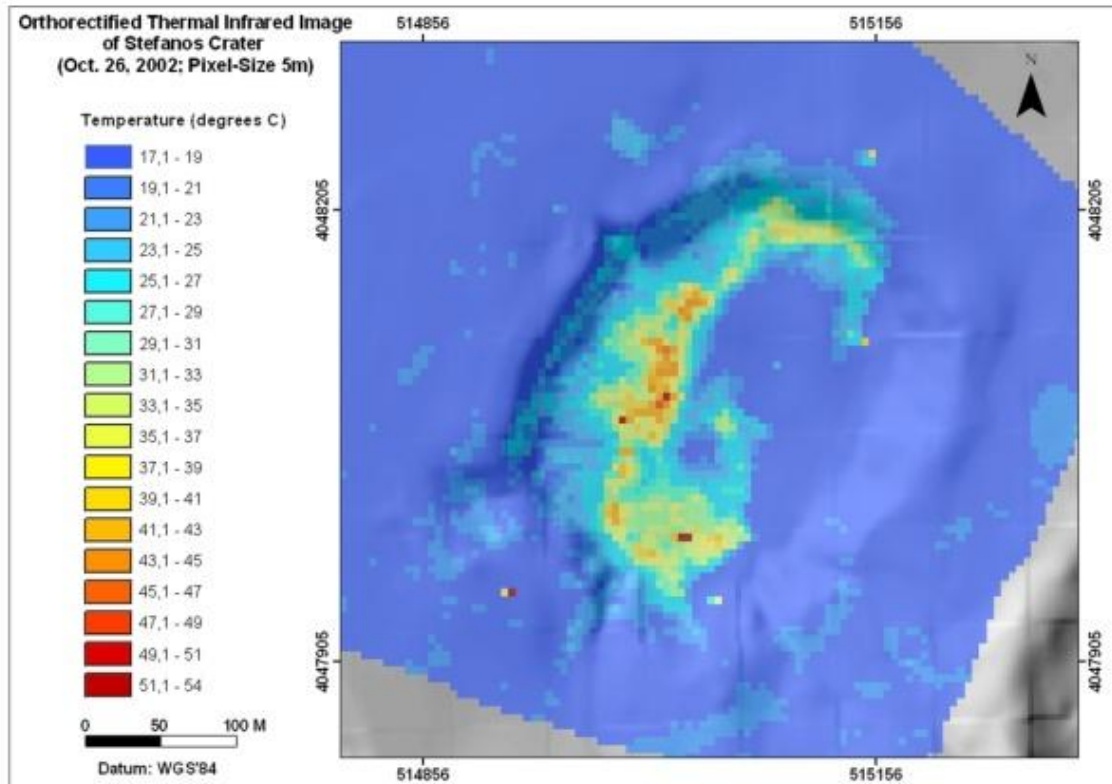
Η Επιφανειακή θερμοκρασία Εδάφους (Land Surface Temperature – LST) βασική γεωφυσική παράμετρος



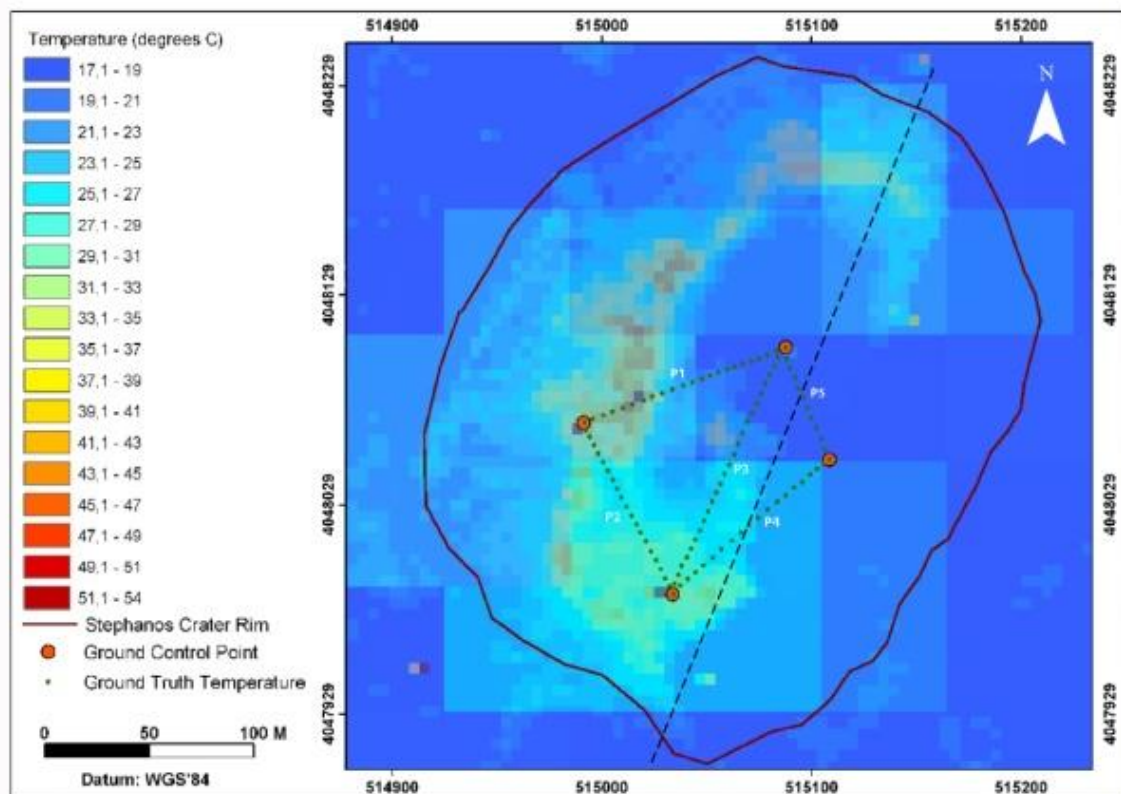
Γεωμετρικά Διορθωμένη Θερμική Εικόνα

Εδαφικά Σημεία Ελέγχου για διόρθωση εικόνας

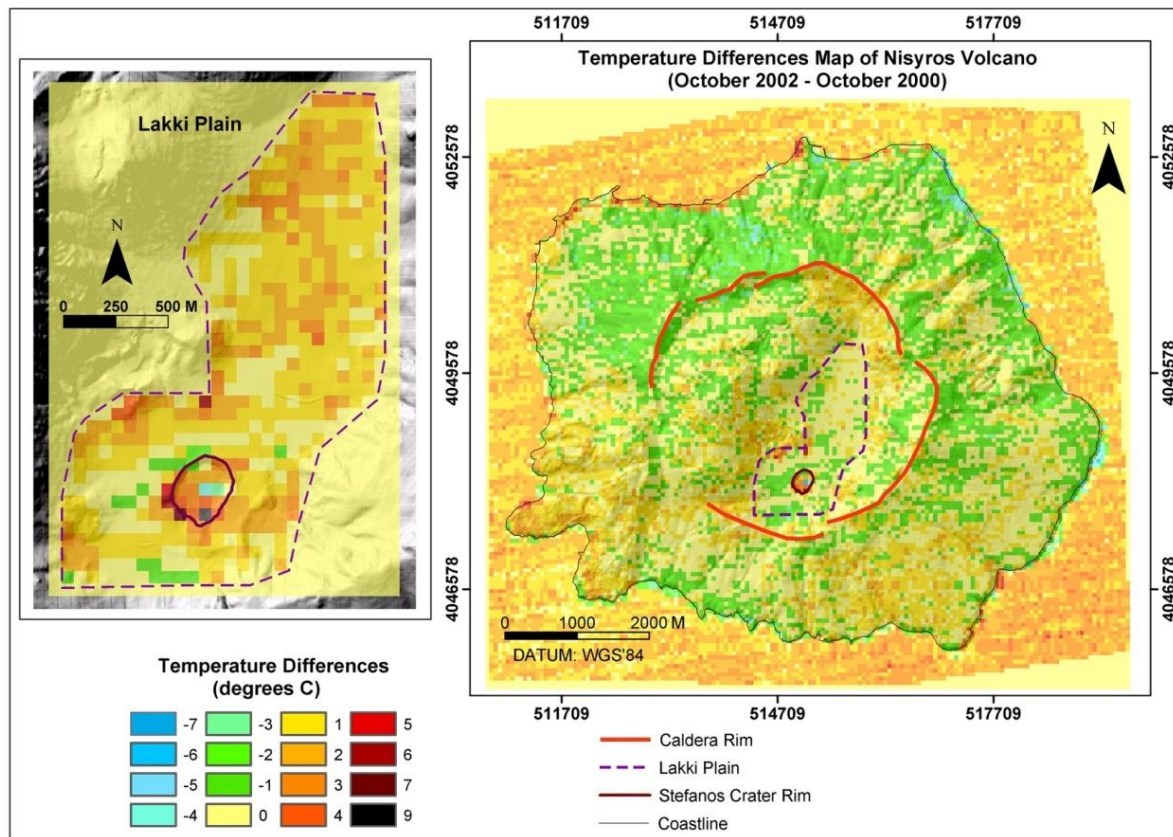




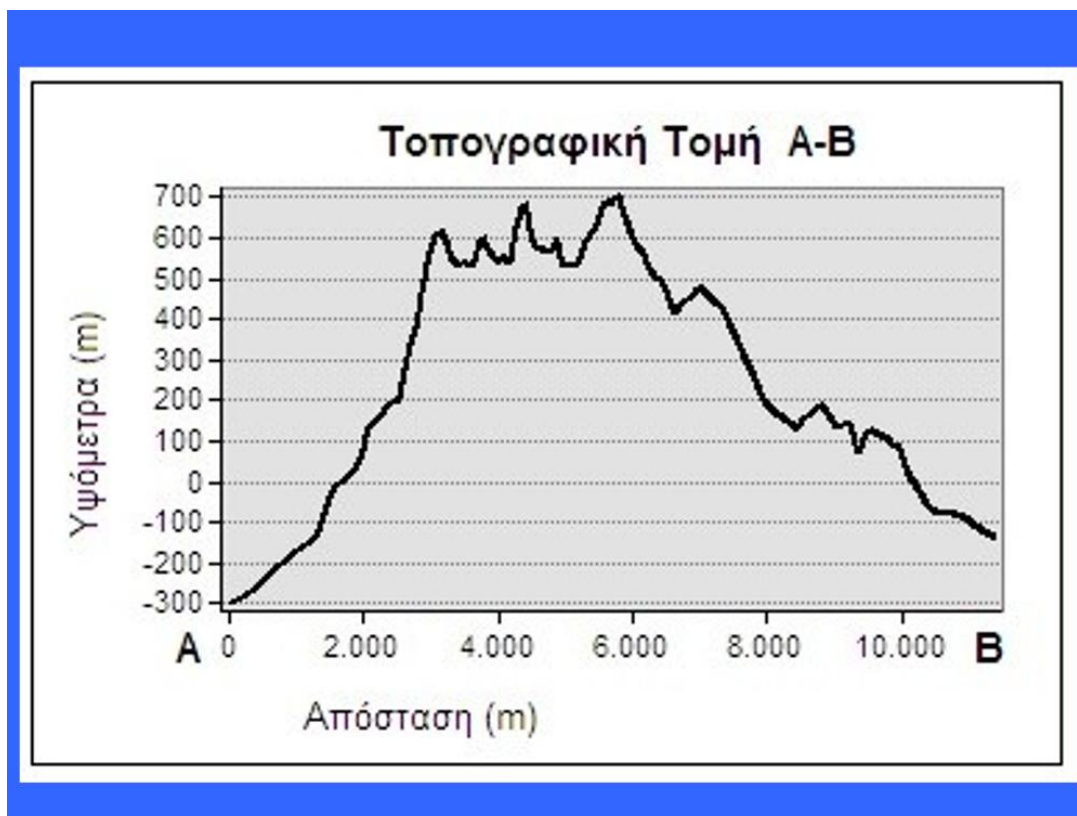
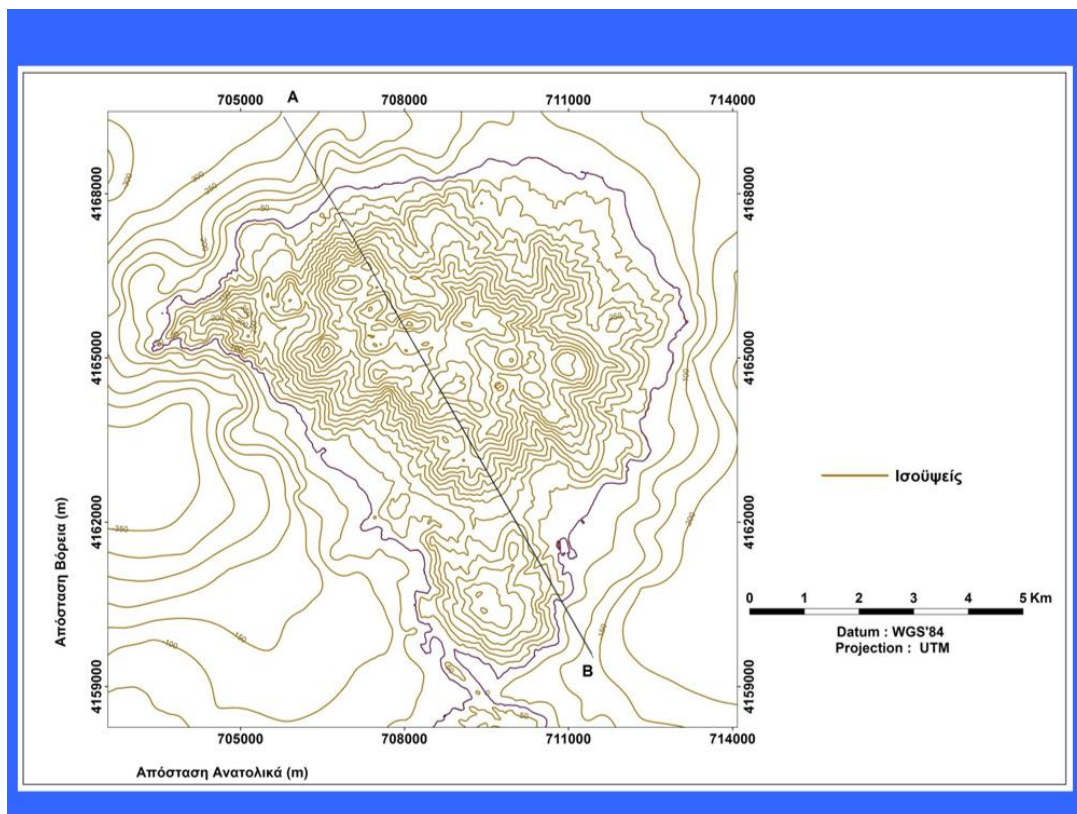
(a)



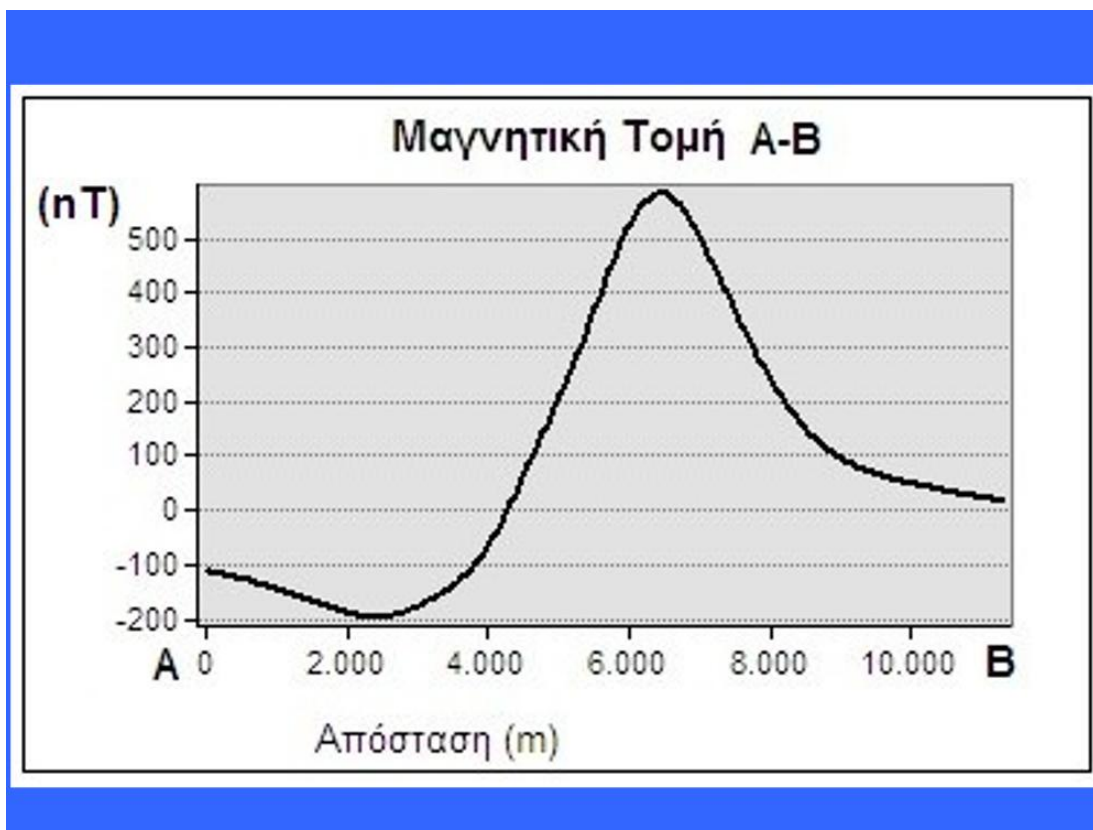
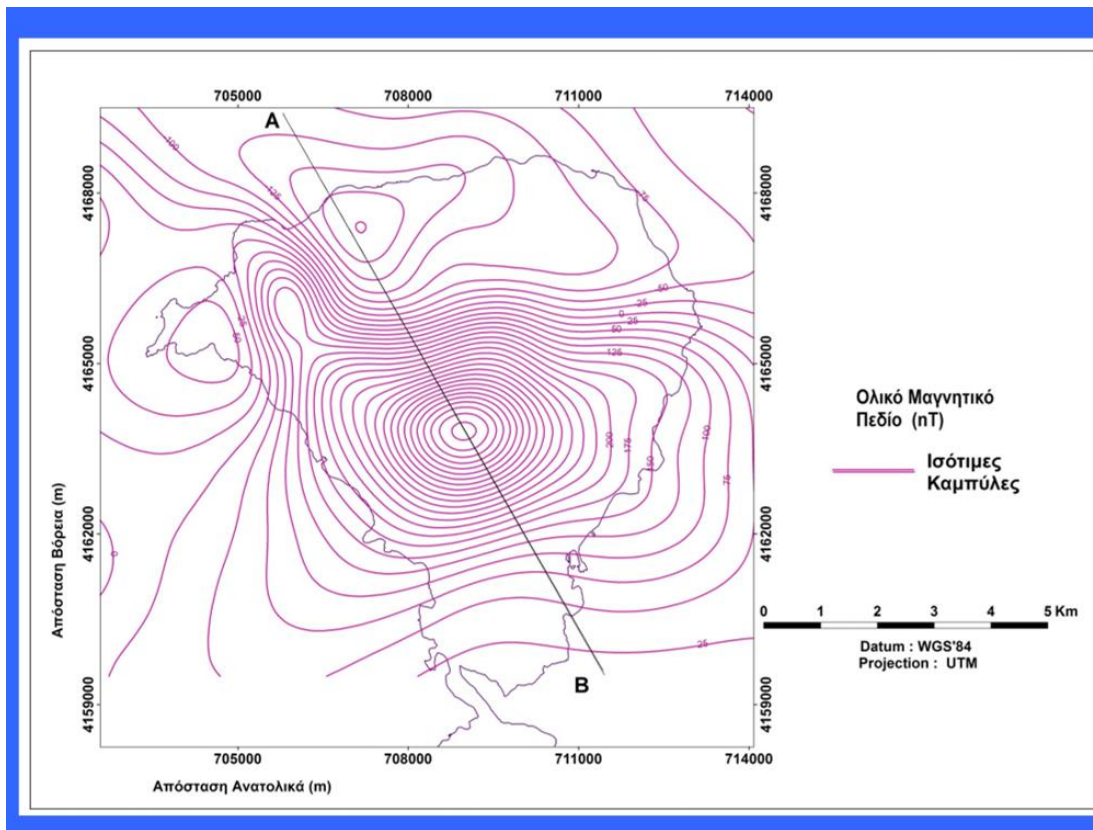
(b)



Τοπογραφικός Χάρτης – Τοπογραφική Τομή



Ολικό Μαγνητικό Πεδίο – Μαγνητική Τομή



Δ. Ψηφιακή Χαρτογραφία

Η Επιστήμη και Τέχνη της **Χαρτογραφίας** ασχολείται με την κατασκευή και την μελέτη χαρτών.

Η διείσδυση των συστημάτων υπολογιστών στην Χαρτογραφία δημιούργησε ένα αυθυπόστατο γνωστικό αντικείμενο και τομέα έρευνας γνωστό ως «**Ψηφιακή Χαρτογραφία**» ή «Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία» ή «Χαρτογραφία με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών». Το θεωρητικό υπόβαθρο της «νέας» Χαρτογραφίας δεν έχει διαφοροποιηθεί. Η επίδραση της τεχνολογίας αφορά στην διαδικασία της χαρτογραφικής σύνθεσης και στην τεχνική διαδικασία της παραγωγής. Ο ανθρώπινος παράγοντας διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο στην διαδικασία συνθέσεως χαρτών μέσα από τα πακέτα λογισμικών. Σημειώνεται, ότι στην ψηφιακή χαρτογραφία επεξεργάζονται ψηφιακά δεδομένα. Αναλογικοί χάρτες και κάθε είδους μη ψηφιακή πληροφορία μετατρέπονται σε ψηφιακή.

Τα **Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)** είναι σχεδιασμένα ώστε να δέχονται, οργανώνουν, αναλύουν και να συσχετίζουν (γενικά να επεξεργάζονται) διαφόρους τύπους δεδομένων, με κύριο στόχο, εκτός από την απλή **σύνταξη και παρουσίαση ενός χάρτη με την ταυτόχρονη δημιουργία σχεσιακών βάσεων δεδομένων, την λειτουργία ενός συστήματος γενικοτέρων συμπερασμάτων και λήψεως αποφάσεων, σε συγκεκριμένα ερωτήματα.**

Ένα ΣΓΠ δεν δύναται να επιλύσει προβλήματα ούτε και να δώσει σωστές απαντήσεις σε συγκεκριμένα ερωτήματα, από μόνο του. Όλα εξαρτώνται από τα δεδομένα, την οργάνωση και διαχείρισή τους στο σύστημα από τον χρήστη. Κάθε δεδομένο αρχειοθετείται από τον χρήστη στο ΣΓΠ, σε μια βάση δεδομένων. Είναι επίσης δυνατόν, δεδομένα ή χαρακτηριστικά δεδομένων, που ανήκουν σε άλλες βάσεις εκτός του συστήματος, εξωτερικές βάσεις δεδομένων, να προσαρμοστούν στο ΣΓΠ, να ενταχθούν σε κοινή βάση με άλλα δεδομένα και να συσχετισθούν, ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Η λειτουργία του χάρτη ως μέσου μετάδοσης και αξιολόγησης της χαρτογραφικής πληροφορίας, εμπλουτισμένη με την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τα στοιχεία που προσδιορίζουν το περιεχόμενο του χάρτη, καθιστά την Ψηφιακή Χαρτογραφία και τα ΣΓΠ τεχνολογίες συγγενείς και εξαρτημένες στον βαθμό που να θεωρούνται αλληλοσυμπληρούμενες.

Ε. Χαρτογραφικές Προβολές

Η μεταφορά ή μετάφραση γεωμετρικών ή φυσικών μεγεθών της Γήινης επιφάνειας σε επίπεδη επιφάνεια (χάρτη) προϋποθέτει τον μετασχηματισμό των τριών-διαστάσεων χώρου στον δύο-διαστάσεων χάρτη.

Ο μετασχηματισμός ή χαρτογραφική προβολή, επιτυγχάνεται μέσω μαθηματικών προσεγγίσεων και σχέσεων επίπεδης τριγωνομετρίας, ώστε το ελλειψοειδές ή σφαιροειδές ή η σφαίρα απεικονίζονται στο επίπεδο ή σε άλλες επιφάνειες (κώνο ή κύλινδρο) δυνητικά αναπτυσσόμενες σε επίπεδο. Το ελλειψοειδές ή το σφαιροειδές και η σφαίρα δεν είναι επιφάνειες δυνητικά αναπτυσσόμενες σε επίπεδο, με αποτέλεσμα η επιχειρούμενη προβολή να περιλαμβάνει παραμορφώσεις.

Σχηματικά η προβολή αποδίδεται ως $(\lambda, \varphi) \Leftrightarrow (x, y)$

Ταξινόμηση Χαρτογραφικών Προβολών

Οι Χαρτογραφικές Προβολές ταξινομούνται σε κατηγορίες, ανάλογα:

- α. με την επιφάνεια βάσει της οποίας γίνεται η προβολή (προβολική επιφάνεια), σε κυλινδρικές, κωνικές και αζιμουθιακές ή επίπεδες.
- β. με την θέση του άξονα της σφαίρας σε σχέση με τον άξονα της προβολικής επιφάνειας, σε ορθές, εγκάρσιες και πλάγιες.

Προβολές και Παραμόρφωση

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σφαιροειδούς που διατηρούν αναλλοίωτα οι προβολές, αυτές ταξινομούνται ως:

Ισομετρικές: διατηρούνται οι αποστάσεις, και συγκεκριμένα οι αποστάσεις από κάποια σημεία (π.χ. HATT)

Σύμμορφες: διατηρείται η μορφή (δηλ. οι γωνίες) των σχημάτων (π.χ. UTM)

Ισοεπιφανειακές: Διατηρείται το εμβαδόν των σχημάτων (π.χ. Albers)

ΣΤ. Χαρτογραφικές Προβολές στον Ελληνικό Χώρο

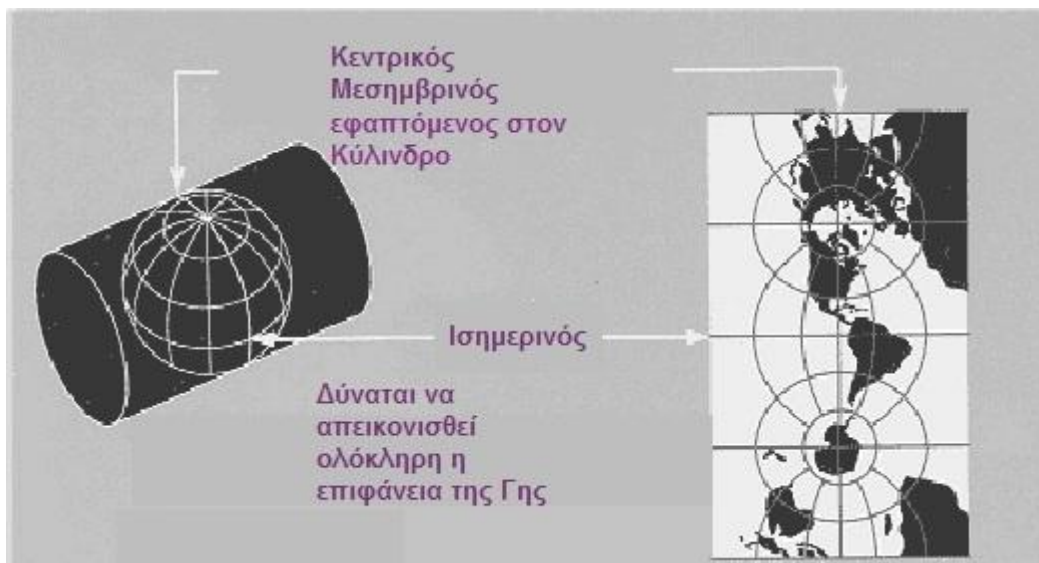
Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή - *Transverse Mercator Projection*

Παρόμοια με την Μερκατορική. Προκύπτει από την ορθή εφαρμόζοντας στροφή του γεωγραφικού συστήματος αναφοράς (φ,λ) κατά μια ορθή γωνία.

Ο κεντρικός Μεσημβρινός τοποθετείται στο κέντρο της περιοχής ενδιαφέροντος. Αυτό ελαχιστοποιεί τις παραμορφώσεις στην περιοχή.

Η απεικόνιση είναι πολύ καλή για τις Βορά – Νότο περιοχές.

Το State Plane Coordinate System χρησιμοποιεί την προβολή για όλες τις Βορράς – Νότος ζώνες. Τα UTM και Gauss–Krüger συστήματα συντεταγμένων βασίζονται στην Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή.



Η εγκάρσια Μερκατορική Προβολή μαθηματικά είναι ίδια με την Μερκατορική αλλά είναι προσανατολισμένη σε διαφορετικό άξονα. (<http://erg.usgs.gov/isb/pubs/MapProjections/graphics>)

Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή - *Universal Transverse Mercator (UTM)*

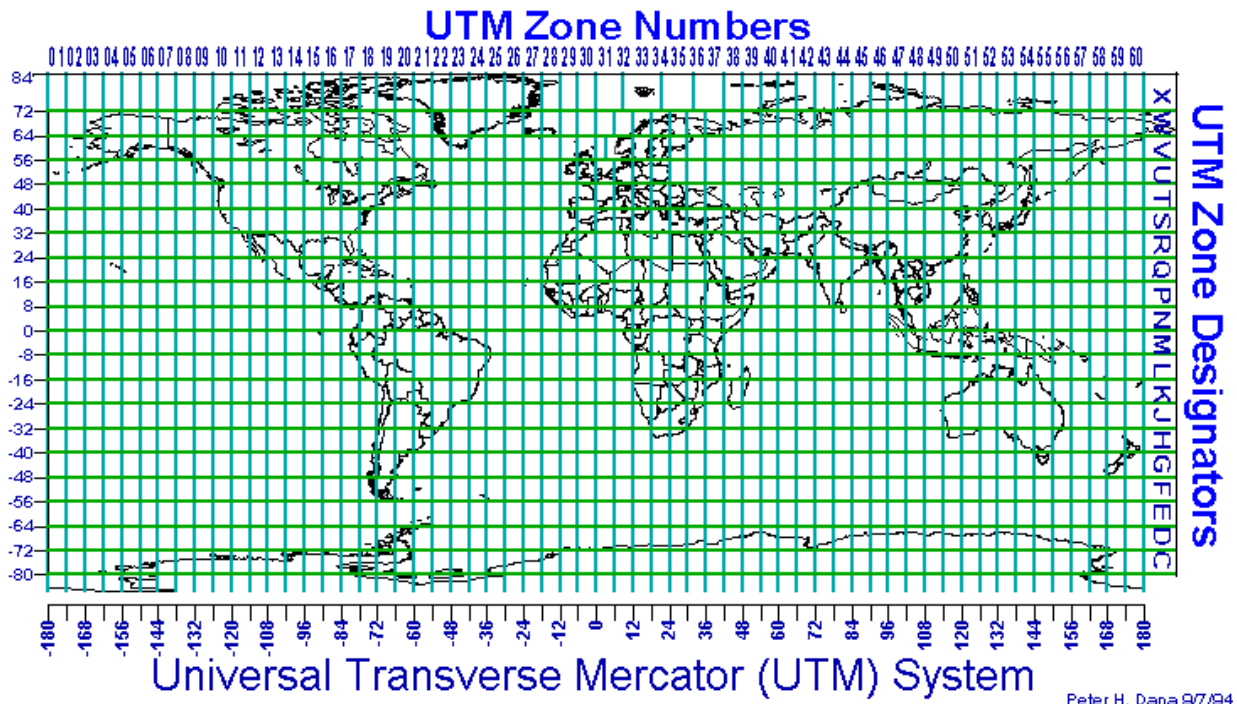
Η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (κυλινδρική) είναι σύμμορφη, δηλαδή, διατηρεί αναλλοίωτη την μορφή στοιχειωδών σχημάτων από το ελλειψοειδές στο επίπεδο.

Η επιφάνεια της γης χωρίζεται σε 60 ζώνες πλάτους 6° η κάθε μία. Κάθε ζώνη έχει τον δικό της κεντρικό μεσημβρινό.

Η Ελλάδα προβάλλεται σε δύο ζώνες με κεντρικούς μεσημβρινούς αντίστοιχα $\lambda_0=21^\circ$ (ζώνη 34) και $\lambda_0=27^\circ$ (ζώνη 35) από τον μεσημβρινό του Greenwich. Ο συντελεστής κλίμακας της προβολής είναι 0.9996 και στις τετμημένες (E-easting) προστίθεται η σταθερά 500000m.

Οι παραμορφώσεις αυξάνονται ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από τον κεντρικό μεσημβρινό και είναι της τάξης των 500ppm (δηλαδή 1:2000).

Το σύστημα UTM έχει παγκόσμια χρήση και στην Ελλάδα το διαχειρίζεται αποκλειστικά η ΓΥΣ.



Οι 60 ζώνες που έχει χωρισθεί η Γη κατά την Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/datum_f.html).

Προβολή HATT

Η προβολή HATT είναι πλάγια, επίπεδη και ισομετρική. Διατηρούνται αναλλοίωτα τα μήκη στοιχειωδών γραμμών από το ελλειψοειδές στο επίπεδο κατά ορισμένες μόνο διευθύνσεις. Έχει κλίμακα μηκών $m_s = 1$.

Η Ελλάδα χωρίζεται σε 130 περίπου σφαιροειδή τραπέζια διαστάσεων $30' \times 30'$, κάθε ένα από τα οποία αποτελεί και διαφορετικό τοπικό σύστημα.

Η αφετηρία του συστήματος HATT είναι το Αστεροσκοπείο Αθηνών από τον μεσημβρινό του οποίου μετράται το γεωγραφικό μήκος. Τα κέντρα των σφαιροειδών τραπέζιων ονομάζονται κέντρα φύλλου, των οποίων οι γεωγραφικές συντεταγμένες ευρίσκονται σε ακέραιες μοίρες και $15'$ ή $45'$.

Στην προβολή HATT, έχει εκπονηθεί από την Γ.Υ.Σ. μεγάλο μέρος (περιοχές κεντρικής και Βόρειας Ελλάδας) από την Χαρτογραφική εργασία στις κλίμακες 1:50.000 και 1:5.000. Επίσης, εκπονήθηκαν πλήθος διαγραμμάτων σε μεγάλες κλίμακες, από άλλες υπηρεσίες ή μελετητές. Ιδιαίτερα, τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας έχουν ως υπόβαθρο τους χάρτες της Γ.Υ.Σ. Εγκεκριμένα πολεοδομικά σχέδια και εγκεκριμένες γραμμές αιγιαλών και παραλίας δεκαετιών έχουν χαρθεί σε υπόβαθρα εξαρτημένα από την HATT.

Η Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Γεωργίας, χρησιμοποίησε από τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα μέχρι την εισαγωγή του ΕΓΣΑ μια παραλλαγή του τρόπου διανομής των Φ.Χ., με χρήση του ιδίου Datum και προβολής. Τα σχέδια αποτυπώσεων, κτηματογραφήσεων και διανομών έγιναν σε κλίμακες 1:10.000 και μεγαλύτερες ώστε για λόγους ευκολίας χρησιμοποίησε Φ.Χ. 6'Χ6', τα οποία δίδουν έως τετραψήφιες συντεταγμένες, αλλά και πολλαπλάσια κέντρα Φ.Χ.

Σήμερα, το σύστημα **HATT** είναι σε φθίνουσα χρήση λόγω των μειονεκτημάτων του, μεταξύ των οποίων η ασυμβατότητά του με τις σύγχρονες τεχνολογίες.

Ζ. Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς

Ένα **Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ)** στην κλασσική γεωδαισία (ΒΕΗΣ, 1987):

- **Ορίζεται** με την επιλογή ενός (γεωδαιτικού) Datum, που δίνει αρχικές συντεταγμένες σε ένα σημείο και τις διαστάσεις ενός ελλειψοειδούς αναφοράς. Ο προσανατολισμός επιτυγχάνεται με αστρονομικές μεθόδους.
- **Υλοποιείται** με τις μετρήσεις ενός γεωδαιτικού δικτύου, την συνόρθωσή του και τον υπολογισμό των συντεταγμένων (ϕ , λ) των κορυφών του στο νέο Datum.
- **Εφαρμόζεται** με την απεικόνιση (ή προβολή) του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο που δίνει τις επίπεδες συντεταγμένες (X, Y) του δικτύου.
- **Χρησιμοποιείται** με την εξάρτηση (και εντοπισμό) των γεωδαιτικών, τοπογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών στο δίκτυο και την χρήση των συντεταγμένων των κορυφών του.

Το **Datum** (ή **τοπικό ελλειψοειδές αναφοράς**) ορίζεται από οκτώ παραμέτρους: τον προσδιορισμό της αρχής του τρισσογωνίου Καρτεσιανού Συστήματος Αξόνων (τρεις παράμετροι), τον προσανατολισμό των αξόνων (τρεις παράμετροι), το μέγεθος του ελλειψοειδούς (μία παράμετρος) και το σχήμα του ελλειψοειδούς (μία παράμετρος). Η εικ. 1.5 αναπαριστά το **Datum**

Το Datum, το γεωδαιτικό δίκτυο, το προβολικό σύστημα, η υψομετρική αφετηρία και το χωροσταθμικό δίκτυο, συνιστούν το **Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ)**.

Το Σύστημα Αναφοράς είναι ένα σύνολο από:

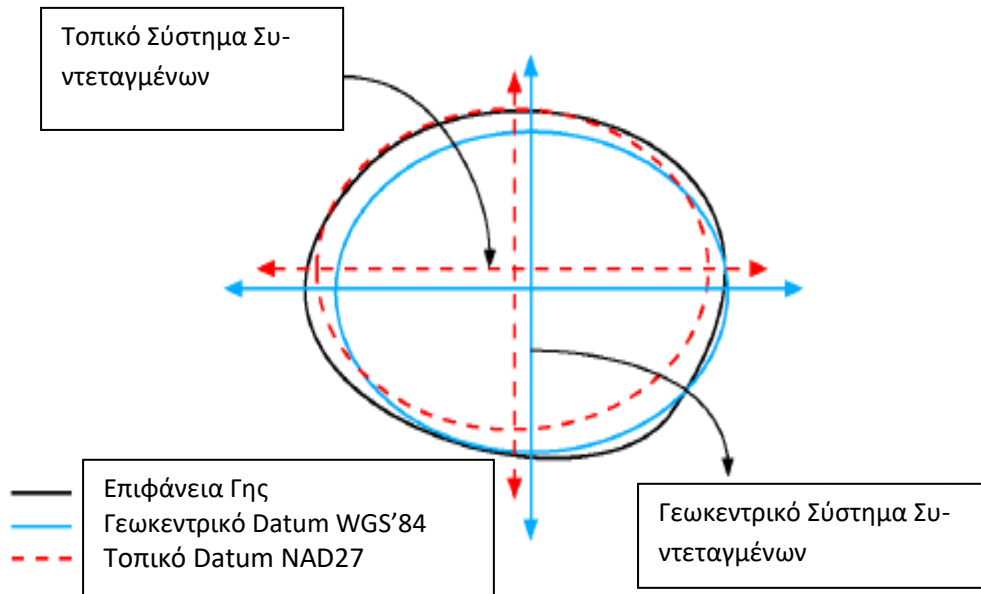
- ❖ Συμβάσεις (π.χ. ο άξονας περιστροφής της γης)
- ❖ Πρότυπα (π.χ. το ελλειψοειδές αναφοράς)
- ❖ Μοντέλα (π.χ. γεωδυναμικά / τεκτονικά μοντέλα)
- ❖ Σταθερές (π.χ. η ταχύτητα του φωτός)

που όλα μαζί χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της θέσης ενός σημείου στον χώρο.

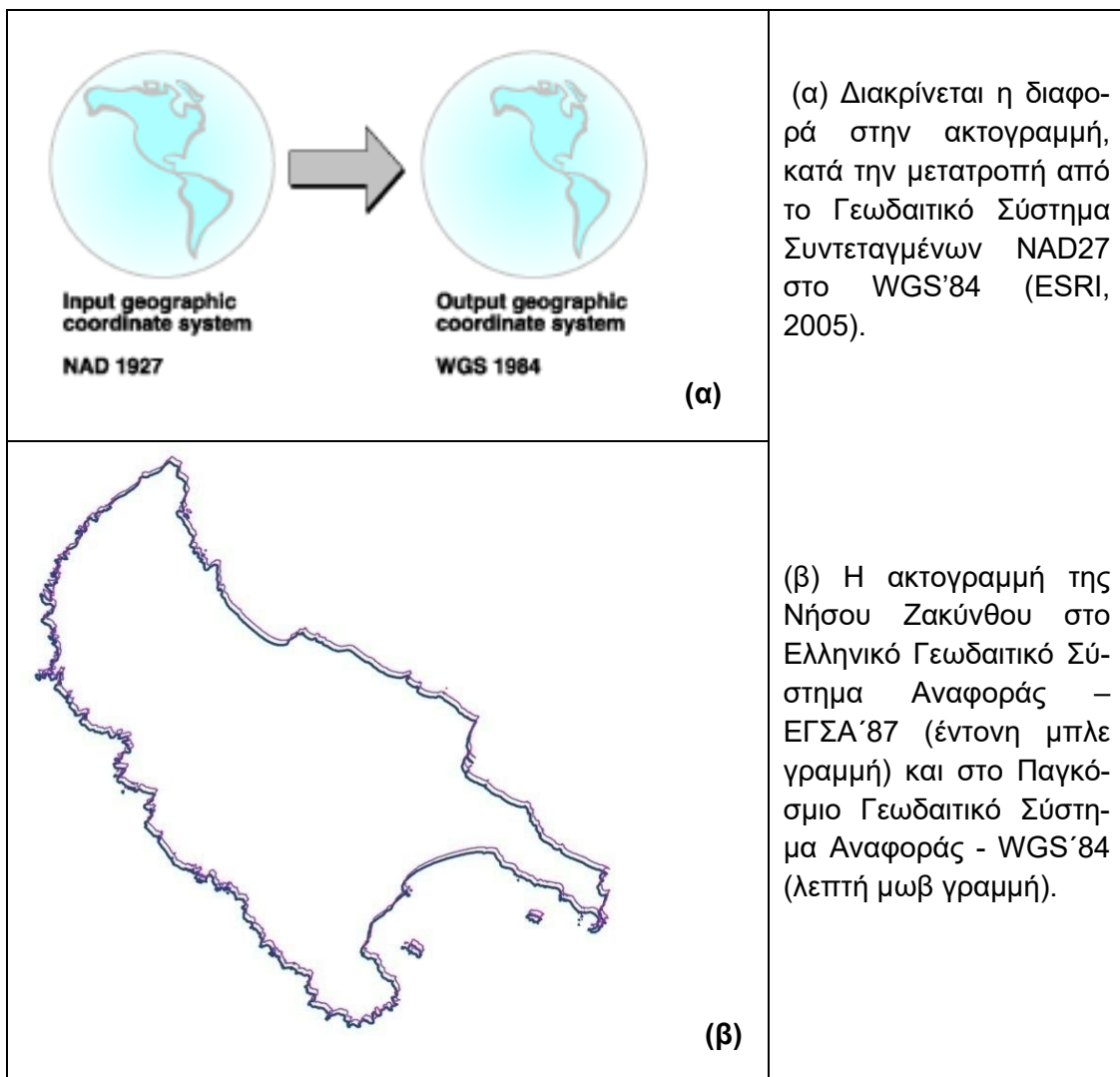
Προκειμένου το σύστημα αναφοράς να είναι προσβάσιμο και προς χρήση από τους χρήστες, απαιτείται η γνώση των συντεταγμένων σε ένα σύνολο σημείων. Οι συντεταγμένες επίσης, πρέπει να αναφέρονται σε μια χρονική στιγμή (εποχή) και παράλληλα να δίνονται και τα στοιχεία της κίνησης (ταχύτητες) του κάθε σημείου, λόγω γεωδυναμικών / τεκτονικών φαινομένων. Η λύση για ένα σύνολο σταθμών σε μια γεωγραφική περιοχή αποτελεί ένα **Πλαίσιο Αναφοράς**. Ουσιαστικά, ένα **Πλαίσιο Αναφοράς (Reference Frame)** συναρτάται με μια χρονική στιγμή (εποχή) στην οποία αναφέρονται οι συντεταγμένες.

Ανάλογα με την μελέτη, κλίμακα, περιοχή κ.λ.π. χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα ελλειψοειδή και αντίστοιχα ΓΣΑ. Παγκόσμια Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς όπως το WGS'84 ορίζονται χρησιμοποιώντας γεωκεντρικά ελλειψοειδή, ενώ τα τοπικά ορίζονται χρησιμοποιώντας τοπικά ελλειψοειδή.

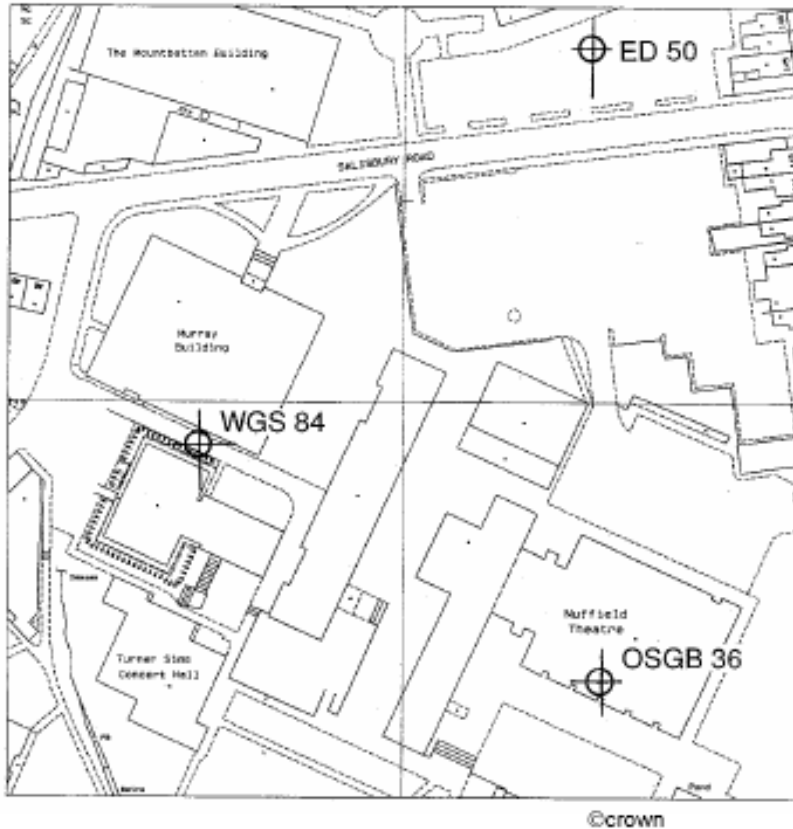
Αν είναι γνωστή η θέση (παράμετροι) ενός σημείου της γήινης επιφάνειας, ή οι παράμετροι μιας περιοχής σε ένα ΓΣΑ, είναι εύκολη η μεταφορά τους σε ένα άλλο.



Τοπικά και Γεωκεντρικά Συστήματα Συντεταγμένων και DATUM σε σχέση με την Επιφάνεια Γης (ESRI, 2005).



Η γνώση συντεταγμένων δεν ορίζει την "απόλυτη" θέση ενός σημείου, αλλά την θέση του σε συσχέτισμό με την αφετηρία μετρήσεων, δηλαδή την θέση του σε συγκεκριμένο Γ.Σ.Α. Είναι δυνατόν, σημεία να έχουν ταυτόσημες συντεταγμένες, χωρίς τα σημεία να καταλαμβάνουν την ίδια θέση στον χώρο. Επίσης, να υπάρχουν πολλαπλά ζεύγη διαφορετικών κατά την τιμή μεταξύ τους συντεταγμένων, αναφερόμενα στο ίδιο σημείο.



Σημείο με συγκεκριμένες γεωγραφικές συντεταγμένες (λ,φ), προβαλλόμενο σε τρία διαφορετικά προβολικά συστήματα. Ο χάρτης είναι διαστάσεως 200 * 200 m (Ordnance Survey 2002)

Η. Ελλειψοειδή στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα Ελλειψοειδή:

Ελλειψοειδές	Μέγιστος Ημι-άξων	1/Πλάτυνση
GRS' 80	6378137	298.257
WGS' 84	6378137	298.257
BESSEL1841	6377397.2	299.15
INTERNATIONAL 1924	6378388	297
HAYFORD	6378388	297

Θ. Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς:

ΕΓΣΑ'87 / Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987

Ελλειψοειδές: GRS'80

Αφετηρία: Γεώκεντρο μετατεθημένο, προσανατολισμένο παράλληλα με το ITRF'89 (International Terrestrial Reference Frame -1989) με εκκεντρότητα $\Delta X = -199.695$, $\Delta Y = 74.815$, $\Delta Z = 246.045$ και με τις συμβατικές συντεταγμένες στο Κεντρικό βάθρο του Διονύσου:

$$\varphi = 38^{\circ} 04' 33'' 81070$$

$$\lambda = 23^{\circ} 55' 51'' 00950$$

$$N = 7 \text{ m}$$

Προβολή: TM87 / Transverse Mercator Projection 1987 / Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή ενιαίας ζώνης για την Ελλάδα (εκτός Καστελόριζου) - Σύμμορφη

Η TM87 εφαρμόζεται για την μετατροπή καμπυλόγραμμων γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ , λ) ως προς το ΕΓΣΑ87 σε προβολικές συντεταγμένες (E , N), και αντίστροφα. Οι βασικές παράμετροι για την εφαρμογή της χαρτογραφικής προβολής TM87 είναι:

$$\lambda_0 = 24^{\circ} \text{ (κεντρικός μεσημβρινός)}$$

$$m_0 = 0.9996 \text{ (μέτρο γραμμικής παραμόρφωσης στον κεντρ. μεσημβρινό)}$$

$$\varphi_0 = 0 \text{ (γεωγραφικό πλάτος αναφοράς)}$$

$$\text{False Easting } E_0 = 500000 \text{ m (προσθετική σταθερά στις τετμημένες)}$$

$$\text{False Northing } N_0 = 0 \text{ m (προσθετική σταθερά στις τεταγμένες)}$$

HTRS07 (HEPOS) / Hellenic Terrestrial Reference System (2007)

Ελλειψοειδές Αναφοράς GRS 80

Ευρωπαϊκό Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων ETRS 89

Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Αναφοράς Συντεταγμένων ETRF 05

Χαρτογραφικό Προβολικό Σύστημα TM 07

Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς WGS'84

Ελλειψοειδές: WGS'84

Αφετηρία: Γεώκεντρο

Προβολή: Γεωγραφική (φ , λ) ή Εγκάρσια Μερκατορική (UTM)

Εάν συμπεριληφθεί και το υψόμετρο (Τρισδιάστατο Σύστημα): (φ, λ, h) και (X, Y, Z) αντιστοίχως των ανωτέρω.

Ευρωπαϊκό Datum 1950 (ED'50)

Ελλειψοειδές: HAYFORD

Αφετηρία: Πύργος Helmet του POTSDAM Γερμανίας

Προβολή: Εγκάρσια Μερκατορική (UTM) – Σύμμορφη

Η γη υποδιαιρείται σε 60 ζώνες, γεωγραφικού μήκους 6° . Η πρώτη ζώνη ξεκινά από τον μεσημβρινό του Greenwich.

Η Ελλάδα καταλαμβάνει τις ζώνες 34 και 35, με κέντρα (μεσημβρινοί) προβολών $\lambda = 21^{\circ}$ και $\lambda = 27^{\circ}$ αντίστοιχα.

Στην εικόνα που ακολουθεί, δίδεται τμήμα από τον Τοπογραφικό Χάρτη Νήσου Ιθάκης (1/50000, ΓΥΣ), στον οποίο αποτυπώνονται συντεταγμένες σε διαφορετικές Χαρτογραφικές Προβολές και Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς.



← Γεωγραφικές
συντεταγμένες

← UTM Προβολή,
ΕΓΣΑ'87

← ΗΑΠΤ Προβολή,
Παλιό Ελληνικό Γε-
ωδαιτικό Σύστημα
Αναφοράς

I. Μετατροπή Συντεταγμένων

Μετασχηματισμός γεωδαιτικών συντεταγμένων μέσω γεωκέντρου - Η μέθοδος Bursa-Wolf

Η διαδικασία μετασχηματισμού μεταξύ γεωδαιτικών συντεταγμένων ($\varphi, \lambda, h \rightarrow \varphi', \lambda', h'$) περιλαμβάνει:

α) την μετατροπή από γεωδαιτικές συντεταγμένες σε καρτεσιανές ($\varphi, \lambda, h \rightarrow X, Y, Z$),

β) την αλλαγή συστήματος αναφοράς με την χρήση μετασχηματισμού ομοιότητας ($X, Y, Z \rightarrow X', Y', Z'$) και

γ) τον υπολογισμό από τις νέες συντεταγμένες των γεωδαιτικών συντεταγμένων στο νέο σύστημα ($X', Y', Z' \rightarrow \varphi', \lambda', h'$).

Σχετικά με την αβεβαιότητα του μετασχηματισμού, είναι όση του μεσαίου σταδίου ($X, Y, Z \rightarrow X', Y', Z'$) και της τάξεως του 1m ή μεγαλύτερη. Η εφαρμογή της μεθόδου (ΒΕΗΣ, 1994 - χρήση μόνο των παραμέτρων μετάθεσης γεωκέντρου dX, dY, dZ) μεταξύ του Παλαιού Ελληνικού Γ.Σ.Α. και ΕΓΣΑ έχει ακρίβεια της τάξεως των 5-6m. Δύναται να χρησιμοποιηθεί εφ' όσον δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια ή ως ένα προσεγγιστικό στάδιο πριν τον τελικό μετασχηματισμό.

Παράμετροι Μετάθεσης Γεωκέντρου - 3 Παράμετροι

από Γ.Σ.Α	σε Γ.Σ.Α.			
WGS'84	ΕΓΣΑ'87	Παλαιό (Bessel)	ED'50	ITRF'89
dX=	199.72m	-456.39m	83.8m	0.03m
dY=	-74.03m	-372.62m	96.3m	0.79m
dZ=	-246.02m	-496.82 m	115.7m	0.03m

Προσεγγιστικές Σχέσεις Απευθείας μετασχηματισμού Γεωδαιτικών Συντεταγμένων

Για τον Ελληνικό χώρο (ΒΕΗΣ, 1994), προκειμένου να μετατραπούν γεωδαιτικές συντεταγμένες προηγούμενων ΓΣΑ στο ΕΓΣΑ'87, δύνανται να χρησιμοποιηθούν οι προσεγγιστικές σχέσεις της μορφής:

$$\varphi_2'' = \varphi_1'' + \alpha_0'' + \alpha_1'' * (\varphi_1^\circ - 38^\circ) + \alpha_2'' * (\lambda_1^\circ - 24^\circ) \text{ και}$$

$$\lambda_2'' = \lambda_1'' + \beta_0'' + \beta_1'' * (\varphi_1^\circ - 38^\circ) + \beta_2'' * (\lambda_1^\circ - 24^\circ), \text{ με τιμές γωνιών σε δευτερόλεπτα τόξου.}$$

Οι ανωτέρω σχέσεις δύνανται να χρησιμοποιηθούν και σε αντίστροφη φορά, με αλλαγή των προσήμων των παραμέτρων, διότι οι διαφορές μεταξύ αρχικών και τελικών γεωδαιτικών συντεταγμένων είναι πολύ μικρές.

Οι παράμετροι προσεγγιστικών σχέσεων απευθείας μετασχηματισμού γεωδαιτικών συντεταγμένων έχουν ως ακολούθως:

από Γ.Σ.Α	σε Γ.Σ.Α.	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2
Παλαιό (Bessel)	ΕΓΣΑ'87	-5.86"	-0.33"	-0.05"	0.28"	0.09"	-0.45"
ED'50	ΕΓΣΑ'87	-13.17"	0.09"	0.07"	-8.15"	-0.11"	-0.03"
WGS'84	ΕΓΣΑ'87	-9.34"	0.02"	0.05"	-6.10"	-0.08"	-0.11"

Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται είναι 2-4m μεταξύ των Παλαιού Ελληνικού Γ.Σ.Α. και ΕΓΣΑ, 2-3m μεταξύ των ED'50 και ΕΓΣΑ και 1m μεταξύ των WGS'84 και ΕΓΣΑ.

- ❖ Σημειώνεται ότι το ΕΓΣΑ'87 έχει ως προβολή την TM87 / Transverse Mercator Projection 1987 / Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή ενιαίας ζώνης για την Ελλάδα (εκτός Καστελόριζου) με προβολικές συντεταγμένες (Easting, Northing) ή (E,N) σε μέτρα. Επομένως οι γεωδαιτικές (φ.λ) που λαμβάνονται από τις ανωτέρω σχέσεις ανάγονται τελικά σε (E,N).

2. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ & ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

A. Επιφάνεια – Κατηγορίες Μοντελοποίησης

Η «επιφάνεια» είναι μια συνεχής δομή που αποτελείται έως και από έναν άπειρο αριθμό σημείων. Επί παραδείγματι, για την αναπαράσταση του αναγλύφου της γήινης επιφάνειας μιας περιοχής, χρησιμοποιούνται υψομετρικά σημεία. Η μεταβολή ορισμένων γεωφυσικών μεγεθών, όπως της «φαινόμενης ειδικής αντίστασης» σε μια συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, αναπαρίσταται μετά από επεξεργασία (μέσω μεθόδων παρεμβολής) των μετρήσεων σε συγκεκριμένες θέσεις-σημεία της φαινόμενης ειδικής αντίστασης. Όλα τα μεγέθη αναπαρίστανται στον άξονα (z) του τρισδιάστατου (x,y,z) συστήματος συντεταγμένων. Οι επιφάνειες αναπαρίστανται με σημειακά μοντέλα, τριγωνικά δίκτυα (TIN) ή μοντέλα καννάβου (raster).

Στις γεωεπιστήμες η αναπαράσταση των επιφανειών αφορά γενικά σε δύο τύπους επιφανειακών μοντέλων που διαφοροποιούνται ανάλογα με τα φαινόμενα που αναπαριστούν. Ο ένας έχει σκοπό την μοντελοποίηση φυσικών επιφανειών όπως π.χ. του αναγλύφου. Ο δεύτερος έχει σκοπό την μοντελοποίηση αφηρημένων επιφανειών που αναπαριστούν την κατανομή λιγότερο απτών χωρικά μεταβαλλόμενων στατιστικών.

Η αναπαράσταση μιας επιφάνειας είναι δυνατόν να επιτευχθεί με δύο ειδών τύπους αναπαράστασης: «Ολοκληρωμένη Αναπαράσταση» και «Μη Ολοκληρωμένη Αναπαράσταση» :

- Μη ολοκληρωμένη αναπαράσταση μιας επιφάνειας προκύπτει από δειγματοληπτικά δεδομένα, τα οποία είναι σημεία και αποδίδονται ως σημειακά δείγματα, γραμμικά δείγματα ή πολυγωνικά δίκτυα.
- Η ολοκληρωμένη αναπαράσταση μιας επιφάνειας προκύπτει
 - από ένα σύνολο γειτονικών ζωνών που καθεμιά έχει μοναδική τιμή (πολυγωνικές ζώνες, δίκτυα τριγώνων – τριγωνισμός Delaunay).
 - από μαθηματικές συναρτήσεις (γενικές μαθηματικές συναρτήσεις, ανάλυση Fourier, εκτίμηση επιφάνειας με πολυώνυμα ελαχίστων τετραγώνων κ.ά.).

Οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής για την αναπαράσταση της επιφάνειας είναι δύο: Οι ντετερμινιστικές (deterministic methods) και οι γεωστατιστικές (geostatistical methods).

- Οι ντετερμινιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα για τον υπολογισμό της επιφάνειας. Δεν λαμβάνονται υπόψη οι σχέσεις μεταξύ των δεδομένων, δεν παρέχεται μέτρο ακρίβειας των μετρήσεων.
- Οι γεωστατιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν στατιστικά μοντέλα για την δημιουργία της επιφάνειας. Λαμβάνεται υπόψη ο χωρικός αυτοσυσχετισμός μεταξύ των δεδομένων και παρέχεται μέτρο ακρίβειας των μετρήσεων. Είναι περισσότερο πολύπλοκες από τις ντετερμινιστικές.

Όσον αφορά τον αριθμό των γνωστών σημείων που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση ενός αγνώστου σημείου, οι μέθοδοι παρεμβολής κατηγοριοποιούνται σε τοπικές και γενικές:

- Οι τοπικές μέθοδοι εκτίμησης (local estimation methods) λαμβάνουν υπόψη τα πλησιέστερα (γειτονικά) σημεία γύρω από το άγνωστο σημείο.
- Οι γενικές μέθοδοι (global estimation methods) λαμβάνουν υπόψη όλα τα σημεία μέτρησης σε όλη την περιοχή μελέτης.

Οι μέθοδοι επίσης, διακρίνονται σε Ακριβείς και Μη Ακριβείς εάν η παραχθείσα επιφάνεια διέρχεται από τα σημεία δειγματοληψίας ή όχι, αντιστοίχως :

B. Μοντελοποίηση Επιφανειών

Πολλές μέθοδοι παρεμβολής παράγουν μοντέλα κανάβου. Αναφέρονται οι: IDW, NATURAL NEIGHBORS, SPLINE, KRIGING, TREND, TOPOGRID:

Η μέθοδος IDW (Inverse Distance Weighted) ενδείκνυται για πυκνά και ισοκατανεμημένα δείγματα. Είναι ντετερμινιστική μέθοδος. Υπολογίζει τον μέσο όρο των τιμών των δειγμάτων πλησίον του κελιού που θα προσδιορισθεί η τιμή του. Μεγαλύτερη επιρροή έχουν τα πλησιέστερα σημεία. Η επιφάνεια δεν διέρχεται ανάμεσα από τα δείγματα αλλά χρησιμοποιεί τον μέσο όρο. Δεν δύναται να υπολογίσει λόφους και πεδιάδες.

Η μέθοδος NATURAL NEIGHBORS είναι μια πολύ καλή τεχνική όσον αφορά την επιλογή περιοχής επιρροής που είναι η πλησιέστερη περιοχή, για τα ζητούμενα σημεία και υπολογίζει τις τιμές των κελιών αναλογικά. Επίσης είναι πολύ καλή τεχνική για πολύ πυκνά δείγματα. Είναι ντετερμινιστική μέθοδος.

Η μέθοδος Nearest Neighbor αποδίδει την τιμή του πλησιέστερου σημείου σε κάθε κόμβο του κανάβου. Η μέθοδος είναι πολύ χρήσιμη όταν τα δεδομένα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα. Στην περίπτωση που τα δεδομένα είναι σχεδόν σε κάρναβο με μερικές τιμές να λείπουν, η μέθοδος είναι αποτελεσματική, ώστε να δώσει τις τιμές που λείπουν στα δεδομένα.

Η μέθοδος SPLINE υπολογίζει τις τιμές των κελιών με μαθηματικές συναρτήσεις και ομαλοποιεί τις επιφάνειες. Η επιφάνεια διέρχεται ανάμεσα από τα σημεία της δειγματοληψίας. Υπολογίζει λόφους και πεδιάδες. Κατάλληλη μέθοδος για τον υπολογισμό ομαλά μεταβαλλόμενων επιφανειών (π.χ. θερμοκρασία).

Η μέθοδος KRIGING είναι μια γεωστατιστική μέθοδος, η οποία υποθέτει ότι η χωρική μεταβλητότητα στα δεδομένα είναι η ίδια παντού. Μοντελοποιεί την μεταβλητότητα με πολλές μεθόδους. Υπολογίζει λόφους και πεδιάδες.

Η μέθοδος TREND ταιριάζει μια μοναδική πολυωνυμική επιφάνεια σε όλα τα δείγματα, η οποία είναι ομαλοποιημένη.

Η μέθοδος TOPOGRID, η οποία βασίζεται στο ANUDEM πρόγραμμα του Hutchinson (1988, 1989) είναι η καλύτερη για την απόδοση του αναγλύφου μιας περιοχής. Δημιουργεί μια υδρολογικά ορθή επιφάνεια. Χρησιμοποιεί γραμμές, σημεία και πολύγωνα.

Ιδιαίτερη κατηγορία αναπαράστασης επιφάνειας αποτελεί το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου.

Γ. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (ΨΜΑ)

Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (ΨΜΑ / Digital Terrain Model - DTM) ή Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (Digital Elevation Model - DEM / ειδικότερα όταν πρόκειται για το υψόμετρο) ορίζεται ως:

η αναπαράσταση του αναγλύφου σε ψηφιακή μορφή

η απόδοση της γεωμετρίας της γήινης επιφάνειας

Είναι δυνατή η χρωματική απόδοση των υψομέτρων για καλύτερα οπτικά αποτελέσματα

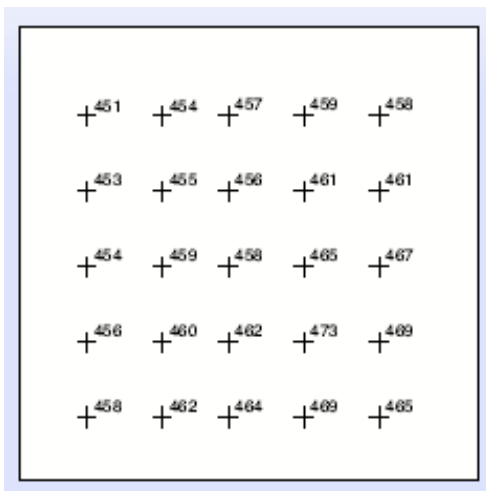
Δ. Είδη ΨΜΑ

Τα είδη των ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου είναι πολλά και εξαρτώνται από την δομή αποθήκευσης και τον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων. Οι παρακάτω δομές χρησιμοποιούνται συνήθως:

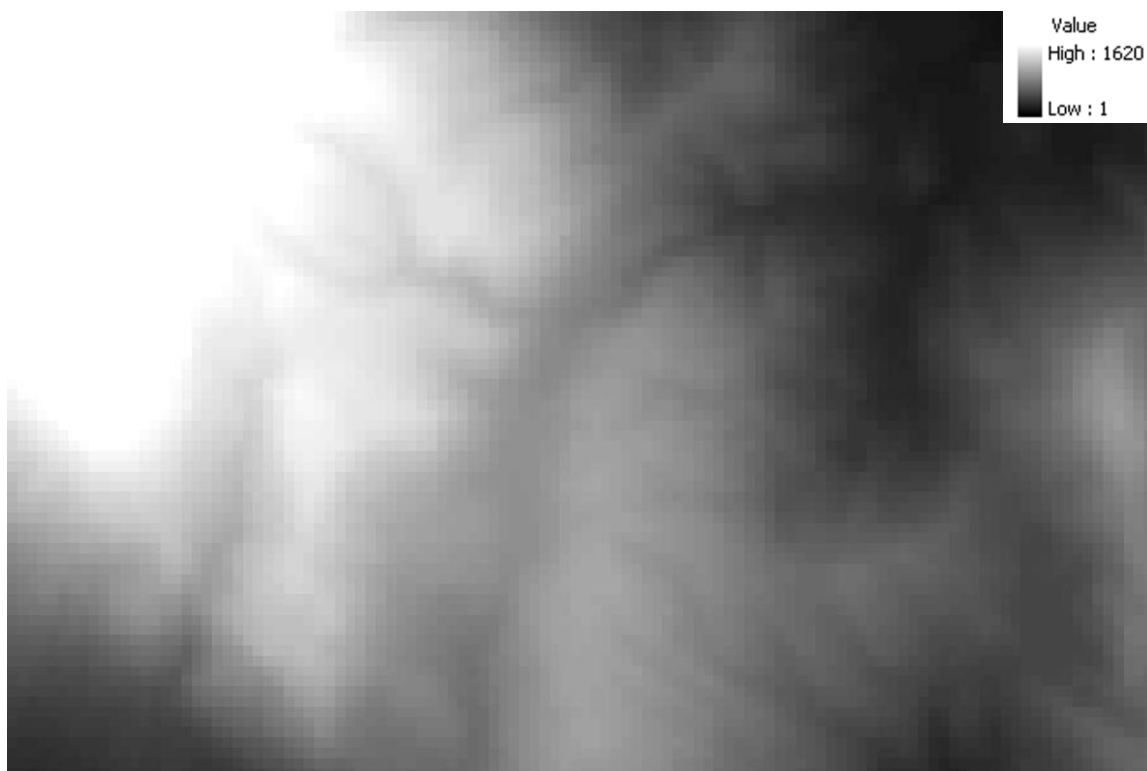
Δίκτυο Σημείων: το ανάγλυφο αναπαρίσταται ως ορθοκανονικό δίκτυο σημείων, τα οποία ισαπέχουν μεταξύ τους. Σε κάθε σημείο (με συντεταγμένες x,y) αποθηκεύεται μια τιμή υψομέτρου (z).

Ορθοκανονικά Πλέγματα: ως σημειακό μοντέλο θεωρείται το ορθοκανονικό πλέγμα ή κάναβος (GRID), παρ' ότι εμφανίζει ουσιαστικά διαφορετική μορφή της σημειακής δομής. Κάθε κυψελίδα ή κελί (pixel) του πλέγματος δίνει τις υψομετρικές μεταβολές της επιφάνειας, όπου περιγράφονται μαθηματικά σαν υψόμετρο (z) σε συνάρτηση με την θέση του. Η θέση ορίζεται τόσο με γεωγραφικές συντεταγμένες (ϕ, λ) όσο και με ορθογώνιες συντεταγμένες (x,y) σε μια χαρτογραφική προβολή (π.χ. UTM).

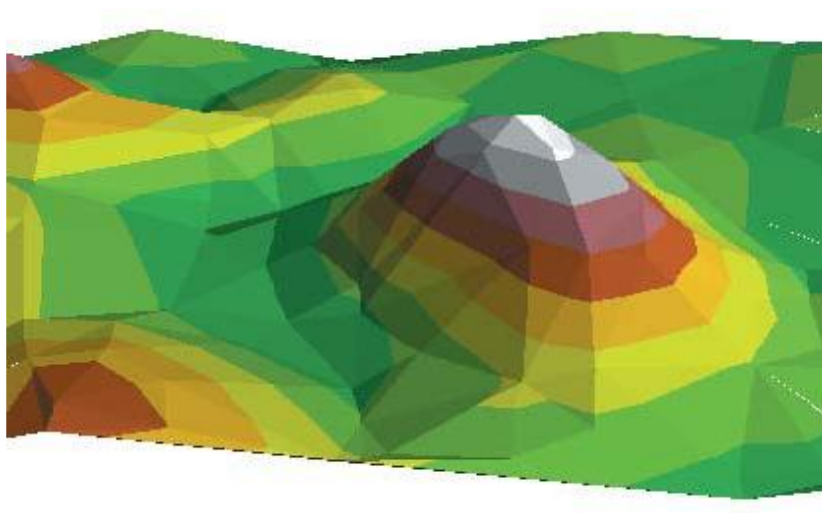
Τριγωνικά Δίκτυα: το ανάγλυφο αναπαρίσταται από ένα σύνολο τριγώνων. Στην κορυφή κάθε τριγώνου (με συγκεκριμένες συντεταγμένες x,y), αποθηκεύεται συγκεκριμένη τιμή υψομέτρου (z). Τα δημιουργούμενα τρίγωνα ικανοποιούν το κριτήριο Delaunay, όπου ένας κύκλος που διέρχεται από τις τρεις κορυφές κάθε τριγώνου δεν περιλαμβάνει άλλο σημείο.



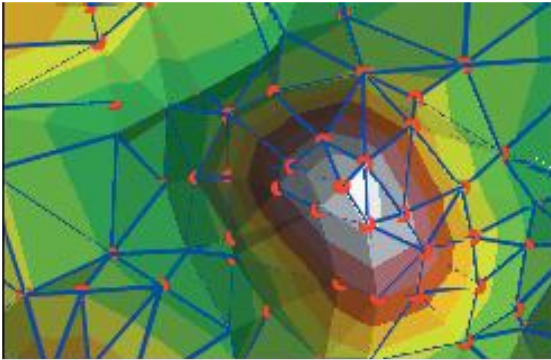
Ορθοκανονικό Δίκτυο Σημείων



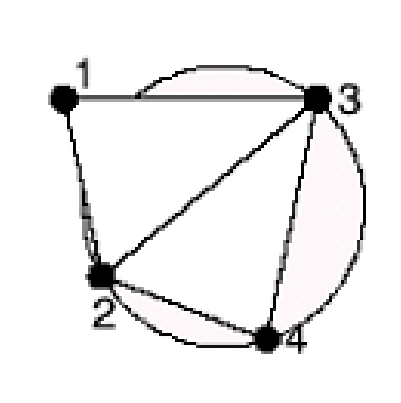
Ορθοκανονικό Πλέγμα - GRID



Τριγωνικό Δίκτυο



Κορυφές, ακμές και επιφάνειες
στο Τριγωνικό Δίκτυο



Τα δημιουργούμενα τρίγωνα ικανοποιούν το κριτήριο Delaunay, όπου ένας κύκλος που διέρχεται από τις τρεις κορυφές κάθε τριγώνου δεν περιλαμβάνει άλλο σημείο.

Ε. Χωρικά Μοντέλα Αναγλύφου (Παράγωγα του ΨΜΑ)

Από το ΨΜΑ προκύπτουν με κατάλληλους αλγορίθμους, χωρικά μοντέλα αναγλύφου (spatial models), όπως :

- σκιασμένο ανάγλυφο και τριδιάστατες όψεις
- χάρτες αναλύσεως αναγλύφου (μορφολογικών κλίσεων, προσανατολισμού των κλίσεων, μορφολογικές ασυνέχειες, επιφάνειες επιπέδωσης, υδρογραφικό δίκτυο, λεκάνες απορροής κ.ά.).
- τοπογραφικές τομές - προφίλ του αναγλύφου σε οποιαδήποτε διεύθυνση
- ισοϋψείς με την επιθυμητή κάθε φορά ισοδιάσταση
- υπολογισμός όγκων, εμβαδών
- καθορισμός συνθηκών ορατότητας από ένα ή περισσότερα σημεία κ.λ.π.
- διαγράμματα

ΣΤ. Εφαρμογές ΨΜΑ στις Γεωεπιστήμες

Τα ψηφιακά μοντέλα αποτελούν τον βασικό πυρήνα σε έναν μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Μερικές από τις εφαρμογές σχετικές με την Γεωλογία (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences-1991) είναι:

- Η χαρτογράφηση υψομέτρων, κλίσεων, προσανατολισμού των κλίσεων
- Ο ψηφιακός συσχετισμός και πρόβλεψη των αρχικών τιμών για δεύτερη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους
- Η ταξινόμηση και γένεση εδαφικών μορφών
- Η μελέτη διάβρωσης (με μελέτη κλίσεων, περιγραφή γεωμορφολογικών μονάδων κ.λ.π.)
- Η μελέτη επιφανειακής απορροής υδάτων και γενικά η ανάλυση υδρογραφικού δικτύου και υδροκριτών

- Ο ψηφιακός έλεγχος ορθοφωτογραφιών
- Η παραγωγή στερεοσκοπικών προϊόντων (υψομετρικά προφίλ)
- Η καλύτερη επεξεργασία γεωφυσικών δεδομένων
- Η γεωμετρική διόρθωση και ορθοαναγωγή δορυφορικών εικόνων
- Η περιβαλλοντική διαχείριση και ο έλεγχος φυσικών καταστροφών (σεισμοί, ηφάιστεια, πλημμύρες, tsunamis κ.ά.)
- Η κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων

Σημειώνεται, ότι ένας από τους βασικότερους παράγοντες διαμόρφωσης του αναγλύφου είναι οι τεκτονικές διεργασίες, οι οποίες όσο πιο πρόσφατες είναι στον γεωλογικό χρόνο, τόσο πιο αναλλοίωτες μένουν σε σχέση με τις διεργασίες της διάβρωσης - απόθεσης κ.λ.π. Συνεπώς, μελετώντας το ανάγλυφο εξάγονται συμπεράσματα για την τεκτονική, μορφοτεκτονική και γεωδυναμική της περιοχής, σε συνδυασμό και με άλλα δεδομένα (γεωλογικά, τεκτονικά, γεωφυσικά, σεισμολογικά κ.ά.), προερχόμενα από παρατηρήσεις πεδίου, βιβλιογραφικές αναφορές, δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, μετρήσεις GPS κ.λ.π.

Τα ΨΜΑ αποτελούν βάση σε πλήθος θεματικών εφαρμογών, τόσο στο εργαστήριο, όπου έχοντας μια εικόνα της περιοχής μελέτης επιτυγχάνεται ποιοτική και ποσοτική ανάλυση αναγλύφου, διάκριση δομών (γεωλογικά όρια, τεκτονικές επαφές, μορφολογικές δομές, τοπογραφικά δεδομένα κ.ά.), προσδιορισμός θέσεων σταθμών GPS, προσδιορισμός θέσεων για γεωφυσική διασκόπηση κ.ά., όσο και στην ύπαιθρο, για επαλήθευση-πιστοποίηση, διορθώσεις και τελική εξαγωγή συμπερασμάτων, σχετικά με: γεωλογία, τεκτονική, γεωμορφολογία, χρήσεις γης κ.ά.

3. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ σε ΣΓΠ

Η απεικόνιση γεωφυσικών και γενικότερα γεω-δεδομένων, η κατασκευή χαρτών και δημιουργία γεωφυσικών και άλλων τομών, δύναται να επιτευχθεί μέσω σχεδιαστικών, γεωφυσικών και άλλων προγραμμάτων.

Η συστηματικοποίηση - η ποσοτικοποίηση - η αλληλοσυσχέτιση και γενικά η διαχείριση-επεξεργασία πλήθους διαφορετικών ειδών δεδομένων και θεματικών επιπέδων (τοπογραφικά, ανάγλυφο, γεωλογικά, τεκτονικά, γεωφυσικά, τηλεανίχνευσης κ.ά) που προϋποθέτουν μια μεγάλη σε όγκο και καλά ανεπτυγμένη βάση δεδομένων για κάθε κατηγορία στοιχείων, προϋποθέτει την ανάπτυξη Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ).

Η διαχείριση-επεξεργασία των δεδομένων περιλαμβάνει την εισαγωγή και ταξινόμηση σε γεωγραφικές ενότητες - αναγωγή συντεταγμένων – ανάλυση δεδομένων και ανάπτυξη ψηφιακής βάσης δεδομένων – ανάλυση βάσης – παρουσίαση αποτελεσμάτων σε χάρτες, τομές, στατιστική επεξεργασία, διαγράμματα. Ακολουθούνται οι αρχές της Ψηφιακής Χαρτογραφίας, με τα επιπλέον πλεονεκτήματα των ΣΓΠ ως προς την οργάνωση και διαχείριση της βάσης δεδομένων καθώς και την δημιουργία συστήματος λήψης αποφάσεων.

Επιπροσθέτως, η δημιουργία διαδικτυακών χαρτών (web maps) σε διαδικτυακά ΣΓΠ (web GIS) δίνει την δυνατότητα διάδοσης της πληροφορίας σε ευρύ κοινό με όλα τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα διαδικτυακά ΣΓΠ.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα ΣΓΠ σε συνδυασμό με τον Προγραμματισμό αποτελούν σημαντικότερο εργαλείο στις γεωεπιστήμες, καθώς επιτυγχάνεται η παραγωγή εξειδικευμένων εργαλείων ή/και λογισμικών για την επίλυση προβλημάτων – λήψη αποφάσεων.

Στις Γεωεπιστήμες, η κατασκευή χαρτών προϋποθέτει:

- την γνώση των Χαρτογραφικών Προβολών
- την δυνατότητα επιλογής και πραγματοποίησής τους
- την δυνατότητα αλλαγής από μια συγκεκριμένη προβολή σε άλλη, με σκοπό την προσαρμογή δεδομένων σε μια κοινή προβολή και τελικά ένα κοινό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ).

Αποτέλεσμα:

- Οργάνωση δεδομένων σε μια κοινή ψηφιακή βάση δεδομένων σε ΣΓΠ, συνδυασμός και διαχείριση γενικότερα, εφόσον έχει καθορισθεί πλήρως ο γεωγραφικός χώρος στον οποίο ανήκουν.
- Απεικόνιση σε χάρτη, διαφορετικών δεδομένων (γεωλογικών, τεκτονικών, γεωφυσικών, σεισμολογικών, τοπογραφικών, γεωμορφολογικών, γεωχημικών, γεωτεχνικών κ.λ.π.) προερχομένων από διαφορετικές πηγές (δεδομένα πεδίου, δορυφορικές εικόνες, ascii αρχεία κ.λ.π.) και διαφορετικές προβολές.
- Στατιστική επεξεργασία δεδομένων – κατασκευή διαγραμμάτων – χρονοσειρών σημείου.
- Λήψη Αποφάσεων.

Πλατφόρμα Γεωδεδομένων και Εργαλείων Διαχείρισης Γεωδεδομένων

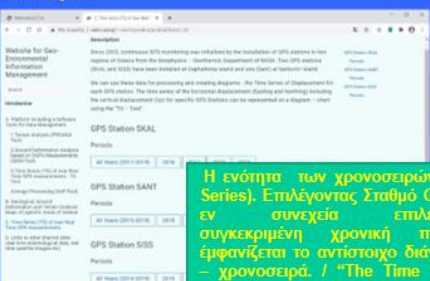
G.EN.I-MA web



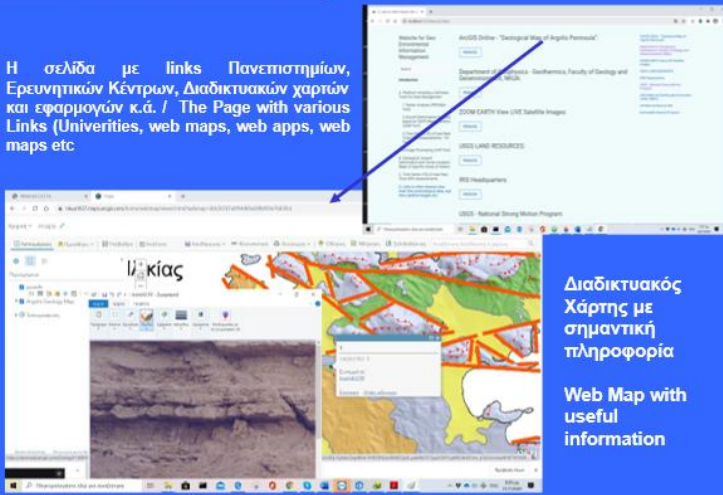
Αρχική σελίδα ιστοτόπου. Στο αριστερό τμήμα φαίνεται ο τίτλος του ιστοτόπου, καθώς και τα περιεχόμενα. Επιλέγοντας ένα από τα περιεχόμενα, έρχεται η αντίστοιχη σελίδα του ιστοτόπου. Επίσης διακρίνεται και η μπάρα 'Search' όπου πληκτρολογώντας μια λέξη από τα περιεχόμενα έρχεται επίσης η επιθυμητή σελίδα. / Home Page of the website. The contents are on the left side. The user can select one of them and the corresponding page will be open.



Σελίδα «Εισαγωγή». Περιγράφει περιληπτικά την κάθε ενότητα A, B, C, D (όπως φαίνονται στα περιεχόμενα, αριστερά). Δεξιά, τα θέματα που αναπτύσσονται σε κάθε σελίδα και επιλέγοντας ένα από αυτά, η σελίδα οδηγείται στην συγκεκριμένη θέση που αναπτύσσεται το συγκεκριμένο θέμα. / The page of the «Introduction». On the right, the contents (items) of this page are observed. The user can select one of them and its information will be represented.



Η ενότητα των χρονοσειρών (Time Series). Επιλέγοντας Σταθμό GPS και εν συνεχεία επιλέγοντας συγκεκριμένη χρονική περίοδο, εμφανίζεται το αντίστοιχο διάγραμμα – χρονοσειρά. / «The Time Series» page. The user can select a specific GPS station as well as a specific time period. The corresponding «Time Series» will be represented.



Η σελίδα με links Πανεπιστημίων, Ερευνητικών Κέντρων, Διαδικτυακών χαρτών και εφαρμογών κ.ά. / The Page with various Links (Universities, web maps, web apps, web maps etc

Διαδικτυακός Χάρτης με σημαντική πληροφορία

Web Map with useful information

<http://users.uoa.gr/~vassilopoulou/genima/>

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Βασιλοπούλου, Σ. (2014) - «Εφαρμογές Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και Τηλεανίχνευσης σε Γεωλογικές και Γεω-Περιβαλλοντικές Μελέτες», σ. 270, ΕΚΠΑ, 2014, κωδ. ΕΥΔΟΞΟΣ: 33239672.

Βασιλοπούλου, Σ. (2020) - «Εξειδικευμένο Λογισμικό για την Αυτοματοποιημένη Παραγωγή, Διαχείριση & Οπτικοποίηση Γεω-Δεδομένων μέσω Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών και Υπηρεσιών Ιστού», <https://apothesis.eap.gr/handle/repo/49120>
<http://users.uoa.gr/~vassilopoulou/genima/>

Βασιλοπούλου, Σ. (2020-2026) - Διαχείριση Γεω-δεδομένων - Θεωρία & Εργαστηριακές Ασκήσεις (ArcGIS Pro / Image Analyst / ArcGIS Online), σ. 160 - (Ηλεκτρονικές Σημειώσεις για τις εκπαιδευτικές ανάγκες των φοιτητών του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ).

Βασιλοπούλου Σ. (2025) - Συνοπτικές σημειώσεις SURFER - Απεικόνιση Ψηφιακών Δεδομένων – Τομές, σ. 35. - (Ηλεκτρονικές Σημειώσεις για τις εκπαιδευτικές ανάγκες των φοιτητών του Τομέα Γεωφυσικής – Γεωθερμίας του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ).