



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τριμεταβλητές Παράμετροι ενός GIS

Δρ. Δρ. MSc Νίκη Ευελπίδου
Καθηγήτρια

Δρ. Γιάννης Σαΐτης
Εντεταλμένος Διδάσκων

Αθήνα 2025



Εισαγωγή στα GIS

■ Τι είναι το GIS;

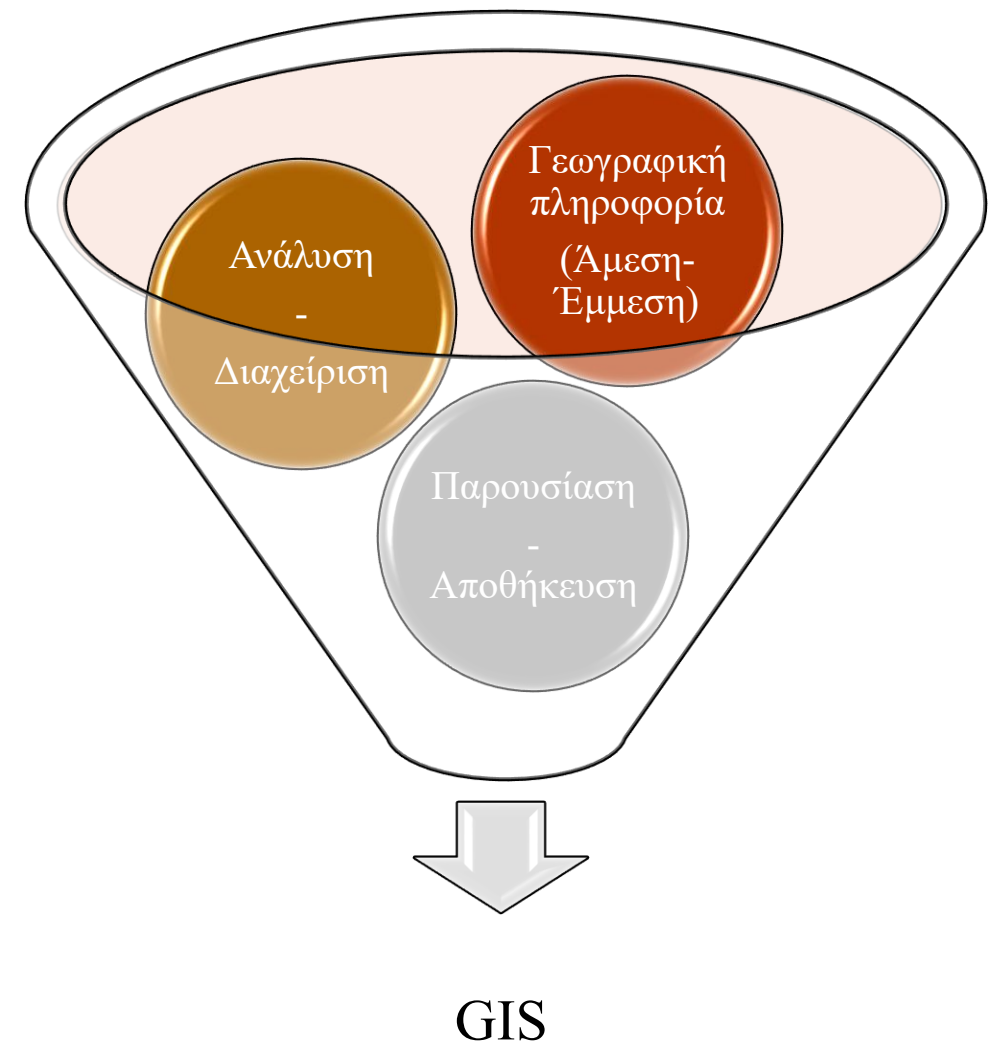
Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) είναι ένα σύστημα που σχεδιάστηκε για την καταγραφή, αποθήκευση, ανάλυση και διαχείριση δεδομένων που συνδέονται με μια γεωγραφική θέση.

Τι είναι τα GIS;

Λογισμικά που αξιοποιούν τις δυνατότητες των υπολογιστών με σκοπό την:

- αποθήκευση,
- παρουσίαση,
- διαχείριση και
- ανάλυση

κάθε είδους πληροφορίας με γεωγραφική συνιστώσα.





Εισαγωγή στα GIS

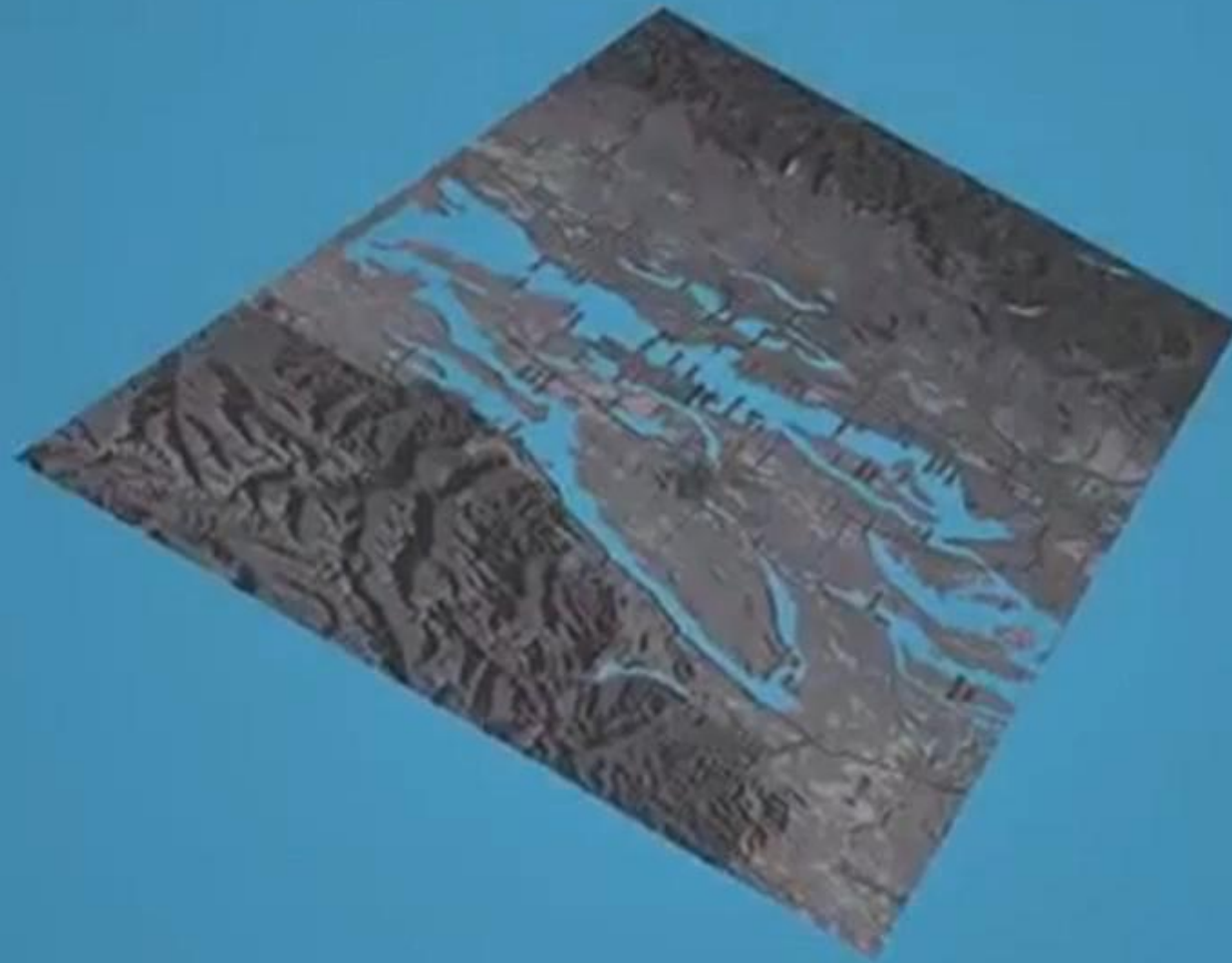
Χρήσεις του GIS στη Γεωλογία

Στη γεωλογία, τα GIS χρησιμοποιούνται για τη χαρτογράφηση γεωλογικών δομών, την ανάλυση επικινδυνότητας φυσικών καταστροφών, την προσομοίωση γεωλογικών φαινομένων και την ανίχνευση ορυκτών και υδρολογικών πηγών.

Βασικά Στοιχεία ενός GIS Συστήματος

Τα βασικά στοιχεία ενός GIS περιλαμβάνουν δεδομένα, λογισμικό, υλικό, ανθρώπους και μεθόδους ανάλυσης. Η συνδυασμένη λειτουργία αυτών των στοιχείων επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση και ανάλυση των γεωγραφικών πληροφοριών.

Τι είναι τα GIS;



Τι είναι οι Τριμεταβλητές Παράμετροι

Ορισμός

Οι τριμεταβλητές παράμετροι στα GIS αφορούν δεδομένα που εξαρτώνται από τρεις διαστάσεις, επιτρέποντας την πιο ολοκληρωμένη ανάλυση και κατανόηση σύνθετων γεωλογικών φαινομένων.

Χωρικά Δεδομένα (X, Y, Z)

Αναπαριστούν τη θέση ενός αντικειμένου στο χώρο, προσδίδοντας ακρίβεια στις γεωλογικές χαρτογραφήσεις και αναλύσεις.

Χρονικά Δεδομένα (T)

Συνδυάζονται με την τοπογραφία για την παρακολούθηση μεταβολών και φαινομένων που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου.

Φασματικά Δεδομένα Δεδομένα

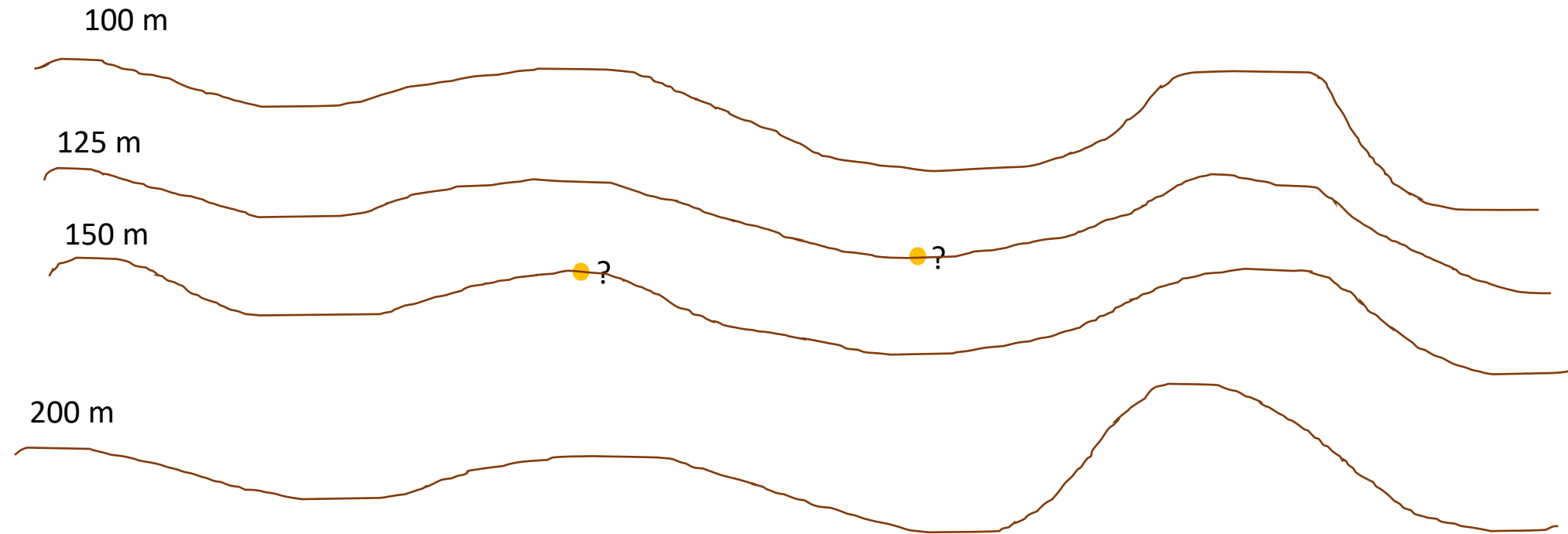
Αναλύονται μέσω RGB ή πολυφασματικών εικόνων για την αναγνώριση και τον χαρακτηρισμό γεωλογικών σχηματισμών.



Τι πρόβλημα λύνουν οι τριμεταβλητές παράμετροι;

- Δεν έχουμε πλήρη δεδομένα παντού
- Θέλουμε συνεχή επιφάνεια από σημεία
- Θέλουμε να ενσωματώσουμε:
 - χώρο (X, Y, Z)
 - χρόνο (t)
 - φάσμα (λ)

Προσομοίωση – Μοντελοποίηση



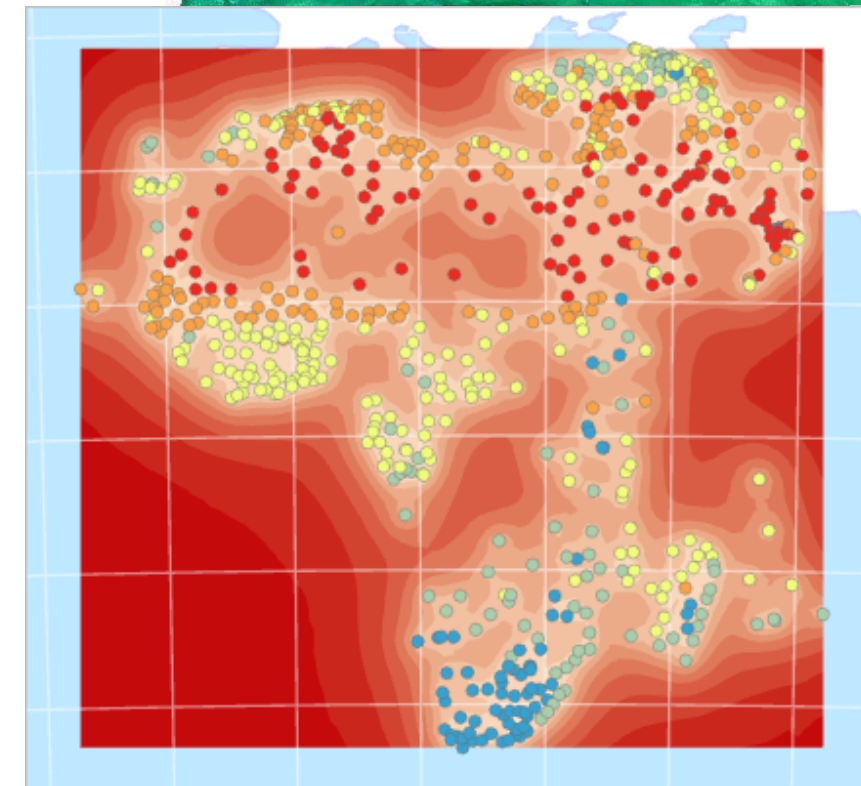
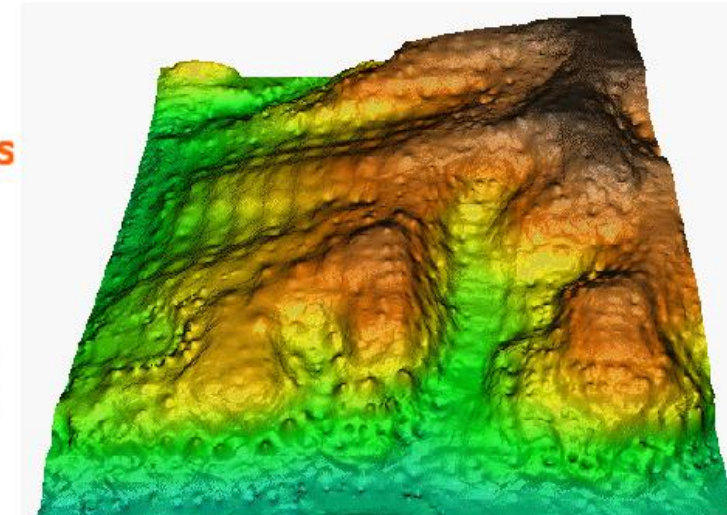
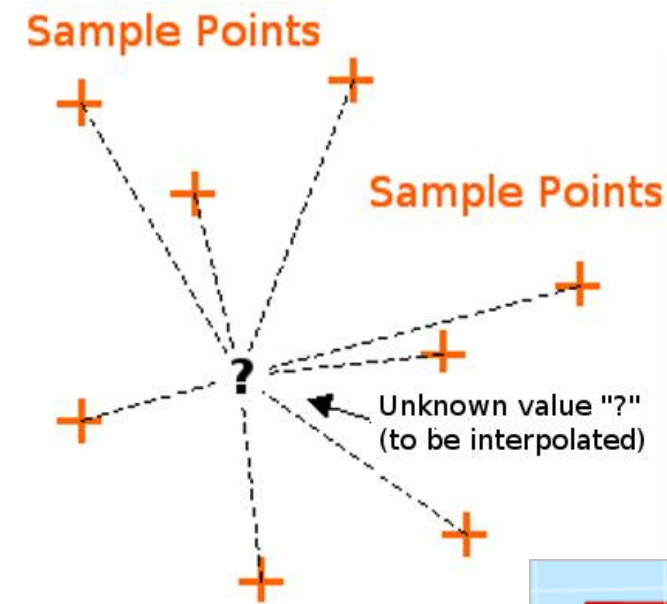
Μοντελοποίηση

- **Μοντελοποίηση:** Είναι η διαδικασία περιγραφής και αναπαράστασης όλων των εννοιών (δεδομένων) που απαντώνται σε ένα πεδίο εφαρμογής με ένα μοντέλο δεδομένων.
- **Προσομοίωση (simulation)** καλείται η αναπαράσταση μιας διεργασίας με τη βοήθεια ενός μοντέλου. Η διαδικασία αυτή είναι η οικονομικότερη και ταχύτερη που μπορεί να ακολουθηθεί για την επίλυση ενός προβλήματος.



Γιατί χρειαζόμαστε τριμεταβλητές παραμέτρους;

- Τα γεωχωρικά δεδομένα είναι ασυνεχή (discrete)
- Οι γεωλογικές διεργασίες είναι συνεχείς (continuous)
- Δεν μπορούμε να μετρήσουμε παντού
- Άρα πρέπει να:
- εκτιμήσουμε τιμές
- δημιουργήσουμε επιφάνειες
- μοντελοποιήσουμε πραγματικότητα



Ροή ανάλυσης τριμεταβλητών δεδομένων

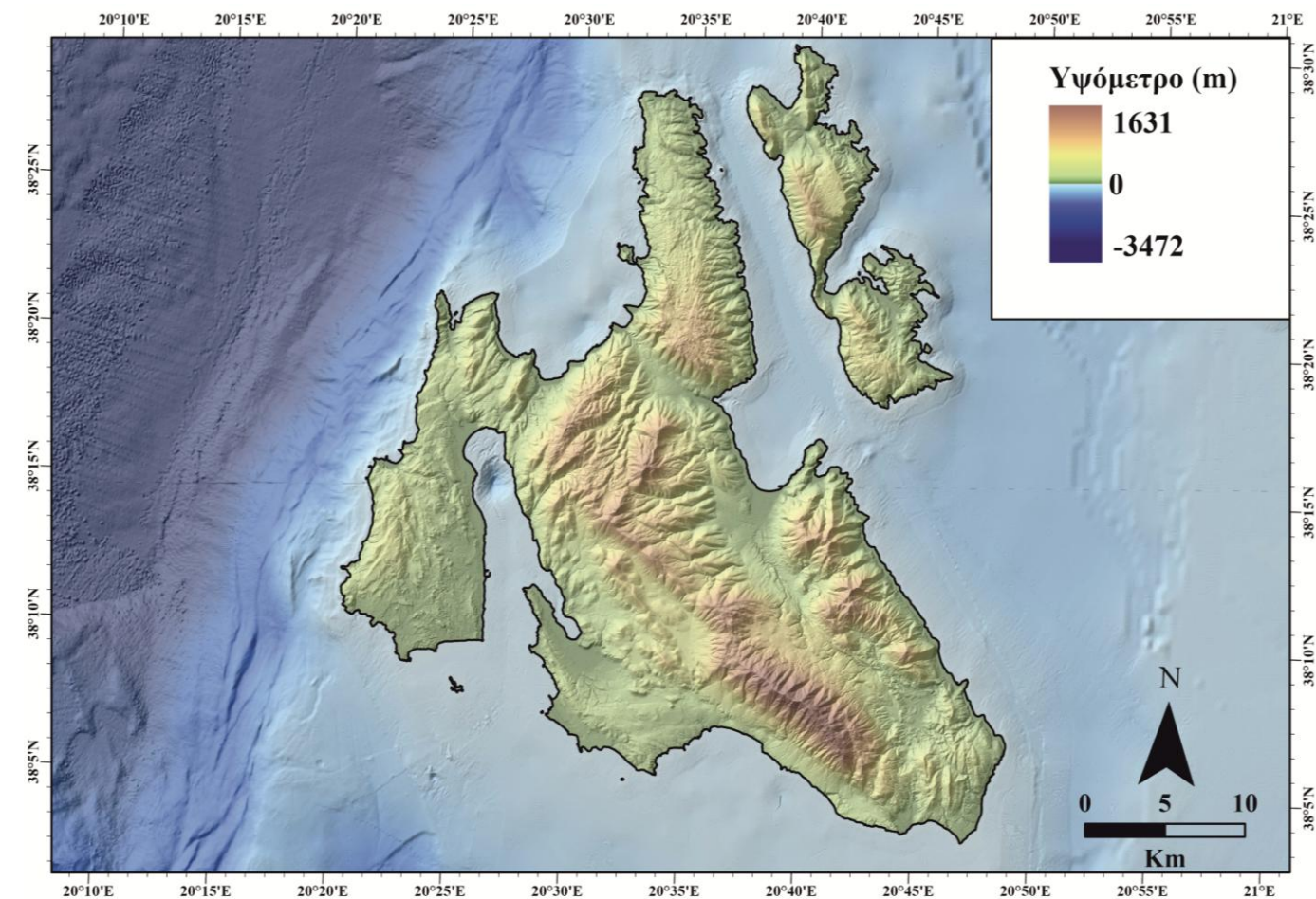
- Συλλογή δεδομένων (points, raster, sensors)
- Χωρική δομή (X, Y, Z, t, λ)
- Παρεμβολή / Μοντελοποίηση
- Δημιουργία επιφάνειας
- Ανάλυση & λήψη αποφάσεων

Είδη δεδομένων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (RASTER-GRID)

- Τα **Raster Grid** σε ένα GIS είναι ένα είδος χωρικών δεδομένων που αναπαριστά την επιφάνεια της Γης ή άλλες γεωγραφικές πληροφορίες ως ένα πλέγμα κελιών (pixels).
- **Προσομοίωση (simulation)** καλείται η αναπαράσταση μιας διεργασίας με τη βοήθεια ενός μοντέλου. Η διαδικασία αυτή είναι η οικονομικότερη και ταχύτερη που μπορεί να ακολουθηθεί για την επίλυση ενός προβλήματος.

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)



Είδη δεδομένων

Χαρακτηριστικά των Raster Grids

Δομή Δεδομένων:

1. Αποτελούνται από ένα πλέγμα (grid) κελιών διατεταγμένων σε σειρές και στήλες.
2. Κάθε κελί έχει μία τιμή που αναπαριστά ένα χαρακτηριστικό (π.χ. ύψος, θερμοκρασία, κάλυψη γης).

Ανάλυση (Resolution):

1. Η χωρική ανάλυση καθορίζεται από το μέγεθος των κελιών (π.χ. 10m x 10m ή 30m x 30m).
2. Μικρότερα κελιά παρέχουν μεγαλύτερη λεπτομέρεια, αλλά απαιτούν περισσότερο αποθηκευτικό χώρο και επεξεργαστική ισχύ.

Τύποι Raster Δεδομένων:

1. Συνεχή δεδομένα (Continuous): π.χ. δορυφορικές εικόνες, υψομετρικά δεδομένα (DEM - Digital Elevation Model).
2. Διακριτά δεδομένα (Discrete): π.χ. χρήσεις γης, κατηγορίες εδαφών.

Πλεονεκτήματα:

1. Κατάλληλα για αναλύσεις χωρικών φαινομένων όπως η περιβαλλοντική μοντελοποίηση, ανάλυση υδρολογίας, και επεξεργασία εικόνων.
2. Συμβατά με δορυφορικά δεδομένα και φωτοερμηνείες.

Μειονεκτήματα:

1. Μπορούν να καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο δεδομένων.
2. Λιγότερο ακριβή αναπαράσταση σύνθετων γεωμετρικών σχημάτων σε σχέση με τα διανυσματικά δεδομένα (vector data).



Χωρικές Τριμεταβλητές Παράμετροι

1

Συντεταγμένες

Οι γεωγραφικές (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος) και καρτεσιανές συντεταγμένες παρέχουν τη βάση για τον ακριβή εντοπισμό των γεωλογικών στοιχείων.

2

Υψομετρικά Δεδομένα

Τα υψομετρικά δεδομένα είναι κρίσιμα για τη δημιουργία τοπογραφικών χαρτών και την ανάλυση της μορφολογίας του εδάφους.

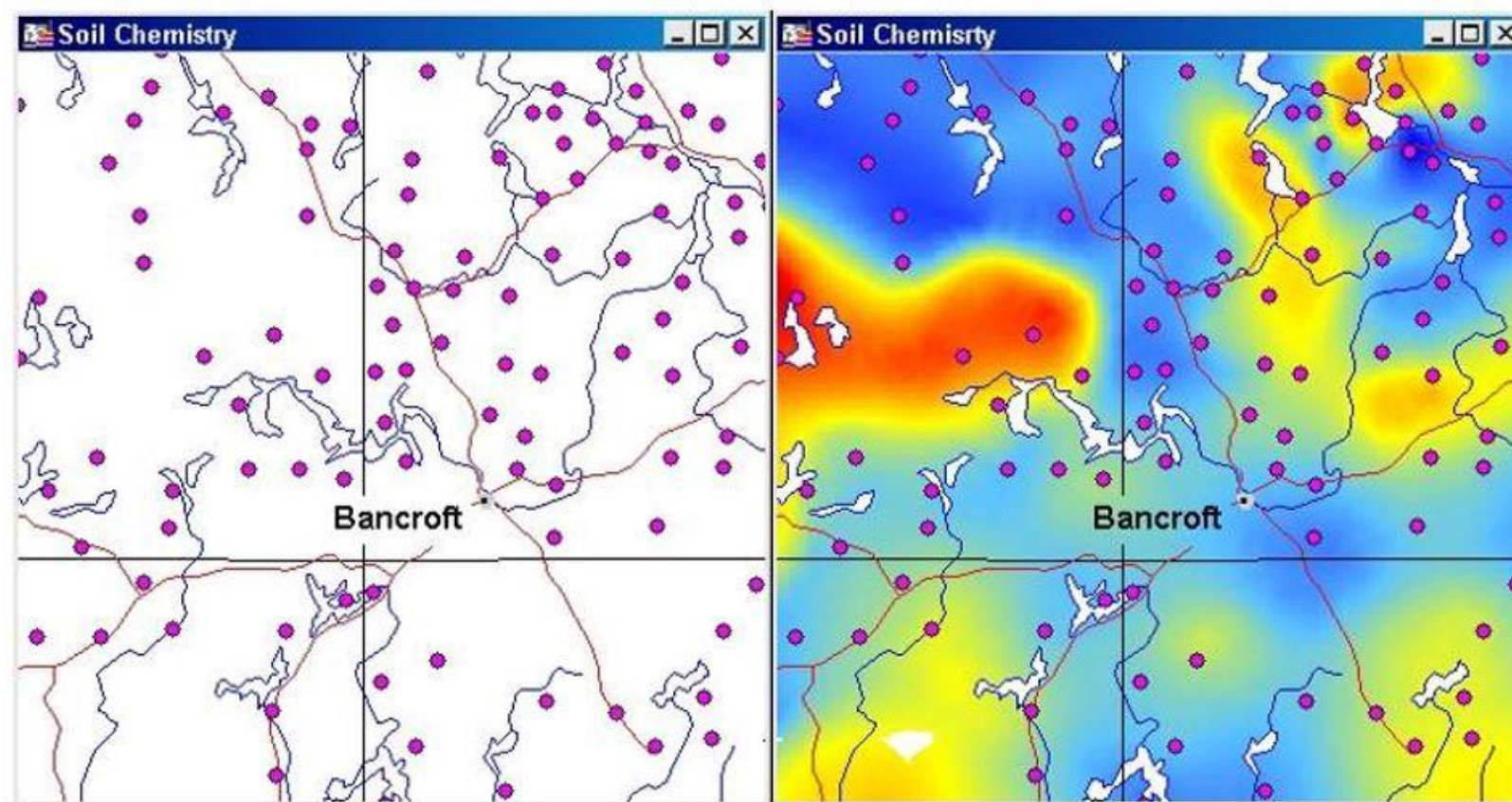
3

Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (DEM, DTM, DSM)

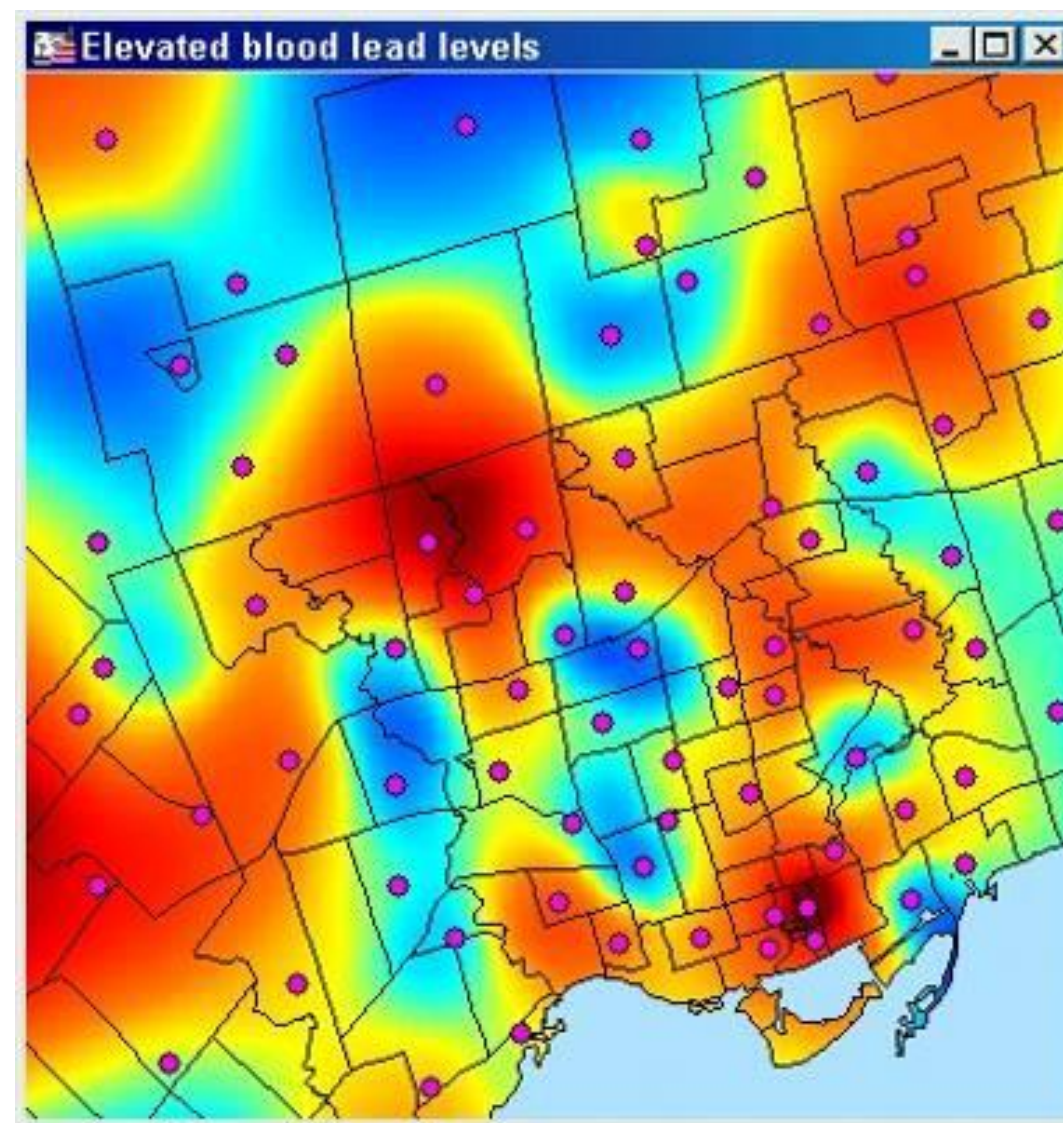
Τα DEM, DTM και DSM προσφέρουν τρισδιάστατη αναπαράσταση του εδάφους, επιτρέποντας την ανάλυση κλίσεων, εκθέσεων και άλλων τοπογραφικών χαρακτηριστικών.

Η ακριβής μέτρηση και διαχείριση αυτών των παραμέτρων είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή ανάλυση και μοντελοποίηση των γεωλογικών φαινομένων. Παρέχουν τη βάση για την κατανόηση της χωρικής κατανομής και των χαρακτηριστικών των γεωλογικών στοιχείων.

Τριμεταβλητές Παράμετροι



Τριμεταβλητές Παράμετροι



Χωρική Παρεμβολή

- Η χωρική παρεμβολή είναι μια διαδικασία έξυπνης εικασίας στην οποία ο ερευνητής προσπαθεί να κάνει μια λογική εκτίμηση της αξίας μιας περιοχής σε μέρη όπου η περιοχή δεν μετρήθηκε πραγματικά.
- Αποτελεί τη διαδικασία εκτίμησης της τιμής ενός χαρακτηριστικού σε σημεία που δεν ανήκουν στο δείγμα με βάση τις μετρήσεις στα σημεία του δείγματος.

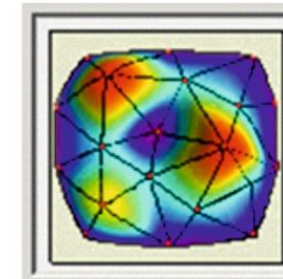
Οι σημαντικότερες κατηγορίες μεθόδων παρεμβολής:

- Παρεμβολή Τοπικής Γειτνίασης
- Γεωστατικές Μέθοδοι
- Μέθοδοι Διακύμανσης

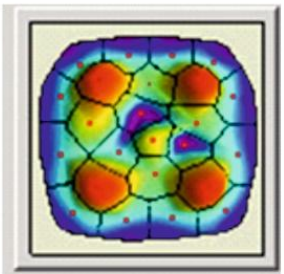


Χωρική παρεμβολή

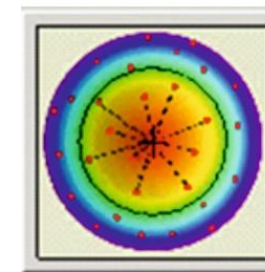
- Τέσσερις είναι οι κυριότεροι αλγόριθμοι προσομοίωσης:
- Μέθοδος Αντίστροφων Αποστάσεων (Inverse Distance Weighting)
- Μέθοδος Φυσικής Γειτονικής Παρεμβολής (Natural Neighbour Interpolation)
- Μέθοδος Τετράπλευρης Παρεμβολής (Rectangular-bilinear-Interpolation)
- Μέθοδος Τριγωνικής προσομοίωσης με Εξομάλυνση (Triangulation with Smoothing)



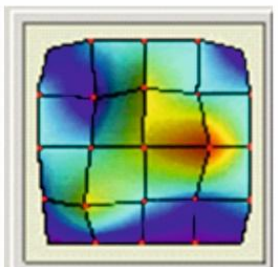
Triangulation with smoothing



Natural neighbour



Inverse distance weighting



Rectangular (bilinear) interpolation

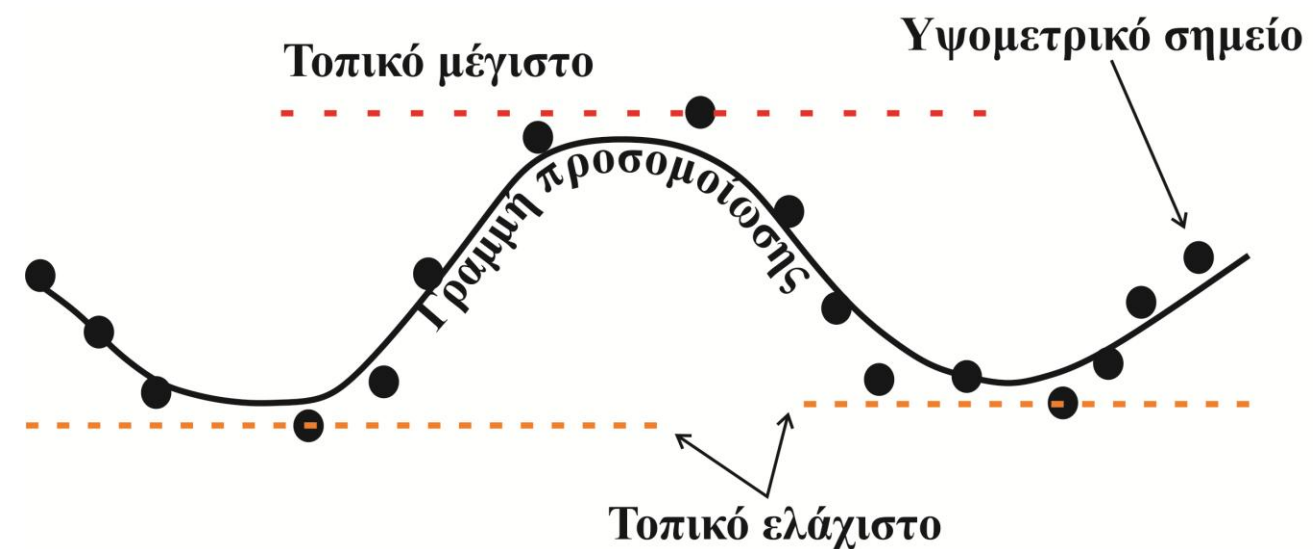
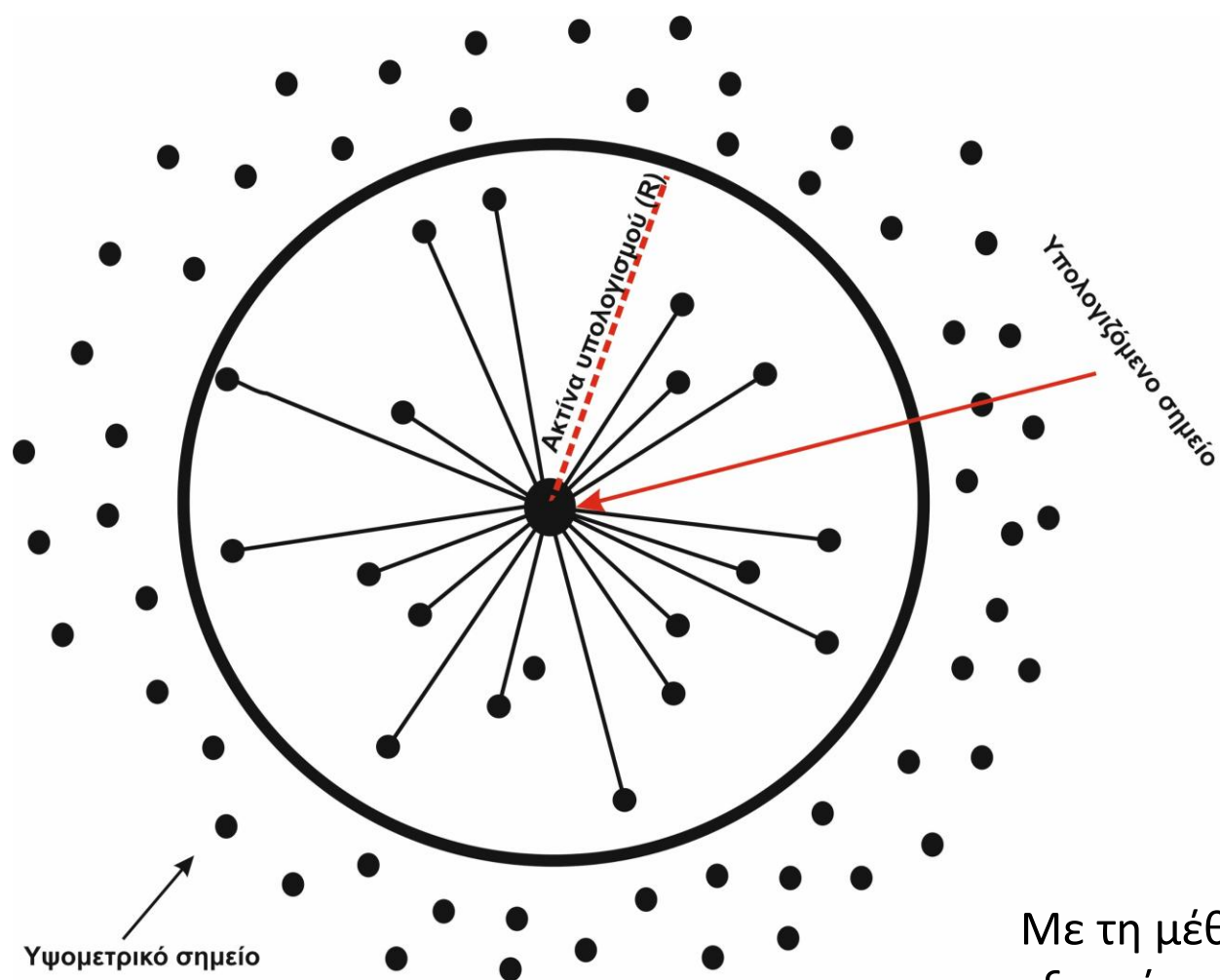
Χωρική παρεμβολή

Μέθοδος	Βασική λογική	Πότε τη χρησιμοποιώ	Μειονέκτημα
IDW	κοντινά σημεία = μεγαλύτερο βάρος	πυκνά δεδομένα	artifacts
Natural Neighbour	γεωμετρική γειτονία	ανομοιόμορφα δεδομένα	πιο σύνθετη
Kriging	στατιστικό μοντέλο	επιστημονική ακρίβεια	απαιτεί εμπειρία

Παρεμβολή Τοπικής Γειτνίασης

1. Μέθοδος Αντίστροφων Αποστάσεων

$$Z(x) = \frac{\sum \frac{Z_i}{d_i^p}}{\sum \frac{1}{d_i^p}}$$

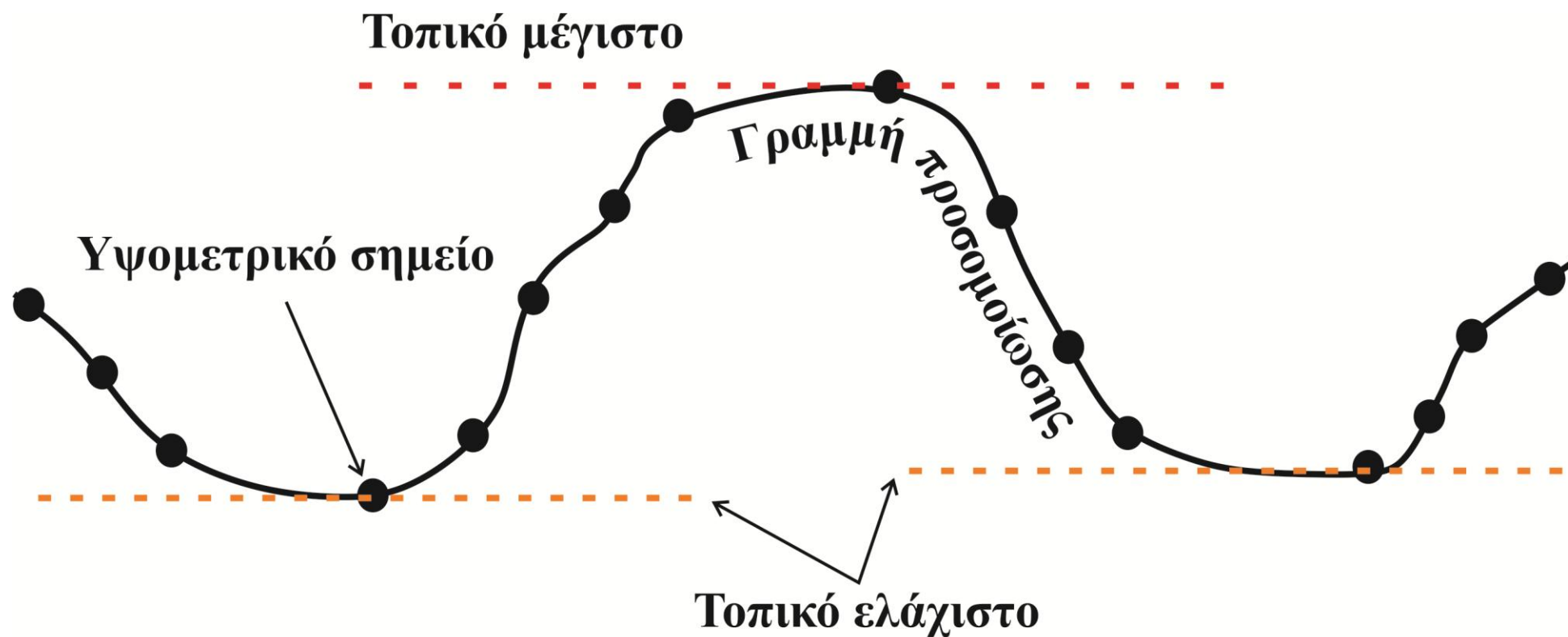


Με τη μέθοδο «Αντίστροφων Αποστάσεων» το υπολογιζόμενο σημείο εξαρτάται από την τιμή και την απόσταση των γειτονικών του σημείων.

Παρεμβολή Τοπικής Γειτνίασης

2. Παρεμβολή Φυσικής Γειτνίασης

Με τη μέθοδο «Φυσικής γειτονικής παρεμβολής», η προσομοιωμένη γραμμή ακολουθεί στενά τα υψομετρικά σημεία.

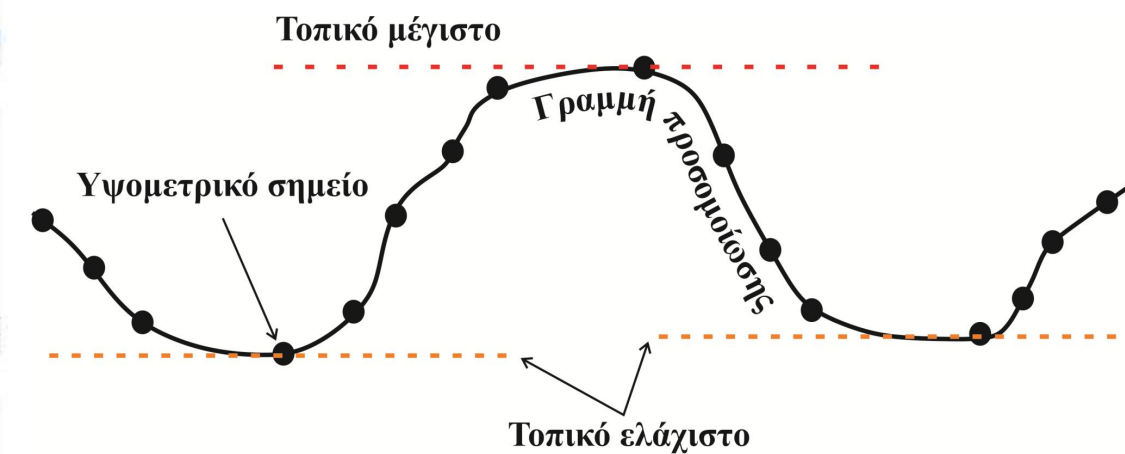
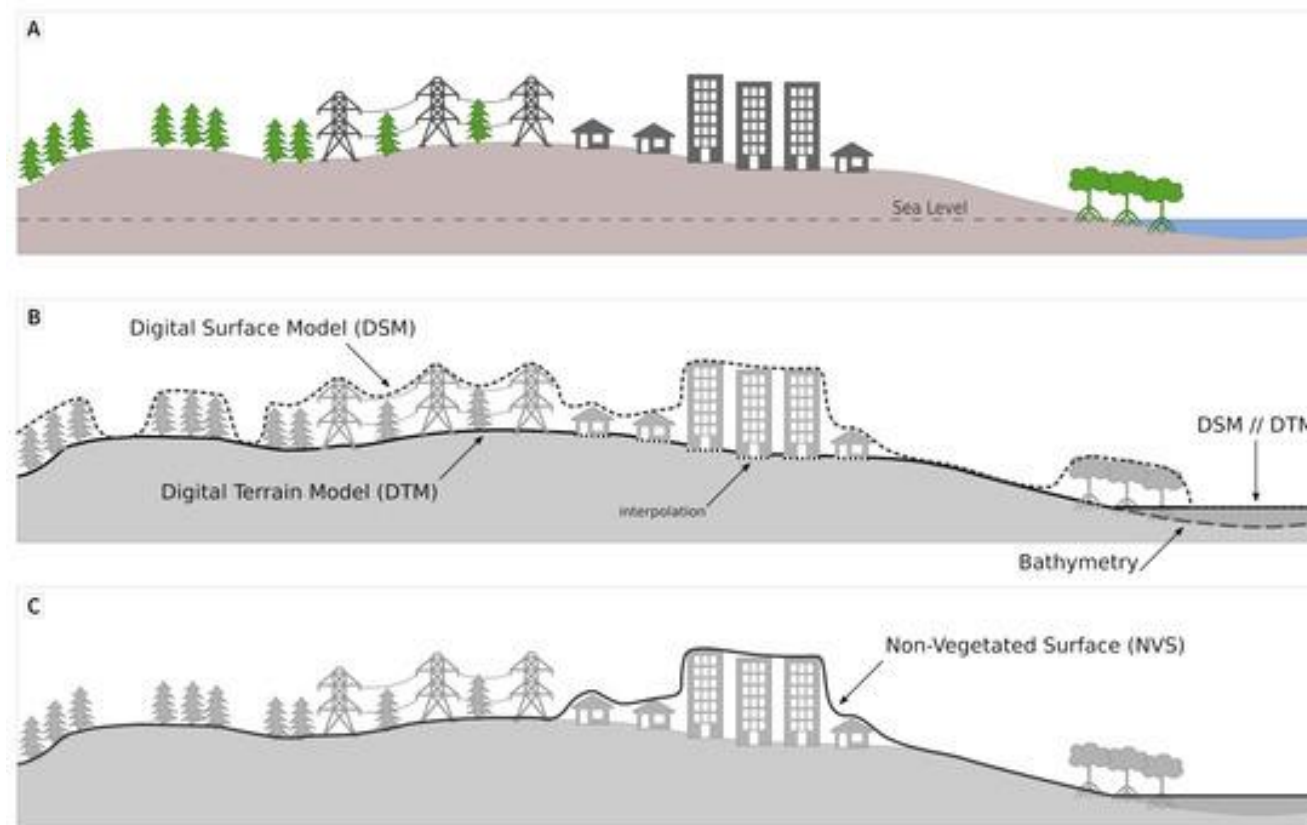


Με τη μέθοδο «Φυσικής γειτονικής παρεμβολής» η προσομοιωμένη γραμμή ακολουθεί στενά τα υψομετρικά σημεία.

Παρεμβολή Τοπικής Γειτνίασης

2. Παρεμβολή Φυσικής Γειτνίασης

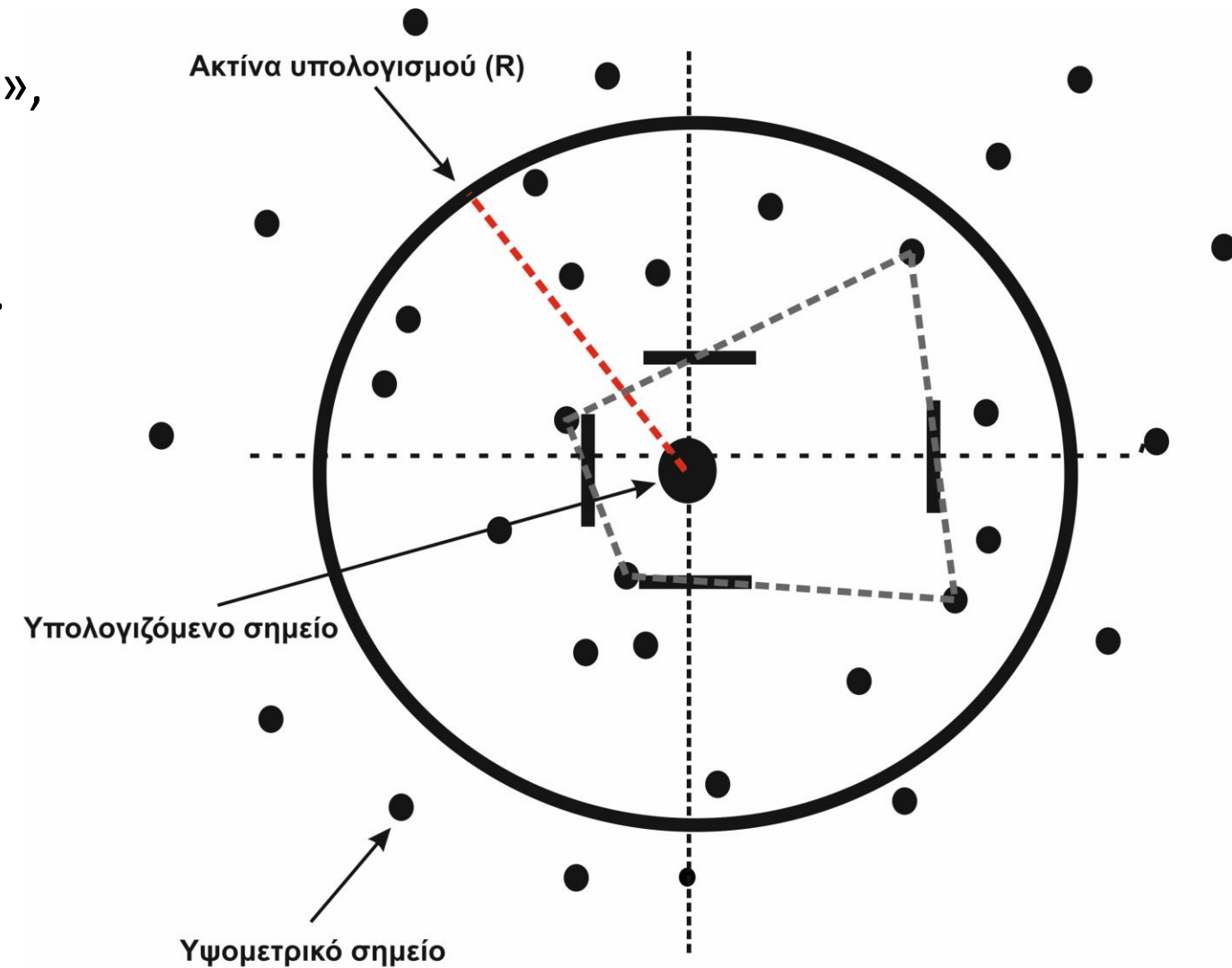
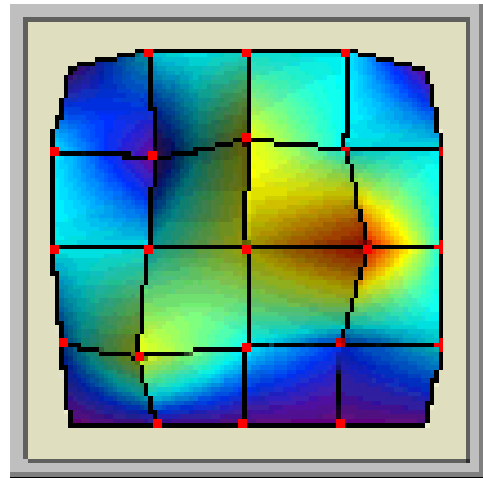
- **DEM** → γενική υψομετρία
- **DTM** → γυμνό έδαφος
- **DSM** → επιφάνεια με αντικείμενα (δέντρα, κτίρια)



Παρεμβολή Τοπικής Γειτνίασης

3. Μέθοδος Τετράπλευρης Παρεμβολής

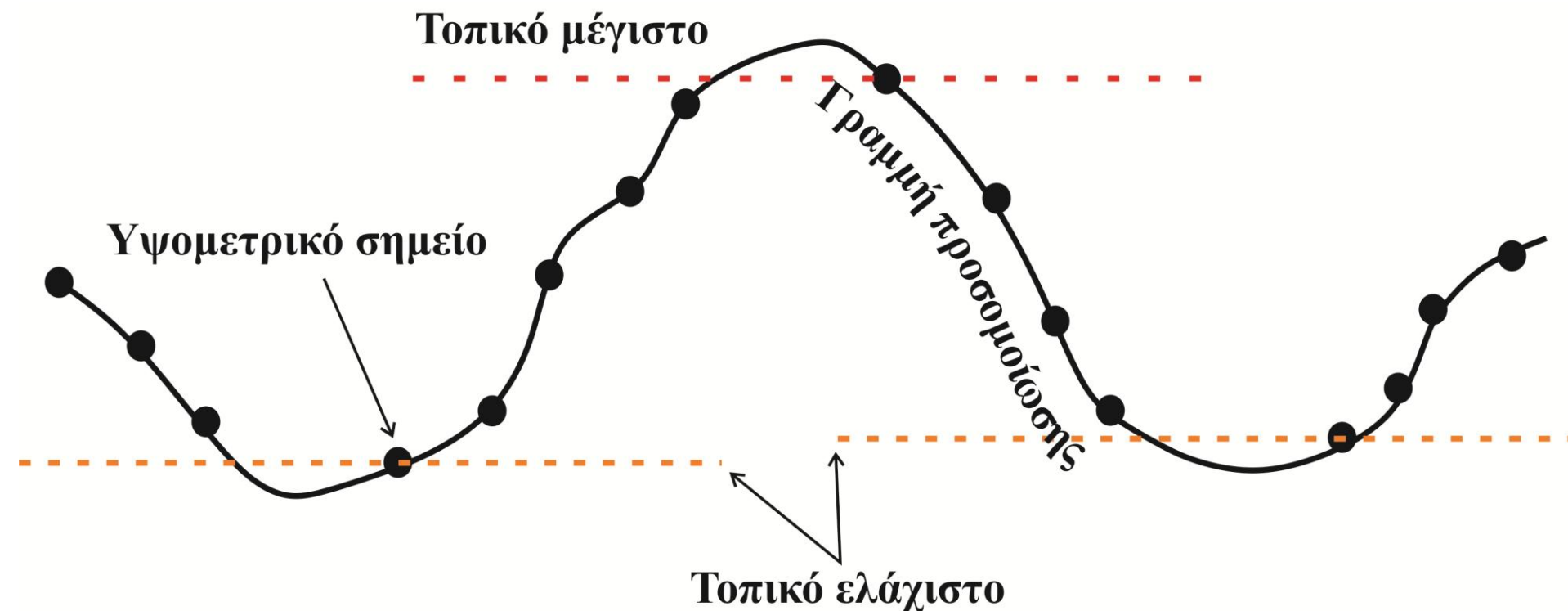
Με τη μέθοδο της «Τετράπλευρης παρεμβολής», η τιμή του υπολογιζόμενου σημείου εξαρτάται από την κλίση των πλευρών του τετράπλευρου.



Παρεμβολή Τοπικής Γειτνίασης

4. Μέθοδος Τριγωνικής προσομοίωσης με Εξομάλυνση

Τα αρχικά σημεία ενώνονται με ένα δίκτυο τριγωνικών επιφανειών (TIN). Οι νέες τιμές του κανάβου υπολογίζονται βάσει της κλίσης των πλησιέστερων σημείων της TIN επιφάνειας.



Decision rule

Ποια μέθοδο να διαλέξω;

- Πολλά σημεία → IDW
- Ανομοιόμορφα → Natural Neighbour
- Επιστημονική μοντελοποίηση → Kriging

Γεωστατικές Μέθοδοι

1. Θεωρία της Περιφερειοποιημένης Μεταβλητής

2. Μοντέλο Βέλτιστης Παρεμβολής

3. Μέθοδος Γραμμικής Παρεμβολής Kriging

- Κοινή μέθοδος Kriging
- Απλή μέθοδος Kriging
- Παγκόσμια μέθοδος Kriging
- Τεχνική Kriging Δεικτών
- Τεχνική Kriging Πιθανοτήτων
- Μέθοδος Διαζευκτικού Kriging
- Εμπειρικό Μπεϋζιανό Kriging
- Τεχνική Συνδυαστικού Kriging

Άσκηση

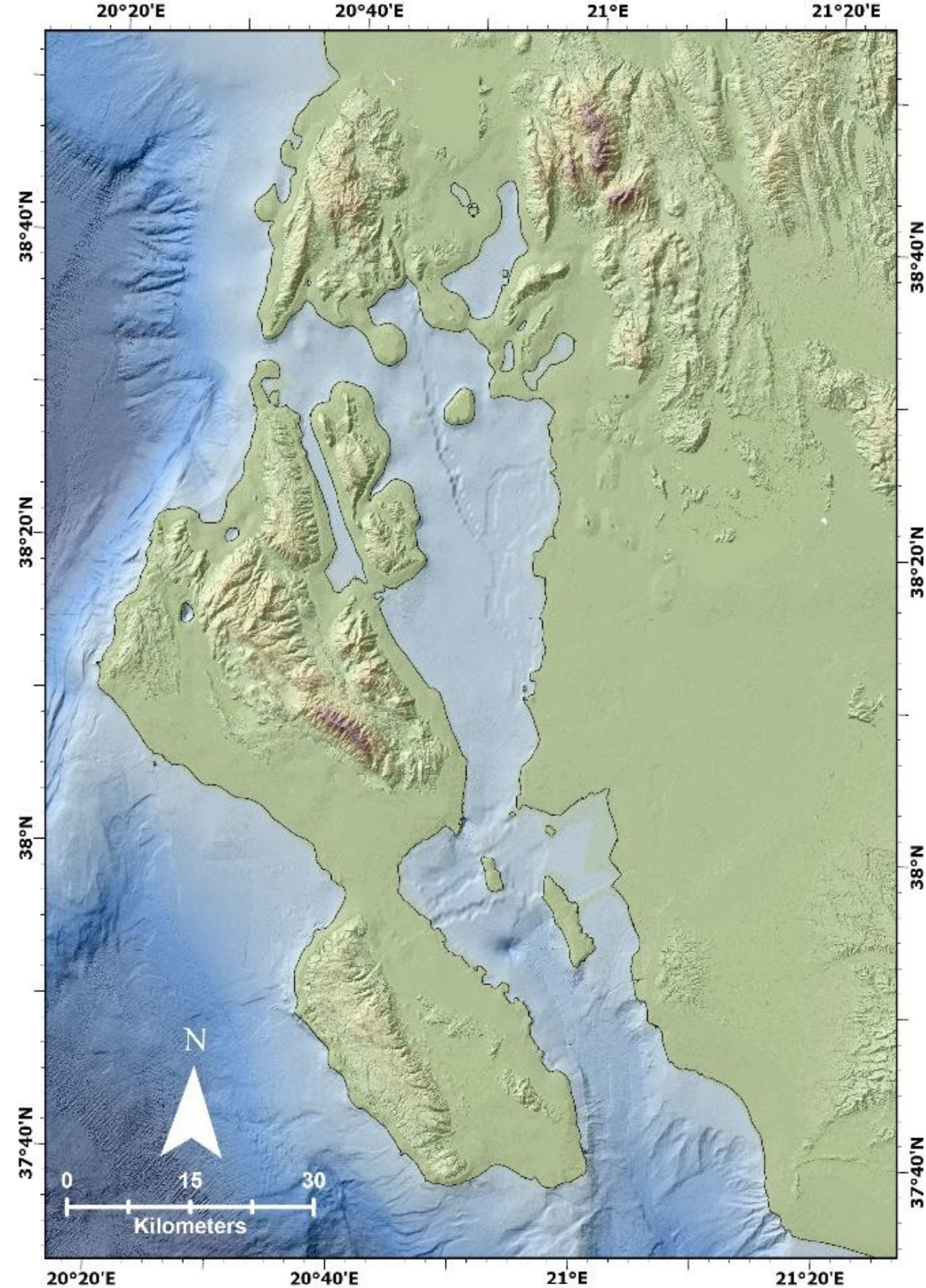
- 15 σημεία βροχής
- ανομοιόμορφη κατανομή

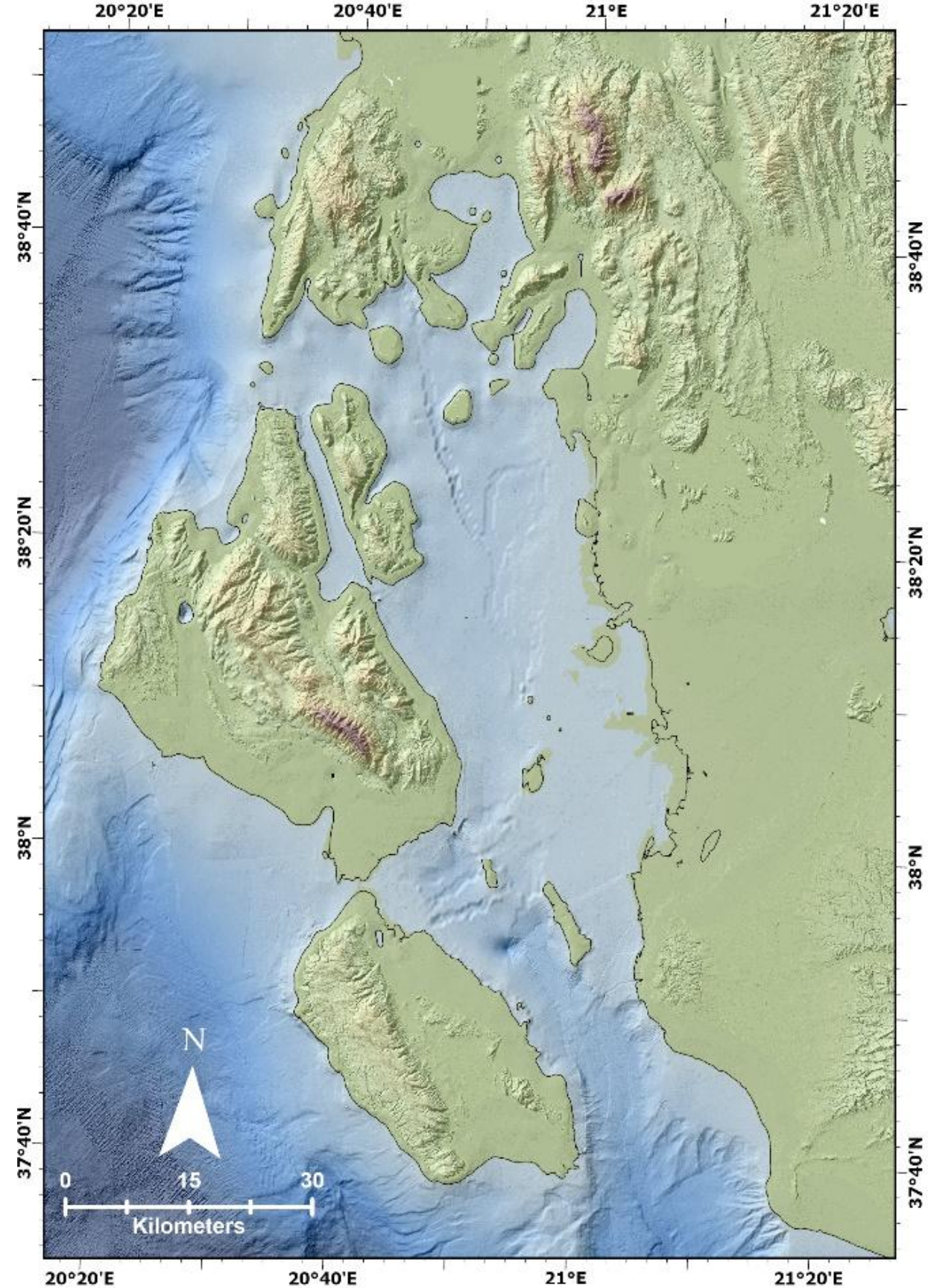
Ποια μέθοδο επιλέγετε;

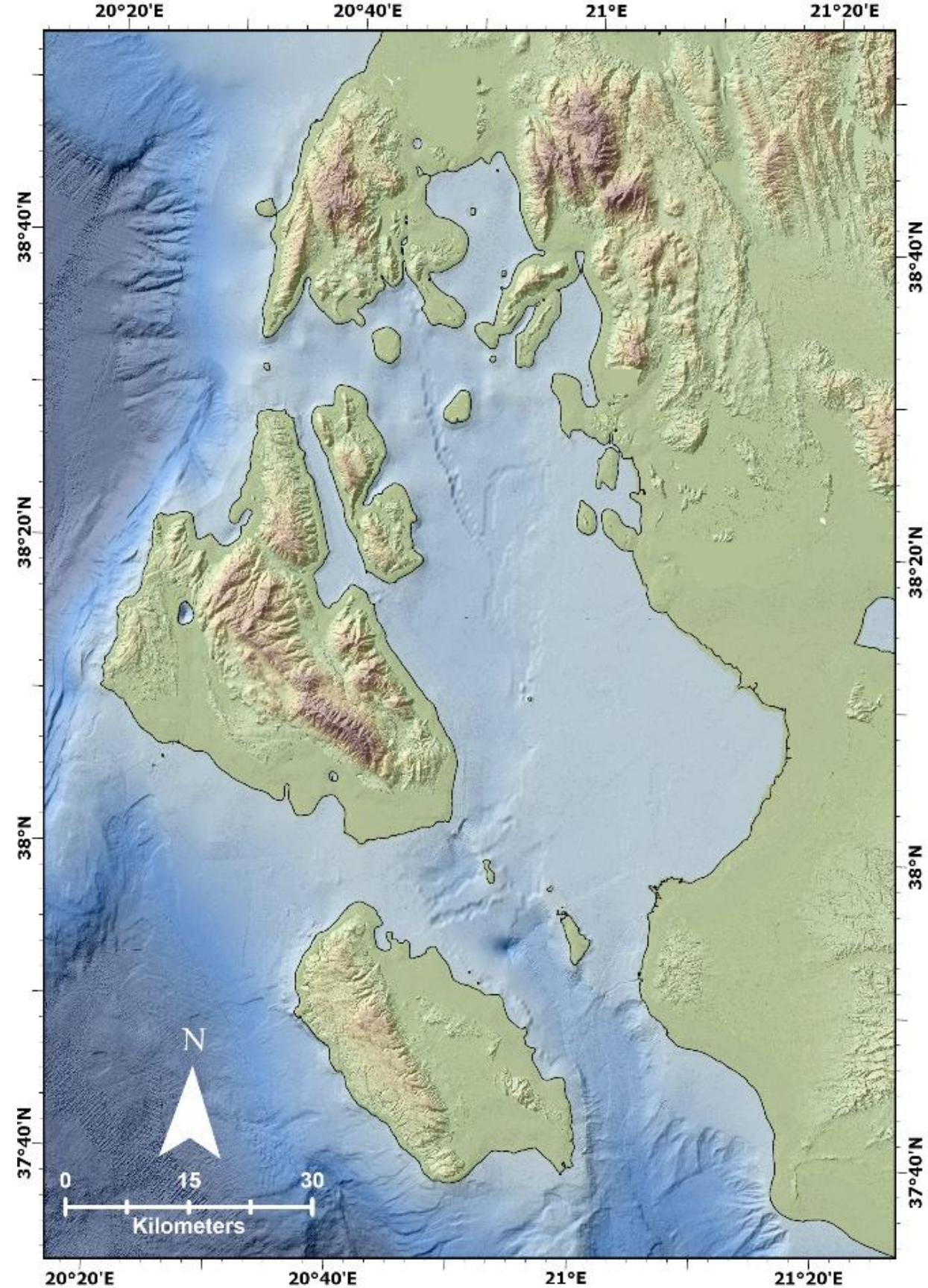
A. IDW

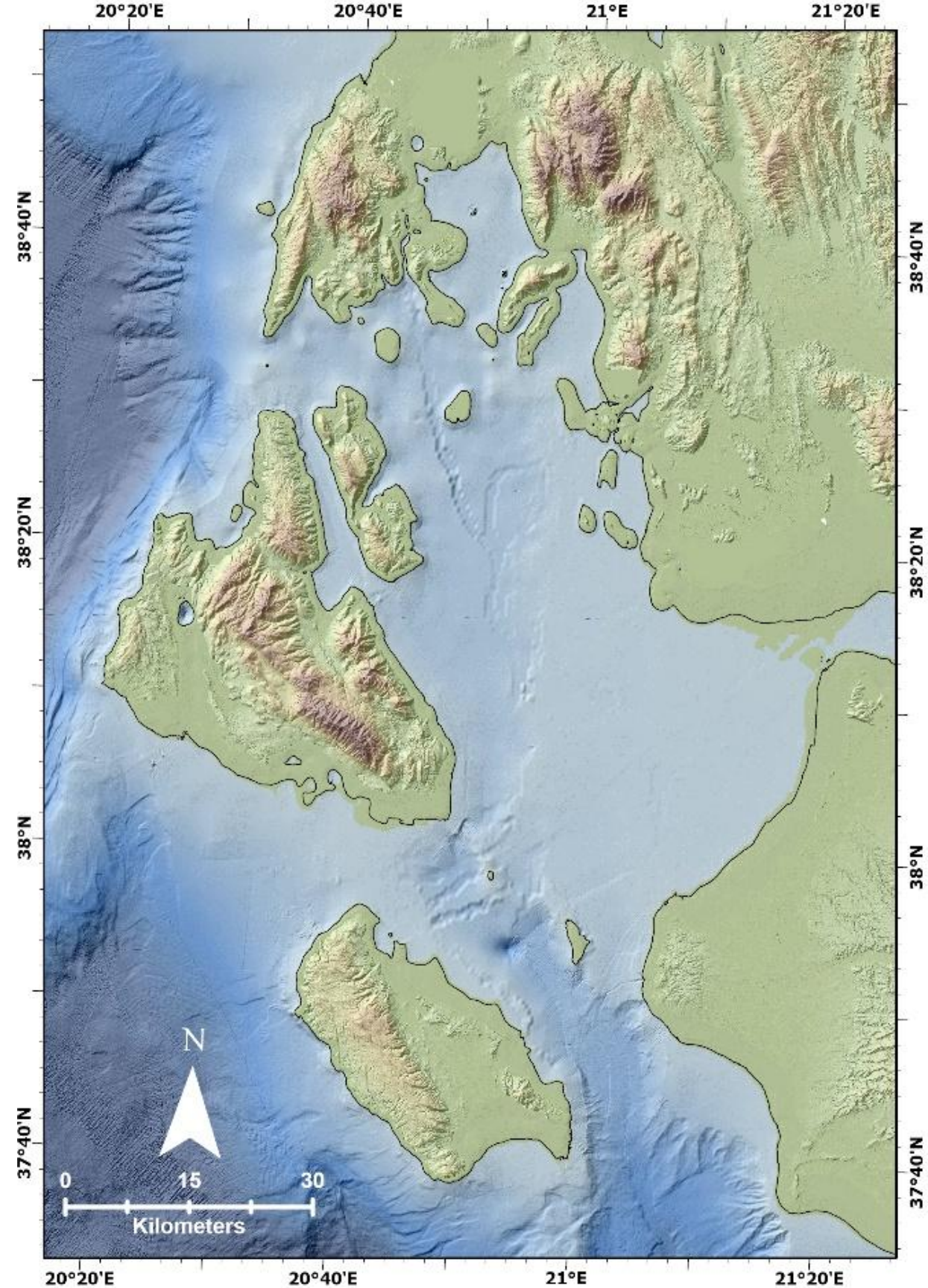
B. Natural Neighbour

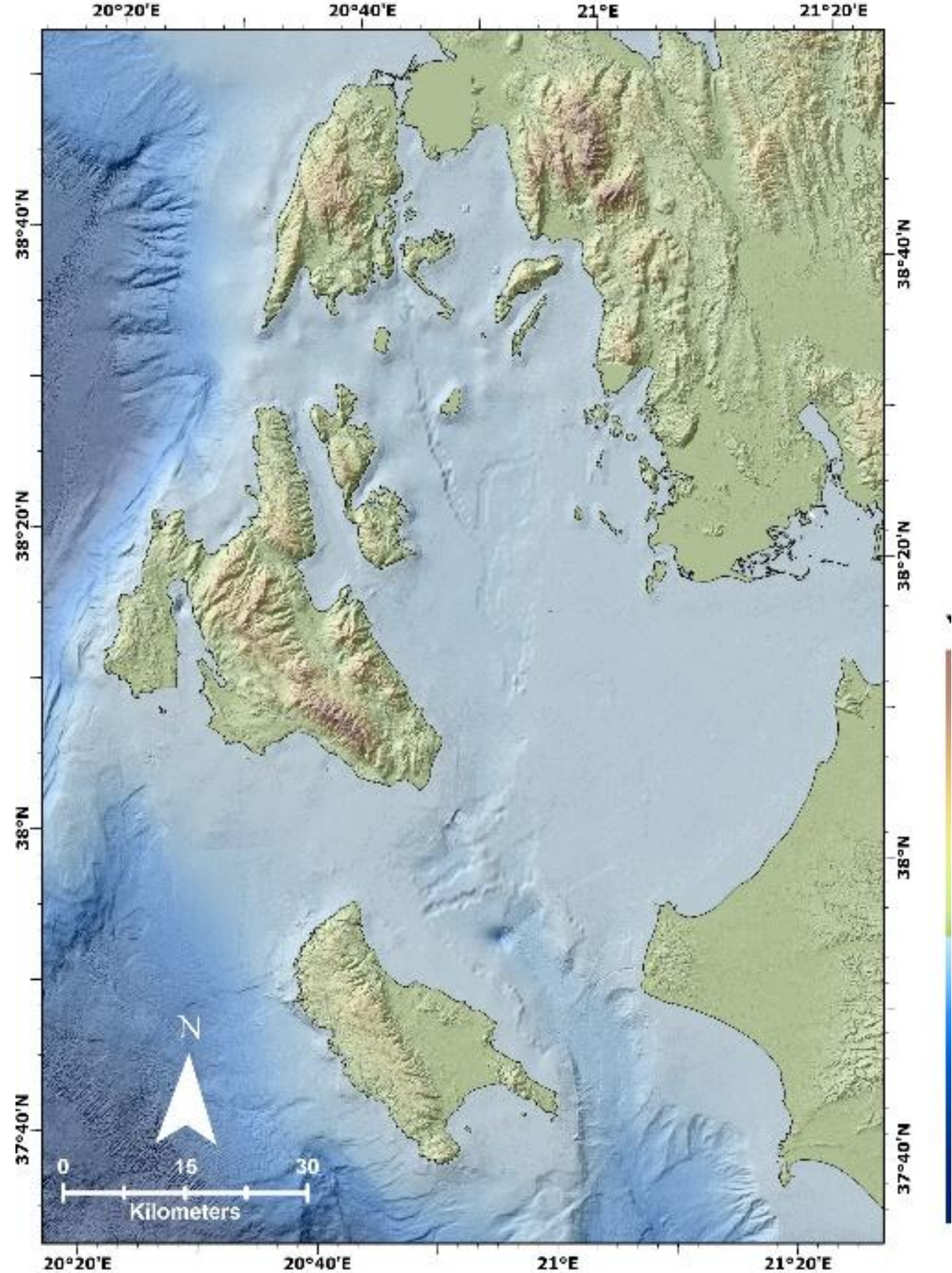
C. Kriging

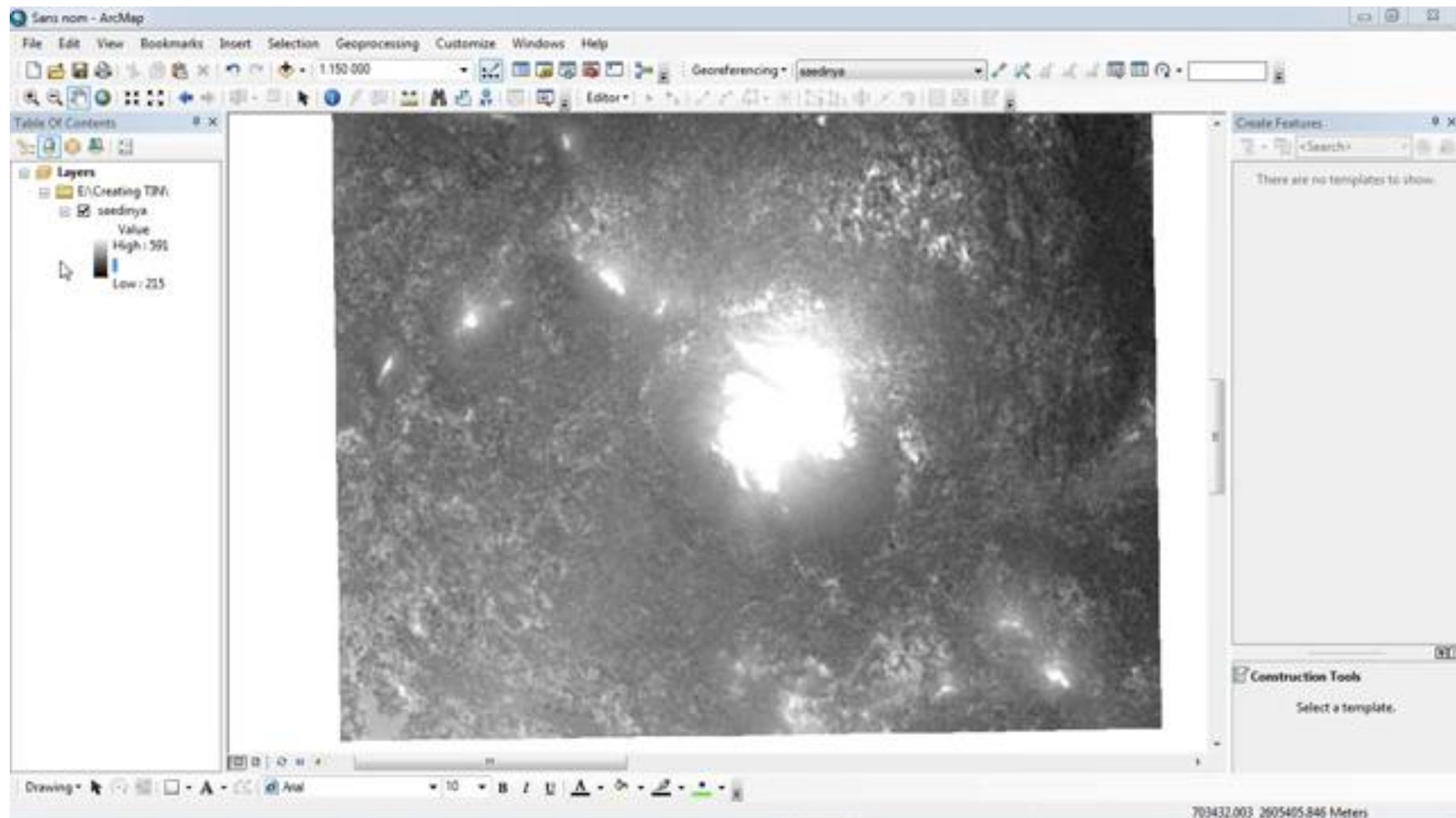












Προσομοίωση χημικών αναλύσεων



Legend

— Kornos_Faults

■ Gossan

Geology

■ Alluvium - Colluvium

■ Basal Group

■ Dikes and sills

■ Dolerite

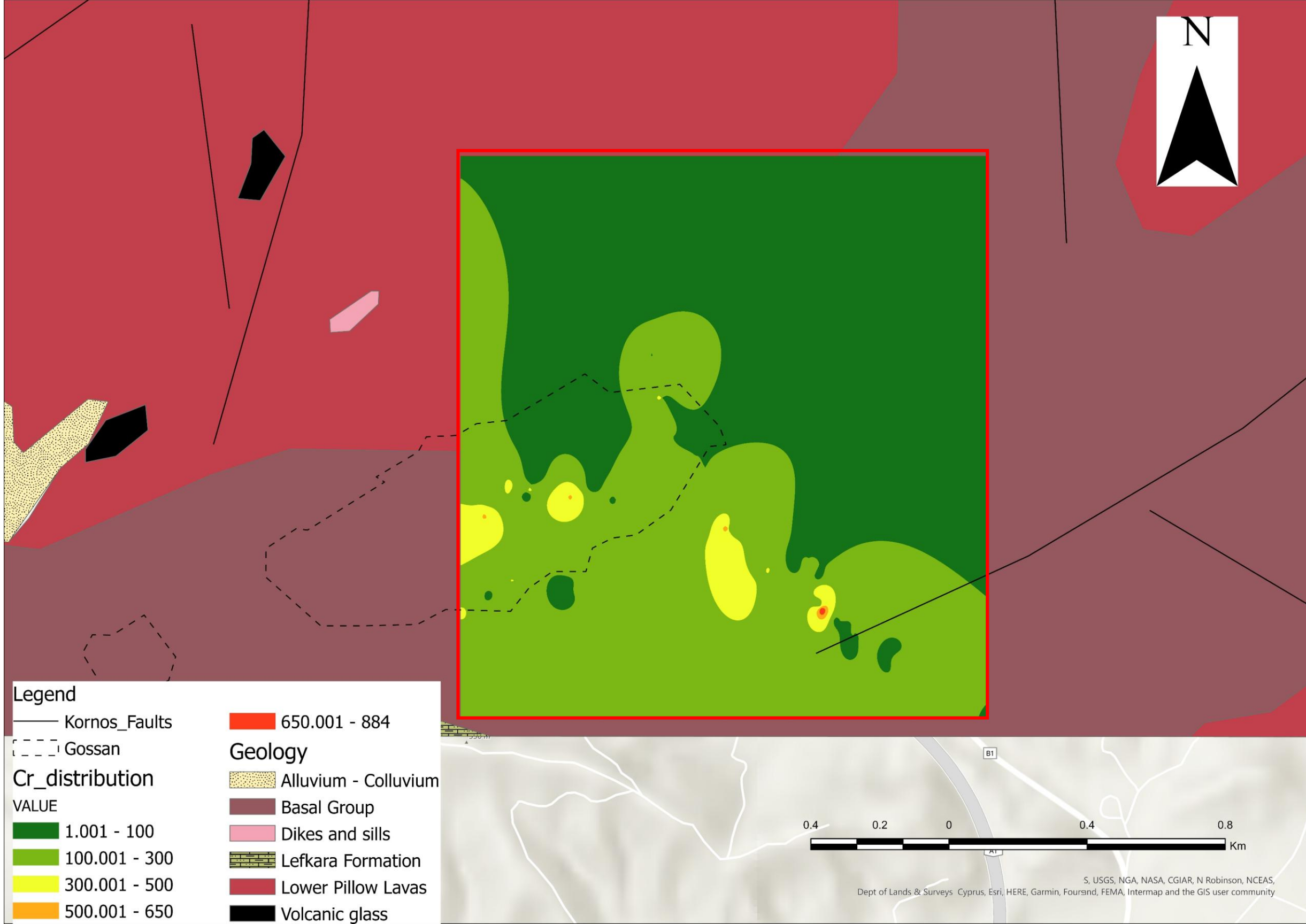
■ Lefkara Formation

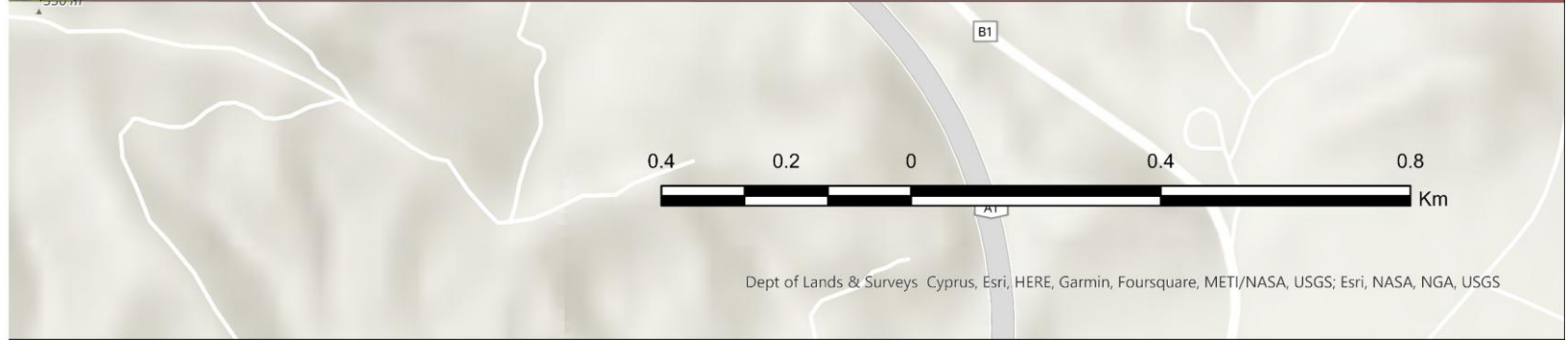
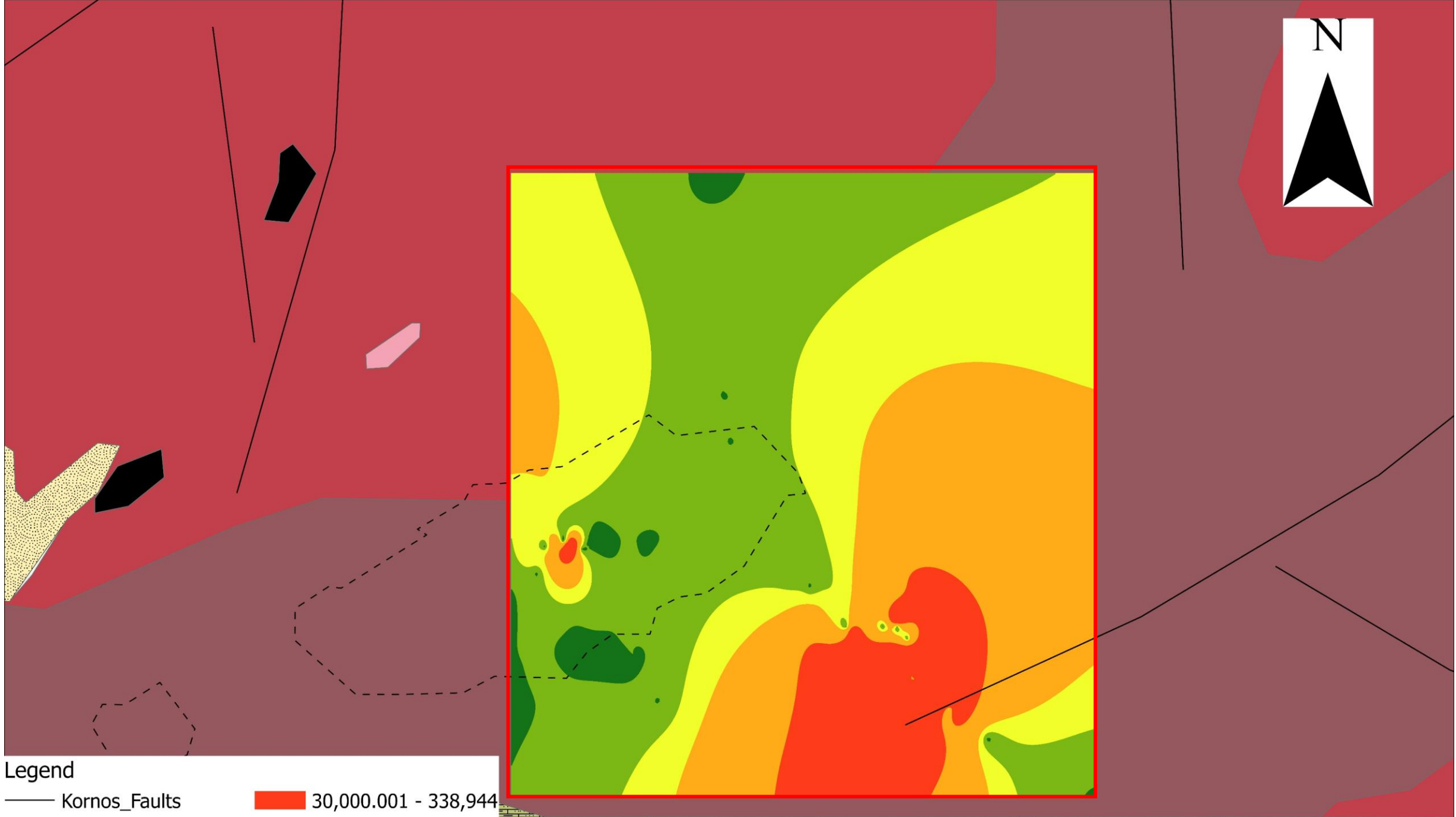
■ Lower Pillow Lavas

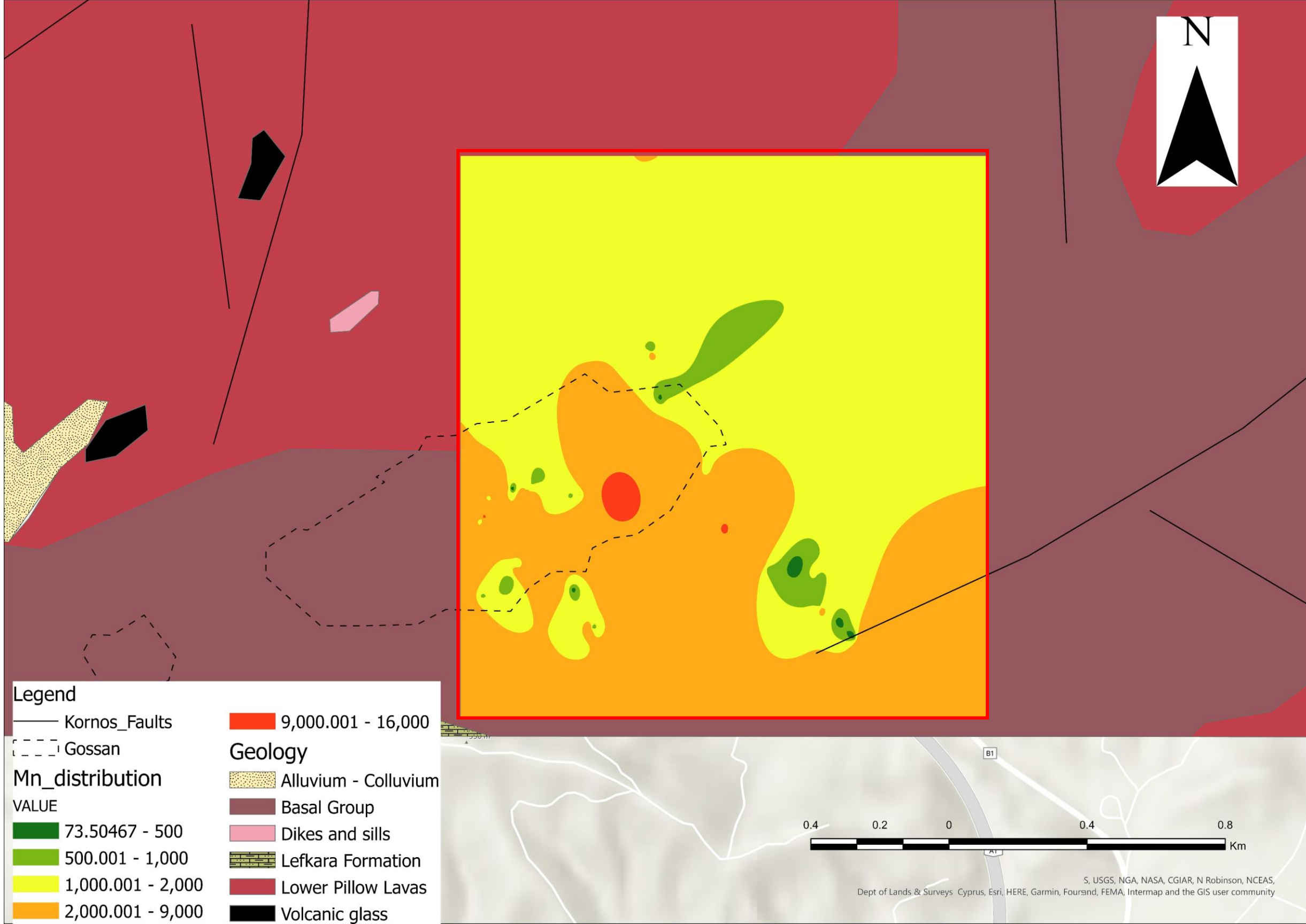
■ Upper Pillow Lavas

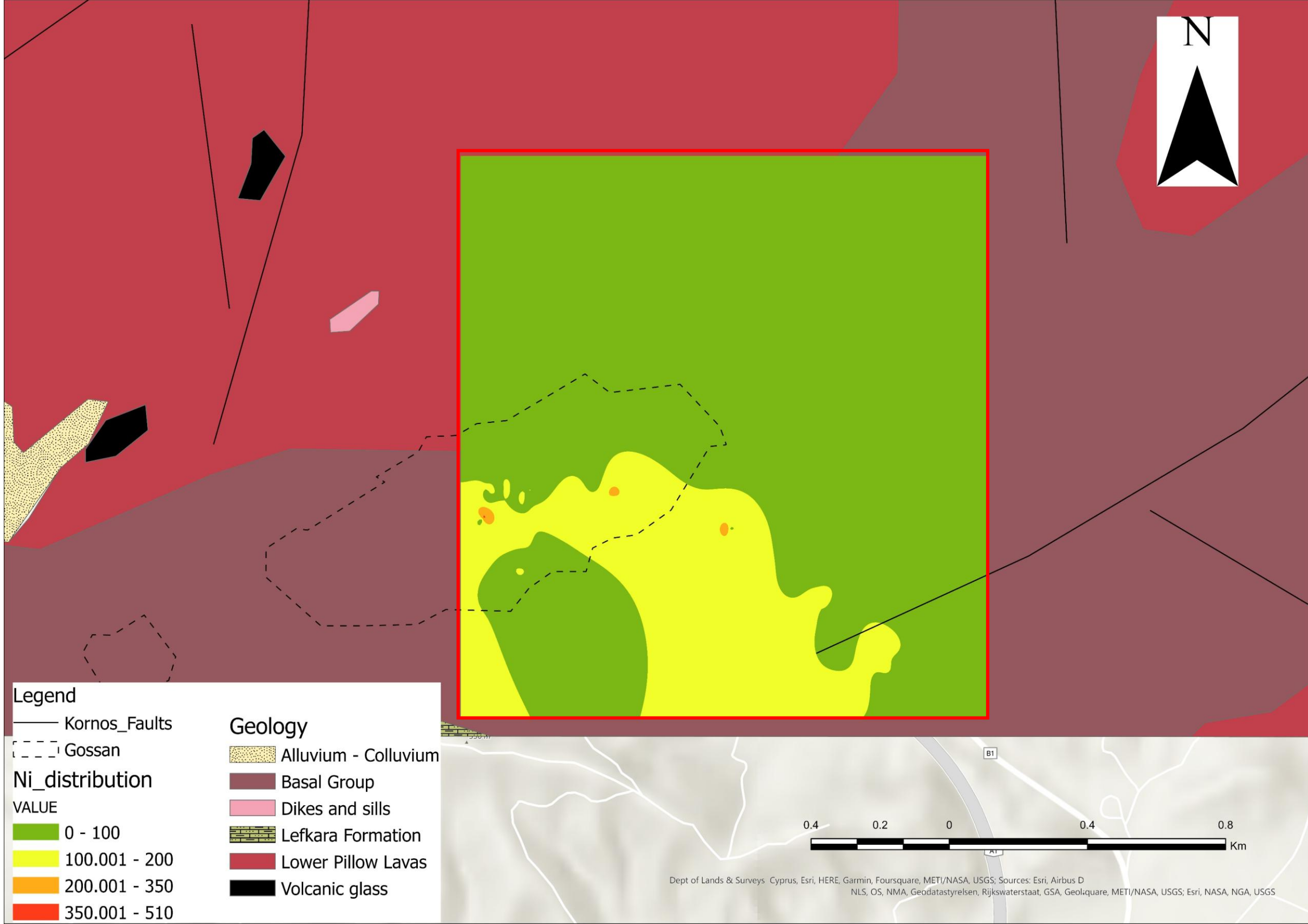
■ Volcanic glass

0.95 0.475 0 0.95 1.9 Km











Χρονικές Τριμεταβλητές Παράμετροι

Παρακολούθηση Μεταβολών Μεταβολών Εδάφους

Η παρακολούθηση σεισμικής δραστηριότητας και καθιζήσεων παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση της δυναμικής του εδάφους και την πρόβλεψη πιθανών κινδύνων.

Διαχρονική Ανάλυση Χρήσης Χρήσης Γης

Η ανάλυση των αλλαγών στη χρήση γης με την πάροδο του χρόνου βοηθά στην κατανόηση των επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας και των φυσικών φαινομένων στο περιβάλλον.

Μεταβολές Θερμοκρασίας και Υγρασίας

Η μέτρηση των μεταβολών θερμοκρασίας και υγρασίας σε γεωλογικές δομές είναι σημαντική για την πρόβλεψη φαινομένων όπως οι κατολισθήσεις και η διάβρωση.

Εφαρμογές στη Γεωλογία

1

Χαρτογράφηση Γεωλογικών Δομών

Τα GIS χρησιμοποιούνται για την ακριβή χαρτογράφηση γεωλογικών δομών, όπως ρήγματα, πτυχές και γεωλογικές επαφές, βοηθώντας στην κατανόηση της γεωλογικής ιστορίας μιας περιοχής.

2

Ανάλυση Επικινδυνότητας

Τα GIS επιτρέπουν την ανάλυση επικινδυνότητας φυσικών καταστροφών, όπως σεισμοί, κατολισθήσεις και πλημμύρες, βοηθώντας στην πρόληψη και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων.

3

Προσομοίωση Γεωλογικών Φαινομένων

Τα GIS χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση ροών λάβας, κατολισθήσεων και πλημμυρών, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για την κατανόηση της συμπεριφοράς αυτών των φαινομένων και την πρόβλεψη πιθανών επιπτώσεων.

Η ενσωμάτωση γεωλογικών δεδομένων σε ένα GIS πλαίσιο επιτρέπει την ανάλυση σύνθετων γεωλογικών διεργασιών και την υποστήριξη αποφάσεων για την αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων.



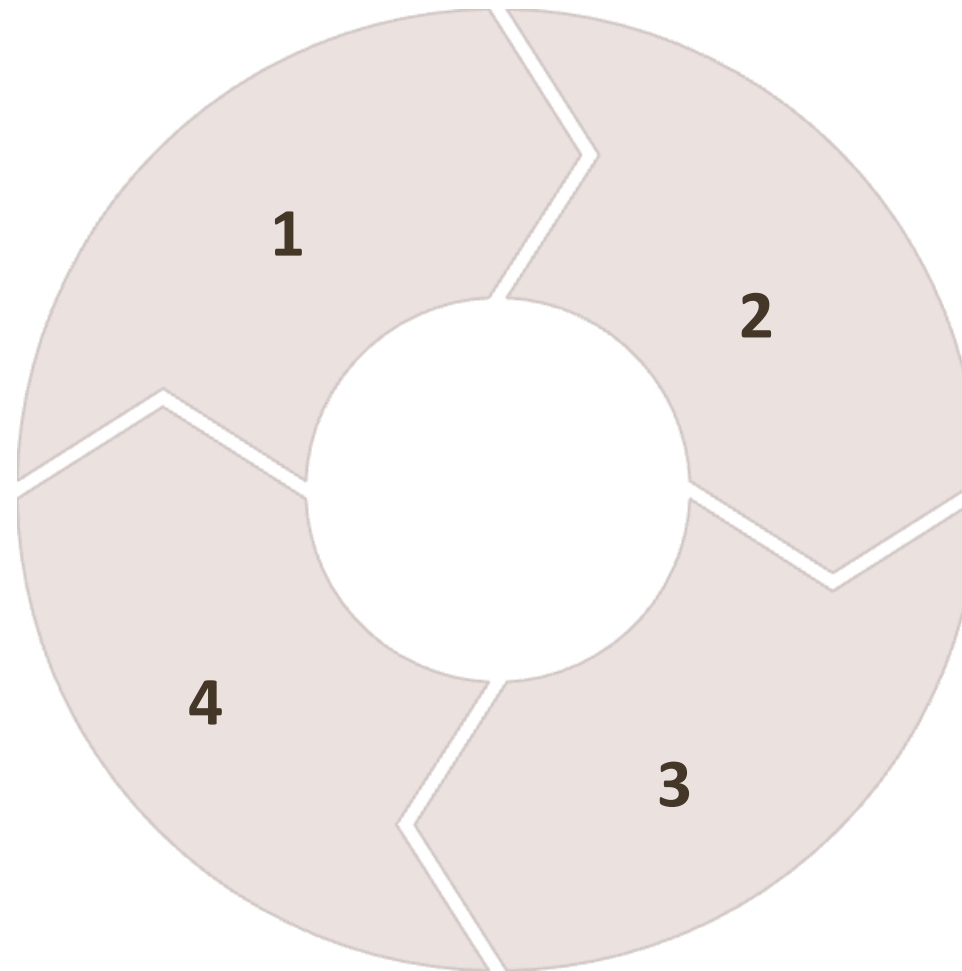
Εργαλεία GIS για την Ανάλυση των Παραμέτρων

ArcGIS

Ένα από τα πιο δημοφιλή εμπορικά λογισμικά GIS, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα εργαλείων για την ανάλυση και την οπτικοποίηση γεωγραφικών δεδομένων.

Python

Γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την αυτοματοποίηση εργασιών GIS και την ανάπτυξη προσαρμοσμένων εργαλείων ανάλυσης (GeoPandas, Rasterio).



QGIS

Ένα ανοικτού κώδικα λογισμικό GIS που παρέχει πολλές δυνατότητες και είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στην ακαδημαϊκή κοινότητα.

GRASS GIS

Ένα άλλο ανοικτού κώδικα λογισμικό GIS, γνωστό για τις ισχυρές του δυνατότητες στην ανάλυση γεωπεριβαλλοντικών δεδομένων.

Συμπεράσματα και Προοπτικές



Η ενσωμάτωση των τριμεταβλητών παραμέτρων στα GIS έχει φέρει επανάσταση στη γεωλογική ανάλυση, επιτρέποντας την πιο ακριβή μοντελοποίηση και πρόβλεψη των γεωλογικών φαινομένων. Τα GIS εργαλεία συνεχίζουν να εξελίσσονται, προσφέροντας νέες δυνατότητες και προοπτικές για τη γεωλογική έρευνα και εφαρμογή. Είμαστε ανοιχτοί σε ερωτήσεις και συζήτηση.