



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης ΠΜΣ Διαχείριση Υδρομετεωρολογικών Καταστροφών

Γεωστατιστική ανάλυση ακραίων υδρολογικών φαινομένων με χρήση GIS

Νικολόπουλος Διονύσης - Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Εντεταλμένος Διδάσκων

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

e-mail: nikolopoulosdio@central.ntua.gr

GIS – Τι είναι;

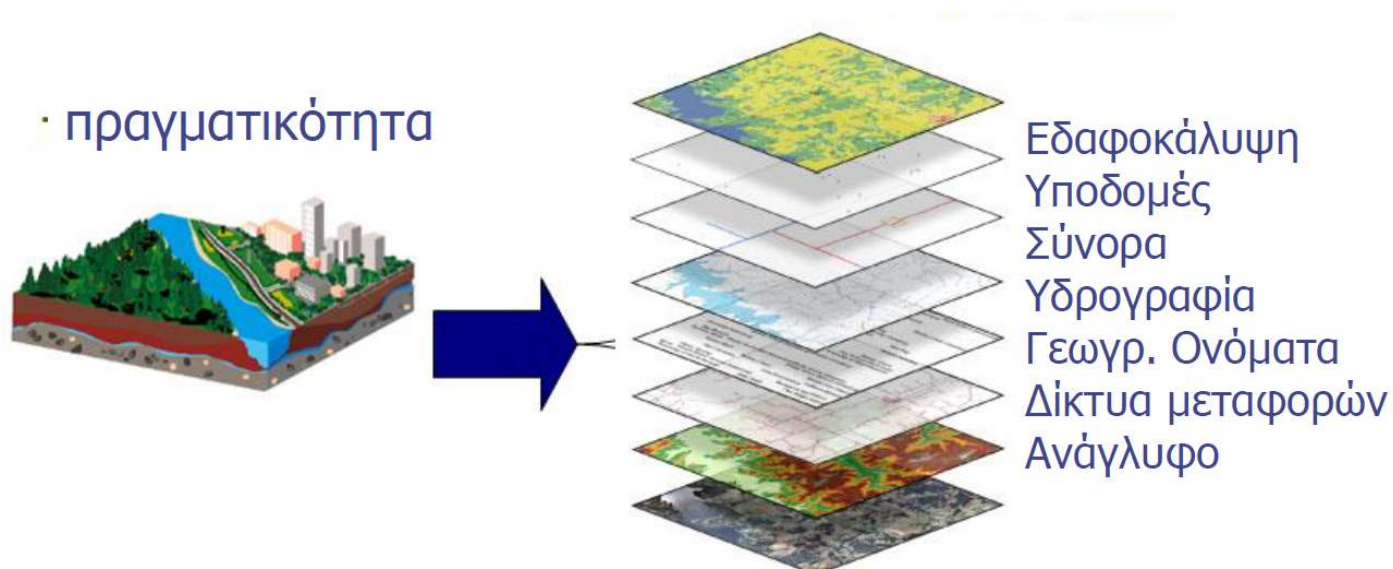
- Πως θα μπορούσαμε να απαντήσουμε σε ερωτήσεις όπως:
 - Ποιο είναι το «σημείο 0» μιας πανδημίας [χολέρας](#);
 - Πως άλλαξαν οι χρήσεις γης στην Περιφέρεια Αττικής τα τελευταία 20 χρόνια;
 - Ποια η συντομότερη διαδρομή για το delivery μου από το X μαγαζί;
 - Υπάρχουν σχολεία σε απόσταση μικρότερη από 1Km από την κατοικία που θα νοικιάσω;
- Και στα «δικά μας»,
 - Ποιο είναι το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής;
 - Ποια η κλίση του πυθμένα του ρέματος κατά μήκος ως τις εκβολές του;
 - Ποιες περιοχές κατακλύζονται στην πλημμύρα που αντιστοιχεί στην καταιγίδα T50;

GIS – Τι είναι;

- **«Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών»**
- *Συλλέγουν, οργανώνουν, διαχειρίζονται, αποθηκεύουν, αναλύουν, συσχετίζουν, και οπτικοποιούν δεδομένα με γεωγραφική αναφορά*
- Χωρική (spatial) ανάλυση εξίσου σημαντική με την χρονική (temporal) σε πραγματικά έργα
- Απαραίτητο εργαλείο για κάθε μηχανικό
- Τα πλέον γνωστά λογισμικά GIS είναι το [ArcGIS](#) (proprietary) και το [QGIS](#) (FOSS - free and open source software)
- Μεγάλη γκάμα υπολογιστικών πακέτων και εργαλείων σε γλώσσα Python (ενδεικτικά gdal, geopandas, rasterio, shapely, fiona, cartopy, folium ([link](#) για resources)

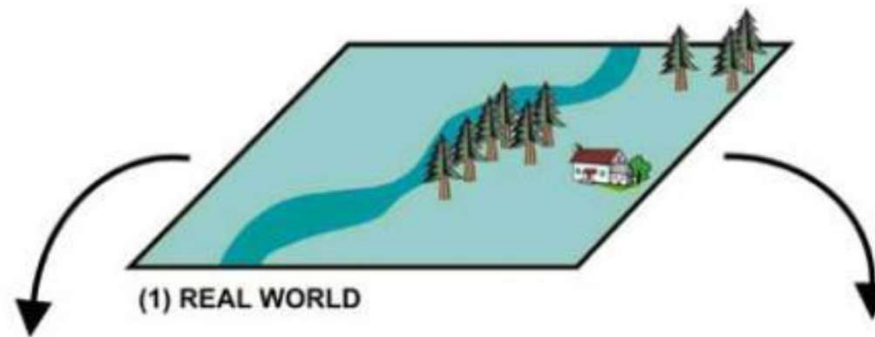
Βασικά στοιχεία

Θεματικά επίπεδα (layers): Η παραδοσιακή μέθοδος αναπαράστασης του γεωγραφικού χώρου που καταλαμβάνουν τα χωρικά δεδομένα είναι μια σειρά από θεματικά επίπεδα

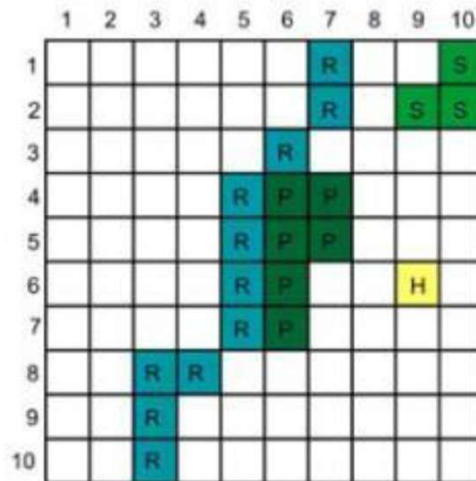


Χωρικά μοντέλα (spatial models): καταγράφουν ψηφιακά σε εννοιολογικό επίπεδο τα χωρικά δεδομένα και χωρίζονται σε **δύο** βασικές κατηγορίες

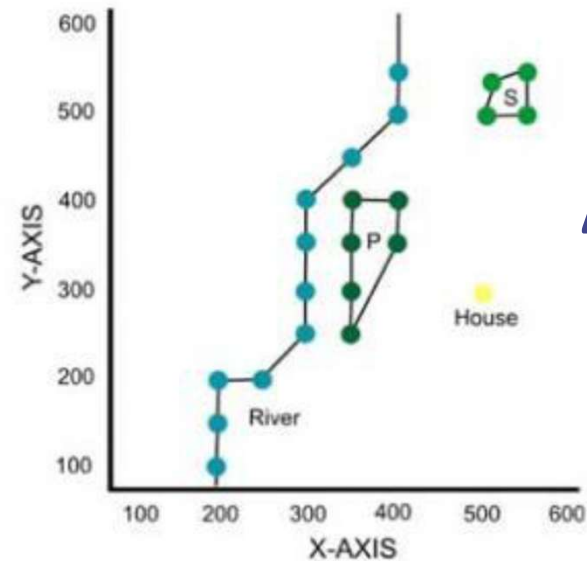
Χωρικά μοντέλα



Κανονικοποιημένο
μοντέλο (raster)



(2) RASTER REPRESENTATION

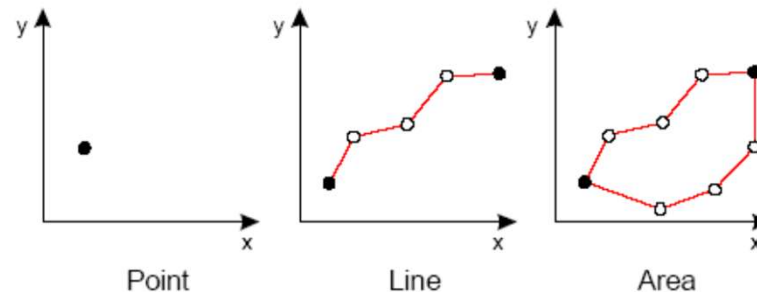
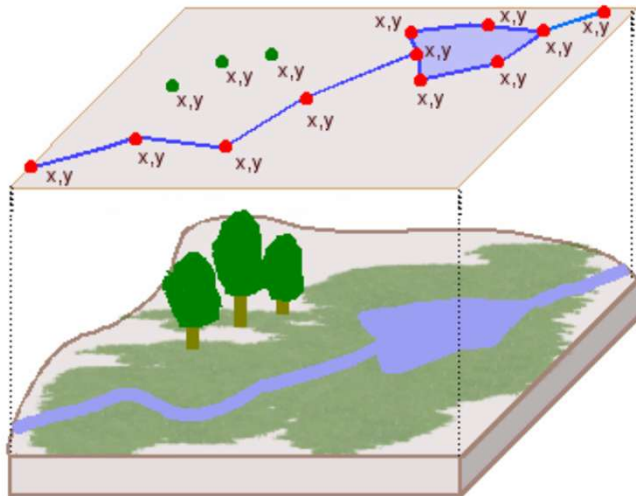


(3) VECTOR REPRESENTATION

Διανυσματικό
μοντέλο
(vector)

Διανυσματικό μοντέλο (I)

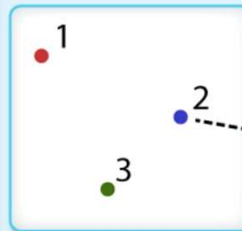
- Συντεταγμένες στο χώρο : **σημείο** (point) $[(X,Y)]$
- Ακολουθία συντεταγμένων: **γραμμή** (polyline) $[(X_1,Y_1), (X_2,Y_2), \dots, (X_N,Y_N)]$ – βασική λογική μονάδα
- Ακολουθία συντεταγμένων όπου πρώτο και τελευταίο σημείο ταυτίζονται, ορίζοντας μια κλειστή επιφάνεια: **πολύγωνο** (polygon) $[(X_1,Y_1), (X_2,Y_2), (X_N,Y_N), (X_1,Y_1)]$
- Υπάρχουν και άλλες σύνθετες οντότητες όπως multipart-polylines, multi-polygons, multi-points



Διανυσματικό μοντέλο (II)

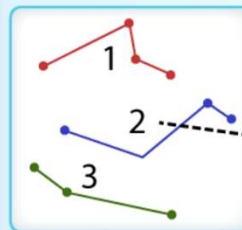
Μοναδικός κωδικός (ID) κάθε αντικειμένου στο επίπεδο πληροφορίας για σύνδεση της γεωμετρίας με περιγραφικές ιδιότητες
(Attribute table)

Example Attributes for Point Data



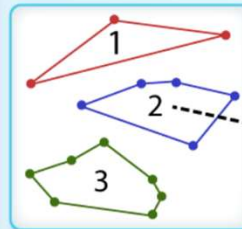
ID	Plot Size	Type	VegClass
1	40	Vegetation	Conifer
2	20	Vegetation	Deciduous
3	40	Vegetation	Conifer

Example Attributes for Line Data



ID	Type	Status	Maintenance
1	Road	Open	Year Round
2	Dirt Trail	Open	Summer
3	Road	Closed	Year Round

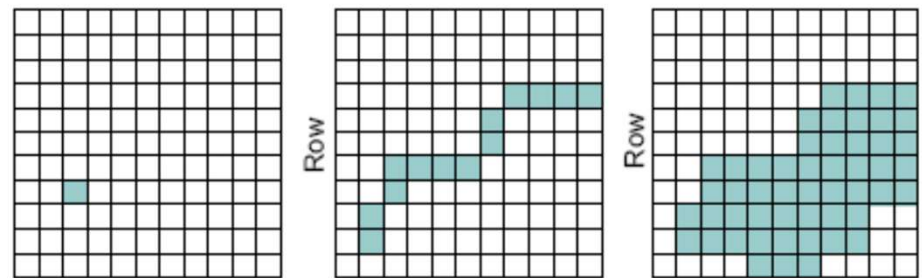
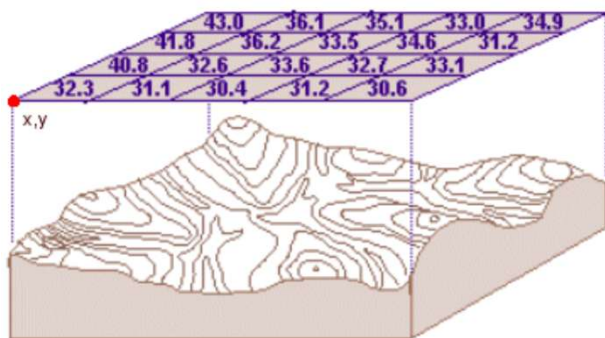
Example Attributes for Polygon Data



ID	Type	Class	Status
1	Herbaceous	Grassland	Protected
2	Herbaceous	Pasture	Open
3	Herbaceous / Woody	Grassland	Protected

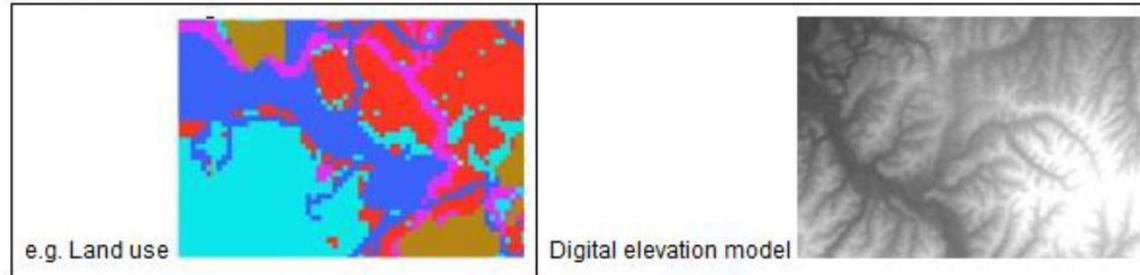
Κανονικοποιημένο μοντέλο

- Ο γεωγραφικός χώρος χωρίζεται σε χωρία κανονικού σχήματος (φατνία), το καθένα από τα οποία αποτελεί τη βασική λογική μονάδα και όλα μαζί συγκροτούν ένα **κάναβο** (grid).
- Σε κάθε φατνίο-λογική μονάδα αντιστοιχεί μία μοναδική τιμή μιας μεταβλητής, και ως εκ τούτου είναι τα πλέον καταλληλά μοντέλα για περιγραφή γεωγραφικών φαινομένων που χαρακτηρίζονται ως συνεχή. Τα κανονικοποιημένα μοντέλα χρησιμοποιούνται συνήθως για ψηφιακά μοντέλα εδάφους, δορυφορικές εικόνες, θερμοκρασίες, κτλ.
- Το μέγεθος του φατνίου καθορίζει την ανάλυση (**resolution**).
- Υπάρχουν και σύνθετα κανονικοποιημένα μοντέλα με πολλαπλά κανάλια (bands) όπου σε κάθε φατνίο υπάρχει τιμή ανα κανάλι. Τυπική περίπτωση μια RGB εικόνα.

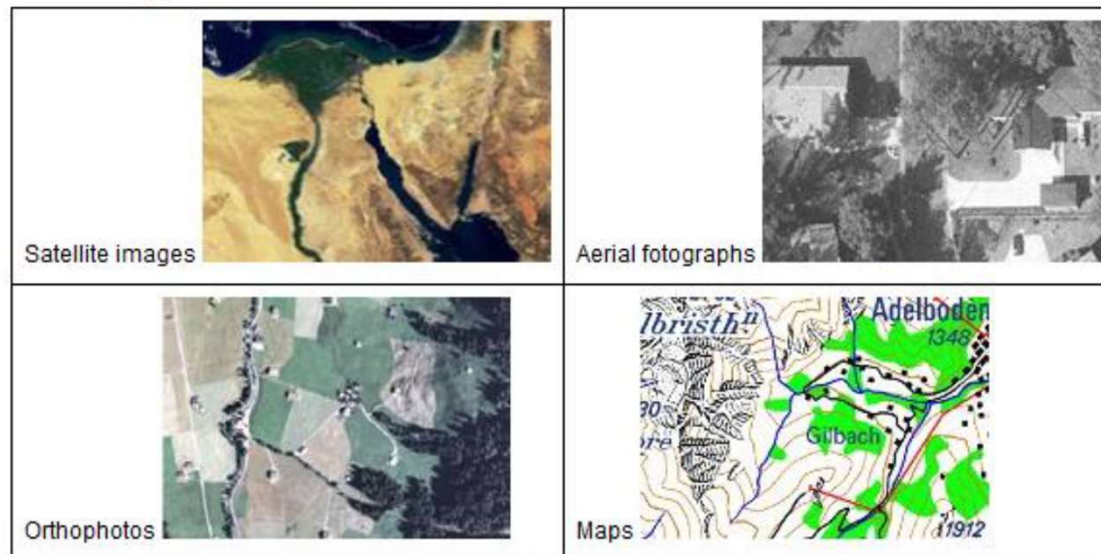


Παραδείγματα κανονικοποιημένων χωρικών δεδομένων

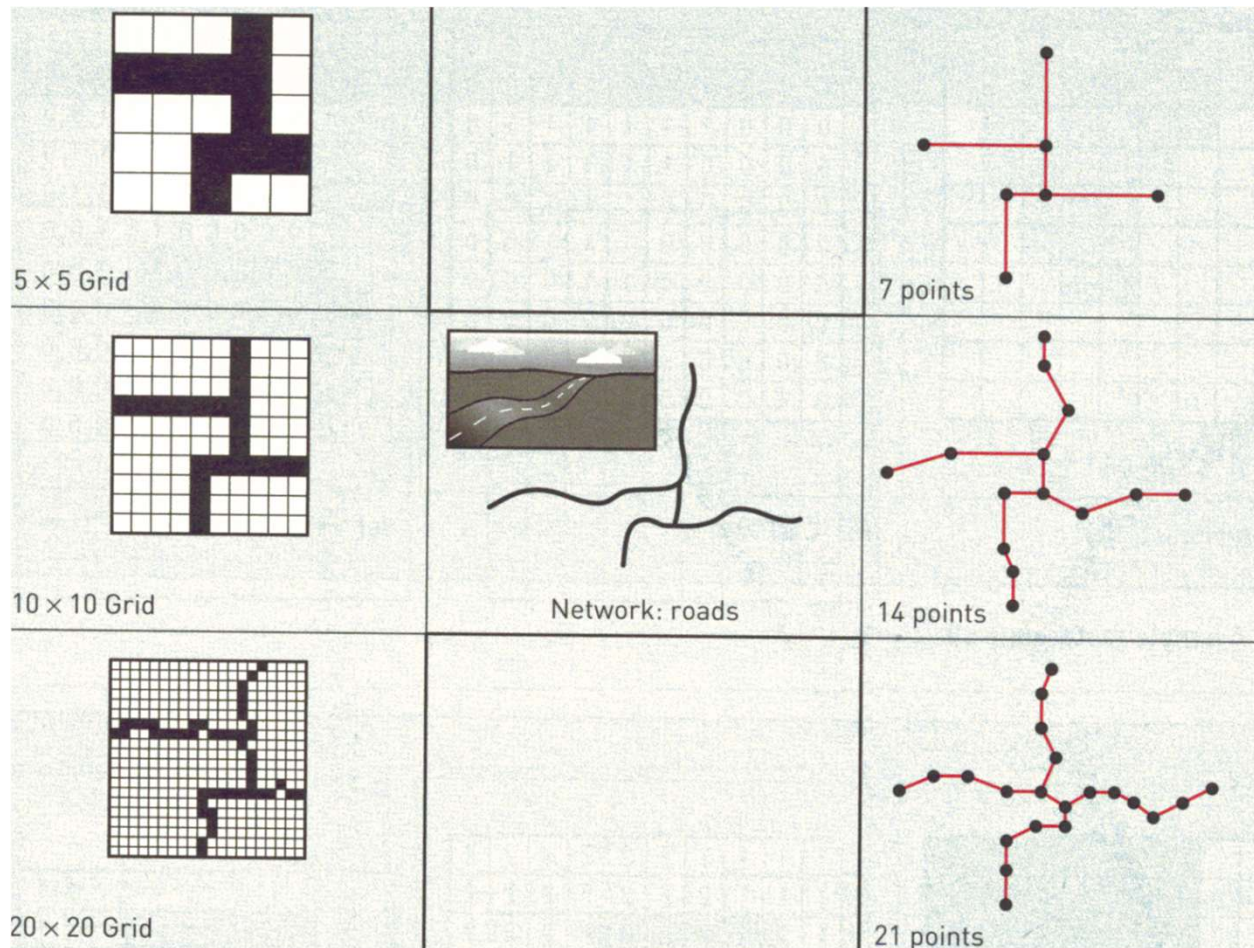
Thematic data



Raster images



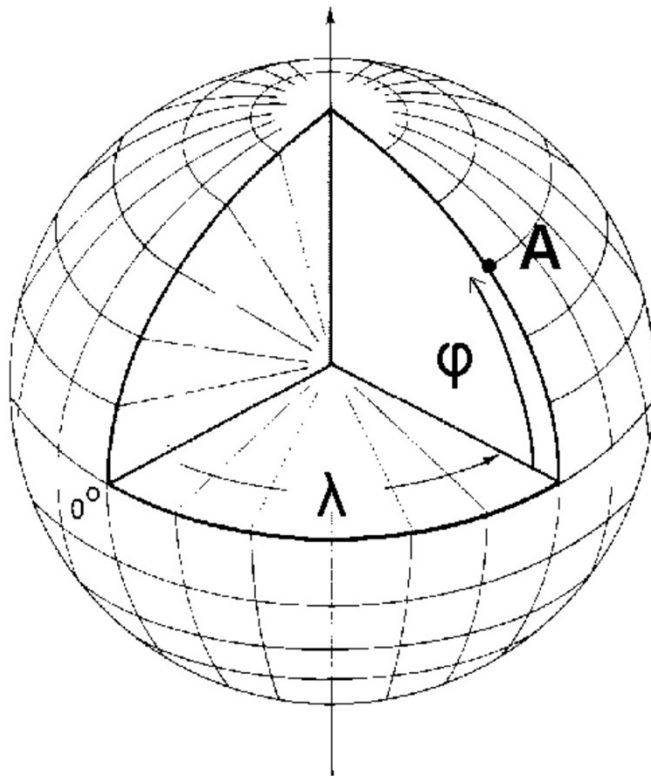
Παραδείγματα κανονικοποιημένων χωρικών δεδομένων



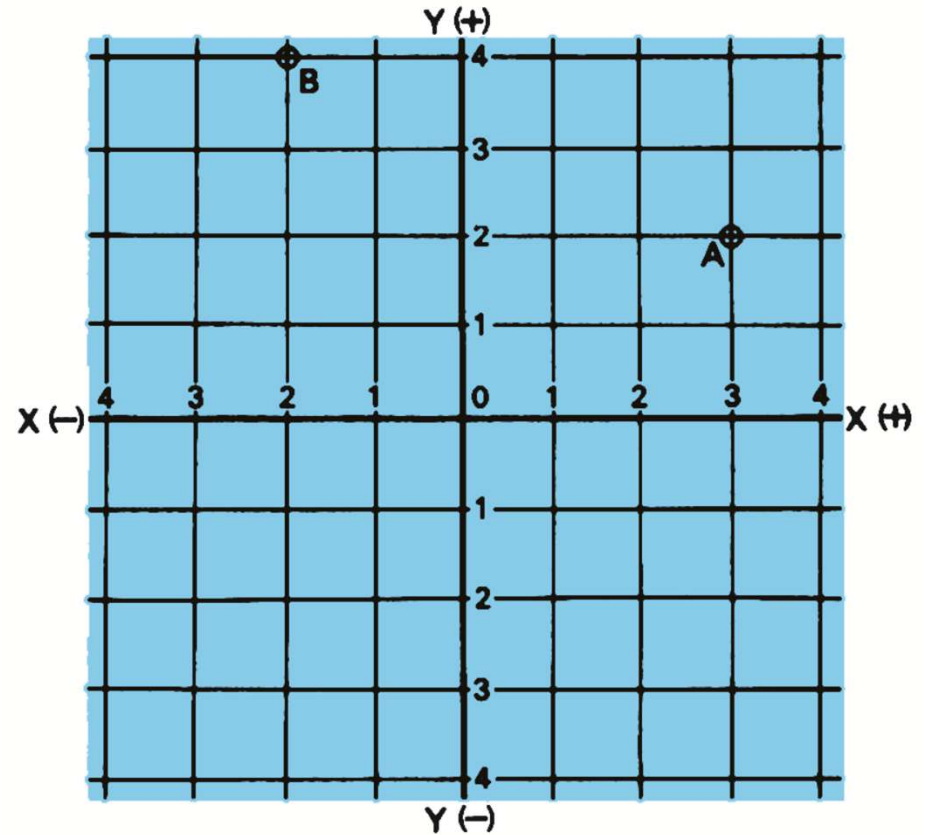
Raster: μέγεθος
φατνίου (και άρα
αριθμός τους
κανάβου που
περιγράφει ίδια
έκταση)

Vector: αριθμός
κορυφών (και
άρα η απόσταση
μεταξύ
κορυφών)

Συστήματα συντεταγμένων



Σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων (φ, λ)



Σύστημα ορθογωνίων (επίπεδων ή καρτεσιανών) συντεταγμένων (X, Y)

Πραγματικό παράδειγμα εφαρμογής GIS

Πρόβλημα: εκτίμηση επιπτώσεων **αλλαγής χρήσεων γης** στον **πλημμυρικό κίνδυνο** λόγω ανάπτυξης φωτοβολταϊκού πάρκου

Τι
επηρεάζεται;



Τι σημαίνει
πλημμυρικός
κίνδυνος;

Βήματα γεωχωρικής, γεωστατιστικής και υδρολογικής ανάλυσης

- ❖ Εντοπισμός **υδρολογικών λεκανών** που ενδέχεται να επηρεαστούν
- ❖ Ανάλυση των βασικών **γεωχωρικών χαρακτηριστικών** τους από διάφορα επίπεδα πληροφορίας
- ❖ Κατάρτιση **όμβριων καμπυλών** για τη περιοχή μελέτης
- ❖ Δημιουργία **υδρολογικού μοντέλου**
- ❖ **Παραμετροποίηση και προσομοίωση**

Όμβριες καμπύλες ή Intensity – Duration – Frequency (IDF) Curves

Μοντέλα (συνήθως αναλυτικής μορφής) τα οποία εκφράζουν την πιθανοτική συμπεριφορά των ακραίων, λαμβάνοντας υπόψιν τους:

- Την ένταση της βροχόπτωσης, $i(d, T)$ (mm/h).
- Την διάρκεια του γεγονότος, d (hours) - βλ. κλίμακα συνάθροισης.
- Την περίοδο επαναφοράς, T (έτη).

Γενική μορφή

$$i(d, T) = \frac{a(T)}{b(d)}$$

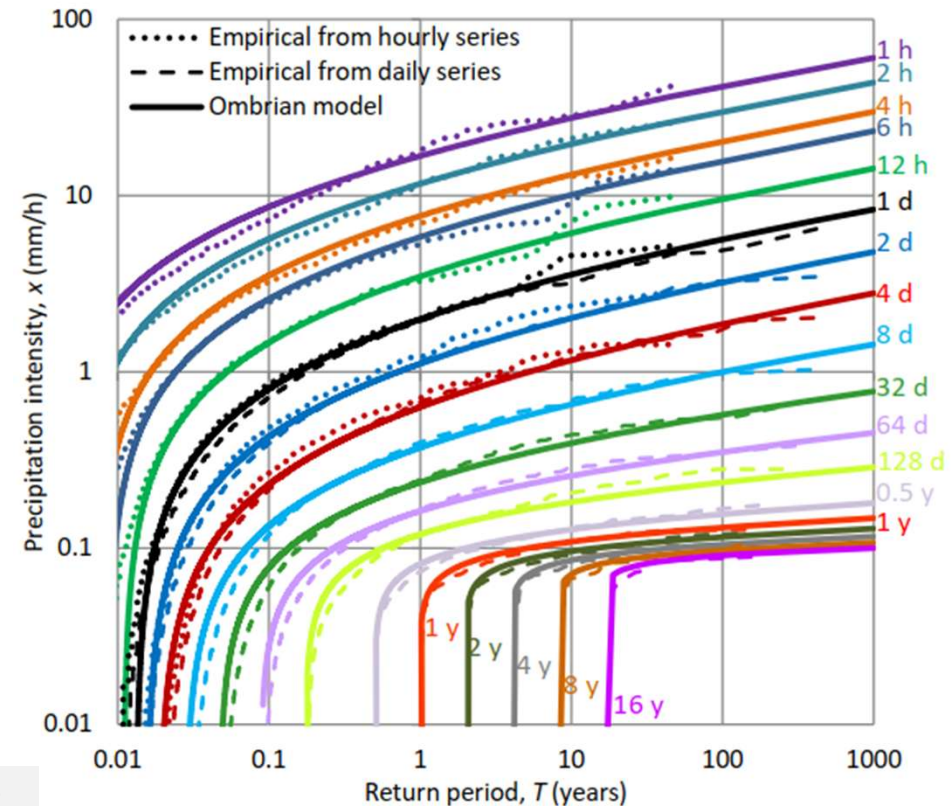
Όπου: i η ένταση βροχής διάρκειας d για περίοδο επαναφοράς T , και $a(T)$ και $b(d)$ κατάλληλες συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας, αντίστοιχα.

Παράδειγμα (Koutsoyiannis et al., 1998)

χρήση της GEV για το $a(T)$ και εμπειρικής σχέσης για το $b(d)$

$$i(d, T) = \frac{\lambda' \left(\left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\kappa} + \psi' \right)}{(1 + d/\theta)^\eta}$$

Όπου (βλ. πίνακα σελ. 7):
 $\lambda' = \lambda/\kappa$ και $\psi' = \kappa\psi - 1$
 $\theta > 0$ και $0 < \eta < 1$



Koutsoyiannis D (2020) Stochastics of Hydroclimatic Extremes – A Cool Look at Risk, Edition 0. National Technical University of Athens, Athens, Greece

Όμβριες καμπύλες στην Ελλάδα (2^{ος} κύκλος)

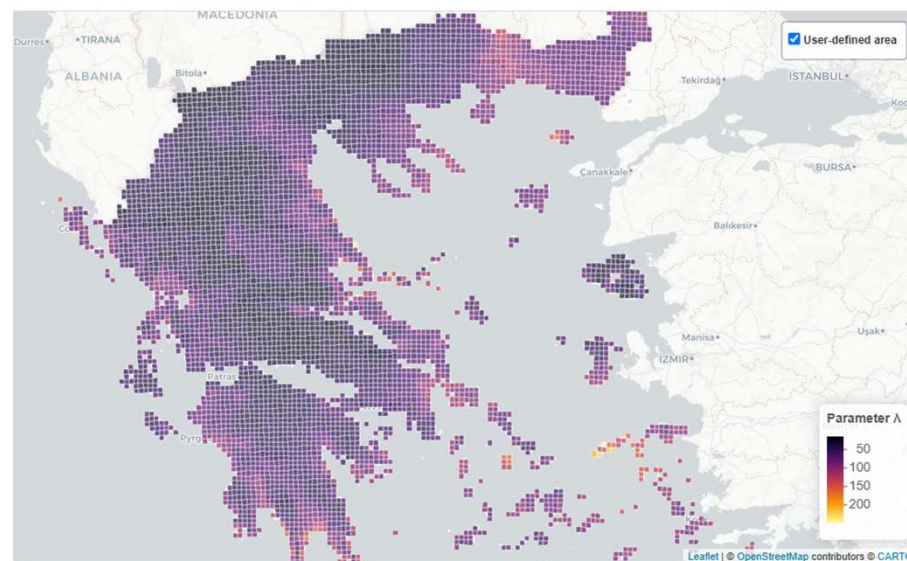
- Όμβριες καμπύλες (5 παραμέτρων) με βάση την ΓΑΤ
- Δίνονται παράμετροι για σταθμούς σε όλη την Ελλάδα
- Πληροφορίες: <https://floods.ypeka.gr/sdkp-lap/omvries-2round/>
- Δείτε και: <https://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/2273/>

Βασική έκφραση:

$$i(d, T) = \lambda_* \frac{\left(\frac{T}{\beta_*}\right)^\xi - 1}{\left(1 + \frac{d}{\alpha}\right)^{\eta_*}}$$

T : έτη, d : ώρες και i : mm/h

με ενιαίες παραμέτρους $\alpha = 0.18$ h και $\xi = 0.18$ για το σύνολο της χώρας, ΚΑΙ γεωγραφικά μεταβαλλόμενες παραμέτρους λ_* , β_* και η_*



https://itsoukal.shinyapps.io/IDFs_GR/

Περίοδος επαναφοράς Vs Τεχνικά έργα

Ανάλογα το είδος του έργου επιλέγεται η περίοδος επαναφοράς

- Αντιπλημμυρικά έργα → $T=50-100$ έτη
 - Δίκτυο ομβρίων → $T=10-25$ έτη
 - Οριοθέτηση ρέματος → $T=50$ έτη
 - Σχεδιασμός γέφυρας → $T=500$ έτη
 - Σχεδιασμός φράγματος (Κατηγορία 1) → $T=10000$ έτη
 - Σχεδιασμός φράγματος βαρύτητας (Κατηγορία 2) → $T=1000$ έτη
 - Σχεδιασμός γεωφράγματος (Κατηγορία 2) → $T=5000$ έτη
 - Σχεδιασμός φράγματος βαρύτητας (Κατηγορία 3) → $T=200$ έτη
 - Σχεδιασμός γεωφράγματος (Κατηγορία 2) → $T=500$ έτη
-

Αναφορές-Πηγές

Βασική πηγή εκπαιδευτικού υλικού:

Σκοπελίτη Α. και Στάμου Λ. (2025), εκπαιδευτικές σημειώσεις για το μάθημα «Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στους Υδατικούς Πόρους», ΔΠΜΣ «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», ΕΜΠ
