

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Χρίστος Χαλκιάς

Τμήμα Γεωγραφίας



Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών II

Τι είναι ένα ΨΜΕ

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους θεωρείται κάθε “ψηφιακή αναπαράσταση της συνεχούς μεταβολής του αναγλύφου στο χώρο”.

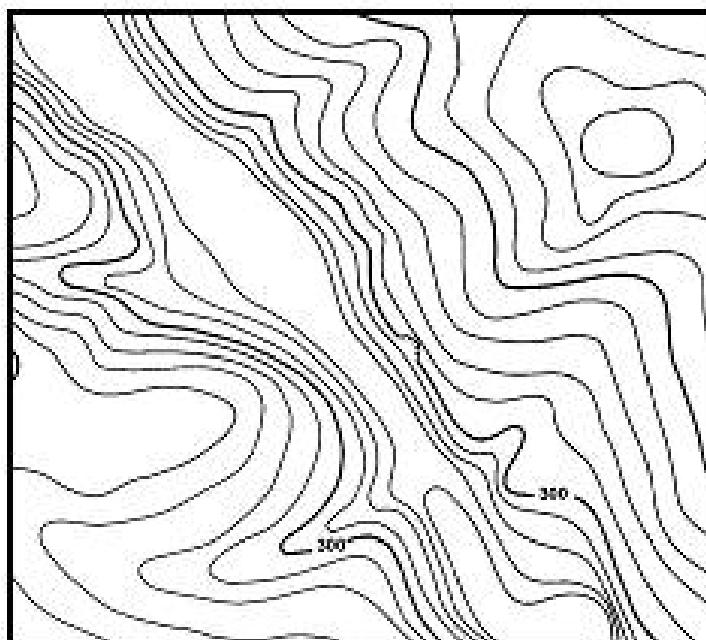
ΟΡΟΛΟΓΙΑ

DEM: Digital Elevation Model

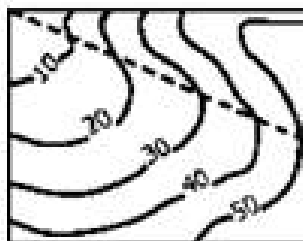
DEM: Digital Elevation Matrix

DTM: Digital Terrain Model

ΨΜΕ – ΙΣΟΨΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ



Αναπαράσταση αναγλύφου
με ισοψείς καμπύλες



01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
08	09	10	15	20	28	35	41	48	50	51	01
08	09	11	14	19	25	34	40	47	52	55	02
10	12	15	18	19	25	33	38	48	51	52	03
12	12	15	17	20	15	33	40	47	50	51	04
20	20	20	29	30	32	38	40	45	50	51	05
25	24	26	30	32	32	41	44	47	50	53	06
31	30	32	35	38	40	41	45	50	52	53	07
38	37	39	39	40	41	43	49	51	53	56	08
42	41	42	44	45	48	49	50	52	54	57	09

Αναπαράσταση αναγλύφου με
Ψηφιακό μοντέλο εδάφους

Δυνατότητες των ΨΜΕ

- **Καταγραφή**
- **Ανάλυση**
- **Οπτικοποίηση**

ΣΓΠ και ΨΜΕ

Παραδείγματα

- Τοπογραφία
- Βαθυμετρία

Κλπ

Μοντέλα 2.5D – Μοντέλα 3D

Πηγές δεδομένων - δημιουργία

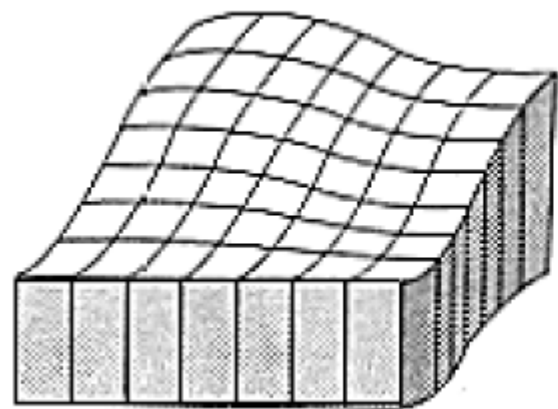
- Από αναλογικούς χάρτες
 - Σαρωμένες και ψηφιοποιημένες ισοϋψείς
 - ΓΥΣ (DEM 30 μέτρων)
- Από πρωτογενή φωτογραμμετρικά δεδομένα
- Από δεδομένα Τηλεπισκόπησης (π.χ. στερεοζεύγη εικόνων, δεδομένα LIDAR κλπ)

Κύρια Είδη ΨΜΕ

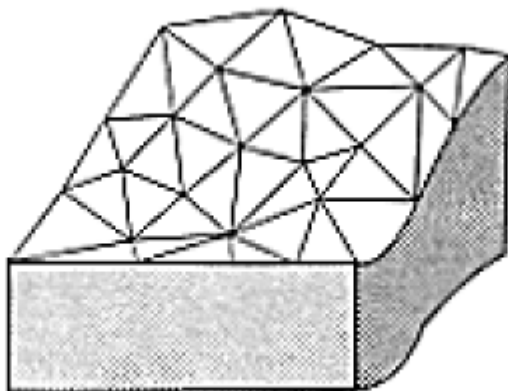
TIN (Triangulated Irregular Networks – Τριγωνικά ακανόνιστα δίκτυα)

DEM (Digital Elevation Models – ψηφιακά μοντέλα εδάφους, Digital Elevation Matrices: Ψηφιακές μήτρες υψομέτρων)

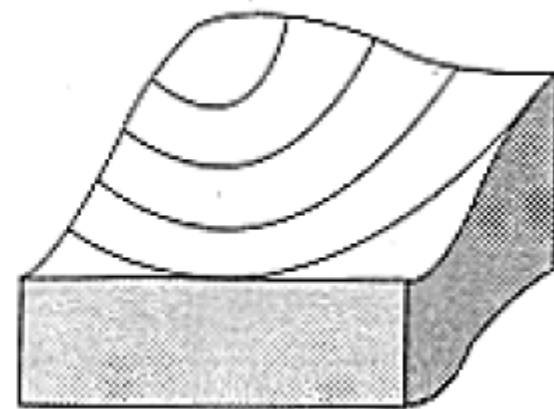
Τύποι ΨΜΕ



DEM



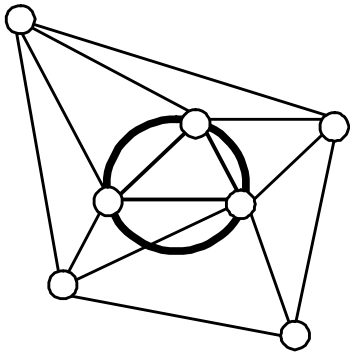
TIN



ΙΣΟΨΕΙΣ

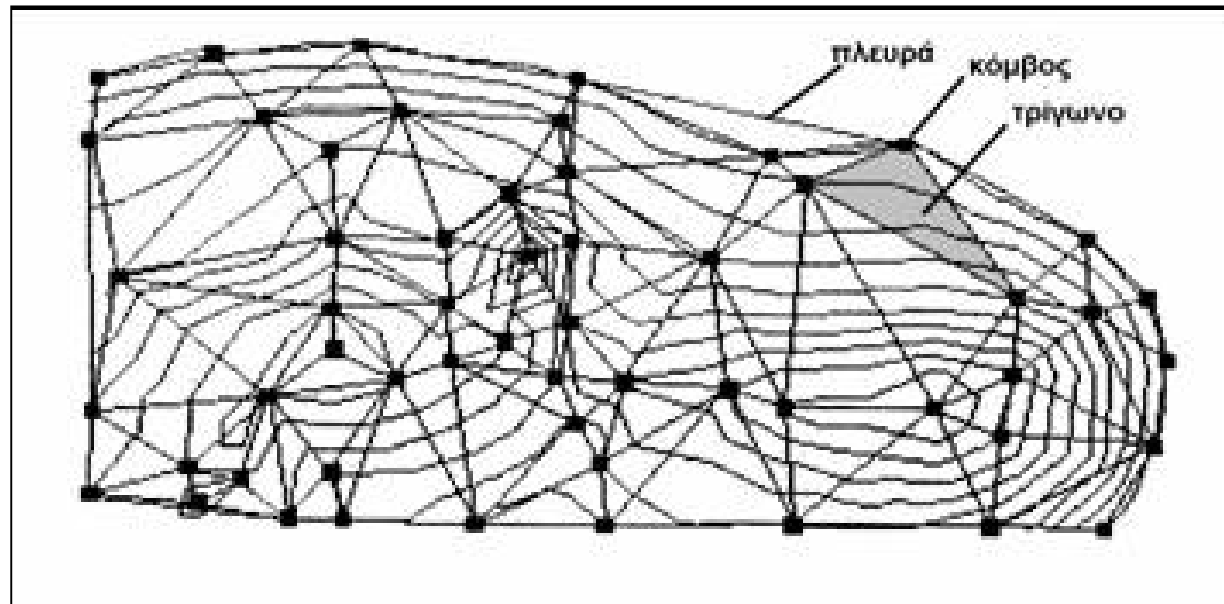
Μοντέλο TIN

- Δομική μονάδα = τρίγωνο



Τριγωνισμός σύμφωνα με το κριτήριο Delaunay: (δημιουργία TIN)

○ Αρχικά σημεία δειγματοληψίας



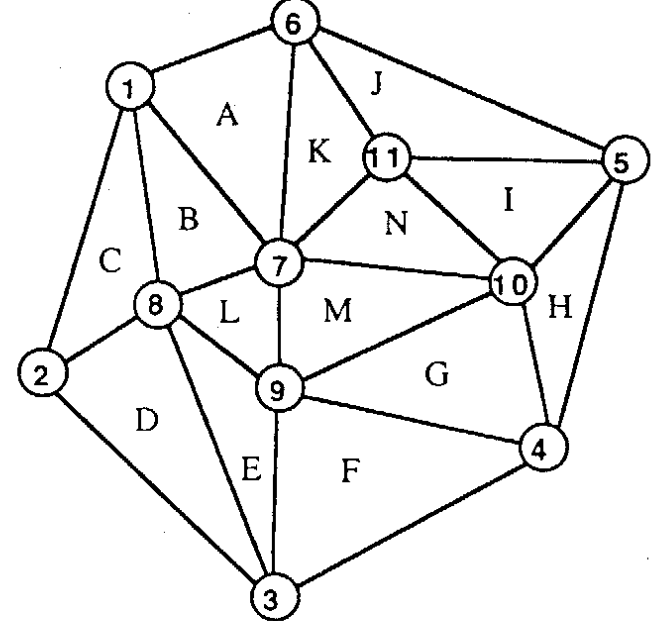
Μοντέλο TIN...

ΟΡΓΑΝΩΣΗ - ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ

Καταγραφή για κάθε Δ :

- κωδικού αναγνώρισης
- κωδικών γειτονικών τριγώνων
- των κόμβων του
- οι συντ/νες x, y των κόμβων
- των τιμών Z για κάθε κόμβο

Γενικές Πληροφορίες – Μεταδεδομένα



X-Y COORDINATES	
node#	coordinates
1	x1, y1
2	x2, y2
3	x3, y3
:	
11	x11, y11

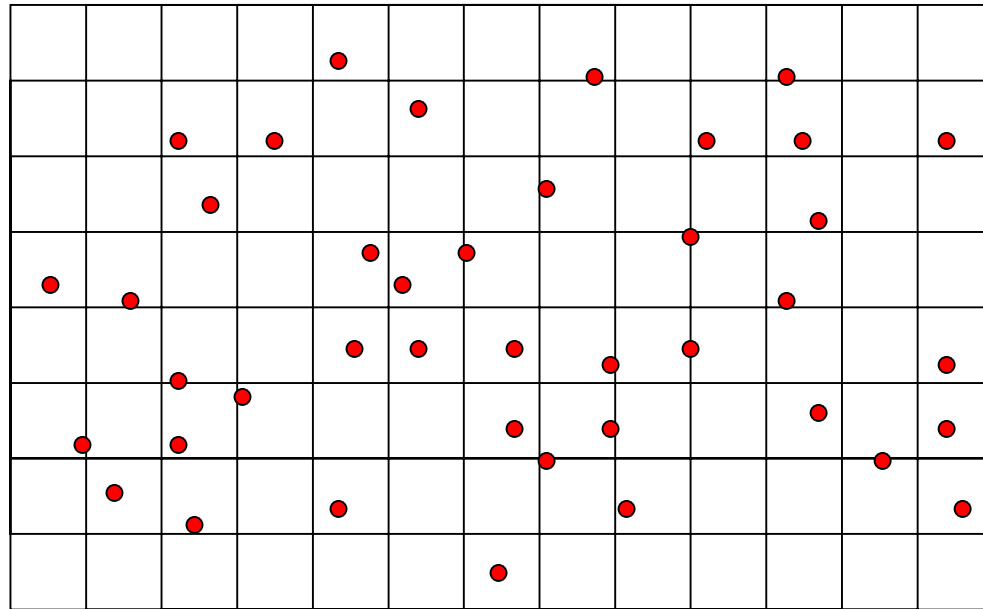
Z COORDINATES	
node#	z_value
1	z1
2	z2
3	z3
:	
11	z11

EDGES	
Δ	adjacent Δ
A	B, K
B	A, C, L
C	B, D
D	C, E
E	D, F, L
F	E, G
G	F, H, M
H	G, I
I	H, J, N
J	I, K
K	A, J, N
L	B, E, M
M	G, L, N
N	I, K, M

NODES	
Δ	node #
A	1, 6, 7
B	1, 7, 8
C	1, 2, 8
D	2, 3, 8
E	3, 8, 9
F	3, 4, 9
G	4, 9, 10
H	4, 5, 10
I	5, 10, 11
J	5, 6, 11
K	6, 7, 11
L	7, 8, 9
M	7, 9, 10
N	7, 10, 11

Μοντέλο DEM

Δομική μονάδα σημείο ή ψηφίδα



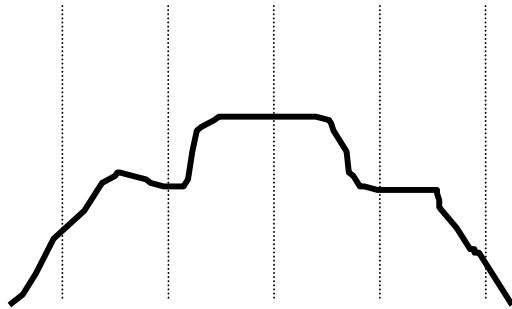
ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ - INTERPOLATION

Μοντέλο DEM...

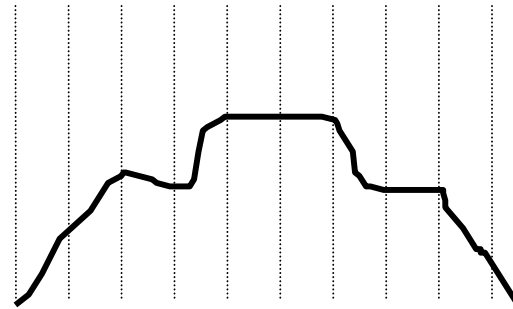
- κωδικοί αναγνώρισης των σημείων
- συντεταγμένες X, Y αρχικού σημείου αναφοράς σε πραγματικές μονάδες
- απόσταση μεταξύ των σημείων σε πραγματικές μονάδες
- αριθμός σημείων
- πίνακας με τις τιμές της μεταβλητής Z για κάθε σημείο. Σημειώνεται ότι οι συντ/νες X, Y αποθηκεύονται μόνο για το σημείο αναφοράς.

Μοντέλο DEM...

Η σημασία της ανάλυσης του μοντέλου



Ανάλυση $2x$



Ανάλυση x

Όγκος δεδομένων / ακρίβεια αναπαράστασης

TIN Vs DEM

Ακριβής τήρηση αρχικών πληροφοριών

Ανάλυση μοντέλου

Μεθοδολογία κατασκευής

Ποιότητα αναπαράστασης

Μετατροπές μεταξύ των δύο τύπων

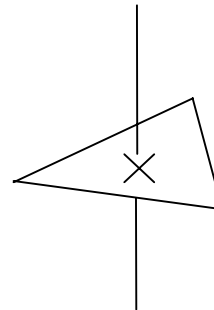
ΠΑΡΑΓΩΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

- Εύρεση υψομέτρου με παρεμβολή
- Κλίση
- Καμπυλότητα
- Έκθεση (προσανατολισμός)
- Σκιασμένο Αναγλύφο
- Υπολογισμοί πραγματικών αποστάσεων – εκτάσεων – όγκων
- Ανάλυση συνθηκών ορατότητας
- Οπτικοποίηση του αναγλύφου (2d – 3d)
- Υδρολογική Ανάλυση – γεωμορφές
- κλπ

Εύρεση υψομέτρου με παρεμβολή

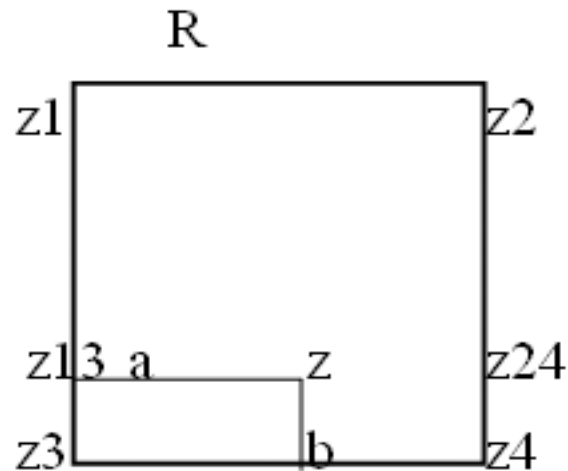
- *Γραμμική Παρεμβολή (linear interpolation)*
για τον υπολογισμό υψομέτρου από το
μοντέλο TIN

$$Ax + By + Cz + D = 0$$



Εύρεση υψομέτρου με παρεμβολή...

- Διγραμμική παρεμβολή (*bilinear interpolation*) για σημειακά ψηφιακά μοντέλα εδάφους



$$z_{13} = [(R-b)/R * (z_3 - z_1)] + z_1$$

$$z_{24} = [(R-b)/R * (z_4 - z_2)] + z_2$$

$$z = [(a/R) * (z_{24} - z_{13})] + z_{13}$$

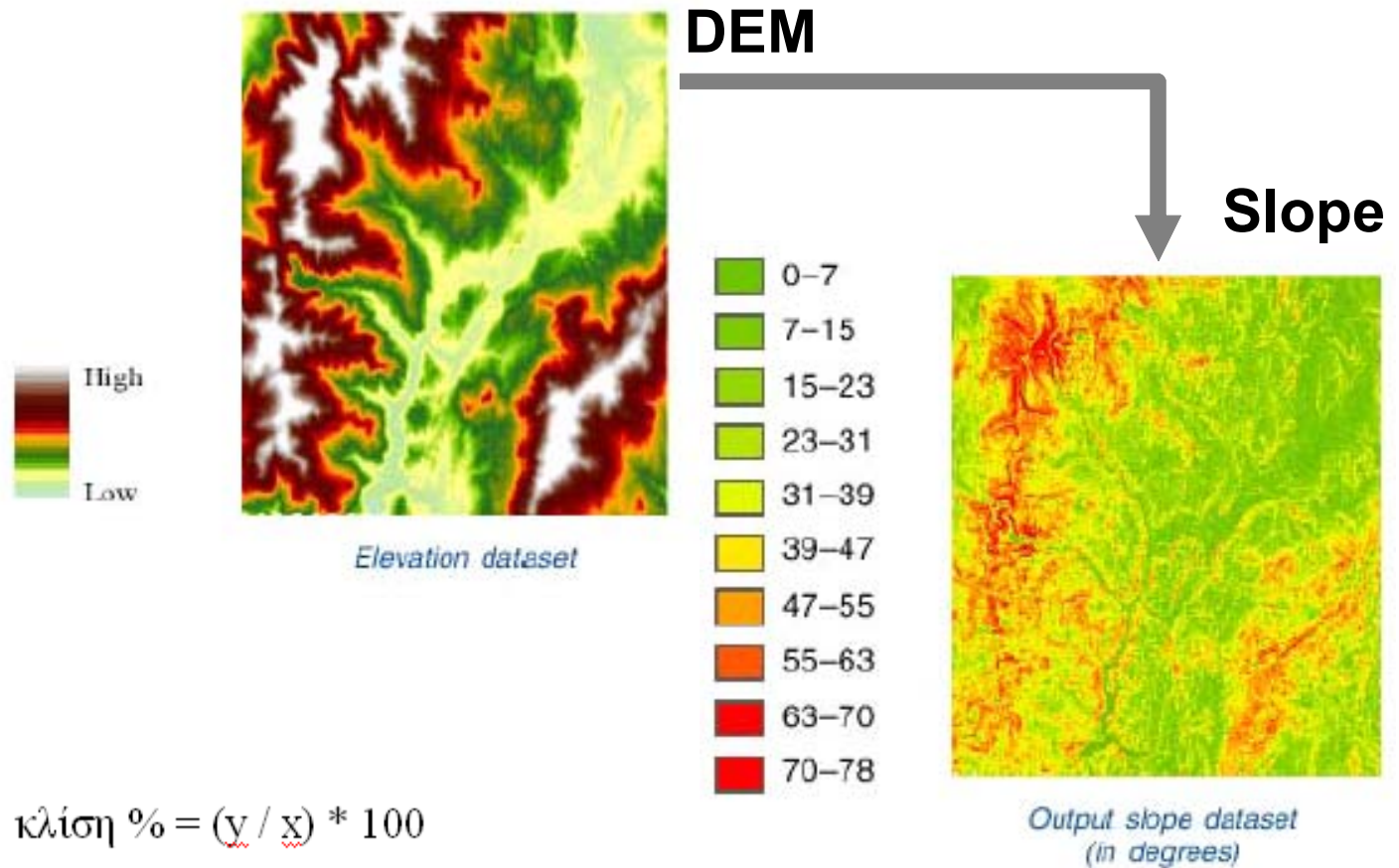
z : το ζητούμενο υψόμετρο

$z_1, z_2, z_3, z_4, z_{13}, z_{24}$: τα υψόμετρα των κόμβων και των ενδιάμεσων σημείων

R : η ανάλυση (resolution) σε πραγματικές μονάδες

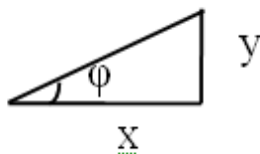
a, b : αποστάσεις του σημείου από τον κάναβο

Κλίση (slope)

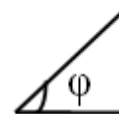


κλίση σε μοίρες = ϕ κλίση % = $(y / x) * 100$

$y/x = \epsilon\phi\phi$

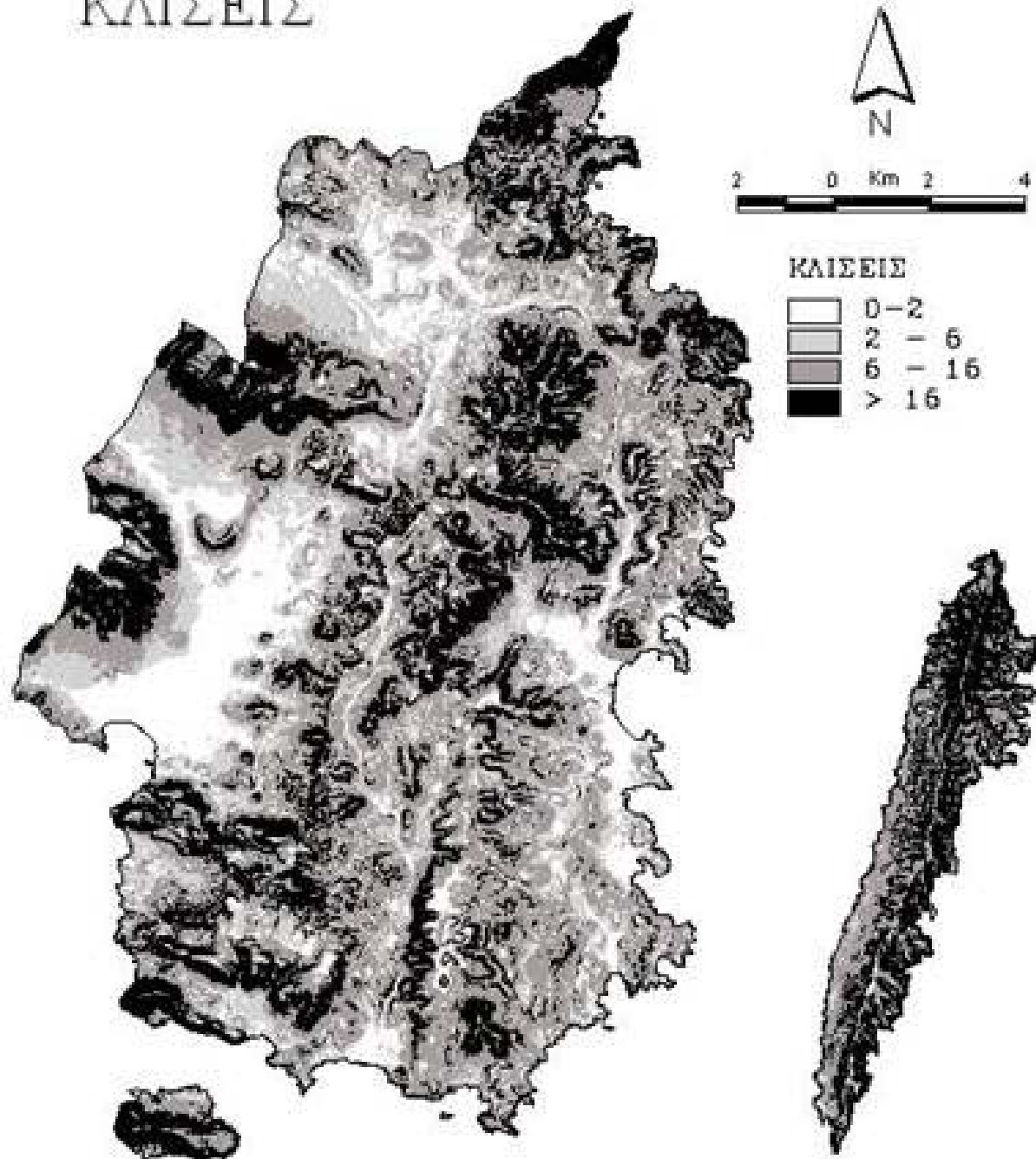


κλίση σε μοίρες = 30°
κλίση % = 58



κλίση σε μοίρες = 45°
κλίση % = 100

ΚΑΙΣΕΙΣ



Υπολογισμός κλίσης

- Υπολογίζονται συνήθως με μια λειτουργία γειτονίας (συχνά με κινούμενο παράθυρο 3X3)
- Οι οριζόντιες (και κατακόρυφες) αποστάσεις είναι διαφορετικές από τις διαγώνιες

1.41...	1	1.41...
1	0	1
1.41...	1	1.41...

- Καταγράφεται η μεγαλύτερη παρατηρούμενη κλίση

Υπολογισμός κλίσης...

340	335	330
337	332	330
330	328	320

(υψόμετρα)

8/42.47	3/30	2/42.47
5/30	0	-2/30
-2/42.47	-2/30	-12/42.47

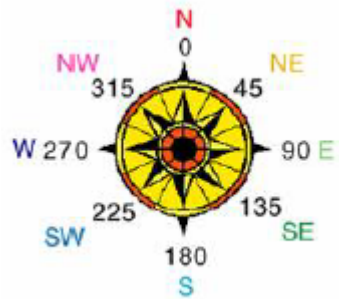
(διαφορά/απόσταση)

Καμπυλότητα (Curvature)

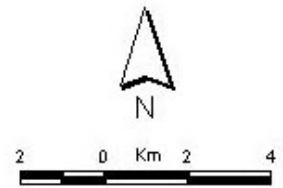
- Η “κλίση” της κλίσης (2^η παράγωγος του υψομέτρου)
- Χρησιμοποιείται για να περιγραφούν τα φυσικά χαρακτηριστικά μιας επιφάνειας
- Με την καμπυλότητα αποδίδεται το σχήμα μιας επιφάνειας κατά τη διεύθυνση μέγιστης κλίσης (profile curvature) ή κάθετα σε αυτή (planform curvature)
- Κοίλες – κυρτές επιφάνειες



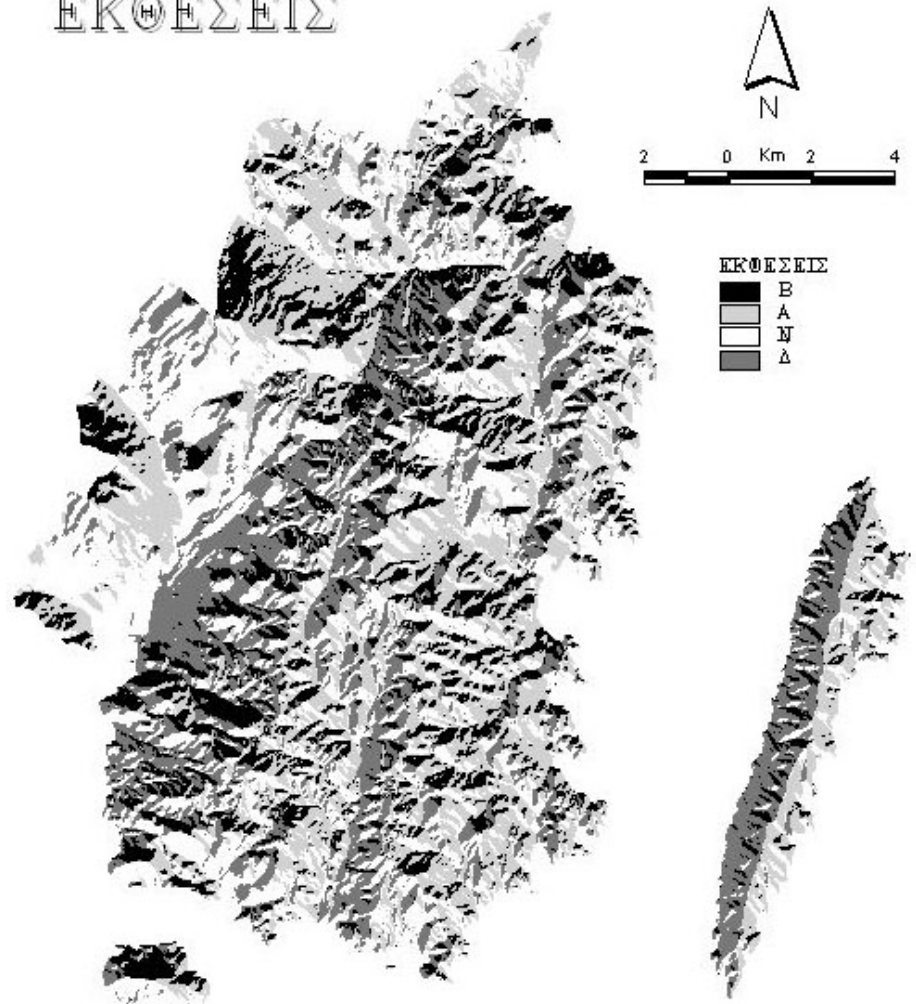
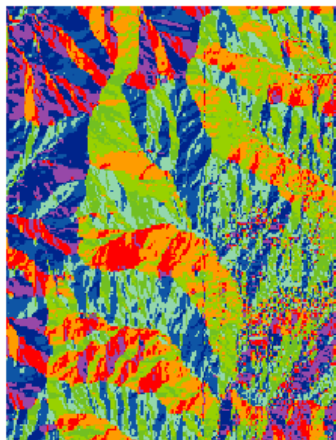
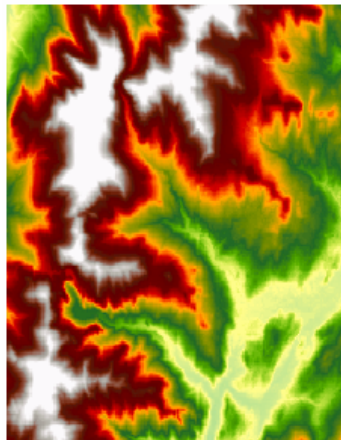
Έκθεση - προσανατολισμός (aspect)



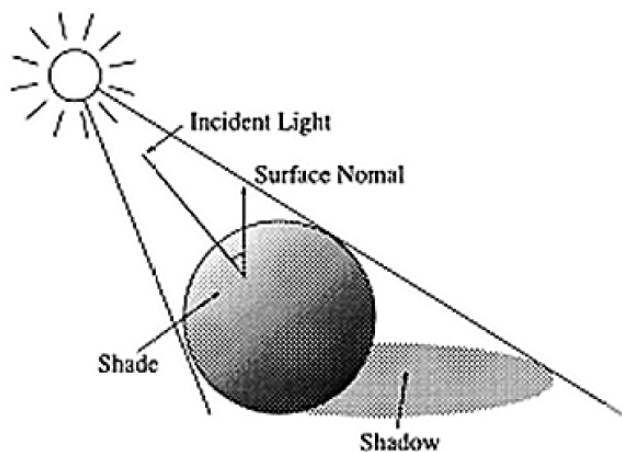
ΕΚΘΕΣΕΙΣ



ΕΚΘΕΣΕΙΣ

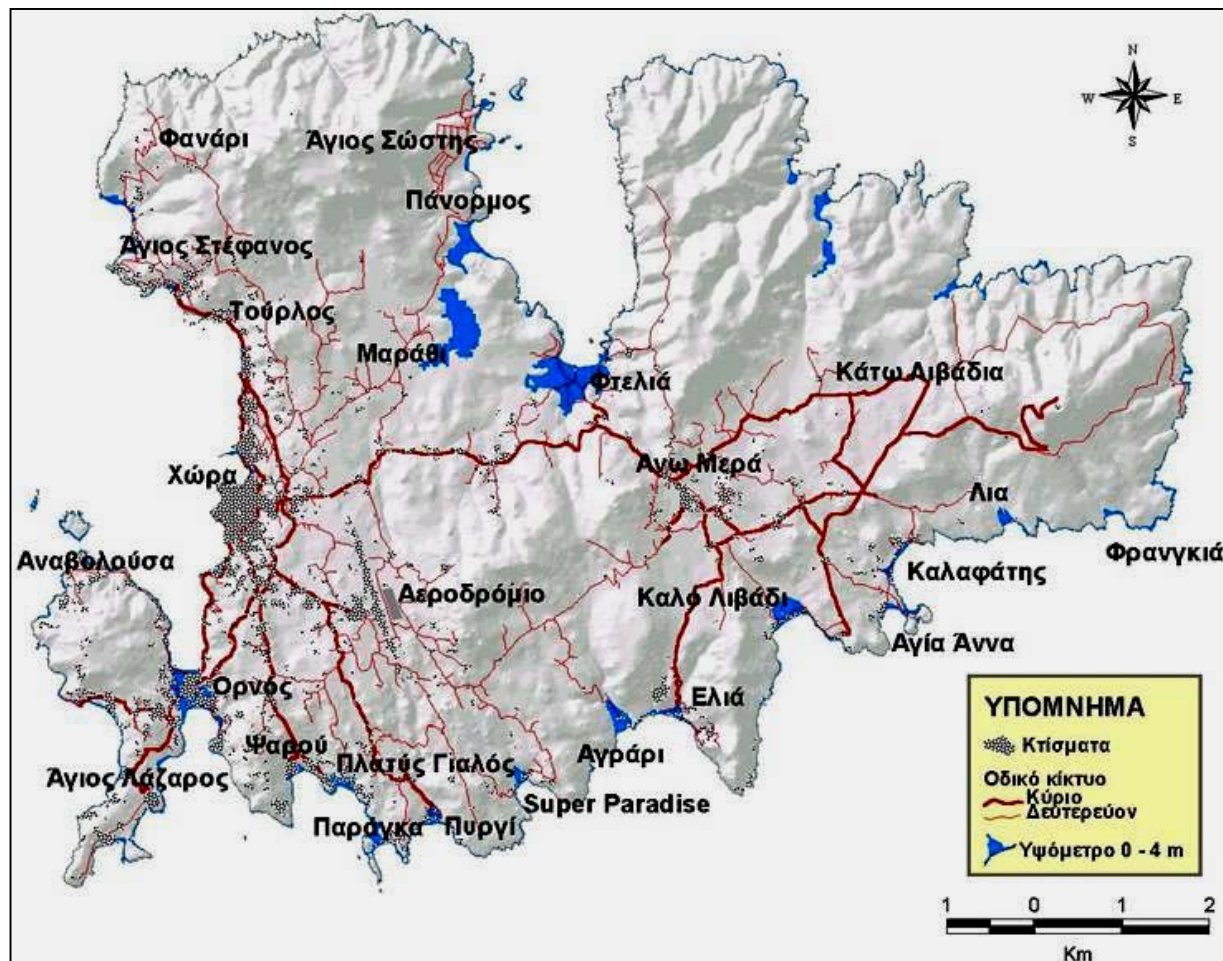


Σκιασμένο Ανάγλυφο (Hillshade)



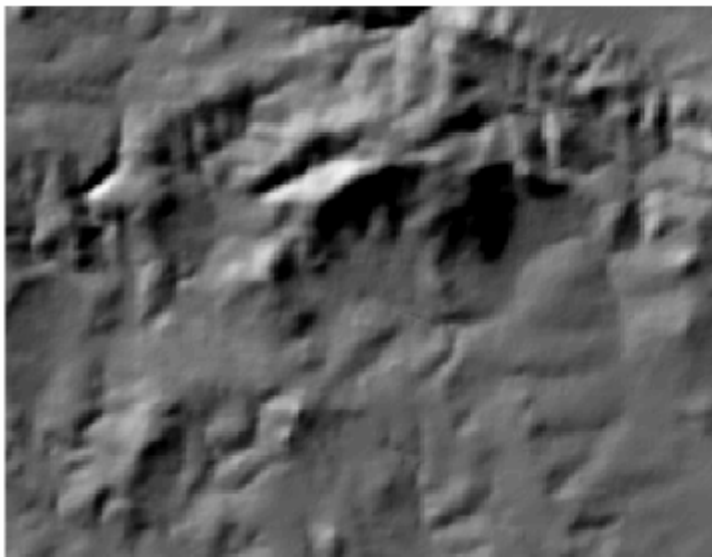
Προσδιορισμός θέσης
Φωτεινής πηγής:

- αζιμούθιο
- ύψος

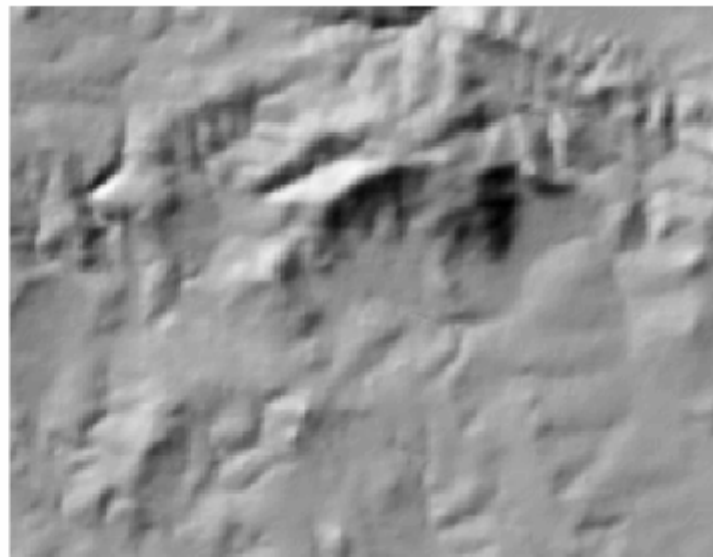


Hillshade...

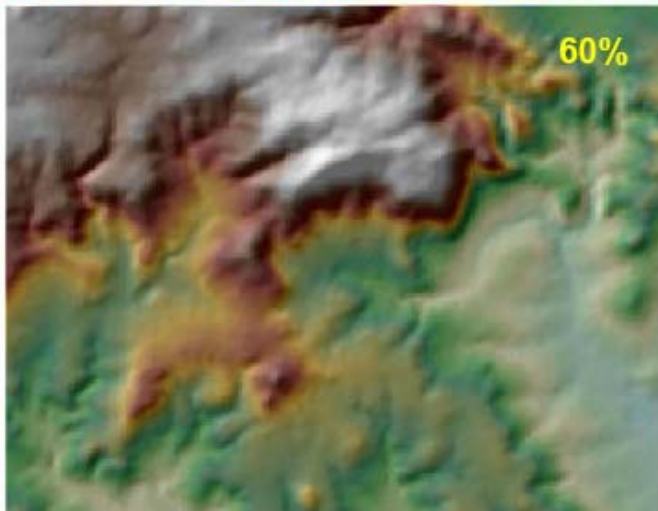
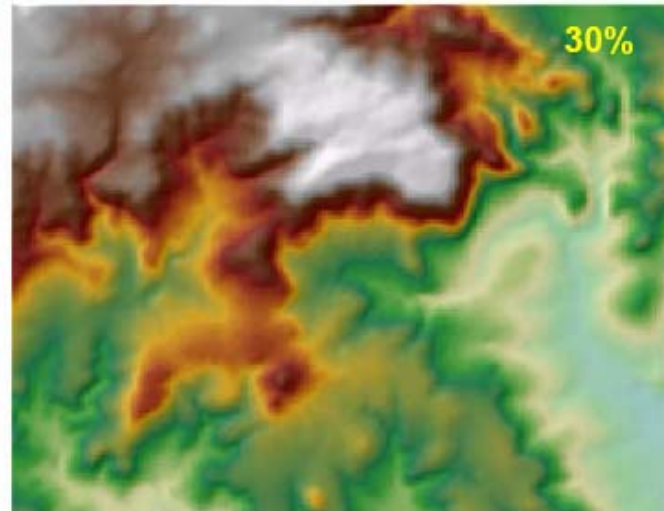
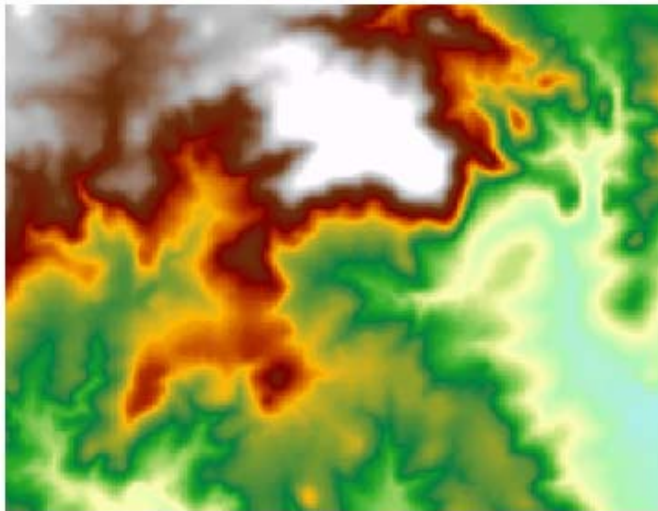
Αζιμούθιο: 315
Ύψος: 15



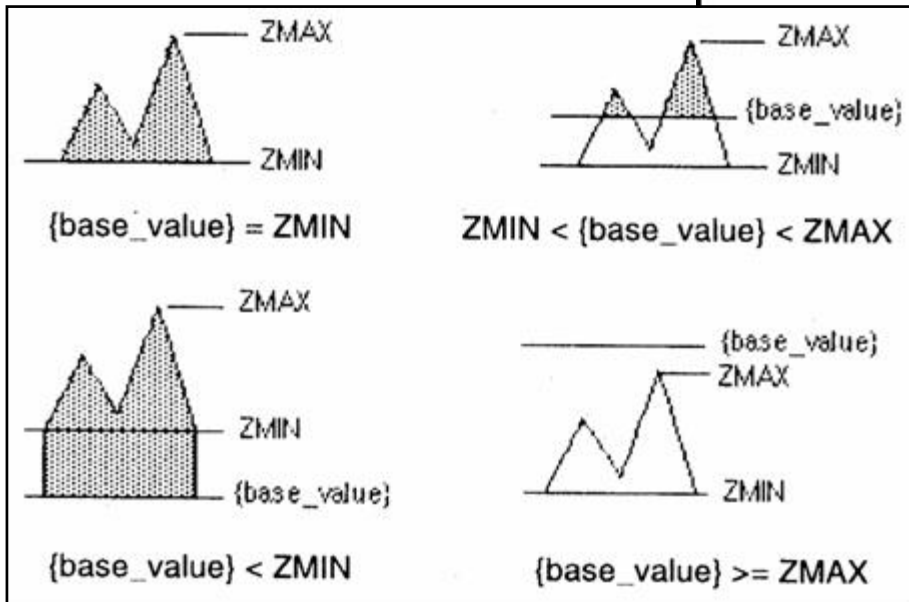
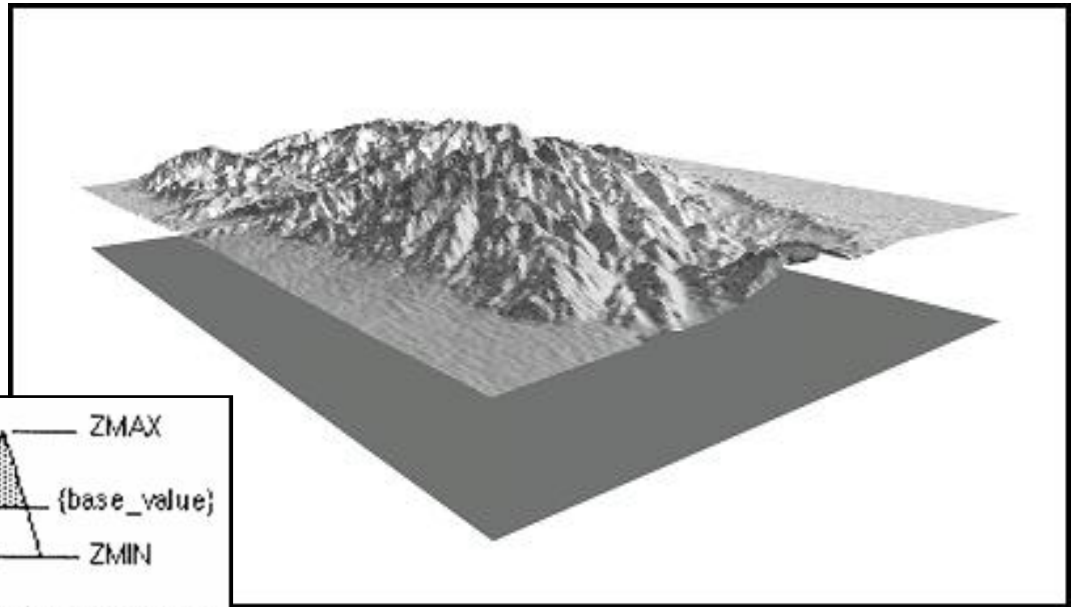
Αζιμούθιο: 315
Ύψος: 45



Hillshade...



Υπολογισμοί πραγματικών αποστάσεων – εκτάσεων – όγκων



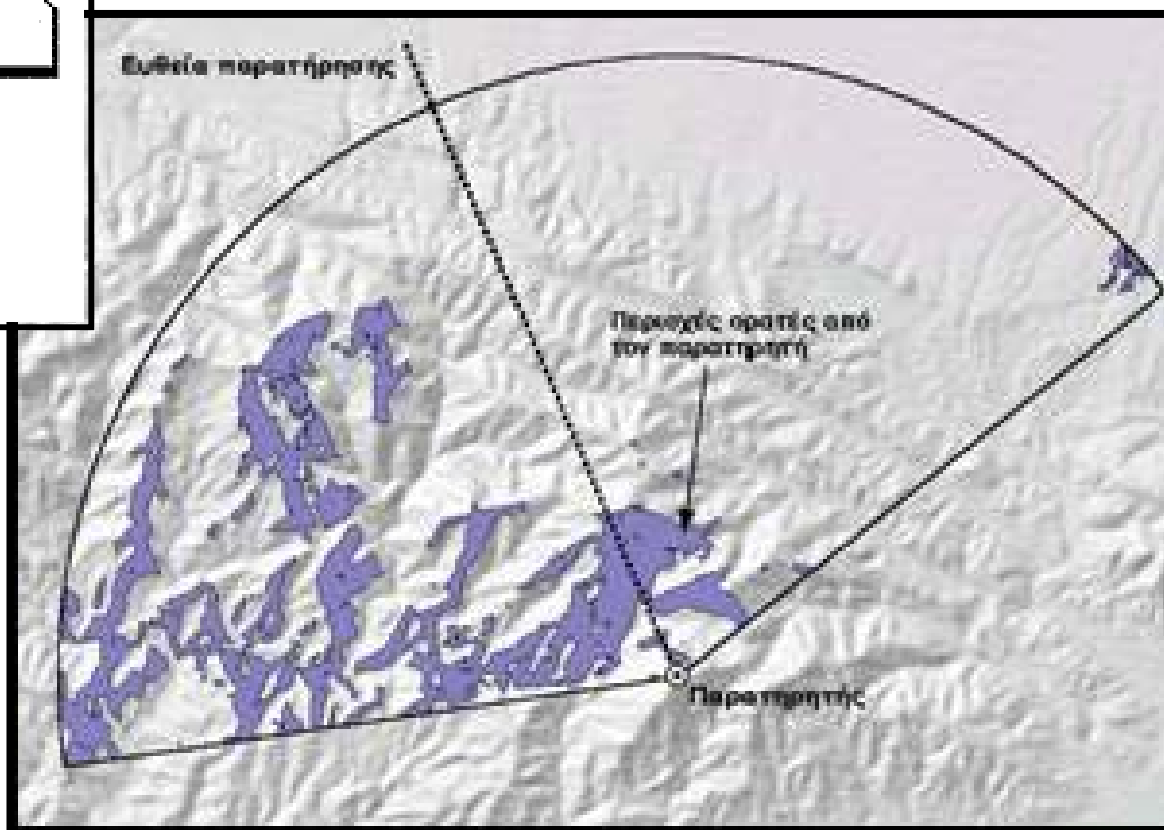
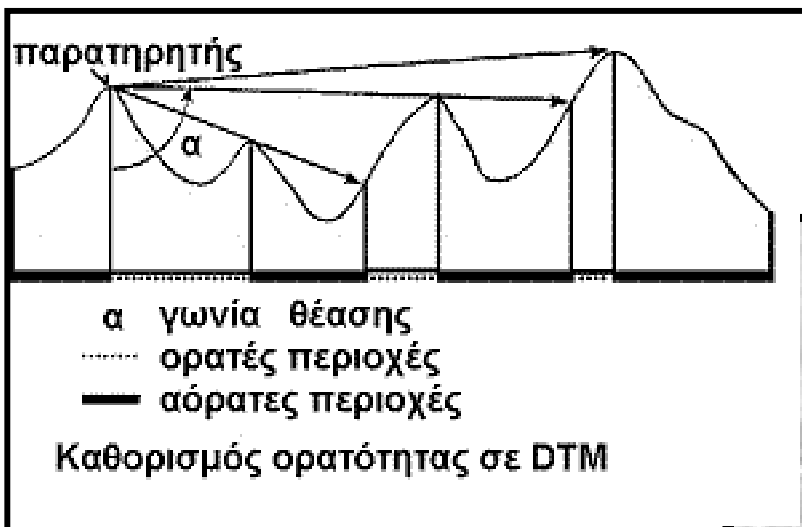
Υπολογισμός όγκων

$\{base_value\}$: επίπεδο αναφοράς

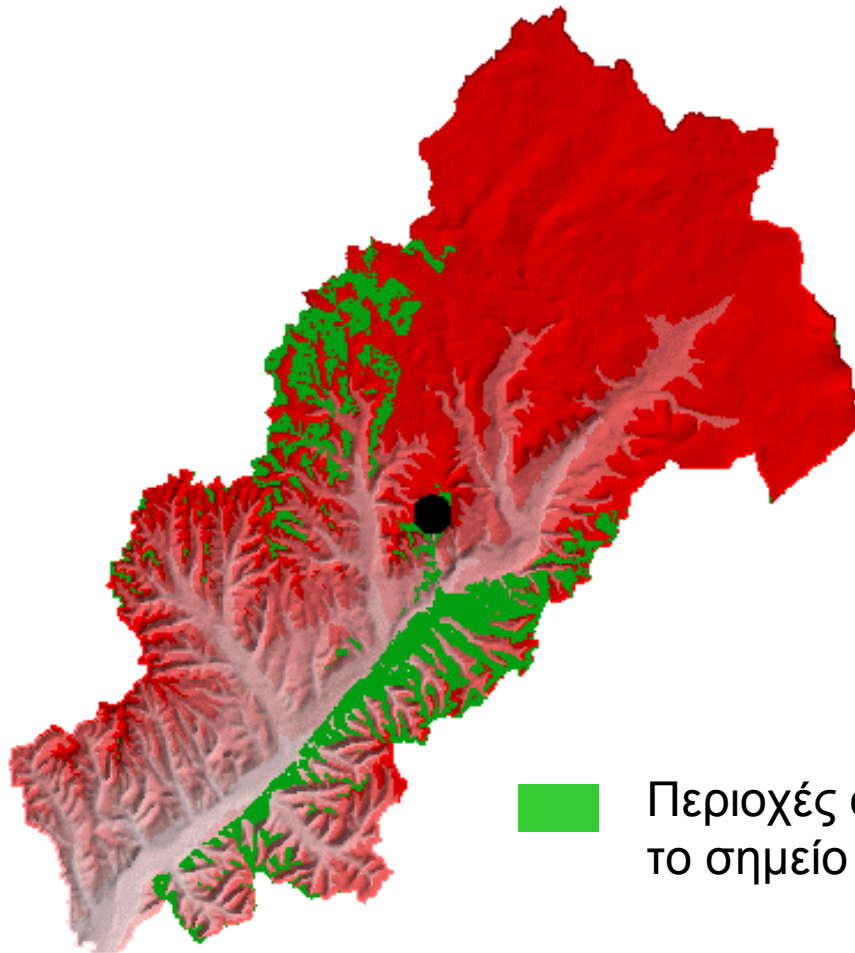
ZMIN : ελάχιστο υψόμετρο

ZMAX: μέγιστο υψόμετρο

Ανάλυση συνθηκών ορατότητας



Ορατότητα...

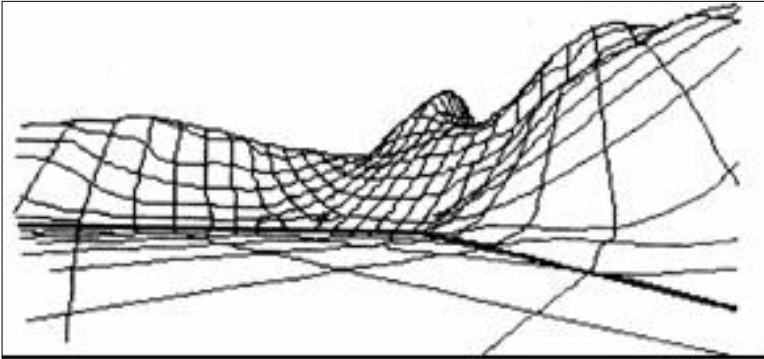


Ποιο τμήμα της
επιφάνειας είναι ορατό
από το συγκεκριμένο
σημείο παρατήρησης;

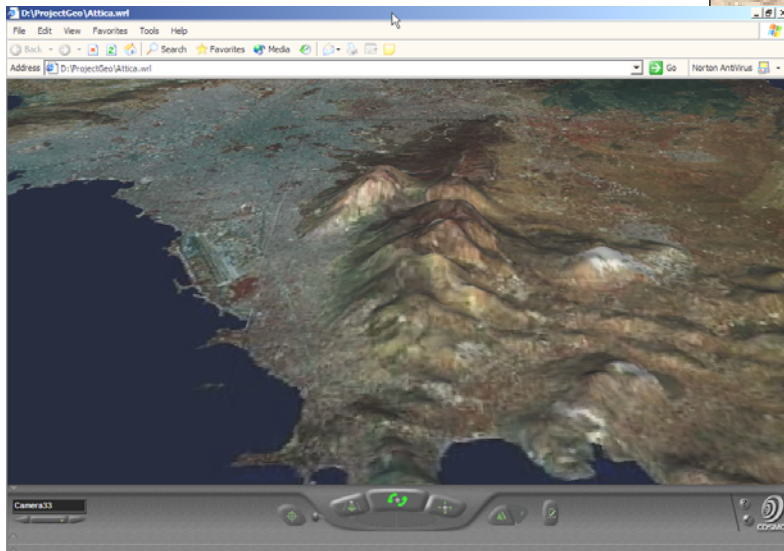
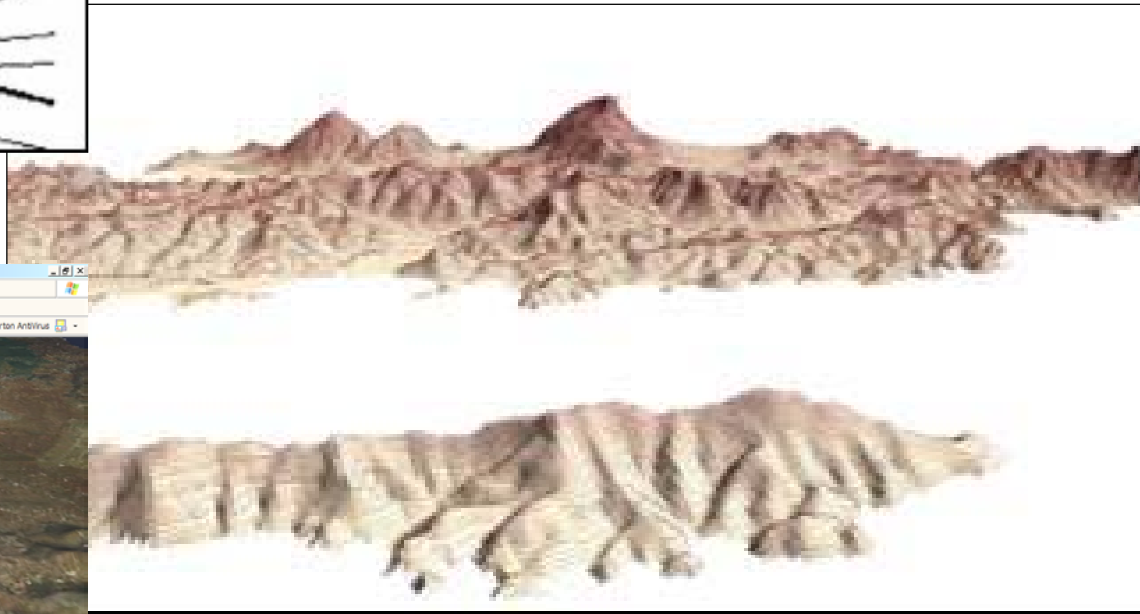


Περιοχές ορατές από
το σημείο παρατήρησης

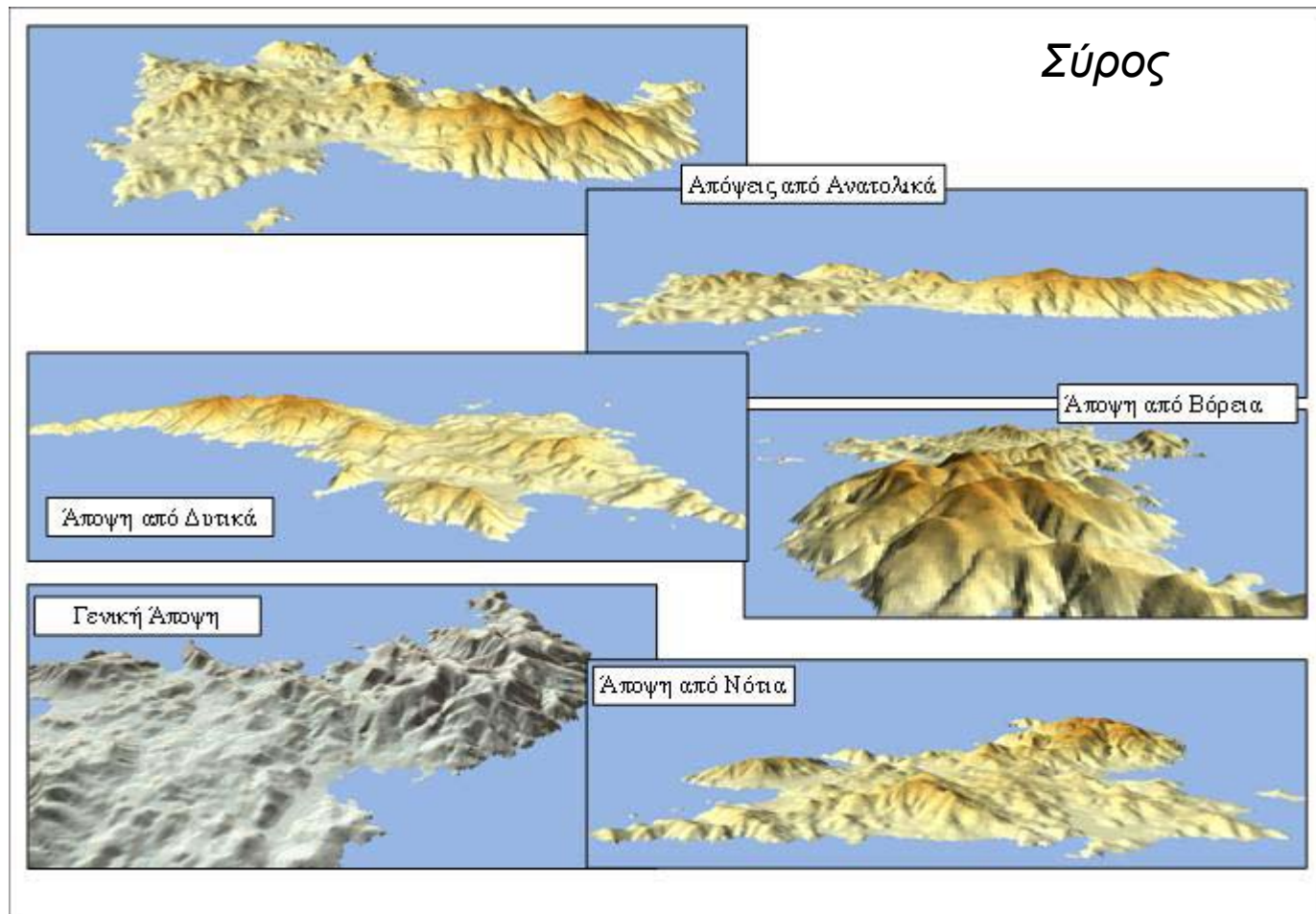
Οπτικοποίηση (2d – 3d)



3d γραφήματα



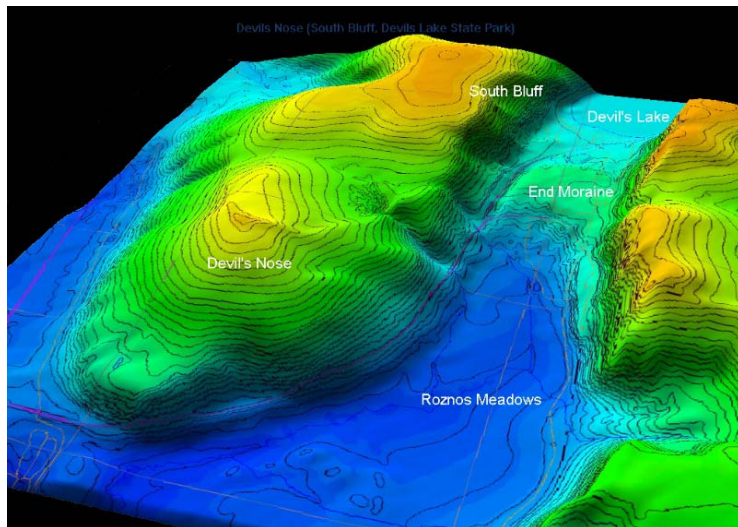
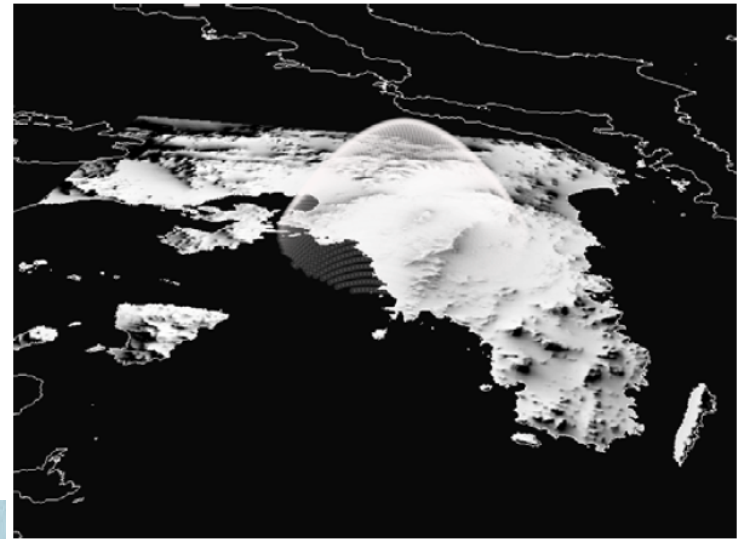
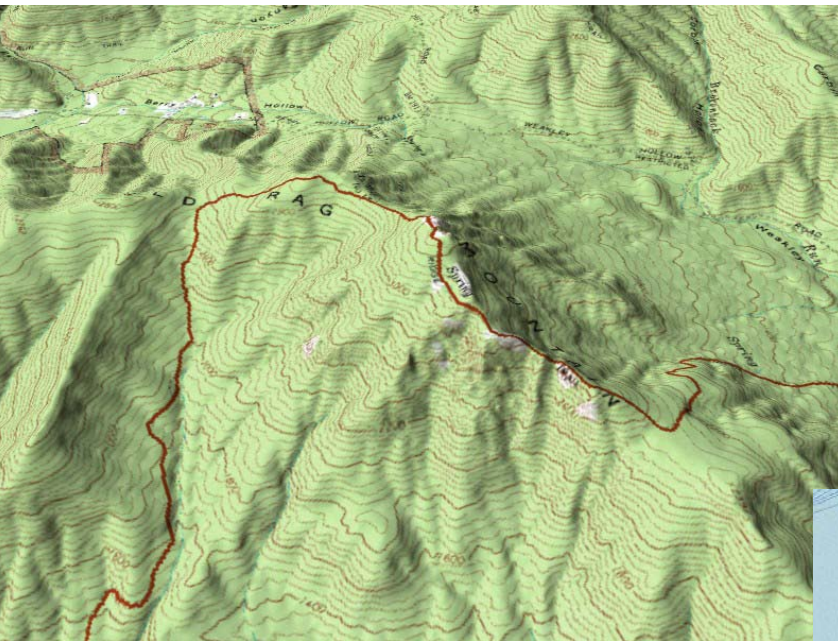
Οπτικοποίηση (2d – 3d)



Οπτικοποίηση...

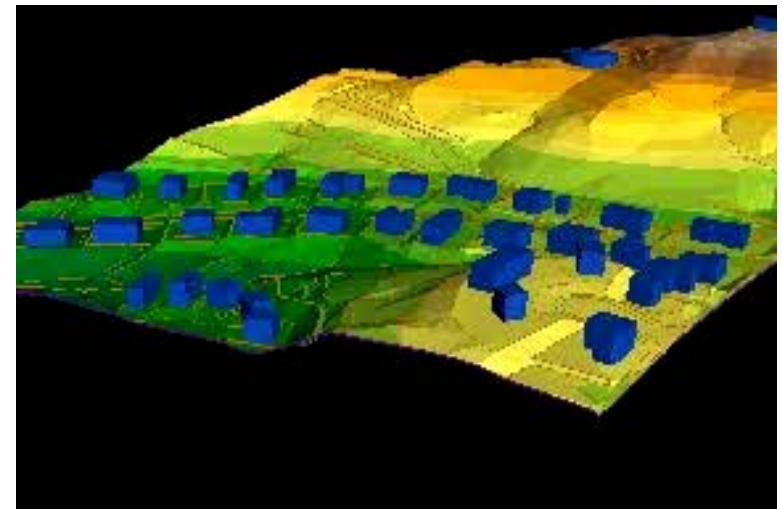


Οπτικοποίηση...

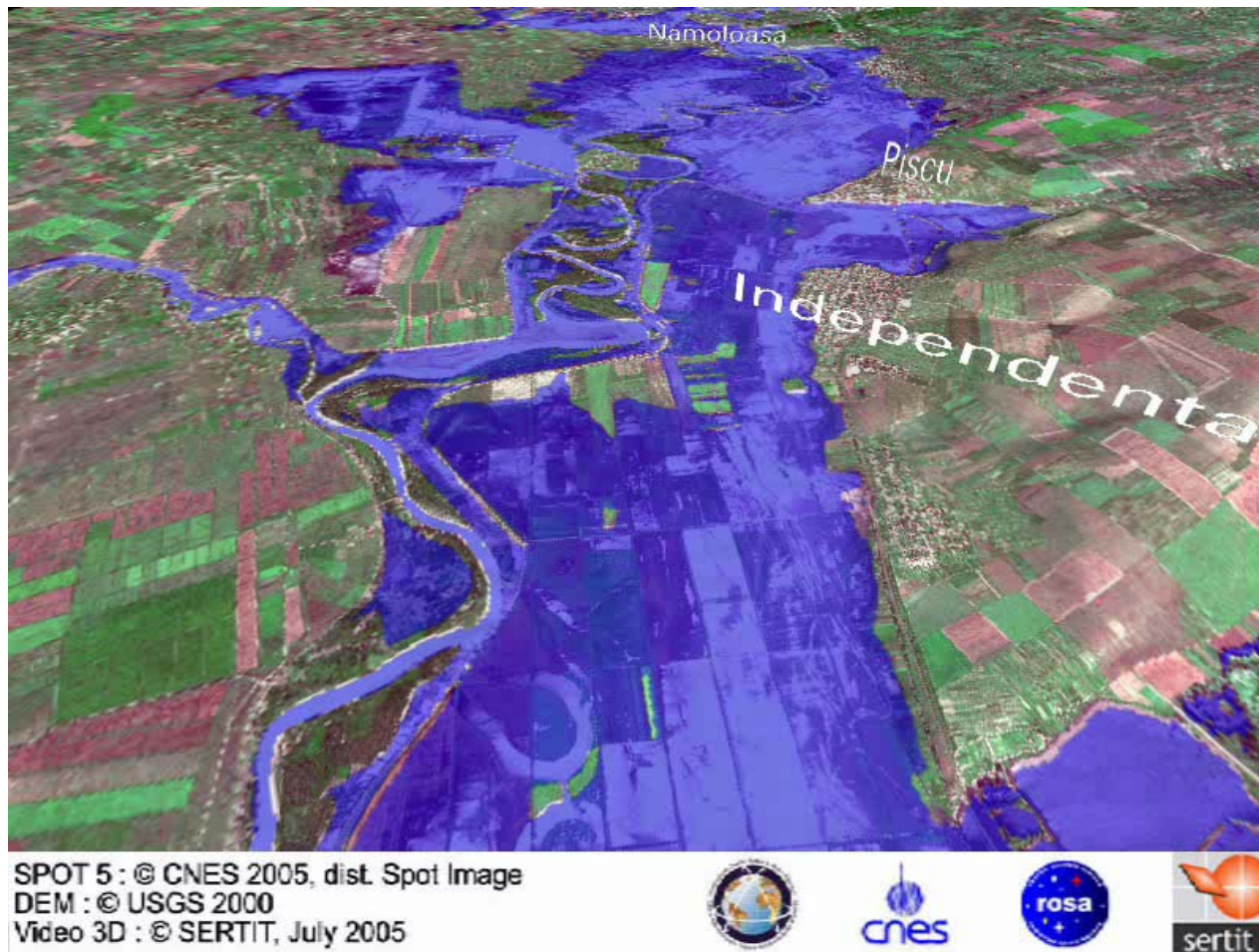


Εικονικές πτήσεις - διαδρομές

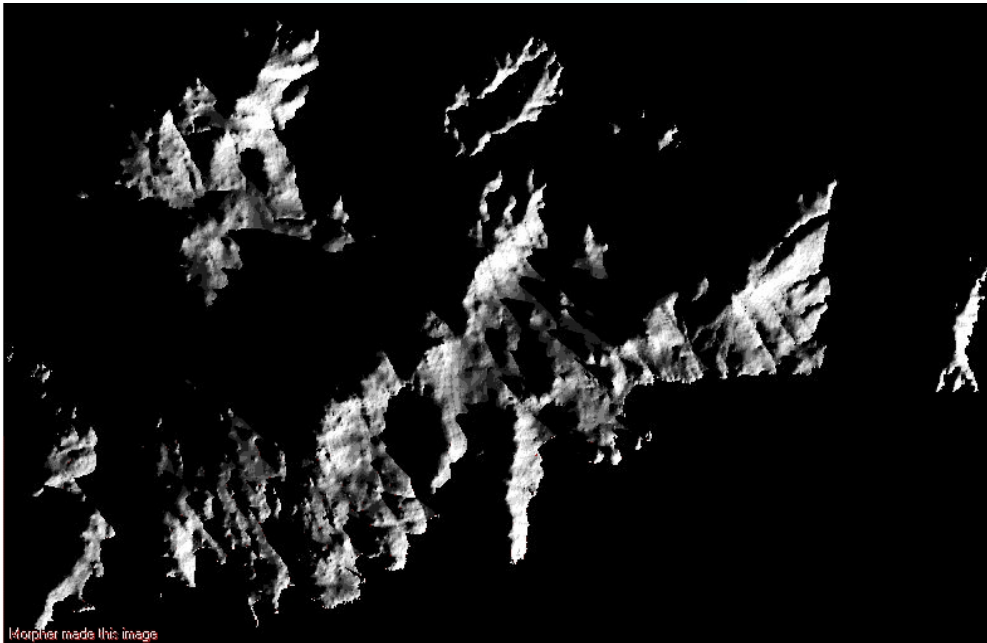
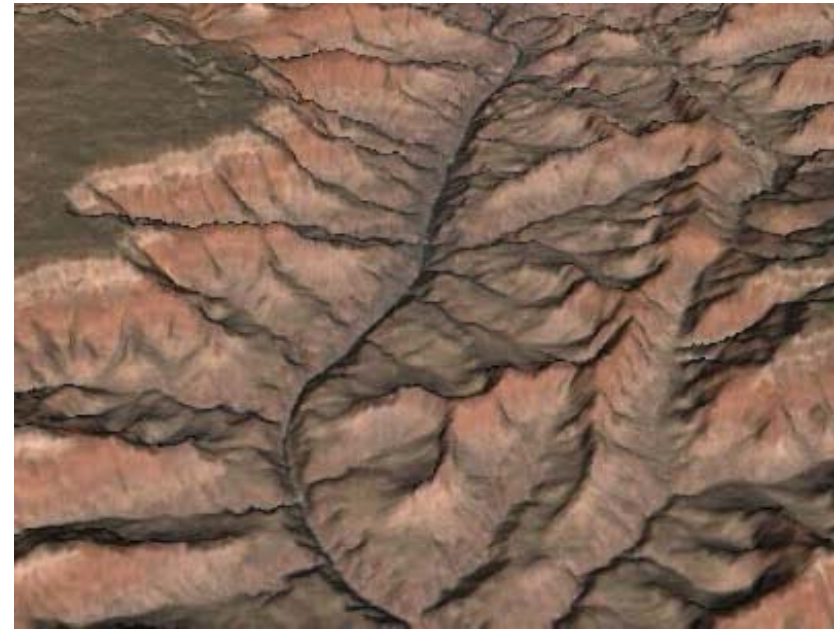
Virtual Flights / Routes



Εικονικές πτήσεις - διαδρομές

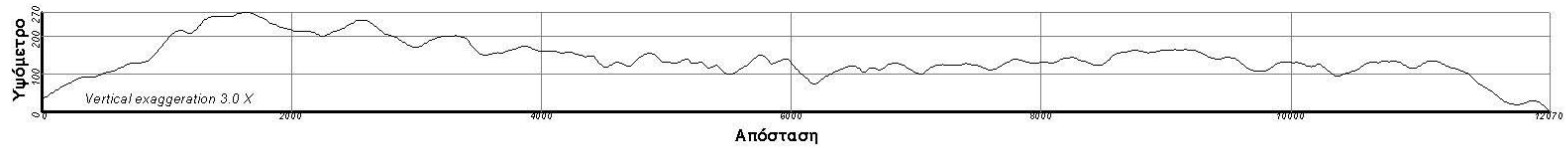


Εικονικές πτήσεις - διαδρομές

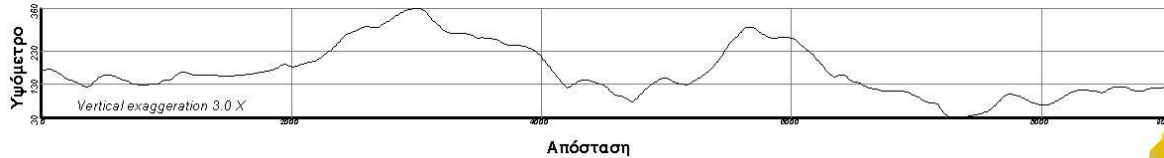


Δημιουργία τομών

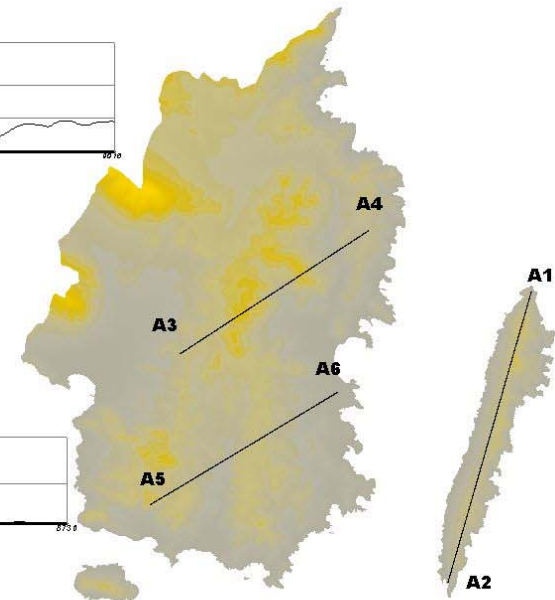
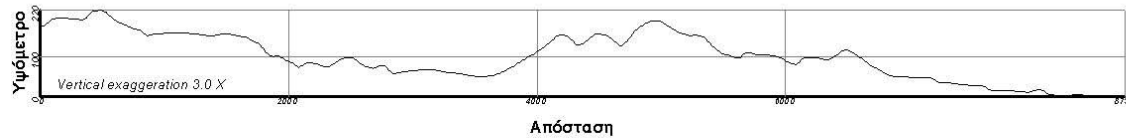
ΜΗΚΟΤΟΜΗ Α1-Α2



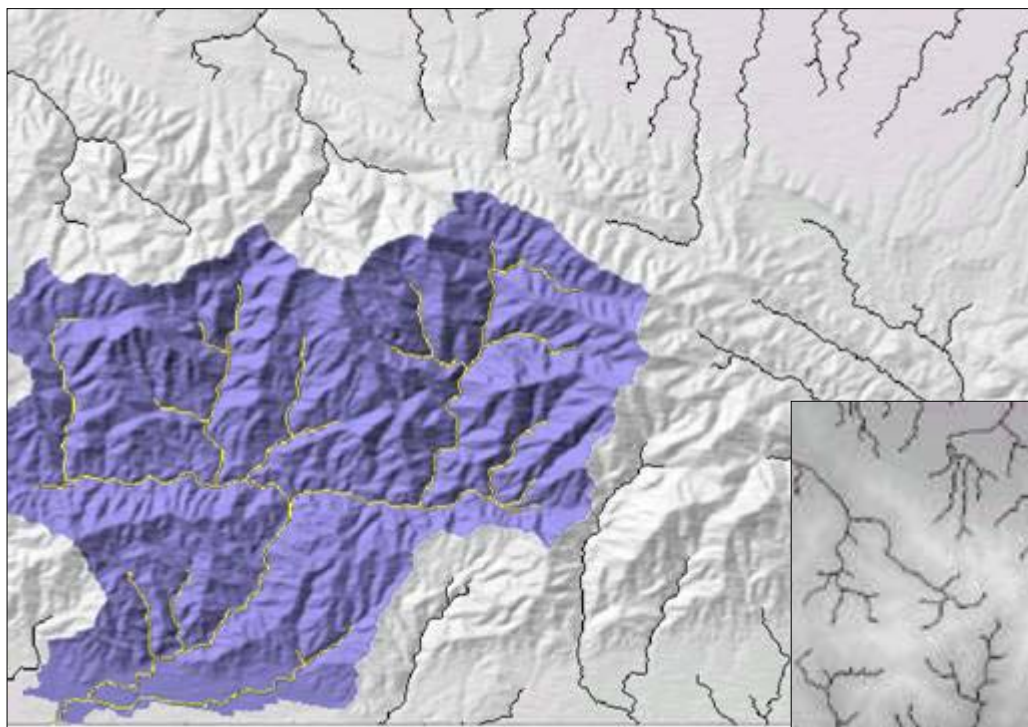
ΜΗΚΟΤΟΜΗ Α3-Α4



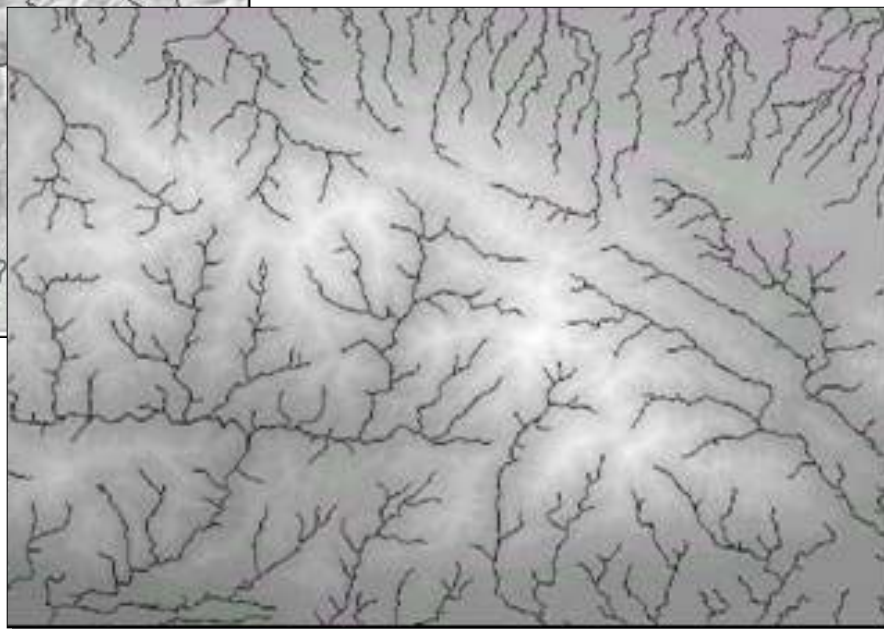
ΜΗΚΟΤΟΜΗ Α5-Α6



Υδρολογική Ανάλυση – γεωμορφές



Υδρολογικές λεκάνες -
υδροκρίτες

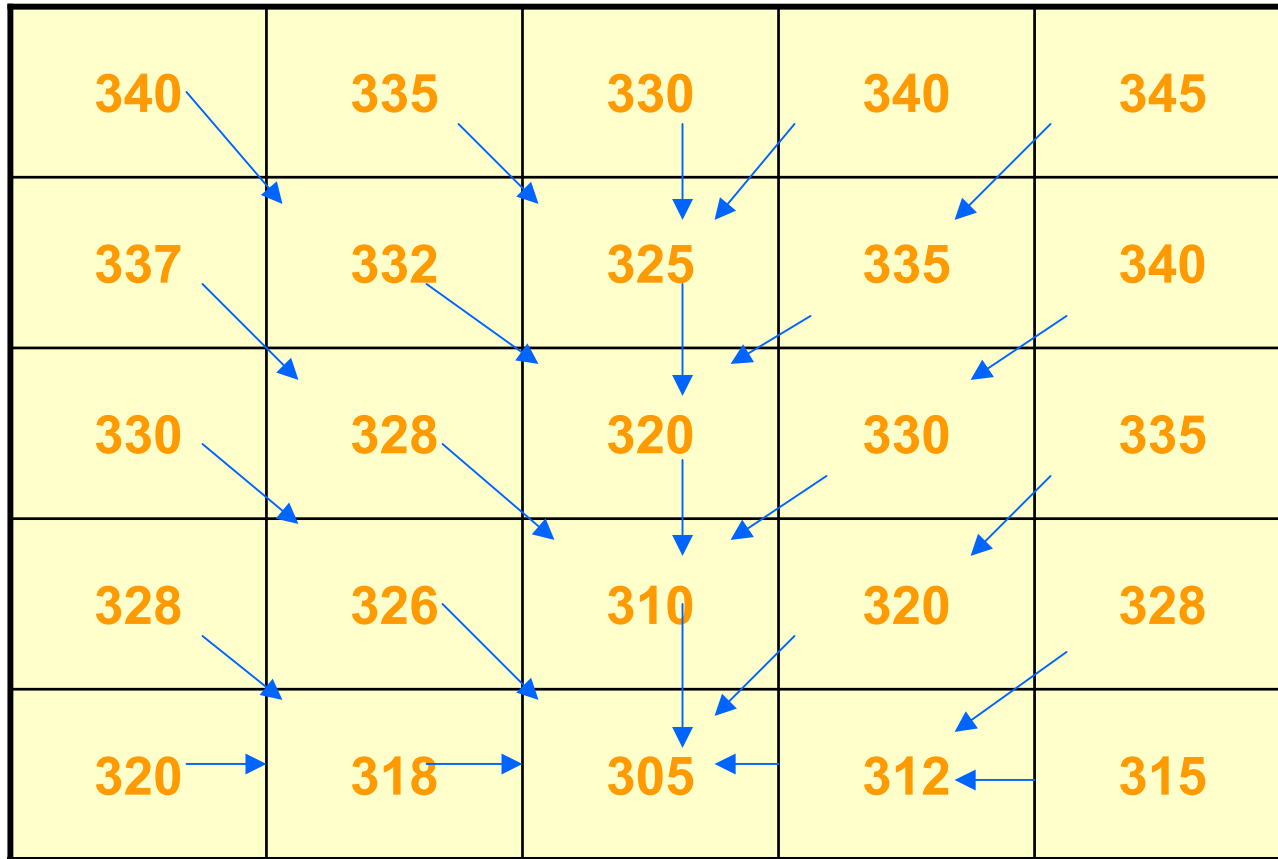


Προσδιορισμός
υδρογραφικού δικτύου

Διεύθυνση ροής (flow direction)

- Καθορίζεται με βάση το υψόμετρο των γειτονικών ψηφίδων
 - Επιτρεπτή κίνηση του νερού - λόγω βαρύτητας - μόνο από μια ψηφίδα σε άλλη
- ΠΡΟΣΟΧΗ στις τοπικές ταπεινώσεις
 - Τα μοντέλα αυτά θεωρούν ότι δεν υφίστανται τοπικές ταπεινώσεις

Διεύθυνση ροής σε ένα DEM



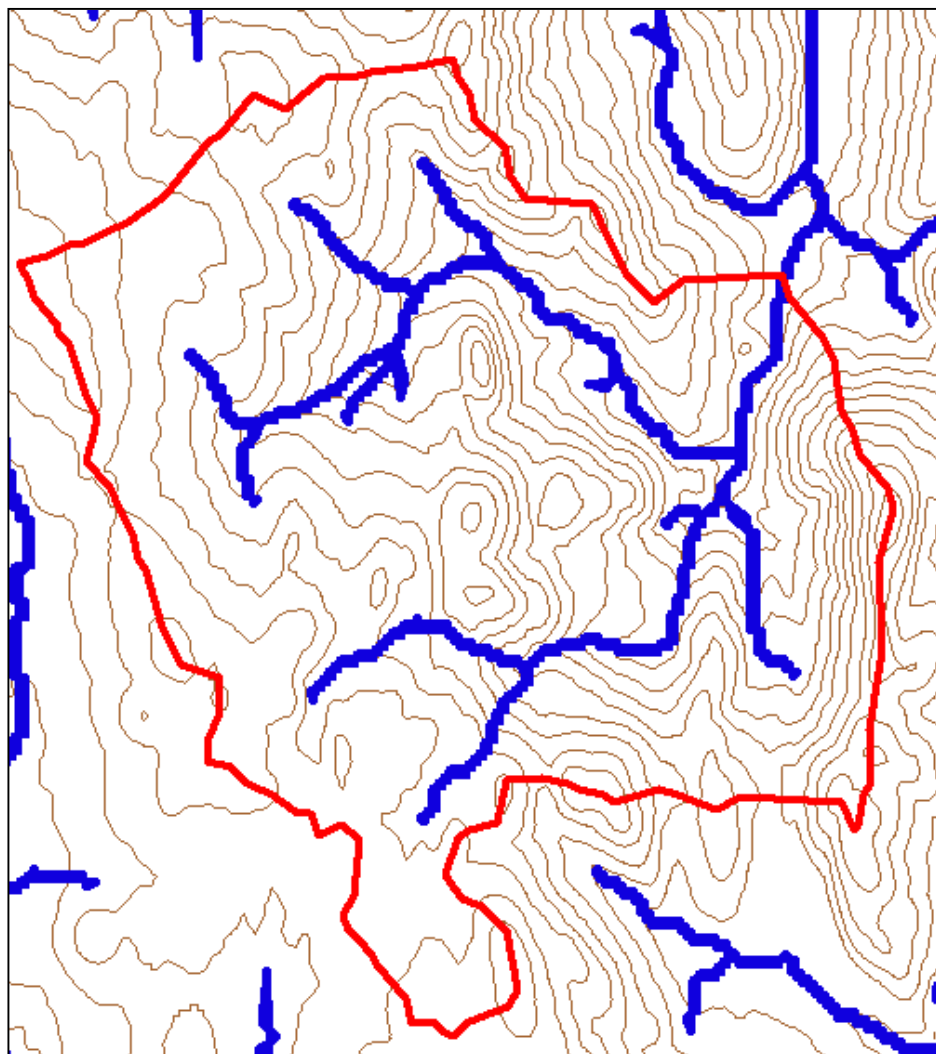
Διεύθυνση ροής για κάθε ψηφίδα

32	64	128
16	Ψηφίδα αναφοράς	1
8	4	2

Χάραξη λεκανών απορροής

- Ξεκινά από μια ψηφίδα αναφοράς σε δεδομένων διεύθυνσης ροής (τα οποία έχουν προέλθει από ένα DEM)
 - Εύρεση των ψηφίδων (A) οι οποίες τροφοδοτούν την ψηφίδα αναφοράς
 - Εύρεση των ψηφίδων οι οποίες τροφοδοτούν τις (A).
 - επανάληψη ...
- Όλες αυτές οι ψηφίδες απαρτίζουν μια λεκάνη απορροής

Λεκάνες απορροής...

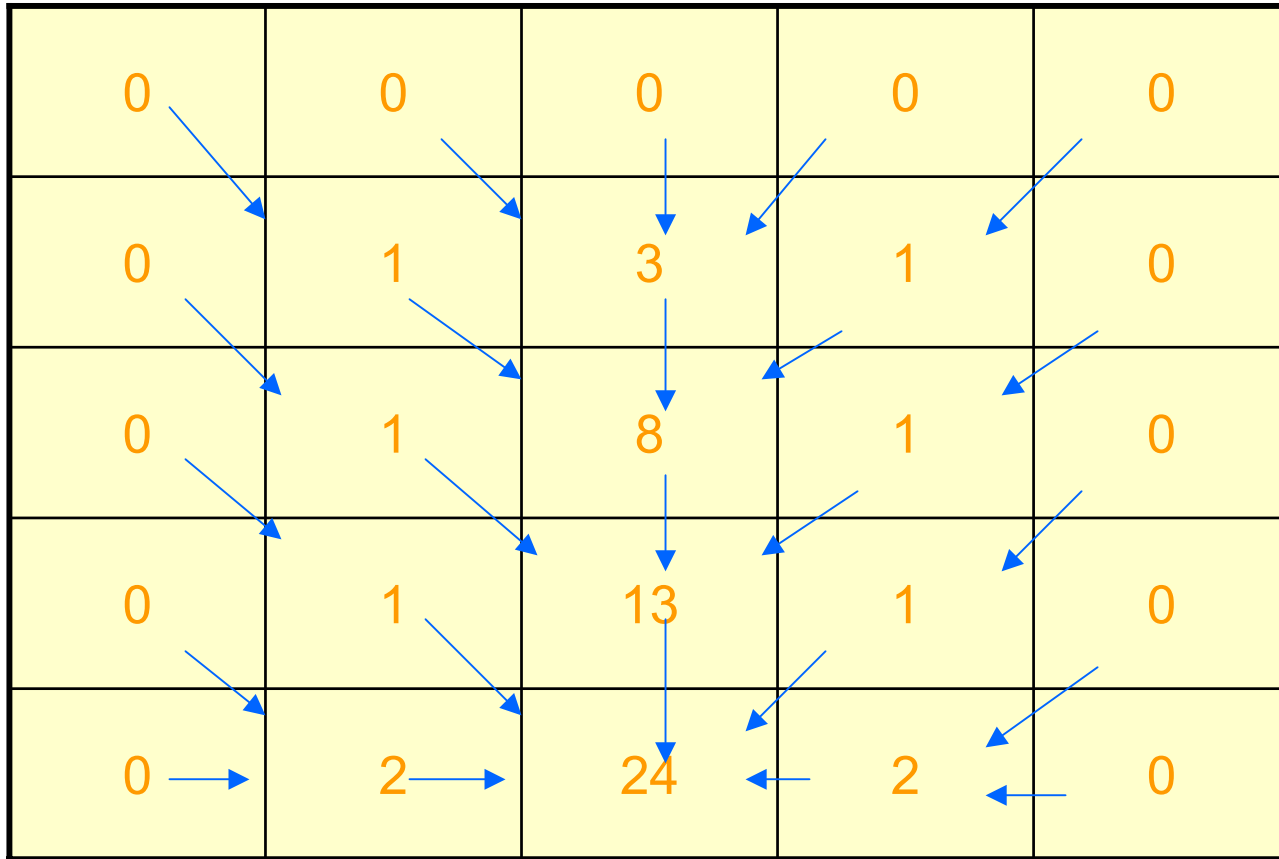


Πριν από κάποιες δεκαετίες
Η χάραξή τους γινόταν μόνο
με χειροκίνητο τρόπο ...

Συσσωρευτική ροή (Flow Accumulation)

- Ο αριθμός των κελιών ή η έκταση η οποία συνεισφέρει στην απορροή για μια ψηφίδα
- Η συσσώρευση αυτή όταν φτάσει κάποιο όριο είναι κατάλληλη για να σχηματίσει ένα δίκτυο
- Πρόκειται για το τμήμα μιας λεκάνης απορροής το οποίο απορρέει σε μια συγκεκριμένη ψηφίδα

Συσσωρευτική ροή από DEM



Συσσωρευτική ροή για κάθε ψηφίδα
Συχνά σφάλματα στα όρια του DEM

Χάραξη δικτύου απορροής



Το δίκτυο απορροής
όπως ορίζεται από τη
συσσωρευτική ροή
(ψηφίδες με έκταση
αντίστοιχης
συσσωρευτικής ροής
πάνω από ένα όριο)