



Πανεπιστήμιο  
Αιγαίου

Ανοικτά  
Ακαδημαϊκά  
Μαθήματα



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΣΠ**

*Διευθυντής: καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος*



# Εισαγωγή στην Τοπογραφία & ΓΣΠ

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος

[ihat@aegean.gr](mailto:ihat@aegean.gr)

[http://www.env.aegean.gr/labs/Remote\\_sensing/Remote\\_sensing.htm](http://www.env.aegean.gr/labs/Remote_sensing/Remote_sensing.htm)



**Διάλεξη-07**  
**Ψηφιακά μοντέλα εδάφους**

# Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Ψηφιακά μοντέλα εδάφους

- **Η θεωρία περιλαμβάνει:**

- Στοιχεία ψηφιακού χάρτη – μοντέλα δεδομένων, Κυψελιδωτό μοντέλο – ψηφιακή εικόνα. Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ), Digital Terrain Models (DTM), ή Ψηφιακά Υψομετρικά Μοντέλα (ΨΥΜ) ή Digital Elevation Models (DEM), Digital Surface Models (DSM).
- Μαθηματικά μοντέλα επιφάνειας εδάφους. ΨΜΕ - ψηφιδωτό, κυψελίδες, πλέγμα, καρέ, κάναβος (GRID, raster).
- ΨΜΕ με ακανόνιστη επίπεδη τριγωνική μορφή (TIN). Το υψόμετρο Z μέσα σε κάθε τρίγωνο, π.χ. στο τρίγωνο (1,2,3).
- Δημιουργία ΨΜΕ GRID από τον κεντροβαρικό μέσο όρο (IDW).
- Βαθμός ομαλοποίησης μιας επιφάνειας.
- Η διγραμμική συνάρτηση παρεμβολής.
- Η διπλοκυβική καμπυλόγραμμος συνάρτηση παρεμβολής (Bicubic spline).
- Χρήσεις των ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Αναλυτικός προσδιορισμός υψομέτρων από ΨΜΕ. Αναλυτικός προσδιορισμός ισοϋψών από ΨΜΕ. Προοπτική παρουσίαση ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Κλίσεις, προσανατολισμός κελιών και σκίαση.
- Εφαρμογή ΨΜΕ στη διαχείριση υδατικών πόρων.

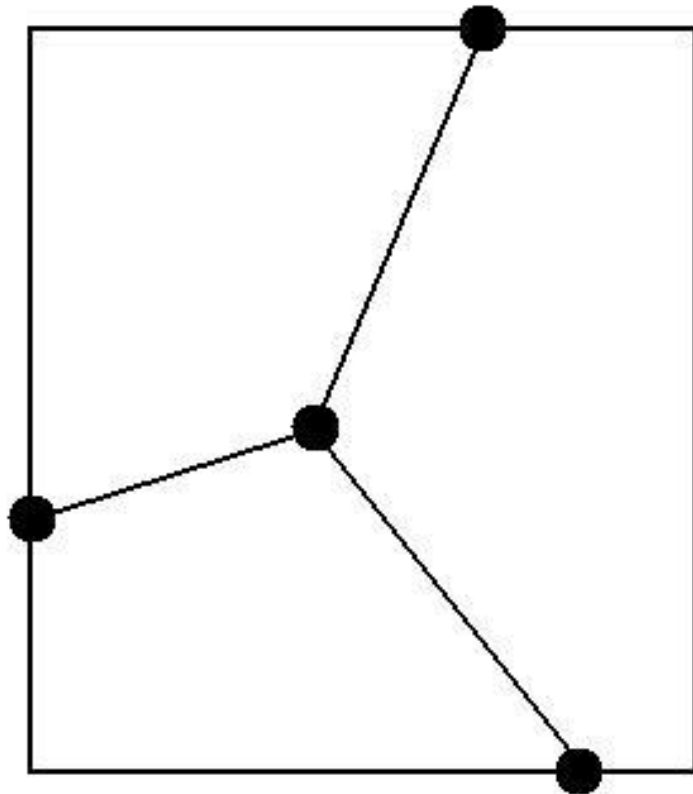
- **Το εργαστήριο περιλαμβάνει:**

- Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

- **Λέξεις κλειδιά:**

- ΨΜΕ, DTM, ΨΥΜ, DEM, DSM, ψηφιδωτό, κυψελίδες, πλέγμα, καρέ, κάναβος, GRID, raster, TIN, IDW, ομαλοποίηση, διγραμμική, διπλοκυβική, Bicubic, καμπυλόγραμμος, spline, υψόμετρα, ισοϋψείς, προοπτικό, κλίσεις, προσανατολισμός, aspect, σκίαση, υδατικοί πόροι.

# Στοιχεία ψηφιακού χάρτη – μοντέλα δεδομένων

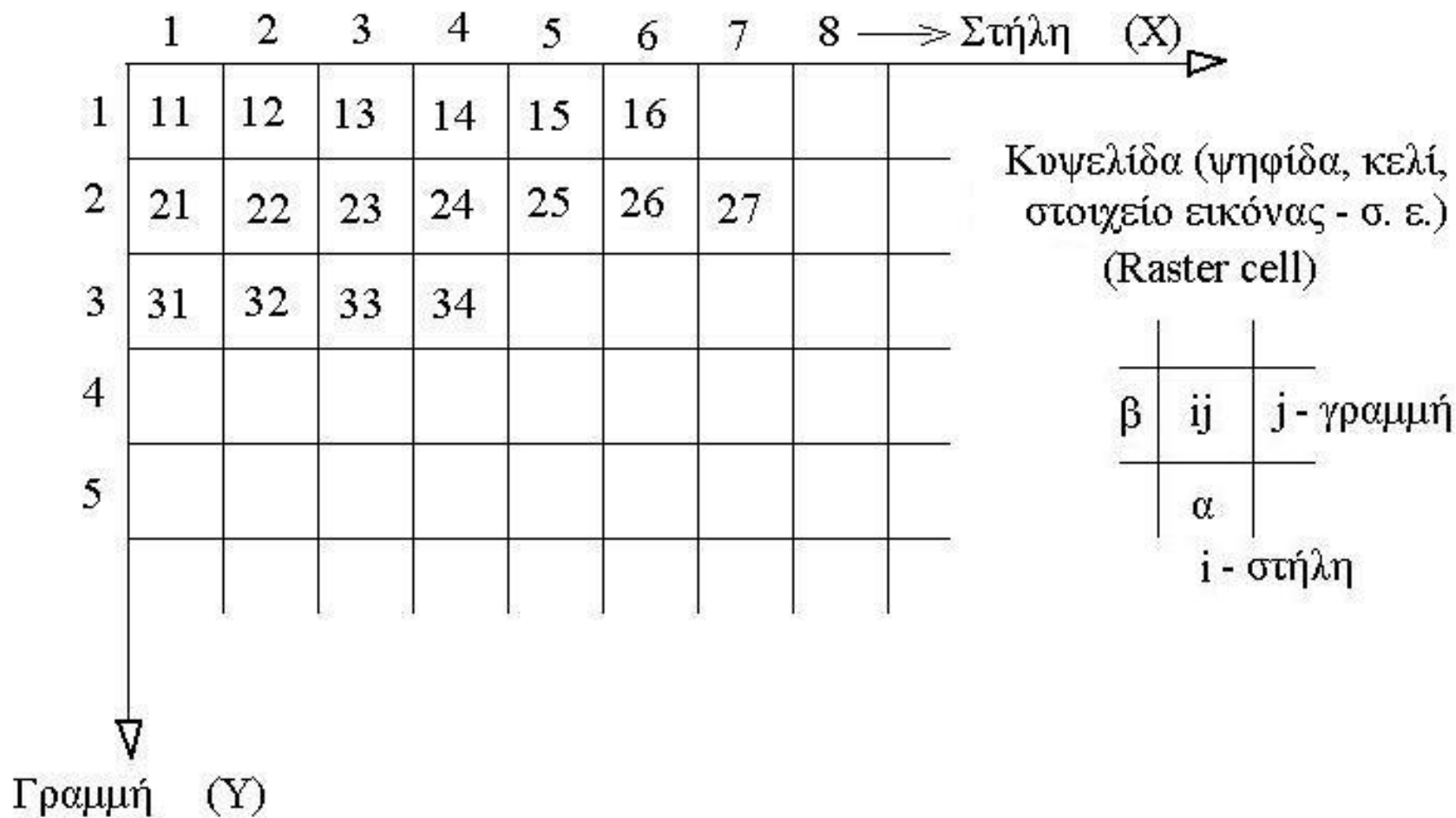


(α) Διανυσματικό Μοντέλο

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | A | A | A | A | A | A | C | C |
| A | A | A | A | A | A | C | C | C |
| A | A | A | A | A | A | C | C | C |
| A | A | A | A | A | C | C | C | C |
| A | A | A | A | C | C | C | C | C |
| A | A | B | B | C | C | C | C | C |
| B | B | B | B | B | C | C | C | C |
| B | B | B | B | B | B | C | C | C |
| B | B | B | B | B | B | B | B | C |

(β) Κυβελιδωτό Μοντέλο

# Κυψελιδωτό μοντέλο

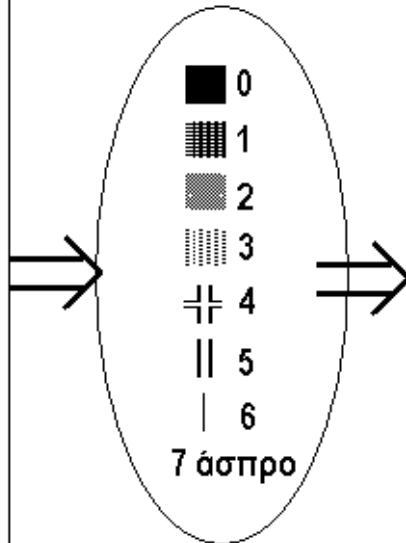


# Κυψελιδωτό μοντέλο – ψηφιακή εικόνα

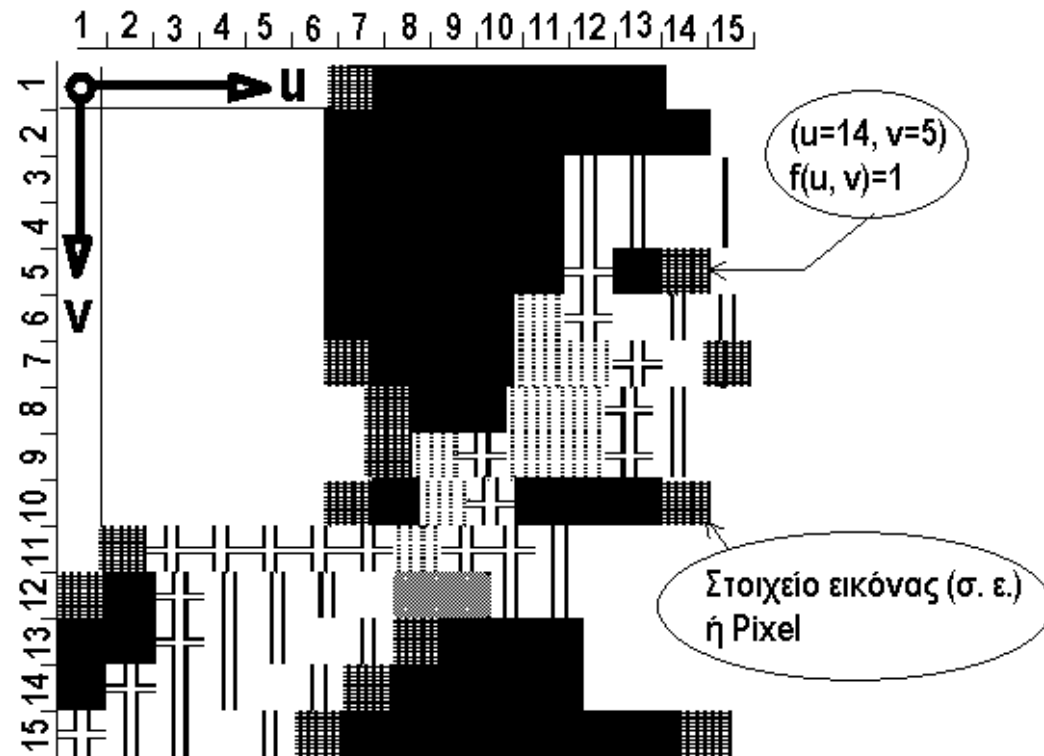
Ψηφιακές τιμές αμαύρωσης 15x15  
(λανθάνουσα εικόνα)

```
777777100000077  
777777000000007  
777777000005576  
777777000005576  
777777000004017  
777777100033471  
77777710033457  
77777713433457  
777777103400017  
714444434457777  
104555722557777  
004557510007777  
045575100001777  
455751000000177
```

γραμμοσκιά / τιμή



Παρουσίαση εικόνας



# Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ)

## Digital Terrain Models (DTM)

### ή Ψηφιακά Υψομετρικά Μοντέλα (ΨΥΜ) ή

## Digital Elevation Models (DEM)

### ή Digital surface Models (DSM)

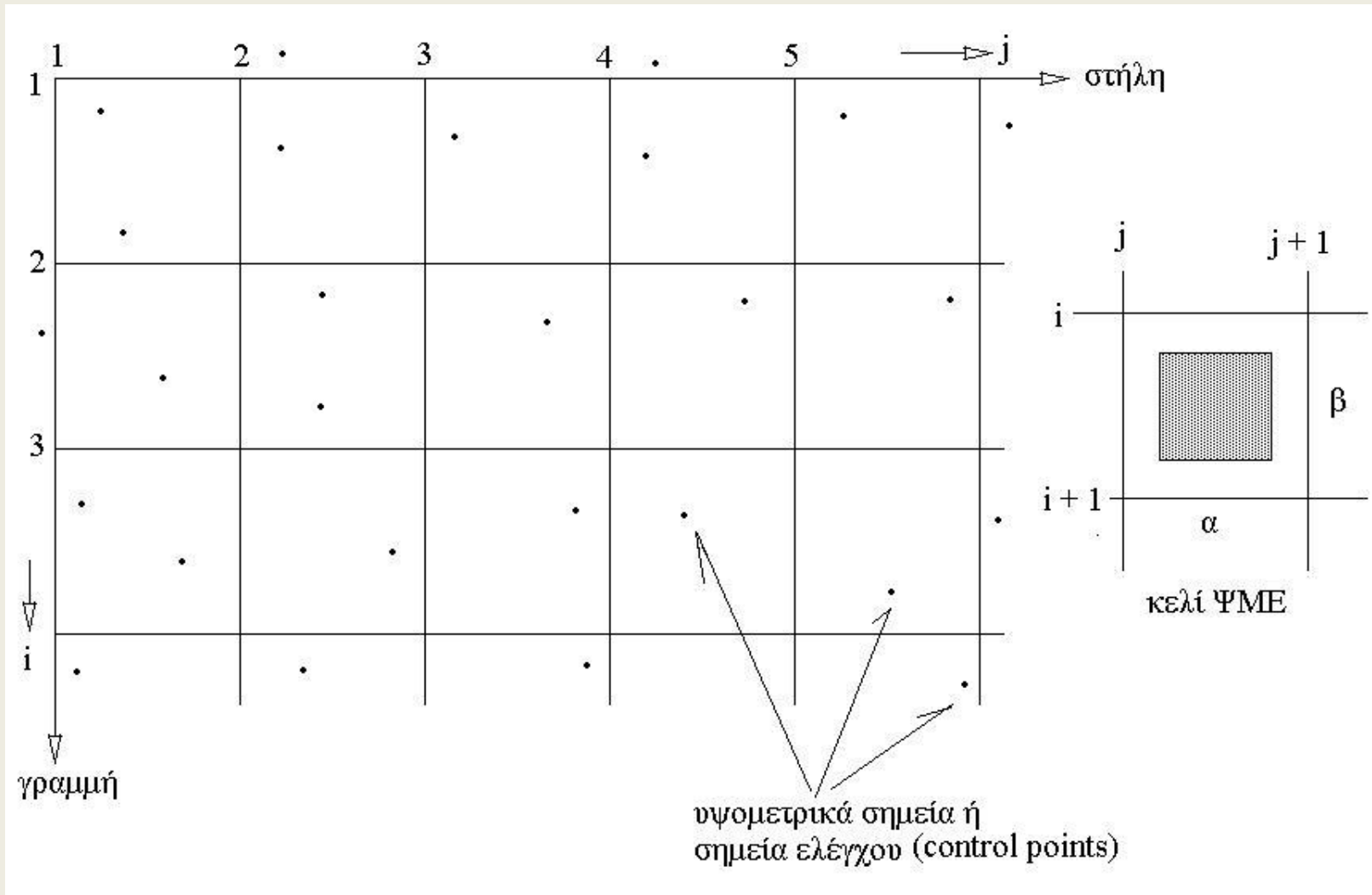
- Ένα σύνολο διακεκριμένων σημείων με γνωστή οριζοντιογραφική θέση και γνωστό υψόμετρο (υψομετρικά σημεία) τα οποία με τη χρήση μαθηματικής συνάρτησης (μαθηματικό μοντέλο) συνθέτουν αξιόπιστα το ανάγλυφο της επιφάνειας του εδάφους.
- Ακανόνιστη κατανομή: Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων (ΔΑΤ) ή TIN (*Triangulated Irregular Network*)
- Κατανομή σε κορυφές κανάβου: ψηφιδωτό, κυψελίδες, πλέγμα, καρέ, κάναβος (GRID, raster)
  - Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (ΨΜΕ, DTM) είναι μια γενική περίπτωση αντιπροσώπευσης της γήινης επιφάνειας με τις συνέχειες και ασυνέχειες (*brake lines*). Συνήθως ορίζονται ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα (ΨΥΜ) ή DEM (*digital Elevation Models*) αυτά που αντιπροσωπεύουν μια συνεχή γήινη επιφάνεια χωρίς ασυνέχειες.
  - Εδώ οι όροι ΨΜΕ, DTM και ΨΥΜ, DEM θα έχουν την ίδια έννοια.



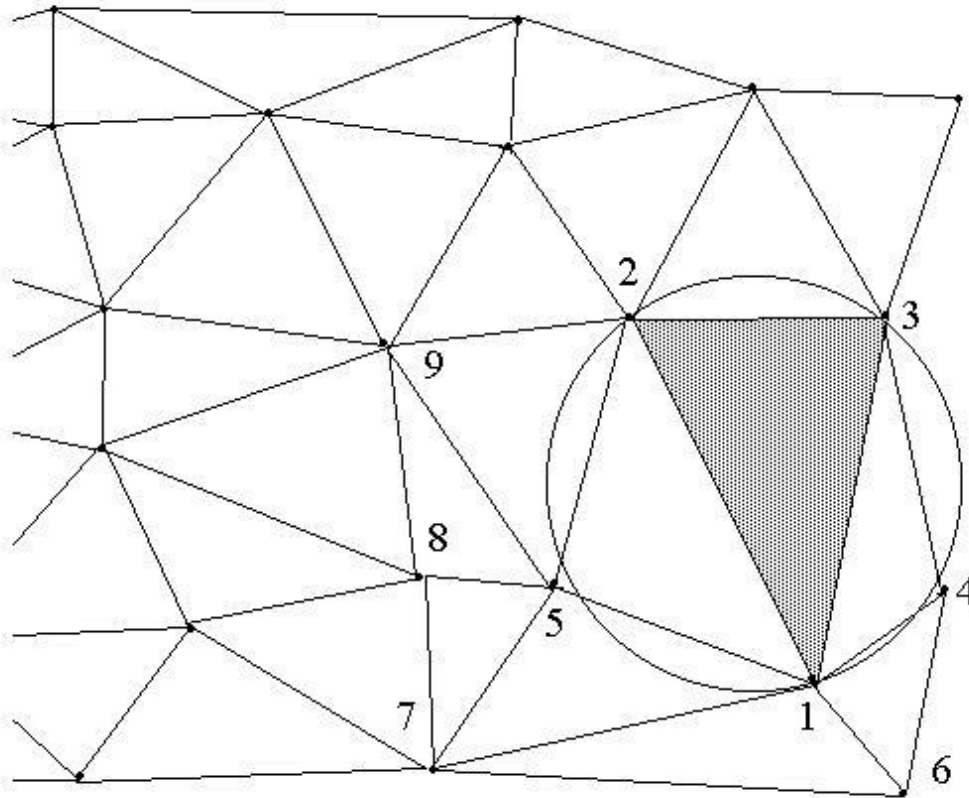
# Μαθηματικά μοντέλα επιφάνειας εδάφους

- $Z = A.X + B.Y + \Gamma$  :επίπεδο
- $Z Z = A.X + B.Y + \Gamma.X.Y + \Delta$  :διγραμμική
- $Z = A.X^2 + B.Y^2 + \Gamma.X.Y + \Delta.X + E.Y + H$  :δευτέρου βαθμού πολυώνυμο
- $Z =$  ανωτέρου βαθμού πολυώνυμο
  - Όπου  $Z$  είναι το υψόμετρο
  - $X, Y$  είναι οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες
  - $A, B, \Gamma, \dots$  είναι οι συντελεστές που καθορίζουν το κάθε μοντέλο
- Επιλογή μαθηματικού μοντέλου
  - την ομαλότητα του εδάφους
  - προδιαγραφές ακρίβειας
  - σκοπός που εξυπηρετεί το ψηφιακό μοντέλο
- Επιλέγεται ένα ενιαίο μαθηματικό μοντέλο για ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους
- σε πολύπλοκα εδάφη χρησιμοποιούνται διαφοροποιημένα μοντέλα στις δύσκολες περιοχές (χαράδρες, γκρεμούς κλπ.).
  - Οι πολύπλοκες συναρτήσεις τείνουν προς την ομαλοποίηση της επιφάνειας του εδάφους → γενίκευση δεδομένων (generalization) με σκοπό την απλοποίηση
  - σε μεγάλης ακρίβειας ανάγλυφο χρησιμοποιούνται απλούστερες συναρτήσεις όπως είναι το επίπεδο και η διγραμμική.

# ΨΜΕ - ψηφιδωτό, κυψελίδες, πλέγμα, καρέ, κάναβος (GRID, raster)

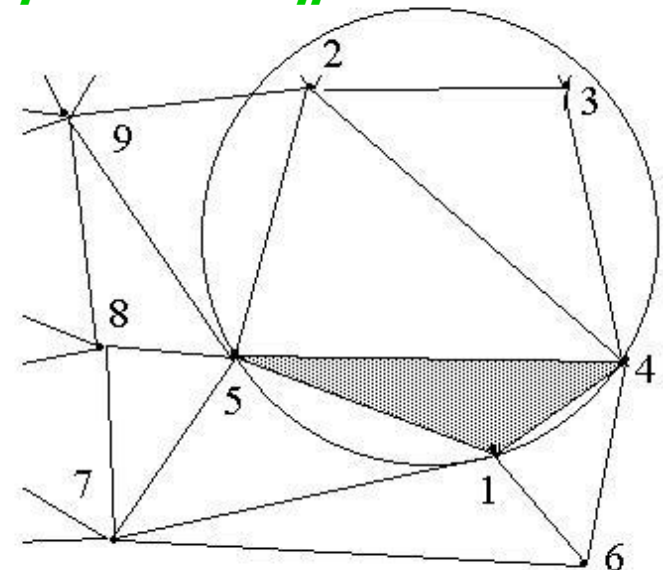


# ΨΜΕ με ακανόνιστη επίπεδη τριγωνική μορφή (ΤΙΝ)



Σωστό τρίγωνο  
με βάση το κριτήριο του Deluanay

*Ο περιγεγραμμένος στο  
επιλεγμένο τρίγωνο  
κύκλος δεν πρέπει να  
περιέχει κανένα άλλο  
γειτονικό σημείο*



λάθος τρίγωνο

# Το υψόμετρο Z μέσα σε κάθε τρίγωνο, π.χ. στο τρίγωνο (1,2,3)

- Υπολογίζεται όταν δοθούν οι συντεταγμένες (X, Y) του σημείου του οποίου θέλουμε να παρεμβάλουμε το υψόμετρο.
  - Χρησιμοποιώντας την γραμμική συνάρτηση (συνάρτηση επιπέδου) το υψόμετρο μέσα στο τρίγωνο (1, 2, 3) υπολογίζεται :
  - Προσδιορίζουμε τους συντελεστές A, B, Γ, Δ της συνάρτησης (μαθηματικού μοντέλου) από τα υψόμετρα στις κορυφές του τριγώνου από την εξής σχέση:

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & Z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Θέτουμε:

$$A = Y_1(Z_3 - Z_2) + Y_2(Z_1 - Z_3) + Y_3(Z_2 - Z_1)$$
$$B = X_1(Z_3 - Z_2) + X_2(Z_1 - Z_3) + X_3(Z_2 - Z_1)$$
$$\Gamma = X_1(Y_2 - Y_3) + X_2(Y_3 - Y_1) + X_3(Y_1 - Y_2)$$
$$\Delta = Z_1(X_2Y_3 - X_3Y_2) + Z_2(X_3Y_1 - X_1Y_3) + Z_3(X_1Y_2 - X_2Y_1)$$

Οπότε το Z υπολογίζεται: 
$$Z = \frac{A \cdot X - B \cdot Y + \Delta}{\Gamma}$$

# Δημιουργία ΨΜΕ GRID από τον κεντροβαρικό μέσο όρο

$$Z_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{Z_k}{(r_k)^\lambda}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{(r_k)^\lambda}}$$

Όπου  $k = 1, 2, \dots, n$ , και συμπεριλαμβάνει όλα τα γειτονικά σημεία που απέχουν από την κορυφή  $i, j$  του κανάβου απόσταση μικρότερη ή ίση με  $R$ .

$\lambda$  είναι ο εκθέτης βάρους που συνήθως παίρνει την τιμή 2.

# Αποθήκευση αρχικών δεδομένων

- Για τον εύκολο εντοπισμό των σημείων που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή που απέχει από τον κόμβο  $i, j$  απόσταση  $R$ , τα αρχικά δεδομένα αποθηκεύονται σε δομημένο αρχείο τυχαίας προσπέλασης και κάθε γραμμή του αρχείου αυτού περιλαμβάνει τις συντεταγμένες  $X, Y, Z$  όλων των αρχικών σημείων που βρίσκονται γύρω από τον κόμβο  $(i, j)$  και πληρούν την συνθήκη:

$$X_{ij} - \frac{a}{2} \leq X < X_{ij} + \frac{a}{2} \qquad Y_{ij} - \frac{\beta}{2} \leq Y < Y_{ij} + \frac{\beta}{2}$$

# Δημιουργία ΨΜΕ GRID από τον κεντροβαρικό μέσο όρο (Τορο\_1nh)

Παρεμβολή κόμβου από τα πλησιέστερα σημεία στον κόμβο

Παράμετροι Δημιουργίας DTM  
Nr = 12 Nc = 11

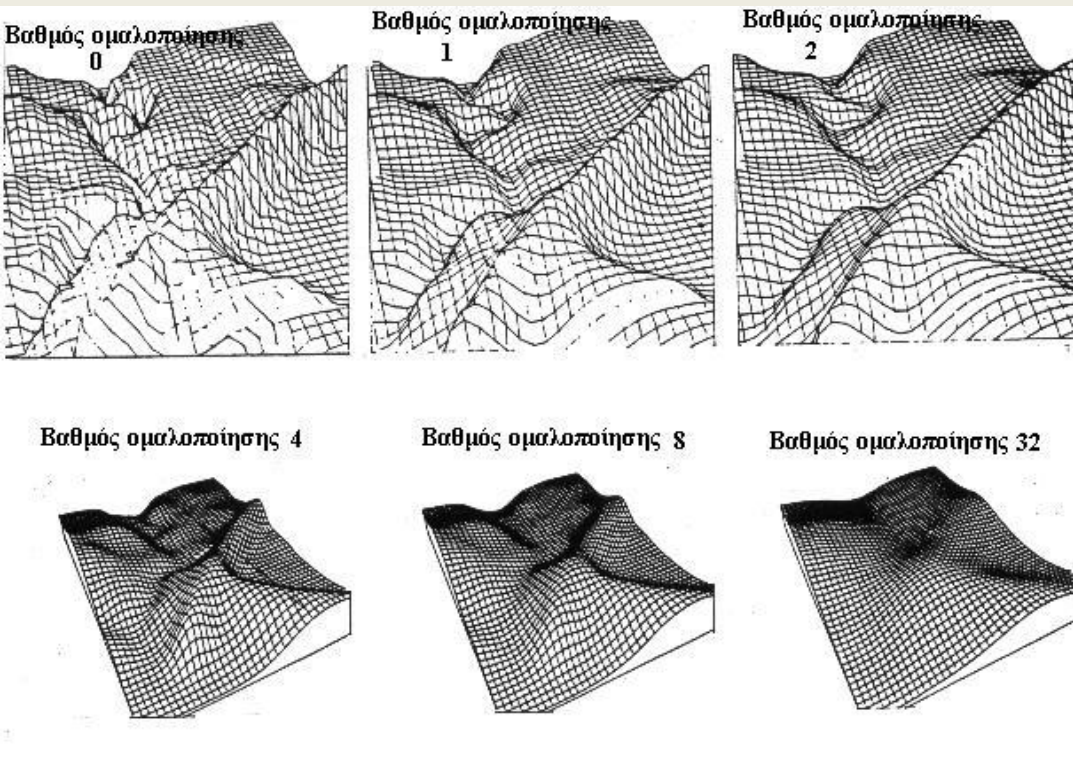
Συντελεστής σχεδίασης

Βάλε -1 να σταματήσει η καθυστέρηση, αλλιώς πάτησε <Enter>

OK  
Cancel

-1

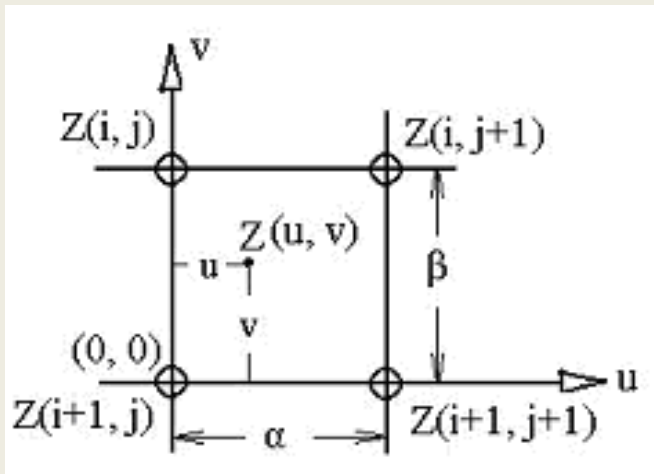
# Βαθμός ομαλοποίησης μιας επιφάνειας



- εξαρτάται από τα πολυώνυμα και τις συνθήκες που χρησιμοποιούνται πάνω στα πολυώνυμα αυτά όπως:
  - (α) Εκεί που διασυνδέονται δύο πολυώνυμα να δίνουν την ίδια τιμή (βαθμός ομαλοποίησης 0).
  - (β) Εκεί που διασυνδέονται δύο πολυώνυμα να δίνουν την ίδια τιμή και επιπλέον να έχουν την ίδια πρώτη παράγωγο (βαθμός ομαλοποίησης 1).
  - (γ) ότι και στο (β) με επιπλέον να έχουν την ίδια δεύτερη παράγωγο (βαθμός ομαλοποίησης 2) κλπ.



# Η διγραμμική συνάρτηση



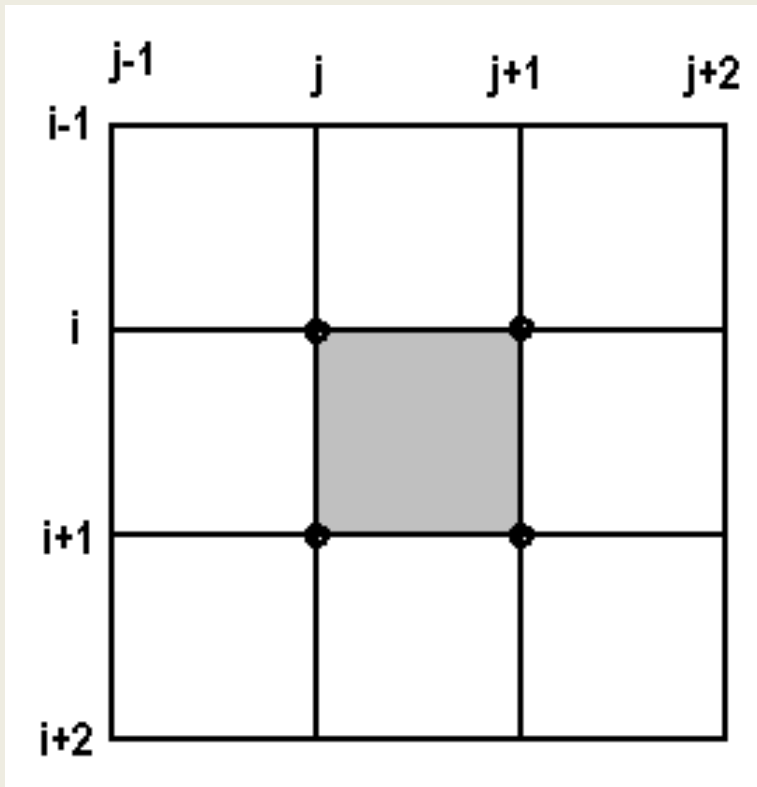
- ορίζεται πλήρως από τα υψόμετρα στις κορυφές του κελιού και ισχύει μόνον εντός του κελιού αυτού.
- Έστω το κελί με υψόμετρα στις κορυφές του πλέγματος  $Z(i, j)$ ,  $Z(i, j+1)$ ,  $Z(i+1, j)$ ,  $Z(i+1, j+1)$
- το υψόμετρο  $Z$  του σημείου  $(u, v)$  που βρίσκεται μέσα στο κελί δίνεται από τη διγραμμική εξίσωση

$$Z(u, v) = \begin{bmatrix} 1 & u \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} \\ a_{10} & a_{11} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ v \end{bmatrix}$$

$$Z(u, v) = \left( 1 - \frac{u}{a} - \frac{v}{\beta} + \frac{u \cdot v}{a \cdot \beta} \right) \cdot Z_{(i+1, j)} + \left( \frac{u}{a} - \frac{u \cdot v}{a \cdot \beta} \right) \cdot Z_{(i+1, j+1)} +$$

$$\left( \frac{v}{\beta} - \frac{u \cdot v}{a \cdot \beta} \right) \cdot Z_{(i, j)} + \left( \frac{u \cdot v}{a \cdot \beta} \right) \cdot Z_{(i, j+1)}$$

# Διπλοκυβική καμπυλόγραμμος παρεμβολή (Bicubic spline)



- συμμετοχή 16 κορυφών. Να σημειωθεί ότι η συνάρτηση που προσδιορίζεται ισχύει μόνο για το γραμμοσκιασμένο κελί («μπάλωμα»)

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & X & X^2 & X^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & a_{02} & a_{03} \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{20} & a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{30} & a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ Y \\ Y^2 \\ Y^3 \end{bmatrix}$$

# Χρήσεις των ψηφιακών μοντέλων εδάφους

- (α) Υπολογισμός του υψομέτρου αναλυτικά σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
- (β) Υπολογισμός της κλίσης αναλυτικά σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
- (γ) Αναλυτικός υπολογισμός του προσανατολισμού της επιφάνειας του κελιού (aspect) σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
- (δ) Αναλυτική κατασκευή μηκοτομών σε οποιαδήποτε κατεύθυνση που συνήθως είναι χρήσιμες σε έργα διαμόρφωσης χώρων, έργα οδοποιίας κλπ.
- (ε) Αναλυτική κατασκευή κατά πλάτος τομών που χρησιμεύουν στην αντιπροσώπευση του εδάφους και βοηθούν στον υπολογισμό όγκου εκσκαφών από έργα εκχωματώσεων / επιχωματώσεων.
- (στ) Αναλυτική κατασκευή ισοϋψών καμπυλών.
- (ζ) Αναλυτική κατασκευή προοπτικού περιοχής.
- (η) Αναλυτική κατασκευή σκιάς σε προοπτικό ή τοπογραφικό περιοχής.
- (θ) Καθοδήγηση πυραύλων Κρούζ.

# Χρήσεις των ψηφιακών μοντέλων εδάφους

- (ι) Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής όμβριων υδάτων και μελέτη και προσδιορισμός: (α) της ταχύτητας και παροχής του νερού από τη βροχόπτωση, (β) της διάβρωσης, (γ) των τοποθεσιών εναπόθεσης φερτών υλών, (δ) της πλημμύρας, κλπ.
- (ια) Αναλυτικός προσδιορισμός επεμβάσεων του ανθρώπου στο τοπίο όπως είναι οι εκσκαφές για τη διαμόρφωση έργων οδοποιίας, παρακολούθηση της εξέλιξης των χωματερών, πλήρης αποκατάσταση του τοπίου. Το ΨΜΕ μπορεί να παρουσιάσει σε τρισδιάστατη όψη (οπτικοποίηση) όλες τις παραπάνω επεμβάσεις και να απεικονίσει την εξέλιξη τους στο χρόνο μέχρι αποκατάστασης του τοπίου πριν οι εργασίες αυτές ξεκινήσουν.
- (ιβ) Ανάλυση ορατότητας σε περιπτώσεις τηλεπικοινωνιακών κεραιών
- (ιγ) Αυτοκαθοδήγηση μη επανδρωμένων επίγειων, ιπτάμενων και υποβρύχιων οχημάτων

# Αναλυτικός προσδιορισμός υψομέτρων από ΨΜΕ

- Στους τύπους παρεμβολής χρησιμοποιούνται δεδομένα που είναι στοιχεία του ΨΜΕ και που είναι γνωστό πώς και πού είναι αποθηκευμένα. Τέτοια δεδομένα είναι:
- (α) τα  $X, Y, Z$  των αρχικών σημείων TIN που χρησιμεύουν στους τύπους παρεμβολής
- (β) τα υψόμετρα στις κορυφές του κανάβου όταν χρησιμοποιούμε GRID

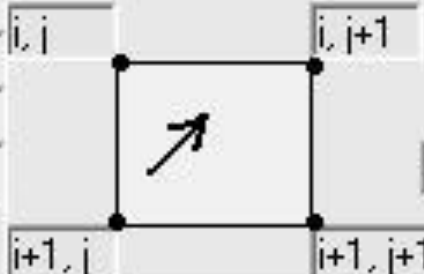
# Ορθογώνιο πλέγμα

- Δεν αποθηκεύονται τα  $X$  και  $Y$  των κορυφών του κανάβου, τα οποία προσδιορίζονται από τα εξής στοιχεία:
- (α) τη γραμμή και στήλη  $(i, j)$  της κορυφής του πλέγματος,
- (β) τις συντεταγμένες  $X, Y$  μιας κορυφής του πλέγματος (συνήθως της κορυφής  $(1,1)$ ),
- (γ) τις διαστάσεις του κελιού  $\alpha, \beta$
- (δ) ο συνολικός αριθμός γραμμών  $N$  και ο συνολικός αριθμός στηλών  $M$  που έχει το πλέγμα.

# Αναλυτικός προσδιορισμός υψομέτρων από ΨΜΕ

Υπολογισμός  $Z=f(X, Y)$

Χειρισμοί

| Υψόμετρα κορυφών |         | Κελί πλέγματος  |          | Συντεταγμένες σημείου |          |        |
|------------------|---------|---|----------|-----------------------|----------|--------|
| $Z(i, j)$        | 99.780  | $i, j$  | $i, j+1$ | X                     | Y        |        |
| $Z(i, j+1)$      | 119.960 |  |          | 3863.158              | 6635.714 |        |
| $Z(i+1, j)$      | 84.840  |   |          | u, v -->              | 13.158   | 35.714 |
| $Z(i+1, j+1)$    | 101.270 |   |          | Z =                   | 100.54   |        |
| Γρ. Στ           | 11x12   |   |          |                       |          |        |

Αρχείο DTM ASCII C:\E\PUB\TopoMapping\Programs\ZeqFxy\_Jnh\ShortFile\_Dtm.txt

Βάλε αρχείο Κάνε Παρεμβολή

Πληροφορίες Διγραμμική

Βάλε γραμμή, στήλη

8 5

Βοήθεια

Τέλος

Για να λειτουργήσει το πρόγραμμα Βάλε γραμμή, στήλη και μετά κάνε κλικ στο κελί πλέγματος ή βάλε τις τιμές u, v και μετά κάνε παρεμβολή

# Αναλυτικός προσδιορισμός ισοϋψών από ΨΜΕ

Ισοϋψής καμπύλη ορίζεται η γραμμή που προκύπτει από την τομή του εδάφους με ένα οριζόντιο επίπεδο

$$Z = k.C$$

$k$  είναι ακέραιος αριθμός:  $0 \leq k$  για ισοϋψείς εδάφους και  $k < 0$  για ισοβαθείς.

$C$  είναι η ισοδιάσταση

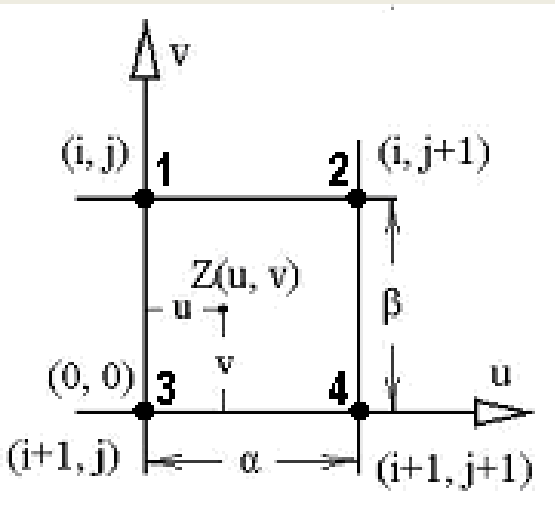
**Προσοχή** οι τιμές του  $k$  είναι αυστηρά ακέραιες ..., -2, -1, 0, 1, 2, 3, ...

Για επιφάνεια εδάφους με μοντέλο τη διγραμμική συνάρτηση έχουμε:

$$k.C = \left(1 - \frac{u}{a} - \frac{v}{\beta} + \frac{u.v}{a.\beta}\right) \cdot Z_{(i+1,j)} + \left(\frac{u}{a} - \frac{u.v}{a.\beta}\right) \cdot Z_{(i+1,j+1)} + \left(\frac{v}{\beta} - \frac{u.v}{a.\beta}\right) \cdot Z_{(i,j)} + \left(\frac{u.v}{a.\beta}\right) \cdot Z_{(i,j+1)}$$



# Ισοϋψείς από τα υψόμετρα στις 4 κορυφές του κελιού $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$



Προσδιόρισε τις τιμές του συντελεστή  $k$  ως εξής:

- (α) Από τα υψόμετρα στις 4 κορυφές του κελιού  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ , ευρίσκουμε τη μεγαλύτερη τιμή ( $Z_\mu$ ) και τη μικρότερη τιμή ( $Z_\varepsilon$ ).
- (β) διαιρούμε ένα έκαστο από τα  $Z_\mu, Z_\varepsilon$  με την ισοδιάσταση  $C$  και παίρνουμε το αντίστοιχο  $k$ :

$$k_\mu = \text{int} \left( \frac{Z_\mu}{C} \right)$$

$$k_\varepsilon = \text{int} \left( \frac{Z_\varepsilon}{C} \right)$$

Αν  $\Delta k > 0$ , τότε περνάνε μέσα από το κελί  $\Delta k$  ισοϋψείς. Η τιμή της κάθε ισοϋψούς :

$k \cdot C = k_\varepsilon + i \cdot C$ ,  
και  $i = 1, 2, \dots, \Delta k$   
 $u = f(v), f(u, v) = 0$

Το σύμβολο  $\text{int}(\dots)$  σημαίνει ότι αφαιρούνται όλα τα δεκαδικά ψηφία από το πηλίκο της διαίρεσης χωρίς να γίνεται στρογγυλοποίηση.

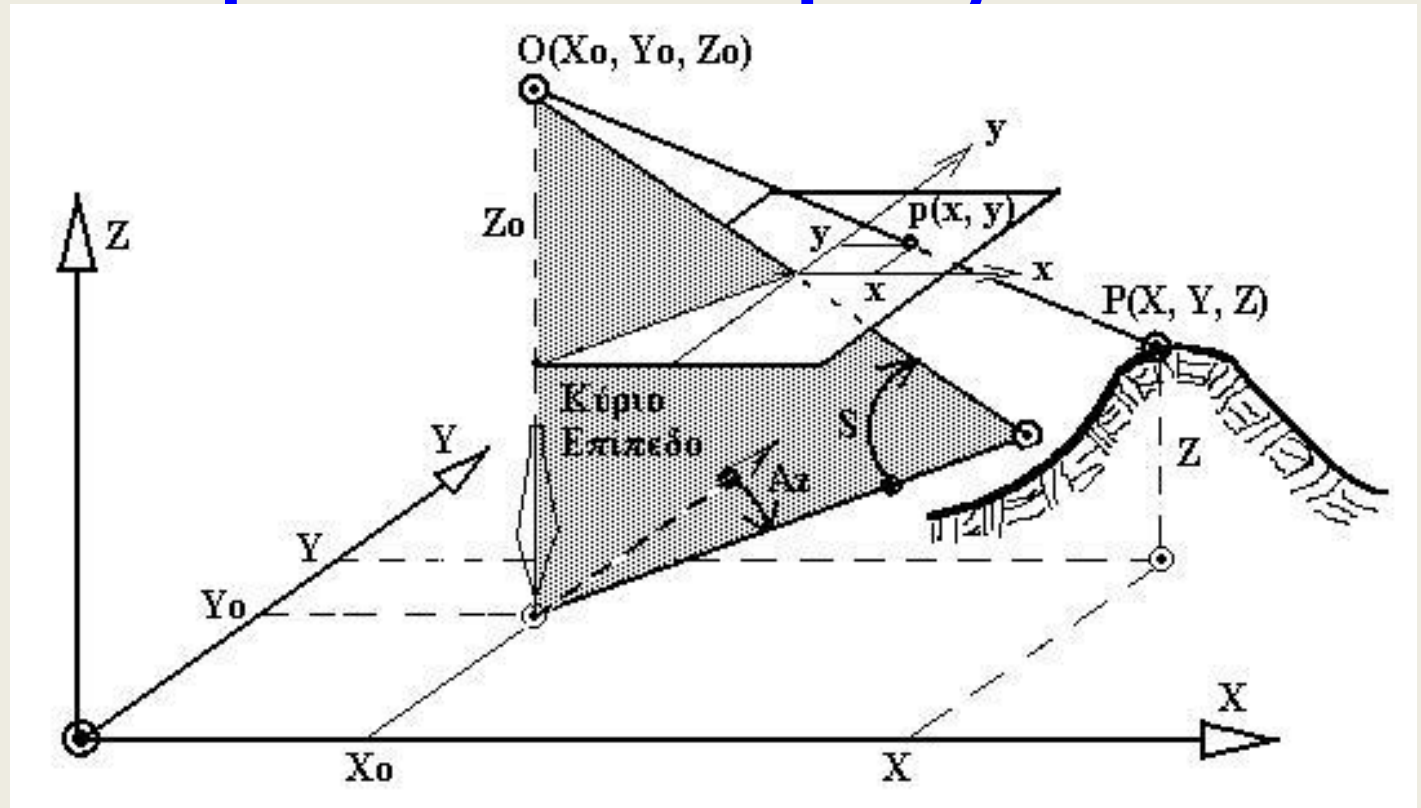
(γ)  $\Delta k = k_\mu - k_\varepsilon$

Αν  $\Delta k = 0$ , τότε δεν περνά καμία ισοϋψής μέσα από αυτό το κελί (μπορεί να περνά από τα όρια του κελιού).



**Ισοϋψείς**  
**Nax22**  
**C=10m**

# Προοπτική παρουσίαση ψηφιακού μοντέλου εδάφους



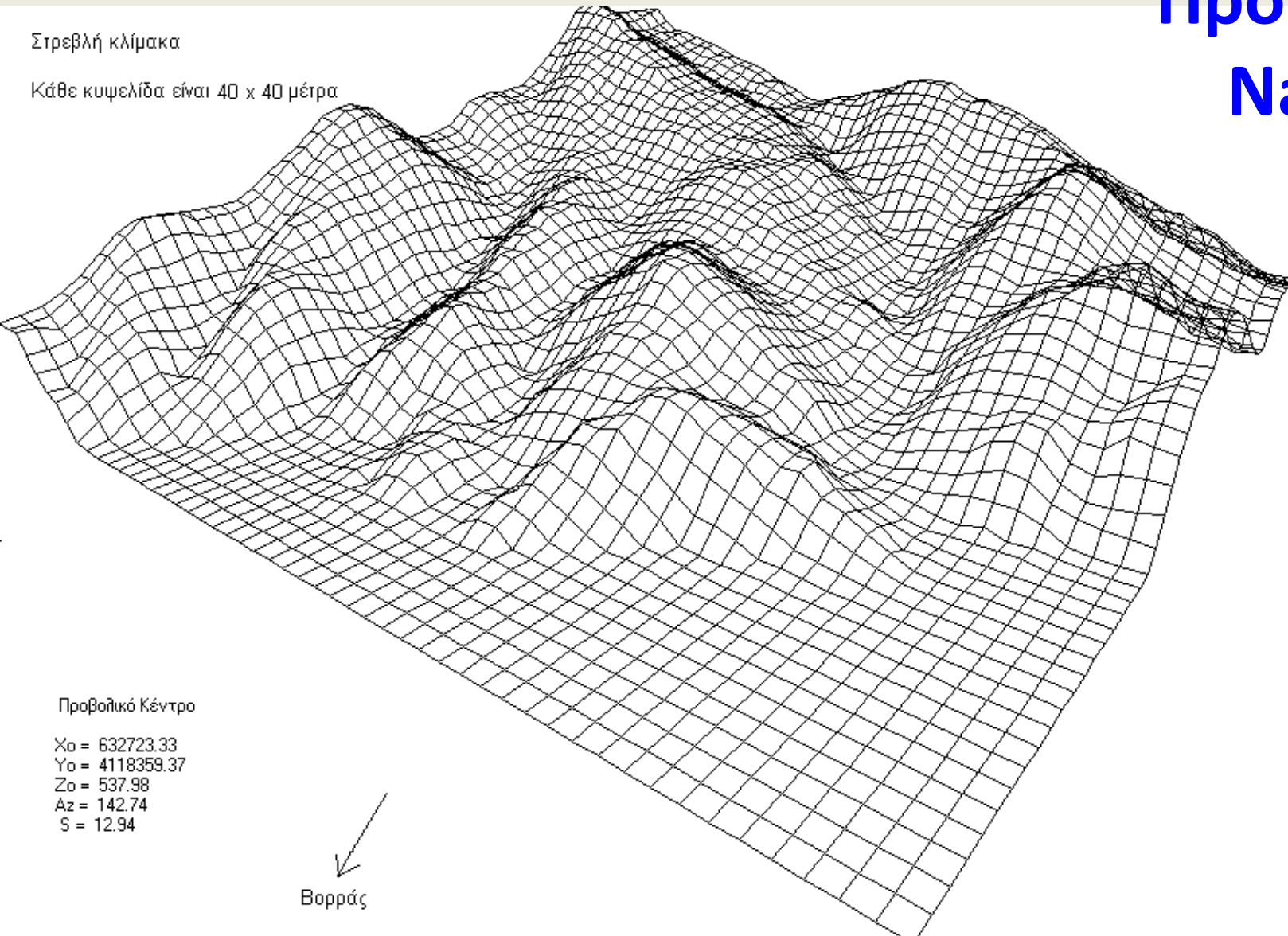
$$x = \frac{(X-X_0) \cdot \sigma\upsilon\nu(Az) - (Y-Y_0) \cdot \eta\mu(Az)}{- (X-X_0) \cdot \eta\mu(Az) \cdot \sigma\upsilon\nu(S) - (Y-Y_0) \cdot \sigma\upsilon\nu(Az) \cdot \sigma\upsilon\nu(S) + (Z-Z_0) \cdot \eta\mu(S)}$$

$$y = \frac{(X-X_0) \cdot \eta\mu(Az) \cdot \eta\mu(S) + (Y-Y_0) \cdot \sigma\upsilon\nu(Az) \cdot \eta\mu(S) + (Z-Z_0) \cdot \sigma\upsilon\nu(S)}{- (X-X_0) \cdot \eta\mu(Az) \cdot \sigma\upsilon\nu(S) - (Y-Y_0) \cdot \sigma\upsilon\nu(Az) \cdot \sigma\upsilon\nu(S) + (Z-Z_0) \cdot \eta\mu(S)}$$

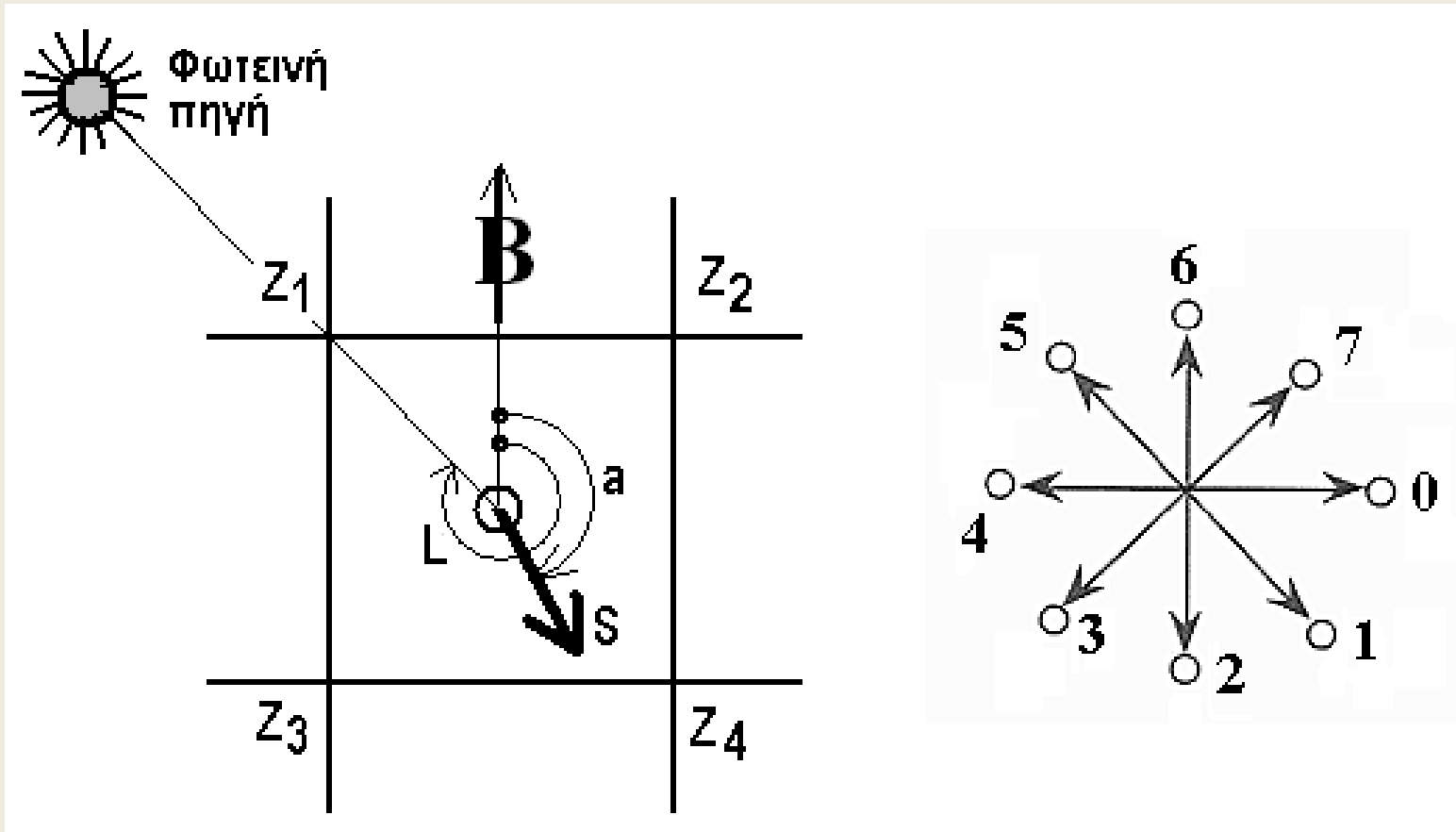
# Προοπτικό Nax22

Στρεβλή κλίμακα

Κάθε κυψελίδα είναι 40 x 40 μέτρα



# Κλίσεις, προσανατολισμός κελιών και σκίαση



# Υπολογισμός Κλίσης και Προσανατολισμού (aspect)

$$S_{1,2} = \frac{Z_2 - Z_1}{a} = Z_2 - Z_1,$$

$$S_{3,4} = \frac{Z_4 - Z_3}{a} = Z_4 - Z_3$$

$$S_{1,3} = \frac{Z_3 - Z_1}{\beta} = Z_3 - Z_1,$$

$$S_{2,4} = \frac{Z_4 - Z_2}{\beta} = Z_4 - Z_2$$

$$S_x = \frac{S_{1,2} + S_{3,4}}{2},$$

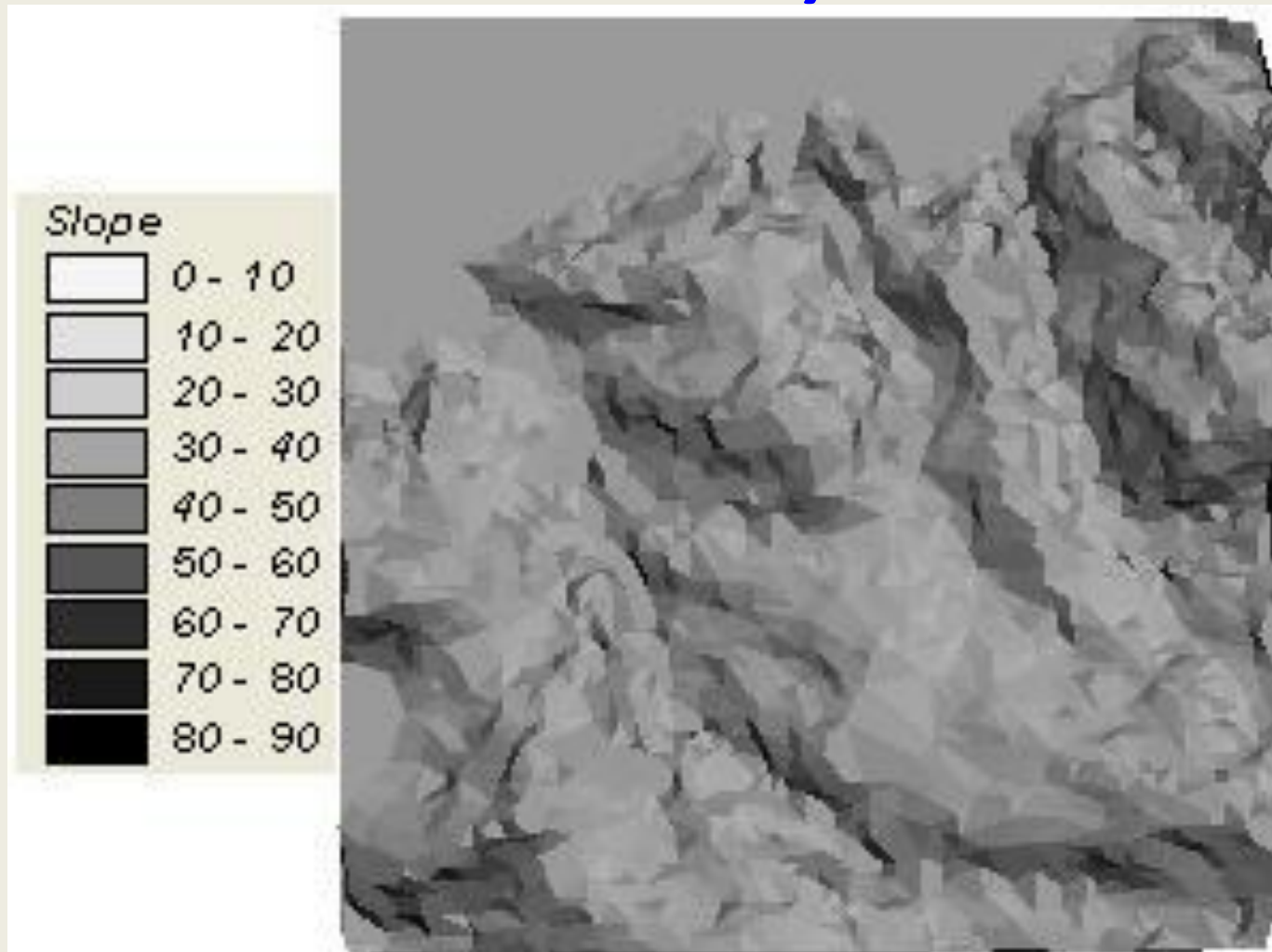
$$S_y = \frac{S_{1,3} + S_{2,4}}{2}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

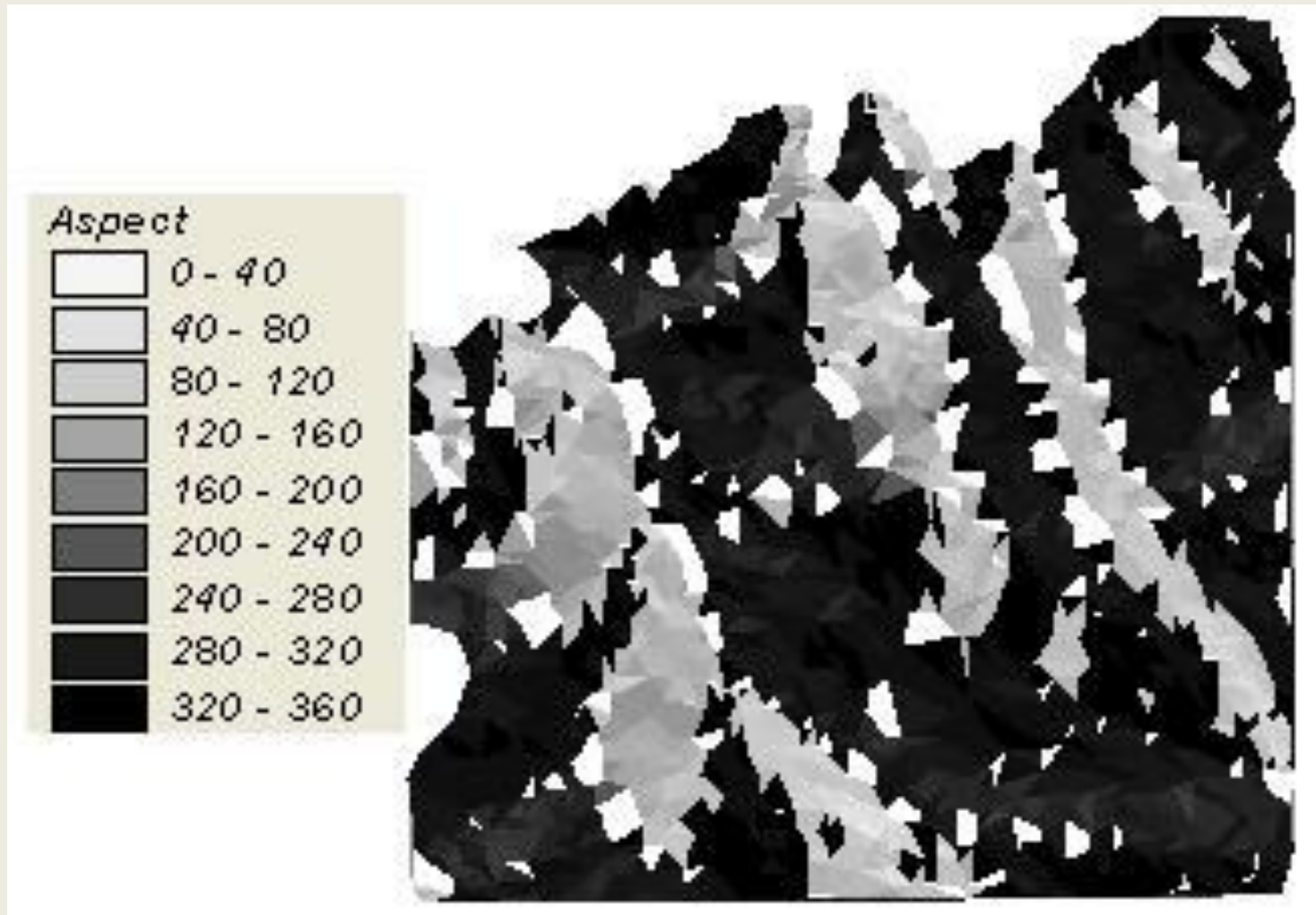
$$\varepsilon\phi(a) = \frac{S_x}{S_y}$$

1. Αν  $S_x > 0$  και  $S_y > 0$  τότε  $a = \theta$
2. Αν  $S_x > 0$  και  $S_y < 0$  τότε  $a = 200 + \theta$
3. Αν  $S_x < 0$  και  $S_y < 0$  τότε  $a = 200 + \theta$
4. Αν  $S_x < 0$  και  $S_y > 0$  τότε  $a = 400 + \theta$

# Κλίσεις εδάφους από ΨΜΕ ΤΙΝ της ΒΔ Νάξου

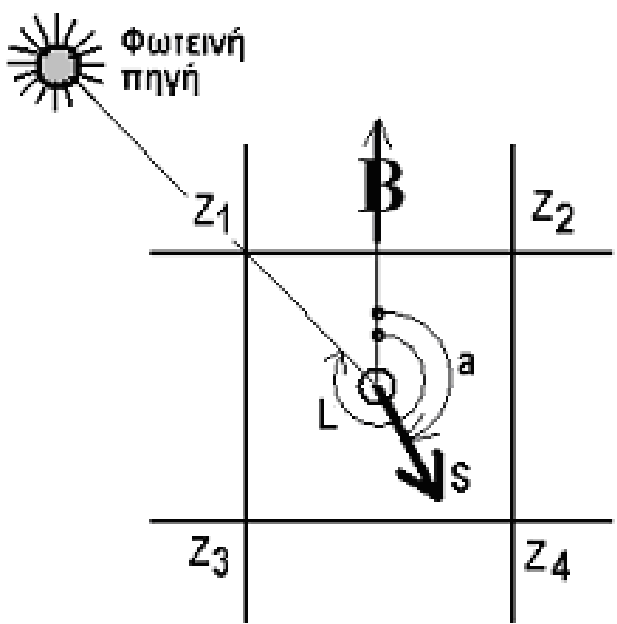


# Προσανατολισμός (aspect) εδάφους από ΨΜΕ ΤΙΝ της ΒΔ Νάξου





# Υπολογισμός Σκίασης



1. Υπολογίζεται η γωνία  $\theta = a + 90^\circ - L = a + t$ ,  
αν  $\theta > 360^\circ$  τότε  $\theta \rightarrow \theta - 360^\circ$
2. Αν  $\theta \leq 180^\circ$ , τότε  $\varphi = \theta$
3. Αν  $\theta > 180^\circ$ , τότε  $\varphi = \theta - 360^\circ$
4. Η αμαύρωση  $B$  δίνεται από τη σχέση:

$$B = f(r.h, k.S, \lambda.|\varphi|)$$

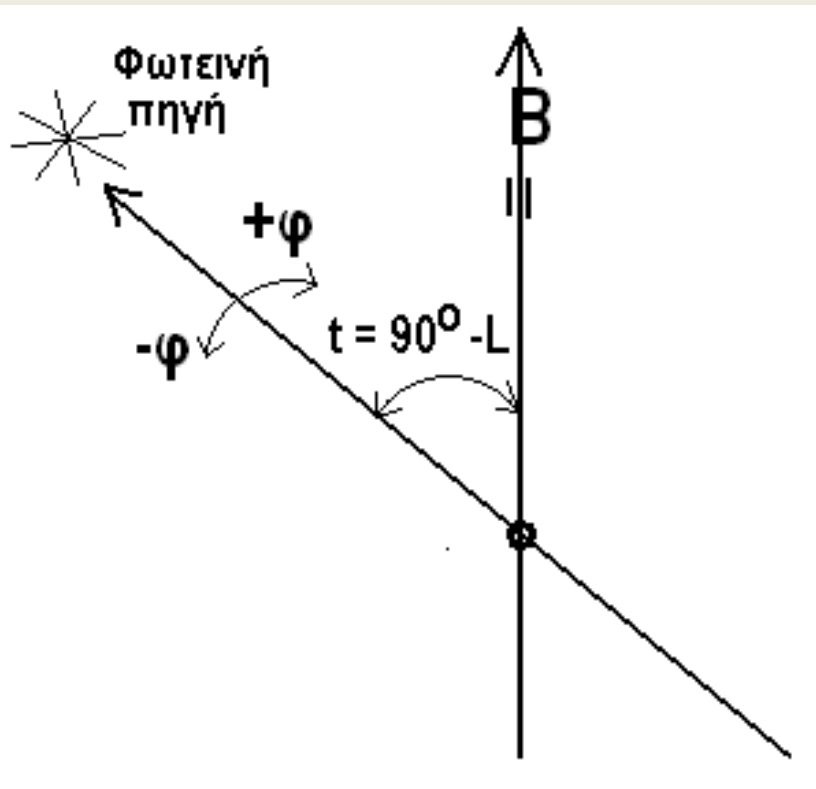
Οι παράμετροι  $r, k, \lambda$  είναι συντελεστές κλίμακας ή βάρους.

$h$  είναι το υψόμετρο

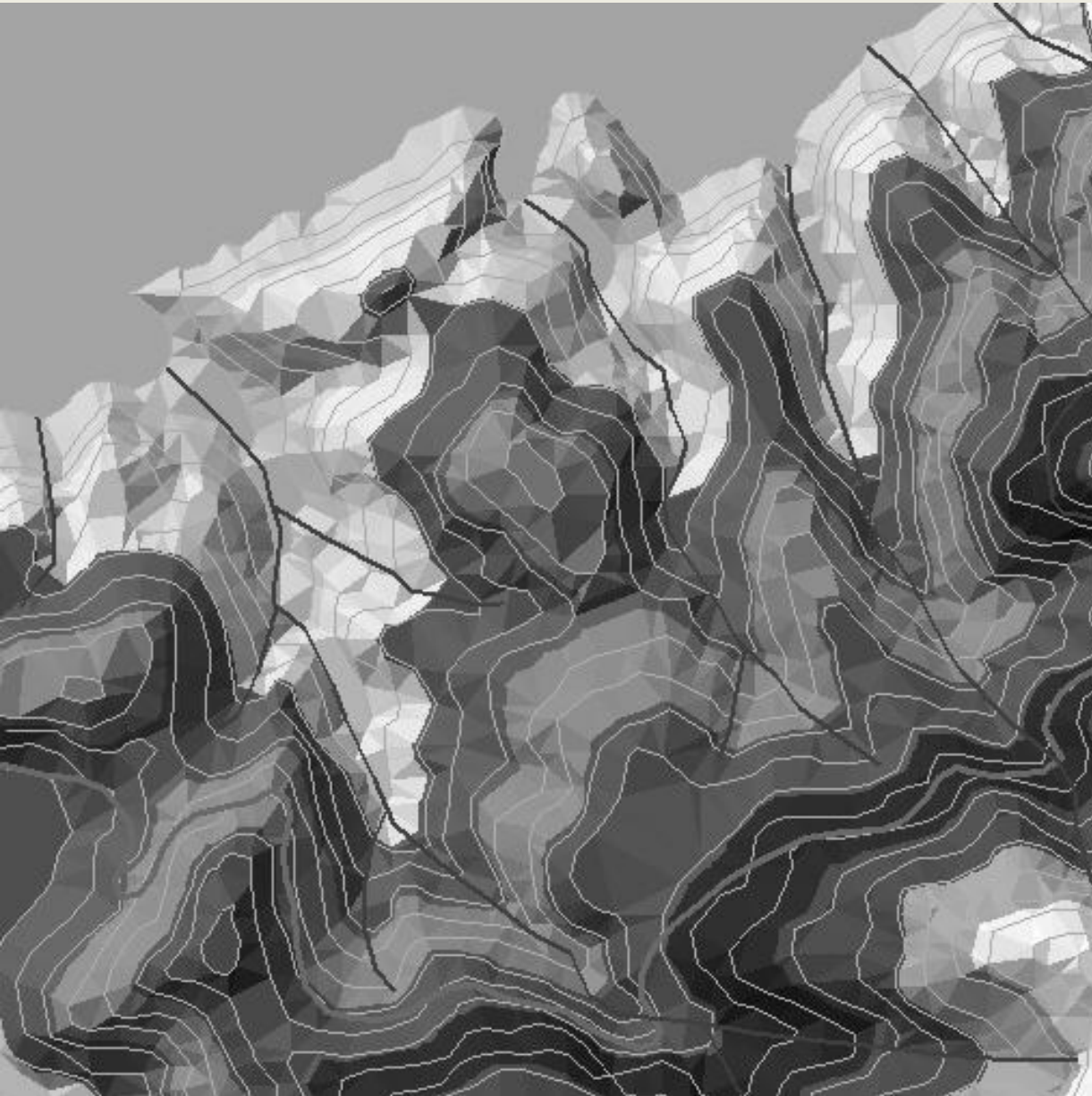
$S$  είναι η κλίση

$|\varphi|$  είναι η απόλυτη τιμή της γωνίας  $\varphi$

$$B' = \frac{256.B}{B_{\max}}$$



# Γραμμοσκιά με ΨΜΕ ΤΙΝ



# Εφαρμογή ΨΜΕ στη διαχείριση υδατικών πόρων

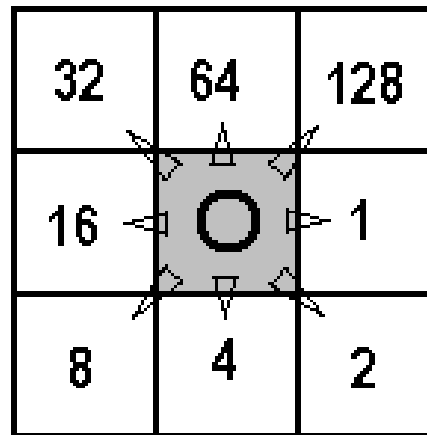
Τα υδρολογικά μοντέλα έχουν εξελιχθεί παγκοσμίως και με αυτά μελετώνται με μεγάλη ακρίβεια οι κινήσεις του ύδατος και συναφείς δραστηριότητες όπως:

- (α) Διάβρωση
- (β) Προσχώσεις
- (γ) Κίνηση θρεπτικών αλάτων και άλλων περιβαλλοντικών φορτίων
- (δ) Εμπλουτισμός υδροφορέα
- (ε) Πλημμύρες και παρόμοιοι φυσικοί κίνδυνοι
- (στ) Κατολισθήσεις, κτλ.

# (α) ΨΥΜ, (β) κωδικοί ροής ύδατος, (γ) λακκούβα

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 48 | 41 | 45 | 49 |
| 42 | 34 | 31 | 59 |
| 58 | 33 | 29 | 57 |
| 56 | 59 | 42 | 22 |

(α)



(β)

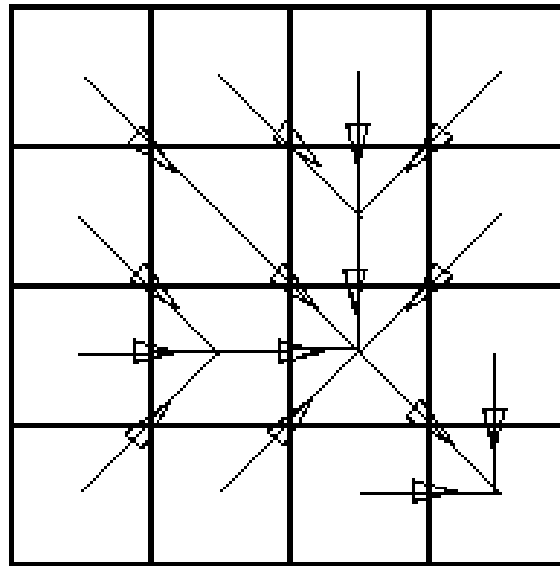
|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 48 | 41 | 45 | 49 |
| 42 | 34 | 31 | 59 |
| 58 | 28 | 29 | 57 |
| 56 | 59 | 42 | 22 |

(γ)

# (α) ΨΥΜ, (β) διάγραμμα ροής, (γ) αθροιστική ροή

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 48 | 41 | 45 | 49 |
| 42 | 34 | 31 | 59 |
| 58 | 33 | 29 | 57 |
| 56 | 59 | 42 | 22 |

(α)



(β)

|   |   |    |    |
|---|---|----|----|
| 0 | 0 | 0  | 0  |
| 0 | 1 | 3  | 0  |
| 0 | 3 | 12 | 0  |
| 0 | 0 | 0  | 15 |

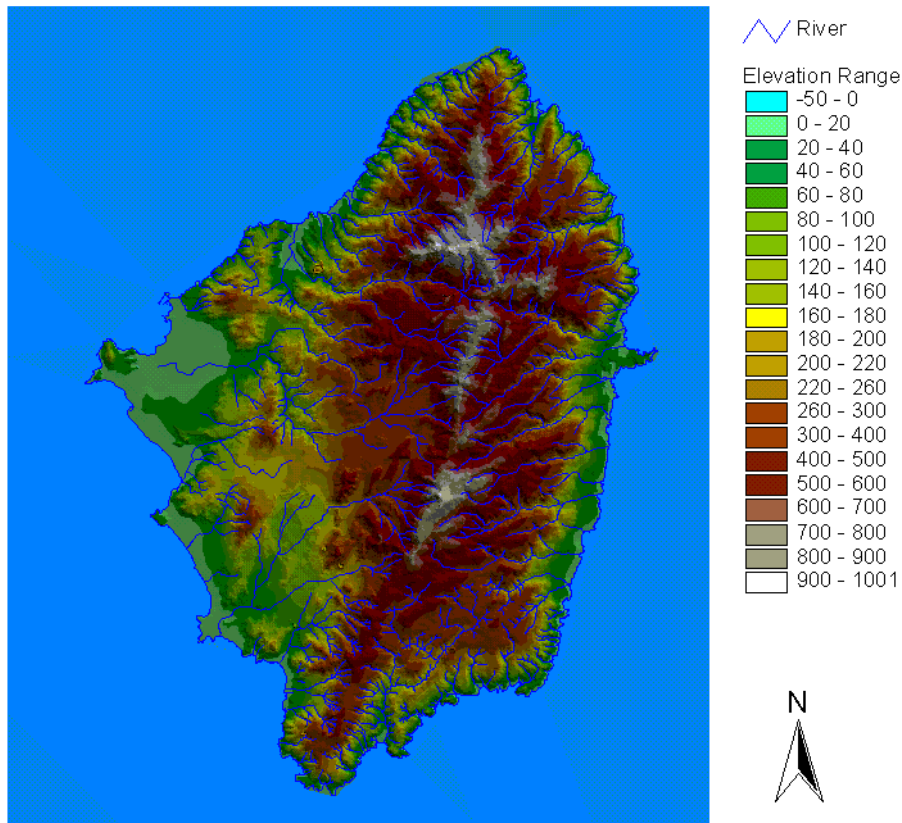
(γ)

$$S_u = \frac{1}{Z_0 - Z_i},$$

$$S_d = \frac{\sqrt{2}}{Z_0 - Z_j}$$

$S_u$  είναι η κλίση με τα κελιά της γειτνίασης βασιλιά

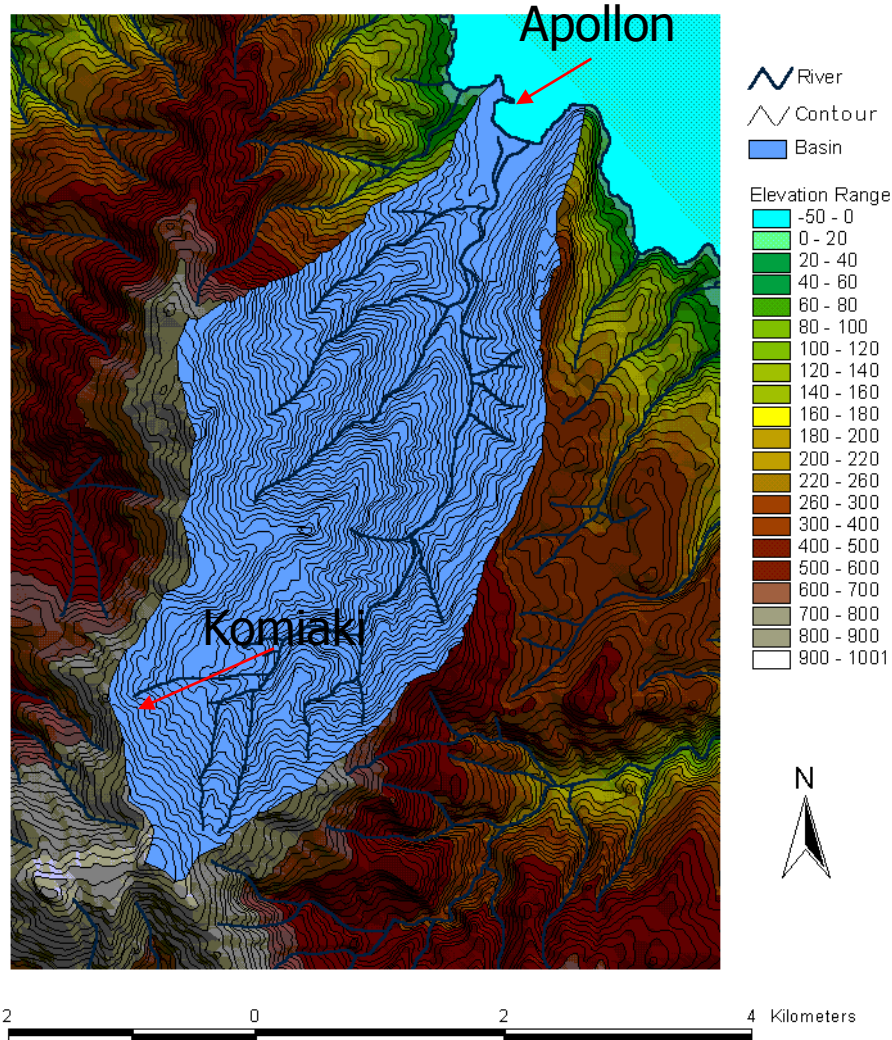
$S_d$  είναι η κλίση με τα κελιά διαγώνιας γειτνίασης ή γειτνίασης βασίλισσας



8 0 8 16 Kilometers

# Γεωφυσικές ιδιότητες της νήσου Νάξου

Watershed of Komiaki - Apollon of NAXOS  
Area = 1270 ha



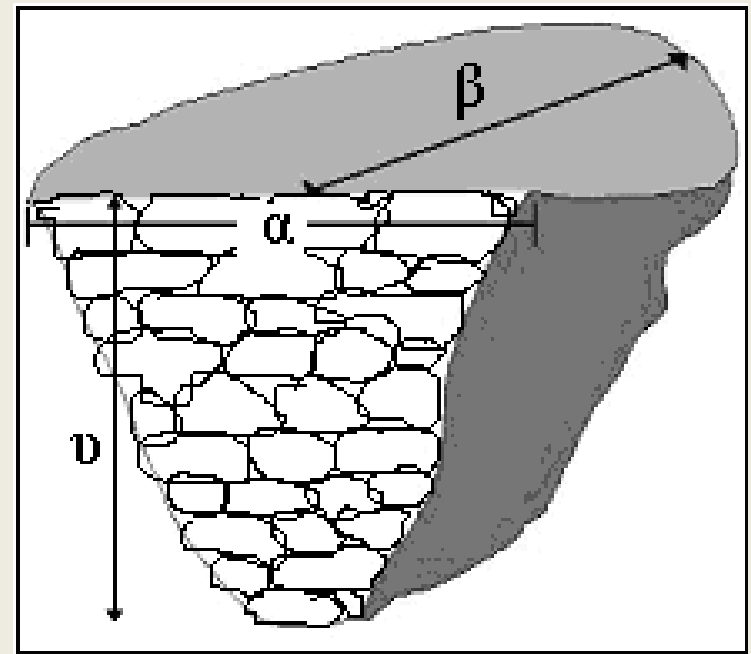
# Σχεδιασμός μικρών φραγμάτων σε λεκάνη απορροής για τη διαχείριση υδατικών πόρων

UNIVERSITY OF THE AEGEAN  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL STUDIES  
REMOTE SENSING AND GIS LABORATORY  
Director: Professor John N. Hatzopoulos

# Προδιαγραφές

- Το ύψος ( $u$ ) της πρόσοψης να είναι:  $u \leq 2\text{m}$ .
- Το πλάτος ( $\alpha$ ) της πρόσοψης κάθετα στη ροή να είναι:  $\alpha \leq 12\text{m}$ .
- Ο λόγος βάθος ( $\beta$ ) προς πλάτος ( $\alpha$ ) ή ( $\beta/\alpha$ ) να είναι μεγαλύτερος της μονάδας.
- Ο όγκος του νερού ( $V$ ) στο φράγμα να είναι:  $V \geq 50 \text{ m}^3$ .

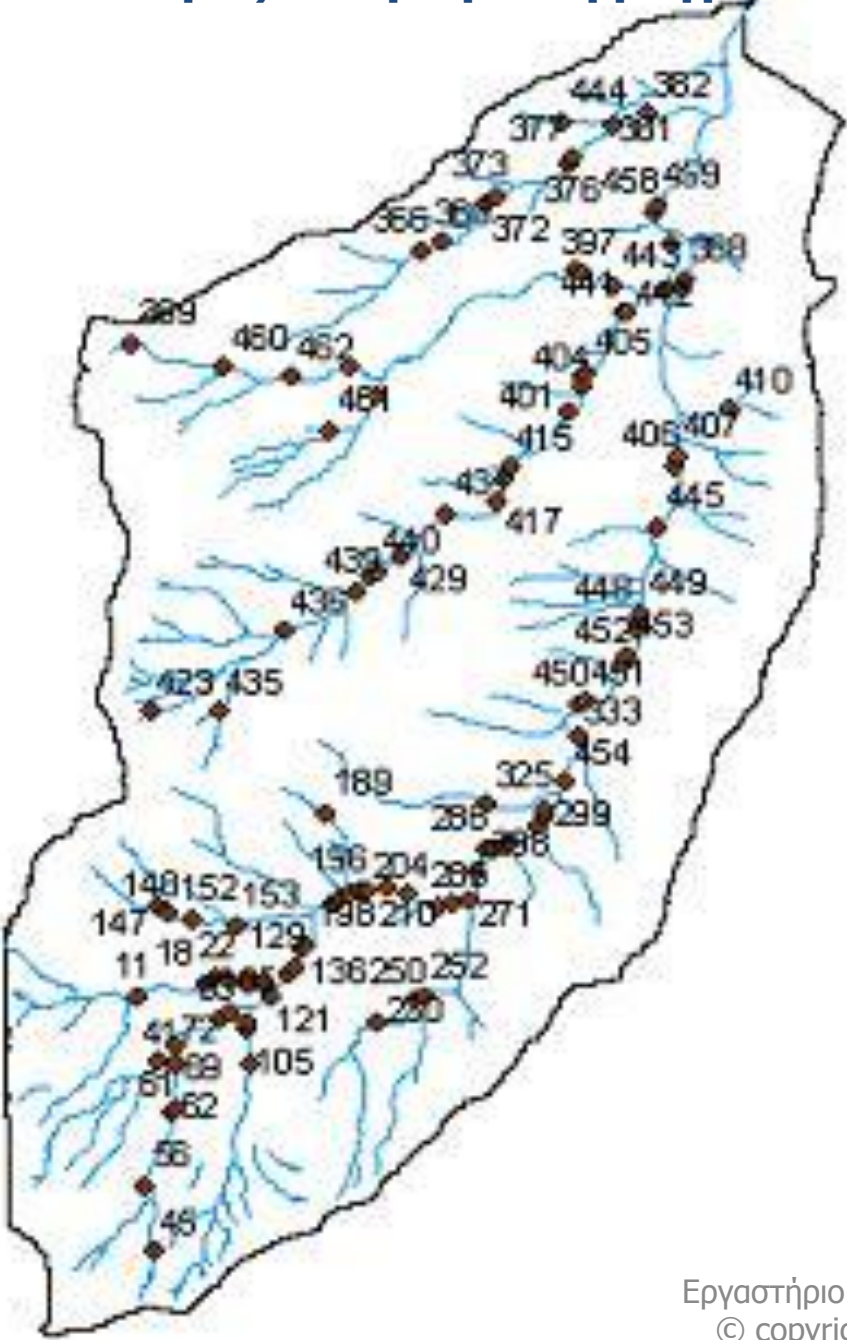
## Διαστάσεις φράγματος



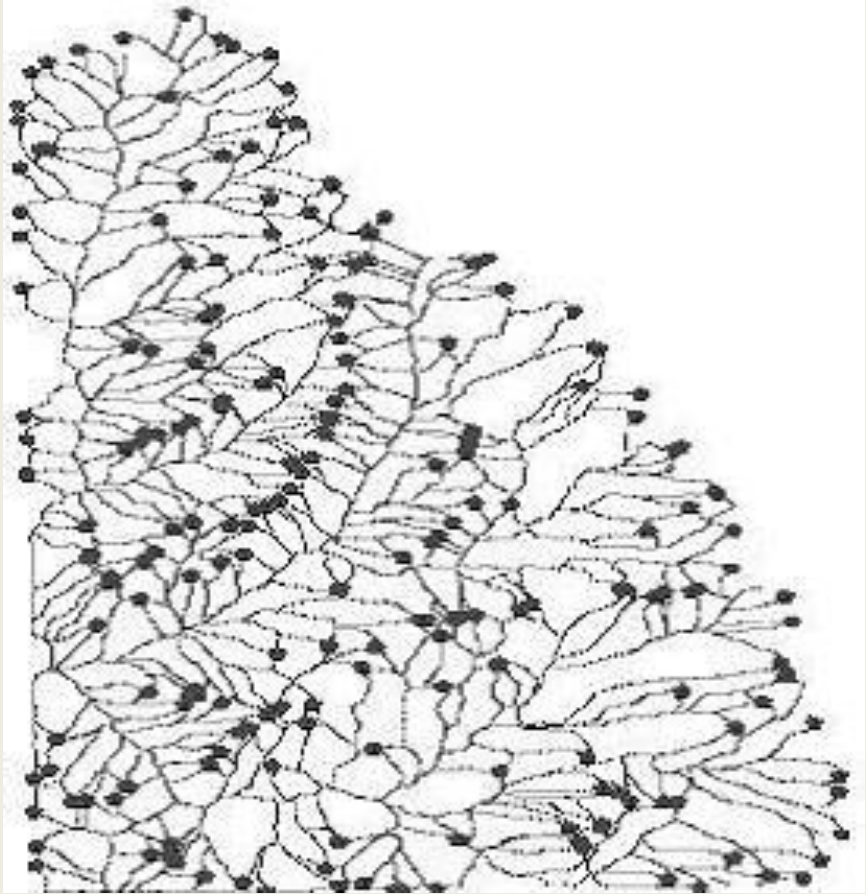
$$V = (1/3)(\alpha \cdot \beta)(u)$$



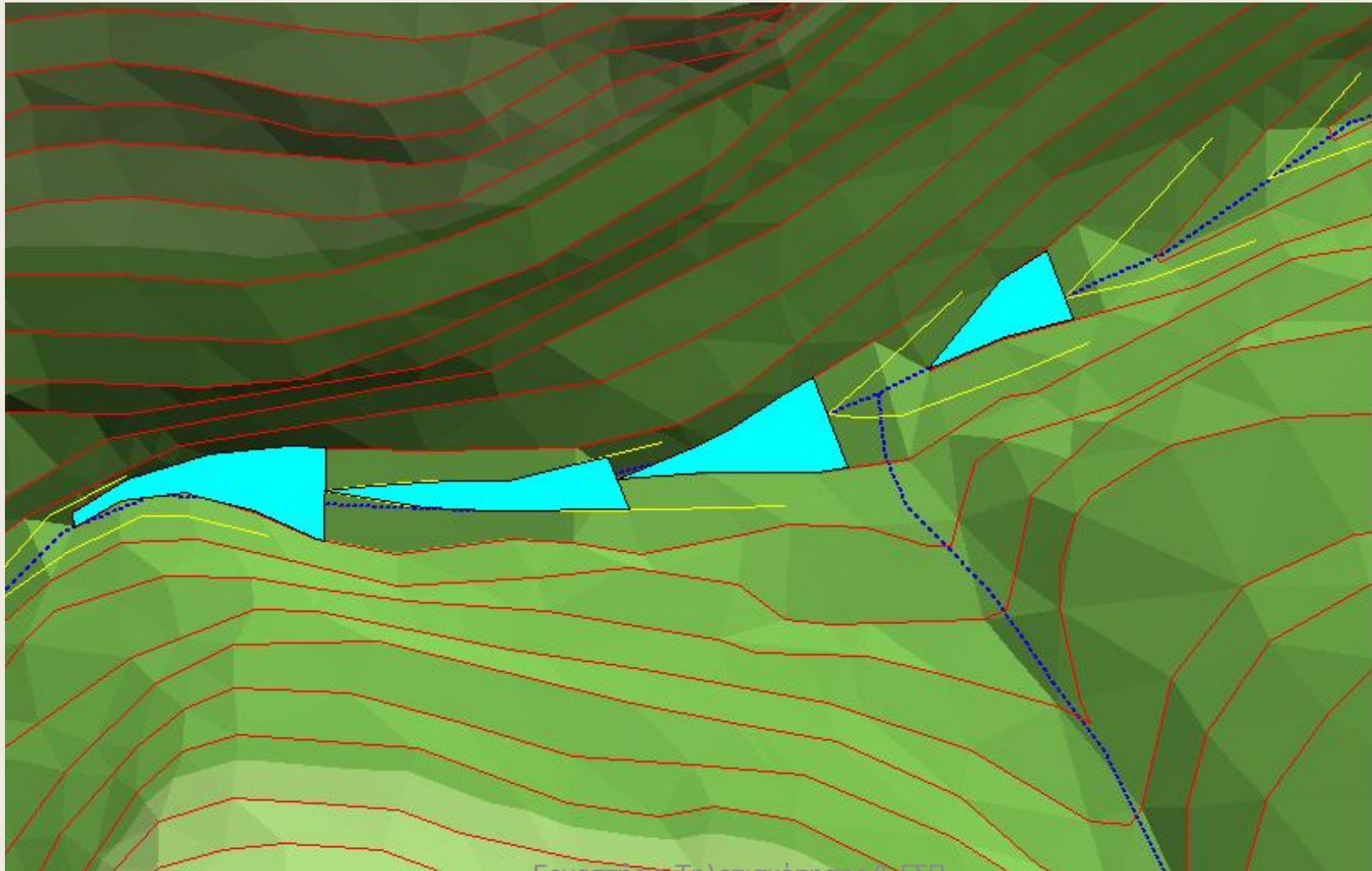
# Εντοπισμός 107 μικρών φραγμάτων



Σημεία εκροής σε υπολεκάνες χρησιμοποιώντας το ESRI Arcydro

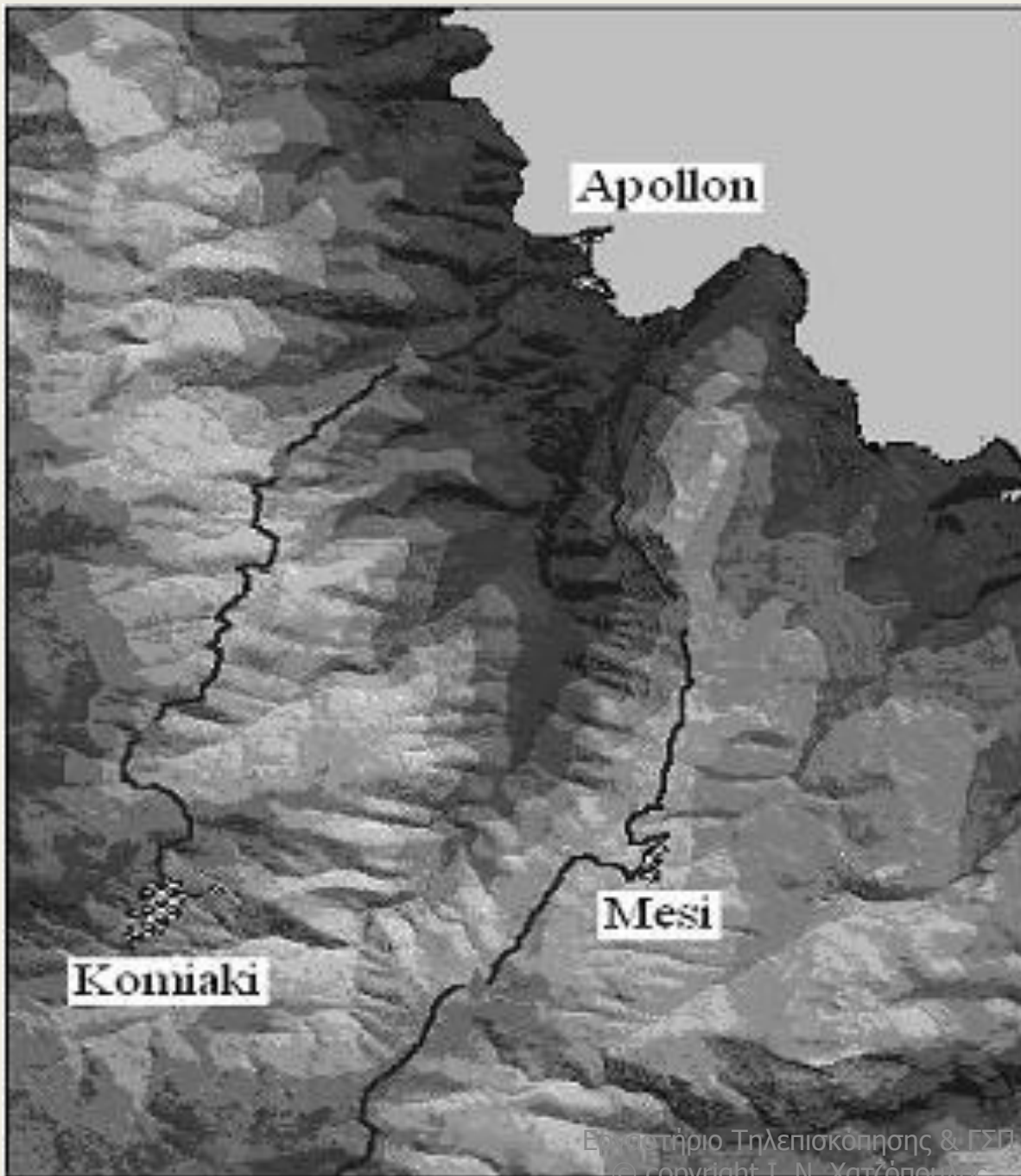


# Εντοπισμός μικρών φραγμάτων



# Εντοπισμός μονοπατιών και ιδιοτήτων τους

- **Εντοπίσθηκαν δύο μονοπάτια.**
  - Βόρεια Απόλλων - Κωμιακή.
  - Νότια Απόλλων - Μέση.

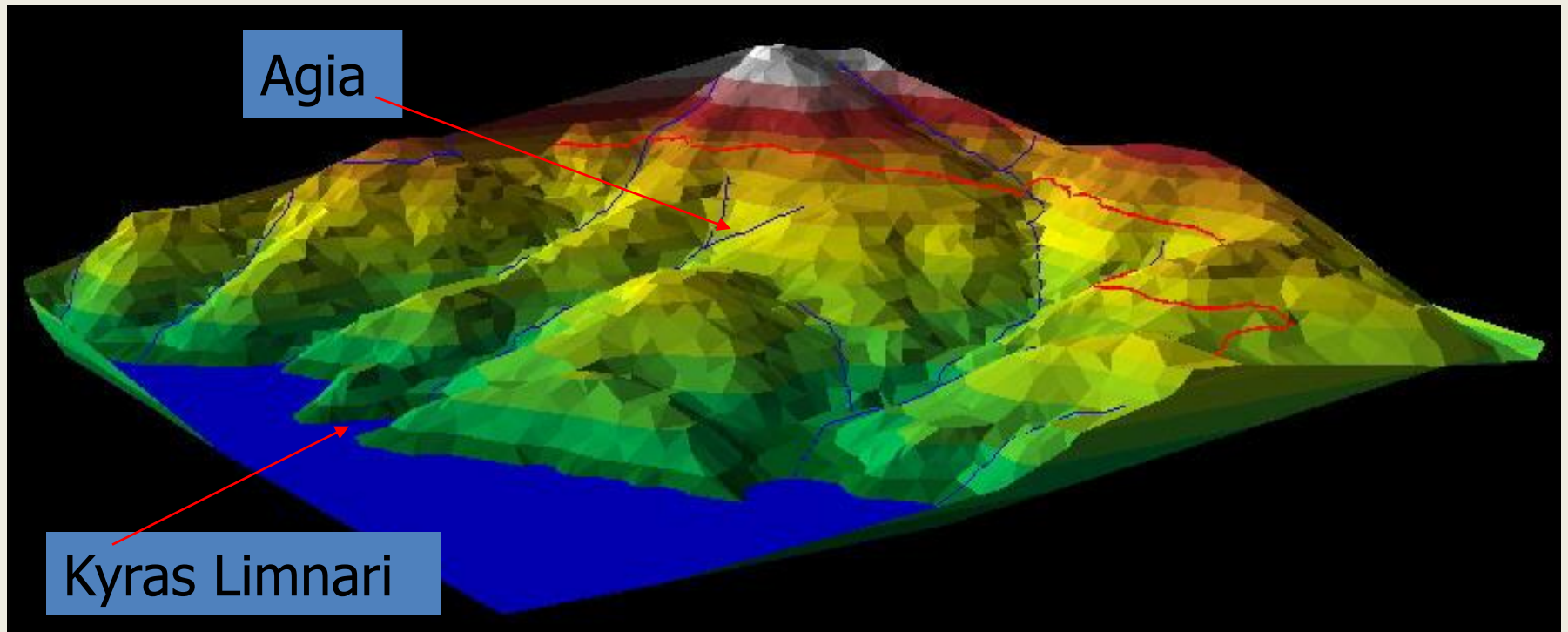


## Εντοπισμός των δύο μονοπατιών

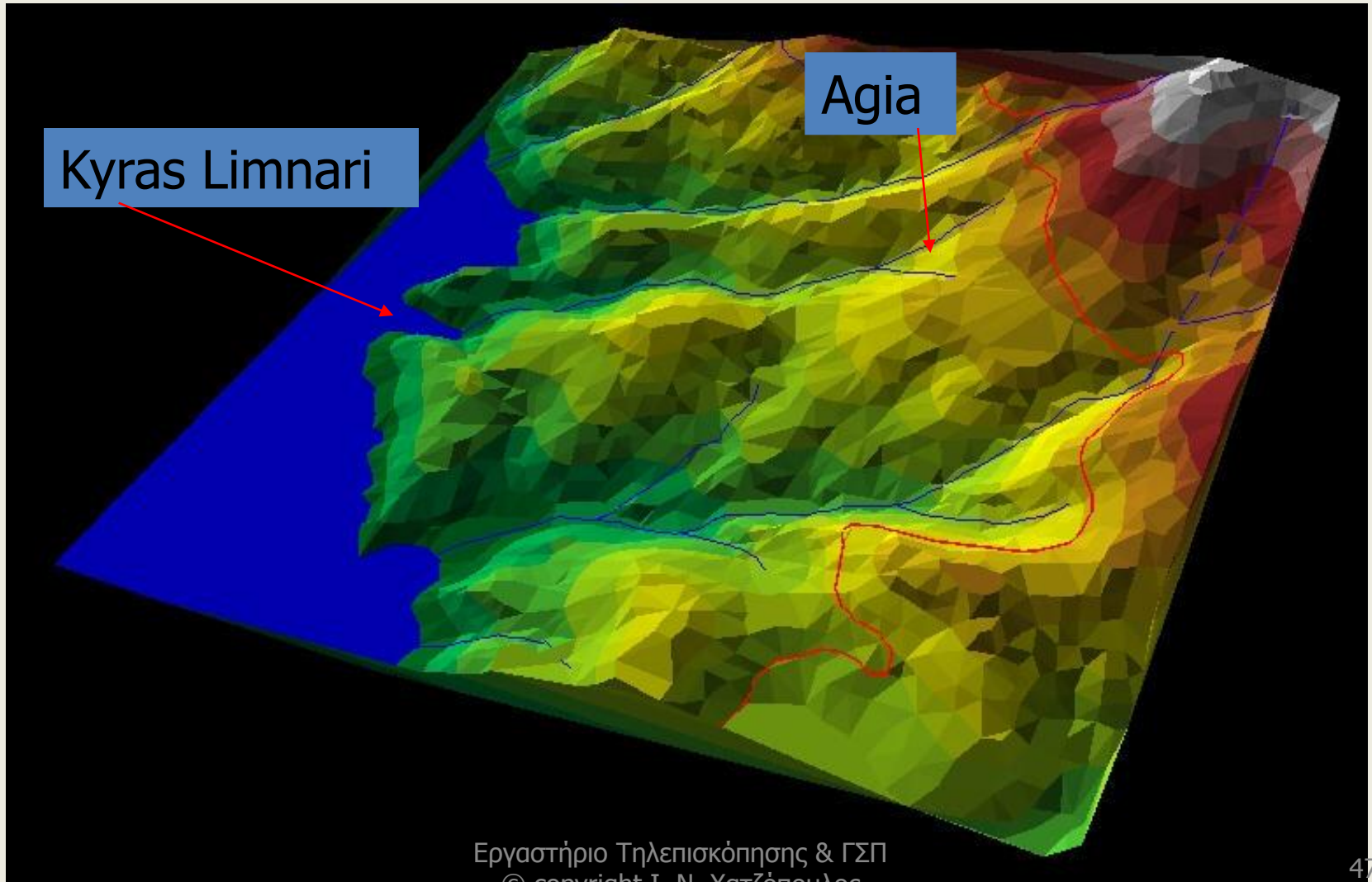
# Σημεία ενδιαφέροντος

- Με βάση την οπτικοποίηση του τοπίου (προοπτικό)
  - Διαφορετικά σημεία όρασης.
  - Διαφορετικές γωνίες όρασης
- Σημεία ενδιαφέροντος μπορεί να συνδέονται με:
  - Δημιουργία περιπτέρων
  - Άλλες διευκολύνσεις για πεζοπόρους.
- Ολόκληρο το μονοπάτι μπορεί να προσομοιωθεί σε εικονική πραγματικότητα για να προσελκύσει πιθανούς τουρίστες

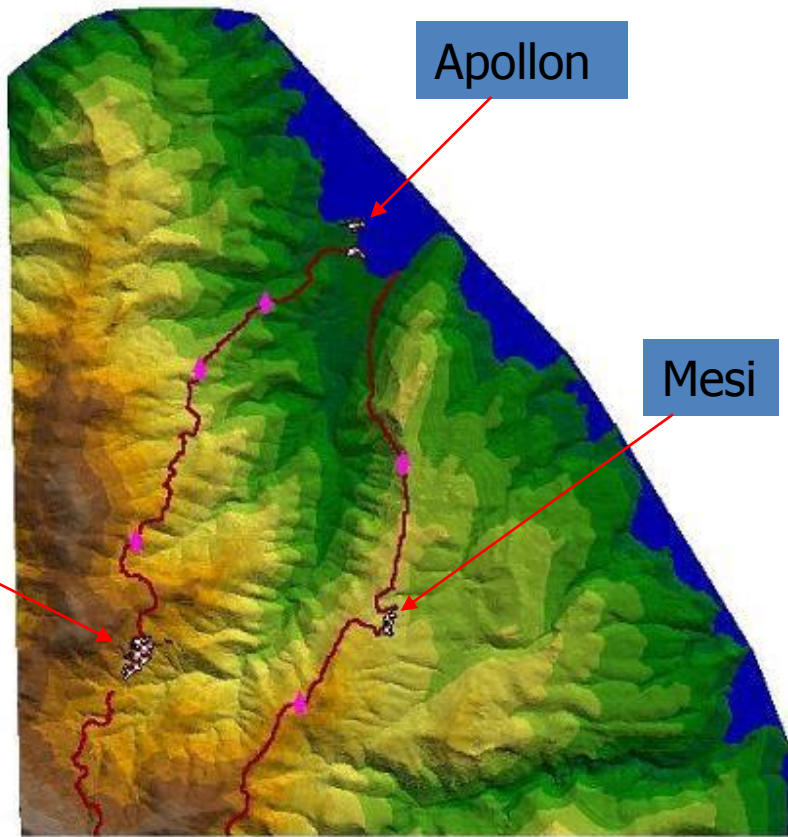
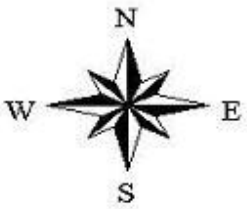
# Προοπτικό περιοχής Αγιάς ΒΔ Νάξου



# Διαφορετικό σημείο όρασης



# KIOSKS ALONG HIKING TRAILS AT KOMIAKI - APOLLON BASIN



Komiaki

Apollon

Mesi

## LEGEND

-  Kiosks
-  Asphalt Roads
-  Vilages

