



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-05**  
**Ψηφιακός χάρτης**

# 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.



# Ψηφιακός χάρτης

- **Η θεωρία περιλαμβάνει:**

- Δομή και λειτουργία του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Η/Υ).
- Στοιχεία ψηφιακού χάρτη – μοντέλα δεδομένων.
- Πλεγματικό και διανυσματικό μοντέλο.
- Δομή και ορισμός της ψηφιακής εικόνας.
- Χαρτογραφικές οντότητες – objects, object oriented programming.
- Τοπολογία διανυσματικού και πλεγματικού χάρτη.
- Παρουσίαση στην οθόνη Η/Υ ψηφιακού χάρτη.
- Γεωμετρία και τοπολογία χωρικών αντικειμένων. Τοπολογικές σχέσεις μεταξύ χωρικών αντικειμένων.
- Σχέσεις ανάμεσα στο γεωμετρικό και τοπολογικό μοντέλο.
- Κατεύθυνση ροής για την ανίχνευση ψηφίδας που ανήκει σε γραμμή.
- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διανυσματικού και πλεγματικού μοντέλου.
- Μοντέλα θεματικών δεδομένων.
- Θεματικά χωρικά αντικείμενα οργανωμένα σε επικαλύψεις της ίδιας γεωγραφικής περιοχής.
- Δομή δεδομένων στατιστικής επιφάνειας.

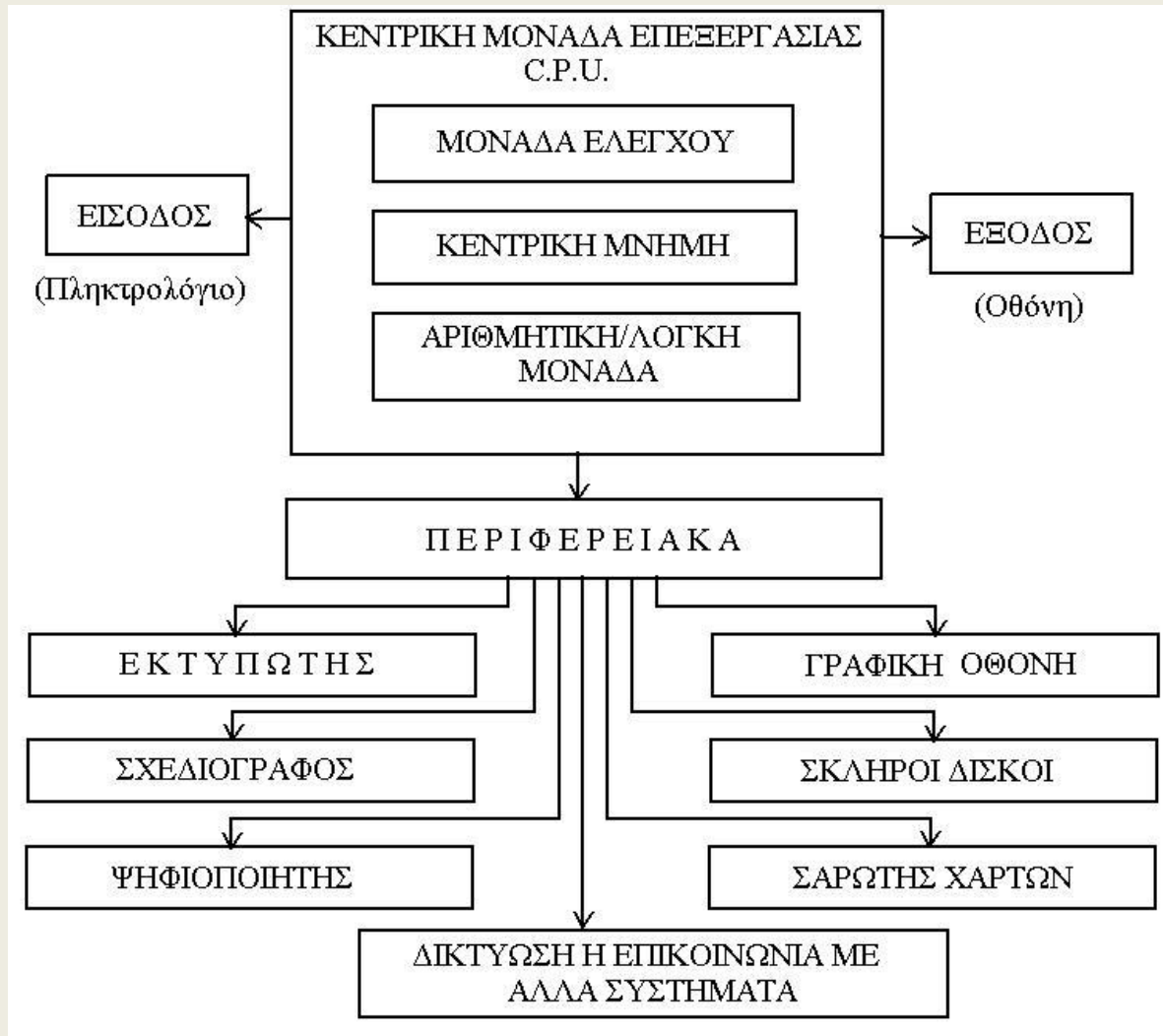
- **Το εργαστήριο περιλαμβάνει:**

- Ψηφιοποίηση τοπογραφικού χάρτη, γεωαναφορά.

- **Λέξεις κλειδιά:**

- ηλεκτρονικός υπολογιστής, ψηφιακός χάρτης, μοντέλα δεδομένων, πλεγματικό, raster, διανυσματικό, vector, οντότητες, objects, τοπολογία, χωρικά αντικείμενα, θεματικά δεδομένα.

# Ψηφιακή Τοπογραφία – ΓΣΠ - GIS



# Δομή και λειτουργία του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Η/Υ)

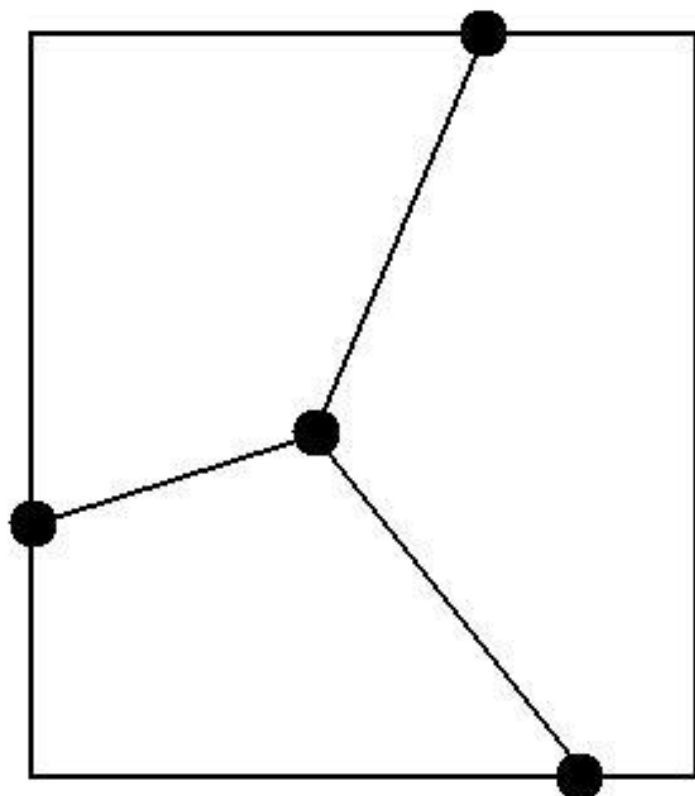
- Στην καρδιά του Η/Υ υπάρχει η μονάδα κεντρικής επεξεργασίας (CPU) και στην καρδιά της CPU υπάρχει ένα ρολόι χαλαζία που παράγει ένα κανονικό εναλλασσόμενο σήμα τικ/τακ, ή, on/off θέση διακόπτη, ή, 0, 1 κατάσταση μπιτ.
- Το ρολόι ουσιαστικά παράγει μια αλυσίδα ομοιόμορφου δυαδικού κώδικα της μορφής: 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, ..., 0, 1. Ο κώδικας αυτός ρέει μέσα σε όλες τις μονάδες που ελέγχονται από την CPU και η συχνότητα του κώδικα καθορίζει την ταχύτητα βηματισμού του συστήματος.

# Κώδικας Η/Υ – λουκέτο με κωδικό

- Ο ομοιόμορφος κώδικας (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, ..., 0, 1) δεν μεταφέρει πληροφορία.
- Η πληροφορία παράγεται διαμορφώνοντας τον ομοιόμορφο κώδικα είτε πατώντας ένα πλήκτρο στο πληκτρολόγιο, είτε φορτώνοντας λογισμικό ή δεδομένα στο σύστημα.
- Ο κώδικας διαμορφώνεται σύμφωνα με τον κώδικα ASCII του αντίστοιχου πλήκτρου που πατήθηκε.
  - Ο κώδικας ASCII για το γράμμα R, για παράδειγμα, είναι (082) και στο δυαδικό κώδικα είναι (01010010) ή  $0x27 + 1x26 + 0x25 + 1x24 + 0x23 + 0x22 + 1x21 + 0x20 = 82$ .
  - Ο κώδικας ASCII είναι ένας κώδικας 8-bit (1-byte) και με 8-bit κωδικοποιούνται  $2^8 = 256$  διαφορετικές πληροφορίες.
  - Με τον κώδικα τριών μπιτ  $2^3 = 8$  διαφορετικοί κώδικες παράγονται ως εξής: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 που είναι τα ψηφία 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, του οκταδικού συστήματος αρίθμησης.
  - Με κώδικα τεσσάρων μπιτ  $2^4 = 16$  διαφορετικοί κώδικες παράγονται ως εξής: 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111, που είναι τα ψηφία 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F, του δεκαεξαδικού συστήματος αρίθμησης.
- Οι κώδικες ρέουν μέσα στον Η/Υ σε ομάδες που είναι πολλαπλάσια των 8-μπιτ (8, 16, 32, 64 – bit ομάδες).
- Ένα byte μπορεί να αντιπροσωπευθεί από δύο ψηφία του δεκαεξαδικού συστήματος, για παράδειγμα, το γράμμα R με κώδικα (01010010) μπορεί επίσης να θεωρηθεί σαν 52-δεκαεξαδικό.



# 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) Κυψελιδωτό Μοντέλο



# Κυψελιδωτό μοντέλο

	1	2	3	4	5	6	7	8	→ Στήλη (X)
1	11	12	13	14	15	16			
2	21	22	23	24	25	26	27		
3	31	32	33	34					
4									
5									

Γραμμή (Y)

Κυψελίδα (ψηφίδα, κελί,  
στοιχείο εικόνας - σ. ε.)  
(Raster cell)

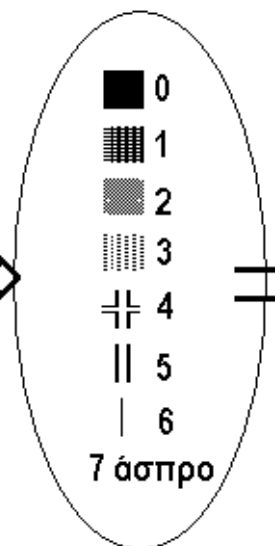
β	ij	j - γραμμή
	α	
	i - στήλη	

# Κυψελιδωτό μοντέλο – ψηφιακή εικόνα

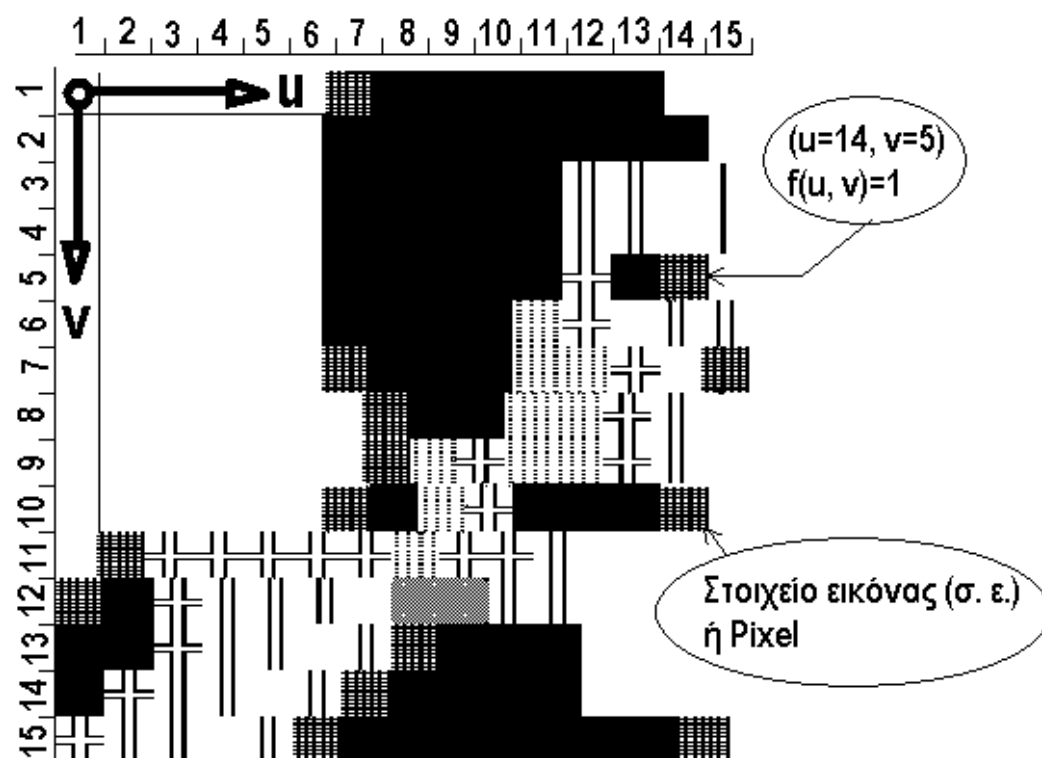
Ψηφιακές τιμές αμαύρωσης 15x15  
(λανθάνουσα εικόνα)

777777100000077
777777000000007
777777000005576
777777000005576
777777000004017
777777000034755
777777100033471
77777710033457
77777713433457
777777103400017
714444434457777
104555722557777
004557510007777
045575100001777
455751000000177

γραμμοσκία / τιμή

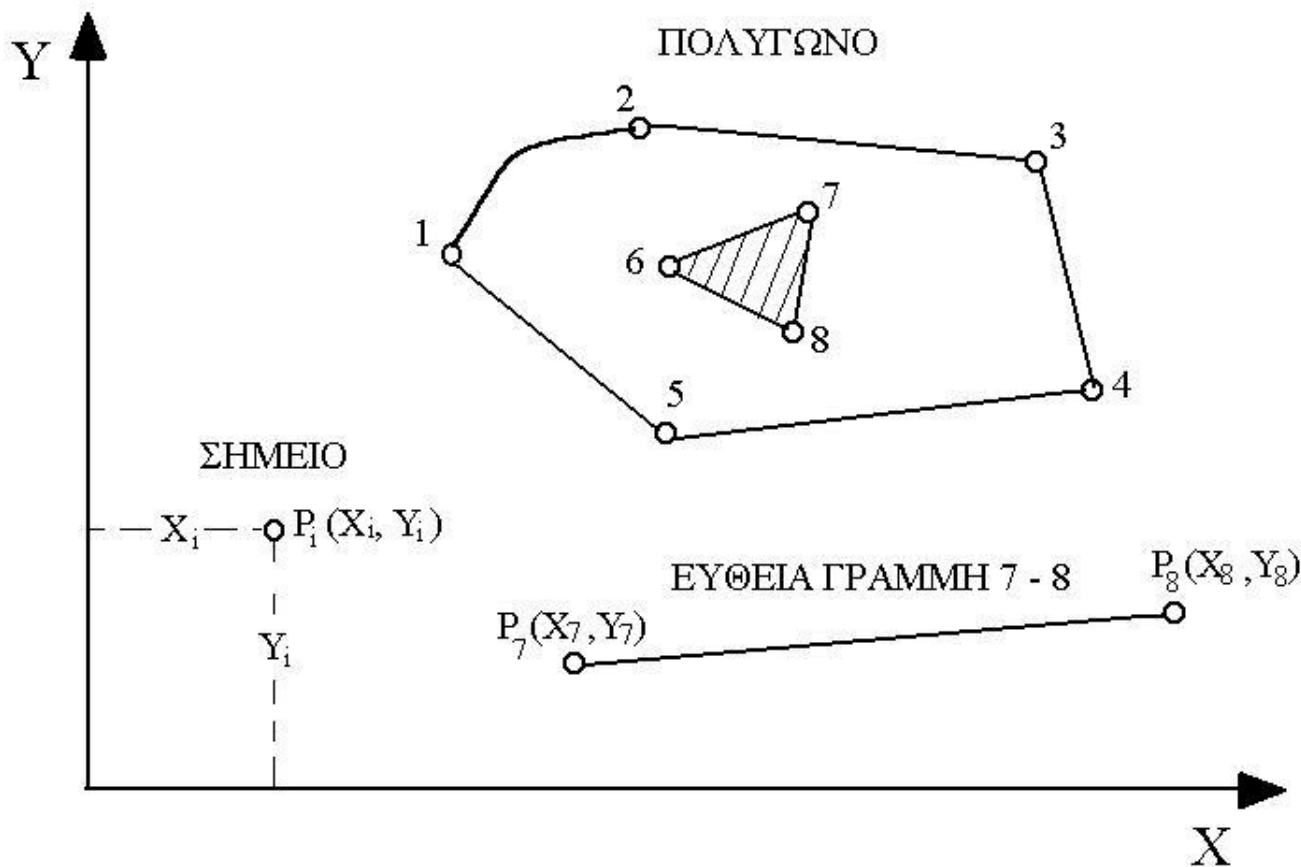


Παρουσίαση εικόνας



# Διανυσματικό μοντέλο

$$y = \frac{y_8 - y_7}{x_8 - x_7} x + \frac{y_8(x_8 - x_7) - x_8(y_8 - y_7)}{x_8 - x_7}$$



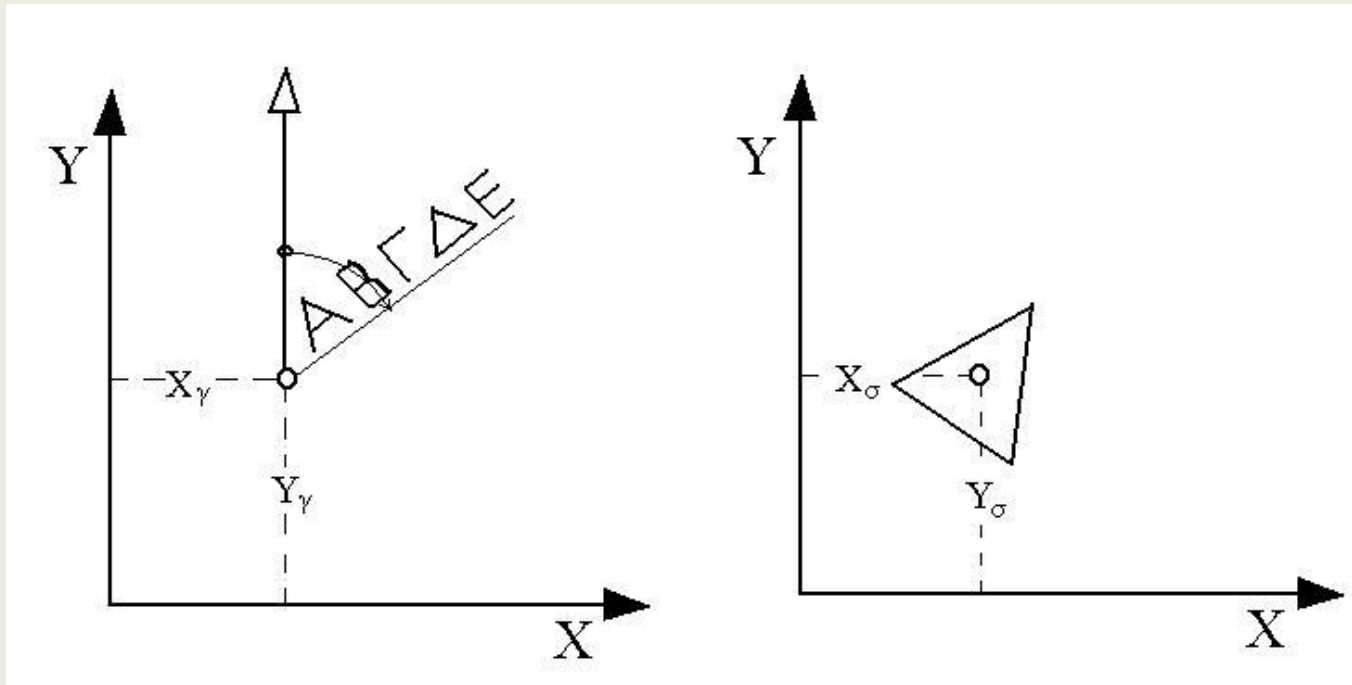
$$\frac{y_8 - y_7}{x_8 - x_7} = \frac{y - y_8}{x - x_8}$$

$$y = f(x)$$

$$y = a.x + \beta$$

$$ax^2 + by^2 + \gamma xy + \delta x + \epsilon y + \zeta = 0$$

# Μη γραφική πληροφορία διανυσματικού χάρτη



## Ιδιότητες:

Θέση ( $X, Y$ )

Τύπος – font

στυλ

Προσανατολισμός

Κλίμακα

Πάχος

Χρώμα

# Χαρτογραφικές οντότητες – objects, object oriented programming

Τοπογραφία = θέσεις σημείων + ιδιότητες

- Σημείο:
  - γενεσιουργός χαρτογραφική οντότητα από την οποία παράγονται όλες οι άλλες
- Γραμμή: δύο ή περισσότερα σημεία
- Πολύγωνο – έκταση: τρεις ή περισσότερες γραμμές
- Χαρτογραφική οντότητα: Σημεία + Γραμμές + πολύγωνα, Ιδιότητες & Λειτουργίες
  - Ενθυλάκωση, κληρονομικότητα & πολυμορφισμός

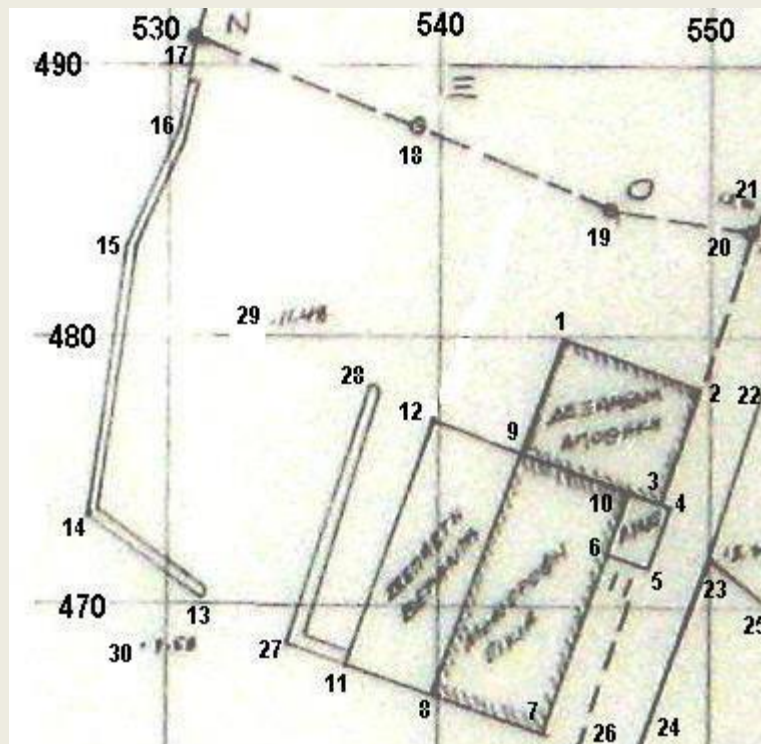
# Τοπολογία διανυσματικού χάρτη

- Η τοπολογία αναφέρεται στις σχέσεις και τη συνδετικότητα ανάμεσα στις χωρικές οντότητες του χάρτη (σημείο, γραμμή, πολύγωνο) ώστε να αποτελέσουν συγκεκριμένες τοπολογικές δομές. Βασίζεται στη γεωμετρία. Η γεωμετρία σε συντεταγμένες.
- Σχεδίαση σημείων που έχουν μετρηθεί στο έδαφος η συνδετικότητα των οποίων γίνεται με βάσει σκίτσο (κροκί) που εκφράζει την τοπολογία.
- Σημείο: τοπολογικά ορίζεται με τον κωδικό του ή σαν η κοινή τομή δύο ή περισσότερων γραμμών ή το κοινό όριο τριών ή περισσότερων πολυγώνων.
- Γραμμή: τοπολογικά είναι μια αλυσίδα από σημεία με συγκεκριμένο σημείο αρχής και συγκεκριμένο σημείο τέλους ή το κοινό όριο δύο πολυγώνων όπου θα πρέπει να καθορίζεται η θέση του κάθε πολυγώνου σχετικά με τη θέση της γραμμής. Αν βαδίζουμε π. χ., πάνω στη γραμμή με κατεύθυνση από το σημείο αρχής προς το τέλος θα πρέπει να καθορίσουμε πιο πολύγωνο βρίσκεται στα δεξιά μας και πιο στα αριστερά μας.
- Πολύγωνο τοπολογικά είναι μια αλυσίδα από σημεία όπου το σημείο της αρχής συμπίπτει με το σημείο του τέλους. Ή ένα σύνολο τριών ή περισσότερων γραμμών οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους και στα δύο άκρα, η σύνθεση του πολυγώνου γίνεται αφού ορισθεί μια συγκεκριμένη φορά συναρμολόγησης των γραμμών ή των σημείων που το αποτελούν.

# Απλό παράδειγμα

## Τοπολογία

D,1,1,10,L,1,9,1,L,1,10,3,L,1,10,6,L,8,8,11,  
L,8,11,12,L,8,12,9,L,3,11,27,L,3,27,28  
D,2,13,21,L,4,20,2,D,4,22,24,L,4,23,25,L,4,  
5,26,S,25,29,0,S,25,30,0,0,0,0,0



- Γεωμετρία: Σημεία με συντεταγμένες
- Τοπολογία: Συνδετικότητα σημείων με κωδικούς (α, β, γ, δ)
  - α: L (γραμμή με δύο σημεία), D(γραμμή με πολλά διαδοχικά σημεία), S(σύμβολο)
  - β: Κωδικός συμβόλου (γραμμής ή σημείου)
  - γ: κωδικός σημείου αρχής, ή σημείου
  - δ: κωδικός σημείου τέλους γραμμής



D,1,1,10,L,1,9,1,L,1,10,3,L,1,10,6,L,8,8,11,L,8,11,12,L,8,12,9,L,3,11,27,L,3,27,28  
D,2,13,21,L,4,20,2,D,4,22,24,L,4,23,25,L,4,5,26,S,25,29,0,S,25,30,0,0,0,0,0

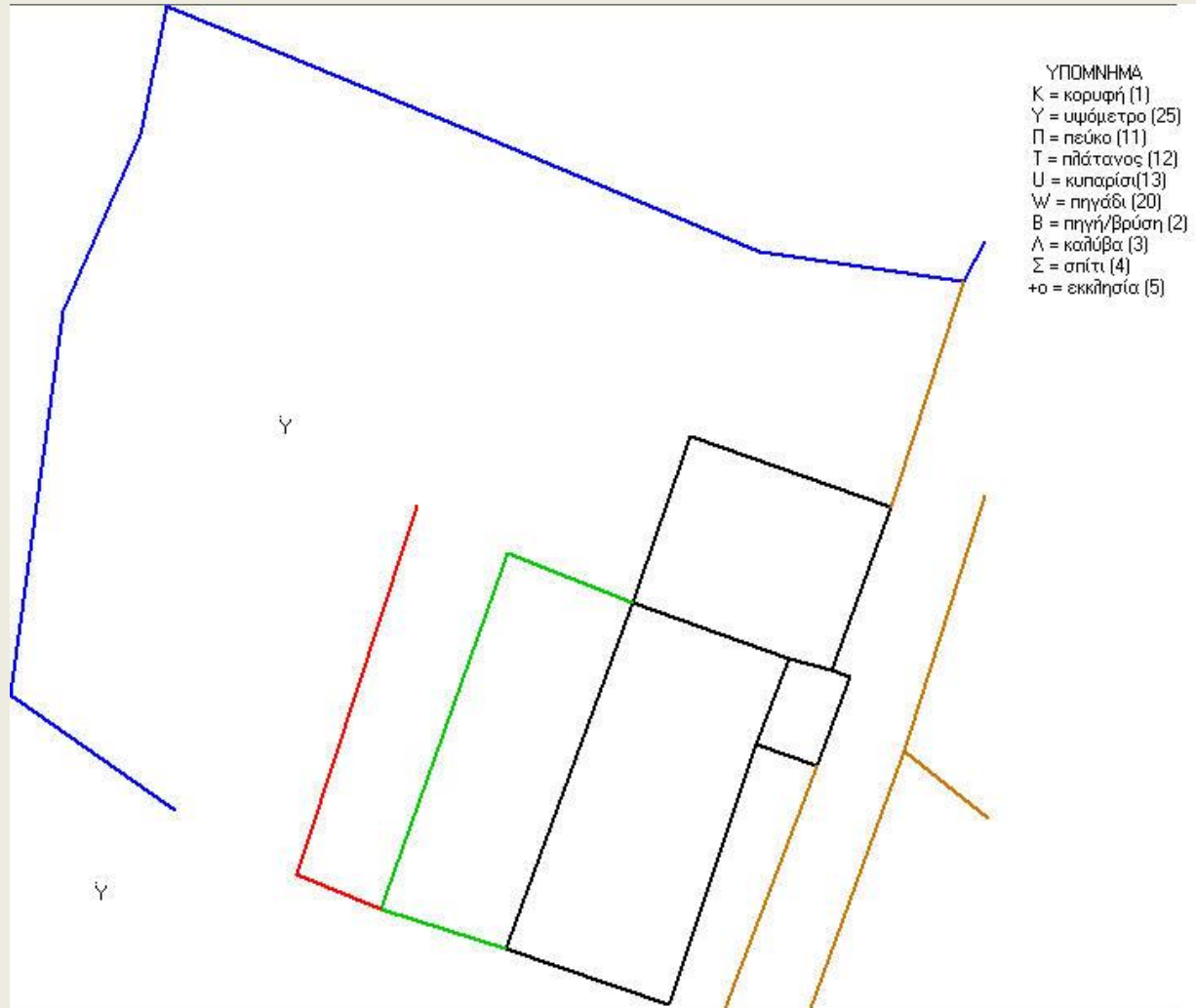
↑  
**Τοπολο-  
γία**

**Γεωμε-  
τρία**

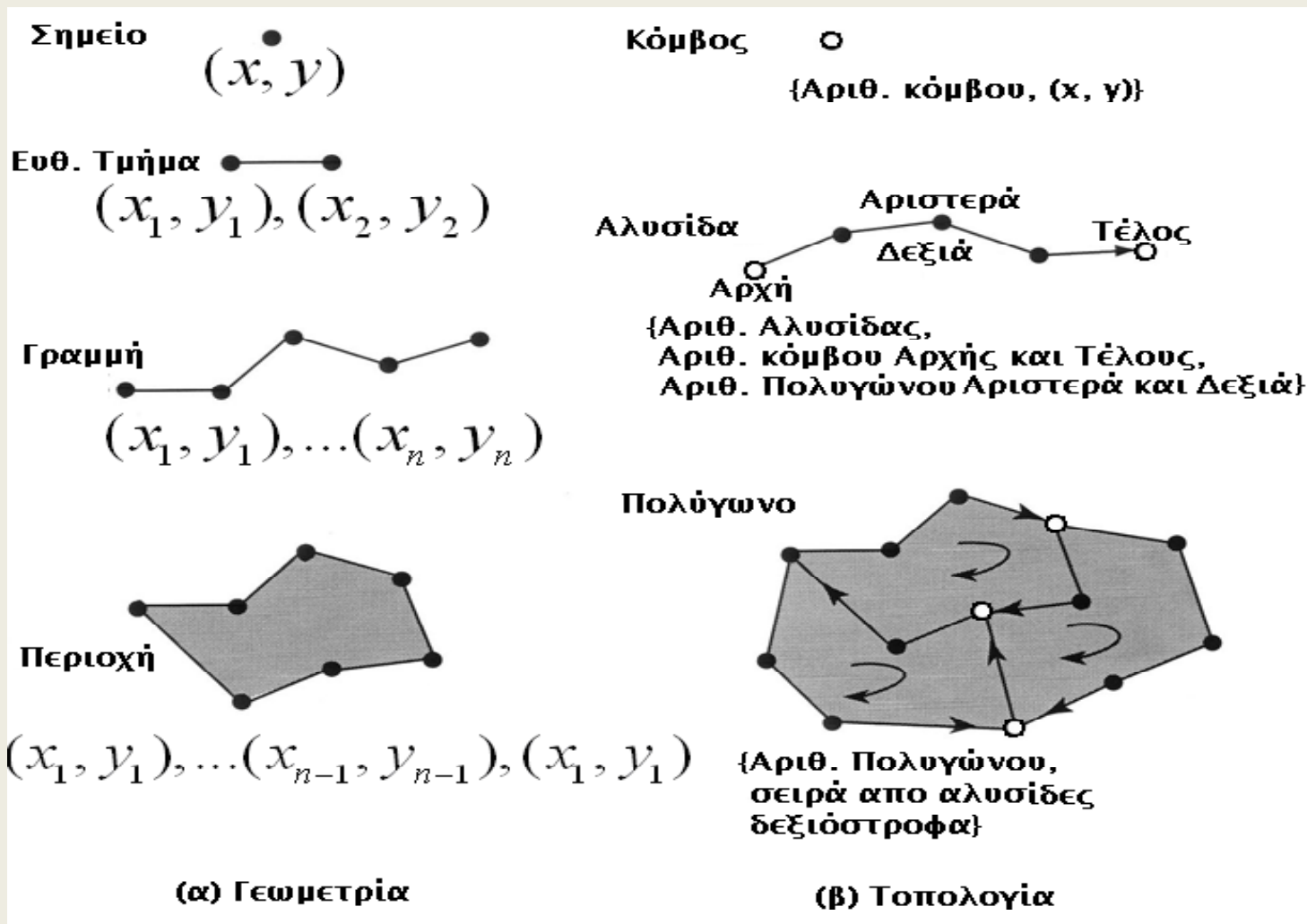


$\alpha/\alpha$	X	Y	$\alpha/\alpha$	X	Y
1	544.498	479.941	16	530.281	487.723
2	549.667	478.1	17	530.951	491.055
3	548.131	473.906	18	539.058	487.757
4	548.613	473.731	19	546.29	484.721
5	547.76	471.431	20	551.537	483.959
6	546.183	472.001	21	552.096	484.953
7	543.927	465.285	22	552.109	478.436
8	539.722	466.73	23	550.027	471.811
9	543.007	475.658	24	547.511	464.912
10	547.037	474.211	25	552.182	470.078
11	536.482	467.735	26	545.284	464.937
12	539.764	476.932	27	534.335	468.614
13	531.176	470.294	28	537.439	478.17
14	526.914	473.266	29	533.882	480.475
15	528.269	483.166	30	529.14	468.433

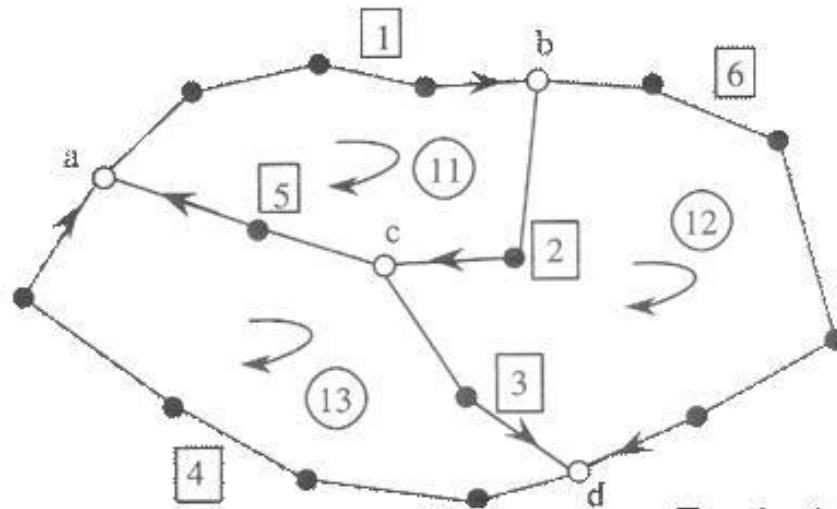
# Σχεδίαση ψηφιακού Χάρτη



# Γεωμετρία και τοπολογία χωρικών αντικειμένων



# Τοπολογική δομή δεδομένων



Γεωμετρία αλυσίδας

Αλυσίδα	Αρχή	Συντεταγμένες	Τέλος
1	$(X_a, Y_a)$	$(X, Y) \dots\dots (X, Y)$	$(X_b, Y_b)$
2	$(X_b, Y_b)$	$(X, Y) \dots\dots (X, Y)$	$(X_c, Y_c)$
⋮	⋮	⋮	
6	$(X_b, Y_b)$	$(X, Y) \dots\dots (X, Y)$	$(X_d, Y_d)$

Τοπολογία Πολυγώνου

Πολύγωνο	Αλυσίδα
11	1,2,5
12	-2,6,-3
13	4,-5,3

Τοπολογία Κόμβου

Κόμβος	Αλυσίδες
a	1,-5,-4
b	-1,2,6
c	-2,3,5
d	-3,4,-7

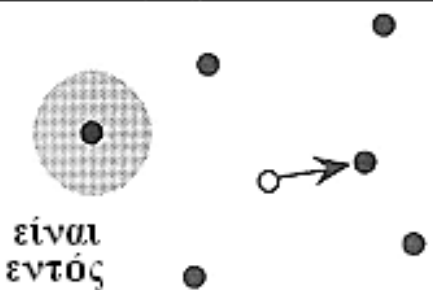
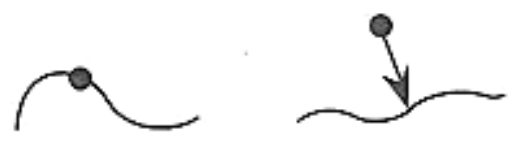
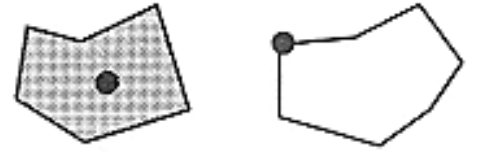

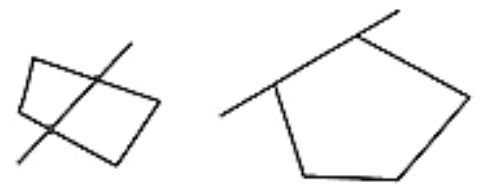

Τοπολογία Αλυσίδας

Αλυσίδα	Από	Εως	Αριστερό Πολύγωνο	Δεξιό Πολύγωνο
1	a	b	0	11
2	b	c	12	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	b	d	0	12

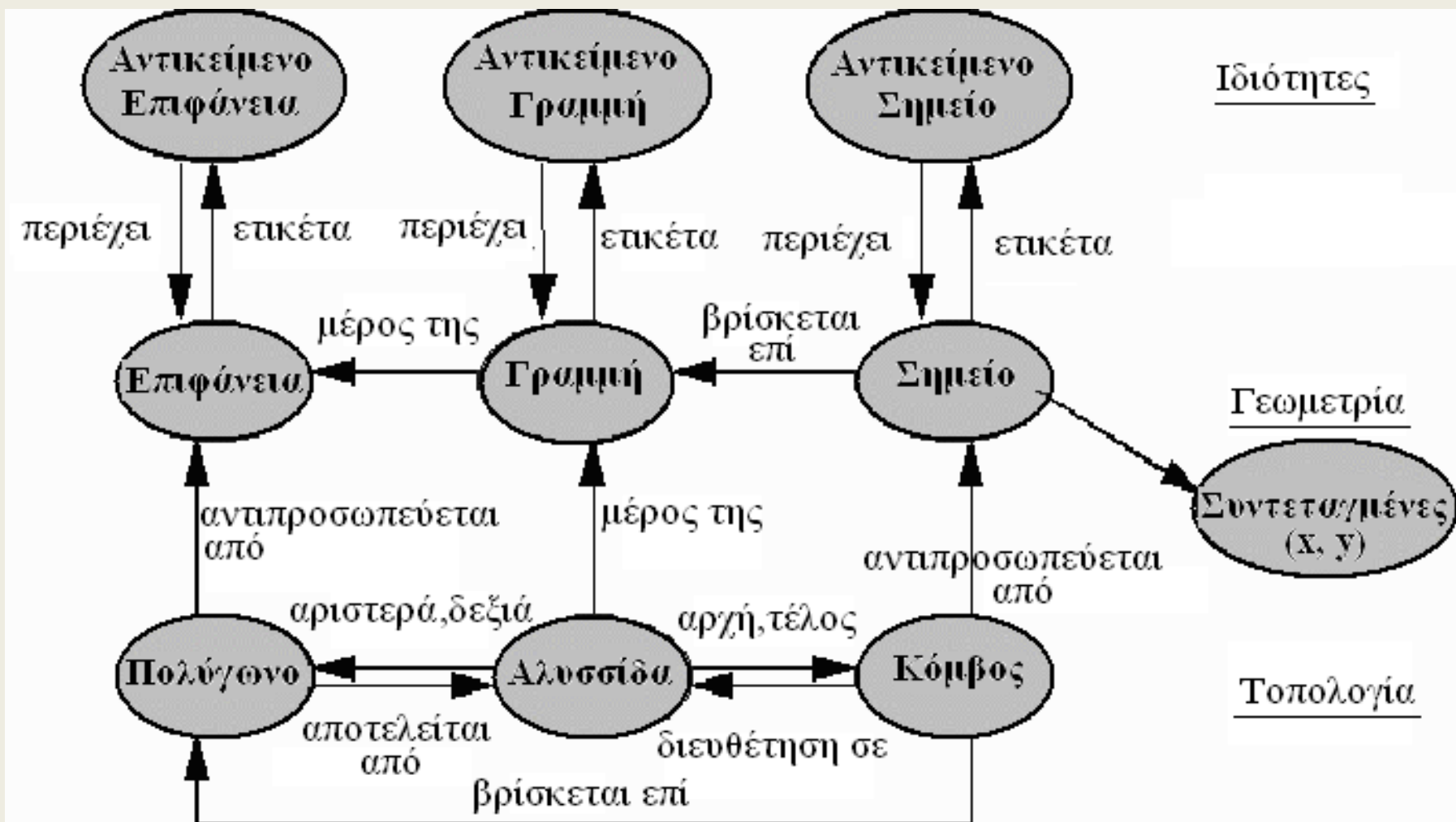
Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης  
& ΓΣΠ

© copyright I. N. Χατζόπουλος

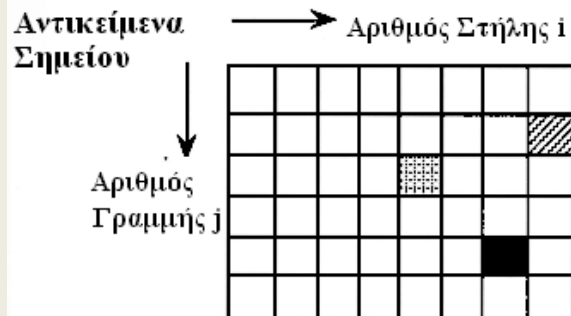
# Τοπολογικές σχέσεις μεταξύ χωρικών αντικειμένων

Σημείο - Σημείο	Σημείο - Γραμμή	Σημείο - Επιφάνεια
 <p>είναι εντός</p> <p>πλησίον στο</p>	 <p>επί της γραμμής</p> <p>πλησίον στη</p>	 <p>εντός επιφάνειας</p> <p>επί της επιφάνειας</p>
Γραμμή - Γραμμή	Γραμμή - Επιφάνεια	Επιφάνεια - Επιφάνεια
 <p>τέμνει</p> <p>ρέει εντός</p> <p>διασταύρωση</p>	 <p>τέμνει</p> <p>συνορεύει</p>	 <p>επικάλυψη</p> <p>εντός</p> <p>παράπλευρα</p>

# Σχέσεις ανάμεσα στο γεωμετρικό και τοπολογικό μοντέλο



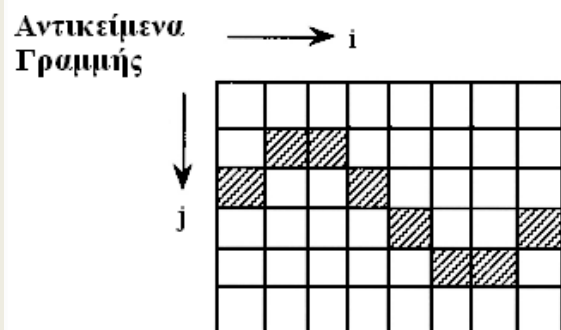
# Γεωμετρία και τοπολογία κυψελίδων



$(i, j) = (5, 3), (7, 5), (8, 2)$

(α) Γεωμετρία

(β) Τοπολογία

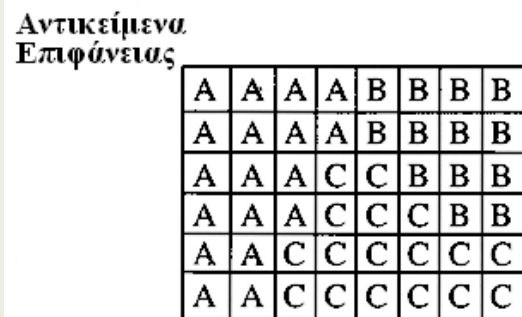
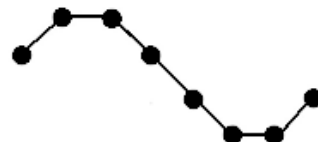


$(1, 3), (2, 2), (3, 2), (4, 3)$

$(5, 4), (6, 5), (7, 5), (8, 4)$

(α) Γεωμετρία

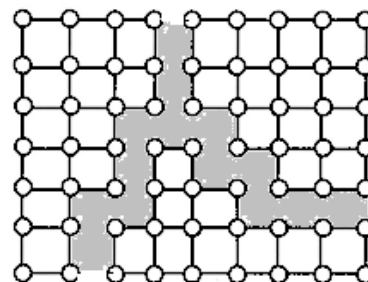
(β) Τοπολογία



$(4A, 4B), (4A, 4B), (3A, 2C, 3B)$

$(3A, 3C, 2B), (2A, 6C), (2A, 6C)$

(α) Γεωμετρία



(β) Τοπολογία

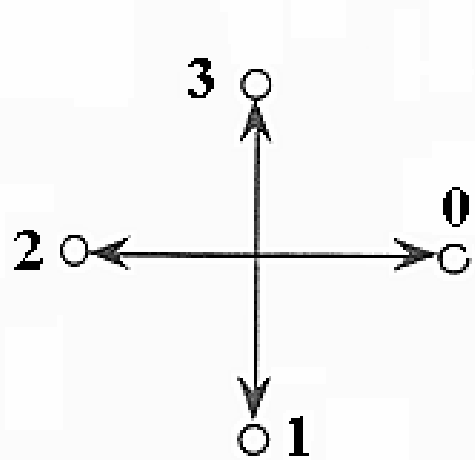
Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης & ΓΣΠ  
© copyright I. N. Χατζόπουλος



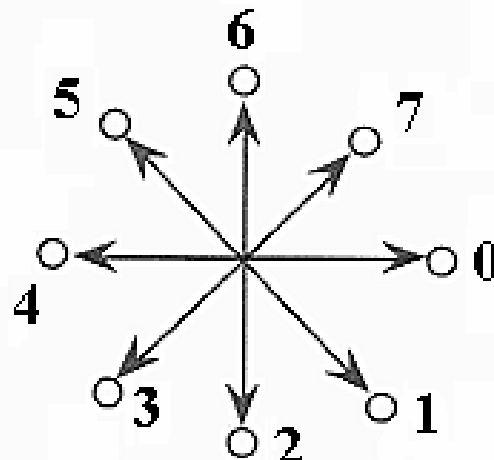
# Κατεύθυνση ροής για την ανίχνευση ψηφίδας που ανήκει σε γραμμή

Τοπολογικά χαρακτηριστικά κυψελιδωτών δεδομένων

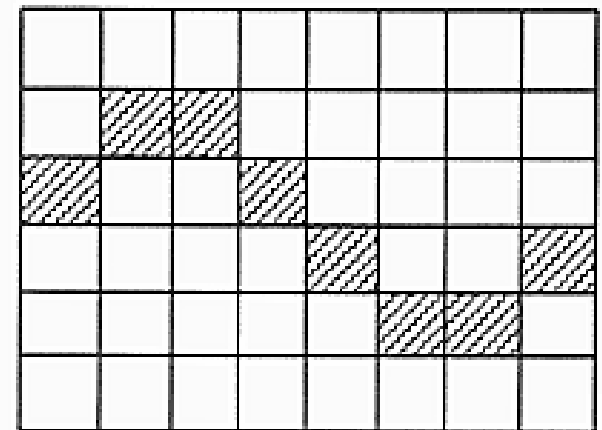
Κατεύθυνση Ροής



(α) Τέσσερις κατευθύνσεις (κίνηση βασιλιά - σκάκι)



(β) Οκτώ κατευθύνσεις (κίνηση βασίλισσας - σκάκι)



(γ) Κατευθύνσεις ροής με κίνηση βασίλισσας (7, 0, 1, 1, 1, 0, 7)

# Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διανυσματικού μοντέλου

- (α) Σημαντική οικονομία σε αποθηκευτικό χώρο: απαραίτητη γραφική πληροφορία με βάση τις συντεταγμένες ενός περιορισμένου αριθμού σημείων.
- (β) Τα δεδομένα μετασχηματίζονται εύκολα σε κυψελιδωτή μορφή για επεξεργασίες όπως είναι οι αριθμητικές ή λογικές (άλγεβρα του Μπούλ) πράξεις ανάμεσα στις επικαλύψεις της ίδιας γεωγραφικής θέσης χωρίς να υπάρχει απώλεια στην ακρίβεια.
- (γ) από τα αρχικά δεδομένα που συνήθως είναι οι συντεταγμένες σημείων παράγονται: αποστάσεις, αζιμούθια, γωνίες, κλίσεις, αναλυτική σκιά, αναλυτικό προοπτικό, αναλυτικά εμβαδά κλπ.
- (δ) Τα διανυσματικά σύμβολα επιτρέπουν σημειακές μετατροπές όπως:
  - Αντιγράφονται σε επιθυμητή θέση (X, Y).
  - Παίρνουν επιθυμητό μέγεθος (κλίμακα).
  - Περιστρέφονται με επιθυμητή γωνία.
  - Προβάλλονται με διαφορετικές προβολές.
- (ε) Μπορεί να προσδιορισθεί αναλυτικά η τομή επάλληλων σχημάτων όπως είναι η τομή επάλληλων πολυγώνων.
- (στ) Το σημαντικότερο μειονέκτημα του διανυσματικού μοντέλου είναι οι αριθμητικές ή λογικές (άλγεβρα του Μπούλ) πράξεις ανάμεσα στις επικαλύψεις της ίδιας γεωγραφικής θέσης.

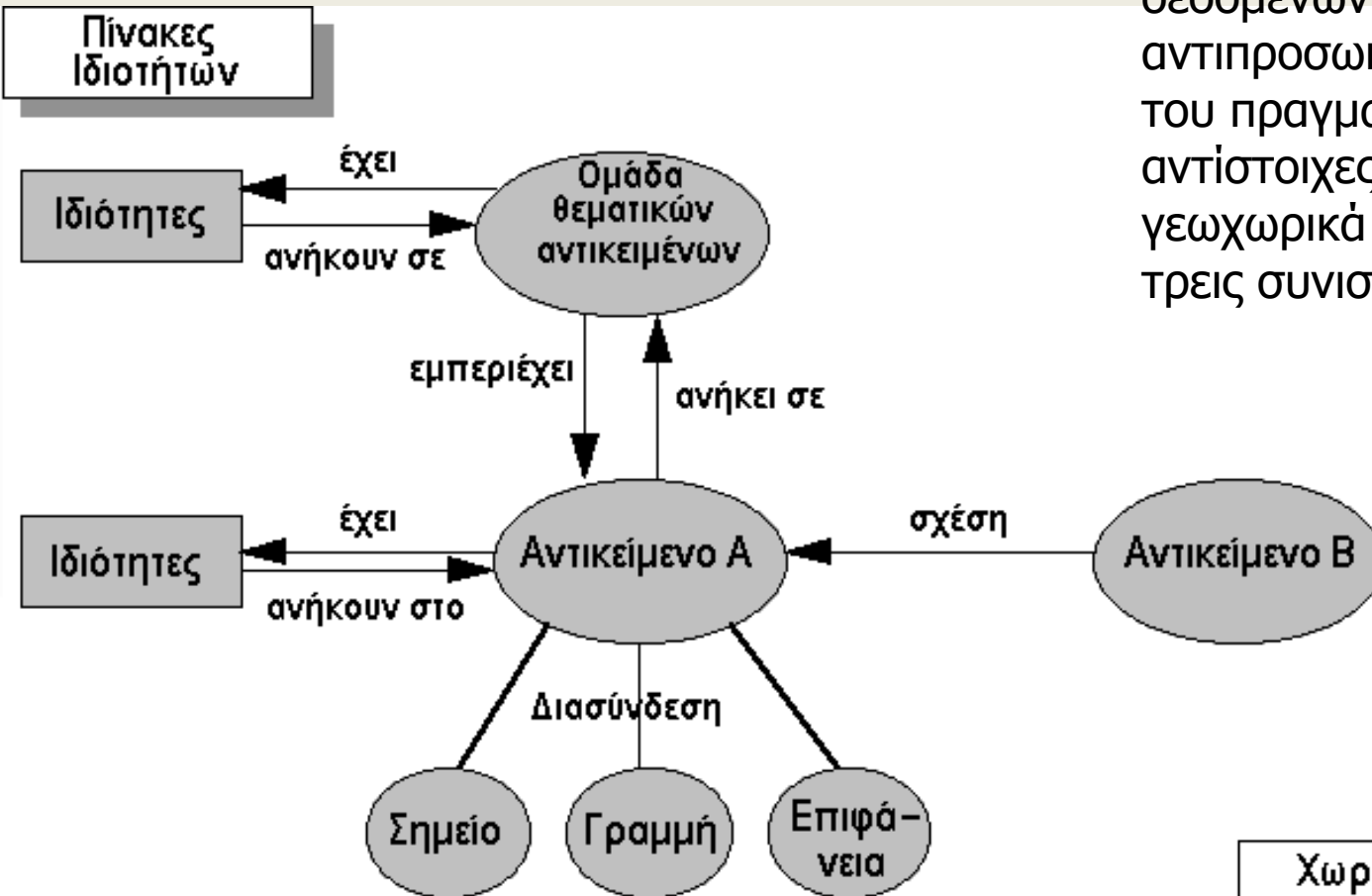
# Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κυψελιδωτού μοντέλου

- (α) Τα περισσότερα δεδομένα της τηλεπισκόπησης (δορυφορικές εικόνες) έρχονται στην μορφή αυτή και συνήθως γίνεται διανυσματικοποίηση της πληροφορίας που θέλουμε να αποσπάσουμε.
- (β) Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται με μεγάλη ευκολία για επεξεργασίες όπως είναι οι αριθμητικές ή λογικές (άλγεβρα του Μπούλ) πράξεις ανάμεσα στις επικαλύψεις της ίδιας γεωγραφικής θέσης.
- (γ) Η ψηφιοποίηση χαρτών γίνεται με σάρωση που έχει κυψελιδωτή μορφή και στη συνέχεια γίνεται μετατροπή σε διάνυσμα.
- (δ) Όλες οι οθόνες και οι εκτυπωτές inkjet εργάζονται με δεδομένα κυψελιδωτής μορφής
- (ε) Το κυψελιδωτό μοντέλο μειονεκτεί έναντι των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν για το διανυσματικό μοντέλο

# Μοντέλα θεματικών δεδομένων

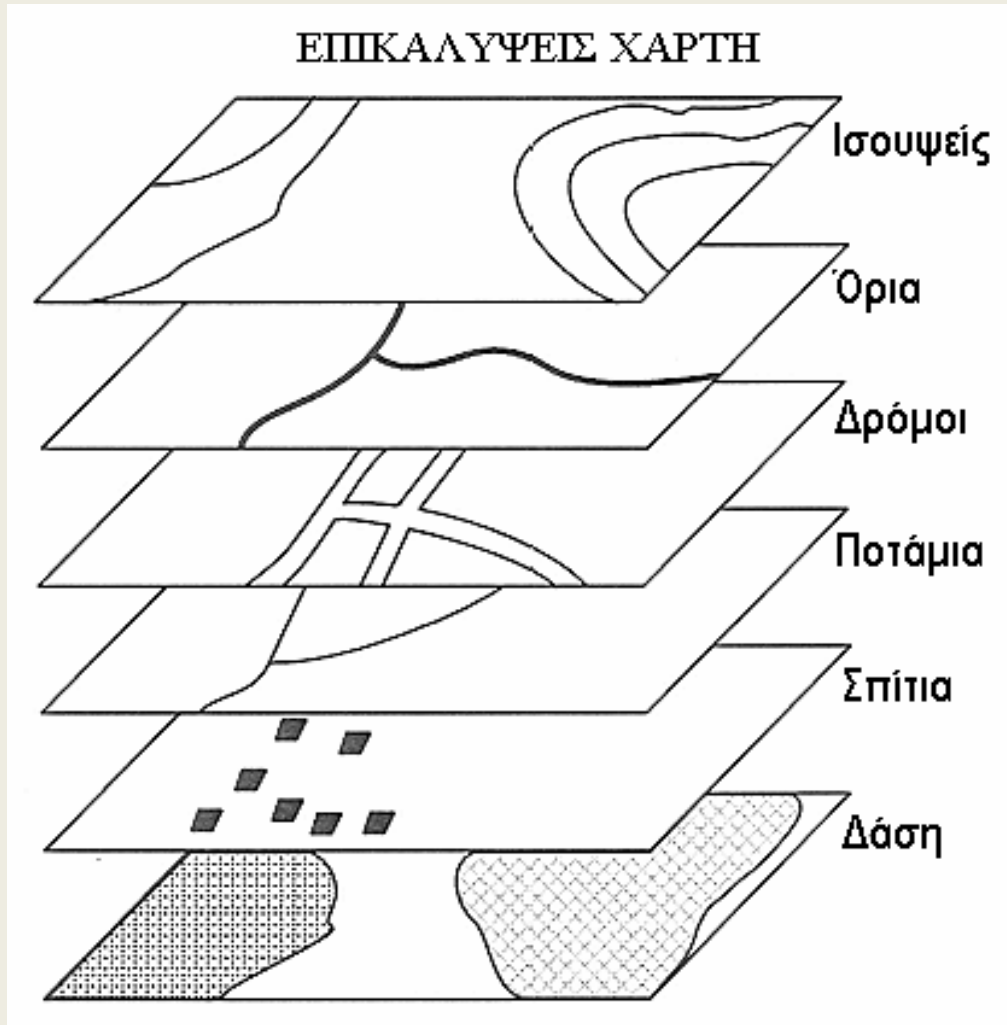
Τα αντικείμενα σε μια χωρική βάση δεδομένων ορίζονται ώστε να αντιπροσωπεύουν τις οντότητες του πραγματικού κόσμου με τις αντίστοιχες ιδιότητες. Γενικά τα γεωχωρικά δεδομένα έχουν κυρίως τρεις συνιστώσες:

Θέση  
Ιδιότητες  
Χρόνο



Χωρικά  
Δεδομένα

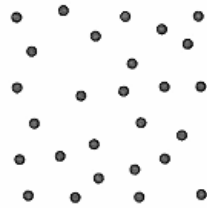
# Θεματικά χωρικά αντικείμενα οργανωμένα σε επικαλύψεις της ίδιας γεωγραφικής περιοχής



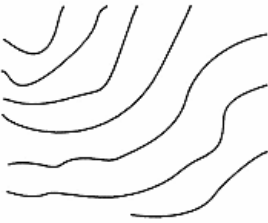
Δειγματοληψία για  
σημεία / γραμμές



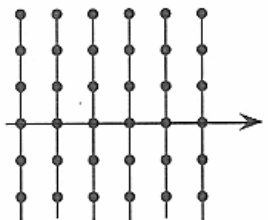
(α) Σημεία πλέγματος



(β) Σημεία στην τύχη

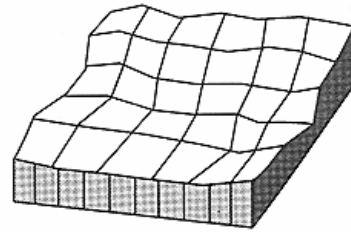


(γ) Ισουψείς καμπύλες

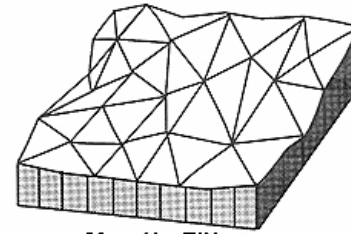


(δ) Μηκοτομή

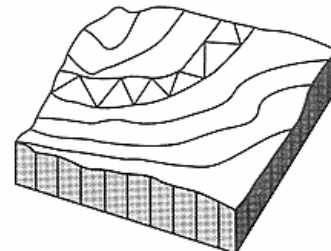
Ψηφιακό Υψομετρικό  
Μοντέλο (ΨΥΜ)



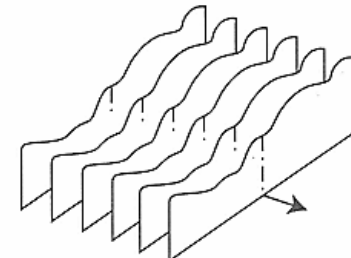
Δι - γραμμικό μοντέλο



Μοντέλο TIN



Μοντέλο TIN με ισουψείς



Δι - γραμμικό μοντέλο  
ή μοντέλο TIN

# Δομή δεδομένων στατιστικής επιφάνειας

**«Η επιφάνεια που παρουσιάζει  
δεδομένα σημειακά ή ογκομετρικά  
τα οποία έχουν μετρηθεί ή  
καταγραφεί σε συγκεκριμένες  
εκτάσεις, με γραμμικά ή εκτατικά  
σύμβολα».**