

Γραφικά Υπολογιστών

Χρήστος-Νικόλαος Αναγνωστόπουλος
Καθηγητής, Παν. Αιγαίου

Τεχνικές γεωμετρικής αναπαράστασης

- Polygonal (Πολυγωνικό μοντέλο)
- Parametric patches (Παραμετρικές επιφάνειες)
- Spatial subdivision (Διαμέριση χώρου)
- Constructive solid geometry - CSG (Κατασκευαστική Γεωμετρία Στερεών)
- Νέφος Σημείων

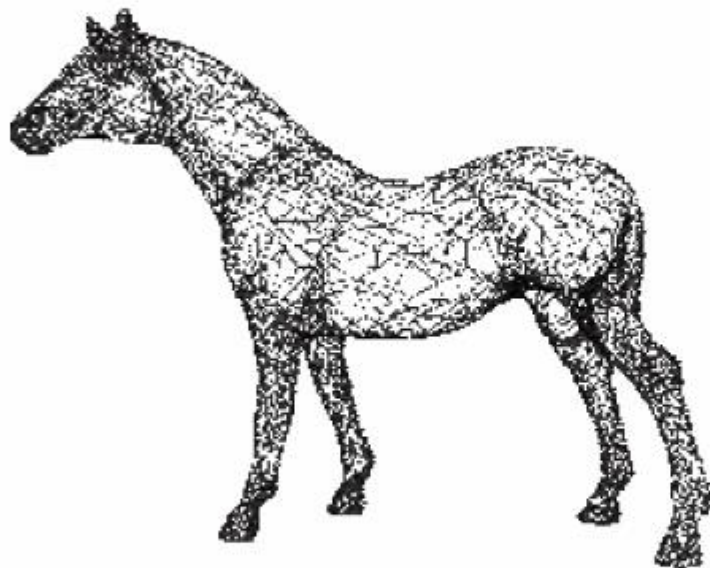
Πολυγωνικό μοντέλο



Το Πολυγωνικό Μοντέλο

Η παλαιότερη και πιο διαδεδομένη παράσταση αντικειμένων:

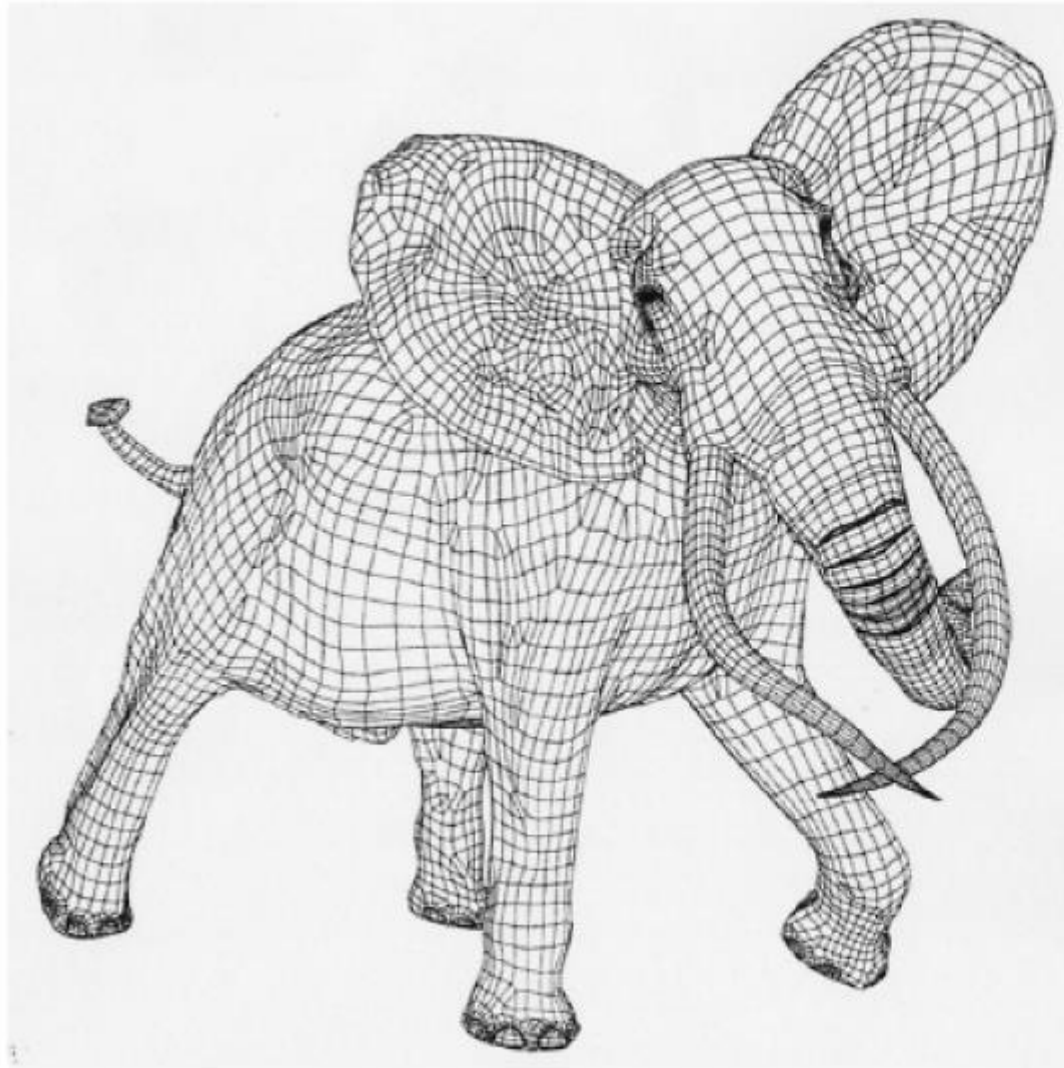
- Ιδιαίτερα εύχρηστο για αντικείμενα με λίγες επίπεδες επιφάνειες (π.χ. κύβος).
- Δυσκολία παράστασης μη επίπεδων επιφανειών.



Πόσα πολύγωνα χρειάζονται;

- Περισσότερα πολύγωνα σε περιοχές με μεγάλη κοιλότητα.
- Αριθμός πολυγώνων είναι επιθυμητό να εξαρτάται από τελικό μέγεθος αντικειμένου στην οθόνη (όχι προβλέψιμο)
- \Rightarrow Πολυγωνικά μοντέλα πολλαπλών αναλύσεων.

Παράδειγμα πολυγωνικού μοντέλου

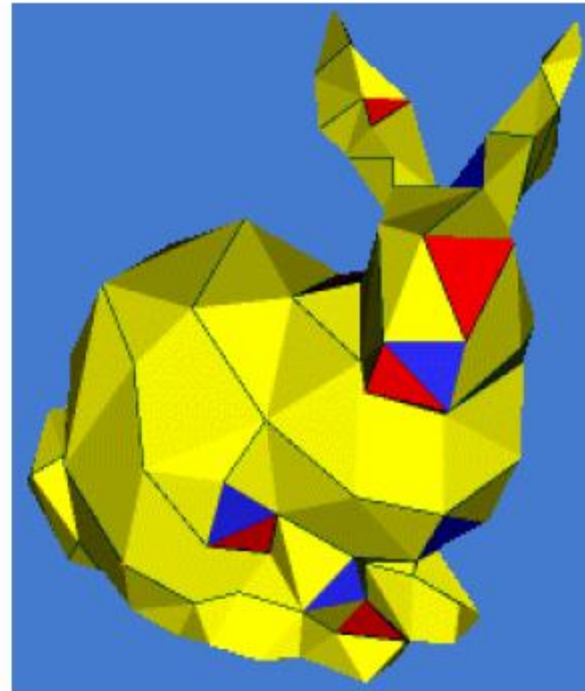
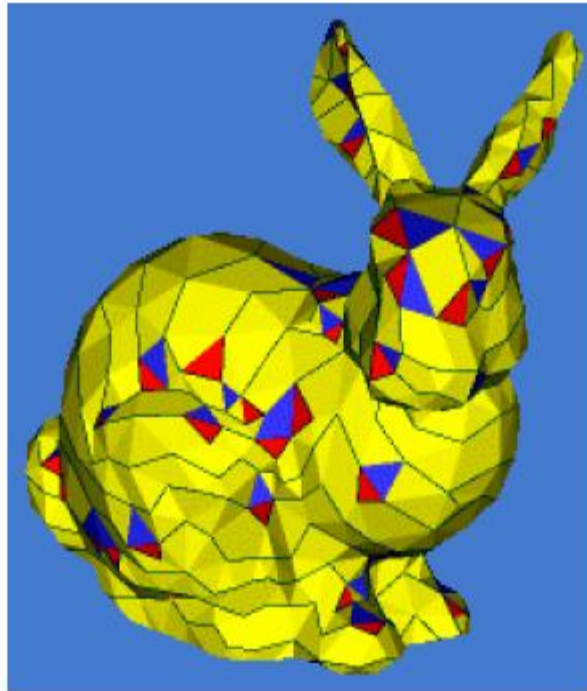
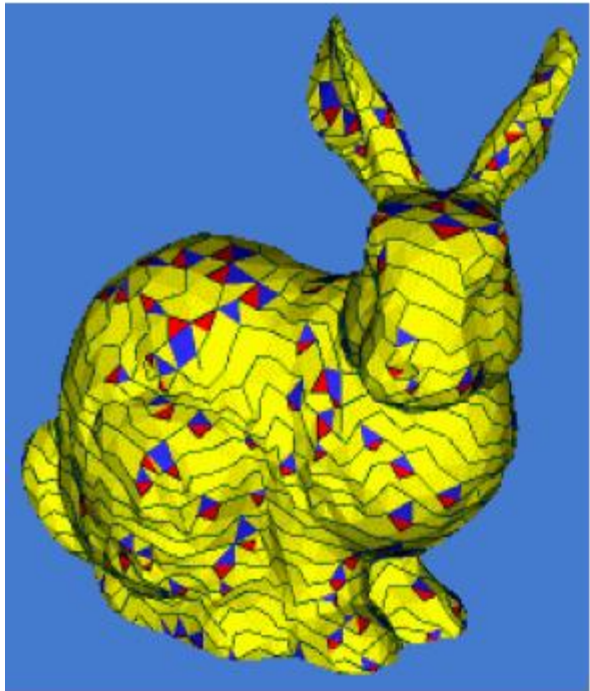


Αριθμός πολυγώνων ~
ανάλυση του αντικειμένου

Συνάρτηση του τελικού
μεγέθους του αντικειμένου

Αποθηκεύεται το μοντέλο σε
διάφορες αναλύσεις και κάθε
φορά χρησιμοποιούμε την
κατάλληλη σύμφωνα με την
ανάλυση και το μέγεθος του
αντικειμένου

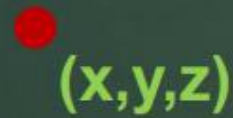
Παραδείγματα πολυγωνικών μοντέλων πολλαπλών αναλύσεων



Περισσότερα πολύγωνα: Καλύτερη ανάλυση
του αντικειμένου

Κορυφή

```
typedef struct {  
    Coordinate x;  
    Coordinate y;  
    Coordinate z;  
} Point;
```



A 3D coordinate system is shown with three green axes. A red dot is placed at a point in the 3D space, and the label (x,y,z) is written next to it in green text.

(x,y,z)



A 3D coordinate system is shown with three green axes. The origin is labeled 'Origin' in green text.

Origin

Ακμή - διάνυσμα - μέτρο διανύσματος

$$\|V\| = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$



```
typedef struct {  
    Coordinate dx;  
    Coordinate dy;  
    Coordinate dz;  
} Vector;
```

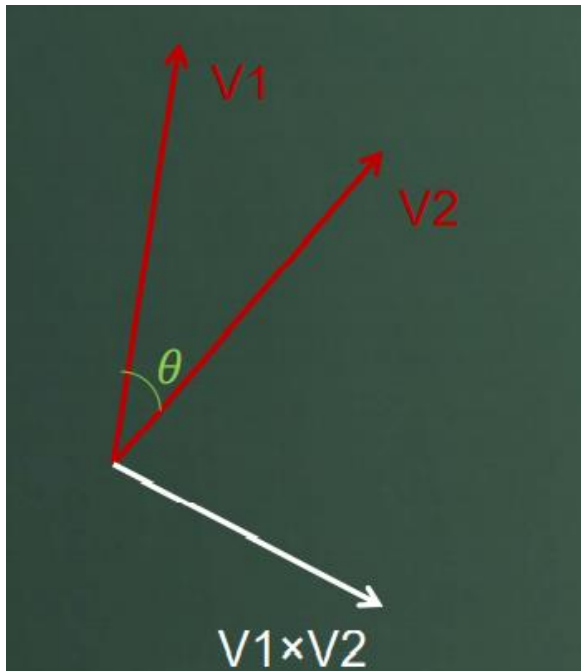
A diagram illustrating a vector in 3D space. A red arrow represents the vector, starting from an origin and pointing towards a point labeled (dx, dy, dz) .

(dx, dy, dz)

Κάθετο διάνυσμα (vector) - μέτρο κάθετου διανύσματος

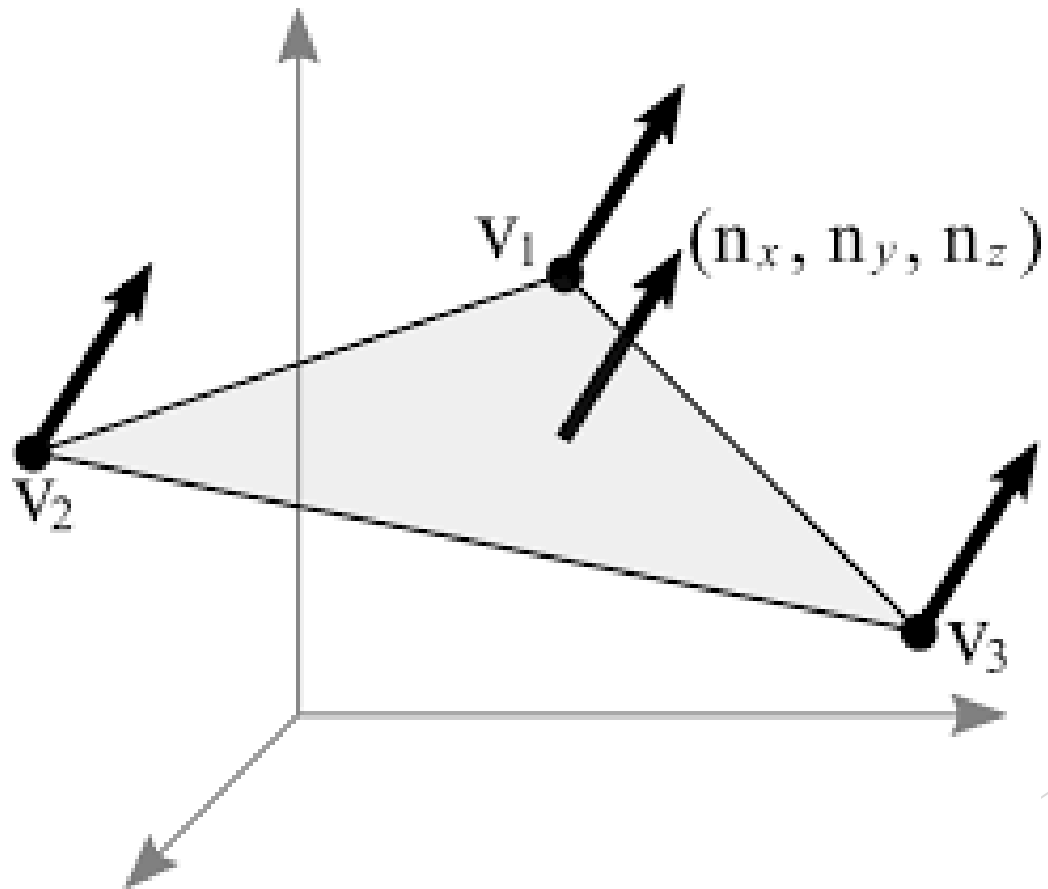
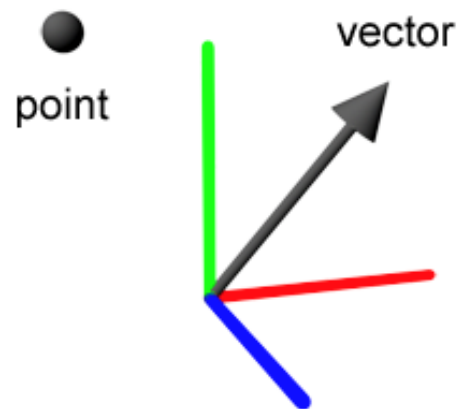
Για 2 διανύσματα που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία θ ισχύει ότι το μέτρο του κάθετου διανύσματος είναι:

$$\|V\| = \|V1\| * \|V2\| * \eta\mu(\theta)$$

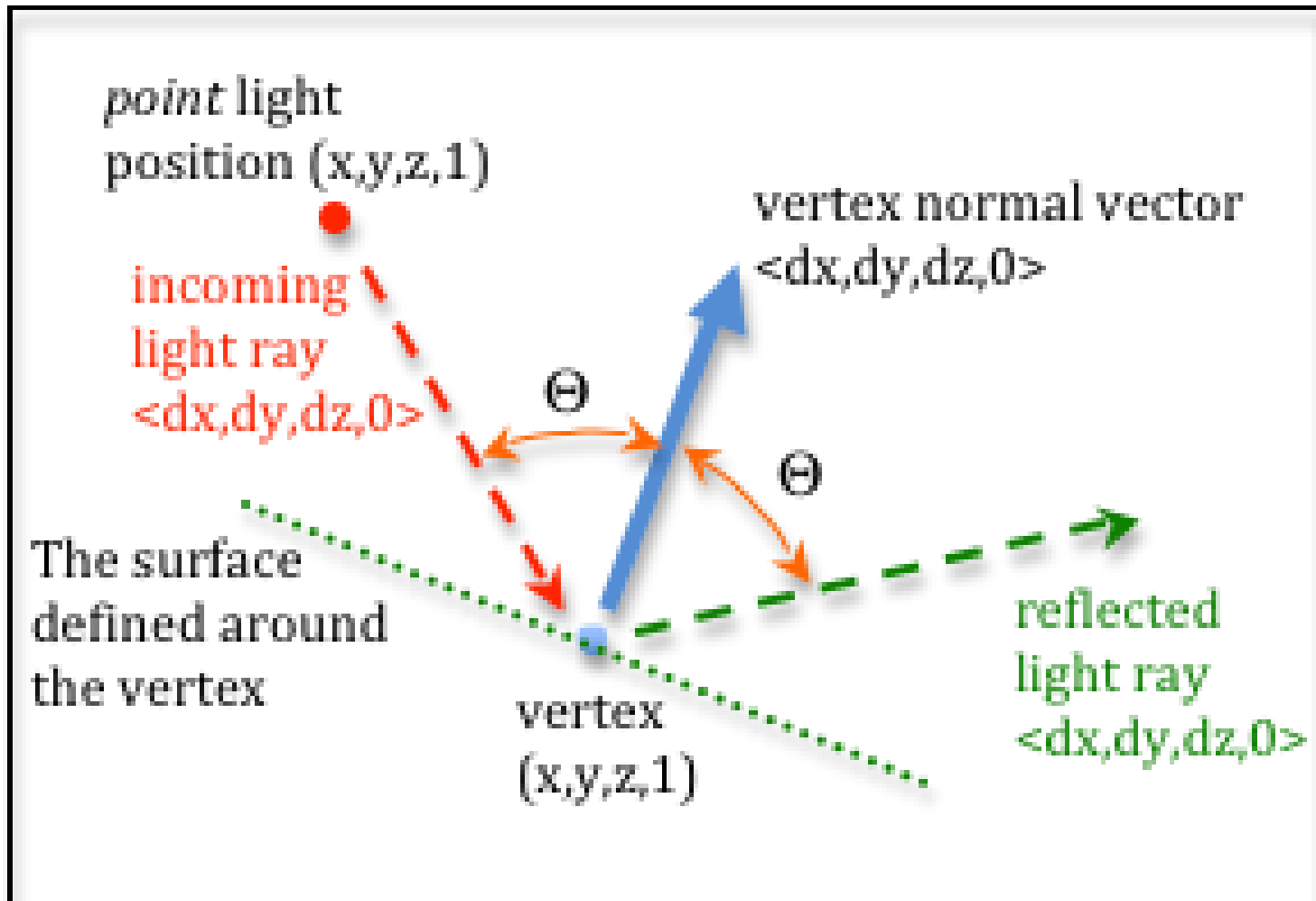


Προφανώς είναι κάθετο
στην επιφάνεια που
ορίζουν τα δύο
διανύσματα

Normal σημείου - normal επιφάνειας



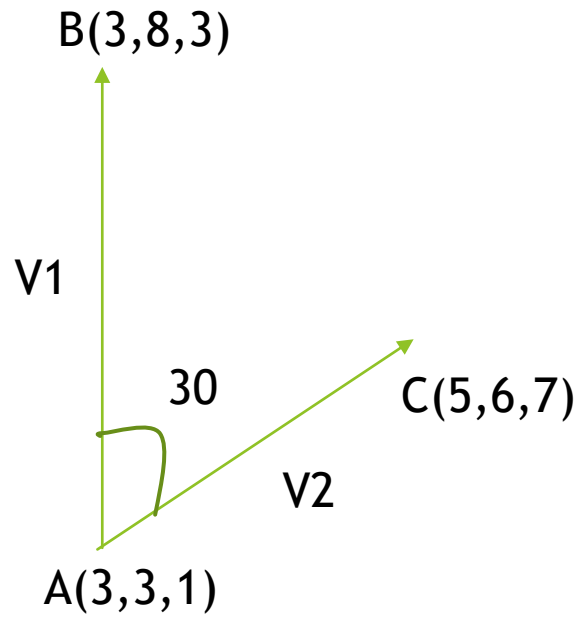
Γιατί είναι χρήσιμα τα normals



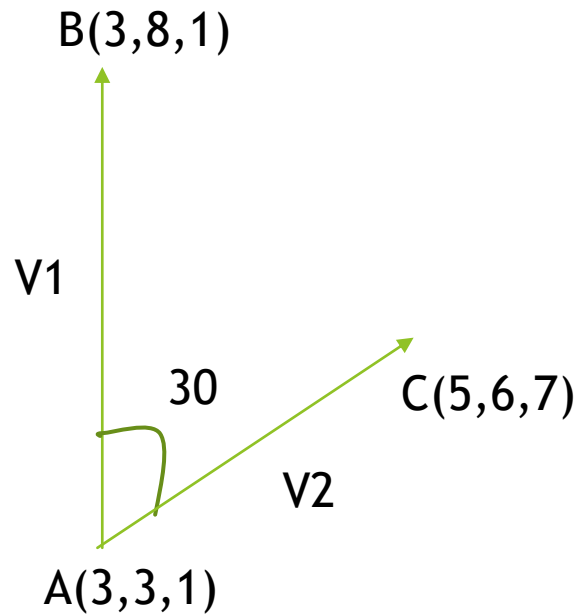
Πολυγωνικό μοντέλο άσκηση



Παράδειγμα:
Πόσο είναι το normal vector στην κορυφή A;;;



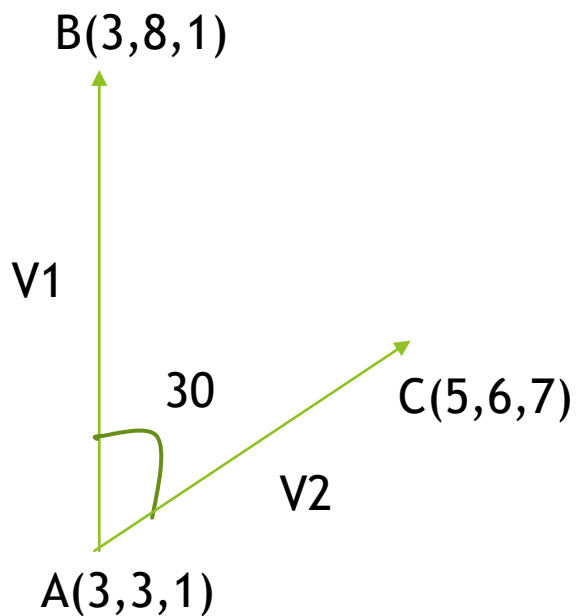
Παράδειγμα:
Πόσο είναι το normal vector στην κορυφή A;;;



Υπολογίζω το μέτρο του V1

$$\begin{aligned} V1 &= \sqrt{(3-3)^2 + (8-3)^2 + (1-1)^2} = \\ &= \sqrt{0 + 25 + 0} = \sqrt{25} = 5 \end{aligned}$$

Παράδειγμα:
Πόσο είναι το normal vector στην κορυφή A;;;



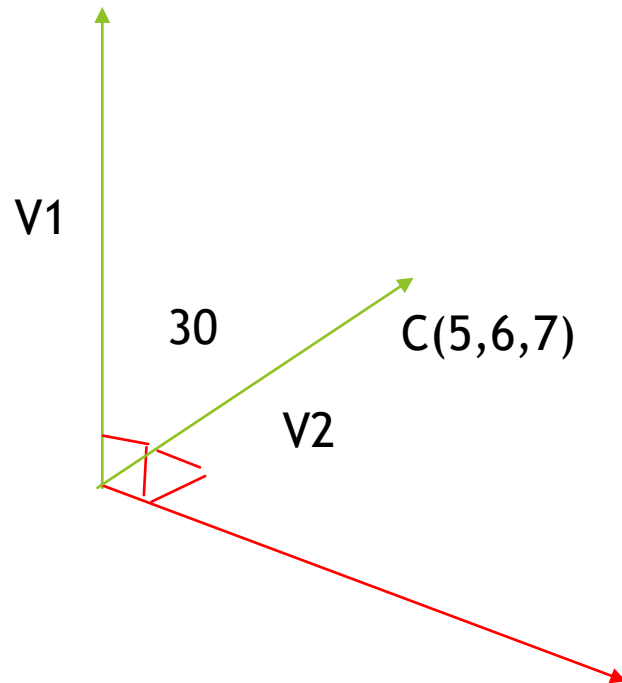
Υπολογίζω το μέτρο του V1

$$\begin{aligned} V1 &= \text{sqrt}((3-3)^2 + (8-3)^2 + (1-1)^2) = \\ &= \text{sqrt}(0 + 25 + 0) = \text{sqrt}(25) = 5 \end{aligned}$$

Υπολογίζω το μέτρο του V2

$$\begin{aligned} V2 &= \text{sqrt}((5-3)^2 + (6-3)^2 + (7-1)^2) = \\ &= \text{sqrt}(4 + 9 + 36) = \text{sqrt}(49) = 7 \end{aligned}$$

Παράδειγμα:
Πόσο είναι το normal vector στην κορυφή A;;;

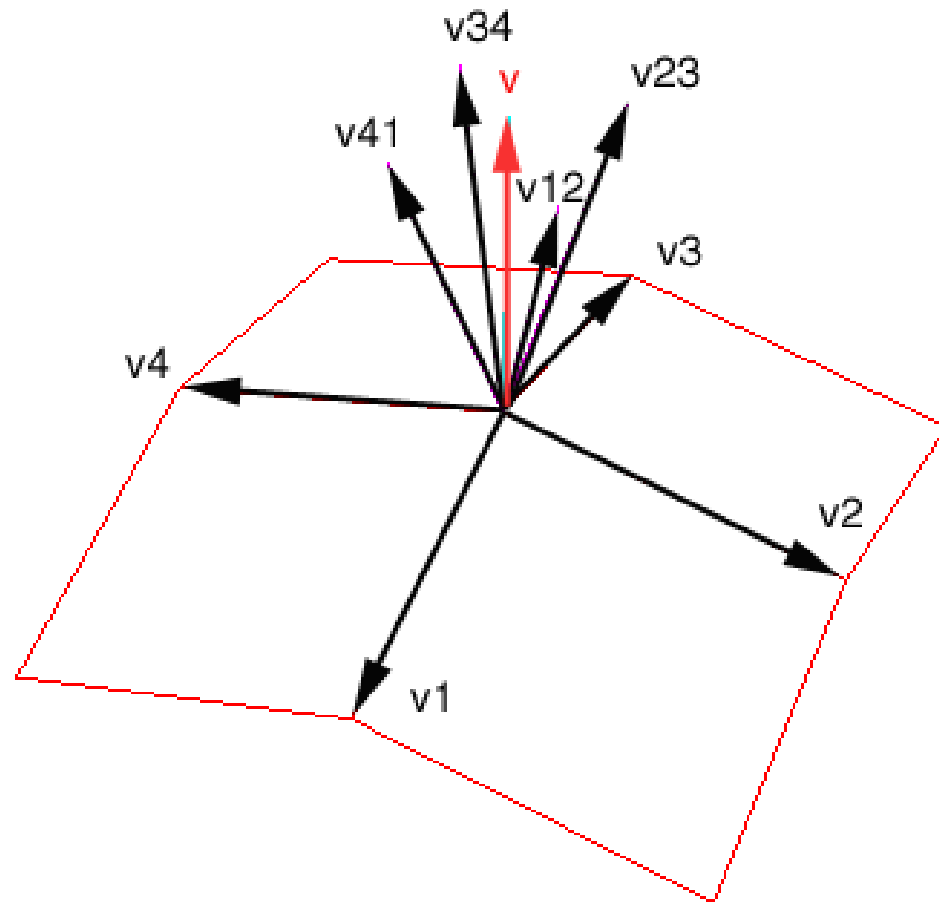


Άρα το κάθετο διάνυσμα έχει μέτρο το:

$$A_n = 5 \cdot 7 \cdot \sin(30) = 35 \cdot 0.5 = 17.5$$

Τι συμβαίνει όταν έχουμε κορυφή με πάνω από δύο ακμές

Υπολογίζουμε τι συμβαίνει ανά δύο και μετά βρίσκουμε τη συνισταμένη όλων των διανυσμάτων



Το Πολυγωνικό Μοντέλο

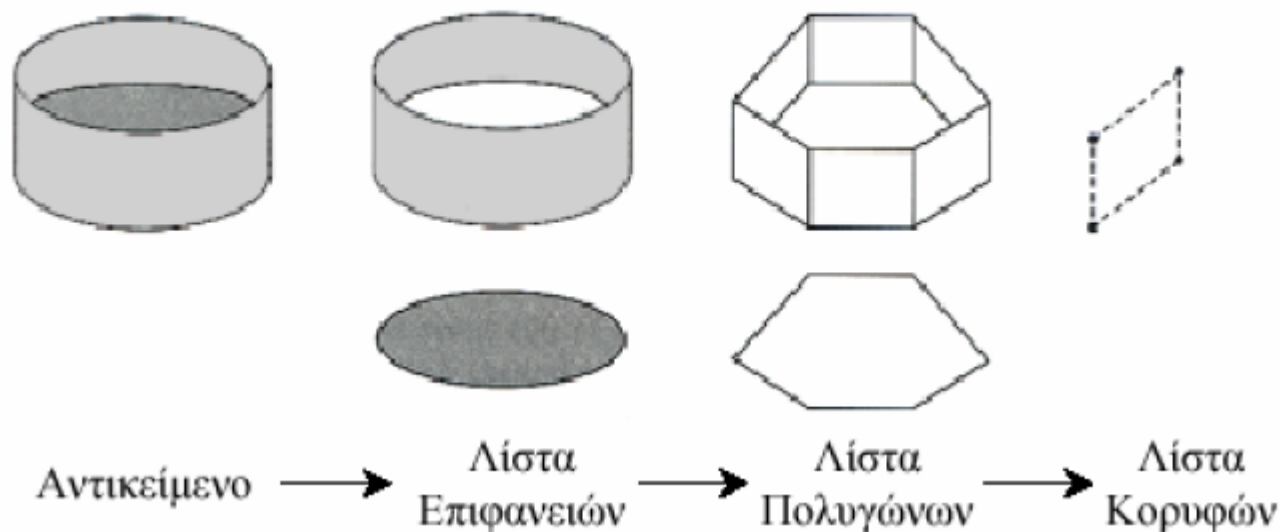
Πλεονεκτήματα:

- Αλγοριθμική ευκολία δημιουργίας του.
- Μεγάλο πλήθος διαθέσιμων αλγορίθμων επεξεργασίας του.
- Διαθεσιμότητα εξειδικευμένων αρχιτεκτονικών VLSI.

Μειονεκτήματα:

- Δυσκολία παράστασης πολύπλοκων αντικειμένων (π.χ. φυσικά φαινόμενα).
- Δυσκολία μετατροπής μοντέλου αντικειμένων.

Χρήση ιεραρχικής δομής δεδομένων.



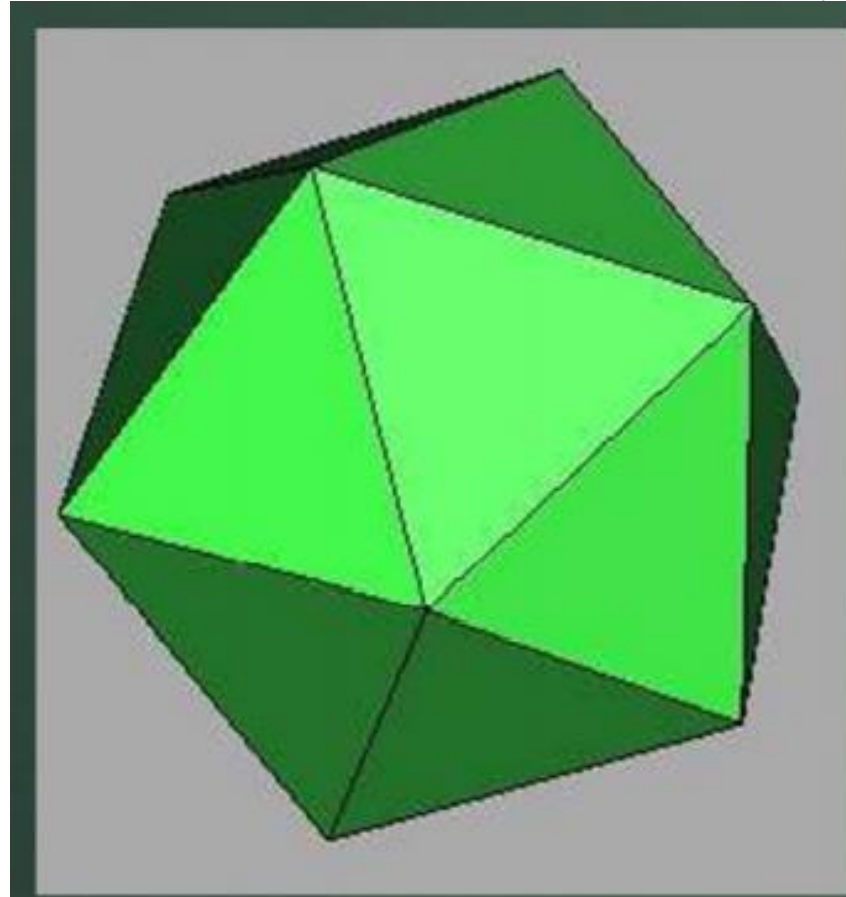
Δομές αναπαράστασης

Ανεξάρτητες όψεις/πολύγωνα

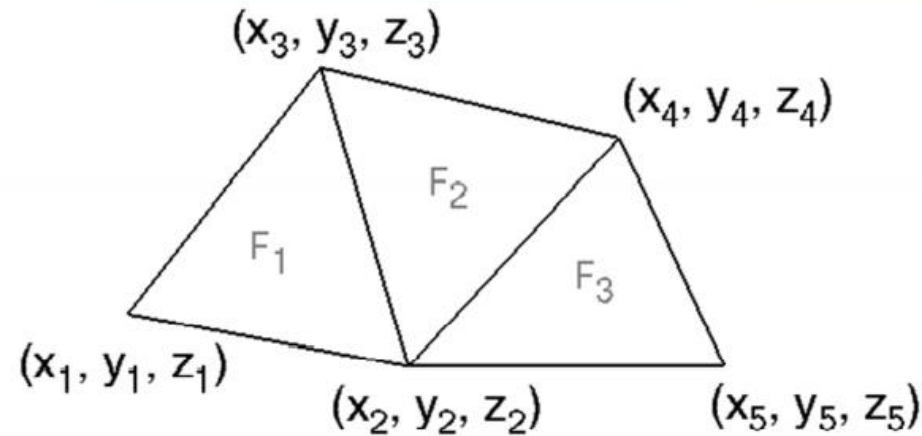
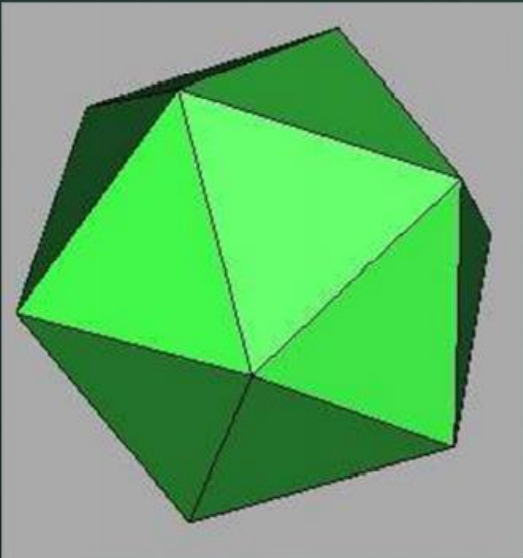
Πίνακες κορυφών και όψεων

Λίστες συνδέσμων

Παράδειγμα αναπαράστασης
-Winged edge (φτερωτή ακμή)



Ανεξάρτητες όψεις/πολύγωνα

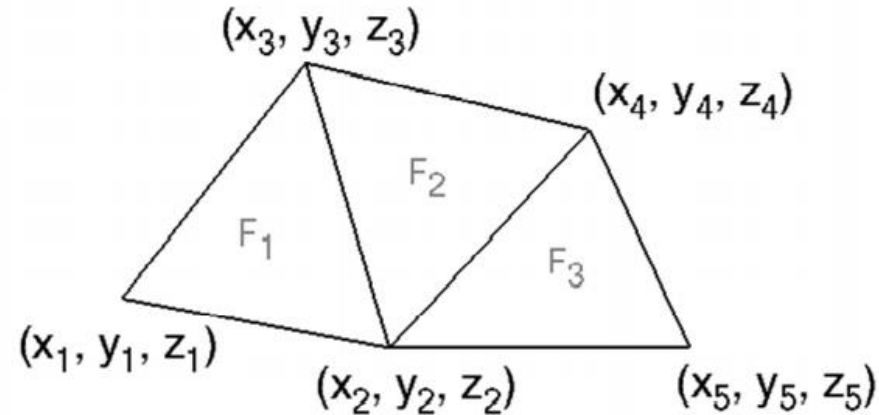


FACE TABLE

F_1	(x_1, y_1, z_1)	(x_2, y_2, z_2)	(x_3, y_3, z_3)
F_2	(x_2, y_2, z_2)	(x_4, y_4, z_4)	(x_3, y_3, z_3)
F_3	(x_2, y_2, z_2)	(x_5, y_5, z_5)	(x_4, y_4, z_4)

Περιττές κορυφές
Χωρίς πληροφορία σύνδεσης

Ανεξάρτητες όψεις/πολύγωνα



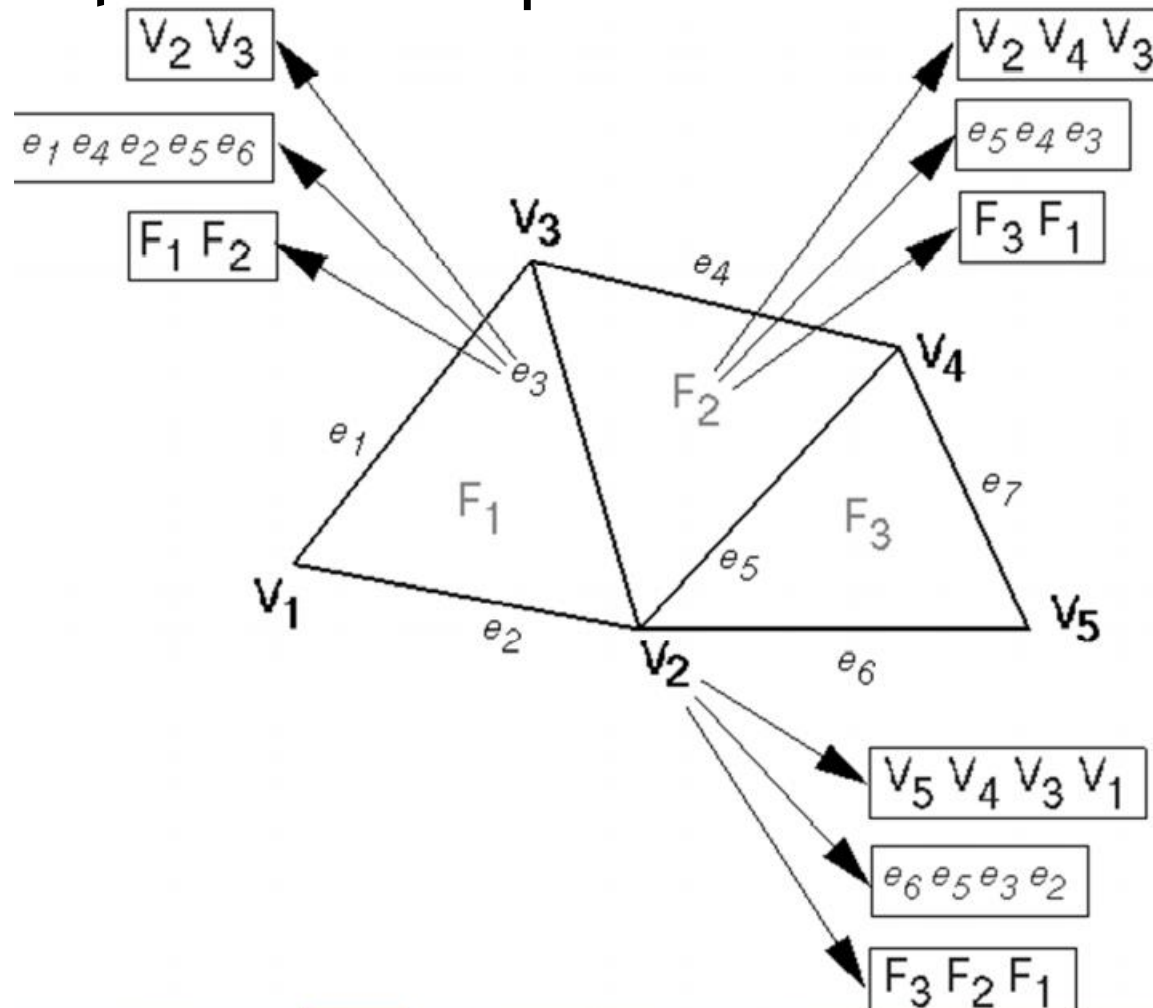
VERTEX TABLE			
v_1	x_1	y_1	z_1
v_2	x_2	y_2	z_2
v_3	x_3	y_3	z_3
v_4	x_4	y_4	z_4
v_5	x_5	y_5	z_5

FACE TABLE			
F_1	v_1	v_2	v_3
F_2	v_2	v_4	v_3
F_3	v_2	v_5	v_4

Κάθε όψη έχει αναφορά σε κορυφές
Πάλι χωρίς πληροφορία σύνδεσης

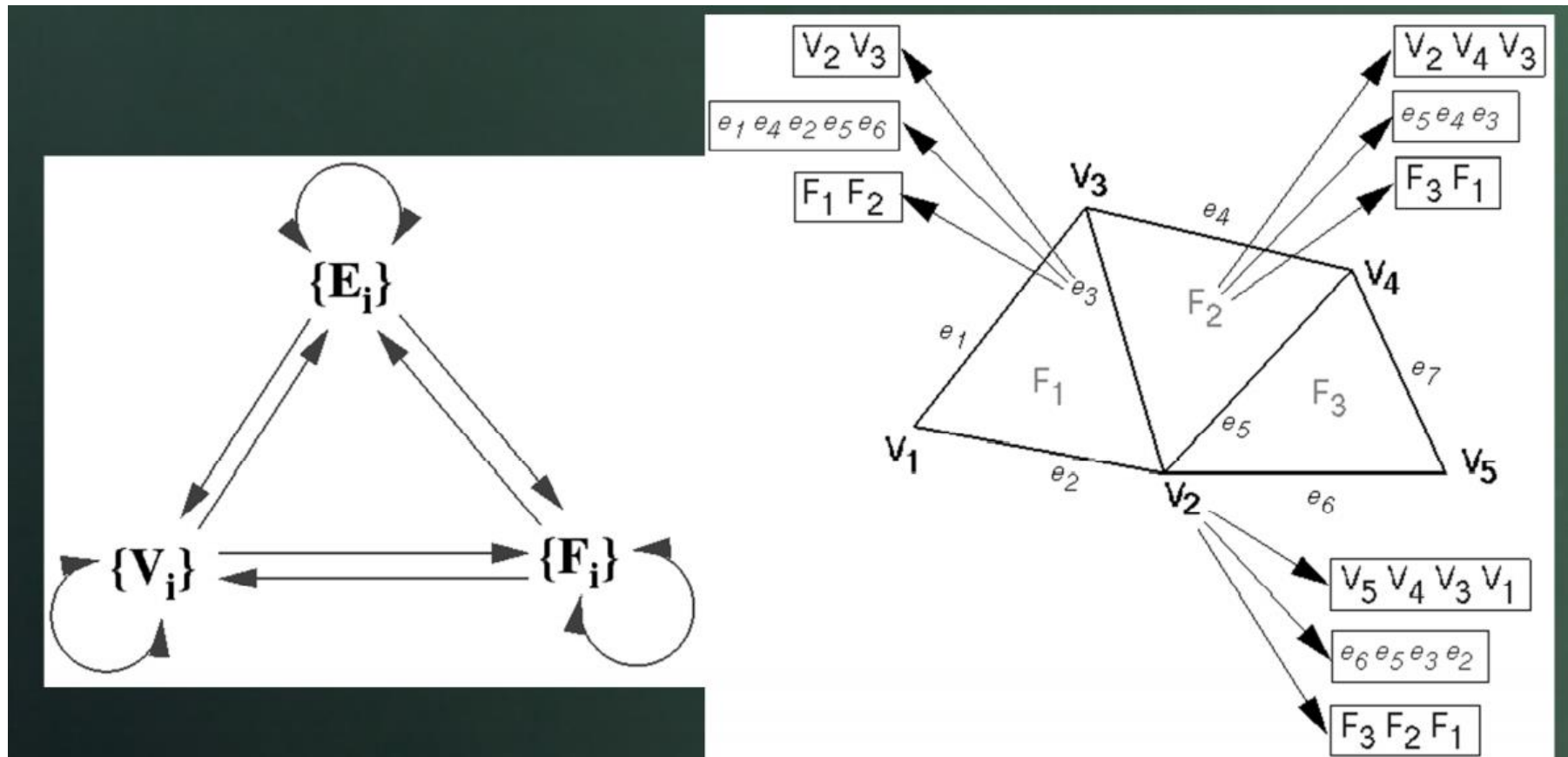
Λίστες συνδέσμων (λίγο χαοτικό!!!)

Αποθήκευση συνδεσμολογίας κορυφών, ακμών και όψεων
Αύξηση αποθηκευτικού χώρου



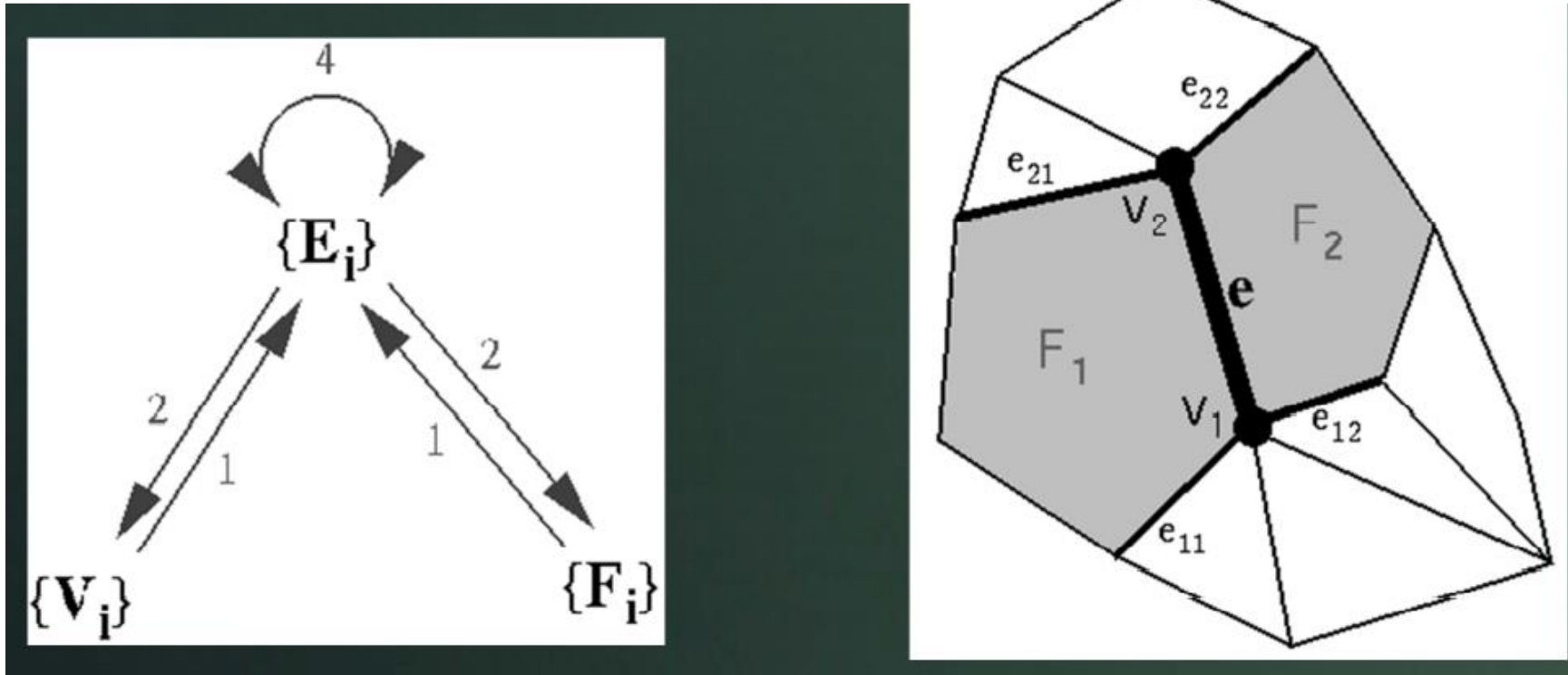
Καλύτερη κωδικοποίηση (πλέον)

Βασιζόμενοι στις ακμές ξεκινάμε μια κωδικοποίηση όπως στο αριστερό σχήμα.



Winged Edge (Φτερωτή Ακμή)

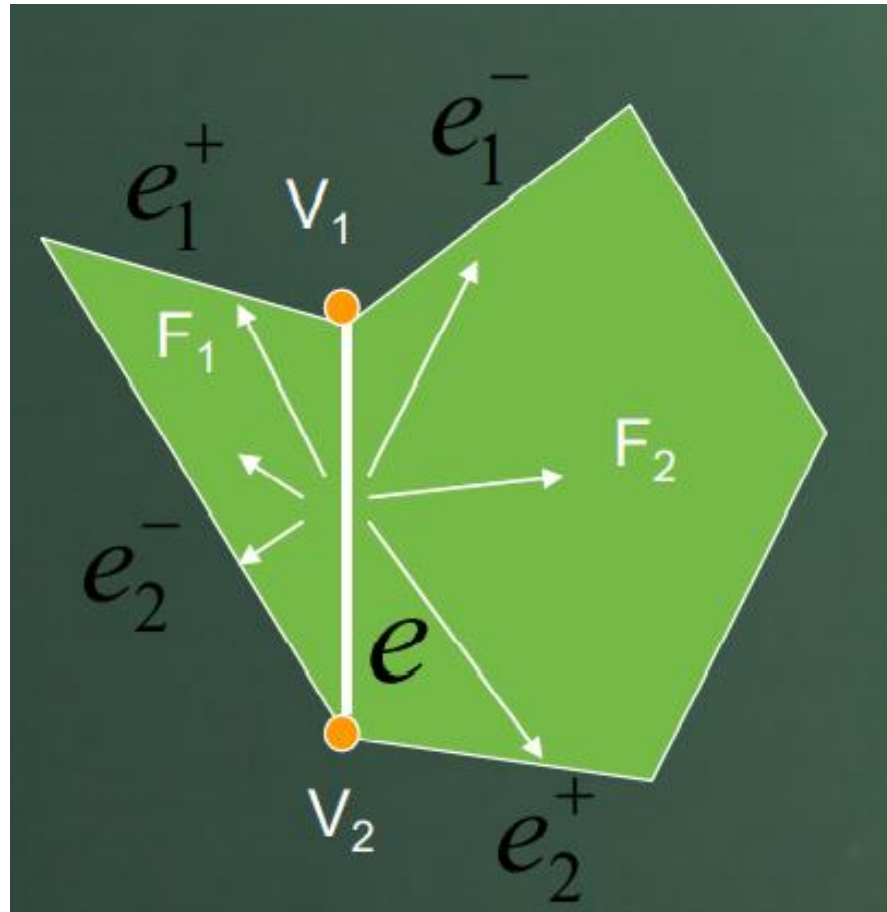
Βασίζεται στις ακμές
Λιγότερος χώρος γιατί κάποια πληροφορία εκμαιεύεται



Winged Edge (Φτερωτή Ακμή)

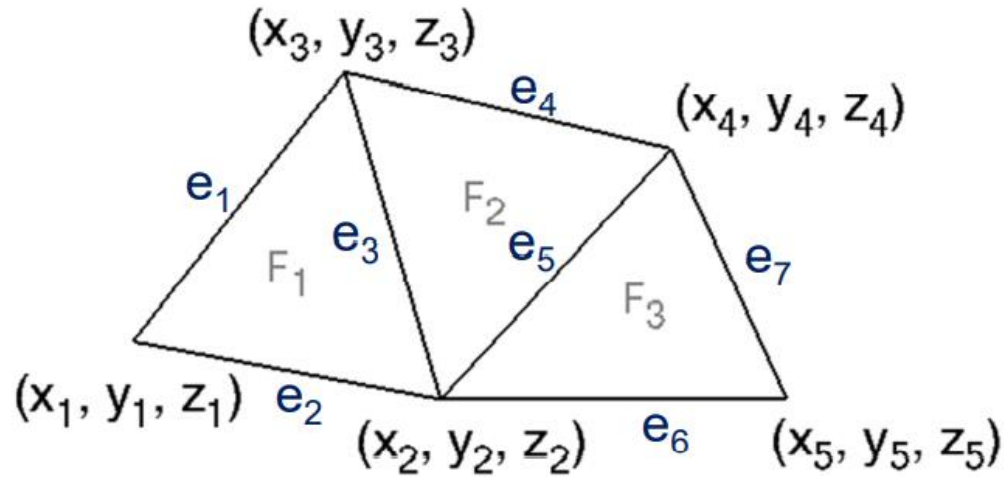
Βασίζεται στις ακμές

Λιγότερος χώρος γιατί κάποια πληροφορία εκμαιεύεται



Winged Edge (Φτερωτή Ακμή)

Βασίζεται στις ακμές



VERTEX TABLE				
V_1	X_1	Y_1	Z_1	e_1
V_2	X_2	Y_2	Z_2	e_6
V_3	X_3	Y_3	Z_3	e_3
V_4	X_4	Y_4	Z_4	e_5
V_5	X_5	Y_5	Z_5	e_6

EDGE TABLE				11	12	21	22
e_1	V_1	V_3	F_1	e_2	e_2	e_4	e_3
e_2	V_1	V_2	F_1	e_1	e_1	e_3	e_6
e_3	V_2	V_3	F_1	e_2	e_5	e_1	e_4
e_4	V_3	V_4	F_2	e_1	e_3	e_7	e_5
e_5	V_2	V_4	F_2	e_3	e_6	e_4	e_7
e_6	V_2	V_5	F_3	e_5	e_2	e_7	e_7
e_7	V_4	V_5	F_3	e_4	e_5	e_6	e_6

FACE TABLE	
F_1	e_1
F_2	e_3
F_3	e_5

Διαχείριση πλέγματος πολυγωνικού μοντέλου

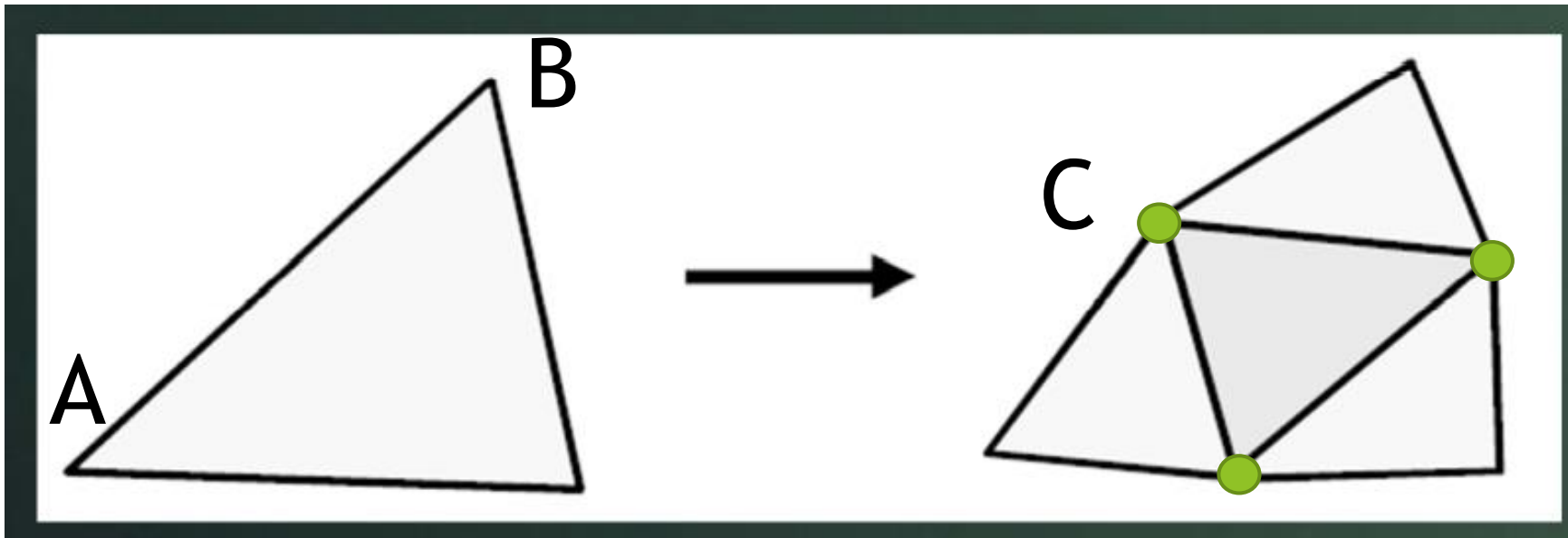


Τροποποίηση πλέγματος: Διαμέριση όψης

Μεγαλύτερη δειγματοληψία

$A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2) \rightarrow C(x_3, y_3, z_3)$ όπου:

$$x_3 = (x_1 + x_2) / 2, \quad y_3 = (y_1 + y_2) / 2, \quad z_3 = (z_1 + z_2) / 2$$



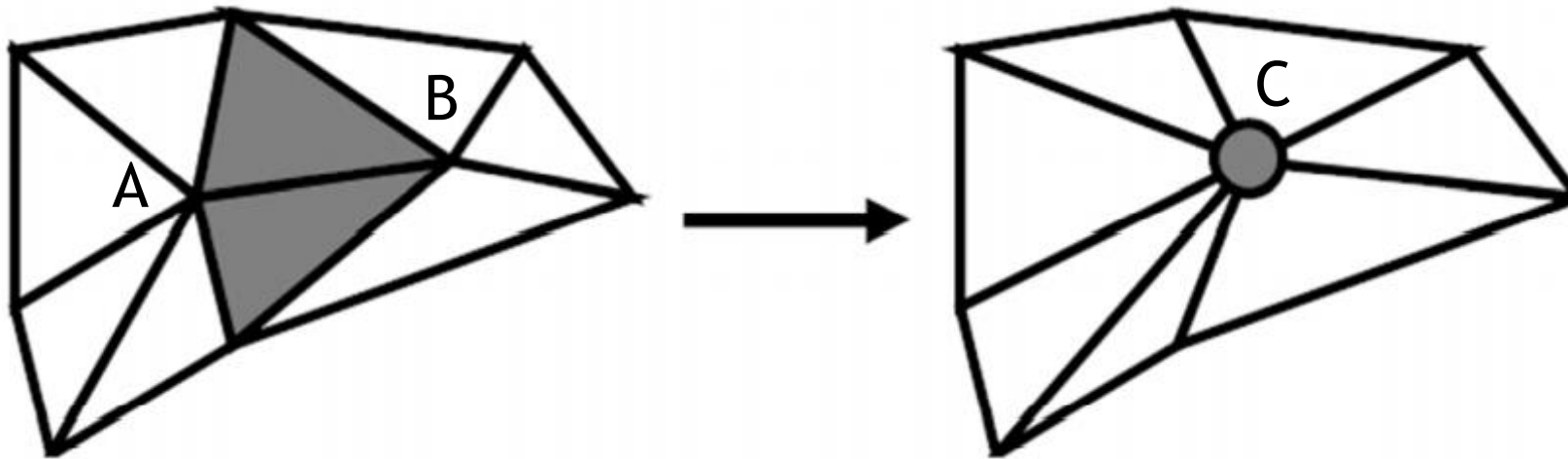
Τροποποίηση πλέγματος: Κατάρρευση ακμής

Μικρότερη δειγματοληψία

$A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2) \rightarrow C(x_3, y_3, z_3)$ όπου:

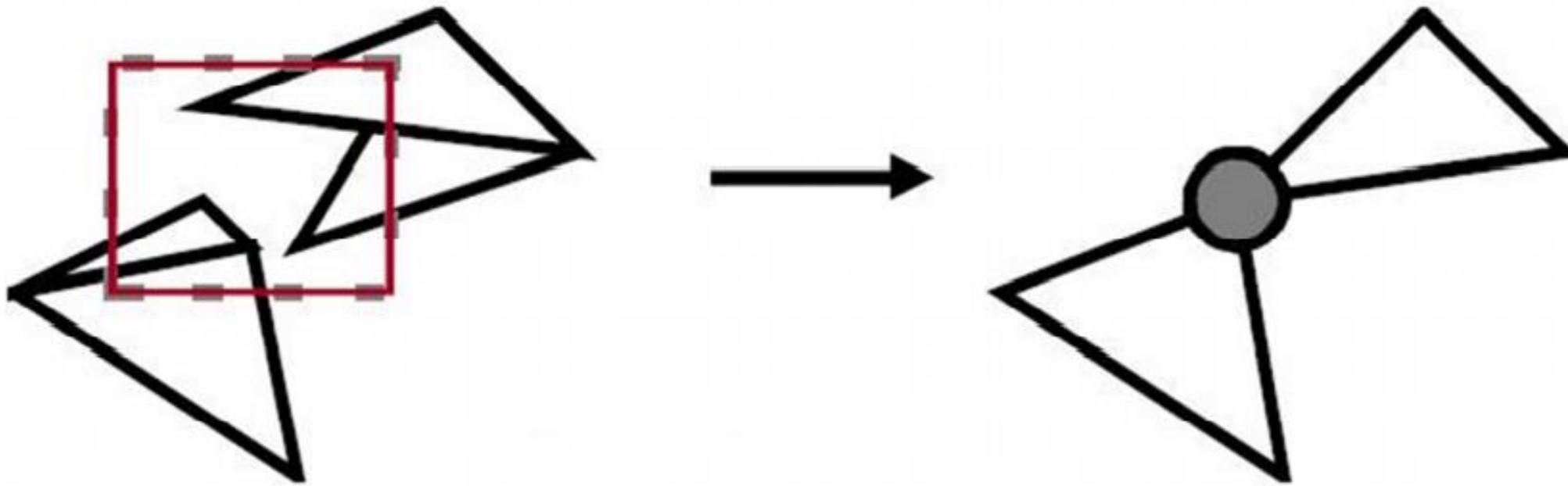
$$x_3 = (x_1 + x_2) / 2, y_3 = (y_1 + y_2) / 2, z_3 = (z_1 + z_2) / 2$$

Με παράλληλη αφαίρεση των A και B



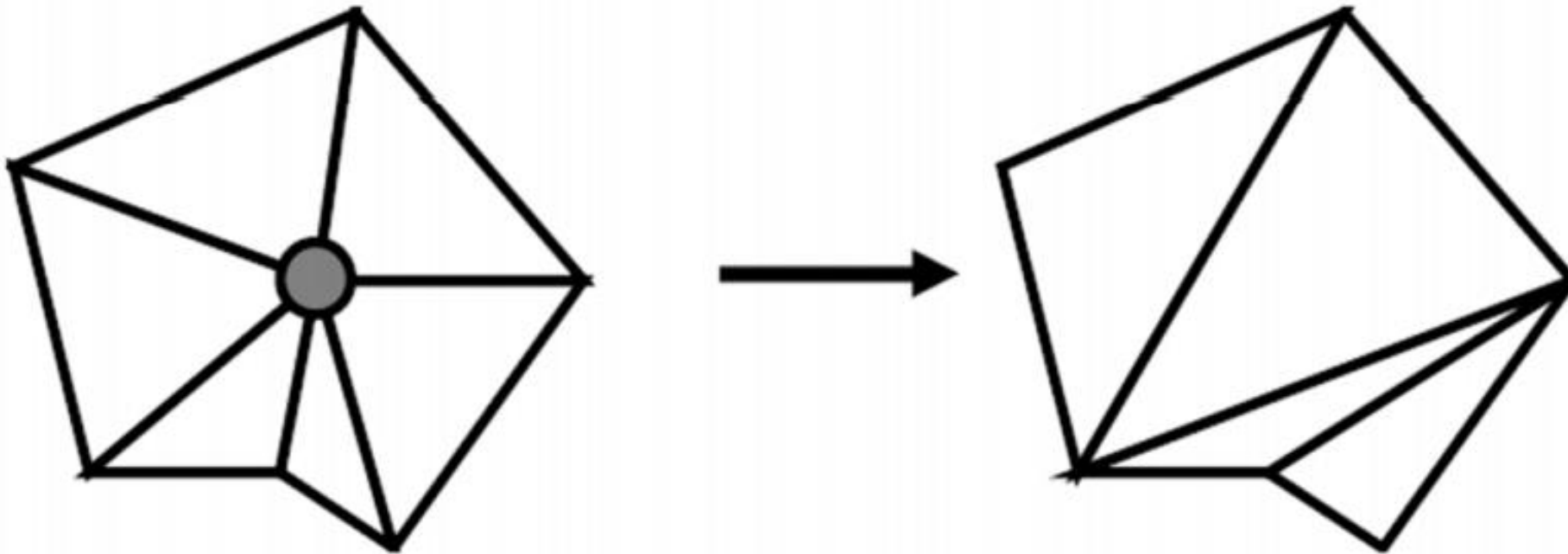
Τροποποίηση πλέγματος: Συνένωση κορυφών

Μικρότερη δειγματοληψία



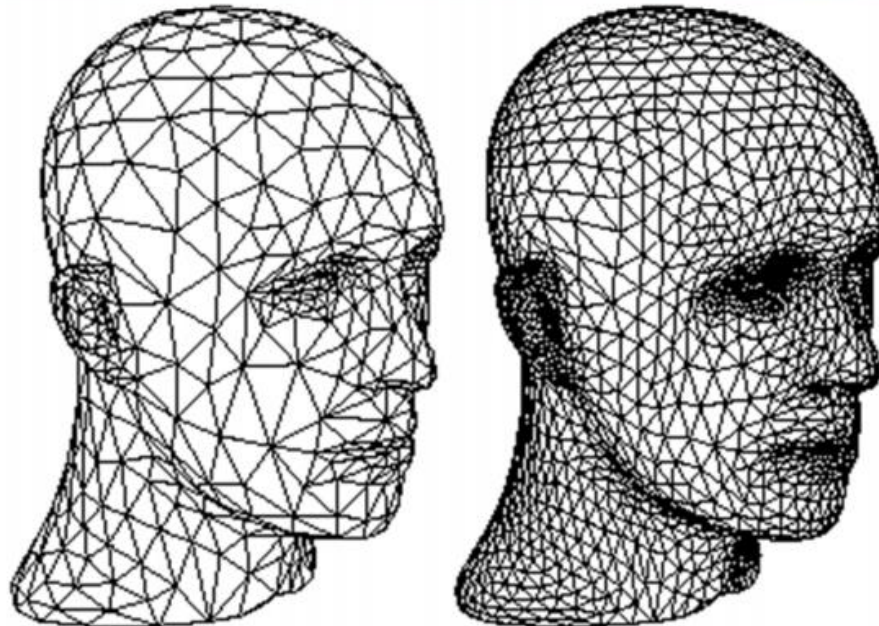
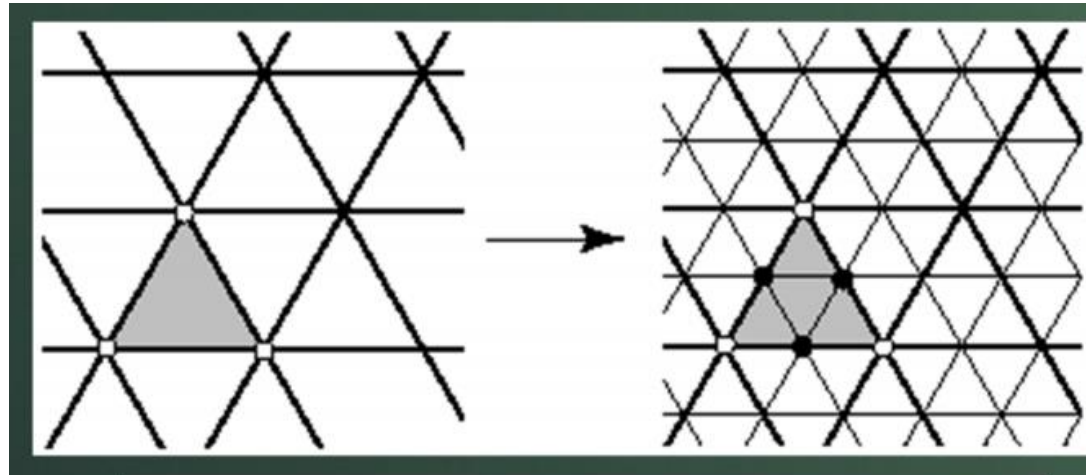
Τροποποίηση πλέγματος: Αφαίρεση κορυφής

Μικρότερη δειγματοληψία



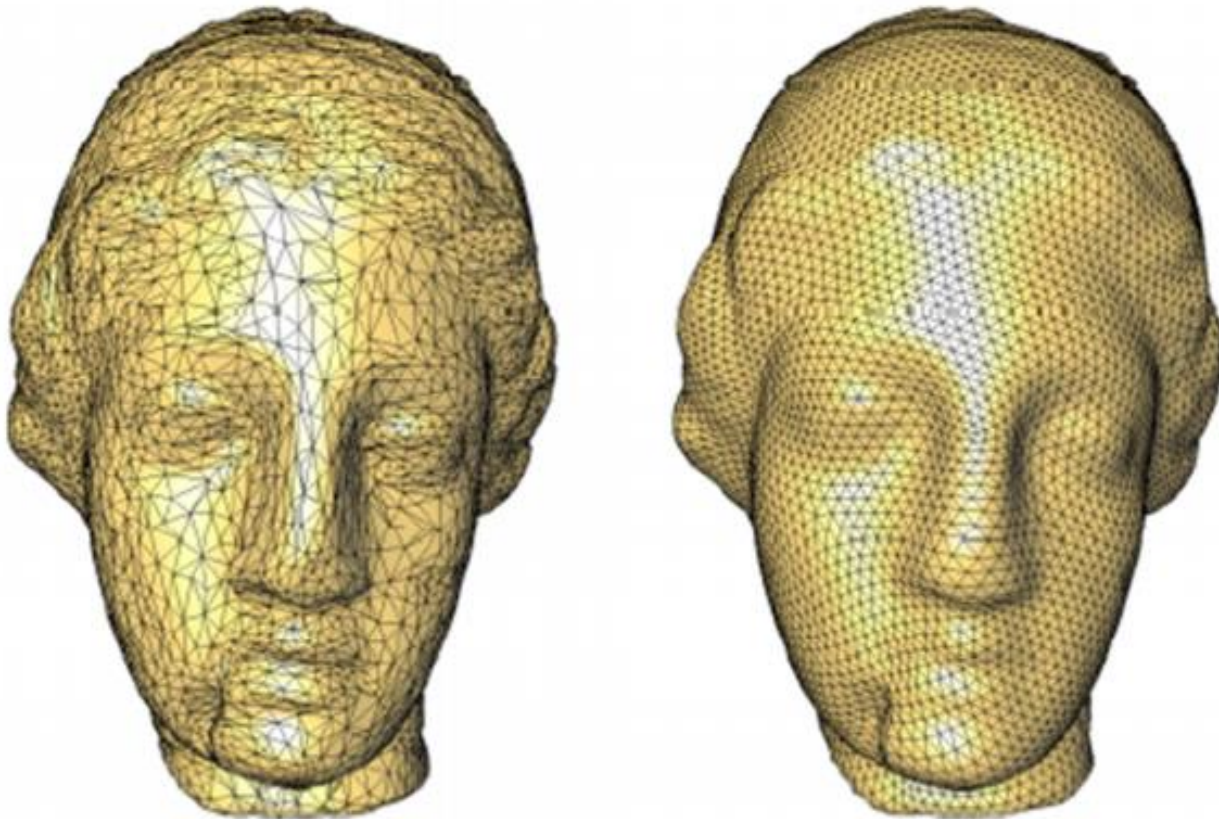
Remeshing: Subdivide

Μεγαλύτερη δειγματοληψία



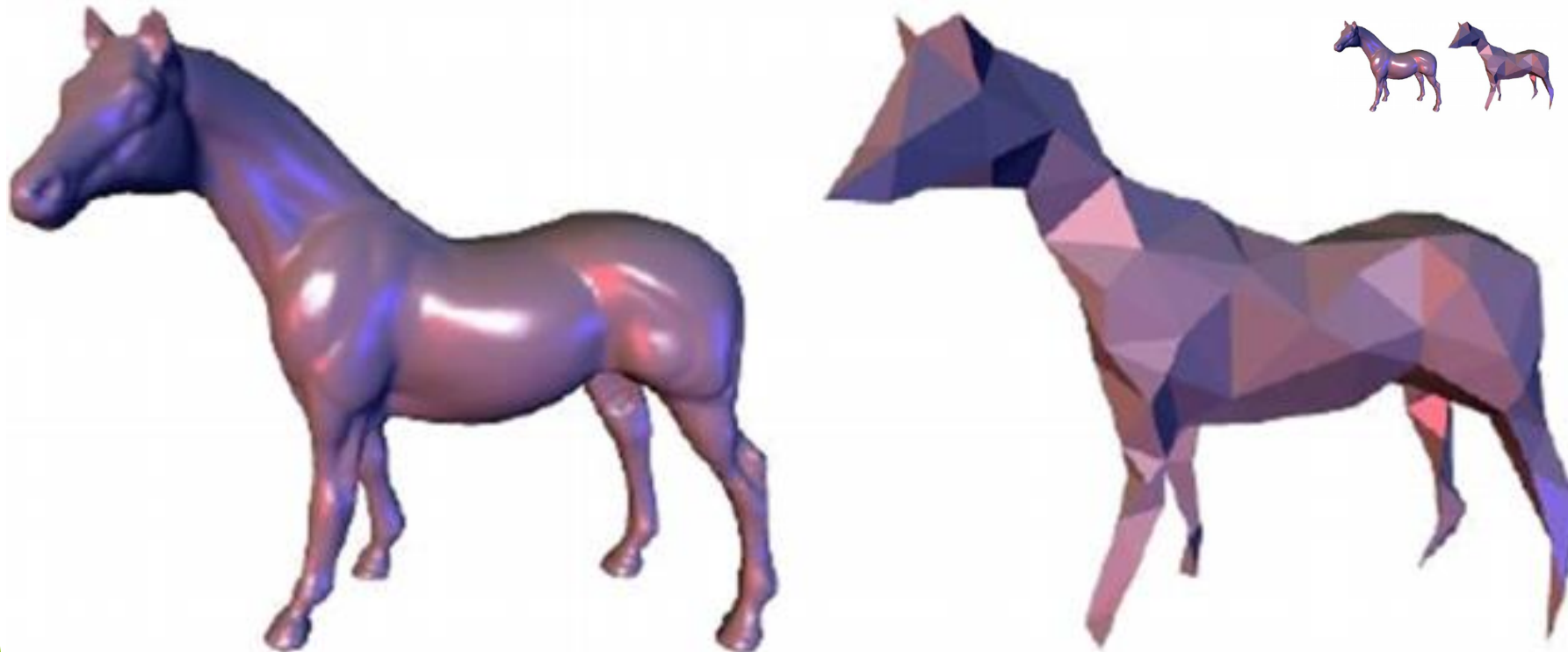
Remeshing: Resample

Διόρθωση δειγμάτων (κορυφών) και σύνδεσής τους
Μεγαλύτερη ή μικρότερη δειγματοληψία
Γίνεται και διόρθωση του πλέγματος



Remeshing: Simplify

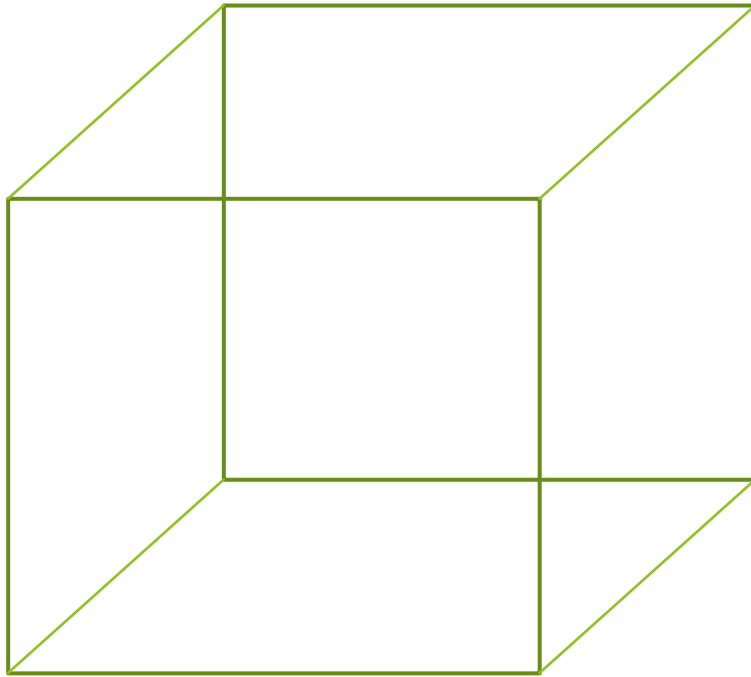
Κατάλληλη αφαίρεση δειγμάτων (κορυφών) χωρίς να μετακινούνται αυτά που απομένουν
Μικρότερη δειγματοληψία



Άσκηση

Σε έναν κύβο διάστασης a υπολογίστε και σχεδιάστε τα normal vectors των κορυφών του.

- Μέτρο
- Διεύθυνση διανύσματος





Ευχαριστώ για την προσοχή σας!!!

Στοιχεία Επικοινωνίας:

Email: canag@aegean.gr

Τηλ: 22510-36624

<https://i-lab.aegean.gr>

Intelligent Systems lab

