

Γραφικά υπολογιστών στο web



Πέτρος Αγγελάτος
Διονύσης Ζήνδρος

Εικόνα: © Gamagio Limited

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2012

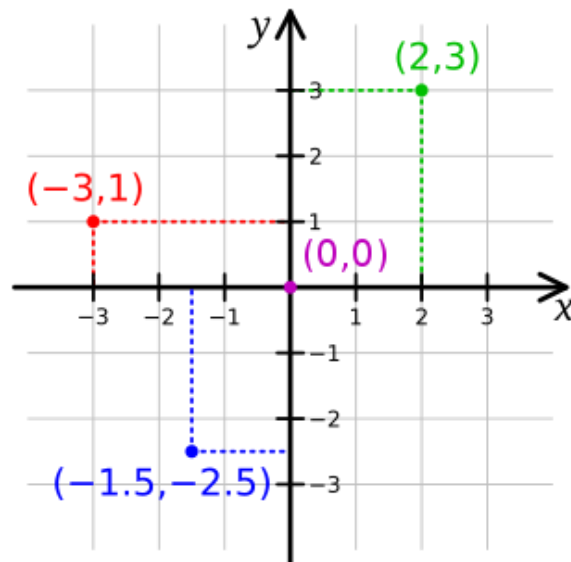
Θα μάθουμε

- Τι είναι γραφικά υπολογιστών
- Από τις 0 στις 3 διαστάσεις
- 3D αντικείμενα και κόσμοι
- Μετασχηματισμοί
- Φωτισμός
- Υφές
- Εφέ με σωματίδια
- ...όλα αυτά με HTML5, WebGL και Javascript!



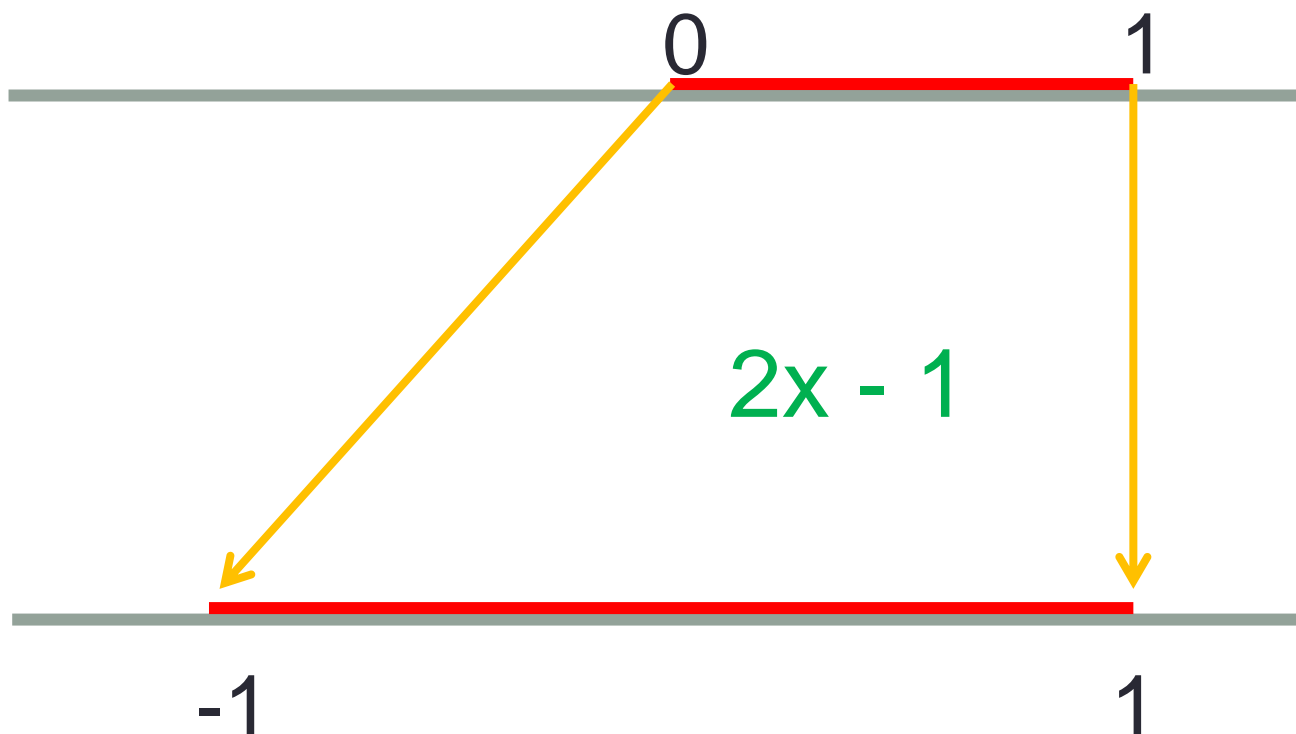
Σύστημα αξόνων

- Δύο διαστάσεις: x και y



Μετασχηματισμοί

- Απλές συναρτήσεις στο επίπεδο ή στο χώρο
- Μετασχηματίζουν από ένα σύστημα αξόνων σε ένα άλλο



Μετασχηματισμοί

- π.χ. από το διάστημα $[0, 1]$ που είναι εύκολο να δουλεύουμε
- Στο διάστημα $[0, 1023]$ της οθόνης

Οι 3 διαστάσεις

- 0^η διάσταση: Σημείο
- 1^η διάσταση: Ευθεία
- 2^η διάσταση: Επίπεδο
- 3^η διάσταση: Χώρος

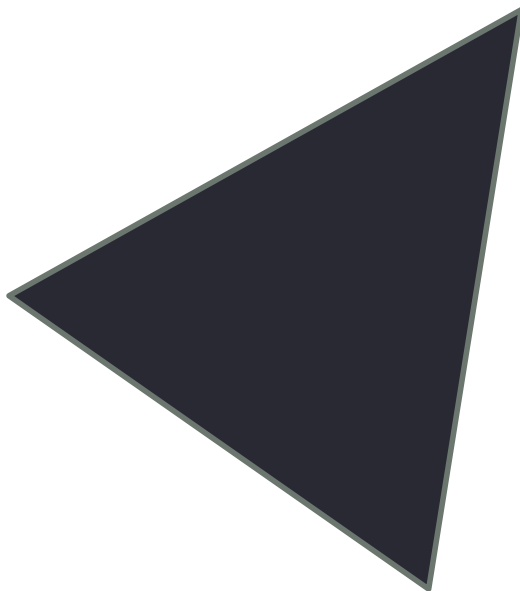
0D



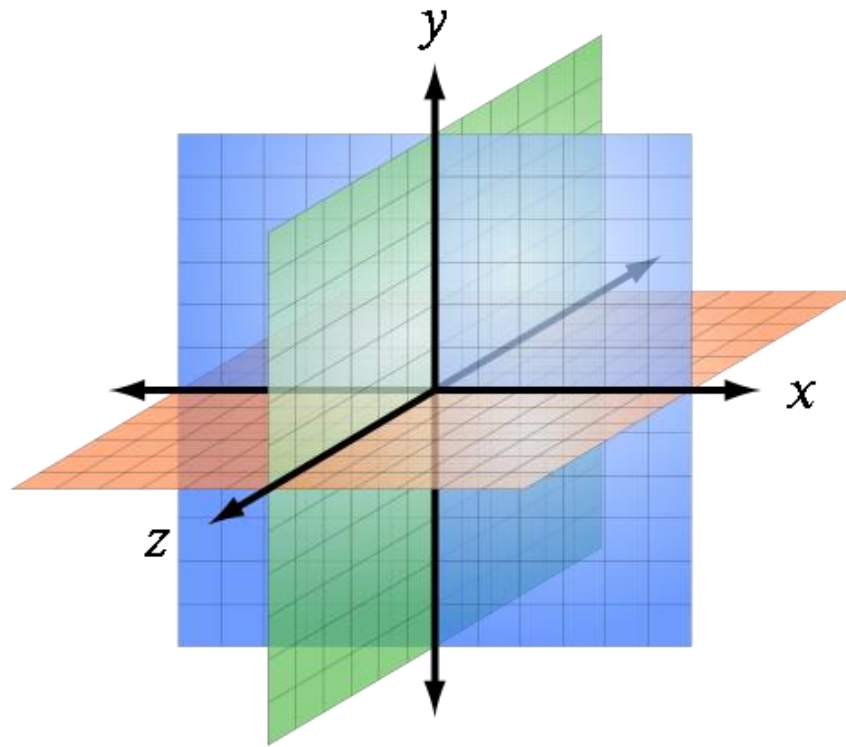
1D



2D



Σύστημα αξόνων σε 3 διαστάσεις



Σύστημα αξόνων σε 3 διαστάσεις

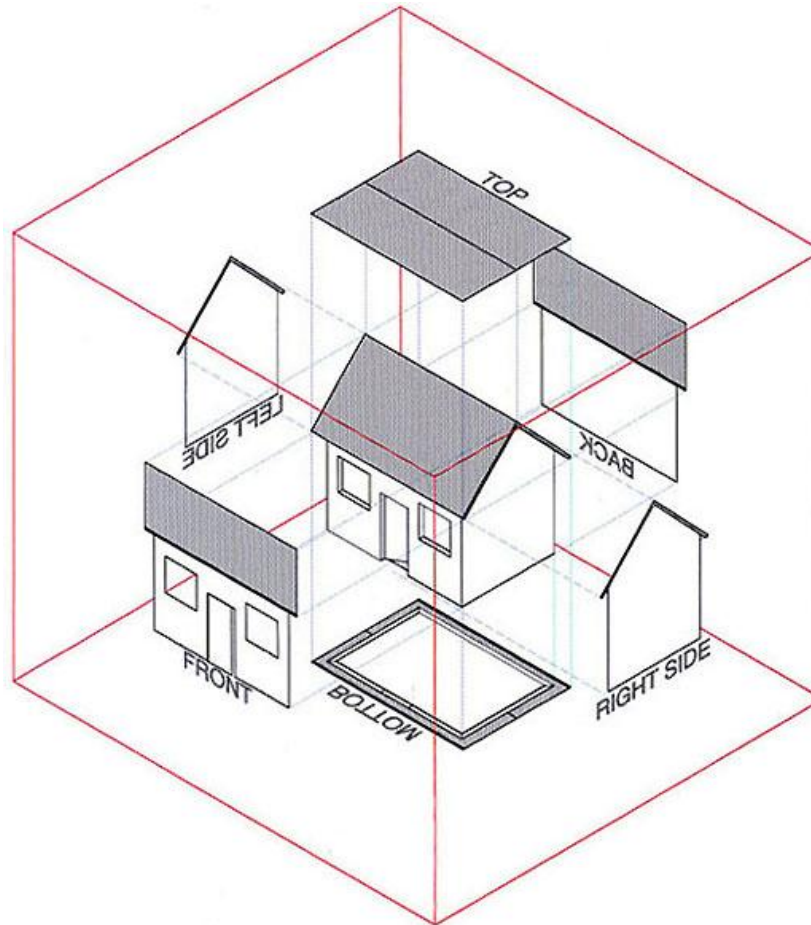
Διαφορετικό απ' ό,τι συνήθως στα μαθηματικά!

- Άξονας **x**: Αριστερά προς δεξιά
- Άξονας **y**: Από κάτω προς τα πάνω
- Άξονας **z**: Από την οθόνη προς το μέρος μας

Προβολές

- Στη μνήμη έχουμε αναπαράσταση σημείων σε 3 διαστάσεις
- Στην οθόνη έχουμε 2 διαστάσεις
- Θα πρέπει να μετατρέψουμε ανάμεσα στα δύο συστήματα
- Αυτό είναι η προβολή

Ορθογραφική προβολή



Ορθογραφική προβολή

- Ο λόγος των αποστάσεων μεταξύ των σημείων διατηρείται μετά την προβολή
- Ουσιαστικά ισοδυναμεί με τη διαγραφή της 3^{ης} διάστασης
- $x' = x$
- $y' = y$
- z παραλείπεται





Town Center



2400/2400



0/15



5+1



6



Creating - 46% Villager



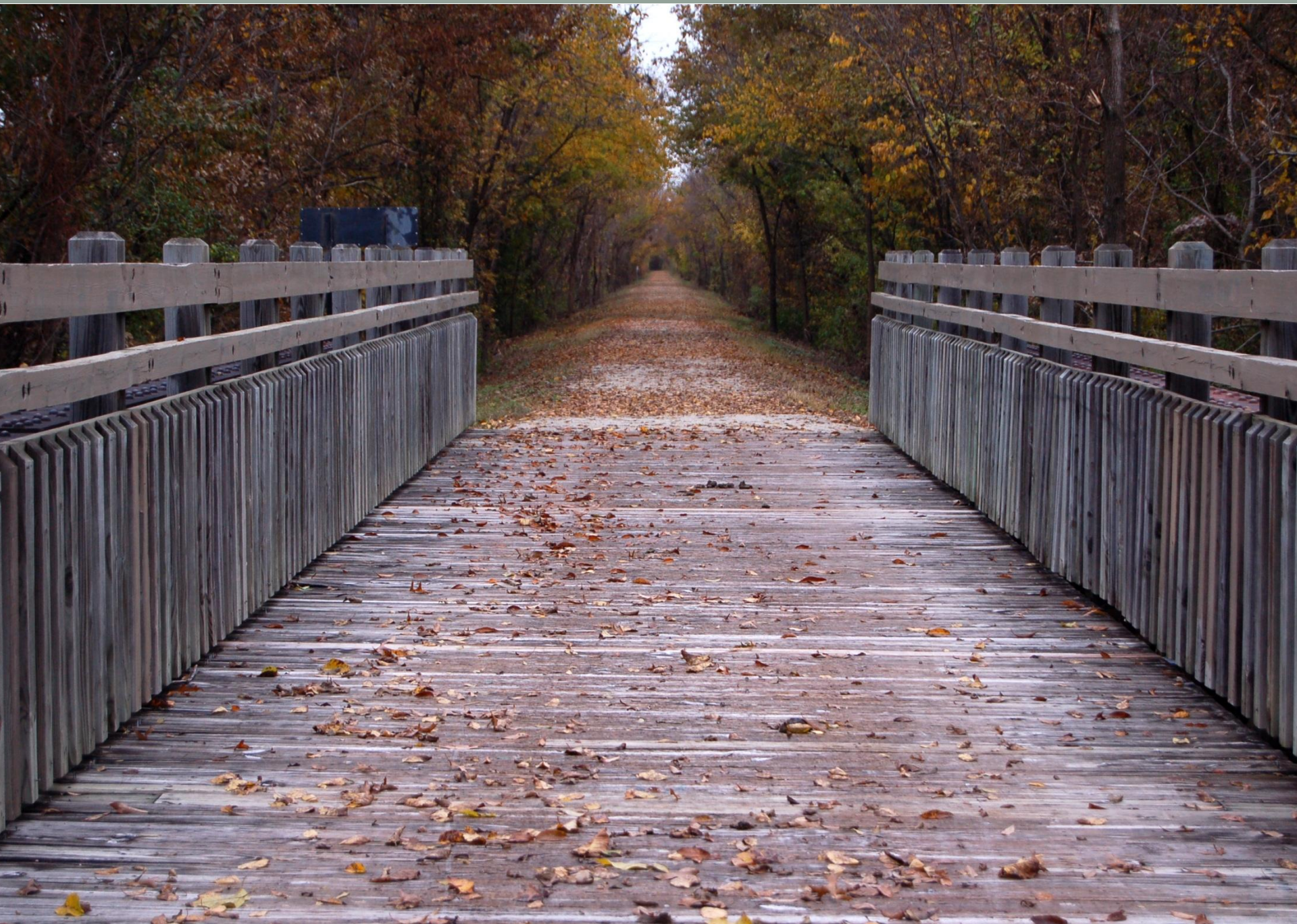


Προοπτική προβολή

- Ο τρόπος που βλέπει ο άνθρωπος (και οι γάτες)
- Τα μακρινά αντικείμενα φαίνονται μικρότερα
- Το κοντινά αντικείμενα φαίνονται μεγαλύτερα
- Το πόσο μικρά ή μεγάλα είναι ανάλογο της απόστασης

$$x' = x / (\alpha + z)$$

$$y' = y / (\beta + z)$$





00068434

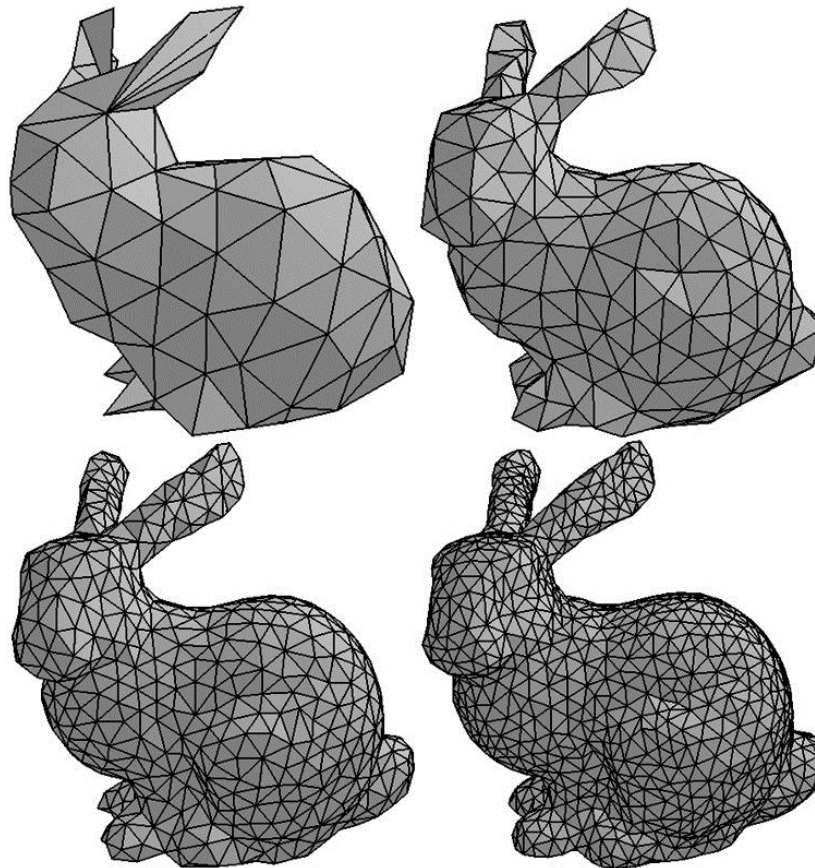
Save Citizen
Lock onto your target
to save the citizen

eagle vision
punch
gentle push
blend



Τρίγωνα

- Οι κάρτες γραφικών ζωγραφίζουν 2d τρίγωνα
- Οι κόσμοι μας ζωγραφίζονται σπάζοντάς τους σε μικρά τρίγωνα



Σκίαση

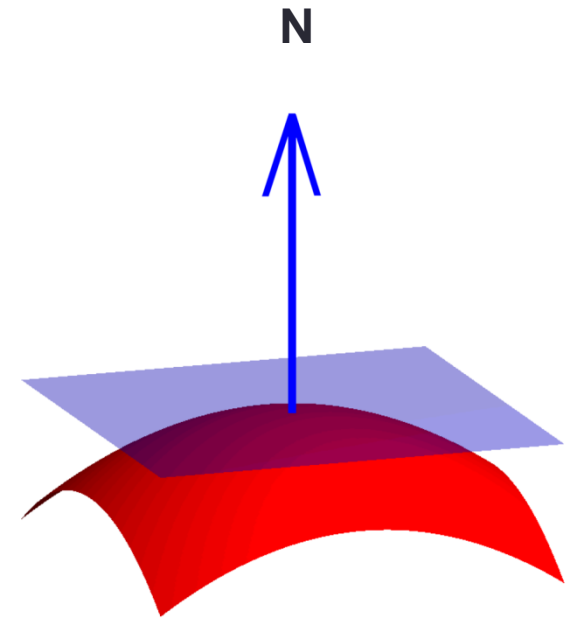
- Τρόπος που χρωματίζονται τα σημεία μέσα στο τρίγωνο
- Καθοριστικό ρόλο στο ρεαλισμό της εικόνας
- Διάφορα μοντέλα σκίασης

Επίπεδη σκίαση

- Ένα χρώμα για όλα τα σημεία του τριγώνου
- Εξαρτάται από τις πηγές φωτός
- Δεν δίνει αρκετά ρεαλιστικό αποτέλεσμα
- Υπολογιστικά φθηνό

Κανονικό διάνυσμα

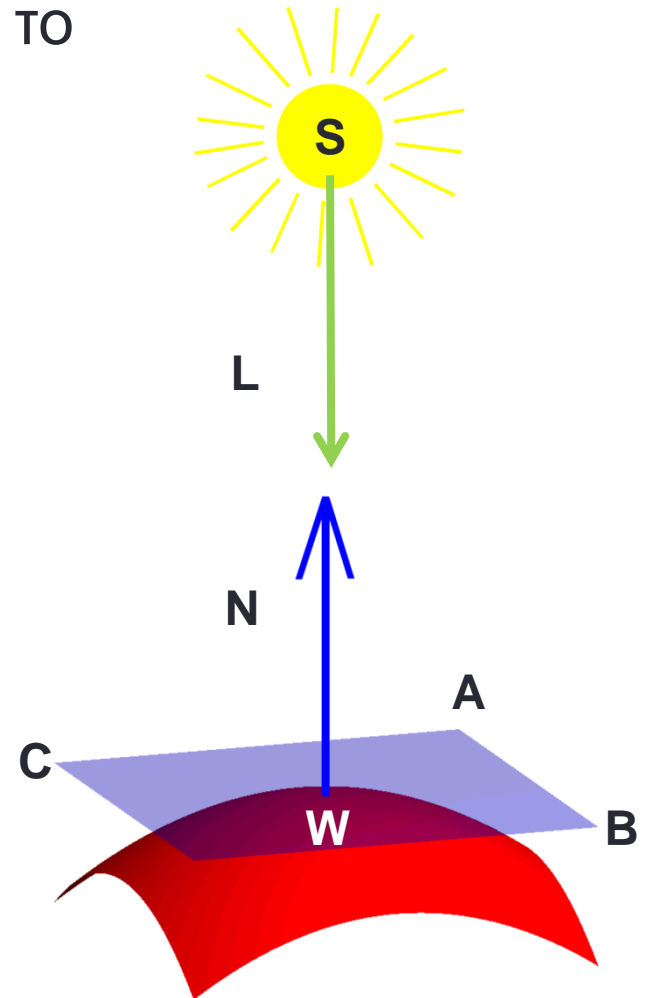
- Διάνυσμα κάθετο στο τρίγωνο
- Μοναδιαίο



Διάνυσμα πρόσπτωσης

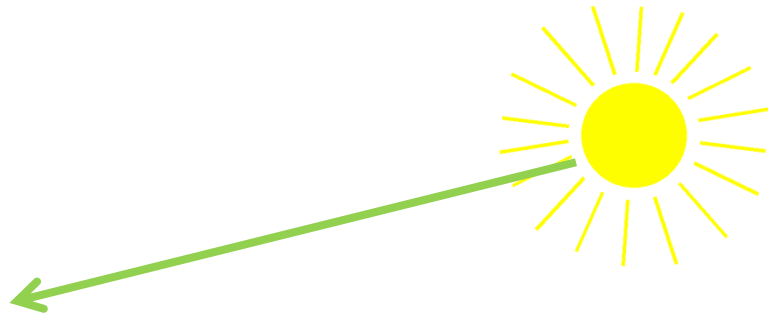
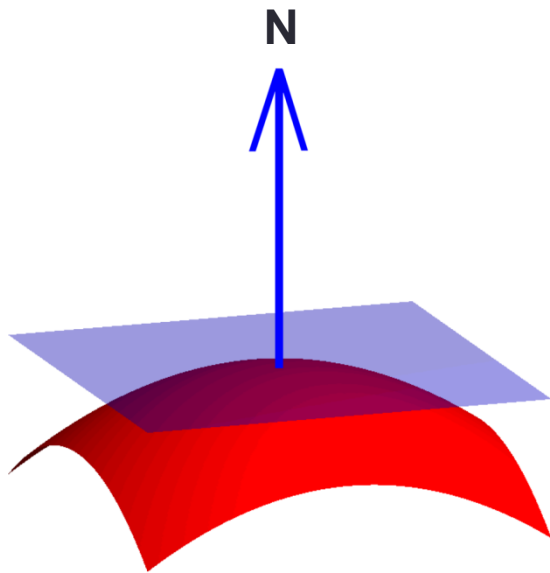
- Διάνυσμα από την πηγή φωτός προς το κέντρο του τριγώνου

$$W = (A + B + C) / 3$$
$$L = (W - S) / |W - S|$$



Επίπεδη σκίαση

- Το I δηλώνει την ποσότητα φωτός που ανακλάται



L

$$I = \max(0, -L \cdot N)$$

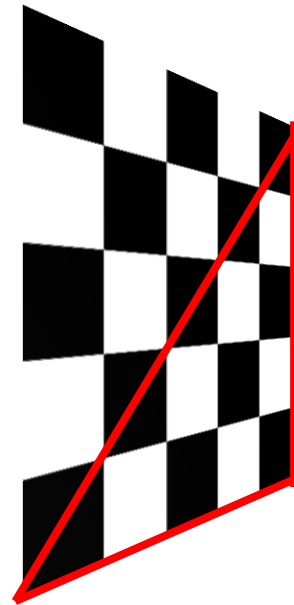
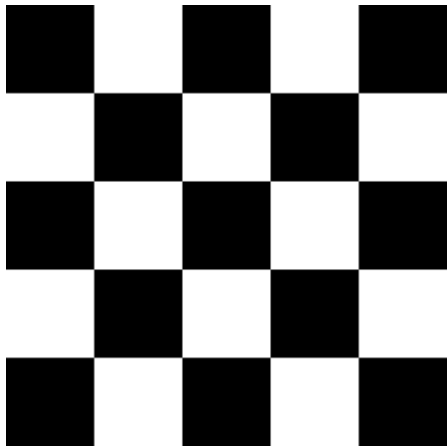
$$R' = I * R$$

$$G' = I * G$$

$$B' = I * B$$

Υφή

- Εικόνα που ζωγραφίζεται στην επιφάνεια του τριγώνου



Φόρτωση δεδομένων από αρχεία

- Είναι αδύνατο να σχεδιάζουμε 3D γραφικά πληκτρολογώντας συντεταγμένες στον κώδικα
- Θέλουμε να χρησιμοποιούμε εξωτερικά προγράμματα για σχεδίαση π.χ. Maya, 3D Studio Max, Blender
- Τα προγράμματα αυτά αποθηκεύουν 3D δεδομένα σε αρχεία
 - Σημεία
 - Τρίγωνα
- Φορτώνοντας τα γεωμετρικά δεδομένα από εξωτερικά αρχεία, έχουμε πλήρη σχήματα

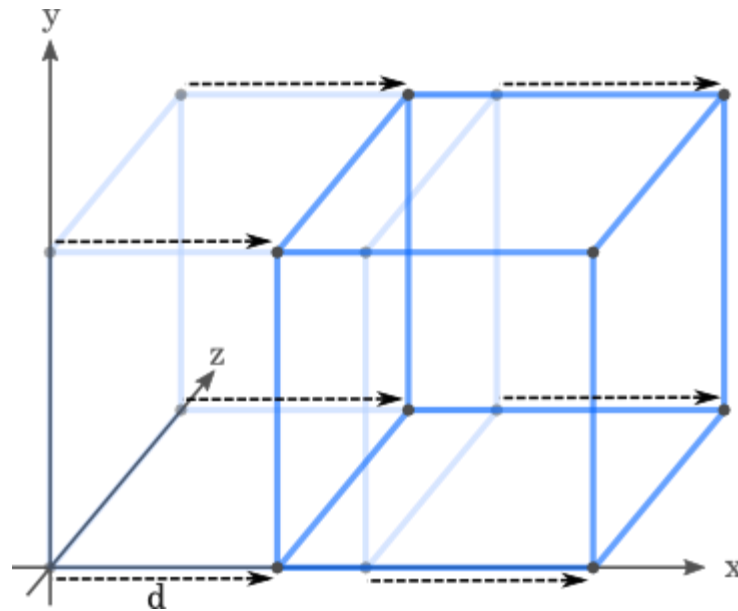
Μετασχηματισμοί

- 3 βασικοί:
 - Μετακίνηση
 - Μεγέθυνση
 - Περιστροφή
- Συνδυάζονται για πιο περίπλοκους μετασχηματισμούς

Μετακίνηση

$$x' = x + s$$

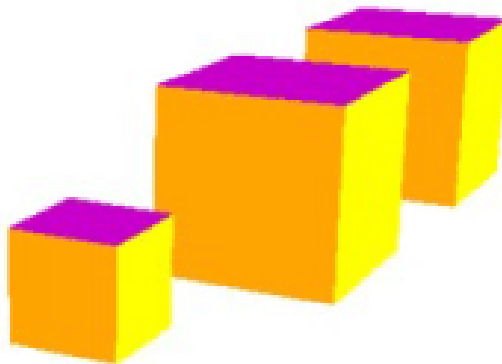
$$\mathbf{P}' = \mathbf{P} + \mathbf{S}$$



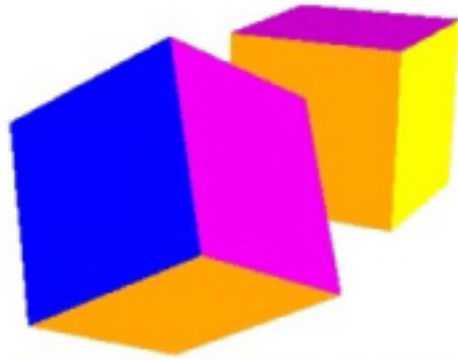
Μεγέθυνση

$$\begin{aligned}x' &= \lambda x \\ y' &= \lambda y \\ z' &= \lambda z\end{aligned}$$

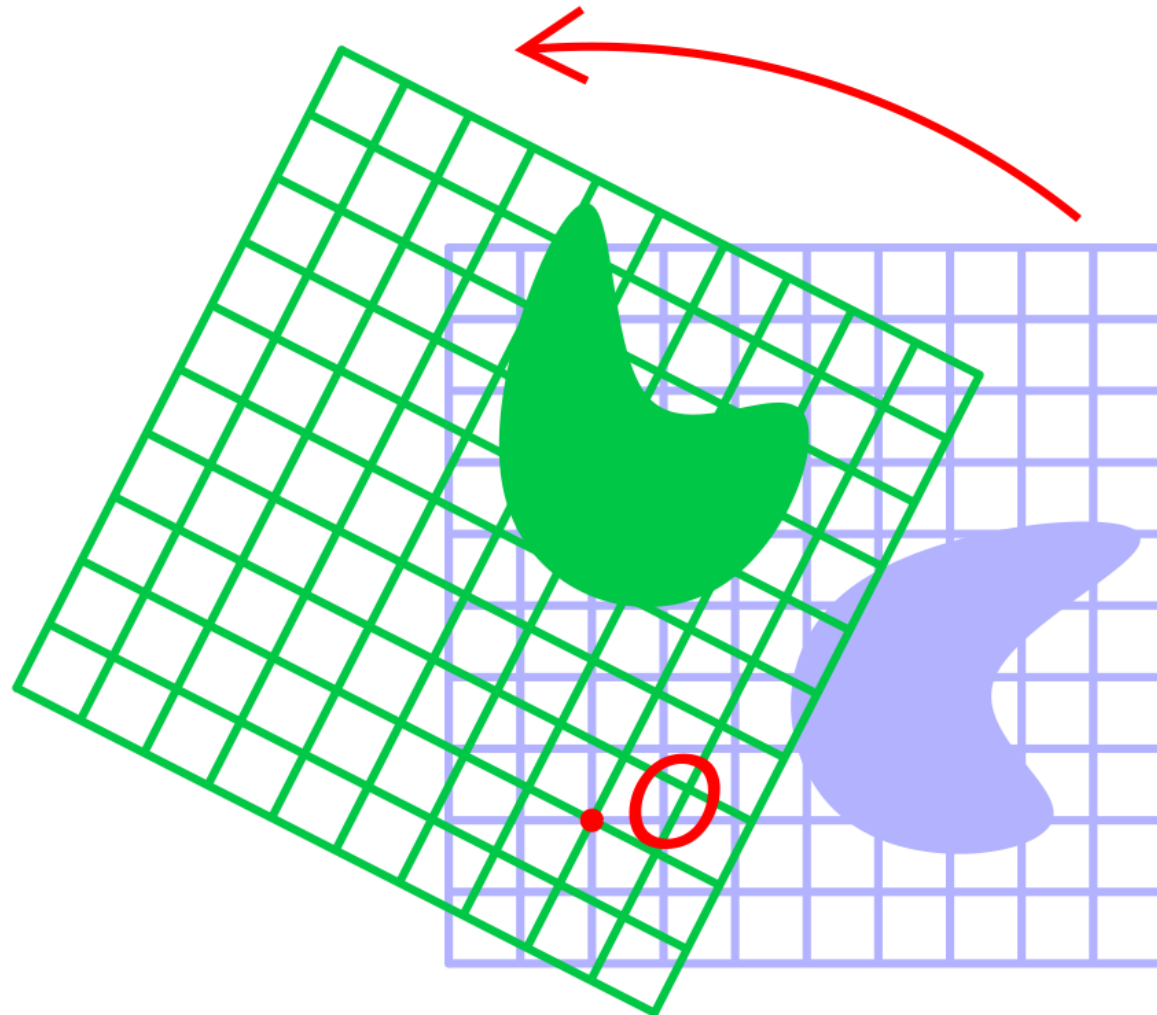
$$\mathbf{P}' = \lambda \mathbf{P}$$



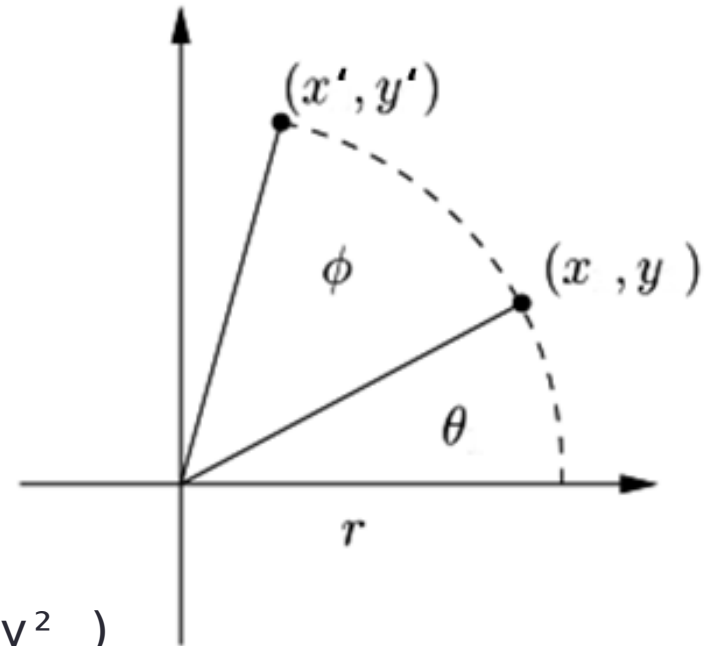
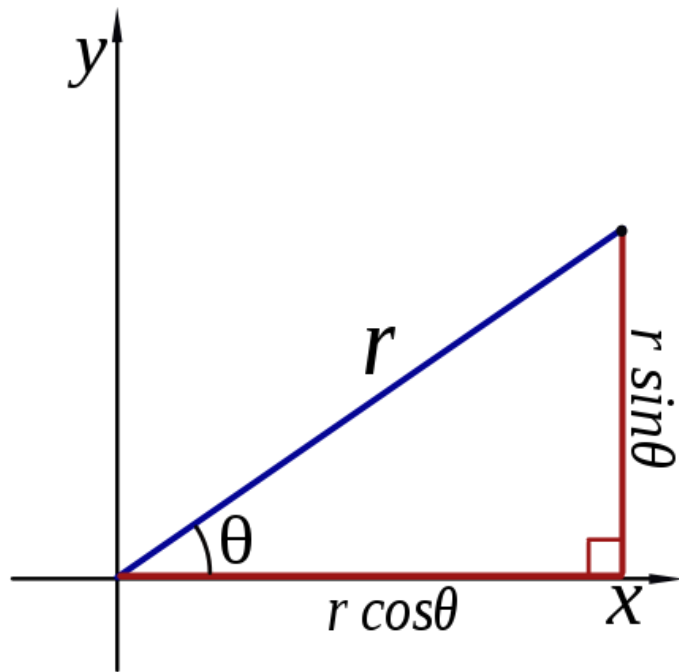
Περιστροφή



Περιστροφή στις 2 διαστάσεις



Περιστροφή στις 2 διαστάσεις



$$\begin{aligned}r &= \text{sqrt}(x^2 + y^2) \\ \theta &= \text{atan2}(y, x) \\ r' &= r \\ \theta' &= \theta + \phi \\ x' &= r' \cos \theta' \\ y' &= r' \sin \theta'\end{aligned}$$

Περιστροφή στις 3 διαστάσεις

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

$$\mathbf{P}' = R_z(\psi) \cdot R_y(\varphi) \cdot R_x(\theta) \cdot \mathbf{P}$$

Περιστροφή στις 3 διαστάσεις

$$R = R_z(\psi) \cdot R_y(\phi) \cdot R_x(\theta) =$$

$$\begin{bmatrix} \cos \theta \cos \psi & -\cos \phi \sin \psi + \sin \phi \sin \theta \cos \psi & \sin \phi \sin \psi + \cos \phi \sin \theta \cos \psi \\ \cos \theta \sin \psi & \cos \phi \cos \psi + \sin \phi \sin \theta \sin \psi & -\sin \phi \cos \psi + \cos \phi \sin \theta \sin \psi \\ -\sin \theta & \sin \phi \cos \theta & \cos \phi \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P}' = \mathbf{R} \cdot \mathbf{P}$$

Η 4^η διάσταση

- Οι κάρτες γραφικών κάνουν γρήγορα **γραμμικές πράξεις**
 - Σε επίπεδο **hardware**
 - π.χ. Πολλαπλασιασμός πινάκων
- Για ταχύτητα και ευκολία, βολεύει η χρήση **πινάκων**
- Κάθε σημείο στο χώρο έχει **4 διαστάσεις**:
 - x, y, z, w
- Η w συντεταγμένη είναι **βοηθητική**
 - Προβολική γεωμετρία
- Για κάθε συνηθισμένο σημείο **θέτουμε $w = 1$**
- **Αγνοούμε το w** για την προβολή

Γραμμικοί μετασχηματισμοί

- Οι μετασχηματισμοί μας είναι απλή γραμμική άλγεβρα

$$T_{\mathbf{v}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & v_x \\ 0 & 1 & 0 & v_y \\ 0 & 0 & 1 & v_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_{\mathbf{v}}\mathbf{p} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & v_x \\ 0 & 1 & 0 & v_y \\ 0 & 0 & 1 & v_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_x + v_x \\ p_y + v_y \\ p_z + v_z \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{p} + \mathbf{v}$$

$$S_v = \begin{bmatrix} v_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \quad S_v p = \begin{bmatrix} v_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_x p_x \\ v_y p_y \\ v_z p_z \\ 1 \end{bmatrix} \cdot$$

Συστήματα σωματιδίων

- Βασική τεχνική στη γραφική υπολογιστών
- Χρησιμοποιείται για εφέ
- Κάθε σωματίδιο είναι σημείο στο χώρο
- Έχει διάφορες φυσικές ιδιότητες
 - Θέση
 - Ταχύτητα
 - Επιτάχυνση
 - Περιστροφή
 - Γωνιακή ταχύτητα
 - κλπ.
- Ζωγραφίζεται ως μία μικρή εικόνα

Συστήματα σωματιδίων

- Χρησιμοποιούνται για να ζωγραφίσουμε:
 - Φωτιά
 - Καπνό
 - Εκρήξεις
 - Ξόρκια





OpenGL[®] ES 2.0 Programming Guide



Aaftab Munshi ■ Dan Ginsburg ■ Dave Shreiner
Foreword by Neil Trevett, President, Khronos Group

Real-Time Rendering

Third Edition



Tomas Akenine-Möller
Eric Haines
Naty Hoffman

Συγχαρητήρια! Μάθαμε



- Τι είναι HTML5, canvas, WebGL;
- Πώς ζωγραφίζουμε σε μία ιστοσελίδα;
- Ποια είναι η λογική της ζωγραφικής σε υπολογιστή γενικότερα;
- Πρωταρχικές δομές: σημείο, ευθεία, τρίγωνα
- Από το 0D έως το 3D
- Μετασχηματισμοί: Μετακίνηση, περιστροφή, μεγέθυνση
- Φωτισμός, υφές
- Συστήματα σωματιδίων
- Εφέ φωτιάς και καπνού
- Φορτώνουμε κόσμους και άλλα έτοιμα μοντέλα

ευχαριστούμε ερωτήσεις;



@petrosagg, @dionyziz

github.com/dionyziz/webgl-seminar

