



ΠΡΟΒΟΛΕΣ CAVALIER - CABINET ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΣ ΚΥΒΟΣ

ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στα πλαίσια του μαθήματος «ΓΡΑΦΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ»

Υπεύθυνος Καθηγητής: Βασίλειος Δρακόπουλος

Στεφανία Δουλιάκα (ΑΜ 00974)

Ζώης Χουντεσιώτης (ΑΜ 00878)

Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
ΛΑΜΙΑ 2022-2023

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να εξετάσει τις προβολές τρισδιάστατων αντικειμένων σε ένα επίπεδο, με έμφαση στις ειδικές περιπτώσεις των πλάγιων παράλληλων προβολών. Αρχικά, παρουσιάζονται οι κατηγορίες των προβολών, περιγράφονται οι αρχές λειτουργίας και οι χαρακτηριστικές ιδιότητες κάθε μίας από αυτές, ενώ εξετάζονται και τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί που συνοδεύουν τη χρήση τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ένα πρακτικό παράδειγμα εφαρμογής των πλάγιων παράλληλων προβολών Cavalier και Cabinet σε έναν μοναδιαίο κύβο. Μετά από τη θεωρητική ανάλυση, παρουσιάζεται η υλοποίηση του προγράμματος σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον. Το πρόγραμμα δημιουργεί ένα παράθυρο που είναι χωρισμένο σε τρεις περιοχές: μία για προοπτική προβολή, μία για την προβολή Cavalier και μία για την προβολή Cabinet. Σε κάθε περιοχή, το πρόγραμμα σχεδιάζει έναν μοναδιαίο κύβο, ο οποίος μπορεί να περιστραφεί διαδραστικά και σε πραγματικό χρόνο γύρω από τους άξονες x , y και z . Ο κώδικας χρησιμοποιεί μητρώα για τους μετασχηματισμούς και εντολές σχεδίασης αρχεγόνων αντικειμένων σε δύο διαστάσεις. Για την επεξεργασία και απεικόνιση του κύβου, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη OpenGL στη γλώσσα προγραμματισμού C++. Με την πρακτική εφαρμογή των προβολών Cavalier και Cabinet σε έναν μοναδιαίο κύβο, επιδιώκουμε να εμβαθύνουμε στην κατανόηση των εν λόγω προβολών και να εξοικειωθούμε με την αλληλεπίδρασή τους σε ένα πραγματικό περιβάλλον, θέτοντας σαν μελλοντικό στόχο την πιο ακριβή και εντυπωσιακή απεικόνιση τρισδιάστατων αντικειμένων.

Λέξεις - κλειδιά

Προοπτική προβολή, Cavalier, Cabinet, Υπολογιστική Γραφική, OpenGL

Abstract

The subject of our project is the projections of three-dimensional objects onto a two-dimensional plane, with a specific focus on the special cases of oblique parallel projections. In the initial stage, we discuss the categories of projections, describe the operating principles and distinctive properties of each one, examine their advantages and limitations, and present a practical example of applying the oblique parallel projections, Cavalier and Cabinet, to a unit cube. Subsequently, we present the implementation of the program within a computational environment. The program creates a window divided into three areas: one for perspective projection, one for Cavalier projection, and one for Cabinet projection. In each area, the program draws a unit cube, which can be interactively rotated in real-time around the x, y, and z axes. The code utilizes matrices for transformations and drawing commands for two-dimensional primitive objects. The OpenGL library in the C++ programming language is employed for the processing and rendering of the cube. Through the practical application of Cavalier and Cabinet projections on a unit cube, our goal is to deepen our understanding of these projections and become familiar with their interaction in a real-world environment. Acquiring such knowledge and skills is crucial in the field of computer graphics and design, as it can lead us to more accurate and impressive visual representations of three-dimensional objects.

Key Words

Perspective Projection, Cavalier, Cabinet, Computer Graphics, OpenGL

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Εισαγωγή	4
1 Θεωρητικό Υπόβαθρο	5
1.1 Μέθοδοι Σχεδίασης Αντικειμένων	5
1.2 Προοπτική Προβολή	6
1.3 Παράλληλη Προβολή	7
2 Υλοποίηση	8
2.1 Προβολές και Μοναδιαίος Κύβος	9
2.2 Υλοποίηση σε OpenGL	13
Συμπεράσματα	15
Επίλογος	15
Πηγές - Βιβλιογραφία	16

Εισαγωγή

Οι προβολές είναι από τα κυριότερα στοιχεία της γραφικής απεικόνισης και αφορούν την αναπαράσταση αντικειμένων. Δύο από τις προβολές που παρέχουν ρεαλιστικό αποτέλεσμα και χρησιμοποιούνται είναι οι προβολές Cavalier και Cabinet, που ανήκουν στην οικογένεια των πλάγιων παράλληλων προβολών και η χρήση τους επεκτείνεται ευρέως σε πολλούς τομείς, όπως η αρχιτεκτονική, ο σχεδιασμός επίπλων και η τεχνική έργων.

Στόχος της εργασίας μας είναι η εξέταση της εφαρμογής των προβολών στην απεικόνιση ενός κύβου και η κατανόηση των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν στην αναπαράσταση αντικειμένων. Η ευελιξία των προβολών επιτρέπει την ανάπτυξη καινοτόμων προσεγγίσεων από την αρχιτεκτονική ως την αβάν-γκαρντ έκφραση. Άλλωστε, η προοπτική ήταν σε ακμή ακόμη και από την Αναγέννηση, αν αναλογιστούμε το μεγαλειώδες έργο πρωτοποριακής απεικόνισης και εκσυγχρονισμό των εννοιών λειτουργίας και δόμησης από ζωγράφους της εποχής στα σκίτσα τους, όπως ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι. Κατά τον Μ. Σκολάρι (1943, αρχιτέκτονας), ο ντα Βίντσι επέλεγε την παράλληλη προβολή επειδή ήταν καταλληλότερη για να απεικονίσει τον πραγματικό χώρο ενός αντικειμένου, παρά ένα αντικείμενο στο χώρο.

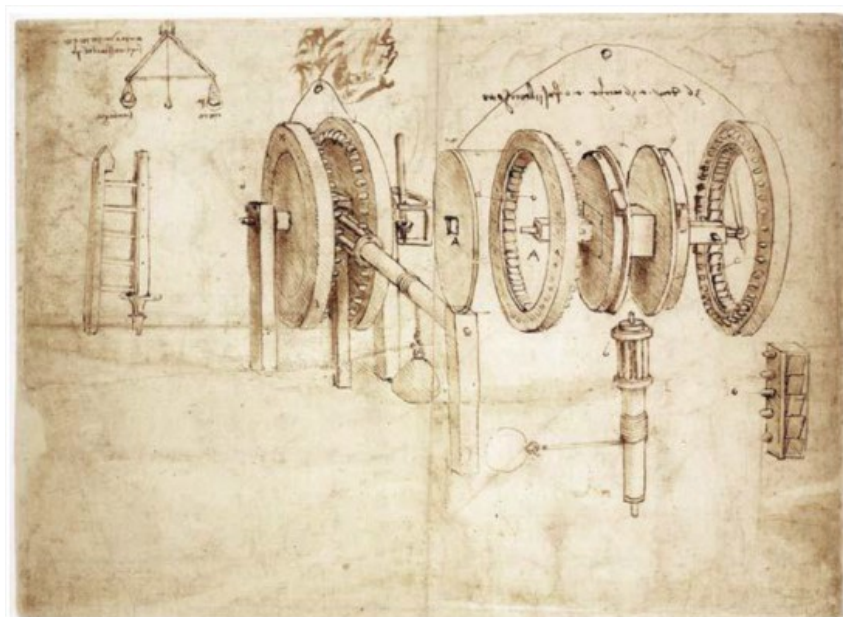


Figure 1: Leonardo da Vinci, Codex Atlanticus, 1478 - 1519

1. Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.1 Μέθοδοι Σχεδίασης Αντικειμένων

Σαν σχέδιο, απεικόνιση ή σκηνή εννοούμε την αναπαράσταση ενός αντικειμένου πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια δύο διαστάσεων. Σε μια αναπαράσταση γίνεται αντιληπτή και ακριβής η μορφή του αντικειμένου, σε πραγματικό και μη - μέγεθος με κάθε λεπτομέρεια. Δεδομένης της φύσης των τριών διαστάσεων στις πραγματικές συνθήκες ενός αντικειμένου, ήταν σημαντικό να αναπτυχθούν μέθοδοι σχεδίασης και απεικόνισης των τρισδιάστατων αντικειμένων σε διδιάστατες συσκευές ή περιβάλλοντα.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι προβολής αντικειμένων, η παράλληλη και η προοπτική. Στην παράλληλη προβολή, θεωρούμε ότι το προς σχεδίαση ή απεικόνιση αντικείμενο το βλέπουμε απο πολύ μακριά (άπειρο) και οι ακτίνες προβολής είναι παράλληλες μεταξύ τους. Στην προοπτική προβολή βλέπουμε το αντικείμενο από κοντά και από συγκεκριμένη θέση, έτσι οι ακτίνες προβολής δεν είναι παράλληλες, αλλά συγκλίνουν σε ένα συγκεκριμένο σημείο, το Σημείο Φυγής. Παρότι υπάρχουν επιμέρους διακρίσεις των προβολών, εμείς θα ασχοληθούμε με τις ιδιαίτερες περιπτώσεις των πλάγιων παράλληλων, Cavalier και Cabinet. Σαφέστατα κάθε κατηγορία έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η χρήση της καθεμιάς εξαρτάται από τον σκοπό της αξιοποίησής τους, καθώς η λειτουργικότητα και η κατασκευή αποτελούν θεμελιώδη κριτήρια επιλογής των προβολών.

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κάθε προβολή έχει συγκεκριμένο σκοπό, χρήση, και μπορεί να προτιμηθεί σε διαφορετικές καταστάσεις. Το βασικό χαρακτηριστικό της προοπτικής προβολής είναι πως η προσομοίωση είναι με τρόπο που το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται το βάθος σε ένα χώρο. Γι' αυτό αν και μοιάζει ρεαλιστικό καθώς το μέγεθος μεταβάλλεται με την απόσταση, οι μετρήσεις δεν είναι ευκόλως ακριβείς. Επομένως, αν και λιγότερο ρεαλιστική, η παράλληλη προβολή μας δίνει την ευκαιρία

να κάνουμε ακριβείς μετρήσεις αφού οι αποστάσεις παραμένουν αναλλοίωτες, όπως στην περίπτωση του σχεδίου για αρχιτεκτονική και έργα.

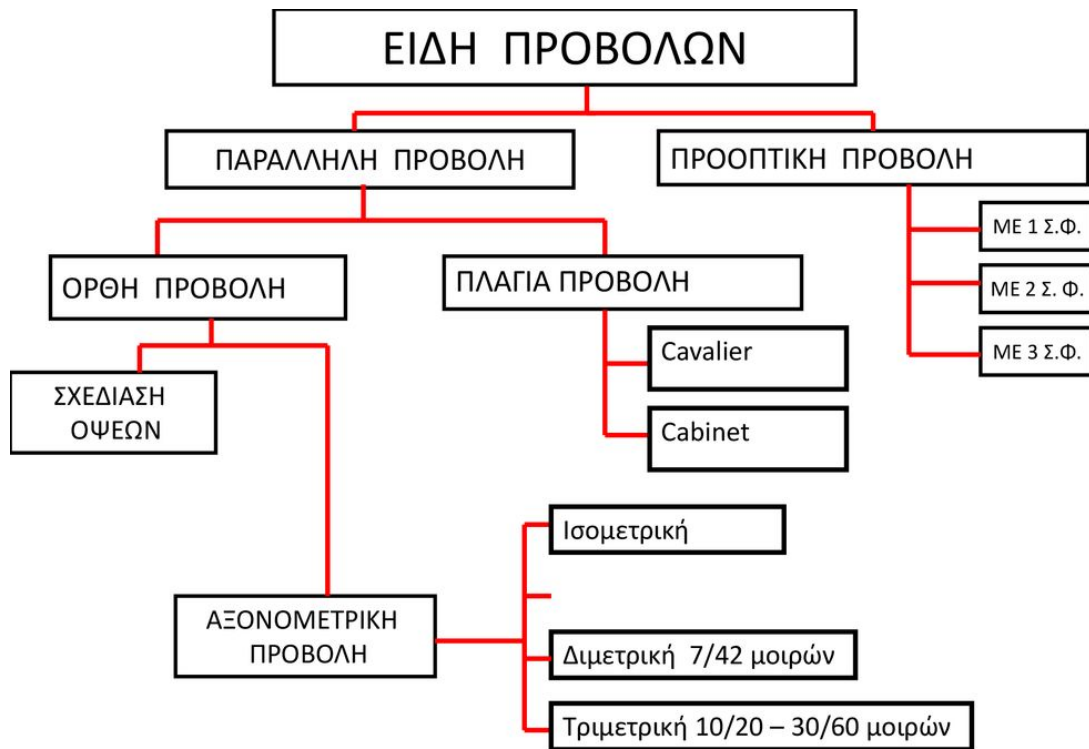


Figure 1.1: Διάγραμμα μεθόδων προβολής αντικειμένων

1.2 Προοπτική Προβολή

Στον πραγματικό κόσμο, ο τρόπος που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι τα αντικείμενα και το χώρο αφορά την προοπτική του βάθους. Αυτό μεταφράζεται ως εξής: Τα αντικείμενα που είναι πιο μακριά φαίνονται πιο μικρά. Ακόμη, οι πλευρές ενός 3Δ αντικειμένου που είναι πιο κοντά, φαίνονται μεγαλύτερες από τις πίσω. Δεδομένου ότι στη γραφική υπολογιστών η οθόνη ερμηνεύεται ως ένα 2Δ παράθυρο σε έναν 3Δ κόσμο, πρέπει να γίνονται μετασχηματισμοί προοπτικής για την ρεαλιστική απεικόνισή τους. Σύμφωνα με τη μέθοδο εφαρμογής της προοπτικής, ο παρατηρητής ενός αντικειμένου βρίσκεται κοντά σε αυτό και τόσο η θέση όσο και η απόστασή του από αυτό είναι συγκεκριμένες. Ακόμη, η γεωμετρία της κατάστασης θέασης εί-

ναι τριγωνική, με χαρακτηριστική τη σμίκρυνση, ενώ ακόμη οι παράλληλες γραμμές έχουν κοινό ένα σημείο σύγκλισης και το κέντρο προβολής είναι ένα συγκεκριμένο σημείο.

1.3 Παράλληλη Προβολή

Η παράλληλη προβολή διακρίνεται σε πλάγια και ορθή. Η διαφορά της με την προοπτική αφορά τις ακτίνες προβολής. Σε αυτήν την προβολή, ακριβώς επειδή είναι παράλληλη, οι ακτίνες προβολής στο επίπεδο είναι παράλληλες μεταξύ τους, δίχως να συγκλίνουν σε κοινό σημείο, και το κέντρο προβολής είναι στο άπειρο. Αυτό σημαίνει ότι τα αντικείμενα που βρίσκονται πιο μακριά δεν εμφανίζονται μικρότερα, αλλά απεικονίζονται με το πραγματικό τους μέγεθος. Έτσι εξασφαλίζεται η διατήρηση των αποστάσεων και δεν υπάρχει παραμόρφωση. Η πλάγια προβολή χωρίζεται σε δύο ειδικές περιπτώσεις: την πλάγια παράλληλη προβολή Cavalier και την πλάγια παράλληλη προβολή Cabinet.

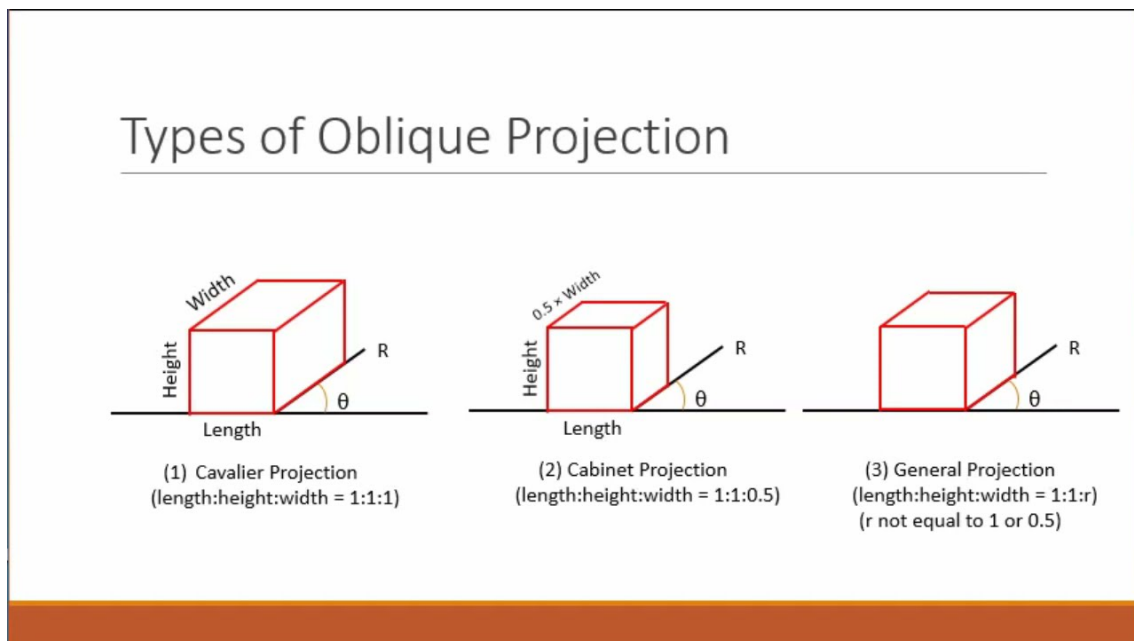


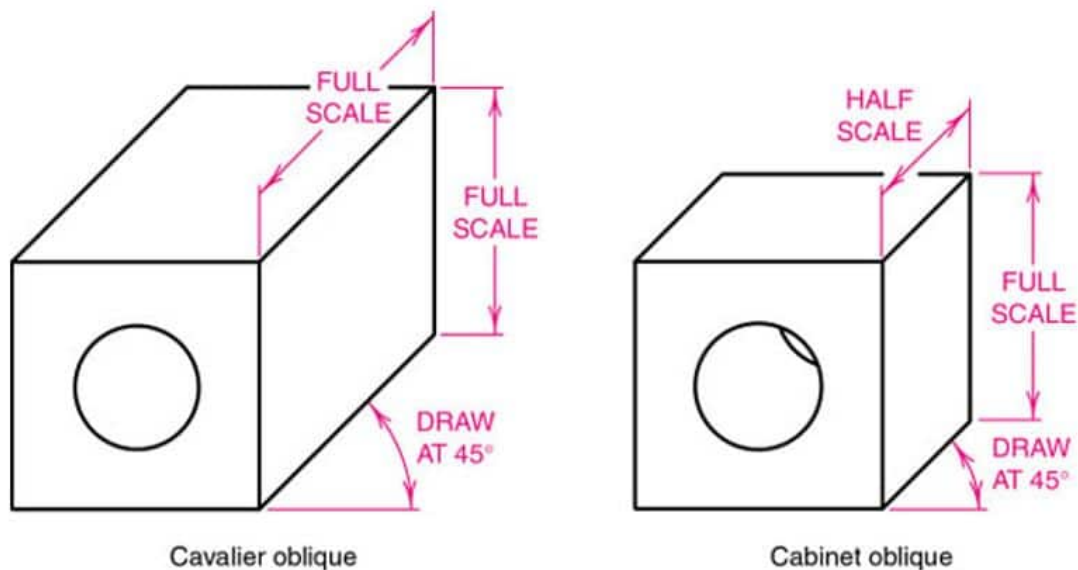
Figure 1.2: Περιπτώσεις πλάγιας προβολής - Cavalier, Cabinet, Γενικευμένη

Πλάγια Προβολή Cavalier

Στην περίπτωση της προβολής Cavalier, η γωνία προβολής είναι 45° και η προβολή χαρακτηρίζεται ως μονομετρική. Αυτό σημαίνει ότι τα μήκη των προβολών για ένα αντικείμενο στους τρεις άξονες των συντεταγμένων (x, y, z) είναι ίσα, δηλαδή είναι 1-1-1. Παρότι οι διαστάσεις είναι πραγματικές, το αντικείμενο στη σχεδίαση ή την μοντελοποίησή του φαίνεται παραμορφωμένο.

Πλάγια Προβολή Cabinet

Στην περίπτωση της προβολής Cabinet, η γωνία προβολής είναι συνήθως 60° , συγκεκριμένα $63,4^\circ$. Η Cabinet, σε αντίθεση με την Cavalier χαρακτηρίζεται ως διμετρική, καθώς τα μήκη των προβολών για τους άξονες (x, y) είναι ίσα και 1, ενώ το μήκος της προβολής στον άξονα z είναι το μισό. Η Cabinet χρησιμοποιείται συχνότερα όταν ένα αντικείμενο έχει βάθος και θέλουμε να διατηρήσουμε την ακρίβεια και τη ρεαλιστική απεικόνιση.



2. Υλοποίηση

Η ενσωμάτωση των θεωρητικών εννοιών και προσεγγίσεων σε λειτουργικά προγράμματα είναι βασικός στόχος της επιστήμης των υπολογιστών. Στην παρούσα εργασία, μετά την απόκτηση του θεωρητικού υποβάθρου σχετικά με τις προβολές ενός 3Δ

αντικειμένου σε 2Δ περιβάλλον επικεντρωνόμαστε στην υλοποίηση του προγράμματος απεικόνισης ενός μοναδιαίου κύβου για τρεις από αυτές (Προοπτική, Cavalier, Cabinet), με τη χρήση της OpenGL. Στο πλαίσιο αυτό, αναλύουμε τους μετασχηματισμούς και τα μητρώα που χρησιμοποιούνται για τις προβολές στον κώδικά μας για την επιθυμητή απεικόνιση των κύβων και παρουσιάζουμε τις συναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την καλύτερη απόδοση του προγράμματος.

2.1 Προβολές και Μοναδιαίος Κύβος

Στην εργασία μας υλοποιήσαμε ένα πρόγραμμα που εμφανίζει τρεις προβολές ενός κύβου σε ένα παράθυρο OpenGL, το οποίο έχει χωριστεί σε τρεις περιοχές: μία για Προοπτική προβολή, μια για Cavalier, μια για Cabinet. Συνολικά, εμφανίζεται το παράθυρο με τους τρεις κύβους και δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να τους περιστρέψει γύρω από τους τρεις άξονες συντεταγμένων (x, y, z) , με επιπλέον δυνατότητα την επαναφορά. Με αυτόν τον τρόπο γίνονται εύκολα αντιληπτά τα χαρακτηριστικά κάθε προβολής, η μορφή των κύβων για κάθε περίπτωση προβολής, και το πόσο ρεαλιστική είναι η προσομοίωση. Παρακάτω αποδίδεται η δομή απεικόνισης των προβολών:

```
gluPerspective(45.0f, 800.0f / 600.0f, 0.1f, 100.0f);

// Perspective Projection
glPushMatrix();
glTranslatef(-2.5f, 0.0f, -7.0f); // Μετατόπιση του κέντρου
glRotate(rotationAngleX, 1.0f, 0.0f, 0.0f); // Πληκτρολόγιο
glRotate(rotationAngleY, 0.0f, 1.0f, 0.0f);
glRotate(rotationAngleZ, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
drawCube(0.7f, 0.7f, 0.7f); // Σχεδίαση με άσπρο χρώμα
glPopMatrix();

// Cavalier Projection
glPushMatrix();
glTranslatef(0.0f, 0.0f, -7.0f);
glRotatef(45.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f); // Περιστροφή στον x κατά 45μ
glRotate(rotationAngleX, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
```

```

glRotate(rotationAngleY, 0.0f, 1.0f, 0.0f);
glRotate(rotationAngleZ, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
glScalef(1.0f,1.0f,1.5f); // Κλιμάκωση του z
drawCube(0.0f, 1.0f, 0.0f); // Σχεδίαση με πράσινο χρώμα
glPopMatrix();

// Cabinet Projection
glPushMatrix();
glTranslatef(2.5f, 0.0f, -7.0f);
glRotatef(63.4f, 1.0f, 0.0f, 0.0f); // Περιστροφή (x) κατά 63,4μ.
glRotate(rotationAngleX, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
glRotate(rotationAngleY, 0.0f, 1.0f, 0.0f);
glRotate(rotationAngleZ, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
glScalef(1.0f, 1.0f, 0.75f); // Κλιμάκωση του z στο μισό
drawCube(0.0f, 0.0f, 1.0f); // Σχεδίαση με μπλε χρώμα
glPopMatrix();

```

Οι παραπάνω γραμμές κώδικα εκτελούν με βάση τα μητρώα μετασχηματισμών ενέργειες στην απεικόνιση του κύβου. Αλλάζει επομένως η θέση, ο προσανατολισμός και η κλίμακα του αντικειμένου και κάθε μετασχηματισμός εφαρμόζεται με σειρά. Αναλυτικότερα, για την Cavalier προβολή, εκτελείται περιστροφή γύρω από τον άξονα x κατά 45° , (πρόκειται για τη χαρακτηριστική δηλαδή γωνία της προβολής), και οι κάθετες ευθείες στο επίπεδο προβολής παραμένουν σταθερές. Η απεικόνιση του κύβου γίνεται με πράσινο χρώμα. Για την Cabinet, εκτελείται περιστροφή γύρω από τον άξονα x κατά $63,4^\circ$, (επίσης η χαρακτηριστική γωνία προβολής για την Cabinet) και αλλάζει κλίμακα κατά μήκος του άξονα z κατά το ήμισυ ($1/2$).

Η σύνταξη και η δομή του προγράμματος ακολουθεί τη δομή ενός βασικού προγράμματος σχεδίασης ενός 3Δ αντικειμένου σε γραφικό περιβάλλον. Η συνάρτηση `display` χρησιμοποιείται κάθε φορά που απαιτείται να γίνει ανανέωση του παραθύρου παρουσίασης (μεγέθυνση, πλήρη οθόνη, κάλυψη από άλλα προγράμματα κλπ) και αφορά την αρμονική απεικόνιση. Στην περίπτωση πλήρους οθόνης τα αντικείμενα δέχονται μια μικρή παραμόρφωση, αλλά η προσομοίωση συνεχίζει να είναι αποδοτική. Με τις `glMatrixMode`, `glLoadIdentity`, `gluPerspective` η τρέχουσα λειτουργία χαρακτηρίζεται ως προβολή και γίνεται εφαρμογή της προοπτικής. Ορίζεται η σειρά με την οποία πρέπει να γίνουν οι μετασχηματισμοί και εφαρμόζονται με τα μητρώα που

αφορούν τη θέση, τον προσανατολισμό και την κλίμακα του μοντέλου σε αρχική κατάσταση. Για κάθε περίπτωση (Perspective, Cavalier, Cabinet) υπάρχουν οι `glPushMatrix`, `drawCube`, `glPopMatrix`. Σε αυτό το σημείο εκτελείται μια σειρά μετασχηματισμών και στη συνέχεια απεικονίζεται έναν κύβο. Οι μετασχηματισμοί περιλαμβάνουν μετατόπιση (`translate`), περιστροφή (`rotate`) και κλιμάκωση (`scale`) του κύβου. Η `glutSwapBuffers()` ενημερώνει το παράθυρο παρουσίασης για να ανταλλάξει τους `front buffer` και `back buffer` (ρυθμιστές). Αυτό κάνει την τρέχουσα εικόνα ορατή στο παράθυρο. Η `glClear()` σε συνδυασμό με τους ρυθμιστές βάθους (`depth buffers`) καθαρίζει το παράθυρο από προηγούμενο περιεχόμενο και το προετοιμάζουν για τη νέα απεικόνιση που ακολουθείται από τους παραπάνω μετασχηματισμούς.

Τα βήματα επαναλαμβάνονται με τη χρήση ανάλογων μετασχηματισμών, ειδικών για κάθε περίπτωση. Δηλαδή η προβολή Cavalier έχει τη χαρακτηριστική γωνία 45° , ενώ η Cabinet τη χαρακτηριστική γωνία των 63° . Ο συνδυασμός όλων αυτών των ενεργειών έχει ως αποτέλεσμα την απεικόνιση του κύβου στις τρεις ζητούμενες προβολές, ενώ επιτυγχάνεται ο επανακαθορισμός του περιβάλλοντος απόδοσης προβολής για τη σωστή απεικόνιση των γραφικών στο παράθυρο.

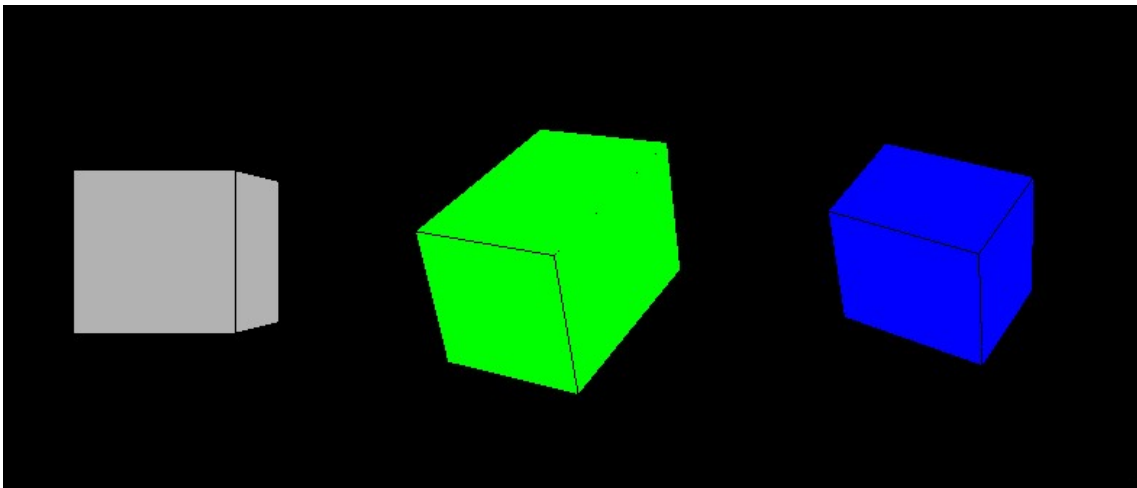


Figure 2.1: Στιγμιότυπο του εκτελέσιμου προγράμματος πριν την περιστροφή από το χρήστη

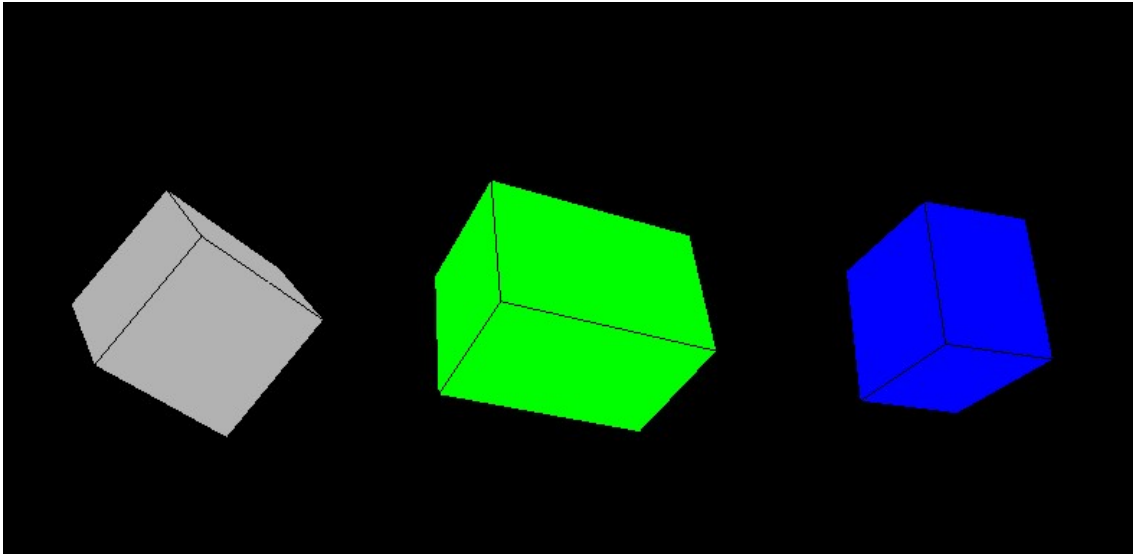


Figure 2.2: Στιγμιότυπο του εκτελέσιμου προγράμματος μετά την περιστροφή από το χρήστη

Έπειτα, ακολουθεί μια συνάρτηση για το πληκτρολόγιο καθώς το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να περιστρέψει τους κύβους σε πραγματικό χρόνο. Η περιστροφή γίνεται γύρω από τους άξονες συντεταγμένων (x, y, z) με τα πλήκτρα x, y, z αντιστοίχως, ενώ αν ο χρήστης επιθυμεί την περιστροφή από την αντίθετη κατεύθυνση αρκεί να πατήσει τα πλήκτρα X, Y, Z αναλόγως.

```
void keyboard(unsigned char key, int x, int y) {
    switch (key) {
        case 'r':
        case 'R':
            rotationAngleX = 0.0f;
            rotationAngleY = 0.0f;
            rotationAngleZ = 0.0f;
            break;
        case 'x':
            rotationAngleX += 1.0f;
            break;
        case 'X':
            rotationAngleX -= 1.0f;
            break;
        case 'y':
            rotationAngleY += 1.0f;
```

```

        break;
    case 'Y':
        rotationAngleY -= 1.0f;
        break;
    case 'Z':
        rotationAngleZ += 1.0f;
        break;
    case 'Z':
        rotationAngleZ -= 1.0f;
        break;
}

```

2.2 Υλοποίηση σε OpenGL

Η εργασία υλοποιήθηκε σε προγραμματιστικό περιβάλλον με τη χρήση C++/OpenGL και χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη GLUT για τη δημιουργία γραφικού παραθύρου και την αλληλεπίδραση με το χρήστη.

Οι κύριες συναρτήσεις που ορίστηκαν στον κώδικα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Μητρώα Μετασχηματισμών - Συναρτήσεις	Ερμηνεία
glTranslatef ()	Μητρώο μετατόπισης κύβου στις συντεταγμένες (x, y, z) του διανύσματος μετατόπισης
glRotatef ()	Μητρώο περιστροφής του κύβου γύρω από τον άξονα που καθορίζεται από τις συντεταγμένες (x, y, z) και γωνία περιστροφής σε μοίρες
glScalef ()	Μητρώο αλλαγής κλίμακας του κύβου στις τρεις διαστάσεις

(GL_QUADS)	Σχεδίαση κατανεμημένων πολυγώνων (quads) που αναπαριστούν τις πλευρές του κύβου.
glVertex3f ()	Καθορισμός κορυφών των πολυγώνων
(GL_LINES)	Σχεδίαση γραμμών που αναπαριστούν τις διαγώνιες του κύβου και άκρες των γραμμών μεταξύ των κορυφών του κύβου
drawCube()	Απεικόνιση του κύβου με χρώμα που περνιέται ως ορίσματα
display ()	Απεικόνιση του κύβου με διαφορετικές προβολές
gluPerspective ()	Καθορισμός προοπτικής προβολής με παραμέτρους fovy, aspect, zNear, zFar
reshape ()	Ενημέρωση παραμέτρων του παραθύρου
glViewport()	Προσαρμογή περιοχής απεικόνισης
keyboard()	Καθορισμός προγράμματος βάση χρήστη
glLoadIdentity ()	Φόρτωση μονάδας τροποποίησης στον πίνακα προβολής. Ακύρωση τροποποιήσεων και επαναφορά στην αρχική κατάσταση
glPushMatrix()	Αποθήκευση τρέχουσας κατάστασης πίνακα προβολής
glPopMatrix()	Επαναφορά του πίνακα προβολής στην προηγούμενη κατάσταση αποθήκευσης στη στοίβα

Table 2.1: Πίνακας Μητρώων Μετασχηματισμών και Συναρτήσεων

Συμπεράσματα

Η δυνατότητα απεικόνισης και αλληλεπίδρασης με γραφικά στοιχεία επιτρέπει στο χρήστη να έχει έναν οπτικό τρόπο αναπαράστασης και επεξεργασίας γεωμετρικών δομών. Σε συνολικό βαθμό ο κώδικας παρέχει μια ικανοποιητική βάση και ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις, ενώ προσφέρει ευελιξία και δυνατότητες για επέκταση και προσαρμογή. Με την υπάρχουσα υλοποίηση, μπορεί να γίνει αντιληπτή η έννοια της προοπτικής και της προβολής. Είναι επίσης εφικτή η προσθήκη επιπλέον λειτουργιών και αναβαθμίσεων, όπως η ταυτόχρονη περιστροφή σε άξονες και ο μετασχηματισμός θέασης. Συνοψίζοντας, η εργασία αυτή εστίασε στην υλοποίηση ενός κώδικα για την μοντελοποίηση και προσομοίωση ενός κύβου σε τρεις προβολές: προοπτική, Cavalier, Cabinet με τη χρήση περιβάλλοντος γραφικών. Ο κώδικας επιτρέπει στο χρήστη να αλληλεπιδράσει με τα αντικείμενα επιτυχώς και ομαλά.

Επίλογος

Μέσω αυτής της εργασίας κατανοήσαμε τις έννοιες των προβολών 3D αντικειμένων σε ένα 2D γραφικό περιβάλλον. Συνολικά αυτή η εργασία μας έδωσε την ευκαιρία να εξοικειωθούμε με τη ρεαλιστική αναπαράσταση και με αυτήν τη βάση μπορούμε να προχωρήσουμε σε πιο σύνθετες εφαρμογές όπως ένα υβριδικό μοντέλου σχεδίου χειρός και πλατφόρμας απεικόνισης για υποστήριξη αρχιτεκτονικών, μηχανολογικών ή καλλιτεχνικών έργων. Θέτουμε στόχους αναβάθμισης της εφαρμογής μας και εστιάζουμε στις νέες προοπτικές για την ανάπτυξη και έκφραση των ιδεών μας, κάνοντας πιο ρεαλιστικά και εντυπωσιακά τα σχέδιά μας σε προγραμματιστικό περιβάλλον και επίπεδο, διευρύνοντας την αισθητική οπτική των έργων.

Bibliography

- [1] Δρακόπουλος, Β. (2017). *Γραφική Υπολογιστών* [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις]. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λαμία
- [2] Δρακόπουλος, Β. (2017). *Εισαγωγή στην OpenGL* [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις]. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λαμία
- [3] Θεοχάρης Θ., & Boehm, A.(1999). *Γραφικά: Αρχές και Αλγόριθμοι*, 4^η Ανατύπωση 2007, εκδόσεις ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ.
- [4] Hearn, D., & Baker, M. P. (2010). *Γραφικά Υπολογιστών με OpenGL*, εκδόσεις ΤΖΙ-ΟΛΑ.
- [5] IGNOU - Indira Ghandhi National Open University *Viewing Transformation* (2017) <https://egyankosh.ac.in/handle/123456789/10486>
- [6] Chen, J. (1996). *Computational Geometry: Methods and Applications*. Computer Science Department, Texas A&M University.
- [7] Foley, J, van Dam, A., Feiner, S., Hughes, J. *Computer Graphics: Principles and Practice* 3rd Edition (2013)).
- [8] Scolari, M. *Oblique Drawing: A History of Anti-Perspective*. MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2012. ISBN1 13 9780262527613. ISBN2 10 0262527618