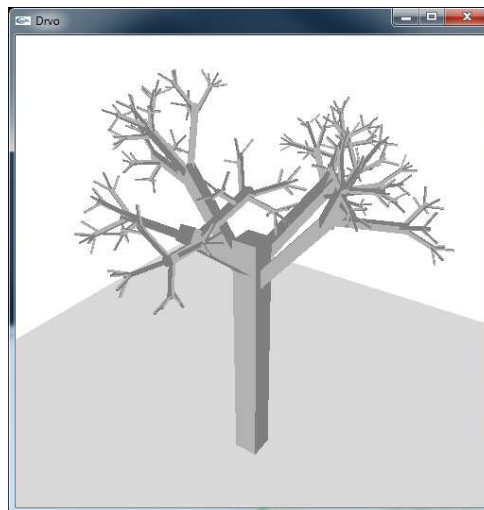


## RAČUNARSKA GRAFIKA

### drugi kolokvijum

1) [25] **OpenGL:** Napisati na jeziku C ili C++ deo programa za crtanje scene prikazane na slici 1 primenom grafičke biblioteke OpenGL. Scenu čini svetlo siva horizontalna podloga iz koje "raste" drvo. Elementi drveta (stablo i grane) su oblika kvadra, kvadratnog poprečnog preseka, gde je odnos dužina duže i kraće stranice 10:1. Iz svake grane raste slučajan broj  $N$  novih grana između 3 i 5. Grane rastu na slučajnom rastojanju između 75% i 95% od korena roditeljske grane, odnosno stabla pod slučajno izabranim uglom između  $25^\circ$  i  $70^\circ$  u odnosu na vertikalnu osu roditeljske grane, odnosno stabla, u pravcu njihovog rasta i pod međusobnim uglom  $360^\circ/N$  sa slučajno izabranim uglom odstupanja  $\pm 50^\circ/N$  u ravni normalnoj na vertikalnu osu roditeljske grane, odnosno stabla. Veličina grana je 50% manja od veličine roditeljske grane. Slika 1 prikazuje jedan mogući rezultat izvršenja programa. Koristi se projekcija sa perspektivom. Napisati posebnu funkciju koja vrši osnovnu inicijalizaciju OpenGL sistema potrebnu za crtanje scene. Posmatračku kameru približno postaviti u položaj koji bi proizveo prikazanu sliku. Smatrati da je otvaranje prozora za crtanje realizovano u glavnom programu koji nije potrebno pisati.



Slika 1

2) [25] Posmatraju se objekti u desnom 3D koordinatnom sistemu. Postaviti jednu matričnu jednačinu koja određuje projekciju sa perspektivom iz centra projekcije u tački  $P(2, 0, 0)$  na ravan  $x-z=4$  slike proizvoljne tačke nakon ogledanja u ogledalu postavljenom na ravan  $-\sqrt{2}x + 2y + \sqrt{2}z - 2 = 0$ . U sve matrice elementarnih transformacija uvrstiti konkretne vrednosti. Nije potrebno množiti matrice.

3) [50] Odgovoriti koncizno (jedna do dve rečenice) na sledeća pitanja:

- Kako se na osnovu matrice rotacije oko centra koordinatnog početka u 2D može izvesti matrica rotacije oko Z-ose u 3D?
- Da li se na projekciji mogu jednostavno meriti uglovi u (1) ravnima paralelnim projekcionoj ravni, (2) ravnima koje nisu paralelne projekcionoj ravni, kod projekcije sa perspektivom i zašto?
- Na koji način se u SPHIGS-u zadaje primitiva poliedra?
- Da li se atributi SPHIGS strukture primenjuju na podstrukturu? Za koje attribute je to naročito važno i zašto?
- Koje razlike postoje između SPHIGS lokatora i SRGP lokatora?

**Napomene:** 1. Kolokvijum traje 120 minuta.

- Rad se predaje isključivo u vežbanci za ispite. Nije dozvoljeno imati pored sebe druge listove papira, niti uz sebe imati mobilni telefon, bez obzira da li je uključen ili isključen.
- Nije dozvoljena upotreba literature niti programabilnih kalkulatora.
- Dozvoljena je upotreba OpenGL podsetnika.
- Voditi računa o urednosti. Nečitki delovi teksta će biti tretirani kao nepostojeći. Rešenja zadataka navesti po gornjem redosledu (-1 poen za loš redosled). Preporučuje se rad običnom grafitnom olovkom.

# Rešenja zadataka

## drugi kolokvijum 2015

### 1) Rešenje

```
#include <stdlib.h>
#include <GL/glut.h>
#include <GL/GL.H>
#define STEP_U_RAD(x) ((x)*PI/180)
const float crna[] = { 0, 0, 0 };
const float tamno_siva[] = { 0.3f, 0.3f, 0.3f };
const float siva[] = { 0.5f, 0.5f, 0.5f };
const float svetlo_siva[] = { 0.7f, 0.7f, 0.7f };
const float r = 0.5f;

// Funkcija koja se poziva svaki put kada prozor promeni velicinu
void promenaProzora(int width, int height) {
    glViewport(0, 0, (GLint) width, (GLint) height);

    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluPerspective(45, (float)width/(float)height, 1, 150);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
}

float randomf(float range = 1.0f){
    return (float)((rand()*1.0 / RAND_MAX)*range);
}

void crtajKvadrat(const float *boja){
    glPushAttrib(GL_ALL_ATTRIB_BITS);
    glBegin(GL_QUADS);
    glColor3fv(boja);
    glVertex2f(+r, +r);
    glVertex2f(+r, -r);
    glVertex2f(-r, -r);
    glVertex2f(-r, +r);
    glEnd();
    glPopAttrib();
}

void crtajKvadar(const float *b1, const float *b2, const float *b3) {
    glPushMatrix();
    glTranslatef(0, 0, r);
    crtajKvadrat(b1);
    glTranslatef(r, 0, -r);
    glRotatef(90, 0, 1, 0);
    crtajKvadrat(b2);
    glTranslatef(r, 0, -r);
    glRotatef(90, 0, 1, 0);
    crtajKvadrat(b1);
    glTranslatef(r, 0, -r);
    glRotatef(90, 0, 1, 0);
    crtajKvadrat(b2);
    glTranslatef(0, r, -r);
    glRotatef(-90, 1, 0, 0);
    crtajKvadrat(b3);
    glTranslatef(0, 0, -2 * r);
    glRotatef(180, 0, 1, 0);
    crtajKvadrat(b3);
    glPopMatrix();
}
```

```
void crtajGranu(const float *b1, const float *b2,
               int dubina, int stepenGrananja){

    glPushMatrix();
    for (int i = 0; i < stepenGrananja; i++) {
        glRotatef(360/stepenGrananja+(randomf(100)-50)/stepenGrananja,
                0, 1, 0);
        glPushMatrix();
        glTranslatef(0, (randomf(0.4f) + 0.5f)*r, 0);
        glRotatef(randomf(45)+25, 0, 0, 1);
        glScalef(0.5f, 0.5f, 0.5f);
        glTranslatef(0, r, 0);
        glPushMatrix();
        glScalef(0.1f, 1, 0.1f);
        crtajKvadar(b1, b2, b2);
        glPopMatrix();
        if (dubina > 0)
            crtajGranu(b1, b2, dubina - 1, randomf()*3+3 );
        glPopMatrix();
    }
    glPopMatrix();
}

void crtajPodlogu(const float *boja) {
    glPushMatrix();
    glPushAttrib(GL_ALL_ATTRIB_BITS);
    glRotatef(-90, 1, 0, 0);
    glScalef(3, 3, 1);
    crtajKvadrat(boja);
    glPopAttrib();
    glPopMatrix();
}

void crtajScenu(void) {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    glLoadIdentity();

    glTranslatef(0, -0.75f, -2.5f);
    glRotatef(30, 1, 0, 0);

    crtajPodlogu(svetlo_siva);

    glTranslatef(0, r, 0);
    glPushMatrix();
    glScalef(0.1f, 1, 0.1f);
    crtajKvadar(siva, tamno_siva, tamno_siva);
    glPopMatrix();
    srand(160);
    crtajGranu(siva, tamno_siva, 3, 4);

    glFlush();
}

void init() {
    glClearColor (1.0, 1.0, 1.0, 0.0);
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
    glPolygonMode(GL_FRONT_AND_BACK, GL_FILL);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
}
```

## 2) Rešenje

$$[X' Y' Z' W] = [X Y Z 1] * M$$

$$M = \text{Translacija1} * \text{Rotacija1} * \text{Rotacija2} * \text{Ogledanje} * \text{Rotacija3} * \text{Rotacija4} * \text{Translacija2} * \text{Rotacija5} * \text{Projekcija} * \text{Rotacija6} * \text{Translacija3}$$

$$\text{Translacija1} = T(0, 0, \sqrt{2}) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Rotacija1} = R_y\left(\frac{\pi}{4}\right) = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Rotacija2} = R_z\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Ogledanje} = S(-1, 1, 1) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Rotacija3} = R_z\left(\frac{\pi}{4}\right) = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 0 & 0 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Rotacija4} = R_y\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 0 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Translacija2} = T(3, 0, -2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -3 & 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Rotacija5} = R_y\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Projekcija} = P_p(0, 0, \sqrt{2}) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{\sqrt{2}}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Rotacija6} = R_y\left(\frac{\pi}{4}\right) = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Translacija3} = T(-2, 0, 0) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$