

האוניברסיטה העברית בירושלים
ביה"ס להנדסה ומדעי המחשב

מבחן בגרפיקה ממוחשבת
קורס מס' 67609

תאריך: 16.7.2000
זמן: 2 שעות

מועד א' תש"ס
המרצה: ד"ר דני לישצינסקי

ענו על שלוש מתוך ארבע השאלות הבאות. נסחו את תשובותיכם באופן מדויק ובהיר ככל האפשר. יינתנו נקודות גם על תשובות חלקיות, לכן יש להסביר ולנמק את דרך החשיבה. המבחן הוא בתומר סגור – אין להשתמש בשום חומר עזר. לא תינתנה שום הארכות בזמן המבחן. – אנא תכננו את חלוקת הזמן לשאלות בהתאם.

1. טרנספורמציות

א. (18 נקודות) לכל אחת מן המטריצות הבאות

$$C = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$E = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} \sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

קבע איזה מבין האפיונים הבאים מתאר אותה בצורה הטובה ביותר:

- טרנספורמציות הזהות
- סילום אחיד (uniform scaling)
- סילום לא אחיד (non-uniform scaling)
- גזירה (shearing)
- שיקוף
- סבוב מסביב לציר X
- סבוב מסביב לציר Y
- סבוב מסביב לציר Z
- סבוב סביב ציר אחר

ב. (15 נקודות) נתון גוף המוגדר ע"י רשת משולשים עם נורמל בכל קדקור. יש להפעיל על גוף זה טרנספורמציה צפידה (rigid body transformation) הנתונה ע"י מטריצה 4 על 4

$$T = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

רשום במדויק את תוצאת הפעלת T על קדקור $[x \ y \ z]^T$ ועל נורמל $[n_x \ n_y \ n_z]^T$. האם יש צורך בנרמול מחדש של הנורמלים לאחר הטרנספורמציה?

2. עקומות ומשטחים

- א. (17 נקודות) בכיתה למדנו שעקומי Bezier קוביים מיוצגים ע"י פוליגון בקרה בעל ארבע קדקדים b_0, b_1, b_2, b_3 . באופן כללי יותר ניתן לאפיין עקום פרמרי קובי באמצעות קביעת ארבעה אילוצים. למשל, יהי $f(t)$ עקום פרמטרי קובי הנחון ע"י ארבעת האילוצים:
 $f(0), f'(0), f(0.5), f(1)$ (שתי נקודות הקצה, נקודת האמצע, ונקטור הנגזרת בתחילת העקום). תאר כיצד תמצא את פוליגון הבקרה המגדיר עקום Bezier זהה לעקום הנתון.
- ב. (16 נקודות) נתונה סדרה של N נקודות p_1, p_2, \dots, p_N וכן N וקטורים d_1, d_2, \dots, d_N . תאר דרך להגדיר עקום Bezier קובי למקוטעין העובר דרך הנקודות הנ"ל. על העקום להיות בעל רציפות C^1 באופן שכל אחד מן הוקטורים הנתונים d_j משיק לעקום בנקודה המתאימה p_j .

3. עקיבה אחר קרניים

- א. (20 נקודות) המשוואה הסתומה הבאה $x^2 + y^2 - z^2 = 0$ מגדירה חרוט (קונוס) כפול אינסופי בעל קדקוד בראשית הצירים שצירו הוא ציר ה-Z. נתונה קרן בייצוג הפרמטרי המקובל $R(t) = O + tD$, כאשר O היא נקודת המוצא של הקרן $O = [x_o \ y_o \ z_o]^T$ והוקטור D הוא וקטור הכוון המנורמל שלה $D = [x_D \ y_D \ z_D]^T$. תאר בפירוט כיצד ניתן לחשב את נקודות החיתוך בין הקרן לבין החרוט.
- ב. (13 נקודות) בד"כ אנו מעוניינים במקרה שבו החרוט הוא סופי. שנה את האלגוריתם מסעיף א' כך שימצא את נקודות החיתוך בין הקרן לבין החלק הסופי של החרוט המצוי בין המישור $Z = -1$ לבין הקדקד בראשית הצירים.

4. Graphics Pipeline

להלן כמה מן פעולות המתבצעות ב-Graphics pipeline הטיפוסי:

- 3D clipping
- modelview transformation
- lighting
- viewport transformation
- hidden surface removal
- perspective projection

- א. (18 נקודות) הסבר בקצרה (עד 3 משפטים) מה קורה בכל אחת מן הפעולות הנ"ל.
- ב. (15 נקודות) סדר את הפעולות לפי הסדר שבו עליהן להתבצע. נמק במפורט את הסדר הנ"ל.

ב ה צ ל ח ה !