

האוניברסיטה העברית בירושלים  
ביה"ס להנדסה ומדעי המחשב

מבחן בגרפיקה ממוחשבת

קורס מס' 67609

תאריך: 16.2.2010  
זמן: 2.5 שעות

מועד א' תש"ע  
המרצה: פרופ' דני לישצ'ינסקי

ענו על כל השאלות בחלק א' וכן על שלוש מתוך ארבע השאלות בחלק ב'. נסחו את תשובותיכם באופן מדויק ובהיר ככל האפשר. המבחן הוא בחומר סגור – אין להשתמש בשום חומר עזר. לא תינתנה שום הארכות בזמן המבחן – אנא קראו את כל השאלות בהתחלה ותכננו את חלוקת הזמן לשאלות בהתאם.

**חלק א' (40 נקודות)**

עבור כל אחת מן הטענות הבאות, רשמו האם הטענה נכונה או לא נכונה לדעתכם, בתוספת נימוק שאורכו רצוי שלא יעלה על משפט אחד (2 שורות). ערך כל תשובה נכונה: 2 נקודות.

1. סילומים אחידים (uniform scaling) אינן טרנספורמציות קומוטטיביות.
2. טרנספורמציות אפיניות הינן טרנספורמציות ליניאריות לכל דבר כאשר הן פועלות על ווקטורים (ולא על נקודות) במרחב אפיני.
3. בהנתן מישור בהצגה פרמטרית, ניתן לחשב את הנורמל למישור באמצעות מכפלה סקלרית בודדת.
4. המטריצה הבאה 
$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$
 הינה מטריצת פרספקטיבה עם שתי נקודות מגו (vanishing points).
5. ניפוי פאות אחוריות (backface culling) הוא שלב מקדים הכרחי לפני הסרת משטחים בשיטת ה-Z-buffer.
6. עץ BSP שנבנה עבור סצינה נתונה יכול לשמש להסרת משטחים נסתרים מכל נקודת מבט, כל עוד היחס בין נקודת המבט לבין מישור ההפרדה בשורש העץ לא משתנה.
7. OpenGL תומך במודלי תאורה לוקליים בלבד ולכן אין בו אפשרות לדעיכת עוצמת התאורה כפונקציית המרחק ממקור האור.
8. לצורך חישוב flat shading איננו זקוקים לנורמלים למשטח, אבל אנו זקוקים להם לחישוב Gouraud shading.
9. פילטור טריליניארי (trilinear) נועד למקרים שבהם הטקסטורה נתונה לנו במספר רזולוציות שונות.
10. על מנת להעשיר מראה של אובייקטים באמצעות bump mapping ב-OpenGL אנו זקוקים לחומרה גרפית התומכת ב-fragment shaders.

11. יש לקמפל את ה-shader programs מחדש בכל פעם שמריצים אפליקציית OpenGL המשתמשת בהם.
12. צופה אנושי אינו מסוגל להבחין בין שני ספקטרומים אם הם מעוררים בדיוק את אותן התגובות בתאים הרגישים לאור ברשתית.
13. ככל שצבעים נמצאים קרוב יותר למרכז דיאגרמת ה-chromaticity, כך הם פחות רווים (saturated).
14. מרחב ה-CIE Lab הינו מרחב אחיד מבחינה תפישתית שבו ערוץ ה-b מבטא בקירוב את מידת הקירבה של הצבע לכחול או לצהוב.
15. עקום Bezier המוגדר ע"י  $n$  קדקודי בקרה ניתן לייצוג מדויק ע"י  $n-1$  עקומי Bezier ממעלה 3.
16. ניתן לייצג כל עקום Bezier ממעלה קטנה או שווה ל-3 כעקום Hermite.
17. התכנסות סכימת subdivision נתונה תלויה אך ורק בגודלו של הערך העצמי המקסימלי של המטריצה המתארת את פעולת ה-subdivision.
18. בייצוג CSG ניתן לייצג באופן מפורש את אוסף הנקודות המוכל בחיתוך של שני מוצקים פרימיטיביים.
19. באלגוריתם ה-Progressive Radiosity ה-Form-Factor איננו תלוי במקדמי ההחזרה של המשטחים או בכמות השטף המצויה עליהם.
20. אלגוריתם ה-Ray tracing איננו שונה ממודל תאורה לוקלי כאשר הסצינה מכילה אך ורק משטחים דיפוזיים.

### חלק ב' (60 נקודות)

ענו על שלוש מתוך ארבע השאלות הבאות. יינתנו נקודות גם על תשובות חלקיות (רלוונטיות!), לכן יש להסביר ולנמק את דרך החשיבה.

#### I. רסטריזציה והסרת משטחים נסתרים (20 נקודות)

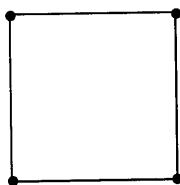
א. ב-GLSL יש חשיבות רבה למאפיין (Qualifier) של משתנה. הסבירו מה המשמעות של כל אחד מהמאפיינים הבאים: uniform, attribute, varying, ומתי נרצה להשתמש בכל אחד מהם.

ב. הסבירו מה זה scanline coherence ו-edge coherence ופרטו כיצד עקרונות אלה באים לידי שימוש באלגוריתם לרסטריזציה מהירה של פוליגונים וכן באלגוריתם ה-Zbuffer.

ג. האלגוריתמים להסרת משטחים נסתרים שתוארו בכיתה מניחים כולם שהסצינה מכילה פוליגונים אטומים בלבד. הצע אלגוריתם שיתאים לסצינה שבה ייתכנו גם פוליגונים בעלי שקיפות חלקית. ניתן להניח שכאשר ממלאים פוליגון בעל צבע  $F$  ושקיפות  $\alpha \in [0,1]$ , צבעו של החדש  $C$  כל פיקסל בפוליגון נקבע לפי הנוסחה:  $C = \alpha F + (1 - \alpha)B$ , כאשר  $B$  הוא צבע הפיקסל לפני מילוי הפוליגון.

## II. עקומות ומשטחים (20 נקודות)

- א. תארו בקצרה את הרעיון שמאחורי עקומי ומשטחי חלוקה (subdivision). יש להסביר את השלבים השונים של המנגנון המשותפים לסכימות החלוקה השונות ולהצביע על המקומות שבהן ישנם הבדלים בין הסכימות.
- ב. תנו דוגמה לסכימה מקרבת אינטרפולטורית (interpolating). מהו ההבדל במנגנון החישוב בין סכימה כזו לבין סכימה מקרבת (approximating)?
- ג. נתון פוליגון הבקרה המופיע בשרטוט. שרטטו כיצד ייראה הפוליגון לאחר הפעלת שלב אחד ואחרי שני שלבי חלוקה באמצעות הסכימה המוגדרת ע"י המשקולות  $[x_0, x_1] = [\frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$ . האם יש נקודה שתוכלו לטעון כי היא תופיע על עקום הגבול? נמקו.



## III. Radiosity and Ray Tracing (20 נקודות)

- א. מנו בקצרה את היתרונות של אלגוריתם ה-Ray Tracing לעומת רינדור באמצעות ספרייה גרפית כגון OpenGL.
- ב. נתונה מתודה המחשבת נקודת חיתוך (ונורמל) בין קרן לבין צילינדר (גליל) סופי בעל רדיוס  $r$ , שמרכזו בסיסו התחתון בראשית הצירים, הציר שלו מתלכד עם ציר ה-y של מערכת הצירים, וגובהו יחידה. תארו במדויק כיצד תשתמשו במתודה זו על מנת לחשב חיתוך (ונורמל) בין קרן לבין גליל שצירו מתלכד עם ציר ה-z וגובהו 2 יחידות.
- ג. נתונה סצינה הבנויה מפוליגונים ונתון פתרון שחושב ע"י אלגוריתם Radiosity (תחת הנחה שהפוליגונים הינם מחוזרים דיפוזיים). תארו כיצד תוכלו להשתמש בפתרון הנ"ל במסגרת Ray tracer על מנת להגיע לתוצאה ריאליסטית יותר.

## IV. צבע (20 נקודות)

- א. שרטטו את ה-CIE chromaticity diagram, וסמנו על גביה את הנקודה הלבנה, האדומה, הירוקה והכחולה של צג מחשב טיפוסי. סמנו את האזורים המכילים צבעים ספקטריים טהורים.
- ב. נתונה מדפסת שבה יש לכם אפשרות להכניס שלושה צבעים כלשהם בתור שלושת סוגי הדיו הסטנדרטיים (CMY). נניח שרוצים להדפיס על נייר צהוב. באילו צבעי דיו כדאי להשתמש על מנת לפגוע כמה שפחות בגאמוט הצבעים הרגיל של המדפסת? כיצד תמירו צבע נתון למרחב הצבע המתאים לשלושת הצבעים שבחרתם?
- ג. רוצים לכתוב תוכנית שמלבינה שיניים בתמונות פורטרט. נניח שיש כבר רוטינה שמספקת מלבן חוסם התוחם את איזור הפה. איך נוכל לקבוע עבור פיקסל במלבן הנ"ל האם הוא נמצא על שן? באיזה אופן נוכל "להלבין" את הפיקסלים שנמצא? יש להתייחס למרחב (י) הצבע המתאימים (ים) לביצוע הפעולות הנ"ל.

ב ה צ ל ח ה !