

67-609  
12/609

האוניברסיטה העברית בירושלים  
ביה"ס להנדסה ומדעי המחשב

מבחן בגרפיקה ממוחשבת

קורס מס' 67609

תאריך: 3.4.2009  
זמן: 2.5 שעות

מועד ב' תשס"ח  
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 תכננו 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. הזזה בשני מימדים הינה טרנספורמציה ליניארית במרחב הפרויקטיבי  $P^2$ .
2. הטלת פרספקטיבה מוגדרת היטב עבור כל הנקודות במרחב, פרט למרכז ההטלה.
3. ניתן לקבל כל שיקוף (דרך מישור העובר בראשית) באמצעות טרנספורמציות סיבוב ו-scaling.
4. במישור הפרויקטיבי  $P^2$  השלשות  $(x, y, w)$  ו- $(x+a, y+a, w+a)$  מתאימות לאותה הנקודה במרחב האפייני הדו מימדי.
5. טרנספורמצית ה-viewport של OpenGL ניתנת למימוש באמצעות scaling והזזה בשני מימדים.
6. הפקודה gluOrtho2D אינה שימושית עבור אפליקציות בתלת מימד.
7. עיקרון ה-scanline coherence רלוונטי רק עבור פוליגונים קמורים.
8. חישוב נקודת החיתוך בין קרן למשטח כלשהו המיוצג ע"י פונקציה סתומה ניתן לביצוע ע"י פתרון משוואה בודדת בנעלם אחד.
9. אם במודל התאורה של Phong נשתמש ב-1 בתור אקספוננט ה-shininess התוצאה תהיה זהה למודל התאורה הדיפוזיאלמברטי.
10. הנורמל לקדקוד מוגדר ב-OpenGL גם אם לא הוגדר באופן מפורש לפני ציון הקדקוד.
11. אלגוריתם ה-Z-buffer להסרת משטחים נסתרים הינו אלגוריתם Object-precision בגלל שהוא עובר על כל האובייקטים בסצינה.
12. תאי ה-rods ברשתית הם התאים האחראיים לראייה מונוכרומטית. לפיכך הם מגיבים באופן אחיד לכל אורכי הגל בתחום הנראה.
13. מרחב ה-CIE XYZ איננו אחיד מבחינה תפישתית משום שדיאגרמת הצבעים היא בצורת פרסה ולא בצורת מעגל.

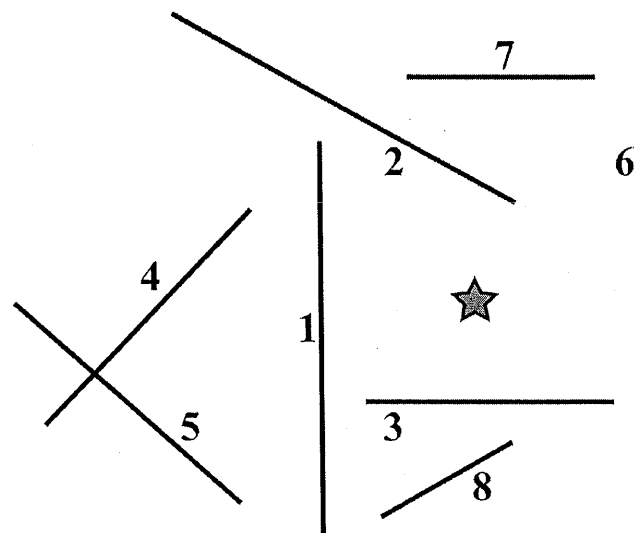
67-600  
2/6001

14. הציר של קונוס הצבעים של מרחב ה-HSV מכיל אך ורק גוונים של אפור.
15. במנגנוני חלוקה (subdivision schemes) ניתן לקבל אינטרפולציה של נקודות הבקרה המקוריות ע"י המנעות מלמצע אותן עם נקודות אחרות בשלב המיצוע.
16. בכל אלגוריתמי החלוקה לעקומות שנלמדו בכיתה מספר הנקודות בפוליגון הבקרה מוכפל בכל רמת חלוקה.
17. האינטרפולציה הטריליניארית (trilinear) של טקסטורות רלוונטית אך ורק כאשר משתמשים ב-Mip-Maps.
18. אלגוריתם ה-Radiosity צריך לפתור מחדש את כל מערכת המשוואות אם השתנו מקדמי ההחזרה של משטח אחד בסצינה.
19. משיקולי יעילות OpenGL מאפשר רק מקורות אור נקודתיים המאירים באופן אחיד לכל הכוונים.
20. ב-vertex shader לא ניתן לגשת לטקסטורות (אלא רק ב-fragment shader).

### חלק ב' (60 נקודות)

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

- I. הסרת משטחים נסתרים (20 נקודות)  
נתונה הסצינה המופיעה בשרטוט (אוסף סגמנטים במישור). לכל סגמנט יש תווית (מספר) שמופיעה מצדו החיובי של הסגמנט.



- א. במהלך בניית עץ BSP נבחרים הסגמנטים לפי התוויות שלהם (בסדר מספרי עולה). צייר את העץ המתקבל בתום תהליך הבנייה. אם יש צורך לחתוך סגמנט זה או אחר לחלקים, ציינו זאת ותנו תוויות חדשות לכל חלק: למשל, אם מפצלים את סגמנט 9, אז שמות החלקים יהיו 9א ו-9ב.

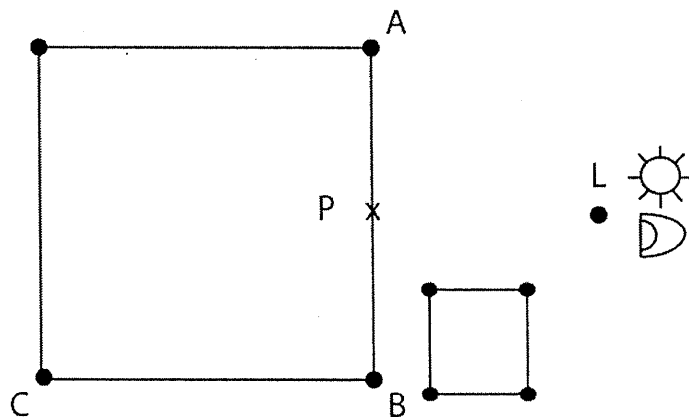
ב. רשמו את הסדר שבו נעבור על הסגמנטים השונים במעבר front-to-back ביחס למיקום צופה המסומן בכוכב בשרטוט.

ג. בהרצאה תוארה הסרת משטחים באמצעות מעבר back-to-front. כיצד ניתן לבצע את הסרת המשטחים באמצעות מעבר front-to-back ומה יכול להיות היתרון בצורת עבודה זו?

## II. (20 נקודות)

א. שרטט דיאגרמה המתארת את השלבים ב-fixed pipeline של OpenGL: תיבה לכל שלב ב-pipeline, עם ציון הפעולה המתבצעת בשלב זה. ציין מהן הקואורדינטות בכניסה וביציאה מכל שלב.

ב. נתונה הסצינה הבאה:



i. שני ריבועים, כל אחד מוגדר ע"י ארבעת קודקודיו

ii. נקודה P הנמצאת באמצע הצלע AB

iii. צופה ומקור אור נקודתי בנקודה L כך ש L-P מאונך ל A-B

$$0.5 \|A-B\| = \|L-P\|$$

iv. הנורמל לכל קודקוד נתון ע"י ממוצע הנורמלים של הצלעות השכנות

v. אין בסצינה תאורה אמביאנטית

אם נחשב את התאורה בעזרת מודל התאורה של OpenGL מה יהיו ערכי התאורה בקודקודים A, B, C? הנח שכל פרמטר של מודל התאורה שאינך יכול להסיק מהנתונים - ערכו 1.

ג. מה יהיו ערכי התאורה בנק' P אם נשתמש ב Gouraud Shading לעומת Phong Shading?

### III. עקומות ומשטחים (20 נקודות)

א. עקום Bezier נתון ע"י המשוואה הפרמטרית הבאה:  $C(t) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i} b_i$ . מנו

והסבירו בקצרה שש תכונות (שנלמדו בכיתה) של עקומי Bezier.

ב. רשמו אלגוריתם/נוסחה שבהנתן עקום Bezier אחד ממעלה 3 (הנתון ע"י ארבע נקודות בקצה  $b_0, \dots, b_3$ ) מחלק אותו לשני עקומי Bezier (גם הם ממעלה 3 כל אחד): הראשון זהה לעקום המקורי בין  $t=0$  לבין  $t=0.5$ , והשני זהה לחלק הנותר של העקום המקורי. יש לרשום את הביטויים עבור נקודות הבקצה של שני העקומים המתקבלים.

### IV. Ray Tracing (20 נקודות)

א. השוו בין שלושת הגישות העיקריות לחישוב תאורה שנלמדו בקורס: (1) מודלי תאורה לוקליים, כגון מודל התאורה של OpenGL, (2) חישוב תאורה באמצעות ray tracing, (3) חישוב תאורה באמצעות radiosity. בהשוואה יש להתייחס ליכולות של כל גישה מבחינת מידול תופעות תאורה ולמחיר החישוב. אין צורך לפרט את האלגוריתמים עצמם!

ב. נתונה הסצינה הבנויה ממשטחים סתומים מן הצורה  $f(x,y,z) = 0$ . כל אובייקט נתון ע"י פונקציה המחזירה את הערך של  $f$  בנקודה הנתונה (אין בידכם את הביטוי האנליטי של  $f$ ). תאר כיצד ניתן לחשב את נקודת החיתוך בין קרן לבין אובייקטים כאלה.

ג. עבור אותם האובייקטים כמו בסעיף הקודם, כיצד ניתן לחשב את הנורמל לאחר שכבר נמצאה נקודת החיתוך עם הקרן?

**בהצלחה!**