

האוניברסיטה העברית בירושלים  
ביה"ס להנדסה ומדעי המחשב

מבחן בגרפיקה ממוחשבת

קורס מס' 67609

תאריך: 21/2/2017  
זמן: 3 שעות

מועד א' תשע"ז  
המרצה: פרופ' דני לישצ'ינסקי

ענו על כל השאלות בחלק א' וכן על שתיים מתוך שלוש 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 (2-3 שורות). ערך כל תשובה נכונה (כולל נימוק): 2 נקודות.

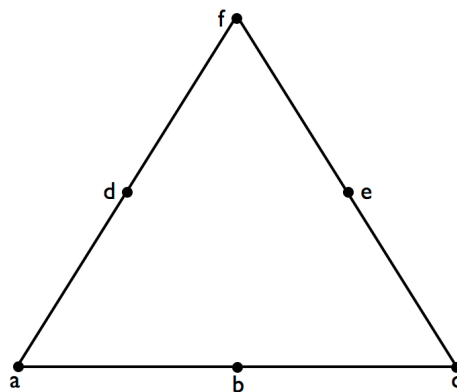
1. במרחב אפיני למכפלה סקלרית (מכפלה פנימית) יש משמעות גיאומטרית מוגדרת היטב, הן עבור וקטורים והן עבור נקודות.
2. ישר הוא מרחב אפיני חד מימדי.
3. הזזה בשני מימדים הינה טרנספורמציה ליניארית במרחב הפרויקטיבי  $P^2$ .
4. רוטציות (סיבובים) במרחב התלת-מימדי אינן טרנספורמציות קומוטטיביות.
5. שלושת המקדמים  $(A, B, C)$  של משוואת המישור  $(Ax + By + Cz + D = 0)$  מגדירים את כיוון הנורמל למישור.
6. כאשר חישובי התאורה מתבצעים ב-fragment shader יש לבצע אותם על קואורדינטות שכבר עברו את טרנספורמצית ההטלה.
7. הטלה מקבילה בשלושה מימדים הינה טרנספורמציה ליניארית על מרחב וקטורי תלת-מימדי.
8. בהטלת פרספקטיבה ייתכנו לכל היותר שלוש נקודות מגוז (vanishing points).
9. אם במודל התאורה של Phong נשתמש ב-1 בתור אקספוננט ה-shininess התוצאה תהיה זהה למודל התאורה הדיפוזי/למברטי.
10. מבחן העומק של אלגוריתם ה-Z-buffer מתבצע ב-pipeline של OpenGL לאחר תהליך הרסטריזציה ולפני הכניסה ל-fragment shader.
11. מיון עומק לצורך הסרת משטחים נסתרים מובטח להתקיים אם הסצינה מורכבת מפוליגונים קמורים שאינם נחתכים.
12. נתון עץ BSP שנבנה עבור סצינה כלשהי. אם רוצים להוסיף אובייקט חדש לסצינה יש לבנות את העץ מחדש.
13. כל אחד מתאי ה-Cones בעין האנושית רגיש לאורך גל בודד בתחום הנראה.
14. למרות שקואורדינטות טקסטורה משתנות מפיקסל לפיקסל, ישנם מקרים שבהם לא חייבים לחשב אותן ב-fragment shader.

15. הפעלת bump mapping על משטח אינה משנה את קבוצת הפיקסלים אשר המשטח מכסה על המסך.
16. חישוב נקודה על גבי עקום Bezier באמצעות אלגוריתם de Casteljau מצריך שישה חישובים של אינטרפולציה ליניארית.
17. עקום Bezier המוגדר ע"י שש נקודות בקרה, יכול לחתוך קרן לכל היותר חמש פעמים.
18. חישוב נקודת החיתוך בין קרן למשטח כלשהו המיוצג ע"י פונקציה סתומה ניתן לביצוע ע"י פתרון משוואה בודדת בנעלם אחד.
19. שימוש ב-environment map יכול לייצר על גבי אובייקט ספקולרי השתקפות מראה הזהה לזו שנקבל באמצעות ray tracing (אם נגביל את הרקורסיה לעומק 1).
20. באמצעות הפעלת ray tracer על סצינה שעבורה חושב כבר פתרון radiosity אפשר להגיע לסימולציה של מסלולי אור LDSE.

## חלק ב' (60 נקודות)

ענו על שתיים מתוך שלוש השאלות הבאות (לא תבדקנה תשובות ליותר משתי שאלות). יינתנו נקודות גם על תשובות חלקיות (רלוונטיות!), לכן יש להסביר ולנמק את דרך החשיבה.

- I. עקומות ומשטחים (30 נקודות)
  - א. כיצד עובד המנגנון של עקומי חלוקה (subdivision curves)? יש להסביר את השלבים השונים של המנגנון המשותפים לסכימות החלוקה השונות ולהצביע על המקומות שבהן ישנם הבדלים בין הסכימות. בפרט, מהם ההבדלים בין סכימה איטרפולטיבית (interpolating) לבין סכימה מקרבת (approximating)?
  - ב. נתון פוליגון הבקרה המופיע בשרטוט. שרטטו כיצד ייראה הפוליגון לאחר הפעלת שלב חלוקה אחד באמצעות הסכימה המקרבת המוגדרת ע"י המשקולות  $[r_{-1}, r_0, r_1] = [\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}]$ . מהי נקודת הגבול שאליה תתכנס נקודת הבקרה b? נמקו.



- ג. עבור סכימת החלוקה הנ"ל ידוע כי הוקטור העצמי השמאלי שהערך העצמי שלו הוא 1 הוא:  $[1/6, 4/6, 1/6]$ . בהנתן האינפורמציה הזו, רשמו ביטוי עבור נקודת הגבול שאליה תתכנס נקודת הבקרה a.
- ד. נתון עקום Bezier המוגדר על ידי שלוש נקודות בקרה. רוצים לייצג את אותו העקום (מבחינה גיאומטרית) באמצעות ארבע נקודות בקרה. תארו (באמצעות נוסחה או אלגוריתם) כיצד ניתן לקבוע את ארבעת נקודות הבקרה של העקום החדש.

## II. מודלי תאורה (30 נקודות)

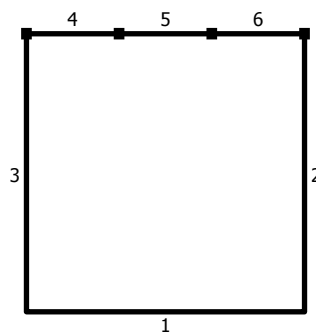
בדיאגרמה הבאה מסומנים משטח מישורי, מקור אור נקודתי (בכוכב), ומיקום הצופה:



- א. בהנחה שהמשטח הינו דיפוזי, היכן ע"ג המשטח תהיה עוצמת האור המוחזר לעבר הצופה מקסימלית?
- ב. בהנחה שלמשטח מרכיב ספקולרי המחזיר אור לפי מודל התאורה של Phong, היכן ע"ג המשטח תהיה עוצמת המרכיב הספקולרי המוחזר לעבר הצופה מקסימלית?
- ג. תמרורים בכביש מצופים בחומר רטרו-רפלקטיבי, כלומר חומר המחזיר את מרבית האור הפוגעת בו לאותו הכיוון שממנו הגיע האור אל המשטח. יחד עם זאת, כמות האור המוחזרת פוחתת ככל שהזווית בין כיוון האור לבין הנורמל גדלה. הציעו מודל תאורה (בהשראת מודל התאורה של Phong) שמתאים לתאר משטחים כאלה.
- ד. הסבירו את ההבדלים בין Gouraud shading לבין Phong shading, הן מבחינה עקרונית והן מבחינת היכן יש לבצע את החישובים השונים בכל אחת משתי השיטות הנ"ל.

## III. תאורה גלובלית (30 נקודות)

- א. הסבר מהו ה-form factor בשיטת Radiosity (אין צורך לרשום את הנוסחה המתמטית).
- ב. מהן התכונות של ה-form factors?
- ג. נתונה הסצינה המופיעה בשרטוט (ריבוע שאחת הצלעות שלו מחולקת לשלושה חלקים שווים). כל מספר מציין אלמנט. נתונים ערכי ה-form factors הבאים:  $F_{3,4} = 0.1$ ,  $F_{3,5} = 0.12$ ,  $F_{3,6} = 0.08$ . חשב (אין צורך בביצוע אינטגרלים!) את ערכי ה-Form factors הבאים:  $F_{4,6}, F_{4,3}, F_{3,1}, F_{3,2}$ .



- ד. בהנחה כי מקור האור היחיד הינו אלמנט מספר 5, שפליטתו  $E_5$ , ושמקדם ההחזרה של כל משטח הוא  $\rho_i$ , רשום את הביטוי (עם מקדמים מספריים עד כמה שאפשר) עבור  $B_3$ , ערך ה-Radiosity של אלמנט מספר 3.

(המשך השאלה מעברו השני של הדף)

ה. אילו חישובים יהיה צורך לבצע מחדש ע"מ לעדכן את הפתרון במקרים הבאים:

i. הזזת נקודת המבט

ii. שינוי במקדם ההחזרה של אחד המשטחים

iii. הוספת אובייקט נוסף בתוך הסצינה

**ב ה צ ל ח !**