

האוניברסיטה העברית בירושלים  
ביה"ס להנדסה ומדעי המחשב

מבחן בגרפיקה ממוחשבת

קורס מס' 67609

תאריך: 25.2.2009  
זמן: 2.5 שעות

מועד א' 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. הטלה מקבילה בשלושה מימדים הינה טרנספורמציה ליניארית על מרחב וקטורי תלת-מימדי.
2. ניתן לחשב את הזווית בין שני מישורים באמצעות מכפלה סקלרית בודדת.
3. המקדם הרביעי  $D$  של משוואת המישור ( $Ax + By + Cz + D = 0$ ) מתאר את המרחק בין המישור לבין ראשית הצירים.
4. טרנספורמצית הפרספקטיבה ניתנת לביצוע באמצעות טרנספורמציה ליניארית במרחב הפרוייקטיבי  $P^3$ .
5. חישוב נקודת החיתוך בין קרן למישור מחייב לפתור מערכת ליניארית בשלושה נעלמים.
6. ניתן לומר שאלגוריתם המבוסס על עצי BSP להסרת משטחים נסתרים הוא אלגוריתם Object-precision.
7. שני ספקטרומים הינם מטאמרים (metamers) אם שניהם מעוררים בדיוק את אותן התגובות בתאים הרגישים לאור ברשתית.
8. בין מרחב ה-CIE XYZ לבין מרחב ה-CMYK ישנה טרנספורמציה ליניארית.
9. קואורדינטות ה-CIE XYZ של ספקטרום אחיד (עוצמה קבועה בכל אורכי הגל) יקיימו את השוויון  $X=Y=Z$ .
10. ככל שנשתמש ביותר סוגים שונים של דיו צבעוני במדפסת צבע, נקבל גאמוט גדול יותר עבור אותה המדפסת.

11. הנקודה הלבנה (white point) בגאמוט של מדפסת נתונה ע"י קואורדינטות ה-chromaticity של הנייר.
12. חישוב וקטור נורמל למשטח Bezier ניתן לביצוע באמצעות שני חישובים של וקטור משיק וחישוב מכפלה וקטורית.
13. ישר לא יחתוך עקום Bezier אלא אם כן הוא חותך את הקמור של נקודות הבקרה שלו לפחות בשתי נקודות.
14. ייצוג CSG מייצג באופן מפורש הן את אוסף הנקודות המוכל בתוך המוצק והן את השפה של המוצק.
15. ניתן לשנות את אלגוריתם ה-Ray tracing על מנת לייצר תמונות המתאימות להטלה מקבילה.
16. אלגוריתם ה-Progressive Radiosity מחשב את ה-Form-Factor לכל היותר פעם אחת עבור כל זוג משטחים.
17. במודל התאורה של Phong, עוצמת מרכיב ה-highlight תלויה במיקום הצופה.
18. ב-vertex shader יש לקבוע לכל הפחות את המיקום ואת הנורמל של הקודקוד.
19. משתנים המוגדרים כ-varying ב-vertex shader עוברים באופן אוטומטי אינטרפולציה במעבר ל-fragment shader.
20. מבחן העומק של אלגוריתם ה-Z-buffer מתבצע ב-pipeline של OpenGL לאחר תהליך הרסטריזציה ולפני הכניסה ל-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. טרנספורמציות (20 נקודות)

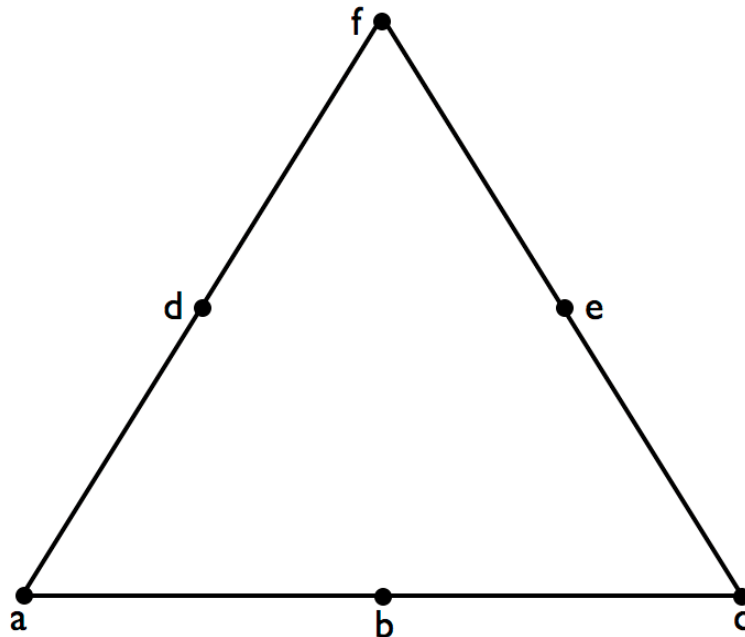
- א. הגדר מהי טרנספורמציה צפידה, ומהי טרנספורמציה אפינית.
- ב. האם סדר הטרנספורמציות (ב-3D) בסדרות הבאות חשוב? נמקו בקצרה.
  - (1) סבוב כלשהו וסילום אחיד (בפקטור זהה עבור שלושת הצירים).
  - (2) שני סבובים סביב אותו ציר.
  - (3) הזזה וסיבוב.
- ג. נתונה מטריצה  $R$  (3X3) וידוע כי  $R$  הינה מטריצת סיבוב סביב ציר כלשהו ב-3D. כיצד ניתן למצוא את ציר הסיבוב?

## II. מודלי תאורה Lighting and Shading (20 נקודות)

- א. הסבר את ההבדלים בין Gouraud shading לבין Phong shading.
- ב. תאר כיצד ההנחות המפשטות הבאות יכולות לגרום לחיסכון בחישובי Phong Shading:
- מקור אור כיווני (באינסוף) לעומת מקור אור נקודתי בתוך הסצינה.
  - צופה באינסוף (הטלה מקבילה) לעומת מרכז הטלה בתוך הסצינה.
  - צופה ומקור אור הנמצאים באותה נקודה.
- ג. ניתן לבצע Phong shading ב-OpenGL באמצעות GLSL. פרטו (במילים) אילו חישובים יתבצעו ב-vertex shader (ומה המשתנים שצריכים להיות זמינים לשם כך), ואילו חישובים יתבצעו ב-fragment shader.

## III. עקומות ומשטחים (20 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.
- ב. מהו ההבדל העקרוני בין סכימות מקרבות (approximating) לבין סכימות אינטרפולטוריות (interpolating)? מהו ההבדל במנגנון החישוב בין שני סוגי הסכימות הנ"ל?
- ג. נתון פוליגון הבקרה המופיע בשרטוט. שרטטו כיצד ייראה הפוליגון לאחר הפעלת שלב חלוקה אחד באמצעות הסכימה המקרבת המוגדרת ע"י המשוואות  $[r_{-1}, r_0, r_1] = [\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}]$ . מהי נקודת הגבול שאליה תתכנס נקודת הבקרה b? נמקו.



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

א. מהם ההנחות לגבי הסצינה בשיטת ה-Radiosity? רשום והסבר את משוואת ה-Radiosity עבור האלמנט ה- $i$  בסצינה (אין צורך לרשום את הנוסחה של ה-Form-Factor).

ב. נתונה הסצינה הבאה: חדר שעל קירותיו טקסטורה כלשהי, ובתוך החדר שני כדורים, האחד עשוי כרום מלוטש (מראה אידיאלית) והשני עשוי זכוכית. מהו עומק הרקורסיה הנדרש באלגוריתם ה-Ray Tracing על מנת שיהיה ניתן לראות בתמונה המתקבלת את ההשתקפות של הטקסטורה בכדור הכרום? מהו העומק הנדרש כאשר כדור הזכוכית נמצא בין הצופה לבין הכדור?

ג. נתון אליפסואיד המתקבל מכדור היחידה באמצעות scaling לא אחיד והזזה כלשהי. רשמו אלגוריתם המחשב נקודת חיתוך בין קרן לבין האליפסואיד הנ"ל, וכן את הנורמל בנקודת החיתוך.

**ב ה צ ל ח !**