

מרצה: פרופ' מירלה בן חן  
מתרגל: עומרי אזנקוט

## מבחן סיום

שם: \_\_\_\_\_

מס' סטודנט: \_\_\_\_\_

הנחיות:

- בבחינה שלפניכם 4 דפים כולל דף זה. בדקו זאת.
- עליכם לענות על כל 4 השאלות.
- מומלץ לקרוא ראשית כל שאלה עד סופה, ורק אח"כ לענות.
- כתבו בקצרה. כל המאריך גורע!
- משך הבחינה: 180 דקות.
- יש לכתוב את כל התשובות במקום המתאים בטופס הבחינה ולהגיש טופס זה.
- יש להקפיד על כתיבה ברורה ומסודרת של התשובות.
- אם הנכם מוצאים צורך להניח הנחות כלשהן, ציינו אותן במפורש ונמקו.
- מותר השימוש בכל חומר עזר כתוב או מודפס (לא אלקטרוני).

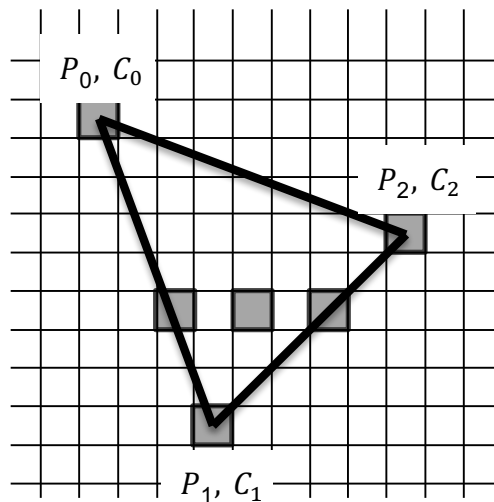
**בהצלחה !**

שאלה	נקודות	
1	25	
2	25	
3	25	
4	25	
סה"כ	100	

## שאלה 1 – הצללה (25 נק')

א. (5 נק') נתונה תוכנה שמרנדרת פוליגון בודד למסך, באחת מהשיטות Flat, Gouraud, Phong. אילו פרמטרים צריכה התוכנה לקבל כקלט? איך תוכלו לדעת באיזו מהשיטות משתמשת התוכנה? תנו דוגמא ספציפית לקלט/ים ופלט/ים תואמים שיאפשרו לכם להבחין בין מודלי ההצללה השונים.

ב. (10 נק') שיטת ההצללה של Gouraud שנלמדה בכיתה ניתנת לתיאור באופן הבא: בהינתן הצבעים  $C_0, C_1, C_2$  בקודקודים  $P_0, P_1, P_2$  בהתאמה, הצבע של פיקסל על הצלעות נקבע ע"י אינטרפולציה לינארית של הצבעים בקודקודים המתאימים, והצבע בפיקסל פנימי נקבע ע"י אינטרפולציה לינארית לאורך ה scan line של הצבעים על הצלעות החותכות את ה scan line:



במודל זה, האם צבעו של פיקסל פנימי יכול להשתנות כתוצאה מסיבוב של המשולש במישור התמונה? הניחו שהמשולש מספיק גדול, כך שניתן להזניח שגיאות הנובעות מ truncation למספר שלם. אם הצבע יכול להשתנות הראו דוגמא מפורטת, אם לא הסבירו במדויק מדוע לא.

ג. (10 נק') המודל מסעיף ב' תקף גם לפוליגונים מרובעים: הצבע על הצלע נקבע ע"י אינטרפולציה לינארית על הצלע, והצבע בפיקסל פנימי ע"י אינטרפולציה לינארית על ה scan line. האם במקרה זה צבעו של פיקסל פנימי יכול להשתנות כתוצאה מסיבוב של המרובע במישור התמונה? אם כן, הראו דוגמא מפורטת, אם לא הסבירו במדויק מדוע לא.

## שאלה 2 – אנימציה (25 נק')

א. (4 נק') נתונה אוריינטציה בתלת מימד המיוצגת ע"י שלוש זוויות אוילר:  $\theta_x = \frac{\pi}{3}, \theta_y = \frac{\pi}{2}, \theta_z = \frac{\pi}{6}$ . כאשר מטריצת הסיבוב התואמת היא  $R(\theta_z, \theta_y, \theta_x) = R_z(\theta_z)R_y(\theta_y)R_x(\theta_x)$ . האם קיימות שלוש זוויות אחרות,  $\beta_x, \beta_y, \beta_z$  המייצגות את אותה אוריינטציה? אם כן, תנו דוגמא, אם לא הסבירו מדוע לא ניתן למצוא כאלה.

ב. (5 נק') בזמן  $t = 0$  נתון ריבוע עם אורך צלע 1, שמרכזו בראשית הצירים. אנו רוצים לייצר אנימציה במישור, כך שבזמן  $t = 1$  מרכז הריבוע יהיה בנקודה (5,5). כתבו מטריצת טרנספורמציה  $T(t)$  (שאבריה תלויים ב  $t$ ), כך שהפעלתה על הריבוע תייצר אנימציה חלקה שלו בין שני ה key frames הללו.

ג. (8 נק') חזרו על סעיף ב', עבור המקרה בו ב  $t = 1$  מרכז הריבוע בנקודה (5,5), והוא מסובב ב  $\frac{\pi}{4}$  ביחס לציר x. על האנימציה להיות חלקה, ובפרט הצורה צריכה להישאר ריבוע בגודל 1 לכל זמן t.

ד. (8 נק') מה היה משתנה בתשובתכם לסעיף ג' אם היינו מוסיפים key frame נוסף ב  $t = \frac{1}{2}$ , בו על מרכז הריבוע להיות בנקודה (2,3)?

### שאלה 3 – טרנספורמציות (25 נק')

תהי  $T: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  טרנספורמציה אפינית כלשהי, כלומר טרנספורמציה מהצורה  $x \mapsto Ax + b$ , כאשר  $A$  זו טרנספורמציה לינארית ו- $b$  הוא וקטור. זכרו כי בהינתן זוג נקודות  $p, q$ , ניתן לייצג את הישר המכיל את שתיהן באמצעות הביטוי  $(1-t)p + tq, t \in \mathbb{R}$ .

א. (4 נק') הראו ש- $T$  משמרת יחסי מרחקים לאורך קו ישר, כלומר בהינתן נקודות  $x_1, x_2, x_3, x_4$

$$\frac{\|x_4 - x_3\|}{\|x_2 - x_1\|} = \frac{\|T(x_4) - T(x_3)\|}{\|T(x_2) - T(x_1)\|} \text{ כי הראו, ש-} T \text{ משמרת זוויות? אם כן הוכיחו, אחרת, תנו דוגמא נגדית.}$$

ב. (7 נק') האם  $T$  משמרת זוויות? אם כן הוכיחו, אחרת, תנו דוגמא נגדית.

ג. (7 נק') באילו מקרים  $T$  הפיכה? נמקו ורשמו ביטוי להופכי  $T^{-1}$ .

ד. (7 נק') האם  $T$  משמרת קוים מקבילים? אם כן הוכיחו, אחרת תנו דוגמא נגדית.

### שאלה 4 – Clipping (25 נק')

א. (10 נק') מהו המספר המקסימלי האפשרי של קודקודים המתקבל כתוצאה מחיתוך (clipping) בין משולש לריבוע? נמקו.

ב. (10 נק') בהינתן פוליגון קמור  $P$  (convex) כללי, מהם המאפיינים של תוצאת החיתוך של  $P$  עם ריבוע? נמקו.

ג. (5 נק') בהינתן פוליגון קמור  $P$  עם  $n$  קודקודים, מהו המספר המקסימלי האפשרי של קודקודים המתקבל כתוצאה מחיתוך בין  $P$  לריבוע? נמקו.