

האוניברסיטה הפתוחה

20562

גרפיקה ממוחשבת
חוברת הקורס – אביב 2024ב

כתב: יצחק בייז

מרץ 2024 - סמסטר אביב – תשפ"ד

פנימי – לא להפצה.

© כל הזכויות שמורות לאוניברסיטה הפתוחה.

תוכן העניינים

1	אל הסטודנטים
3	1. לוח זמנים ופעילויות
5	2. תיאור המטלות
6	3. התנאים לקבלת נקודות זכות בקורס
7	ממ"ן 11
9	ממ"ן 12
11	ממ"ן 13
13	ממ"ן 14
15	ממ"ן 15
17	ממ"ן 16
19	ממ"ן 17

אל הסטודנטים,

אני מברך אתכם על הצטרפותכם לקורס "גרפיקה ממוחשבת" ומאחל לכם לימוד מהנה ומוצלח.

במהלך הסמסטר יהיה עליכם ללמוד כשישה עשר פרקים מספר הלימוד וממדריך הלמידה הכוללים חלקים תיאורטיים וחלקים יישומיים. יידרש מכם מאמץ ניכר כדי לעמוד בעומס ובלוח הזמנים של הקורס. חשוב להקפיד על לימוד החומר והגשת המטלות בקצב הנדרש, כדי להבטיח סיום מוצלח של הקורס.

בחוברת תמצאו את לוח הזמנים של הקורס, המטלות ותנאים לקבלת נקודות זכות בקורס.

לקורס קיים אתר באינטרנט בו תמצאו חומרי למידה נוספים.
בנוסף, האתר מהווה עבורכם ערוץ תקשורת עם צוות ההוראה ועם סטודנטים אחרים בקורס.
פרטים על למידה מתוקשבת ואתר הקורס, תמצאו באתר שה"ס בכתובת:

<http://www.openu.ac.il/shoham>

מידע על שירותי ספרייה ומקורות מידע שהאוניברסיטה מעמידה לרשותכם, תמצאו באתר הספרייה
באינטרנט www.openu.ac.il/Library

צוות הקורס מעוניין לעזור לכם בלימודיכם. לכן, אם מתעוררת בעיה הקשורה בקורס במהלך הלימוד, אל תהססו להתקשר למנחה שלכם בשעת ההנחיה הטלפונית. הפרטים נמצאים בשאלתא ובאתר.

לתשומת לב הסטודנטים הלומדים בחו"ל:

למרות הריחוק הפיסי הגדול, נשתדל לשמור אתכם על קשרים הדוקים ולעמוד לרשותכם ככל האפשר.

הפרטים החיוניים על הקורס נכללים בחוברת הקורס וכן באתר הקורס.
מומלץ מאד להשתמש באתר הקורס ובכל אמצעי העזר שבו וכמובן לפנות אלינו במידת הצורך.

אני מאחל לכם לימוד פורה ומהנה.

בברכה,

יצחק בייז
מרכז ההוראה

1. לוח זמנים ופעילויות (20562 / 2024)

שבוע לימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח ממ"ן (למנחה)
1	22.03.2024-17.03.2024 (ה תענית אסתר)	פרקים 1,2		
2	29.03.2024-24.03.2024 (א פורים)	פרק 3	מפגש 1	
3	05.04.2024-31.03.2024	פרק 4		ממ"ן 11 3.4.24
4	12.04.2024-07.04.2024	פרק 5	מפגש 2	
5	19.04.2024-14.04.2024	פרק 6		
6	26.04.2024-21.04.2024 (ב-ו פסח)	חג שמח		
7	03.05.2024-28.04.2024 (א-ב פסח)	פרק 7	מפגש 3	ממ"ן 12 30.4.24
8	10.05.2024-05.05.2024 (ב יום הזכרון לשואה)	פרק 8		
9	17.05.2024-12.05.2024 (ב יום הזיכרון, ג יום העצמאות)	פרק 9	מפגש 4	ממ"ן 13 17.5.24

* התאריכים המדויקים של המפגשים הקבוצתיים מופיעים ב"לוח מפגשים ומנחים".

לוח זמנים ופעילויות - המשך

שבוע הלימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח הממ"ן (למנחה)
10	24.05.2024-19.05.2024	פרק 10	מפגש 5	
11	31.05.2024-26.05.2024 (א ל"ג בעומר)	פרק 13		ממ"ן 14 28.5.24
12	07.06.2024-02.06.2024	פרק 16	מפגש 6	
13	14.06.2024-09.06.2024 (ד שבועות)	פרק 17		ממ"ן 15 11.6.24
14	21.06.2024-16.06.2024	פרקים 18,21	מפגש 7	ממ"ן 16 25.6.24
				ממ"ן 17 13.8.24

מועדי בחינות הגמר יפורסמו בנפרד

* התאריכים המדויקים של המפגשים הקבוצתיים מופיעים ב"לוח מפגשים ומנחים".

2. תיאור המטלות

קראו היטב עמודים אלה לפני שתתחילו לענות על השאלות.

בקורס שש מטלות מנחה שעליכם להגיש מתוכן שתיים במהלך הסמסטר, ופרויקט שעליכם להגיש מאוחר יותר, בהתאם ללוח הזמנים. פתרון המטלות הוא חלק בלתי נפרד בלימוד הקורס, שכן הבנה מעמיקה של חומר הלימוד דורשת תרגול רב. עליכם לשלוח את הממ"נים הפתורים ואת הפרויקט למנחה שלכם. המטלות ייבדקו על-ידי המנחה ויוחזרו לכם בצירוף הערות המתייחסות לתשובות. כל מטלה מורכבת מכמה שאלות. בראש כל שאלה מצוין משקלה היחסי בקביעת ציון המטלה. אם יש שאלות בממ"ן שאינן ברורות לכם, אתם מוזמנים להתקשר בשעות ההנחייה הטלפונית, או לשאול באתר.

שימו לב!

במסגרת הממ"נים שבקורס יהיה עליכם, בין השאר, לכתוב תוכניות מחשב ולהריצן. עליכם לתעד היטב אותן היטב, להסביר משתנים, שגרות, מבני נתונים וחישובים. עליכם לצרף למטלות אלה קובץ, כדי שהמנחה יוכל להריץ ולבדוק.

להלן פירוט המטלות והפרקים המתאימים מספר הלימוד וממדריך הלמידה שאליהם מתייחסת כל מטלה.

פירוט המטלות:

- ממ"ן 11 - פרקים 1, 2 ו-3
- ממ"ן 12 - פרקים 4, 5 ו-6
- ממ"ן 13 – פרקים 7 ו-8
- ממ"ן 14 - פרקים 9 ו-10
- ממ"ן 15 - פרקים 13 ו-16
- ממ"ן 16 – פרקים 17, 18 ו-21
- ממ"ן 17 (פרויקט)

משקל המטלות

- ממ"ן 11 – ממ"ן 16 5 נקודות לכל מטלה.
- ממ"ן 17 (פרויקט) - 21 נקודות

חובה להגיש לפחות שתי מטלות מבין מטלות 11-16 וכן את מטלה 17. מומלץ מאוד להגיש את כל המטלות. ניתן להגיש את המטלות בזוגות.

ללא צבירת 2 מטלות מבין מטלות 11-16 ופרויקט לא ניתן יהיה לקבל ציון סופי בקורס.

לתשומת לבכם!

כדי לעודדכם להגיש לבדיקה מספר רב של מטלות הנהגנו את ההקלה שלהלן:

אם הגשתם מטלות מעל למשקל המינימלי הנדרש בקורס, **המטלות** בציון הנמוך ביותר, שציוניהן נמוכים מציון הבחינה (**עד שתי מטלות**), לא יילקחו בחשבון בעת שקלול הציון הסופי.

זאת בתנאי שמטלות אלה **אינן חלק מדרישות החובה בקורס** ושהמשקל הצבור של המטלות האחרות שהוגשו, מגיע למינימום הנדרש.

זכרו! ציון סופי מחושב רק לסטודנטים שעברו את בחינת הגמר בציון 60 ומעלה והגישו מטלות כנדרש באותו קורס.

3. התנאים לקבלת נקודות זכות בקורס

- כדי לקבל נקודות זכות עליכם לעמוד בדרישות הבאות:
- א. להגיש שתי מטלות מבין מטלות 11-16 ואת מטלת הפרויקט (17).
 - ב. לקבל ציון 60 לפחות בבחינת הגמר.
 - ג. לקבל 60 לפחות בציון הסופי של הקורס.

מטלת מנחה (ממ"ן) 11

הקורס: גרפיקה ממוחשבת

חומר הלימוד למטלה: פרקים 1, 2, 3

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 3.4.24

סמסטר: 2024

את המטלות יש להגיש באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
ניתן להגיש בזוגות

שאלה 1 (20%)

- א. צפו בדקה הראשונה של הסרטון הבא (אפשר גם יותר...):
<https://www.youtube.com/watch?v=foHUXGzHOx0>
כתבו מה ההבדל הויזואלי בין "20 fps" ל-"60 fps" וממה לדעתכם הוא נובע.
- ב. צפו בסרטון <https://www.youtube.com/watch?v=qTPKGVrFtQU> וכתבו בקצרה מה התחדש לכם.
- ג. הסבירו את ההבדל בין OpenGL ובין מערכת המתוכננת ליישום ספציפי, כגון AutoCAD, Maya, Blender או אחר לבחירתכם.

שאלה 2 (20%)

- א. הזיכרון בחוצץ התמונה צריך להיות מספיק מהיר, כך שיתאפשר רענון של התצוגה בקצב מהיר מספיק כך שימנע ההבהוב על המרקע. התצוגה בתחנת עבודה טיפוסית עשויה להיות בעלת רזולוציה של 1280×1024 פיקסלים. אם קצב הרענון הוא 72 פעם בשנייה, עד כמה צריך הזיכרון להיות מהיר? כלומר, כמה זמן נדרש לקריאה של פיקסל אחד מהזיכרון?
- ב. רוצים לשנות גודל של תמונה 1024×768 לתמונה שרוחבה 640 פיקסלים עם אותו aspect ratio. מה יהיה גובהה של התמונה החדשה?
- ג. לעיתים מתייחסים לפינה השמאלית העליונה של תמונה כראשית של מערכת צירים של פיקסלים. כיצד ממירים את הקואורדינטות של פיקסל ב- (x, y) במערכת צירים זו לקואורדינטות (x', y') במערכת צירים שראשיתה בפינה השמאלית התחתונה?

שאלה 3 (20%)

- א. רשמו את הפקודות הדרושות להצגת חלון תצוגה של OpenGL, שהפינה הימנית התחתונה שלו ממוקמת ב-(230,210), כשרוחב החלון הוא 120 פיקסלים וגובהו 80 פיקסלים.
- ב. רוצים לתכנן מערכת סריקה RBG במסך 32 אינץ' (כלומר שאלכסונו הוא 32 אינץ') ברזולוציה 2160×4096 . אם רוצים לאחסן 8 סיביות לפיקסל בחוצץ התמונה, כמה זיכרון (בבתים) נחוץ בחוצץ התמונה? כנ"ל עבור 32 סיביות לפיקסל.
- ג. כמה זמן נחוץ לשם טעינת חוצץ תמונה של 24 סיביות לפיקסל עם רזולוציה של 1920×1080 , אם ניתן להעביר 10^6 סיביות לשנייה?

שאלה 4 (40%)

שאלה זו הינה תכנותית. מטרתה להכיר את המערכת הגרפית שלכם ואת יסודות התכנות הגרפי באמצעות חבילות התוכנה OpenGL ו-GLUT. עליכם לכתוב תוכנית המשתמשת במאפיינים של ספריות אלה ליצירת ציור לפי בחירתכם.

התכנית חייבת לעמוד בדרישות הבאות:

- א. ציירו חלון בגודל כלשהו (למשל 600×800) על המסך. תוכלו לבחור את המיקום, הצבע והכותרת של החלון.
- ב. ציירו סצנה, לפי בחירתכם, המורכבת מכמה עצמים גאומטריים בצורות שונות ובגווני שונים. תוכלו להשתמש בפקודות ציור בסיסיות של OpenGL וכן בפונקציות לציור של GLUT.
- שימו לב:** הסצנה שתציירו צריכה להיות בעלת משמעות ולא אוסף חסר משמעות של צורות גאומטריות.
- ג. בחלק הימני העליון של החלון, עליכם להציג את שמכם וכן כותרת לסצנה שלכם לפי בחירתכם. השתמשו בגופנים שונים, בגדלים וגווני שונים לטקסט. תוכלו להיעזר בפקודות GLUT מתאימות.
- ד. עליכם ליצור תיבה שתסומן "EXIT" בפינה הימנית התחתונה של החלון. הקשה ימנית בעכבר על תיבה זו צריכה לגרום לסגירת החלון וליציאה. הקשה כזאת על חלק אחר של החלון אמורה לא להשפיע.
- ה. שנו את ממדי החלון. הבטיחו שהעצמים באיור שלכם לא יתעוותו כאשר ממדי החלון משתנים. (למשל: ריבועים יישארו ריבועים, עיגולים יישארו עיגולים, וכו').

צורת ההגשה:

עליכם להגיש תכנית מקור, פרויקט, ספריית DEBUG, בתוכה הקובץ EXE. יש לארוז הכל ב-ZIP. **בנוסף** הוסיפו למסמך הוורד של הממ"ן שני צילומי מסך המראים את הסצנה שלכם (כמתואר בסעיפים א'-ד') ואת הסצנה לאחר שינוי ממדי החלון (סעיף ה').

מטלת מנחה (ממ"ן) 12

הקורס: גרפיקה ממוחשבת

חומר הלימוד למטלה: פרקים 4, 5, 6

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 30.4.24

סמסטר: 2024

את המטלות יש להגיש באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
ניתן להגיש בזוגות

שאלה 1

א. נתונים שני וקטורים: $u=(1,3)$, $v=(2,2)$. חשבו את הזווית שבין הוקטורים באמצעות מכפלה סקלרית.

ב. נתונים שני וקטורים: $u=(1,2)$, $v=(1,0)$. חשבו את הזווית שבין הוקטורים באמצעות מכפלה וקטורית.

ג. בהינתן מצולע ע"פ קואורדינטות הקודקודים שלו (רשימת קודקודים סמוכים) הסבירו כיצד ניתן לקבוע אם המצולע הוא קמור או לא. הדגימו זאת על הרשימה הבאה:
 $(3,4), (1,3), (3,2), (4,3)$

שאלה 2

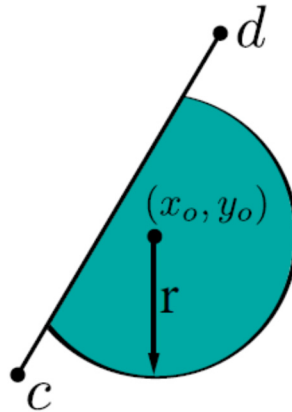
השתמשו בשיטת נקודת האמצע והיעזרו בתכונות סימטריה לפיתוח אלגוריתם יעיל להמרה לסריקה של פרבולה כשלהי מהצורה: $y = ax^2 + b$ עם ערכי קלט לפרמטרים a ו- b ולתחום של x .

שאלה 3

בהינתן שני קטעים PQ ו-RS (כאשר P,Q,R,S הן נקודות במישור), ממשו שגרה ב-OpenGL הקובעת אם שני קטעים אלה נחתכים. ציירו למסך את הקטעים, כל קטע בצבע שונה, ואם הם נחתכים אז צבעו את נקודת החיתוך בצבע שלישי.

שאלה 4

התייחסו לאיור:



- א. כתבו פסאודוקוד לרישיות (ריסטור / המרה לסריקה) של הקשת שבאיור, כאשר הקטע הישר התוחם את המעגל משמאל מוגדר על ידי הנקודות $c = (1,0)$ ו- $d = (2,2)$. מרכז המעגל ב- (x_0, y_0) והרדיוס שלו r .
- ב. כתבו פסאודוקוד לרישיות (ריסטור / המרה לסריקה) של גזרת העיגול (התחום המסומן) שבאיור.

מטלת מנחה (ממ"ן) 13

הקורס: גרפיקה ממוחשבת

חומר הלימוד למטלה: פרקים 7, 8

מספר השאלות: 4

משקל המטלה: 5 נקודות

סמסטר: 2024ב

מועד אחרון להגשה: 17.5.24

את המטלות יש להגיש באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
ניתן להגיש בזוגות

שאלה 1

א. נתונים שני מעגלים במישור שהמרכז שלהם הוא $C1$ ו- $C2$ והרדיוס הוא $R1$ ו- $R2$ בהתאמה.

כתבו נוסחה לבדיקה אם יש חפיפה בין שני המעגלים.

ב. נתונות שתי אליפסות במישור שהמרכז שלהן הוא $C1$ ו- $C2$ ואורכי הצירים שלהן הוא

$R1x, R1y$ ו- $R2x, R2y$ בהתאמה. כתבו נוסחה לבדיקה אם יש חפיפה בין שתי האליפסות.

הדרכה: יש דרך פשוטה המאפשרת שימוש בסעיף א'.

שאלה 2

כתבו תוכנית ב-OpenGL המציירת למסך מגן דוד במרכז חלון הצפייה בגודל מקסימלי האפשרי

ביחס לחלון. ששת המשולשים החיצוניים צריכים להיות צבועים בצבע אחד ופנים הצורה בצבע

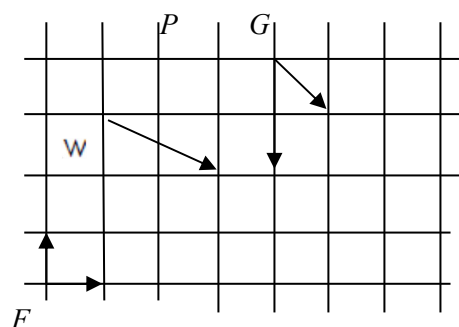
אחר.

יש לאפשר למשתמש לשנות את גודל המסך כרצונו אך זה חייב להישאר מגן דוד במרכז חלון

הצפייה בגודל מקסימלי האפשרי ביחס לחלון.

שאלה 3

התייחסו לשתי מערכות הקואורדינטות F ו- G שבאיור הבא. (קואורדינטות הומוגניות)



יהיו F_1 , הוקטור האופקי באיור, וקטור יחידה של המערכת F ו- F_2 , הוקטור האנכי באיור, וקטור יחידה של המערכת F .

יהיו G_1 , הוקטור האלכסוני באיור, וקטור יחידה של המערכת G ו- G_2 , הוקטור האנכי באיור, וקטור יחידה של המערכת G .

תהא הנקודה P הנקודה $(2,4,1)$ במערכת F . מה יהיו שיעורי P במערכת G ?

הא w וקטור שזנבו בנקודה $(1,3,1)$ וראשו בנקודה $(3,2,1)$ במערכת הצירים F .

א. בטאו את P ואת w בקואורדינטות הומוגניות ביחס למערכת הקואורדינטות G .

ב. כתבו מטריצה 3×3 המעתיקה נקודה, המיוצגת בקואורדינטות הומוגניות ביחס למערכת

G , לקואורדינטות ההומוגניות שלה ביחס למערכת F . (ניתן לבטא את התשובה כמטריצה הופכית של מטריצה).

שאלה 4

א. נתון חלון קיטום ששניים מקדקודיו הנגדיים הם: $(x_{min}, y_{min}) = (10, 10)$ ו-

$(x_{max}, y_{max}) = (20, 20)$. התייחסו לקטעים AB שקצותיהם נתונים בטבלה הבאה:

A	(0,0)	(12,16)	(5,15)	(18,15)
B	(12,14)	(0,0)	(15,8)	(12,11)

רוצים לקטום את הקטעים כנגד חלון הקיטום הנתון באמצעות אלגוריתם כהן-סד'רלנד. כתבו את סדרת הקיטומים לכל אחד מהקטעים. ציינו את הקואורדינטות ואת הקודים בכל שלב של הקיטום.

ב. נתון קו אנכי $x=b$ ושתי נקודות $P=(P_x, P_y)$, $Q=(Q_x, Q_y)$. מצאו קומבינציה אפינית של P ו- Q הנמצאת על הקו הנתון.

תזכורת: קומבינציה אפינית של 2 נק' (P ו- Q) היא מהצורה $aP + (1-a)Q$. זוהי בעצם ההצגה הפרמטרית של ישר כפי שראינו במספר מקרים, וספציפית גם באלג' של ליאנג-בארסקי.

מטלת מנחה (ממ"ן) 14

הקורס: גרפיקה ממוחשבת

חומר הלימוד למטלה: פרקים 9, 10

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 28.5.24

סמסטר: 2024

את המטלות יש להגיש באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
ניתן להגיש בזוגות

שאלה 1

א. האם סדרת ההעתקות האפיניות התלת-ממדיות הבאות חילופיות (קומוטטיביות)?
הוכיחו או הפריכו את תשובתכם.

(1) הזזה וסילום

(2) סיבוב סביב ציר Y וסיבוב סביב ציר X

ב. כתבו סדרת פקודות ב-OpenGL הנחוצות לסיבוב סצנה ב-45 מעלות סביב ציר ה- y כאשר הנקודה $(3, -1, 1)$ היא נקודת שבת (נקודה קבועה).

ג. כתבו סדרת פקודות ב-OpenGL הנחוצות לסילום סצנה בפקטור של 3 בכוון ציר ה- y כאשר הנקודה $(3, -1, 1)$ היא נקודת שבת (נקודה קבועה).

שאלה 2

א. (1) כתבו מטריצה R מסדר 3×3 המסובבת נקודה בזווית ϕ סביב ציר x , אחר כך בזווית θ סביב ציר y , ולבסוף בזווית ψ סביב ציר z .

(2) מצאו את המטריצה R^{-1} .

ג. נתונה הנק' התלת מימדית $P=(2,4,1)$ והוקטור $V=(-2,1,4)$. נגדיר את $Q(t)=P+Vt$ עבור t ממשי כלשהו.

a. מה מייצג Q ומה זה $Q(1)$?

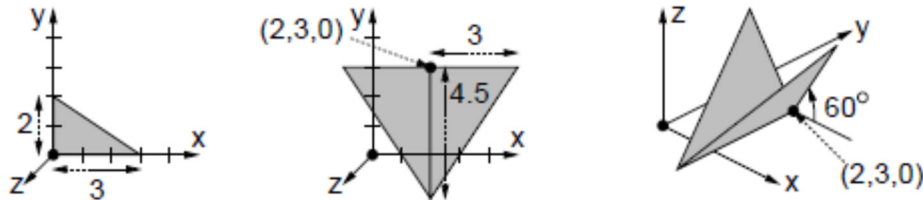
b. מצאו t כך ש- $Q(t)$ נמצא על המישור XY .

c. שקפו את Q ביחס למישור XY .

d. נתונה הנק' $U=(2,2,5)$. מצאו את הנק' על Q שהכי קרובה אליה.

שאלה 3

- כתבו תוכנית ב-OpenGL בשם drawPaperPlane המציירת למסך מטוס מנייר. לשם פשטות ה"מטוס" יהיה מורכב משני משולשים מחוברים. בצעו זאת לפי השלבים הבאים:
- א. כתבו שגרה בשם drawWing המציירת כנף למסך. ה"כנף" היא בעצם משולש במישור $z=0$ שקודקודיו הם $(0,0)$, $(0,3)$, $(2,0)$ עם מילוי אפור כלשהו (ראו את האיור השמאלי להלן).
- ב. כתבו שגרה בשם draw2Wings המציירת שתי כנפיים למסך. ה"כנפיים" הן בעצם חיבור של שני משולשים. השתמשו בשגרה מסעיף א' וכן בטרנספורמציות של OpenGL כדי לצייר שני משולשים במישור $z=0$ לפי האיור האמצעי שלהלן.
- ג. כתבו שגרה בשם drawPaperPlane המציירת למסך מטוס מנייר. ההבדל מסעיף א' הוא רק הזווית שבין הכנפיים. נסו להתאים את סעיף ב' ע"י שימוש ב- `glPush/PopMatrix`.



איור לשאלה 3 – משמאל לימין סעיפים א'-ג'.

בכל הסעיפים קבעו את מיקום המצלמה כך שהתוצאה תראה במסך.

שאלה 4

- א. דרך פשוטה לצלימה של צל הנוצר על-ידי עצם על מישור הקרקע היא לצייר גרסה של היטל של העצם על מישור זה ולצבוע אותו בצבע כהה. אם הכיוון של מקור האור נתון על ידי וקטור L , חשבו את הקואורדינטות (x', y', z') של קדקוד P' , שהוא ההיטל של הקדקוד P שהקואורדינטות שלו (x, y, z) על המישור. הניחו שההטלה היא על המישור xz .
- נתונה קובייה שפאותיה מקבילות למישורי הקואורדינטות. נניח ששניים מקדקודיה הנגדיים ממוקמים בנקודות $(0,0,0)$, $(10,10,10)$. רוצים לקטום את הקטע שקצותיו בנקודות $(5,5,5)$ ו- $(12,15,13)$. תארו את פעולתו של האלגוריתם של כהן-סדרלנד בקיטום זה. מהם קצות הקטע הקטום?

מטלת מנחה (ממ"ן) 15

הקורס: גרפיקה ממוחשבת

חומר הלימוד למטלה: פרקים 13, 16

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 11.6.24

סמסטר: 2024ב

את המטלות יש להגיש באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
ניתן להגיש בזוגות

שאלה 1

א. נתון המשטח הגיאומטרי הבא: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$, כאשר a, b, c קבועים שונים מאפס.

חשבו את הנורמל למשטח.

ב. נתון היפרבולואיד (משטח גיאומטרי הנוצר ע"י סיבוב היפרבולה) בייצוג הפרמטרי:

$$(\sinh(u) * \cosh(v), \sinh(v), \cosh(u)\cosh(v))$$

חשבו את הנורמל למשטח.

(שימו לב שהפונקציות ההיפרבוליות \sinh ו- \cosh הן נגזרות אחת של השנייה).

שאלה 2

א. נתונות שלוש נקודות במרחב התלת-ממדי:

$$P(1,2,0), Q(3,6,20), R(2,4,6)$$

ונקודת מבט: $C(0,0,-10)$.

קבעו אילו מבין הנקודות P, Q ו- R יצוירו על המסך כאשר מביטים

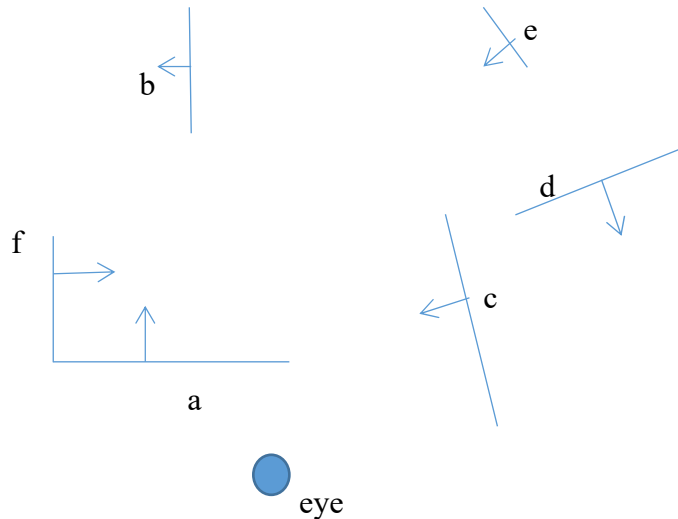
בהן מהנקודה C .

ב. האם ניתן להשתמש באלגוריתם z-buffer כאשר הסצנה מכילה משטחים שקופים?

ג. האם ניתן להשתמש באלגוריתם הצייר (Painter) כאשר הסצנה מכילה משטחים שקופים?

שאלה 3

באיור הבא רואים מבט מלמעלה למטה של סצנה 2D, המורכבת מקטעים וכן נורמלים חיצוניים המסומנים בחיצים. מיקום העין מסומן בעיגול.



- בנו עץ BSP עבור הסצנה שלעיל. השתמשו בסדר אלפביתי. השתמשו בהסכם שהתת-עץ הימני ממוקם בצד שהנורמל מצביע עליו.
- תארו את סדר החציה של עץ ה-BSP במהלך הצלימה הינתן מיקום העין.

שאלה 4

- כתבו תוכנית ליצירת אנימציה של פיאון קמור. על העצם להסתובב באופן אינקרמנטלי סביב ציר העובר דרכו ומקביל למישור הצפייה. הניחו שהעצם מונח כולו לפני מישור הצפייה. השתמשו בהטלה אורתוגרפית למיפוי המראות הנצפים על מישור הצפייה בזה אחר זה.
- שנו את התוכנית מסעיף א' כך שיתאפשר למשתמש לעבור בין הטלה אורתוגרפית לבין הטלה פרספקטיבית באמצעות קלט מקלדת.

מטלת מנחה (ממ"ן) 16

הקורס: גרפיקה ממוחשבת

חומר הלימוד למטלה: פרקים 17, 18, 21

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 25.6.24

סמסטר: 2024

את המטלות יש להגיש באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
ניתן להגיש בזוגות

שאלה 1

$$I = I_{amb} + I_{dif} + I_{spec}$$

במודל התאורה של פונג קיבלנו את הנוסחה:

$$= k_a I_a + k_d I_l (\max(0, \mathbf{N} \cdot \mathbf{L})) + k_s I_l (\max(0, \mathbf{N} \cdot \mathbf{H}))^{n_s}$$

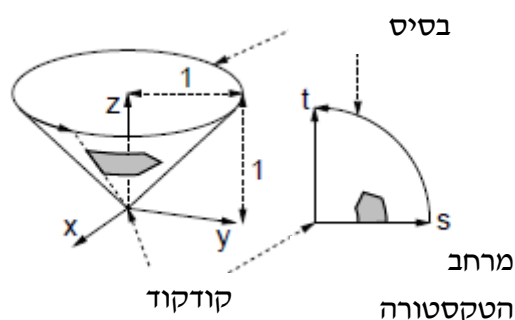
- א. הסבירו את כל אחד ממרכיבי הנוסחה.
- ב. מדוע נדרשים ביטויי ה-max בנוסחה?
- ג. מה ההשפעה הויזואלית של הגדלת n_s ?
- ד. מה ההבדל בין מודל התאורה של פונג לבין שיטת הצלימה של פונג?
- ה. מה ההבדל בין שיטת הצלימה של פונג לזו של גורו? באיזו מהן משתמש OpenGL?
- ו. התייחסו למשולש במישור התמונה. נניח שערכי העוצמה של האור $I(x, y)$ נתונים על-ידי:

$$I_1 = I(50, 18) = 20, \quad I_2 = I(70, 38) = 80, \quad I_3 = I(90, 28) = 160$$

חשבו את העוצמה $I(60, 23)$ באמצעות שיטת גורו.

שאלה 2

נתון חרוט הפוך שרדיוס בסיסו 1 וגובהו 1. קודקוד החרוט נמצא בראשית הצירים, וציר הסימטריה שלו מתלכד עם ציר ה-z. בנוסף, נתונה טקסטורה בצורת רבע מעגל בעל רדיוס 1 שברצוננו למפות לחרוט כך שראשית הצירים של הטקסטורה תמופה לקודקוד החרוט, והחלק המעגלי ימופה לבסיס החרוט (בדומה לעטיפת גלידה). ראו ציור:



- א. האם המיפוי הנדרש הוא מהטקסטורה לחרוט או להיפך? מדוע?
- ב. חשבו את המיפוי הנדרש.

שאלה 3

א. כמה צירופי צבע ניתן ליצור באמצעות halftone approximations על מערכת RGB של 2 רמות עם סריג של 3×3 פיקסלים?

ב. Bump mapping מבוסס על המודל הבא של משטח $P_{bump}(s, t)$.

$$P_{bump}(s, t) = \mathbf{p}(s, t) + b(s, t)\mathbf{n}(s, t)$$

כאשר $\mathbf{n}(s, t)$ הוא הוקטור הניצב ל- $\mathbf{p}(s, t)$ ו- $b(s, t)$ הוא גובה ה-bumps.

התייחסו למקרה הספציפי של הוספת bump map למלבן המונח על המישור $y = y_0$.

הניחו כי הניצב למלבן הוא וקטור היחידה y .

(1) כתבו את המשוואה הנ"ל למקרה הספציפי הזה.

(2) כיצד תחשבו את הניצב למשטח על המשטח שעבר bump mapping?

שאלה 4

א. נתונה קרן שראשיתה ב- $C = (1, 1)$ ווקטור הכיוון שלה $v = (-1, -1)$. קבעו אם הקרן תחתוך את

האליפסה הנתונה על ידי המשוואה הסתומה: $x^2 + \frac{y^2}{4} = 1$. אם היא חותכת את האליפסה,

מצאו קואורדינטות של נקודת (נקודות) החיתוך ואת הנורמל (הנורמלים) של האליפסה בנקודות אלה. אם יש שתי נקודות חיתוך, זהו את הנקודה הקרובה יותר לראשית של הקרן.

השתמשו במשוואה פרמטרית של קרן: $P(t) = C + tv, t \geq 0$.

ב. נתון ריבוע יחידה במישור xy שאחד מקדקודיו נמצא בראשית הצירים, והקדקוד הנגדי לו נמצא

על החלק החיובי של ציר y . קבעו אם קרן בכיוון השלילי של ציר z , והיוצאת מהנקודה $(0, 1, 2)$ חותכת את הריבוע.

מטלת מנחה (ממ"ן) 17

הקורס: גרפיקה ממוחשבת

משקל המטלה: 21 נקודות

מספר השאלות: פרויקט

מועד אחרון להגשה: 13.8.24

סמסטר: 2024ב

את הפרויקט יש להגיש באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
ניתן להגיש בזוגות. במקרה זה יש לממש גם את הדרישות האופציונליות.

פרויקט בגרפיקה ממוחשבת

הגדרת הפרויקט

עליכם לבנות רובוט ב-OpenGL, שהמשתמש יכול לשלוט בו. בנו עולם תלת-ממדי המכיל את הרובוט, רצפה וכמה עצמים שונים. בעולם זה צריכה להיות תאורה סביבתית וגם מקור אור נקודתי. צריכה להתאפשר שליטה ברובוט דרך ממשק המשתמש.

עולם הרובוט

- לרובוט צריך להיות ראש, גוף, וזרוע ימין. יד שמאל ואברי גוף אחרים אופציונליים. תחילה השתמשו בתאורה סביבתית כדי להאיר את הזירה. השתמשו בהטלה פרספקטיבית.
- הוסיפו תפריטים. האפשרויות בתפריט צריכות לכלול "quit", "adjust ambient light" ו-"help". כאשר המשתמש בוחר "adjust ambient light", עליך לשאול את המשתמש על ערכים סביבתיים חדשים, ולהתאים את האור הסביבתי בהתאם. האופציה "help" צריכה להסביר כל בקרת עכבר ומקלדת.
- הרובוט צריך לפנות ולזוז לפי הנחיות המשתמש.
- הזרוע הימנית של הרובוט צריכה להסתובב בכתף, במרפק ובשורש כף היד לפי הנחיות המשתמש. מומלץ להשתמש בקואורדינטות היררכיות.
- הראש של הרובוט יזוז שמאלה וימינה וינוע למעלה ולמטה לפי הנחיות המשתמש.
- הוסיפו מקורות אור ותכונות של משטחים מחומרים מחזירי אור. צריך להיות לפחות מקור אור נקודתי אחד. יש לאפשר למשתמש לכוון את העוצמה, המיקום והכיוון של מקור האור.

- הרובוט צריך להיות במרחב התלת-ממדי עם רצפה מבריקה ולפחות שלושה עצמים נוספים שם. הרצפה צריכה להיות מרוצפת. לפחות אחד העצמים צריך להיראות מתכתי.
- הוסיפו מיפוי מרקם (אופציונלי).

מנשק המשתמש צריך להיות נוח וידידותי למשתמש ככל האפשר.

בקרת מצלמה

- הוסיפו בקרים כך שהמשתמש יוכל לקבוע את המיקום והאוריינטציה של נקודת המבט.
- אפשרו למשתמש לשנות את נקודת המבט כך שיראה את העולם דרך עיני הרובוט. המראה ישתנה עם תזוזת הרובוט או עם סיבוב הראש שלו.

צורת ההגשה

עליכם להגיש את הפרויקט דרך המערכת המקוונת בלבד. החבילה תכלול קבצים של קוד מקור, קוד ריצה וקובצי Word עם הסברים, צילומי מסך, ועוד. התכניות צריכות להיות מתועדות היטב. עליכם להוסיף תאור מילולי של התוכניות והסברים על כל הפונקציות והשגרות שכתבתם.

ניתן לבצע את הפרויקט בקבוצות של עד שני תלמידים. במקרה זה יש לממש גם את הדרישות האופציונליות.

אם יהיה צורך בכך, ייתכן שתדרשו להציג לצוות הקורס את הפרויקט.

- בהצלחה -