**תוכן עניינים**

[מבוא 3](#_Toc21174762)

[תיאור ביצוע הפרויקט ב-Microsoft HoloLens 4](#_Toc21174763)

[בעיות 6](#_Toc21174764)

[תיאור ביצוע הפרויקט ב-Python 7](#_Toc21174765)

[סיכום 8](#_Toc21174766)

# **מבוא**

פרויקט זה עוסק ביצירת תפריט אינטראקטיבי על גבי הזרוע וזיהוי לחיצה על כפתוריו.

במהלך הפרויקט השתמשנו בטכנולוגיות של OpenCV, Unity ו-Microsoft HoloLens.

הפרויקט ההתחלתי, מציג ספירה (מהווה אינדיקציה לצבע הכפתור שנלחץ) ומשדר הולוגרמת תפריט על גבי הזרוע, תוך כדי התחשבות בתזוזת היד והטייתה.

על המשתמש ללחוץ על כפתורי התפריט באמצעות אצבע המסומנת בצבע ירוק (החלטנו על צבע זה מכיוון שבמידול הצבעים הוא רחוק מצבעי העור. כמו כן מטעמי נוחות אנו השתמשנו בפלסטלינה ירוקה העוטפת את צבע היד).  
בעת זיהוי לחיצה על כפתור, משודרת הולוגרמת עשן מהכפתור, משתנה צבע הספירה (בהתאם לצבע הכפתור) ונשמע צליל.

במהלך הפרויקט ולקראת סיומו, נתקלנו במספר בעיות (המתוארות בהמשך) ולכן החלטנו לשנות את הטכנולוגיות בהן השתמשנו כך שיתאימו לפתרון הבעיות.

# **תיאור ביצוע הפרויקט ב-Microsoft HoloLens**

הפרויקט מתחלק למספר שלבים:

**שלב ראשון** - זיהוי הזרוע באמצעות צבע העור:

בכל מספר פריימים, לקחנו את התמונה הנוכחית המתקבלת ממצלמת ה-HoloLens, וזיהינו את צבע העור באמצעות שלושה מודלי צבעים - RGB, HSV, YCrCb וטווחי צבעי העור שהוגדרו מראש, יצרנו Masks עבור התמונה.  
באמצעות ה-Masks יצרנו Mask של צבעי העור בתמונה הנוכחית (מהווה חיתוך של כל ה-Masks) וממנה זיהינו את הזרוע של היד (הוגדרה בתור העקום הגדול ביותר הנמצא ב-Mask). (אם לא זוהתה, לא המשכנו לשלבים הבאים).

**שלב שני** - הלבשת המישור על הזרוע:

חישבנו את זווית בה היד נטויה (באמצעות סימולציית אליפסה מהעקום שהתקבל בשלב הקודם וחישוב זווית נטייתו) והטנו את המישור באמצעות זווית זאת (ההטיה התבצעה סביב הנורמל למישור).

ניסינו להמיר את מיקום אמצע הזרוע באמצעות שתי טכנולוגיות:

* שימוש בטכנולוגיית זיהוי היד של HoloLens – HoloLens מאפשר לזהות את מיקום כף היד באמצעות תחילת ביצוע Gesture.  
  לאחר מציאת מיקום כף היד, תוך התחשבות בזווית נטיית המישור, מצאנו את המיקום הרצוי.
* סימולציית קרן היוצאת מהנקודה של מיקום אמצע הזרוע במצלמה, ולקיחת נקודה הנמצאת במרחק קבוע (על מנת שהמישור יהיה בגודל קבוע).

ולבסוף הצבנו את המישור הנטוי במיקום שמצאנו.

**שלב שלישי** – מציאת מיקום האצבע:

כפי שנאמר מקודם, החלטנו לסמן את האצבע שלוחצת על כפתורי התפריט באמצעות צבע ירוק. באותו אופן כזיהוי היד, יצרנו Mask של הצבע הירוק (כאשר הטווח היה צבע ירוק) וזיהינו את העקום של האצבע. לקחנו את נקודת החיתוך בין עקום היד לעקום האצבע, ונקודה זו הוגדרה כמיקום האצבע.

**שלב רביעי** – זיהוי לחיצה על הכפתור:

המרנו את מיקום האצבע על גבי התמונה למיקום בעולם האמיתי, זאת באמצעות סימולציית קרן היוצאת מהמצלמה, בנקודה שמצאנו בשלב הקודם, וחותכת את המישור. נקודת החיתוך מהווה את המיקום האצבע בעולם האמיתי.  
לאחר מכן בדקנו האם הנקודה בעולם האמיתי נמצאת על גבי כפתור כלשהו, זאת באמצעות לקיחת מיקום אמצע הכפתור ובדיקה האם הנקודה נמצאת בתוכו (אם כן המשכנו לשלב הבא).

**שלב חמישי** – ביצוע פעולה:

כאשר המשתמש לוחץ על הכפתור מתבצעות שלושה פעולות:

* יציאת עשן ממרכז הכפתור.
* שינוי צבע הספרה לצבע הכפתור.
* השמעת צליל.

ביצענו את הפעולות באמצעות שימוש ב-Assets של Unity.

# **בעיות**

במהלך הפרויקט נתקלנו במספר בעיות :

* Spatial Mapping – הטכנולוגיה של HoloLens מאפשרת למפות את העולם ולזהות משטחים. אולם אם האובייקט ממוקם במרחק של פחות משני מטר מהמצלמה, לא ניתן לזהות אותו.  
  מכיוון שזרוע לא יכול להיות ממקום במרחק הרצוי, טכנולוגיה זו לא אפשרה לזהותו ולכן השתמשנו רק באפשרות של זיהויו לפי הצבע.
* OpenCVForUnity – כאמור, השתמשנו ב-OpenCV כדי לבצע עיבוד תמונה בכל מספר פריימים, מכיוון שפעולות הספרייה כבדות ביחס ליכולות הביצועים של HoloLens, זה גרם להפחתת ה-FPS (מספר פריימים בשנייה). ולכן זה פגע באיכות של המצלמה ובהצגת ההולוגרמות של התפריט באמצעות ה-HoloLens.
* Performance – במהלך הפרויקט, נדרשנו לעקוב אחרי תזוזת היד ולשנות את מיקום התפריט בהתאם למיקום החדש, ולכן ביצענו המון עיבודי תמונה בין מספר מאוד קטן של פריימים (כדי לאתר כמה שיותר מדויק את התזוזה) וזה פגע בביצועים.

בעקבות בעיות אלו, החלטנו לשנות את סוג המצלמה ואת הטכנולוגיות באמצעות ביצענו את עיבודי התמונה.   
לאחר התייעצות עם מנחינו, החלטנו להשתמש במצלמת וידאו רגילה וב-OpenCV של Python.

# **תיאור ביצוע הפרויקט ב-Python**

החלטנו להשתמש ב-OpenCV על מנת לבצע את עיבודי התמונה המתוארים בהמשך.

קלט התוכנה: וידאו כלשהו בו מצולמת כף יד פתוחה וזרועה ובמהלכו יכולות להתבצע לחיצות (באמצעות אצבע העטופה בירוק).

פלט: התוכנה מחזירה וידאו בו לאחר סגירת כף היד מופיע התפריט על גבי הזרוע. ובעת לחיצה על כפתור, מופיע כיתוב בצבע הכפתור ונעלם.

עתה הפרויקט התחלק לשלבים הבאים:

* המרת הוידאו לתמונות.
* עבור כל אשכול תמונות (כדי לשפר ביצועי התוכנה), התבצעו השלבים הבאים:  
  + זיהוי צבע עור – כמו בתחילת הפרויקט, השתמשנו באלגוריתם של זיהוי צבע העור (שלב ראשון המתואר בביצוע הפרויקט הראשוני). ובאמצעותו קיבלנו Mask מתאים לתמונה.
  + כמו בתחילת הפרויקט, מצאנו את זווית נטיית היד בתמונה הנוכחית ובאמצעותו הטנו את תמונת התפריט.
  + מציאת מיקום הזרוע, והשמת התפריט הנטוי (בכל התמונות) במיקום זה.
  + בדיקת לחיצה (אם האצבע קיימת) – זאת באמצעות יצירת Mask לאצבע ויצירת Mask לכל אחד מהכפתורים.  
    עבור כל כפתור בודקים האם יש חיתוך בין ה-Mask של הכפתור ל-Mask של האצבע.  
    אם כן, הוספנו כיתוב לפריימים הבאים בצבע של הכפתור הנלחץ, הופעת הטקסט והעלמתו התבצעו באמצעות שימוש ב- alpha channel שערכו גדל (הופעה) ואז קטן (העלמה).
  + שמירת התמונה במקום התמונה הנוכחית.
* לקיחת כל התמונות ויצירת וידאו מהן.

# **סיכום**

במהלך הפרויקט בדקנו האם ניתן להשתמש בטכנולוגיות Microsoft HoloLens, Unity ו-OpenCV על מנת:

* להציג הולוגרמת תפריט על גבי זרוע היד באופן מדויק תוך התחשבות בתזוזת היד ונטייתה.
* מציאת מיקום אצבע המסומנת בצבע כלשהו ובדיקה האם כפתור על גבי התפריט נלחץ.

לקראת סוף הפרויקט, גילינו שעיבודי התמונה הנדרשים לשם כך פוגעים בביצועי התוכנה במהלך ריצתה.

לכן החלטנו להעביר את הפרויקט לטכנולוגיות אחרות (Python ומצלמה ), זאת בעקבות הדיוק הגבוהה של אלגוריתם זיהוי הזרוע וביצוע עיבודי תמונה שלא בזמן אמת.

ניתן להסתכל בדוגמאות של הפרויקט בווידאו הבא:

[https://www.youtube.com/watch?v=NcrrBXPWCgU&feature=youtu.be](https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DNcrrBXPWCgU%26feature%3Dyoutu.be&data=02%7C01%7Cortalcohen%40campus.technion.ac.il%7C6b39b1dd5a704b68859a08d7260d8588%7Cf1502c4cee2e411c9715c855f6753b84%7C1%7C0%7C637019711823233680&sdata=UeBxoQ007ZaGo1vl1YzKtBo5ohnWW95XkJ77AgZqR2k%3D&reserved=0)

רעיונות להרחבת הפרויקט:

* שימוש בטכנולוגיה של התפריט באפליקציות שונות בפלאפון.
* שימוש במצלמה קבועה, מעבד חזק ומכשיר לשידור הולוגרמות כדי להציג את התפריט כהולוגרמה על גבי היד.