

Interactive software platform for learning sign language using machine learning and computer vision

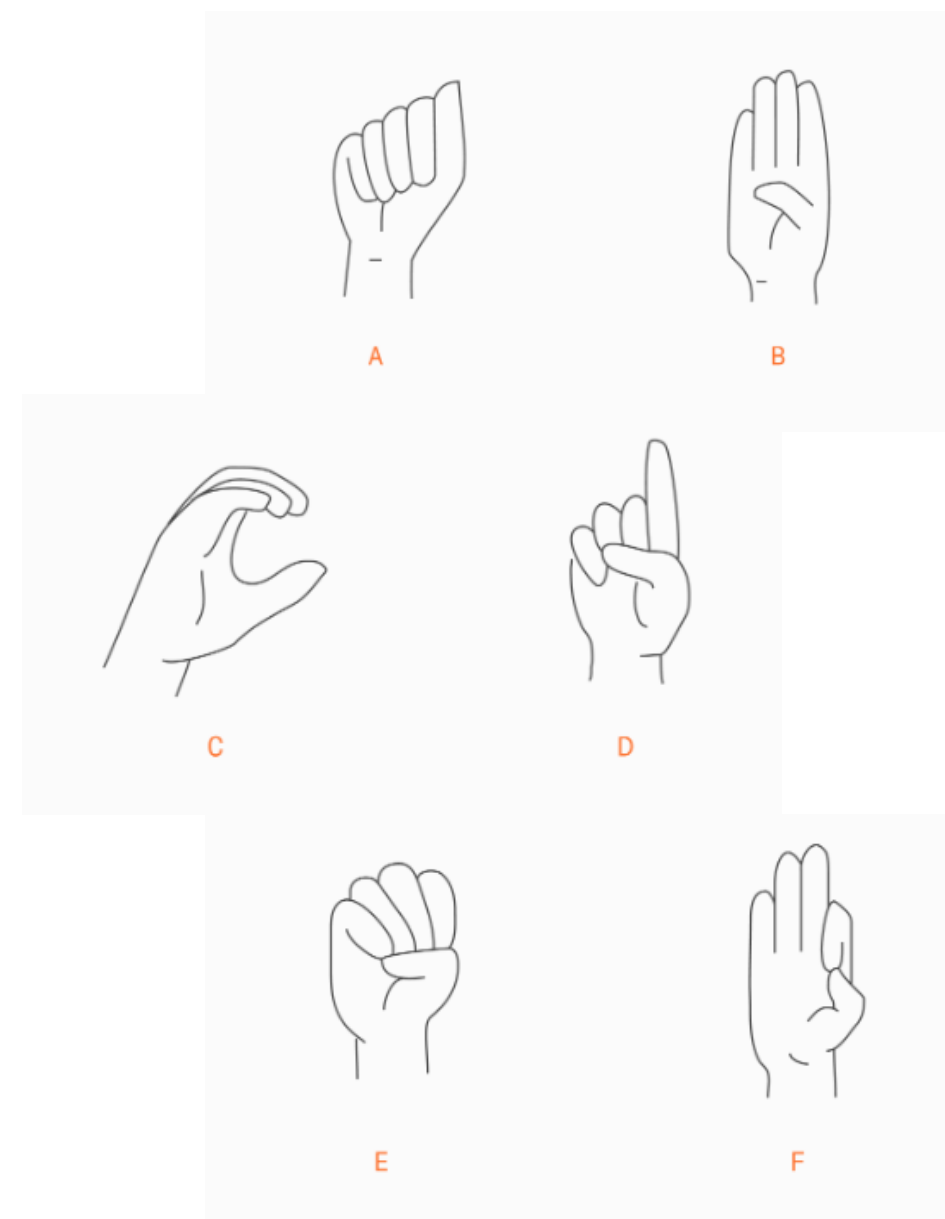
פלטפורמת תוכנה אינטראקטיבית ללימוד שפת הסימנים
באמצעות טכנולוגיות למידת מכונה וראייה ממוחשבת

Students Names: Yafit Avazov & Inon Reany

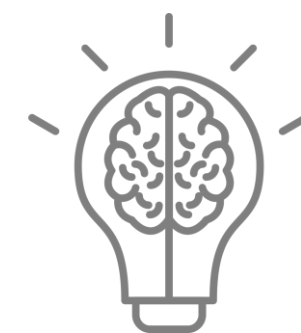
Semester summer,2024

Facilitator: Dr. Yakov Damatov

Mr Viacheslav Nefedov



רקע ורציונל



מטרה



שפת הסימנים היא מערכת תקשורת ויזואלית המיועדת לאנשים עם לקויות שמיעה, המבוססת על תנועות ידיים, הבעות פנים, ותנועות גוף, שמטרתן להעביר מסרים באופן מדויק וזורם. איברי הגוף המעורבים כוללים את הידיים, האצבעות, העיניים והפנים, והם מסייעים ליצירת ביטויים מגוונים ומורכבים בשפה זו.

בשל מחסום התקשורת הקיים בין אנשים עם שמיעה תקינה לבין כבדי שמיעה, בעיקר בקרב ילדים עם לקויות שמיעה ודיבור, יש צורך בלמידה מוקדמת של שפת הסימנים על ידי ילדים ובני משפחתם. לימוד זה יכול להפחית את מחסום התקשורת ולהאיץ את ההשתלבות החברתית שלהם.

השילוב של טכנולוגיות מודרניות כמו למידת מכונה, למידה עמוקה וראייה ממוחשבת, מציע פתרון חדשני להנגשת הלמידה של שפת הסימנים. הטכנולוגיות הללו יכולות להוביל להתאמה אישית של תהליכי הלמידה, לשפר את היעילות החינוכית, ולסייע ברכישת ידע חדש באופן מהיר ואינטראקטיבי.

לפתח פלטפורמת תוכנה חדשנית ללימוד היסודות של שפת הסימנים בשפה האנגלית, עם ממשק אינטראקטיבי המבוסס על טכנולוגיות למידת מכונה וראייה ממוחשבת.

דרישות ומאפיינים עיקריים לפלטפורמה

דרישות פונקציונליות לפלטפורמה

- הפלטפורמה אמורה להציע למשתמשים עם ליקויי שמיעה ודיבור, במיוחד לילדים ויקירהם, ממשק ידידותי ואינטראקטיבי ללימוד היסודות של שפת הסימנים על ידי שימוש עם הידיים הכולל הדגמות חזותיות.
- ככלי להורים, חברים ואהובים של ילדים אלו, הפלטפורמה אמורה לאפשר להם לסייע לילדים הללו לשפר את התקשורת הבסיסית שלהם ולהפחית את מחסום השפה.
- הפלטפורמה אמורה לאפשר זיהוי מדויק של תנועות ידיים של המשתמש, תוך יישום אלגוריתמים מתקדמים של למידה עמוקה ולמידת מכונה. יכולת זו תעניק למשתמשים משוב מיידי על ביצועיהם, ותסייע להם להשתפר עם כל תרגול. תוצאות עיבוד המחוות יוצגו למשתמש בזמן אמת, לשיפור חוויית הלמידה והתרגול.

דרישות טכניות לפלטפורמה

- שימוש במצלמה:** המערכת דורשת מצלמה פעילה לזיהוי תנועות הידיים של המשתמש, המאפשרת השוואה מיידיית עם תבניות שפת הסימנים המאוחסנות במסד הנתונים. פיתחנו מאגר רחב של תמונות תנועות ידיים, הכולל מידע על מיקומי מפרקי הידיים, אשר שימש לאימון המודל. בזכות זאת, המצלמה מאפשרת זיהוי מדויק של תנועות המשתמש בזמן אמת, ומספקת משוב מיידי, דבר המגביר את היכולת ללמוד ולשפר את המיומנויות בשפת הסימנים.
- שימוש במיקרופון:** חלקים נוספים מהמערכת עשויים לעשות שימוש במיקרופון כדי לתמוך במודל שמבוסס על זיהוי קול לצורך הקניית לימוד של סימנים בעזרת קול.

מטלות להשגת המטרה

- **פיתוח מודל אלגוריתמי לזיהוי תנועות ידיים:** על האפליקציה לזהות את תנועות הידיים של המשתמש באמצעות מצלמה, להשוות אותן לדוגמאות של סימני שפת הסימנים המאוחסנים במאגר הנתונים של המערכת ולספק משוב בזמן אמת על נכונות המשימה הנוכחית.
- **פיתוח מודל אלגוריתמי למידה בדיבור:** המודל יאפשר שימוש בקול ככלי ללימוד האותיות וצורתן בשפת הסימנים, באמצעות השוואה בין האות שנאמרה על ידי המשתמש לבין תמונת תנועת היד המתאימה לה. כלי זה מיועד במיוחד לבני משפחה, אנשי חינוך וסביבת הלומד, ולא לילדים עצמם, במטרה לתמוך בלימוד שפת הסימנים באופן עקיף.
- **יצירת ממשק משתמש:** עיצוב גרפי צבעוני ומושך עין, ממשק אינטואיטיבי וקל לתפעול.
- **יצירת פיצ'רים אינטראקטיביים לתרגול:** משחקים אינטראקטיביים לחיזוק הלמידה ומעקב אחר הלימוד.



ציוד וכלים הכוללים בפלטפורמה



תוכנה

שפות פיתוח:

Python, JavaScript, Html, CSS

ספריות:

Machine Learning:

Keras, Tensorflow, openCV, MediaPipe, Numpy,
Pandas, Matplotlib

Web:

Flask

מודלים:

CNN, SpeechToText

חומרה

מחשב אישי מצויד במצלמה ומיקרופון



תיאור הפונקציות העיקריות של הפלטפורמה

תיאור הפלטפורמה

הפלטפורמה שפיתחנו מציעה ממשק ידידותי ואינטראקטיבי ללימוד שפת הסימנים, במיוחד לילדים עם ליקויי שמיעה ודיבור והוריהם. המערכת משלבת טכנולוגיות של למידת מכונה וראייה ממוחשבת כדי לאפשר למשתמשים ללמוד, לתרגל ולהעריך את יכולותיהם בשפת הסימנים בצורה אינטראקטיבית.

תיאור הפונקציות העיקריות

1. לימוד האותיות והתנועות:

- לימוד האותיות בשפת הסימנים דרך קול באמצעות מודל SpeechToText. (הורחב בשקופית 15)
- שימוש במצלמה עם מודל Hand Recognition שפיתחנו המזהה את תנועות הידיים של המשתמשים ומספק משוב מידי על נכונות התנועות. (הורחב בשקופיות 11-14)

2. תרגול תנועות ידיים:

- המערכת מאפשרת למשתמשים לתרגל את תנועות הידיים שנלמדו, לשפר את הדיוק, ולקבל משוב בזמן אמת שיעזור לשכלל את ביצועיהם ולבנות ביטחון.

3. מבחן עצמי:

- מבחן אינטראקטיבי הבוחן את הידע והמיומנויות של המשתמשים בתנועות ידיים בשפת הסימנים. המבחן מספק משוב מידי על כל תנועה שנבדקה.

הממשק האפליקטיבי

מסך הבית

Hand Sign Learning

AI-driven project for recognizing hand gestures

Yafit Avazov & Inon Reany

Learning Letters

Practice Letters

Self Test

לימוד הבסיס של תנועות ידיים. חלק זה ילמד את האותיות השונות בשפת הסימנים בשתי דרכים

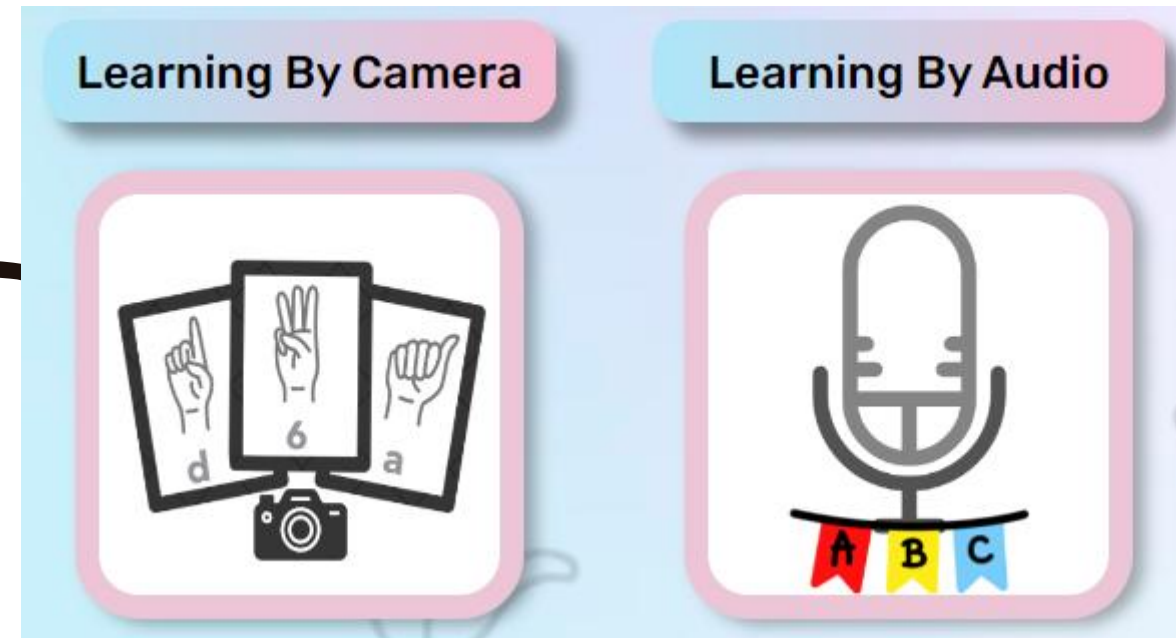
מבחן עצמי שנועד לבחון את הידע והמיומנות בתנועות ידיים. המבחן מספק משוב מידי על הביצועים.

שיפור הכישורים על ידי תרגול התנועות הידיים שנלמדו. התרגול יעזור לשכלל את הביצועים ולקבל ביטחון בזיהוי ובביצוע כל סימן.

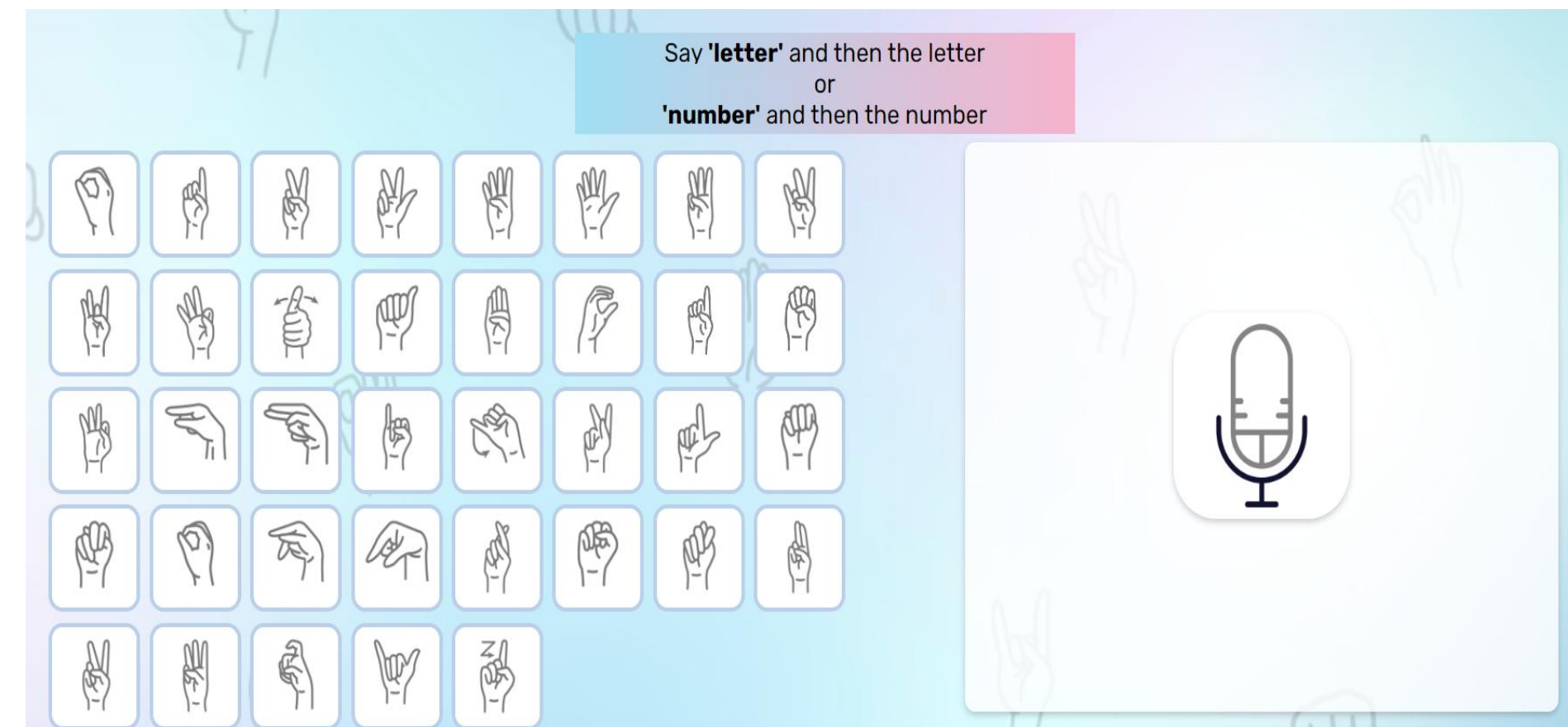
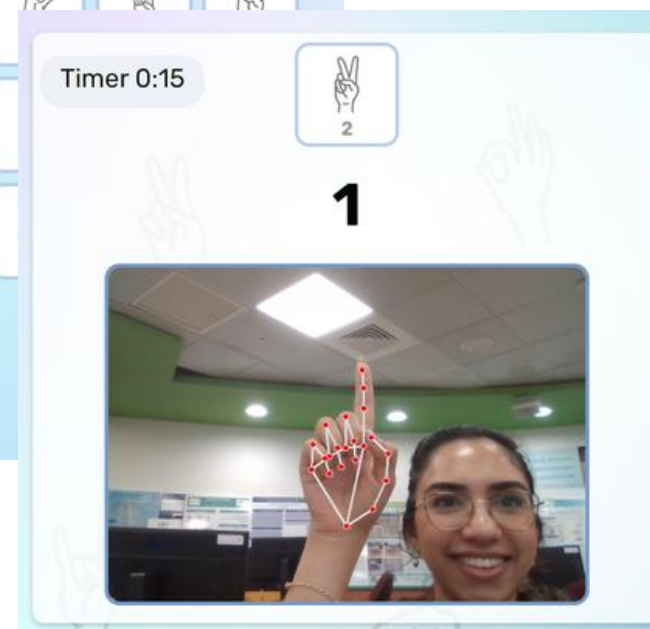
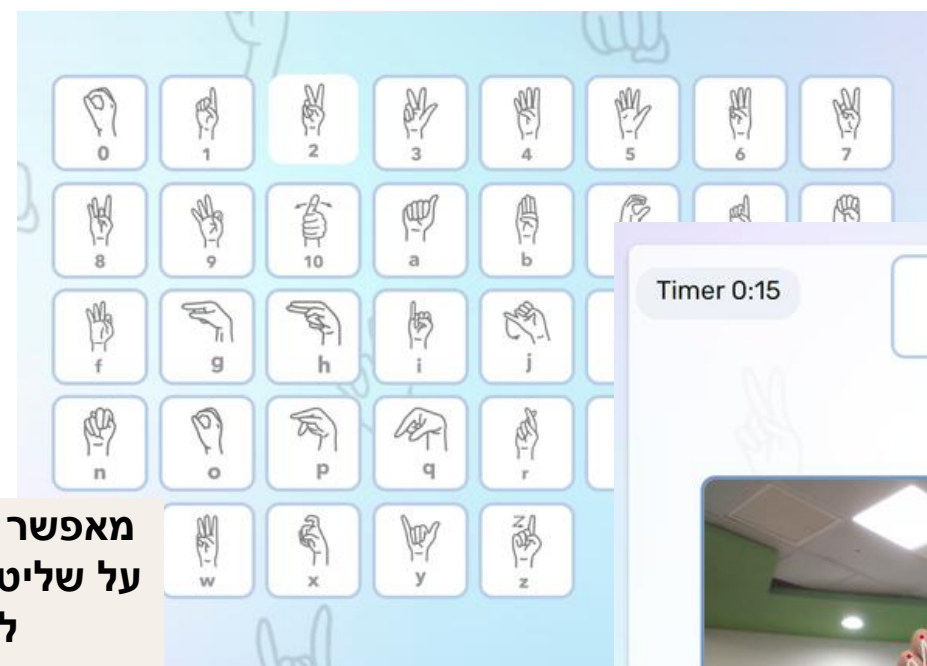
הממשק האפליקטיבי

מסך הלימוד

לימוד האותיות באמצעות
מצלמה, שימוש במודל
Hand Recognition
שפיתחנו
(נרחיב על כך בשקופיות 11-14)



לימוד האותיות
באמצעות דיבור
שימוש במודל
SpeechToText
(נרחיב על כך בשקופית 15)



מאפשר למשתמש לקבל אינדיקציה
על שליטה בהכרת האותיות בהתאם
לזמן המושקע בזיהוי.
זיהוי בין
0-5 שניות ייצבע **בירוק**
6-10 שניות **בצהוב**
10 ומעלה **באדום**

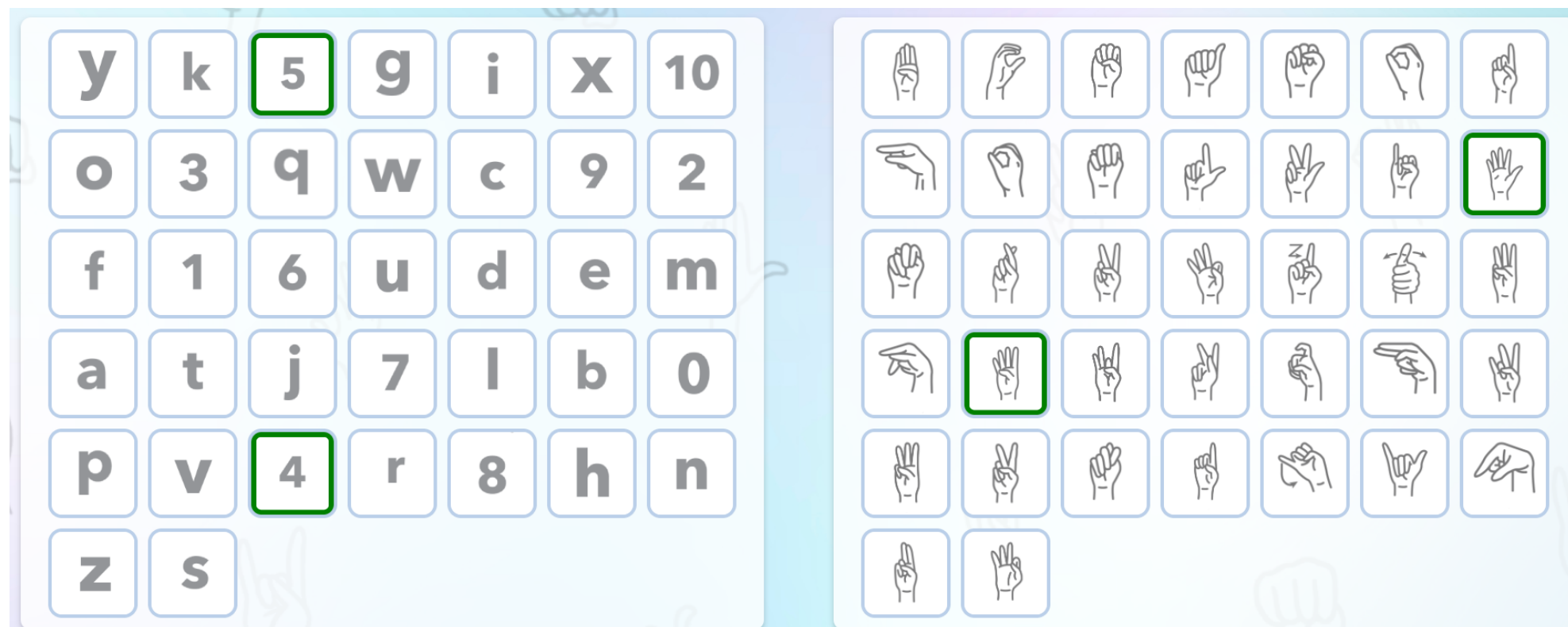
הממשק האפליקטיבי

מסך התרגול

משחק זיכרון

לתרגול האותיות והסימנים

במשחק זה יופיעו כרטיסיות גלויות, כשבצד אחד תמונות של סימני ידיים ובצד השני אותיות ומספרים. המשתמש יתבקש להתאים בין הכרטיסיות, תוך הפגנת הידע שרכש אחרי תרגול האותיות בשפת הסימנים

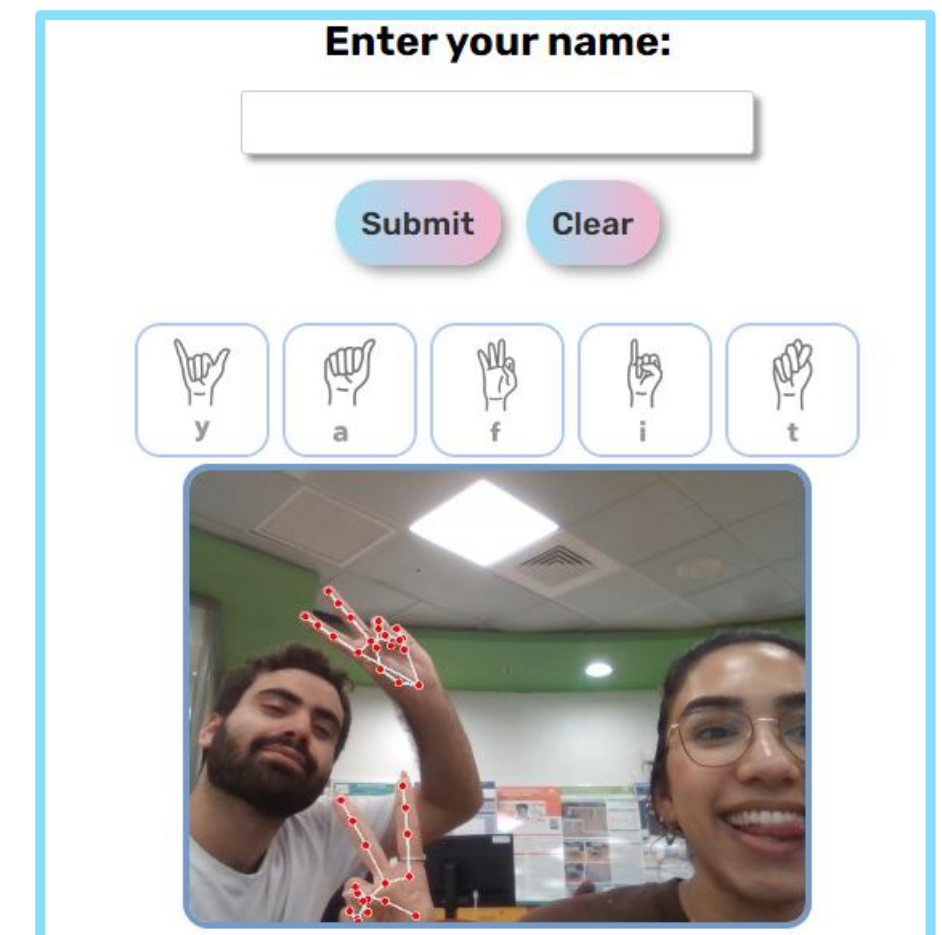


Memory Game

Practice Your Name



ממשק בו המשתמש יוכל לתרגל את הצגת שמו בשפת הסימנים על ידי המודל Hand Recognition שפיתחנו (תיאור הורחב בשקופיות 11-14)



הוראות המוצגות בתחילת המבחן

Instruction

1. click button to begin the test
2. A random letter **A** will appear on the screen
3. You have 5 seconds
4. Use your 🖐️ to match the correct letter
5. You can see how many answers are 😊 or 😞
6. In the end you will get your final grade 📋

GOOD LUCK!

הממשק האפליקטיבי מסך המבחן

לאחר לימוד האותיות ותרגולם יוכל
המשתמש לבחון באופן עצמאי את השליטה
שלו בזיהוי האותיות

משוב למשתמש
בסוף המבחן

מסך תחילת המבחן

Letter

5

Start

Number

5

1

ציון

67%

דירוג לפי
הציון
שהתקבל



2



1

Mismatch 1:

התמונות השגויות
שהתקבלו על ידי
המשתמש



Expected: 8

Predicted: 5

שלבים ליצירת מודל למידת מכונה בזיהוי תמונות בתנועות ידיים

שלב 1: איסוף נתונים

בתחילת התהליך, אספנו DataSet של תנועות ידיים המהוות אותיות בשפת הסימנים.

איור 1: ייצוג קורדינאטות היד

על התמונות ייצגנו בעזרת ספריית Mediapipe נתונים שמייצגים את תנועות היד הנדרשות לשפת הסימנים.

הקואורדינטות מייצגות את המיקום התלת-ממדי של המפרקים השונים של היד כמו אצבעות וכף היד .

איסוף הנתונים מתבצע בעזרת מצלמה שמסוגלת לעקוב אחר תנועות היד ולספק פלט של 21 נקודות מפתח.

שלב 2: עיבוד מקדים של הנתונים (Preprocessing)

הקורדינטות שהתקבלו צריכות עיבוד נוסף כדי להיות מוכנות לאימון המודל:

- **נרמול הקואורדינטות:** כדי להגיע לקנה מידה אחיד נרמלנו את הקואורדינטות. הנרמול התבצע

באמצעות ייצוג כל נקודה יחסית לנקודה קבועה של מפרק כף היד.

- **ניקוי רעשים:** התקבלו שגיאות ורעשים בנתונים (מיקומים לא מדויקים), לכן ביצענו סינון של

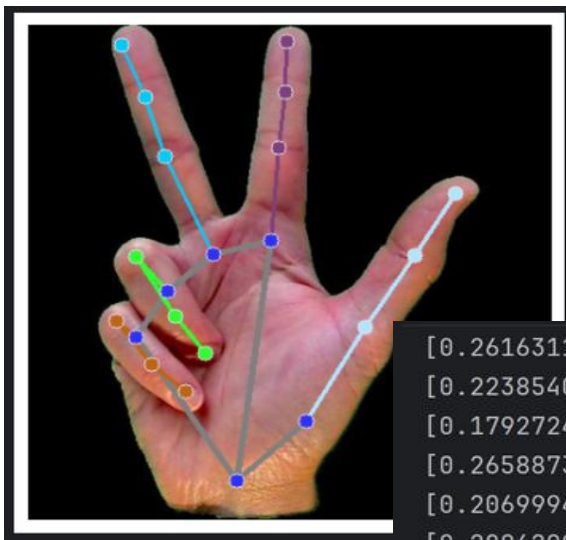
התמונות שסיפקנו.

- **הכנת התוויות:** כל תנועה בשפת הסימנים מזוהה בתור תווית (Label) כשמות של תנועות יד

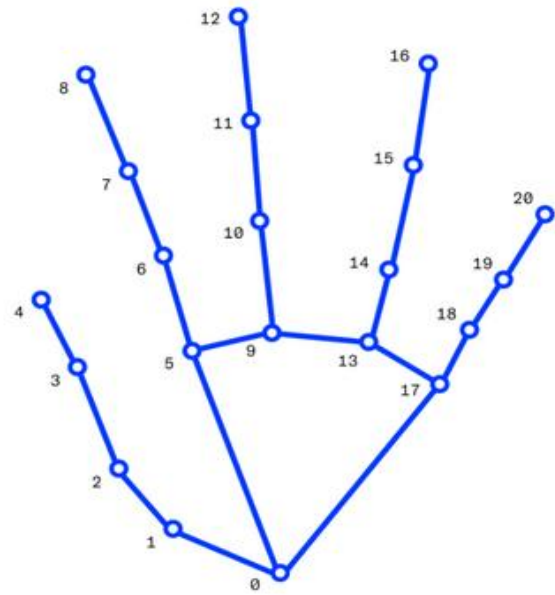
למשל: "A", "B", וכו'

```
Folders: ['0:70', '1:70', '2:70', '3:70', '4:70', '5:70', '6:70', '7:70', '8:70', '9:70', 'a:70', 'b:70',  
&'c:70', 'd:70', 'e:70', 'f:70', 'g:70', 'h:70', 'i:70', 'j:70', 'k:70', 'l:70', 'm:70', 'n:70', 'o:70',  
&'p:70', 'q:70', 'r:70', 's:70', 't:65', 'u:70', 'v:70', 'w:70', 'x:70', 'y:70', 'z:70']
```

איור 3: ייצוג כל אות או מספר כתווית



```
[0.2616311013698578, 0.2654210925102234,  
[0.22385409474372864, 0.14544814825057983,  
[0.17927247285842896, 0.04057741165161133,  
[0.2658873498439789, 0.5388702154159546,  
[0.20699945092201233, 0.46878644824028015,  
[0.0000000000000000, 0.5000000000000000]
```



איור 2: 21 נקודות מפתח של היד

שלב 3: בחירת מודל ללמידת מכונה

תחום למידת המכונה הוא תחום רחב הכולל מודלים רבים ושיטות שונות לפתרון בעיות מגוונות. לאחר בחינת האפשרויות, בחרנו להשתמש במודל מסוג CNN, הנפוץ במיוחד בזיהוי תבניות בתמונות דו-ממדיות. במקרה שלנו, CNN משמש לזיהוי תנועות שפת הסימנים באמצעות קואורדינטות של מפרקי היד. תחילה המרנו את הקורדינטות לוקטור מיקומים (X, Y, Z לכל מפרק)

מבנה המודל:

- שכבות קונבולוציה- מזהות תבניות תנועה ומבנים גיאומטריים של היד.
- שכבות Pooling -מצמצם מידע
- שכבות Fully Connected שמבצעות את הסיווג הסופי.
- Softmax: מסווג את התנועה לתווית (סימן מסוים בשפת הסימנים)

Model: "sequential_1"		
Layer (type)	Output Shape	Param #
=====		
layer_normalization_2 (LayerNormalization)	(None, 21, 3)	21
flatten_1 (Flatten)	(None, 63)	0
layer_normalization_3 (LayerNormalization)	(None, 63)	126
dense_3 (Dense)	(None, 80)	5120
dropout_3 (Dropout)	(None, 80)	0
dense_4 (Dense)	(None, 96)	7776
dropout_4 (Dropout)	(None, 96)	0
dense_5 (Dense)	(None, 124)	12028
dropout_5 (Dropout)	(None, 124)	0
Softmax (Dense)	(None, 36)	4500
=====		
Total params: 29571 (115.51 KB)		
Trainable params: 29571 (115.51 KB)		
Non-trainable params: 0 (0.00 Byte)		

איור 4: סיכום המודל כולל שכבות המודל, צורת הפלט, ומספר פרמטרים הניתנים לאימון

```
model = Sequential([
    Input(shape=(landmarks_cnt, 3)),
    LayerNormalization(axis=1, scale=False),
    Flatten(),
    LayerNormalization(axis=1),
    Dense(80, activation='elu'),
    Dropout(.1),
    Dense(96, activation='elu'),
    Dropout(.4),
    Dense(124, activation='elu'),
    Dropout(.1),
    Dense(num_classes, activation='softmax', name='Softmax')
])
```

איור 5: יישום שכבות Fully Connected

Sign Recognition Pipeline

Pretrained CNN Hand landmark detection

Custom Gesture Classification Network

Input

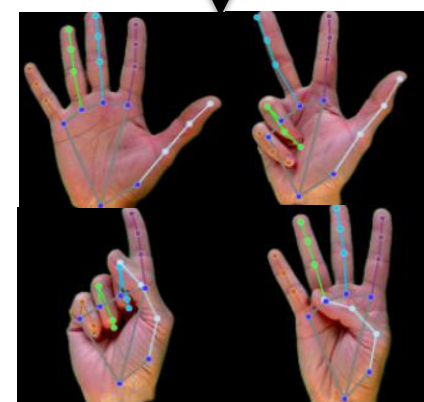
Output

Input

Output



איור 6: תמונות הידיים ללא קורדינאטות



איור 7: תמונות הידיים עם קורדינאטות
ע"י ספריית Mediapipe

Result of Landmarks – [x , y ,z]

```
[0.3992310166358948, 0.9219660758972168, 1.2486378864196013e-06  
[0.5318500995635986, 0.8014317154884338, -0.10624101012945175]  
[0.6437766551971436, 0.6107847094535828, -0.13280731439590454]  
[0.7380321025848389, 0.4658561646938324, -0.15355443954467773]  
[0.8154817819595337, 0.3403623104095459, -0.17063000798225403]
```

1. בשכבות אמצעיות (בדרך כלל יותר מאחת), הרשת מעבדת תמונות של תנועות ידיים כדי לזהות תבניות בסיסיות כמו זוויות ומצבי אצבעות.

2. כל אחת מהרמות האמצעיות מוסיפה שלב נוסף לאיכות זיהוי התמונה.

3. זה יימשך עד שלבסוף יבנה ייצוג ברור של התמונה של תנועות הידיים, שמועבר לרמת הפלט.

Labels

סיווג תוויות אותיות לתמונות תנועות ידיים בשפת הסימנים
שכבת הפלט מקבלת החלטה ומקצה תווית לכל אחת מהתמונות.

{'0': 61, '1': 67, '2': 70, '3': 70, '4': 67, '5': 70, '6': 60, '7': 63, '8': 64, '9': 68, 'a': 70, 'b': 70, 'c': 60, 'd': 70, 'e': 63, 'f': 70, 'g': 69, 'h': 69, 'i': 70, 'j': 61, 'k': 70, 'l': 70, 'm': 62, 'n': 65, 'o': 61, 'p': 64, 'q': 51, 'r': 66, 's': 70, 't': 65, 'u': 70, 'v': 69, 'w': 63, 'x': 63, 'y': 70, 'z': 63}

שלב 4: אימון המודל

על בסיס הקואורדינטות שנאספו, המודל מתחיל ללמוד ולזהות תנועות ידיים על ידי עיבוד הנתונים שהוזנו לו. התהליך כולל הרצת מספר רב של איטרציות.

המודל מקבל נתוני אימון, מנתח אותם, ומשפר את הדיוק שלו בכל שלב. הדיוק נמדד על פי האחוז שבו המודל מזהה נכון את התנועות. ככל שהמודל מתקדם במספר האיטרציות, ניתן לראות שיפור ברמת הדיוק.

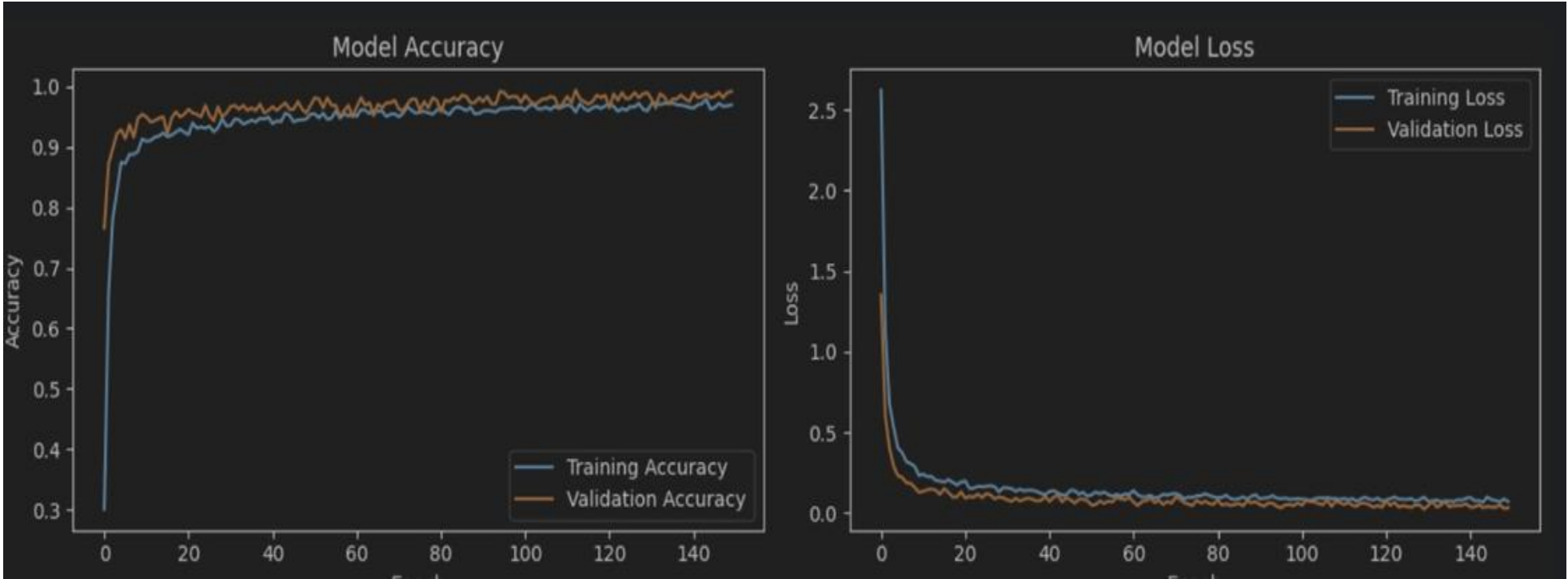
במהלך האימון, המודל מבצע אופטימיזציה ושיפור של הפרמטרים שלו כדי להתאים את עצמו לנתונים בצורה טובה יותר, במטרה למקסם את היכולת שלו להתמודד עם נתונים חדשים בעתיד.

שלב 5: הערכת המודל ושיפור

לאחר אימון המודל, בדקנו את ביצועיו באמצעות הנתונים שלא שימשו לאימון. נתוני הבדיקה עזרו לנו להעריך את רמת הדיוק של המודל המייצג את אחוז הפעמים שבהן המודל זיהה נכון את התנועה והיכולת הכללית שלו לתפקד עם נתונים חדשים ולא מוכרים.

```
Epoch 1/150
67/67 [=====]
val_accuracy: 0.7658
Epoch 2/150
67/67 [=====]
val_accuracy: 0.8713
Epoch 3/150
67/67 [=====]
val_accuracy: 0.8966
Epoch 4/150
67/67 [=====]
val_accuracy: 0.9219
```

איור 8: תוצאות של אימון המודל לאורך של 150 מחזורים עם דיווח על דיוק הוולידציה בסוף כל מחזור.



איור 9ב: גרף ה-accuracy מראה את השתפרות הביצועים של המודל במהלך האימון

איור 9א: גרף ה-loss מעריך כמה המודל לומד בצורה טובה או אם הוא מתחיל "לשנן" את הנתונים

מודל למידה בדיבור

הפלטפורמה שלנו משלבת גם מודל למידה בדיבור באמצעות המודל Recognizer של ספריית SpeechRecognition . ומטרתו להמיר דיבור לפקודות טקסטואליות שמאפשרת למשתמש להזין אותיות או מספרים באמצעות קול, ולא רק דרך תנועות הידיים.

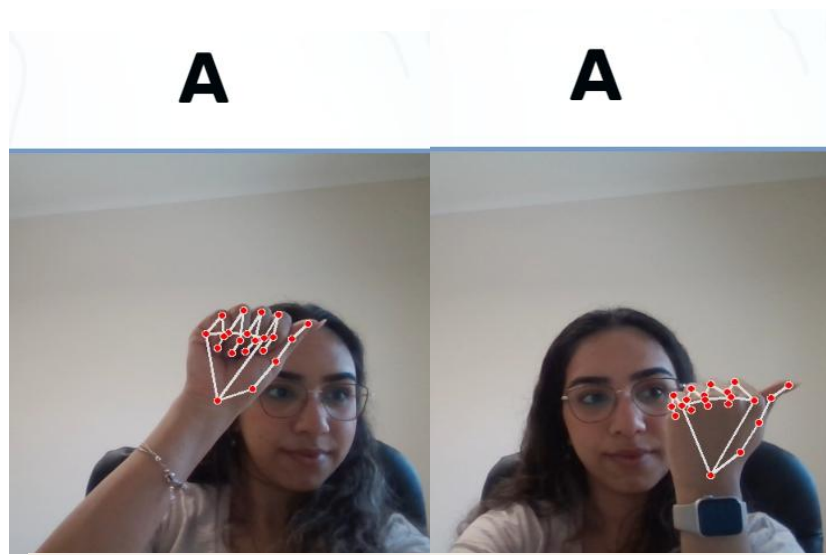
תיאור המודל:

המודל מקשיב לדיבור המשתמש דרך המיקרופון, מעבד את הקול, וממיר אותו לטקסט בעזרת שירות זיהוי הדיבור של Google (recognize_google). ברגע שהמודל מזהה את הטקסט, הוא מחפש אם הטקסט כולל את המילה "letter" או "number". אם כן, המודל מחפש את האות או המספר המדוברים בתיקיית התמונות המיועדת, ושולח את התמונה המתאימה בתגובה ללקוח. חלק זה של המודל מהווה כאחת הדרכים ללימוד האותיות בצורה אטרקטיבית ושונה.

השימוש במודל SpeechRecognition תורם להרחבת נגישות הפלטפורמה ולהפיכתה לאינטראקטיבית יותר, במיוחד עבור משתמשים המעוניינים לשלב דיבור בתהליך הלמידה של שפת הסימנים.



תהליכי התפתחות של בניית הפלטפורמה המשתמשת בלמידת מכונה

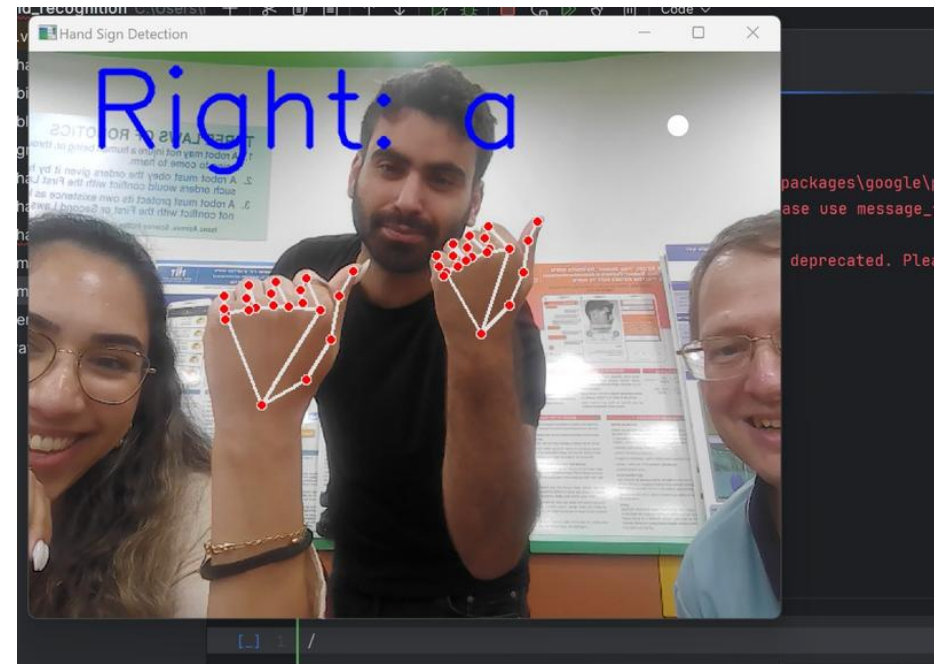


איור 12: זיהוי האות A בשפת הסימנים
תנועות יד ימין ושמאל בזוויות שונות

בתמונה זו ניתן לראות את זיהוי האות "A" בשפת הסימנים, כאשר המודל מזהה את התנועה בשתי הידיים – יד ימין (משמאל) ויד שמאל (מימין).

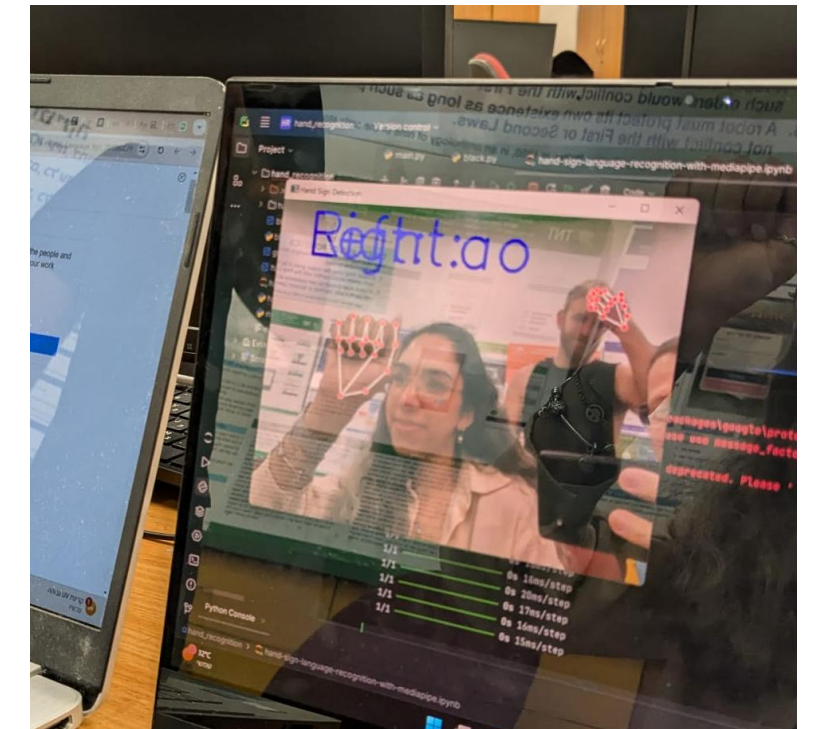
הבדל מרכזי בין שתי התמונות הוא זווית וכיוון כף היד, אך המודל מצליח לזהות בצורה נכונה את האות בשתי הגרסאות. המפרקים והאצבעות מסומנים בנקודות אדומות, והקווים המחברים ביניהן יוצרים את מבנה היד.

ההצלחה בזיהוי עם שתי הידיים מדגישה את היכולת של המודל להיות גמיש ולהתמודד עם שונות בתנוחות הידיים.



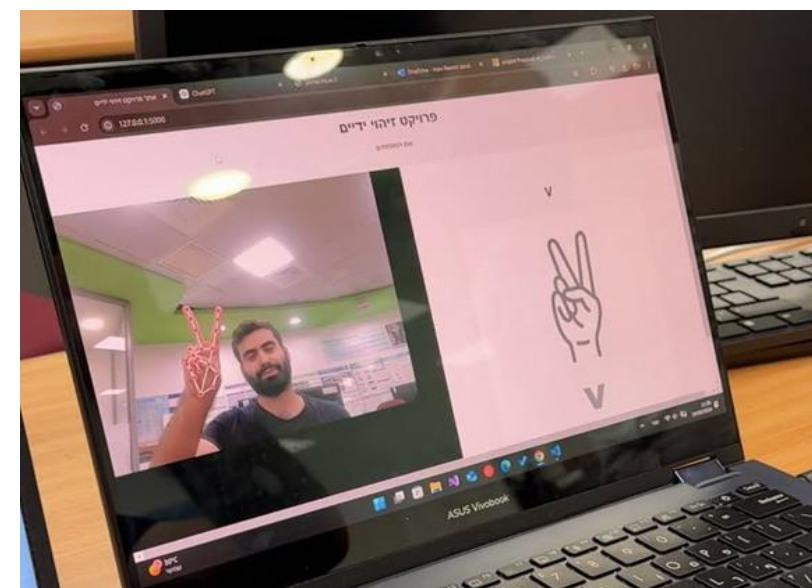
איור 11: אימון המודל אחרי מספר רב של מחזורים

ניתן לראות את הדיוק בתוצאה סימן האות "a" בשפת הסימנים והצגתו על מצלמת המסך כאות מתאימה



איור 10: אימון המודל אחרי מספר מצומצם של מחזורים

מספר מצומצם של מחזורים מצביע על שיפור, אך עדיין יש חוסר יציבות בדיוק התוצאות. בתחילת התהליך, הדיוק מתחיל ברמה נמוכה יחסית ולאט לאט משתפר, אך ייתכנו תנודות קטנות לאורך הדרך. זה עשוי להעיד על כך שהמודל עדיין לא התכנס באופן מיטבי, וייתכן שיש צורך לשפר את איכות הנתונים, לבצע כיוונון נוסף של הפרמטרים, או להגדיל את כמות המחזורים.



איור 13 : אחרי אימון מדויק של המודל



סיכום ומסקנות

סיכום



העבודה על פרויקט זה התמקדה בפיתוח פלטפורמה אינטראקטיבית ללימוד שפת הסימנים, המשלבת טכנולוגיות מתקדמות של למידת מכונה וראייה ממוחשבת. במטרה לאפשר למשתמשים חויית למידה יעילה, אינטואיטיבית ומותאמת אישית, פותחה מערכת ידידותית למשתמש הכוללת אינטגרציה מלאה עם מצלמה לזיהוי מדויק של תנועות ידיים, מסד נתונים המכיל תבניות שפת סימנים, ומודל מבוסס למידת מכונה שמספק משוב מידי לשיפור ביצועים.

לצורך השגת היעדים, נדרשה הבנה מעמיקה ויישום מתקדם של טכנולוגיות למידה עמוקה, תוך שימוש נרחב בספריות Python שונות, דוגמת TensorFlow, Keras- ושימוש לבניית מודל CNN מדויק ואמין. התקנה וקונפיגורציה של ספריות אלו דרשו הבנה טכנית של עקרונות למידת מכונה, תוך פיתוח אלגוריתמים מותאמים אישית המאפשרים למערכת לשפר את יכולות הזיהוי שלה באופן הדרגתי, ולהתאים את התוכן לרמת המשתמש.

פיתחנו רשת עצבית - רשת סיווג מחוות מותאמת אישית (Custom Gesture Classification Network) אשר אחראית על עיבוד וקבלת החלטות על סיווג ייעודי אותיות של תמונות של תנועות ידיים בשפת הסימנים.

בנוסף, פותחו ממשקים אינטראקטיביים נוספים כמו משחק זיכרון, המיועד לתרגול והתאמה בין אותיות לסימני ידיים, במטרה לחזק את הידע הנרכש ולספק חויית לימוד אינטואיטיבית. המודל האלגוריתמי אף מאפשר למשתמשים להגות אותיות בקולם ולקבל התאמה בין ההגייה לסימן היד המתאים, מה שמספק כלי תומך עבור יקיריהם.

עבודה זו שילבה בין אלמנטים של חקר ופיתוח, תוך הבנה מעמיקה של תחום שפת הסימנים והצורך בתקשורת תומכת לקהלים עם צרכים מגוונים.

סיכום ומסקנות

מסקנות



- השימוש בטכנולוגיות מתקדמות של למידת מכונה וראייה ממוחשבת הוביל ליצירת פלטפורמה המספקת זיהוי מדויק, בזמן אמת, של תנועות ידיים בשפת הסימנים, ובכך משדרג את חוויית הלמידה לאינטראקטיבית ומותאמת אישית. תוצאות מרשימות אלו מדגישות את הפוטנציאל של הפלטפורמה לשפר באופן מהותי את הלמידה של שפת הסימנים עבור ילדים כבדי שמיעה ולהוות כלי תמיכה משמעותי עבור יקיריהם. באמצעות הפלטפורמה, בני המשפחה יוכלו ללמוד ולהבין את הסימנים בקלות רבה יותר, מה שיכול להעצים את הקשר האישי והתקשורת ביניהם לבין הילד.
- בעתיד, עם המשך פיתוח והרחבת הפלטפורמה, ניתן להעמיק את חוויית המשתמש ולהוסיף יכולות מתקדמות, כגון מעקב אישי מפורט אחר התקדמות המשתמש, התאמה אוטומטית של רמות הקושי, ומערכות המלצה לתרגול ממוקד על סמך ביצועים קודמים. בנוסף, ניתן להעשיר את הממשק עם פיצ'רים אינטראקטיביים נוספים כמו משחקים נוספים, הדגמות ויזואליות ועוד, על מנת לאפשר למשתמשים לשפר את מיומנותיהם בצורה מהנה ויעילה.
- פלטפורמה זו מהווה צעד משמעותי בהנגשת שפת הסימנים לקהלים רחבים ויכולה להוות בסיס לפיתוחים עתידיים שיתמכו באוכלוסיות עם צרכים מגוונים, לשיפור התקשורת והשילוב החברתי שלהם.