



Eye Tracking Project

Stav Aizik



מטרת הפרויקט

מטרת הפרויקט היא הוכחת היכולת לפתח וליישם טכנולוגיות מעקב עיניים מבוססת תוכנה באמצעות שימוש במערכת מבוססת מצלמת רשת **RGB** במחשב אישי ואלגוריתמים מתקדמים למעקב עיניים בזמן אמת.

המצב הנוכחי

ממוצע	עלות מקסימלית	עלות מינימלית	מערכת
\$14,000	\$25,000	\$5,000	Tobii
\$20,000	\$30,000	\$10,000	EyeLink
\$100~	\$300 (מחשב + מצלמה)	\$0 (שימוש באלגוריתמים קוד פתוח)	הפתרון שלנו

מוטיבציה לניסוי



כוח אדם מוסמך

נדרש בודקים מוסמכים, אנליסטים ומשתתפים מתאימים



עלויות גבוהות

מערכות יקרות, מצלמות אינפרה-אדום, מחשבים עם עיבוד חזק, תשתיות חשמל וגיבוי



חומרה ותוכנה יעודית

רכיבים ספציפים המתאימים לניסוי ותוכנות הדורשות רישויים



ניסוי לכל אחד בכל זמן ובכל מקום

אין צורך בבודקים מוסמכים, ניתן להפעלה אצל כל אחד במחשב האישי



עלויות נמוכות

מחבטס על מחשב אישי ומצלמת רשת



תוכנתי - לא תלוי חומרה

נדרש רק הרצה של פייתון על המחשב, אין צורך בצידוד אינפרה אדום

VS

ההתפתחות הטכנולוגית

התפתחות בחומרות ויכולות עיבוד של מחשבי קצה ושרתים

פריצה בתחומי ה**AI** ופיתוח אלגוריתמים חזקים לשימוש כקוד פתוח

הנגשת אלגוריתמים וכלי **AI** למשתמשי קצה ופריצות דרך בתחום **Computer Vision** ו**Deep Learning** (2015-2025)-1

תכנון ומימוש הפרויקט :: :: ::

1

העמקה במגמות
הטכנולוגיות
ובפערים הקיימים

2

סקירה אקדמאית

3

הורדת תוכנות
והתקנת סיפריות

4

ניתוח ובחינת
אלגוריתמים
מתאימים

5

כתיבת קוד
ראשונית

6

דיוק ושינוי הקוד
בהתאם לניסוי
ותהייה

7

ביצוע ניסויים
ובדיקות הנדסיות

8

חישובים וזיקוק
התוצאות
למסקנות



תהליך הניסוי



הרצת התוכנית והכנסת נתוני
משתמש

תהליך כיול מול
המסך 25 נקודות

שמירת נתוני
כיול

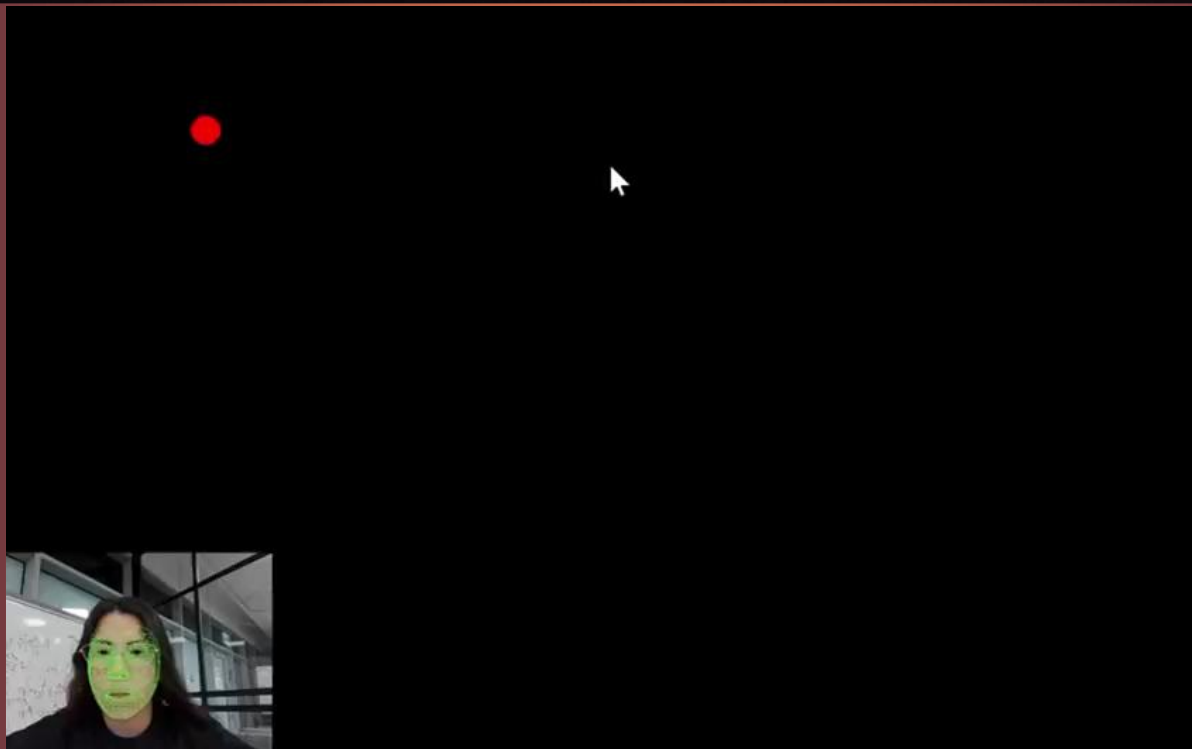
קריאת
טקסט

מעקב אחרי
מבט,
מצמוצים
ומיקום עכבר

שמירת
פרמטרים
בטבלאות

הצגת גרפים

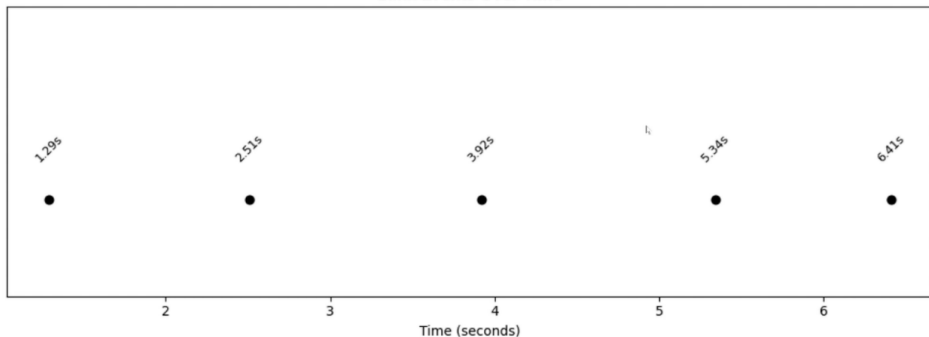
הדגמת וידאו



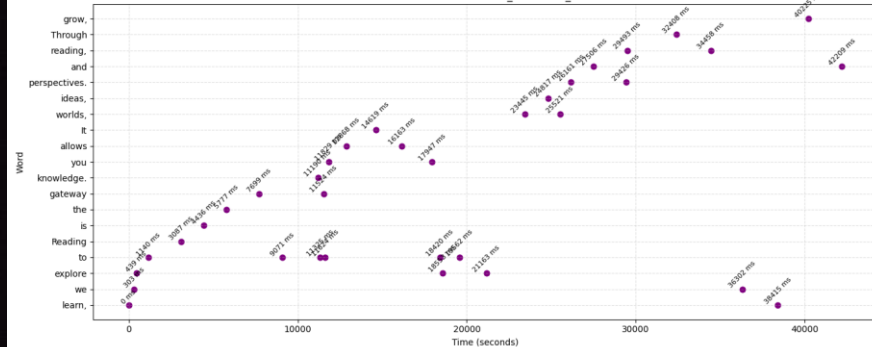
https://drive.google.com/file/d/1IL-9JtB2gYJr0J-KtM_qSrmgeCt07mRknil_evird=psu?weiv/1

תוצאות הניסוי

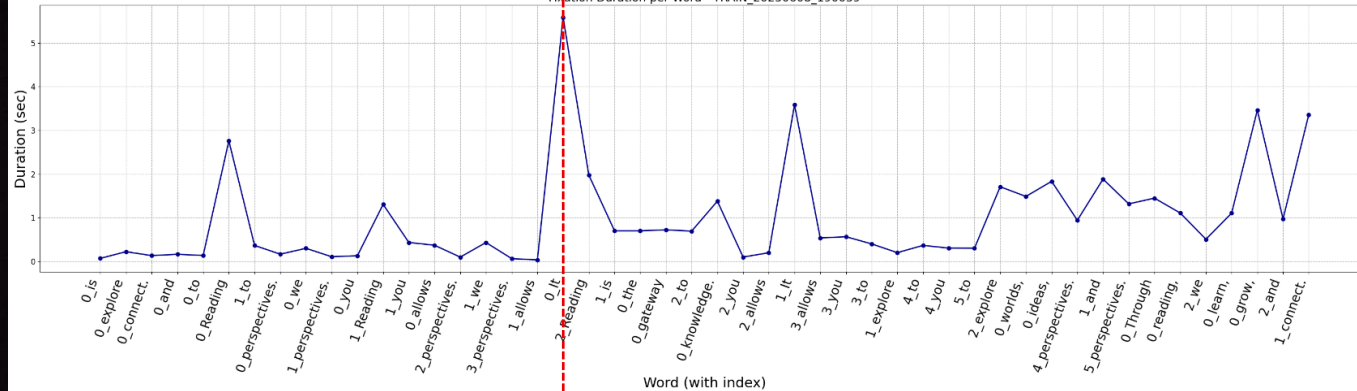
Blink Events Over Time



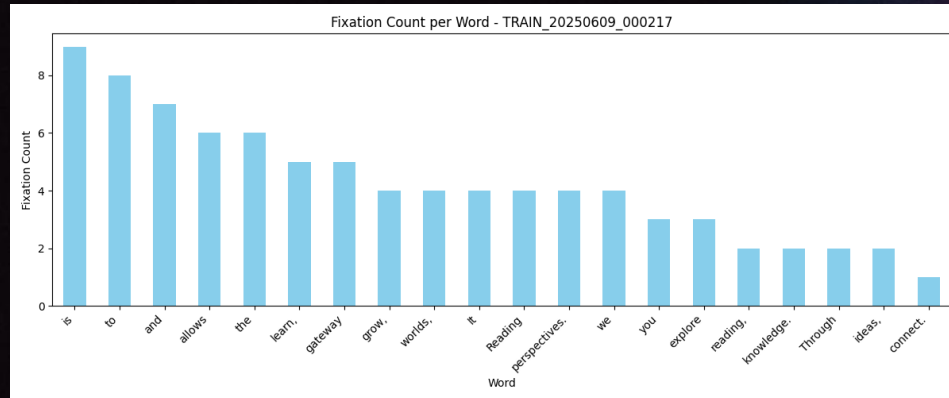
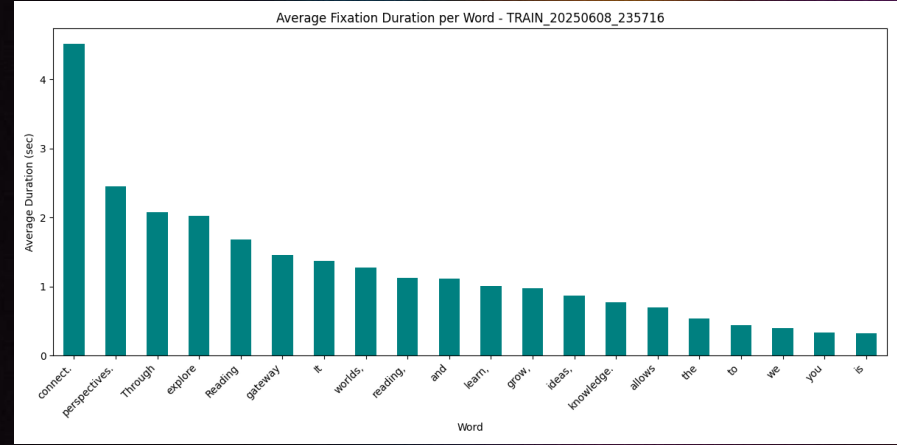
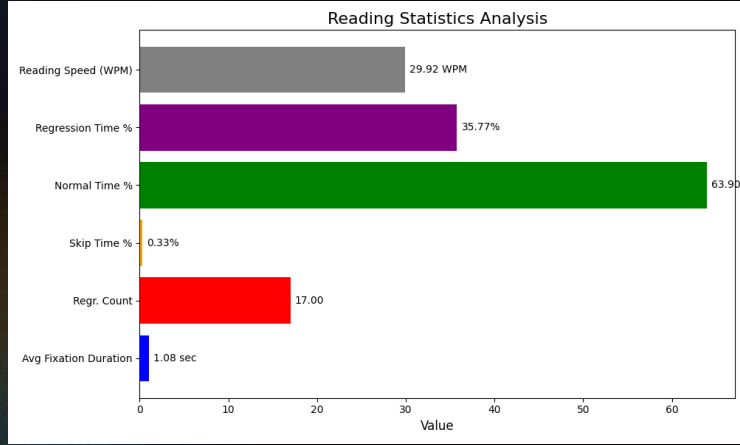
Word Fixation Times - TRAIN_20250608_140506



Fixation Duration per Word - TRAIN_20250608_190039



תוצאות הניסוי



אלגוריתמים וטכנולוגיות :: :: ::

חסרונות האלטרנטיבות	אלטרנטיבות	היתרון המרכזי שלו	האלגוריתם שנבחר	ייעוד
פחות מדויק ופחות יציב; Dlib מתאים רק לזיהוי פנים Haar גס ולא למעקב עיניים	Dlib 68 landmarks, OpenCV Haar Cascades	דיוק גבוה (468 נקודות), בזמן אמת, יציב בתנאי תאורה משתנים	MediaPipe Face Mesh	זיהוי מיקום עיניים ופנים
דורש הרבה כיוון ואיטי; SVR דורש הרבה Neural Net דאטה וכוח חישוב	SVR, Neural Networks	ריצה מהירה, מתאים ליחס לא ליניארי, פשוט לאימון	Polynomial Regression (דרגה 3)	מיפוי מבט למיקום על המסך
רגיש לתנאי תאורה, סמיות גדולות בתווזות חדות	Optical Flow	מנקה רעש ויודע לחזות תנועה הבאה, מתאים לריליטיים	Kalman Filter	החלקת תנועת מבט
אין תחזית, מגיב באיחור	Moving Average	קל ליישום, מייצב תנודות מהירות	Sliding Window Average	החלקה טמפורלית פשוטה
Flask גרפי מוגבל; Tkinter מיועד לאינטרנט ולא לאפליקציה גרפית מקומית	Tkinter, Flask	מציג טקסט ומצלמה במסך מלא, קל לתכנות	Pygame	הצגת ממשק גרפי
פחות גמיש, לא ניתן לשלב אלגוריתמים או להרחיב פונקציונליות	Excel, GUI	ניתוח כמותי וגראפי של קיבעון, רגרסיות, קצב קריאה	Pandas + Matplotlib	עיבוד נתוני ניסוי

מסקנות



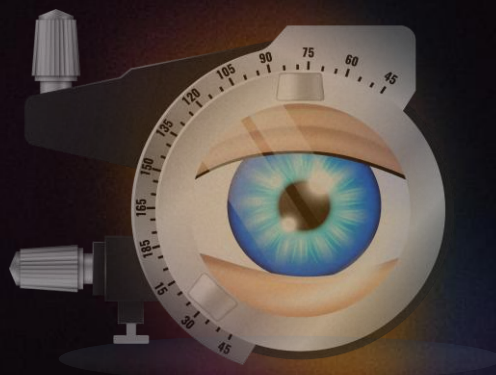
המערכת פועלת
גם עם משקפי ראיה



תאורה משפיעה על
איכות המעקב



יש רגישות לתזוזות ראש



שינויים בגודל פונט / רווחים
לא משפיעים על האיכות



קיימת רגישות לנוכחות
אנשים ברקע



הצלחת הניסוי תלויה
רבות בשלב הכיול

המלצות להמשך

