**סדנה לפרויקטים - הצעת מחקר**

שמות הסטודנטיות: סיגל גרבוייס ושחר אורון

פרוייקט: ייצור סרטונים תמונות ומפות חום המראות לאן אנשים הסתכלו בהנתן תמונה מסוימת.

מנחה: ד"ר שרון גילאי דותן

תאריך: 08/11/2022

חתימת המנחה: 

**רקע מדעי וטכנולוגי:**

הנושא של המחקר מתמקד בקבלת מדדי תנועות של עיינים (קלט) ואנליזה של נתונים אלה והצגתם (פלט). במעבדה יש מגוון רחב של פרויקטים וממצאים התנהגותיים בהם גם נמדדו תנועות עיניים (למשל מאמרים מאמרים 1,2 ו 5 ברשימת המקורות בביביליוגרפיה) אולם, רוב המידע הקשור לתנועות עיניים עדיין לא נותח וקיימת השערה במעבדה (בהתאם למה שידוע בתחום) שתנועות עיניים קשורות להתנהגות ראייתית. יש לא מעט מחקרים הטוענים שתנועות עיניים קשורות לתפיסה ראייתית ומדדים התנהגותיים כולל זכרון והבנה, אולם הקשרים בין תנועות עיניים ומדדים התנהגותיים עדיין רחוקים מלהיות מובנים. למשל – במחקר שפורסם לאחרונה במעבדה (מאמר מספר 3 בביביליוגרפיה) נמצא שאנשים מתבוננים בצורות מאוד שונות אלו מאלו בתמונות. במחקר שבוצע במעבדה גם כן אנשים התבוננו בצורה חופשית בתמונות ונמצא שתמונות יותר גדולות זוכרים יותר טוב בתנאים אלו אולם עדיין לא ברור הקשר או התרומה של תנועות עיניים לזכרון ראייתי. במסגרת מדידת תנועות העיניים כאשר אנשים מתבוננים בתמונות סטטיות מתיחסים לפיקסציות (מקומות בהן העין התמקדה) ולסקאדות/מיקרוסאדות (תנועות עיניים הקופצות ממקום למקום; מיקרוסקאדות הינן תנודות קטנות בתנועת העיניים). במסגרת הפרויקט נתייחס לכל המדדים הללו של תנועות עיניים.

מעיון במאמרים המובאים ברשימת המקורות למטה, ניתן להסיק כי מדדי תנועות העיניים משמשים ככלי חישובי יעיל עבור הסקת מסקנות מחקריות שונות.

**במאמר מס' 1,** הנושא הנידון הוא בחינת ההשערה האם יכולת תפיסת הפנים תראה הטיה של שדה הראייה שמאלה ( בשל דיווחים קודמים על דומיינטיות ההמיספרה הימנית עבור פרצופים).  
לפי **מאמר מס' 2,** ניתן להתייחס למדד תנועות עיניים לצורך מעקב אחר תפיסת פרצופים והבנת ההבעה שלהם, במובן של ההערכה רגשית כמו פנים שמחות או עצובות.

פיתוח הכלי של הפרויקט שלנו יהיה מבוסס על שיטות המתוארות **במאמר מס' 3**. במהלך הפיתוח נשתמש בשיטות המבוססות על ניתור הפיקסציה של העין האנושית לטובת עיבוד הראייה. שיטת העבודה בה עבדו במאמר זה בדומה לשיטה שבה נשתמש בפרויקט מבוססת על מס' datasets בהם נאספו דגימות של משתתפים שצפו בצורה חופשית באוסף של תמונות - במחקר זה כ700 תמונות בהן מוצגות סצנות מורכבות יומיומיות, כל אחת מוצגת במשך כ3 שניות כאשר תזוזת העיניים והמבט של המשתתפים נמדד במכשיר תנועות העיניים הזהה למכשיר בו נאספו תנועות העיניים בפרויקטים במעבדה בה נעבוד.

כמו כן במאמר זה מתייחסים לתיאוריה של הפניית קשב שניתנת למדידה על ידי הפיקסציות (המקומות בתמונה בהם התמקדו) אותם עשו האנשים שהתבוננו בתמונות. המחקר עוסק בהבדלים בדפוסי הפיקסציה בין בני אדם שונים, וניתן לראות כי באופן מדידה זה נמצא שוני והבדלים עקביים בין אנשים בדפוסי הסתכלות על סוגי תמונות שונות.

עוד לגבי תנועות עיניים מוסבר **במאמר מס' 4**. מתוכו נגזר כי תנועות עיניים סקאדיות (תנועות עיניים קופצניות קטנות מהירות מאד למשך זמן קצר) משקפות תהליכים קוגניטיביים. במסגרת המאמר ישנו שימוש בניתור של סקאדות בעזרת מכשור, ומהתוצאות ניתן לראות כי תנועות עיניים מונעות על ידי מנגנוני תגמול ולכן יש קשר בין התנהגות מסוימת לבין תנועות עינים.

מאמר זה גם סוקר את מגוון המחקרים הפסיכופיזיים והדמיות אשר תומכות בכך ששינויים בקשב שמבצע הצופה משתקפים בדרך כלל בפיקסציות שמבצעת העין, שניתן למדוד על ידי הסקאדות של העינים.

**מאמר מס' 5** זהו המאמר המרכזי עליו מתבסס הדטה שלנו. המאמר מציג תוצאות התנהגותיות אולם נאספו בו גם מדדים של תנועות עיניים שלא נותחו ושעבורן נפתח כלי שיאפשר ניתוח שלהן, ויזואליזציה וכימות שלהן במספר צורות. כלי זה יאפשר לנתח אם הן קשורות לתוצאות ההתנהגותיות שנמצאו במחקר. במחקר נמצא שתמונות גדולות ניתנות לזכירה בצורה טובה יותר מתמונות קטנות. הכלי שנפתח יאפשר לבדוק את ההשערה שקיים קשר בין תנועות העיניים לזכרון הראייתי.

מהלך הניסוי: לקבוצת המחקר של 182 איש הוצגו תמונות שונות למקטעי זמן קצרים של 2 שניות לתמונה כאשר הנבדקות והנבדקים התבקשו להסתכל על התמונות ולא ידעו כלל על כך שיבחנו עליהן לאחר מכן. בשלב הבא נעשתה בדיקת זכרון לגבי התמונות אותן ראו. זה נעשה על ידי כך שהם נשאלו לגבי כל תמונה שהוצגה האם הם זוכרים שראו אותה או לא (גם לתמונות שראו וגם לאלו שלא ראו). כל הניסויים בוצעו בתוך חדר חשוך המכיל פלטפורמה שפותחה ע"י יורם בונה, הרצה על מחשב Windows ועוקבת אחר תנועות העיניים של הנבדקים בעזרת מכשיר מעקב תנועות עיניים1000 plus Eyelink בקצב של 500 הרץ כלומר 500 דגימות בשניה. הפלטפורמה יודעת להריץ קבצים המתארים את אופן הניסוי ולהעלות מידע מסודר אודות התגובות של הנבדק/ת (זאת ועוד, פירוט על איך עובדת הפלטפורמה מתואר למטה ב"שיטות עבודה")

ניתן לראות כי קיים צורך חישובי בפרויקט שלנו. הפרויקט יעניק יכולת אמפירית לאנליזה של מדדי תנועות העיניים. יצירת מפת החום או מסלולי תנועות העיניים על תמונה תאפשר ויזואליזציה שתתרום להבנה של דפוסי תנועות העיניים שיוכלו להוביל לסוגי אנליזות נוספות שונות בהתאם למה שההדמיות מהכלים שנפתח יגלו.

הכלי שנייצר יאפשר המחשה ראייתית של מסלולי ודפוסי תנועות העיניים על התמונות עצמן ויאפשרו לקדם המחקר במעבדה וכמו כן במגוון נושאי מחקר הקשורים לנוירופסיכולוגיה, הקשר בין ראיה וזיכרון, קשב ראייתי ולתחומי מחקר שונים.

**מטרת המחקר:**

בהינתן מדדי תנועות עינים שנמדדו בזמן התבוננות חופשית במס' רב של תמונות ( גירויים ראייתיים), ייצור כלי העושה אנליזה וויזואליזציה של תנועות עינים שהתבצעו בזמן התבוננות בכל אחת מהתמונות אם ע"י מתבוננן בודד או קבוצת מתבוננים.

האנליזה תתבצע על ידי יצירת כלי (מבוסס מטלב) שיאפשר לתת ממשק נוח להכנסת קלט של תמונות/ סדרת תמונות/ ספרייה עם גירויים/ קבצי נתוני הניסוי כולל גם קבצי נתוני תנועות העיניים.

כפלט הכלי יאפשר יצירה של סרטון המראה את מסלול תנועת העינים בזמן אמת על גבי התמונה/ תמונה שמציגה את מסלול תנועות העיניים על גבי התמונה/מפת חום שמראה לאן הסתכלו וכמה זמן בכל מקום כולל שמירה של ויזואליזציה זו בתמונה.

מטרת המחקר נתונה והפרויקט מודולרי בהתאם להתקדמות היעדים.

**חשיבות הפיתוח המוצע:**

התועלת מן הפרויקט תיראה לעין בתחומים הנוגעים לקשר שבין תנועות עיניים ופרמטרים נוספים הקשורים למדעי הראייה והמוח. ישנם מאמרים רבים בנושא ומצד שני יש עוד הרבה מה ללמוד עליו, עולם המדע צמא לתובנות חדשות וכלים חדשים.

במהלך ההכנה לפרויקט השתתפנו בכנס IVSS שהתקיים באוניברסיטת בר אילן ובו נפעמנו לגלות עד כמה עולם הראיה הוא כה מסועף לתתי נושאים מגוונים וביכולתו לנסות לשפוך אור על שלל תובנות מדעיות.

בכנס הציג ד"ר שבתאי ברש ממכון וייצמן מחקר בו הוא מסביר את כיוון המבט בראיית לילה- ישנה הטיה כלפי מעלה. ממסקנת המחקר הנ"ל, אנו מבינות כי נושא תנועת העיניים והמיקוד שלהן בשדה הראיה נותן מסקנות רלוונטיות וחשובות בעולם הראיה- ובעזרת הכלי החישובי שניצור בפרויקט, ניתן להסיק דברים כמו אלו.

ישנה חשיבות לכלי החישובי שניצור דווקא בעולם הרפואה-  לאור המאמרים שראינו, ישנה קורלציה בין תנועות העיניים לבין התנהגות ותהליכי למידה וזיכרון.

חשיבות נוספת בפיתוח המוצע מתבטאת בעיבוד המידע שנאסף ע"י החוקרים והצגתו בצורה נוחה ונגישה שתאפשר גזירת מסקנות והובלה לניסויים יותר מעמיקים.

זאת ועוד, ישנה חשיבות של הכלי החישובי שניצור עבור המעבדה שלנו:

יש במעבדה הרבה מאוד נתונים התנהגותיים (פסיכופיזיקה) בהם אנשים ראו תמונות וגירויים ראייתיים מסוגים שונים מצד אחד, ומצד שני יש בה תוצאות התנהגותיות שמראות איך התנאים השונים (כלומר סוגים שונים של גירויים ראייתיים) השפיעו על מדדים התנהגותיים. למשל על זמני תגובה, על התפיסה והדיוק של הגירויים, על הזיכרון של התמונות, על ההבנה של מה יש בתמונות, על היכולת למצוא אם יש או אין  פרצוף בין הרבה גירויים שונים וכדומה.

בהרבה מהניסויים הללו יש לנו מדדים של תנועות עיניים, כלומר יש נתונים עבור אילו מקומות העיניים הסתכלו בזמן הניסוי. ברוב הניסויים עדיין לא בוצעו ניתוחים כמותיים או איכותיים לגבי הקשר של מדדי תנועות העיניים להתנהגות.

ההנחה הרווחת בקרב החוקרות והחוקרים במעבדה היא שתנועות העיניים קשורות ומשפיעות על ההתנהגות ועל מה מבינים, מה זוכרים, מה מזהים וכו - מכאן, עולה הצורך בכלי בו נוכל להעניק לחוקרים את היכולת לראות לאן אנשים הסתכלו (לאיזה מיקומים, באיזה זמנים, באיזה סדר זה קרה, כמה "חשובים" מקומות מסוימים אצל אנשים מסוימים לעומת אצל אנשים אחרים וכו').

כלומר, כלי שייתן ויזואליזציה של הנתונים הללו מולבשים על התמונות. זה לא רק ייתן מידע חשוב לגבי הנתונים שכבר נאספו, אלא, יאפשר תכנון של מחקרי המשך לפי הדפוסים שאולי נמצא וכרגע חבויים מפנינו.

**שיטות עבודה:**

* הסקה סטטיסטית, אוטומציה של איסוף נתונים מתוך ניסויים, תוך שימוש במטלאב.
* עיבוד תמונה, יצירת סרטונים, מניפולציה של סרטונים.
* יצירת ממשק GUI במטלב
* הרצת הניסוי: הרצת הניסוי מתבצעת בתוכנית psy המקובלת במעבדה.
  + מעלים קובץ P FILE ומריצים אותו בpsy. בקובץ זה ישנן הוראות לאופן הרצת הניסוי.
  + בזמן הרצת הניסוי מתקבלים מס' קבצים: Log file שבו מתועדים תוצרי הניסוי –מדדי תנועות העיניים ובנוסף מידע על ההתנהגותיות של הנבדק (האם לחץ על התשובות הנכונות וכדומה).

קובץ נוסף הינו קובץ edf שאותו נעלה בשלב הבא אל MATLAB לטובת אנליזה של התוצאות הגולמיות.

* ביצוע אנליזה לניסוי: נשתמש בתוכנת psy view המקובלת לשימוש במעבדה.
  + התוכנה מריצה את הקבצים שהתקבלו בשלב הרצת הניסוי ועוברת על הקלטת מכשיר תנועות העיניים המניב וקטורים עם קורדינטות X Y המעידות היכן היו העיניים על המסך. הpsy view קובע מסך כל הוקטורים של רצפי תנועות העיניים- מהי סקאדה ומהי פיקסציה. זה קורה מאחורי הקלעים באופן אבסולוטי באמצעות אלגוריתמים שעוזרים לקבוע לפי הגדרות מסויימות- אם העין זזה ממיקום למיקום במהירות מסוימת- זה ייחשב לסקאדה/פיקסציה.
  + ברגע שהpsy view רץ ומעלה את החישובים- הוא מכניס את ההחלטות עבור כל תנועות עיניים (האם זו סקאדה ), מחלק אותם לepochs=trail=תמונה, כל שורה היא תמונה שהנבדק ראה ועבור כל תמונה מקבלים את הנתונים היבשים של איזו תמונה הוא ראה, מה גודלה, למשך כמה זמן, מהי קטגורית התמונה (יש 4 קטגוריות- פרצופים, אנשים, indoors ו-outdoors). ובסוף מקבלים את נתוני תנועות העיניים עבור אותו הtrial = תמונה.
  + אופן החישוב שמתבצע בתוכנה:

החישוב שמתבצע בpsy view, באופן אוטומטי מחשב את הסקאדות ולא את הפיקסציות, לכן לטובת מציאת נקודות הפיקסציה נלקח המשלים של הסקאדות (באופן גס) ומוגדר בתור הפיקסציות. חישוב הפיקסציות מתבצע באופן גס מאחר וצריך להתחשב בכך שיש זמנים של מצמוצים, זמנים בהם המכשיר לא קרא טוב את תנועות העיניים, ותנועות דריפט קלות של העינים.

בנוסף, עלינו לשים לב אל מיקרוסקאדות- סקאדות קטנות. עלינו להגדיר סף שאומר- גם אם היו שם מיקרוסקאדות יכול להיות שהם יחשבו כפיקסציה. כלומר, להגדיר threshold של מיקרו סקאדות שכל מה שמתחתיו יחשב כפיקסציה.

* + כש psy view מעלה את הדטה (הקלטה ארוכה של תנועות עיניים) ומחלק את הדטה לepochs, trials, תמונות. באופן אוטומטי הוא מחלק את ה trials לא לפי שינויי התמונות שאנו הגדרנו בניסוי. עלינו להגדיר את ה psy view לחלק את הepochs בצורה של 2 שניות לתמונה, ובנוסף שיתחיל את זה מזמן אפס (אופציונלי). זאת כיוון שאם הוא חותך מ-0.5 עד 1.5- יש לנו חצי שניה של חוסר התאמה בין מעבר התמונות, כך הוא יחלק את הדטה בצורה המתאימה.
  + כשמיקומי העיניים נרשמים ב psy view הם נרשמים יחסית לקורדינטות (0,0) בצד שמאל למעלה של המסך וכל הדטה מתייחס לצורה הזאת, גם בתוך שדה etr epochs, עלינו לקבל החלטה האם להגדיר את נק' (0,0) במרכז המסך או להשאיר את ראשית הצירים בשמאל למעלה.

**תוכנית עבודה מבחינת לוחות זמנים:**

1. נובמבר 2022 - הכרות בסיסית וכתיבת הצעת המחקר.
2. דצמבר 2022- הכרת סביבת העבודה -לימוד מטלב והבנת יצוגים של תמונות, סרטונים, מבני הנתונים של הדטה שלנו, הכרת יצירת ממשק GUI בסיסי במטלב דרכו יתאפשר לבחור את ה INPUT.
3. דצמבר 2022 עד ינואר 2023- בניית פונקציות בסיסיות שמאפשרות לקרוא את הנתונים ולתרגם אותם למרחב התמונה. כולל בדיקות שפיות (sanity checks) - לראות שאנו מצליחות לתרגם את הקורדינטות מהקובץ לקואורדינטות במרחב התמונה, רואות באמת את מה שאנו חושבות שאנו רואות. להצליח לעבור על מס' תמונות ולוודא כי הנתונים אכן הגיוניים. יתכן ונאסוף נתונים נוספים שנייצר ונוודא שהאלגותים שפיתחנו אכן מראה את מה שהוא אמור להראות – כלומר שנתוני הגת תנועות העיניים תואמים את המיקומים האמיתיים שארעו בפועל.
4. ינואר 2023 עד פברואר 2023- פיתוח קריאת הנתונים של נבחן יחיד - להסתכל על כל נתוני תנועות העיניים של נבדק.ת אחד שמסתכל על מספר תמונות והצגתם במספר צורות על התמונה (מפת חום, מסלול תנועות העיניים שנעשו). חשוב לציין שנתונים של נבדק בודד כוללים את כל מהלך הניסוי ולכן כאשר נקבל קובץ תנועות עיניים של נבדק בודד יהיה עלינו לחלץ מתוכו את החלק בזמן ששייך לתמונה עליה אנו מתבקשים לעבוד ובאנליזה להתייחס רק לנתונים אלו. האנליזה תכלול המרה של הקואורדינטות כפי שמופיעות בקובץ לקואורדינטות לפי מימדי התמונה על מנת שנוכל לעשות ויזאליזציה של מסלול תנועות העיניים ביחס למיקומים בתמונה.
5. פברואר 2023 – תקופת בחינות
6. מרץ 2023 - יצירת סרטון של תנועות העיניים שמולבש על התמונה עליה הסתכלו – בקצב שתואם את מהירות תנועות העיניים שנעשו בפועל. פה נצטרך לעשות DOWNSAMPLING של המידע של תנועות העיניים כיום שהוא נדגם בניסוי בקצב של 500 הרץ (כלומר 500 פעמים בשניה) אולם קצב סרטונים הוא בדרכ 25 או 30 פריימים בשניה. נצטרך להחליט האם כל פריים מציג רק חלק מהנתונים או שכל פריים מעדכן את מה שנעשה בזמן המתאים עד לפריים הזה (כלומר 500 חלקי 30 עדכונים בכל פריים).
7. אפריל 2023 - שילוב של נתונים ממספר אנשים המתבוננים על אותה תמונה. זה יעשה או ע"י יצירת מסלולים שונים על אותה תמונה (למשל מסלול תנועות העיניים של כל נבדק או נבדקת יצוייר בצבע שונה על התמונה, או ע"י מפת חום שתיקח בחשבון את ממוצע תנועות העיניים של קבוצת המתבוננים).

מצד אחד ניתן לסכום את הפיקסציות של האדם עבור כל גריד (ריבוע) בתמונה (בהינתן רשת חלוקה (גריד) ברזולוציה שנגדיר על התמונה). יהיה עלינו להחליט מה נעשה במידה ואדם אחד עשה באותו ריבוע כמה פיקסציות- האם נחשב אותן כ+1 או נסכום את מס' הפעמים שהוא הסתכל שם? האם נעשה את ממוצע הנבדקים עבור כל גריד? האם נעשה את ממוצע הפיקסציות עבור אדם אחד ואת זה נוסיף לשאר הסכימות של שאר הנבדקים?

1. אפריל-מאי 2023 - יצירת ממשק במטלב שמאפשר לבחור קלט (קבצי תנועות עיניים של נבדקת או נבדק או מספר נבדקים וגם את הגירויים עליהם מדובר (תמונות עצמן או שמות התמונות), את סוג הפלט אותו רוצים לייצר (מפת חום, תמונת מיקומי עיניים או סרטון) וספריה בה ניתן לשמור את הפלט. לאחר הזנת הקלט הממשק יאפשר ללחוץ על כפתור הפעלה שיפעיל את האלגוריתמים שפיתחנו ויבנה את הפלט – גם ישירות במטלב וגם לשמור זאת בדיסק.
2. מאי-יוני 2023- אנליזת תנועות העיניים של מס' אנשים על מס' תמונות מאותו סוג (למשל תמונות פרצופים).
3. יוני 2023 - בשלב האחרון של הפרוייקט נבנה גם אנליזה (וממשק יעודכן בהתאם) שיאפשר לבחון את נתוני מעבר בין פיקסציות (כלומר את הסקאדות למשל).
4. יוני יולי 2023 – כתיבת והכנת סיכום לקראת הצגת הפרויקט

**ביבליוגרפיה:**

**1**. Kreichman O, Bonneh Y, Gilaie-Dotan S. (2020).

Investigating face and house discrimination at foveal to parafoveal locations reveals category-specific characteristics. Scientific Reports

<https://www.nature.com/articles/s41598-020-65239-y>

**2.** [Vasilisa Akselevich](https://osf.io/j3a9h/) [Sharon Gilaie-Dotan](https://osf.io/4uawm/) )2022(

Positive and negative facial valence perception are modulated differently by eccentricity in the parafovea.

<https://doi.org/10.31234/osf.io/rbw74>

**3**. Benjamin de haas, Alexios L. lakovidis, D. Samuel Schwartzkopf, Karl R. Gegenfurtner (2018)

Individual differences in visual salience vary along semantic dimensions

<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1820553116> -

**4**. Mary Hayhoe and Dana Ballard(2005)

Eye movements in natural behavior

<https://www.cs.utexas.edu/~dana/Hayhoe.pdf>

**5.** [Shaimaa Masarwa](https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2119614119#con1), [Olga Kreichman](https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2119614119#con2), and [Sharon Gilaie-Dotan](https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2119614119#con3) (2022)

Larger images are better remembered during naturalistic encoding.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2119614119>