<u>הקשר בין נסיון בנהיגה לבין זיהוי תמרורים יחסית למיקומם</u>

אבינועם בורובסקי סטודנט לתואר שני, פרופסור דוד שנער, דר' ישראל פרמט
ופרופסור יואכים מאיר,אוניברסיטת בן גוריון בנגב

מטרות המחקר. מחקר זה נועד לבחון מצבים שונים בנהיגה בהם הניסיון יכול לגרום לטעויות בזיהוי תמרורים, כאשר הם ממוקמים במקומות לא צפויים (צד שמאל של הכביש) ולהראות כי חשוב למקם תמרורים בהתאם לציפיות הנהג על מנת להגדיל את ההסתברות של הנהג המנוסה לזהות אותם. על פי דוחות המשטרה אי ציות לתמרורים היא אחת הסיבות השכיחות לתאונה. נהגים מנוסים הפועלים על פי סכמות קבועות מראש בזיכרון עלולים לחוות קשיים בזיהוי תמרורים כאשר הם ממוקמים במקומות לא צפויים. ולכן, הנטייה להאשים אותם במצבים אלו שגויה משום שכפי הנראה הבעיה היא בתכנון לקוי של סביבת הנהיגה. הנהגים הצעירים לעומתם פועלים ללא ידע מוקדם ובחוסר ציפיות ולכן עבורם, אין חשיבות למיקום התמרור. המחקר הנוכחי יראה כי מיקום תמרורים בהתאם לציפיות הנהג המנוסה מגדילים את הסיכוי לזהותם ולכן ישנה חשיבות עליונה להקפיד למקמם על פי חוקי התנועה על מנת למנוע תאונות דרכים מיותרות הנובעות מאי ציות לתמרור.

שיטת הביצוע. הנבדקים נחשפו למשך זמן קצר לתמונות של רחובות ודרכים במצבי תחבורה שונים. בחלק מהתמונות הופיע תמרור "אסורה הפניה ימינה" במקום צפוי (צד ימין) ובחלק מהתמונות הופיע תמרור זה במקום הלא צפוי של הדרך (צד שמאל). תהליך זהה בוצע עם תמרור "אסורה הפנייה שמאלה". עבור כל אחד מהתנאים נוספו תמונות זהות שכללו הולכי רגל, ואלו הוגדרו כתמונות בעלות עומס מידע רב יותר. תנועות העיניים של הנבדקים נמדדו במהלך כל הניסוי באמצעות מערכת למעקב אחר תנועות עיניים.

עיקרי הממצאים. תוצאות המחקר הראו כי אכן לנהגים מנוסים סיכוי גדול יותר לזהות את התמרור מלנהגים החדשים כאשר הוא ממוקם בצד ימין. לעומת זאת, בצד שמאל לנהגים מנוסים סיכוי קטן יותר לזהות את התמרור מלנהגים החדשים. בנוסף, תוצאות המחקר הראו כי עבור משך פיקסציות מצטבר נתון, ההסתברות לזהות את התמרור הייתה גבוהה יותר בצד ימין מבצד שמאל בקרב הנהגים המנוסים. בקרב הנהגים החדשים, לא נמצא הבדל בהסתברות לזהות את התמרור בין אם הוא הופיע בצד שמאל ובין אם בצד ימין עבור משך פיקסציות נתון. כמו כן כל הנהגים זיהו באופן כללי תמרור האוסר פניה שמאלה טוב יותר מאשר תמרור האוסר פניה ימינה כאשר התמרורים הופיעו בצידו הימני של הכביש. בניתוח זמני התגובה נמצא כי נהגים מנוסים מזהים תמרורים מהר יותר מנהגים צעירים ולא מנוסים וכי תמרור האוסר פניה שמאלה מזוהה מהר יותר מתמרור האוסר פניה ימינה. בניתוח משך הפיקסציות המצטבר כמשתנה תלוי כלומר סך כל הזמן שמקדיש הנהג לצפייה בתמרור נמצא כי משך הפיקסציות המצטבר הקצר ביותר הוא כאשר קיימת תאימות במיפוי המרחבי. כך למשל במצב של אי-תאימות מרבית נהגים התבוננו בתמרור האוסר פניה שמאלה כאשר הוא מוקם בצידו הימני למשך זמן הארוך ביותר מכל ארבעת המצבים האפשריים. תוצאות המחקר אוששו את השערות המחקר והדגישו את החשיבות של מיקום התמרור בהתאם לציפיותיו של הנהג המנוסה. תוצאות המחקר הנוכחי מראות כי תהליך זיהוי התמרור מורכב בדרך כלל משני שלבים: בשלב הראשון הנהג מפנה את מבטו לצד מסוים ובשלב השני הוא מפענח את משמעות התמרור. הנהג המנוסה "מעדיף" את צד ימין.

המלצות. מיקום תמרורים במקום בלתי צפוי (בצד שמאל של הכביש) מוביל לטעויות בזיהוי בקרב נהגים מנוסים ובאופן פרדוקסאלי לביצועים גרועים מאלו של נהגים חדשים. בכך למעשה מתבטל יתרון הנהג המנוסה על פני הנהג החדש ואף במקרים מסוימים לנהג חסר הניסיון נוצר יתרון על פני הנהג המנוסה. לכן,

The relation between driving experience and recognition of road signs relative to their locations

Avinoam Borowsky M.S. student, Prof. David Shinar, Dr. Yisrael Parmet and Prof. Joachim Meyer, Ben Gurion University of the Negev.

Executive Summary

Objectives. The study was designed to examine driving situations in which experience might paradoxically lead to a failure in the identification of traffic signs. This may occur when traffic signs are located in unexpected places (the left curb). It demonstrates the importance of locating traffic signs in accordance with drivers' expectations in order to improve their detection, especially by experienced drivers. According to police reports, disobeying traffic signs is one of the most frequent causes of accidents. Because experienced drivers have pre-determined schema for scanning the roadway, they should experience difficulties in identifying traffic signs when they are located in unexpected locations. Thus, in such situations, the tendency to blame the driver for an accident is mistaken, and the problem is in the roadway environment. Novice drivers, on the other hand, operate with little previous knowledge and with less expectations, and for them there is no special preference for the traffic sign' location. The goal of this research project was to demonstrate that locating traffic signs in accordance with the experienced driver' expectations (on the right curb) increases the likelihood of detecting them. Therefore it is important to place signs in accordance with the law in order to prevent unnecessary accidents resulting from inadvertent disobeying to traffic signs.

Methodology. Subjects were briefly exposed to various traffic scenes. Some of the pictures included a No Right Turn (NRT) traffic sign at the expected location and some included the same traffic sign at an unexpected location. The same procedure was utilized with a No Left Turn (NLT) traffic sign. Each of these conditions included also the same target pictures with an additional element - a pedestrian. These pictures were treated as a means to increase visual clutter and traffic information.

Findings. Results indeed showed that experienced drivers were more likely to detect a traffic sign than novice drivers when it is placed on the right curb. However, when the traffic sign is located on the left curb, experienced drivers, were less likely to detect the traffic sign than novice drivers. In addition, the results demonstrated that for a given cumulative fixation

duration the probability of detecting the traffic sign for the experienced drivers was higher when the sign was on the right side, rather than on the left side, of the road. No such difference was found in the probability of detecting the traffic sign among the novice drivers. Furthermore, drivers generally detected a No Left Turn traffic sign better than a No Right Turn traffic sign when traffic signs were located on the right side of the road. Analyses of the response times showed that experienced drivers detected traffic signs faster than novice drivers and that a No Left Turn traffic sign was detected faster than a No Right Turn traffic sign. The cumulative fixation duration analysis – a measure of total viewing time - showed that the shortest cumulative fixation duration is when there is a spatial compatibility between the traffic sign's information and its location. Drivers fixated the No Left Turn for the longest cumulative fixation duration when it was located on the right side of the road. These results are consistent with the research hypotheses and emphasize the importance of placing traffic signs in accordance with the experienced driver's expectations. The findings also imply that the traffic sign's recognition is usually composed of two steps: in the first step the driver directs his or her gaze towards a specific side of the road and in the second step he or she deciphers the traffic sign's meaning. The experienced drivers prefer to direct their gaze towards the right side of the curb.

Recommendation and implementations for policy. Placing traffic signs at an unexpected location (on the left side of the road) leads to delayed detection and complete misses among experienced drivers and paradoxically makes their performance worse than that of novice drivers. This eliminates the advantage the experienced driver has and in some cases makes the novice driver superior. Therefore, highway designers should be guided to respect the importance of locating traffic signs in accordance with the law in order to prevent unnecessary errors that might eventually lead to accidents and loss of lives. In cases where traffic sign location violates drivers' expectations and the traffic regulations because of specific environmental difficulties, the driver must be informed of this in advance so he or she can respond in time to take the appropriate action.

תודות:

ברצוני להודות לרותם חכמה ולאופיר לביא, סטודנטים מהנדסת תעשיה וניהול, אשר ביצעו את המחקר במסגרת הפרויקט הסופי לקבלת התואר. הסטודנטים ביצעו עבודה מעולה אשר כללה את התכנון והביצוע של המחקר. בזכותם, מחקר זה התבצע על הצד הטוב ביותר ובכל הרצינות הדרושה.

1. הקדמה

נהיגה הינה משימה מורכבת המשלבת בתוכה מספר מיומנויות שונות: קואורדינציה מוטורית, קליטה ועיבוד מידע, הערכת סיכונים, מרווחי בטיחות, איזון מהירות הרכב וכדומה, וזאת בהתאם להתנהגות הסביבה (כמו למשל, כלי רכב נוספים, הולכי רגל, תנאי הכביש) (Duncan, Williams & Brown, 1991).

כמו כל משימה מורכבת, הנהיגה משלבת משימות ומטרות שונות. יתר על כן כשמדובר בנהיגה, לאילוץ הזמן השפעה קריטית על טיב הביצועים. הסיכוי של נהג חדש להיות מעורב בתאונה גדול כמעט פי שלוש מנהג מנוסה עם לפחות 5 שנים ניסיון (Maycock, Lockwood and Lester 1991). על פי מחקרים שנעשו ע"י Underwood & Crundall (1998), בהם חשפו נהגים חדשים ומנוסים לדרכים ברמות שונות של עומס ויזואלי ע"י סוגים שונים של מצבי תחבורה, נמצא כי ניתוח ממוצעי זמן הפיקסציות ופיזור החיפוש מראה על השפעת הניסיון על יכולות עיבוד האינפורמציה הנדרשת בדרכים בין נהגים צעירים ומנוסים. ניתן לראות באופן רציף וברור שאסטרטגיות החיפוש- בייחוד במצבים עם סיכון- שונות בין קבוצות נהגים אלו. בניגוד לנהגים המנוסים שמשנים את תבנית הסריקה שלהם ומקצרים את משך הפיקסציות בעצמים שונים בכביש ככל שהסצנה עמוסה יותר, הנהגים החדשים לא משנים כלל את תבנית הסריקה ואת משך הפיקסציות שלהם בכל אחד מעומסי התחבורה השונים שנבחנו. קשה להתעלם מהקשר הברור בין ניסיון בנהיגה ובין מעורבות בתאונות דרכים. לטענתו של Evans (1991), נהג מעורב בתאונה בממוצע אחת לעשר שנים של נהיגה. כלומר, בשנתם הראשונה רק 10 % מהנהגים החדשים אמורים להיות מעורבים בתאונות דרכים. בפועל ניתן לראות מעורבות הרבה יותר גדולה מזו של נהגים חדשים בתאונות. לטענתם של Taylor & Sabey (1980) טעויות בזיהוי ובתפיסה הן גורם נפוץ לתאונות דרכים בקרב נהגים חדשים. סביבת הנהיגה מספקת מידע חזותי רב בכל רגע נתון, אך נהגים מבחינים ומתייחסים רק למידע מועט מסך המידע הזמין (Hughes & Cole 1986). כל החלטה שמקבלים, כל פעולה שמבצעים, וכל מצב תחבורה אליו ניחשף יספקו משוב לנהג. יש להניח כי משוב זה הוא המורה היעיל ביותר עבור הנהג (Summala & Naatanen, 1976).

אחת המשימות העיקריות של הנהג היא לזהות סכנות בכביש ולבחון דרכי פעולה שיאפשרו המשך נסיעה בטוחה. זהו תהליך למידה דינאמי-ספציפי למערכת התחבורה המשתפר ככל שרמת הניסיון עולה (Benda and Hoyos, 1983). הבדלים משמעותיים נצפו בסריקה הוויזואלית של סביבת הנהיגה בין נהגים חדשים לבין נהגים מנוסים, והם באים לידי ביטוי בעיקר בזמן נהיגה בכבישים עמוסים במידע ובמצבים מסוכנים. לאור העובדה שליכולת לזהות סכנה ולדלות מידע חיוני מהסביבה יש השפעה ניכרת במניעת תאונות, ויכולת זו משתפרת ככל שרמת הניסיון עולה, מחקרים רבים מנסים לבחון הבדלים בתנועות העיניים של נהגים מנוסים לעומת נהגים חדשים. הבדלים אלה יאפשרו להבין טוב יותר כיצד הניסיון מסייע בעיבוד המידע החזותי ובהפניית המבט לפרטים הרלוונטיים (למשל, Chapman & Katharine, 2002). מחקרים הראו כי ככל שהסצנה הויזואלית מורכבת יותר כך גדל מס' תנועות העיניים ותוחלת זמן הפיקסציות יורד (למשל, Erikson & Horberg, 1980; Miura, 1990).

מס' תנועות העיניים מורכב כמעט כולו מתכונות ויזואליות של הסצנה. תוחלת משך הפיקסציות בד"כ משקף את רמת הידע של הנהג לגבי סכנה ואת הזמן הדרוש לו לעבד את האינפורמציה בה הוא נתקל. תמיכה להשערה זו מצאו Chapman & Underwood (1998) אשר הראו כי נהגים חדשים נוטים לבצע פיקסציות ארוכות יותר מנהגים מנוסים בסיטואציות מסוכנות, וזאת משום שלוקח להם יותר זמן להבין כי אכן ישנה סכנה. הבדלים נוספים נמצאו גם בפיזור החיפוש הוויזואלי. Mourant & Rockwell (1972) גילו כי נהגים חדשים מרכזים את החיפוש שלהם באזור קטן יותר הקרוב לקדמת המכונית- דבר שעלול למנוע מהם לקבל תמונה מלאה וכוללת של הסביבה. שינויים בחיפוש בסצנה הויזואלית בין נהגים חדשים ומנוסים הם אינדיקציה למיומנות המתפתחת באופן ספונטאני אך איטי. בדרכים ישנו שטף גדול של מידע ויזואלי, ולכן דגימות והצלבות מידע חיוני הן עניין קריטי למשימת הנהיגה. על מנת להשיג תמונה כוללת וכמה שאפשר מדויקת על הדרך- רוב העצמים המתריעים תוכננו להיות בולטים. Theeuwes (1990; 1991; 1992) קרא תיגר על ההשקפה שאובייקט בולט ימשוך תשומת לב וקשב באופן אוטומטי. המשתתפים בניסוי שביצע התעלמו

בכדי שיהיה אפשר להבין ולנתח את תנועת העיניים של הנהג יש צורך תחילה להבין את המונח בולטות. המונח "בולטות" (conspicuity) יכול להיות מוגדר כתכונה של אובייקט הגורמת לו למשוך תשומת לב מצד המתבונן או להיות מאותר מיידית ע"י סריקה יזומה. למרות שיש הסכמה בספרות שאובייקט מעורר חשד הוא אובייקט המושך תשומת לב, אין הסכמה כללית לגבי שיטת המדידה של משיכת תשומת לב (Hughes & Cole, 1984). Engel (1971) פירט ואמר כי בעבור הסתברות איתור נתונה, האזור מסביב לנקודת הפיקסציה שבתוכה אובייקט המטרה אובחן, יכול להוות מדד למידת ה"בולטות" של האובייקט. תפיסה זו קיבלה יותר תוכן ונחקרה עוד ע"י Cole & Jenkins (1980) שהציעו שאם אובייקט הינו ניכר או בולט, אזי ישנה גם מידה גדולה של וודאות שהאובייקט אכן יזוהה בתוך זמן קצר של תצפית. זמן תצפית אשר נקבע כמדד לזיהוי אובייקט, כאשר הסביבה הינה סטטית, הוא-250ms, וזאת בכדי להוציא אפשרות של תנועת עיניים חקרנית ועל מנת שלא יהיה בתהליך זה חיפוש. היות ו"בולטות" מערב תמיד משיכת קשב, ולא ניתן להתייחס לקשב כתופעה יציבה - אי אפשר לקבוע ש- "בולטות" הינה רק תכונה של אובייקט. המקרה בו אובייקט מושך קשב חייב להיות תלוי ברמת הקשב הבסיסית של הצופה (Hughes & Cole,1984).

לדעתם של Forbes and Holmes (1939) לערך הקשב - המונח שלו ל"בולטות" - יש שני היבטים. הראשון שבהם נקרא "ערך המטרה" (target value) המתייחס לתכונות הפיזיות של האובייקט הגורמות לו להראות. השני נקרא "ערך העדיפות" (priority value) המתייחס לאיכות הקובעת מי מתוך שני אובייקטים או יותר - בעלי "ערך מטרה" שווה - יראה קודם. שני היבטים אלו גם מופיעים בהגדרה המילונית של "בולטות". ניתן להבחין בין שתי משמעויות שונות הניתנות בהגדרה במילון אוקספורד (1933) ובמילון ובסטר (1964). המשמעות הראשונה הינה "נראה בברור, בולט לעין" והמשמעות השנייה מתייחסת ליכולת האובייקט למשוך קשב. לכן אובייקט יכול להיות מותווה על פני הרקע ונראה בבירור אך חסר את תכונת הגירוי הדרושה למשיכת קשב. האובייקט "הנראה בבירור" יראה בקלות בחיפוש, כשהקשב כוון לנוכחות האובייקט הוא יאותר מיידית כתוצאה מחיפוש. לעומתו, אובייקט שהוא בולט מספיק על מנת למשוך תשומת לב יראה אפילו אם ההופעה שלו אינה צפויה והקשב אינו הופנה אליו. נגדיר אפוא את שני סוגי הבולטות אליהם נתייחס: הראשון הוא "מעורר קשב"- המתייחס ליכולת של האובייקט למשוך תשומת לב כשהאובייקט מופיע באופן לא צפוי, ושכנראה יכול להימדד ע"י ההסתברות להבחנה באובייקט כאשר הצופה אינו כיוון את תשומת הלב שלו לכיוונו. הסוג השני הוא "בולט ע"י חיפוש" שהוא התכונה של האובייקט המאפשרת לו להיות מאותר במהירות ובוודאות ע"י חיפוש. "בולט ע"י חיפוש" יכול להימדד במספר דרכים חלופיות כגון: זמן החיפוש, ההסתברות לחיפוש מוצלח בזמן נתון או באמצעות אחת השיטות שהוצעו ע"י Engel (1971) ו- Cole & Jenkins (1980). אולם, בכל אחת מהאפשרויות הללו מכוון הצופה קשב ספציפית לחיפוש ואיתור אובייקט המטרה.

במחקר שנעשה ע"י Hughes & Cole (1984) נעשה ניסיון לקדם את ההבנה של מושג הבולטות. היות ולקשב ישנן רמות רבות, הם ניסו לפשט את העניין ע"י חלוקה בסיסית של 2 מצבי קשב: אחת היא שלצופה אין שום ציפייה על סמך מידע קודם מהאובייקט והשנייה מבוססת על כך שלצופה יש ציפייה כלשהיא למצוא את האובייקט במרחב, והוא מתבקש לחפש אותו באופן מודע.

רוב המחקרים הקודמים שנעשו על "בולטות" של אובייקט מדדו "בולטות ע"י חיפוש" כאשר לצופה סופר על טבעו של אובייקט המטרה והצופה ציפה להופעת אותו אובייקט. מתוצאות מחקרים אלו ניתן לראות כי המושג בולטות מושפע יותר מהפניית הקשב או מהציפייה של הנהג ופחות מרמת הנראות של האובייקט. יוצאים מן הכלל היו מחקרים שנעשו ע"י Johansson & Backlund (1970) Ruma (1966), וע"י Borowsky, Shinar, and Parmet (2005) בהם הנבדקים התבקשו להחליט האם מטרה הופיעה או לא הופיעה מיד לאחר הצגת סצנה וויזואלית מבלי לדעת מהו האובייקט אותו הם מחפשים. אפשר להתייחס לנתונים שהושגו ממחקרים אלו כמדדים ל"מעורר קשב".

בסביבות דינאמיות ובייחוד בנהיגה, סריקת "למעלה-למטה" (Top Down) - בה החיפוש מונחה מטרה - יכולה להיות חשובה במיוחד בתנאי לחץ זמן ועומס קוגניטיבי אשר יכול לנבוע מכמות וזרימת מידע גבוהה בזמן הנהיגה. בנוסף, נהגים אשר מתעמתים עם זרם גדול מאוד של מידע ויזואלי שדורש דגימה מדויקת ומהירה, יתבססו על משאבים מיידים וישתמשו בחיפוש המונע ע"י סכימה תפיסתית בנויה. טבעו של חיפוש "מלמעלה למטה" בעיבוד ופענוח מידע בסביבת הנהיגה נחשב לתוצאת האינטראקציה בין מידע תפיסתי נקלט ("מלמטה למעלה", "Bottom Up") לרמה גבוהה יותר

בפעילות דינאמית ומוגבלת בזמן, כגון נהיגה, ביצוע מוצלח חייב להיות מבוסס על ייצוג הסיטואציה בזיכרון. ייצוג זה מבוסס על ידע שנרכש קודם לכן ע"י אימון וניסיון בנהיגה. ככל שהנהג מנוסה יותר כך מתפתחת אצלו תבנית התנהגות הנקראת סכימה. התפתחות סכימה זו היא תהליך אינטראקטיבי. הנהג לומד לקרוא את הכביש והתנועה ולומד היכן אורבות לו בד"כ הסכנות. התפתחות זו של הסכימה מאפשרת לנהג המנוסה להבין טוב יותר את סביבת הנהיגה מאשר הנהג הצעיר אך יחד עם זאת היא גם מעצבת את התנהגות הנהג על הכביש בצורה הלוקחת ביתר חשבון מצבים הקורים לעיתים קרובות וסיטואציות צפויות, בעוד שסיטואציות שאינן מתרחשות לעיתים קרובות מקבלות פחות יחס מצד הנהג. לטענתה של Endsley (1995), קיימת אינטראקציה בין תהליכי מעלה מטה ומטה מעלה. הנהג חייב להתאים בין הציפיות שלו לבין מה שהוא רואה בסביבה על מנת לאמת את ציפיותיו ולשנות את המודל המנטאלי (סכימה מורכבת) במידת הצורך.

יש לקחת בחשבון שהתנהגות אנוש בדרך כלל מונעת ע"י מטרה. אנו רואים ומחפשים את מה שחשוב למטרות שלנו ומה שהכרחי לפעילותינו המתמשכת. תהליך הלימוד של סביבת הנהיגה משלב את שני התהליכים: Top Down ו- Bottom-Up. שילוב של שני אלה מרכיב את אבחון האובייקטים של הנהגים בכביש (Endsley, 1995 ; Summala, Rasanen & 2000).

הבנת המצב ברגע נתון קרויה לעיתים מודעות למצב (Situation Awareness (SA)). Endsley (1995) הגדירה שלושה רבדים היררכיים של עיבוד מידע על מנת להשיג SA. בשלב הראשון המפעיל בסביבה דינאמי תופס את האלמנטים בסביבה בתוך הזמן והמקום, השלב השני מורכב מהבנת משמעותם של הפרטים ושילובם ליצירת תמונה כוללת של המצב, השלב השלישי מורכב מההשלכה על המצב בעתיד הקרוב. ישנן שגיאות היכולות לקרות בתהליך רכישת ה- SA, בעיקר כאשר המפעיל סומך יותר על הזיכרון וציפיות מאשר על הפידבק אותו הוא מקבל מהסביבה או ,במילים אחרות, התבססות גדולה יותר על תהליך מעלה מטה- דבר היכול להוביל להבנת מצב שגויה ולתהליך קבלת החלטות שגוי כתוצאה מכך. שגיאות נוספות בהבנת המצב אופייניות כאשר המפעיל לא מפרש את האלמנטים בסביבה בצורה נכונה ולא משלב אותם על מנת ליצור הבנה כוללת של הסביבה. בנוסף, מתן חשיבות לאלמנטים מסוימים על פני אחרים יכולים להוביל לשגיאות בהבנת המצב במידה ואלמנטים אלו אינם חשובים. שני האחרונים אופייניים בעיקר למפעילים לא מיומנים. הבנת המצב מכילה הרבה יותר מתשומת לב פשוטה לפרטים שונים בסביבה אלא דורשת את הבנת המצב הנוכחי על יד שילוב אותם פרטים בסביבה על מנת לחזות אירועים בעתיד הקרוב בהתאם למטרות הנהג. לעיתים תמונה משולבת של הסיטואציה הנוכחית תימצא מתאימה לסיטואציית אבטיפוס הנמצאת בזיכרון – סכימה קבועה. כל סיטואציית אבטיפוס שכזאת מביאה לתגובה הבאה לידי ביטוי בבחירת "פעולה נכונה" או "החלטה נכונה".Hinsley, Hayes, and Simon (1977) מצאו שסיווג הסיטואציה יכול לקרות באופן מיידי. לעומתם טען Klein (1989) כי לעיתים יש צורך במאמץ מסוים כדי להשיג סיווג שכזה. הוא גם מצא שברוב המקרים- הניסיון מביא למצב שריכוז המאמץ הוא בסיווג הסיטואציה על מנת שיהיה ניתן "לשלוף" את ה"פתרון" המתאים. לעיתים רחוקות יש דיון הכרתי דווקא על שלב בחירת פתרון מבין חלופות אופציונאליות. כלומר, ברוב המקרים סיווג המצב הנוכחי הוא השלב הקריטי ובחירת הפתרון באה באופן אוטומטי. הנהגים הצעירים, להם אין ייצוג בזיכרון, משתמשים יותר בזיכרון העבודה - זיכרון קצר טווח-(Endsley,1995) ופועלים ללא בסיס ידע (Logan, 1985). לכן הסיכוי שנהגים חסרי ניסיון יבחרו בפתרון נכון הוא נמוך כיוון שהם נדרשים להחליט ללא נתוני עבר הנמצאים בזיכרון.

Biederman et al. (1982) הראו כי אובייקטים אשר ניתן להבחין בהם בסיכוי גדול בסיטואציה נתונה בד"כ נמצאים באזורים ספציפיים וקבועים מראש. תופעה זו של מידע על "מיקום", חשובה בייחוד משום שיחס זה יכול להיות מופר בחיי היום יום של סיטואציות תעבורה. Theeuwes & Hagenzieker (1993) ו- Borowsky et al. (2005) הראו שטעויות מתפתחות כאשר נהגים נתקלים באובייקטים אשר לא מופיעים במקומם הצפוי. לדוגמה כאשר תמרור ממוקם בצד השמאלי של הכביש לעומת הצד הימני (המצופה), ברוב המקרים נהגים לא הבחינו בו. לדעתם של Theeuwes (1993) & Hagenzieker : " אבחון מטרה שאינה ממוקמת במקומה הצפוי לוקח בערך ms130 יותר מאבחון אותה מטרה במקומה הצפוי. כמו כן ישנה גם עליה של משך הפיקסציה כשהמטרה נמצאת במיקום לא צפוי-של 94ms". ממצא זה חשוב משום שהוא מראה שמערך הציפיות לא רק משפיע על מציאת האובייקט, אלא גם על זיהויו והבנתו. לכן ,כאשר המטרה ממוקמת במקום לא צפוי, יתכן ונהגים

לאור המחקרים הנ"ל ניתן לשער כי לנהגים צעירים יש פחות סיכוי לטעות מלנהגים מנוסים כאשר התמרור ממוקם בצד שמאל, היות ואין להם ניסיון ולכן עדיין לא פיתחו תבנית התנהגות סכמאתית. כלומר הם יסרקו את הסצנה בצורה אחידה, ללא הטיה כלשהי, ולכן יזהו במידה שווה את התמרורים בשני הצדדים.

במחקר הנוכחי הנבדקים נחשפו למגוון סצנות של תחבורה. חלק מהתמונות כללו איסור פניה שמאלה וחלק איסור פנייה ימינה, במקום צפוי (ימין) ובמקום לא צפוי (שמאל), עם עומס מידע (הולכי רגל) וללא עומס מידע.

2. **מטרות המחקר**

מטרת המחקר היא להראות את החשיבות במיקום תמרורים בהתאם לחוק, באופן אחיד וברור, היכן שרוב התמרורים ממוקמים והיכן שהנהג מצפה לראותם.

3. **השערות**

- נהגים מנוסים יזהו טוב יותר תמרור האוסר פנייה ימינה/שמאלה כאשר הוא ממוקם בצד ימין של הכביש מאשר בצד שמאל.
- נהגים חדשים יזהו במידה שווה תמרור האוסר פנייה ימינה/שמאלה הן כאשר הוא ממוקם בצד ימין והן כאשר הוא ממוקם בצד שמאל של הכביש.
- נהגים מנוסים יזהו טוב יותר את התמרור מאשר נהגים חדשים כאשר הוא ממוקם בצד ימין ויזהו במידה שווה או נמוכה מזו של נהגים חדשים כאשר הוא ממוקם בצד שמאל.

4. **שיטה**

4.1 מכשירים

הניסוי נערך במעבדה להנדסת גורמי אנוש במחלקה להנדסת תעשייה וניהול באוניברסיטת בן גוריון. התמונות בניסוי הוצגו על גבי מסך LCD ברזולוציה של 1024*768 פיקסלים, אשר חובר למחשב פנטיום 4. הנבדקים בניסוי ישבו במרחק ממוצע של 70 ס"מ מהמסך. בנוסף, הנבדקים הונחו לשבת בצורה הנוחה להם ביותר במגבלות הקיימות בסביבת הניסוי. עבור נבדק שישב במרחק של 70 ס"מ מן המסך טווח שדה הראיה היה 22 מעלות לכיוון אנכי ו- 26 מעלות בכוון האופקי (ראה נספח 10.4). במהלך הניסוי נעשה שימוש במערכת למעקב אחר תנועות עיניים. המערכת שייכת לחברת ASL והדגם בו נעשה שימוש הוא מודל 504. המערכת דגמה את מיקום נקודת מבטו של הנהג 50 פעמים בשנייה (תדירות של 50Hz). טעות המדידה של המערכת, עפ"י מפרט היצרן, היא מעלה אחת של ראיה, כלומר סטייה של כ 33 פיקסלים בכיוון האופקי ו 30 פיקסלים בכיוון האנכי על גבי צג הנבדק. התוכנה בה נשמרו נתוני תנועות העיניים הותקנה במחשב פנטיום 4 נוסף. 160 תמונות צולמו במצלמה דיגיטאלית כאשר ביניהן היו תמונות "הסחת דעת" וכן 8 תמונות מטרה (ראה נספח 10.1) המחולקות לזוגות שנלקחו מאותו מרחק מהצומת. מידת הרזולוציה נקבעה, בסופו של דבר, בהתאם לרזולוציית המסך של 1024*768. בכל זוג של תמונות מטרה, אחת הכילה בתוכה תמרור האוסר פנייה ימינה/שמאלה במקום הצפוי (צד ימין) והשנייה במקום הלא צפוי (צד שמאל), כמו כן זוג תמונות נוסף כלל הוספת עומס (הולך רגל חוצה את הכביש). את מיקום התמרורים שינינו בעזרת תוכנת PHOTOSHOP. מכל יתר הבחינות זוג התמונות היה זהה. אופן הניסוי: (ראה נספח 10.5) לפני כל התחלת ניסוי ניתן טופס הסבר לנבדק (ראה נספח 10.3) ולאחר כיול (ראה נספח 10.4) התחיל הניסוי בו הוצגה סדרה של תמונות. לאחר שתמונה מופיעה התבקש הנבדק לענות על שאלה כלשהי הנוגעת לאיזשהו פרט בתמונה. חלק מהשאלות כללו פרטים רלוונטיים לנהיגה וחלק לא, על מנת לדמות מצב נהיגה אמיתי בו רוב הזמן נהגים מתבוננים בפרטים רלוונטיים אך לעיתים לא. בנוסף, נמדד הזמן מהרגע בו הוצגה השאלה ועד למתן התשובה (כן/לא) – זמן התגובה. סוג התשובה (כן/לא) וכן זמן המענה על התשובה נשמרו בקובץ עבור כל נבדק. הרצת התמונות התבצעה בעזרת תוכנת ה- #C. ניתוח תנועות העיניים בוצע בעזרת תוכנת ILAB (Gitelman, 2002) המבוססת מתל"ב וכל הניתוחים הסטטיסטיים התבצעו בעזרת תוכנות ה- SPSS ו ה- R (ראה נספח 10.7).

4.2 נבדקים

ניסוי זה כלל 40 נבדקים, כאשר מחצית בעלי ניסיון ומחציתם נהגים חדשים. קבוצת הנהגים המנוסים כללה 10 גברים ו- 10 נשים בעלי ניסיון של לפחות 5 שנים וקבוצת הנהגים החדשים כללה 10 גברים ו- 10 נשים בעלי ניסיון מקסימאלי של חצי שנה. טווח הגילאים נע בין 17 ל- 29. ממוצע גילאי הנהגים החדשים הוא 18.45 (סטיית תקן: 1.274) ואצל הנהגים הוותיקים הממוצע הוא 26.8 (סטיית תקן: 1.83). כל הנבדקים היו בעלי חדות ראיה תקינה של לפחות 6/9 (20/30), רגישות לניגוד תקינה וכן ראיית צבעים תקינה. בשל מגבלות המערכת לא נבחנו נהגים אשר הרכיבו משקפיים או עדשות קשות.

4.3 כלי ניתוח

4.3.1 משתנים תלויים

Y_1 - זיהוי/ אי הזיהוי של התמרור האוסר פנייה ימינה/שמאלה; Y_2 - זמן מענה לשאלות (זמן התגובה); Y_3 - משך הפיקציות הכולל על המטרה

4.3.2 משתנים בלתי תלויים

X_1- מיקום התמרור (ימין/שמאל); X_2- מין הנבדק (זכר/נקבה); X_3- סוג התמרור (אסורה הפנייה ימינה/שמאלה); X_4- עומס המידע (עמוס/לא עמוס); X_5- ניסיון הנבדק (בעל ניסיון/חסר ניסיון); X_6- סדר הצגת התמונות; *X_7- מספר פיקסציות

* הערה: מספר הפיקסציות הינו משתנה תלוי, אך ניתן לבחון אותו כמשתנה בלתי תלוי ,כאשר רוצים לבחון את ההשפעה שלו על ההסתברות לזיהוי התמרור כתלות במשך הפיקסציה.

4.4 מהלך הניסוי

הנבדקים חוברו למערכת מעקב אחר תנועות העיניים אחרי הסבר קצר על מהות ומטרת הניסוי (ראה נספח 10.3). כמו כן הוסבר לנבדקים כי הם רשאים להפסיק את הניסוי בכל שלב. לאחר תהליך כיול קצר עבור כל נבדק (ראה נספח 10.4) במערכת תנועות העיניים, הוצגו בפניו תמונות בסדר אקראי למשך 2.5 שניות כל אחת. זהו מעט יותר מהזמן בו האדם קולט את הפרטים החשובים בתמונה (Mackworth and Morandi, 1967). לפני הצגת תמונה הופיע מסך פיקסציה על מנת להכווין את כל הנבדקים לאותה נקודה במרכז המסך. מסך זה הוצג למשך שנייה אחת. בתום הצגת כל תמונה התבקש הנבדק לקבוע האם אובייקט מסוים הופיע בתמונה אותה הוא ראה ונמדד הזמן שלקח לו לענות על השאלה על מנת להעריך את מידת הביטחון שלו בתשובה. התמונות חולקו לשתי קבוצות בנות 80 כל אחת, כשבכל קבוצה ישנן 4 תמונות מטרה (2 זוגות) של הצמתים הקריטיים עם תמרורי הפניה שמאלה/ימינה עם או בלי עומס מידע במיקום צפוי או לא צפוי (ראה נספח 10.1). בין שתי קבוצות התמונות (80 תמונות בכל קבוצה) ניתנה הפסקה של 5 דק' על מנת לאפשר מנוחה לנבדק והרפיה לעיניו. קבוצות התמונות חולקו כך: 80 תמונות (מקום צפוי) כללו את שני סוגי המטרה עם ובלי עומס כאשר כולם בצד ימין של הכביש. 80 התמונות הנוספות (מניפולציה) כללו את שני סוגי המטרה עם ובלי עומס כאשר כולם ממוקמים בצד שמאל של הכביש. הנבדקים הונחו להתבונן בתמונות במבט של נהג הנוהג בכביש ונאמר להם כי לאחר כל תמונה הם ישאלו שאלה הנוגעת לאיזשהו פרט בסצנה. חלק מהשאלות כללו פרטים הרלוונטיים לנהיגה כגון תמרורים, הולכי רגל ומשתמשי דרך אחרים. אולם, חלק מהשאלות יכללו פרטים שאינם רלוונטיים לנהיגה כגון מרפסות של בניינים, שלטי פרסום או צמחים שנמצאים בצידי הדרך. הנהגים הונחו לשים לב יותר לפרטים הרלוונטיים לנהיגה. כיוון שלעיתים נהגים מוסחים על ידי אובייקטים שאינם רלוונטיים לנהיגה והיה חשוב לדמות תנאים הדומים למצב נהיגה סטנדארטי. חשוב לציין כי לפני תחילת הניסויים התקבל אישור מוועדת הלסינקי. וועדה זו מאשרת ניסויים המערבים בני אדם וזאת על מנת לוודא כי לא נגרם להם נזק רפואי כלשהו.

5. **ניתוח ממצאים ותוצאות**

על מנת לבחון את ההשערה המרכזית- טיב היכולת של נהגים לזהות תמרורים כתלות במשתנים המסבירים- בוצע שימוש ברגרסיה לוגיסטית עם חותך מקרי. השימוש ברגרסיה לוגיסטית נבחר משום שהמשתנים התלויים היו כולם בינאריים, והשימוש בחותך מקרי נועד לבחון האם לנבדק - כמשתנה - יש השפעה על המודל (ראה נספחים 10.6.7 -10.6.6).

<u>משוואה5.1 משוואה כללית לתיאור מודל רגרסיה לוגיסטית</u>

$$\ln\left({p}/{1-p}\right) = \alpha + \beta_i x_i$$

משוואה 5.1 מתארת משוואה כללית המייצגת את מודל הרגרסיה בו נעשה שימוש (רגרסיה לוגיסטית) אשר יוסבר בהמשך.

טבלה 5.1 קידוד המשתנים הבלתי תלויים

משתנה	**תאור**	**מצב 1**	**מצב 0**
X_1	מיקום התמרור	שמאל	ימין
X_2	מין הנבדק	נקבה	זכר
X_3	סוג התמרור	אסורה הפנייה ימינה	אסורה הפנייה שמאלה
X_4	עומס המידע	כולל הולכי רגל (עמוס)	לא כולל הולכי רגל (לא עמוס)
X_5	ניסיון הנבדק	עם ניסיון	ללא ניסיון
X_6	סדר הצגת התמונות	הצגת התמונות כשהתמרור נמצא בצד שמאל בתחילה.	הצגת התמונות כשהתמרור נמצא בצד ימין בתחילה.
X_7*	משך פיקסציות מצטבר	לא רלוונטי	

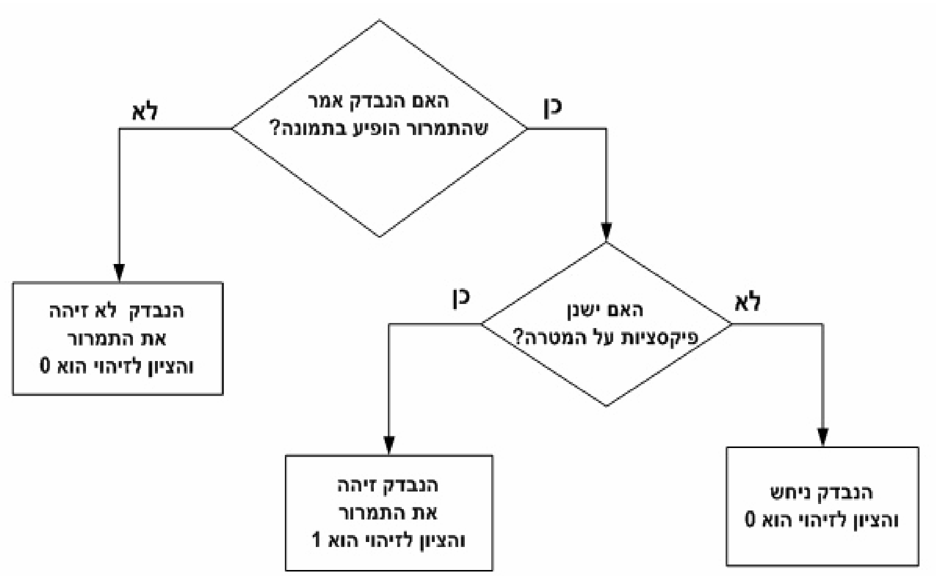
טבלה 5.1 מתארת את שיטת הקידוד הבינארי של המשתנים הבלתי תלויים.

* משך הפיקסציות המצטבר איננו משתנה בלתי תלוי משום שאינו נקבע מראש. אולם, למשך הפיקסציות יש השפעה על היכולת לזהות תמרור. אם מיקום התמרור משפיע על משך הפיקסציות ומשך הפיקסציות משפיע על היכולת לזהות את התמרור חשוב להראות זאת.

<u>5.1 מציאת גורמים המשפיעים על Y_1: זיהוי (1)/ אי זיהוי (0) של התמרור</u>

על מנת לבחון את אותם גורמים אשר משפיעים על היכולת לזהות תמרורים. נעשה שימוש ברגרסיה לוגיסטית. רגרסיה לוגיסטית היא למעשה רגרסיה רגילה בה נעשית מניפולציה על המשתנה התלוי ע"י הפעלת $\ln({p}/{1-p})$, והשימוש בה הכרחי כאשר המשתנה התלוי מתפלג בינומית או במילים אחרות משתנה בינארי, כמו במקרה הנוכחי – זיהוי (1) או אי זיהוי (0) של התמרור. מכיוון שהניסוי כלל משתנה אקראי של נבדקים, היה חשוב לבדוק את מידת ההשפעה שיש לכל נבדק על המודל, ובמידה וישנה השפעה, יש להשתמש במודל הנותן ייצוג להשפעת הנבדקים העושה שימוש בחותך מקרי. תוצאות המחקר הראו כי אכן לנבדקים ישנה השפעה ולכן נעשה שימוש ברגרסיה לוגיסטית עם חותך מקרי. ההחלטה לגבי זיהוי התמרור נעשתה על ידי הצלבה בין התשובה של הנבדק כפי שהתקבלה מן התוכנה (נכון / לא נכון) לבין בדיקת תנועות העיניים. רק במידה והנבדק ציין שזיהה את התמרור ואכן נמצאו פיקסציות (לפחות אחת) באזור המטרה נחשב הדבר לזיהוי.

פיקסציה מוגדרת כקיבעון של העין בנקודה מסוימת לפרק זמן מסוים. (פירוט לפיקסציה יינתן בסעיף המדבר על תנועות עניים). בזמן הפיקסציה האדם קולט מידע ולכן פיקסציה על המטרה בשילוב עם תשובתו של הנבדק כי אכן ראה את המטרה, תאשר באופן וודאי כי הנבדק זיהה את המטרה. בכדי לוודא כי הפיקסציה אכן ממוקמת באזור המטרה תוך התחשבות בשגיאת המערכת (מעלה אחת), הוגדרו אזורים בעלי עניין סביב המטרה (ROI - region of interest) שחושבו כמלבן המקיף את התמרור ולוקח בחשבון את סטיית המערכת. עבור אדם היושב במרחק של 70 ס"מ



תרשים 5.1.1 אלגוריתם זיהוי (1) / אי זיהוי (0) התמרור

תרשים 5.1.1 מתאר את האלגוריתם בו בוצע שימוש על מנת לקבוע האם הנבדק אכן זיהה את המטרה. החלטה זו נעשתה על ידי הצלבה בין התשובה של הנבדק כפי שהתקבלה מן התוכנה (נכון / לא נכון) לבין בדיקת תנועות העיניים. רק במידה והנבדק ציין שזיהה את התמרור ואכן נמצאו פיקסציות (לפחות אחת) באזור המטרה ,נחשב הדבר לזיהוי.

על מנת להישאר עם הגורמים המשפיעים ביותר על היכולת לזהות את התמרור בוצע תהליך של פסילה לאחור. תהליך זה מתחיל במודל מלא הכולל את כל הגורמים אשר יכולה להיות להם השפעה כלשהי על היכולת לזהות את התמרור ומוריד בכל שלב גורם שאינו משפיע או משפיע במידה מועטה על יכולת זו. בחינת מידת ההשפעה של גורם מסוים נמדדת על פי התרומה שלו לערך ה- AIC (Akaike Criterion). ערך זה מודד את מידת טיב התאמת המודל לנתונים ונועד להשוות בין מודלים שונים ($AIC = 2k - 2\ln(L)$, כאשר K מייצג את מספר הפרמטרים במודל ו- L מייצג את פונקצית הנראות). אם המודל לאחר הוצאת משתנה כלשהו נותן ערך AIC שקטן מערך AIC עבור מודל שכלל את אותו המשתנה, אזי ניתן להוציא את המשתנה מהמודל. התהליך נמשך עד לשלב בו לא ניתן להוציא משתנה נוסף אשר מקטין את ערך ה- AIC (עד לקבלת ערך מינימום ל- AIC). פירוט נוסף על מדד ה AIC ניתן למצוא במחקרם של (Akaike, 1974 ; Burnham & Anderson, 2002). במודל נבדקו אינטראקציות מסדר שלישי ושני וכן נבדקו אפקטים עיקריים.

תוצאות הרגרסיה הראו כי האינטראקציה בין משתנה הניסיון למשתנה המיקום (X_1*X_5), האינטראקציה בין משתנה המיקום לסוג התמרור (X_3*X_1) וכן אפקט עיקרי של משתנה הניסיון (X_5) היו מובהקים ונמצאו משפיעים על היכולת לזהות את התמרור. טבלה 5.1.1 מתארת את מובהקות הגורמים המשפיעים על זיהוי התמרור ומשוואה 5.1.1 מראה את משוואת הרגרסיה בהתאם למודל שהתקבל. משוואה 5.1.2 מתארת את משוואת הרגרסיה לאחר הצבת מקדמי המשתנים והחותך.

משוואה5.1.1 משוואת הרגרסיה בהתאם למודל

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta_1 X_5 + \beta_2 X_1 X_5 + \beta_3 X_3 X_1$$

טבלה 5.1.1 תוצאות המודל הסופי והמשתנים המובהקים.

משתנה	**מקדם**	**סטיית תקן(מקדם)**	**Z**	**P_{Value}**
ניסיון (X_5)	-1.385	0.444	-3.116	$1.83*10^{-3}$
ניסיון*מיקום (x_1*x_5)	2.649	0.547	4.840	$1.30*10^{-6}$
חותך	1.514	0.318	4.767	$1.87*10^{-6}$

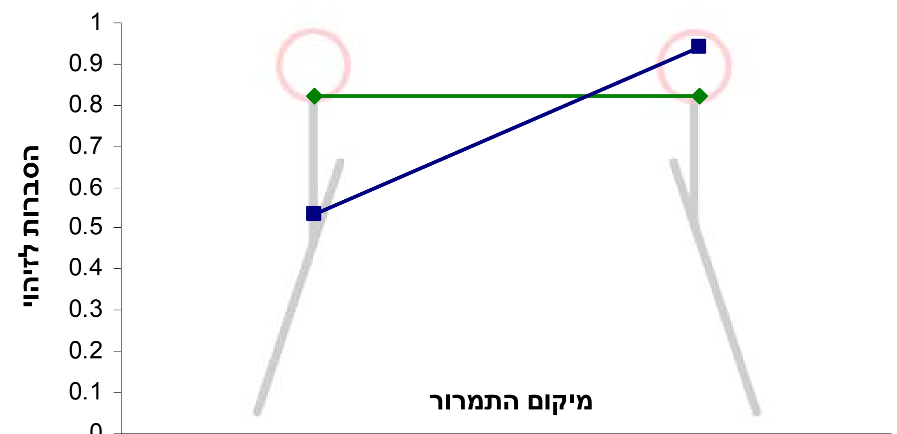
מיקום*סוג התמרור (X_3*X_1)	-0.818	0.394	-2.079	$3.76*10^{-2}$
Std. Error=0.25; Residual deviance: 299.6 on 283 d.f.; Std in mixing distribution:0.7838; AIC=309.6				

טבלה 5.1.1 מראה את הגורמים אשר נמצאו משפיעים על היכולת של נהגים לזהות תמרורים.

<u>משוואה 5.1.2 משוואת הרגרסיה לאחר הצבת מקדמים</u>

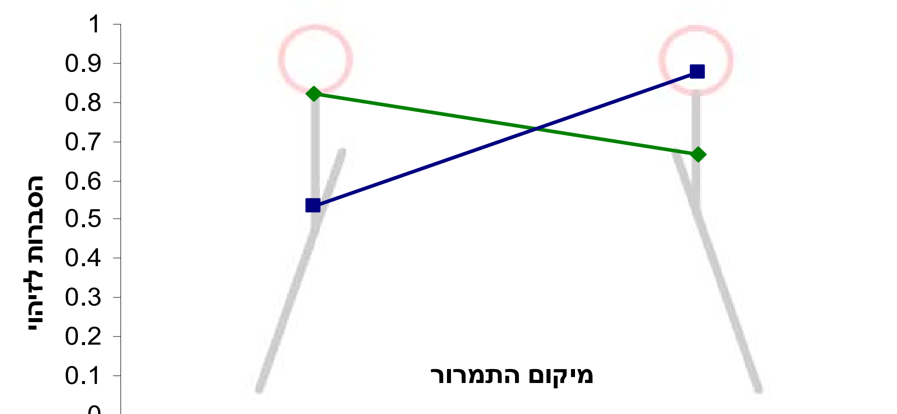
$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = 1.514 - 1.385 * X_5 + 2.649 * X_1 * X_5 - 0.818 * X_3 * X_1$$

תרשים 5.1.2 ותרשים 5.1.3 מציגים את שתי האינטראקציות המובהקות.



	שמאל	ימין
נהגים חדשים וצעירים	0.82	0.82
נהגים מנוסים	0.533	0.942

תרשים 5.1.2 ההסתברות לזיהוי תמרור האוסר פניה שמאלה



	שמאל	ימין
נהגים חדשים וצעירים	0.82	0.668
נהגים מנוסים	0.533	0.878

תרשים 5.1.3 ההסתברות לזיהוי תמרור האוסר פניה ימינה

תרשים 5.1.2 ותרשים 5.1.3 מתארים גראפית את האינטראקציות בין מיקום התמרור למידת הניסיון וכן בין מיקום התמרור לסוג התמרור. ציר ה-Y בשני התרשימים מציין את ההסתברות לזהות את התמרור. ציר ה- X מתאר את מיקום התמרור בכביש. כיוון שלא נמצאה אינטראקציה בין מידת הניסיון לסוג התמרור ניתן לראות כי ההבדל בין נהגים מנוסים לנהגים חדשים וצעירים נשמר עבור שני סוגי התמרורים.

מתוך התרשימים עולה כי, בהתאם להשערת המחקר, נהגים מנוסים מזהים תמרורים טוב יותר מנהגים חדשים וצעירים כאשר התמרורים ממוקמים במקום הצפוי- בצד ימין של הכביש. לעומת זאת ביצועי הנהגים המנוסים יורדים באופן דרמטי כאשר התמרור מוצב בצד שמאל של הכביש ובמצב זה ביצועיהם פחות טובים מאלה של הנהגים הצעירים והחדשים. בנוסף, ביצועי הנהגים טוב יותר כאשר מוצב תמרור האוסר פנייה שמאלה בצד ימין של הכביש מאשר תמרור האוסר פניה ימינה הממוקם בצד ימין של הכביש. כאשר התמרור ממוקם בצידו השמאלי של הכביש אין משמעות לסוג התמרור. כמו כן ניתן לראות, בהתאם להשערת המחקר, כי הנהגים הצעירים והחדשים פחות מושפעים ממיקום התמרור מהנהגים המנוסים ובעיקר כאשר מדובר בתמרור האוסר פניה שמאלה. מעניין לראות גם כי מיקום תמרור האוסר פניה ימינה בצד ימין של הכביש פוגם ביכולת הזיהוי של נהגים חדשים יותר מאשר מיקומו בצד שמאל של הכביש. עובדה זו מדגישה את חוסר הניסיון של נהגים אלה אשר מתבטא בהעדר סכימה וחוסר בבסיס ידע לגבי מיקומם של אלמנטים חשובים בסביבת הנהיגה.

על מנת לבחון האם למשך הפיקסציות על המטרה ישנה השפעה כלשהי על היכולת לזהות את התמרור, משך הפיקסציות הכולל על המטרה (סכימת כל הפיקסציות באזורים בעלי עניין- התמרורים) הוכנס למודל כמשתנה בלתי תלוי. נבחנו כל האפקטים העיקריים ואינטראקציות מסדר 2. מודל הרגרסיה הראה כי קיימות שתי אינטראקציות מובהקות ואפקט עיקרי אחד. לאינטראקציות של מיקום התמרור וניסיון וכן לאינטראקציה בין זמני הפיקסציות לניסיון ישנה השפעה על היכולת לזהות תמרורים. כמו כן משך הפיקסציות נמצא כמשפיע באופן מובהק על היכולת לזהות את התמרור, תוצאה כשלעצמה לא מפתיעה אך למשך הפיקסציות כמשתנה מסביר יש השפעה כאשר גורם זה בא באינטראקציה עם ניסיון ו/או מיקום. הטבלה הבאה מתארת את מובהקות הגורמים המשפיעים על זיהוי התמרור.

טבלה 5.1.2 תוצאות המודל הסופי והמשתנים המובהקים

	מקדם	סטיית תקן(מקדם)	z	P_{value}
חותך	-1.653	0.340	-4.853	$1.21 * 10^{-6}$
משך פיקסציות כולל	0.019	0.003	6.767	$1.31*10^{-11}$
ניסיון * מיקום (x_1*x_5)	1.720	0.522	3.298	$9.74*10^{-4}$
ניסיון * פיקסציות (x_7*x_5)	-0.006	0.003	-2.296	$2.17*10^{-2}$
Std. Error=0.4239; Residual deviance: 192.5 on 283 d.f.; AIC=202.5				

טבלה 5.1.2 מראה את הגורמים אשר נמצאו משפיעים על היכולת של נהגים לזהות תמרורים בצורה אופטימאלית כאשר משתנה משך הפיקסציות הכולל הוכנס למודל כמשתנה מסביר. טבלה 5.1.2 מתארת מודל אשר ממנו ניתן לגזור את המשוואות הבאות לפי קבוצות שיוך.

משוואות 5.1.3-5.1.5 מציגות את משוואות הרגרסיה עבור קבוצות הנהגים בהתאם לתוצאות המודל. המשוואות מייצגות את התלות של זיהוי התמרור במשך הפיקסציות המצטבר ,תוך התחשבות בניסיון הנהג ובמיקום התמרור.

משוואה 5.1.3 נהגים צעירים (שני הצדדים)

$$\ln(p/1-p) = -1.653 + 0.019 * X_7$$

משוואה 5.1.4 נהגים מנוסים (צד שמאל)

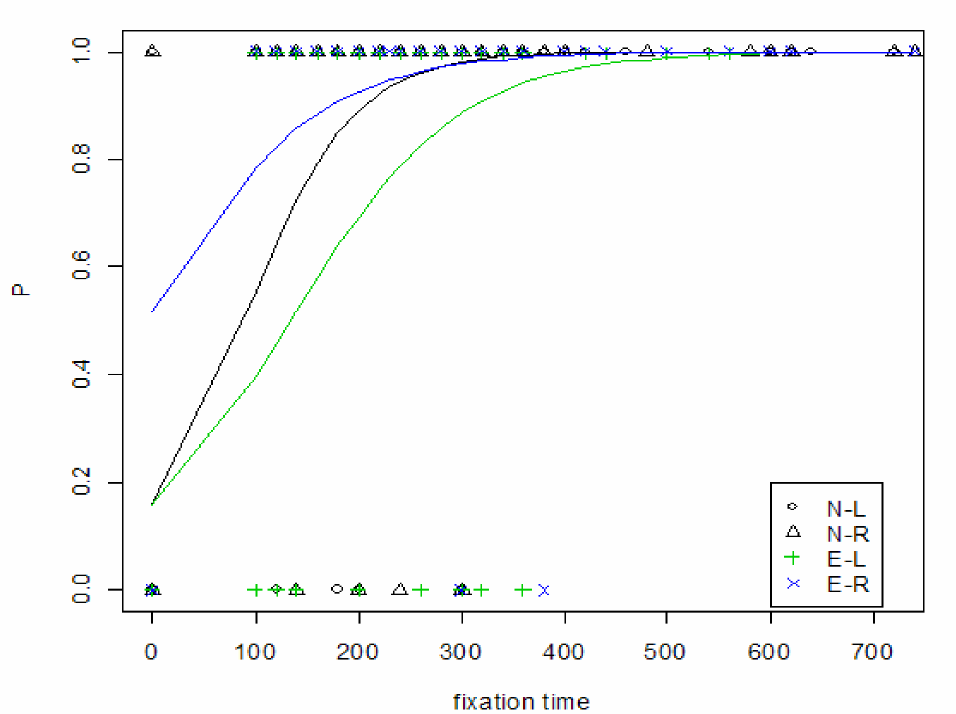
$$\ln(p/1-p) = -1.653 + (0.019 - 0.006) * X_7$$

משוואה 5.1.5 נהגים מנוסים (צד ימין)

$$\ln(p/1-p) = (-1.653+1.72)+(0.019-0.006)*X_7$$

המשתנה X_7 מייצג את מספר הפיקסציות הכולל באזור בעל העניין. פיקסציה הוגדרה כאי תזוזה של העין בריבוע שלא עולה על מעלה אחת של זווית ראיה למשך של לפחות 100 אלפיות שנייה (החל מ 5 דגימות של המערכת). אם המערכת איבדה את העין למספר דגימות הנמוך מ - 20, נחשב הדבר למצמוץ והדגימות הושלמו לפי הדגימה האחרונה שנצפתה. אחרת, נסגרה הפיקסציה הקודמת וחישוב פיקסציה התחיל מחדש. סך כל משכי הפיקסציות באזור המטרה סוכמו ויצרו את המשתנה X_7.

תרשים 5.1.3 מתאר סכמאתית את שלושת המשוואות שהוצגו קודם לכן.



תרשים 5.1.3 תאור גראפי של שלושת המודלים לזיהוי התמרור כתלות במשך הפיקסציה.
ציר ה- X בתרשים 5.1.3 מתאר את משך הפיקסציות המצטבר על המטרה ברזולוציה של 100 אלפיות שנייה. ציר ה - Y מתאר את ההסתברות לזיהוי המטרה. העקומה הכחולה מייצגת את ביצועי הנהגים המנוסים כאשר התמרור ממוקם בצד ימין ואילו העקומה הירוקה מייצגת את ביצועי הנהגים המנוסים כאשר התמרור ממוקם בצד שמאל. עבור הנהגים החדשים אין הבדל בין ימין ושמאל ולכן מתקבלת עקומה אחת שהיא למעשה מיזוג של עקומה ימנית ועקומה שמאלית.

תרשים 5.1.3 מראה כי בקרב הנהגים הלא מנוסים אין משמעות למיקום התמרור כמשתנה המשפיע על משך הפיקסציות וכתוצאה מכך על היכולת לזהות את התמרור. עבורם הסיכוי לזהות את התמרור מושפע אך ורק ממשך הפיקסציות הכולל על המטרה כאשר ההסתברות לזהות אותו שווה ל- 1 בקירוב (0.999) כאשר משך הפיקסציות הכולל על המטרה הוא 455 אלפיות שנייה. בניגוד לנהגים הצעירים והלא מנוסים, הנהגים המנוסים מושפעים במידה ניכרת ממיקום התמרור מבחינת משך הפיקסציות הכולל על המטרה אשר משפיע על יכולתם לזהות את התמרור. ניתן לראות כי כאשר התמרור ממוקם בצד ימין של הכביש (קו כחול) ההסתברות לזיהוי גבוהה בהרבה עבור משך פיקסציות נתון כולל מאשר אותו תמרור ממוקם בצד שמאל (קו ירוק) עד לערך של 668 אלפיות שנייה בו אין זה משנה באיזה צד ממוקם התמרור וההסתברות לזיהויו הוא בקירוב 1 (0.999). נקודת המפגש בין הקו הכחול לקו השחור (267 אלפיות שנייה) חשובה ומציינת את הנקודה בה ביצועיי הנהג החדש והנהג הוותיק מתמזגים כאשר התמרור ממוקם בצד ימין. עד לנקודה זו הסיכויים לזיהוי אצל הנהגים המנוסים גבוהים יותר בכל רמת פיקסציה. חשוב לציין שכאשר משך הפיקסציה הוא 267 אלפיות שנייה אז הסיכוי לזיהוי בשתי קבוצות אלה הוא 97%.

עבור כל ערך של משך פיקסציות כולל אשר נמוך מנקודת המפגש (267 אלפיות שנייה) ההסתברות לזהות את התמרור גבוהה יותר בקרב הנהגים המנוסים כאשר הוא ממוקם בצד ימין. ניתן לראות לעומת זאת כי כאשר התמרור ממוקם בצד שמאל עקומת הנהג החדש גבוהה מעקומת הנהג הוותיק עבור כל משך פיקסציות עד לנקודה בה משך הפיקסציות שווה ל 668 אלפיות שנייה בו התמרור מזוהה ללא תלות במיקומו.

כאשר הנהג הנו מנוסה והתמרור נמצא בצד שמאל אזי נדרש משך פיקסציות כולל של 275, 312 ו- 372 אלפיות שנייה על מנת לזהות את התמרור בהסתברויות של 85%, 90% ו- 95% בהתאמה לעומת 135, 173 ו 233 אלפיות שנייה בהתאמה כאשר התמרור ממוקם בצד ימין של הכביש.

5.2 מציאת גורמים המשפיעים על Y_2: זמן מענה לשאלה (זמן תגובה) בהינתן זיהוי התמרור.

הניתוח כלל מודל ליניארי מעורב לא מאוזן (מספר תצפיות שונה עבור כל נבדק משום שמקרים בהם הנבדק לא זיהה את המטרה לא נלקחו בחשבון ומקרים אילו היו שונים בין נבדק לנבדק). מודל זה לוקח בחשבון את ההשפעה של כל נבדק על השונות. למודל הוכנסו גורמים עיקריים וכן אינטראקציות מסדר שני. נעשה שימוש בשיטה של צעדים לאחור בצורה הירכית. בהתאם לערכי ה-P_{value} נבדקו תחילה כל גורמי האינטראקציה מסדר שני והוצאו אלה שלא נמצאו מובהקים ובעלי ערכי P_{value} הגבוהים ביותר. כאשר לא נותרו אינטראקציות שאינן מובהקות הוצא אותו גורם עיקרי שלא יצא מובהק ובעל ערך P_{value} הגבוה ביותר. לאחר הוצאת גורם זה שוב נבדקו האינטראקציות הזוגיות וחוזר חלילה. טבלה 5.2.1 מציגה את המשתנים אשר נמצאו מובהקים ומשפיעים על זמני התגובה. כל ששת המשתנים הבלתי תלויים הוכנסו למודל ללא משך פיקסציות מצטבר. משוואה 5.2.1 מתארת את משוואת הרגרסיה עבור המודל הסופי שהתקבל.

משוואה 5.2.1 משוואת הרגרסיה של המודל הסופי

$$Y = 3090.8 - 542.135 * X_5 + 393.39 * X_3$$

טבלה 5.2.1 תוצאות המודל והמשתנים המובהקים בהינתן שהנבדק זיהה את המטרה

	ערך מקדם	סטיית התקן(מקדם)	ד"ח	t_{Value}	P_{Value}
חותך	3090.80	277.708	194	11.13	0
ניסיון(x_5)	-542.135	173.884	38	-3.118	0.0035
סוג התמרור (X_3)	393.39	122.096	194	3.219	0.0015
AIC=3880.35; Number of observations=235;					

טבלה 5.2.1 מראה כי רק הניסיון וסוג התמרור משפיעים על מהירות התשובה. נהגים מנוסים בממוצע 542 אלפיות שנייה מהירים יותר מנהגים חדשים-צעירים בדיווח כי הם אכן זיהו את התמרור. כמו כן נהגים באופן כללי מדווחים לאט יותר (393 אלפיות שנייה יותר בממוצע) כי הם זיהו את התמרור האוסר פניה ימינה מאשר התמרור שאוסר פניה שמאלה.

התוצאות כפי שמוצגות בטבלה 5.2.1 מראות כי נהגים מנוסים ענו מהר יותר לשאלה האם התמרור אכן הופיע בתמונה (542 אלפיות שנייה פחות מהנהג החדש). כמו כן לסוג התמרור ישנה השפעה לא רק על הסתברות הזיהוי של התמרור אלא אף משך זמן התגובה בהינתן שהתמרור אכן זוהה. נהגים ענו על השאלה מהר יותר כאשר הם צפו בתמרור האוסר פנייה שמאלה (393 אלפיות שנייה מהר יותר) לעומת התמרור האוסר פנייה ימינה.

5.3 מציאת גורמים המשפיעים על Y_3: משך הפיקסציות על המטרה כמשתנה תלוי.

משך הפיקסציות הכולל על המטרה (סכימת כל הפיקסציות באזורים בעלי עניין) הוכנס למודל כמשתנה תלוי (הפעם כמשתנה מוסבר). ניתוח משתנה זה בוצע ללא תלות בזיהוי נכון של המטרה. בוצע ניתוח שונות 6 כיווני: 3 גורמים תוך נבדקים (עומס, מיקום, סוג התמרור) ו- 3 גורמים בין נבדקים (סדר הצגה, גיל, ניסיון). נבחנו כל האפקטים העיקריים ואינטראקציות מסדר 2 (אינטראקציות זוגיות). נבדק שלא התבונן במטרה כלל משך הפיקסציות הכולל שלו על המטרה נלקח כאפס.

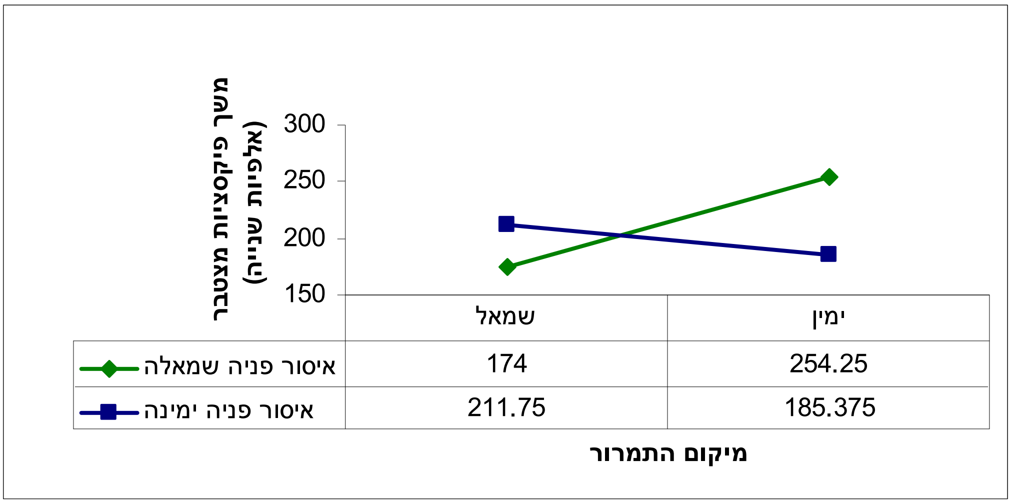
טבלה 5.3.1 מציגה את הגורמים המובהקים בהתאם למודל (רשימה מלאה של הגורמים ניתן למצוא בנספח 10.7 בטבלה 10.7.1.1).

טבלה 5.3.1 הגורמים המשפיעים על משך הפיקסציה לפי המודל

מקור	SS	ד"ח	MS	F	Sig.
עומס (X_4)	80327.813	1	80327.813	4.405	.044
מיקום*סוג התמרור (X_3*X_1)	227377.813	1	227377.813	7.590	.009
סדר*סוג התמרור*עומס (X_4*X_3*X_6)	110632.813	1	110632.813	6.187	.018

טבלה 5.3.1 מראה כי לאפקט העיקרי עומס המידע משפיע על משך הפיקסציות כאשר הוספת מידע כגון הולך רגל מקטינה את משך הפיקסציות הכולל על המטרה. כאשר לא הופיע הולך רגל על המטרה משך הפיקסציות הכולל הממוצע על המטרה היה 225 אלפיות שנייה לעומת 188 אלפיות שנייה כאשר הופיע הולך רגל בתמונה. האינטראקציה בין מיקום התמרור לבין סוג התמרור נמצאה מובהקת ותיאורה מופיע בתרשים מספר 5.3.1. בנוסף הטבלה מראה כי קיימת אינטראקציה משולשת בין עומס המידע לסוג התמרור ולסדר הצגת התמונות. כיוון שלאפקט הסדר אין חשיבות מחקרית וזהו המקרה היחיד בו הייתה לו השפעה אינטראקציה זו לא תנותח.

מובהקות גורם העומס כפי שהוצג לעיל מראה כי כאשר נוסף מידע נוסף בתמונה נבדקים נדרשים לחלק את הקשב שלהם בין יותר אלמנטים. כיוון שלהולך רגל יש חשיבות רבה במהלך הנהיגה הנהגים הפנו קשב שבא על חשבון הפניית קשב למטרה. העובדה שעומס המידע לא השפיע על ההסתברות לזיהוי התמרור יכולה להעיד כי הנהגים הפנו למטרות קשב "עודף" כאשר הולך הרגל לא הופיע בתמונות. תרשים 5.3.1 מציג את האינטראקציה בין מיקום התמרור לסוג התמרור.



תרשים 5.3.1 אינטראקציה בין מיקום התמרור לסוג התמרור

תרשים 5.3.1 מראה כי משך הפיקציות הכולל על המטרה הנמוך ביותר מתקבל עבור המקרים בהם נשמר המיפוי המרחבי כלומר כאשר תמרור האוסר פניה ימינה ממוקם בצד ימין ותמרור האוסר פניה שמאלה ממוקם בצד שמאל. משך הפיקסציות הארוך ביותר על המטרות מתקבל כאשר התמרור ממוקם בניגוד למיפוי המרחבי. בנוסף, משך הפיקסציות הארוך ביותר על המטרה מתקבל כאשר תמרור האוסר פניה שמאלה ממוקם בצד ימין של הכביש.

תוצאה זו מראה כי נהגים מתבוננים בתמרור האוסר פניה שמאלה יותר מכל שאר המצבים כאשר הוא ממוקם בצד ימין של הכביש. תוצאות קודמות הראו כי ההסתברות לזהות את התמרור טובה יותר בצד ימין כאשר התמרור אוסר פניה שמאלה מאשר בצד ימין תמרור האוסר פניה ימינה כאשר הוא ממוקם בצד ימין. שילוב בין תוצאות אילו מראה למעשה את הקשר בין משך הפיקסציות ליכולת לזהות את המטרה. כיוון שהנהגים התבוננו בתמרור האוסר פניה שמאלה יותר מאשר התמרור האוסר פניה ימינה כאשר אלה ממוקמים בצד ימין, הם זיהו אותו טוב יותר משום שהם התבוננו בו למשך זמן ארוך יותר. בנוסף, תוצאות קודמות הראו כי כאשר משך הפיקסציות הכולל הוכנס כמשתנה

6. **דיון**

מטרת המחקר הייתה לבדוק את המשמעות והחשיבות שיש למיקום התמרורים במקומם הצפוי (צד ימין) והלא צפוי (צד שמאל) תוך כדי בחינה והשוואה בין נהגים צעירים ולא מנוסים לבין נהגים מנוסים. תוצאות המחקר מאוששות את הטענה המרכזית ומראות שנהגים מנוסים, הפועלים על פי סכימה קבועה מראש, מזהים תמרורים טוב יותר (בין אם מדובר בתמרור האוסר פניה שמאלה ובין אם מדובר בתמרור האוסר פניה ימינה) מנהגים חדשים ולא מנוסים כאשר התמרורים ממוקמים בצד ימין של הכביש (במקום הצפוי), אך מזהים תמרורים פחות טוב מנהגים חדשים ולא מנוסים כאשר התמרורים ממוקמים בצידו השמאלי של הכביש (במקום הלא צפוי). כלומר, הסכימה אשר אמורה לסייע לנהגים המנוסים להתמודד עם קשיי הדרך מהווה מכשלה עבורם כאשר המידע ממוקם בניגוד לציפיות שלהם. השערה נוספת של המחקר טענה כי נהגים חדשים יזהו תמרורים במידה שווה בשני צידי הדרך מפני שהם אינם פועלים על פי סכימה מוכתבת מראש. תוצאות המחקר הראו כי אכן נהגים חדשים מזהים תמרורים במידה שווה הן בצד ימין והן בצד שמאל אם כי הביצוע שלהם נפגם מעט בצד ימין עבור תמרור האוסר פניה ימינה. כאשר משך הפיקסציות המצטבר הוכנס למודל כמשתנה מסביר התקבל מודל המחזק את התוצאות שהוצגו קודם לכן. המשתנה היחיד שנמצא משפיע על היכולת של הנהגים החדשים לזהות את התמרור כלל את משך הפיקסציות המצטבר. ככל שמשך הפיקסציות המצטבר על המטרה התארך, כך ההסתברות לזהות את התמרור גדלה. יכולת הנהגים המנוסים הושפעה גם ממשך הפיקסציות, אך גם ממיקום התמרור בכביש. עקומת הרגרסיה עבור תמרור הממוקם בצד ימין הייתה גבוה בהרבה מעקומת הרגרסיה עבור תמרור הממוקם בצד שמאל. עקומה גבוהה יותר משמעותה זיהוי טוב יותר עבור אותם משכי פיקסציות. כאשר התמרור מוקם בצד ימין, הנהגים המנוסים זיהו את התמרור טוב יותר מהנהגים הצעירים והלא מנוסים (עקומת הנהגים המנוסים הייתה גבוהה מעקומת הנהגים הצעירים והלא מנוסים) אך כאשר התמרור מוקם בצד שמאל של הכביש הנהגים המנוסים זיהו את התמרור פחות טוב מהנהגים הצעירים והלא מנוסים. ממצא זה מתיישב עם ממצאים של (Theeuwes 1990, 1991, 1992; Theeuwes and Hagenzieker,1993). ניתוח זה אף מראה שהחל ממשך פיקסציות מצטבר של 680 אלפיות שנייה מיקום התמרור הופך לחסר משמעות וביצועי הנהגים משתווים, כלומר ההסתברות לזהות את התמרור היא בקרוב מושלמת עבור שתי קבוצות הנהגים. העובדה שלא נמצאה השפעה של סוג התמרור בניתוח זה מעידה שככל הנראה ישנה תלות בין משך הפיקסציות לסוג התמרור ונקודה זו תוסבר בהמשך. שני ניתוחים אשר בוצעו בעקבות טענת המחקר המרכזית מראות כי הנהג המנוסה פועל על פי ציפיות. לכן הוא מזהה טוב יותר תמרורים כאשר הם ממוקמים בהתאם לציפיותיו אך הוא פגיע הרבה יותר מהנהג הצעיר והלא מנוסה כאשר התמרורים ממוקמים בניגוד לציפיותיו.

התוצאות מאוששות את השערת המחקר והן עקביות עם התיאוריה הנוכחית של מודעות למצב. בהתאם לתיאוריה, התוצאות מראות שנהגים מנוסים נוטים להסתמך על סכימה קבועה מראש ולפעול בהתאם לציפיות שלהם. כיוון שבמדינות בהן הנהיגה היא בצד ימין של הכביש רוב המידע מופיע בצידו הימני של הכביש, נהגים נוטים להפנות יותר קשב לצידו הימני של הכביש וזאת על מנת לא לפספס מידע חשוב. לכן, נהגים במדינות אלה מפתחים ציפיות אשר באות לידי ביטוי בהפניית המבט לצידו הימני של הכביש. לעומתם הנהגים החדשים חסרי בסיס ידע, והסכמות שלהם אינן מפותחות כלל עבורם אין חשיבות להופעת המידע במקום מסוים כלשהו בסביבת הנהיגה. למעשה, נהגים אלה מפנים קשב לאובייקטים בסביבה אשר מושכים את הקשב שלהם ללא העדפה למיקום מסוים בסביבה אלא בהתאם למאפיינים הפיסיים של האובייקט. תוצאות המחקר אכן מאוששות טענה זו. ניתן לראות כי נהגים חדשים זיהו את התמרור האוסר פניה שמאלה במידה שווה, בין אם הוא מוקם בצד שמאל או בצד ימין של הכביש, ואף הראו יכולת פחותה לזהות תמרור האוסר פניה ימינה כאשר הוא מוקם בצד ימין של הכביש. זאת בניגוד לנהגים המנוסים אשר תמיד זיהו תמרורים טוב יותר כאשר הם מוקמו בצד ימין של הכביש- הצד הצפוי. נהגים חדשים הם למעשה חסרי ישע בחיפושם אחר מידע בסביבה (Endsley, 1995).

דרך נוספת להתבונן בממצאים היא לבחון את ההסתברות של הנהג המנוסה לזהות את התמרור כאשר הוא ממוקם בצד ימין ובצד שמאל עבור משך פיקסציות מצטבר נתון. מיקום התמרור בהתאם לציפיות הנהג המנוסה מאפשרות לו לזהות את התמרור בהסתברות גבוהה גם אם משך ההתבוננות במטרה הוא קצר. עובדה זו מדגישה את היתרון של הנהגים המנוסים לזהות אלמנטים

בנוסף לטענת המחקר המרכזית נבחנה המהירות בה הנבדקים ענו על השאלה האם התמרור הופיע בתמונה. לבדיקה זו ישנה חשיבות משום שהיא מראה את מידת הביטחון של הנהגים במענה על התשובה אותה הם בחרו. בדיקת זמן התגובה (הזמן מרגע הצגת השאלה אשר הוצגה מיד לאחר הצגת התמונה ועד למענה) נבחנה רק עבור אותם מקרים בהם הנבדק אכן זיהה את המטרה. תוצאות המחקר הראו כי נהגים מנוסים ענו מהר יותר (כ 540 אלפיות שנייה מהר יותר) מנהגים חדשים. ממצא זה מתיישב עם טענה של Endsley (1995) כי נהגים מנוסים בוחרים פיתרון מתוך הזיכרון ארוך הטווח אשר מתבצע במהירות ואילו נהגים חדשים ולא מנוסים מנתחים את המצב בזיכרון העבודה אשר דורש יותר משאבי קשב והתהליך נמשך יותר זמן. נהגים מנוסים למעשה מבצעים השוואה בין הסכימה הקיימת לבין הגירוי אשר מופיע בסביבה. כאשר ישנה תאימות בין הסכימה לבין הגירוי התגובה מהירה. שליפה מזיכרון הוא תהליך יעיל כאשר ישנה התאמה בין הגירוי לסכימה. העובדה שנהגים מנוסים ביצעו טעויות רבות בזיהוי כאשר התמרור מוקם בצד שמאל של הכביש (במקום הלא צפוי) מעידות שלשליפה מהזיכרון ישנו יתרון כאשר הגירוי תואם לציפיות אך מהווה מכשלה ממשית כאשר מופיע אובייקט במקום לא צפוי. במילים אחרות, באותם מקרים בהם נהגים מנוסים איתרו את התמרור, תהליך הזיהוי היה מהיר.אך נהגים אלה טעו יותר כאשר התמרור מוקם במקום הלא צפוי. בנוסף, ניתן להסיק כי נהגים מנוסים היו בטוחים בתשובתם גם כאשר הם לא זיהו בוודאות את התמרור. הנהגים החדשים לעומתם נאלצו אומנם להקדיש יותר זמן לאשר את זיהוי התמרור, אך הם ביצעו פחות טעויות כאשר התמרור היה בצד שמאל. ממצא זה מדגיש פעם נוספת את החשיבות במיקום מידע בסביבת הנהיגה בהתאם לציפיות הנהג. ממצא זה מתיישב עם טענתה של Endsley (1995) כי הסתמכות יתר על סכמות קבועות מראש יעילות כאשר המידע ממוקם במקום צפוי אך מובילה לטעויות כאשר המידע ממוקם במקום לא צפוי.

בניתוח זמני התגובה נמצא עוד כי תמרור האוסר פניה ימינה מזוהה לאט יותר (393 אלפיות שנייה לאט יותר) מתמרור האוסר פניה שמאלה. לכאורה, לממצא זה אין סיבה מוצדקת. אולם, שילובו של ממצא זה עם ניתוח משך הפיקסציות המצטבר כמשתנה תלוי אשר יוצג בהמשך יכול להסביר את התלות שבין משך הפיקסציות המצטבר על המטרה לבין סוג התמרור על היכולת לזהות אותו. בנוסף, שילוב ממצאים אלה, כפי שיוצג בהמשך, ידגיש את העובדה כי השפעת הסכימה היא בעיקר על התהליך האוטומטי של הפניית המבט ימינה בהתקרבות לצומת וכי לסוג התמרור (הגירוי) ישנה השפעה ספציפית על זיהויו בהינתן והנהג איתר אותו.

על מנת לבחון דפוסי התבוננות כלליים במטרות ללא קשר לזיהוי המטרה נבחנו משכי הפיקסציות המצטברים על המטרות. תוצאות הניתוח הראו כי לעומס המידע ישנה השפעה על משך הפיקסציות המצטבר על המטרה. כאשר התמונה מסביבת הנהיגה כללה הולך רגל משך הפיקסציות המצטבר הממוצע על התמרור היה 188 אלפיות שנייה לעומת אותה תמונה בדיוק ללא הולך הרגל בה משך הפיקסציות המצטבר הממוצע על המטרה היה 225 אלפיות שנייה. אחת המסקנות העולות מניתוח זה הוא כי כאשר נוסף מידע חשוב לסביבת הנהיגה, נהגים מפצלים את הקשב שלהם בין יותר אלמנטים ולכן משך הפיקסציות המצטבר על המטרה יורד. העובדה שמשתנה עומס המידע לא פגמה ביכולת לזהות את התמרור יכולה להעיד כי נהגים הפנו קשב "עודף" למטרות, וכי למרות שהנהגים הפנו פחות קשב למטרות כאשר נוסף מידע לתמונה יכולתם לזהות מטרות אילו לא נפגמה.

בנוסף, ניתוח משכי הפיקסציות המצטבר במטרה הראה כי לאינטראקציה בין מיקום התמרור לסוג התמרור ישנה השפעה על משך הפיקסציות המצטבר על המטרה. חשוב להזכיר כי בניתוח זה משך הפיקסציות המצטבר הוא משתנה תלוי ללא קשר לזיהוי או אי זיהוי המטרה. תוצאות הניתוח הראו כי למיפוי המרחבי ישנה השפעה מכרעת על משך הזמן אותו הנבדק מקדיש להתבוננות במטרה. משכי הזמן הקצרים ביותר על המטרות התקבלו כאשר הייתה תאימות מלאה בין סוג התמרור למיקומו. באופן ספציפי, המצבים בהם משך הפיקסציות המצטבר על המטרה היה הקצר ביותר כללו את התמרור האוסר פניה שמאלה בצידו השמאלי של הכביש וכן את התמרור האוסר פניה ימינה בצידו הימני של הכביש. כאשר תמרורים אלה מוקמו במקומות שאינם תואמים את מיפויים המרחבי (מנוגד לכיוון התמרור), אזי משך הפיקסציות המצטבר היה הארוך ביותר. המצב בו משך הפיקסציות המצטבר הממוצע על המטרה היה הארוך ביותר כלל את התמרור האוסר פניה שמאלה ממוקם בצידו הימני של הכביש (254 אלפיות שנייה). אחת הסיבות לממצא זה יכולה להיות העובדה

תוצאות אלה, בשילוב עם ניתוח זמני התגובה, יכולות להסביר את השפעת התלות שבין משך הפיקסציות המצטבר לבין סוג התמרור על היכולת לזהות אותו וכן את השפעת משך הפיקסציות המצטבר על מידת הביטחון בזיהוי. בניתוח משכי הפיקסציות הפער הגדול ביותר התקבל בין איסור פניה שמאלה הממוקם בצידו הימני של הכביש (254 אלפיות שנייה) לעומת תמרור האוסר פניה ימינה הממוקם בצידו הימני של הכביש (185 אלפיות שנייה). תוצאות קודמות הראו כי הסיכוי לזיהוי התמרור כאשר הוא ממוקם בצידו השמאלי אינו מושפע מסוג התמרור. לעומת זאת, תמרור האוסר פניה שמאלה זוהה טוב יותר מתמרור האוסר פניה ימינה כאשר שניהם מוקמו בצידו הימני של הכביש. הפער הגבוה בין משכי הפיקסציות המצטבר כאשר התמרורים מוקמו בצידו הימני של הכביש יכולות להסביר את הסיבה להבדלים בסיכוי לזהות את שני התמרורים. בהינתן שנהגים אכן הפנו את מבטם לצידו הימני של הכביש, משך הפיקסציות המצטבר על המטרה השפיע על הסיכוי שלהם לזהות אותו. ככל שמשך הפיקסציות על המטרה היה גדול יותר, כך גדלה ההסתברות לזיהוי התמרור. כלומר, כיוון שמשך הפיקסציות המצטבר הממוצע על התמרור האוסר פניה שמאלה היה גבוה משמעותית ממשך הפיקסציות המצטבר הממוצע על התמרור האוסר פניה ימינה, זמן התגובה לזיהוי התמרור האוסר פניה שמאלה היה קצר יותר.

תוצאות המחקר הנוכחי מראות השפעה של מיקום התמרור, סוג התמרור וניסיון הנהג על הסיכוי לזהות תמרורים במהלך הנהיגה. ניסיון הנהג מהווה גורם מכריע ביכולת לזהות תמרורים. המחקר הראה כי ניסיון בנהיגה מאפשר לנהג לזהות תמרורים ביעילות כאשר התמרור ממוקם במקום צפוי- בצד הימני של הכביש. העובדה כי לסוג התמרור ישנה השפעה על היכולת לזהות אותו מעידה כי ניתן לחלק את תהליך זיהוי התמרור לשני שלבים. בשלב הראשון הנהג בוחר מיקום בו הוא מעוניין להתבונן. לאחר מכן מתבצע תהליך של זיהוי המשמעות שלו. לטענתם של Haworth et al. (2000), סכנות במהלך הנהיגה לא מופיעות לעיתים קרובות מספיק שזיהויים יהפוך לאוטומטי. כיוון שרוב המידע, כגון שילוט, מופיע בצידו הימני של הכביש נהגים מנוסים מפתחים תהליך אוטומטי של הפניית המבט ימינה כאשר הם מתקרבים לצומת (Borowsky et al., 2006). אולם, המידע המופיע בצד ימין מגוון ומשתנה כל הזמן, ולכן הנהג איננו מפתח תהליך של זיהוי אוטומטי ועליו לפענח את האינפורמציה המופיעה בשלט. זהו למעשה השלב השני בזיהוי התמרור. מהירות זיהוי התמרור כנראה מושפעת מהקשר בין המשמעות של התמרור למיקומו. זו הסיבה שכאשר נמדד משך הפיקסציות המצטבר על המטרה, ללא תלות בזיהוי התמרור, הייתה למיפוי המרחבי השפעה מכרעת כאשר תמרורים שמיקומם תאם מרחבית למיקומם בכביש נבחנו למשך פחות זמן מאשר אותם תמרורים ממוקמים בניגוד מרחבי למידע שהוצג בהם. Tzelgov et al. (2000) הראו כי גירוי שלא הוצג מעולם לנבדק עדיין עובד בצורה אוטומטית בתנאים מסוימים. נראה כי משמעות התמרור הופכת לרלוונטית עבור הנהג המנוסה לאחר השלב בו הנהג איתר את המידע. בהינתן שהנהג אכן איתר את המידע במקום מסוים הוא מנסה לפענחו ונוטה לטעות יותר כאשר אותו מידע מופיע במקום לא צפוי. במצב אידיאלי, בו הנהג בחר להתבונן בצד בו ממוקם התמרור, ישנה חשיבות להתאים בין המידע המופיע בתמרור לבין מיקומו במרחב. אולם, כיוון שהמידע המוצג במהלך הנהיגה הוא מגוון ורובו ממוקם בצידו הימני של הכביש הנהג מפתח תהליך אוטומטי של הפניית המבט ימינה מבלי לדעת בוודאות את משמעות המידע, יש חשיבות למקם את המידע בצד ימין של הכביש. לצורך המחשה, נניח שעשרה תמרורים שונים ממוקמים בצד ימין של הכביש כאשר אחד מתוכם הוא איסור פנייה ימינה. מתוך עשר פעמים בהם הנהג הפנה את מבטו ימינה רק פעם אחת כללה איסור פנייה ימינה. לכן, הפניית המבט ימינה אשר התבצעה מספר רב של פעמים היא זו שתהפוך לתהליך אוטומטי. פענוח התמרור והבנתו לא יהפוך לפעולה אוטומטית.

7. **המלצות**

לסיכום, המחקר הנוכחי הראה כי לציפיות הנהג ישנה חשיבות מכרעת ביכולת לזהות תמרורים במהלך הנהיגה. לכן, על מנת להביא לאופטימום את הסיכוי שנהגים מנוסים יזהו תמרורים בסביבה יש לדאוג שתמרורים ימוקמו בהתאם לחוקי התנועה על מנת להבטיח שציפיות הנהג עולות בקנה אחד עם מיקומם הפיסי של אובייקטים בסביבה. נהגים מנוסים לומדים להתמודד עם כמות

בנוסף, קיימים מקרים בסביבות נהיגה שונות בהן לא ניתן למקם את התמרור בהתאם לחוק וזאת בשל תנאי סביבה לא מתאימים. תוצאות המחקר מציעות כי במקומות בהם ישנה חוסר התאמה בין ציפיות הנהג לבין מיקום המידע יש ליידע את הנהג מבעוד מועד, הרבה לפני השלב בו עליו לקבל החלטה. אולם, כאשר לא ניתן להודיע לנהג מבעוד מועד על שינוי בתנאי הסביבה יש לעשות הכול על מנת להתאים את הסביבה בהתאם לציפיות הנהג.

8. **רשימת מקורות**

- Benda, H.V.,& Hoyos,C.G. (1983). Estimating hazards in traffic situations. *Accident Analysis & Prevention, 15,* 1-9.
- Biederman, I., Mezanotte, R.J. & Rabinowitz, J.C. (1982). Scene perception: Detecting and judging objects undergoing relational violations. *Cognitive Psychology, 14,* 143-177. (As cited by Theeuwes, J., & Hagenzieker, M.P. (1993). Visual search of traffic scenes: on the effect of location expectations. In A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrav, H.W. Kruysee, & S.P. Taylor (Eds.), *Vision in vehicles Vol. 4,* pp. 149-158 Amsterdam: Elsevier)
- Borowsky, A., Ben-Asher, N., Parmet, Y., and Tzelgov, J., (2006). A Roll Key of Driving Experience in Target Detection. Proceedings of the Traffic and Road Safety Third International Congress, Ankara, Turkey
- Borowsky, A., Shinar, D., and Parmet, Y., (2005). Recognition of road signs relative to their location and driver expectations. Proceedings of the 13th International Conference on Road Safety on Four Continents, Warsaw, Poland.
- Boyce, T. E., & Geller, E. S. (2002). An instrumented vehicle assessment of problem behavior and driving style: Do young males take the most risks? *Accident Analysis & Prevention, 34,* 51-64.
- Brown, I.D., & Groeger, J.A. (1988). Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status. *Ergonomics, 31,* 587-597.
- Chapman, P. Underwood, G. & Roberts, K. (2002). Visual search patterns in trained and untrained novice drivers. *Traffic Psychology and Behavior*, 2, 157-167.
- Cohen, A.S. (1981), Car drivers pattern of eye fixations on the road and in the laboratory. *Perceptual and Motor Skills*, 52, 515-522.
- Cole, B. L. & Jenkins, S. E. (1980). The nature and measurement of conspicuity. 10th Australian Road Research Board Proceedings
- Crundall, D. E., and Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual acquisition in drivers', *Ergonomics, Vol. 41(4),* 448-458. (As cited by Horswill, M. S., and Mckenna, F.P. (2004). Drivers' hazard perception ability: Situation awareness on the road. In Press).
- Duncan,J., Williams, P. & Brown,I., (1991). Components of driving skill; experience does not mean expertise. *Ergonomics*, 34, 919-937.

- Endsley, M.R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors, 37,* 32-64.
- Engel, F. L. (1971) Visual conspicuity, directed attention and retinal locus. *Vision Research, 11,* 563-576.
- Erikson, B & Horberg, U. (1980). Eye movements of drives in urban traffic. *Uppsala Psychological Reports* 283 (1980) (University of Uppsala: Sweden).
- Evans, L. (1991). Traffic Safety and the Driver. Van Nostrand Reinhold, New York,1991.
- Forbes, T. W. & Holmes,R.S. (1939), Legibility Distances of Highway Destination Signs in Relation to Letter Height, Letter Width, and Reflectorization. Proceedings of the 19th Annual Meeting of Highway Research Board. Washington, D.C.
- Gitelman, D. R. (2002). ILAB: a program for postexperimental eye movement analysis. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 34(4),* 605-612.
- Gugerty,L.J., (1997), Situation Awareness during driving: Explicit and Implicit knowledge in dynamic spatial memory. *Journal of experimental psychology,4, 42-66.*
- Haworth, N., Symmons, M., & Kowadlo, N., (2000). Hazard Perception By inexperienced Motorcyclist', Research Report, Monash University Accident Research Centre. Available at: http://www.monash.edu.au/oce/roadsafety
- Henderson,J.M., Pollatsek, A. & Rayner, K. (1989), Covert visual attention and extrafoveal information use during object identification, *Perception and Psychophysics*, 45, 196-208.
- Hinsley, D., Hayes, J. R., & Simon, H. A. (1977). From words to equations. In P. Carpenter & M. Just (Eds.), Cognitive processes in comprehension. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Hintzman, D. L. (1986). "Schema abstraction" in a multiple-trace model. *Psychological Review, 93,* 411-428
- Hughes, P.K. & Cole, B. L. (1984). A field trial of attention and search conspicuity, *Human Factors, 26,* 299-313.
- Hughes, P.K. & Cole, B. L. (1986). What attracts attention when driving? *Ergonomics, 29, 3*, 377-391.
- Johansson, G and Backlund, F (1970) 'Drivers and Road Signs', *Ergonomics, Vol. 13, No. 6,* pp749-759.
- Klein, G. A. (1989). Recognition primed decisions. Advances in man-machine systems research, 5, 47-92 Greenwich, CT: JAI Press
- Logan, G. D. (1985). Skill and Automaticity: Relations, Implications, and Future Directions. *Canadian Journal of Psychology, 39(2),* 367-386.
- Mackworth, N. H. and Morandi, A. J. (1967). The gaze selects informative details within pictures. *Perception and Psychophysics, Vol. 2(11),* 547-552.

- Maycock, J., Lockwood, C.R. & Lester, J.F. (1991). The Accident Liability of Car Drivers (No. 315). Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.
- Miura, T. (1990). Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting. *Information Acquisition in perception*, 119-127.
- Mourant, R. R., & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors, 14,* 325-335. (As cited by Elander, J., West R., & French, D. (1993). Behavioral correlates of individual differences in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings. *Psychological bulletin, 113,* 2, 279-294).
- Maycock, G., Lockwood, C. R. and Lester, J. (1991). The accident liability of car drivers. TRRL Research Report 315, Crowthorne, UK: Transport and Road Research Laboratory. Mitchell, M. (Ed.) (1997). The aftermath of road accidents: Psychological, social and legal consequences of an everyday trauma. London: Routledge.
- Naatanen, R., and Summala, H. (1976). Road-user behavior and traffic accidents. Amsterdam: North- Holland. (As cited by Summala and Rasanen (Summala, H., and Rasanen, M. (2000). Top Down and Bottom-Up processes in Driving Behavior at Roundabouts and Crossroads. *Transportation Human Factors, 2(1),* 29-37)
- Summala, H., and Rasanen, M. (2000). Top Down and Bottom-Up processes in Driving Behavior at Roundabouts and Crossroads. *Transportation Human Factors, 2(1),* 29-37.
- Summala, H., Rasanen, M., and Sievanen J. (1996). Bicycle accidents and drivers visual search at left and right turns. *Accident Analysis & Prevention, 28, 2,* 147-153.
- Theeuwes, J. (1996). Visual search at intersections: An eye-movement analysis. In A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrav, & S.P. Taylor (Eds.), *Vision in vehicles* (Vol. 5, pp. 125-134) Amsterdam: Elsevier. (As cited by Summala, H., and Rasanen, M. (2000). Top Down and Bottom-Up processes in Driving Behavior at Roundabouts and Crossroads. *Transportation Human Factors, 2(1),* 29-37)
- Theeuwes, J., & Hagenzieker, M.P. (1993). Visual search of traffic scenes: on the effect of location expectations. In A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrav, H.W. Kruysee, & S.P. Taylor (Eds.), *Vision in vehicles* (Vol. 4, pp. 149-158) Amsterdam: Elsevier. (As cited by Summala and Rasanen (Summala, H., and Rasanen, M. (2000). Top Down and Bottom-Up processes in Driving Behavior at Roundabouts and Crossroads. *Transportation Human Factors, 2(1),* 29-37)
- Tzelgov, J., Yehene, V., Kotler, L. and Alon, A., (2000). Automatic comparisons of artificial digits never compared: learning linear ordering relations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition,26,*103–20.

10. **נספחים**

10.1 תמונות מטרה

תמונה 10.1.1 "אסורה הפניה ימינה" בצד ימין – ללא עומס מידע

תמונה 10.1.2 "אסורה הפניה ימינה" בצד ימין – כולל עומס מידע

תמונה 10.1.3 "אסורה הפניה שמאלה" בצד ימין – ללא עומס מידע

תמונה 10.1.4 "אסורה הפניה שמאלה" בצד ימין – כולל עומס מידע

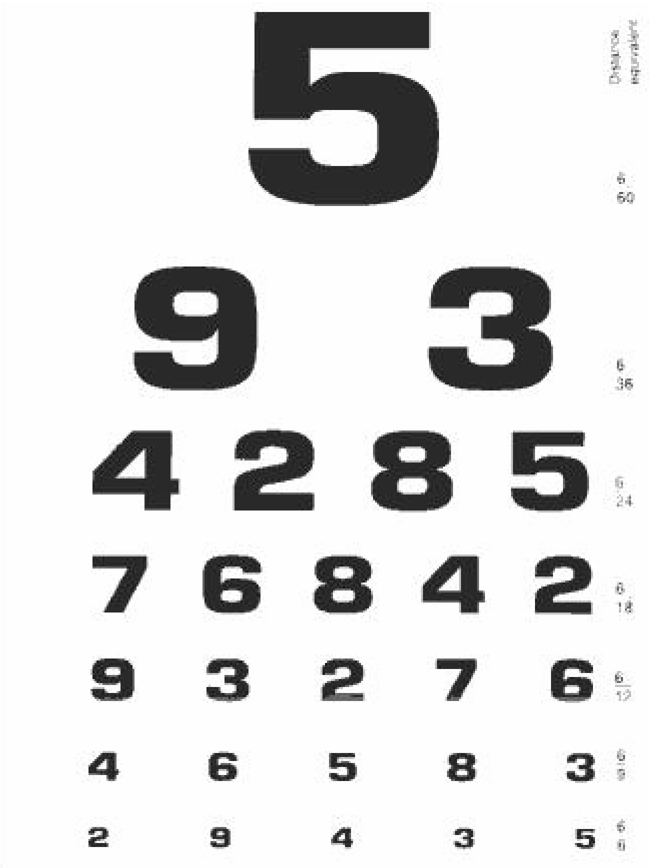
תמונה 10.1.5 "אסורה הפניה ימינה" בצד שמאל – ללא עומס מידע

תמונה 10.1.6 "אסורה הפניה ימינה" בצד שמאל – כולל עומס מידע

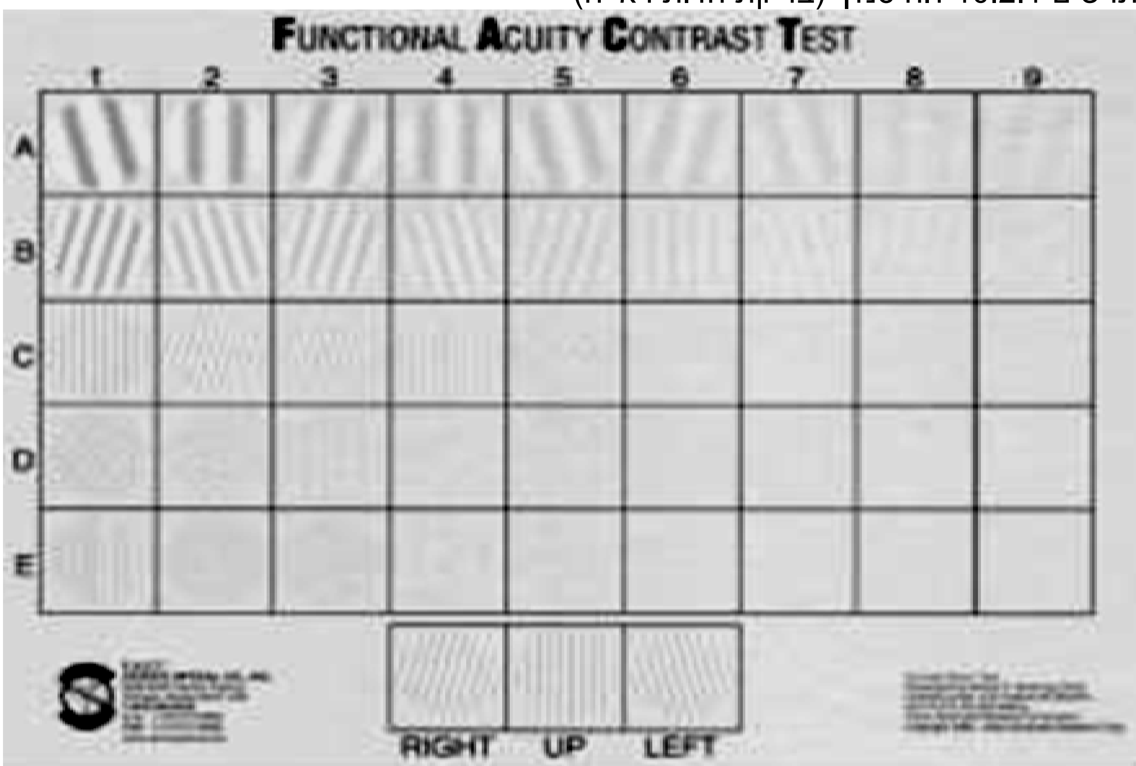
תמונה 10.1.7 "אסורה הפניה שמאלה" בצד שמאל – ללא עומס מידע

תמונה 10.1.8 "אסורה הפניה שמאלה" – כולל עומס מידע

10.2 בדיקת הראיה



תרשים 10.2.1 לוח סנלן (בדיקת חדות ראייה)



תרשים 10.2.2 לוח גינסבורג (בדיקת ניגודיות)

<u>10.3 דף הנחיות לנבדק/ת</u>

שם + משפחה:_______________ **תאריך:**____________

נהג: חדש / ותיק **מין:** זכר / נקבה **קבוצה:** א' / ב'

בניסוי זה תתבקש/י להסתכל על תמונות שצולמו בכבישים שונים בארץ. במהלך הניסוי יוקלטו תנועות העיניים שלך על ידי מערכת תנועות העיניים שבמעבדה. על מנת להקליט את תנועות העיניים עלי לבצע כיול של המערכת. הכיול ימשך כמספר דקות אז אנא העזר/י בסבלנות עד סוף הכיול.

בטרם התחלת הניסוי אנא קרא/י את ההנחיות בעיון רב.

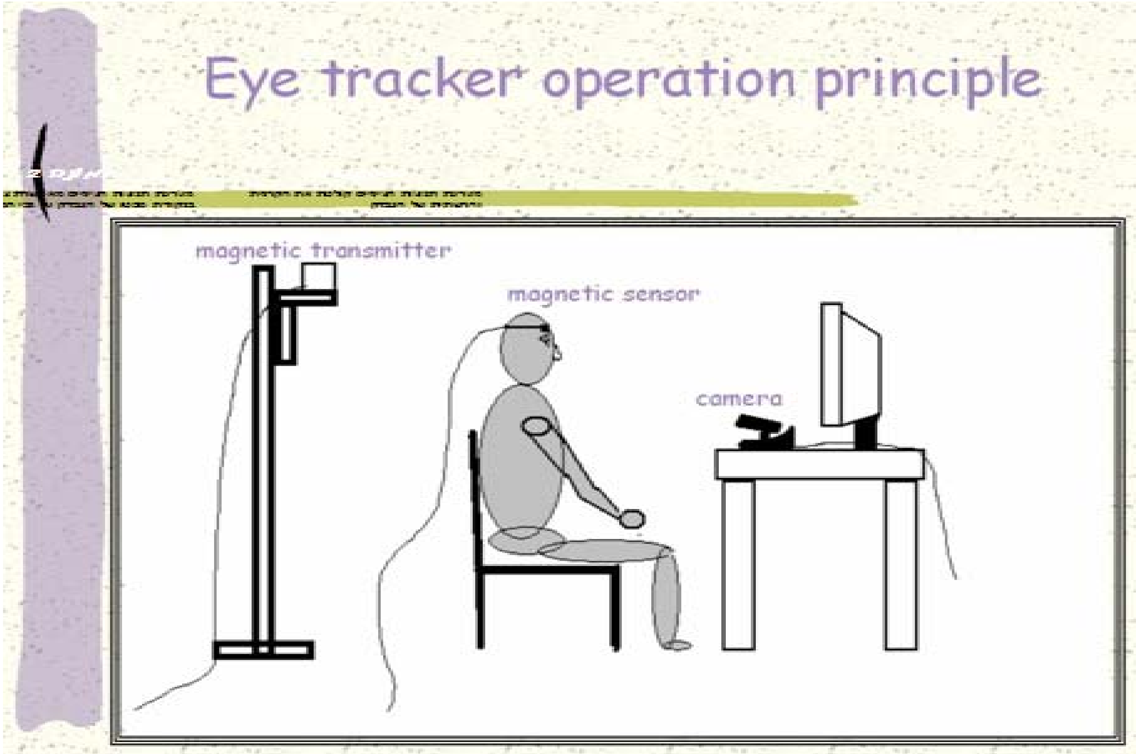
בעוד כמספר דקות יופיעו **שני קבצים** של תמונות על גבי המסך שמולך. כל קובץ של תמונות כולל **80 תמונות** שונות של צמתים וכבישים שונים ברחבי הארץ. **המטרה היא להסתכל על התמונות במבט של נהג הנוהג בכביש**. כל תמונה תוצג למשך **2.5 שניות** שלאחריה יופיע מסך אפור. על מסך זה תוצג שאלה אחת לגבי פריט כלשהו בתמונה.
לתשומת לבך, השאלה יכולה להתייחס לפריט שהופיע בתמונה או לחילופין לפריט שלא הופיע בתמונה. התשובה לשאלה יכולה להיות "כן" או "לא". השאלות יכולות לכלול פרטים חיוניים לנהיגה כגון: תמרורים, שלטי הכוונה, מעברי חצייה רכבים אחרים והולכי רגל על הכביש או שאלות על פרטים שלא חיוניים לנהיגה כגון: עצמים שאינם קשורים למטלת הנהיגה, בניינים, עצמים ופרסומות. **יש לשים יותר דגש לפרטים רלוונטיים לנהיגה.** השתדל לענות מהר ומדויק ככל שניתן כיוון שהזמן מהרגע בו הוצגה השאלה ועד ללחיצה נשמר במחשב כזמן תגובה.
לאחר שענית על השאלה יתבצע מעבר למסך פיקסציה למשך שנייה ואז תוצג התמונה הבאה. בין שני הקבצים תהיה הפסקה בת 5 דקות לצורך מנוחה והתרעננות.

לשם דוגמא אראה לך כעת שתי תמונות. לאחר הופעת כל תמונה ענה/י על השאלה שתופיע על המסך.

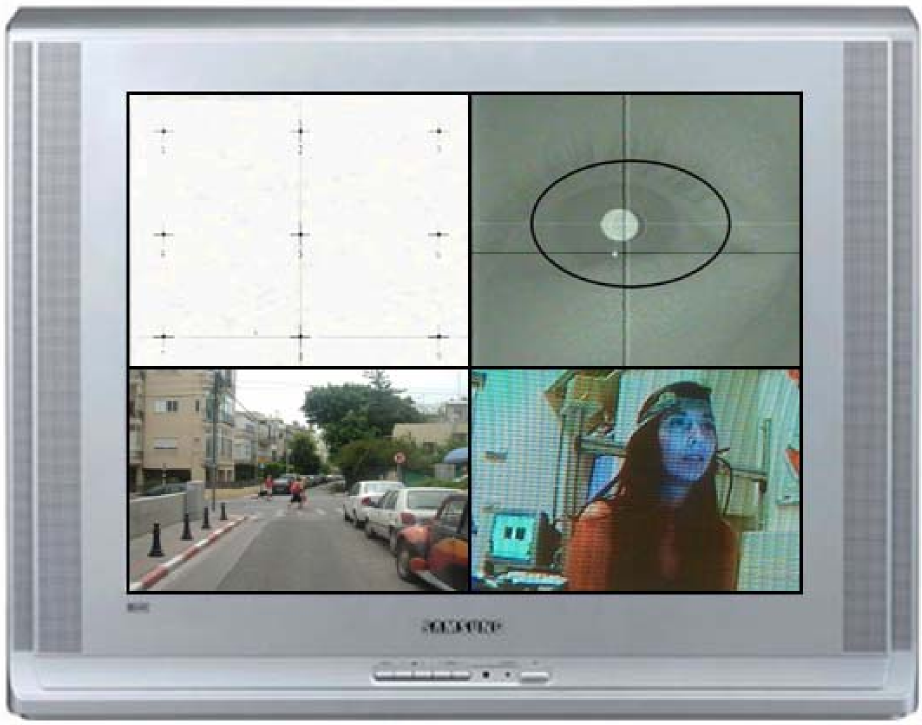
חשוב: במידה ותחליט מסיבה כלשהי להפסיק את הניסוי לפני מועד סיומו, לא תהיה זכאי לקבל את התשלום עבורו. במידה והנך חש באי נוחות כלשהי במהלך הניסוי אנא פנה לנסיין על מנת להפסיק את הניסוי.

חתימה: ____________

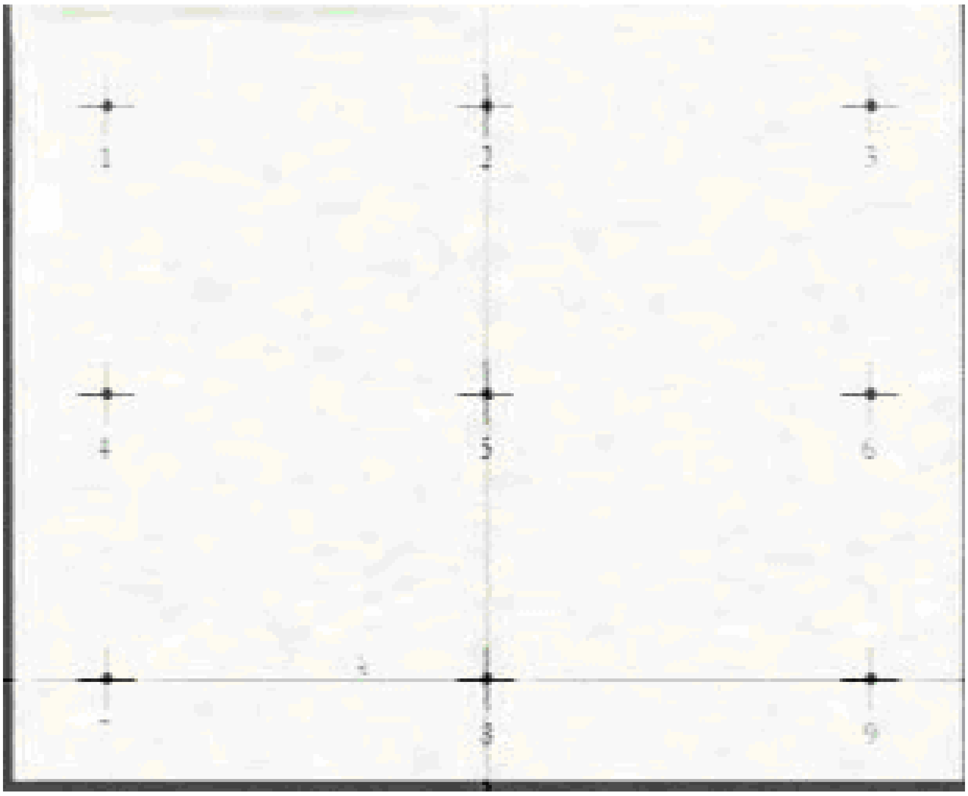
<u>10.4 כיול הנבדק</u>



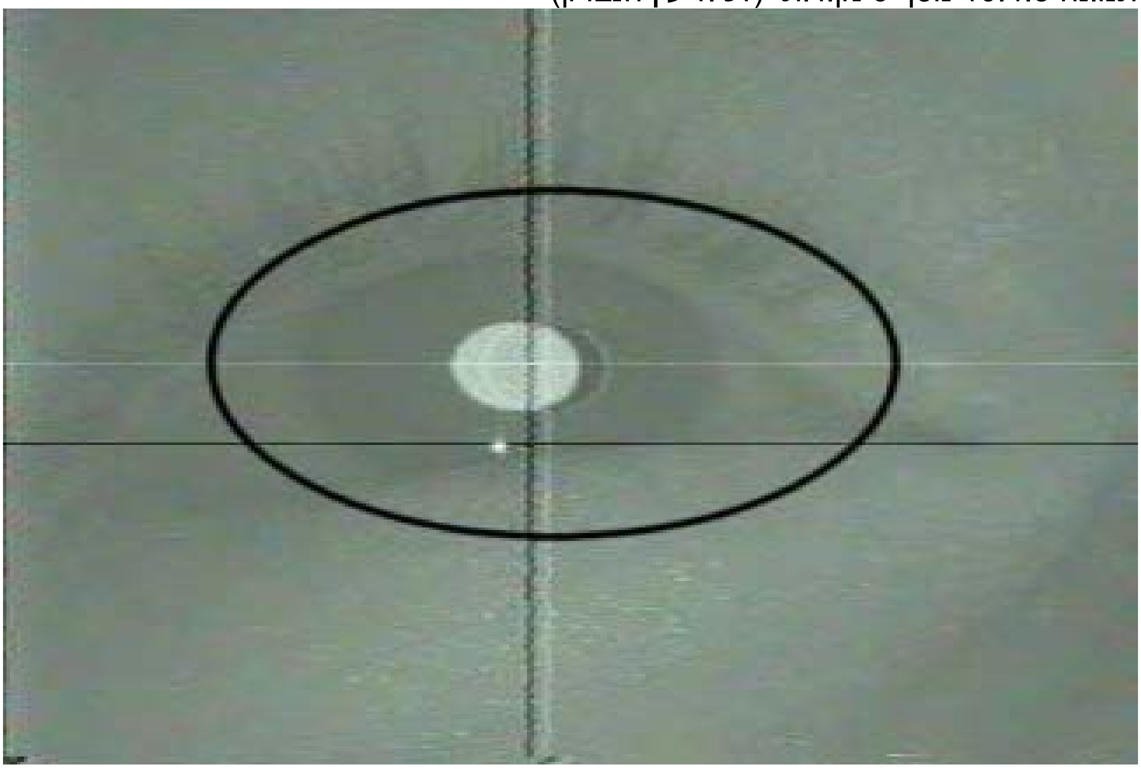
תמונה 10.4.1 תאור סכמאתי של מערכת תנועות העיניים



תמונה 10.4.2 מסך מפוצל למעקב אחר הנבדק בזמן הניסוי



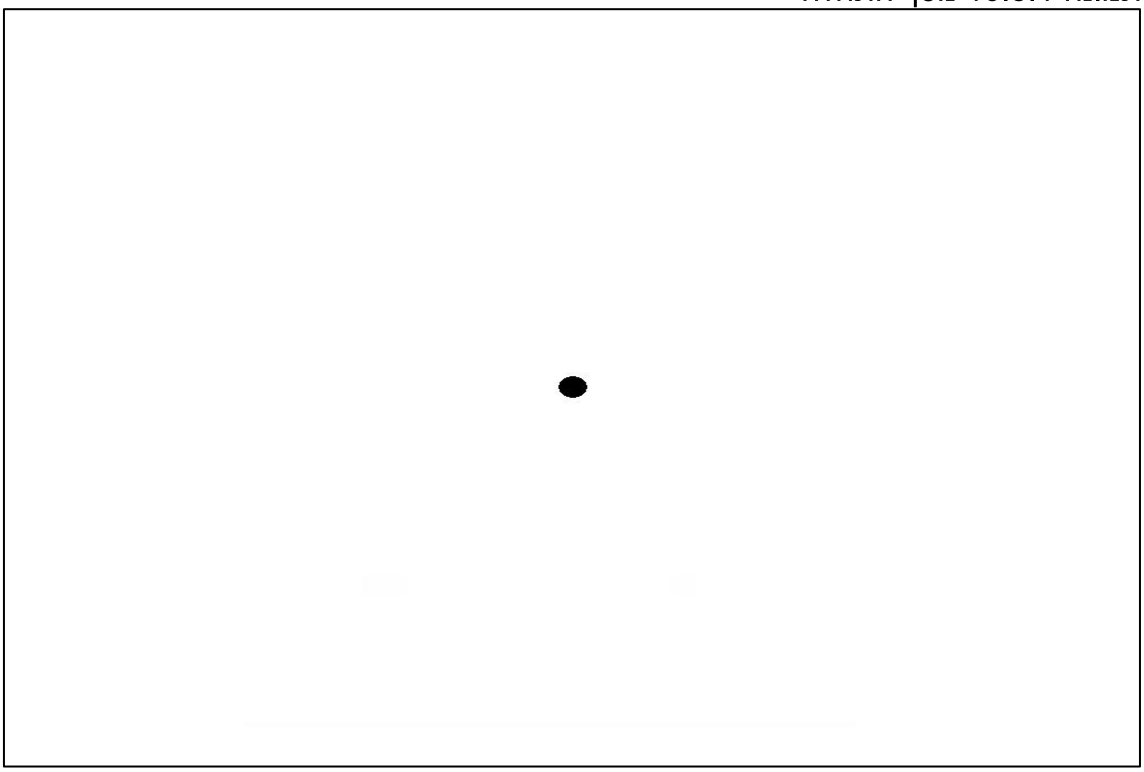
תמונה 10.4.3 מסך 9 נקודות (לכיול עין הנבדק)



תמונה 10.4.4 זיהוי הקרנית והאישון של הנבדק

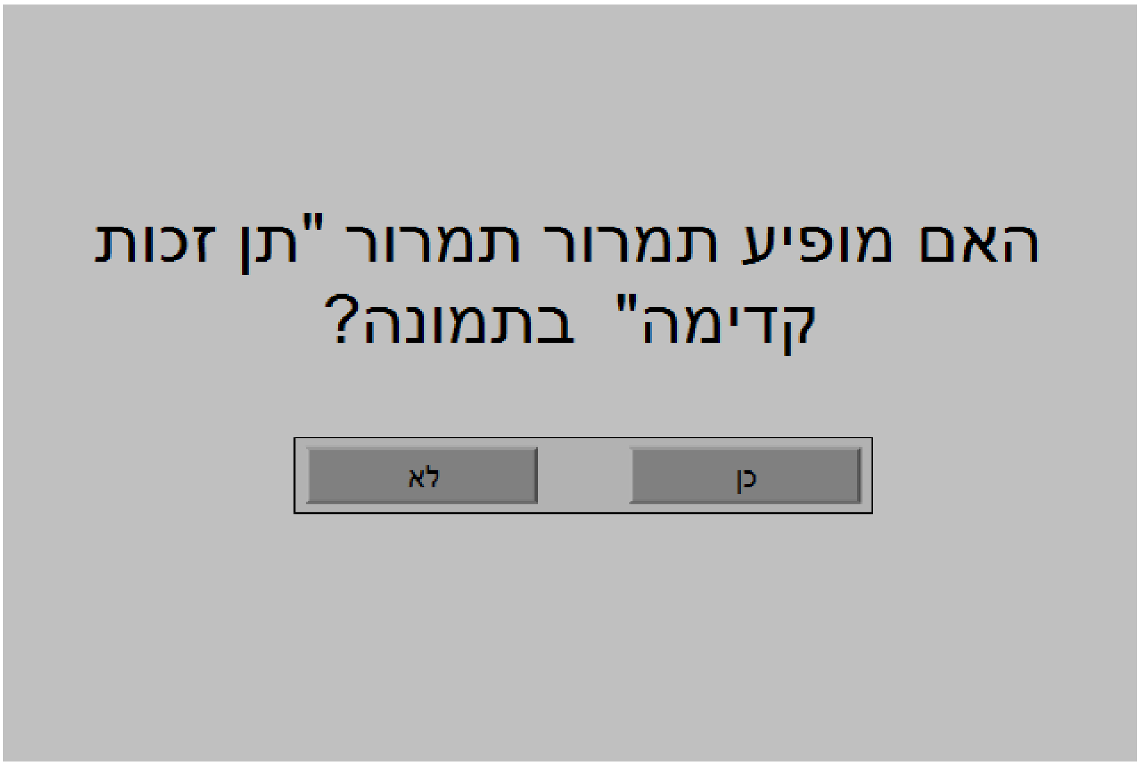
10.5 הדגמת הניסוי

תמונה 10.5.1 מסך התחלה

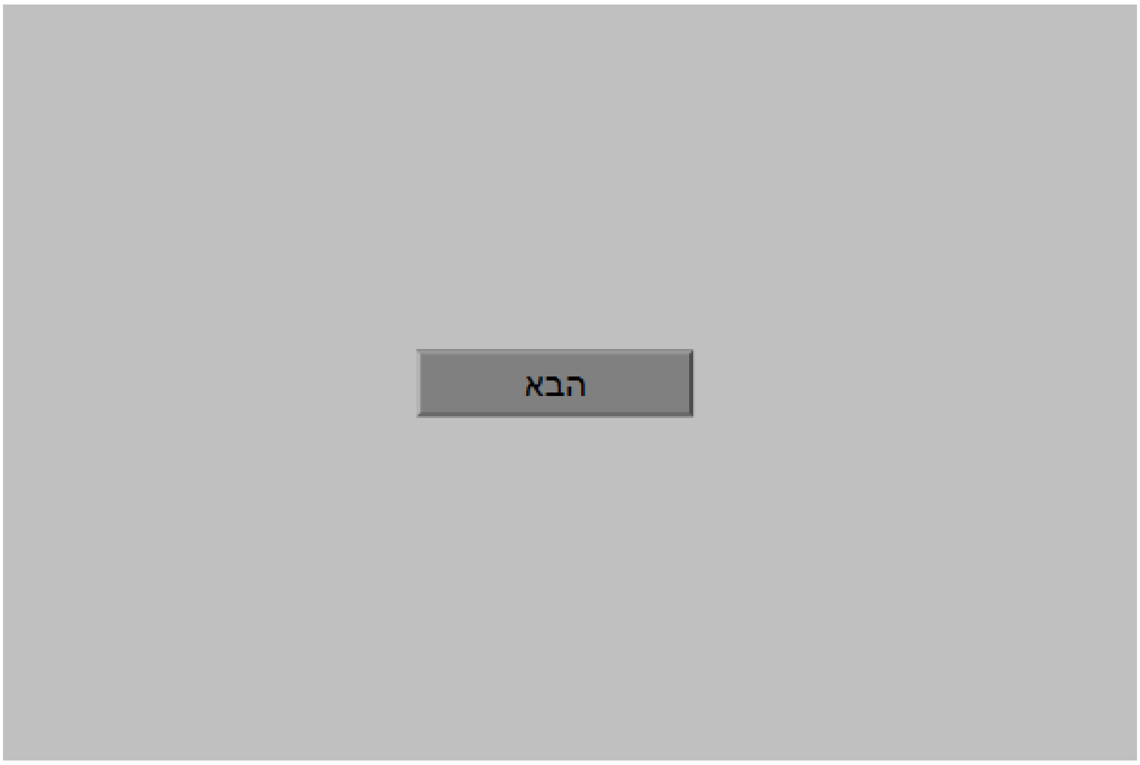


תמונה 10.5.2 מסך פיקסציה (למקד את עיניי הנבדק במרכז המסך)

תמונה 10.5.3 תמונת הסחה המתארת מצב נהיגה כלשהו בכביש

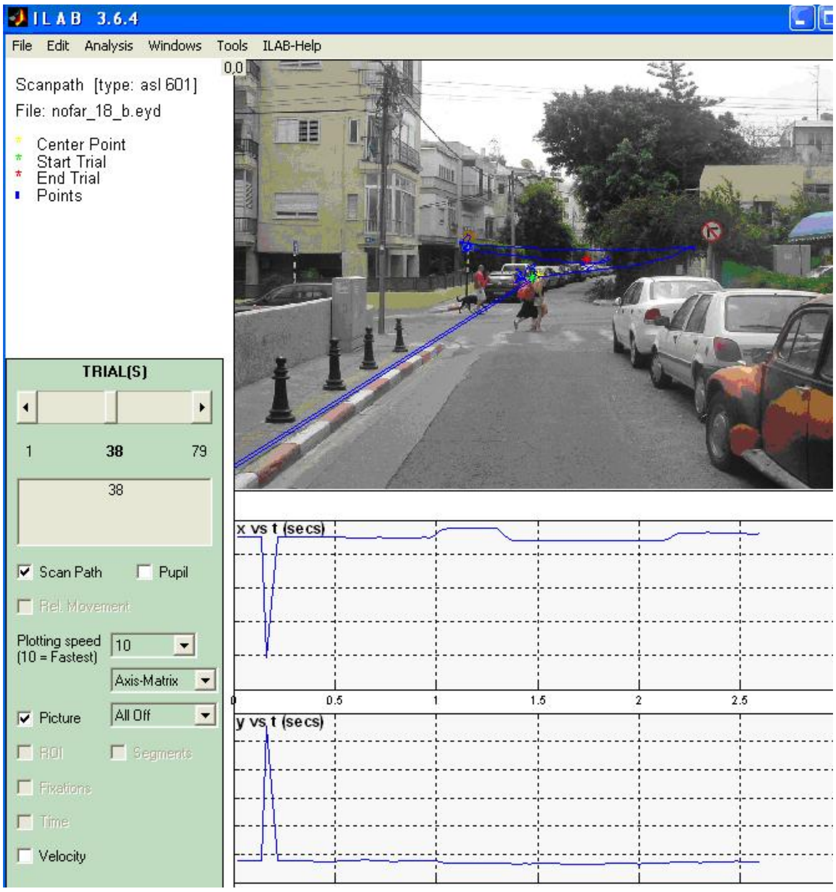


תמונה 10.5.4 שאלה לגבי אחד האלמנטים בתמונה

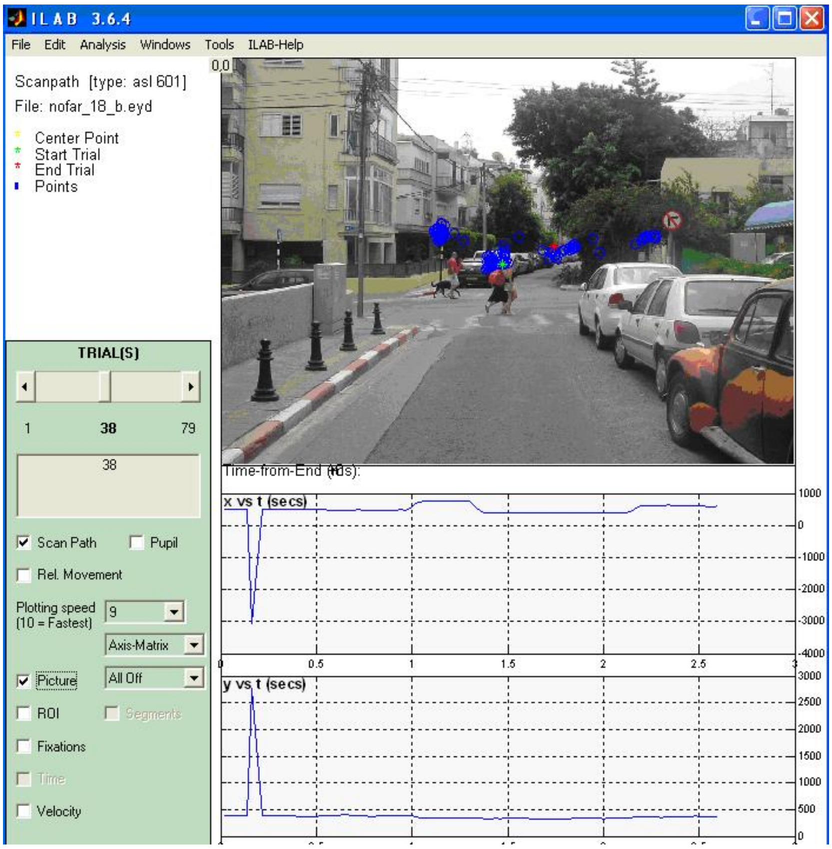


תמונה 10.5.5 מעבר לתמונה הבאה

<u>10.6 דוגמא לניתוח תוצאות תנועות עיניים</u>



תמונה 10.6.1 "אסורה הפניה ימינה" בצד ימין – כולל עומס מידע בתצוגת מסלול (scan path)



תמונה 10.6.2 "אסורה הפניה ימינה" בצד ימין – כולל עומס מידע בתצוגת אשכול (cluster)

10.7 טבלאות רלוונטיות מניתוח התוצאות

חשוב לציין כי בכל הניתוחים הוסרו הנתונים של 4 נבדקים (שני נהגים מנוסים ושני נהגים חדשים-צעירים). תנועות העיניים שלהם לא היו תקינות ולכן לא ניתן היה לאמת את נכונות תשובתם. כל הניתוחים הסטטיסטיים בוצעו לפי רמת ביטחון של 95%.

טבלה 10.7.1 מקרא להבנת קידוד המשתנים בניתוח הסטטיסטי

Variable	encoding	code
X_1	Traffic sign's location	loc
X_2	gender	gender
X_5	experience	expr
X_3	Traffic sign's type	type
X_4	Information density	omes
X_6	Scenes presentation order	ord

10.7.1 ניתוח משך פיקסציות כולל על המטרה

טבלה 10.7.1.1 טבלת שונויות ומובהקות הגורמים השונים במודל

Sig.	F	Mean Square	df	Type III Sum of Squares	type	omes	loc	Source
.197	1.737	58050.313	1	58050.313			Linear	loc
.911	.013	427.812	1	427.812			Linear	loc * gender
.074	3.400	113627.812	1	113627.812			Linear	loc * expr
.286	1.179	39382.812	1	39382.812			Linear	loc * ord
.613	.261	8715.312	1	8715.312			Linear	loc * gender * expr
.700	.151	5040.313	1	5040.313			Linear	loc * gender * ord
.424	.657	21945.312	1	21945.312			Linear	loc * expr * ord
		33415.843	33	1102722.81			Linear	Error(loc)
.018	6.187	110632.813	1	110632.813		Linear		omes
.664	.193	3445.312	1	3445.312		Linear		omes * gender
.527	.409	7315.312	1	7315.312		Linear		omes * expr
.670	.185	3315.313	1	3315.313		Linear		omes * ord
.440	.611	10927.812	1	10927.812		Linear		omes * gender * expr
.565	.338	6037.812	1	6037.812		Linear		omes * gender * ord
.435	.624	11162.812	1	11162.812		Linear		omes * expr * ord
		17881.070	33	590075.312		Linear		Error(omes)
.308	1.072	19375.313	1	19375.313	Linear			type
.653	.205	3712.812	1	3712.812	Linear			type * gender
.159	2.081	37627.812	1	37627.812	Linear			type * expr
.482	.505	9137.812	1	9137.812	Linear			type * ord
.671	.183	3315.312	1	3315.312	Linear			type * gender * expr
.814	.056	1015.313	1	1015.313	Linear			type * gender * ord
.279	1.214	21945.312	1	21945.312	Linear			type * expr * ord
		18078.267	33	596582.812	Linear			Error(type)
.980	.001	15.313	1	15.313		Linear	Linear	loc * omes
.946	.005	112.813	1	112.813		Linear	Linear	loc * omes * gender
.790	.072	1757.813	1	1757.813		Linear	Linear	loc * omes * expr
.469	.538	13132.813	1	13132.813		Linear	Linear	loc * omes * ord
		24428.722	33	806147.812		Linear	Linear	Error(loc*omes)
.009	7.590	227377.813	1	227377.813	Linear		Linear	loc * type
.187	1.814	54340.312	1	54340.312	Linear		Linear	loc * type * gender
.244	1.405	42090.312	1	42090.312	Linear		Linear	loc * type * expr
.296	1.129	33825.313	1	33825.313	Linear		Linear	loc * type * ord
		29956.525	33	988565.312	Linear		Linear	Error(loc*type)
.330	.979	17850.313	1	17850.313	Linear	Linear		omes * type
.250	1.373	25027.813	1	25027.813	Linear	Linear		omes * type * gender
.086	3.125	56977.812	1	56977.812	Linear	Linear		omes * type * expr
.044	4.405	80327.813	1	80327.813	Linear	Linear		omes * type * ord
		18233.873	33	601717.812	Linear	Linear		Error(omes*type)

טבלה זו מציגה את הגורמים במודל. הטבלה מציגה אינטראקציות מסדר שני וכן אפקטים עיקריים. האינטראקציות המשולשות במודל הן שילוב של אינטראקציות זוגיות בין המשתנים התוך נבדקים לבין אחד המשתנים הבין נבדקים או לחילופין אינטראקציות זוגיות בין המשתנים הבין נבדקים לבין אחד המשתנים התוך נבדקים.

טבלה 10.7.1.2 טבלת ממוצעים וקידוד המשתנים התוך נבדקים

right	No Right Turn	Dense	2	
192.875	214.13	224.938	1	Average

219.813	198.56	187.75	2	

טבלה 10.7.1.3 טבלת ממוצעים וסטיות תקן לפי תמונת מטרה

N	Std. Deviation	Mean	location	type	omes	Picture
40	161.464	179	1	1	1	Ms.30.a
40	183.576	243.5	1	2	1	Ms.20.a
40	153.853	169	1	1	2	Ms.10.a
40	167.577	180	1	2	2	Ms.40.a
40	185.466	271.5	2	1	1	Ms.40.b
40	158.096	205.75	2	2	1	Ms.10.b
40	186.605	237	2	1	2	Ms.30.b
40	136.457	165	2	2	2	Ms.20.b

טבלה 10.7.1.4 טבלת ממוצעים לאינטראקציה בין מיקום התמרור לסוג התמרור

Std. Error	Mean	type	loc
20.216	174.000	1	1
21.360	211.750	2	1
26.160	254.250	1	2
18.360	185.375	2	2

טבלה 10.7.1.5 טבלת שונויות ומובהקות עבור גורמים בין נבדקים

Sig.	F	Mean Square	df	Type III Sum of Squares	Source
.000	196.159	13624877.813	1	13624877.813	Intercept
.842	.041	2820.312	1	2820.312	gender
.673	.182	12625.312	1	12625.312	expr
.394	.745	51765.312	1	51765.312	ord
.561	.345	23977.812	1	23977.812	gender * expr
.361	.859	59677.812	1	59677.812	gender * ord
.530	.402	27937.812	1	27937.812	expr * ord
		69458.494	33	2292130.312	Error