



הרשות הלאומית
לבטיחות בדרכים



בחינת השפעת תוכנית לימוד לזיהוי גורמי סכנה על יכולתם של נהגים צעירים לזהות מצבי סכנה



- ד"ר טל אורון-גלעד, חוקר ראשי
- שני אבניאלי
- עמרי יונה
- חגי תפירו
- ד"ר אבינועם בורובסקי
- יעוץ סטטיסטי: ד"ר ישראל פרמט



ניהול מדעי: ד"ר שי סופר, המדען הראשי, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים
ליווי מחקרי: אגף מחקר, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים

מרץ 2013 | אדר תשע"ג



הרשות הלאומית
לבטיחות בדרכים



בחינת השפעת תוכנית לימוד לזיהוי גורמי סכנה על יכולתם של נהגים צעירים לזהות מצבי סכנה



- ד"ר טל אורון-גלעד, חוקר ראשי
- שני אבניאלי
- עמרי יונה
- חגי תפירו
- ד"ר אבינועם בורובסקי
- יעוץ סטטיסטי: ד"ר ישראל פרמט



ניהול מדעי: ד"ר שי סופר, המדען הראשי, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים
ליווי מחקרי: אגף מחקר, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים

מרץ 2013 | אדר תשע"ג

תקציר

מיומנות נמוכה בתפיסת סכנות (Hazard Perception-HP) היא גורם משמעותי ביותר למעורבות היתר של נהגים צעירים ובלתי מנוסים בתאונות דרכים. תפיסת סכנות, היכולת "לקרוא את הכביש" ולהטריס ארועים עתידיים ניתנת לאימון. המחקר הנוכחי בחן את יעילותן והתפתחותן של שתי תכניות אימון משלימות – תכנית הטרס ופעל (AAHPT), Act and Anticipate Hazard Perception Training – המבוססת על חשיפת הנהגים הצעירים למגוון רחב של מצבי נהיגה אליהם מן הסתם לא נחשפו במהלך נסיונם הקצר כנהגים. לתכנית זו שתי אופני העברה - אקטיבי ומשולב. באימון האקטיבי צפתה קבוצת נהגים צעירים בסרטוני נהיגה קצרים תוך שהם מתבקשים ללחוץ על כפתור בכל פעם שהם חשים בסכנה. לאחר מכן הם התבקשו לתת שם לכל סכנה שצינו. באימון המשולב עברו המשתתפים חלק עיוני המשלב מידע לגבי סכנות ודוגמאות וכן חלק אקטיבי מקוצר הזהה באופיו לזה שעברו קודמיהם. האימון השלישי היה ה-RAPT (Risk Awareness and Perception Training) – תכנית אימון זו פותחה בארה"ב ומטרתה להקנות לנהג הצעיר הרגלים לסריקת אזורים בהם צפויות סכנות פוטנציאליות להתממש. תכנית ה RAPT עברה התאמות לנהג ולסביבת הנהיגה הישראלית והגירסה המתואמת I-RAPT היא זו שהועברה במהלך האימון. קבוצת הביקורת צפתה במאמן שלא קשור ישירות לתפיסת סכנות אלא למבחני התיאוריה וכללי נהיגה באופן כללי.

כשבוע לאחר מכן הגיע כל אחד מהמשתתפים למבחן משולב. המבחן כלל חלק ממוחשב Hazard Perception Test (HPT) בו צפו הנבדקים בסרטונים נוספים והתבקשו לזהות מצבי סכנה ולתת שם לכל מצב אותו זיהו. חלק זה של המבחן זהה באופן הביצוע לתכנית האקטיבית אך הסרטוני שהוצגו בו כללו בעיקר מצבי סכנה פוטנציאליים ולא ממשיים – מצבים בהם מתקשים בד"כ נהגים צעירים לזהות את הסכנה ביחס לנהגים מנוסים. החלק השני של המבחן היה בסימולטור הנהיגה. בחלק זה נהגו הנהגים בשתי סביבות נהיגה עירונית ושכונתית תוך התייחסות לארועים שונים שנקרו בתרחיש הנהיגה. קבוצה של נהגים מנוסים (מעל 7 שנות נהיגה) ביצעה אף היא את שני המבחנים וביצועיה שימשו כקו ההשוואה אליו הושו בו ביצועי הנהגים הצעירים.

במבחן הממוחשב, נבחנו רגישות התגובה, זמני התגובה ודפוסי סריקת תנועות העיניים של הנהגים. באופן כללי התוצאות מצביעות על כך שהקבוצה שעברה את האימון המשולב הציגה יכולת זיהוי גבוהה יותר לסכנות פוטנציאליות מהקבוצות האחרות. יתרונותיה של כל אחת משיטות האימון מוצגות בדוח בהרחבה. במבחן הסימולטור, ניכר היה כי ההבדלים בין קבוצות האימון השונות אינם עקביים לכל אורך תרחישי הנהיגה, אם כי הקבוצות שעברו את האימון המשולב ואת אימון ה I-RAPT הראו יותר דמיון לנהגים המנוסים בחלק מהארועים. עדיין ניכר כי קיים פער משמעותי בין נהגים מנוסים לצעירים. יתכן ואימון ארוך יותר ומקיף יותר היה מקנה לנהגים הצעירים יכולות משופרות יותר. מחקרי המשך יכולים להמשיך ולבחון את יעילותן של שיטות אימון נוספות או שילוב של שיטות. כמוכן, ניתן להרחיב ולשפר את מבחני המיומנות הן הממוחשב והן מבחן הסימולטור.

בחינת השפעת תוכנית לימוד לזיהוי גורמי סכנה על יכולתם של נהגים צעירים לזהות מצבי סכנה במבחן ממוחשב ובסימולטור נהיגה

מעורבותם של נהגים חדשים-צעירים בתאונות דרכים גבוהה מזו של נהגים מנוסים. נהגים צעירים בגילאי 16-24 מהווים כ- 15% מכלל אוכלוסיית בעלי רישיון הנהיגה, אולם מעורבים בכ-35% מהתאונות הקטלניות ובכ-50% מהתאונות בעלות הנפגעים (MacDonald, 1994). אחת הסיבות למעורבותם הגבוהה יחסית של נהגים צעירים ובלתי מנוסים בתאונות דרכים הנה חוסר יכולתם לאתר סכנות ולזהות מצבים מסוכנים בכביש בעיקר סכנות חבויות (כגון: צמתים, חציית הולכי רגל שמוסתרת על ידי תוואי הדרך או מכוניות אחרות וכד'). איתור, זיהוי וחיזוי מצבים מסוכנים בכביש הינה מיומנות נרכשת ולפיכך ניתנת לשיפור באמצעות תוכניות אימון יעודיות לנהגים חדשים. מחקרים מן העולם הראו כי שיפור מיומנות תפיסת הסכנות בקרב נהגים חדשים יעיל יותר בתקופת הליווי, לאחר הוצאת הרישיון, ולאחר שהנהג החדש רכש מיומנויות שליטה בסיסיות ברכב. בעולם מוכרות שיטות שונות לאימון נהגים חדשים בתפיסת סכנות ובהתאמה, קיימים מבחנים שונים לבחינת היכולת לזהות סכנות. למרות התעניינות המחקרית בתחום ברחבי העולם, טרם גובשו שיטות הערכה מוסכמות, הן לבחינת המיומנות והן לבחינת יעילותן של תוכניות אימון.

במהלך השנים 2007-2010 פותחה באוניברסיטת בן-גוריון שיטה לאימון נהגים צעירים בתפיסת סכנות, שיטת הטרם ופעל ובלעז (AAHPT) Act and Anticipate Hazard Perception Training. מטרת התוכנית לאמן נהגים צעירים וחסרי ניסיון בתפיסת הסכנות, ועקרון האימון הוא באמצעות חשיפה והתנסות. באמצעות צפייה במספר רב של סרטוני וידאו המצולמים מנקודת מבטו של נהג וכוללים מגוון רחב של סביבות נהיגה ומצבי סכנה ממשיים נחשפים לנהגים למצבים שלא חוו עד כה במסגרת נסיונם הקצר. לאחר מכן נבחנת יכולתם לחזות סכנות פוטנציאליות בשלב המבחן. ארבעים נהגים צעירים חסרי ניסיון עברו אחת משלוש אופנות אימון של תוכנית ה-AAHPT ("התוכנית המעשית", "התוכנית העיונית" או "התוכנית המשולבת") או שימשו כקבוצת ביקורת. המשתתפים בתוכנית המעשית נתבקשו לצפות ב- 63 סרטוני וידאו של נהיגה שצולמו מנקודת מבט של נהג וללחוץ על כפתור תגובה בכל פעם שזיהו מצב מסוכן. המשתתפים בתוכנית העיונית צפו בהדרכה תיאורטית שכללה צפייה בחומר עיוני בתפיסת סכנות, בשילוב דוגמאות מ- 63 סרטוני וידאו. התוכנית המשולבת כללה שני חלקים: (1) תקציר של התוכנית העיונית (צפייה בחומר עיוני העוסק בתפיסת סכנות), ו- (2) תקציר של התוכנית המעשית (צפייה ב- 40 סרטוני וידאו של נהיגה ולחיצה על כפתור תגובה בעת זיהוי מצב מסוכן). המשתתפים בקבוצת הביקורת צפו בתוכנית הדרכה העוסקת בסוגיות כלליות של בטיחות בדרכים (ללא התמקדות בנושא תפיסת הסכנות). לאחר כשבוע, המשתתפים עברו מבחן תפיסת סכנות ממוחשב (HPT - Hazard perception test), במהלכו צפו ב- 58 סרטי נהיגה נוספים והתבקשו ללחוץ על כפתור התגובה בכל פעם שזיהו מצב מסוכן. לאחר מכן, צפו הנבדקים ב- 6 סרטונים נוספים והתבקשו לסווג אותם למספר שרירותי של קבוצות בעלות מצבי סכנה דומים. בשלב המבחן השתתפו גם עשרים ואחד נהגים מנוסים ששימשו כקבוצת השוואה לניסוי. לאורך הניסוי נבחנו דפוסי הסריקה של הנבדקים באמצעות מערכת עקיבה אחרי תנועות עיניים. ניתוח הנתונים בחן את רגישות התגובות של הנבדקים, זמני התגובה שלהם, הומוגניות תגובות הנבדקים בכל קבוצה, דפוסי הסריקה שהציגו הנבדקים ואופן סיווגם את הסרטונים. התוצאות הראו כי משתתפים בתוכנית המעשית ובתוכנית המשולבת (שהאימון שעברו שילב מרכיב פעיל - דרישה למתן תגובה) מודעים יותר לסכנות פוטנציאליות יחסית לאלה שעברו הדרכה עיונית בלבד ובעיקר יחסית לקבוצת הביקורת. מחקר קודם זה הראה כי תוכנית אימון המשלבת צפייה פעילה בסרטוני וידאו יכולה לתרום להגברת המודעות של נהגים צעירים וחסרי ניסיון לסכנות פוטנציאליות בסביבת הנהיגה, העשויה להוביל בהמשך לנהיגה בטוחה יותר. כהמשך ישיר למחקר קודם זה התבצע המחקר הנוכחי. מטרת המחקר הנוכחי הייתה כפולה:

1) לבחון את אפשרות הרחבת תכנית האימון הישראלית באמצעות שיטת אימון אחרת שפותחה בארה"ב ע"י החוקר דונלד פיישר ושותפיו באוניברסיטת אמהרסט. שיטה זו מטרתה למקד את הנהג הצעיר על אזורי ענין בדרך בהן צפויות לצוץ סכנות - Risk Awareness and Perception Training (RAPT). שתי השיטות AAHPT ו RAPT משלימות שכן ה-RAPT מבוססת על אימון נהגים צעירים לחפש אחר מקורות סכנה (top down approach) בעוד שהגישה של ה AAHPT הינה גישה הפוכה בה נחשפים לסכנות באמצעות דוגמאות מהמציאות דרך סרטוני נהיגה וצוברים ניסיון כתוצאה מהתנסות (bottom up approach). כיון שה RAPT לא מותאמת לתנאי הדרך ולדפוסי הנהיגה הישראלית נדרש בשלב ראשון להמיר את התכנית ולהתאימה לתנאי הנהיגה בישראל על ידי פיתוח חלופה מקומית (I- Israeli RAPT) שמאמץ את עקרונות ה RAPT תוך התאמתם לתנאי הדרך בארץ ולדפוסי הנהיגה.

2) על מנת לבחון את יעילות תכנית האימון, וגם למעשה ללא קשר לתכנית האימון הספציפיות שנבחרו למחקר, המטרה השנייה הייתה שיפור ופיתוח מבחנים לבחינת יכולת תפיסת סכנות. לשם כך נדרש לשפר את המבחן הממוחשב הקיים, שפותח לצורך המחקר הקודם, להוסיף מרכיבי בדיקה ובמקביל לפתח מבחן מתאים נוסף בסימולטור הנהיגה.

כדי לשפר את תוכנית האימון, ולהתאים את ה RAPT, היה צורך לצלם ולבנים תרחישים נוספים בנתיבים אופייניים ברחבי ישראל, לשפר ולהמשיג את מצגות שתי התוכניות, להוסיף מדדים נוספים למבחן תפיסת הסכנות המבוסס מחשב, ולתכנן מדדים ותרחישים למבחן בסימולטור הנהיגה. מספר רב של שלבי ביניים וניסויים מקדימים בוצעו טרם ביצוע הניסוי המסכם של המחקר על מנת לבחון את יעילות המרכיבים השונים של תוכנית האימון, לתקף ולבחון שינויים ומניפולציות שבוצעו ביחס למחקר הקודם, וכן את יכולת האבחון ומידת הדיאגנוסטיקה של מבחני תפיסת הסכנות השונים. גם במחקר זה, כמו במחקר הקודם, קבוצת נהגים מנוסים אשר ביצעה את מבחני הנהיגה ומבחני תפיסת הסכנות, היוותה - Gold standard - בסיס להשוואה בין קבוצות האימון השונות של הנהגים הצעירים.

בניסוי המסכם השתתפו 39 נהגים צעירים בתקופת הליווי (בטווח הגילאים 17-18 עם פחות משלושה חדשי ניסיון בנהיגה) אשר חולקו ל-4 קבוצות אימון: RAPT, I-AAHPT, AAHPT, AAHPT משולב וקבוצת בקרה שלא עברה אימון בתפיסת סכנות. כל קבוצה עברה אימון שונה בהתאם לתנאי המניפולציה של האימון אליה שוייכו. משך האימון היה כשעה וחצי. בתום שבוע הגיעו הנבדקים למתחם מעבדות הארגונומיה בפעם השנייה על מנת לעבור מבחן ממוחשב לתפיסת סכנות ומבחן נהיגה בסימולטור הנהיגה. תוצאות הניסוי מוצגות בהרחבה בדו"ח זה תוך התייחסות לכל מרכיבי המבחן הממוחשב ולכל מרכיבי הנהיגה בסימולטור הנהיגה.

מתוצאות המחקר עולה כי גם נהגים צעירים שעברו הדרכה, עדיין רחוקים בדפוסי התנהגותם מנהגים מנוסים. הפער בא לידי ביטוי בעיקר באופן בו הם מגיבים לסוגי סכנות שונים, בעיקר לסכנות פוטנציאליות. יחד עם זאת נמצאו שיפורים במדדים מסוימים אצל חלק מקבוצות האימון כמפורט בדו"ח. באופן כללי, נהגים צעירים מגיבים באופן שונה לסכנות ממשיות ולסכנות פוטנציאליות, והם מודעים הרבה יותר לסכנות ממשיות. כמו כן הם רגישים יותר לאירועים בהם מעורבים משתמשי דרך אחרים (כגון: נהגים אחרים והולכי רגל) מאשר לסכנות הקשורות לתנאי סביבה (כגון: שדה ראייה חסום) לעיתים רגישים מדי (לחיצות שווא). הדבר בא לידי ביטוי הן במדד התגובה למבחן הממוחשב והן בדפוסי הסריקה של תנועות העיניים. במדד רגישות התגובה לסכנות, קבוצת האימון AAHPT המשולבת הצגה דפוס שונה ביחס ליתר קבוצות האימון הדומה יותר לנהגים המנוסים – אם כי הפער בינה לבין המנוסים עדיין היה משמעותי (כמתואר באיור 15). נהגים מנוסים לעומת זאת מתייחסים לכל סוגי הסכנות באופן דומה ואינם מבחינים בין סכנה פוטנציאלית לממשית. בהתאם גם זמני התגובה שלהם לסגנות

פוטנציאליות וממשיות אינם שונים זה מזה בעוד שעבור כל קבוצות האימון נמצא פער משמעותי בין תגובה לסכנות ממשיות לתגובה לסכנות פוטנציאליות. גם במדדי דפוסי סריקת העיניים לא נרשמו הבדלים בין קבוצות האימון אך נמצאו הבדלים משמעותיים בין הנהגים הצעירים ככלל לבין המנוסים. אישוש לממצאים אלה היה באופן שבו סיווגו הנהגים הצעירים סכנות - בעיקר לפי מקור הסכנה ופחות לפי סוג הדרך והסכנות שהיא מכתיבה. במבחן הסימולאטור גם כן בלט כי בסה"כ הנהגים הצעירים נוהגים באופן שונה מהנהגים המנוסים וכי קשה לקבוע בוודאות כי אחת משיטות האימון הייתה עדיפה אם כי נסתמנו יתרונות מסוימים לשיטה המשולבת ול RAPT בניתוחים פרטניים מסוימים כמפורט בדו"ח. ונראתה מגמה שמצביעה בבירור על כך שהשיטה האקטיבית ללא השילוב לא מספיק טובה.

הממצאים מצביעים על כך שחלק ממניפולציות האימון יכולות לשפר במעט את מיומנות תפיסת הסכנות. יחד עם זאת חשוב לזכור כי המחקר בתחום זה עדיין נמצא בשלבים הראשוניים. מלכתחילה אין לצפות כי אימון של שעה וחצי יקנה לנהגים הצעירים רמת מיומנויות כפי שיש לנהגים מנוסים. ברור כי בכל שיטת אימון עדיין ימצאו פערים ביחס לנהג המנוסה. יחד עם זאת מתוצאות המחקר עולה כי יש מקום להרחבת בסיס האימון, וכי אימון משולב ואימון RAPT עשויים לשפר את יכולות הנהג הצעיר ויש להמשיך ולפתח תכניות אלה ולהמשיך לבחון אותן על מספר גדול יותר של נהגים צעירים. בנוסף, נדרש לשפר את מבחן הסימולאטור כדי שיוכל ליצור אבחנה טובה יותר בין דפוסי התנהגות של נהגים צעירים מקבוצות שונות. המבחן הנוכחי מבחין היטב בין נהגים מנוסים לצעירים אך פחות בין קבוצות האימון השונות, זאת כיון שהנהיגה בסימולאטור מכילה אלמנטים רבים וקשה מאד לבקר על כל פרמטרי הנהיגה.

תוכן העניינים

2	תקציר
3	תמצית בעברית
7	רשימת האיורים
9	רשימת הטבלאות
10	פרק ראשון - סקירת ספרות
10	1.1 תאונות דרכים בישראל ובעולם
10	1.2 תאונות דרכים ונהגים צעירים
11	1.3 השפעת ניסיון בנהיגה על כישורי תפיסת סכנות
11	1.3.1 הגדרת תפיסת סכנות
11	1.3.2 הבדלים בתפיסת סכנות בין נהגים צעירים וחסרי ניסיון לנהגים מנוסים
13	1.3.3 האם תפיסת סכנה ניתנת לאימון?
13	1.4 גישות שונות באימון לתפיסת סכנות ומידת היעילות שלהן
15	1.5 השלכות עבור המחקר הנוכחי
17	פרק שני – מטרות המחקר והשערות המחקר
19	פרק שלישי – פיתוח כלי המחקר
19	3.1 שיטות האימון
19	3.1.1 I-RAPT (Israeli RAPT)
22	3.1.2 הטריינינג והפעל - AAHPT: Act & Anticipate Hazard Perception Training
28	3.2 מבחן ממוחשב לתפיסת סכנות Hazard Perception Test
33	3.3 מבחן נהיגה בסימולטור נהיגה
37	פרק רביעי – שיטת המחקר
37	4.1 נבדקים
37	4.2 מכשור
37	4.2.1 סביבת האימון והמבחן הממוחשב
37	4.2.2 מערכת עקיבה אחר תנועות עיניים
37	4.2.3 סימולטור נהיגה
37	4.3 תהליך
39	פרק חמישי - תוצאות
39	5.1 נתונים דמוגרפים
39	5.2 מבחן מקדים ומאוחר ב I-RAPT
40	5.3 מבחן ממוחשב
40	5.3.1 מבחן ממוחשב חלק 1 – צפייה אקטיבית
47	5.3.2 מבחן ממוחשב חלק 2 - סיווגים
49	5.3.3 מבחן ממוחשב חלק 3 - דרוג

50	5.4 מבחן הסימולטור
50	5.4.1 מהירות נהיגה וסביבת הנהיגה
51	5.4.2 סכנות פוטנציאליות
57	5.4.3 סכנות ממשיות
58	פרק שישי – דיון ומסקנות
58	6.1 סיכום
61	6.2 הצלחות והישגים מחקריים
62	6.3 מגבלות
62	6.4 השלכות מעשיות
63	רשימת המקורות
68	תודות
69	נספח 1. תרחישי ה I-RAPT
72	נספח 2. סרטוני הנהיגה ב אימון ה AAHPT לפי סיווג
74	ENGLISH ABSTRACT

רשימת האיורים

20	איור 1. דוגמא לסרטון דרך שצולם בישראל (שמאל), בהתבסס על תרחיש של תכנית ה RAPT האמריקאית בה רכב מתקרב למעבר חציה המוסתר על ידי מכוניות חונות (ימין).....
21	איור 2. דוגמא למסך בתכנית ה I-RAPT בו ניתן הסבר על תכנית האימון.....
21	איור 3. מראה איזומטרי סכמטי של סכנה פוטנציאלית עבור תרחיש 2 כולל הסברים.....
22	איור 4. תמונות מתרחיש 2 – לפי הסדר משמאל לימין. במבחן המקדים ולאחר האימון לא נראה הולך הרגל ואילו בזמן ההסבר כן (בהסבר הולך הרגל נראה היטב בתמונה הרביעית).....
23	איור 5. דוגמא לתמונת מסך מתוך סרטון דרך (אחד מתוך 63 סרטוני הדרך), לכשמשתיים התרחיש נפתחת תיבת דיאלוג בה על המשתתף לציין את הסיבה שהביאה ללחיצה שלו (מימין, בדוגמא זו 3 לחיצות).....
24	איור 6. דוגמא לתמונת מסך מתוך החלק מבוסס ההנחיה (instructional based) של ה AAHPT.....
25	איור 7. דוגמאות לתרחישי נהיגה משלוש סביבות נהיגה: שכונתית (שמאל), עירונית (מרכז), ובין עירונית (שמאל).....
26	איור 8. דוגמא לסרטון דרך שצולם בישראל (שמאל), בהתבסס על תרחיש של תכנית ה RAPT האמריקאית בה רכב מתקרב למעבר חציה המוסתר על ידי מכוניות חונות (ימין).....
27	איור 9. חלוקה ראשית ומשנית א-פריורי של סרטוני הנהיגה לשלוש קטגוריות: משתמשי דרך, מפגעים וסכנות בדרך ותנאי סביבה. שתי הקטגוריות האחרונות אינן בלתי תלויות ויש ביניהן חפיפה.....
31	איור 10. תמונות מייצגות משמונה סרטוני הנהיגה ששימשו למטלת הסיווג במבחן הממוחשב.....
32	איור 11. דוגמא למטלת הסיווג – בתמונה מופיעה השוואה 5.....
32	איור 12. מטלת הדירוג. מלמעלה למטה ומימין לשמאל השוואות 1-6.....
34	איור 13. תמונות לדוגמא מתרחישי הנהיגה השכונתיים. למעלה מימין: רכב חונה יוצא בפתאומות לנתיב הנסיעה (תרחיש 3) למעלה משמאל: הולכי רגל מתפרצים לכביש. בשני התרחישים ההדגשות הן להמחשה בלבד. בתמונות למטה: תרחישים 5 ו 6 בהם מעבר חציה גלוי ומוסתר על ידי רכבים חונים.....

- איור 14. תמונות לדוגמא מתרחישי הנהיגה העירוניים. למעלה מימין: עיקול בכביש (תרחיש 8) הריבוע משמש להמחשה להציג מיקום של רכב המוסתר על ידי העיקול, למעלה משמאל: צומת עם תנועה חולפת (תרחיש 9), אמצע מימין: רכב גדול חוסם את שדה הראיה לצומת (תרחיש 10), אמצע משמאל: רכב רחב עוצר משמאל ומסתיר חלקית מעבר חציה בו חוצה הולך רגל מהצד המוסתר (תרחיש 11), למטה מימין: אוטובוס עוצר בתחנה והולכת רגל חוצה לקראתו (תרחיש 12), למטה משמאל: נהגת עומדת להכנס לרכבה החונה מימין ובמקביל רכב חונה מתפרץ לנתיב הנסיעה. כל הסימונים בתרחישים לשם המחשה ולא הופיעו בתרחישי הנהיגה בסימולטור. 35
- איור 15. מהלך הניסוי. מילוי שאלונים (למעלה מימין), כיול מערכת תנועות העיניים למבחן הממוחשב (למעלה משמאל), מבחן ממוחשב (למטה מימין), ונהיגה בסימולטור (למטה משמאל). 38
- איור 16. אחוזי ההצלחה במבחן הפנימי המקדים והמאוחר ב I-RAPT לפי תרחישים [1-9]. 40
- איור 17. אחוז התגובה לארועים מסוג משתמשי דרך ולארועים פוטנציאליים הקשורים לסביבת הנהיגה כפונקציה של קבוצות האימון השונות. במקווקו מופיע אחוז התגובה של הנהגים המנוסים לאותם ארועים העומד על כ 80% ללא הבחנה בין סוגם (EBEs). 42
- איור 18. ארועים מבוססי צעירים חסרי נסיון (ארועים שלא הגיבו אליהם מנוסים) לפי סוג הארוע כפי שצינו אותם הצעירים: כיכר, מעבר חציה, שדה ראיה מוגבל, צומת, הולכי רגל, והתנהגות של נהגים אחרים. 42
- איור 19. סריקה אופקית כפונקציה של סוג הסכנה (משתמשי דרך ומפגעי דרך ותנאי סביבה) וסוג הנהג בפיסקלים ממרכז המסך. 44
- איור 20. סריקה אופקית כפונקציה של סוג הסכנה (משתמשי דרך ומפגעי דרך ותנאי סביבה) וסוג הנהג בפיסקלים ממרכז המסך. 45
- איור 21. ארוע 35 – דוגמא לארוע מסוג looked but failed to see. 46
- איור 22. ארוע 30 – הולך רגל משמאל הולך על שפת אי התנועה. 46
- איור 23. מהירות ממוצעת לפי סוג הדרך ותנאי האימון וביקורת. 51
- איור 24. תרחיש 5 מעבר חציה גלוי – מהירות סביב אזור הסכנה הפוטנציאלית הנמצא במקטע 10. 52
- איור 25. תרחיש 5 מעבר חציה המוסתר בקצותיו – מהירות סביב אזור הסכנה הפוטנציאלית הנמצא במקטע 10. 53
- איור 26. תרחיש 8 עיקול חד בכביש – מהירות סביב אזור העיקול שנראה היטב במקטע 8. 54
- איור 27. דוגמא למראה הדרך במקטעים מייצגים בתרחיש 8: מקטע 2 (למעלה מימין), מקטע 5 (למעלה משמאל), מקטע 8 (למטה מימין) ומקטע 9 (למטה משמאל). 54
- איור 28. תרחיש 9 צמתים – שתי הצמתים במקטע 5 ו 10 ללא תנועה חולפת. 55
- איור 29. אינטראקציה בין אזור הסכנה (כולא) וסוג הנהג (לא נמצאה מובהקת סטטיסטית). 55
- איור 30. תרחיש 10 רכבים גדולים חוסמים את שדה הראיה. 56
- איור 31. תרחיש 13 – אוטובוס עוצר בתחנה (התחנה במקטע 10). 56
- איור 32. אזור ענין בתרחיש 1 I-RAPT. 69
- איור 33. אזור ענין בתרחיש 2 I-RAPT – מקום ממנו עלול לצוץ רכב משמאל. 69
- איור 34. אזור ענין בתרחיש 3 I-RAPT – מימין: סכנה ממשית, משמאל: סכנה פוטנציאלית אין רכב בצומת. 69
- איור 35. אזור ענין בתרחיש 4 I-RAPT. 70
- איור 36. אזור ענין בתרחיש 5 I-RAPT. 70
- איור 37. אזור ענין בתרחיש 6 I-RAPT. 70
- איור 38. אזור ענין בתרחיש 7 I-RAPT. 71
- איור 39. אזור ענין בתרחיש 8 I-RAPT. 71
- איור 40. אזור ענין בתרחיש 9 I-RAPT. 71

רשימת הטבלאות

טבלה 1. מאגר הסרטונים במבחן לפי ארועים וסיווגם על פי נתונים ממחקרים קודמים והחלוקה שהוצגה באיור 9.	29
טבלה 2. שש משימות ההשוואה – תאור האירועים ביניהם נערכה ההשוואה וסוג הסכנה.	33
טבלה 3. נתונים דמוגרפיים ונתוני SSS עבור הנהגים הצעירים חסרי הנסיון לפי קבוצת אימון.	39
טבלה 4. ארועים מסוג EBE ומאפייניהם.	41
טבלה 5. סדרי גודל של זמני תגובה ביחס לקבוצת המנוסים לפי סוג הסכנה.	43
טבלה 6. מאפייני הסיווגים א-פריורי לפי ממצאים ממחקרים קודמים (מתוך בורובסקי 2011).	47
טבלה 7. סיווג "מושלים" לפי מבנה HI ו TE.	48
טבלה 8. צבירים דומיננטים (dominant clusters) לפי תנאי האימון\ביקורת וסוג נהג.	48
טבלה 9. מספר הנבדקים שדרגו כל תמונה בהשוואה כמסוכנת יותר או אדישים ביחס לכל השוואה ולכל תנאי ניסוי.	49

פרק ראשון - סקירת ספרות

1.1 תאונות דרכים בישראל ובעולם

השימוש בתחבורה ממונעת הוא אולי אחד ההישגים הגדולים ביותר של העולם המודרני, אך בו בזמן מהווה את אחד האתגרים הגדולים ביותר לאנושות במונחים של בטיחות למשתמשי הדרך. ארגון הבריאות העולמי מעריך כי 1,270,000 אנשים נהרגים מדי שנה בתאונות דרכים ברחבי העולם, ומספר הפצועים נע בין 20 ל- 50 מיליון בני אדם (Toroyan, et al, 2009). בישראל, האוכלוסייה ומספר כלי הרכב בכביש עלו באופן משמעותי לאורך השנים. הנתונים מצביעים על כך שבאופן יחסי, פחות אנשים נהרגים בשנים הללו (במדד של נפגעים ביחס לאוכלוסייה), אך המספר המוחלט של ההרוגים ממשיך לעלות וכן עולה מספר הפצועים קשה (מגמות בבטיחות בדרכים בישראל, 2012). Elander, West & French (1993) טענו, כי זהו אתגר גדול עבור חוקרים לספק הבנה טובה יותר של תפקיד הגורם האנושי בתאונות דרכים. Sabey & Taylor (1980) הגיעו למסקנה, שמבין כל הגורמים לתאונות, התנהגות הנהגים היא המרכזית ביותר. אכן, מאמץ גדול נעשה בעשורים האחרונים, כדי לבדוק מהם משתני התנהגות הנהגים המשפיעים ביותר על תאונות דרכים. במיוחד מעניינת אוכלוסיית הנהגים הצעירים חסרי הניסיון, שנודעו כבעלי סיכון גבוה יותר למעורבות בתאונה לעומת נהגים מנוסים יותר (לדוגמא; Mayhew, Simpson & Pak, 2003; Pollatsek, Narayanaa, Pradhan & Fisher, 2006).

1.2 תאונות דרכים ונהגים צעירים

נהגים צעירים מעורבים באופן בולט בתאונות דרכים ברחבי העולם. היחס בין כמות הנסיעות ומספר תאונות הדרכים בקרב נהגים צעירים בני 16 הוא פי שלושה מהיחס בקרב נהגים בני 18 (Williams, Ferguson & Shope, 2002), וכמעט שמונה פעמים ביחס לנהגים מנוסים בגילאי 45-64 (Fisher, Pollatsek & Pradhan, 2006). קיימות מספר סיבות מדוע הנהג הצעיר נמצא בסיכון גבוה למעורבות בתאונות, ביניהן: גיל, חוסר ניסיון בנהיגה, ביטחון עצמי גבוה, הערכה שגויה של סיכונים, גישה קלת דעת לפעולת נהיגה, לחץ מנוסעים אחרים ברכב והשפעתו של ההורה (Horswill & McKenna, 2004). למרות שהנעורים מהווים גורם לתאונות דרכים (לדוגמא, Heino, van der Molen, & Wilde, 1996) קיימת תרומה נוספת לניסיון בנהיגה (McCartt et al., 2009). בעשור האחרון, מחקרים רבים מצביעים על כך שמבין כישורי נהיגה רבים, רק תפיסת הסכנה, כלומר, היכולת של נהגים לזהות מצבים מסוכנים, נמצאת במתאם (מובהק אם כי לא גבוה) עם תאונות דרכים (לדוגמא, Horswill & McKenna, 2004). מאחר ולנהגים צעירים וחסרי ניסיון כישורי תפיסת סכנה חלשים (לדוגמא, Borowsky et al., 2010; Pollatsek et al., 2006; Wallis and Horswill, 2007) מחקרים רבים בחנו האם ניתן לרכוש מיומנויות מבוססות ניסיון אלו באמצעות הדרכה מתאימה (לדוגמא, Crick & McKenna, 1991; Sexton, 2000; Meir et al., 2010; Pradhan et al., 2006; Fisher et al., 2006).

הסעיפים הבאים סוקרים את הספרות בנושאים הבאים: (1) מחקרים בתחום של תפיסת סכנה תוך התמקדות בהבדלים בין נהגים מנוסים לנהגים צעירים וחסרי ניסיון, (2) דעות וגישות עדכניות בנוגע להדרכה כאמצעי לשיפור יכולת תפיסת סכנות, ולבסוף, (3) הצורך במתודולוגית בחינה מקיפה ורב מימדית לצורך הערכה של תכניות הדרכה לתפיסת סכנות.

1.3 השפעת ניסיון בנהיגה על כישורי תפיסת סכנות

1.3.1 הגדרת תפיסת סכנות

תפיסת סכנות, כפי שהוזכרה קודם לכן, יכולה להיחשב כיכולת של הנהגים לזהות מצבים מסוכנים וקיים קשר בינה לבין תאונות דרכים (למשל, Horswill & McKenna, 2004). אחרים רואים בתפיסת סכנה את היכולת "לקרוא את הכביש" (Mills et al., 1998). הגדרה מהי סכנה בכביש אינה פשוטה וחד משמעית, בדרך כלל קיימת הבחנה בין שני סוגים של סכנות: סכנה פוטנציאלית וסכנה ממשית; סכנה ממשית עלולה להגרם כתוצאה מאובייקט, מצב, סיטואציה או כל שילוב שלהם, עבורם, במידה והנהג לא יבצע פעולת מניעה מיידית (Haworth et al., 2000) יגרם נזק לאדם או לרכוש. סכנה פוטנציאלית הינה אוסף של נסיבות, העלולות להוביל לסכנה ממשית, אלא אם הנהג יזהה זאת ויפעל כנדרש (Benda & Hoyos, 1983). חשוב לציין כי סכנה פוטנציאלית לא בהכרח תסתיים בתאונה גם אם הנהג לא יבצע פעולה כלשהי.

1.3.2 הבדלים בתפיסת סכנות בין נהגים צעירים וחסרי ניסיון לנהגים מנוסים

ראיות לא מעטות תומכות ברעיון כי היכולת של נהגים צעירים לזהות מצבים מסוכנים פחותה מזו של נהגים מנוסים כמפורט להלן:

Horswill & McKenna, 2004; Borowsky et al., 2010; Pollatsek et al., 2006; Wallis and Horswill, 2007; Fisher et al., 2006; Sagberg and Bjørnskau, 2006; McKenna, et al., 2006; Brown & Groeger, 1988; Benda & Hoyos, 1983; Armsbey et al., 1989; Underwood, 2007.

לדוגמה, Gregerson (1996) העריך כי ניתן לייחס עד כ- 70% מטעויות של נהגי מתחילים לחוסר הניסיון בנהיגה שלהם. במחקרם, הציגו Borowsky, Oron-Gilad, and Shinar (2010) קטעי וידאו קצרים לשלוש קבוצות של נהגים (צעירים חסרי ניסיון בתקופת הליווי, נהגים מנוסים בעלי מעל 7 שנות ניסיון בנהיגה ונהגים מבוגרים מעל גיל 65). הסרטים, שצולמו מנקודת מבטו של הנהג, הציגו מצבים שונים בהם עשוי הנהג להתקל במהלך הנהיגה. הנהגים הונחו ללחוץ על כפתור בכל פעם שהם מזהים סכנה. תנועות העיניים של הנהגים נוטרו במהלך ההקרנה של הסרטים והשטחים בהם התמקדו הנהגים סומנו. אחד הסרטים הכיל מצב בו ניתן להבחין בהולכי רגל על המדרכה (סכנה פוטנציאלית). על פי מערכת ניטור תנועות עיניים, כל הנהגים הבחינו בהולכי הרגל, אך רק הנהגים המנוסים והמבוגרים יותר היו רגישים מספיק כדי להגיב וללחוץ על הכפתור. באופן כללי, נהגים צעירים ולא מנוסים היו פחות רגישים בזיהוי סכנות פוטנציאליות מאשר שתי הקבוצות האחרות. ממצא מסקרן נוסף הוא שנהגים צעירים ולא מנוסים נטו לחלק כל סרט לשני חלקים בהתאם להופעת הסכנות הממשיות. הנהגים לחצו על כפתור התגובה לעתים קרובות הרבה יותר לפני שהסכנה הממשית הופיעה ופחות לאחר מכן. בעוד שנהגים מנוסים ומבוגרים יותר נטו לזהות סכנות באופן רציף יותר. המחקרים טענו כי נהגים צעירים וחסרי ניסיון, לפחות בחודשים הראשונים לרישיון, פחות רגישים לסכנות אפשריות והתייחסו לחלק מהסרטים כמשחק וידאו בו משימתם היא לזהות את הסכנה ללא כל ידע מוקדם מהי סכנה.

בדומה, מספר חוקרים הראו כי נהגים צעירים וחסרי ניסיון נוטים להגיב לסכנות הרבה יותר מאוחר מנהגים מנוסים וזאת משום שנהגים מנוסים יכולים לצפות מראש מצבים מסוכנים קרובים, הרבה יותר טובים מנהגים צעירים וחסרי ניסיון (למשל, Crick & McKenna, 1991; McKenna et al., 2006; Peltz and Krupat, 1974; Horswill & Wallis, 2007). לעומתם, יש חוקרים אשר לא מצאו הבדלים אלו (למשל, Borowsky et al., 2010; Sagberg and Bjørnskau, 2006; Chapman and Underwood, 1998). במחקרם הציגו Borowsky et al. (2009) שחלק מהממצאים הסותרים נובע מהבדלים בהגדרת המצבים המסוכנים בתרחישי הנהיגה, בהנחיות

הניתנות למשתתפים, או באופן שבו מוגדרים נהגים צעירים ולא מנוסים. החוקרים טענו כי קיימת חשיבות למדד זמן התגובה (RT - response time) אך זה בהחלט לא מדד מספק לבחינת ההבדלים בביצועים מבוססי ניסיון. הם הסבירו כי במיוחד כאשר מדובר בסכנות פוטנציאליות, נהגים צעירים וחסרי ניסיון נוטים להגיב בתדירות נמוכה יותר ולכן הרגישות לסכנות אלו לא תוכל להבחין רק במונחים של הבדלי זמן תגובה. מסיבה זו, (Oron, 2010, 2012). Gilad, et al הציעו לחלק את ניתוח התוצאות לשני שלבים: (1) לבחון אם קבוצה מסוימת של נהגים הגיבה לאירוע מסוים לעתים קרובות יותר מאשר קבוצה אחרת של נהגים, ו (2) רק עבור אירועים אלו, בהם רוב המשתתפים מכל קבוצה הגיבו לסכנה, למדוד האם קיימים הבדלים משמעותיים בזמני התגובה (RT), ולכלול בניתוח רק את הנבדקים שהגיבו לאירוע.

כפי שעלה בעבר, נהגים צעירים ולא מנוסים מודעים פחות לסכנות פוטנציאליות מאשר נהגים מנוסים. בנוסף על היכולת הירודה שלהם לזהות ולדווח על מצבים מסוכנים הם נחותים במונחים של סריקת סביבת הנהיגה, בצפייה מראש של אירועים עתידיים, ובחיפוש סכנות פוטנציאליות. לפני כ- 40 שנה, (Mourant & Rockwell, 1972) בדקו כיצד נהגים מנוסים ונהגים צעירים וחסרי ניסיון סורקים את הסביבה בזמן הנהיגה. הממצאים המעניינים הראו כי מבטי הנהגים הצעירים וחסרי ניסיון נוטים להתקבע על הסביבה הקרובה של רכבם ואילו עיני הנהגים המנוסים מקובעות הרחק מהרכב לכיוון האופק. מבחינת עומק הסריקה, החוקרים הגיעו למסקנה שנהגים צעירים ולא מנוסים מסוגלים לחזות אירועים עתידיים בצורה מיטבית כמו מנוסים. בנוגע לסכנות פוטנציאליות, (Pollatsek et al., 2006) ביקשו מנהגים לנהוג במספר תרחישים בסימולטור נהיגה והראו כי מבטי נהגים מנוסים נוטים להתקבע בתדירות גבוהה יותר על אזורים מהם קיים סיכוי גבוה יותר להופעת סכנות פוטנציאליות ואילו אצל נהגים צעירים דפוס זה אינו קיים. ממצא זה עולה בקנה אחד עם ממצאיהם של (Borowsky Oron-Gilad & Shinar, 2010) אשר השתמשו בקטעי וידאו קצרים והראו כי בעוד נהגים מנוסים נוטים להתקבע על השתלבות הדרכים בצומת T, נהגים צעירים וחסרי ניסיון נוטים להסתכל קדימה ולהתעלם מסיכונים אפשריים כאמור הנובעים מההשתלבות. יתר על כן, (Chapman & Underwood, 1998) הראו כי נהגים מנוסים מתאימים את שיטת סריקתם לסוגי הדרכים והמצבים השונים, ואילו נהגים צעירים מאמצים שיטה אחידה לכל סוגי הדרך.

ניתן לייחס את הקשיים בזהוי סכנות פוטנציאליות בקרב נהגים צעירים וחסרי ניסיון לעובדה שהם אינם מסוגלים לשלב אלמנטים בסביבת הנהיגה בכדי ליצור תמונה כוללת של המצב הנוכחי. לדוגמה, (Benda & Hoyos, 1983) בקשו משתי קבוצות של נהגים, בעלי רמות שונות של ניסיון, לאפיין 39 מצבי דרך, בהם מוצגים תנאי מזג אוויר שונים וסוגים שונים של דרך, ולסווג אותם למספר שרירותי של קבוצות לפי סוג הסכנה. התוצאות הראו כי הנהגים המנוסים סיווגו את המצבים בהתאם לחומרת הסכנה, מהמסוכנים ביותר למסוכנים פחות, ואילו הנהגים הלא מנוסים סיווגו את המצבים לפי סוג הסכנה והאלמנטים שהופיעו בהם. על בסיס זה הגיעו החוקרים למסקנה שיש הבדל בתפיסה הכללית של המצבים בין הנהגים המנוסים והלא מנוסים, אשר משפיע גם על חומרת הסכנה הנתפשת בעיניהם. החוקרים ציינו כי נהגים פחות מנוסים נוטים לתת פחות תשומת לב לפרטים חשובים, כנראה בגלל שהם עדיין לא מסוגלים לקלוט את המצב לאחר מבט מהיר ולשלב גירויים שונים (ראה גם Endsley, 1995). במחקר מאוחר יותר, (Borowsky et al., 2009) ביקשו מנבדקים לסווג סרטים למספר שרירותי של קבוצות על פי הדמיון במצבים המסוכנים שבהם. החוקרים מצאו כי נהגים מאמצים קריטריונים שונים לסיווג בהתאם לרמת ניסיון הנהיגה שלהם. נהגים צעירים וחסרי ניסיון נוטים לסווג את הסרטים על פי הדמיון בגורם הסכנה (למשל, כלי רכב, הולכי רגל, והעדר סכנה), ואילו נהגים מנוסים יותר נוטים לסווג את הסרטים על פי הדמיון במאפייני סביבת הנהיגה. כמו כן עלה במחקר זה כי נהגים מנוסים נוקטים יותר יוזמה, כלומר, מנסים למנוע אירועים מסוכנים, ואילו נהגים חדשים מגיבים, כלומר, פועלים בתגובה לסכנות כאשר הן הופכות לממשיות. לפיכך, נראה כי צבירת ניסיון בנהיגה מאפשרת לנהגים להכיר בסכנות כתכונה כללית של מצב ובצורה מופשטת יותר, ולכן הם יכולים

לשלב היבטים שונים של הסכנה ולהיות מודעים לכך לפני שהיא מתממשת. לבסוף, זיהוי סכנות פוטנציאליות בכבישים היא משימה הרבה יותר קשה לנהגים צעירים וחסרי ניסיון בהשוואה לנהגים מנוסים, ומאחר וכישורים אלה נרכשים עם הניסיון בנהיגה, עולה שאלה חשובה - האם ניתן לרכוש מיומנויות אלה ע"י אימונים שלא על הכביש? הפסקה הבאה נועדה לענות על שאלה זו ולהציג גישות אימון שונות ויעילותן החלקית.

1.3.3 האם תפיסת סכנה ניתנת לאימון?

משימה מבוקרת יכולה להתבצע באופן אוטומטי באמצעות אימון, על ידי יצירת תבנית זיכרון לטווח ארוך (Schneider & Shiffrin, 1977). כאמור, היכולת לזהות מצבים מסוכנים פוטנציאליים משתפרת עם הניסיון בנהיגה ולכן סביר שמיומנות זו משתפרת כתוצאה מאימון. לדברי (Elsner & Hommel, 2001) ו- (Deery, 1999), כישורי נהיגה נרכשים בשני שלבים: (1) רכישת מיומנויות שליטה בסיסיות ברכב, ולאחר מכן (2) במהלך תקופת הליווי ולאחריה, רכישת מיומנויות תפיסתיות וקוגניטיביות הנחוצות לנהיגה בטוחה, כגון זיהוי סכנות. Fisher et al. (2006), טענו שתוכניות אימון בתפיסת סכנות עלולות להיות לא יעילות עבור נהגים חדשים שטרם רכשו את המיומנויות הבסיסיות כגון שליטה ברכב. ובכלליות, קיימת הסכמה בקרב חוקרים ברחבי העולם, שמסגרת הזמן היעילה ביותר לישום האימון בתפיסת סכנות היא בסמוך למועד קבלת רישיון הנהיגה (Fisher et al, 2006; McKenna & Crick, 1994). עם זאת, אין הסכמה לגבי שיטת ההוראה והמצבים הספציפיים הישימים. המטרה באימון היא להאיץ את תהליך רכישת המיומנות של תפיסת סכנה מבלי שהנהג יצטרך לנהוג ברכב ולהחשף לכל מצבי הנהיגה דרך נסיון בלבד. הדרכה ואימון של נהגים צעירים לזיהוי סכנות אינם פתרון יחיד לצמצום מעורבותם בתאונות דרכים, אך זה בהחלט מרכיב חשוב שעשוי להפחית את מעורבותם בתאונות דרכים.

1.4 גישות שונות באימון לתפיסת סכנות ומידת היעילות שלהן

ההתפתחות הטכנולוגית בשנים האחרונות אפשרה לחוקרים לבחון גישות מבוססות מחשב וסימולציה ככלי להכשרת נהגים צעירים חסרי ניסיון לחזות מצבים מסוכנים. להלן מספר דוגמאות: McKenna & Crick (1994), למשל, פיתחו מתודולוגית אימון הכוללת סרטי דרך קצרים, הנבדקים הונחו לשמור על מבט קדימה לכיוון הנסיעה. בנקודות זמן שונות הסרט עצר לרגע, והנבדקים נתבקשו לחזות תרחישים אפשריים בהמשך הדרך. במבחן של McKenna & Crick, הנבדקים ישבו מול מסך טלביזיה ולחצו על כפתור תגובה במהירות האפשרית בכל פעם שזיהו סכנה בתרחישי הדרך שבסרטים. החוקרים השוו את זמני התגובה לסכנות עם ובלי משימת חיזוי ומצאו שיפור משמעותי רק כאשר משימת החיזוי נכללה.

גישה שונה לאימון הוצעה על ידי Mills et al. (1998). במחקרם השוו את הביצועים של נבדקים שקיבלו הוראות בכיתה בשילוב עם סרטי דרך קצרים, ונבדקים שנהגו בעולם האמיתי וקיבלו הוראות על ידי מורה נהיגה מוסמך. שתי הטכניקות הללו נמצאו כבעלות יכולת להוריד את זמן התגובה במבחן תפיסת סכנה מבוסס וידאו, אם כי חלה ירידה גדולה יותר בזמני התגובה של נהגים שעברו את שתי הטכניקות. נציין רק שמבחן תגובה מבוסס זמן - מחייב תגובה לסכנה ממשית ולא בוחן היבטים אחרים של תפיסת סכנות כמו התייחסות לסכנות פוטנציאליות. Regan, Deery and Triggs (1998) השתמשו בטכניקת אימון אחרת. חוקרים אלו פיתחו חבילת הדרכה מבוססת מחשב הכוללת תמונות וסרטוני וידאו של תרחישי תנועה, ובה הנבדקים אומנו בתפיסת סכנה, סריקה ויזואלית וקבלת החלטות. לאחר מכן, מיומנויות אלו יושמו בסימולטור נהיגה והנבדקים נתבקשו להעביר ביקורת על הביצועים שלהם. הכשרה זו נמצאה כבעלת יכולת לשפר ביצועי תפיסת סכנה בסימולטור הנהיגה. Sexton (2000) השתמש בשיטת אימון שכללה הקפאת מצב של תרחישי תנועה בסרט. הוא עודד תלמידי נהיגה לדון במיקום של סכנות אפשריות, לחזות מה עלול לקרות בהמשך התרחיש ולחשוב קדימה על תגובות אפשריות - על ידי שימוש

בשאלות מנחות מתאימות. אימון מתקדם (שלוש שעות) נמצא כעדיף על אימון קצר (שעה אחת) אשר היה עדיף על ללא אימון.

כישורי תפיסת סכנה ניתנים לשיפור גם על ידי תוכניות הכשרה המבוססות על טעיה ולמידה מטעויות (Wang et al, 2010). המעודדים במפורש את הנבדקים לעשות טעויות במהלך האימון, כך שהם יכולים לפתח את הידע והכישורים הדרושים כדי להתמודד עם שגיאות ברגע שהם נמצאים מחוץ לסביבת האימון. Wang et al (2010) בדקו את היעילות של שתי שיטות אימון לתפיסת סכנה; אימון טעויות מבוסס סימולציה ואימון טעויות מודרך מבוסס וידאו. ביצועי ההתמודדות עם סכנות של נהגים חדשים נבדקו, הושו ונותחו. קבוצה אחת של נהגים חדשים הוכשרה בסימולטור נהיגה ועודדה לטעות ו / או להתנסות בתאונות בזמן הנהיגה. הקבוצה השנייה הוכשרה באמצעות אימון מבוסס טעויות תוך שימוש בסרטוני וידאו מוקלטים מראש של טעויות ותאונות שנעשו על ידי אנשים אחרים. שתי הקבוצות נחשפו למספר שווה של טעויות לכל תרחיש אימונים. כל הנבדקים נבחנו ביכולת לזהות סכנות בסימולטור נהיגה כשבוע לאחר האימונים. אימון טעויות מבוסס סימולציה בסימולטור נמצא כמועיל יותר לנהגים חדשים, בזיהוי ואיתור סכנות.

גישות אחרות להדרכת תפיסת סכנה מבוססות על ממצאים המראים כי נהגים חסרי ניסיון הם בעלי כישורים ויזואליים פחותים ביחס לנהגים מנוסים יותר בהקשר של סכנות. Chapman et al. (2002) גייסו שתי קבוצות של נהגים חדשים, לקבוצה אחת ניתן אימון ייחודי לזיהוי סכנות. האימון מבוסס על סרטונים בהם מופיע סט קליפים של תפיסת סכנות בדומה לאלו המשמשים במחקרים אחרים. האימון עודד סריקה וחיזוי של סכנות, הסבת תשומת הלב למצבים העלולים להיות מסוכנים ע"י סימון בעיגול אובייקטים בכל סרט. מקורות מרובים של מפגעים פוטנציאליים סומנו ע"י מספר עיגולים. החוקרים גילו שהקבוצה שקיבלה הדרכה סקרה את השטח במידה רבה יותר מאשר הקבוצה הלא מאומנת. באופן דומה, על פי Crundall and Underwood (1998) נהגים חדשים נוהגים לסרוק את הכביש פחות מנהגים מנוסים, ונוטים להתמקד ישירות בדרך שלפניהם. כאשר תנועות העיניים של נהגים מומחים נרשמות במעבדה כשהם צופים בסרטוני דרכים, הם סורקים את הסביבה יותר מנהגים מנוסים. ככל שצוברים יותר מיומנות כך גם מתרחבת הסריקה. נהגים לא מנוסים נוטים שלא להרחיב את הסריקה במישור האופקי אך מבצעים סריקה יותר רחבה במישור האנכי. תרגיל אימון פשוט המדגיש סריקה וזיהוי סכנות יכול לסייע להתגבר על התמקדות זו ומגדיל את היקף החיפוש בתרחיש. אימון זה כבר הוכח כמשפיע על אופן הסריקה בניסויי מעבדה ובזמן נהיגה, למרות שנהגים חדשים עלולים לשכוח במהרה את ההוראות המפורשות לסריקה נרחבת בחיפוש סכנה אפשרית, זה עשוי להיות מספיק כדי לצמצם את מעורבותם בתאונות בשלבי הנהיגה הראשונית בה הם הכי פגיעים (Underwood, 2010).

כלי נוסף לאימון כישורי תפיסת סכנה נקרא "פרשנות" commentary. זוהי טכניקה של מתן פרשנות מילולית תוך כדי הנהיגה, וע"י כך יצירת פרוטוקול מילולי המשלב את מה שהנהג רואה וחושב, עם הפעולות אותן הוא מתכנן לבצע כדי למנוע סכנות פוטנציאליות. Crundall ושותפיו (2010) השווו התנהגות בסימולטור נהיגה בין שתי קבוצות: נהגים שהוכשרו בשיטת "פרשנות" וקבוצת ביקורת. התוצאות הראו כי בקרב הקבוצה המאומנת היו פחות תאונות, הנהגים הפחיתו את מהירותם מוקדם יותר בהתקרבותם לסכנה, ונעשה שימוש בבלמים מוקדם יותר ביחס לנהגים שלא עברו אימון. לעומתם, נהגים שלא עברו אימון הופתעו כאשר נתקלו בסכנות. השיטה נמצאה יעילה יותר לסוגים מסוימים של סכנות מאשר לאחרות. McGowan & Banbury (2004) פיתחו תכנית אימון לתפיסת סכנות בה תפיסת הסכנה נתפסת במונחים של השלב השלישי במודל situation awareness של Endsley (1995) שלב הניבוי projection. תכנית זו שיפרה את זמן החיזוי מבלי להשפיע על שיעור התגובה, ובכך מוכיחה כי לא סביר שהאימון יהיה אך ורק שינוי הטית התגובה (שינוי של קריטריון התגובה) אלא שינוי רחב יותר הנובע מהבנת הסיטואציה.

שימוש בסימולטורים לנהיגה, ללא קשר לרמת ההדמיה שלהם מאפשר מדידה וניטור של תנועות עיניים, חיזוי סכנות ומהירות נסיעה של נהגים. נתונים אלו מאפשרים השוואה בין נהגים צעירים ולא מנוסים לנהגים מנוסים (Fisher et al., 2002) בצורה רציפה וזאת בניגוד למבחנים ממוחשבים הבוחנים מידע בצורה יותר דיסקרטית ובדידה (התייחסות לארועים ספציפיים). במחקר שבוצע על ידי Fisher et al. בשנת 2002, נעשתה השוואה בין קבוצה של נהגים צעירים שהשתתפו בתכנית אימון לזיהוי סכנה (Risk Awareness and Perception Training, RAP), וקבוצה של נהגים צעירים שלא השתתפו בתכנית. כישורי זיהוי סכנות נבחנו בקרב שתי קבוצות אלו באמצעות סימולטור נהיגה. לקבוצה שהתאמנה היו כישורי נהיגה טובים יותר. התכנית שפותחה נמצאה כיעילה באימון לזיהוי סכנות בקרב נהגים צעירים. יתרה מכך, Fisher et al. (2002) מצא כי נהגים צעירים, בניגוד לנהגים מנוסים, מתקשים להתאים את מהירות נסיעתם בתגובה לתמרורים ולשינויים בדרך. לדוגמה, במחקר שבוצע באמצעות סימולטור נהיגה, נמצא כי בתגובה לתמרור "עצור" בעקומת כביש, נהגים צעירים נוטים להשתמש בבלמים של הרכב, ולא להפחית את המהירות בהדרגה, בניגוד לנהגים מנוסים. למרות שמאמץ רב הוקדש כדי להעריך את יכולתם של הנהגים לזהות סכנות באמצעות סרטי וידאו, שיטת הניסוי של זיהוי סכנות בסימולטור נהיגה הופכת להיות כלי פופולרי. בנוסף לעבודתו של Fisher וקבוצתו, (לדוגמה, Pollatsek et al, 2006; et al, 2006), שבדקו האם נהגים סורקים את הסביבה על מנת לזהות סכנות פוטנציאליות בסימולטור, אחרים השתמשו במדדים אחרים, כגון מהירות ממוצעת, תאוצת הבלם והשינוי בקצב סיבוב הגלגל על מנת לבדוק כיצד נהגים צעירים חסרי ניסיון מתמודדים עם מצבים מסוכנים. Wang et al. (2007) למשל, ביקש משמונה נהגים מנוסים ושמונה נהגים צעירים וחסרי ניסיון לנהוג חמישה תרחישים מסוכנים בסימולטור נהיגה. החוקרים מצאו כי נהגים מנוסים נהגו לאט יותר מהנהגים הצעירים חסרי הניסיון כשהם התקרבו לסכנה פוטנציאלית, וכי תגובתם לסכנות קרובות הייתה זהירה יותר מזו של הנהגים הצעירים חסרי ניסיון. דוגמה נוספת לשימוש בסימולטור נהיגה ככלי תקף לבחינת ביצועי תפיסת הסכנה של הנהגים דווחה על ידי Regan, Triggs, and Godley (2000). החוקרים בדקו האם תלמידי נהיגה בני 18 שעוברים אימון נוהגים טוב יותר מקבוצה דומה של תלמידי נהיגה לא מאומנים. הנבדקים התבקשו לנהוג שבעה תרחישים בסימולטור במשך שבוע ושוב, ארבעה שבועות לאחר האימון. החוקרים דיווחו כי ב-15 מתוך 32 תרחישי התנועה, נהגים מאומנים נהגו טוב יותר ונטו לבלום מוקדם יותר בתגובה לאירוע מסוכן.

המחקר שלנו מתייחס לשתי שיטות אימון שפותחו באופן בלתי תלוי בעשור האחרון, אחת באוניברסיטת בן גוריון בנגב והשנייה באוניברסיטת מסצ'וסטס UMass באמהרסט (Amherst). שתי התוכניות מנסות להגביר את המודעות של הנהגים הצעירים חסרי הניסיון למפגעים פוטנציאליים, אך מנקודות מבט שונות. הראשונה, שיטת ההטרם וצפה (AAHPT) (Meir et al., 2010) (Act and Anticipate Hazard Perception Training), מתבססת על ההנחה כי חשיפת נהגים צעירים חסרי ניסיון למגוון רחב של מצבי נהיגה (עם הסברים מתאימים) יכולה להקל על הרכישה של בסיס ידע בנוגע לסכנות אופייניות ועל ידי כך להגביר את מודעותם לקיומם של מפגעים פוטנציאליים. השנייה, RAP (Pradhan et al., 2005; 2009), לעומת זאת, מניחה שלמוד עקרונות מסוימים של "היכן לחפש מפגעים", עשוי להניב תוצאות דומות. שתי שיטות אלה משלימות בתפיסתן, הראשונה נוקטת בתפיסה של מלמטה-למעלה, לימוד מתוך התנסות והשנייה בהקניית מושגים מלמעלה למטה. שתי מתודולוגיות הדרכה אלו נדונות בהרחבה בהמשך הדו"ח.

1.5 השלכות עבור המחקר הנוכחי

חוקרים תהו האם אימון בתפיסת סכנות יכול להשפיע ישירות על מעורבות נהגים בתאונות. כפי שהוצג, מחקרים מראים מתאם בין כישורי תפיסת סכנות ומעורבות בתאונות. אולם, גם אם גישות אלה נראות מבטיחות במחקרים במעבדה, אין ראיות מספקות עדיין שהן יכולות להפחית את שיעור התאונות בקרב נהגים צעירים על הכביש.

(Ferguson, 2003). כמוכן, למרות עדויות כי תפיסת הסכנה משתפרת באמצעות אימון, עדיין אין הסכמה על התכנית האופטימלית והמדדים שיש להשתמש בהם במבחן מתאים - בעיקר משום שרוב התוכניות הראו שיפור במדדים שהוגדרו מראש אך אף תכנית טרם דיווחה על ירידה בתאונות דרכים כתוצאה מאימון (ואכן קשה יותר לדווח על כך בעיקר אם המעקב אחרי המשתתפים באימון קצר טווח).

ממצאים דומים לגבי יכולות תפיסת סיכון משופרות כפי שנמדדו בניסויי מעבדה דווחו על ידי החוקרים משתי מתודולוגיות ההדרכה הבלתי תלויות, RAPT ו-AAHPT. למרות ששתי גישות הדרכה אלו שונות מטבען, שתיהן דיווחו כי נהגים צעירים חסרי ניסיון הראו יכולות פחותות לזיהוי מצבים העלולים להיות מסוכנים וכי כישורים אלו ניתנים לאימון במידה מסוימת, לפחות על פי המדדים המוגדרים מראש, שישמו במבחני זיהוי הסכנות בהם השתמשו. שיטת AAHPT דוגלת בכך שחשיפת נהגים צעירים חסרי ניסיון למערך גדול של קטעי וידאו של מצבי תנועה בעולם האמיתי יכולה לשפר את כישוריהם לזהות מצב מסוכן קרוב וניתן להשליך ידע כזה למצבים דומים, אך חדשים ולא מוכרים. בשיטה זו אין הגבלה על מספר התרחישים והם מבוססים על הקלטה של הרבה מאד מצבי אמת בכביש. שיטת RAPT, מצד שני, מניחה כי לימוד נהגים היכן לחפש מפגעים, על פי עקרונות מסוימים, יכולה לשפר את היכולות שלהם גם בזיהוי מצבים מסוכנים חדשים ולא מוכרים. לשם כך מציגה RAPT לנהגים מצבים כללים (תרחישי דרך כללים) וממשיגה אותם. מהם הנבדקים נידרשים להסיק על מצבי סכנה דומים (למשל מעבר חציה שחלקו מוסתר על ידי רכבים אחרים). למרות השוני בשיטות האימון והבחינה, ישנן ראיות כי חלק מהממצאים של שני המחקרים דומים באופן משמעותי. לדוגמה, Chan et al. (2010) מצא כי נבדקים שעברו הדרכה מבוססת RAPT הפגינו רגישות לסכנות הקשורות בהולכי רגל, צמתים, ושדה ראייה מוגבל. Meir et al. (2010) דיווחו, כי נהגים שעברו הדרכת AAHPT הפגינו רגישות מוגברת להולכי רגל ולשדה ראייה מוגבל, הן במונחים של תגובות לסכנות והן בדפוסי הסריקה כפי שנמדדו במערכת לעקיבת תנועות עיניים. כמוכן, ה-AAHPT נבחנה עד כה רק על גבי מבחן ממוחשב ולא בסימולטור ואילו לחילופין ה-RAPT נבחנה עד כה במבחן סימולטור ולא במבחן ממוחשב. ממצאים אלה עשויים להציע ששתי מתודולוגיות ההדרכה מגבירות את הרגישות של הנהגים למידע מסוים שנלמד במהלך האימון אבל זה לא ברור האם זה בא על חשבון מצבים אחרים שלא הודגשו במהלך האימון. לצורך השוואה בין שתי השיטות נדרש תחילה להתאים את ה-RAPT לנהג הישראלי, שכן התכנית פותחה עבור סביבת הנהיגה האמריקאית ולייצר גרסה ישראלית I-RAPT. לאחר מכן, ההשוואה בין שתי מתודולוגיות שונות אלו בהתבסס על מדדים משני היבטים, סימולטור נהיגה וניסוי מבוסס מחשב, חשובה מכמה סיבות: (1) נהגים צעירים חסרי ניסיון, שאומנו במצבים ספציפיים (I-RAPT) ייבחנו על בסיס מגוון רחב של קטעי וידאו של תרחישי תנועה בהם לא נתקלו במהלך האימון (מבחן AAHPT), ואילו נהגים צעירים חסרי ניסיון שאומנו במגוון רחב של תרחישי תנועה מבוססי וידאו ייבחנו בסימולטור נהיגה במצבים מסוימים (חלקם - דומים למצבים שהוזכרו ב-RAPT). (2) בין אם הנהגים אומנו על ידי I-RAPT או AAHPT, הערכת שתי קבוצות הנהגים תתבצע על בסיס מאגר רחב של מדדים שפותחו באופן בלתי תלוי ועודכנו במחקר הנוכחי. (3) מאחר ושתי שיטות האימון הראו דפוסי שיפור דומים, המחקר הנוכחי יבחן את התועלת במחקרים עתידיים המשלבים את שתי שיטות ליצירת מתודולוגיה חזקה ומקיפה ומאוחדת לאימון ולבחינה.

לסיכום, המחקר הנוכחי נועד לספק פלטפורמה לחקר מתודולוגיות אימון בתפיסת סכנות. מתודולוגיות שנועדו לשפר את כישוריהם של נהגים צעירים בזיהוי מצבים מסוכנים ובמקביל ליצור אמצעים בעלי תוקף ומקיפים למדידה (הערכה) של יעילות האימון בטווח הקצר. כדי להשיג מטרות אלה, המחקר הנוכחי התמקד תחילה על התאמת RAPT לסביבת הנהיגה הישראלית (I-RAPT), שיפור הדרכת AAHPT מהמחקר הקודם (Oron-Gilad et al., 2010) ולאחר מכן על הערכה של שתיהן, AAHPT ו-I-RAPT, על בסיס מדדי ביצוע של מבחני זיהוי

סכנות שפותחו באופן עצמאי. תוצאות המחקר הנוכחי מספקות רכיבים של אימון שניתן לשלב בעתיד במתודולוגיות אימון. יתר על כן, אמצעי הבדיקה והמדדים מספקים בסיס להערכת נהגים צעירים וחסרי ניסיון, באופן כללי ולאחר הדרכה בפרט.

פרק שני – מטרות המחקר והשערות המחקר

מבין מיומנויות הנהיגה, רק לתפיסת הסכנות, כלומר ליכולת של הנהג לצפות מצבים מסוכנים בזמן הנהיגה נמצא קשר (מתון) עם תאונות דרכים. ראיות רבות מצביעות על כך שנהגים צעירים-חסרי ניסיון בחודשים הראשונים לאחר קבלת רשיון הנהיגה הם בעלי תפיסת סכנות לקוייה. כתוצאה מכך, נשאלת השאלה החשובה האם ניתן לאמן נהגים צעירים להתמודד עם אותן סכנות? ואם כן, מהי השיטה היעילה ביותר וכיצד נמדדת ומוערכת איכות האימון. במהלך השנים פותחו ונותחו דרכים שונות לאימון בתפיסת סכנות ברחבי העולם, אך ההצלחה שלהן הייתה מוגבלת.

המטרה העיקרית של המחקר הנוכחי היא בחינה לעומק של ידע שנצבר לגבי יעילות האימון בתפיסת סכנות משתי מתודולוגיות אימון נפרדות. זאת על מנת ליצור בהמשך דרך אימון מקיפה ויעילה שתקנה לנהגים צעירים-חסרי ניסיון כלים טובים יותר בהתמודדות עם תפיסת סכנות. המתודולוגיות שהמחקר התמקד בהן הן ה-AAHPT, שיטת הטרם ופעל שפותחה באוניברסיטת בן גוריון ומותאמת לנהיגה בסביבה הישראלית ושיטת ה-RAPT, אימון למודעות ותפיסת סיכונים שפותחה ב-UMASS באמהרסט והותאמה עבור המחקר לתנאי הנהיגה בארץ. RAPT פותחה לסביבת הנהיגה של ארה"ב, לכן היה צורך להתאים אותה לסביבת הנהיגה בישראל ולייצר את הגרסה הישראלית I-RAPT, ולאחר מכן לבחון את השפעתה על קבוצת נהגים צעירים-חסרי ניסיון במטרה לבחון את תאימותה לגרסת המקור לפני שניתן היה לעשות השוואה בין שתי מתודולוגיות האימון. למרות ששתי מתודולוגיות האימון עוסקות באימון בנהגים צעירים-חסרי ניסיון בתפיסת סכנות, יש להן נקודות מבט שונות על האופן בו יש להקנות להם את הידע המיומנות. שלב חשוב היה איפה לבחון כל מתודולוגיה במבחן נהיגה בסימולטור, ובאמצעות מבחנים מבוססי וידאו (מבחנים מבוססי מחשב computer based tests). בנוסף, כל מחקר העוסק באימון תפיסת סכנות בקרב נהגים צעירים חסרי ניסיון מטיב את הידע שנצבר בעולם בנושא תפיסת סכנות. מטרות המשנה של המחקר היו איפה (1) לפתח את המבחן הממוחשב (2) לפתח את מבחן הסימולטור ואתר החישי הנהיגה (3) לפתח מתודולוגיות כמותיות לניתוח תוצאות המבחן. לשם כך, למרות שנהגים מנוסים לא היו הפלח האוכלוסיה שבו התמקד המחקר, תוצאות הניסוי שלהם בסימולטור ובמבחני המחשב משמשות בתור רף סף (gold standard) אליו ניתן להשוות אליו את תוצאות הנהגים החדשים-חסרי ניסיון מכל קבוצות האימון. בהתאם לכך, אנו מפנים את הקורא לשני מחקרים קודמים של קבוצתנו שעוסקים ספציפית בהבדלים בין נהגים מיומנים ונהגים צעירים-חסרי ניסיון בהם בחנו לראשונה את הדרכי השוואה בין הנתונים של נהגים מנוסים מול צעירים חסרי ניסיון.

מחקר קודם על AAHPT ומבחנים ממוחשבים לתפיסת סכנות :

Oron-Gilad Tal, Meir Anat, Borowsky Avinoam, and Shinar David (January 2010). Towards developing a hazard perception training program for enhancing young-inexperienced drivers' abilities **Final Scientific Report**, The Ran Naor Foundation.

Meir A., Borowsky A., Oron-Gilad T., (in review). Act and Anticipate Hazard Perception Training- an innovative intervention for enhancing young-novice drivers' abilities. Traffic Injury prevention

Meir A., Borowsky A., Oron-Gilad T., Parmet Y., Shinar D. (2010). Act and Anticipate Hazard Perception Training for Young-Inexperienced Drivers, 3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE), Miami FL.

מחקר בסימולטור נהיגה המשווה בין ביצועי נהגים מנוסים ונהגים צעירים חסרי נסיון בתקופת הליווי :

Yona O., Borovsky A., Permat Y., Oron-Gilad T., (in review), Hazard perception differences between young-novice and experienced drivers: A driving simulator study. *Human Factors*.

השערות המחקר

בהתאם למטרות המחקר נבנו ההשערות הבאות :

- ההבדלים בין קבוצות האימון השונות של הנהגים הצעירים חסרי הנסיון יבואו יותר לידי ביטוי במבחן המחשב יותר מאשר בסימולטור בגלל טבע האימון (בשתי המתודולוגיות האימון מבוסס מחשב ולא מבוסס אימון בסימולטור נהיגה).
- השערות באשר למבחן המחשב בתפיסת סכנות (HPT)
 - נהגים צעירים-חסרי נסיון שיעברו אימון ב-AAHPT בגישה המשולבת hybrid ישיגו תוצאות טובות יותר מאשר נהגים במתודולוגיות אימון אחרות והביקורת. וזאת בשל הדמיון בין אופן האימון לאופן המבחן.
 - דמיון בין שיטת הבחינה לבין האימון קיים גם בגישה האקטיבית של ה-AAHPT אולם במחקר הקודם, ביצועי הנבדקים שעברו אימון אקטיבי היו פחות טובים משל אלה שעברו את האימון המשולב. לפיכך, אנו משערים שגם במחקר זה למאומנים בגישה המשולבת של ה-AAHPT יהיו ביצועים טובים יותר.
 - השערנו כי הביצועים הטובים יותר יבואו לידי ביטוי בשני אופנים : א) רגישות התגובה שלהם תהיה הקרובה ביותר לדפוס שימצא אצל נהגים המנוסים ו ב) מספר התראות השווא שלהם, כלומר סימון אירועים שרק נהגים צעירים מתייחסים אליהם ומנוסים לא, יהיה הנמוך ביותר.
- נהגים צעירים-חסרי נסיון אשר אומנו ב-I-RAPT יפתחו מיומנות סקירה יותר טובות מאשר הנבדקים בגישה האקטיבית של-AAHPT של active ומקבוצת הבקרה. אם כי לא ניתן היה לשער שיהיו הבדלים בין הגישה המשולבת של AAHPT ל-I-RAPT.
- מיון המשימות (מטלת הקלסיפיקציה במבחן הממוחשב) תתן אינדיקציה באשר לקבוצה אשר תוצאותיה הן הקרובות ביותר לנהגים המנוסים בידע מושגי (conceptual knowledge formation) – אם כי לא ניתן לשער מראש לאיזו קבוצת אימון יהיה יתרון פה.
- דירוג המשימות (מטלת הדירוג במבחן הממוחשב) תהיה דרך ניתוח להעברת הבדלים מושגיים (conceptual differences) בין הקבוצות אם כי גם במקרה זה לא ניתן לשער מראש לאיזו קבוצת אימון יהיה יתרון.
- השערות באשר למבחן הנהיגה בסימולטור
 - נהגים צעירים-חסרי נסיון אשר עברו אימון יראו יותר דמיון לנהגים מנוסים מאשר נהגים בקבוצת הביקורת. דמיון זה יבוא לידי ביטוי באופנים הבאים:
 - התנהגות לאירוע (מודעות לסכנות ספציפיות)
 - הומוגניות של הקבוצה כפי שהיא באה לידי ביטוי בהתאמת המהירות לתנאי הדרך (כלומר הקבוצה כמכלול מתנהגת בצורה הומוגנית וכקבוצה דומה יותר לקבוצת המנוסים)

- לא ניתן היה לשער מהו אופי ההבדלים בין שיטות האימון זאת כיון שאף אחד מתרחישי הנהיגה לא היה דומה לחלוטין למצבים שהוצגו בכל אחת משיטות האימון כך שלאימון מסוג מסויים לא היה יתרון מבחינת מוכרות.

פרק שלישי – פיתוח כלי המחקר

3.1 שיטות האימון

בתת פרק זה נסקור את השלבים השונים בפיתוח תכניות האימון ועד התוצר הסופי שבו השתמשנו במחקר הנוכחי. פיתוח ה-AAHPT החל במסגרת מחקרים קודמים כפי שפורט לעיל.

3.1.1 I-RAPT (ISRAELI RAPT)

עקרונות ה-RAPT

ה-RAPT פותחה על ידי פישר והקולגות שלו ב-2005 (Pradhan et al., 2006; Chan et al., 2010). ישנן שלוש גרסאות שונות של התוכנית שפותחו בשלבים. מטרתן לחשוף נהגים צעירים לסכנות אמיתיות ופוטנציאליות, להצביע מהיכן הן מגיעות ולהטמיע בנהגים מודעות למצבים שונים אשר הם עלולים להתקל בהם בנהיגה בזמן אמת. כלומר, מתוך 9 המצבים המוצגים באימון, מצופה מהנהגים להשליך לכל מצב נהיגה שיש בו מאפיינים דומים (כגון צומת וכד'). בכללי, בתכנית מסוג זה הורו למשתתפים לגרור ולסמן באמצעות drag and drop עיגולים אדומים או אליפסות צהובות לאזורים שמצריכים מעקב או שהם בעלי חשיבות לנהג, בהתאמה (אדום ממשי – צהוב פוטנציאלי). הנהגים המשתתפים באימון נבחנים במהלך האימון פעמיים במיקוד לאזורי עניין, פעם אחת כשלב מקדים לפני ביצוע האימון (pre) ופעם נוספת לאחר האימון (post). לאחר מכן בשלב ההערכה של התכנית, תנועות העיניים של המשתתפים נבדקו גם בסימולטור נהיגה על מנת לקבוע לאיזה אזורים הם התייחסו כבעלי סיכון פוטנציאלי, ואזורים אלה סומנו. בנוסף, הביצועים של המשתתפים שעברו את האימון הושוו לקבוצת בקרה של נהגים צעירים שלא עברו אימון. תכנית האימון הוכחה כאפקטיבית. המשתתפים באימון היו טובים בזיהוי אזורים מסוכנים בצורה ניכרת במבחן לאחר אימון ה-RAPT מאשר במבחן לפני אימון ה-RAPT. יתרה מזאת, במבחן הסימולטור, הנהגים שאומנו הצליחו כמעט כמו נהגים מנוסים (כפי שנמצא במחקרים קודמים) והסיכוי שלהם להתמקד באזורים רלוונטים היה גדול ב-40% מאשר נהגים חסרי ניסיון 3-5 ימים מסיום האימון. Pradhan, Fisher, (2006) Pollatsek, Knodler & Langone אימנו ב-RAPT ובדקו והשוו גם קבוצות בקרה של בני 18-21 באותו מסלול נהיגה בכביש. השיפור של המשתתפים נבדק באמצעות נתוני תנועות עיניים **שנאספו בניסוי נהיגה בכביש**. במחקר זה הם השתמשו בגרסה השלישית של תכנת המחשב של ה-RAPT (Pradhan et al., 2005, 2006). ניתוח הממצאים הראה כי ישנו שיפור משמעותי בתפיסת סיכונים בקרב נהגים שסיימו את תכנית ה-RAPT.

מתודולוגיות ה-I-RAPT מבוססות על ה-RAPT המקורית (Pollatsek et al., 2006; Pollatsek & Pradhan, 2006; Fisher, et al., 2006) לאחר שעברה שינויים אחדים – חלקם קונספטואליים וחלקם להתאמה לסביבת הנהיגה הישראלית. בדומה ל-RAPT, הנבדקים נבחנו לפני ולאחר התכנית במצבי הנהיגה שעליהם אומנו כאשר הוצגו בפניהם רצף תמונות ממצבי תנועה שונים. הקטע הבא יעסוק בשינויים שביצענו בבניית ה-I-RAPT.

פיתוח הגרסה הישראלית I-RAPT

ראשית, תשעה סרטונים בווימו וצולמו מנקודת המבט של נהג בכמה אזורים עירוניים ברחבי ישראל. איור 1 מציג דוגמה של סרטון שצולם בישראל המבוסס על תרחיש קיים ב-RAPT המקורי (Fisher, Pollatsek & Pradhan, 2006).

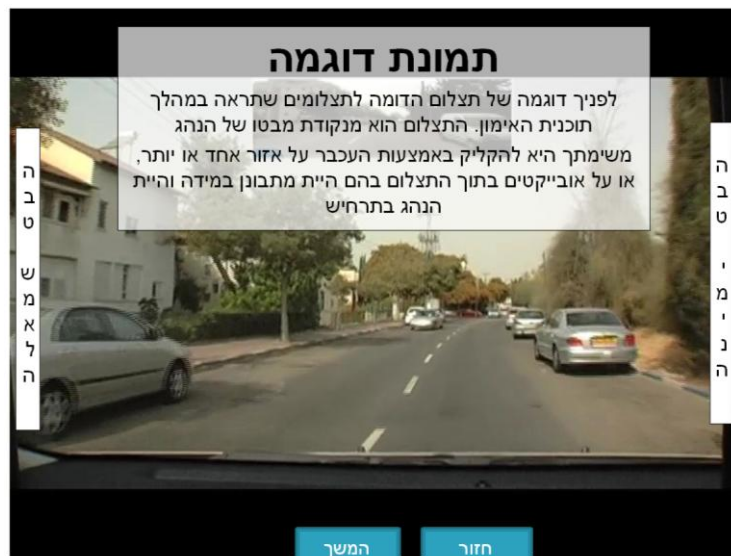
(Pollatsek et al., 2006; 2006). מכל סרטון נערכו ונבחרו תמונות (frames) על מנת ליצור את מכלול האירוע, כך שבסופו של דבר נבנו 9 תרחישים שונים עבור המבחן שלפני ואחרי התכנית ((pre and post training test. התרחישים מפורטים בנספח 1.

שנית, כל סרטון צולם פעמיים, פעם אחת עם סכנה מוחשית, מתממשת, ופעם ללא אירוע חריג (רק מצב פוטנציאלי). השימוש בסכנה מוחשית לא היה חלק מה-RAPT המקורי. עם זאת, החלטנו כי חשיפה לסכנות מוחשיות יחד עם סכנות פוטנציאליות שבהם ה-RAPT המקורית התמקדה בהן יכולה להועיל למשתתפים בהתמקדות באזורים חשובים. כלומר, בשלב המבחן שלפני ואחרי האימון הוצגו התרחישים הפוטנציאליים ואילו במהלך האימון, להמחשה, הוצג גם מצב בו הסכנה מתממשת (למשל, במקום לציין כי כשמעבר החצייה חסום יש סכנה שהולכי רגל יופיע (פוטנציאלי) ניתנה גם דוגמה מוחשית בה הופיע הולך רגל (מתממש). להוספת מרכיב זה לאימון היתה חשיבות רבה בעינינו בעיקר כיון שרכיב זה מודגש בתכנית ה-AAHPT, בה במהלך האימון מוצגים בעיקר מצבים מתממשים ואילו במבחן יותר מצבים פוטנציאליים, למשל באימון כמעט תמיד יצוץ רכב ממול בעיקול הכביש ואילו במבחן לא.

לצורך הרצת האימון פותח ממשק מבוסס Powerpoint שקודד ב-VB6. התכנה כוללת הוראות וכוותרות בעברית כפי שניתן לראות באיור 2. מדידות הביצועים נשמרו כמו בתכנית ה-RAPT המקורית. קטעי שמיעה מילוליים נוספו ל-I-RAPT כך שכאשר משתתף לחץ על אזור במסך הוא/היא יכלו לא רק לראות אלא גם לשמוע תגובה. לחיצות העכבר והתגובות המילוליות של המשתתפים נאספו באמצעות רכיב קוד ייחודי.



איור 1. דוגמה לסרטון דרך שצולם בישראל (שמאל), בהתבסס על תרחיש של תכנית ה-RAPT האמריקאית בה רכב מתקרב למעבר חציה המוסתר על ידי מכוניות חונות (ימין).



איור 2. דוגמא למסך בתכנית ה-I-RAPT בו ניתן הסבר על תכנית האימון.

ה-I-RAPT בנוייה משלושה שלבים, שלב מקדים לפני האימון (pre-test), תכנית האימון, ומבחן לאחר האימון (post). בשלב המקדים, המשתתפים צפו בתשעה תרחישים ולחצו על אזורים פוטנציאליים בעלי עניין – זהו למעשה מצב בסיס המודד את יכולותיהם לפני האימון. במהלך תכנית האימון המשתתפים ראו לראשונה תמונה איזומטרית של מצב הדרך (איור 3), ולאחר מכן צפו בהסברים על האזורים בהם הסכנות יכולות להווצר. לאחר התמונה הסכמטית וההסברים, המשתתפים ראו את רצף התמונות המצולמות של התרחיש המתואר – הפעם עם סכנה מוחשית (איור 4). במהלך התכנית המשתתף יכול היה ללחוץ על אזורים שונים על המסך והתקבל משוב קולי וחזותי האם האזורים הללו הם בעלי חשיבות או לא (נקודות עניין – areas of interest AIOIs). כאשר המשתתף הצליח לזהות את כל האלמנטים הקריטיים בתרחיש הוא/היא יכלו להמשיך באימון ולעבור לתרחיש הבא. לאחר סיום התכנית המשתתף ביצע שוב את המבחן שביצע בהתחלה, עם תשעה התרחישים (ללא סכנות מוחשיות) ותוצאות המבחן הזה הושוו למבחן שבוצע לפני תכנית האימון.



איור 3. מראה איזומטרי סכמטי של סכנה פוטנציאלית עבור תרחיש 2 כולל הסברים.

לאחר פיתוח הגירסה העברית של תכנית ה-I-RAPT בוצע ניסוי מקדים בו השתתפו תשעה נהגים צעירים חסרי ניסיון בתקופת הליווי (עד 3 חודשי ניסיון). המטרה העיקרית של ניסוי זה הייתה לאמת את המידות המדויקות של כל נקודת עניין (כלומר תיחום גודל כל אזור עניין ספציפי על פי הטווח בו צפו מכלול המשתתפים) ולהחליט האם

יש צורך בפיתוח נוסף של תרחישי תנועה, או בהחלפת תרחישים אשר לא היו מספיק טובים (למשל, כיוון שהתרחישים לא בוימו מראש, במקרה אחד היתה הסחת דעת (ארוע מסיח) אשר מנע מהמשתתפים מלהתרכז בעיקר התרחיש, ועל כן היה צורך לצלם אותו מחדש). בסופו של התהליך נוצרו תשעה תרחישי אימון בהם נעשה שימוש בניסוי הנוכחי כפי שמתואר בפירוט בנספח 1.

פרוט שיטת האימון I-RAPT

המשתתפים צפו בתמונות המתקדמות בזמן בהדרגה מנקודת המבט של הנהג. הורינו להם לדמות את עצמם כנהגים ולהשתמש בעכבר כדי ללחוץ על איזורים בתמונה שבהם הם חושבים שיש לחפש מידע שיכול להוריד את הסיכוי שלהם להתנגשות והיה והם היו נוהגים ברכב. כל תמונה הוצגה למשך שלוש שניות. תרחיש מסויים כלל רצף של בין 5-12 תמונות שונות, תלוי באורך ובמורכבות התרחיש. הערכת הנהגים במבחני ה pre and post התבססה על מיקום הלחיצות על המסך. בסה"כ תשעה תרחישים הוצגו במבחן לפני ואחרי התכנית. לשם המחשה תרחיש מספר 2 מתואר בפירוט נרחב.

בתרחיש מספר 2 כלי הרכב של המשתתף נוסע בנתיב הימני של דרך בעלת 4 נתיבים שנים לכל כיוון עם הפרדה באמצע. רכב נוסף עקף משאית בנתיב השמאלי. המשאית והמכונית בנתיב השמאלי האטו. תמרור המורה על מעבר חצייה יחד עם מעבר החצייה נראים בבירור ממרחק. הולך רגל מוסתר על ידי כלי הרכב בנתיב השמאלי שעצרו במעבר. כלי הרכב של המשתתף מגיע למעבר החצייה ועוצר ברגע האחרון כאשר הולך רגל נמצא באמצע מעבר החצייה. התמונות מהתרחיש מוצגות באיור 4.



איור 4. תמונות מתרחיש 2 – לפי הסדר משמאל לימין. במבחן המקדים ולאחר האימון לא נראה הולך הרגל ואילו בזמן ההסבר כן (בהסבר הולך הרגל נראה היטב בתמונה הרביעית).

3.1.2 הטרם ופעל - AAHP: ACT & ANTICIPATE HAZARD PERCEPTION TRAINING

עקרונות

הAAHP מבוססת על שימוש במגוון רחב של סרטונים של מצבי אמת בדרכים (חלקם מבויימים וחלקם צולמו במהלך שיטוט עם מצלמות ברכב יעודי ברחבי הארץ) על מנת לחשוף נהגים צעירים למגוון תרחישים שיכולים לקרות בחיים האמיתיים ובכך להעשיר את נסיון הנהיגה שלהם. חשיפה למגוון מצבים שנהגים צעירים חדשים ולא מנוסים עם פחות מ 3 חודשי נסיון בנהיגה טרם נחשפו אליהם.

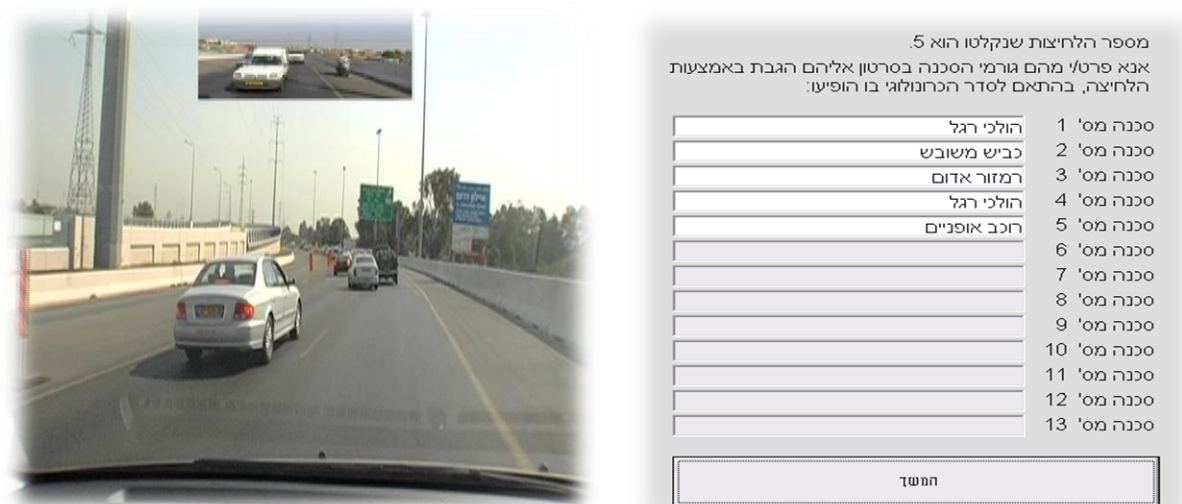
AAHP מחקר קודם

המחקר הנוכחי מבוסס על המאמצים הקודמים שהושקעו בפיתוח תכנית ההטרם ופעל (AAHP) (Oron-Gilad et al., Final Scientific Report Ran-Naor Foundation, 2010; Meir et al., 2010; submitted), ומחקר קודם שבוצע על ידי Borowsky, Oron-Gilad, & Parmet (2009) and Borowsky, Oron-Gilad, & Shinar (2010d). מתודולוגית הAAHP בחנה שלוש גישות אימון המבוססות על ההנחה כי נהגים צעירים- חסרי נסיון פחות מודעים לסכנות פוטנציאליות ושהם יותר תגובתיים (גירוי-תגובה) מאשר נוקטי יוזמה (מבצעים אינטגרציה של המידע

Projection) חיזוי וציפיה). הגישה הראשונה (AAHPT מבוססת הנחיה/instructional) שואפת לשפר את המודעות של נהגים צעירים-חסרי נסיון לסכנות על ידי לימוד מושגי של הסכנות הקיימות (כלומר, פוטנציאליות וממשיות) והיכן הן צפויות ביותר להופיע (בהקשר תנאי הדרך). הגישה השנייה (AAHPT Active) נותנת לנהגים לצפות בכמה שיותר מצבים מסוכנים ולגרום להם להגיב באופן אקטיבי להן. הגישה גורסת כי באמצעות תגובה לסכנות הנהגים יפתחו את הידע המושגי והזיכרון האירועי (אפיסודי) הדרוש על מנת להתמודד עם הסכנות ללא הדרכה מיוחדת. הגישה השלישית, המשולבת (AAHPT-Hybrid) דוגלת בשילוב של שתי הגישות הקודמות, מתוך אמונה כי נהגים חסרי נסיון צריכים גם התנסות אקטיבית וגם בסיס הדרכתי על מנת להשיג את המודל המנטלי הדרוש (למידע נוסף, ראו Meir et al.submitted).

פרוט והרחבה על גישות ה AAHPT

- **תכנית ה-AAHPT Active** - המשתתף צופה ב-63 סרטונים של תרחישים שונים בתנאי דרך שונים, ובכל פעם בה הוא נתקל בסכנה הוא נדרש ללחוץ על לחצן. לאחר כל סרטון מופיע מסך הכולל תיבות טקסט המציגות את מספר הפעמים שהלחצן נלחץ במהלך התרחיש. המשתתף לאחר מכן נדרש לתאר במילים שלו מה דרבן אותו לזהות את המקום כסכנה כמתואר באיור 5.



מספר הלחיצות שנקלטו הוא 5.
אנא פרטי מהם גורמי הסכנה בסרטון אליהם הגבת באמצעות הלחיצה, בהתאם לסדר הכרונולוגי בו הופיעו:

1	סכנה מס'	הולכי רגל
2	סכנה מס'	כביש משובש
3	סכנה מס'	רמזור אדום
4	סכנה מס'	הולכי רגל
5	סכנה מס'	רוכב אופניים
6	סכנה מס'	
7	סכנה מס'	
8	סכנה מס'	
9	סכנה מס'	
10	סכנה מס'	
11	סכנה מס'	
12	סכנה מס'	
13	סכנה מס'	

המשך

איור 5. דוגמא לתמונת מסך מתוך סרטון דרך (אחד מתוך 63 סרטוני הדרך), לכשמשתיים התרחיש נפתחת תיבת דיאלוג בה על המשתתף לציין את הסיבה שהביאה ללחיצה שלו (מימין, בדוגמא זו 3 לחיצות).

- **"AAHPT Instructional-based"** - בגישה זו המשתתף נחשף למגוון הגדרות של סכנות, ולאחר מכן בדוגמאות לסכנות אלו מהסרטונים של גרסת ה-AAHPT Active. יש להדגיש כי המשתתף לא לוקח חלק אקטיבי בזיהוי הסכנות. כמתואר בדוגמא באיור 6.



שימו לב לילדים הרצים
בצד הכביש, הם עלולים
להתפרץ לנתיב הנסיעה.

איור 6. דוגמא לתמונת מסך מתוך החלק מבוסס ההנחיה (Instructional based) של ה-AAHPT.

- "AAHPT Hybrid" – הגישה המשולבת המורכבת משתי התכניות הקודמות, כאשר החלק הראשון הוא חלק הדרכתי בלבד עם מחצית הדוגמאות של תכנית AAHPT Instructional-based, והחלק השני הוא חלק אקטיבי הכולל כמחצית מהתרחישים אשר נכללים ב-AAHPT Active (כלומר, 30 סרטונים).

בהתבסס על המחקר הקודם (Oron-Gilad et al. 2010; Meir et al. (in review)), הוחלט כי ה-AAHPT Hybrid וה-AAHPT Active יישמשו במחקר הנוכחי עקב כך ששתי גישות אלה הציגו פוטנציאל אימון גבוה יותר משל ה-AAHPT Instructional-based שהוכחה כלא יעילה כלל בהשוואה לקבוצת בקרה של נהגים צעירים – חסרי ניסיון. בנוסף, במחקר לעיל, ה-AAHPT hybrid הקנתה לנהגים רגישות גבוה יותר לסכנות פוטנציאליות בהשוואה לקבוצת הבקרה, אך גם רגישות יתר לנוכחות הולכי דרך בסרטונים. על כן הוחלט במחקר הנוכחי לבצע שינויים בשלב האימון ולשנות את אחוז הארועים מכל סוג לפרופורציות הדומות יותר לאלה שבמציאות וזאת על ידי הגדלת מספר הסרטונים בהם הסכנות היו הכרוכות בכלי רכב ותנאי דרך והקטנת מספר הסכנות הכרוכות בהולכי רגל. כל זאת במטרה למנוע ב-AAHPT hybrid את רגישות יתר כלפי גורמי סיכון מסויימים (הולכי רגל).

כמוכן, הוחלט לשפר את גרסת ה-AAHPT hybrid פעם נוספת על ידי פיצול החלק האקטיבי בתכנית האימון לשני חלקים, החלק הראשון לפני החלק ההדרכתי, והחלק השני לאחריו. המטרה של שינוי זה הייתה לתת למשתתף לפתח התנסות אישית בצפייה בסרטוני נהיגה, לפני שמוצגות לפניו דוגמאות אשר יכולות להטעות ולהטות אותו ולהקנות לו הערכה מוטעית ביחס לשכיחות של סכנות פוטנציאליות בסביבת הנהיגה. לפני המחקר הנוכחי בוצע ניסוי שלישי על מנת לבדוק האם הביצועים של המשתתפים בגרסאות ה-AAHPT hybrid המשופרת טובים יותר משל הגרסא המקורית. בסה"כ התוצאות תאמו לממצאים מהניסויים הקודמים בכך שהאימון הציג יתרון בזיהוי סכנות פוטנציאליות ביחס לקבוצת בקרה. בנוסף רגישות היתר לסכנות הכרוכות בהולכי הרגל פחתה בגרסא המשופרת ביחס לגרסא המקורית. לסיכום, המחקרים הקודמים שבוצעו בקבוצתנו הראו כי אימון לתפיסת סכנות באמצעות סרטונים יכול להיות יעיל בשיפור את מיומנות תפיסת הסכנות של הנהג צעיר- חסר ניסיון לזהות סכנות פוטנציאליות. הממצאים מצביעים על כך שנהגים אשר אומנו ב-AAHPT Active וב-AAHPT hybrid המשופרת (הכוללת שלב אקטיבי קצר, שלב תיאורטי ושלב אקטיבי ארוך) הראו דפוסי דומים יותר לנהגים מנוסים, ביחס לביצועי קבוצת הבקורת של נהגים צעירים ולא מנוסים שלא עברו אימון בתפיסת סכנות.

מאגר הסרטונים של ה-AAHPT המקורי בו השתמשו ב Oron-Gilad et al., 2010 הכיל 123 סרטונים שצולמו באור יום שאורכם 20-50 שניות. סרטונים אלו סווגו על ידי מספר קריטריונים:

1. תנאי הדרך והסביבה (אזור מגורים, עירוני, ובין עירוני); איור 7 ממחיש את הקריטריון הזה. אזורי מגורים כללו נהיגה בשכונות צפופות, בעלות רחובות וכבישים צרים, עם מכוניות חונות רבות. אזורי עירוניים כוללים נהיגה בין שכונות בכבישים רחבים יותר המחברים ביניהן. אזורי אלו כוללים הולכי רגל אך לא בצפיפות גדולה. אזורי בין עירוניים כוללים חלקים מכבישים מהירים, וכבישים בין עירוניים אחרים. כבישים אלה בד"כ רחבים יותר והמצאות הולכי רגל בהם נמוכה יותר.
2. גאומטריית הכביש (מעוקל, ישר, הררי).
3. סוג הסכנה (פוטנציאלית או מוחשית).
4. הגורם לסכנה (כלי רכב, הולכי רגל, או מכשול). הקריטריון הנ"ל מבוסס בחלקו על ממצאים ממחקרים קודמים (Borowsky et al., 2010).



איור 7. דוגמאות לתרחישי נהיגה משלוש סביבות נהיגה: שכונתית (שמאל), עירונית (מרכז), ובין עירונית (שמאל).

ב AAHPT המקורי 123 הסרטונים חולקו למאגר אימון הכולל 63 סרטונים ומאגר ניסוי הכולל 58 סרטונים. יש להדגיש כי בשני המאגרים היה אחוז סרטונים דומה מכל סביבה. ההבדל המהותי בין שני המאגרים היה שמאגר האימון כלל יותר סרטונים עם סכנה מוחשית מאשר סכנה פוטנציאלית (בערך 70% מוחשית ו-30% פוטנציאלית). לעומת זאת, המאגר הניסוי כלל יותר סכנות פוטנציאליות מאשר סכנות מוחשיות (בערך 70% פוטנציאליות ו-30% מוחשיות). שני הסרטונים הנותרים שימשו כסרטוני הכוונה ואקלום למערכת ולמטלות. הסרטונים חולקו ל-3 קטגוריות שונות (טרום אימון - אקלום, אימון, ומבחן מסכם (HPT; Hazard perception test)).

טרום אימון – שני סרטוני תפיסת סכנות שימשו בתור סרטוני הכוונה ואקלום למטלות הניסוי שהן לצפות בסרטונים וללחוץ על לחצן כאשר הם נתקלים בסכנה פוטנציאלית או מוחשית (כמתואר באיור 5).

אימון – תת קבוצה של 63 סרטוני תפיסת הסכנות שימשו את התכניות לאימון לתפיסת סכנות (כלומר ה-Active, ה-Hybrid Instructional-Based). מאגר הסרטונים היה מאוזן בהתאם לתנאי הדרך, הסביבה, וגורם הסכנה.

HPT (מבחן לתפיסת סכנות) – 58 סרטונים הרכיבו את מערך הנתונים של סרטוני תפיסת הסכנות שבהם השתמשו במבחן.

שינויים ושיפורים בתכנית AAHT למחקר זה

נאלצנו לבצע שיפורים ושינויים למאגר של ה-AAHT המקורי. למרות שלפני כן נבדקו מגוון רחב של תרחישים, עדיין היו הרבה מצבי נהיגה שכיחים שלא נכללו במאגר. בפרט, המטרה הייתה לכלול יותר מצבים פוטנציאליים בצורת צמתים, נהיגה בכיכרות, ועקיפה בדרכים בין עירוניות. על כן, צולמו תרחישים נוספים על מנת להגדיל את מספר התרחישים במאגר (כפי שניתן לראות באיור 8).



איור 8. דוגמה לסרטון דרך שצולם בישראל (שמאל), בהתבסס על תרחיש של תכנית ה-RAPT האמריקאית בה רכב מתקרב למעבר חציה המוסתר על ידי מכוניות חונות (ימין).

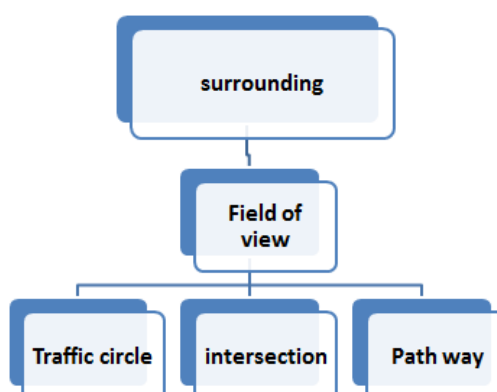
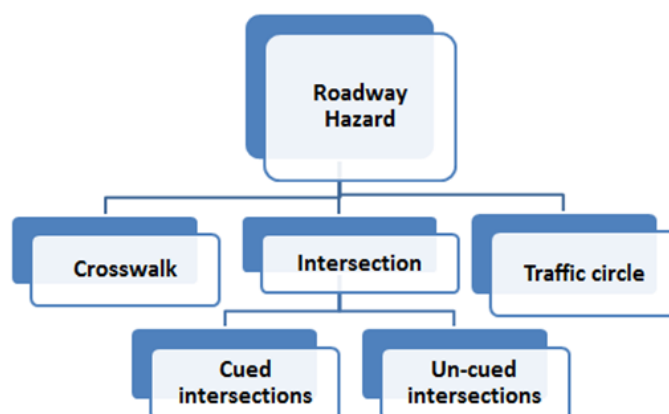
סיווג מראש של תרחישי הנהיגה

בעבודת הדוקטורט שלו (Borowsky (2011 הציע מתווה לסיווג מסודר ומוגדר מראש לכל סרטון נהיגה. השתמשנו בסיווג זה בניסוי כדי לאפיין כל אחד מסרטוני המבחן, כפי שניתן לראות באיור 9.

1. **סיווג ראשי** - סביבת הנהיגה, סכנות בכביש, ומשתמשי הדרך. הקטגוריה הראשונה והשנייה עוסקות בסכנות שטמונות בתנאי הדרך ובסביבה, כלומר חסימת שדה הראייה, עצמים בכביש שחוסמים את מצב התנועה, ואילו הקטגוריה השלישית עוסקת במשתמשי הדרך (אנו או האחרים) והתנהגותם בכביש. הקטגוריה האחרונה יותר מוחשית ונראית לעין.
2. **הגורם העיקרי** - סיווג המבוסס על סוג גורם הסכנה : צומת, הולכי רגל, שדה ראייה, התנהגות הרכבים בסביבה, התנהגות הנהג, המדרכה וכיכרות.
3. **סביבת הנהיגה** - עירונית, בין עירונית ושכונות מגורים (כפי שכבר הסברנו).
4. **סוג הסכנה** - סכנה מוחשית או סכנה פוטנציאלית עם תתי קבוצות עבור הולכי רגל וכלי רכב: סכנות הנראות לעין, סכנות חבויות, וסכנות שגם חבויות וגם נראות לעין. לפי (Borowsky (2011 גם סכנות פוטנציאליות וגם סכנות מוחשיות יכולות להכיל גורמי סכנה (כמו הולכי רגל וכלי רכב) שחבויים מהנהג עד נקודה מסוימת בזמן או בגלל שהנהג לא שם לב למקום הנכון (e.g., Pollatsek et al., 2006) או ששדה הראייה שלו נחסם (על ידי הסביבה או על ידי משתמשי דרך אחרים). החשיבות בלהבדיל בין סכנות חבויות לבין סכנות הנראות לעין מפורטת יותר ב. Yona et al. (submitted).
- i. **סכנות נראות לעין** - תרחיש בו הולכי רגל ו/או כלי רכב נראים מרחוק, ולא מופיעים בצורה פתאומית ומפתיעה.
- ii. **סכנות נראות לעין-חבויות** - ישנם סימנים מטרימים כי יש כלי רכב או הולך רגל בסביבה, כך שישנה סכנה פוטנציאלית, ואז היא מתגלה והופכת לסכנה מוחשית.
- iii. **סכנות חבויות** - כלי רכב או הולך רגל המתפרץ לכביש בפתאומיות והופך מיידית לסכנה מוחשית.

- iv. תת קבוצה נוספת מתייחסת לצמתים: צמתים מסומנים וצמתים לא מסומנים. **צמתים מסומנים** הם צמתים משולטים או מרומזרים. כלומר, יש סימן לכך שיש צומת בסביבה.
- v. **צמתים לא מסומנים** הם צמתים שלא כוללים תמרורים או רמזורים אשר יכולים להעיד על קיומן (Borowsky, 2011). למשל, כבישי גישה לבתים או שבילים אחרים.

בנספח 2 מוצגים הסרטונים בהם השתמשנו במתודולוגיות השונות ואת סיווגם לקטגוריות שונות.



איור 9. חלוקה ראשית ומשנית א-פריורי של סרטוני הנהיגה לשלוש קטגוריות: משתמשי דרך, מפגעים וסכנות בדרך ותנאי סביבה. שתי הקטגוריות האחרונות אינן בלתי תלויות ויש ביניהן חפיפה.

גירסאות AAHPPT למחקר זה

השתמשנו בשתי גרסאות של תכנית ה-AAHPPT: AAHPPT Active ו-Hybrid. שתי הגרסאות הכילו חומר מ-63 סרטונים. גרסת Activen כללה צפיה פעילה בכל 63 הסרטונים. המשתתפים צפו בכל סרט ונתבקשו ללחוץ ברגע שהם מזהים סכנה. Hybrid משלבת מצגת power point וגם תגובה אקטיבית לסכנה, והיא נבנתה במבנה של אקטיבי – הדרכתו ואקטיבי כאשר מתוך 63 הסרטונים כמחצית מהדוגמאות הוצגו באופן הדרכתי וכמחצית מהתרחישים בדומה לגרסה האקטיבית.

3.2 מבחן ממוחשב לתפיסת סכנות HAZARD PERCEPTION TEST

מבחן ממוחשב ל HPT - כללי

המאגר המקורי של המבחן הכיל 58 סרטונים. ממצא חשוב שעלה מהמחקרים הקודמים (Oron-Gilad et al., 2010) היה שהמבחן הממוחשב היה ארוך מדי. על מנת למנוע עייפות ולהגדיל את יכולת האבחון היה הכרחי לכלול מרכיבים חדשים ולהסיר סרטונים אשר לא היה להם ערך מוסף (סרטונים שלא היוו כלי מאבחן ולא נתנו לנו אבחנה בין נהגים מנוסים לצעירים). מתוך מאגר הסרטונים - השתמשנו בתת קבוצה של 21 סרטוני תפיסת סכנות בשביל המבחן. הסרטונים היו דומים לאלו שהוצגו במהלך האימון בהתאמה לסביבות נהיגה וגורמי הסכנה, אך הם כללו יותר סכנות פוטנציאליות וחבויות (ביחס של 70% ל 30%). כמובן, הסרטונים כללו סרטונים בהם הסכנה היתה קשורה למשתמשי דרך וסרטונים בהם הסכנה היתה קשורה לסביבה ולמפגעי דרך (כפי שהוסבר לעיל באיור 9).

בנוסף, מבחן ה-HPT (מבחן תפיסת סכנות) הממוחשב המקורי הכיל שני מרכיבים: 1. מטלת זיהוי הסכנות (מטלה אקטיבית של צפייה בסרטונים ולחיצה) 2. מטלת סיווג הסכנות בה נתבקשו הנהגים לסווג תמונה מייצגת מתת מדגם של סרטוני נהיגה למספר קבוצות (על פי המתודולוגיה של Borowsky, Oron-Gilad and Parmet, 2009). כעת הוחלט להוסיף מטלה נוספת של דרוג מצבי סכנה (ratings). הדבר התאפשר כיון שמשך המבחן הכולל התקצר.

בניגוד לסיווג, בו בד"כ על הנהגים לחלק את מאגר התמונות על פי קריטריון עיקרי מייצג (למשל, סוג הסכנה או תנאי הדרך) דרוגים מאפשרים לנהגים גמישות באופן חישוב הדירוג ושקלול של מספר קריטריונים (e.g., Armsby et al., 1989). בכך, מטלות הדירוג לאחר מעשה משלימות את מטלת הסיווג שכן הן יכולות לתת לנו מידע בנוגע להבדלים תפיסתיים הנובעים מנסיון. במטלת דירוג טיפוסית המשתתף נדרש לדרג את רמת הסכנה במצב כלשהו בקנה מידה רציף (על סקלה של 1-100, למשל (Armsby et al., 1989; Matthews & Moran, 1986)). בדרך כלל נהגים צעירים-חסרי נסיון מדרגים מצבים פוטנציאליים (כמו ערפל או סיבוב) כפחות מסוכנים מאשר נהגים מנוסים (Finn & Bragg, 1986; Armsby et al., 1989; De Craen et al., 2009). לכן, מטלת הדירוג מאפשרת לבחון את רמת הדמיון בין הנהג הצעיר הבלתי מנוסה שעבר אימון לבין המנוסה. לסיכום מבחן ה-HPT הממוחשב כלל שלושה מרכיבים: 1. צפייה אקטיבית בסרטוני נהיגה (21 סרטונים), 2. מטלת סיווג ו 3. מטלת דירוג. מרכיבים אלה מפורטים להלן.

חלק 1 – צפיה אקטיבית בסרטוני נהיגה ACT AND ANTICIPATE

21 תרחישים מרכיבים את מבחן תפיסת הסכנות (כפי שניתן לראות בטבלה מספר 1). מטלת זיהוי הסכנות דומה לאימון בשיטת AAHPPT Active. המשתתפים הונחו לצפות ב-21 סרטונים וללחוץ על לחצן בכל פעם שהם מזהים

מצב מסוכן. בסוף כל סרטון המשתתפים נדרשו להסביר את הגורמים של כל מצב מסוכן שהם זיהו. חשוב להזכיר כי רוב התרחישים במבחן היו סכנות פוטנציאליות. שיערנו כי מתודולוגית אימון טובה תשפר את הרגישות של המשתתפים לסכנות הפוטנציאליות.

טבלה 1. מאגר הסרטונים במבחן לפי ארועים וסיווגם על פי נתונים ממחקרים קודמים והחלוקה שהוצגה באיור 9.

סרטון	מספרו במאגר	ארוע	חלוקה לפי סוג סכנה עיקרי	סוג הסכנה	התחלה frame	סוף frame	סביבת הנהיגה
1	2	4	surrounding	field of view	15	180	residential
	2	7	surrounding	field of view	307	446	residential
	2	8	road users	pedestrian	357	480	residential
	2	10	roadway hazards	intersection	491	620	residential
2	3	11	road users	pedestrian	15	114	residential
	3	13	road users	pedestrian	250	501	residential
	3	14	surrounding	field of view	600	733	residential
3	4	15	surrounding	field of view	15	90	residential
	4	17	road users	vehicle behavior	133	298	residential
	4	18	road users	vehicle behavior	392	500	residential
	4	19	roadway hazards	intersection	555	650	residential
4	5	20	surrounding	field of view	15	516	residential
	5	21.1	roadway hazards	intersection	150	220	residential
	5	21.2	roadway hazards	intersection	220	316	residential
	5	22	road users	vehicle behavior	450	535	residential
	5	23	surrounding	field of view	506	580	residential
5	6	26	surrounding	field of view	442	704	inter-city
	6	27	road users	vehicle behavior	808	950	inter-city
	6	28	roadway hazards	intersection	975	1037	inter-city
6	7	29	road users	driver's behavior	15	756	urban
	7	30	road users	pedestrian	315	400	urban
7	8	32	surrounding	field of view	15	129	urban
	8	33	road users	driver's behavior	370	420	urban
	8	34.1	roadway hazards	crosswalk	405	500	urban
	8	34.2	road users	pedestrian	500	600	urban
	8	35	roadway hazards	intersection	669	949	urban
8	9	36	road users	driver's behavior	15	740	urban
	9	37	roadway hazards	intersection	92	270	urban
	9	38	road users	vehicle behavior	357	456	urban
	9	39	roadway hazards	crosswalk	431	584	urban
9	10	40	roadway hazards	intersection	438	702	inter-city
10	12	41	road users	vehicle behavior	75	371	residential
	12	42	road users	pedestrian	304	459	residential
	12	43	road users	vehicle behavior	351	564	residential
	12	44	road users	pedestrian	575	781	residential
	12	45	surrounding	field of view	710	872	residential

	13	46	roadway hazards	intersection	120	248	urban
11	13	47	roadway hazards	intersection	270	400	urban
	13	48	roadway hazards	intersection	440	604	urban
12	14	49	surrounding	field of view	15	630	residential
	14	50	surrounding	field of view	30	270	residential
	14	51	roadway hazards	intersection	500	658	residential
	14	52	road users	pedestrian	520	630	residential
13	15	53	road users	pedestrian	198	235	inter-city
	15	54	roadway hazards	intersection	125	309	inter-city
	15	55	road users	pedestrian	331	455	inter-city
	15	56	roadway hazards	intersection	438	775	inter-city
14	16	57	surrounding	field of view	15	623	residential
	16	58	roadway hazards	intersection	334	410	residential
	16	59	surrounding	field of view	453	623	residential
15	17	60	road users	pedestrian	15	113	residential
	17	61	roadway hazards	traffic circle	112	240	residential
	17	62	road users	pedestrian	399	501	residential
16	18	63	roadway hazards	traffic circle	15	144	residential
	18	64	roadway hazards	traffic circle	193	361	residential
	18	65	surrounding	field of view	382	534	residential
	18	66	road users	pedestrian	504	597	residential
17	19	67	road users	vehicle behavior	137	391	inter-city
18	20	68	roadway hazards	traffic circle	152	276	urban
	20	69	surrounding	field of view	381	568	urban
19	21	70	surrounding	field of view	15	112	residential
	21	71	roadway hazards	traffic circle	155	303	residential
	21	72	road users	vehicle behavior	323	425	residential
20	22	73	road users	driver's behavior	180	267	inter-city
	22	74	roadway hazards	intersection	348	511	inter-city
21	23	76	surrounding	field of view	178	334	residential
	23	77	roadway hazards	crosswalk	312	490	residential
	23	78	surrounding	field of view	403	589	residential
	23	79	road users	pedestrian	498	661	residential

חלק 2 – מטלת סיווג סרטוני נהיגה CLASSIFICATION

לאחר המרכיב הפעיל (active) במבחן הHPT, ביצעו הנבדקים את מטלת סיווג הסכנות. המשתתפים צפו בת קבוצה של שמונה סרטונים בפעם השנייה (הפעם הראשונה בה צפו בסרטונים אלה היה חלק הקודם), הם נדרשו

לסווג תמונה מייצגת מכל אחד מהסרטונים למספר שרירותי של קבוצות לפי הדמיון בין המצבים המסוכנים (ראה Borowsky et al., 2009 לתאור מפורט של מתודולוגית הסיווג) ולתת לכל קבוצה שם מייצג. שיערנו כי אימון טוב יותר יביא לכך שהנדקים הצעירים שעברו אימון יסווגו באופן דומה יותר לנהגים המנוסים. כלומר, על פי דמיון בין סביבת הנהיגה פחות מאשר דמיון בין גורמי הסכנה. התמונות המייצגות מופיעות באיור 10.

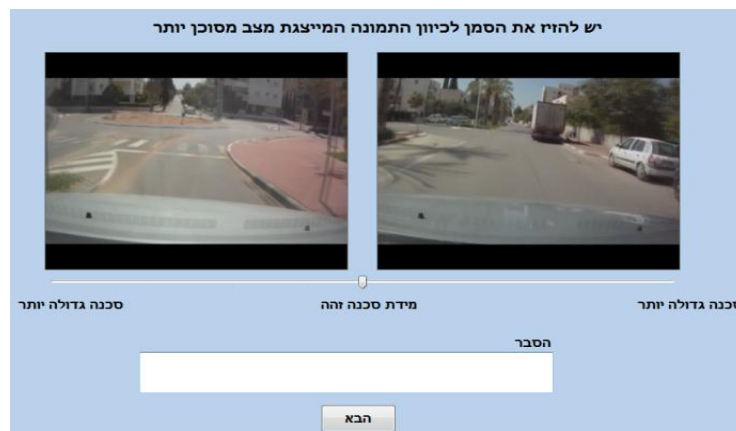
	
M1N. כביש שכונתי, אין בתמונה סכנות דינמיות.	M2N. כביש שכונתי, הולך רגל מרחוק בצד שמאל (סכנה פוטנציאלית).
	
M3. רוכב רולר מתפרץ לכביש שכונתי.	M4. רכב מוביל בולם בפתאומיות בשל רכב שלישי המתפרץ לכביש מימין בכביש שכונתי.
	
M8N. הולך רגל חוצה במעבר חציה בכביש עירוני.	M6. רכב מוביל בולם בפתאומיות בכביש עירוני.
	
M7. הולך רגל הולך בשולי אי-ההפרדה בכביש עירוני.	M10N. נהיגה בצד שמאל של כביש עירוני כאשר אין תנועה נוספת.

איור 10. תמונות מייצגות משמונה סרטוני הנהיגה ששימשו למטלת הסיווג במבחן הממוחשב

חלק 3 – מטלת דירוג RATING TASK

במטלה זו הנבדקים הונחו להשוות בין שישה זוגות של תמונות שנלקחו ממאגר סרטוני המבחן שבו צפו לפני כן בחלק הראשון. בכל השוואה הוצגו שתי תמונות עם סקאלת מסוכנות. הסקאלה נעה מ"סכנה גדולה יותר" בכל צד של הסקאלה (מתחת לכל תמונה) ובאמצע הסקאלה הייתה אפשרות להגדיר אותה כשווה כמתואר באיור 11. הסמן הוגדר כברירת מחדל במרכז כל השוואה, והמשתתף הונחה להזיז את הסמן ולהציבו לפי תחושתו מהי הסכנה

הגדולה יותר מבין השתיים. התמונות נבחרו לפי שילוב של גורמי סכנה, ושל תנאי דרך וסביבות שונות כפי שניתן לראות בטבלה מספר 2 ובאיור 11. זוגות ההשוואה הוצגו לכל משתתף בסדר שונה (semi random) - ובסה"כ היו שבע תצורות שונות של סדר של התמונות. עם סיום הדרוג התבקשו הנבדקים להסביר את אופן הסימון באופן מילולי.



איור 11. דוגמא למטלת הסיווג – בתמונה מופיעה השוואה 5



איור 12. מטלת הדירוג. מלמעלה למטה ומימין לשמאל השוואות 1-6.

טבלה 2. שש משימות ההשוואה – תאור האירועים ביניהם נערכה ההשוואה וסוג הסכנה

השוואה	ארוע (כמתואר בטבלה 1)	תאור
1	2	רכב משתלב מימין ומשאית בנתיב השמאלי חוסמת את שדה הראיה
	3	רכבים משתלבים מימין בכביש בין עירוני
2	57	שדה ראיה מוגבל בשל עיקול
	50	שדה ראיה מוגבל בשל רכבים חונים לפנים
3	34.1	מכוניות שעצרו בנתיב השמאלי חוסמות את שדה הראיה להבחין בתחילתו של מעבר חצייה בכביש ארבע נתיבי דו מסלולי עירוני
	34.2	ארוע מתמשך של רכבים נוסעים בנתיב השמאלי בכביש ארבע נתיבי דו מסלולי עירוני
4	19	כניסה לצומת T
	31	רוכב רולר מתפרץ לכביש לתוך נתיב הנסיעה ממש לפני רכב הנהג
5	69	משאית חונה חוסמת חלק משדה הראיה קרוב לצומת
	64	כניסה לכיכר פתוח ללא תנועה
6	3	כביש שכונתי צר ורכבים חונים מימין
	69	משאית חונה חוסמת חלק משדה הראיה קרוב לצומת

3.3 מבחן נהיגה בסימולטור נהיגה

חשיבות מבחן הסימולטור

סימולטור הנהיגה מאפשר לנו לבדוק האם מודעות מוגברת לסכנות מוחשיות ופוטנציאליות (גם חבויות וגם נראות לעין) קורות ואם כך, איך זה בא לידי ביטוי בהתנהגות של הנהג. הספרות המקצועית נותנת ראיות לכך שהעובדה שנהגים צעירים-חסרי נסיון פחות מודעים לסכנות פוטנציאליות (e.g., Crundall et al., 2010) יהיו בעלי נטייה לנהוג יותר מהר ליד סכנה פוטנציאלית, ויהיו פחות מוכנים לסכנה ההופכת לממשית. במידה והשפעת האימון תהיה חיובית, אנו מצפים כי המשתתפים שאומנו להיות יותר מודעים לסכנות פוטנציאליות ומוכנים יותר להתממשותן. מבחן הסימולטור דרש הכנה של תרחישי אימון ושיטות מדידה. על מנת לחקור האם האימון יכול להגדיל את המודעות לסכנות פוטנציאליות ולסכנות מוחשיות (חבויות ונראות לעין כאחד) עבור נהגים צעירים-חסרי נסיון היה צורך לפתח תרחישים העוסקים בתפיסת סכנות, המכילים גם סכנות פוטנציאליות וגם סכנות מוחשיות. בנוסף, מטרה נוספת של המחקר הייתה לפתח שיטות מדידה חדשות פיתוח מודעות לסכנות ויכולות שליטה במהירות הנהיגה בסימולטור נהיגה. שיטות ניתוח אלו יוכלו לעזור לנו בעתיד לפתח מבחני הערכה לתכניות אימון עבור נהגים חדשים- חסרי נסיון.

פיתוח תרחישי הנהיגה

תכנון המחקר הנוכחי ופיתוחו נשען על שלושה ניסויים קודמים בסימולטור הנהיגה. שני הניסויים הראשונים שמשו בעיקר לצורך פיתוח תרחישים של מודעות לסכנות ובחינה האם התרחישים הללו מספיק רגישים כדי להפריד במיומנות תפיסת הסכנות בין נהגים מנוסים לבין נהגים צעירים חסרי נסיון. הניסויים הללו מופיעים בפירוט ב Yona, Borowsky, Oron-Gilad and Parmet (submitted). הניסוי השלישי היה ניסוי בקנה מידה קטן יותר שבדק שינויים מזעריים נוספים בתרחישים ועסק בעיקר במתודולוגיית ניתוח הנתונים. ניסוי זה מופיע בתור ניסוי מספר 2 ב Yona, Borowsky, Oron-Gilad and Parmet (2012).

תרחישים סופיים למבחן הנהיגה בסימולטור

מטלת הנהיגה בסימולטור מורכבת מ-14 תרחישים שאוחדו יחד לנהיגה אחת רציפה (על ידי חיבור של מספר תרחישים שהוגדרו מראש באמצעות קבצי PDE¹). התרחישים מתרחשים בשתי סביבות עירוניות : שכונתית (כבישים צרים באזורים צפופי אוכלוסין) ועירוני אורבני (דו נתיבי, פחות צפוף, ויותר כבישים מרכזיים). סה"כ היו שמונה תרחישים אורבניים ושישה שכונתיים. לא היו תמרורי מהירות במטלה. אורך כל תרחיש היה לכל היותר 1220 מטר.

תרחישים שכונתיים – המטרה בתרחישים אלו הייתה לבדוק את ביצועי הנהג בסביבה צפופה אוכלוסין בעלת כבישים צרים חד סטריים (בעלי רוחב נתיב של כ-3.65 מטר) כאשר ישנה נוכחות מוגברת של הולכי רגל, ומכוניות החונות בצד הכביש החוסמות את שדה הראייה של הנהג ואת מרחב התמרון. ששת התרחישים מתוארים בהרחבה ותמונות מייצגות מהתרחישים השונים מוצגות במוצג מספר 13. תרחישים 1 ו 2 כללו הולכי רגל אשר הוסתרו על ידי מכוניות חונות. בערך באותה נקודת זמן, הם מתפרצים לכביש (סכנה מוחשית). תרחישים 1 ו 2 שונים זה מזה מבחינת הזמנים בהם הופיעו הולכי הרגל ובמיקומם (הם הופיעו מהצדדים הנגדיים של הכביש) על מנת למזער את הציפייה של המשתתפים בנוגע למיקום הסכנה. תרחישים 3 ו 4 הראו מכוניות חונות על כל אחד משני צידי הכביש, אך לא בשני צידי הכביש באותו זמן. המטרה כאן הייתה לבחון את השינוי במיקום בנתיב, כתוצאה מהרכבים החונים. בתרחיש 3 מכונית חונה יוצאת בפתאומיות אל עבר נתיב הנהיגה של המשתתף מהצד השמאלי (סכנה מתממשת). בתרחישים 5 ו 6 המשתתף מתקרב אל מעבר חצייה. בתרחיש מספר 5 מעבר החצייה גלוי לנהג, ואילו ב-6 מכוניות חונות מסתירות אותו באופן חלקי. בסוף תרחיש מספר 6 יש סכנה מתממשת נוספת כשעוד מכונית חונה יוצאת בפתאומיות לתוך נתיב הנסיעה של המשתתף מצד שמאל.



איור 13. תמונות לדוגמא מתרחישי הנהיגה השכונתיים. למעלה מימין: רכב חונה יוצא בפתאומיות לנתיב הנסיעה (תרחיש 3) למעלה משמאל: הולכי רגל מתפרצים לכביש. בשני התרחישים ההדגשות הן להמחשה בלבד. בתמונות למטה: תרחישים 5 ו 6 בהם מעבר חצייה גלוי ומוסתר על ידי רכבים חונים.

¹ פורמט קובץ ייחודי לממשק סימולטור STISIM. קובץ זה מכיל בתוכו את הכלל האלמנטים הסטטיים והדינאמיים של התרחיש ונרשם כך שהמרחק של האלמנטים מייצג את המרחק שלהם מרגע טעינת הקובץ הספציפי הזה. כך ניתן לייצר נהיגת ניסוי המורכבת מרצף של תרחישים ובכל זאת לחשב נתונים כגון מרחק ומהירות לכל אחד מהתרחישים בנפרד.

אזורים עירוניים – המטרה כאן הייתה לבחון את ביצועי המשתתפים בסביבה פחות צפופה עם נתיב אחד או שניים לכל כיוון, ועם יותר גורמי תנועה פוטנציאליים (כלומר, מגוון מצבים של כלי רכב אחרים), הנעים במהירות גבוהה יותר מאשר בסביבה שכונתית. תמונות מתרחשים אלו מופיעות באיור 14. בתרחשים 7 ו 8 היה עיקול חד בכביש. בתרחיש מספר 7 מכוניות עוצרות מוקמו לאחר שיא הסיבוב כך שנחסמו משדה הראייה של המשתתף עד שהוא/ היא עברו את השיא (לא היה ניתן לראות את המתרחש בסוף העיקול עקב הצמחייה). בתרחיש מספר 8 לא היו מכוניות עוצרות או חונות לאחר העיקול. בתרחיש מספר 9 המשתתף נוסע על פני ארבעה צמתים ללא בקרה, כאשר רק באחרון ישנם כלי רכב חוצים. בתרחיש מספר 10 היו שני כלי רכב גדולים אשר חסמו את שדה הראייה של המשתתף. בתרחיש מספר 11 המשתתף נוהג בנתיב הימני כאשר מכונית בנתיב השמאלי עוצרת לפני מעבר חצייה. כאשר המשתתף מגיע אל מעבר החצייה הולך רגל מתחיל לחצות, ומוסתר על ידי הרכב בצד שמאל. בתרחשים 12 ו 13 המשתתף נוהג מאחורי אוטובוס. האוטובוס עוצר בתחנה. בתרחיש מספר 12 הולך רגל מצדו השני של הכביש (מול התחנה) חוצה בריצה אל עבר התחנה. תרחיש זה בדק את זיהוי הסכנות הפוטנציאליות ואת היכולת להתמודד עם חילוק ומיקוד (Divided and focused attention events) תשומת לב לסכנות (מונה שהוטבע על ידי Crundall et al. (2010) עבור מצבים בהם ישנן יותר מסכנה פוטנציאלית אחת לנטר באותו הזמן). בתרחיש מספר 14 המשתתף נוהג בכביש דו נתיבי לכל כיוון. הולכת רגל בצד ימין נכנסת לרכבה בצד ימין החונה כמה מטרים מלפניו, ויוצאת במהירות מהחנייה אל עבר נתיב הנהיגה של המשתתף. גם תרחיש זה הוא תרחיש DF בדומה לתרחיש 12.



איור 14. תמונות לדוגמא מתרחשי הנהיגה העירוניים. למעלה מימין: עיקול בכביש (תרחיש 8) הריבוע משמש להמחשה להציג מיקום של רכב המוסתר על ידי העיקול, למעלה משמאל: צומת עם תנועה חולפת (תרחיש 9), אמצע מימין: רכב גדול חוסם את שדה הראייה לצומת (תרחיש 10), אמצע משמאל: רכב רחב עוצר משמאל ומסתיר חלקית מעבר חציה בו חוצה הולך רגל מהצד המוסתר (תרחיש 11), למטה מימין: אוטובוס עוצר בתחנה והולכת רגל חוצה לקראתו (תרחיש 12), למטה משמאל: נהגת עומדת להכנס לרכבה החונה מימין ובמקביל רכב חונה מתפרץ לנתיב הנסיעה. כל הסימונים בתרחשים לשם המחשה ולא הופיעו בתרחשי הנהיגה בסימולטור.

יצירת התרחישים השונים (הנהיגה) - על מנת ליצור אקראיות בין 14 תרחישי הנהיגה עבור כל נהג, היה צורך בלחבר את התרחישים לתוך מטלת נהיגה רציפה אחת, בתצורות שונות. על מנת לייצר המשכיות כל תרחיש התחיל והסתיים בקטע מעבר. זאת דרך אפקטיבית לחבר את התרחישים לנהיגה רציפה, אך יצרה כמה בעיות. למשל, מכיוון שהמשתתפים יכולים להסיק כי אלו קטעי מעבר ופחות חשובים הם יאיצו ויגבירו מהירויות על מנת להמשיך לתרחיש הבא. תבנית התנהגות זאת עלולה להשפיע על תוצאות הניסוי. על מנת להפחית את הבלטות קטעי המעבר, אלמנטים סטטיים ודינאמים הוספו בקטעים אלו. בנוסף, אחת הבעיות שנוצרת על ידי הוספת אלמנטים בתחילת תרחיש קשורה ליכולות הגרפיקה של הסימולטור. כלומר, כשהתוכנה בונה את התרחיש, אלמנטים בקובץ שנמצאים קרוב להתחלת התרחיש מופיעים בצורה מהירה בדקה האחרונה, מה שיוצר מצב לא אמיתי. על מנת למנוע מקרים אלו, אלמנטים מההתחלה של כל תרחיש מוקמו בסוף התרחיש הקודם. לדוגמה: במקום למקם בית 100 מטר לפני תרחיש 2, מיקמנו אותו בתרחיש 1 במרחק 1319 מטר (אורכו של תרחיש 1 הוא 1219 מטר – כלומר הבית נראה מרחוק). מניפולציה זאת יצרה את התחושה שמדובר בנהיגה רציפה בסביבה משתנה. יתרה מזאת, הוחלט לא לאחד תרחישים אורבניים ושכונתיים, אלא להפריד אותם. כך, המשתתפים יכולים לנהוג במסלול אקראי שמתחיל בתרחישים אורבניים ונגמר בשכונתיים או להפך. על מנת לחבר את סביבות הנהיגה (מאורבני לשכונתי ולהפך) השתמשנו בשני תרחישי מיזוג. בסה"כ מסלול הנהיגה היה 18 ק"מ באורכו, וארך כ-20 דקות, בהתאם למהירות הנהיגה של המשתתף.

תרחיש אימון – תרחיש אקלום נפרד באורך כ-5 דקות, שמטרתו לתת למשתתפים להסתגל ולהתאים עצמם לנהיגה בכלי הרכב בסימולטור (השליטה ברכב והתצוגה). התרחיש מורכב מנהיגה גם באזור אורבני וגם באזור שכונתי ללא כל סכנות מתמשות. הנבדקים יכלו לחזור על תרחיש האימון במידה וחשו צורך בכך.

תיכון הניסוי למבחן הסימולטור (EXPERIMENTAL DESIGN)

המחקר השתמש בתיכון משולב (mixed design). המשתנה הבלתי תלוי הבין-נבדקי היה סוג הנהג (אימון, בקורת או נהג מנוסה). המשתנה הבלתי תלוי התוך נבדקי היה סביבת הנהיגה (שכונתי/עירוני) וסדר המבחנים (קודם מבחן ממוחשב או קודם מבחן סימולטור). המשתנים התלויים היו מהירות הנסיעה (בקמ"ש), מיקום בנתיב (ס"מ). המשתנים התלויים נדגמו על ידי הסימולטור כל 3 מטרים באופן רציף לכל אורך הנהיגה.

פרק רביעי – שיטת המחקר

4.1 נבדקים

המשתתפים בניסוי הסופי היו 39 נהגים צעירים- חסרי נסיון (בני 17-18) עם פחות מ-3 חודשי נסיון בנהיגה במוצא, כך שהם עדיין בתקופת ליווי החובה. תלמידי תיכון נבחרו באופן אקראי מהעיר באר שבע היכן שהמעבדות ממוקמות. כל משתתף נדרש למלא שאלון דמוגרפי עם מידע סוציו אקונומי (כגון, האם יש לו רכב, האם יש להוריו רכב, מקום עבודתם של הוריו וכו'. לאחר מכן, המשתתפים חולקו באופן שווה לכל תכנית אימונים לפי מידע זה, ולפי ניקוד בשאלון חיפוש ריגושים (Zukerman SSS, 1990). בנוסף לכך, 33 נהגים מנוסים (24 גברים ו-9 נשים) עם למעלה מ-8 שנות נסיון נהיגה שימשו כקבוצת בקרה נוספת או כרף הערכה (gold standard) עבור הניתוח הסטטיסטי של הבחינה הממוחשבת. שישה נהגים מנוסים נוספים ביצעו את מבחן הסימולטור.

4.2 מכשור

4.2.1 סביבת האימון והמבחן הממוחשב

מסך LCD בגודל 19" עם רזולוציית 1024X768 פיקסלים, המחובר ל-Pentium 4 PC שימש להוראת המשתתפים במתודולוגיות האימון השונות. המשתתפים ישבו במרחק של כ-70 סנטימטרים מהמסך, שאיפשר להם שדה ראייה של 22 מעלות אנכית ו-26 מעלות אופקית. בנוסף מחשב Pentium 4 PC שימש בתור המחשב של המפעיל שבו תנועות העיניים הוקלטו והתוכנה למעקב אחר תנועות העיניים הופעלה.

4.2.2 מערכת עקיבה אחר תנועות עיניים

תבנית תנועות העיניים הוקלטה עם מערכת מעקב לתנועות עיניים (ETS) (Applied System Laboratories, Model 504), הדוגמת את המבט החזותי בתדירות של 60Hz, עם דיוק נומינלי של מעלה אחת. הETS הוא מערכת עקיבה המבוססת על מצלמה הנמצאת על גבי מסך המחשב, עם חיישן מגנטי וחשיבותה בכך שהמשתתפים יכולים להניע את ראשם בחופשיות.

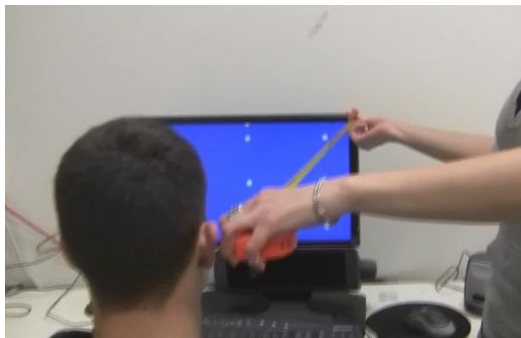
4.2.3 סימולטור נהיגה

סימולטור הנהיגה STI-SIM (Systems Technology, Inc.) שולב לתוך מרכב של Cadillac CTS sedan נותן למשתתף את המראה וההרגשה של נהיגה במכונית אמיתית. התצוגה הויזואלית של הכביש הוקרנה על מסך גלילי (בקוטר 7 מטרים) במרחק 3 מטרים מעיני המשתתף, המאפשרת למשתתף תצוגה אמיתית של ~150 מעלות על קנה מידה של 1:0.8. מפעיל הניסוי ישב בחדר נפרד שבו מסכי מחשב שאפשרו לו לנטר את המשתתף ואת הסביבה.

4.3 תהליך

כל נהג צעיר- חסר נסיון הוזמן למעבדת מעקב תנועות העיניים באוניברסיטת בן גוריון על מנת להשתתף בשני מפגשים אחד אחר השני במשך שני שבועות עוקבים: במפגש הראשון - אימון בתפיסת סכנות, במפגש השני - מבחן תפיסת סכנות ממוחשב ומבחן תפיסת סכנות בסימולטור נהיגה. מפגשי הבחינה אוזנו כך ש-50% מהמשתתפים ביצעו קודם את המבחן הממוחשב ו-50% ביצעו קודם את מבחן סימולטור הנהיגה. במפגש האימון, כל משתתף חולק לאחת מבין 4 תנאי הניסוי: שלוש קבוצות אימון וקבוצת ביקורת אחת. אימון I-RAPT, אימון AAHPT אקטיבי, אימון AAHPT משולב, וקבוצת ביקורת שעברה אימון על נושאים שאינם קשורים לתפיסת סכנות מתוך אתר הכנה לבחינת התיאוריה בנהיגה. החלוקה לקבוצות התבצעה על בסיס המגדר, משתנים דמוגרפיים כמו שעות נהיגה, ושאלון חיפוש ריגושים (Zukerman SSS, 1990) וזאת כדי ליצור קבוצות הומוגניות בכל אחד מתנאי הניסוי. לאחר ביצוע האימון המשתתף תודרך ונקבע לו מועד למפגש נוסף.

במפגש השני המשתתפים שהתחילו את שלב המבחן במבחן הממוחשב חוברו למערכת מעקב לתנועות העיניים (כפי שניתן לראות באיור 15 למטה מימין), ואז הונחו לצפות ב21 סרטוני הנהיגה וללחוץ על לחצן בכל פעם שהם זיהו סכנה (כפי שניתן לראות באיור 15 למעלה מימין). לאחר מכן המשתתפים צפו ב8 סרטוני תפיסת סכנות נוספים ונדרשו למיין אותם לקבוצות לפי דמיון בין המצבים המסוכנים השונים. בשלב השלישי והאחרון של המבחן הממוחשב המשתתפים נדרשו להשוות בין 6 זוגות של תמונות ולהציב את הסמן במקום המתאים בעיניהם על סקאלת סיכון (מטלת הדירוג). משם הופנו לבחינה בסימולטור. במפגש השני במטלת הנהיגה בסימולטור, המשתתפים עברו קודם כל שלב של אקלום לסימולטור ולאחר הפסקה קצרה החלו בנסיעת המבחן (כמתואר באיור 15 למטה משמאל) משם המשיכו למבחן הממוחשב במידת הצורך. בסיום שני המבחנים תושאלו הנבדקים על הרגשתם וניתן מענה לשאלותיהם. הם קיבלו פיצוי כספי בגין השתתפותם ושוחררו לשלום.



איור 15. מהלך הניסוי. מילוי שאלונים (למעלה מימין), כיוול מערכת תנועות העיניים למבחן הממוחשב (למעלה משמאל), מבחן ממוחשב (למטה מימין), ונהיגה בסימולטור (למטה משמאל).

פרק חמישי - תוצאות

פרק התוצאות מתאר ראשית את עיקרי הנתונים הדמוגרפיים ולאחר מכן את תוצאות המבחן הפנימי של אימון ה-I-RAPT עבור קבוצת הנבדקים שעברה אימון זה. תוצאות המבחן הממוחשב על כל מרכיביו ולאחר מכן תוצאות מבחן הסימולטור מובאות בהמשך הפרק.

5.1 נתונים דמוגרפיים

כל 39 הנבדקים שנכללו בניתוח התוצאות השלימו את כל מרכיבי הניסוי והיה עבורם סט נתונים מלא. נתוני השאלון הדמוגרפי סיפקו רקע כללי על הנבדקים, מין, גיל מדויק בחודשים, זמן מאז קבלת הרשיון (כל הנבדקים היו בתקופת הליווי כלומר פחות משלושה חודשים), מספר קילומטרים שנסעו עד כה (הערכה) ומספר שעות נהיגה שבועיות. לכולם 11-12 שנות לימוד (תלוי אם הם בכיתה יא או יב). הגיל הממוצע היה 17.40 שנים, בממוצע היו לנבדקים שני חודשי נסיון בנהיגה. בממוצע דיווחו שנהגו כ 4 שעות בכל שבוע. **לא נמצאו הבדלים בין הקבוצות בניתוח סטטיסטי של הנתונים.** טבלה 3 מציגה את המשתנים הדמוגרפיים כפונ' של כל קבוצת אימון.

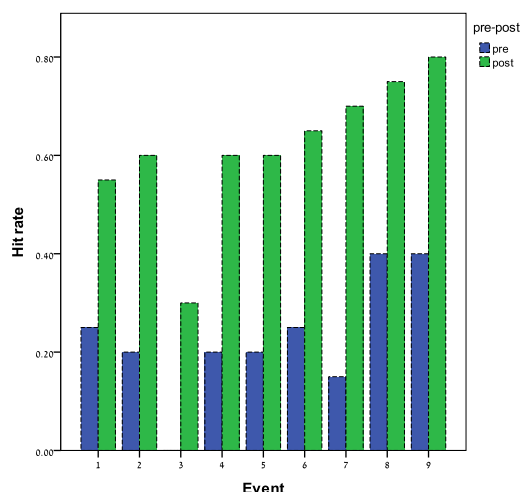
טבלה 3. נתונים דמוגרפיים ונתוני SSS עבור הנהגים הצעירים חסרי הנסיון לפי קבוצת אימון.

קבוצה	מספר הנבדקים גברים ונשים	גיל (ס.ת.)	נסיון נהיגה בחודשים (ס.ת.)	חשיפה (שעות בשבוע) (ס.ת.)	SSS*
Active	9 (M-5,F-4)	17.37 (.46)	1.79 (1.81)	4.6 (2.6)	21.6 (4.3)
I-RAPT	10 (M-5,F-5)	17.49 (.45)	1.78 (1.26)	2.9 (2.4)	19.8 (2.9)
Hybrid	11(M-7,F-4)	17.41 (.63)	2.15 (1.35)	4.7 (2.0)	19.7 (6.3)
Control	9 (M-5,F-4)	17.27 (.36)	2.93 (1.93)	4.4 (2.5)	20.1 (4.3)

* מבחן צוקרמן לחיפוש ריגושים - סקלה בין 1-40

5.2 מבחן מקדים ומאוחר ב I-RAPT

בתכנית האימון של ה-RAPT הנבדקים מבצעים מבחן מקדים לפני האימון על זיהוי אזורי עניין ומבחן מסכם לאחר האימון. הנבדקים נדרשים לסמן את כל אזורי העניין (בטווח של גבולות גיזרה מוגדרים מראש בציר X ו Y) ביחס למידע המוצג בתרחיש. המשתנה התלוי שהוגדר היה ציון המתפלג בינארי לוגיסטי. ציון של 0 ניתן כאשר לא סומן אזור עניין וציון של 1 ניתן כשאזור העניין סומן כנדרש. הניתוח נעשה באמצעות generalized estimation equations (GEE) framework כאשר האפקטים הקבועים היו הציון במבחן המקדים והמאוחר (2) וסוג התרחיש (9) ומשתנה רנדומי שבא לתת מענה להבדלים בין אישיים בשל תצפיות חוזרות של הנבדקים (כל נבדק עבר את כל 9 התרחישים). שני האפקטים העיקריים של מניפולציית המבחן (לפני ואחרי), $(1)=81.9$ Wald Chi-Square) ושל סוג התרחיש $(1)=87.0$, $p<.0001$ Wald Chi-Square) היו מובהקים. כמתואר באיור 16, אחוזי ההצלחה של הנבדקים בזיהוי אזורי עניין עלו באופן מובהק לאחר האימון עבור כל התרחישים.



איור 16. אחוזי ההצלחה במבחן הפנימי המקדים והמאוחר ב I-RAPT לפי תרחישים [9-1].

5.3 מבחן ממוחשב

5.3.1 מבחן ממוחשב חלק 1 – צפיה אקטיבית

כדי לבחון את ההשערות שנעשו בהקשר לזיהוי סכנות בזמן אמת (במהלך צפיה אקטיבית בסרטוני הנהיגה) הוגדרו שלושה מדדים: רגישות התגובה (response sensitivity RS), זמן התגובה (response time RT) ודפוס סריקת עיניים. התאורים המילוליים בהם השתמשו הנבדקים כדי לתאר את הסיבה ללחיצה שלהם על כפתור הסכנה שימשו כדי לזהות מצבים בהם קשה היה לשייך תגובה לארוע זה או אחר - כמו במקרים של תגובה מאוחרת מדי, לאחר שהארוע כבר הסתיים).

רגישות תגובה

כדי לבחון את רגישות התגובה היה צורך להגדיר ארועים. ארועים לא הוגדרו מראש, אלא נבעו מתוך הנתונים, ובאופן סובייקטיבי על פי תגובות הנבדקים. תחילת ארוע הוגדרה כזמן המינימלי הנדרש לתגובה מהרגע שהארוע הופיע (או רמז לגביו הופיע בתרחיש הנהיגה). סיום ארוע הוגדר כזמן המירבי לתגובה (עד לרגע בו הארוע כבר חלף). משך הארוע נקבע כזמן בין תחילתו המוקדמת ביותר לסיומו המאוחר ביותר. ארוע התייחס לכל הנבדקים אשר הגיבו לאותו מקור סכנה באותו הזמן (וניתן היה גם לבחון שאכן הנבדקים הסתכלו לאותו אזור עניין במערכת תנועות העיניים) והשתמשו פחות או יותר באותו ההסבר כדי לתאר את הארוע. לכל ארוע ניתן שם על בסיס השם אותו נתנו הנבדקים לארוע. בסה"כ הוביל תהליך זה להגדרה של 67 ארועים לכל 21 סרטוני הדרך שהוצגו במבחן. ארועים הוגדרו כארועים מבוססים מנוסים (EBEs) "Experienced-Based Events" אם לפחות 17 נהגים מנוסים (מתוך ה 33 כ 50% מהנהגים המנוסים) לחצו עליהם כעל סכנה. קריטריון זה מאפשר לייצר מערך של ארועים בעלי עניין עבורם קבוצת המנוסים משמשת רף הערכה אליו ניתן להשוות את קבוצות האימון והבקורת. מתוך 55 הארועים הנותרים (NEBEs) "Non-Experienced-Based Events" שזוהו כסכנה על ידי 5 נהגים מנוסים או פחות בחרנו להתמקד ב 19 ה "Young-Novice-Based Events" (YBEs) ארועים שסומנו רק על ידי נהגים צעירים לא מנוסים כסכנה וניתן להתייחס אליהם לפיכך כאל "התראות שווא".

ארועים מבוססי מנוסים (EBE (EXPERIENCED BASED EVENTS

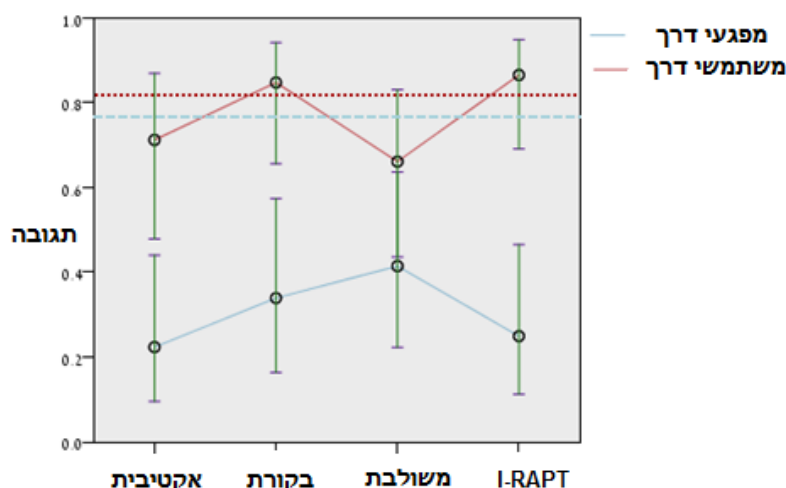
בסך הכל נמצאו 12 ארועים מסוג EBE, כמפורט בטבלה 4.

טבלה 4. ארועים מסוג EBE ומאפייניהם

חלוקה עיקרית לסוג סכנה	גורם הסכנה	סביבה	התחלה frame	סוף frame	סרטון	מספר ארוע
Road users	Vehicle behavior	Residential	75	371	12	41
	Pedestrian	Residential	575	781	12	44
	Vehicle behavior	Inter-city	808	950	6	27
	Pedestrian	Urban	315	400	7	30
	Pedestrian	Residential	250	501	3	13
	Vehicle behavior	Residential	133	298	4	17
	Cued intersection	Residential	15	180	2	4
	Cued intersection	Residential	491	620	2	10
	Cued intersection	Residential	220	316	5	21.2
	Crosswalk	Urban	405	500	8	34.1
	Signalized intersection	Urban	669	949	8	35
	Signalized intersection	Inter-city	438	702	10	40

עבור כל נהג צעיר סומן 0 אם לא הגיב לארוע ו 1 אם כן. ניתוח (GLMM) General Linear Mixed Model עם חותך רנדומלי נעשה לצורך בחינת השפעת תכנית האימון על רגישות התגובה לארועים מסוג EBE. המשתנה התלוי היה קיום תגובה (0 או 1) והמשתנים הבלתי תלויים היו שיטת האימון וביקורת (4) וסוג הסכנה העיקרי (1- משתמשי דרך, 2-סכנות פוטנציאליות הנובעות מסביבת הנהיגה, למשל צמתים, כיכרות, מעברי חציה וכד'). כיון שמדובר בתצפיות חוזרות על אותם נבדקים, משתנה הנבדקים הוכנס כאפקט רנדומלי כדי לקחת בחשבון את השונות המוסברת בין הנבדקים. גם האינטראקציה הוכנסה למודל. הרצת המודל הסטטיסטי הראתה כי קיים הבדל מובהק עבור סוג הסכנה העיקרי ($F(1, 461)=17.33, P<0.001$). הסיכוי של הנבדקים להגיב לסכנות מסוג משתמשי דרך היה קרוב ל 80% ($SE=.07$) 78. ואילו לסכנות פוטנציאליות הנובעות מסביבת הנהיגה היה 30% 30 ($SE=.08$). לא היו הבדלים בין סוגי האימון והביקורת באחוזי התגובה והללו עמדו על כ 60% לכל ארבע הקבוצות.

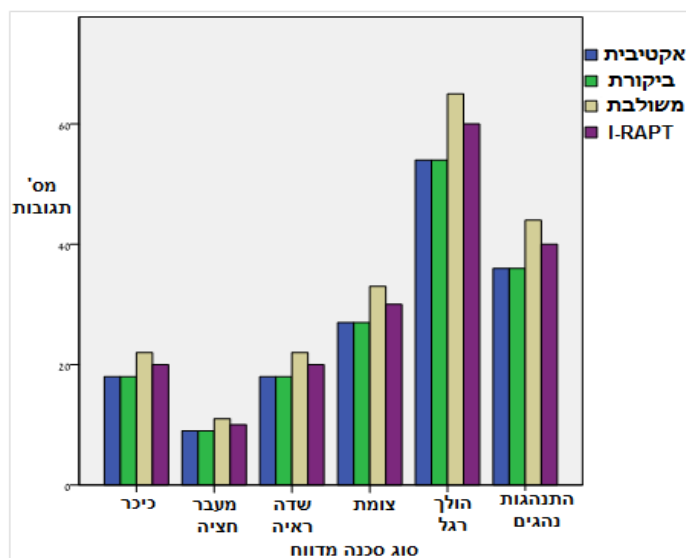
מאיו 17 ניתן לראות בצורה ברורה את ההבדלים בין הנהגים המנוסים לצעירים חסרי הנסיון באופי התגובה ל EBE. אצל נהגים מנוסים לא היה הבדל בהתייחסות לסכנות ממשיות (משתמשי דרך) ולפוטנציאליות וכלל התגובה עמד על 81% ו 78% בהתאמה. כלומר הסיווג העיקרי לסוג סכנה לא רלוונטי לנהגים מנוסים אבל היה מאד רלוונטי לכל הנהגים הצעירים חסרי הנסיון, גם לאלה שעברו אימון. התכנית המשולבת הראתה אמנם לכאורה מעט יותר התייחסות מהאקטיבית וה- I-RAPT לסכנות פוטנציאליות אבל משתתפיה באופן כללי הגיבו יחסית פחות גם לסכנות ממשיות של משתמשי דרך.



איור 17. אחוז התגובה לארועים מסוג משתמשי דרך ולארועים מוטנציאליים הקשורים לסביבת הנהיגה כפונקציה של קבוצות האימון השונות. במקווקו מופיע אחוז התגובה של הנהגים המנוסים לאותם ארועים העומד על כ 80% ללא הבחנה בין סוגם (EBEs).

ארועים מבוססי צעירים חסרי נסיון (YBE) BASED EVENTS (YOUNG)

מטרת ניתוח זה לבחון האם קבוצת אימון וביקורת רגישה יותר מאחרות לסוג סכנה זה או אחר. במידה וכך, יש לבחון שינויים בתכנית האימון כדי להפחית רגישות יתר זו. ניתוח זה התבסס על 8, 11, 18, 21.1, YBE 19, 23, 32, 43, 48, 55, 56, 60, 62, 66, 67, 68, 71, 72, and 77. בהתבסס על תגובות הנבדקים הוגדרו שש קטגוריות של ארועים מבוססי צעירים: כיכר, מעבר חצייה, שדה ראיה מוגבל, צומת, הולכי רגל, והתנהגות של נהגים אחרים. הקטגוריות השכיחות פה היו הולכי רגל והתנהגות של נהגים אחרים (כלומר תחת הסיווג הכולל של משתמשי דרך). כפי שניתן לראות באיור 18, לנהגים צעירים חסרי נסיון ללא קשר לאימון ישנה רגישות יתר כלפי אובייקטים דינמיים בסביבת הנהיגה. כדי להבין האם יש הבדלים ברגישות בין קבוצות האימון וביקורת בוצע ניתוח General Linear Mixed Model (GLMM). המשתנה התלוי היה האם הנבדק הגיב לארוע (0 או 1) והמשתנה הבלתי תלוי היה סוג האימון וביקורת (4). המודל לא היה מובהק ($\chi^2(3)=5.03$, $p=1.7$), כלומר לא היו הבדלים בין ארבע הקבוצות ולא ניתן להצביע על רגישות יתר הנובעת מתכנית אימון זו או אחרת.



איור 18. ארועים מבוססי צעירים חסרי נסיון (ארועים שלא הגיבו אליהם מנוסים) לפי סוג הארוע כפי שצינו אותו הצעירים: כיכר, מעבר חצייה, שדה ראיה מוגבל, צומת, הולכי רגל, והתנהגות של נהגים אחרים.

זמן תגובה

זמן התגובה נותח עבור ארועים מסוג EBE, בהם יש חשיבות לתגובה מהירה. לכל לחיצה של נבדק הוצמד מספר frames בו היא התבצעה. כדי ליצור מבנה אחוד (סטנדרטיזציה) המאפשר להשוות בין זמני לגובה לארועים שונים חושב זמן תגובה מתוקנן כמתואר במשוואה 1. לשם המחשה, נניח שמשך הארוע היה מ 100 frame ועד ל 300 frame, במידה והנבדק הגיב ב 120 frame למשל, יהיה זמן התגובה המתוקנן 10%.

משוואה 1. חישוב זמן תגובה מתוקנן לארועי EBE

$$Standardized_response_time = \frac{Participant's_response_frame - event_start_frame}{Event_end_frame - Events_start_frame} * 100$$

כיון שלא כל הנבדקים הגיבו לכל ארוע היה צריך לבצע ניתוח זמנים המבוסס על שני מקורות, זמן תגובה מתוקנן בפועל (לאלה שהגיבו) וזמן תגובה צנזור (לאלה שלא הגיבו, בהנחה שלו היה להם את כל הזמן שבעולם הם היו מגיבים לארוע אם כי בהתפלגות זמן שונה וארוכה יותר. סוג זה של ניתוח נקרא Survival analysis ויתרונות בכך שהוא לא מתעלם מהנבדקים שלא הגיבו, או נותן להם ערך שרירותי אלא ערך התפלגותי ארוך יותר מאלה שהגיבו. לאחר מכן הותאם לנתונים מודל פרמטרי. מודל המציג כי זמני התגובה מתפלגים וויבול (Weibull distribution) הותאם לנתונים. המודל הפרמטרי הכיל את תנאי הניסוי (סוג אימון ומנוסים\ביקורת) ואת סוג הסכנה העיקרי (1-משתמשי דרך, 2-סכנות פוטנציאליות הנובעות מסביבת הנהיגה, למשל צמתים, כיכרות, מעברי חציה וכד'), את האינטראקציה ביניהם ואת משך הארוע כאפקטים קבועים. גם פה הוכנס משתנה הנבדק כמשתנה רנדומי (בשל תצפיות חוזרות). מהרצת המודל עלה כי ישנם הבדלים מובהקים בין התנאים ($\chi^2_{12.6}=25.78, p<0.016$) וכי האינטראקציה בין תנאי הניסוי לסוג הסכנה העיקרי מובהקת ($\chi^2_1=285.94, p<0.0001$). כמוכן, ככל שמשך הארוע היה גדול יותר כך היה סיכוי טוב יותר לזהות אותו. מטבלה 5 עולה כי ההבדלים בין כל תנאי הניסוי קטנים כאשר סוג הסכנה העיקרי הוא משתמשי דרך. הנהגים המנוסים היו המהירים ביותר וקיבלו את הציון 1 והקבוצה האיטית ביותר להגיב לקריטריון זה היתה הנהגים בקבוצת האימון האקטיבית שהגיבו פי 1.54 יותר לאט. גם האימון המשולב הגיבו לאט יותר מהמנוסים פי 1.46. כך שבאופן כללי ניתן לטעון ששתי קבוצות האימון של ה AAHPT הגיבו לאט יותר לסכנות מסוג משתמשי דרך. עבור סכנות פוטנציאליות מסתמנת תמונה הרבה יותר מגמתית. הנהגים המנוסים הגיבו באופן דומה תמיד ללא קשר לסוג הסכנה (משתמשי דרך או פוטנציאלית) אך אצל הנהגים הצעירים הבלתי מנוסים הקבוצה שעברה את האימון האקטיבי היתה פי 4.42 יותר איטית מהמנוסים. ובכלל, לנהגים צעירים לקח הרבה יותר זמן לזהות סכנות פוטנציאליות ללא קשר לסוג האימון. האימון המשולב היה פי 2.5 יותר איטי מהנהגים המנוסים והפגין בכך עליונות כלפי האימון האקטיבי ואימון ה RAPT.

טבלה 5. סדרי גודל של זמני תגובה ביחס לקבוצת המנוסים לפי סוג הסכנה.

סוג הנהג	אפקט יחסי – משתמשי דרך	אפקט יחסי – מפגעי דרך ותנאי סביבה
Experienced	1.00	1.04
AAHPT Active	1.54	4.42
AAHPT Hybrid	1.46	2.49*
I-RAPT	1.08	3.46
Control	1.03	2.80

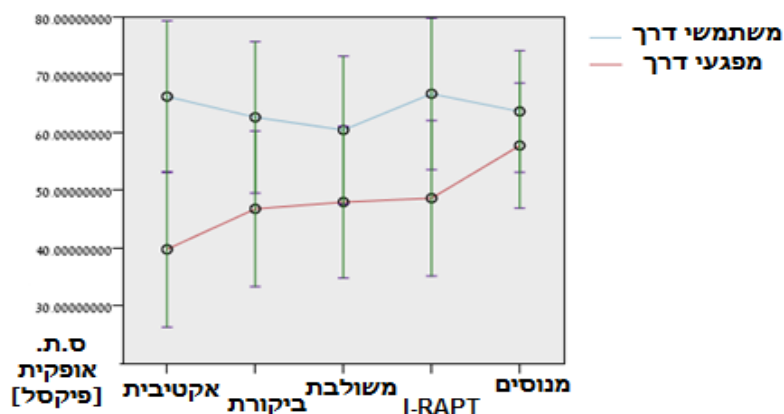
* הערך מייצג מכפלה (כלומר 2.49 פרושו כי זמן התגובה גדול פי 2.49)

דפוסי סריקת עיניים

בזמן הצפייה בסרטוני הנהיגה דפוסי סריקת העיניים שלהם נדגמו באמצעות מערכת תנועות העיניים. תכנה מבוססת MATLAB (Gittelman, 2002) ILAB שימשה לצורך ניתוח תנועות העיניים. תנועות העיניים שימשו לשתי מטרות במחקר זה: (1) כדי לאשש ולבחון האם עבור כל נבדק - הארועים הוגדרו בצורה נכונה לפי קירבה בזמן, תאור מילולי והתמקדות בארוע באמצעות פיקסציות (2) כדי לבחון את דפוסי סריקת תנועות העיניים במדגם של סרטונים במטרה לבחון האם יש הבדלים בין קבוצות האימון וביקורת בדפוסי הסריקה. כיון שלא תמיד איכות הנתונים היתה טובה, נתוני תנועות העיניים מבוססים על 33 מנוסים ועל 37 נהגים צעירים – נאלצנו לוותר על שני נבדקים צעירים (10-Hybrid, 9-I-RAPT, 9-Active, 9-control).

סריקה אופקית

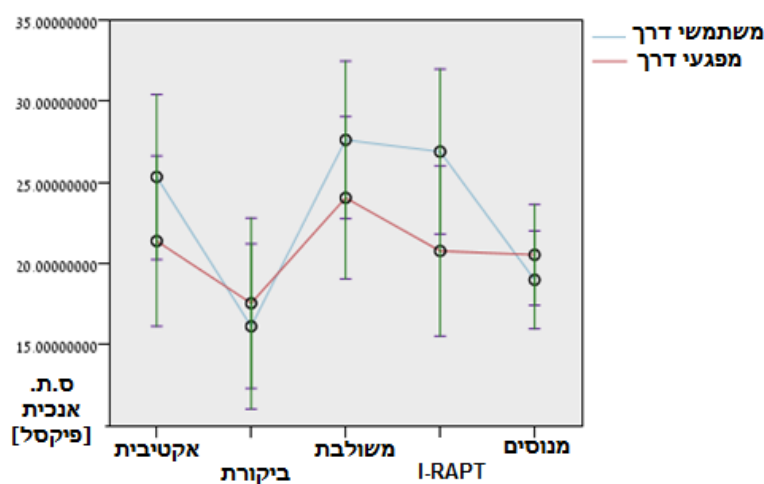
לפי (Underwood 2007), ככל שנהג סוקר את הסביבה יותר בחיפוש אחר סכנות פוטנציאליות הסריקה האופקית שלו גדלה ויש שונות גדולה יותר במיקום האופקי של הפיקסציות. כלומר הסריקה האופקית משקפת גם את סוג הדרך וגם את יעילות דפוס הסריקה. לכל נבדק חושבו נתוני מרכז הכביש בציר ה X חושבו ונתוני סטיית התקן שלו מנקודה זו. ניתוח סטטיסטי בוצע על סטיית התקן מנקודת מרכז ממוצעת זו לכל נבדק. מודל מסוג GLMM נבחר כמתאים לניתוח זה. האפקט העיקרי שנבחנו היו תנאי הניסוי (מנוסים, קבוצות אימון וביקורת) וסוג הסכנה העיקרי (1-משתמשי דרך, 2-סכנות פוטנציאליות הנובעות מסביבת הנהיגה, למשל צמתים, כיכרות, מעברי חציה וכד'). האפקט לסוג הסכנה העיקרי היה מובהק ($F(2,300)=4.7444$, $p<0.029$). סטיות התקן ממרכז הדרך היו גדולות יותר עבור תרחישים עם סכנות פוטנציאליות (פריסה אופקית של 64 פיקסלים) לעומת תרחישים עם משתמשי דרך (פריסה אופקית של 48 פיקסלים) ללא קשר לתנאי הניסוי. תנאי הניסוי לא היה מובהק, האינטראקציה בין תנאי הניסוי לסוג הסכנה העיקרי כן היתה מובהקת ($F(3, 2300)=3.0174$, $p=0.013$) כפי שמתואר באיור 19. בהתבסס על השוואות פוסט-הוק (LSD) לא נמצאו הבדלים בקרב המנוסים בדפוס הסריקה בין שני קריטריוני הסכנה. אצל נהגים צעירים ולא מנוסים נמצאו הבדלים מובהקים בין דפוס הסריקה בין שתי הסביבות אצל המאומנים ב AAHPT האקטיבי וב RAPT. נהגים צעירים שאומנו ב AAHPT אקטיבי ונהגי הביקורת היו שונים במובהק מהמנוסים בסריקה בסכנות פוטנציאליות.



איור 19. סריקה אופקית כפונקציה של סוג הסכנה (משתמשי דרך/מפגעי דרך ותנאי סביבה) וסוג הנהג בפיקסלים ממרכז המסך.

סריקה אנכית

מספר מחקרים הצביעו על כך שגם במישור האנכי קיים אצל נהגים צעירים ולא מנוסים דפוס סריקה צר יותר מזה של נהגים מנוסים (e.g., Chapman & Underwood, 1998; Crundall & Underwood, 1998; Mourant & Rockwell, 1972). באופן דומה לניתוח האפקי, נבחנו הנתונים האנכיים. המשתנה התלוי היה סטיית התקן האנכית מהמרכז הממוצע של הכביש לכל נהג. מודל GLMM הופעל באופן דומה לזה שבסריקה האפקית. המודל הראה כי קיים אפקט עיקרי עבור תנאי הניסוי ($F(4,2300)=5.013, p=0.001$) אך לא עבור סוג הסכנה העיקרי או האינטראקציה ביניהם, כמתואר באיור 20. הפיזור האנכי היה הקטן ביותר ($17, SE=1.9$ פיקסלים) עבור קבוצת הבקורת ולאחריו עבור קבוצת המנוסים ($20, 1.1$). שלוש קבוצות האימון הציגו דפוס סריקה רחב יותר מאשר המנוסים שנע בממוצע סביב פיקסלים 24 ושונות 1.9.



איור 20. סריקה אופקית כפונקציה של סוג הסכנה (משתמשי דרך/מפגעי דרך ותנאי סביבה) וסוג הנהג פיקסלים ממרכז המסך.

בחינה של אזורי עניין REGIONS OF INTEREST

חלק זה דן באותם ארועים בהם הנבדקים כן ממקדים את הראיה בארוע המסוכן אולם לא מציינים אותו כסכנה *'looked but failed to see'* type events. סוג זה של התנהגות אופייני לנהגים צעירים חסרי ניסיון. לצורך בחינה נוספת של דפוסי סריקה ביחד לארוע בודד, הסתכלנו על שני ארועים באופן פרטני. בכל אחד מאותם ארועים הוגדר אזור עניין (מרובע סביב מחולל הארוע, למשל, הולך רגל, מעבר חציה, רמזור וכד'). המרובע כלל כ 60 פיקסלים נוספים מכל כיוון כדי להתגבר על חוסר הדיוק של מערכת העקיבה (מעלה אחת של זווית ראיה). כיון שמדובר בסרטונים והארוע זז בין frame ל frame היה צורך להגדיר מספר אזורי עניין לאורך כל ארוע. הניתוח מתבסס על איסוף כל אזורי העניין לאורך הארוע. במידה והנבדק התמקד ונמדדה לפחות פיקסציה אחת בתוך אזור העניין סומן הדבר כ 1 אחרת כ 0. ניתוח חי בריבוע בוצע כדי לראות את הקשר בין תנאי הניסוי לבין דפוס הארוע.

ארוע 35

בסוף סרטון 8 נוצר מצב בו הרכב ממנו מצולם הסרטון נכנס לצומת כמתואר באיור 21. בארוע זה קיים פער משמעותי בין מספר הנהגים המנוסים שציינו אותו כסכנה (78%) לבין מספר הנהגים הצעירים (23%). לכן היה מעניין לבחון האם הנהגים הצעירים הסתכלו לעבר אזור העניין או שהם כלל לא הסתכלו לעברו. מניתוח תנועות העיניים עולה כי 64% מהנהגים הצעירים התמקדו באזור העניין (ביצעו פיקסציה אחת לפחות) ב 96% מהמנוסים. פער זה מובהק ($\chi^2=24.421, p<0.001$) סטטיסטית.



איור 21. ארוע 35 – דוגמא לארוע מסוג **looked but failed to see**

ארוע 30

זהו ארוע פחות חד משמעי מארוע 35. בארוע זה הולך רגל הולך לאורך תחום ההפרדה בדרך עירונית, כפי שנראה באיור 22. מניתוח רגישות התגובה עלה כי 54% מהנהגים המנוסים הגיבו לארוע וסימנו אותו כסכנה בעוד שרק 35% מהנהגים הצעירים חסרי הנסיון סימנו אותו כך. 79% מהנהגים המנוסים התמקדו באזור העניין בעוד ש64% מהנהגים הצעירים חסרי הנסיון התמקדו באזור העניין. מבחן חי בריבוע הראה כי במקרה זה אין הבדלים מובהקים בין הקבוצות.



איור 22. ארוע 30 – הולך רגל משמאל הולך על שפת אי התנועה.

בהסתכלות כוללת על שני הארועים 35 ו 30 ניתן לראות שקיים תמיד פער בין מה שהנהג רואה לבין מה שהנהג מגיב אליו כסכנה (גם אצל נהגים מנוסים). Huestegge ושותפיו (2010, 2012) הציעו שעיכוב בזמן התגובה לגירוי מושפע מהפרעות (cross-response interference) בין הסקדות² לבין התגובה הידנית (במקרה שלנו לחיצה על כפתור). כפי שנראה גם במחקרים אחרים, כאשר הנהג צופה בסכנה פוטנציאלית הוא אמור להזיז את ההגה רחוק מהסכנה וזה עומד בסתירה לסקדות המתמקדות באזור הסכנה) במחקרים של Mather and Putchat, 1983, Vidoni, McCarley, Edwards, and Boyd, 2009 הועלה שיש מערכת בקרה משותפת למערכת המוטורית

2 סקדות הן תנועות עיניים קופצניות קטנות מהירות מאד למשך זמן קצר. אנו עושים שימוש בסקדות על מנת להזיז את העיניים במהירות מאובייקט אחד לשני.

ולמערכת העקיבה אחרי מטרות נעות. הדוגמאות שהועלו פה באות להעלות את הסוגיה שקיים ידע מועט מאוד על האופן בו התנועה המוטורית ודפוס העקיבה אחר מטרות נעות של נהגים צעירים שונה מזה של נהגים מנוסים ומן הראוי לבחון תופעות אלה ביתר הרחבה במחקרי המשך.

5.3.2. מבחן ממוחשב חלק 2 - סיווגים

במטלת הסיווג, המשתתפים התלויים, מספר קבוצות ומספר הסרטים ששווייכו לכל קבוצה היה שונה מנבדק לנבדק. מספר האפשרויות התיאורטי לסיווג הוא גדול מאוד, אך בפועל מספר הסיווגים המתקבל קטן בהרבה (ראה Borowsky et al., 2009). לכן הוחלט לנתח את מטלת הסיווג לפי צבירים (clusters) דומיננטיים של קבוצות סרטים. כלומר, להתייחס רק לצבירים שהוגדרו על ידי אחוז מסויים מכלל הנהגים ולבחון באיזו מידה צבירים אלה אופייניים לכל אוכלוסית הנהגים או לתכנית אימון/ביקורת. מבחן פשר דו כיווני שימש לצורך ביצוע הניתוחים הסטטיסטיים. בהתבסס על מחקרים קודמים הוגדרו שני מבנים אפשריים לסיווג: דמיון בסוג הסכנה (Hazard Instigator (HI) ודמיון בסביבת הנהיגה (Traffic Environment (TE)). א-פריורי ניתן לסווג את הסרטונים לפי שני מבנים אלה כמתואר בטבלה 6 ו 7. יחד עם זאת לא היתה ציפיה כי הסיווגים בפועל יהיו "מושלמים" ותואמים בדיוק לסיווג א-פריורי (כמוסבר בהרחבה ב Ahn & Medin, 1992).

טבלה 6. מאפייני הסיווגים א-פריורי לפי ממצאים ממחקרים קודמים (מתוך בורובסקי 2011).

Movie	Environmental settings	Dominant hazard	Hazard instigator	Field Of View
M6	Urban	Actual staged	Brake of a lead car	Clear
M10	Urban	Potential	Signaled intersection	Clear
M8	Urban	Actual staged	Pedestrian crosses the road at a zebra crossings	Obscured by vehicles that stopped in front of the zebra crossings (cue: vehicles stop next to the zebra crossing)
M7	Urban	Potential-genuine	Pedestrian on traffic island to the left of the driver	Clear*
M3	Residential	Actual staged	Roller skater	obscured by parked cars and vegetation (cue: none)
M4	Residential	Actual staged	Brake of a lead car	Clear*
M2	Residential	Potential-genuine	Pedestrian walking along the left side of the road towards the participant's vehicle	Clear
M1	Residential	Hidden hazards	No dynamic traffic	Curves

*In M4 the third car was obscured by the intersection but the lead vehicle braked several seconds before the other car came out. Thus, the driver could notice that the event began. In M7 the pedestrian was walking on the traffic island but the contrast between him and the vegetation was low.

טבלה 7. סיווג "מושלם" לפי מבנה HI ו TE.

סרטונים מתאימים לכל תת קבוצה במבנה			
מבנה מועדף			
HI	2_3_7_8 (pedestrians)	4_6 (vehicles)	1_10 (No hazard)
TE	1_2_3_4 (residential)	6_7_8_10(urban)	

טבלה 8 מציגה את מספר הנהגים שבחרו בכל צביר. כמתואר בטבלה 8, נהגים צעירים חסרי נסיון נוטים לסווג יותר לפי מבנה מסוג HI (כמסומן בכתום) ואילו נהגים מנוסים נטו לסווג יותר לפי מבנה TE (כמסומן בסגול). בסה"כ כל הנבדקים יחד יצרו 65 צבירים. הניתוח הסטטיסטי מתבסס על הצבירים הדומיננטים שנבחרו על ידי לפחות 2 נבדקים מכל תנאי ניסוי (~20%).

טבלה 8. צבירים דומיננטים (dominant clusters) לפי תנאי האימוץ/ביקורת וסוג נהג.

מבנה מועדף (HI או TE)	צבירים	תנאי האימוץ/ביקורת				לפי סוג נהג		
		Active [9]	Control [9]	Hybrid [11]	RAPT [10]	Y [39]	E [33]	Total [72]
HI vehicles	M_4_6	2	1	4	3	10 (25)	9 (27)	19 (26)
	M_1_4_7					0 (0)	0 (0)	0 (7)
Total HI vehicles						10 (25)	9 (27)	19 (26)
HI no hazard	M_1_10	1	1	1	1	4 (10)	1 (3)	5 (7)
	M_10_2_1	1			2	3 (7)	1 (3)	4 (5)
Total HI no hazard						7 (17)	2 (6)	9 (12)
HI pedestrian	M_3_2_7_8	1	1	1	2	5 (12)	7 (17)	12 (16)
	M_3_7_8	2	2	2	2	8 (20)	1 (3)	9 (12)
	M_3_2_7	2	1			3 (9)	7 (17)	10 (13)
	M_3_7			1		1 (2)	0 (0)	1 (1)
	M_3_8		1		2	3 (7)	1 (3)	4 (5)
Total HI pedestrian						20 (51)	16 (48)	36 (50)
Total HI P+V						30 (76)	25 (75)	55 (76)
TE	[U] M_10_7				1	1 (2)	1 (3)	2 (2)
	[U] M_6_10_7					0 (0)	4 (12)	4 (5)
	[U] M_6_10	1				1 (2)	1 (3)	2 (2)
	[R] M_1_2		1	1		2 (5)	2 (6)	4 (5)
	[R] M_4_2_1					0 (0)	1 (3)	1 (1)
Total TE (U+R)						4 (10)	9 (27)	13 (18)

הצבירים בטבלה 8 מסווגים לפי החלוקה האפריורית לצבירים.

HI - hazard instigator עם חלוקה פנימית לפי רכבים (V), הולכי רגל (P) או "אין סכנה" (NH)

TE traffic environment עם חלוקה פנימית לפי דרך שכונתית (R) ודרך עירונית (U).

תאים המסומנים בכתום הם מקרים בהם נהגים צעירים סיווגו לפי קריטריון חלוקה זה יותר ממנוסים ובסגול ההפך.

ניתן לבחון את מטלת הסיווג גם מהיבט אחר, לאחר מעשה מתוך ניתוח הנתונים ולא לפי הסיווג הא-פריורי וזאת בהתבסס על השמות שהנבדקים נתנו לצבירים שלהם. היו 51 צבירים הקשורים לקריטריון HI (מתוכם 42 צבירים הוגדרו רק על ידי נהגים צעירים חסרי נסיון), ו 14 צבירים לפי קריטריון TE (מתוכם 7 צבירים הוגדרו רק על ידי צעירים חסרי נסיון). כפי שניתן לראות מטבלה 8, שלושת תנאי האימון בחרו במספר צבירים שלא היו דומים לא לקבוצת הביקורת ולא למנוסים. הדבר עשוי להעיד על מודעות להבדלים בין HI שונים (למשל לכך שרכב בכביש שונה מהולך רגל בכביש) אבל העובדה שכל הנהגים הצעירים עשו שימוש מופחת בקריטריון תנאי הסביבה TE לעומת הנהגים המנוסים וכי שימוש בקריטריון TE היה פחות שכיח מאשר שימוש בקריטריון HI מעידה על כך שבסיס הידע המושגי של הנהגים הצעירים עדיין מכוון כלפי התמודדות מול אובייקטים ספציפיים (סוגי סכנה ממשית).

5.3.3 מבחן ממוחשב חלק 3 - דרוג

במטלה זו הנבדקים נדרשו להשוות בין שתי תמונות מייצגות מסרטונים שחזו בהם קודם בחלק הראשון. לצורך כך היה עליהם להיזי את הסמן בהתאם למיקומו היחסי בין שתי התמונות. טבלה 9 מציגה את מספר הפעמים בהם צינו בכל קבוצה את התמונה הימנית, השמאלית או היו אדישים לרמת הסכנה עבור כל השוואה. מבחן חי בריבוע שימש לצורך הניתוחים הסטטיסטיים על מנת לבחון את הקשר בין תנאי הניסוי ודרוג הסכנה. התוצאות מוצגות בנפרד לכל השוואה.

טבלה 9. מספר הנבדקים שדרגו כל תמונה בהשוואה כמסוכנת יותר או אדישים ביחס לכל השוואה ולכל תנאי ניסוי.

מנוסים			AAHPT אקטיבי			בקורת			AAHPT משולב			I-RAPT			השוואה
left	equal	right	left	equal	right	left	equal	right	left	equal	right	left	Equal	right	
9	6	11	7	1	1	8	0	1	5	1	5	7	1	2	1
15	3	8	3	3	3	5	4	0	2	2	7	3	4	3	2
6	2	18	0	0	9	3	0	6	1	0	10	2	0	8	3
24	1	1	8	0	1	8	0	1	11	0	0	7	1	2	4
5	1	20	3	2	4	1	4	4	0	0	11	2	1	7	5
16	8	2	4	1	4	4	1	4	5	2	4	7	1	2	6

מספר הנבדקים מכל קבוצה 10, 9, 9, 11, 26 בהתאמה מימין לשמאל.

השוואה 1. שני הארועים הכילו צמתים בכביש בין עירוני. בתמונה הימנית סכנה פוטנציאלית כיון שמשאית ורכב כיבוי מסתירים את שדה הראיה ושניהם עומדים לפנות. בתמונה השמאלית סכנה ממשית של רכב המשתלב לתוך הכביש הראשי מימין. עשרים נהגים (11 מנוסים, 1 אקטיבי, 1 בקורת, 5 משולבת ו 2 RAPT) ציינו את התמונה הימנית כמסוכנת מהשמאלית, לעומת זאת 9 נהגים דירגו את התמונה השמאלית כמסוכנת יותר (6 מנוסים, 1 אקטיבי, 0 בקורת, 1 משולבת ו 1 RAPT) ותשעה נהגים דרגו את התמונות כשוות סכנה (9 מנוסים, 7 אקטיבי, 8 בקורת, 5 משולבת ו 7 RAPT). במקרה זה ההשוואה לא תרמה להבחנה בין הקבוצות.

השוואה 2. שני הארועים כללו נהיגה באזור בו שדה הראיה מוגבל. בתמונה הימנית שדה הראיה היה מוגבל על ידי עיקול בכביש ואילו בשמאלית על ידי רכבים חונים ופניה צרה ימינה. עשרים ואחד נהגים (8 מנוסים, 3 אקטיבי, 0 בקורת, 7 משולבת ו 3 RAPT) דרגו את התמונה הימנית כמסוכנת יותר לעומת 28 נהגים (15 מנוסים, 3 אקטיבי, 5 בקורת, 2 משולבת ו 4 RAPT) שדרגו את התמונה השמאלית כמסוכנת יותר. גם כאן קשה להצביע על דפוס ברור להבחנה בין הקבוצות.

השוואה 3. במקרה זה שתי התמונות נלקחו מאותו סרטון נהיגה ונועדו להשוות בין מצבי סכנה שונים באותה סביבת נהיגה. בתמונה השמאלית רכבים בנתיב השמאלי חוסמים את תחילתו של מעבר חציה. בתמונה הימנית הולך רגל כבר חוצה את הכביש (סכנה ממשית). 51 נהגים (18 מנוסים, 9 אקטיבי, 6 בקורת, 10 משולבת ו 8 RAPT) דרגו את התמונה הימנית כמסוכנת יותר מהשמאלית לעומת 12 נהגים (6 מנוסים, 0 אקטיבי, 3 בקורת, 1 משולבת ו 2 RAPT) שדרגו את השמאלית כמסוכנת יותר. שני נהגים מנוסים דרגו את התמונות כשוות סכנה. פה היתה נטייה ברורה של הנהגים המנוסים לדרג את התמונה הימנית כמסוכנת יותר בשל התכיפות של התגובה (immediacy of the threat) ובמקרה זה הדבר תואם גם את נטייתם של הנהגים הצעירים לדרג סכנה ממשית כמסוכנת יותר. במקרה זה חשוב היה לבחון את תאור הסיבה לדורג שנמצא שונה בין הנהגים הצעירים (הולך רגל על הכביש) לבין המנוסים (תכיפות הסכנה יש להגיב מהר) אבל במקרה זה אין סתירה בדורג בין הסיבות ולכן ההשוואה אינה אבחנתית בין קבוצות האימון השונות.

השוואה 4. בתמונה הימנית סכנה פוטנציאלית של כניסה לצומת T ובתמונה השמאלית סכנה ממשית של רוכב רולר בליידס המוסתר על ידי מכוניות חונות ועומד להתפרץ לכביש צר. במקרה זה היתה העדפה ברורה של התמונה השמאלית על ידי הנהגים המנוסים כמסוכנת יותר וגם במקרה זה כמו בהשוואה 3 – הדבר תואם את דפוס ההתנהגות של הנהגים הצעירים הנוטים לשים יותר דגש על סכנות ממשיות.

השוואה 5. בתמונה הימנית שדה הראיה חסום בחלקו מלפנים על ידי משאית ויש השתלבות משמאל ובתמונה השמאלית שדה ראיה פתוח וכיכר. המטרה היתה לבחון התייחסות לכיכר לעומת צומת. בהשוואה זו היה הבדל מובהק בדורג בין תנאי הניסוי השונים ($\chi^2(1, n = 72) = 18.022, p=0.021$). הנהגים הצעירים שעברו אימון משולב ו RAPT הציגו דפוס דומה לנהגים המנוסים בעוד ששתי הקבוצות האחרות בקורת ואקטיבי הציגו אדישות להבדלים בין התמונות. 20 נהגים מנוסים דרגו את התמונה הימנית עם הצומת ושדה הראיה החסום כמסוכנת יותר בעוד שרק 5 נהגים מנוסים דרגו את תמונת הכיכר.

השוואה 6. בהשוואה זו היו בתמונה הימנית רכבים חונים משני צידי הכביש ושדה הראיה היה מוגבל בחלקו. בתמונה השמאלית היתה משאית שהסתירה מעבר חציה. 16 נהגים מנוסים דירגו את התמונה השמאלית כמסוכנת יותר ו 8 נהגים דרגו את שתי התמונות כשוות סכנה. גם בהשוואה זו ניתן לראות שנהגים מנוסים יותר מודעים באופן יחסי לסכנות פוטנציאליות כגון מעבר חציה ששדה הראיה אליו חסום. במקרה זה היו הנבדקים שאומנו במתודולוגית RAPT אלה שהציגו דמיון למנוסים. הדבר מובן שכן בהדרכה שלהם היתה התייחסות למצב דומה.

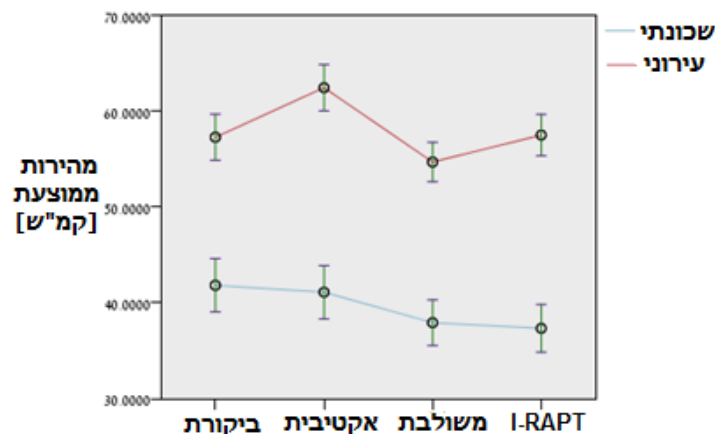
5.4 מבחן הסימולטור

5.4.1 מהירות נהיגה וסביבת הנהיגה

תוצאות מבחן הסימולטור נסובו בעיקר סביב ניהול המהירות (speed management) ביחס לתנאי הנהיגה שמכתיבה סביבת הנהיגה. ניהול המהירות הינו אחד המימדים בהם בא לידי ביטוי חוסר נסיונם של נהגים צעירים בהבנת סביבת הנהיגה (De Craen et al., 2009). כמו במחקר הקודם (Yona, Borowsky, Parmet and Oron- Gilad, in review), הנתונים נותחו משלוש פרספקטיבות שונות: (1) מהירות בכל סביבת נהיגה כמכלול של כל תרחישי הדרך באותה סביבה, (2) בחינה של סכנות פוטנציאליות, כלומר כיצד נהגים מגיבים בסביבת נהיגה מסוימת אם הארוע לא מתממש, ו (3) התייחסות לסכנות ממשיות – ארועים שמצריכים תגובה מיידית. הסעיפים הבאים מתייחסים לכל אחת מהפרספקטיבות.

ניתוח GLMM על המהירות הממוצעת בכל תרחיש בוצע כאשר המשתנים המסבירים היו סביבת הנהיגה (שכונתית/עירונית) ותנאי הניסוי (אימון/ביקורת). משתנה רנדומי הוכנס כדי להקטין את השפעת התצפיות החוזרות

של הנבדקים. מניתוח זה נמצא הבדל מובהק בין שתי סביבות הנהיגה ($F(1,510)=439, p<.000$) שהיה צפוי. מהירות הנהיגה הממוצעת באזור העירוני היתה גבוהה מזו באזור השכונתי (58 קמ"ש מול 40 קמ"ש). גם במניפולציית האימון נמצאו הבדלים מובהקים ($F(3,510)=7.56, p<.000$). ניתוחי פוסט-הוק הראו כי הקבוצה האקטיבית נהגה במהירות יחסית גבוהה יותר לשאר שתי קבוצות האימון ולא היתה שונה מקבוצת הביקורת – שגם כן לא היתה שונה מקבוצת ה-I-RAPT. האינטראקציה בין תנאי הניסוי לסביבת הנהיגה היתה אף היא מובהקת כמתואר באיור 23 ($F(3,477)=4.9, p=0.002$). ניתוחי פוסט הוק הראו כי בסביבה העירונית הקבוצה האקטיבית היתה שונה מכל שאר הקבוצות בעוד שבסביבה העירונית לא היו הבדלים בין הקבוצות. יש לזכור שבסביבה השכונתית הכביש היה צר והיתה מגבלה על מרחב התמרון שיתכן וצמצמה את מרחב המהירות האפשרי לסביבה זו.



איור 23. מהירות ממוצעת לפי סוג הדרך ותנאי האימון וביקורת

5.4.2. סכנות פונטנציאליות

על מנת לבחון התיחסות נהגים לארועים ספציפיים בוצעו 3 ניתוחים שונים:

1. בכל תרחיש, נלקחו 10 מקטעים של 6 מטרים בתרחישים השכונתיים ו-15 מטרים בסביבה העירונית לפני מיקום הסכנה. ההבדלים באורך המקטעים נבע מהמהירות השונה בכל אחת מהדרכים. לכל נהג בכל מקטע חושבה מהירותו הממוצעת. ניתוח אנובה עם תצפיות חוזרות שימש כמודל הסטטיסטי לבחינה. המשתנה התוך-נבדקי היה מספר המקטע (1 – הרחוק ביותר מהסכנה ו-10 הקרוב ביותר) והמשתנה הבין נבדקי היה תנאי הניסוי (מנוסים, קבוצות האימון וביקורת), סדר המבחנים (מבחן ממוחשב או מבחן בסימולטור) והאינטראקציה מסדר שני בין המשתנים.
2. במקרים בהם היה צורך להמשיך ולבחון מקטע מסויים בוצעו הבדלים בין סוגי הנהגים (תנאי הניסוי) באמצעות מבחן אנובה על כל מקטע בנפרד.
3. לבסוף, נבחר "אזור ללא סכנה" הדומה במאפייניו הסביבתיים לאזור עם הסכנה כשכל ההבדל בין שני האזורים הוא המצאות הסכנה ועבור כל נהג בכל אחוז חושבה הפחתת המהירות המירבית שלו באזור ללא הסכנה ובאזור עם הסכנה. לשם כך הותאם מודל מסוג Linear Mixed Model (LMM) האפקטים החבויים היו סוג הנהג (מאומן וביקורת ומנוסים), סוג הסכנה (אזור עם סכנה ללא) וסדר המבחנים (ממוחשב וסימולטור) וכל האינטראקציות מסדר שני. המהירות המקסימלית שנמדדה בכל מקטע הוכללה אף היא במודל כדי לשמש כCovariates כדי לנטרל את השפעת מהירות הנסיעה על בחינת הפחתת המהירות. הנבדקים הוכנסו למודל כדי לנטרל תצפיות חוזרות.

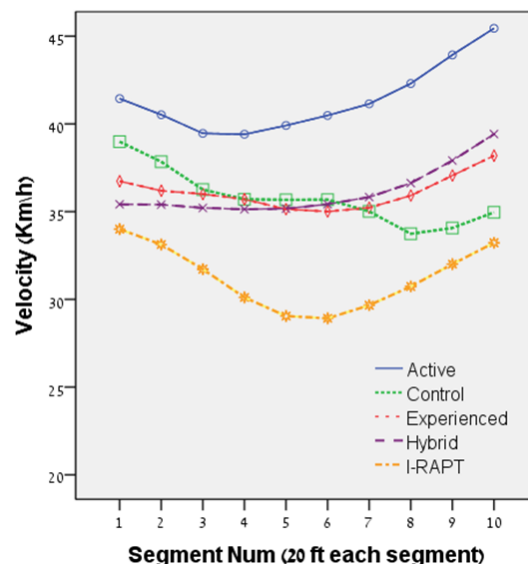
- כאשר נמצאו אפקטים מובהקים, נעשה שימוש במבחני פוסט-הוק כולל תיקון בונפרוני.

התוצאות מוצגות בנפרד לתרחישים שכונתיים ועירוניים.

תרחישים שכונתיים

תרחיש 5 (מעבר חציה גלוי)

על מנת לבחון את מהירות הנהגים בתרחיש 5 נעשה שימוש בסוג הראשון של הניתוח המפורט לעיל. הרצת המודל הראתה כי סוג המקטע מובהק ($F_{9, 27}=2.584$, $p=.027$). כפי שניתן לראות באיור 24 היה צורך לבצע ניתוחים נוספים ברמת המקטעים. מבחני האנובה הביאו ל 6 מובהקויות סטטיסטיות עבור מקטעים 1-6, $F_{4, 171.7}=3.05$, $p=.028$; $F_{4, 162.84}=2.718$, $p=.043$; $F_{4, 153.44}=2.379$, $p=.068$; $F_{4, 156.91}=2.552$, $p=.054$; $F_{4, 164.79}=2.853$, $p=.044$; $F_{4, 147.69}=2.703$, $p=.0036$; בהתאמה למקטעים 1-6. ניתוחי פוסט הוק הראו כי קיימים הבדלים מובהקים רק בין קבוצת ה I-RAPT לקבוצה האקטיבית ששתיהן היו קיצוניות מאחרות. הקבוצה המשולבת היתה הדומה ביותר בדפוס המהירות לקבוצת המנוסים. שימוש בניתוח השלישי הראה אפקט מובהק לאזור הסכנה ($F_{1, 80}=14.829$, $p<.001$). באזור הסכנה כל הנהגים הפחיתו את מהירותם לעומת האזור ללא הסכנה (-4.45 (3.27); 0.58 (3.26), בהתאמה אבל לא נמצא כל הבדל סטטיסטי בין קבוצות הנהגים.

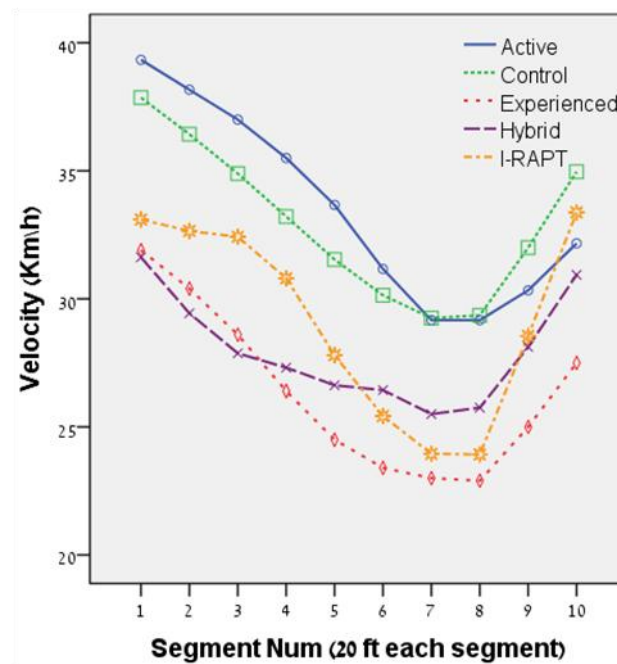


איור 24. תרחיש 5 מעבר חציה גלוי – מהירות סביב אזור הסכנה הפוטנציאלית הנמצא במקטע 10

תרחיש 6 – קצות מעבר החציה מוסתרים על ידי רכבים חונים

גם בתרחיש 6 נמצא אפקט סטטיסטי מובהק לסוג המקטע ($F_{9, 27}=5.05$, $p<.001$). כפי שמתואר באיור 25, הוחלט לבצע את הניתוח השני שהציג 4 הבדלים מובהקים סטטיסטיים בין מקטעים עבור מקטעים 6-9, בהתאמה. $F_{4, 195.77}=2.648$, $p=.048$; $F_{4, 201.77}=3.363$, $p=.019$; $F_{4, 197}=3.456$, $p=.016$; $F_{4, 573.63}=2.485$, $p=.059$. הוק מצאו כי רק במקטע 7 ו 8 ישנם הבדלים מובהקים בי קבוצת הביקורת והקבוצה האקטיבית לבין הנהגים המנוסים ובמקטע 9 הבדל מובהק בין המנוסים לקבוצת הביקורת. שתי הקבוצות האקטיבית והביקורת נהגו מהר יותר ביחד לשלוש הקבוצות האחרות אם כי הדפוס הכולל של השינוי במהירות נראה דומה. שימוש בניתוח השלישי הראה כי גם פה היה אפקט מובהק לסוג הסכנה ($F_{1, 80}=42.337$, $p<.001$). נהגים הפחיתו את מהירותם יותר

באזור הסכנה מאשר באזור ללא סכנה (4.75) -0.81; (-10.88 (4.75)) – גם במקרה זה לא נמצאו הבדלים בין קבוצות הנהגים.

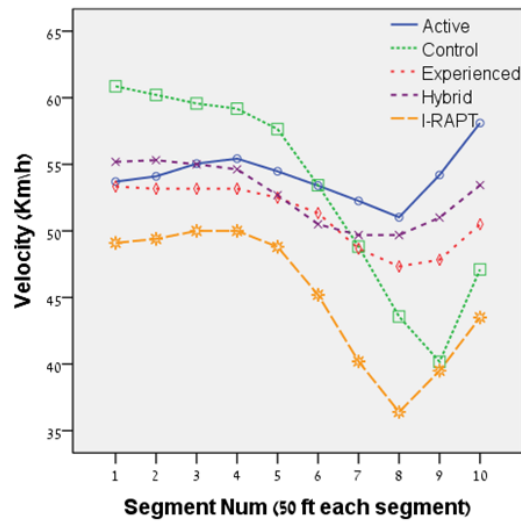


איור 25. תרחיש 5 מעבר חציה המוסתר בקצותיו – מהירות סביב אזור הסכנה הפוטנציאלית הנמצא במקטע 10

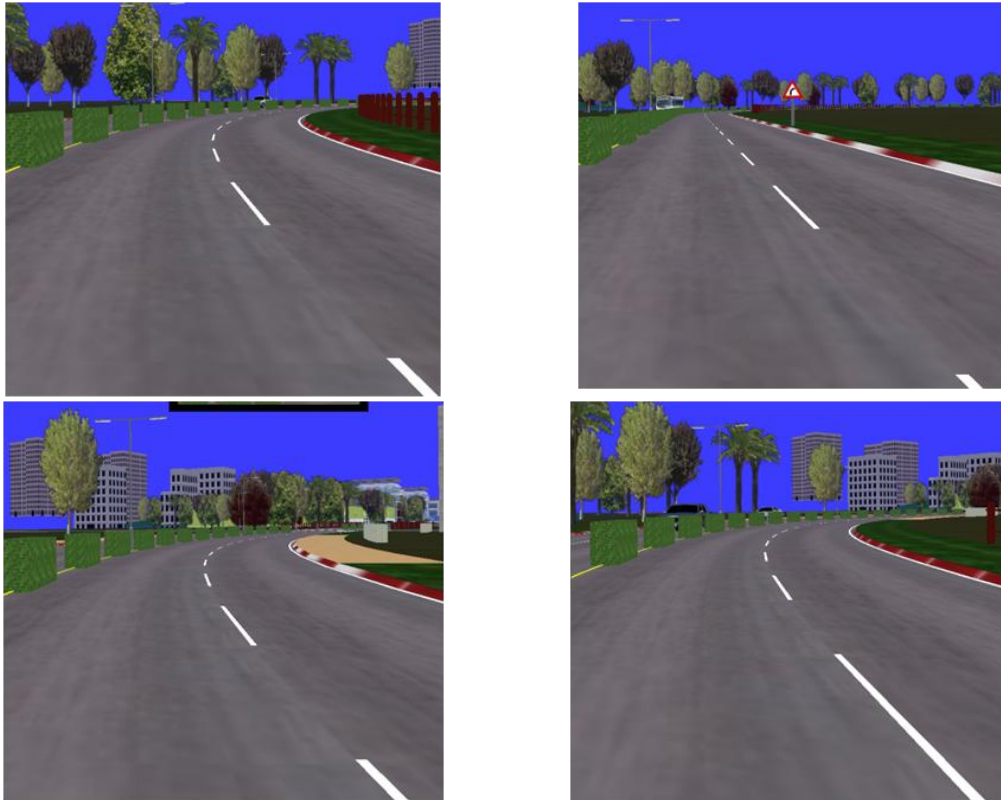
תרחישים עירוניים

תרחיש 8 – עיקול חד

בתרחיש 8 נמצא אפקט סטטיסטי מובהק לסוג המקטע ($F_{9, 27}=4.323, p=.001$). כפי שמתואר באיור 26, ניתן לראות כי קבוצת הביקורת וקבוצת ה-I-RAPT הגיבו בצורה יותר מוקצנת לעיקול, אם כי בניתוח מהסוג השני לכל מקטע בנפרד, נמצא הבדל סטטיסטי מובהק רק עבור מקטע 1 (באיור 27 דוגמאות מסך מהזווית של הכביש בארבעה מקטעים לצורך המחשה. הניתוח השלישי הראה אפקט סטטיסטי מובהק לסוג הסכנה ($F_{1, 80}=24.059, p<.001$), כל הנבדקים האטו באופן מובהק יותר באזור הסכנה ((7.65) (7.64); 0.01 (-12.71) מאשר באזור ללא סכנה. גם פה לא נימצאה אינטראקציה עם סוג הנהג.



איור 26. תרחיש 8 עיקול חד בכביש – מהירות סביב אזור העיקול שנראה היטב במקטע 8

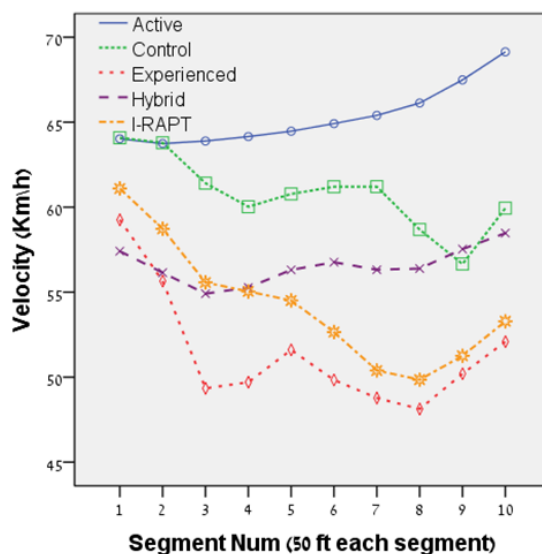


איור 27. דוגמא למראה הדרך במקטעים מייצגים בתרחיש 8: מקטע 2 (למעלה מימין), מקטע 5 (למעלה משמאל), מקטע 8 (למטה מימין) ומקטע 9 (למטה משמאל).

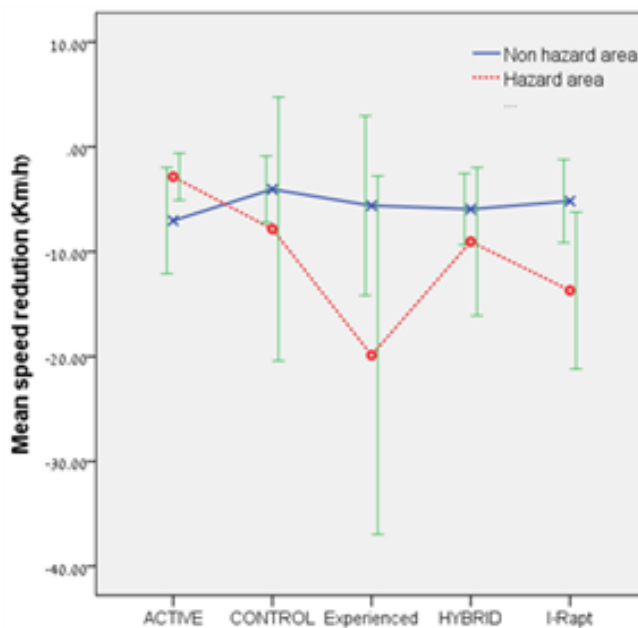
תרחיש 9 - צמתים

בתרחיש זה בניגוד לקודמיו נמצא אפקט מובהק למקטע (F_{9, 27}=2.631, p=.025) וגם לאינטראקציה בין המקטע לבין סוג הנהג (F_{27, 77}=1.704, p=.036). אבל ניתוח פרטני של כל מקטע בנפרד לא הראה ממצאים מובהקים. מאיור 28 ניתן לראות כי הנהגים המנוסים האיטו לקראת שני הצמתים (מקטע 5 ומקטע 10) ואילו אצל שאר הנהגים קשה להבחין במגמה ברורה. אם כי ניכר כי קבוצת הביקורת האטה לקראת המקטע האחרון וכך גם ה-I-RAPT. הקבוצה

האקטיבית גילתה חוסר רגישות כלפי הצמתים. הניתוח השלישי שבצענו הראה אפקט עיקרי לסוג הסכנה (F_1 , $p=0.014$, $\eta^2=0.77$). כפי שניתן לראות באיור 29 ההאטה המשמעותית ביותר באזור הסכנה היתה של הנהגים המנוסים ושאר הקבוצות (למעט האקטיבית שלא האטה כלל) הציגו מגמת האטה פחותה יותר.



איור 28. תרחיש 9 צמתים – שתי הצמתים במקטע 5 ו 10 ללא תנועה חולפת.

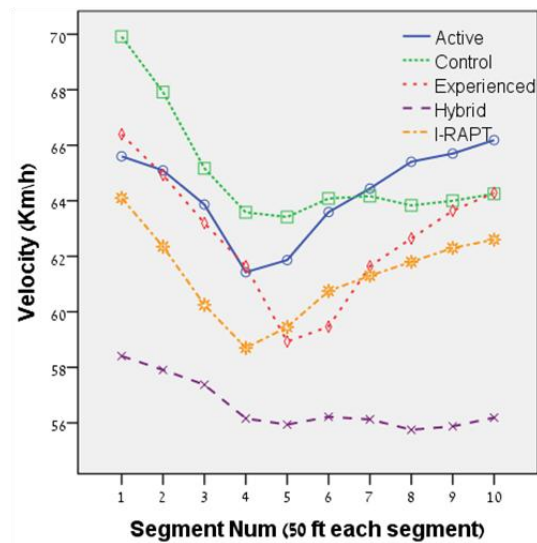


איור 29. אינטראקציה בין אזור הסכנה (כן/לא) וסוג הנהג (לא נמצאה מובהקת סטטיסטית).

תרחיש 10 – רכבים גדולים חונים ומסתירים את שדה הראיה

בתרחיש זה נמצא אפקט עיקרי למקטע ($F_{9, 70}=3.341$, $p=0.002$). מבחני אנובה עבור כל מקטע לא הציגו הבדלים מובהקים בין קבוצות הנהגים. כפי שניתן לראות מאיור 30, קבוצת ה-I-RAPT התנהגה באופן הדומה ביותר

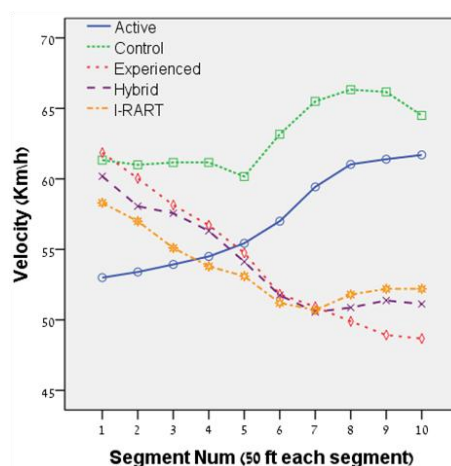
למנוסים. הניתוח השלישי שבחן את דפוסי הנהיגה בין אזור סכנה לאזור ללא סכנה הביא שוב להבדל מובהק בין האזורים ($F_{1, 168}=10.97, p=.001$), כצפוי, $-4.8 (6.18)$; $-8.76 (6.17)$ השינוי במהירות באזור הסכנה היה גדול יותר, אך לא נמצאה כל אינטראקציה עם סוג הנהג.



איור 30. תרחיש 10 רכבים גדולים חוסמים את שדה הראיה

תרחיש 13 – אוטובוס עוצר בתחנה

במקרה זה לא נמצאו אפקטים מובהקים. יחד עם זאת ניתן לראות מאיור 31 כי קבוצת הIRAPT והקבוצה המשולבת התנהגו באופן הדומה ביותר לנהגים המנוסים והאטו בקרבת תחנת האוטובוס. בניגוד להם הקבוצה האקטיבית והביקורת לא האטו כלל. בניתוח לפי אזור הסכנה נמצא כצפוי אפקט מובהק לאזור הסכנה ($F_{1, 80}=5.288, p=.024$), ובאזור הסכנה כל הנהגים הפחיתו את מהירותם בצורה משמעותית יותר - $-7.46 (5.85)$; $-4.03 (5.85)$ אם כי לא נמצאו אפקטים מובהקים לסוג הנהג.



איור 31. תרחיש 13 – אוטובוס עוצר בתחנה (התחנה במקטע 10).

5.4.3. סכנות ממשיות

בסכנות פוטנציאליות קיים קושי להתייחס לזמני תגובה שכן קיים חוסר ודאות לגבי מיקום הסכנה והיכן יש להתחיל לפעולה/להתכוון לפעולה. לכן, זמני תגובה עד לבלימה נותחו רק עבור ארועים בהם הסכנה מתממשת ואכן נדרשת פעולת בלימה. זמן התגובה חושב כמרחק התגובה מחולק במהירות הממוצעת באותו המקטע. מרחק התגובה חושב כמרחק בין המקום בו הסכנה הופיע והמקום בו הנהג לחץ על דוושת הבלם לראשונה. זמני תגובה קצרים מעידים על כך שנהג החל להגיב לסכנה מוקדם יותר. התרחישים בהם האופן היחיד בו הנהג יכול היה להתמודד עם סכנה ממשית היו באמצעות בלימה (ולא למשל באמצעות סיבוב ההגה לימין או שמאל) היו תרחישים 1, 2, 3, 6 בדרך השכונתית ו 9, 12, 14 בדרך העירונית ואלה התרחישים שנכללו בניתוח. כיון שזמן תגובה אינו מתפלג נורמלי הניתוחים בוצעו על טרנספורמציה לוג של הנתונים. הניתוח הסטטיסטי היה מסוג (Linear mixed model). שלושה גורמים קבועים, סוג הנהג (מאומן/בקורת ומנוסים), סביבת הנהיגה (עירונית/שכונתית) ומה היה המבחן הראשון (ממוחשב/סימולטור) והאינטראקציות מסדר שני נכללו במודל. נבדקים ותרחישים נכללי כדי להפחית שונות שנגרמה מתצפיות חוזרות. במודל הסופי סוג הנהג היה מובהק סטטיסטית ($F_{3, 233}=4.758$), $p=0.003$. ניתוחי פוסט הוק כולל תיקון בונפרוני הראו כי יש הבדלים מובהקים בין קבוצת הביקורת וכל שאר הקבוצות, והקבוצה האקטיבית היתה שונה מקבוצת המנוסים. זמני התגובה בשניות עד לעצירה היו בהתאמה לקבוצה האקטיבית, לביקורת, למנוסים, למשולבת ול I-RAPT היו

1.69 (confidence interval [CI] = ± 2.47), 1.76 (CI = ± 2.46), 1.34 (CI = ± 2.5), 1.47 (CI = ± 2.47), 1.46 (CI = ± 2.47).

מחקרים הצביעו על כך שנהגים צעירים וחסרי נסיון בעיקר בששת החודשים הראשונים של נהיגתם הם הפגיעים ביותר מבין משתמשי הכביש בעולם (Mayhew, Simpson and Pak, 2003; Shinar 2007). רוב המחקרים מצאו שנהגים אלה חסרים את הידע המושגי והנסיון לצפות סכנות פוטנציאליות, ככל הנראה כיון שטרם התנסו בקבלת משוב מנהיגה במצבים דומים בהם הסכנה הפוטנציאלית התממשה, כפי שמוסבר בתיאוריות של מודעות מצבית והקנו הקשר בין בקרה לתגובה (Endsley, 1995; Logan, 1985). מחקרים הראו כי חוסר הנסיון משתקף גם בדפוסי סריקת העיניים, גם כאשר מדובר באלמנטים ברורים בסביבה כגון הולכי רגל, (Borowsky et al., 2011). נהגים מנוסים סורקים יותר מצבים פוטנציאליים (Underwood 2002) גם כאשר אין סכנה ממשית בכביש. ממצאים אלה עיקביים עם ממצאיהם של Fisher ושותפיו (Pollatsek, A., Narayana, Pradhan, & Fisher, 2006; 2007), שהראו שנהגים צעירים חסרי נסיון לא מחפשים סכנות פוטנציאליות נסתרות (hidden hazards). מחקרנו האחרונים בתחום (Borowsky et al. submitted) מראים כי נהגים צעירים חוזרי נסיון מציגים דפוס סריקה מקרי ופחות עיקבי מאשר נהגים מנוסים. במיוחד מהווה הדבר בעיה כאשר בדרך צמתים או השתלבויות לא משולטות (כגון כניסה לבניין או למגרש חניה).

במשך שנים מצאו חוקרים רבים ענין בסוגיה של השפעת נסיון על מודעות לסכנה (Ganton & Wilde, 1971). מחקרם של Benda & Hoyos, 1983 למשל הראה תלות חזקה בנסיון הנבדקים. נהגים שהתייחסו לסכנות בצורה אינטגרטיבית נמצאו כבעלי כפול נסיון מנהגים שהתייחסו בסכנות למימדים ספציפיים של הסיטואציה. במחקר מאוחר יותר מצאנו (Borowsky et al., 2009) כי נהגים צעירים חסרי נסיון באופן כללי נוטים לסווג ארועים לפי מרכיב סוג הסכנה (hazard instigator) בעוד שנהגים מנוסים נוטים להתייחס יותר לדמיון בסוג הדרך וסביבת הנהיגה. ממצאים אלה תואמים את הממצאים בחלק השני של המבחן הממוחשב בניסוי שלנו. בנוסף, במחקר נוסף שערכנו לאחרונה (Borowsky, Oron-Gilad & Parmet submitted) מצאנו כי נהגים מנוסים מתייחסים בעיקר לסכנות ממשיות ולעתים נדירות מאד מתייחסים לסכנות פוטנציאליות חבויות. ממצא זה תואם את ממצאינו בחלק הראשון של המבחן הממוחשב בהם בחנו את רגישות התגובה של נהגים צעירים לארועים מובססי מנוסים EBE.

מחקרים רבים בחנו את ההבדלים בזמני התגובה בין הנהגים המנוסים לנהגים צעירים חסרי נסיון באמצעות הצגת סרטוני נהיגה על צג המחשב (Chapman and Underwood, 1998; Crundall et al., 1999; Wallis and Horswill, 2007) מחקרים אלה דיווחו על ממצאים סותרים, בחלקם נהגים מנוסים הגיבו מהר יותר מנהגים צעירים חסרי נסיון (Horswill and McKenna, 2004) ובחלקם לא נמצאו הבדלים (Crundall et al., 1999; Chapman and Underwood, 1998). בעבר, Oron-Gilad and Borowsky, in press (2006) העלינו את הטיעון שההבדלים בין המחקרים נובעים מצורת המדידה של זמני התגובה, בהנתן שלא כל הנהגים מגיבים לסכנה, זמן התגובה מבוסס על נבדקים שהגיבו מבלי לתת משקל לאלה שלא הגיבו. במחקר הנוכחי ניסינו לתת לכך מענה באמצעות שימוש בניתוח סטטיסטי מסוג Survival analysis המתחשב גם במספר הנהגים שלא הגיבו לסכנה. ואכן, כמפורט בחלק הראשון של המבחן הממוחשב, ניתוח זמני התגובה הראה הבדלים מעניינים בין הקבוצות, בעיקר בין נהגים צעירים חסרי נסיון למנוסים בהתייחסות לסכנות פוטנציאליות וסכנות חבויות. לסיכום, קיימת הסכמה רחבה על כך שלנהגים צעירים חסרי נסיון יש מיומנויות נמוכות בתפיסת סכנות (Pollatsek et al., 2006) וקימות

גם עדויות מחקריות לכך שניתן לאמן נהגים צעירים במיומנות זו אם כי אין הסכמה לגבי שיטות האימון או אופן הערכתן (e.g., McKenna, F.P. & Crick, 1991; Sexton, 2000; Pollatsek et al., 2006). רוב השיטות דיווחו על הצלחה חלקית, בעיקר במבחן נהיגה בסימולטור או במבחן ממוחשב לתפיסת סכנות.

המחקר הנוכחי בחן והשווה בין שתי שיטות שונות לאימון בתפיסת סכנות במטרה בעתיד לפתח תכנית מקיפה לאימון נהגים צעירים חסרי נסיון. ספציפית נבחנו שתי שיטות אימון – שיטת הטרם ופעל (Act and Anticipate Hazard Perception Training (AAHPT) שפותחה אצלנו באוניברסיטת בן-גוריון (Meir, Borowsky and Oron-Gilad (in review) מול שיטת Risk Awareness and Perception Training RAPT שפותחה בארה"ב על ידי פרופ' דון פישר ושותפיו (Pradhan et al., 2005; 2006; Pollatsek et al., 2006) והותאמה על ידינו לסביבת הנהיגה הישראלית ולידע שנרכש במעבדתנו והוטמעה כגירסה הישראלית של ה RAPT – Israeli-RAPT. AAHPT דוגלת באימון מבוסס התנסות באמצעות חשיפת הנהג למגוון רחב של מצבים בהם טרם הספיק להתנסות במהלך נסיון נהיגתו המצומצם. RAPT דוגלת באימון נהגים על חיפוש באזורי ענין אחר סכנות פוטנציאליות. ממצאים מחקריים הראו כי שתי שיטות האימון הגדילו את רגישות הנהגים הצעירים חסרי הנסיון לתכנים מסויימים שעליהם אומנו הנהגים לעתים גם יצרו רגישות יתר מסוימת כלפי סוג סכנה ספציפי זה או אחר (לדוגמא ב AAHPT המקורי היה אחוז הסרטונים בהם ייצוג לסכנות עם הולכי רגל גבוה יחסית ולכן נמצאה גם רגישות יתר של נהגים צעירים להמצאות הולכי רגל בכביש). כמוכן, בשתי שיטות האימון לא היה ברור אם רגישות היתר באה על חשבון מצבי סכנה אחרים שלא הודגשו באימון. בנוסף, לצורך המחקר נעשה נסיון להרחיב ולשפר את מתודולוגיות ההערכה לבחינת מיומנות תפיסת הסכנות. זאת באמצעות בניית מבחן ממוחשב מורחב הכולל שלושה חלקים ומבחן נהיגה בסימולטור הכולל 14 תרחישים שונים משתי סביבות נהיגה. עד כה, ככל הידוע לנו לא נבחנו שיטות אימון על מבחן כל כך מקיף.

על מנת לבחון את יעילותן של שיטות ההדרכה, היה עלינו לתכנן תרחישי מבחן המתבססים על שתי תכניות האימון ולהתאים את הכל לסביבת הנהיגה הישראלית. מגוון רחב של סרטוני נהיגה הוכן ונערך לצורך האימון והמבחן על מנת לחשוף נבדקים למספר רחב של מצבים ולמגוון של סכנות (שלחלקן לא התייחסו שתי התכניות במחקרים קודמים באופן דומה). מבחינת תוצאות הניסוי בחלק הראשון של המבחן הממוחשב עולה כי אין אפקט עיקרי למתודולוגיית האימון וכי ישנה אינטראקציה בין שיטת האימון לבין סוג הסכנה שהוצג במבחן (תנאי סביבה ומפגעי דרך מול משתמשי דרך). סוג הסכנה מייצגת אבחנה חשובה בין סכנות ממשיות לפוטנציאליות וחבויות. נהגים מנוסים הגיבו באופן זהה לסכנות ממשיות ופוטנציאליות הן מבחינת רגישות התגובה והן מבחינת זמני התגובה. לעומתם, נהגים צעירים כמכלול – ללא קשר לתנאי הניסוי הגיבו בצורה שונה לסכנות פוטנציאליות מאשר לסכנות ממשיות. הקבוצה שעברה את האימון המשולב של ה AAHPT היתה הדומה יותר לנהגים המנוסים בהיבט זה. ניתן לומר כי שיטת אימון זו שיפרה במידת מה את יכולתם של נהגים צעירים לזהות סכנות פוטנציאליות יחסית לשאר הקבוצות אם כי הפער בינם לבין המנוסים עדיין היה משמעותי. לעומת זאת הקבוצה המשולבת היתה גם זו שהגיבה בצורה פחותה לסכנות ממשיות ביחס לקבוצות האחרות וביחס למנוסים. באימון ה RAPT נראתה מגמה הפוכה – הנהגים הצעירים והלא מנוסים שעברו אימון זה שיפרו את יכולתם להתייחס לסכנות ממשיות אבל הגיבו פחות לסכנות פוטנציאליות. יתכן וההבדל בין שתי הקבוצות נובע מההדגשים הניתנים על ידי כל אחת מתכניות האימון. ב RAPT הולכי רגל (משתמשי דרך) נמצאים כמעט בכל תרחיש בעוד שהתייחסות לסביבות נהיגה שונות כמעט ואינה מוזכרת. לעומת זאת ב AAHPT המשולבת התכנית מדגישה ומסבירה את ההבדלים בין תנאי סביבה שונים. רגישות התגובה של קבוצת הביקורת היתה גבוהה (אם כי לא שונה במובהק משאר קבוצות הנהגים הצעירים) דבר שעלול להעיד על כך שהנהגים ידעו שהם במבחן אבל לא ידעו בדיוק על מה הם נבחנים ולכן

נטו להגיב יותר. אם כי, בהסתכלות על YBE (ארועים שרק הצעירים התייחסו אליהם) לא נמצא כי הביקורת הגיבו יותר מנהגים צעירים אחר על ארועים שלא נחשבים בעיני נהגים מנוסים כסכנות.

מדד זמני התגובה אישש שאכן לוקח לנהגים צעירים חסרי ניסיון יותר זמן להגיב לארועים פוטנציאליים ביחס לארועים בהם מעורבים משתמשי דרך אחרים. יתכן וזאת כיון שחלק מהסכנות הפוטנציאליות הן ארועים מתמשכים (למשל, נהיגה בנתיב השמאלי, נהיגה בכביש צר, נהיגה כשדה הראיה חסום), יחסית לארוע שהוא תחום בזמן כמו הולך רגל שחוצה את הכביש. לעומתם, נראה כי הנהגים המנוסים הגיבו לארוע עוד לפני שהוא הופיע להתממש (לדוגמא ארוע 34). דפוס זה תואם את מודל המודעות המצבית של Endsley (1995), האומר כי בעלי ניסיון מתייחסים לניסיון העבר שלהם לצורך הערכת מצבים והדבר תואם גם את ממצאנו ממחקרים קודמים (Borowsky, 2011). בניגוד לצעירים, עבור הנהגים המנוסים לא קיימת אבחנה בין סכנות פוטנציאליות לממשיות בזמן התגובה. בכלל, נהגים צעירים נטו להתייחס יותר לארועים ממשיים ולכן זה לא מפתיע שארועי ה YBE הכילו יותר מקרים מסוג התנהגות של רכבים אחרים והולכי רגל מהגדרות אחרות. (Finn and Bragg (1986), למשל, מצאו כי הולך רגל על הכביש (ארוע ממש) נתפס אצל צעירים כיותר מסוכן מאשר אצל נהגים מנוסים. במחקר שלנו (Borowsky et al. (2010) מצאנו כי כאשר מזהים הולכי רגל, נהגים מנוסים סוקרים את הסביבה בצורה יותר יעילה מנהגים צעירים, באמצעות משך פיקסציה כולל cumulative fixation duration קצר יותר ובפיקסציות ממוצעות קצרות יותר average fixation duration. במחקרנו הקודם על תכנית ה AAHPT (Oron-Gilad, 2010) מצאנו כי הקבוצות שעברו אימון תיאורטי או משולב הראו רגישות יתר לנוכחות הולכי רגל לעומת קבוצת הביקורת וה-AAHPT האקטיבית שלא היו שונות זו מזו. במחקר הנוכחי נעשה מאמץ לטייב את תכנית האימון המשולבת ולהפחית את רגישות היתר שיצרה כלפי נוכחות הולכי רגל בסביבת הנהיגה. הדבר נעשה על ידי חשיפת הנהגים באימון זה גם לסוגים אחרים של סכנות פוטנציאליות חבויות ונראות (למשל צמתים). הרי בסופו של דבר המטרה של תכנית אימון היא לשפר המיומנות של נהגים צעירים לחזור ולהגיב לסכנות פוטנציאליות. ופה מתוצאות שני סוגי המבחנים הממוחשב וההנהיגה ניתן לראות שאכן בקרב מאומני התכנית המשולבת חל שיפור מסויים, רגישות היתר ביחס להולכי הרגל ירדה מהגירסה הקודמת ובכמה מקרים התנהגותם אף היתה דומה לזו של המנוסים אך עדיין יש פערים גדולים מאד בינם לבין המנוסים בהתייחסות לסכנות פוטנציאליות ובדפוס הסיווג. ניתוח של נתוני תנועות עיניים לפי אזורי עניין בארועים שונים הדגים היטב את התופעה המכונה "looked but failed to see", בה רואים כי הנהגים הצעירים והלא מנוסים מתמקדים באזור העניין אך אינם מגיבים לארוע כסכנה. Huestegge ושותפיו (2012) מתבססים על מחקרי עבר שמצאו כי קיים קשר בין שתי מערכות עיבוד: מערכת הראיה (סקדות) ומערכת תנועות היד וכי לשתיהן מערכת בקרה משותפת. על פי Anderson (1993) רכישת מיומנות היא למעשה מעבר מידע הצהרתי (declarative knowledge) לפרוצדורות עבודה שונות מענה מהיר ואוטומטי למצבים מסויימים. השלב ההצהרתי תואם להתנהגות שאנו רוצים אצל חסרי ניסיון ואילו Underwood (2007) טוען כי נהגים מנוסים מפתחים עם הזמן פרוצדורות עבודה והבנה פרוצדוראלית של מטלת הנהיגה. כלומר, במידה ולמערכת הראיה ולמערכת המוטורית מערכת בקרה משותפת, אזי אצל נהגים מנוסים המשתמשים בידע תהליכי פרוצדוראלי, התגובות יותר אוטומטיות ומצריכות פחות קשב, לכן "העלות" של לחיצה על כפתור הסכנה במבחן נמוכה. לעומת זאת, אצל נהגים צעירים חסרי ניסיון המצב הפוך: הם נאלצים להקצות קשב רב לסריקה החזותית ולכן החלק המוטורי תגובתי לוקה בחסר מפאת חוסר במשאבים. מובן שניתן להמשיך ולחקור נושא זה יותר לעומק במחקר יעודי.

תוצאות מטלת הסיווג במבחן הממוחשב תואמות את ממצאינו ממחקרים קודמים על נהגים צעירים (Borowsky et al. 2009; submitted) ודפוס הסיווג שלהם המבוססים בעיקר על סוג הסכנה (hazard instigator)

(type) ופחות על מאפייני סביבת הנהיגה. האימון במקרה זה לא שיפר בהרבה את שבסיס הידע המושגי של הנהגים הצעירים שנשאר מכוון כלפי התמודדות מול אובייקטים ספציפיים (סוגי סכנה ממשית). יחד עם זאת דפוסי הקבוצות שעברו אימון היו מעט שונות מקבוצת הביקורת. סביר להניח שכדי לשנות את הידע המושגי נדרשת הדרכה ארוכה ואינטנסיבית יותר משעת אימון.

במשימת הדירוג נתבקשו הנהגים להשוות בין שתי תמונות. למרות שסט התמונות נבחר בקפידה מתוך שיקולים ברורים לראות את מידת ההבחנה של נהגים בין מצבים שיש ביניהם דמיון ושוני מסויים, חלק זה במבחן לא היה דיאגנוסטי שכן הוא לא הצליח להבחין בין קבוצות הניסוי השונות כפי שהיינו רוצים שיקרה. בעתיד, יש לשפר את החלק הזה של המבחן באמצעות בחירת מימדים אחרים לתמונות ההשוואה.

מבחן הסימולטור פותח במיוחד לצורך מחקר זה. ולכן, בניגוד לחלק הראשון והשני של המבחן הממוחשב שעברו כבר מספר סבבים ניסוי במחקרים קודמים, מבחן הסימולטור נבדק פה לראשונה על מספר קבוצות ניסוי (מעבר לניסויים קודמים שבדקו הבדלים בין מנוסים לצעירים חסרי ניסיון) (Yona et al., in review). המטרה היתה לנסות למצוא הבדלים בין תכניות האימון ולא רק בין מנוסים לצעירים חסרי ניסיון. התוצאות לא היו עיקביות והשתנו בין התרחישים השונים. מדד המהירות לאורך התרחיש כפונקציה של סוג סביבת הנהיגה (עירוני/שכונתי) לא הוביל לאבחנה בין שיטות האימון ולכן פנינו לניתוח פרטני של ארועים בכל תרחיש. תוצאות מובהקות להבדלים בין קבוצות האימון נמצאו רק לעיתים רחוקות וגם אז רק במקטעי דרך מסויימים סביב ארוע הסכנה. יחד עם זאת, לתכנית האימון AAHTP המשולבת ול I-RAPT היו מספר ארועים גדול יותר בהן הן הציגו דמיון רב יותר לנהגים המנוסים (אם כי לא באופן שיטתי לכל אורך התרחישים). הנהגים שעברו את האימון ב AAHTP אקטיבי וקבוצת הביקורת הציגו בדרך כלל דפוס שונה מהמנוסים. הניתוח של הסכנות הממשיות במבחן הסימולטור מחזק טיעון זה כיון שגם במקרה זה הציגו שתי קבוצות האימון לעיל ביצועים טובים יותר מהאקטיבי והביקורת. אך חייבים להסתייג ולומר שבחינת זמני תגובה בסימולטור היא מורכבת ולא מדוייקת בשל הקושי להצביע בדיוק על אותה נקודה בזמן ממנה יש להתחיל לפעול. לכן, יש להתייחס לתוצאות של הסכנות הממשיות תוך הבנה של מגבלה זו ולנסות לתכנן בעתיד תרחישים בהם יהיה קל יותר לקבוע את נקודת הזמן ממנה יש להתחיל לפעול.

לבסוף, חשוב לציין כי אין לראות בכך שכל שלוש קבוצות הנהגים הצעירים חסרי הניסיון שעברו אימון היו שונות מהמנוסים כשלון של תכניות האימון. ההפך, יש לראות זאת מהפן החיובי, למרות שהנהגים הצעירים חסרי הניסיון עברו אימון קצר של שעה, לאחר שבוע, בעת המבחן, עדיין נמצאו הבדלים בין קבוצות האימון בעיקר המשולבת וה I-RAPT לבין קבוצת הביקורת ונמצאה נטייה לשיפור ולדמיון לנהגים המנוסים בכמה היבטים ובכמה ארועים ספציפיים. פרוש הדבר שיש לבחון יותר לעומק את היקף ההדרכה הנדרש על מנת ליצור שיפור משמעותי בהתנהגות הנהגים הצעירים חסרי הניסיון.

6.2 הצלחות והישגים מחקרניים

אחד התוצרים של המחקר הוא בניית תכנית ה I-RAPT. תכנית אימון לתפיסת סכנות המבוססת על סביבת הנהיגה הישראלית ועל עקרונות מתכנית ה RAPT שנבחנה במחקרים רבים בארה"ב. בתכנית ה I-RAPT הושם דגש על שמירת המבנה המקורי של ה RAPT יחד עם שינויים המבוססים על ניסיונו עם ה AAHTP שבעת האימון כדאי שהסכנות יתממשו. תכנית ה I-RAPT הציגה בחלק מהמימדים תוצאות טובות ביחס לקבוצת הביקורת. הישג נוסף וחשוב הוא הרחבת מאגר סרטוני הנהיגה (המשמשים את כל שיטות האימון שנבחנו) כולל בניית מבחן ממוחשב שהכיל מצבי נהיגה שלא היו קודם לכן במאגר כגון, צמתים, השתלבויות, כיכרות ועקיפות בדרכים בין עירוניות.

חידוש נוסף הוא האפשרות לבחון במחקר אחד את ביצועי הנהגים גם במבחן ממוחשב וגם בסימולטור נהיגה. רוב המחקרים בתחום בחנו ביצועים באחת מהשיטות ולא העריכו את אפקטיביות האימון בצורה כוללת כפי

שבוצע במחקר זה. מבחן הסימולטור שנבנה באופן יחודי למחקר זה מהווה אף הוא הישג משמעותי אם כי עדיין יש מקום לשפרו. פיתוח של שיטות מדידה והערכה היו אף הן נדבך חשוב בניתוח ממצאי המחקר הנוכחי ויוכלו לשמש גם במחקרי המשך. לסיום, המחקר הנוכחי עמד ביעדי המחקר ותמך בהשערות כי תכניות אימון מבוססות תרחישי נהיגה יכולות לשפר את מיומנות תפיסת הסכנות בקרב נהגים צעירים חסרי ניסיון, בעיקר באופן בו הם מתייחסים לסכנות שלא מתממשות. ביצועי הנבדקים שעברו אימון בתכנית AAHPPT המשולבת נמצאו במספר ממדים דומים לדפוסי הנהיגה של מנוסים יחסית לשאר קבוצות האימון.

6.3 מגבלות

כבכל מחקר גם למחקר זה מגבלות ויש לבחון את תוצאותיו על רקע מגבלות אלה. ראשית, מאגר התרחישים כלל רק נהיגה בתנאי מזג אויר טובים ולאור יום. לא ניתן להשליך ממחקר זה על דפוסי נהיגה בתנאי מזג אויר קשים או בלילה. שנית, יש להתייחס לכך שאורך האימון קצר מאד – כשעה ולכן השפעתו מוגבלת בהיקפה. בנוסף, המבחן נערך כשבוע לאחר האימון. כלומר, לא ניתן להשליך ממחקר זה על יעילותו של אימון ארוך טווח או על דפוס השינוי במיומנות תפיסת הסכנות לאורך זמן (במקרה של מחקר ארוך טווח, שני גורמים – העלייה בנסיון בנהיגה והאימון משפיעים על מיומנות הנהג ולכן כמובן לא התייחסנו במחקר זה). בנוסף, מבחני תפיסת סכנות בסימולטור נהיגה אינם נפוצים ושיטות לכימות והערכה של ביצועים בסימולטור בהקשר זה גם הן אינן מתוקפות היטב. לפיכך, למרות שמבחן הסימולטור שערכנו היה דיאגנוסטי והציג כמה מגמות להבדלים בין שיטות האימון השונות, עדיין יש מקום לשפר את תרחישי הנגיעה ואת המדדים כך שהם יהיו יותר רגישים למניפולציית האימון.

מחקרים העוסקים בפיתוח תרחישי הערכה לתפיסת סכנות בסימולטור הם נדירים ונדרש מחקר נוסף על מנת ל"נקות" את התרחישים מרעשים ולייצר הערכת ביצועים מדויקת. למרות שתרחישי הנהיגה שפותחו למחקר זה היו דיאגנוסטיים ברמה מסוימת והצביעו על מספר מגמות, יש לבצע שיפורים לתרחישים כדי לאפשר מדידה מדויקת ורגישה של שיפורים בנהיגה כתלות באימון. בנוסף, מבחן הסימולטור בניסוי זה היה רק בסוף המחקר, לאחר האימון. כדי להעריך בצורה מיטבית את השפעת האימון על הנהיגה מומלץ במחקרי המשך לבצע מבחן מקדים בסימולטור לפני האימון. גם זה אינו פתרון מיטבי שכן הבעייתיות בביצוע מבחן מקדים היא שהנבדק עשוי ללמוד ולהכיר את התרחישים ולצפות לאירועים במבחן הסופי. לחילופין, במידה ויש שונות רבה מדי בין התרחישים – לא ניתן יהיה להשוות ביניהם. כך שנושא זה וההעדפות בו אינן ברורות.

6.4 השלכות מעשיות

המחקר הנוכחי התמקד בבחינת הערך המוסף שכל תכנית הדרכה תורמת לידע המושגי ולמיומנות של נהגים צעירים ובלתי מנוסים בתקופת הליווי. מחקר רב בוצע במעבדתנו במהלך השנים האחרונות לצורך פיתוח הדרכה ה AAHPPT כולל בניית מאגר סרטוני נהיגה, בניית שיטות מבחן וכלי ניתוח והערכה. למרות כל זאת, עדיין יש צורך בעבודה נרחבת נוספת. ראשית, יש לבחון את האפשרות של העברת תכנית אימון משולבת המבוססת גם על ה AAHPPT המשולב וגם על ה I-RAPT, שתי מתודולוגיות שהציגו יתרון יחסי ביחס לקבוצת הביקורת והאימון ב AAHPPT אקטיבי. שנית, ניתן להרחיב ולחדד את מערך הבחינה לתפיסת סכנות. המבחנים שהצגנו פה ברובם התגלו כרגישים להבחנה בין מנוסים לבין נהגים צעירים חסרי ניסיון אך הצליחו פחות להבחין בהבדלים מינוריים בין קבוצות האימון השונות. בעיקר ניתן לשפר את מטלת הדירוג ואת תרחישי הנהיגה. שלישית, כל המאגר דן במצבי נהיגה "פשוטים" לכאורה לאור היום וללא תנאי מזג אויר קשים גם אליהם ניתן להתייחס במחקרי המשך. בנוסף, יש מקום לבחון אם הכלים שפותחו פה יכולים להתאים לנהגים אחרים שאיבדו מיומנות בתפיסת סכנות כתוצאה מתאונה או כתוצאה מזקנה וכד'.

- Ahn, W. K., & Medin, D. L. (1992). A two-stage model of category construction. *Cognitive Science*, 16, 81-121.
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Armsby, P., Boyle, A.J. & Wright, C.C. (1989). Methods for assessing drivers' perception of specific hazards on the road. *Accident Analysis & Prevention*, 21, 45-60.
- Benda, H.V. & Hoyos, C.G. (1983). Estimating hazards in traffic situations. *Accident Analysis & Prevention*, 15, 1-9.
- 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.
- Borowsky, A. (2011). Toward developing a model of hazard awareness and risk perception in driving August, PhD Thesis, Ben-Gurion University of the Negev.
- Borowsky, A., Oron-Gilad, T. & Parmet, Y. (2009). Age and skill differences in classifying hazardous traffic scenes. *Transportation Research part F*, 12, 277-287.
- Borowsky, A., Oron-Gilad, T. and Shinar, D. (2010). Age, skill and hazard perception in driving. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1240-1249.
- Borowsky, A., Oron-Gilad, T. and Parmet, Y. (in review). Exploring the Effects of Driving Experience on Hazard awareness and Risk Perception via Real-Time Hazard Identification, Hazard Classification, and Rating Tasks. *Accident Analysis and Prevention*, submitted June 2012.
- Chan E., Pradhan A.K., Pollastek A., Knodler M.A., & Fisher D.L. (2010). Are driving simulators effective tools for evaluating novice drivers' hazard anticipation, speed management, and attention maintenance skills? *Transportation Research*: 13(5): 343-353.
- Chapman, P., & Underwood, G. (1998). Visual search of driving situations: Danger and experience. *Perception*, Vol, 27, pp. 951-964.
- Chapman, P., Underwood, G., Roberts, K. (2002). Visual search patterns in trained and untrained novice drivers. *Transportation Research Part F*. 2002; 5: 157-167.
- Crick, J., & McKenna, F.P. (1991). Hazard perception: Can it be trained? *Proceedings of Manchester University Seminar: Behavioural Research in Road Safety II*.
- Crundall D.E, & Underwood G. (1998). The effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41 (4), 448-458
- Crundall, D., Andrews, B., van Loon, E., Chapman, P. (2010). Commentary training improves responsiveness to hazards in a driving simulator. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 2117-2124.

- Deery, H. A. (1999). Hazard and Risk Perception among Young Novice Drivers. *Journal of Safety Research*, 30 (4), 225-236.
- De Craen, S., Twisk, D. A. M., Hagenzieker, M. P., Elffers, H., & K. A. Brookhuis, K. A. (2009). The Adaptation Test: The Development of a Method to Measure Speed Adaptation to Traffic Complexity. *Proc. of the Fifth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, pp. 299-306.
- 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, 279-294.
- Elsner, B., & Hommel, B. (2001). Effect anticipation and action control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 229-240
- Endsley, M.R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32-64.
- Ferguson, S. A. (2003). Other high-risk factors for young drivers - how graduated licensing does, doesn't, or could address them. *Journal of Safety Research*, Vol. 34, pp. 71-77.
- Finn, P., & Bragg, B. W. E. (1986). Perception of the risk of an accident by young and older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 18, 289-298.
- Fisher, D.L., Pollatsek, A.P., Pradhan, A. (2006). Can novice drivers be trained to scan for information that will reduce their likelihood of a crash? *Injury Prevention*, 12, 25-29.
- Fisher, D.L., Laurie, N.E., Glaser, R., Connerney, K., Pollatsek A., Duffy S.A. & Brock J. (2002). Use of fixedbase driving simulator to evaluate the effects of experience and PC-based risk awareness training on drivers' decision. *Human Factors*, 287-302.
- Ganton, N. and Wilde, G.J. S. (1971). Verbal ratings of estimated danger by drivers and passengers as a function of driving experience. *Studies in Safety Transport*, Queen's University, Kingston, Ontario.
- Gregerson, N., Petter, B.B. & Moren, B. (1996). Road Safety Improvement in Large Companies. An Experimental Comparison of Different Measures. *Accident Analysis & Prevention*, 28(3), pp.297-306.
- Gitelman, D. R. (2002). ILAB: a program for postexperimental eye movement analysis. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*. 34.4, 605-612.
- 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>.

- Heino, A., van der Molen, H. H., & Wilde, G. J. S. (1996). Risk Perception, Risk Taking, Accident Involvement and the Need for Stimulation. *Safety Science*, 22(1-3), 35-48.
- Horswill, M.S., & McKenna, F.P. (2004). A cognitive approach to situation awareness: Theory and application. In S. Banbury, & S. Tremblay (eds.), (pp 155-175). Ashgate Publishing.
- Huestegge, L., Skottke, E. M., Anders, S. Müsseler, J., & Debus, G. (2010). The development of hazard perception: Dissociation of visual orientation and hazard processing. *Transportation Research Part F*, vol., 13, pp. 1–8.
- Huestegge, L. & Koch, I. (2012). Eye movements as a gatekeeper for memorization: Evidence for the persistence of attentional sets in visual memory search. *Psychological Research*, 76, 270-279.
- Logan, G.D. (1985). Executive control of thought and action. *Acta Psychologica*, 60, 193-210.
- Mayhew, D. R., Simpson, H.M., & Pak, A. (2003). Changes in collision rates among novice drivers during the first months of driving. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 683–691.
- Macdonald W. Young driver research program: A review of information on young driver crashes. Report CR128. Canberra, Australia: Federal Office of Road Safety; 1994.
- McGowan A. & Banbury S. (2004). Evaluating interruption-based techniques using embedded measures of driver anticipation. In: S.P. Banbury and S. Tremblay (Eds.) , A Cognitive Approach to Situation Awareness, Ashgate Publishing, Aldershot, Hampshire. pp. 176–192.
- Matthews, M. L., & Moran, A. R. (1986). Age differences in male drivers' perception of accident risk: The role of perceived driving ability. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 18, pp. 299-313.
- McCartt, A.T., Mayhew, D.R., Braitman, K.A., Ferguson, S.A. & Simpson, H.M. (2009). Effects of age and experience on young driver crashes: a review of recent literature. *Traffic Injury Prevention*, 10, 209-219
- McGowan A. & Banbury S. (2004). Evaluating interruption-based techniques using embedded measures of driver anticipation. In: S.P. Banbury and S. Tremblay (Eds.), A Cognitive Approach to Situation Awareness, Ashgate Publishing, Aldershot, Hampshire. pp. 176–192.
- McKenna, F.P. & Crick, J.L. (1994). Hazard perception in drivers: a methodology for testing and training. Department of Transport, TRL CR313, Transport and Road Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire.
- McKenna, F.P., Horswill, M.S. & Alexander, J. (2006). Does anticipation training affect drivers' risk taking? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 12(1), 1-10.
- Meir, A., Borowsky, A., Oron-Gilad, T., Parmet, Y. & Shinar, D. (2010). “Act and Anticipate Hazard Perception Training for Young-Inexperienced Drivers” 3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE), Miami FL.

- Meir, A., Borowsky, A., & Oron-Gilad, T. (in review; submitted December 2012; revised Jan 2013). Act and Anticipate Hazard Perception Training (AAHPT) - a novel paradigm for training young-novice drivers' hazard perception abilities. *Traffic Injury prevention*.
- Mills, K.L., Hall, R.D., McDonald, M., & Rolls, G.W.P. (1998). The effects of hazard perception training on the development of novice driver skills. Report to Department Environment, Transport & Regions.
- Mourant, R. R., & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14, 325-335.
- Oron-Gilad, T., Meir, A., Borowsky, A. & Shinar, D. (2010). Towards developing a hazard perception training program for enhancing young-inexperienced drivers' abilities. Final Scientific Report, The Ran Naor Foundation.
- Oron-Gilad, T. & Borowsky, A. (in press). Hazard Awareness in Driving. *The Handbook of Applied Perception Research*. Edited by: James L. Szalma, Mark Scerbo, Raja Parasuraman, Peter A. Hancock, and Robert R. Hoffman.
- Pelz, D. C. & Krupat, E. (1974), Caution profile and driving record of undergraduate males. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 6, pp. 45-58.
- Pradhan, A. K., Pollatsek, A., Knodler, M., & Fisher, D. L. (2009). Can younger drivers be trained to scan for information that will reduce their risk in roadway traffic scenarios that are hard to identify as hazardous? *Ergonomics*, 52, 657-673.
- Pradhan, A.K., Fisher, D.L., Pollatsek, A. (2005). The Effects of PC-Based Training on Novice Drivers' Risk Awareness in a Driving Simulator. 3rd International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, Rockport, Maine.
- Pollatsek, A., Narayanaan, V., Pradhan, A., & Fisher, D. L. (2006), Using eye movements to evaluate a PC-based risk awareness and perception training program on a driving simulator. *Human Factors*, 48, 447-464.
- Regan, M., H.A. Deery and T.J. Triggs. (1998): "A technique for enhancing risk perception in novice car drivers", Accepted for the Road Safety Research, Policing, Education Conference, Wellington, November 16-17.
- Regan M.A., Triggs T.J., and Godley S.T. (2000). Simulator-based evaluation of the DriveSmart novice driver CD-ROM training product. *Proceedings of the Road Safety Research, Policing and Education Conference*.
- Sabey, B.E & Taylor, H. (1980). The known risks we run: the highway. Societal Risk Assessment. Albers, W.A. and Schwing R.C. (eds), New York, Plenum Press.

- Sagberg, F. & Bjørnskau, T. (2006). Hazard perception and driving experience among novice drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 3, 407–414.
- Schneider, W. & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.
- Sexton, B. (2000). Development of Hazard Perception Testing, in proceedings of the DETR Novice Drivers Conference, Bristol. Available at www.dft.gov.
- Toroyan, T., Harvey, A., Bartolomeos K. & Laych K. (2009). World Report on Road Traffic Injury Prevention. Geneva: World Health Organization.
- Underwood, G. (2007). Visual attention and the transition from novice to advanced driver. *Ergonomics*, 8, pp. 1235–1249.
- Vidoni, E. D., McCarley, J. S., Edwards, J. D. & Boyd, L. A. (2009). Manual and oculomotor performance develop contemporaneously but independently during continuous tracking. *Experimental Brain Research*, 195(4), 611–620
- Wallis, T. S. A., & Horswill, M. S. (2007). Using fuzzy signal detection theory to determine why experienced and trained drivers respond faster than novices in a hazard perception test. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 1177–1185.
- Wang, Y.B., Zhang, W., & Salvendy G. (2010). A Comparative Study of Two Hazard Handling Training Methods for Novice Drivers. In *Traffic Injury Prevention*. (pp 483 – 491). London, UK: Publisher Taylor & Francis.
- Wang, Y.B., Peng, P., Liang, L., Zhang, W., and Wu, S. (2007). Road Hazard Reaction Testing Using Driving Simulation: the Novice vs. the Experienced Drivers. *Proceedings of the 2007 IEEE IEEM*.
- Williams, A., Ferguson, S. & Shope, J. (2002). Rationale for graduated licensing and the risks it should address. 8: ii9–ii16.
- Yona, O., Borowsky, A., Oron-Gilad, T. & Parmet, Y. (2012). "The use of a homogeneity measure to identify hazard perception abilities of novices and experienced drivers in a driving simulator". *Human Factor Ergonomics Society 56th Annual Meeting*.
- Yona, O., Borowsky, A., Parmat, Y. & Oron-Gilad, T. (in review), Hazard perception differences between young-novice and experienced drivers: A driving simulator study. *Human Factors*.
- Zuckerman, M. (1994). *Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking*. New York: Cambridge Press.
- מגמות בבטיחות בדרכים בישראל 2005-2011, הפקה מדעית: ד"ר שי סופר, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים.
<http://rsa.gov.il/meidamechkar/meidastatisti/Pages/megamot.aspx>

תודות

אנו רוצים להודות למספר גדול של סטודנטים לתואר ראשון שסייעו בשלבים שונים של הפרויקט: רונלי דורון, בתאל פס, אורי בנעזר, שרון שרעבי, חן מולד, שירי ליבמן, בת-חן מצובה, מעין לוי. למתכנת שלנו אסף שי, לחברי הצוות המורחב ענת מאיר ופרופ' דוד שנער על עזרתם והערותיהם במהלך המחקר. לבסוף אנו רוצים להודות לפרופ' דון פיישר ששיתף עמנו פעולה בהעברת ה RAPT לגירסה העברית ובמתן משוב בשלבים שונים של המחקר.

נספח 1. תרחישי ה I-RAPT

כללי: כשנאמר רכב הנבדק הכוונה לזווית הראיה ממנה הנהג היה רואה את הדרך לו היה נוהג ברכב.

תרחיש 1. כביש ארבע מסלולי - דו נתיבי לכל כיוון, המופרד על ידי אי-הפרדה. רכב הנבדק נהג ישר לקראת צומת. היה קשה לנהג לראות רכב שעמד להכנס לצומת משמאל בשל הצמחיה המרובה על אי-ההפרדה.



איור 32. אזור ענין בתרחיש 1 I-RAPT

תרחיש 2. כביש ארבע מסלולי - דו נתיבי לכל כיוון, המופרד על ידי אי-הפרדה. רכב הנבדק נהג ישר לקראת צומת. הנהג מתקשה לראות רכב שעמד להכנס לצומת משמאל בשל הצמחיה המרובה על אי-ההפרדה.



איור 33. אזור ענין בתרחיש 2 I-RAPT – מקום ממנו עלול לצוץ רכב משמאל

תרחיש 3. עיקול בכביש ועלייה לקראת צומת T - מונעים מנהג הרכב להבחין בפניה שמאלה וברכבים המגיעים מכיוון זה.



איור 34. אזור ענין בתרחיש 3 I-RAPT – מימין: סכנה ממשית, משמאל: סכנה פוטנציאלית אין רכב בצומת.

תרחיש 4. כביש דו נתיבי, רכבים חונים משמאל ורכבים הנוסעים בנתיב הנגדי מקשים על נהג הרכב להבחין בפניה שמאלה.



איור 35. אזור ענין בתרחיש 4 I-RAPT

תרחיש 5. כביש ארבע מסלולי - דו נתיבי לכל כיוון, המופרד על ידי אי-הפרדה. רכב הנבדק מתקרב למעבר חציה וגם לאחר מכן לצומת בה רכבים חוצים.



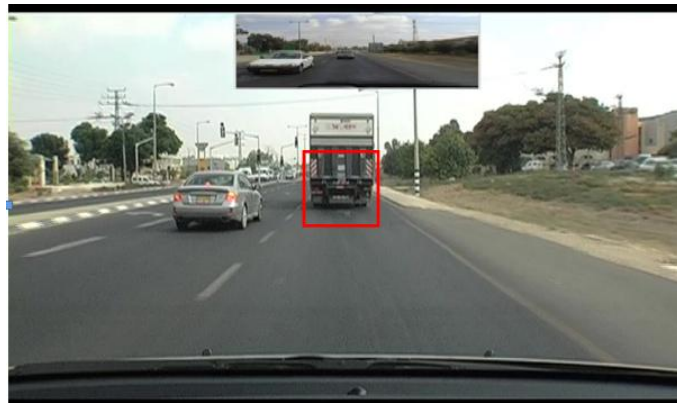
איור 36. אזור ענין בתרחיש 5 I-RAPT

תרחיש 6. כביש ארבע מסלולי - דו נתיבי לכל כיוון, המופרד על ידי אי-הפרדה. רכב הנבדק מתקרב למעבר חציה וגם לאחר מכן לצומת בה רכבים חוצים.



איור 37. אזור ענין בתרחיש 6 I-RAPT

תרחיש 7. כביש ארבע מסלולי - דו נתיבי לכל כיוון, המופרד על ידי אי-הפרדה. רכב הנבדק מתקרב למעבר חציה וגם לאחר מכן לצומת בה רכבים חוצים.



איור 38. אזור ענין בתרחיש I-RAPT 7

תרחיש 8. שדה הראיה של הנהג היה חסום בחלקו על ידי עיקול בכיבש. רכב הנבדק.



איור 39. אזור ענין בתרחיש I-RAPT 8

תרחיש 9. רכב הנבדק התקרב לצומת הראשונה באיטיות ואז פנה ימינה לתוך כביש דו כיווני.



איור 40. אזור ענין בתרחיש I-RAPT 9

נספח 2. סרטוני הנהיגה ב אימון ה AAHPT לפי סיווג

Movie Number	Training Methodologies	Primary Hazard Category	Instigator Type	Hazard Type	Traffic Environment
13	Active	Roadway Hazard	Intersection	Potential	Urban
16	Active, Hybrid	surrounding	Field of view	Potential	Urban
17	Active	Road Users	Pedestrian	Potential	Urban
27	Active	Road Users	Pedestrian	Potential	Urban
28	Active, Hybrid	Road Users	Pedestrian	Actual	Inter-city
30	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city
32	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city
43	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
54	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
61	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city
63	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city
65	Active	surrounding	field of view	Potential	Residential
68	Active	Road Users	Vehicle behavior	Potential	Inter-city
70	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Urban
71	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Residential
80	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Residential
89	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Residential
91	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Inter-city
93	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
94	Active, Hybrid	Road Users	Pedestrian	Actual	Urban
96	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Residential
102	Active, Hybrid	Road Users	Pedestrian	Actual	Residential
106	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
114	Active	Surrounding	Field of view	Potential	Inter-city
119	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Residential
128	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city
129	Active	Surrounding	Field of view	Potential	Inter-city
138	Active	Surrounding	Field of view	Potential	Residential
143	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
149	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
151	Active	Road Users	Driver's behavior	Actual	Inter-city
158	Active	Surrounding	Field of view	Potential	Inter-city

162	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city
171	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
177	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
178	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
186	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Residential
188	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Residential
190	Active, Hybrid	Road Users	Driver's behavior	Actual	Residential
192	Active, Hybrid	Roadway Hazard	Crosswalk	Potential	Urban
196	Active, Hybrid	Road Users	Pedestrian	Actual	Residential
198	Active, Hybrid	Road Users	Pedestrian	Actual	Urban
199	Active, Hybrid	Surrounding	Field of view	Potential	Residential
202	Active	Road Users	Driver's behavior	Actual	Inter-city
208	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Inter-city
220	Active, Hybrid	Surrounding	Field of view	Potential	Residential
224	Active, Hybrid	Surrounding	Field of view	Potential	Urban
226	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Residential
227	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Residential
228	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
230	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
235	Active	Roadway Hazard	Intersection	Potential	Residential
236	Active, Hybrid	Road Users	Pedestrian	Actual	Urban
238	Active	surrounding	Field of view	Potential	Urban
247	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Residential
249	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Residential
251	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Residential
256	Active, Hybrid	Road Users	Pedestrian	Actual	Urban
274	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city
276	Active	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Urban
278	Active, Hybrid	Road Users	Driver's behavior	Actual	Inter-city
286	Active	Road Users	Pedestrian	Actual	Inter-city
289	Active, Hybrid	Road Users	Vehicle behavior	Actual	Inter-city

English Abstract

Young-novice drivers' poor hazard perception (HP) skills is a prominent cause for their over-involvement in traffic crashes. Hazard perception, the ability to read the road and anticipate forthcoming events, is receptive to training. The present research explored the development and evaluation of HP training interventions – the Act and Anticipate Hazard Perception Training (AAHPT), which is based upon exposing young-novice drivers to a vast array of actual traffic hazards they would normally not encounter with their minimal experience. AAHPT training modes were 'Active' or 'Hybrid'. The 'Active' members observed video-based traffic-scenes and were asked to press a response button each time they detected a hazard. 'Hybrid' members observed a condensed theoretical component followed by a condensed active component. The PC-based risk awareness and perception training (RAPT) developed in the USA for young-novice American drivers by Fisher and colleagues, is a training program that aims to convey to novice drivers potentially hazardous locations. This program was adapted to the Israeli driving environment, and a modified version (I-RAPT) was also administered as one of the experimental conditions of the study. The control group was presented with a tutorial concerning road safety.

Approximately one week later, participants performed a combined hazard perception test (HPT). In the HPT computer based component, participants observed additional movies and pressed a response button each time they detected a hazard. In the HPT simulator component, participants drove in urban and residential areas while responding to various events that occurred along the drive. Finally, experienced drivers performed the HPT and served as a gold standard for comparison. For the PC based test, participants' response sensitivity, response times, and eye-scanning-patterns were examined and analyzed. Overall, the 'Hybrid' mode was more aware of potential hazards relative to the control group. Advantages of each of the training methodologies are discussed. For the simulator test, it was evident that the differences between the various training groups were not consistent across all driving scenarios and that although the RAPT and hybrid trainees showed some similarities to experienced drivers in certain scenarios – there was still a gap between experienced and novice drivers. It is possible that a more prolonged and extensive training manipulation is necessary and future studies can evaluate this both by combining training methodologies and by testing additional young novice drivers.



Towards developing a hazard perception training program for enhancing young-inexperienced drivers' abilities



- Tal Oron-Gilad, Ph.D., Principal Investigator
- Shani Avnieli
- Omri Yona
- Avinoam Borowsky, Ph.D.
- Hagai Tapiro
- Statistical advisor: Yisrael Parmat, Ph.D.

Scientific management: Dr. Shay Soffer, Chief Scientist, National Road Safety Authority
Research management: Research Division, National Road Safety Authority

March 2013



Towards developing a hazard perception training program for enhancing young-inexperienced drivers' abilities



- Tal Oron-Gilad, Ph.D., Principal Investigator
- Shani Avnieli
- Omri Yona
- Avinoam Borowsky, Ph.D.
- Hagai Tapiro
- Statistical advisor: Yisrael Parmat, Ph.D.

Scientific management: Dr. Shay Soffer, Chief Scientist, National Road Safety Authority
Research management: Research Division, National Road Safety Authority

March 2013