



# כיוונים חדשים בבטיחות בדרכים

## סקירת ספרות וחידושים

עורכים מדעיים: פרופ' שלום הקרט, פרופ' שלמה בכור  
וגב' רונית רווח  
ניהול מדעי: ד"ר שי סופר, המדען הראשי,  
הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים  
ליווי מחקרי: חטיבת המידע והמחקר

גיליון 55  
ינואר 2013



שבט תשע"ג

ינואר 2013

שלום רב,

הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים מקדמת תרבות של בטיחות וסובלנות בדרכים, על מנת להפחית את מספר הנפגעים בתאונות דרכים.

בהתאם לחוק, פועל ברשות הלאומית לבטיחות בדרכים מרכז לאומי למידע ולמחקר בבטיחות בדרכים.

בשנת 2010 ערכה הרשות כנס בינלאומי בירושלים בנושא בטיחות וניידות של משתמשי הדרך הפגיעים: הולכי רגל, רוכבי אופניים, ורוכבי אופנוע בשיתוף TRB ו- FERSI.

לכנס הגיעו כ-200 חוקרים, אנשי מקצוע וקובעי מדיניות מחמש יבשות ועשרים מדינות. מעל 100 מחקרים ותוכניות המיושמות בהצלחה הוצגו בו.

לכבוד הכנס פרסם כתב העת Accident Analysis & Prevention חוברת מיוחדת עם מבחר מהמאמרים שהוצגו בכנס.

בחוברת כיוונים זו בחרנו להציג בפניכם הקוראים את כל תקצירי המאמרים ואת חלקם להגיש בשלמותם.

אני מקווה כי תמצאו עניין רב בחוברת זו ומאחל לכם קריאה מועילה.

בברכה,



ד"ר שי סופר  
המדען הראשי



## תוכן עניינים

2

### מאמר המערכת

בטיחות וניידות של משתמשי הדרך הפגיעים: הולכי רגל, רוכבי אופניים ואופנועים (משתמשי הדרך הפגיעים)

### תקצירים

6	מגמות בתאונות הולכי רגל ואמצעי מניעה פוטנציאליים מרחבי העולם
7	רכב מנועי דו-גלגלי בעולם משתנה - אתגרים והזדמנויות
8	איך לעשות את הרכיבה על האופניים והאופנועים לדבר הטוב ביותר עבור הבטיחות בדרכים
9	התנהגות של הולכי רגל במעברי חצייה: השפעתם של הפחד מנפילה ושל הגיל
10	ביצועי נהגים ותמרוני "האט ותן זכות קדימה" כתגובה לתרחישים רבי סיכונים במעברי חצייה
11	הבדלים בחציית כביש, הקשורים לגיל, לפני ואחרי הכשרה של הולכי רגל מבוגרים
13	תפיסת הולכי רגל מנקודת המבט של נהגים מבוגרים מנוסים ושל נהגים מנוסים
14	מיפוי דפוסי תאונות קטלניות של הולכי רגל בישראל
15	מאפייני תאונות הולכי רגל ובחינה של פתרונות תשתית לשיפור הבטיחות בישראל
17	היבטים על מערכות בקרת יציבות לאופנועים
18	זיהוי תצורות שונות של הפנסים הקדמיים באופנועים
19	מדוע נהגי מכוניות אינם מצליחים לתת זכות קדימה לאופנועים בצומת T?
20	תשומת לב ובולטות חיפוש של אופנועים כפונקציה של ההקשר החזותי
22	הבחנה במכוניות עוקפות ובאופנועים באמצעות שימוש במראות לפני החלפת נתיב
23	האופן שתופסים רוכבי אופנוע את השימוש בקסדה: תלונות וחוסר שביעות רצון
24	השוואה בין שני אמצעי אזהרה של מערכת אזהרת עיקול מתוחכמת עבור רוכבי אופנוע
24	במחקר סימולאטור
25	הערכת הימצאות תיבות אופניים בצמתים מרומזרים
26	פגיעות אופניים: עניין של מכניזם (מנגנון) וגיל
27	בטיחות בדרכים בת קיימא: דוגמה לתכנון דפוס רחובות בשכונה, המציל חיי משתמשי דרך פגיעים
29	פרמטרים סיבתיים של תאונות ושל הגנה מפני פגיעות עבור משתמשי הדרך הפגיעים בהתבסס על מחקר העומק הגרמני בנושא תאונות, GIDAS
30	אופטימיות לגבי בטיחות ופרשנויות קבוצתיות של בטיחות בקרב הולכי רגל ורוכבי אופניים
31	ביחס לשימוש בדרכים באופן כללי, ובתנאי תאורה חלופה
31	כיצד תופסים הנהגים את משתמשי הדרך הפגיעים: גישת תפיסת סיכון

### מאמרים מלאים

32	מגמות בתאונות הולכי רגל ואמצעי מניעה פוטנציאליים מרחבי העולם
40	התנהגות הולכי רגל במעברי חצייה: השפעתם של הפחד מנפילה ושל הגיל
46	הבדלים בחציית כביש הקשורים לגיל, לפני ואחרי הכשרה של הולכי רגל מבוגרים
52	תשומת לב ובולטות חיפוש של אופנועים כפונקציה של ההקשר החזותי
59	מיפוי המאפיינים של תאונות דרכים קטלניות להולכי רגל בישראל
67	היבטים במערכות בקרת יציבות לאופנועים
75	הבחנה במכוניות עוקפות ובאופנועים באמצעות שימוש במראות לפני החלפת נתיב
83	מדוע נהגי המכוניות אינם מצליחים לתת זכות קדימה לאופנועים בצומת T?
90	הערכת הימצאות תיבות אופניים בצמתים מרומזרים
98	בטיחות בדרכים בת קיימא: דוגמה לתכנון דפוס רחובות בשכונה, המציל חיי משתמשי דרך פגיעים
105	אופטימיות לגבי בטיחות ופרשנויות קבוצתיות של בטיחות בקרב הולכי רגל ורוכבי אופניים
105	ביחס לשימוש בדרכים בכלל, ובכבישים דלי תאורה
108	פרמטרים סיבתיים של תאונות והגנה מפני פגיעות עבור משתמשי הדרך הפגיעים
108	בהתבסס על מחקר העומק הגרמני בנושא תאונות, GIDAS



## Safety and mobility of vulnerable road users: Pedestrians, bicyclists, and motorcyclists.

Shinar, D. (2012). Acc. Anal. Prev. Vol. 44, pp. 1-2.

### מאמר המערכת

בטיחות וניידות של משתמשי הדרך הפגיעים: הולכי רגל, רוכבי אופניים  
ואופנוענים (משתמשי הדרך הפגיעים)

### תקציר

הבטיחות בכבישים השתפרה מאוד בעשורים האחרונים, אבל ההתקדמות בבטיחות בניידות של משתמשי הדרך הפגיעים, בעיקר רוכבי האופנוע, לא התרחשה באופן עקבי. המגמות המשתנות כלפי אורח החיים הבריא, האקולוגי, הוכפלו יחד עם העלייה בעלויות הדלק והגדילו את החשיפה ואת הסיכון לפגיעה של הולכי רגל, רוכבי האופנוע והאופניים, בעיקר באזורים עירוניים. בכדי לעסוק בבעיות של ניידות בטוחה של משתמשי הדרך הפגיעים, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים בישראל ארגנה כנס בינלאומי בנושא. גיליון מיוחד זה מכיל את המסמכים/המאמרים שהוצגו בשלוש אסיפות המליאה הקשורות לניידות בטוחה של כל אחד משתמשי הדרך הפגיעים, ו-18 מאמרים נוספים מתוך כ-100 מאמרים שהוצגו בכנס ומתפרסמים בכתב העת AAP.

בעשורים האחרונים אנו עדים לשיפורים מדהימים בתחום הבטיחות בדרכים. בכל קנה מידה, יש ירידה באחוז ההרוגים והתאונות הקטלניות כמעט בכל מדינה (שנער, 2007; OECD, 2009).

מבחינה היסטורית מרבית ההתערבויות התמקדו בבטיחות כלי הרכב (World Bank, 2009). עם זאת, השיפורים העקביים והמשמעותיים בבטיחות הרכב שהושגו ברוב המדינות במהלך עשרות שנים לא בהכרח לוו במקביל בשיפור הבטיחות של כל משתמשי הדרך הפגיעים, במיוחד במדינות מעוטות הכנסה ויכולת.

ברחבי העולם, משתמשי דרך פגיעים מהווים כמעט מחצית (46%) של ההרוגים בתאונות דרכים, ובמדינות מעוטות הכנסה שיש בהן יותר מ-90% של מקרי מוות בכביש, עיקר משתמשי הדרך הפגיעים הם הולכי הרגל, רוכבי האופנועים והאופניים והנוסעים בתחבורה ציבורית לא בטוחה (WHO, 2009). במדינות בעלות הכנסה גבוהה, הגדלת המינור יחד עם תשתית כבישים משופרת הקטינו את החשיפה של הולכי הרגל ורוכבי האופניים, ומספר ההרוגים בקרב הולכי הרגל ורוכבי האופניים ירד אף יותר מהירידה במספר הכולל של הרוגי תאונות הדרכים.

עם זאת, העלייה בעלויות הדלק ושאר שינויים באורח החיים הגדילו את החשיפה של רוכבי אופנוע, וחלה האטה בבטיחות שלהם, עד כי במדינות מסוימות (בעיקר אוסטרליה, צרפת, פורטוגל וארה"ב) מספר רוכבי האופנוע אשר מתו בתאונות דווקא עלה ב-4-3 השנים האחרונות (ראה טבלה 1). ההזנחה היחסית של בטיחות משתמשי הדרך הפגיעים לא חמקה מתשומת הלב של הארגונים הבינלאומיים.

בשנת 2010 בעצרת הכללית של האו"ם הומלץ על חיזוק ניהול הבטיחות בדרכים עם תשומת לב מיוחדת לצרכים של משתמשי הדרך הפגיעים, כגון הולכי רגל, רוכבי אופניים ואופנועים.

יתר על כן, סביר להניח כי הדאגה לניידות הבטוחה של משתמשי הדרך הפגיעים רק תגדל בשנים הבאות ככל שמגמת העיור תימשך (UN, 2010). הסיבה לכך היא שמשתמשי הדרך הפגיעים מהווים



את רוב הנפגעים הקשים בכבישים, בעוד נהגי המכוניות, בדרך כלל, מהווים פחות מ-10% מההרוגים (ראה איור 1).

לכן, המספר הגדל והולך של משתמשי הדרך הפגיעים וחשיפתם הגוברת, בשילוב ניידות ובטיחות של משתמשי הדרך הפגיעים, מהווה נושא עיקרי הן במדינות מפותחות והן במדינות מתפתחות. נדרשים מאמצים מתואמים על מנת לנתח, להבין ולהגדיר את הליכה של הנושאים הבטיחותיים הקשורים למשתמשי הדרך הפגיעים בכדי להציע, להעריך ולנקוט צעדי נגד.

כדי לטפל בבעיות אלה, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים ארגנה ואירחה בתאריכים 30 במאי – 2 ביוני 2010, בירושלים, כנס בינלאומי בנושא בטיחות וניידות של משתמשי הדרך הפגיעים: הולכי רגל, רוכבי אופניים, ואופנוענים. הכנס נערך בחסות משותפת של TRB ו-FERSI.

מטרת הכנס הייתה להפגיש בין המידע המדעי העדכני ביותר, שיטות העבודה המומלצות והמדיניות היעילה של מדינות שונות, מתוך תקווה כי באמצעות סיעור המוחות והחלפת הדעות האישיות של אנשי מקצוע המחויבים לנושאי הבטיחות, ניתן יהיה להשיג שיפורים משמעותיים.

בכנס השתתפו יותר מ-200 חוקרים, קובעי מדיניות, ואנשי מקצוע פעילים מ-20 מדינות שונות מאוסטרליה, אפריקה, אסיה, אירופה, צפון אמריקה ודרום אמריקה.

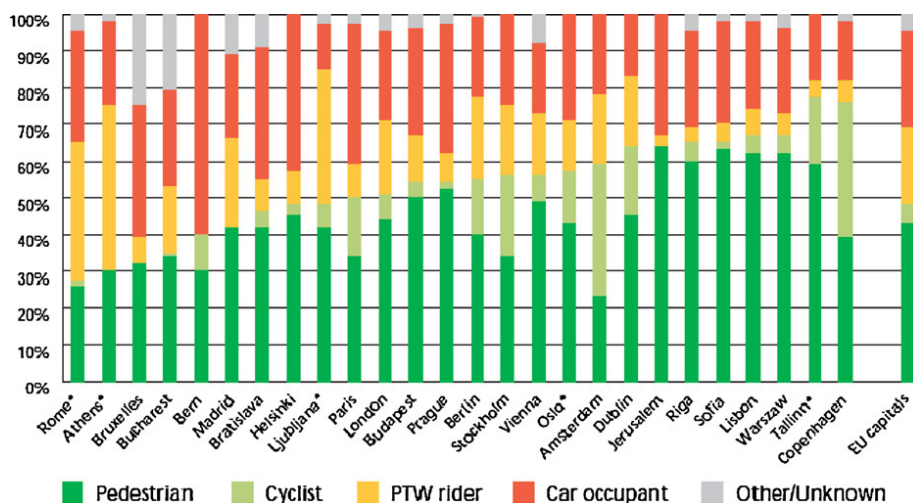
למעלה מ-100 מאמרים הכוללים ממצאים עדכניים, בעלי מדיניות מוכחת, ותוכניות מיושמות ומוצלחות הוצגו בכנס.

מבין אלה, 19 מאמרים עברו בהצלחה את ועידת השיפוט של כתב העת AAP. מאמרים אלה מוצגים בגיליון מיוחד זה בנושא הבטיחות של משתמשי הדרך הפגיעים.

את התוכנית המלאה של כל התקצירים והמצגות ניתן לראות באתר האינטרנט של NRSA <http://www.rsa.gov.il/ConferenceNew/Pages/ConferenceSafety.aspx>.

איור 1. התפלגות מקרי מוות בכבישים לפי משתמשי הדרך בבירות האיחוד האירופי, המתבססת על ערכים ממוצעים לשנים 2004-2006, ומדורגת על ידי חלקם של הולכי רגל ורוכבי אופניים יחדיו.

מקור: OECD 2009





## טבלה מס' 1

אחוז השינוי במדד ההרוגים בתאונות דרכים במדינות ה-OECD, בסך הכול רוכבי אופניים, אופנועים והולכי רגל, 1970-2008 (OECD 2009)

**Table 1**  
Percent change in traffic fatalities in OECD countries – overall, bicyclists, motorcyclists and pedestrians – 1970–2008 (OECD, 2009).

Country	Overall	Bicyclists	Motorcyclists <sup>a</sup>	Pedestrians
Australia	-61	-72	+42	-77
Austria	-69	-92	-63	-88
Belgium*	-55	-63	-20	-80
Canada**	-49	-31	-19	-36
Denmark	-66	-64	-5	-82
Finland	-67	-88	-13	-84
France	-74	-83	+138	-84
Germany	-80	-78	-68	-90
Ireland	-48	-77	-45	-78
Netherlands	-44	-72	-21	-91
New Zealand	-44	-64	+16	-69
Norway	-54	-76	+23	-82
Portugal	-45	-68	+137	-75
Sweden	-70	-79	-4	-85
Switzerland	-78	-76	-48	-88
United Kingdom***	-66	-63	-56	-71
United States	-29	-8	+132	-51

\* 1970–2007.

\*\* 1970–2006.

\*\*\* 1980–2008.

<sup>a</sup> Includes riders of motor-scooters.

שלושת המאמרים הראשונים בגיליון זה מבוססים על הרצאות המליאה שהוצגו על ידי חוקרים ותיקים, אשר סיפקו הגדרה רחבה ועיקרית ל-3 הקבוצות של משתמשי הדרך הפגיעים: "מגמות בתאונות הולכי רגל ואמצעי מניעה פוטנציאליים מרחבי העולם" (by Bushell and Zegeer). "איך לעשות את הרכיבה על האופניים והאופנועים לדבר הטוב ביותר עבור הבטיחות בדרכים" (by Wegman, Zhang and Dijkstra) ו"רכב מנועי דו גלגלי בעולם משתנה - אתגרים והזדמנויות" (by Haworth).

מבין 19 המאמרים שנתרו, 6 הראשונים מתמקדים באופן בלעדי בהולכי רגל, 7 הבאים מתמקדים באופן בלעדי ברוכבי האופנוע, שניים מתמקדים באופן בלעדי ברוכבי אופניים, ו-4 הנוותרים פונים ליותר מסוג אחד של משתמשי הדרך הפגיעים.

המחקרים משקפים מגוון רחב של שיטות מחקר ממעבדות וסימולטורים, עד לניסיון בכבישים וניתוח סטטיסטי של נתונים לאומיים בסיסיים. הם מהווים שם דבר בשיטות המחקר, הממצאים, ההשלכות וההמלצות לבטיחות המרבית עבור משתמשי הדרך הפגיעים.

## מראי מקום

OECD, 2009. European Transport Safety Commission (ETSC). 2010 On the Horizon: 3rd Road Safety PIN Report.

Shinar, D., 2007. Traffic Safety and Human Behavior. Elsevier, Oxford.

U.N., 2010. Global safety crisis: improving global road safety. Sixty-fourth session, Agenda item 46, Russian Federation: draft resolution.



World Bank, 2009. *Confronting Death on Wheels: Making Roads Safe in Europe and Central Asia*, Washington, DC.

WHO, 2009. *Global Status Report on Road Safety: Time for Action*. World Health Organization, Geneva.

דוד שנער,

המדען הראשי ברשות הלאומית לבטיחות בדרכים, ישראל

באוניברסיטת בן גוריון בנגב

כתובת דואר אלקטרוני: [shinar@bgu.ac.il](mailto:shinar@bgu.ac.il)



## **Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world**

Charles V. Zegeer, Max Bushell

University of North Carolina, Highway Safety Research Center, USA.

Acc. Anal. Prev. 44(2012)3-11

### **מגמות בתאונות הולכי רגל ואמצעי מניעה פוטנציאליים מרחבי העולם**

#### **תקציר**

ככל שכמות ותנועת כלי הרכב ממשיכות לגדול ברחבי העולם, רוכבי אופניים, הולכי רגל ורוכבי אופנוע, המכונים גם משתמשי הדרך הפגיעים, יהיו רגישים ומועדים יותר לתאונות דרכים, במיוחד במדינות שבהן חוקי התנועה אינם נאכפים כהלכה.

מדינות רבות, עם זאת, עוסקות באסטרטגיות חדשניות שנועדו להבטיח כי משתמשי הדרך ינווטו בצורה בטוחה יותר בנוף האורבאני.

רוכבי האופניים והאופנוענים הם משתמשי דרך חשובים, אולם מאמר זה יתמקד בתאונות הולכי הרגל ופתרון.

הולכי רגל מצויים בסיכון הגבוה ביותר באזורים עירוניים, בין השאר כתוצאה מכמות גדולה של הולכי הרגל וכלי הרכב הפעילים באזורים אלו.

עיצוב בטוח, נגיש ומקיף של מתקנים עבור הולכי רגל הוא חיוני לצמצום תאונות הולכי רגל. מאמר זה יספק כמה תובנות לגבי היקף בעיית תאונות הולכי הרגל ברחבי העולם, ויציע כמה לקחים שהופקו במספר מדינות, בעיקר באירופה ובארצות הברית, לשיפור בטיחות הולכי הרגל.

לבד מנתונים סטטיסטיים לבטיחותם של הולכי הרגל ברמה הגלובלית, האזורית והארצית, מאמר זה יעסוק גם באמצעים למניעה ובאסטרטגיות לשיפור בטיחות הולכי הרגל בהיבט בינלאומי.





## Powered two wheelers in a changing world – Challenges and opportunities

N. Haworth

Centre for Accident Research and Road Safety-Queensland, Queensland  
University of Technology, Australia

Acc. Anal. Prev. 44(2012)12-18

### רכב מנועי דו גלגלי בעולם משתנה - אתגרים והזדמנויות

#### תקציר

רכב מנועי דו גלגלי (PTWs) מגיע במגוון צורות ומשמש למטרות שונות מאוד בחלקים רבים של העולם. הצורות והשימושים של רכב מנועי דו גלגלי משתנים בהשפעת החברה, הכלכלה והדמוגרפיה. רוב האתגרים המיוחדים לרכב מנועי דו גלגלי קשורים לבטיחות, בעוד שרוב ההזדמנויות קשורות לניידות.

האתגרים לשיפור הבטיחות קשורים למשתמשי רכב מנועי דו גלגלי, למשתמשי הדרך האחרים, וכן לגורמים כגון סביבת הכביש, כלי הרכב, נתונים ומחקר, ובנוסף למימד חברתי-פוליטי.

החשיבות היחסית של אתגרים מסוימים משתנה בין מדינות מפותחות למדינות מתפתחות, וכן, בין מדינות מתפתחות לפי השימוש הרב ברכב מנועי דו גלגלי לפנאי או לתחבורה.

רכב מנועי דו גלגלי מציג מגוון הזדמנויות פסיכולוגיות, תחבורתיות, כלכליות וסביבתיות ליחידים ולחברות.

הכפי וההתרגשות ברכיבה על רכב מנועי דו גלגלי הם מניעים מרכזיים לרכישתו ולשימוש בו למטרות פנאי, בכביש ומחוצה לו. יש להביא בחשבון גם את היתרונות התחבורתיים והכלכליים לפרט.

ברמת החברה, המחקר בוחן את הפוטנציאל להגדלת נפח השימוש ברכב מנועי דו גלגלי על מנת להפחית את השימוש בדלק (מאובנים) ואת גודש התנועה בערים עמוסות.

עתידו של רכב מנועי דו גלגלי עשוי להיות שונה מאוד בין מדינות, ושינויים סביבתיים וטכנולוגיים הם המביאים לשינוי הצורני שלו, הכולל מצבים חדשים של תחבורה אישית.



## How to make more cycling good for road safety?

Fred Wegmana, Fan Zhanga, Atze Dijkstrab

SWOV Institute for Road Safety Research, Delft University of Technology,  
The Netherlands

SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands

Acc. Anal. Prev. 44(2012)19-29

## איך לעשות את הרכיבה על האופניים והאופנועים לדבר הטוב ביותר עבור הבטיחות בדרכים

### תקציר

מאמר זה דן ברמה הנוכחית של בעיות הבטיחות בדרכים של רכיבת אופניים ורוכבי אופניים, ובשאלות למה רוכבי האופניים הם בעלי סיכון גבוה, באופן יחסי, להיפגעות ומדוע רוכבי אופניים נחשבים ל"משתמשי הדרך הפגיעים".

המאמר מבוסס על ביקורת עמיתית מחקר אשר מעלים רעיונות כיצד להפחית את מספר הנפגעים בקרב רוכבי האופניים.

עם זאת, מחקר זה הוא מוגבל למדי, ואת התוצאות אי אפשר להחיל ממדינה אחת לאחרת: הכללה של התוצאות צריכה להיעשות בתשומת לב רבה, אם בכלל.

התערבויות להפחתת נפגעים בקרב רוכבי האופניים ברחבי העולם הן מקריות למדי, כלומר, הן מיושמות לעתים בודדות בלבד.

בגישה של מערכת בטוחה, כגון חזון הבטיחות של תחבורה בת קיימא בהולנד, הסיכונים הכרוכים בתנועה מטופלים בגישה שיטתית ויזומה.

המאמר מדגים כיצד גישה זו יעילה במיוחד עבור משתמשי הדרך הפגיעים, כמו רוכבי אופניים. ולבסוף, מתייחס לשאלה אם אפשר להפוך את האופניים לטובים ובטוחים יותר.

עולה ההשערה כי כאשר מספר רוכבי האופניים יגדל, מספר הנפגעים עלול לעלות, אבל זה לא בהכרח כך, והתוצאה תלויה בתנאים מסוימים.

ישנן ראיות מוצקות לכך שמתקנים המתוכננים היטב עבור רוכבי האופניים, כגון רשתות שבילים מופרדות פיזית, מפחיתים את הסיכונים עבור רוכבי אופניים, ולכן יש להם השפעה על רשת הביטחון, למשל, במונחים של ק"מ-אופניים לעומת ק"מ-רכב.

מדיניות התומכת ברוכבי האופניים צריכה לשלב את הממצאים הנ"ל על מנת להפוך את רכיבת האופניים לבטוחה יותר.



## Pedestrians' behaviour in cross walks: The effects of fear of falling and age

Erel Avineri, David Shinar, Yusak O. Susilo

Centre for Transport & Society, University of the West of England, Frenchay Campus, Coldharbour Lane, Bristol BS16 1QY, UK

Department of Industrial Engineering and Management, Ben Gurion University of the Negev, Ben-Gurion Avenue 1, P.O. Box 653, Beer Sheva 84105, Israel

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (1),2012:30-34

### התנהגות הולכי רגל במעברי חצייה: השפעתם של הפחד מפילה ושל הגיל

#### תקציר

הולכי הרגל חשופים לסיכונים בעת חציית כבישים באזורים עירוניים. התנהגות חציית הכביש בקרב הולכי הרגל נחקרה כגורם התורם לחשיפתם לסיכונים בכביש ולמעורבותם בתאונות דרכים.

עבודה זו בוחנת שני היבטים מסוימים של התנהגות במעבר חצייה: מהירות החצייה ותנודת הראש – בחלק מהזמן הולכי רגל מורידים את ראשם למטה (ולא לכיוון התנועה) בעת חציית כביש.

ההיבט האחרון משמש כאינדיקטור של חוסר תשומת לב לתנועת הרכב מהכיוון הנגדי.

אנו בחנו גם את ההשפעה האפשרית של פחד מפילה בקרב הולכי רגל, כיוון שהוא עלול להיות קשור להליכה איטית, לחוסר תשומת לב לתנועה הנגדית ומתן תשומת לב רבה מדי למדרכה ולצעדיהם.

מאמר זה מדווח על מחקר שדה המשלב תצפית עם סקר קצר.

203 הולכי רגל בשני אתרים (במעברי חצייה מרומזרים ולא מרומזרים) הוקלטו באמצעות וידאו בעת חציית כביש. הפחד מפני נפילה של הולכי הרגל ומדדים התנהגותיים אחרים שלהם במעבר חצייה נחשפו באמצעות השאלון.

לגיל ולמין הולך הרגל היו השפעות משמעותיות ביותר על מהירות חציית הכביש, ולפחד מפני נפילה הייתה השפעה משמעותית על שיעור תנודת הראש כלפי מטה במהלך חציית הכביש.



## **Advance yield markings and drivers' performance in response to multiple-threat scenarios at mid-block crosswalks**

Donald Fisher, Lisandra Garay-Vegab

Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Massachusetts,  
Governors Drive, Amherst, MA 01003, USA

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Massachusetts,  
Amherst, MA 01003, USA

Acc.Anal.Prev. 44(1),2012:35-41

## **ביצועי נהגים ותמרורי "האט ותן זכות קדימה" כתגובה לתרחישים רבי סיכונים במעברי חצייה**

### **תקציר**

מחקר זה משווה, באמצעות סימולאטור, את ביצועי הנהגים (קיבעון העיניים, מתן זכות קדימה) בתרחישים רבי סיכונים בעת הימצאות במעבר החצייה עם תמרור "האט ותן זכות קדימה" לעומת התנהגותם במצבים דומים עם תמרור רגיל.

תמרורי "האט ותן זכות קדימה" מהבהבים בתרחיש רב סיכונים הובילו לשינויים בהתנהגות הנהג, היכולים להפחית את הקונפליקט בין הולך רגל – רכב, כולל עלייה בסבירות מבט הנהג אל הולך הרגל, עלייה במרחק שבו ניתן המבט הראשון ועלייה בהבחנת הולך הרגל בתמרור "האט".



## Age-related differences in street-crossing safety before and after training of older pedestrians

Aurélie Dommese, Viola Cavalloa, Fabrice Vienneb, Isabelle Aillerie  
French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Laboratory of Driver Psychology, Versailles, France

French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Laboratory for Road Operations, Perception, Simulators and Simulations INRETS-LCPC, Paris, France

Acc. Anal. Prev. 44(1),2012:42-47

## הבדלים בחציית כביש, הקשורים לגיל, לפני ואחרי הכשרה של הולכי רגל מבוגרים

### תקציר

מנתוני תאונות בינלאומיים עולה כי הולכי רגל קשישים מהווים את הקבוצה הפגיעה ביותר בקרב הולכי הרגל.

מחקרים שנעשו בעבר הראו כי אנשים מבוגרים חוצים את הכביש בצורה לא בטוחה והולכים בשוליים שאינם בטיחותיים מספיק, במיוחד כאשר כלי רכב מתקרבים במהירות גבוהה.

מלבד מחקרים על תכנון הכביש ואמצעים להגבלת מהירות, אין מחקר בטיחות המתבסס על התנהגות ועל אמצעים לשיפור בטיחות הולכי הרגל המבוגרים.

בתחום הזה, המחקר הנוכחי נועד (א) להערכת האפקטיביות של תוכנית הדרכה להולכי רגל מבוגרים, המשלבת התערבויות התנהגותיות וחינוכיות, ו-(ב) לבחון האם ובאיזו מידה השונות/ההבדלים הקשורים לגיל בחציית כביש יופחתו לאחר הכשרה.

עשרים קשישים השתתפו בתוכנית ההכשרה. חציית הכביש הוערכה באמצעות משימת חציית כביש מדומה. נקודות הזמן שנבדקו: קודם לכן, מיד אחרי, חצי שנה לאחר האימון.

עשרים משתתפים צעירים ביצעו אותה משימה, בכדי להגיע למדד בסיס להשוואת האמצעי. התוצאות הראו כי האימון יצר יתרונות משמעותיים לטווח קצר וארוך, בשל החלפת קריטריון ההחלטה בקרב המשתתפים המבוגרים בשיפוט שמרני יותר.

בהשוואה לקבוצת הצעירים, המשתתפים המבוגרים שיפרו את התנהגותם במידה ניכרת, כך שהבדלים משמעותיים הקשורים למדדי בטיחות (מומצעים) לא נצפו עוד.

עם זאת, היכולת של המשתתפים המבוגרים לחשב את מהירות המכונית המתקרבת לא השתפרה.



גם לאחר האימון, וביחס הפוך למשתתפים הצעירים, משתתפים מבוגרים ביצעו פעולות לא בטוחות ככל שמהירות המכונית עלתה, וסיכנו את עצמם במקרה של מהירות גבוהה.

ממצאים אלו עשויים לשקף הבדלים תפיסתיים וקוגניטיביים הקשורים לגיל, שלא ניתנים לתיקון באמצעות שיטת אימון התנהגותית או חינוכית.

הממצאים הנוכחיים מדגישים כי מהירות גבוהה היא גורם סיכון עיקרי עבור הולכי רגל קשישים, שצריך להיות מטופל באמצעים יעילים להפחתת מהירות (רמפות מהירות, הצרה של הכביש).



## The perception of pedestrians from the perspective of elderly experienced and experienced drivers

Shani Bromberg, Tal Oron-Gilad, Adi Ronen, Avinoam Borowsky, Yisrael Parmet  
Ben-Gurion University of the Negev, Department of Industrial Engineering and  
Management, Beer-Sheva, Israel

Acc.Anal.Prev. Vol.44 (2012)48-55

### תפיסת הולכי רגל מנקודת המבט של נהגים מבוגרים מנוסים ושל נהגים מנוסים

#### תקציר

נדקנו את יכולות תפיסת הסיכון (HP) בקרב נהגים מבוגרים מנוסים ונהגים מנוסים, ביחס לנוכחות של הולכי רגל באזורי מגורים.

השתמשנו בשתי שיטות להערכה: (א) צפייה בקטעי וידאו של אזורי תנועה, ולחיצה על כפתור כאשר זוהה מצב מסוכן, ו-(ב) נהיגה בסימולאטור לנהיגה.

תוצאות שיטת התצפית בווידיאו הראו כי לנהגים המבוגרים היה זמן תגובה ארוך יותר לזיהוי סיכון.

בנוסף לכך, בארבעה מתוך שמונת האירועים הקשורים להולכי רגל נצפה קושי בחיזוי/תפיסה עבור נהגים קשישים בהשוואה לנהגים מנוסים.

הנהגים הקשישים שנמצא כי שדה הראייה שלהם מוגבל, כנראה גם מוגבלים ביכולתם לזהות/לאתר סיכונים, בעיקר כאשר הם ממוקמים הרחק ממרכז המסך.

תוצאות הסימולאטור הראו כי נהגים קשישים נסעו במהירות שהייתה איטית ב-20% מאשר זו של נהגים מנוסים, וייתכן כי הם מודעים לחיסרון שלהם בגילוי סיכונים ובתגובותיהם האיטיות.

הרשויות צריכות להיות מודעות למגבלות אלה, ולהגביר את המודעות של הנהגים המבוגרים לתנועת הולכי רגל על ידי תמרורים או סימני נתיבים ייעודיים המדווחים על אותם מפגעים פוטנציאליים עתידיים.



## Mapping patterns of pedestrian fatal accidents in Israel

Carlo Giacomo Pratoa, Victoria Gitelman and Shlomo Bekhor

Department of Transport, Technical University of Denmark, Bygningstorvet 116 Vest, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark

Ran Naor Road Safety Research Center, Technion - Israel Institute of Technology, Technion Campus, Haifa 32000, Israel

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Technion - Israel Institute of Technology, Technion Campus, Haifa 32000, Israel

Acc.Anal.Prev. Vol.44(2012) 56-62

### מיפוי דפוסי תאונות קטלניות של הולכי רגל בישראל

#### תקציר

מחקר זה מתכוון לספק תובנות לגבי תאונות הולכי רגל על ידי חשיפת הדפוסים שלהן, כדי לתכנן אמצעי מניעה וכן להקצות משאבים עבור הבעיות שזוהו. הרשתות העצביות של Kohonen מכילות את מסד הנתונים של תאונות קטלניות להולכי רגל אשר התרחשו בתקופה של ארבע שנים בין 2003 ל-2006.

התוצאות מראות את קיומם של חמישה דפוסי תאונות הולכי רגל:

- 1) הולכי רגל קשישים החוצים במעבר חצייה בעיקר רחוק מצמתים באזורים עירוניים.
- 2) הולכי רגל החוצים בפתאומיות או במקומות מוסתרים ומתנגשים עם כלי רכב דו גלגלי בקטעי דרך עירוניים.
- 3) הולכי רגל גברים חוצים בלילה ונפגעים מכלי רכב ארבע על ארבע בקטעי דרך כפריים.
- 4) הולכי רגל גברים צעירים החוצים בלילה קטעי דרך רחבים באזורים עירוניים וכפריים כאחד.
- 5) ילדים ובני נוער החוצים קטעי כבישים ביישובים כפריים קטנים.

מנקודת המבט של אמצעי המניעה, התוצאות מראות את הצורך בעיצוב מבצע הסברה חינוכי (ומידע) עבור משתמשי הדרך, כמו גם הקצאת משאבים עבור התערבויות תשתית ואכיפת החוק כדי להתמודד עם הבעיות העיקריות המזוהות.





## Characterization of pedestrian accidents and an examination of infrastructure measures to improve pedestrian safety in Israel

Victoria Gitelman, Doron Balasha, Roby Carmel, Limor Hendel, Fany Pesahov

Ran Naor Road Safety Research Center, Technion - Israel Institute of Technology, Technion City, Haifa 32000, Israel

Acc. Anal. Prev. Vol.44(2012)63-73

### מאפייני תאונות הולכי רגל ובחינה של פתרונות תשתית לשיפור הבטיחות בישראל

#### תקציר

המניע למחקר זה, הבודק פתרונות תשתית לשיפור בטיחות הולכי רגל, הוא השיעור הגבוה של הרוגים בקרב הולכי רגל בישראל.

ראשית, בוצע ניתוח מפורט של תאונות הולכי רגל במהלך השנים 2006-2007, בדגש על מאפייני התשתית המעורבים.

נמצא כי 75% מההרוגים נהרגו באזורים עירוניים ו-95% מהפגיעות התרחשו בהם, וכי רוב המקרים מתרחשים בקטעי כביש (לא בצומת).

כ-80% מהתאונות התרחשו כאשר הולכי רגל חצו את הכביש, רובם במקומות שאינם מעבר חצייה או במעברי חצייה לא מרומזרים.

השוואות לנתונים בינלאומיים מראות כי המאפיינים של תאונות הולכי רגל קטלניות בישראל היו דומים בממוצע לתאונות הולכי רגל באירופה מבחינת מיקום התאונה, זמן האירוע והמאפיינים הדמוגרפיים של הקורבנות. הטיפולוגיה של ההרוגים בקרב הולכי רגל בישראל נבנתה עבור השנים 2003-2006, והיא מדגימה שיעור גבוה של תאונות במקומות הבאים:

בערים שבהן אוכלוסייה יהודית או מעורבת (יהודית-ערבית) ולא במעברי חצייה בקטעי כביש עירוניים, ובאוכלוסייה עירונית יהודית ומעורבת, במעברי חצייה ולא בצמתים עירוניים. ביישובים ערביים, ובכבישים כפריים, דו מסלוליים.

האפיון גם מתבסס על מחקר ספרות, המסכם פיתוח של כ-60 מדדים של בטיחות הולכי הרגל.

בנוסף, כדי לאבחן את מאפייני התשתית והליקויים הקשורים לתאונות הולכי רגל, בוצעו מחקרי שדה ב-95 מקומות עירוניים.

ממצא מרכזי חשף כי יותר מ-80% מהאחרים שבהם הריכוז הגבוה בישראל של תאונות הולכי רגל עם כלי רכב היו ממוקמים ברחובות מרכזיים מרוכי נתיבים במרכזי הערים שבהם, ברמת המיקור, לא היו סימנים לליקויים מרכזיים בעיצוב הבסיסי של האתרים.



לבסוף, הצלבה של בעיות הבטיחות שזוהו ופתרונות התשתית הקיימים סיפקה רשימות של צעדים מומלצים ליישום בסוגים שונים של אתרים.

סוכם כי על מנת ליצור שינוי משמעותי במצב הפגיעות של הולכי הרגל בישראל, נדרש מעבר מטיפול נקודתי לטיפול מערכתי בבעיה.

יש לבצע חקירה מערכתית ושינוי צורני של רשת הכבישים העירוניים, וזאת כדי לצמצם את ההתנגשות של כלי הרכב והולכי הרגל, ולהפחית באופן משמעותי את מהירות כלי הרכב באזורי הפעילות של הולכי הרגל.



## Perspectives for motorcycle stability control systems

Patrick Seinigera, Kai Schröter and Jost Gaila

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach, Germany  
Technische Universität Darmstadt (TU Darmstadt), Darmstadt, Germany  
Acc.Anal.Prev. (2012) 74-81

### היבטים על מערכות בקרת יציבות לאופנועים

#### תקציר

בקנה מידה עולמי, רוכבי אופנוע הם בדרך כלל בעלי ייצוג עודף בסטטיסטיקת תאונות הדרכים. מגמה זו גוברת על אף שסך כל תאונות הדרכים והנפגעים פחתו במהלך 15 השנים האחרונות, וערכי תאונות האופנועים לא ירדו.

מאמר זה מתאר את הפוטנציאל של מערכות בקרה יציבות בהצלת חייהם של רוכבי האופנוע. מאמר זה מסכם מחקר בטיחות שנערך בהזמנת (BASt) Bundesanstalt für Straßenwesen, מכון מחקר בגרמניה, במהלך 25 השנים האחרונות, כדגש מיוחד על עבודתם של המחקרים בחמש השנים האחרונות וההמצאה האחרונה במערכות שליטה של אופנועים.

המסקנה היא כי יש צורך לעודד חקירה ושיפורים נוספים של מערכות אלו.

למרבה הצער, ייצוב פעיל של אופנועים לא אפשרי כיום, ולא יהיה אפשרי גם בעתיד.

לכן, התפתחות נוספת ואופטימיזציה של מערכות למניעת נעילת גלגלים בבלימה (ABS) וכן מערכות בקרת משיכה (TCS) צריכות להתבצע, ומערכות נגד נעילת בלם (ABS) חובה להפעיל על שני הגלגלים.

צעדים אלו יהפכו את האופנוע לכלי תחבורה עירוני בטיחותי.



## Recognisability of different configurations of front lights on motorcycles

Lars Rößger, Katharina Hagen, Jens Krzywinski, Bernhard Schlag

Dresden University of Technology, Traffic and Transportation Psychology,  
Hettnerstrasse 1, 01069 Dresden, Germany

Dresden University of Technology, Center for Industrial Design, August-Bebel-  
Strasse 20, 01219 Dresden, Germany

Acc.Anal.Prev. Vol.44, issue 1 (2012)82-87

### זיהוי תצורות שונות של הפנסים הקדמיים באופנועים

#### תקציר

לעתים קרובות, הסיכון הגבוה למעורבות של רוכבי אופנוע בתאונות דרכים מהווה נושא לדיון, ואחת הסיבות לכך היא שהם פחות בולטים ממשמשי הדרך האחרים בכלי רכב ממונעים אחרים.

המאמר הנוכחי נועד לזהות דוגמה לאור קדמי הנוצר על ידי מקורות אור נוספים אשר יגרמו לאופנועים להיבדל בבירור מכלי רכב אחרים, מה שיקל על איתור זיהוי של אופנועים.

תוצאות של ניסוי מעבדה הראו כי האופנועים שעליהם הורכב פנס בצורת האות T זוהו מהר יותר, במיוחד כאשר האופנועים התחרו בוויזואליות שלהם עם כלי רכב ממונע אחר.

יתר על כן, ניתוח של התנהגות המבט הראה כי אופנועים אלה התקבעו במבטם של הנבדקים בניסוי בצורה מהירה יותר, ולמשך זמן קצר יותר.

במאמר זה נדון במשמעות המעשית של ניסוי זה ובצורך במחקר נוסף.



## Why do car drivers fail to give way to motorcycles at T-junctions?

David Crundall, Elizabeth Crundall, David Clarke, Amit Shahar

Accident Research Unit, School of Psychology, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, United Kingdom

Acc.Anal.Prev. Vol 44(2012)88-96

## מדוע נהגי מכוניות אינם מצליחים לתת זכות קדימה לאופנועים בצומתי T?

### תקציר

ממחקרים של נתוני תאונות עולה כי רוכבי אופנוע הינם פגיעים במיוחד להתנגשויות עם כלי רכב אחרים אשר אינם נותנים לאופנועים גישה לכביש הראשי מדרכים צדדיות. מה הסיבה לכך? התגובה הטיפוסית של נהגי המכונית היא, שהם מסתכלים בכיוון הנכון אבל לא מצליחים לראות את האופנוע.

כדי להעריך את הכישורים החזותיים של נהגים בתרחישים כאלה, השווינו את ההתנהגות של נהגים חדשים ונהגים מנוסים לזו של נהגים בעלי ניסיון ברכיבה על אופנוע ובנהיגה במכונית.

המשתתפים צפו בסדרה של קטעי וידאו, שהוצגו על פני שלושה מסכים, המתארים גישה לצומתי T שונים.

בהגיעם לצומת, המשתתפים היו צריכים להחליט מתי לצאת מהצומת בצורה בטוחה.

נבדקו תגובות ותנועות עיניים.

התוצאות אישרו, כי לנהגים בעלי רישיון כפול היו התגובות הבטיחותיות ביותר בצמתים, במיוחד בעת מפגש עם אופנועים.

טווח הכישורים החזותיים בקרב הנהגים החדשים והמנוסים היה מצומצם לעומת הטווח של הנהגים בעלי הרישיון הכפול, אם כי מסיבות שונות.

עם זאת, לא נמצאו הבדלים בפרק הזמן שחלף עד שכל הנהגים שמו לב לאופנועים המתקרבים, אלא שההבדלים הופיעו בזמן שהושקע באופנוע המתקרב.

הנהגים המנוסים הפנו מבט חולף וקצר לעבר אופנועים לעומת מכוניות, ייתכן שהדבר נובע מכך שהאופנועים בולטים פחות מאשר מכוניות, או שהם הורידו את מבטם בטרם עת, אולי מכיוון שלא קלטו שהם הסתכלו על אופנוע.

לטענתנו, זו עדות פוטנציאלית על בסיס עצב מניע עיניים.



## Attention and search conspicuity of motorcycles as a function of their visual context

Pnina Gershon, Noam Ben-Asher, David Shinar

Department of Industrial Engineering and Management, Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012)97-103

### תשומת לב ובולטות חיפוש של אופנועים כפונקציה של ההקשר החזותי

#### תקציר

רקע: במהלך השנים, מספר התאונות של כלי הרכב הדו גלגלי גדל באופן דרמטי ותרם את השיעור הגבוה ביותר של ההרוגים בתאונות הדרכים.

רוב התאונות הללו התרחשו באור יום, במזג אוויר בהיר, ובתנאי תנועה קלים עד בינוניים. המחקר הנוכחי כלל שני ניסויים.

הניסוי הראשון בדק את ההשפעה של תשומת הלב ובולטות החיפוש של כלי רכב דו גלגליים על יכולתם של צופים לא ערניים, ואילו הניסוי השני העריך את בולטות החיפוש של כלי הרכב הדו גלגלי על ידי משקיפים ערניים.

המשתתפים הבלתי תלויים בשני הניסויים כללו תרחישי נהיגה (עירוני ובין עירוני), הביגוד של נהג כלי הרכב הדו גלגלי (שחור, לבן, ומשתקף), ומרחק כלי הרכב הדו גלגלי מהצופה.

שיטה: 66 תלמידים השתתפו בניסוי מס' 1. לכל משתתף הוצגה סדרה של תמונות, והם התבקשו לדווח על כל סוגי כלי הרכב המצויים בכל תמונה.

ניסוי מס' 2 כלל 64 משתתפים ונכללו בו אותן תמונות כמו בניסוי 1. עם זאת, בניסוי הזה המשתתפים קיבלו הוראה לחפש בתמונות את כלי הרכב הדו גלגלי ולדווח על נוכחותו או העדרו ברגע שיגיעו להחלטה.

תוצאות: בניסוי מס' 1 זיהו כלי הרכב הדו גלגלי היה תלוי באינטראקציה בין מרחק האופנוע מהצופה, תרחיש הנהיגה והתלבושת של נהג כלי הרכב הדו גלגלי.

עבור הצופה ללא התראה, כאשר כלי הרכב הדו גלגלי היה רחוק, תנאי הלבוש השונים השפיעו על תשומת הלב של הצופה.

בדרכים עירוניות, שבהן הרקע מסביב לכלי הרכב הדו גלגלי היה מורכב יותר ורב גוני, התלבושות המגוונות והלבנות העלו את תשומת הלב שלו בהשוואה ללבוש השחור.

לעומת זאת, בכבישים בין עירוניים, שבהם הרקע היה רק שמים בהירים, הלבוש השחור סיפק יתרון ליכולת גילוי כלי הרכב הדו גלגלי.

בניסוי מס' 2, השיעור הממוצע לגילוי כלי הרכב הדו גלגלי על ידי הצופים שהוזהרו מראש היה גבוה מאוד, וממוצע זמן התגובה לזיהוי הנוכחות של כלי הרכב הדו גלגלי היה הקצר ביותר בסביבה הבין עירונית.



בדומה לתוצאות של ניסוי מס' 1, בסביבה עירונית הבגדים המשתקפים והלבנים סיפקו יתרון לגילוי כלי הרכב הדו גלגלי, ואילו בסביבה בין עירונית הלבוש השחור היווה יתרון.

השוואת התוצאות של שני הניסויים מראה כי במרחק הרב ביותר, המודעות המוגברת של בולטות החיפוש הייתה גבוהה פי 3 מאשר בולטות בתשומת לב.

מסקנות: ההבלטה של כלי הרכב הדו גלגלי יכולה לעלות באמצעות התלבושת המתאימה לכל נהג שמבדילה אותו/ה מנוף הרקע.

לכן, נהגי כלי רכב דו גלגלי יכולים להגדיל באופן פעיל את הנראות שלהם אם יביאו בחשבון את מסלול הנסיעה (עירוני צפוף/ בין עירוני), כך שבסופו של דבר תגדל ההסתברות לגילויים על ידי המשתמשים האחרים בכביש.

בנוסף, הגדלת הערנות והציפייה של נהגים לנוכחות של כלי רכב דו גלגליים יכולה להגדיל את בולטות החיפוש שלהם.



## Attending overtaking cars and motorcycles through the mirrors before changing lanes

Amit Shahar, Editha van Loon, David Clarke, David Crundall

University of Nottingham, School of Psychology, University Park, Nottingham, UK

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012) 104-110

### הבחנה במכוניות עוקפות ובאופנועים באמצעות שימוש במראות לפני החלפת נתיב

#### תקציר

תאונות של אי מתן זכות קדימה הן הסוג הנפוץ ביותר שאיתו מתמודדים רוכבי האופנועים. מחקר זה בודק את ההחלטות למתן זכות קדימה בתרחישים הדורשים תשומת לב לרכב מאחור המתפרץ לכביש.

נוצר מבחן המציג קליפים של משתתפים בעלי שדה ראייה רחב (מנקודת מבטו של נהג ברכב נוסע), ומראה המציגה את המכוניות או האופנועים שמבצעים עקיפה.

נהגים חדשים, נהגים מנוסים ונהגים כפולים (שלהם ניסיון ברכב ובאופנוע) צפו בקטעים אלה תוך כדי פיקוח וניטור של תנועות עיניהם.

התוצאות הראו כי במראות האחוריות והימניות, ובנתיב הימני, ניתנת תשומת לב גדולה יותר לאופנועים לעומת מכוניות.

דפוס זה נהוג בעיקר בקרב קבוצת הנהגים הכפולה.

בנוסף, נהגים מתחילים ונהגים כפולים השתמשו יותר במראת הצד הימנית מאשר הנהגים המנוסים. נהגים כפולים גם השתמשו יותר במראה האחורית לעומת הנהגים המנוסים.

לבסוף, נמצאו התאמות חיוביות ומשמעותיות בין אחוזי התמרונים לאמצעי הבטיחות לחיפוש ויזואלי, התאמות שהוכיחו כי התדירות של תמרונים מסוכנים הייתה גדולה יותר ככל שהביטו פחות במראות. הממצא מצביע על כך, כי תשומת הלב הנוספת אשר הוקדשה לעיבוד התרחיש של כלי רכב מתנגשים תרמה להפחתת התמרונים המסוכנים.

הדפוס הכללי של התוצאות גם מספק תמיכה ישירה לכך שנהגים שאינם רוכבי אופנוע נוטים יותר להסתכל, אבל לא מצליחים לראות את הטעויות במפגש עם אופנועים, לעומת נהגי אופנועים.





## Motorcycle riders' perception of helmet use: Complaints and dissatisfaction

C. Orsia, A. Stendardo, A. Marinonia, M.D. Gilchrist, D. Ottec, J. Chliaoutakis,  
T. Lajunene, T. Özkan, J. Dias Pereiraf, G. Tzamaloukag, A. Morandia

Centre for Study and Research on Road Safety, Department of Applied Health  
Sciences, University of Pavia, Via Bassi 21, 27100 Pavia, Italy

Mechanical and Materials Engineering, University College Dublin, Ireland

Medical School of Hannover, Germany

Technological Educational Institute of Crete, Greece

Middle East Technical University, Ankara, Turkey

Technical University of Lisbon, Portugal

Technological Educational Institute of Athens, Greece

Acc.Anal.Prev. Vol.44(2012) 111-117

## האופן שבו תופסים רוכבי אופנוע את השימוש בקסדה: תלונות וחוסר שביעות רצון

### תקציר

בתאונות שמעורב בהן רכב דו גלגלי יש לקסדה תפקיד מציל חיים, אבל מעט מאוד ידוע על האופן שבו תופס רוכב האופנוע את הקסדה.

במחקר זה הערכנו את יחסי הגומלין בין מעורבות בתאונה לחוסר שביעות רצון מהקסדה, ובין התפיסה של רוכבי האופנוע למאפיינים האובייקטיביים של הקסדה.

המחקר בדק נהגי אופנועים שהיו מעורבים בתאונות (מקרי תאונות), לעומת מדגם זהה של רוכבי אופנוע שלא היו מעורבים בתאונות (מקרי בקרה).

בכל הראיונות נאסף מידע על הנהג, הרכב והקסדה.

כדי להעריך את היחסים, נערכו רגרסיות לוגיסטיות.

רוב הנהגים לא היו מרוצים מהקסדות שלהם, אבל לא נמצאו ראיות שקישרו את חוסר שביעות הרצון למעורבות בתאונות דרכים.

שתי התלונות הנפוצות ביותר היו קשורות לקולניות, שנגרמה בעקבות מגן הקסדה.

התלונות לא נקשרו מבחינה סטטיסטית עם התכונות הפיזיות של הקסדה.



## Comparison of two warning concepts of an intelligent Curve Warning system for motorcyclists in a simulator study

Véronique Hutha, Francesco Biral, Óscar Martín, Roberto Lotc

Accident Analysis and Human Factors Department, CIDAUT Foundation, Parque Tecnológico de Boecillo, P.209. 47151 Boecillo, Spain

Department of Mechanical and Structural Engineering, University of Trento, Via Mesiano, 77. 38050 Trento, Italy

Department of Innovation DIMEG, University of Padova, Via Venezia, 1, 35131 Padova, Italy

Acc. Anal.Prev. Vol.44 (2012) 118-125

## השוואה בין שני אמצעי אזהרה של מערכת אזהרת עיקול מתוחכמת עבור רוכבי אופנוע במחקר סימולאטור

### תקציר

תאונות בעיקולים/עקומות הן עניין מדאיג לגבי בטיחות הרכיבה באופנוע.

מסיבה זו, מערכת אזהרת עיקול מתוחכמת תוכננה בכדי לתת תמיכה לרוכבי האופנוע בעת מפגש עם עקומה. המערכת נבדקה במחקר סימולאטור, ובו נבדקו 20 רוכבי אופנוע.

לנבדקים הוצגו 3 אפשרויות נסיעה:

אחת בלי המערכת (בסיסי) ושתי נסיעות ניסוי באמצעות גרסה של מערכת אזהרת העיקול, האחת מספקת את האזהרות על ידי המצעת והשנייה על ידי כפפת כוח/מישור.

ההשפעות של שתי גרסות המערכת הוערכו גם במונחים של רכיבה מדומה וגם על ידי הערכה סובייקטיבית של הרוכבים.

ניתוח תיאורי של תגובות הרוכבים כלפי האזהרות מראה, כי האזהרות אשר סופקו על ידי שתי גרסות המערכת עוררו הסתגלות מוקדמת יותר וחזקה יותר לדינאמיקת האופנוע כלפי העקומה, מאשר כשהרוכבים לא השתמשו במערכת.

רכיבה עם מערכת אזהרת העיקול ועם כפפת הכוח הביאה להפחתה באירועים קריטיים עם עקומות. רוכבים ברמת העומס הסובייקטיבי לא הושפעו מהשימוש במערכת, ואילו מערכת אזהרת עיקול בעזרת המצעת דרשה תשומת לב מוגברת.

ההשוואה של דעות הרוכבים על המערכת מגלה העדפה למערכת אזהרת העיקול עם כפפת כוח.

ככל שהרוכבים מקבלים את גרסת מערכת זו, הפוטנציאל לשיפור בטיחות הרכיבה הוא גבוה יותר.



## Evaluation of bike boxes at signalized intersections

Jennifer Dill, Christopher M. Monsere, Nathan McNeil

Nohad A. Toulou School of Urban Studies and Planning, Portland State University,  
PO Box 751, Portland, OR 97201, United States  
Department of Civil & Environmental Engineering, Portland State University,  
PO Box 751, Portland, OR 97201, United States

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012) 126-134

### הערכת הימצאות תיבות אופניים בצמתים מרומזרים

#### תקציר

מאמר זה מציג מחקר לפני - אחרי של תיבות אופניים ב-10 צמתים מרומזרים בפורטלנד, אורגון. תיבות האופניים, הידועות גם כנתיבי עצירה מתקדמים או תיבות עצירה מתקדמות, הותקנו כדי להגדיל נראות של רוכבי אופניים ולהפחית קונפליקטים בין כלי רכב לרוכבי אופניים, בעיקר כשהאופניים נמצאים בצד הימני של הרכב.

סרטונים של לפני ואחרי ניתחו שבעה צמתים עם תיבות אופניים צבועות בירוק, שלושה צמתים עם תיבות אופניים לא צבועות, ושני צומתי בקרה.

תפיסות המשתמש נמדדו באמצעות סקרים בקרב רוכבי אופניים שעברו בחמישה מהצמתים עם תיבות האופניים, ובקרב נהגים העובדים במרכז העיר, שם היו התיבות מרוכזות.

גם בתצפיות וגם בסקר הנהגים נמצא שיעור גבוה של ציות והבנה של הסימונים. בסך הכול, 73% מכלי הרכב שעצרו לא נכנסו כלל לתיבת האופניים.

גם הרכב וגם האופניים שעלו (הסיגו גבול) על מעבר החצייה להולכי רגל לא עלו על תיבת האופניים, בהשוואה לצומתי הבקרה.

לתיבות האופניים היו השפעות מעורבות על הסגת הגבול של הנהגים בנתיב האופניים.

מספר הקונפליקטים שנצפו במיקומי תיבות האופניים ירד, בעוד המספר הכולל של רוכבי אופניים ומכוניות הפונות ימינה עלה.

מודלים בינומיים שליליים המבוססים על הנתונים חזו מספר קטן יותר של קונפליקטים עם התיבות, במיוחד כשנפחי כלי הרכב הפונים ימינה גדלו.

תצפיות שהניבו התנהגות בשתי תיבות אופניים וצומת בקרה אחד מצאו שיפור בתגובת הנהגים לרוכבי אופניים במיקום תיבת האופניים.

הבדלים בנפחי התנועה והקשרי מיקום מביאים למסקנות מוצקות לגבי ההשפעות של הצבעים הירוקים של התיבות. אחוז גבוה יותר של נהגים שהשתתפו בסקר הרגיש כי תיבות האופניים גרמו לנהיגה בטוחה יותר ולא מסוכנת יותר, גם כאשר המדגם צומצם למשיבים שלא היו גם רוכבי אופניים.

למעלה מ-3/4 מרוכבי האופניים שהשתתפו בסקר חשבו שהתיבות הפכו את הצומת לבטוח יותר.



## Bicycle injuries: A matter of mechanism and age

Maya Siman-Tov, Dena H. Jaffe, Kobi Peleg, Israel Trauma Group

Israel National Center for Trauma and Emergency Medicine, Gertner Institute for Epidemiology and Public Health Policy, Tel-Hashomer, Israel  
Department of Disaster Management, School of Public Health, Tel Aviv University, Israel

Acc.Anal.Prev. Vol.44(2012) 135-139

### פגיעות אופניים: עניין של מכניזם (מנגנון) וגיל

#### תקציר

רכיבה על אופניים היא צורה פופולארית של בילוי שיש לו השפעות בריאותיות וסביבתיות חיוביות. משתמשי הדרך הללו פגיעים לפציעות חמורות, במיוחד כאשר מעורבים כלי רכב. המטרה במחקר זה היא לאפיין את פציעות רוכב האופניים הקשורות למעורבות רכב אצל מבוגרים לעומת ילדים. מחקר רטרוספקטיבי (בדיעבד) בוצע תוך שימוש בנתונים מ-11 מרכזי טראומה בישראל (מהשנים 2001-2007). הפציעות סווגו בהתאם לשאלה אם היה רכב מעורב בתאונה, והוערכו הבדלים במאפייני הפגיעה למבוגרים (18+ שנים) לעומת ילדים (1-17 שנים). סך של 5,529 חולים אושפזו בשל פציעות אופניים, מתוכם 1,765 היו מבוגרים ו-3,764 היו ילדים. כ-30% (n = 1662) מכל פציעות האופניים היו מעורבים כלי רכב, אף על פי ששיעור האשפוז כתוצאה מפציעות הסתכם ב-37% בקרב מבוגרים ו-27% בקרב ילדים. מאפייני הפגיעה וניצול משאבי בית החולים היו שונים באופן משמעותי בהיבט של קבוצת הגיל. לרוכבי אופניים שנפגעו על ידי כלי רכב היו פציעות חמורות יותר הדורשות יותר משאבים בבתי חולים, וכתוצאה מכך, תוצאות פחות טובות משל אלה שלא היו מעורבים בתאונה עם כלי רכב. השפעת פעולת הגומלין בין מעורבות כלי רכב לגיל הייתה משמעותית עבור פציעות בפלג הגוף העליון, והיה צורך בהדמיה רפואית. מצאנו שמאפייני פגיעה, ניצול משאבי בית חולים ותוצאות הקשורות לבריאות ולפציעות אופניים תלויים מאוד בגיל ובמנגנון הפגיעה של המטופל. מעורבות כלי רכב מנועי לפי גיל יכולה להיות בעלת השפעה על עמדות רופאים כלפי הדמיה בילדים. הסיכונים שזוהו במחקר זה צריכים לשמש למוכנות ולניהול של אשפוזי הטראומה בנושא פציעות אופניים.



## Sustainable road safety: A new neighborhood road pattern that saves VRU lives

Vicky Feng Wei, Gord Lovegrove

School of Engineering, Faculty of Applied Science, Kelowna, BC, University of British Columbia, Okanagan, Okanagan, 3333 University Way, Canada V1V 1V7

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012) 140-148

### בטיחות בדרכים בת קיימא: דוגמה לתכנון דפוס רחובות בשכונה, המציל חיי משתמשי דרך פגיעים

#### תקציר

גם האו"ם (2007) וגם ארגוני הבריאות העולמית (2004) הכריזו על הנטל החברתי והכלכלי העצום המוטל על החברה עקב פציעות כתוצאה מתאונות הדרכים, כעל בעיה גלובלית עצומה.

בעוד שבעיית הבטיחות בדרכים היא לא חדשה, ההצהרה העולמית הבולטת שולחת מסר חשוב של תסכול בנוגע להתקדמות עד כה בצמצום תאונות הדרכים.

ברור שממשלות, קהילות, עסקים והציבור חייבים לגלות דרכים להפחתת נטל זה, במיוחד בכל הקשור לפגיעה במשתמשי הדרך הפגיעים, הכוונה להולכי רגל ורוכבי אופניים.

ההשוואות האחרונות של סטטיסטיקה כללית של תאונות משתמשי הדרך הפגיעים מראות, כי בנוסף לצפיפות השימוש בקרקעות, מערך הכבישים בשכונה ממלא תפקיד חיוני בעידוד הצעידה הבטוחה והשקטה, אך גם נגיש ובר קיימא לקהילות.

מטרת מאמר זה:

(1) סקירת הספרות הנוגעת לשימוש בסביבה בת קיימא ודפוסי רשת התחבורה, הגדלת נפחי משתמשי הדרך והבטיחות בדרכים;

(2) יוצגו תוצאות מחקר אמפיריות על בטיחות בדרכים הקשורות לנפחי משתמשי הדרך הפגיעים;

(3) יוצג מחקר עתידי לגבי שימוש בקרקע בת קיימא ודפוסי תחבורה, הגדלת נפחי משתמשי הדרך הפגיעים והבטיחות בדרכים.

תכנית הבטיחות בדרכים בת הקיימא ההולנדית (SRS) הפיקה מספר יוזמות חדשניות של שימושי קרקע ותחבורה למשתמשי כלי רכב, כמו גם לאלה שאינם משתמשים ברכב.

בעקבות היוזמות ההולנדיות, 3 דרכי הסטה חדשות, ודפוסי שכונות בצורת רשת מיזוג הופיעו לא רק כבעלי השפעה חיונית בעידוד פיצול אמצעי נסיעה (כלומר הגברת ההליכה ורכיבה על אופניים, ותחבורה ציבורית), האטת התנועה וצמצום צריכת אנרגיה ופליטת גזי חממה, אלא גם החזיקו בפוטנציאל לשפר את הבטיחות בכביש.



כדי לבדוק את השערת הבטיחות בדרכים, חוקרי UBCO העריכו את הרמה היחסית של הבטיחות בדרכים לחמישה דפוסים סביבתיים - רשת, דרכים ללא מוצא, בטיחות בת קיימא (של הולנד) (SRS) (או גישה מוגבלת), 3-דרכי הסטה, ורשת מיזוג. ניתוח באמצעות מתודולוגיית תכנון תחבורה סטנדרטי גילה, כי ניתן לשמור באמצעותם גם ניידות ונגישות.

ניתוח נוסף, באמצעות מתודולוגיית בטיחות בדרכים סטנדרטית, גילה כי 3 דרכי קיזוז ודפוסי רשת מיזוג הצליחו, באופן משמעותי, לשפר את רמות בטיחות בדרכים בכ-60% בהשוואה לדפוסים מקובלים (כלומר רשת ודרכים ללא מוצא).

בכפוף לעוד מחקר, ניתן לומר כי הסטת נסיעות מרכב למצב הולכי רגל / אופניים תוביל אוטומטית להפחתת תאונות. לפיכך, תוצאות ראשוניות אלה צריכות להיחשב כהערכות שמרניות, בכפוף להמשך מחקר.

במחקרים שנערכו בעבר ועד היום, חוקרים הראו כי הגדלת שימוש באופניים אינה מביאה לעלייה הולמת בתאונות אופניים, אבל לא נחזו יחסים כאלה בספרות. לכן, הצעד הבא במחקר זה הוא לפתח מודלים לחיזוי התנגשות המספקים תובנה על מצב פיצול VRU ובטיחות בדרכים באופן כללי.



## Injury protection and accident causation parameters for vulnerable road users based on German In-Depth Accident Study GIDAS

Dietmar Otte, Michael Jänsch, Carl Haasper

Accident Research Unit, Hanover Medical School, Germany  
Surgeon Department, Hanover Medical School, Germany

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012),149-153

### פרמטרים סיבתיים של תאונות ושל הגנה מפני פציעות עבור משתמשי הדרך הפגיעים בהתבסס על מחקר העומק הגרמני בנושא תאונות, GIDAS

#### תקציר

במחקר (German In-Depth Accident Study) GIDAS - מחקר עומק של תאונות שנערך בגרמניה) על נתוני תאונות נחקרו משתמשי הדרך הפגיעים בנוגע לסיכון הפגיעה בתאונות דרכים.

במסגרת GIDAS, שהינו מחקר העומק הגדול ביותר של תאונות בגרמניה, פותחה מערכת היררכית בשם (Accident Causation Analysis with Seven) ACASS - ניתוח הסיבתיות לתאונה בשבעה צעדים). המתארת את הגורמים הסיבתיים של האדם ברצף כרונולוגי.

בהקשר זה, אפשר להשתמש בגורמים הסיבתיים הממוינים לפי סוג, הנובעים מהניתוח השיטתי של גורמי תאונות אנושיים ("7 צעדים"), כדי לתאר את ההשפעה של גורמי תאונות על תוצאת הפגיעה.

בסיס המחקר הוא תיעוד תאונות על פני עשור בשנים 1999-2008 עם 8,204 משתמשי דרך פגיעים, ומתוכם נבחרו 3 קבוצות שונות: הולכי רגל,  $n=2,041$  רוכבי אופנוע  $n=2,199$  ורוכבי אופניים  $n=3,964$ .

נערך ניתוח של תאונות עם מכוניות ומשאיות, כמו גם עם משתמשי כביש פגיעים בלבד.

המחקר מציג תיאור של דפוס הפגיעה ומנגנוני הפגיעה של תאונות.

רצף הפגיעות וחומרתן מצביעים על סוגים שונים של אמצעי הגנה העומדים לרשותם של משתמשי הדרך הפגיעים: מגן קסדה וביגוד.

נקודות הפגיעה, שהודגמו באמצעות איור של מכונית, הביאו לגיבוש מסקנות על אמצעי ההגנה של הרכב.

במחקר מתוארים סטנדרטים קיימים של התקני הגנה וכן גם מחקר בינתחומי, כולל נתוני תאונה וסטטיסטיקת פגיעה.

במאמר זה ניתן סיכום של האפשרויות הקיימות כאמצעי הגנה להולכי רגל, רוכבי אופניים ורוכבי אופנועים על ידי השוואה של כל שלוש הקבוצות של משתמשי הדרך הפגיעים.

כמו כן, המחקר דן גם ברלוונטיות של מצבי השפעה מיוחדים ושל גורמים לתאונות דרכים האחראים בעיקר לפגיעות קשות שצוינו, בהתחשב באוריינטציה החדשה של המחקר למניעה ולהפחתה של תאונות.



## Optimism about safety and group-serving interpretations of safety among pedestrians and cyclists in relation to road use in general and under low light conditions

M.J. Kinga, J.M. Woodb, P.F. Lacherezb, R.P. Marszalekb

Centre for Accident Research and Road Safety – Queensland (CARRS-Q), Institute for Health and Biomedical Innovation, Queensland University of Technology, Victoria Park Rd, Kelvin Grove QLD 4059, Australia

School of Optometry, Institute for Health and Biomedical Innovation, Queensland University of Technology, Victoria Park Rd, Kelvin Grove QLD 4059, Australia

Acc. Anal.Prev. Vol.44(2012) 154-159

### אופטימיות לגבי בטיחות ופרשנויות קבוצתיות של בטיחות בקרב הולכי רגל ורוכבי אופניים ביחס לשימוש בדרכים באופן כללי, ובתנאי תאורה חלשה

#### תקציר

נהגים ידועים בהיותם אופטימיסטים לגבי הסיכון למעורבותם בתאונה, מתוך אמונה שהסיכוי שלהם להיות מעורבים בתאונה נמוך מזה של נהגים אחרים. כמו כן, האופטימיות לגבי סיכון לתאונות מתייחסת להערכת האדם הבודד את המעורבות שלו או שלה בתאונה.

לפיכך, נערך מחקר השוואתי מצומצם בקרב משתמשים אחרים בכביש. עד כה, לא נבדקה ביחס לבטיחות בדרכים האפשרות כי האופטימיות האינדיבידואלית לגבי בטיחות יכולה להיות מוכללת לרמת הקבוצה - כרוכבי אופניים או הולכי רגל, כלומר, כשהיחידים הופכים לשרתי הקבוצה ולא לשרת עצמי.

מחקר זה מנתח מספר נתונים שנאספו כחלק מפרויקט מחקר גדול בנראות של הולכי רגל, רוכבי אופניים ועובדי כביש, תוך התמקדות בשאלון שהועבר ל-406 הולכי רגל, 838 רוכבי אופניים ו-622 נהגים.

הפריטים הקשורים לבטיחות בתרחישים שונים המערבים נהגים, הולכי רגל ורוכבי אופניים, מאפשרים לגזור תחזיות מהבדלים בין קבוצות בהתאמה עם פריטים המתבססים על ההנחה שהתוצאות יציגו הטיה בקבוצת השירות.

ניתוח של תשובות/תגובות הצביע על כך שהשערות ספציפיות באשר לפרשנויות קבוצת שירות בנוגע לבטיחות ואחריות נתמכו ב-22 מתוך 26 השוואות.

בעוד תשע ההשוואות הרלוונטיות לתנאי תאורה נמוכה הובאו בחשבון נפרד, שבע מתוכן נתמכו. לממצאים של המחקר יש השלכות על חינוך הציבור וקבלה סבירה של מסרים שאינם עולים בקנה אחד עם הנחות וציפיות של הולכי רגל ורוכבי אופניים.

הממצאים מראים גם כי מחקר בנושא פרשנויות קבוצתיות של בטיחות, גם לתפקידים זמניים ולא לקבוצות מתמשכות, יכול להיות פורה.

כמו כן, המשמעות הרווחת היא שהבטיחות יכולה להתקיים על ידי חינוך טוב של משתמשי הדרך לגבי מגבלות הנראות שלהם ובטיחות הדרך במיוחד באור חלש.





## Drivers' perception of vulnerable road users: A hazard perception approach

Avinoam Borowsky, Tal Oron-Gilad, Anat Meir, Yisrael Parmet

Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel

Acc. Anal. Prev. Vol. 44(2012)160-166

### כיצד תופסים הנהגים את משתמשי הדרך הפגיעים: גישת תפיסת סיכון

#### תקציר

המחקר הנוכחי בוחן כיצד נהגים מנוסים ונהגים צעירים חסרי ניסיון (מאומנים בתפיסת סיכון או לא) מגיבים לזיהוי של הולכי רגל, כאשר הם מופיעים בכבישי מגורים בתוך שכונות מאוכלסות ובדרכים עירוניות הממוקמות מחוץ לשכונות, ובדרך כלל פחות מאוכלסות.

כחלק ממבחן תפיסת הסיכון, המשתתפים חוברו למערכת מעקב עינית והתבקשו להתבונן ב-58 סרטים שבהם תרחישי תנועה, וללחוץ על כפתור תגובה בכל פעם שבה זיהו מצב מסוכן.

מניתוח כל האירועים הקשורים להולכי רגל התגלה, כי ללא כל קשר לניסיון בנהיגה או להכשרה, נהגים מזהים הולכי רגל בתדירות נמוכה יותר כאשר הם מופיעים באזורים עירוניים, ולעתים קרובות יותר כשהם מופיעים באזורי מגורים.

יתר על כן, נהגים מנוסים מעבדים מידע בצורה יעילה יותר מנהגים צעירים חסרי ניסיון (גם מיומנים וגם נטולי הכשרה) בזיהוי הולכי הרגל.

המחקר דן בדפוסי חיפוש חזותיים בסביבה של תנועה בדרכים עירוניות ובאזורי מגורים.



## Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world

Charles V. Zegeer, Max Bushell

Acc. Anal. Prev. 44 (2012) 3-11

### מגמות בתאונות הולכי רגל ואמצעי מניעה פוטנציאליים מרחבי העולם

#### הקדמה

ככל שכמות ותנועת כלי הרכב ממשיכה לגדול ברחבי העולם, יהיו רוכבי אופניים, הולכי רגל ורוכבי האופנוע, המכונים גם משתמשי הדרך הפגיעים, רגישים ומועדים יותר לתאונות דרכים, במיוחד במדינות שבהן חוקי התנועה אינם נאכפים כהלכה.

מדינות רבות, עם זאת, עוסקות באסטרטגיות חדשניות שנועדו להבטיח כי משתמשי הדרך ינווטו בצורה בטוחה יותר בנוף האורבני.

רוכבי האופניים והאופנוענים הם משתמשי דרך חשובים, אולם מאמר זה יתמקד בתאונות הולכי הרגל ופתרון.

הולכי רגל מצויים בסיכון הגבוה ביותר באזורים עירוניים, בין השאר כתוצאה מכמות גדולה של הולכי הרגל וכלי הרכב הפעילים באזורים אלו.

יעיזב בטוח, נגיש ומקיף של מתקנים עבור הולכי רגל הוא חיוני לצמצום תאונות הולכי רגל. מאמר זה יספק כמה תובנות לגבי היקף בעיית תאונות הולכי הרגל ברחבי העולם, ויציע כמה לקחים שהופקו במספר מדינות, בעיקר באירופה ובארצות הברית, לשיפור בטיחות הולכי הרגל.

לכד מנתונים סטטיסטיים לבטיחותם של הולכי הרגל ברמה הגלובלית, האזורית והארצית, מאמר זה יעסוק גם באמצעים למניעה ובאסטרטגיות לשיפור בטיחות הולכי הרגל בהיבט בינלאומי.

#### גודל הבעיה

על פי הדו"ח העולמי על מצב הבטיחות בדרכים, יותר מ-1.2 מיליון מקרי מוות הקשורים לכלי רכב מנועיים מתרחשים בשנה, ובין 20 ל-50 מיליון בני אדם נפגעים בתאונות כל שנה.

כדי לשים נתונים אלה בפרספקטיבה, שיעורי תמותה אלה דומים לשיעור מקרי המוות מכל המחלות המידבקות, ולכן, קיים הצורך ליצור סביבה בטוחה למשתמשי הדרך ובעיקר להולכי הרגל.

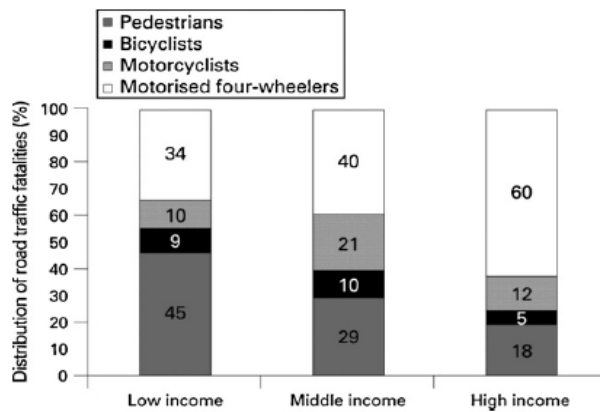
מבין אלו שנהרגו בכבישים ברחבי העולם, כמחצית מההרוגים הם הולכי רגל. נתון מדאיג נוסף, כ-21% ממקרי המוות בתאונות הדרכים מעורבים ילדים, כ-720 מקרי מוות של ילדים מדי יום.

תאונות אלה הן גם הסיבות העיקריות לנכויות אצל ילדים. אם לשפוט לפי הנתונים המדהימים הללו, נושא בטיחות הולכי רגל הוא בהחלט רלוונטי למתכננים, מהנדסים ומחוקקים ברחבי העולם.



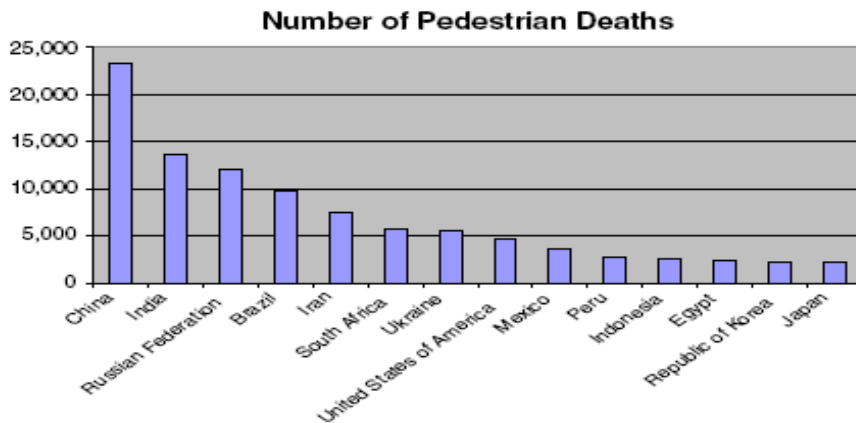
במונחים של תאונות הולכי רגל בקנה מידה עולמי, מעל ל-400 אלף הולכי רגל מתים מדי שנה, ויותר ממחצית מקרי המוות האלה מתרחשים במדינות בעלות הכנסה נמוכה.

לרוב המדינות יש אסטרטגיות לשיפור הבטיחות בדרכים, בעוד שלמדינות בעלות הכנסה נמוכה אין האמצעים לשפר את בטיחות הולכי הרגל.

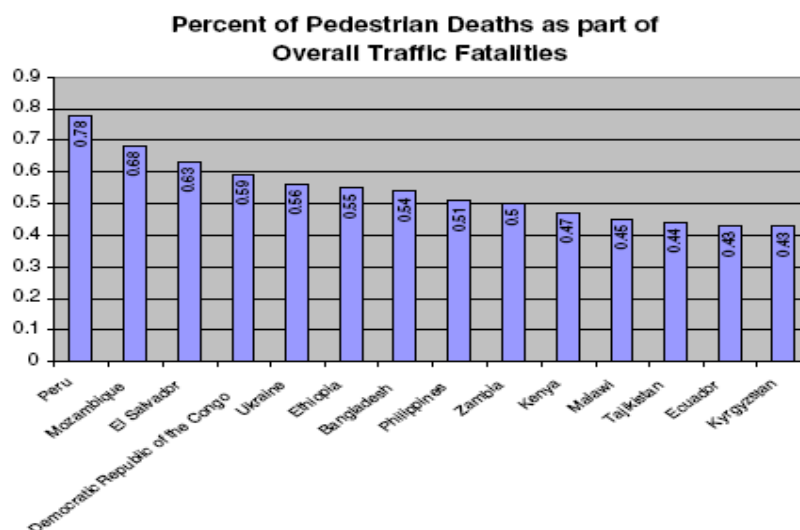


איור 1. התפלגות ההרוגים בתאונות דרכים על פי משתמשי הדרך.

הבחנה בין הכנסה בינונית, הכנסה נמוכה ומדינות בעלות הכנסה גבוהה.



איור 2. מספר הולכי הרגל ההרוגים לפי המדינות (WHO, 2009).



איור 3. שיעור מקרי מוות של הולכי רגל כחלק מסה"כ ההרוגים בתאונות דרכים במדינות בעלות הכנסה נמוכה (WHO, 2009).

## מאפיינים וגישות לתאונות הולכי רגל

### 1. הולכי רגל בסיכון גבוה

תאונות הולכי רגל קטלניות מצביעות על בעיות חמורות עבור הולכי רגל ילדים וקשישים. לפי chang (2008), בין 1997 ל-2006, ילדים מתחת לגיל 15 היוו 21% מאוכלוסיית ארה"ב ו-23% מתוך הולכי הרגל המעורבים בתאונות דרכים.

לפי FARS (Fatality Analysis Reporting System), ילדים מתחת לגיל 15 מהווים 8% מההרוגים בקרב הולכי הרגל.

הולכי רגל מעל גיל 70 מהווים מעל 9% מהאוכלוסייה, ו-16% מהולכי הרגל שנהרגו בתאונות דרכים. מצב זה קיים גם במדינות נוספות. מחקר שנערך באנגליה בשנת 1999 תומך במסקנה שילדים וקשישים הם הולכי הרגל הפגיעים ביותר.

בארצות הברית גברים בני כל הגילים מהווים 70% מההרוגים בקרב הולכי הרגל, ושיעור הולכי הרגל ההרוגים הגברים היה 2.19 (מיתות ל-100 אלף נפש) בהשוואה ל-0.91 של נשים.

מנתוני ה-NHTS (National Household Transportation Survey) משנת 2001, התברר שמספר טיולי ההליכה של גברים ונשים הוא כמעט זהה. ובכל זאת, יש הוכחות לכך שגברים באופן כללי הולכים בממוצע מרחק רב יותר, מה שמגדיל את החשיפה שלהם בהשוואה לנשים.

קיימות גם הוכחות לכך, שלמהגרים ואוכלוסיות מיעוט יש ייצוג יתר בתאונות הולכי רגל, בהשוואה לגודל האוכלוסייה שלהם.

בקטגוריה אנשים עם מוגבלות כלולים אנשים עם מוגבלות בניידות, באמצעות כיסאות גלגלים, הליכוניים או מקלות, עיוורים או שיש להם מגבלת ראייה, אנשים עם ליקויים קוגניטיביים מנכויות התפתחותיות, שבץ או פגיעה מוחית, ואחרים. אנשים עם מוגבלויות הם המשתמשים הפגיעים ביותר של שירותי התחבורה. רבים אינם מסוגלים לנהוג ותלויים בתחבורה ציבורית ובשירותים להולכי



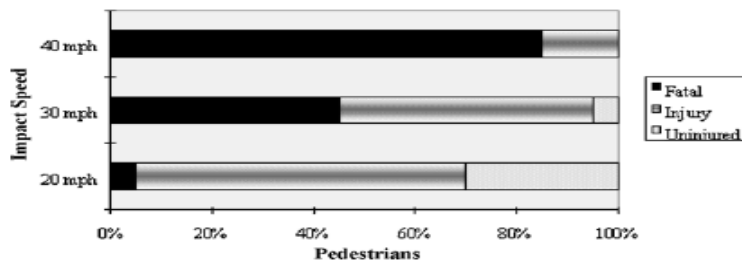
רגל בכדי לנסוע לעבודה ולמשפחה, לקניות, למתקנים רפואיים וליעדי נופש. הבטיחות של אנשים עם מוגבלויות תלויה בעיצוב בטיחותי של המדרכות ומעברי החצייה, והיא חלק חיוני משיפור של בטיחות הכבישים.

## 2. סוגי אזורים בעלי שיעור גבוה של תאונות הולכי רגל

בארצות הברית כמו גם באירופה, רוב תאונות הדרכים הקטלניות שבהן מעורבים הולכי רגל מתרחשות באזורים עירוניים. אף על פי שמעט מאוד תאונות קטלניות של הולכי רגל מתרחשות באזורים כפריים, להולכי רגל יש פי 2.3 סיכוי למות מתאונה באזורים כפריים מאשר באזורים עירוניים.

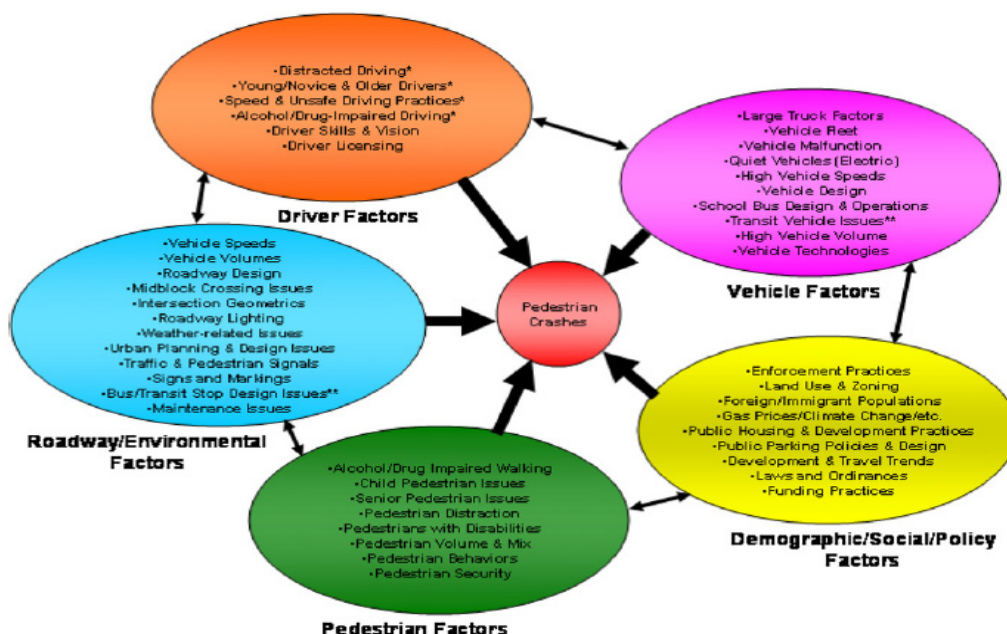
## 3. מאפייני תאונות הולכי רגל והתנהגויות

סוגי תאונות הולכי רגל השכיחות כוללות התפרצות לחצי הראשון של הכביש (24%), התנגשות בצומת (13%), התפרצות בחצי השני של הכביש (10%), התפרצות באמצע הכביש (10%), הליכה במיסעה (7.4%) ומכוניות פונות (5%). אף על פי שלא הוגדר כסוג של תאונה, 2/3 מתאונות הולכי הרגל מתרחשות בלילה או בתנאי ראות לקויים. גורם זה תורם רבות לסוגי תאונות הולכי רגל המזכרים למעלה. יש לציין גם את השימוש בטלפון סלולרי, באלכוהול ובסמים על ידי נהגים והולכי רגל, והתנהגויות נוספות העלולות להגביר את הסיכון לתאונות הולכי רגל. מהירות הרכב אף היא מעלה את הסיכון לתאונות הולכי רגל.



איור 4. חומרת הפגיעות של הולכי רגל כתוצאה ממהירות הרכב.

מאפייני הדרך עצמה קשורים גם הם לתאונות הולכי רגל: בקרת תנועה ומאפיינים גיאומטריים של הדרך משפיעים על תאונות הולכי הרגל.



איור 5. גורמים הקשורים לתאונות הולכי רגל חמורות.

## הניסיון האירופי

### צפון אירופה

בשנת 2010, נכתב דו"ח שכותרתו "בטיחות הולכי רגל ורוכבי אופניים ותנועה באירופה", שהתבסס על סקירה מדינית ומעשית של 5 מדינות באירופה: שבדיה, דנמרק, גרמניה, שווייץ ובריטניה. מטרת הסקירה – לזהות ולהעריך את הגישות האפקטיביות ביותר לשיפור בטיחות הולכי הרגל ורוכבי האופניים.

### המלצות מרכזיות:

- היררכיה של הרחוב – מתן עדיפות גבוהה להליכה, לרכיבת אופניים ולתחבורה ציבורית.
- בחלק מהמדינות קיימת תמיכה פוליטית וציבורית לתנאים מועדפים להליכה ולרכיבה.
- במדינות אלה יש מדיניות לשימושי קרקע עירוניים, מדיניות חנייה ואגרות גודש, ותכנון עירוני ועיצובי התומך בהליכה בטוחה ברחוב.
- בחלק מהמדינות, חינוך לבטיחות בדרכים מהווה חלק מתוכנית הלימוד בבתי ספר בתמיכה ממשלתית.
- אכיפת מהירות באמצעות מצלמה הייתה דבר קבוע ושגרתי (לשם ציוד למהירות הנסיעה בכביש וציוד לרמזור).
- עיצוב כבישים וטיפול הנדסי יושמו כדי לענות על צורכי הולכי הרגל, וכללו נסיעה במהירות נמוכה ברחובות (אזורי מגורים), מדרכות ומעברי חצייה מותאמים, מעברי חצייה מוגבהים בצמתים ובמעגלי תנועה, ורמזורים ייעודיים להולכי רגל המפרידים בין תנועת כלי הרכב לתנועת הולכי הרגל.



- מעקב פאסיבי (passive detection) של הולכי רגל במעבר חצייה.
- עידוד ההליכה והרכיבה על אופניים באמצעות תוכניות ופעילויות המשלבות גם ארגונים ציבוריים וארגוני בריאות (באמצעות שילוט הכוון, מיפוי מסלולי הליכה, תכנון מסלולי הליכה אישיים ועוד).

## דרום אירופה

שיעור תאונות הדרכים גבוה יותר בדרום אירופה מאשר בצפונה. במאמר של Avenoso and Beckmann (2005) על בטיחות הולכי הרגל במדינות דרום ומזרח אירופה, הביאו החוקרים כמה המלצות להפחתת התמותה של משתמשי הדרך הפגיעים והולכי הרגל: אמצעי אכיפה, העלאת המודעות, החמרה במדיניות של הגבלת מהירות, הקפדה על שימוש בקסדה, בדיקות אלכוהול וחינוך לבטיחות. בנוסף, הומלץ לייסד מערכת כבישים היררכית, שאינה קיימת כמעט במדינות אלה, וליצור מעברי חצייה להולכי רגל (שלעתים לא קיימים).

באמצעות השימוש במודל של צפון ומערב אירופה בנושא בטיחות הולכי הרגל בדרום ומזרח אירופה, אירופה מקווה להפחית את שיעור ההרוגים בתאונות דרכים בקרב הולכי הרגל.

## לקחים שנלמדו באזורים אחרים

**אוסטרליה:** בעיית תאונות הדרכים דומה למצב באנגליה ובארצות הברית מבחינת אחוזי תאונות הדרכים של הולכי הרגל. גם המדיניות שם לגבי שילוט מעברי חצייה ורמזורים היא זהה. לעומת זאת, במונחים של הפרדה ואזורי מפלט להולכי רגל, כבישים אוסטרליים בדרך כלל מתוכננים לסטנדרטים נדיבים מאוד.

בנוסף לתקני בניית כביש נדיבים, החלו להשתמש באוסטרליה במעברי חצייה חדשניים ושולבו גם מעגלי תנועה בתכנון הרחובות. גם בתחום החינוך יש חדשנות ויש דגש על חינוך לבטיחות בדרכים כבר מהגיל הרך, בשילוב עם תוכנית למסלולים בטוחים לבית הספר והדרכות. בתחום האכיפה, תקנות הולכי הרגל נמצאות בעדיפות נמוכה בקרב המשטרה.

**סין:** הפרת החוק בסין באזורים המיועדים להולכי רגל ולרוכבי אופניים היא גבוהה מאוד, ואין תיאום בין עיצוב הכביש ותחנות האוטובוס למסלולי האופניים. לדעת כותבי המאמר, אפשר להפחית בבייג'ין את הסיכונים להולכי הרגל באמצעות פתרונות עיצוב ומתן תשומת לב למשתמשי הדרך הפגיעים.

**הודו:** סובלת כמו סין מתחבורה מואצת, זיהום אוויר ורעש. במדינת אנדרה פראדש, תאונות משתמשי הדרך היו בשיעור הגבוה ביותר בהודו בשנים 2006-2007. Ponnaluri and Nagar (2010) טוענים, כי למרות ההשקעה בתשתיות ובפיתוח המדיניות למניעת תאונות הולכי רגל, מעט מאוד נעשה. הם מדגישים כי יש צורך להסדיר תפעול של כלי רכב, ולחנך הן את הנהגים והן את הולכי הרגל כדי להשיג הפחתה משמעותית בתאונות.



## מגמות

מדינות מתועשות יותר, כגון ארה"ב, קנדה, אוסטרליה וחלק ממדינות אירופה, התקדמו מאוד בנושא בטיחות הולכי רגל, אך במדינות מסוימות עדיין יש צורך בשיפור.

מדינות בעלות הכנסות נמוכות (למשל, סין והודו) הנמצאות בתהליך של פיתוח וצמיחה כלכלית מתחילות לטפל בטיחות הולכי הרגל במידה רבה יותר מאשר בעבר.

במדינות דרום-מזרח אירופה ובהודו אין חינוך לבטיחות בדרכים עבור הנהגים והולכי הרגל. בחלק מהמדינות, הדרכות בטיחות בדרכים קיימות בבית הספר, אך יש ספקות לגבי האיכות והתדירות של הדרכות אלו. תחום חינוך הנהג מוגבל אף הוא (לדוגמה באוסטרליה).

תחום נוסף, הדורש תשומת לב, הוא אכיפת החוק. באמצעות החמרה בעונשים ובקנסות על עבירות התנועה (כעיקר של נהגים) ניתן יהיה להשיג תוצאות רבות עבור בטיחות הולכי הרגל ומשתמשי הדרך השונים.

ככל שהמדינות המתפתחות יתקדמו ויתפתחו, תהיה לאכיפה חשיבות רבה.

לפתרונות הנדסיים יש חלק בצמצום תאונות הולכי הרגל. מחקר לשיפור הבטיחות בבייג'ין, סין, הראה כי יש צורך ליישם שילוט חדש, תמרורים ואמצעים הנדסיים, והומלץ למדינות דרום-מזרח אירופה לשפר את האמצעים למיתון התנועה.

## הצעת אסטרטגיות לנושא הולכי הרגל

- לספק הנחיות גיאומטריות ידידותיות להולכי רגל
- ליישם בקרת תנועה והתייחסות יעילה לבטיחות הולכי הרגל
- הרחבת המימון והביצוע של תוכניות נתיבים בטוחים לבית הספר וכן של חינוך לבטיחות
- לפתח וליישם קווים מנחים לאומיים ספציפיים לעיצוב ומיקום תחנות אוטובוס בטיחותיות
- לקדם את האכיפה
- לשפר את הנראות של הולכי הרגל
- לפתח וליישם ITS לרכב, בעל תכונות ידידותיות להולכי רגל
- פיתוח תוכנית בטיחות מקיפה להולכי רגל

## סיכום

כדי לספק מערכת כבישים בטוחה עבור הולכי רגל, נדרשים מתכננים ומהנדסים בארגונים הממשלתיים והפרטיים להכיר אמצעים גיאומטריים ואמצעי בקרת תנועה השומרים על איזון צורכי הבטיחות של כל משתמשי הדרך, לרבות הולכי רגל.

עד היום, ידע כזה לא נרכש בצורה רחבה במכללה ובאוניברסיטה, ולכן יש צורך בהדרכות מקצועיות שתספקנה לאנשי המקצוע עדכונים ממחקרים אחרונים, הדנים כיצד להפחית את תאונות הולכי הרגל באמצעות שיפורי כביש.

כחלק ממאמץ זה, צריך לנטר באופן הדוק ולפקח על תאונות הולכי הרגל, פציעות ומקרי מוות בכל מדינה, אזור ועיר בעזרת משאבים מקומיים, ולהתמקד בהדרכות הולכי רגל ומשאבים אחרים במדינות וערים שמתמודדות עם בעיות של תאונות הולכי הרגל.





בתמיכה בפעולות ההדרכה והסיוע הטכניים שנדונו לעיל, יש לבצע מחקר מתמשך על בטיחות הולכי רגל, באמצעות אוניברסיטה וסוכנויות מחקר אחרות, כדי להעריך אמצעים אפשריים שיפחיתו את התאונות תוך בדיקת תנאי שטח שונים.

תוצאות מחקר זה צריכות להשתלב באופן מיידי בהדרכות ובסיוע טכני בערים ובגרסאות חדשות של הנחיות גיאומטריות ובקרת תנועה.

ישנם סוגים רבים של נהגים, הולכי רגל, כבישים, וגורמים אחרים שתורמים להריגות ופציעות של הולכי רגל, ובדרך כלל יש צורך בשילוב של אמצעי הנדסה, אכיפה וחינוך כדי להיות יעילים.

האסטרטגיות הרחבות שהוצגו במאמר זה מייצגות חלק מההזדמנויות הטובות ביותר שנוצרו כדי להפחית את מקרי המוות והפציעות החמורות בקרב הולכי הרגל בעתיד הקרוב במדינות רבות.

יחד עם זאת, יש צורך לשתף אנשי מקצוע רבים ומסורים, מנהיגים לאומיים, מקומיים ואזוריים, שותפים למימון ואחרים בעלי עניין לעבוד יחד כדי לגרום לשינוי אמיתי.



## Pedestrians' behaviour in cross walks: The effects of fear of falling and age

Erel Avineri, David Shinar, Yusak O. Susilo

Centre for Transport & Society, University of the West of England, Frenchay Campus, Coldharbour Lane, Bristol BS16 1QY, UK

Department of Industrial Engineering and Management, Ben Gurion University of the Negev, Ben-Gurion Avenue 1, P.O. Box 653, Beer Sheva 84105, Israel

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (1),2012:30-34

### התנהגות הולכי רגל במעברי חצייה: השפעת הפחד מפילה והגיל

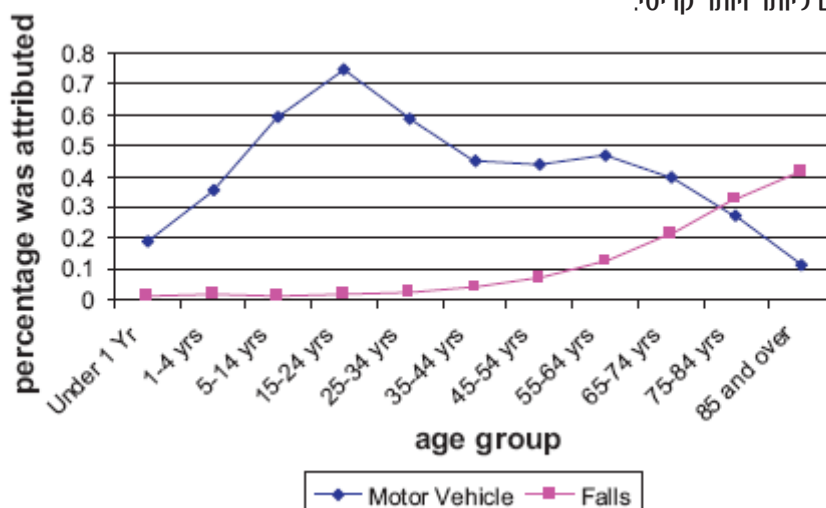
#### מבוא

ניתוח הסיכונים שאליהם חשופים הולכי הרגל בעת חציית כביש והבנתם היוו נושא למחקרים רבים בעיקר מהיבטים הנוגעים לתנועה, עיצוב הכביש, רמזורים והתנהגויות של משתמשים בכביש, וקיים מחקר נרחב על התנהגות הולכי רגל והערכה של אמצעי הבטיחות עבור הולכי רגל באזורים עירוניים.

שני היבטים ספציפיים של התנהגות בעת חציית כביש נבדקים במחקר זה: מהירות החצייה של הולכי רגל ונטיית הראש – יחס הזמן שבו הולכי רגל מורידים את ראשם (על מנת לאזן את צעדם) עד חציית הכביש.

שני היבטים הם מעניינים, מאחר שהם עשויים להיות קשורים בגיל הולכי הרגל ובמה שמכונה "פחד מפילה" (המתקשר עם גיל מבוגר יותר), שלא נחקר בהקשר של חצייה והתנהגות.

האחוז ההולך וגדל של אנשים מבוגרים בקהילה במדינות מתועשות (ברבות מהן שיעור זה מעל 10%) והעלייה ברמת הניידות והפעילות הגופנית שלהם, הופכים את נושא הבטיחות של משתמשי הדרך המבוגרים ליותר ויותר קריטי.



איור 1. סיבות מוות בתאונות בארה"ב לפי קבוצות גיל: נפילות לעומת כלי רכב מנועים (מבוסס על CDC, 2002)



אנשים מכל הגילים חשופים ופגיעים לנפילות. Cumming et al. (2000) מגדיר את הפחד מנפילה (FOF) כמושג כללי המתאר ביטחון עצמי נמוך בהימנעות מנפילות, יחד עם הפחד הגדול יותר מהתוצאות של נפילה. FOF נגרם בשל גורמים רבים: פיזיים, פסיכולוגיים ומרכיבים תפקודיים. אצל אנשים מבוגרים הדבר קשור למצב בריאות לקויה וירידה בתפקוד, והגבלת הפעילות, וכן לגורמים פסיכולוגיים (כגון דיכאון וחרדה) וירידה באיכות החיים.

אבחון ה-FOF היווה נושא למחקר בלא פחות מ-28 מחקרים באמצעות מגוון של שיטות מדידה. אמצעי תצפית של FOF עשויים לספק הסבר נוסף להתנהגות בעת חציית כביש. לדוגמה, FOF יכול להיות קשור במהירות ההליכה (אשר צפויה לרדת עם FOF), ויכול להיות קשור לרמת תשומת הלב של הולכי הרגל בעת חציית התנועה: הסיכון הנתפס של להיות מעורב, כהולך רגל, בתאונת דרכים עשוי להיות מוחלף לפעמים עם האפקט הפסיכולוגי של FOF; כלומר, הולכי רגל שמפחדים מנפילה עלולים לתת פחות תשומת לב לתנועה החוצה, ולתת תשומת לב יתרה למדרכה ולצעדיהם.

קשה לתפוס את תנועות העיניים של הולכי הרגל בתחום הסביבה, ולכן, הינד ראש כלפי מטה – במיוחד משך הזמן שהולכי הרגל משאירים בו את ראשיהם כלפי מטה (ולא לכיוון התנועה) בעת חציית כביש – מוצג כאינדיקציה לחוסר תשומת הלב של הולכי הרגל בעת חציית כביש.

בעוד שאת הקשר בין תנועות עיניים לתנודות הראש לא חקרו בהקשר של התנהגות בעת חציית מעבר חצייה, יש עדויות לכך שהם קשורים ואפילו מתואמים בהתנהגות בני האדם ובעלי החיים. יתר על כן, על פי Sparks (1991), העיניים והראש של הנושא נעים באותו כיוון רק עד שהעיניים מגיעות עד גבול תנועת הראייה או עד שקו הראייה מכוון למטרה. ואז, בדרך כלל, הראש ממשיך לנוע והעיניים נעות בכיוון ההפוך, לפיצוי על תנועת הראש שעדיין נמשכת.

ניתן לטעון, אפוא, כי בסיטואציות כאלה תנועות ראש יכולות להיות אינדיקטור טוב לתשומת לב קוגניטיבית וחזותית.

חציית כביש וסיכוני דרך אחרים יכולים להיות ממוקמים בתוך טווח תנועת הראייה האנושי (שהוא  $\pm 55^\circ$ ) ומעבר לו, ולכן ניתן לצפות לקבל תדר מסוים של תנועות ראש לעבר מטרות במהלך חציית כביש. באמצעות מחקר שדה של התנהגות בעת חצייה, החוקרים בדקו אלו מדדים של התנהגות הולכי רגל מסבירים את מהירות חצייתם את הכביש ואת שיעור תנודות הראש כלפי מטה. החוקרים שיערו כי מהירות החצייה פחתה ותנודות הראש בעת חצייה גדלו עם הגיל ועם הפחד מנפילה (FOF).

## השיטה

האתרים שנבחרו למחקר זה היו מעבר חצייה מרומזר ומעבר חצייה לא מרומזר, שניהם ממוקמים במרכז תל אביב, ישראל.

מהירות חציית הכביש והיבטים נוספים מושפעים מסביבת ההליכה, וכן על ידי המוטיבציה של הולכי הרגל ומטרת ההליכה. (Finnis and Walton, 2008)

כדי להבטיח שאוכלוסיית הולכי הרגל ואוכלוסיית הנהגים בשני האתרים יהיו דומות ככל האפשר, שני מעברי החצייה שנבחרו למחקר היו במרחק של פחות מ-50 מ' זה מזה.



אין אלמנטים מעוצבים (כגון פסי האטה) או אלמנטים המסייעים לאנשים עם מוגבלויות במעברי חצייה אלה. משטח החצייה בשני האתרים לא היה בשיפוע. שני מעברי החצייה סומנו בבירור (פסי זברה), תנאי התחזוקה של מעברי החצייה היו טובים, ללא סדקים במסעות, ללא מהמורות וכו', שיכולים להשפיע על התנהגות החצייה. המהירות המותרת באזור עירוני זה היא 40 ק"מ / שעה.

רוחבו של מעבר החצייה המרומזר הוא 10 מ' והוא חוצה כביש דו סטרי. אורכו של שלב האור הירוק (23 שניות) אמור לספק לרוב הולכי הרגל זמן סביר לחציית הכביש. במהירות הליכה ממוצעת של 1.2 מ' לשנייה (חישוב תזמונים במעברי חצייה להולכי רגל הינו נפוץ), חציית הכביש אורכת 5.8 שניות.

לרוב הולכי הרגל, גם לאלה שהולכים במהירויות של פחות מ-1 מ' לשנייה, יש מספיק זמן לחציית הכביש בשלב הירוק.

מעבר החצייה הלא מרומזר הוא ברוחבו של 6.6 מ', ברוחבו חד סטרי. על פי חוק, בעת חציית כביש כזה הולכי רגל הם בעלי עדיפות על פני התנועה בכביש (למרות זאת, לא כל הנהגים בתל אביב מיישמים חוק זה). שני מעברי החצייה קרובים מאוד לסופרמרקט גדול ולמרכז רפואי המושכים מגוון רחב של אנשים בגילאים שונים.

## הליך וניתוח

מחקר זה השתמש בגישות מעורבות: תצפית ללימוד התנהגות הולכי הרגל בעת חציית הכביש, וסקר שנערך עם הולכי הרגל מיד לאחר החצייה.

הולכי הרגל החוצים נדגמו באופן אקראי בשני האתרים. מצלמת הווידאו בשני המקומות הייתה ממוקמת בצד אחד של הרחוב במקום קבוע ולא בולט, וזאת כדי לוודא כי תנודות הראש נתפסות היטב, וכי רק הולכי רגל החוצים את הכביש מול המצלמה ייכללו במחקר.

על מנת לנתח את מהירות ההליכה הרגילה, כאשר לא חוצים כביש, הולכי הרגל צולמו בווידאו בזמן ההליכה על המדרכות ליד מעברי החצייה.

כל התצפיות נעשו בימי אמצע השבוע בין השעות 10:00-14:00 ביום, בתנאי מזג אוויר טובים (שמש בהירה, ללא גשם), לאורך כל תקופת המחקר.

הראיונות שלאחר חציית הכביש היו קצרים וכללו שאלות כמו: גיל, מצב משפחתי, ובאיזו תדירות חוצים הולכי הרגל כביש זה.

הולכי הרגל גם התבקשו לענות על השאלה האם הם מיהרו בעת חציית הכביש, האם היו מעורבים בתאונות דרכים, ואם הם סובלים מבעיות ראייה.

בנוסף לכך, הולכי הרגל התבקשו לתאר את "הפחד מנפילה" בסולם Linkert של 5 נקודות (תשובות אפשריות היו: אני לא מפחד מ, בדרך כלל אני לא מפחד, אני קצת חושש, אני מפחד, ואני מאוד מפחד/פחד ליפול).

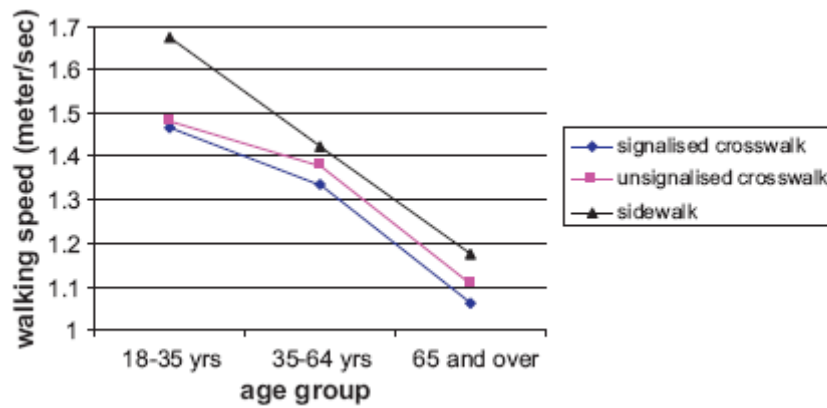
הנתונים נותחו במחקר זה והם כוללים רק את הולכי הרגל שסיפקו מענה מלא לשאלון, ושהביעו את הסכמתם להיכלל במחקר.

רמת התגובה הייתה כ-60%.



**טבלה 1: תדירות הולכי הרגל מבחינת גיל ומגדר בשני האתרים.**

Site	Number of pedestrians	Gender		Age group (years)		
		Male	Female	18-35	36-64	65 and over
Signalised crosswalk	102	39	63	23	37	42
Unsignalised crosswalk	101	29	72	26	42	33
Total	203	68	135	49	79	75



**איור 2.** ממוצע מהירויות הליכה במעבר חצייה מרומזר, במעבר חצייה לא מרומזר ובמדרכה הסמוכה, לקבוצות גיל שונות.

**טבלה 2: מודל רגרסיה למהירות הליכה במעבר החצייה.**

	B	Sig.
(Constant)	1.450	.000
Female (dummy)	-0.74	.056
Age 18-35	0.116	.013
Age 65+	-0.238	.000
In a hurry	0.02	.959
Not involved in road accident	-0.070	.304
Afraid of falling	-0.075	.198
Unsignalised crosswalk	0.02	.979
Has a vision problem	-0.013	.714

**טבלה 3: מודל רגרסיה לתנועות ראש כלפי מטה במהלך החצייה.**

	B	Sig.
(Constant)	0.117	.121
Female (dummy)	0.040	.295
In a hurry	-0.030	.403
Not involved in road accident	0.008	.908
Afraid of falling	0.119	.030
Unsignalised crosswalk	-0.009	.896
Has a vision problem	0.024	.501



טבלה 3 מראה כי המשתנה היחיד הקשור באופן משמעותי עם תנועת הראש כלפי מטה הוא הפחד מנפילה. אלה שהודו בפחד מנפילה הקדישו, ברמה מסוימת, זמן רב יותר בלהיטי במדרכה (26.4% לעומת 14.0%).

**טבלה 4.** מודל רגרסיה לתנועת הראש כלפי מטה במקטע האמצעי של מעבר החצייה.

	B	Sig.
(Constant)	-3.689	.500
Female (dummy)	0.939	.064
In a hurry	-0.332	.416
Not involved in road accident	1.259	.110
Afraid of falling	1.113	.026
Unsignalised crosswalk	1.207	.125
Has a vision problem	0.215	.593

## מגבלות מחקר

למחקר זה היו כמה מגבלות. כבר נרמז כי תנועת הראש של הולכי רגל בעת החצייה מעידה על רמת תשומת הלב שלהם לתנועה החוצה, למדרכות, לצעדיהם או לאובייקטים ותנועות אחרות בסביבת ההליכה.

עם זאת, תנועת הראש אינה המדד הטוב ביותר לכיוון שבו תשומת הלב החזותית או הקוגניטיבית מתמקדת (אם כי השניים מתואמים בדרך כלל). יתר על כן, הולכי רגל מבוגרים עלולים לסבול יותר מאנשים בקבוצות גיל אחרות ממגבלות פיזיולוגיות, תחושתיות וקוגניטיביות שעשויות להשפיע על תנועת הראש.

מחקר על תנודות ראש מצד לצד של נהגים שערכו Fisher ו-Romster גילה כי יכולת קוגניטיבית, ולא גורמים פיזיים, מהווה מנבא משמעותי לסיבוכי ראש.

ייתכן גם כי גורם הקשור לגיל, שלא נבדק במחקר זה, ושאר האינדיקטורים המבוקרים של קשב חזותי וקוגניטיבי (כגון תנועות עיניים) יתרמו משמעותית להסבר תנועת הראש. הדבר דורש מחקר של התנהגות חצייה בסביבה מבוקרת יותר (כלומר, ניסוי סימולציה, ולא מחקר שדה נטורליסטי).

## דיון ומסקנות

בטיחות הולכי הרגל המבוגרים בסביבה העירונית היא בעיה דחופה במדינות מתועשות ככל שעולה שיעור האוכלוסייה המבוגרת.

הקונפליקט הגדל בין הולכי רגל לכלי רכב, שנובע מהגידול בתנועה ממונעת באזורים עירוניים, קורא לתת דגש רב יותר לשיפור העיצוב של סביבת הולכי הרגל. על ידי הבנת הצרכים הספציפיים של הולכי הרגל הפגיעים והתנהגותם בחציית כבישים, אפשר יהיה לתכנן מעברי חצייה טובים יותר כדי לשפר את בטיחותם של הולכי הרגל.

מחקר זה הראה כי להבדלי גיל והפחד מנפילה יש השפעות משמעותיות על התנהגות הולכי רגל במעבר חצייה. מהירות חציית כביש מוסברת בעיקר על ידי גיל ומין, בעוד שהיחס בתנועות הראש כלפי מטה בעת החצייה יכולים להיות מוסברים על ידי מגדר והפחד מנפילה (שבפני עצמו עשוי להיות קשור לזקנה). מחקרים עתידיים יכולים גם הם לטפל בהשפעה של גיל, מין, פחד מנפילה ומשתנים



רלוונטיים אחרים הנוגעים בהיבטים אחרים של התנהגות ובעת חציית כביש, כגון בחירת מיקום מעבר (המיקום הסביר ביותר לחציית כביש עבור הולך הרגל) או התרומה הפוטנציאלית שלהם לתיאוריית קבלת פערים, gap acceptance.

מחקרים עתידיים צריכים לשלב בין הממצאים להבנת ההתנהגות בעת החצייה, בכדי ליצור התערבויות לטיפול בהתנהגות הפחד מפילה (FOF) והתנהגות המבט, הן בתחבורה והן בהקשרים כלליים.

אפשר להעריך התערבויות לטיפול ב-FOF בתכנון ובעיצוב של סביבת הליכה עבור הולכי הרגל על ידי השפעתן על מהירות ההליכה, תשומת הלב הניתנת בעת חציית התנועה, תנועות ראש, ובסופו של דבר – מספר הנפגעים וההרוגים בתאונות בקרב הולכי רגל מבוגרים בעת חציית הכביש.



## Age-related differences in street-crossing safety before and after training of older pedestrians

Aurlie Dommès, Viola Cavallo, Fabrice Vienne, Isabelle Aillerie

French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Laboratory of Driver Psychology, Versailles, France

French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Laboratory for Road Operations, Perception, Simulators and Simulations INRETS-LCPC, Paris, France

Acc. Anal. Prev. 44, (2012)42-47

### הבדלים בחציית כביש הקשורים לגיל, לפני ואחרי הכשרה של הולכי רגל מבוגרים

#### מבוא

מנתוני תאונות בינלאומיים עולה כי הולכי רגל קשישים הם הקבוצה הפגיעה ביותר בקרב הולכי הרגל. בצרפת, יותר ממחצית מהולכי הרגל שנהרגו בכבישים (51%) הם בני יותר מ-65 שנים, ואילו קבוצת גיל זו מהווה פחות מ-15% מהאוכלוסייה. באזורים עירוניים בצרפת, אחוז הולכי הרגל הקשישים שנהרגו בכביש מגיע ל-63% מכלל מקרי המוות להולכי הרגל, ומכאן שיישום אמצעים לשיפור בטיחות חציית הרחוב בקרב אנשים מבוגרים הינו בעל חשיבות רבה.

באופן מפתיע, אין מחקרים על התועלת של אימונים עבור אנשים מבוגרים, שנועדו להכשירם לקבל החלטות בטוחות יותר בחציית כביש.

מטרתו הראשונה של המחקר הנוכחי היא לתרום לנושא זה. היעד הראשון הוא להעריך את האפקטיביות של תוכנית אימונים להולכי רגל מבוגרים, המשלבת התערבויות התנהגותיות וחינוכיות.

המטרה השנייה היא לבחון האם ובאיזו מידה אפשר להפחית הבדלים בחצייה בטוחה של כביש הקשורים לגיל, וזאת באמצעות תוכנית הדרכות ואימונים.

לדעת החוקרים, תוכניות אימונים/הדרכות בחציית כביש שפותחו עד כה נועדו לילדים הולכי רגל או להולכי רגל פגועי מוח, אך לא להולכי רגל מבוגרים.

מנתונים ממחקרי מעבדה עולה בבירור, כי מבוגרים קשישים יכולים לשפר את הביצועים שלהם על ידי תרגול ואימון.

שיטת האימון בניסוי הנוכחי היא שיטה המיועדת לשקם את הרכיב ההתנהגותי של חציית רחוב, וזאת באמצעות סימולטור.

סימולטורים ומציאויות מדומות כבר הוכיחו עצמם כמכשירי אימונים רבי עוצמה במניעת פגיעה בילדים הולכי רגל, בשיקום פגועי מוח ובלומוד מיומנויות נהיגה בסיסיות.

יתרונות נוספים של סימולטורים גלומים בכך שהם מספקים משוב, מאפשרים לסיים רמות קושי של משימות, ומאפשרים להתאים כל אימון ליכולות של כל פרט.





סימולטור חציית הכביש האינטראקטיבי שבו השתמשו במחקר הנוכחי אפשר חצייה בטוחה של הרחוב גם שליטה מוחלטת על מאפייני התנועה.

שיטת האימון מקדמת תרגול יחידני-חושי-מוטורי ומספקת משוב התנהגות סמוי וגלוי לגבי חציית רחוב בטוחה.

בו בזמן, האימון מספק למבוגרים וקשישים דרכים לחשיבה בנוגע למשימה וגם אסטרטגיות לשימוש במשחק. הולכי רגל נדרשים לפני החצייה להעריך את מהירות הרכב המתקרב, ולא להעריך לפי המרחק בלבד. שיטת האימון מעודדת אותם לשים לב לתנועה המתקרבת בעת חציית הכביש ואף להגביר את קצב החצייה אם מכונית מתקרבת במהירות רבה מהצפוי.

לסיכום, באמצעות תרגול והבנה טובה יותר של האילוצים במשימה, תוכנית ההכשרה נועדה לשפר את הבטיחות של הולכי רגל קשישים ולעזור להם להעריך בצורה טובה יותר את מהירות המכונות המתקרבות. בכדי להעריך את היעילות של התוכנית, בדקנו את התנהגויות הולכי הרגל המבוגרים לפני ואחרי ההכשרה. כדי לקבוע אם הבדלים הנובעים מהגיל בחציית כביש בטיחותית יופחתו לאחר השתתפות המבוגרים בתוכנית הכשרה, גייסנו הולכי רגל צעירים שישמשו כמדד השוואתי. מכיוון שהזדקנות קשורה בהאטה פסיכומוטורית וקוגניטיבית, אי אפשר לצפות מהולכי הרגל המבוגרים להשיג ביצועים זהים לביצועי הצעירים במונחים של מדדים התנהגותיים נפוצים, כגון: זמן חניכה, זמן חצייה ופערי זמן מקובלים.

קידום הבטיחות של הולכי רגל מבוגרים עוזר להם להביא בחשבון את היכולות שלהם, ואין מצופה מהם להתנהג כמו הולכי הרגל הצעירים.

לכן, השוואות הקשורות לגיל נעשו על בסיס מדדי בטיחות, כגון מרווח הביטחון ומספר החלטות הבטוחות / לא בטוחות.

## שיטת המחקר

20 משתתפים מבוגרים (11 נשים, 9 גברים) בגילאי 65-83 ( $M = 73.05$  years,  $SD = 4.44$ ) השתתפו בתוכנית האימון / הדרכה – כשירים מבחינה פיזית וקוגניטיבית, פנסיונרים. 20 משתתפים צעירים (10 נשים, 10 גברים) בגילאי 20-30 ( $M = 25.15$  years,  $SD = 3.28$ ) לא קיבלו הדרכה. 40 המשתתפים קיבלו תשלום עבור השתתפותם וחתמו על טופס הסכמה לפני תחילת הניסוי.

סימולטור המדמה חציית כביש נבחר כדי לאמן את הולכי הרגל המבוגר ולהעריך את התנהגותו בעת חציית הכביש.

מכשיר הסימולציה התבסס על סימולטור הנהיגה INRETS SIM2, המותאם למצב חציית כביש. המכשיר כלל גם חלק מדרך ניסיונית (4.2 מטרים רוחב, התממש בשטח), מערכת תמונות כללית, הקרנה בשלושה מסכים (2.70 מ'×1.90 מ'), צליל ביצוע D3 ומערכת הקלטה (ראה איור 1). ההתקנה סיפקה למשתתף שדה ראייה אופקי בין  $90^{\circ}$  (בנקודת ההתחלה) ל- $140^{\circ}$  (באמצע). שדה הראייה האנכי היה  $40^{\circ}$ . התמונות (30 Hz, שיעור הרענון) הוקרנו בגובה עיניו של המשתתף. הסצנות עודכנו באופן אינטראקטיבי על ידי מערכת מעקב תנועה שהקליטה את תנועת המשתתף באמצעות כבל המחובר למוטן שלו או שלה. הסצנה הוויזואלית הציגה רחוב חד סטרי ברוחב 4.2 מטרים, בין מדרכה למדרכה. התנועה מורכבת מאופנוע ואחריו שתי מכונות זהות הנעות במהירות קבועה משמאל לימין (ביחס לעמדת המשתתף על המדרכה).

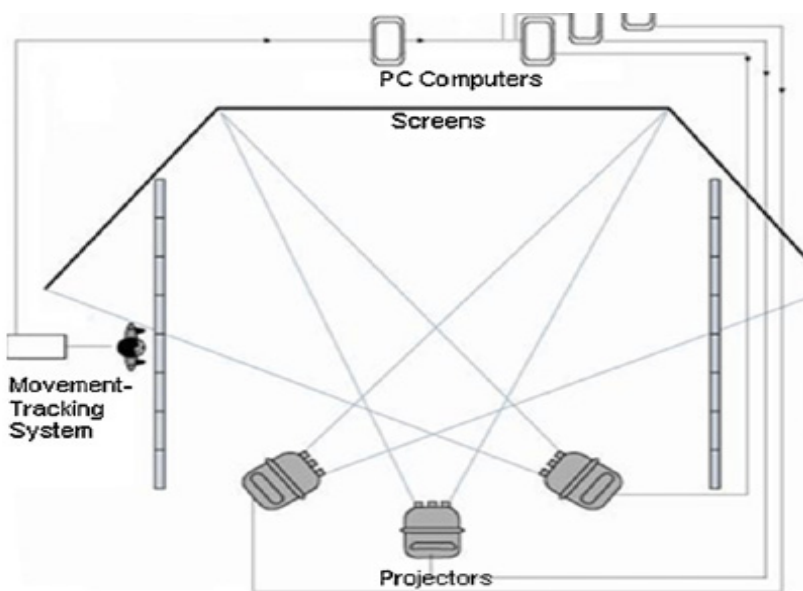


משימת חציית רחוב התבצעה במתכונת של מפגשי בדיקה במקטעים.

המשתתפים נבדקו באופן אישי בסימולאטור חציית הרחוב. המשתתפים הצעירים ביצעו משימה זו פעם אחת בלבד, על מנת להעריך את ההחלטות וההתנהגויות שלהם; בדיקה זו שימשה כמדד התחלתי. המשתתפים המבוגרים ביצעו את המשימה שלוש פעמים, שבוע אחד לפני שאומנו (לפני בדיקה), שבוע אחד לאחר מכן (לאחר בדיקה מיידית), ו-6 חודשים לאחר מכן (6 חודשים לאחר בדיקה).

המשתתפים הוצבו בקצה המדרכה מול הכביש הניסיוני והסתכלו שמאלה בסביבת הרחוב המדומה. הם קיבלו הנחייה לחצות את הכביש בין 2 מכוניות, כאשר יחשבו שבטוח לחצות, על ידי הליכה בכל קצב, אבל לא בריצה.

נרשמו ההחלטות של המשתתפים לחצות או לא לחצות, והתנועה שלהם עד שהגיעו למדרכה שממול. רכב מהיר (30, 40, 50, 60 ו-70 ק"מ / שעה) ופער הזמן בין שתי מכוניות (7-1 שניות, במרווחים של 1 שנייה) היו מגוונים באופן ניסיוני.



איור 1. איור של משתתף החוצה את הרחוב הניסיוני, ומלמעלה למטה נוף סכמטי של סימולאטור חציית הכביש

- הדרכת המבוגרים  
תוכנית ההכשרה כללה שני מפגשים בני שעה וחצי, פעם בשבוע. האימון הראשון החל בדיון (כ-30 דקות) על סוג המידע שיש להביאו בחשבון בכדי לחצות את הכביש בבטחה, ואיזו התנהגות מודעת יש לאמץ.  
אחר כך, המשתתף התבקש לבצע שלושה מודולים של תרגול חציית רחוב. סדר ההצגה של שלושת המודולים התפרש על פני שני המפגשים. המודולים הציגו באופן חזותי סצנה זהה לזו שהוצגה בפגישת בדיקת המשימה.



מהירות הרכב (מודול 30 A: לעומת 50 ק"מ / שעה; מודול 40 B: לעומת 60 ק"מ / שעה; מודול 50 C: לעומת 70 ק"מ / שעה) וזמן הפער (7-1 שניות) היו מגוונים, מה שיצר בסך הכול 42 מחקרים שהוצגו באופן אקראי לכל מודול. כל מודול חזר על עצמו באופן מיידי, כך שהמשתתפים ביצעו כל מודול פעמיים ברציפות.

## תוצאות

### • ניתוח התוצאות

	Speed of the approaching car					Mean
	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h	
<b>Safety margins (s)</b>						
Younger participants	2.28 (.52)	2.07 (.56)	1.86 (.42)	1.82 (.43)	1.62 (.38)	1.93 (.52)
Older: before training	2.42 (.53)	1.8 (.36)	1.35 (.38)	1.07 (.35)	.79 (.33)	1.49 (.70)
Older: immediately after training	3.41 (.44)	2.69 (.58)	2.3 (.41)	1.92 (.46)	1.57 (.41)	2.38 (.79)
Older: 6 months after training	2.98 (.48)	2.32 (.49)	1.92 (.38)	1.65 (.40)	1.33 (.39)	2.04 (.72)
<b>Safe decisions (%)</b>						
Younger participants	77 (18.7)	70 (22.9)	59.8 (17.8)	57 (21.3)	53 (21.8)	63.4 (22.4)
Older: before training	83.1 (17)	59.9 (16.8)	44.7 (16.8)	33 (13.7)	26 (10.8)	49.3 (25.5)
Older: immediately after training	98.9 (4.8)	85.7 (19.4)	79.1 (17.2)	62.9 (19.9)	50.6 (15.5)	75.4 (23.6)
Older: 6 months after training	97.1 (6.9)	80.6 (18)	67 (18.9)	52.9 (19.2)	43.9 (15.8)	68.3 (25.1)
<b>Tight fits (%)</b>						
Younger participants	22.6 (18.1)	28.6 (21.2)	39.9 (17.7)	41.1 (19)	45.7 (20.3)	35.6 (21.1)
Older: before training	16 (16)	39.6 (17)	46.5 (16.5)	50.8 (11.8)	47.7 (8.2)	40.1 (19.1)
Older: immediately after training	1.1 (4.8)	14.4 (19.4)	20.9 (17.2)	35.3 (17.8)	45.1 (12)	23.4 (21.7)
Older: 6 months after training	2.9 (6.9)	18.8 (17.7)	31.6 (17)	45.1 (17.4)	48.1 (13)	29.3 (22.5)
<b>Unsafe decisions (%)</b>						
Younger participants	.5 (2.2)	1.3 (3.2)	.4 (1.6)	1.9 (5)	1.4 (3.3)	1.1 (3.3)
Older: before training	.9 (2.8)	.5 (2.2)	8.8 (10.9)	16.2 (14.3)	26.4 (12.3)	10.6 (13.3)
Older: immediately after training	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.8 (5.8)	4.4 (8.2)	1.2 (4.8)
Older: 6 months after training	0 (0)	.6 (2.4)	1.3 (3.7)	2.1 (4.9)	8 (11.6)	2.4 (6.6)

**טבלה מס' 1** – הכוונה למרווחי בטיחות, אחוזי ההחלטות הבטוחות, החלטות גבוליות, והחלטות לא בטוחות של המשתתפים הצעירים יותר, ושל המבוגרים יותר לפני הדרכתם, מייד לאחר האימון, ו-6 חודשים לאחר מכן (SD בסוגריים).

- יעילותה של הדרכת חציית רחוב מבחינה התנהגותית וחינוכית בקנה אחד עם המטרה הראשונה של המחקר, התנהגות חציית כביש בקרב הולכי רגל הושוותה לפני ואחרי אימון. A3 (נקודת מבחן: לפני, מייד אחרי, ו-6 חודשים לאחר אימון)  $5 \times$  (מהירות: 30, 40, 50, 60, ו-70 ק"מ / שעה) ניתוח שונות התבצע על ההתנהגויות והחלטות של הקבוצה הבוגרת. התוצאות הראו השפעה עיקרית משתנה של בדיקה נקודתית  $A = .16, F(7,13) = 9.59, p < .0001, \eta^2 = .84$  ניתוחים בעלי משתנה אחד הראו כי ארבעת הצעדים התלויים תרמו להשפעה העיקרית רבת המשתנים. כלומר, מרווח הבטיחות  $F(2,38) = 64.42, p < .0001, \eta^2 = .77$ ; החלטות בטוחות  $F(2,38) = 49.03, p < .0001, \eta^2 = .72$ ; החלטות גבוליות  $F(2,38) = 26.65, p < .0001, \eta^2 = .58$ ; והחלטות לא בטוחות  $F(2,38) = 34.96, p < .0001, \eta^2 = .65$



- השוואת הקשורות לגיל
- הבדלים הקשורים לגיל לפני הדרכת המבוגרים
- הבדלים הקשורים לגיל מיד לאחר ההדרכה
- הבדלים הקשורים לגיל 6 חודשים לאחר ההדרכה

## דיון

המטרה הראשונה של המחקר הנוכחי הייתה לקבוע אם הכשרה מבוססת-התנהגות יכולה לשפר את בטיחות הולכי הרגל המבוגרים.

התוצאות הראו שיפור ניכר בהתנהגות המשתתפים המבוגרים בעת חציית רחוב, באמצעות אימונים – הם אימצו שולי בטיחות גבוהים יותר, ערכו החלטות בטוחות יותר ועשו מעט החלטות לא בטוחות בשתי הבדיקות המקדימות.

השיפורים הגדולים שהתרחשו מיד לאחר האימון עדיין קיימים שישה חודשים לאחר מכן. תוצאות אלו מצביעות על כך שאימונים בעזרת סימולטור תורמים משמעותית לטווח הקצר וגם לטווח הארוך, ולכן שילוב של תרגול חוזר והכשרה חינוכית יכול להוביל להחלטת חציית רחוב טובה יותר בקרב הולכי רגל קשישים.

ניתן להציע שני הסברים אפשריים. הראשון הוא, שהמשתתפים ניצלו את המשוב המפורש והחינוכי שניתן במהלך תוכנית אימונים, והשני הוא שהם עשו שימוש טוב יותר במשוב החזותי (הסימולטור סיפק תפיסה-פעולה שאפשרו למשתתפים להתאים פעולות לתפיסה החזותית שלהם).

אמנם מחקרם של Cavallo ו-Lobjois (2009) הראה כי משתתפים קשישים לא ניצלו את אפשרויות ההתאמה המוצעות על ידי סימולטור, אולם תוצאות המחקר הנוכחי עולות בקנה אחד עם הרעיון שהאימון בתוכנית מקדם שימוש טוב יותר במשוב חזותי.

שאלות שעולות ממחקר ראשוני זה הן, האם תרגול וחשיפה למשוב חזותי בלבד הינם יעילים בשיפור ההתנהגות בעת חציית כביש, האם התערבות חינוכית מספיקה, או האם שילוב של שני המרכיבים הכרחי. מחקרים נוספים נדרשים כדי להפריד את ההשפעות של כל אחד משני המרכיבים של התוכנית.

המטרה השנייה של המחקר הייתה לבחון האם אפשר להפחית הבדלים הקשורים לגיל בחציית בטוחה של כביש לאחר השתתפות הולכי הרגל המבוגרים בתוכנית אימונים. כפי שצפינו, התוצאות הצביעו על הבדלים משמעותיים הקשורים לגיל בהחלטות חציית הרחוב ובהתנהגות הולכי הרגל המבוגרים לפני ההכשרה: הקשישים אימצו שולי בטיחות קטנים יותר, קיבלו החלטות פחות בטוחות וקיבלו החלטות שאינן בטוחות, יותר מאשר עשו הצעירים. שישה חודשים לאחר ההכשרה, לעומת זאת, לא נמצאו הבדלים משמעותיים הקשורים בגיל. בעוד שמיד לאחר ההכשרה, הולכי הרגל המבוגרים אף אימצו שולי בטיחות גבוהים יותר מאשר הצעירים, הרי שהבדל זה לטובת הקשישים לא התקיים שישה חודשים לאחר ההכשרה.

יחד עם זאת, לא יהיה נכון להסיק על סמך ממצאים אלו, כי שתי אוכלוסיות הולכי רגל אלה חשופות לרמות סיכון שוות.

הולכי רגל קשישים צריכים כנראה שולי בטיחות גדולים יותר, על מנת לפצות עצמם על היכולת הירודה שלהם בניהול מצבים מסוכנים (האצה של כלי רכב המתקרבים, הערכה חסרה של הזמן הפנוי, וכו').



כתוצאה מההכשרה, נצפתה העתקה של קריטריון ההחלטה לכיוון של שיפוט שמרני, ו"הפער הקריטי" שנחשב לא בטוח לחצייה הועלה עם תרגול חוזר ומדעות רבה יותר כלפי הסכנות בעת החצייה. עם זאת, שיפור בבטיחות לא הושג על ידי הקטנת השפעת המהירות ושיפור יכולת המשתתפים המבוגרים להביא בחשבון את המהירות של המכונית המתקרבת.

גם לאחר אימון, ובניגוד למשתתפים הצעירים, הולכי הרגל המבוגרים קיבלו החלטות שאינן בטוחות יותר כאשר מכוניות התקרבו במהירות גבוהה, לעומת החלטות שנעשו בעת מעבר רכב במהירות נמוכה. החלטות אלה הקשורות בגיל לא פחתו לאחר האימון.

ממצא זה עשוי לשקף קשיים תפיסתיים וקוגניטיביים הקשורים לגיל, קשיים שאי אפשר לתקנם על ידי שיטה המבוססת על סימולטור.

## מסקנות

המחקר הנוכחי מצביע על כך שאימונים מבוססי התנהגות יכולים לשפר את הבטיחות הכללית של הולכי הרגל המבוגרים על ידי הפעלת שיפוט שמרני יותר.

השוואה לאנשים צעירים יותר, הקשישים שיפרו את התנהגותם במידה ניכרת, כך שלא נצפו הבדלים משמעותיים במדדים הקשורים לבטיחות.

עם זאת, היכולת של המשתתפים המבוגרים יותר להביא בחשבון את מהירות המכונית המתקרבת לא השתפרה. ממצא זה עשוי לשקף קשיים תפיסתיים וקוגניטיביים הקשורים לגיל שאי אפשר לתקנם בעזרת שיטת אימון התנהגותית או חינוכית.

מהירות גבוהה היא, ללא ספק, גורם סיכון חשוב להולכי הרגל הקשישים משום שהמהירות לא רק מגדילה את הסיכויים להתנגשות, אלא גם מחמירה את תוצאותיה לאוכלוסייה פגיעה זו. הממצאים הנוכחיים מראים כי אמצעים אפקטיביים להפחתת מהירות (רמפות, היצרות הרחוב) הם האמצעים המבטיחים ביותר לשיפור בטיחות הולכי רגל מבוגרים.

למרות המגבלות של תוכנית האימונים הנוכחית, התוצאות מספקות תמריץ למחקרים עתידיים בנושאי הכשרה ואימון להולכי רגל קשישים.

אחד מהמחקרים האלה יכול, למשל, לעסוק בזיהוי היכולות התפיסיות והקוגניטיביות המעורבות בקבלת החלטות בעת חציית רחוב, ולקבוע האם ירידה ביכולות אלה ניתנת למענה ע"י אימון ספציפי. כמו במחקר של Roenker et al. (2003) על תוכנית לנהגים מבוגרים, אימון קוגניטיבי יכול להיות שיטה מוצלחת להגברת הבטיחות של הולכי הרגל המבוגרים ולשיפור האופן שבו הם תופסים את המהירות של מכונית מתקרבת.



## Attention and search conspicuity of motorcycles as a function of their visual context

Pnina Gershon, Noam Ben-Asher, David Shinar

Department of Industrial Engineering and Management, Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel

Acc.Anal.Prev. Vol.44(2012)97-103

### תשומת לב ובולטות חיפוש של אופנועים כפונקציה של ההקשר החזותי

#### 1. מבוא

רכבים דו גלגליים ממונעים (PTWs) הם בעלי נתח קטן מסך התנועה הממונעת. עם זאת, הם מעורבים עד מאוד בסטטיסטיקה של התאונות (שנער, 2007). על סמך ההערכה השנתית משנת 2008 של הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים בארה"ב (2009), שיעור ההרוגים בקרב רוכבי האופנוע עלה באופן דרמטי בעשור האחרון, והיווה 14% מכלל ההרוגים בתאונות דרכים בארה"ב. סטטיסטיקה דומה נאספה בבריטניה, שבה היו 14% מהאופנועים מעורבים בתאונות קטלניות, למרות שהיו פחות מ-1% מאוכלוסיית הרכב (Clarke et al., 2004).

העלייה במספר האופנועים (במיוחד אלה הכבדים), העלייה בתאונות שבהן מעורבים PTWs, ופגיעותם של הרוכבים, כולם יחד תורמים לדאגה לבטיחות רוכבי האופנוע (שנער, 2007).

מחקר מעמיק (MAIDS) שנערך באירופה גילה כי 73% מתאונות ה-PTWs התרחשו בשעות היום, 90% מהן היו בתנאי מזג אוויר טובים ו-85% באור ובצפיפות תנועה בינונית (ACEM, 2004).

ממצאים דומים התקבלו במחקר שנערך בניו זילנד, שהראה כי 64% מהתאונות של ה-PTWs התרחשו באור היום, ועד 72% מתאונות אלה התרחשו במזג אוויר בהיר (Wells et al., 2004).

בהתחשב בעובדה שחלק גדול מהתאונות שבהן מעורבים ה-PTW מתרחש בתנאים סביבתיים די בטוחים ונוחים, צריך לשאול מה עשויים להיות הגורמים העיקריים שתורמים לתאונות אלה.

אחד הגורמים העיקריים שתרמו לבולטות (נראות) של רכב מנועי דו גלגלי הוא מרחקו מהצופה. Hole (1996) הראה כי קרבה של PTW השפיעה על היעילות של עזרים שונים בהגדלת הנראות שלו. השימוש בפנסים, לדוגמה, הגדיל את הנראות של ה-PTW רק כאשר הוא חרג במרחק מסוים מהצופה.

השפעת הניגוד בין PTW לרקע שמסביבו כבר צוינה במספר מחקרים (ACEM, 2004; Hole et al., 1996; Shinar, 2007; Wulf et al., 1989).

Hole (1996) לדוגמה, מצא כי הגברה של מרכיבי טיפול נראות שונים הושפעה בעיקר על ידי גורמי הסביבה, והנראות של עזרים שונים, כגון פנסים ובגדי רוכבים, משתנה בהתאם למאפייני הסביבה. בסביבה כפרית למחצה פנסים שיפרו את הנראות של ה-PTWs, ואילו בסביבה עירונית ההשפעה שלהם לא הייתה עקבית.



במחקר של MAIDS לרקע נראה שיש השפעה חיובית על הנראות ב-7.5% מהמקרים, והשפעה שלילית ב-14.4% מהמקרים (ACEM, 2004).

Wells (2004), במחקר הבקרה שלהם מצאו, כי כאשר לובשים תלבושת משתקפת או זוהרת, הסיכון של פגיעה הקשורה לתאונה יורד ב-37%.

מחקר שנערך על ידי אולסון (1981) העריך את ההשפעה של עזרים שונים, כולל פנס וביגוד זוהר על נראות ה-PTWs. הם מצאו כי גם לפנסים ולבגדים הזוהרים יש פוטנציאל להגדיל את הבולטות של ה-PTWs. במחקר של MAIDS, רוכבי אופנוע אשר לבשו בגדים כהים הקטינו את הנראות שלהם ב-13%. עם זאת, רק ב-5% מהמקרים שיפרו הבגדים הבהירים של הרוכב את הנראות של ה-PTW. (ACEM, 2004).

המחקר הנוכחי מורכב משני ניסויים משלימים, הראשון מתמקד בתשומת הלב והנראות של PTWs, והשני מעריך את בולטות החיפוש של PTWs.

המחקר מתבסס על סקירת הספרות, השפעת סביבת הנהיגה, התלבושת של הרוכב והערכת המרחק של ה-PTWs מהצופה.

בניסויים בחנו החוקרים את היחסים המורכבים בין משתנים אלו גם לתשומת הלב וגם לבולטות החיפוש. בשני הניסויים הם השתמשו באותן קבוצות של גירויים, וע"כ, ניתן להעריך את ההשפעה של מודעות לזיהוי PTWs.

ההבחנה בין בולטות ותשומת לב לנראות ובולטות חיפוש באה לידי ביטוי בשתי רמות שונות של מודעות לנוכחות של ה-PTW, שבסופו של דבר יכול לשקף את ההשפעה של 'הקבוצה' או הממצאים (PRIMING) (Tulving and Schacter, 1990).

## 2. ניסוי 1: בולטות (נראות) ותשומת לב

ניסוי זה התמקד בבולטות של ה-PTW במונחים של ההסתברות ש-PTW יזוהה על ידי צופים לא מותרעים (כלומר, כאשר הצופים לא דרוכים לצפות לנוכחות של רכב מנועי דו גלגלי בתוך סצנת הנהיגה). הבולטות הערכה במרחקים שונים מהצופה, בסביבות תנועה שונות ועם ביגוד שונה של הרוכב.

### 2.1 שיטות

#### 2.1.1 משתתפים

סך של 66 סטודנטים לתואר ראשון בארגונומיה (36 גברים ו-30 נשים) השתתפו בניסוי זה, בני גיל ממוצע של 25.8 שנים (SD = 4.95).

לכולם היה רישיון נהיגה בחוקף, ולשישה מהם היה גם רישיון על רכב מנועי דו גלגלי. ניסיון הנהיגה הממוצע היה 8.3 שנים (SD = 4.18).

חדות ראייה נמדדה בכדי להבטיח כי התוצאות לא יהיו מוטות על ידי הבדלים בין המשתתפים בשני הניסויים בשל הבדלים בחדות. לכל המשתתפים הייתה ראייה של 6/9 (20/30) או יותר.

הניסוי נערך בתנאי מעבדה, והמשתתפים גויסו על ידי פרסומות באתר הקורס של ארגונומטריה. לא נוסמו קריטריונים אחרים לבחירה.



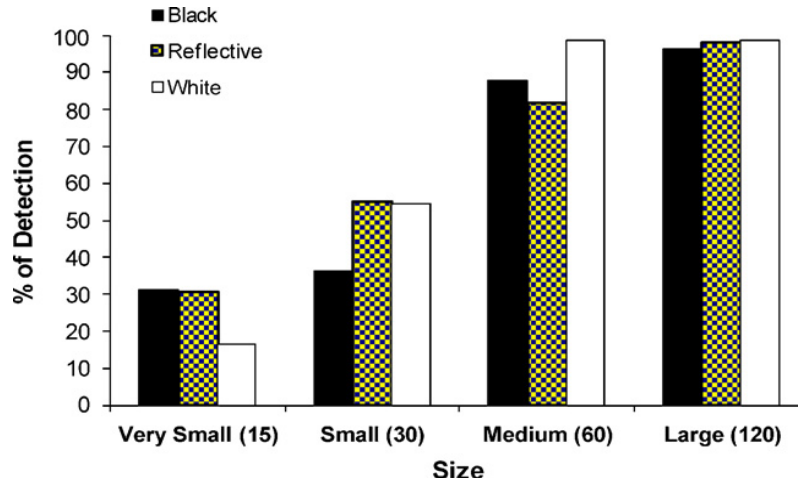
## 2.1.2. תרחישי נהיגה

12 קטעי וידאו של שלוש סצנות נהיגה היו מבוימים באמצעות מצלמת וידאו באיכות HD. סצנות הנהיגה כללו: (i) דרך עירונית ישרה, (ii) מעגל תנועה עירוני (iii) כביש בין עירוני. כל סצנת נהיגה כללה כלי רכב מרובים מקטגוריות שונות (למשל, מכוניות, משאיות, אופנועים, וכו'). לא הייתה בקרה על השימוש בפנסים על ידי כלי הרכב האחרים. ארבעה קטעי וידאו נדגמו מכל אחד מתרחישי הנהיגה: שלושה עם PTW ואחד בלי PTW (סרטון בקרה). בשלושת קטעי הווידאו עם ה-PTW, כל תרחיש נהיגה היה מובדל ע"י הביגוד של הרוכב. התלבושות כללו: (i) בגדים שחורים עם קסדה שחורה, (ii) בגדים לבנים עם קסדה בצבע בהיר, (iii) אפוד זהר עם קסדה בצבע בהיר. פנסי הרכב המנועי הדו גלגלי הופעלו בכל התנאים שנבדקו. התמונות של תרחישי הנהיגה המשמשים בניסוי היו שיטתיות ונדגמו מסרטוני הווידאו, כדי להשיג תמונות של PTW במרחקים שונים מהצופה.

## 2.2. תוצאות

מתוך 2,376 תמונות שכללו PTW, רק 1,554 PTWs אותרו (65.4%). שיעורי הגילוי מסוכמים בטבלה מס' 1, הממחישה את ההשפעה של כל משתנה בלתי תלוי בזיהוי של ה-PTW. גודל ה-PTWs מייצג את מרחקו מהצופה, כאשר 15 פיקסלים הם הקטנים ביותר (כלומר, הכי הרחוק) ו-120 פיקסלים הם הגדול ביותר (כלומר, הכי קרוב). לצופה הבלתי מזהר, במרחק הקרוב ביותר (120 פיקסלים), ה-PTW זוהה כמעט תמיד [ממוצע = 97% 3% SD]. שיעורי הגילוי של רוכב ה-PTW מבחינת תנאי הביגוד היו דומים בכ-65%. כאשר מסתכלים על שיעור הגילוי כפונקציה של סביבת הנהיגה, אפשר לראות שזיהוי בסביבה הבין עירונית היה טוב יותר מאחוז הגילוי שהתקבל בסביבה העירונית. איור 1. מדגים את שיעורי הגילוי של PTW כפונקציה של גודלו (מרחק מהצופה) והתלבושת של רוכב ה-PTW. ניתוח ה-GLM של שיעורי גילוי ה-PTW הניב אפקט עיקרי משמעותי של המרחק מהצופה  $\chi^2(3) = 76.01, p < .001$ . כפי שציפו החוקרים, שיעורי הגילוי גדלו ככל שמרחק ה-PTWs מהצופה ירד. לתלבושת של הרוכב הייתה השפעה שולית אך משמעותית על הזיהוי ( $\chi^2(2) = 5.95, p = .051$ ). עם זאת, שתי האינטראקציות של המרחק של ה-PTWs מהצופה עם התלבושת של הרוכב ועם סביבת הנהיגה היו בעלי משמעות:  $\chi^2(6) = 79.36, p < .001$  ו- $\chi^2(6) = 85.85, p < .001$  בהתאמה.





איור 1. אחוז גילוי ה-PTW כפונקציה של גודל רוכב ה-PTW והביגוד.

Outfit	PTWs' size			
	Very small (15)	Small (30)	Medium (60)	Large (120)
Urban straight road				
Black	5	6	85	97
Reflective	24 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	68	98
White	5	11	97 <sup>b</sup>	100
Urban traffic circle				
Black	3	3	79	92
Reflective	14	23	77	95
White	36 <sup>b</sup>	67 <sup>b</sup>	100	95
Inter-urban road				
Black	86 <sup>c</sup>	100	100	100
Reflective	55	98	100	100
White	9	86	98	100

טבלה 2: סיכום של שיעורי גילוי אופנועים (%) על ידי סביבת הנסיעה.

- a הביגוד המשתקף הגדיל באופן משמעותי את הזיהוי בהשוואה לביגוד השחור והביגוד הלבן.
- b הביגוד הלבן הגדיל באופן משמעותי את הזיהוי בהשוואה לביגוד השחור והביגוד המשתקף.
- c הביגוד השחור הגדיל באופן משמעותי את הזיהוי בהשוואה לביגוד הלבן והביגוד המשתקף.

טבלה 2 מראה את שיעורי הגילוי של ה-PTW בכל סביבת נהיגה. הניתוח של אחוזי הגילוי בכביש עירוני ישר מצביע על כך, שהשפעת הביגוד על זיהוי ה-PTW הייתה תלויה במרחק ה-PTW מהצופה, והייתה לה משמעות רק במרחקים הקטנים ביותר או הבינוניים.  $\chi^2(6) = 18.42, p < .001$  and  $\chi^2(3) = 16.22, p < .001$

במרחק הבינוני, כאשר ה-PTW היה קרוב לצופה באופן יחסי, שיעור הגילוי של רוכב אשר לובש תלבושת לבנה היה גבוה באופן משמעותי בהשוואה לבגד שחור או זוהר.  $\chi^2(6) = 24.57, p < .001$  and  $\chi^2(6) = 14.10, p = .028$



### 2.3. דיון

מחקר זה בדק את הגורמים שיכולים להשפיע על הנראות של PTW, שנמדדת במונחים של יכולת הגילוי שלו. התוצאות הוכיחו את היחסים המורכבים בין שלושה גורמים שנחקרו: הבגדים של הרכב, סביבת התנועה, ומרחק ה-PTW מהצופה.

כצפוי, ובדומה למחקרים קודמים, למרחק ה-PTW מהצופה הייתה השפעה משמעותית ומתמשכת על הזיהוי, ללא תלות בסביבת הנהיגה וטיפול נראות. למרות שהמשתתפים לא קיבלו הוראה לחפש במיוחד PTW בתמונות, מתחת למרחק מסוים שיעור הגילוי היה גבוה מאוד ולא היה מושפע מטיפול נראות.

במרחק הקרוב ביותר, ה-PTW כמעט תמיד זוהה (97%), ואילו במרחק הרחוק ביותר שיעור הגילוי היה 26% בלבד.

בדומה לממצאים קודמים שתועדו בספרות, מחקר זה הדגים כיצד נראות ה-PTW תלויה במאפיינים סביבתיים.

כאשר ה-PTW היה רחוק מהצופה ("קטן מאוד" ו"קטן"), תנאי התלבושת השונים וסביבת הנהיגה השפיעו על הנראות. ברחובות העירוניים, הרקע של ה-PTW היה יותר מגוון, והביגוד הזוהר והלבן העלו את הנראות לעומת הבגדים הכהים. בכביש הבין עירוני, שבו הרקע היה של שמיים כחולים בהירים, הביגוד הכהה סיפק יתרון והגדיל את הנראות של PTW.

### 3. ניסוי 2: נראות החיפוש

ניסוי זה התמקד בנראות החיפוש של ה-PTW, כאשר נראות חיפוש מוגדרת כיכולת לזהות PTW תוך כדי חיפוש. החוקרים העריכו את נראות החיפוש במונחים של הסתברות הגילוי של PTW וזמן התגובה לזיהויים. נראות החיפוש הוערכה בסביבת התנועה, טיפולי נראות ומרחקי ה-PTW מהצופה, כמו בניסוי 1.

#### 3.1. שיטות

אותן תמונות המשמשות בניסוי מס' 1 היו בשימוש בניסוי זה. הפלטפורמה הניסיונית ששימשה להצגת התמונות בניסוי זה הייתה זהה לזו שתוארה בניסוי 1, מלבד:

- המשתתפים קיבלו הוראה לחפש PTW בכל אחת מהתמונות ולדווח על נוכחותו או היעדרו ברגע שהם הגיעו החלטה. הם לא נשאלו לגבי סוגי כלי רכב אחרים.
- בעת הצגת התמונה, המשתתפים התבקשו ללחוץ על כפתור ברגע שהם הגיעו להחלטה אם PTW היה נוכח בתמונה או לא.
- זמן תגובה (RT) נמדד באלפיות שנייה, והזמן המקסימאלי להצגה של כל תמונה היה 10 שניות, לאחר מכן התמונה נעלמה.

#### 3.2 תוצאות

שיעור גילוי ה-PTW הממוצע של הצופים המותרעים היה 97% בכל התנאים שנבדקו (2,195 מתוך 2,268 PTW התגלו).



ממוצע RT לזיהוי PTW היה 1,452 אלפיות שנייה ( $SD = 896.60$ ) בכל סביבות הנהיגה, לעומת 2,840 אלפיות השנייה ( $SD = 1673.91$ ) כדי להחליט כי אין PTW בתמונה. טבלה 3 מציגה את שיעורי הגילוי וזמן התגובה על פני שלושת תנאי הניסוי.

### טבלה 3: סיכום של שיעורי גילוי אופנועים וזמן התגובה למשתנים הבלתי תלויים

	Detection rate(%)	Reaction time (ms)
PTW size (in pixels)		
15	92	1972
30	96	1622
60	99	1187
120	100	1077
PTW outfit		
Black	96	1455
Reflective	98	1451
White	96	1451
Driving environment		
Urban straight road (1)	96	1635
Urban traffic circle (2)	95	1539
Inter-urban road (3)	99	1191

### טבלה 4: סיכום של PTW, זמן תגובה (ms) בסוגי סביבה שונים

Outfit	PTWs' size			
	Very small (15)	Small (30)	Medium (60)	Large (120)
Urban straight road				
Black	2087	1867	1431	1055
Reflective	1888 <sup>a</sup>	2102	1564	1117
White	2393	2063 <sup>b</sup>	1302	1086
Urban traffic circle				
Black	2573	2328	1119	1250
Reflective	2093 <sup>c</sup>	1788 <sup>c</sup>	1224	1069
White	2253 <sup>c</sup>	1497 <sup>c</sup>	1037	1090
Inter-urban road				
Black	1202 <sup>d</sup>	1072	1046	1010
Reflective	1676	1224	969	1052
White	1994	1231	1064	1020

- a הביגוד המשתקף הוריד באופן משמעותי את זמן התגובה בהשוואה לביגוד הלבן.
- b הביגוד הלבן הוריד באופן משמעותי את זמן התגובה בהשוואה לביגוד המשתקף.
- c הביגוד הלבן והמשתקף הוריד באופן משמעותי את זמן התגובה בהשוואה לביגוד השחור.
- d הביגוד השחור הוריד באופן משמעותי את זמן התגובה בהשוואה לביגוד הלבן והמשתקף.

לוח 4 מדגים את השפעת ביגוד רוכב האופנוע על זמן הגילוי שלו, בכל אחת מסביבות הנהיגה. הניתוח של RT שהושג בדרך העירונית הישרה היה בעל השפעה משמעותית על מרחק ה-PTW מהצופה.  $[F(3, 743) = 51.38, p < .001]$

ככל שרוכב האופנוע היה "קטן יותר", זמן התגובה היה ארוך יותר. כמו כן, נמצאה אינטראקציה שולית מובהקת בין מרחק ה-PTW לבין הצופה והתלבושת של הרוכב  $[F(6, 743) = 1.87, p = .08]$  התברר שזמן התגובה לביגוד הלבן והזוהר היה שונה בגדלים ה"קטנים מאוד" וה"קטנים".

### 3.3 דיון

הניסוי השני בדק את נראות החיפוש של PTW במונחים של היכולת והזמן הדרוש כדי לזהות PTW על ידי צופה דרוך.



זמן התגובה נמצא כרגיש ואמצעי הולם להסתברות הזיהוי, כאשר מעריכים את השפעתם של מרכיבים שונים על נראות החיפוש של ה-PTW.

באופן כללי, זמן התגובה יורד ככל שהמרחק מהצופה יורד. כאשר ה-PTW היה קרוב ("גדול"), זמן התגובה הממוצע הנדרש כדי לזהות אותו היה כשנייה אחת בכל המרכיבים.

לפיכך, בהתחשב בחשיבות הגילוי המוקדם של ה-PTW, התוצאות של ניסוי זה התמקדו ביכולת לזהות את ה-PTW כאשר הוא רחוק מהצופה (גדלים: "קטן מאוד" ו"קטן").

המאפיינים הסביבתיים השפיעו באופן משמעותי על הזמן הדרוש כדי לזהות ה-PTW. זמני התגובה שהתקבלו בשני האזורים העירוניים היו באופן משמעותי ארוכים יותר מזמני התגובה שהתקבלו בסביבה הבין עירונית. הסבר אפשרי הוא, שהסביבה העירונית מכילה רפרטואר רחב ומגוון של אובייקטים, וכל אובייקט יכול לפעול כמסיח דעת ולצרוך חלק מהמשאבים הנפשיים שנדרשים כדי לזהות את ה-PTW.

### 3.4. דיון ומסקנות

מחקר זה מורכב משני ניסויים משלימים המדגימים את תרומתם של גורמים שונים לאיתור ה-PTW. הניסוי הראשון התייחס לסוגיית הזיהוי במונחים של תשומת לב ונראות, ואילו בניסוי השני התייחסו לחיפוש הנראות של ה-PTW. בשני הניסויים המטרה הייתה לזהות גורמים שיכולים להגביר את היכולת של משתמש הדרך לזהות ה-PTW. כל ניסוי ייצג רמה אחרת של מודעות.

בניסוי הראשון, המשתתפים לא קיבלו רמזים בכדי לחפש או לגלות ה-PTW ואף הונחו לדווח על כל סוגי כלי הרכב שהופיעו בסצנות הנהיגה, בעוד שבניסוי השני הם קיבלו רמזים והונחו לדווח על נוכחותו או היעדרו של ה-PTW באותן הסצנות.

יכולת הגילוי של ה-PTW מושפעת מתערובת של היבטים הקשורים ל-PTW, רוכבו, סביבת הנהיגה ורמת המודעות של הצופים. כאשר ה-PTW היה קרוב מאוד, ותחם זווית ראייה רחבה של הסצנה שבה צפה הצופה, בשני הניסויים הראו גם הצופים המזוהרים וגם הלא מזוהרים שיעורי זיהוי כמעט מושלמים (97% ו-100%, בהתאמה). עם זאת, קרבה כזו עלולה להתרחש מאוחר מדי למניעת תאונה. לכן, חשוב להעריך אמצעים אפשריים שייטעו להגדיל את הגילוי המוקדם של ה-PTW, כאשר הוא עדיין רחוק מהצופה.

במרחק הגדול יותר נמצא, כי המודעות המוגברת (ניסוי נראות החיפוש) מניבה שיעורי גילוי גבוהים פי שלושה מאשר בניסוי של בולטות תשומת הלב (92% לעומת 26%).

עם זאת, העלייה ברמת המודעות בניסוי נראות החיפוש יכולה להוות אינדיקציה על שיפור אפשרי מקסימלי לזיהוי ה-PTW למרות אחוז החשיפה הנמוך, כך שהגדלת המודעות לנוכחות של ה-PTW יכולה לנטרל את ההשפעה השלילית של אחוזי החשיפה הנמוכה שלו.

לסיכום, תוצאות שני הניסויים מדגישות את הצורך במאמצים ישירים כדי לשפר את נראות ה-PTW באופן שיהיה רלוונטי, ישים, ויעיל במספר רב ומגוון של סביבות. בנוסף לכך, עלייה במודעות של כל משתמשי הדרך לנוכחות האפשרית של ה-PTW (אולי כחלק מתהליך למידת הנהיגה או באמצעות פרסומות) יכול לשפר באופן דרמטי את יכולת הזיהוי שלהם.



## Mapping patterns of pedestrian fatal accidents in Israel

Carlo Giacomo Prato, Victoria Gitelman, Shlomo Bekhor

Department of Transport, Technical University of Denmark, Bygningstorvet 116 Vest, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark

Ran Naor Road Safety Research Center, Technion - Israel Institute of Technology, Technion Campus, Haifa 32000, Israel

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Technion - Israel Institute of Technology, Technion Campus, Haifa 32000, Israel

## מיפוי המאפיינים של תאונות דרכים קטלניות להולכי רגל בישראל

### 1. מבוא

בכל שנה נהרגים יותר מ-400 נפש ואלפים נפצעים בתאונות דרכים בישראל, תוך עלויות ניכרות לחברה במונחים של חיי אדם, נזקי רכוש ועומסי תנועה. נתונים סטטיסטיים מראים כי הבעיה העיקרית נוגעת למשתמשי הדרך הפגיעים ביותר, כיוון שיותר משליש מההרוגים בתאונות דרכים הם הולכי רגל. למעשה, בשנים האחרונות הירידה במספר ההרוגים בתאונות דרכים לא לוותה בירידה יחסית במספר ההרוגים הולכי הרגל (Gitelman et al., 2009).

מחקר זה מנתח 603 תאונות קטלניות להולכי רגל שאירעו במהלך ארבע השנים בין 2003 ל-2006. הנתונים מכילים פרטים על סוג, מיקום, מאפייני תשתית, תנאי סביבה, כלי רכב ואנשים שהיו מעורבים בכל תאונה קטלנית להולכי רגל. ההתמקדות בתאונות הולכי רגל קטלניות מונעת על ידי האינטרס בהפחתת אובדן חיי אדם, המניע את המחויבות הפוליטית להפחתת מספר ההרוגים בישראל ובכל רחבי העולם (OECD, 2008), ועל ידי הדאגה של הוספת הטיה בניתוח עם הכללת תאונות חמורות, הכוללות בעיות דיווח קשות בישראל (פלג ואהרונסון-דניאל, 2004) ו (Avitzour, 2007).

לאור ההתעניינות במיפוי רב-גוני של תאונות קטלניות להולכי רגל על ידי מיצוי דפוסים מן הנתונים, מחקר זה מיישם רשתות עצביות Kohonen לניתוח אשכולות. מפות נבנות על ידי אלגוריתם למידה עצמי, וכל רכיב של המפה מתאים לאשכול של תאונות קטלניות להולכי רגל, שמתפרש על פי הקטגוריות של המשתנים הרלוונטיים ביותר. היתרון של יישום רשתות Kohonen מתבטא ביכולת של הבנת דפוסי תאונות ממספר גדול של מאפייני תאונות, ללא צורך בניתוח גורמי התאונות באופן עצמאי כמו בניתוח שונות, או החדרה של הנחות מגבילות על גורמים הרלוונטיים לתאונה תיחשבה במודלים. יתר על כן, היתרונות של יישום רשתות Kohonen חד ממדיות (כלומר,  $1 \times$  מפות  $J$  בי  $J$ ) הוא מספר האשכולות) הם יציבות של הפתרונות והתכנסות לאופטימלית גלובלית (למשל, [קוטרל ורוסה, 1997], [ארווין 1992, et al.] ו [ריטר 1988, Schulten]), כפי שמודגם על ידי היישום שלהם לחקר ביצועים לפתרון של בעיית הסוכן הנוסע (למשל, [אראס 1999, et al.] ו [בורק, 1996]) ולמחקר האונקולוגיה לגילוי של תרופות נגד סרטן (Augen, 2004).

### 2. הנתונים

מחקר זה מתמקד ב-603 תאונות הולכי רגל קטלניות שאירעו בישראל במשך 4 שנים בין 2003-2006. מאפייני התאונות נלקחו מקובצי תאונות הדרכים של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. תקופת הניתוח



של ארבע שנים נבחרה, מחד, משיקולי הגדלת בסיס הנתונים לניתוח (מניעת השפעות של תנודות אקראיות בנתונים), ומאידך, משיקולי הגבלת תקופת הזמן הנבחנת (על מנת לא לכלול שינויים מהותיים בתנאי הדרך והתנועה).

תאונות דרכים מדווחות על ידי משטרת ישראל, והלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בונה 3 קבצים שונים על בסיס המידע שנאסף מתיקי המשטרה: קובץ תאונות, קובץ נהגים ומכוניות, וקובץ נפגעים. לאחר מיזוג הקבצים ובדיקות איכות, הלוח הבא מרכז את המשתנים הרלוונטיים לבדיקה:

#### לוח 1. משתנים קטגוריים לתאונות הולכי רגל

משתנים	קטגוריות
שנת התאונה	2003 - 2004 - 2005 - 2006
עונה	אביב - קיץ - סתיו - חורף
יום בשבוע	ראשון - שני - שלישי - רביעי - חמישי - שישי - שבת
יום / לילה	יום - לילה
חלק היום	שיא בוקר - מחוץ לשיא - שיא אחר הצהריים - ערב / לילה
סוג יום	רגיל - ערב חג - חג - חול המועד
סיבת התאונה	התנהגות נהגים - התנהגות הולכי רגל - התנהגות אופנוען - התנהגות רוכב אופניים - רכב לא תקין
מיקום התאונה	צומת עירוני - קטע עירוני - צומת בין עירוני - קטע בין עירוני
מהירות מותרת	50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100 קמ"ש
תנאי מזג אוויר	בהיר - גשום - חם - ערפל - לא צוין
תנאי מיסעה	יבש - רטוב (מים) - רטוב (חומר מחליק) - בוצ ועפר - לא צוין
סוג הדרך	חד סטרי - דו-נתיבי - דו-מסלולי - לא צוין
סוג מפרדה	עם גדר הפרדה - ללא גדר הפרדה - לא צוין
מצב שוליים	בתנאים טובים - תנאים גרועים - דרכים קשות
רוחב נתיב	עד 5 מ'; 5-7 מ'; 7-10 מ'; 10-14 מ'; מעל 14 מ'
תאורה	אור יום - לילה ללא תאורה - לילה עם תאורה
בקרת הצומת	אין בקרה - רמזור עובד - רמזור לא תקין - צהוב מהבהב - תמרור עצור - תמרור זכות קדימה - לא צוין
מיקום חצייה	מעבר חצייה עם רמזור - מעבר חצייה ללא רמזור - לא במעבר חצייה קרוב לצומת - לא במעבר חצייה ורחוק מהצומת
סוג חצייה	פתאומית - ממקום מוסתר - רגילה - לא צוין
גיל הולך רגל	פחות מ-14; 14-19; 20 עד 24-25; 25 עד 34-35; 35 עד 44-45; 45 עד 54-55; 55 עד 64; יותר מ-65.
מגדר הולך רגל	זכר - נקבה



יהודי - לא יהודי - אחר או לא צוין	דת הולך רגל
רכב פרטי - משאית קלה - משאית כבדה - תחבורה ציבורית - אופנוע - אופניים - לא צוין	סוג מכוניות מעורבות
עד 2 שנים; 2 עד 5-6; עד 10; 11-15; יותר מ 15.	גיל כלי הרכב
חגורות בטיחות - קסדות - מושבים לילד - לא בשימוש	אמצעי מיגון ברכב
פרטית - צבא - משטרה - אחר	בעלות כלי הרכב
17 עד 19; 20-24; 25-34; 35 עד 44; 45 עד 54; 55 עד 64; יותר מ-65.	גיל הנהגים
עד 2; 2 עד 5; 6 עד 10; 11 עד 20; יותר מ-20.	מס' שנים עם רישיון נהיגה
זכר – נקבה	מגדר הנהג
יהודי - לא יהודי - אחר או לא צוין	דת הנהג

### 3. שיטת המחקר

המחקר הנוכחי מתכוון לזהות דפוסי תאונות מניתוח בסיס נתונים עשיר של תאונות קטלניות להולכי רגל, ולא להגביל את הניתוח לגורמים מסוימים או בחירה שרירותית של שיטה. רשתות עצביות מהוות שיטות לימוד "ללא השגחה", אשר עונות על הדרישות בטיפול במספר רב של משתנים, הערכת חשיבותם, וקבלת מתאמים ללא כל הנחה מוגדרת מראש (למשל, [Kohonen Cottrel 1997] ו [Prato et al, 2010]). במחקר הנוכחי, רשתות Kohonen עדיפות על שיטות אחרות "ללא השגחה" מכמה סיבות. ראשית, הן מאפשרות טיפול בדגימות גדולות, בניגוד לשיטת קיבוץ k-means וההתקבצות ההיררכית, אשר קשות לפירוש במצב של יותר מ-200-300 מקרים נחשבים (Augen, 2004). שנית, הן מאפשרות מתן פתרונות מובנים תוך התחשבות במספר רב של משתנים, בניגוד לניתוח רב-ממדי Principal component analysis שדורש בחירה של מספר מוגבל של משתנים שבפועל מסיר את היתרון של יישום למידה לא מבוקרת (Augen, 2004).

רשתות Kohonen מבוססות על הרעיון של "למידה עצמית" (Kohonen, 1982). שכבה בודדת של ניורונים מסודרת במפה חד או רב-ממדית, והאלגוריתם מחבר את הניורונים משכבת הקלט לניורונים בשכבת הפלט ומחשב משקלות לכל ניורון (קשר בין השכבות השונות). במחקר זה, הניורונים בשכבת הקלט מייצגים את תאונות הולכי רגל והמאפיינים הקטגוריים. הניורונים של שכבת הפלט מייצגים את דפוסי התאונה עם המאפיינים שמתגלים בתהליך הלמידה של האלגוריתם.

### 4. תוצאות

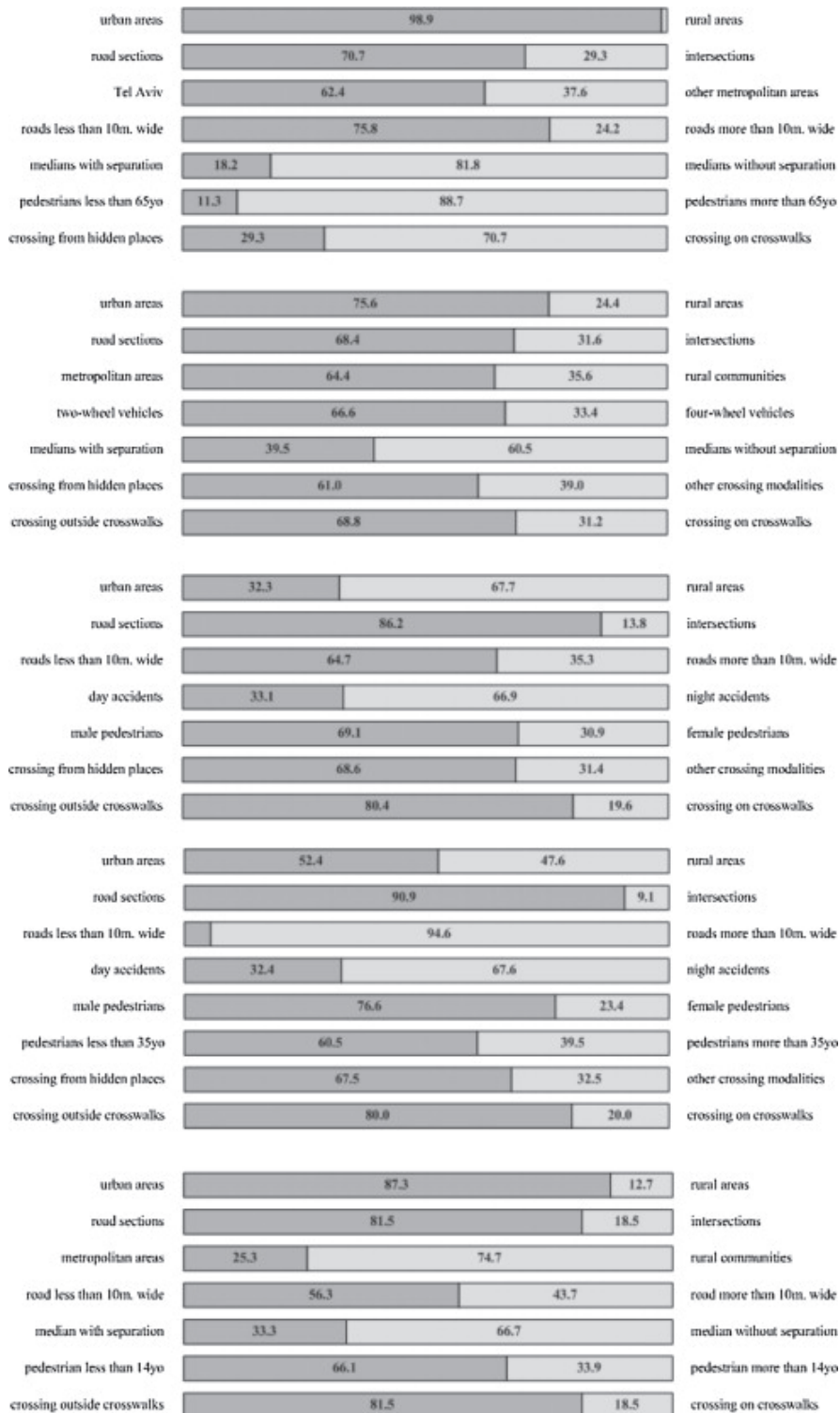
בתקופה של ארבע השנים בין 2003 ל-2006, 603 הרוגי הולכי הרגל מייצגים כשליש מההרוגים בתאונות הדרכים, 1,793 בסך הכול.



המאפיינים הכלליים של התאונות מראים כי מרבית התאונות הקטלניות עם הולכי הרגל מתרחשות באזורים עירוניים (72.1%), בקטעי דרך (70.6%) ובמרכז הארץ, שבו שתי מטרופולינים גדולות נמצאות (56.7%). הרוגי הולכי רגל רשומים בעיקר במהלך היום (57.5%), בדרך כלל בשעות הבוקר והצהריים בתקופות השפל, עם רוב המקרים הקשורים לחציית צומת (77.1%), וביותר מ-50% מהמקרים המדווחים חצו בצורה פתאומית או ממקום נסתר. למרות שהדבר אולי מרמז על אשמת הולכי הרגל, הרישומים מראים כי סיבת התאונה היא העבירה של הנהג ב-58.7% מהמקרים. הרוגי הולכי רגל הם בעיקר גברים (60.7%), קשישים (36.7%), ילדים ובני נוער (18.7%), וחלקם של הרוגי הולכי רגל לא יהודים (33%) גבוה יותר מחלקם היחסי באוכלוסייה (20%).

ניתוח תדירויות של המאפיינים של התאונות מציע רק תמונה מטושטשת של תאונות קטלניות להולכי רגל, לעומת היישום של רשתות עצביות Kohonen, אשר מספק תובנה על ידי זיהוי תבניות של מאפייני תאונות בזמנית. אחרי חיפוש במספר האשכולות בתהליך איטרטיבי ובדיקת מספר מפות לארגן עצמו, הרשת העצבית Kohonen האופטימלית שמתקבלת היא מפה חד-ממדית מורכבת על ידי חמישה אשכולות. הפרשנות של האשכולות תלויה בתדירות של הקטגוריות של המשתנים הרלוונטיים ביותר כפי שצוין על ידי אלגוריתם הלמידה, ומיוצגת באיור 1.





איור 1. משתנים רלוונטיים ומאפיינים תדירים של 5 האשכולות של תאונות הולכי רגל



משתנים רלוונטיים לאשכול 1 מתייחסים למיקום התאונה, מצבן של התשתיות והמפרדה, גיל הולכי הרגל, והתנהגות של הולכי הרגל. אשכול 1 כולל תאונות של הולכי רגל קשישים בחציית כבישים צרים במעבר חצייה, בעיקר רחוק מצומת, בעיקר באזורים עירוניים ובאופן ספציפי במטרופולין תל אביב.

משתנים חשובים לאשכול 2 מתייחסים למיקום התאונה, המעורבות של כלי רכב וסוג החצייה. האשכול השני מכיל תאונות הולכי רגל בחציית כבישים פתאומית או ממקומות נסתרים, ומתנגשים בדרך כלל עם רכב דו גלגלי בחלקים עירוניים, לרוב בתוך אחת משלוש המטרופולינים העיקריות (כלומר, תל אביב, ירושלים וחיפה).

משתנים משמעותיים עבור אשכול 3 מתייחסים למיקום התאונה, מאפייני התשתיות, זמן התאונה, מגדר של הולכי הרגל, ושיטת ההתרחשות של ההתנגשות. המקבץ השלישי כולל תאונות שאירעו לרוב בערב או בלילה, שבו הולכי רגל חוצים קטעי דרך (לא בצומת) מחוץ למעבר חצייה ונפגעו על ידי כלי רכב לאחר יציאה פתאומית ממקום נסתר.

משתנים רלוונטיים לאשכול 4 מתייחסים למיקום התאונה, רוחב הכביש, המין והגיל של הולכי הרגל, וסוג התאונה. האשכול הרביעי כולל תאונות הולכי רגל, לרוב גברים מתחת לגיל 35, בקטעי דרך רחבים צולבים בשני האזורים העירוניים וכפריים בלילה, בזמן יציאה ממקומות נסתרים.

משתנים חשובים לאשכול 5 כוללים את מיקום התאונה, מצב התשתיות, גיל הולכי הרגל ומיקום החצייה. האשכול החמישי מורכב מתאונות שבהן ילדים ובני נוער בעיקר צעירים חוצים כבישים ללא מפרדה שממוקמים ביישובים כפריים קטנים הנמצאים לרוב בצפון הארץ.

איור 2 מציג את מפת Kohonen ומספק הגדרה של האשכולות של תאונות הולכי רגל. המשתנים החשובים ביותר שהתגלו על ידי הרשתות העצביות Kohonen הם מיקום התאונה, רוחב ונוכחות של המפרדה בקטעי דרך, סוג התאונה, תקופת יום, גיל ומקום מגורים של הולכי הרגל. בהתחשב בדמיון בין האשכולות השכנים, הבדלים עיקריים מאופיינים במונחים של (א) גיל להולכי הרגל, כאשר המקבץ הראשון מכיל תאונות עם קשישים ואילו באשכול האחרון כולל תאונות עם ילדים ובני נוער, וכן (ב) מיקום גיאוגרפי, כאשר מטרופולינים באשכול 1 של המפה נעו דרך האזורים העירוניים של 2 לקהילות הכפריות הקטנות של האשכול האחרון.



pedestrian urban elderly	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 185 records</li> <li>• pedestrians more than 65 years old</li> <li>• pedestrians crossing on crosswalks far from intersections</li> <li>• accidents in the Tel Aviv metropolitan area</li> </ul>
pedestrian two-wheel vehicles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90 records</li> <li>• pedestrians crossing outside crosswalks suddenly</li> <li>• two-wheel vehicles involved</li> <li>• accidents in urban areas</li> </ul>
pedestrian rural night	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 133 records</li> <li>• pedestrians crossing outside crosswalks suddenly at night</li> <li>• accidents in rural areas</li> </ul>
pedestrian youngsters night	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 77 records</li> <li>• pedestrians less than 35 years old</li> <li>• pedestrians crossing outside crosswalks suddenly at night</li> <li>• accidents in wide road sections</li> </ul>
pedestrian rural children	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 118 records</li> <li>• pedestrians less than 14 years old</li> <li>• accidents in urban sections</li> <li>• accidents in small villages</li> </ul>

איור 2. הגדרת האשכולות של תאונות הולכי רגל

## 5. דיון ומסקנות

מחקר זה תורם לספרות המתמקדת בתאונות הולכי רגל על ידי יישום רשתות עצביות Kohonen לפענוח דפוסים ומאפיינים חוזרים ונשנים של תאונות קטלניות להולכי רגל בישראל. חמישה אשכולות עולים מהנתונים כדי לספק מפה אינטגרטיבית ורבת פנים של תאונות הולכי רגל: (i) הולכי רגל קשישים שחצו במעבר חצייה באזורי מטרופולין, בעיקר רחוק מצומת (ii) הולכי רגל החוצים פתאום או ממקומות נסתרים ומתנגשים עם רכב דו-גלגלי בקטעי דרך עירוניים, (iii) הולכי רגל גברים החוצים כלילה ושנפגעו על ידי כלי רכב על קטעי דרך בין עירוניים; (iv) הולכי רגל גברים צעירים החוצים בקטעי דרך רחבים כלילה באזורים עירוניים וכפריים; (v) ילדים ובני נוער החוצים קטעי דרך ביישובים כפריים קטנים.

תוצאות המחקר הנוכחי מאשרות ממצאים כלליים שהוצגו בספרות ביחס למקומות, נסיבות ומאפיינים דמוגרפיים של תאונות הולכי רגל.

בנוסף לממצאים המאשרים הכלליים, תוצאות המחקר הנוכחי מדגישות את הרלוונטיות של גורמים שונים, כגון רוחב הכביש בשילוב עם הנוכחות של מפרדה, המעורבות של משתמשי דרך פגיעים אחרים כגון רוכבי אופנוע, ומיקומם הגיאוגרפי. המיקום הגיאוגרפי נמצא רלוונטי, שכן ההבחנה בין מטרופולינים גדולות ליישובים כפריים קטנים לאורך מיפוי Kohonen מראה, כי הולכי רגל המתגוררים באזורים שונים עשויים להיות חשופים לסיכונים שונים הקשורים לשימוש בקרקע שונה ודפוסי פעילות (Elias et al., 2010). ראוי לציין, כי תוצאות המחקר הנוכחי אינן מצביעות על רלוונטיות של התרחשות תאונות הולכי רגל קטלניות בצמתיים. כ-30% מהמקרים שנותרו, התרחשו בצמתיים, מאפיין זה מצביע על דפוסי



תאונות (כלומר, כ-30% מהמקרים גם באשכולות הראשונים ושניים, ו 10-15% משלושת האשכולות הנותרים) שמזוהים על פי התכונות הרווחות במדגם של רוב המקרים.

הייצוג בחמשת דפוסי התאונות מספק תובנה לתופעה של תאונות הולכי רגל קטלניות ומציע צעדי מניעה אפשריים הקשורים לבעיות שזוהו. הבעיה של הולכי רגל קשישים בעת חציית כבישים צרים במעבר חצייה במטרופולינים מרמזת על הצורך בביקורת קריטית של פתרונות תשתית בכבישים צרים ללא מפרדה, ולתכנון של אזורי מיתון תנועה ובקרת תנועה המסוגל לענות על צרכים ומגבלות של האוכלוסייה המבוגרת. סוגיית תאונות בין הולכי רגל לרכב דו-גלגלי דורשת הפרדה פיזית בין משתמשי הדרך השונים, חינוך לשינוי התנהגות מסוכנת של רוכבי אופנועים, והעלאת מודעות ציבורית לבעיה זו. הבעיה של הולכי רגל המעורבים בתאונות בלילה באזורים כפריים החוצים באופן פתאומי, במיוחד צעירים החוצים כבישים כפריים, מצביעה על הצורך בהגדלת הבולטות של הולכי רגל (למשל, באמצעות מחזירי אור בבגדים), צורך בפתרונות תשתית לאכיפת חצייה במקומות בטוחים, וקידום מודעות לבעיה. הבעיה הידועה של ילדים שנהרגו בעיקר בקהילות כפריות בעורקים גדולים, בעיקר בצפון הארץ, דורשת חינוך ילדים לזיהוי מפגעים בכביש, העלאת מודעות של ההורים על הצורך בפיקוח על ילדים, שיפור תשתיות לקידום מהירויות נמוכות יותר בקרבת אזורי מגורים, ויצירת הפרדה פיזית בין כלי רכב להולכי רגל.

לסיכום, ניתוח אשכולות תורם לידע הכללי על תאונות הולכי רגל על ידי הצגת ממצאים המתייחסים לתוצאות כלליות, שהתקבלו בעת ניתוח מציאות והן שונות מנקודת המבט הגיאוגרפי והחברתי, מחד, ומספק תובנה חדשה על דפוסי תאונות הולכי רגל, שעשויה לטפל בגישת מערכת ולתכנן אמצעי מניעה יעילים, מאידך. מחקר נוסף יכול להפיק תועלת מהרחבה של הנתונים הזמינים הנוגעים להרעלה על ידי אלכוהול או סמים, ומכילים פרטים נוספים אודות המעורבים במונחים של הכנסה ורמת השכלה, וזאת על מנת להגיע לאפיון טוב יותר של הולכי רגל ונהגים, לאור החשיבות של היבטים חברתיים, השונים ממקום המגורים, בהכרה בדפוסי תאונות.



## Perspectives for motorcycle stability control systems

Patrick Seinigera, Kai Schroter, Jost Gail

Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt), Bergisch Gladbach, Germany  
Technische Universität Darmstadt (TU Darmstadt), Darmstadt, Germany

Acc. Anal. Prev. (2012) 74-81

### היבטים במערכות בקרת יציבות לאופנועים

#### מבוא

במאמר "מדיניות התחבורה האירופית לשנת 2010", הגדירו נציבויות אירופיות כמטרה לצמצם את שיעור התמותה הכוללת באירופה ב-50% במהלך התקופה 2001-2010. כמה מהמדינות החברות באיחוד האירופי בדרכן להשיג מטרה זו.

כמות הרוגי תאונות האופנוע, לעומת זאת, לא ירדה באותו שיעור, וכתוצאה מכך, גדל חלקם של רוכבי האופנוע שנהרגו בתאונות הדרכים.

מצופה, כי להפחתה של מספרי ההרוגים בתאונות אופנועים תהיה עדיפות גבוהה יותר בקרב קובעי המדיניות.

במאמר זה, המחברים יציגו כיצד טכנולוגיות בטיחות פעילות יכולות להתאים לרכב דו גלגלי מנועי להפחתת התאונות, וכן יסקרו את האמצעים ואת התחזית לעתיד.

אחד הגורמים להפחתת הרוגים בתאונות דרכים בעשור האחרון הוא מערכות בקרת יציבות ברכב, והבולטת ביותר היא זו של חברת Bosch, בקרת יציבות אלקטרונית (ESC). יכולת המניעה של התאונות באמצעותה היא 45%.

המערכת המתוחכמת ביותר הקיימת עבור רכב מנועי דו גלגלי היא מערכת בלמים למניעת נעילה (ABS), שללא ספק מספקת יתרונות בטיחותיים, אך כרגע אינה מתוכננת לפעול בתאונות צדדיות גבוהות.

מערכת ABS שמאפשרת בלימה בתאוצה גבוהה יכולה לתרום להפחתת מספר תאונות הדרכים, והיסודות למערכת כזו כבר הונחו בפרויקטים שבוצעו, בשם Bast, על ידי האוניברסיטה הטכנית של Darmstadt.

במחקר מקיף יותר נבדקו התנהגות הנהג במהלך בלימה, והדרישות למערכת בלמים עתידית עבור האופנוע, וכן הוערך הפוטנציאל למערכות שליטה ברכב מלבד ABS.

המסקנות ממחקר זה הן, כי ניתן להשיג שיפור של ABS, ובשילוב עם שיפור התנהגות הנהג תהיה לכך השפעה משמעותית על נתוני תאונות הדרכים.

#### בעיות יציבות אופנוע ספציפיות

דינאמיקת הנהיגה השונה והמורכבת של אופנועים בהשוואה לכלי רכב בעלי 4 גלגלים היא בהחלט הנושא העיקרי בעיצוב מערכות בקרת יציבות רכב עבור אופנועים.

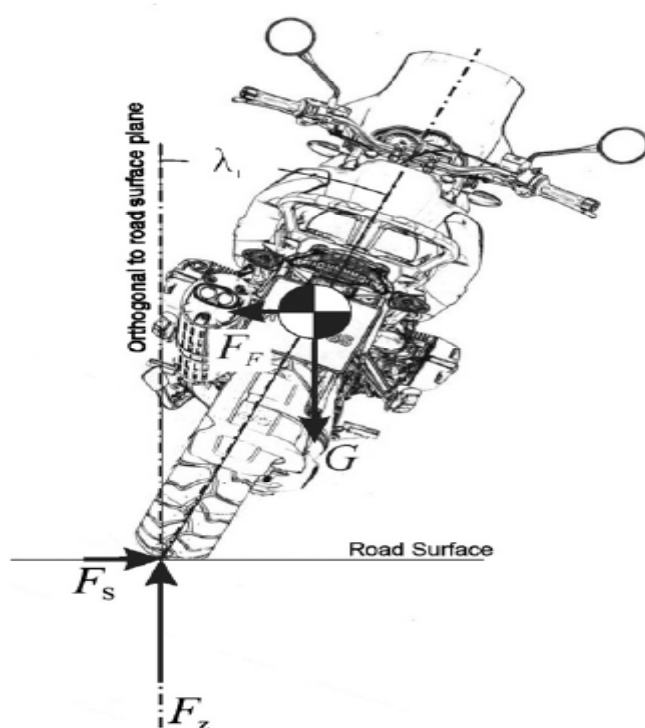


אופנועים הם כלי רכב בלתי יציבים שייצובם תלוי בשני מנגנונים. אם מהירות הנסיעה היא מספיק גבוהה, גלגלי האופנועים פועלים כגירוסקופים. במהירויות נמוכות יותר, רוכב האופנוע מייצב את האופנוע בעיקר על ידי בלם יד ועל ידי ייצוב של הגוף. שני המנגנונים תלויים בחיכוך מספק בין הצמיגים והכביש.

אם מגבלת החיכוך היא חריגה, אופנועים יכולים להיות לא יציבים בצורה בלתי הפיכה, מה שמוביל לתאונה. זה יכול להתרחש גם במקרה של נעילת גלגל, שכן התוצאות הן אובדן רגעי של ההשפעה הגירוסקופית של הגלגלים.

תיאור מלא של דינאמיקת האופנוע ניתן בכמה מקורות.

מחקר זה דן רק ביציבות הנהיגה ויציבות הבלמים, שני מושגים בעלי חשיבות בעניין מערכות הבקרה ובהשפעתם על נתוני תאונות הדרכים.



איור 1. הגדרה של זווית גלגול.

## יציבות הנהיגה

ההבדל הברור ביותר בין רכב עם ארבעה גלגלים לרכב דו גלגלי הוא שרכב דו גלגלי יכול להישען במהלך פנייתו.

שיפוע זווית שיווי המשקל של הגלגל  $\lambda$  תלוי אך ורק בהאצה הרוחבית. זווית הגלגל המוגדרת בתרשים מס' 1 היא:

$$\lambda = \arctan \frac{F_F}{G} = \arctan \frac{\dot{y}}{g} = \arctan \frac{v^2}{R \cdot g}$$



בעזרת הכוח הצנטריפוגלי FF, כוח המשקל G, תאוצה רוחבית Y, כוח הכבידה g, רדיוס הפנייה R והמהירות v, שיווי המשקל של זווית הגלגל הוא לא יציב. הפרעות קטנות בכל אחד מהכוחות יכולות להגדיל או להקטין את זווית הגלגל, דבר שיוביל לתאונה.

המהירות הזוויתית יכולה להיות נשלטת על ידי הפעלת מוט אחיזה: בכל פעם שמוט האחיזה מגיע לעיקול, מהירות ההאצה הרוחבית מתגברת, ובכך הרכב מגיע למצב של יציבות, ולהפך.

למהירויות הגבוהות יותר מ-30 ק"מ / שעה, מצמד הגירוסקופ של הגלגל הקדמי מתחבר עם תנועת המוט הידני, ושיפוע הזווית מתייצב.

מתחת למהירות זו, הרוכב צריך לסובב את מוט האחיזה במטרה לייצב את הרכב. שני המנגנונים תלויים בעלייה בתאוצה הרוחבית של הרכב, וזה יעבוד רק אם יש חיכוך בין הכביש לצמיגים.

ייצוב אינו קיים בכל מקרה שבו מגבלת החיכוך חריגה, דבר שעלול להתרחש בכבישים חלקלקים, וגם אם כוחות התאוצה או הבלימה הם גבוהים מדי.

**טבלה 1:** אחוזי אובדן שליטה בתאונות בכל סוגי התאונות, הנתונים מגרמניה 2007.

	Slightly injured <sup>a</sup>	Severely injured	Fatalities
All powered two-wheelers	36.8%	52.5%	60%
Motorcycles (>125 cm <sup>3</sup> engine displacement)	40.1%	57.7%	60%
All traffic participants	16.2%	31%	41%

## יציבות הבלמים

מערכות הבלמים של כלי רכב בעלי 4 גלגלים בנויות בדרך כלל כדי לנעול קודם את הגלגלים הקדמיים. במקרה של גלגלים קדמיים נעולים, התנועה הזוויתית-צידיית של הרכב מתייצבת על ידי הגלגלים האחוריים, והם יוצרים כוחות המפצים על זווית החלקה צידית.

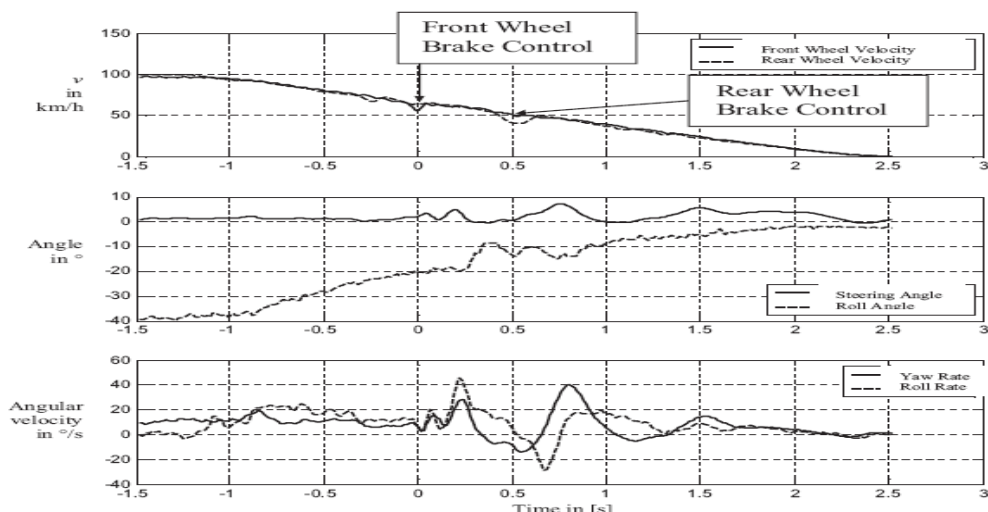
כפי שתואר, הייצוב הגירוסקופי של רכב דו גלגלי נעלם בכל פעם שבה הגלגל הקדמי ננעל, ולכן אי אפשר להשתמש במנגנון זה ברכב דו גלגלי.

יתר על כן, תנועת ההתהפכות שמתרחשת, בדרך כלל כתוצאה מגלגל קדמי נעול, מייצרת כוח צידי קמור על הגלגל האחורי.

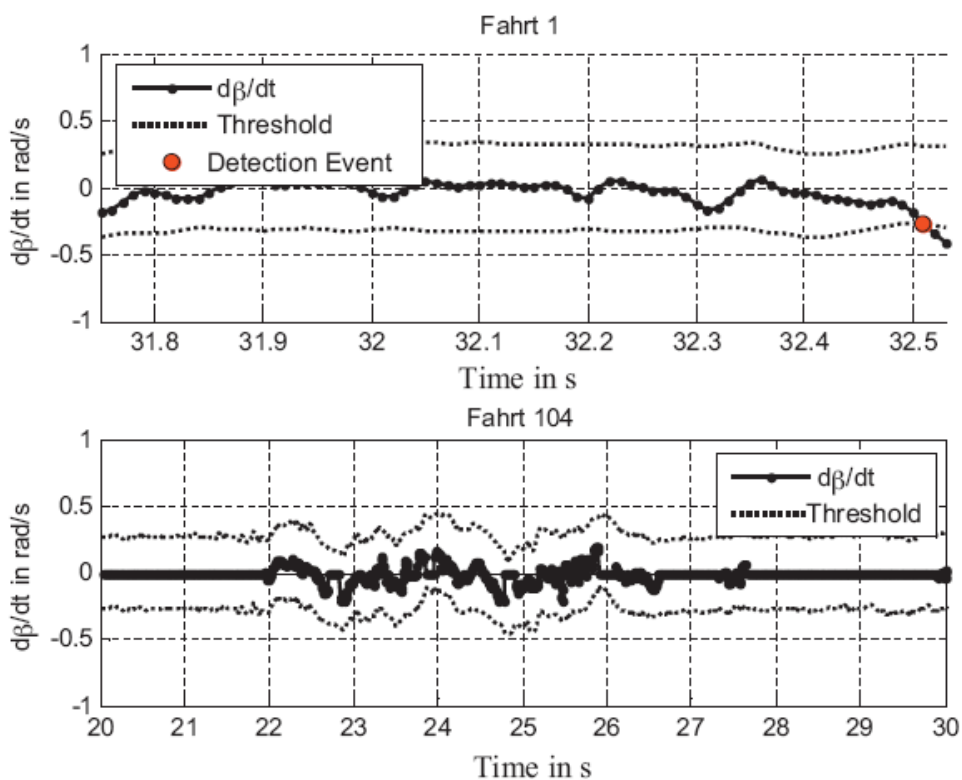
סך כל הכוחות על הגלגל האחורי לא ייצבו את תנועת השיפוע הזוויתי-צידי ואף יגדילו את זווית הגלגל.

שתי התנועות המשולבות תגרומנה לנפילה פתאומית של האופנוע, שיכולה להתרחש בזמן מועט 0.2 שניות, והתאונה תהיה כמעט בלתי נמנעת.

לסיכום, אופנועים הופכים לבלתי יציבים כאשר הגלגלים הקדמיים ננעלים בגלל בלימה קשה וכאשר קיים חיכוך חריג עם הכביש (כבישים חלקלקים לדוגמה).



איור 2. דוגמה למצב של בלימה בפנייה מ-378S, (Seiniger et al. (2006)



איור 3. דוגמה לזווית החלקה-צידיית של רכב במצבי נהיגה קריטיים (העליון) ולא קריטיים (התחתון). המראה גם את הגבולות שנעשים ביחס להערכה ולשגיאה. הגילוי מתרחש למצב הנהיגה הקריטי (העליון), אך לא למצב הנהיגה שאינו קריטי (נמוך).





## אבולוציה אפשרית של המערכות של היום

כיום, מערכות בקרת משיכה כגון TCS המתאימות ל-BMW S1000RR הן עדיין בעלות אפיון של חיישן בגלגל בעת פנייה, ובכך הן מתאימות לשימוש בפנייה. הדבר אינו נכון לגבי מערכות בלמים הנמצאות כיום בשוק. בלימה בפנייה אפקטיבית הינה משימה תובענית, שלעיתים קרובות מובילה לתאונות.

עם זאת, כפי שמוצג על ידי מעגל החיכוך של KAMM באינטראקציה בין הצמיג לכביש, בבלימה בפנייה בתנאים אידיאליים יש פוטנציאל תיאורטי גדול. לדוגמה, כאשר פונים ב-  $7 \text{ m/s}^2$  בתאוצה (האצה) רוחבית (כ-  $39^\circ$  של זווית הגלגל), האטה של כ-  $7 \text{ m/s}^2$  אפשרית אם מקדם החיכוך של הצמיג עם הכביש הוא 1.0.

האטה פוטנציאלית כזו אפשר להשיג על ידי רוכבי אופנוע מקצועיים בתנאים מבוקרים. עם זאת, גם לרוכבים מיומנים כאלה, ההפרעה הקטנה ביותר יכולה להוביל מיד לתאונה. סכנות בלתי צפויות בתנועה יכולות להפיתע את הרוכבים ולהוביל לתגובות בלתי סבירות. בעיקר, התיאום הסימולטני של מערכות בלימה קונבנציונליות בתנאים קשים נוטה לדרוש יותר מדי יכולות שליטה מהרוכב.



**איור 4.** יצירת מומנט היגוי בלימה (BST) על ידי הטיה צידית בין הצמיג לבין ציר ההיגוי במצב פנייה.

מערכות בלימה משולבות (CBS) ובמיוחד ABS יכולות במצב הנוכחי לספק יתרונות בטיחות ניכרים, אבל יתרונות אלו יתממשו במלואם רק אם הרוכבים יישמו את כל כוחות הבלמים הנדרשים. עם זאת, בידיעת הסיכון מפילה כתוצאה מבלימת גלגל קדמי, רוב הרוכבים אינם משתמשים בכל כוחות הבלימה.

עוד גורם המשפיע על בלימה קשה בפנייה עבור הרוכב הוא מומנט היגוי בלימה (BST, איור 4). בשל הגיאומטריה של הצמיג, הצמיג יוצא ממקומו ביחס לציר ההיגוי בעת פנייה. אם מפעילים כוח בלימה, במיוחד בגלגל הקדמי, הטיית המגע למוט ההיגוי יוצרת BST, אשר פועלת לסיבוב מוטות האחזיה לכיוון הפנייה. פעולה זו גורמת לתנועת האופנוע לכיוון מעלה, אם הנהג אינו מאזן את ה-BST.

בתחשב במצב המסוכן ושיפועי הבלימה שיכולים לנבוע מהפעלת ABS, שיפוע ה-BST עשוי להיות כה גבוה, עד שהרוכב לא יוכל לפצות על זה (ראה גם איור 2).



יתר על כן, אם הרוכב המום או מופתע, התנועה של הגלגל כלפי מעלה יכולה לגרום לכלבול נוסף. הנטייה של האופנוע להישאר על מסלול נקודת ההשקה, לעתים קרובות, מובילה ליישום חזק יותר של הבלמים, אשר בתורו מגביר את ההשפעות השליליות.

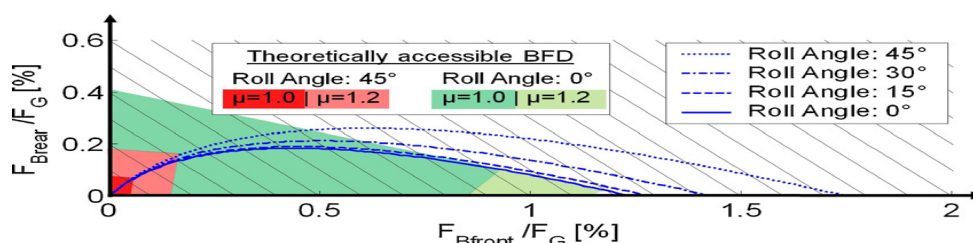
בתחשב בעובדה שה-BST משפיע יותר על הגלגל הקדמי מאשר על האחורי, וכוח חיכוך הבלם האופטימאלי (BFD) בגלגל האחורי מתורגם לזוויות סיבוב גדולות (איור 5), בלימת יתר של הגלגל האחורי תקל על הגלגל הקדמי במידה מסוימת מכוחות בלמים ובכך תפחית את השפעת ה-BST בתנאי בלימה חלקית.

עם זאת, בבלימת חירום, החיכוך הפוטנציאלי של צמיג-כביש יתרחש בשני הגלגלים. כפי שאפשר לראות מעקומות BFD באזורים האדומים באיור 5, הפוטנציאל של מערכת כזו מוגבל ביחס להקלה על ה-BST. בבדיקה ראשונית בנסיעת מבחן שנערכה ב-TU Darmstadt אומתה השערה זו. יתר על כן, רוכב המבחן חשף תחלופה בין התועלת בהפחתת BST ויציבות הגלגל האחורית. על משטחי כביש, הגלגל האחורי נטה יותר לבלימה חזקה ובכך גרם להפעלת ABS.

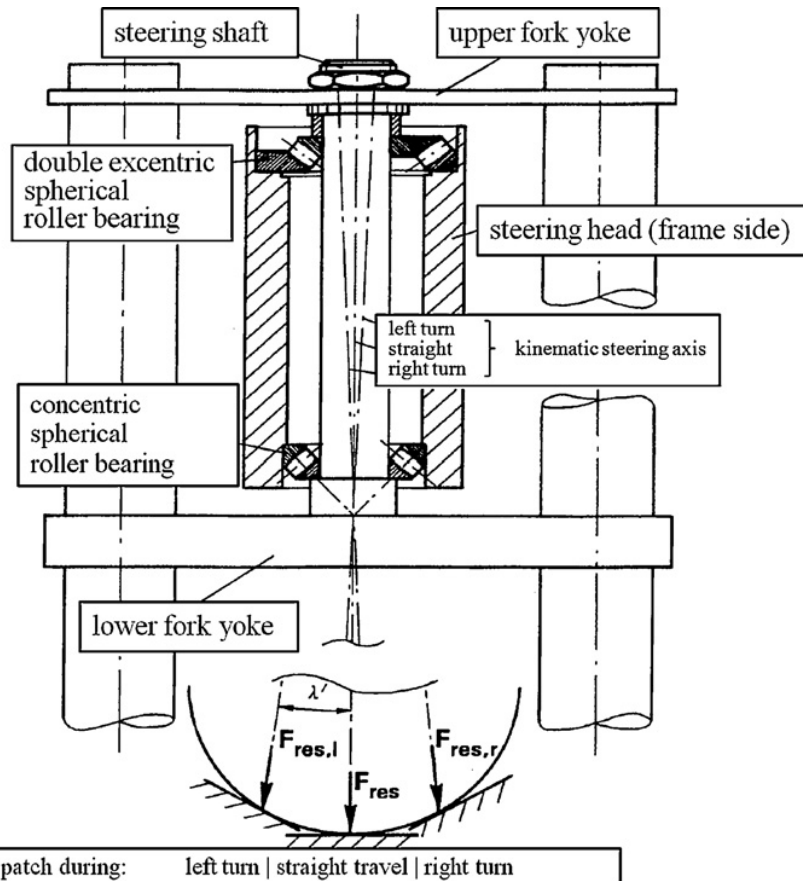
עם ABS קונבנציונלי הדבר מוביל לתחלופה מתמדת בין מצב מסתובב למחליק בגלגל האחורי, מה שגורם לתנועה מקרטעת של האופנוע.

בתנאים מבוקרים, הדבר לא מזיק וקל לשליטה, אבל זה עלול להפריע מאוד לרוכב בתרחישים על הכביש, במיוחד במצב של בלימת חירום. לכן, אומדן ההשפעה של פנייה אדפטיבית BFD על אפקט BST יהיה נמוך, על סמך הממצאים הנוכחיים.

עם זאת, ככל שהפוטנציאל של פתרון זה עשוי להיראות זעום, הוא נגיש בקלות על ידי הוספת חיישן זווית לגלגל למערכת ה-ABS, שמציע אפשרות להעביר את העומס באופן חופשי מהבלם הקדמי לאחורי ולהפך, במיוחד כאשר השליטה שהושגה ב-ABS היא חלקלקה.



איור 5. הפצת כוח חיכוך בלימה אופטימאלי (BFD) בזוויות שונות (מודל חישוב לאופני ספורט המצוידים במכשירי מדידה,  $F_{Bfront}$  / אחורי = כוחות הבלם,  $F_G$  = כוח משקל הרכב,  $\mu$  = מקדם חיכוך הצמיג עם הכביש): תנאי הפנייה/העיקול, מרכז הכובד נמוך, מאחר שבסיס הגלגל נשאר כמעט קבוע. BFD מקבל אוריינטציה של גלגל אחורי.



resulting forces and tire contact patch during: left turn | straight travel | right turn

איור 6. עיקרון תפקוד בלם ציר ההיגוי - מנגנון הימנעות (BSTAM, תמונה: Weidele, 1994).

### התאמת מאפייני משכך היגוי

שליטה חצי פעילה של בקרת היגוי עם מהירות ותאוצה עם דעיכה תלויה, כבר זמינה (למשל משכך היגוי אלקטרוני של הונדה (HESD) בטווח ה-CBR הנוכחי). בהתבסס על מידע רב חיישני, מערכות כאלה יכולות להיות משודרגות באופן סלקטיבי, בהתאם למצבים הרלוונטיים של בלם ההיגוי בעיקול.

עם זאת, כוחות דעיכה יכולים להיות מיושמים רק כאשר זווית ההיגוי מותאמת. התפקוד של מערכת כזו הנו מוגבל להפחתה של ה-BST.

פתרון נוסף, מתאפיין בהפעלת יישום נוסף בעל מומנט היגוי. יישום זה מתבסס על פריסה רבת חיישנים, שעד לרמה מסוימת, מאפשרת חיזוי של ה-BST, בזמן הפרעה. מערכת זו מאפשרת כמות מסוימת של חופש.

שתי המערכות יכולות להוות בסיס למערכות בטיחות עתידיות נוספות, כגון בלימה אוטונומית או תיקון של מסלול נוכחי לפני תאונה.



## מסקנות והמלצות

אף על פי שרכיבה על אופנוע היא מסוכנת בהשוואה לנהיגת רכב בעל ארבעה גלגלים, יש לה יתרונות, לא רק במונחים של צריכת משאבים ואנרגיה, והיא מהווה פתרון לניידות עירונית עתידית. בכדי להשיג את היתרונות הזמינים, ללא השפעות שליליות אחרות על החברה, נדרשת עבודה נוספת בשיפור מערכות בטיחות האופנוע.

התקדמות משמעותית לאופנועים בטוחים יותר אפשר להשיג באמצעות היישום של ABS. אמנם המערכות המודרניות משתפרות ביחס לבלימה בעיקול, אך פריסת הצי הרחבה שלהן חייבת להיות רגישה מבחינה סוציו-אקונומית עם יחס תועלת לעלות מעל 4.

ההשפעה על נתוני תאונות מוערכת במחקרים עצמאיים שונים, והיא נעה בין 8% ל-38%. על בסיס תוצאות אלו, כל האופנועים צריכים להיות מצוידים ב-ABS כדי להפחית באופן משמעותי את כמות ההרוגים בתאונות אופנוע.

מערכות נוספות, כגון ייצוב אקטיבי של אופנועים המחליקים (דומה ל-ESC במכוניות נוסעות), אינן אפשריות כרגע וגם לא תהיינה בעתיד.

לכן נדרשת התפתחות אבולוציונית ואופטימיזציה של ABS ו-TCS כבסיס למערכות מתקדמות אחרות בבטיחות, ובמיוחד לפיתוח אסטרטגיות לבלימה בעיקול, וכן שיטות חדשות כדי לחוש באי יציבותו של הכלי.

שיפורים אלו הם אפשריים ויכולים להתממש עם טכנולוגיה זמינה. עם זאת, מחקר נוסף נדרש על מנת לקבוע כיצד האינטראקציה בין הרוכבים ובין מערכות בטיחות מתקדמות אלה יכולה להיות מושגת בצורה הטובה ביותר.



## Attending overtaking cars and motorcycles through the mirrors before changing lanes

Amit Shahar, Editha van Loon, David Clarke, David Crundall

University of Nottingham, School of Psychology, University Park, Nottingham, UK

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012)104-110

## הבחנה במכוניות עוקפות ובאופנועים באמצעות שימוש במראות לפני החלפת נתיב

### מבוא

ידוע כי לאופנועים יש ייצוג יתר בקרב הרוגי תאונות הדרכים. תאונות הנגרמות מאי מתן זכות קדימה, המתרחשות כאשר רכב אחר לא נותן לאופנוען זכות קדימה בדרך, מזוהות כסוג הנפוץ ביותר של תאונות שאיתן מתמודדים רוכבי האופנועים.

תאונות ROWV (Right of Way Violation), המכונות גם טעויות של "הסתכלתי אבל לא ראיתי" מכיוון שנהגים המעורבים בתאונות אלו מדווחים, לעתים קרובות, כי לא הבחינו ברכב שהתנגש בהם אף שהביטו לכיוון המתאים, בדרך כלל מתרחשות בצומתי T, במעברי חצייה, במעגלי תנועה, כאשר נהגים מחליפים נתיב וכאשר הם מבצעים סיבובי פרסה מול רוכבי אופנוע.

בבריטניה, לפחות, ברוב המקרים התאונות הללו הן בעיקר אשמתו של משתמש הדרך האחר. לתאונות ROWV המעורבים בהן אופנועים ניתן לקשר מגוון רחב של סיבות.

רוב המחקר התמקד בחקירת התכונות הגופניות של אופנועים ושל הרוכבים, שעשויות לתרום לשיפור הנראות (למשל, גודל, תדר מרחבי, הדלקת אורות ביום, צבעים). למשתמשי הדרך יש קושי בזיהוי אופנועים בהשוואה למכוניות, פשוט כי אופנועים הם גופים קטנים יותר.

בשל גודלם (הקטן) של האופנועים, משתמשי הדרך עשויים גם להתקשות בהערכת זמני ההגעה שלהם כראוי.

באופן ספציפי, גודלו של רכב מתקרב יכול להשפיע על תפיסת המהירות ועל זמן ההגעה לצומת (אפקט גודל הגעה). אפקט זה בדרך כלל מוביל להערכת יתר של זמני הגעה של רכב קטן יותר בהשוואה לכלי רכב גדולים יותר, וכתוצאה מכך נהגים נוטים לתת שוליים גדולים יותר לרכב גדול בהשוואה לכלי רכב קטנים יותר.

תפיסה של אופנועים מושפעת גם מגורמים כגון היכרות עם אופנועים וציפייה לראותם. המושג "נראות קוגניטיבית" מתייחס בדרך כלל לניסיון קודם ולציפיות של הצופה, שלהם יש תפקיד משמעותי בחוסר זיהוי כלי רכב לא צפויים. לדוגמה, Brooks ו-Guppy (1990) מצאו כי נהגים שחולקים רכב עם בני משפחה, או מי שיש לו חבר קרוב הרוכב על אופנוע, נוטים פחות להתנגש עם אופנועים והם אף מבחינים באופנועים יותר מנהגי מכוניות אחרים. הדבר מראה כי הערכה מינימאלית של הסיכון הנשקף למשפחה וחברים שהם רוכבי אופנוע הינה מספקת בכדי לשפר את היכולת לזהות ולהימנע מאופנועים בזמן הנהיגה.



קיבעון קצר עשוי להיות מספיק בכדי לזהות מכונית מתקרבת, אבל לא אופנוע. האורך של מבט מתפרש בדרך כלל ככמות הזמן שהוקדשה לעיבוד גירוי, כך שמבטים ארוכים וקצרים משקפים קשיים ועיבוד פשוט.

מבטים קצרים כתגובה לגירויים נוטים לשקף כישלון בעיבוד הגירויים הללו. יתר על כן, אופנועים דורשים יותר יכולת עיבוד ממכוניות, בשל חוסר הנראות שלהם ויכולת התמרון הגדולה יותר אשר מגבירה את הקושי לחזות מה יעשו בהמשך.

הסוג הנפוץ ביותר של תאונות אי מתן זכות קדימה שבו מעורבים אופנועים הוא תאונה המתרחשת בצומת T.

במחקר הנוכחי היה חשש מתרחישים הדורשים תשומת לב לעקיפה מאחור. לנהגים צעירים, נהגים מנוסים וכפולים הוצגו קטעי וידאו עם מידע ממראה, והם נדרשו לחפש את כלי הרכב העוקפים במראות ולהחליט מתי אפשר להיות בטוח לעבור נתיב, וכל זה בעת שתנועות עיניהם היו במעקב.

## השיטה

81 משתתפים לקחו חלק בניסוי, בתשלום של £ 10. הנתונים של חמש נשים הוצאו מקבוצת הנהגים המתחילים כדי שיהיה יחס שווה ודומה בין שלוש הקבוצות, ונהג מכונית אחת מנוסה הוצא בשל ניסיון ברכיבה על אופנוע. הניסוי כלל:

25 נהגי מכוניות מתחילים (גיל ממוצע = 20.6,  $SD = 2.2$ ; שנות ותק מהוצאת רישיון הנהיגה = 1.6,  $SD = 0.6, 25$ ).

25 נהגים מנוסים (גיל ממוצע = 33.4,  $SD = 8.5$ ; שנות ותק מהוצאת רישיון הנהיגה = 7.9,  $SD = 24$  נהגים בעלי רישיון כפול (בגיל ממוצע של 44.9,  $SD = 9.6$ ; שנות ותק מהוצאת רישיון הנהיגה = 25.7,  $SD = 11.3$ ; שנות ותק מהוצאת רישיון הנהיגה על אופנוע = 20.0,  $SD = 11.0$ ). כל המשתתפים דיווחו על ראייה נורמלית או מתוקנת.

\* מכשירים וגירויים

כל הקטעים צולמו באזור נוטינגהם, אנגליה, באמצעות מצלמות וידאו שהיו מותקנות חיצונית לרכב צילום, והקליטו את הנופים (VIEWS) הקדמיים, הצדדיים והאחוריים שאף אחד לא רואה בשלוש המראות. בנוסף לסדרת וידאו קליפים של תפיסת הסכנה, רוב הקטעים שצולמו נועדו לאפשר חקירה של השערות לגבי אינטראקציות בין מכונית לאופנוע בצומת T או תוך כדי שינוי נתיבים.

לתרחישי החלפת הנתיבים, צילומי הסרט כללו קטעים שבהם אופנועים ומכוניות התקרבו למכונית המצלמת מאחור (נתיב אחד בצד הימני של הרכב המצולם) ועקפו אותה מהצד. תמרונים אלה מתרחשים בדרכים מרובות מסלולים, וכך יש לנהגים אפשרות לחפש את כלי הרכב העוקף.

ברוב הסרטונים מעורבים כלי רכב מדומים. כלי רכב מגוונים היו בשימוש בכל הקליפים. הצילומים שנאספו היה ערוכים לקליפים באורך של 10-30 שניות. המצלמות הפונות קדימה סונכרונו בשלב עריכת הסרט, ומקורות מידע של המראות נכללו במצלמות הקדמיות.



המידע לגבי המראה האחורית מוקם במרכז הסרט שמוקרן מהמצלמה הפונה ישר. המראה השמאלית ממוקמת בפינה הימנית של הסרט מהמצלמה הפונה קדימה ושמאלה, והמראה הימנית ממוקמת בפינה השמאלית של הסרט מהמצלמה הפונה קדימה וימינה.



איור 1. הנקודה הבטוחה עבור קטעי שינוי הנתיב, שהוגדרה כמועד שבו הרכב עוקף את רכבו של המשתתף במידה כזו שהאמצע האחורי של הרכב התיישר עם הקצה הימני ביותר של מראת הצד הימנית (התמונה נלקחה מהמסך הימני של תפיסת הסכנה).

מערכת הפסקול הורכבה מתחנת עבודה ממוחשבת ושלושה מסכי טלוויזיה של 40 אינץ'.

המסך המרכזי הציג את המראה הקדמית, ושני המסכים הנוספים הוצבו לשמאל ולימין של המסך המרכזי בזווית של  $120^{\circ}$  סט, והציגו את מראות הצד.

כפתור לחיצה ודוושת רגל ניתנו למשתתפים כדי לרשום את תגובותיהם המתקבלות בעת ביצוע התמרונים, ואת תגובותיהם למפגעים, בהתאמה.

תיאור מפורט יותר של מערכת עינית חכמה (Smart Eye®) העוקבת אחר הראש והמבט המשמשת להקלטת תנועות עיניים.

ארגון ההקלטה הורכב מארבע מצלמות Sony בעלות עדשות 12 מ"מ שמוקמו מעל לגבול התחתון של המסך במרחקים קבועים 2 מ' מזו במישור האופקי. שימוש זה בארבע מצלמות מאפשר חופש גבוה בסיבוב הראש (איור 1).

לכל משתתף בתוכנית נבנה מודל ראש ייחודי באמצעות תווי הפנים, ובעקבותיו בוצע הליך כיול מבט סטנדרטי.

המשתתפים ישבו במרחק של כ-115 ס"מ מהמסך המרכזי. נאמר להם שיוצגו בפניהם קטעי וידאו שצולמו מנקודת מבטו של נהג מכונית, והמסך המרכזי יציג את המראה הקדמית של רכב נע, בעוד ששני המסכים האחרים יציגו את מראות הצד. נאמר להם גם שקטעי וידאו קטנים הוצבו על פני שלושה מסכים, באותו סידור ומיקום של שלוש המראות הממוקמות בתוך מכונית. נאמר להם שמראות אלו יאפשרו להם לראות מידע מאחורי הרכב. למשתתפים הוסבר כי לפני שיחל כל קליפ הם ישמעו קול שיאמר להם מה הנהג מתכוון לעשות במהלך הקליפ - לצאת מתוך צומת T או לשנות נתיבים לימין. הם



קיבלו הוראה ללחוץ על לחצן היד מהר ככל האפשר, כשהם חושבים שזה בטוח לבצע תמרון. לבסוף, הם התבקשו לפקוח עין על מצבים מסוכנים, כגון מצב שבו הנהג צריך לשנות את התנהגות הנהיגה שלו/ה כדי למנוע סכנה (כלומר, בלימה, סטייה ממסלול, וכו').

הם קיבלו הוראה ללחוץ על דוושת הרגל במהירות ככל האפשר, כדי להראות שהם זיהו את המפגע. ההיגיון בהכללת משימת תפישת הסכנה היה הרצון לשמור על רמה של אי ודאות לגבי מה שעלול לקרות.

כל קליפ הוצג עד אשר הכפתור המוחזק ביד נלחץ. המסך הוחשך לשלוש שניות עד לסרטון הבא. תגובות הלחיצה על הכפתור נרשמו, והמשתתפים הודיעו על כך במסך.

## תוצאות

בהסתמך על הפיילוט, כל התגובות לפני הנקודה הבטוחה נחשבו כמסוכנות, וכל התגובות שלאחר הנקודה הבטוחה נחשבו זהירות. הנקודה הבטוחה הוגדרה כזמן שבו הרכב העוקף עקף את הרכב של המשתתף, במידה כזו שהאמצע האחורי של הרכב היה בקו ישר עם המראה הימנית הצידי. (ראה איור 1). לכן הרכב העוקף היה רחוק מספיק עבור המשתתפים, כדי לאפשר לנהגים ליזום תמרון.

למרות זאת, אפשר לטעון שנבחר קריטריון ליברלי יחסית - מבחינת בטיחות נהיגה - להבחנה בין מעשה מסוכן ובין תגובות זהירות.

במילים אחרות, תגובות שהתקבלו מיד לאחר שהרכב העוקף עבר (ראה איור 1) נחשבו לבטוחות, למרות שתמרונים שבוצעו בשלב זה השאירו פער בטיחות קטן מהרכב העוקף. מסיבה זו, גם תגובות שהתקבלו לאחר הנקודה הבטוחה נחשבו לזהירות, והמהירות של תגובות אלו יכולה לספק מדד נוסף להבחנה בין תגובות זהירות פחות או יותר: תגובות מהירות יותר משקפות תמרונים שמוותרים פחות מרחק בטוח מהרכב העוקף (ומכאן מסוכנים), ולהפך.

למרות השוני בקבוצות גיל, על ידי פילוח גילאים לפי שיטת ANCOVA היינו יכולים להגיע למצב של ניתוח מתאמים ANCOVA, בגלל השוני של שיפועי הרגרסיה של הגורמים השונים. בוצעו סדרת ניתוחי שונות ANOVA על היחס של תגובות מסוכנות ועל RT לתגובות זהירות. נעשה שימוש רק בכלי רכב ואופנועים במבחני ANOVA בגלל שבסרטים ללא רכב לא הייתה הבחנה לגבי תנועות מסוכנות וזהירות.

היחס בין התגובות המסוכנות היה נמוך באופן משמעותי כאשר הרכב המתקרב היה אופנוע ( $M = 0.17$ ,  $SD = 0.21$ ), לעומת מכונית ( $F(1,71) = 12.04$ ,  $MSE = .01$ ,  $SD = 0.10$ ),  $p < 0.01$ .

ההשפעה העיקרית של הקבוצה והאינטראקציה לא היו משמעותיות [ $F_s < .12$ ,  $p_s > .10$ ].

תוצאות ANOVA על RT מראים השפעה קבוצתית,  $F(2,71) = 4.16$ ,  $MSE = .86$ ,  $p < 0.05$ .

## נתוני תנועות עיניים

מיקום העיניים סווג במהלך כל קליפ לפי השאלה – האם הביטו על המראה האחורית (RVM), מראת הצד הימנית (RSM), או המסך הימני (RS), שמכיל את הנתיב הימני (היעד של המשתתפים), למרות





שהמסך המרכזי היה מחושב גם הוא, לצורך הצגת משכי (DURATION) המבט הממוצעים של שלוש קבוצות הנהגים (איור 2).

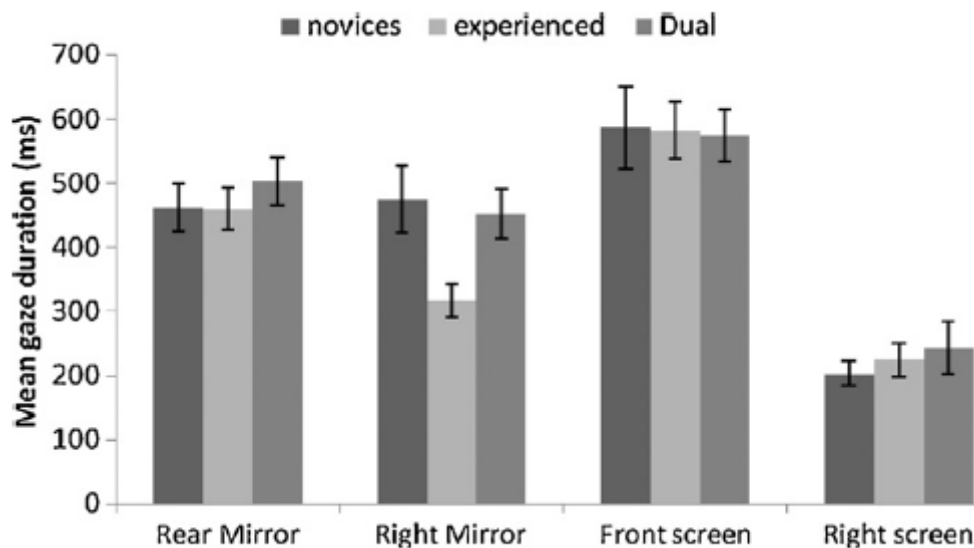
בתוך כל קטגוריה, מדדי המבט כוללים את עיכוב הקיבעון הראשון, המשך המבט הראשון (סך כולל הקיבועים בתוך הקטגוריה מהפעם הראשונה שמשתתף מסתכל על הקטגוריה עד לפעם הראשונה שהוא רואה משהו אחר), משך המבט הממוצע, ושיעור כולל של זמן שהנהגים הקדישו לחיפושים באותו אזור.

איור 2 מציג את משך המבט הממוצע על המראות ועל המסכים הקדמיים, עבור שלוש קבוצות הנהגים.

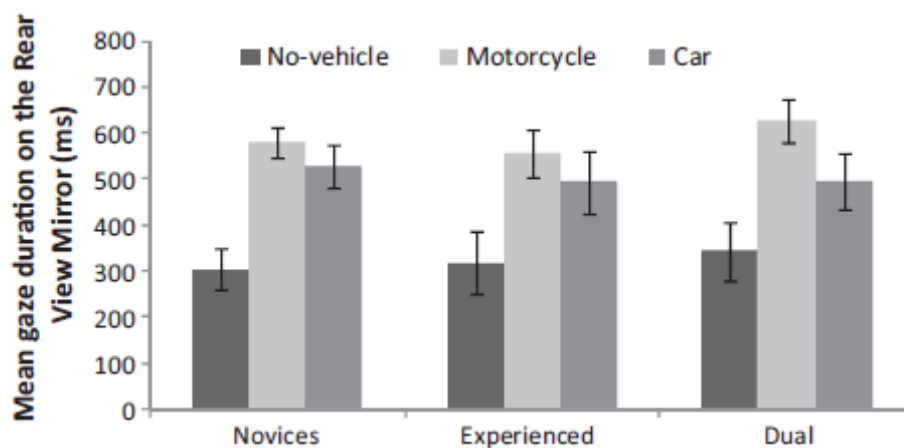
### מראה אחורית

הניתוח של עיכוב הקיבעון הראשון היה ( $F(2,142) = 11.4, MSE = 1.0, p < 0.001$ ). המשתתפים הסתכלו במהירות רבה יותר במראה האחורית (RVM) בסרטונים שלא היו מהרכב ( $M = 1.0 s$ ), בהשוואה לקליפים מהרכב ( $F(1,71) = 30.5, MSE = 1.1, P < 0.001$ ). למרות שההבדלים בין סרטוני האופנוע ( $M = 1.6 s$ ) והמכונית ( $M = 1.8 s$ ) לא היו משמעותיים.

השוואה ניגודית עיקרית הייתה עם נהגים כפולים אשר סיפקו ראיות שוליות להבדל, של נהגים מנוסים עם קיבעון בממוצע של 1.0 של אחרי תחילת הסרטון לעומת 1.6 של נהגים כפולים ו-1.7 של נהגים מתחילים.



איור 2. תדירות המבט הממוצע במראות (אחורית ומראה ימנית-ציידית) ועל מסכים ימניים וקדמיים, לפי נהגים מתחילים, נהגים מנוסים וכפולים. מוטות (BARS) שגיאה מייצגים את ממוצע השגיאה הסטנדרטי.



איור 3. תדירות המבט הממוצע כפונקציה של האינטראקציה בין ניסיון הנהיגה לסוג הרכב במראה האחורית. מוטות (BARS) שגיהה מייצגים את ממוצע השגיאה הסטנדרטי.

ניתוח של תדירות המבט הראשון חשף גם את השפעת הרכב ( $F(2, 142) = 67, MSE = 37062, p < 0.001$ ). באמצעות הניסוי ללא רכב ( $M = 405$  מילישניות) שסיפק את המבט הקצר ביותר על המראה האחורית (RVM) בהשוואה לקליפים עם הרכב והאופנוע ( $M = 769$  אלפית שנייה). שהסתכלו בתדירות ארוכה יותר במראה האחורית מאשר בקליפים עם רכב ( $M = 626$  אלפיות שנייה); ( $F_s(1, 71) > 21, MSE > 58091, p_s < 0.001$ ).

האינטראקציה העיקרית המנוגדת גם הציעה אינטראקציה המצביעה על כך שנהגים כפולים מתכוננים ממושכות במראה האחורית בקליפים של אופנוע בהשוואה לשתי קבוצות האחרות.

### מראת צד ימנית

הניתוח של תדירות הקיבעון המבטי על המראה הימנית-צידית מגלה, כי השפעה של רכב מאחרים לעומת הניסויים ללא הרכב ( $F(1, 71) = 47.5, MSE = 1.9, P < 0.001$ ). עם ניסיונות תנועה סותרים, מפיקים מבטים

השפעה זו רוסנה על ידי ניסיון של אינטראקציית רכב ( $F(4, 142) = 2.6, MSE = 0.96, p < 0.05$ ). הניגודים הציעו שההשפעה נמצאת בהשוואה של ניסויים ללא רכב לעומת ניסויים המשלבים כלי רכב ( $F(1, 71) = 3.0, MSE = 1.9, p = 0.055$ ).

הניתוח של תדירות המבט הראשון חשף השפעות גם של רכב ( $F(2, 142) = 22.96, MSE = 43728, p < 0.001$ ) וגם של ניסיון ( $F(1, 71) = 4.9, MSE = 62449, p < 0.01$ ). אך ללא אינטראקציה.

אף מחקר עם רכב לא הפיק את המבטים הקצרים ביותר בהשוואה לניסוי עם הרכב העוקף ( $F(1, 71) = 34.5, MSE = 69408, p < 0.001$ ). וסרטונים עם אופנוע קיבלו מבטים ארוכים יותר מאשר סרטונים עם רכב ( $F(1, 71) = 5.5, MSE = 82368, p < 0.05$ ).

ניגודים פשוטים גילו כי הנהגים המנוסים היו בעלי מבטים ראשונים קצרים יותר בממוצע, מאשר נהגים כפולים (388 מילישניות לעומת 572 אלפיות שנייה;  $p < 0.05$ ). בעוד נהגים מתחילים היו דומים לנהגים הכפולים (589 ש').



## מסך ימני

בכל האמצעים, רק גורם הרכב היה משמעותי. המשתתפים היו מהירים ביותר בהתקבעות המבט על המסך הימני בניסויים ללא הרכב, ואיטיים ביותר בניסויי האופנוע ( $F(2,142) = 53, MSE = 2.2, P < 0.001$ ), ועם ניסויים ללא רכב איטיים יותר מאשר ניסויים עם רכב, ועם אופנוע איטיים יותר מאשר עם ניסויי רכב, ( $ps < 0.001$ ). כדי להבטיח שהמבט האיטי יותר במראה הימנית עבור סרטוני האופנוע, לעומת סרטונים עם רכב, לא נגרם על ידי הטיה שיטתית בקטעים שבהם מכוניות עשויות לנסוע מהר יותר מאופנועים, הושגו זמני החשיפה של מכוניות ואופנועים מתחילת הסרטון עד לנקודה הבטוחה.

לא הייתה שום עדות להעדפת רכב אחד על פני האחר [ $t(18) = 0.43, p = 0.67$ ].

## דין

מחקר זה הציג סרטונים שאפשרו למשתתפים לבדוק את האזורים של הסצנה הוויזואלית שבהם מופיעה תנועה סותרת בתרחיש שינוי של מסלולים. התוצאות זיהו הבדלים בין קבוצות ותנאים, בנתוני תנועות העיניים, בקבלת החלטות לביצוע תמרון, ובמהירות של החלטות כאלה.

המחקר גילה שיעור גבוה יותר של תגובות זהירות כלפי אופנועים לעומת מכוניות. סביר להניח, כי התנהגות זו נבעה ממודעות המשתתפים לכך שהם לוקחים חלק בניסוי נהיגה, ויש להניח כי הם רוצים להציג את עצמם כנהגים בטוחים, להגיב יותר בזהירות למשתמשי הדרך הפגיעים יותר.

יתר על כן, תגובות זהירות יותר לאופנועים משקפות אולי את הסבירות הלא מציאותית של הופעת האופנועים בניסוי, בהשוואה למצבי תנועה אמיתיים.

ברגע שהרכב העוקף עבר, ניסיון הנהיגה השפיע על המהירות שבה הנהגים לחצו לשינוי נתיבים, ונהגים כפולים הגיבו מהר יותר מהנהגים המנוסים. אפשר לטעון כי נהגים כפולים שומרים על פחות מרחק מהרכב שמלפנים, וכי התנהגות זו נגרמה על ידי הוראותיו של הניסוי (לחץ על הלחצן בהקדם האפשרי, כאשר זה בטוח לעשות זאת), ועל ידי תנאיו (המשתתפים נדרשו להקיש על הלחצן לפני שהסרטונים הופסקו – מיד לאחר הנקודה הבטוחה).

ממצא זה גם טוען נגד ההנחה כי מה שמתפרש כמאפייני תגובה זהירים יותר בקרב נהגים כפולים, למעשה משקף האטה בזמני תגובות הקשורה בגיל.

יש לציין, כי אף על פי שאנו מניחים שיש יתרון בהשתייכות לקבוצת הנהגים הכפולה הנובע מניסיון רכיבה על האופנוע, לנהגים אלה יש גם ניסיון רב בנהיגה על מכונית.

יחד עם זאת, אם הניסיון בנהיגה ברכב היה התורם העיקרי להתנהגות המעולה של הנהגים הכפולים, ניתן היה לצפות לשיפור בשלוש הקבוצות. לא הייתה שום אינדיקציה כזו של שיפור ליניארי בניסיון הנהיגה.

למעשה, הנתונים מסרטוני צומת T הראו, כי לא רק שהנהגים הכפולים היו רגישים יותר לנוכחות של אופנוע עוקף, אלא גם שהנהגים המנוסים היו פחות רגישים (אפילו בהשוואה לנהגים מתחילים), הדבר מצביע על כך שניסיון רב בנהיגה עלול, ברוב המקרים, להביא לירידה בציפייה לאופנועים, ודבר זה אף טוען כנגד הטיות גיל שיטתיות.

עם זאת, בהתבסס על הבדלי הגיל בין הנהגים הכפולים לנהגים המנוסים במחקר הזה, בעתיד חייבים לבדוק טוב יותר את ההבחנה בין התרומה שיש לניסיון הרכיבה על אופנוע לבין ניסיון הנהיגה ברכב בתרחישים של אופנועים עוקפים.



בסופו של דבר, על אף שלא ניתן לשלול את האפשרות שתהליך התגובות הזהיר כלפי האופנועים נבע מהעניין האישי שיש לנהגים אלו, הרי שגם הזהירות המוגברת של נהגים כפולים, אשר התבטאה בהצעה בתדירות גבוהה במראה הימנית ובסרטוני צומת T בהיעדר אופנועים עוקפים, טוענת שגורם זה אינו דומיננטי מספיק.

המבט הראשון על המראה הימנית התעכב כאשר הרכב העוקף היה זמין במראות, מה שמרמז שהעיכוב במבט במראה היה מבוסס על מידע היקפי. זיהוי של צורות זיהוי של תנועה במראות (כאשר יש נוכחות של רכב עוקף) באמצעות ראייה היקפית, אולי היה מעודד את הנהגים להתמקד יותר במראה מלפנים לפני שביטו בשאר המראות.

בהשוואה לנהגים מנוסים, נהגים כפולים נטו לראות מאוחר יותר ב-RVM, אבל קודם ב-RSM, ובכל זאת נהגים כפולים היו בעלי מבטים ראשונים ארוכים יותר בממצע ב-RVM בסרטוני האופנוע. לפיכך, נהגים מנוסים אולי הביטו ראשונים ב-RVM, אך ככל הנראה החזירו את מבטם קדימה בתדירות גבוהה יותר מאשר הנהגים הכפולים.

נהגים מנוסים השתמשו פחות במראות. בהשוואה לנהגים הכפולים, שהביטו לעתים קרובות וממושכות במראה, הנהגים המנוסים העבירו את מבטם בתדירות גבוהה יותר בין התחומים.

מבטים ארוכים יותר על אופנועים מאשר על מכוניות היו בקבוצת הנהגים הכפולים, והם משקפים את תהליך עיבוד הנתונים של נהגים אלה.

לסיכום, ניסיון הנהיגה והרכיבה משפיע על האופן שבו הנהג מטפל במידע ויזואלי מאחורי הרכב, באופן כללי, ועל הדרך שבה הם מתמודדים עם אופנועים עוקפים, בפרט.

באופן ספציפי, העובדה שבמחקר זה מי שאינו אופנוען לא השקיע משאבים בעיבוד נתוני אופנועים עוקפים לעומת מכוניות, כאשר נהגים כפולים עשו זאת, מספקת תמיכה עקיפה לכך, שנהגים שאינם אופנוענים נוטים יותר לבצע שגיאות של LBFTS (הסתכלתי אבל לא ראיתי) בסיטואציה של אופנועים עוקפים, לעומת נהגים כפולים.

גם ניתן להבין מכך, שרק בקרב נהגים שאינם אופנוענים (אבל לא לנהגים כפולים) סביר יותר כי שגיאות LBFTS יתרחשו עם אופנועים מאשר עם מכוניות.

נהגים כפולים מפצים על הירידה בבולטות על ידי השקעת יותר זמן בעיבוד נתוני משתמשי הדרך הבולטים פחות.

הביצועים המעולים של קבוצת הנהגים הכפולים במחקר זה נתמכים על ידי העובדה כי (א) שיעור גבוה יותר של תגובות זהירות התקבלו עבור אופנועים לעומת מכוניות, (ב) אופנועים גם קיבלו יותר תשומת לב ממכוניות (כפי שמצוין לפי נתוני העין), ו-(ג) הסכום הכולל של תשומת הלב שהוקדשה לאופנועים על ידי המשתתפים היה בעיקר כתוצאה מהביצועים של הנהגים הכפולים.

לבסוף, מחקר זה מספק ראיה ישירה (ההתאמות החיוביות המשמעותיות שנמצאו בין אחוזי תמרונים בטוחים לאמצעים של חיפוש ויזואלי) המדגימה כי התדירות של תמרונים מסוכנים אכן הייתה גדולה יותר במקרים שבהם התבוננו פחות במראות.

אמנם, הוקדשה תשומת לב נוספת לעיבוד כלי רכב עוקפים התורמת להפחתת התמרונים המסוכנים, אך יש צורך במחקר עתידי נוסף כדי לזהות אם מבטים קשורים עם עלייה בשגיאות של LBFTS.



## Why do car drivers fail to give way to motorcycles at t-junctions?

David Crundall, Elizabeth Crundall, David Clarke, Amit Shahar

Accident Research Unit, School of Psychology, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, United Kingdom

Accident Analysis & Prevention 44 (2012) 88–96

## מדוע נהגי המכוניות אינם מצליחים לתת זכות קדימה לאופנועים בצומתי T?

### 1. מבוא

מכל משתמשי הדרך בבריטניה, רוכבי האופנוע הם תת-הקבוצה המיוצגת ביותר מבחינה סטטיסטית בתאונות הדרכים. למרות שהם מהווים רק 1% מהנסועה הממוצעת השנתית בבריטניה הם כמעט 21% מהרוגים. מחקר אחרון על התנגשויות אופנוע זיהה שלוש סיבות עיקריות לכך.

הסיבה הנפוצה ביותר: רכב אחר נדחף לתוך נתיב האופנוע בעת יציאה מכביש צדדי אל הכביש המהיר הראשי, ולא נותן זכות קדימה לאופנוע. למרות שלא קיים מתן זכות קדימה חוקי באנגליה, תאונות אלה נקראות לרוב הפרות של זכות קדימה (ROWV).

הפרות זכות קדימה מדווחות גם בארה"ב וגם באוסטרליה כגורם העיקרי לתאונות עם אופנועים. בראון (2002) ציין כי תאונות כאלה נקראות גם לעיתים קרובות "טעויות מסוג רואה אך לא מסתכל".

נהגי רכב מדווחים, בדרך כלל, על נקיטת זהירות, מתן תשומת לב ראויה וביצוע של כל הבדיקות החזותיות הדרושות, אך עדיין לא מצליחים לראות את משתמש הדרך.

למרות שטעויות LBFTS יכולות להתרחש גם עם משתמשי הדרך האחרים, לרבות רוכבי אופניים או מכוניות משטרה, לרוב דנים בהן בתאונות עם אופנועים. עם זאת, השכיחות הגבוהה של LBFTS בתאונות אלה עשויה להיות דיווח עצמי מוטעה.

אפשר לדמיין את הסיבות החלופיות: כישלון של הנהג להסתכל בכיוון המתאים, או שנהג הרכב יכול לראות ולחזות את האופנוע המתקרב, אך עלול להיכשל בשיפוט רמת הסיכון שמציג האופנוע.

הטענה כי ההתנגשות נבעה משגיאת LBFTS עלולה למתן את האשמה, אם התאונה אירעה למרות מיטב המאמצים של נהג המכונית, ולא עקב רשלנות.

Crundall (2008) סיפק מסגרת לפרשנות של התנגשויות מכוניות באופנוע בצומת T, שהתמקדה בשלושה גורמים אפשריים אלה.

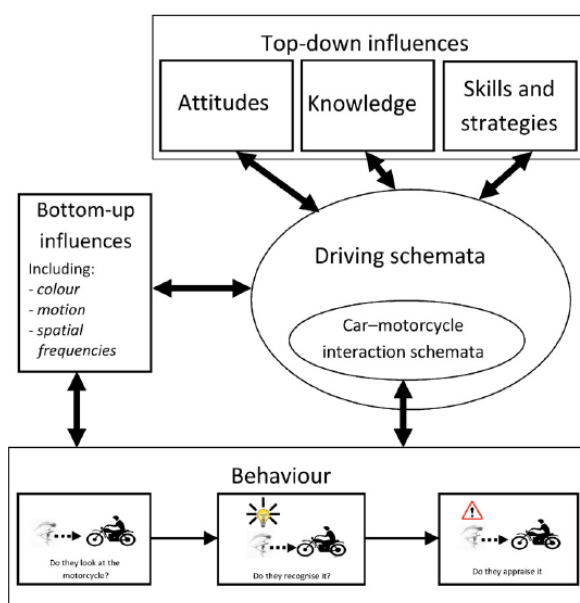
לדעת החוקרים במחקר זה, מחקרים עתידיים צריכים לשאוף לזהות היכן מתפרק החיבור של ההתנהגות, בהתבסס על שלוש שאלות:

- האם הנהג מסתכל על האופנוע המתקרב?
- האם הנהג תופש את האופנוע המתקרב?



• האם הנהג מעריך נכונה את האופנוע המתקרב?  
ישנן מספר סיבות אפשריות לכך שאחת משלוש התנהגויות אלה עלולה להיכשל ולהביא להתנגשות עם אופנוע.

גורמים כגון תדירות מרחבית גבוהה יותר של אופנועים, שינוי קטן ברשתית כתוצאה מתנועת ראש, גוונים מנוגדים וגם ערפול/טשטוש של עמודי המסגרת.



**איור 1.** מסגרת לפרשנות התנגשויות מכונית-אופנוע; שרשרת של התנהגויות המושפעות מגורמים מלמעלה למטה, ומלמטה למעלה)

החוקרים במחקר זה שמו להם למטרה להרחיב את המתודולוגיות של Crundall (2008), Labbett ו-Langham (2006), וזאת כדי להעריך את הכישורים החזותיים של נהגי מכוניות באיתור ובהערכת הקונפליקטים עם אופנועים בצומת T.

הם פיתחו מבחן וידאו בעל מסכים רבים, המספק למשתתפים נקודת ראות רחבה, כך שהמשתתפים יכולים לסובב את ראשיהם לשמאל ולימין כדי לחפש קונפליקטים בצומת T. נבדקו נהגים חדשים, נהגים מנוסים, וגם קבוצה של נהגים כפולים (עם ניסיון רב גם במכונית וגם באופנוע).

החוקרים רצו בעיקר לדעת, כאשר הנהגים מתמקדים לראשונה בחיכוך של כלי הרכב המגיעים לצומת T (כאשר הם מסתכלים), כמה זמן הם חיפשו (מדד לשאלה אם הם תופשים/צופים) ומתי הם לוחצים על כפתור כדי לשלוף מהצומת.



## 2. שיטה

### 2.1. משתתפים

הנתונים נאספו מ-74 משתתפים:

25 נהגי מכוניות טירונים (גיל ממוצע = 20.6, SD = 2.2; טווח = 18-27; ממוצע שנות ותק = 1.6, SD = 0.6)

25 נהגי מכוניות מנוסים (גיל ממוצע = 33.4, SD = 8.5; טווח = 24-58; ממוצע שנות ותק = 14.8, SD = 7.9)

24 נהגים בעלי רישיון כפול (בגיל ממוצע של 44.9, SD = 9.6; הטווח = 27-62; ממוצע שנות ותק על מכונית = 25.7, SD = 11.3; ממוצע שנות ותק על אופנוע = 20.0, SD = 11.0).

כל המשתתפים קיבלו 10 ליש"ט קצבת אי נוחות.

### 2.2. תוכנית

המחקר כלל 3 קבוצות של נהגים (טירונים, נהגים מנוסים, ונהגים כפולים שנהגו גם במכונית וגם באופנוע), ושני סוגים של תרחישי חיכוך: 10 תרחישים עם חיכוכים/התנגשויות עם אופנועים ו-10 עם מכוניות מתנגשות (שהופיעו מהימין לשמאל בתדירות שווה).

10 קליפים נוספים כללו תרחישים ללא חיכוך בצומת. הם נכללו בעיקר כדי לאשר כי המשתתפים לא תמיד מצפים לפגוש חיכוכים עם כלי רכב. הם גם היו נושא לניתוח של קבוצות המשתתפים שבהן התוצאות נחשבו כפוטנציאל למידע.

קטעים אלה הציגו את הגישה לצומת T (שיכולה להימשך עד 30 שניות של נהיגה) לפני שהמכונית שבסרט עצרה בצומת.

באחת מתת-הקבוצות המנותחות נכלל גורם שלישי. הגורם הזה חתך את הסרטונים למספר קטעים זמניים כדי לאפשר בדיקה של תנועות העיניים, ולשרטט את פרק הזמן של התרחיש.

בנוסף ל-30 קליפים אלה, 42 קליפים נוספים (שאינם מנותחים במאמר הנוכחי) היו מפוזרים באופן אקראי ונדרשה להם תגובה שונה; החלטת שינוי נתיב או תגובת תפיסת סיכון.

המשתתפים לא יכלו לחזות מתי סכנה עלולה להופיע, ועל כן נאלצו לעמוד על המשמר, אפילו במהלך תרחישי צומת T.

השתקפות זמני התגובה נרשמה, כאשר המשתתפים חשבו שזה בטוח לשלוף, יחד עם תנועות עיניהם.

### 2.3. הליך

הודיעו למשתתפים כי הם יראו סדרות קצרות של קטעי וידאו מנקודת מבט של נהג, וגם קיבלו סדרה של סרטוני תרגול לקראת המחקר העיקרי. המשימה העיקרית הייתה לאשר תמרון מסוים מהר ככל האפשר ברגע שבו הם סבורים שהוא בטוח לביצוע, על ידי לחיצה על כפתור. התמרון המסוים לביצוע הוכרז באמצעות קובץ שמע אשר צורף לכל תרחיש, באופן מיידי לפני תחילת כל סרטון.

בכל הסרטונים של צומת T, הכיל קובץ הווידאו את ההוראה "קדימה בצומת T, לחץ על הכפתור לפנייה ימינה" (ההוראה תמיד הייתה לפנות ימינה), וזאת כדי להבטיח שבכל קליפ המכונית המצולמת יכולה להתקרב אל הצומת בניצב/במאונך, ומתאפשרים מרחקי צפייה שווים לשמאל ולימין. נאמר להם גם



ללחוץ על דוושת הרגל בכל פעם שבה ראו סכנה. אמנם לא התרחשו באמת סכנות בסרטונים, אך המשתתפים לא ידעו זאת, ולכן עמדו על המשמר לכל אורך הניסוי. כל סרטון הופיע עד אשר המשתתף לחץ על הכפתור לאישור התמרון, או כאשר המכונית המצלמת החלה בתמרון עצמו. מחקר פיילוט אישר כי ניתן מספיק זמן כדי להגיב לפני סיום כל קטע.

### 3. תוצאות

#### 3.1 מדדי התנהגות

לפני ניתוח התוצאות, ארבעה מומחים לנהיגה, שאינם קשורים למחקר, דירגו את הסרטונים וזיהו 5 תרחישים (3 סרטונים עם מכונית ו-2 עם אופנוע) שבהם המשתתפים עלולים לשלוף מהצומת לא במצב של חיכוך עם כלי רכב.

זמני גישה לכלי רכב מתנגשים הוצאו מניתוח התוצאות, כדי להבטיח כי כל התגובות שנרשמו לפני הנקודה הבטוחה (הנקודה שבה חלקו האחורי של הרכב המתנגש מגיע למרכז התצוגה ומצביע על כך שהוא עבר את הצומת) נחשבות למסוכנות.

יתר על כן, כל זמני התגובה שהיוו 3 סטיות תקן בממוצע לכל קליפ הוסרו, כדי להבטיח שלא יהיו תגובות מוקדמות שנחשבות בטוחות על ידי המשתתפים.

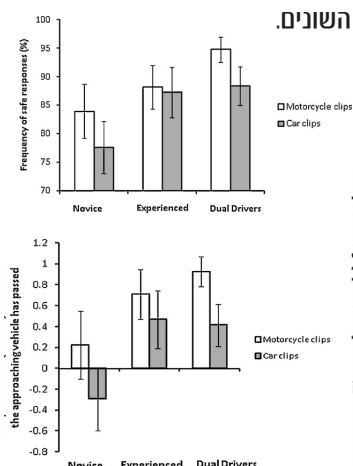
הניתוח הראשון השווה את אחוז הקונפליקטים בין אופנועים למכונית, על סמך תגובות שהמשתתפים הגיבו בצורה בטוחה (אחרי שהרכב הגיע לנקודה הבטוחה) לכל אחת מ-3 קבוצות הנהגים.

נהג אחד בעל רישיון כפול הוצא מהניתוח בשל נתונים חסרים.

סרטונים על אופנועים קיבלו אחוז גבוה יותר של תגובות בטוחות מאשר סרטונים על כלי רכב (89% לעומת 84%;  $F(1,70) = 7.2, MSE = 106, p < 0.01$ ).

הניגודים חשפו כי גם נהגים כפולים היו בעלי תגובות בטוחות יותר כלפי אופנועים מאשר היו נהגים חדשים ( $p < 0.05$ ). ניתן לראות את שתי התופעות באיור 2.

הנהגים המנוסים לא הראו רגישות רבה לחיכוך בין שני כלי הרכב השונים.



**איור 2.** האחוז הממוצע של תגובות בטוחות (פאנל עליון) והתגובה הממוצעת (פאנל תחתון) שנעשתה על ידי טירון, נהגים מנוסים וכפולים (הפס מייצג סטיות תקן).





זמני התגובה (RTS) היו גם נתונים ל-ANOVA 2X3. סרטוני אופנועים קיבלו תגובות זהירות יותר מסרטוני מכוניות (ms vs. 197 ms  $F(1,70) = 15.5$ ,  $MSe = 0.42$ ,  $p < 0.001$  | 621).

עם זמני תגובה חיוביים המשקפים את התגובה שהתקבלה לאחר שהרכב המתחנך הגיע לנקודה הבטוחה. הדבר מצביע על כך שכל הנהגים נוהגים לתת לאופנועים מרווח ביטחון גדול יותר מאשר למכוניות.

לכן, נהגים בעלי רישיון כפול נותנים תגובות זהירות יותר וזמני תגובה ארוכים יותר מאשר נהגים חדשים. ראה איור 2 (פאנל תחתון), שבו זמני התגובה המהירים יותר של נהגים חדשים משקפים מספר גדול יותר של תגובות מסוכנות שנעשו לפני הנקודה הבטוחה.

מרווח הביטחון הגדול ביותר נעשה על ידי נהגים כפולים שהתמודדו מול אופנועים, וזה משמש כעדות נוספת לכך שנהגים כפולים מגיבים בצורה בטיחותית יותר לרוכבי אופנוע על הכביש מאשר נהגים אחרים.

### 3.2 מבטים על כלי רכב מתנגשים

כדי לוודא מדידה ישירה יותר אם נהג מבחין באופנוע מתקרב, נבחן בקפידה את פעולות העיניים בכל תמונה בודדת של הסרט.

סרטונים אלה הכילו סמן המייצג לאן כל משתתף מסתכל. הקטעים שלא נחשבו מסוכנים על ידי המדרגים הוסרו מניתוח זה (ניתוח RT), יחד עם 4 משתתפים בשל נתונים חסרים.

בקידוד קליפיים של צומת T החוקרים דאגו בהקלטה בעיקר לגבי מתי ולכמה זמן הסתכלו המשתתפים בכיוון כלי הרכב.

הניתוח הראשון השווה את האחוז של הניסויים שבהם הנהגים לא הסתכלו על המכוניות והאופנועים המתקרבים.  $2 \times 3$  ANOVA a.

לעובדה שנהגים מתחילים החזיקו בשיעור הגדול ביותר של כישלונות בהתמקדות על כלי רכב מתקרבים (9.3%), בהשוואה לנהג מנוסה ונהג כפול (5.6% ו-4.9%, בהתאמה). הייתה משמעות סטטיסטית  $[F(2,67) = 1.3]$ .

מהתוצאות מסתמן כי כל הנהגים התמקדו בכלי הרכב המתקרבים באופן שוויוני וללא קשר לשאלה אם היה זה אופנוע או מכונית.

הניתוח הבא השווה את הזמן שנדרש לנהגים להביט לראשונה על המכונית או האופנוע המתקרבים. מדד זה חושב מהנקודה הבטוחה לכל כלי רכב (ניתוח RT).

ANOVA 2X3 (מכונית X קבוצת נהגים) חשף לא יותר מאשר את ההשפעה העיקרית של סוג הרכב  $(F(1,67) = 888, MSE = 0.09, P < 0.001)$ , והצביע על כך שכל הנהגים הביטו קודם על המכוניות (4.35 לעומת 2.86 לפני שהרכב המתנגש הגיע לנקודה הבטוחה).

הוקלטו ונותחו מספר מדדים של משך המבט, המתפרש בדרך כלל כסכום הזמן המוקדש לעיבוד הגירוי. מבטים ארוכים משקפים קושי בעיבוד, בעוד שמבטים קצרים משקפים תהליך עיבוד קל.

לדעת החוקרים, אופנועים קשים יותר בתהליך העיבוד מאשר מכוניות, שכן הם פחות בולטים, יותר מורכבים מבחינה חזותית, ויותר בלתי צפויים בשל יכולת התמרון והתאוצה שלהם.



לכן, משך מבט קצר יחסית על אופנועים (בהשוואה על פני קבוצות הנהגים) מספק את ההזדמנות הטובה ביותר לזהות מצב של "הסתכלתי אך לא ראיתי". אמצעי המבט שהוקלטו כללו את משך המבט הראשון (FGD; מידה של קושי בעיבוד ראשוני) ומשך המבט הממוצע (משך מבט כולל/ מספר המבטים; אינדיקציה כוללנית לקושי בעיבוד).

#### 4. דיון

הממצא המייד שיעלה מהניתוח היה הזהירות הרבה ביותר שנותנים לחיכוך עם אופנועים מאשר עם מכונות. גם אחוז התשובות הבטוחות וגם זמני התגובה משקפים מרווח ביטחון רב כלפי אופנועים. ניתן לייחס זאת, אולי, לכך שחלק מהמשתתפים מודעים לניסוי ורוצים להראות שהתנהגותם זהירה ומתחשבת, אך הדבר לא יהיה הוגן כלפי רוב המשתתפים שזוהי התנהגותם הרגילה.

למרות ייצוג היתר של רוכבי אופנוע בסטטיסטיקת התאונות, רוב נסיעות האופנועים, ללא כל ספק, לא יסתיימו בתאונות. נהגי מכונות לא רוצים להיות מעורבים בתאונות, וסביר להניח, כי הרוב המכריע של הנהגים יגיב בהתאם לאופנועים.

המצב המדאיג הוא המצב שבו תשומת הלב נחלשת, או שנעשה בו שיפוט מהיר מדי ופיזי אשר עלול לגרום לתאונה.

אין ספק, כי המשתתפים ינסו להקרין תדמית נהיגה בטוחה עבור הניסוי, אך קיימות שתי גישות לעקוף בעיה זו.

ראשית, ניתן להשוות תגובות בתוך הקבוצות, במקרה הנוכחי באמצעות נהגים בעלי רישיון כפול, שכן גם כאשר המשתתפים מנסים להקרין תמונה בטוחה, ההבדלים בין הקבוצות הם בלתי נמנעים ונראים לעין. שנית, באמצעות בדיקת מדדים עדינים יותר של התנהגות, כגון תנועות עיניים.

התוצאות המעניינות ביותר הגיעו מקידוד של התמונה הבודדת של מיקום העין: משך המבט הראשון (FGD) הוא אמצעי מייד של עיבוד ראשוני, ומדידת העין לא תהיה מושפעת בצורה משמעותית על ידי מאפייני הביקוש של הניסוי.

ה-FGD של הנהגים הכפולים תואם את השערת החוקרים כי רוכבי אופנוע ייתנו מבט למשך זמן ארוך יותר, משום שהם פחות בולטים ולוקח להם זמן רב יותר לעבד המידע.

ה-FGD של הנהגים המנוסים לגבי חיכוך עם מכונות עולים בקנה אחד עם אלו של נהגים הכפולים, אך מבטיהם הראשוניים כלפי אופנועים מתקרבים הם קצרים יותר. הדבר מצביע על כך שהנהגים המנוסים הנתקלים באופנוע רואים זאת כתהליך קל יותר, או אולי פחות מסוכן, מאשר חיכוך עם מכונות – או שאינם מבינים על מה הם מסתכלים.

אם המבט הראשון לא מזהה את האובייקט כאופנוע במהירות שבה הוא מזהה מכונות, לאחר מכן הקיבוע יסתיים מוקדם מדי והמבט ימשיך למקום חדש בצומת.

הנהגים המתחילים מראים גם הם רגישות לדרישות של אופנועים (כמו הנהגים הכפולים), או כישלון בלהכין שאופנוע מתקרב (כמו הנהגים המנוסים). מבטיהם הראשוניים נמוכים באותה מידה הן לגבי מכונות והן לגבי אופנועים.



בהשוואה לספרות הקודמת המועטה בנושא זה, התוצאות עולות בקנה אחד עם ההצעה של (Crundall et al. 2008), שלפיה כל הבעיות הפוטנציאליות בתאונות בצומת T בין מכוניות לאופנועים הן כמעט בוודאות כתוצאה מתפישה.

במחקר זה, רוב הנהגים הראו את הערכתם לסיכון הנשקף לאופנועים בעובדות שנרשמו בנייתוח של זמן התגובה (ובמידה פחותה, באחוז של תשובות בטוחות). למרות זאת, בדיקת תנועת העיניים מצאה הבדלים מרכזיים בין הקבוצות.

בהנחה שהנהגים הכפולים משקפים את ההתנהגות המתאימה ביותר, הדבר מצביע על כך שלשאר נהגי הקבוצות יש ליקויים בזמן החיפוש והעיבוד החזותי שלהם המוקדשים לחיכוך עם אופנועים.

החוקרים מצאו גם כי נהגים לא מנוסים עשויים להיות קשובים יותר לחיכוך עם אופנועים, מנהגים מנוסים יותר.

לסיכום, מחקר זה מספק ניסיון ראשוני להבין מדוע התנגשויות בצומת T מתרחשות בין מכוניות לאופנועים.

החוקרים חילקו את הבעיה לשלוש שאלות הקשורות להתנהגות בעת האירוע: "האם הם מסתכלים?", "ובהשוואה לנהגים כפולים, כל הנהגים האחרים אכן מסתכלים בהתאם. בכל הקבוצות החיפוש החזותי היה דומה עד שנצפה הרכב המתחכך, וגם הזמן שלקח להם להתקבע על האופנוע לא היה שונה.

השאלה שנייה, "האם הם תופשים את מה שהם רואים?", היא בעייתית.

משך המבט המצומצם של הנהגים המנוסים על אופנועים, מצביע על כך שלמרות שהם עלולים להתקבע על אופנוע מתקרב, הם לא קולטים על מה הם מסתכלים, ולכן הם עשויים להסיט את מבטם לפני עיבוד מלא של התמונה.

השאלה האחרונה, "האם הם יעריכו?", תלויה בהצלחה של השלבים הקודמים.

אין ספק כי במחקר הנוכחי רוב הנהגים העריכו כראוי ברוב הניסויים את האופנועים המתקרבים, אבל כפי שצוין לעיל, תגובה מפורשת זו היא פתוחה יותר למאפייני הביקוש של המחקר, מאשר תנועות העיניים המקושרות.

מחקר זה סיפק את העדות הראשונה על פי בסיס "עצב תנועת עיניים" של שגיאות "מסתכל אך אינו רואה" בסיטואציה של נהיגה דינמית.

ההבדלים העיקריים בין קבוצות הנהגים היו במבטיהם על הרכבים המתחככים, ולדעת החוקרים טעויות אלה בתפישת הנהג לגבי האופנוע המתקרב אכן עלולות להיות טעויות אמיתיות של קיבעון ללא תפישה, ולא של כישלון בקיבוע המבט או כישלון בהערכה.



## Evaluation of bike boxes at signalized intersections

Jennifer Dill, Christopher M. Monsere, Nathan McNeil

Nohad A. Toulon School of Urban Studies and Planning, Portland State University,  
PO Box 751, Portland, OR 97201, United States  
Department of Civil & Environmental Engineering, Portland State University,  
PO Box 751, Portland, OR 97201, United States

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012)126-134

### הערכת הימצאות תיבות אופניים בצמתים מרומזרים

#### 1. מבוא

##### 1.1. רקע ומטרות

תיבות אופניים, הידועות מחוץ לארצות הברית גם כנתיבי עצירה מתקדמים או קווי עצירה מתקדמים (ASLs), נמצאות בשימוש במשך 20 שנה באזורים שונים של צפון אירופה. מטרתן היא להפחית חיכוכים בין כלי רכב לרוכבי אופניים, ולסייע לנהגים בזיהוי אזורי חיכוך פוטנציאליים.

תוצאה משנית נוספת ורצויה היא לעודד ולהגביר רכיבת אופניים על ידי שיפור תפיסת הבטיחות בצומת. על פי התכנון, תיבות אופניים מציבות את רוכבי האופניים בחזית הטור ברמזור אדום, מה שאמור להגדיל את הנראות שלהם.

חלק מהניסויים מיועדים לסייע לרוכבי האופניים לנוע נגד התנועה המתקרבת (כלומר לפנות שמאלה בארצות הברית, או לימין בבריטניה), אחרים נועדו להקל על רוכבי אופניים כאשר שביל אופניים עובר מצד אחד של הכביש לצדו השני.

היישום הנפוץ ביותר של תיבת אופניים הוא להציב את רוכבי האופניים בחזית של הרכב הפונה ימינה, כך שבאופן יזום נמנעת התנגשות בתחילת הרמזור הירוק שבו הרכב פונה ימינה וחותר רוכב אופניים, הרוכב בשביל לאופניים בצמוד לימין.

סידור תיבות אופניים יכול להיעשות במספר וריאציות. תיבות אופניים שעוצבו כדי לסייע לרוכבי אופניים לחצות תנועה או לנווט אופניים מצד אחד של הכביש לצד השני – סביר להניח כי יחצו את כל נתיבי התנועה. תיבות אופניים שתוכננו לסייע לרוכבי אופניים לחצות ישר את הצומת – סביר יותר שיהיו מוגבלות לרוחב נתיב אחד.

סימון תיבות האופניים בצבע (אסטרטגיה נפוצה) נועד להגביר את הניגוד ולהדגיש את נוכחותם של אופניים לנהגים, ובכך להפחית את החיכוכים המתרחשים מאוחר יותר בשלב של הרמזור הירוק. שיטה נפוצה בהולנד היא לספק בנפרד לרוכבי האופניים אות ספציפי הנותן להם יתרון התחלתי קצר. מכיוון שתיבת האופניים מציבה את הרוכבים בחזית התנועה של כלי הרכב, הם יכולים לעכב את הנהגים מלבצע פניות ימינה ברמזור אדום. מסיבה זו, תיבות האופניים לעתים משולבות עם הסימן "אין פנייה ימינה ברמזור אדום".



איור 1. תמונה של תיבת אופניים ירוקה בצומת מרומזר בפורטלנד, אורגון.

בכדי לטפל בחיכוכים בין אופניים לכלי רכב בצמתים בעת פנייה ימינה, הותקנו בעיר פורטלנד, אורגון 12 תיבות אופניים בצמתים מרומזרים בשנת 2008.

איור 1 מראה התקנה טיפוסית בפורטלנד, שהורכבה מקו עצירה מתקדם, טקסטורה ירוקה, סימון תרמופלסטי עם ציור של אופניים, קו הפרדה בצומת, ושילוט תקני הכולל "אין פנייה באדום".

בנוסף, המילים "חכו כאן" ("WAIT HERE") שורטטו בדיוק לפני קו העצירה לרכב ונוספו סימונים צבעוניים של נתיבי אופניים.

בשלושה צמתים לא נכלל הסימון בצבע ירוק. כל הצמתים היו במרכז העיר או ברחוב מרכזי שהוביל לתוך המרכז ומחוצה לו. לפני יישום תיבות האופניים, ארגנה העיר פורטלנד קמפיין חינוך ציבורי, שכלל פוסטרים, שלטי חוצות ופליירים. לשכת משטרת פורטלנד ביצעה תעמולה קצרה בנושא אכיפה וחוק.

מחקר זה של לפני-אחרי מציג ממצאים מ-10 תיבות אופניים בצמתים שבהם בוצע טיפול ובשני צומתי ביקורת.

מחקר זה עונה על שלוש שאלות מחקר עיקריות:

- (1) האם משתמשים (נהגים ורוכבי אופניים) מבינים את סימוני תיבות האופניים ומתנהגים כפי שהתכוונו?
- (2) האם תיבות האופניים משפרות את הבטיחות?
- (3) האם תיבות אופניים צבועות משפיעות על ההתנהגות?

## 2. מתודולוגיה

### 2.1 מעקב וידאו

וידאו של לפני ואחרי היה זמין עבור 10 תיבות אופניים (7 צבועות בירוק, 3 לא צבועות) ו-2 מיקומי ביקורת. סרטון הווידאו של "לפני" נאסף בין ינואר למרץ 2008, סרטון הווידאו של "אחרי" נאסף בין אפריל ליוני 2009.



דפוסי מזג אוויר הממוצעים היו שונים בין תקופות הזמן, עם טמפרטורות נמוכות ומשקעים בתקופה של "לפני".

בחודשי החורף של תנאי ה"לפני" הצפי היה לרוכבים מעטים ומנוסים (מיקומי הבקרה הביאו בחשבון הבדלים אלו).

בגלל הזמן הקצר שעבר בין ההחלטה להתקין את התיבות להתקנה, שהחלה באפריל 2008, לא היה ניתן לאסוף נתונים במהלך של "לפני" בתנאי תאורה ומזג אוויר טובים יותר. בכל מיקום זמן תקופה (לפני ואחרי), נאספו נתונים מתקופה של 2 שעות שיא ושעה אחת מחוץ לשיא, סה"כ 6 שעות.

כמות זו של נתונים הייתה בטווח ששימש לששת המחקרים שתוארו לעיל.

נפח כלי הרכב בנתיב הימני בצומת במשך 3 שעות נע בין 1,400-1,655, והנפח של רוכבי האופניים במשך 3 שעות נע בין 13-640.

סיכום נתונים אלה מוצג בטבלה מס' 1.

נתונים נאספו על כלי רכב ורוכבי אופניים שהסיגו גבול במעבר החצייה, על הסגת גבול של רכב לתוך תיבת האופניים ומסלול אופניים, ועל המיקום של רוכבי אופניים שנעצרו בתיבת האופניים.

נהגי רכב שהסיגו גבול במעבר החצייה ותיבת אופניים קודדו כמינורי (עד 25% מאורך הרכב מעבר לקו), בינוני (עד 50% מאורך הרכב מעבר לקו), וגדול (major) (מעל 50% מאורך הרכב מעבר לקו).

הסגת גבול לרוכבי אופניים במעבר החצייה הוגדרה כאשר כל חלק של האופניים נעצר במעבר החצייה המסומן. הסגת גבול של רכב בשביל האופניים במצב של "לפני" נבדקה בשלוש נקודות: לפני הצומת, תוך פנייה ימינה, ועצירה ברמזור.

בסיטואציה של "אחרי", אנחנו מקודדים אם הרכב נגס בנתיב "וירטואלי" של אופניים בתוך תיבת האופניים – השטח שבו מסלול האופניים היה מפוספס לפני התקנת תיבת האופניים.

כדי להבין טוב יותר את התיאור של מדד הסגת גבול זו, ראה איור 3.

בלי תיבת האופניים, הפס של מסלול האופניים יתארך עד קו החצייה (קצה שמאלי של מלבן ב').

כדי להבין כיצד רוכבי האופניים השתמשו בתיבה, קודד המיקום שבו עצר כל רוכב אופניים לשלושה מיקומים כלליים, המוצגים באיור 3.

החוקרים ציינו את נוכחותם של האופניים בשטח B, ולכן ההחלטה לעצור בתיבה (אזור A) או לפני התיבה (אזור C) יכולה להיות או על ידי העדפה או על ידי נפח.

בכל המיקומים, למעט שניים (SW Broadway and Hoyt and SW Broadway and SW 6th Ave), שביל האופניים נמשך במורד תיבת האופניים.

פניות שמאלה אינן חוקיות (או מעשיות) מכל תיבה. לכן, הבחירה של רוכב אופניים לשימוש בתיבה היא של העדפה.

נעשה כימות של השינוי בביצועי בטיחות על ידי שני אמצעים תחליפיים: (1) שינוי במפגשים (קונפליקטים) לפני-אחרי של אופניים-כלי רכב; (2) שינוי בהתנהגות של מתן זכות קדימה.



Intersection name	Approach with bike box	Total cyclists		Cyclists arriving on red		Total vehicles in right lane		Vehicles turning right		Vehicles arriving on red	
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
<b>Color</b>											
NW Everett & 16th	2 lane, one-way	58	125	7	19	1447	1307	909	959	149	144
SE 11th & Hawthorne	3 lane, one-way	369	511	142	184	1150	1034	231	206	148	132
SE 7th & Hawthorne	3 lane, one-way	296	640	29	71	873	790	114	125	148	116
SW 3rd & Madison	2 lane, one-way	314	611	84	167	744	918	101	117	171	163
SW Broadway & 6th Ave 2,3	4 lane, two-way	34	58	20	36	140	146	3	5	60	77
SW Broadway & Taylor	3 lane, one-way	170	216	19	13	774	864	516	566	148	148
W Burnside & 14th Ave 4	3 lane, one-way	42	59	27	33	644	671	-	181	153	136
	Subtotal	1283	2220	328	523	5772	5720	1874	2159	977	916
<b>No Color</b>											
NW Broadway & Hoyt 2	2 lane, two-way	155	607	55	114	778	1085	204	243	122	149
SW Terw. & Taylors Py NB	2 lane, two-way	13	11	8	4	1193	1655	110	134	142	103
SW Terw. & Taylors Py, S8	2 lane, two-way	20	16	3	10	363	365	177	175	93	83
	Subtotal	188	634	66	128	2334	3135	491	552	357	335
<b>Control</b>											
NE 16th & Weidler	2 lane, one-way	82	55	11	9	1875	1878	134	145	134	108
NE 7th & Weidler	3 lane, one-way	92	69	9	13	1904	1929	227	218	136	131
	Subtotal	174	124	20	22	3779	3807	361	363	270	239

Notes: (1) Does not include data from 56 h of additional video reviewed for conflicts. (2) No bicycle lane downstream. (3) No right turns allowed. (4) Camera angle prevented confirming right-turn movement in before condition.

## טבלה 1: סיכום נתוני תצפיות הווידאו.



## איור 2. מקרא למיקום עצירת רוכב אופניים בתיבה.

נעשה שימוש באמצעים תחליפיים (במקום דיווח על נתוני התנגשות) כי, באופן כללי, התנגשויות כלי רכב-אופניים הן תופעה נדירה, שצריך לבדוק אותה לאורך תקופות זמן ארוכות ויש צורך במספר גדול של אתרי ניסוי לשם ניתוח משמעותי.

בעת הגשת מאמר זה, לא אירעו התנגשויות בפועל ידועות במקומות שנבדקו. כדי להבטיח חזרות, כל שלושת המחברים סקרו את כל האינטראקציות שזוהו בין רכב לאופניים, כדי לקבוע אם התרחש מפגש (קונפליקט).

מפגש הוגדר כסדרה של אירועים אשר עלולים להוביל להתנגשות.

על סמך מחקרים מוקדמים יותר, הקונפליקטים זווה וסווגו בהתבסס על observed precautionary braking שינוי זהירות כיוון, חירום בלימה, שינוי חירום כיוון, ו / או עצירה מלאה, על ידי נהג או רוכב אופניים.



### 3. תוצאות

#### 3.1. האם משתמשי הדרך מבינים את סימוני תיבת האופניים ומתנהגים בהתאם?

שני הסקרים שנערכו נועדו לאמוד במספר דרכים אם המשיבים הבינו את תיבות האופניים. לנהגים הוצגו לראשונה שתי תמונות של תיבות אופניים (עם וכלי סימונים ירוקים), והם נשאלו אם אי פעם עברו בצומת שיש בו סימון כזה; 86% ציינו כי הם עשו זאת. לאחר מכן הם נשאלו שאלה פתוחה: "מה לדעתך המטרה של סימון זה?"; 84% ענו תשובות התואמות לרעיון של תיבות האופניים, כגון הגדלת נראות של רוכבי אופניים, הגברת בטיחות, לתת לאופניים את הזכות לצאת ראשונים מהצומת, מזעור התנגשויות בפנייה ימינה וכו'.

התשובות של 16% מהמשיבים הנותרים התחלקו ל: 8% רק תייגו את הסימון (לדוגמה, תיבת אופניים או נתיב אופניים) מבלי לציין את המטרה, 6% לא ענו ו-2% נתנו תשובה שלא עלתה בקנה אחד עם המטרה, כגון שיפור זרימת התנועה או שטח לפניית אופניים.

הסדרה הבאה של שאלות כללה ייצוגים גרפיים שהציגו שתי גישות (אפשרויות) להתנהגות בעת התקרבות לצומת עם תיבת אופניים (גם ללא תיוג) כאשר האור אדום – לעצור מאחורי התיבה או בתוכה.

הזוג הראשון של הדיאגרמות לא כלל אופניים, ו-94% מהמשיבים בחרו את התגובה הנכונה - עצירה מאחורי התיבה.

Intersection type	Motor vehicles encroaching		Motor vehicles arriving on red signal		Sample proportion		p-Value	Dir. change
	Crosswalk	Bike box	Crosswalk	Bike box	Crosswalk	Bike box		
Color	244	259	977	916	0.250	0.283	0.068	
No color	66	76	357	335	0.185	0.227	0.134	
All	310	335	1334	1251	0.232	0.268	0.020	+

#### טבלה 2. הסגת גבול של כלי רכב במעבר חצייה (לפני ותיבת אופניים (אחרי).

הזוג השני של דיאגרמות כלל אופניים שמוקמו בתוך התיבה, אבל בצד הימני הרחוק (אזור B באיור 3), ולא ישירות מול מקום עצירת הרכב. בתרחיש זה, 89% מהנשאלים בחרו בתשובה הנכונה, אך באופן משמעותי השיעור היה נמוך יותר מאשר בתרחיש הראשון ( $p < 0.05$ ).

כאשר רוכבי אופניים התבקשו לענות על שאלה פתוחה לגבי המטרה של תיבת האופניים, כמעט כולם (97%) הגיבו בתשובה הקרובה למטרה, מתוכם 52% שצינו במיוחד את ההפחתה בתאונות בפנייה לימין.

נתוני מעקב הווידאו הראו שיעורי תאימות טובים עם מכשירי בקרת התנועה החדשים. מכיוון שלא הייתה תיבת אופניים בתנאי השטח במצב הקודם, החוקרים השוו את הסגת הרכב במעבר החצייה להסגת הגבול בתיבת אופניים.

ההנחה שלנו הייתה שהתנהגויות אלו הן בנות השוואה, ונובעות מכך שהנהג נדרש לעצור לפני הקו בשני העיצובים.

הספירה המנרמלת הייתה מספר כלי רכב המגיעים באדום.





תוצאות ניתוח זה מוצגות בטבלה 2. סה"כ, 73.2% מכלי הרכב שעצרו לא הסיגו את הגבול בתיבת האופניים, אך שיעור זה נמוך, באופן משמעותי, בהשוואה לעצירת נהגים במעבר חצייה לפני ההתקנה (לתוצאה זו ניתן היה לצפות.  $p = 0.02, 76.8\%$ ).

תיבת האופניים דורשת מהנהגים לעצור במרחק רב מהצומת, וסביר להניח שיהיו הסגות גבול. מאחר שהנהגים מכירים היטב את הציפיות של העצירה במעבר החצייה, הדמיון של ההתנהגות הוא אינדיקציה לכך שהנהגים מבינים את בקרת התנועה.

נתוני הווידיאו חשפו כי הרוב המכריע של רוכבי האופניים הבינו כי הם צריכים לעצור לפני תנועת כלי הרכב. מתוך 628 רוכבי אופניים שנצפו עוצרים בתיבת האופניים, 73% עצרו בתוכה, לפני קו עצירת הרכב (אזורי A או B באזור 3), אם כי רק 9% עצרו באזור A, ממש מול נתיב הרכב.

שיעור העצירה באזור A היה גבוה יותר אם כבר היו אופניים בשטח B (38%, לעומת 5% בלי).

שימוש בכל אזור תיבת האופניים (כלומר אזור A) היה בנפח גבוה יותר ובשני המקומות שבהם נתיב האופניים מסתיים במורד של תיבת האופניים.

### 3.2. האם תיבות האופניים משפרות את הבטיחות?

המדד הראשון של הערכת בטיחות היה הסגת גבול של רכב ואופניים במעברי חצייה להולכי רגל. עבור כל רוכב אופניים ונהג שהגיע בשלב של רמזור אדום, צוין אם הרכב עצר ונכנס למעבר החצייה (שהוגדר על ידי סימון מדרכה). המספור הרגיל היה מספר הרוכבים או הנהגים המגיעים ברמזור אדום. סיכום התוצאות בטבלה 3.

נתוני הווידיאו הראו בצורה משמעותית ירידה בכניסה של רוכבי אופניים ונהגי כלי רכב במעבר החצייה, בהשוואה לצומתי ביקורת.

לאחר ההתקנה של תיבות האופניים, היחס של רוכבי אופניים שנכנסו למעבר החצייה לעומת רוכבי אופניים שהגיעו באדום היה סטטיסטית נמוך יותר עבור שניהם גם בתיבה הצבועה (לפני = 40.9%, אחרי = 24.9%,  $p = 0.000$ ), וגם בתיבה הלא צבועה (לפני = 22.7%, אחרי = 12.5%,  $p = 0.046$ ).

לא היה שינוי משמעותי מבחינה סטטיסטית בתיבות הבקרה (לפני = 20.0%, לאחר = 22.7%,  $p = 0.813$ ), אם כי נצפו מעט רוכבים.

שיעור כלי רכב המגיעים ברמזור אדום ופולשים למעבר החצייה ירד גם הוא באופן משמעותי בתיבות האופניים הצבועות והלא צבועות, אך לא בתיבת הבקרה (לוח 3). עם זאת, לא הייתה ירידה בשכיחות של הסגות הגבול העיקריות.



Treatment type	Motor vehicles encroaching		Motor vehicles arriving on red signal		Sample proportion		p-Value	Dir. change
	Before	After	Before	After	Before	After		
All encroachments								
Color	244	58	977	916	0.250	0.063	0.000	-
No color	66	20	357	335	0.185	0.060	0.000	-
Control	28	32	270	239	0.104	0.134	0.265	
Minor encroachments								
Color	149	13	977	916	0.153	0.014	0.000	-
No color	26	1	357	335	0.073	0.003	0.000	-
Control	9	18	270	239	0.033	0.075	0.031	+
Moderate encroachments								
Color	58	6	977	916	0.059	0.007	0.000	-
No color	14	1	357	335	0.039	0.003	0.001	-
Control	3	4	270	239	0.011	0.017	0.584	
Major encroachments								
Color	37	39	977	916	0.038	0.043	0.595	
No color	26	18	357	335	0.073	0.054	0.289	
Control	16	10	270	239	0.059	0.042	0.362	

### טבלה 3: הסגת גבול לרכב במעבר חצייה

Intersections	Pre (44 h)			Post (45 h)			Count change in conflicts	% Change in	
	Conflicts	Cyclists	Right-turning cars	Conflicts	Cyclists	Right-turning cars		Cyclists	Right-turning cars
NW Broadway & Hoyt	4	275	411	1	964	414	-3	251%	1%
NW Everett & 16th	2	92	1464	7	192	1641	5	109%	12%
SE 11th & Hawthorne	3	441	356	2	631	358	-1	43%	1%
SE 7th & Hawthorne	2	431	183	2	779	222	0	81%	21%
SW 3rd & Madison	2	404	159	1	795	197	-1	97%	24%
SW Broadway & Taylor	15	247	770	6	348	867	-9	41%	13%
SW Terwilliger & Taylors Ferry, NB	0	21	216	0	29	234	0	38%	8%
SW Terwilliger & Taylors Ferry, SB	0	23	254	0	28	262	0	22%	3%
W Burnside & 14th Ave	1	57	97	1	98	301	0	72%	210%
Total	29	1991	3910	20	3864	4496	-9	94%	15%

### טבלה 4. סיכום הקונפליקטים

Intersection	Bicycles		Rt. turning motor vehicles		No interaction		Yielding							
							Motorist to cyclist		Motorist to other		Cyclist to motorist		Motorist fails to yield	
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
NW Broadway & NW Hoyt	155	607	210	245	197	195	6	36	4	10	0	1	3	2
SE Hawthorne & SE 7th	296	640	118	130	109	89	7	37	2	2	0	0	0	2
NE Weidler & NE 7th	92	69	221	217	208	208	6	2	7	7	0	0	0	0
Percent change, before to after														
NW Broadway & NW Hoyt	292%		17%		-1%		50%		150%		-		-33%	
SE Hawthorne & SE 7th	118%		10%		-18%		429%		0%		-		-	
NE Weidler & NE 7th	-25%		-2%		0%		-67%		0%		-		-	

### טבלה 5. סיכום התנהגות של מתן זכות קדימה

## 4. מסקנות

הממצאים מסרטוני הווידאו והסקר הם, באופן כללי, חיוביים. תיבות האופניים משפיעות על ההתנהגות, ולכן יכולות לשפר את הבטיחות לרוכבי אופניים; התגובות חיוביות הן מהנהגים והן מרוכבי האופניים; ההבנה של תיבות האופניים והציות להן מצד הנהגים ורוכבי האופניים הם גבוהים, ואף גבוהים יותר מהממצאים של מחקרים קודמים.

הדבר עשוי להיות תוצאה של העיצוב (הכולל הוראות "חכו כאן" וסימונים בולטים), מאמצי החינוך (כולל שלטי חוצות, אשר 25% מהנהגים שהשתתפו בסקר זכרו שראו), שיעור גבוה של ציות לחוקי התנועה בדרך כלל, ו/או רמה גבוהה של מודעות לרוכבי אופניים על הכביש.

רוב התיבות הותקנו במסלולים שהיו בעלי נפח תנועה גבוה של אופניים, וכן מסתבר שגם הולכי הרגל מרוויחים כתוצאה מהפחתה בהסגת הגבול במעבר חצייה. בסך הכול, מספר ההתנגשויות קטן וגבר מתן זכות קדימה לרוכבים, אשר בטווח הארוך צפוי להוביל לשיפור בבטיחות.

התגובות החיוביות מרוכבי האופניים – 77% סברו כי התיבה הפכה את הצומת לבטוח יותר עבורם,



לעומת 2% שטענו כי מסכנת אותם – הן נתון התומך בכוונה המשנית להגדיל את שיעור הרכיבה באמצעות שיפור של תפיסת הבטיחות.

הממצא בעל הפוטנציאל השלילי היה רמה מוגברת של הסגת גבול מכלי רכב לאזור מסלול האופניים תוך ביצוע פנייה ימינה. התנהגות זו מושפעת גם מהגיאוטרמה של הצומת, ולא בכל הצמתים נמצאה תוצאה זו. בנוסף לכך, החוקרים לא קודדו את חומרת הסגת הגבול כמו בהתנהגויות אחרות.

בדיקה מחדש של רבים מהצמתים מצאה שהסגת גבול זו היא נמוכה ברוב הצמתים, מלבד ב-SW Broadway and Taylor.

ממצאי המחקר ביחס לתיבות אופניים צבועות לעומת לא צבועות אינם ברורים, בחלקם, לצמתים שנבדקו. נתוני הווידיאו חשפו רמה גבוהה באופן משמעותי של הסגת גבול של כלי רכב לתוך תיבות האופניים הצבועות, ההפך ממה שניתן היה לצפות. עם זאת, הסיבה לכך יכולה להיות מאפיינים ספציפיים לצמתים ללא צבע, שבהם הכניסה למעבר חצייה אשר קדמה להתקנת תיבת אופניים הייתה גם כן נמוכה באופן משמעותי.

יתר על כן, סקר הנהגים גילה העדפה חזקה לצבע, ובנוסף, רוכבי אופניים השתמשו יותר בתיבה הצבועה, כי היא אמורה להגדיל את הנראות שלהם ולשפר את הבטיחות.

המחקר אינו נטול מגבלות. לא ברור אם אפשר להחיל את התוצאות על ערים אחרות. שיעורי הרכיבה על האופניים בעיר פורטלנד הם מהגבוהים ביותר בין הערים הגדולות בארה"ב, ובמיוחד במרכז העיר, שם הותקנו רוב התיבות.

העיר אימצה מדיניות ותוכניות רבות והתקנת תשתית נוספת שנועדה להגדיל את הרכיבה על אופניים, ועמדתם של תושבי העיר היא בדרך כלל חיובית כלפי רכיבה על אופניים.

סימון של נתיבי אופניים בצומת ללא נתיב לפנייה ימינה באורגון, בשונה מאזורים אחרים, יכול להשפיע על התנהגות הנהג.

כמו כן, המודעות לנושאי הבטיחות הייתה גבוהה, 95% מהנהגים זכרו שקראו או שמעו על תאונות אופניים בפנייה ימינה.

המדגם המצומצם של הצמתים הלא צבועים מביא למסקנות פחות ברורות לגבי השפעות של צבעים. בגלל שצמתים אלו נבחרו על בסיס שיקולי בטיחות, תיתכן הטיה בתוצאות לעומת רגרסיה על סמך נתוני תאונות. ניתן לשלוט בהטיה זו עם מדגם בקרה גדול יותר, אך מיקומי 2 צומתי הבקרה הללו לא סיפקו נתונים שהספיקו למטרות אלה.

עם זאת, שני האמצעים העיקריים הגלויים "לפני-אחרי" גדלו, והחיכוכים ירדו.

החוקרים הניחו שהמדד החלופי של חיכוכים הוא המנבא של התאונות, אך אין להם הנתונים האמפיריים כדי לוודא הנחה זו.

המחסור בנתוני התאונות גם מגביל את הממצאים, ולכן, יש צורך בחזרה על הערכות אלו לאורך זמן כאשר יהיו נתוני תאונות זמינים.

מגבלות אלו מצריכות ניטור והערכה נוספים לפרקי זמן ארוכים ובהקשרים נוספים. ולבסוף, החוקרים לא הצליחו להעריך את הסיכון הבטיחותי הפוטנציאלי של יציאה מוקדמת של רוכבי אופניים בתחילת הרמזור הירוק.



## Sustainable road safety: A new neighborhood road pattern that saves VRU lives

Vicky Feng Wei, Gord Lovegrove

School of Engineering, Faculty of Applied Science, Kelowna, BC, University of British Columbia, Okanagan, Okanagan, 3333 University Way, Canada V1V 1V7

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012) 140-148

### בטיחות בדרכים בת קיימא: דוגמה לתכנון דפוס רחובות בשכונה, המציל חיי משתמשי דרך פגיעים

#### 1. מבוא

תאונות הדרכים הן גם נטל חברתי וכלכלי על חברות ברחבי העולם. על פי נתוני ארגון הבריאות העולמי משנת 2004 ודו"חות האו"ם על בטיחות בדרכים (2007), פציעות עקב תאונות דרכים הן הגורם ה-11 למוות בעולם. תחזיות מצביעות על כך שתאונות דרכים תהיינה הגורם השלישי המוביל למוות עד 2020, אלא אם תהיה מחויבות חדשה לנושא.

רוב תאונות הדרכים משויכות לכשלים באחד לפחות משלושת רכיבי מערכת הדרכים - נהג, רכב ודרך. אי אפשר להכחיש כי קיימת משיכה טבעית לנהיגה, לעומת בחירה בתחבורה בת קיימא כגון: הליכה, רכיבת אופניים או אוטובוס, שיש בה מהירות, ניידות ונוחות.

עד לאחרונה, הייתה אקסיומה מקובלת כי תלות התחבורה של המדינה הינה מידתית למצב הכלכלי. עם זאת, באירופה קיימת התרסה כנגד אקסיומה זו. למרות שהן בין האמידות ביותר בעולם, מדינות אירופה מקדמות בגאווה תחבורה בת קיימא, ובעיקר משתמשות בה יותר.

בצפון אמריקה יש, באופן משמעותי, פחות שימוש באמצעי תחבורה בר קיימא לעומת אירופה.

טבלה 1 שלהלן, נלקחה מסקירה גלובלית מקיפה של אזורי עירוניים שבוצעה בשנת 1990, ומראה סיכום השוואתי לגבי פיצול מודלים של תחבורה בין אירופה, אסיה וצפון אמריקה. בסקירה, נראה שיש לדפוסי שימוש הקרקע השפעה דומיננטית על מרחק הנסיעה וסגנונה.

יתר על כן, מאז תחילת המאה ה-20, שתי התצורות של שימושי קרקע הנפוצות ביותר כוללות שכונות בצפיפות נמוכה בשימוש קרקע יחיד מושתת על: (1) שכונות בצורת שתי וערב שהתפתחו בתחילת המאה ה-20, ו-(2) שכונות פרבריות (עם לולאות ודרכים ללא מוצא) שהתפתחו לאחר שנות ה-50 של המאה שעברה.

חוקרים אירופיים גילו במחקר לפני/אחרי, כי לדפוסי שימוש בקרקע בשכונה יש השפעה דומיננטית על בחירת הנסיעה, וכאשר הבחירה היא הליכה, אופניים ו/או אוטובוס, ופחות נסיעה במכוניות, הדבר מפחית את התדירות והחומרה של תאונות הדרכים.



לדוגמה, תוכנית הבטיחות ההולנדית של תחבורה בת קיימא (SRS) חקרה גישת מתווה מוגבלת לשכונה (המוצג באיור 1).

מחקר על דרכים לשיפור הבטיחות בדרכים בצפון אמריקה מתמקד עכשיו בגישה משולבת לשימוש בקרקע ותכנון תחבורה שישפר באופן יזום, לא רק את הבטיחות בדרכים, אלא ייצור גם קהילות בנות קיימא.

	European	Canadian	US	Asia
Urban density (persons/ha)	50	28	14	153
Vehicle use (VKT/capita)	5026	7761	12,336	2950
Vehicle ownership (/1000)	392	524	604	123
GRP/capita (\$US)	31,721	22,572	26,822	21,331
Avg journey to work (km)	10.0	11.0	15.0	10.0
% bicycling and walking	18.4	6.2	4.6	20.3
% using transit	38.8	19.7	9.0	59.6
% driving	42.8	74.1	86.3	20.1

**טבלה 1:** שנת 1990 – השוואת מצב פיצול נסיעות לפי אזור גיאוגרפי

באופן ספציפי, שני דפוסים של רשת כבישים – שתי וערב, ותלת-כיווני – התפתחו לאחרונה על סמך הרשת ההולנדית SRS. דפוס תלת-כיווני, שפותח על ידי Lovegrove (2007), כולל פרפורציה גדולה של צומתי T. רשת שתי וערב, שפותחה על ידי חברה קנדית (CMHC), משלבת את השתי וערב הקלאסי ודפוסי שכונות פרבריות.

שני דפוסי הדרכים החדשים האלה נועדו לקדם יותר שימוש קרקע בר קיימא ודפוסי תחבורה בהתאם - הליכה מוגברת, רכיבה על אופניים ושימוש בתחבורה ציבורית - מאשר דפוסי הדרכים הקונבנציונליים.

רכיבה על אופניים הייתה מצב נידות יחסית רדום בצפון אמריקה מאז כניסתן של המכוניות, אולם אם לשפוט על פי הצלחה אירופית, הרכיבה תצא נשכרת מהשימוש המשולב של הקרקע עם התחבורה. יתר על כן, רכיבה על אופניים היא בדרך כלל אחד מהסגנונות היעילים ביותר של תחבורה למסלולים בני פחות מ-3 ק"מ (TDTM, 1995). מבחינת זמן הנסיעה, שירות ומהירות ומבחינת השימוש באנרגיה. בצפון אמריקה, כ-40% מכלל המסלולים הם בני פחות מ-3 ק"מ.

בתנאים הנכונים, ייתכן שניתן להעלות באופן משמעותי את השימוש באופניים בסביבה בת קיימא משולבת עם עיצוב ותכנון תחבורה בצפון אמריקה תוך הפחתת השימוש בכלי רכב ושיפור הבטיחות בדרכים.

עם זאת, בכדי לשנות דפוסים ישנים אלו, יש צורך לאמץ דפוסי פיתוח קהילתי בר קיימא, ולפעול על פי תחזיות כלכליות, חברתיות וסביבתיות של בטיחות בדרכים.

מטרות מאמר זה:

- (1) סקירת הספרות הנוגעת לשימוש בסביבה בת קיימא ודפוסי רשת התחבורה, הגדלת נפחי משתמשי הדרך והבטיחות בדרכים;
- (2) הצגת תוצאות מחקר אמפיריות על בטיחות בדרכים הקשורות לנפחי משתמשי הדרך הפגיעים;
- (3) הצגת מחקר עתידי לגבי שימוש בקרקע בת קיימא ודפוסי תחבורה, הגדלת נפחי משתמשי הדרך הפגיעים והבטיחות בדרכים.



## 2. מחקר קודם

באופן כללי, הספרות בנושא מגלה כי דפוסי פיתוח שונים, במיוחד ברמת רשת שכונה, תרמו ו/או נועדו לטיפול בבעיות הקשורות לאזור אחד או יותר, כגון מיתון תנועה, ניידות, נגישות ובטיחות.

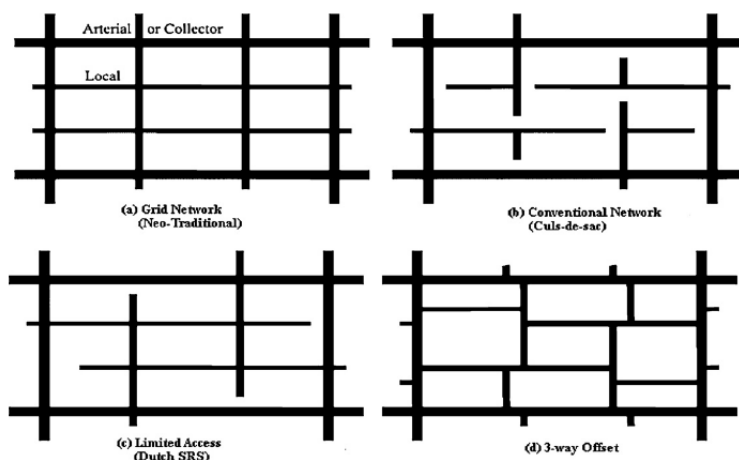
יתר על כן, דפוסים קונבנציונליים בצפון אמריקה בדרך כלל הופנו לתנועת כלי רכב והתעלמו מאמצעי הנסיעה של משתמשי הדרך הפגיעים (VRU).

במחקר זה נעשה ניסיון למצוא דפוס רשת כבישים שיעודד איזון בין כלי רכב ובין תכנון הנסיעה של ה-VRU, כמו גם לסייע להפיכת השכונות לבטוחות יותר.

מבחינה היסטורית, דפוס הרשת אינו ידידותי לרוכבי אופניים והולכי רגל, כי הוא מקדם את הנגישות של כלי הרכב.

בנגישות גבוהה הכוונה, בדרך כלל, לקיבולת גדולה של כלי רכב וירידה ברכיבה על אופניים, הליכה, ושימוש בתחבורה ציבורית.

רשת זו תפקדה היטב עבור כל המצבים בתחילת 1900, כאשר מספר כלי הרכב והשימוש בהם היו נמוכים בהרבה, ואילו כשהשימוש בכלי הרכב ונפח כלי הרכב גדלו, לא סופקו ברוב המקרים שירותים חלופיים למשתמשי הדרך הפגיעים.



איור 1. דפוסי רשת דרכים של הסביבה

שכונות רבות שבהן דפוסי רשת חודשו עם הסדרי ריסון תנועה ומדרכות, ושכונות חדשות אימצו את דפוסי הרחובות ללא מוצא כדי להפחית מהירויות גבוהות וניסיונות מעבר דרך השכונה.

בעוד דפוסים של דרכים ללא מוצא הם פופולריים ביותר באזור מגורים בכדי להגביל את התנועה, הנגישות שלהם לתחבורה ציבורית, רכב שירות ורכבי חירום היא באופן משמעותי פחות מרושתת.

למרות נושא הנגישות, תאונות הדרכים באזורים אלו הן פחותות בהשוואה לדפוסי הרשת המסורתיים האלה, למעט בממשקי הכניסה לשכונה והכבישים הראשיים.



בכניסות אלו, דפוסי ההתנגשות לעתים קרובות שכיחים, אלא אם הצליחו לנהל אותן כראוי באמצעות רמזור או כיכרות.

דפוסי רחוב ללא מוצא יכולים להיות גם ידידותיים לאופניים ולהולכי רגל בגלל ההורדה בנפח תאונות כלי הרכב, כל עוד קיים קישור בין האופניים/הולכי הרגל המגיעים מהכביש ובין הרחוב ללא מוצא (אשר לרוב לא קיים).

המטרה של פיתוח דפוס הכביש ההולנדי SRS הייתה לשמר את המאפיינים הטובים ביותר של רשת הכבישים והרחוב ללא מוצא, אבל לא את החסרונות שלהם, תוך העלאת האיכות של סביבת השכונה. הדבר נועד לשפר את הקיום הכולל של השכונה – מבחינה חברתית (באמצעות הפחתת החיכוכים והקיצורים), סביבתית (דרך פליטות גז מופחתות), וכלכלית (דרך הפחתת עלויות פיתוח ותאונות בכביש).

כמו כן, המטרה של שלוש-דרכי ההסטה הייתה לשמור על המאפיינים הטובים ביותר של דפוס רשת הכבישים, תוך התייחסות לבעיית הבטיחות בדרכים של קישוריות גבוהה.

הדבר נעשה על ידי הפיכת כל הצמתים הפנימיים של 4 כבישים, לצמתים של 3 כבישים.



איור 2. שכונה בצורת שתי וערב מעורבת (Frank and Hawken, 2006)

### 3. תוצאות אמפיריות

לא זו בלבד שהתצפיות העלו כי שימוש מוגבר באופניים קשור עם ירידה בשיעורי תמותה מתאונות דרכים, אלא שגם מחקר אמפירי עדכני הראה, כי עליית השימוש באופניים יכולה גם להפחית את סיכון משתמשי הדרך הפגיעים.

החוקרים צופים, כי היכן שמעודדים באופן פעיל מצבי תחבורה בת קיימא, מספר ההרוגים לנפש ירד, ותהיה עלייה בנפח רוכבי האופניים והולכי הרגל, תופעה שזכתה לכינוי "ביטחון במספרים".

במילים אחרות, עלייה בנפח הרכיבה על אופניים וההליכה עלולה לגרום לפגיעות במשתמשי הדרך, אולם מעל נפח VRU מסוים הסיכון של משתמשי הדרך הפגיעים יקטן.



Ekman (1996) ניתח נפחי רוכבי אופניים ותאונות רכיבת אופניים חמורות ב-95 צמתים במאלמו, שבדיה. הוא מצא, כי שם היה יחס הפוך בין שיעורי תאונות אופניים-כלי רכב ובין נפחי רוכבי האופניים.

Leden ואח' (2000) העריכו את השפעת הבטיחות של לפני-אחרי של מתקני חצייה משופרים לאופניים ב-45 צמתים שאינם מרומזרים בגטבורג, שבדיה.

כהסתגלות לשינויים בנפח האופניים, הם גילו כי תאונות האופניים ירדו ב-20%. יתר על כן, הם הצביעו על כך שמתקנים משופרים לחצייה הגדילו את כמות רוכבי האופניים, דבר שהביא לירידה בתאונות אופניים-כלי רכב.

Leden (2002) בדק גם נתונים של תאונות הולכי רגל, את הגיאומטריה של הצמתים, את נפח הולכי הרגל ונפח כלי הרכב ב-300 צמתים מרומזרים בהמילטון, קנדה. החוקר גילה ממצאים הדומים למחקר האופניים שבו השתתף: אחוזי הפגיעות בהולכי הרגל ירדו, והדבר קשור לעלייה בנפח הולכי רגל ולירידה בנפח כלי הרכב.

Jacobsen (2003) השווה בין נפח רוכבי האופניים והולכי הרגל לבין תאונות אופניים-כלי רכב ותאונות הולכי רגל-כלי רכב, המבוססים על חמישה מערכי נתונים (שלושה מערכים של נתוני רמת האוכלוסייה, ו-2 נתוני סדרות זמן) מ-68 ערים בקליפורניה, 47 ערים בדנמרק ו-14 מדינות באירופה.

באמצעות טכניקת רגרסיה מרובה הוא פיתח את המודל האמפירי הבא המודד פגיעות, אופניים והולכי רגל: (1)  $I = aE^b$

ה-I הוא מדד הפגיעה, E הוא המדד לרכיבה על אופניים או הליכה, ו, a ו-b הם הפרמטרים. הסיכון לפגיעה לנפש ניתן למדידה על ידי חלוקת שני צידי המשוואה. ע"י (2)  $E = \frac{I}{a} = E^{(b-1)}$  Injury risk

משוואה (2) צופה כי הסיכון לפגיעתו של רוכב אופניים יקטן עד 66% מסיכון הפגיעה הישן, אם רכיבת אופניים בקהילה תוכפל.

#### 4. מחקרים חדשים

החברה למשכנתאות ושיכון בקנדה (CMHC) ביצעה מחקר שבו הציעה פיתוח דפוס של שכונה בת קיימא – רשת שתי וערב מעורבת.

העיצוב הבסיסי של הרשת המתמזגת מתבסס על שלושה סולמות. ראשית, בקנה המידה הקטן ביותר ישנם אזורי המגורים 16ha הידועים כרביעים, שמיוצגים באופן פנימי על ידי הרחובות ללא מוצא והלולאות המובילות את התנועה; השכונות של 64ha משלבות 4 רביעים הקושרים רחובות מאספים.

מחוזות 256ha משלבים ארבע שכונות המקושרות על ידי כבישים ראשיים.

במחקרים הראשוניים, CMHC בדקו את ההשפעה של כבישים שונים ותצורות שימושי הקרקע על נגישות וניידות. עם זאת, הם לא היו מסוגלים לבדוק השפעה על בטיחות הכביש בשל מחסור בכלים אמפיריים אמינים.

המחקר הראה, כי לשימושי קרקע בשכונות ולדפוס תחבורה שמקדמים תחבורה בת קיימא – הרשת המתמזגת – יש היכולת לספק יתרונות לבטיחות בדרכים, תוך שמירה על רמה סבירה של ניידות.





עם זאת, תוצאות אלה לא מביאות בחשבון את ההשפעות החיוביות או השליליות של הולכי רגל מחוץ לכביש ושל שבילי אופניים.

מחקרים קודמים אחרים, מסוג לפני ואחרי, מגלים כי עליית נפח משתמשי הדרך הפגיעים קשורה להגברת הבטיחות בדרכים, במיוחד של משתמשי הדרך הפגיעים.

נמצאו מספר מודלי ניבוי אמפיריים לשימוש בניבוי רמת הסיכון של ה-VRU בעת תכנון שכונות חדשות או חידוש שכונות קיימות. עם זאת, הם עדיין לא אומתו.

החוקרים ממליצים כי המתכננים והמהנדסים ישקלו בזירות כמועמדים שימוש בקרקע של הסביבה ובדפוסי הדרכים שנדונו במאמר זה – רשת מתמזגת או שלוש-דרכי ההסטה באזורים 1-2 – ובו זמנית יפעלו גם להקל על הקהילה בת הקיימא ולסייע לה להגדיל את נפח משתמשי הדרך הפגיעים ולספק בטיחות בדרכים אופטימאלית.

המחקרים בעבר ובהווה שהוצגו במאמר זה מעידים, כי ניתן להפחית בכ-30% את פגיעות משתמשי הדרך ולהפחית עד 60% מסך תאונות הדרכים, לעומת מספרם ברשת מסורתית ורחובות ללא מוצא קונבנציונליים.

## 5. מסקנות

מאמר זה סקר את הספרות אשר מציגה ממצאי מחקר אמפיריים ומחקרים בבעיית הבטיחות בדרכים הכלל-עולמית.

ההצהרות האחרונות של Who ושל האו"ם מדגישות את תחושת הדחיפות והתסכול לגבי ההתקדמות עד כה בנוגע לנטל החברתי והכלכלי הבלתי הנסבל של הבעיה. בעקבות בעיה זו, ממשלות רבות מחפשות אחר דפוסי פיתוח קהילתי בר קיימא שיאפשרו להן להתמודד עם שינוי האקלים ואתגרי האנרגיה שאינה מתחדשת.

מניע זה לשימוש בר קיימא בקרקע ותחבורה יכול להוות מפתח לשיפור הבטיחות בדרכים בעולם, כפי שסביבה בנויה היא גורם המשפיע ישירות על מידת התלות בכלי רכב, אף יותר מהשפעתו של המעמד החברתי-כלכלי.

תכנית מובנית בת קיימא במונחים של רכיבה על אופניים, הליכה ותחבורה שכונתית ידידותית צפויה להוביל לשימוש מופחת בכלי רכב, אשר בתורו הוא נקשר להפחתה בתאונות הדרכים.

מה שעדיין יש להציג הוא, כיצד המעבר הזה יתרחש, והאם תקופה של עלייה בתאונות ופגיעות של משתמשי הדרך תתרחש על חשבון פגיעה בעוד דפוסים קהילתיים בני קיימא, עד אשר מצב פיצול האופניים יתקרב לרמה של 20%, לאחר שסך תאונות הדרכים יקטן.

בספרות יש מקרים רבים של לאחר המעשה, אשר מראים כי שימושי קרקע ממושכים ומשולבים, ומדיניות תחבורה ותוכניות תשתית קשורים עם פיצול מצב של משתמשי הדרך ובטיחות בדרכים, כמו בהולנד.

יתר על כן, ככל שמתקיימים יותר טיולי רכיבת אופניים במקום טיולי רכב, מראים מודלים אמפיריים כי סך כל התאונות יקטן, כי עלייה בתאונות אופניים מתרחשת לאט יותר מאשר עלייה בטיולי אופניים.

אם הדבר יצליח, המחקרים הקיימים מצביעים על כלכלות מקומיות בריאות יותר שבהן שיעור עלות-תועלת גבוה לתשתיות ותוכניות האופניים.



עם זאת, לא נמצאו מודלים אמפיריים שיכולים לחזות בצורה אמינה בטיחות בדרכים כוללת, המתבססת על דפוסי שימושי קרקע ודפוסי עיצוב תחבורתיים, לרבות פיצול מצב אופניים.

מחקר חדש על פיתוח דפוסי שכונה חדשה בת קיימא שהובילה CHMC: "רשת שתי וערב מעורבת", טומן בחובו הבטחה למלא את פער הידע.

מחקר ראשוני פיתח מדגם קהילתי ברמת המקרו CPM, המבוסס על אחד משלושה נתוני ריבוד עיקריים של השכונה - שימוש קרקע, מקורות נתונים, ותכונות עיצוב.

חברות שותפות נדרשו לרכוש את הנתונים הדרושים כדי לבנות את הדור הבא של CPM, אלו שכוללים גם נתוני אופניים קשורים כדי לנבא רמות של בטיחות בדרכים בקהילות מתוכננות.

נתוני אופניים אלו, על בסיס קהילה ברמת המקרו CPM, יעזרו משמעותית להצדיק מדיניות של משתמשי הדרך הפגיעים, תשתיות, ותוכניות השקעה.

כלים אמפיריים אלו – יחד עם רווחי קהילה בת קיימא שנחזו על ידי חוקרים אחרים כגון, הפחתת זיהום, הפחתת התלות באנרגיה – צפויים גם להפחית את הסיכון של החלטות השקעה אלה.

תוכנית SRS ההולנדית, עם התוצאות המובילות בבטיחות בדרכים בעולם, היא דוגמה למה שיכול לקרות כאשר ממשלות מאמצות מנהיגות חזקה ועקבית לגבי הבטיחות בדרכים. לדעת החוקרים במאמר תיאורטי זה, תוצאות המחקר מראות כי שלוש דרכי קיזוז ודפוסי רשת מיזוג קהילתיים עשויים להפחית 60% מתאונות הדרכים, לעומת שכונות דומות המשתמשות בדפוסי דרכים קונבנציונליות.



## Optimism about safety and group-serving interpretations of safety among pedestrians and cyclists in relation to road use in general and under low light conditions

M.J. King, J.M. Wood, P.F. Lacherez, R.P. Marszalek

Centre for Accident Research and Road Safety – Queensland (CARRS-Q), Institute for Health and Biomedical Innovation, Queensland University of Technology, Victoria Park Rd, Kelvin Grove QLD 4059, Australia  
School of Optometry, Institute for Health and Biomedical Innovation, Queensland University of Technology, Victoria Park Rd, Kelvin Grove QLD 4059, Australia

ACC. Anal. Prev. Vol.44 (2012) 154-159

## אופטימיות לגבי בטיחות ופרשנויות קבוצתיות של בטיחות בקרב הולכי רגל ורוכבי אופניים ביחס לשימוש בדרכים בכלל, ובכבישים דלי תאורה

### 1. מבוא

#### 1.1 נטייה לאופטימיות ומשתמשי דרך פגיעים

דבר בסיסי הידוע הוא, כי אנשים נוטים להיות אופטימיים לגבי הסיכונים שהם חווים באופן אישי ביחס למעשיהם, בהשוואה לסיכונים שאנשים אחרים לוקחים כאשר הם נתקלים באותן חוויות. מונח זה נקרא לפעמים "העדפה/נטייה אופטימית".

גוף המחקר על אופטימיות לגבי סיכון לתאונת דרכים (בניגוד לצורות אחרות של סיכון) התפתח בעיקר לטיפול בהערכות הסיכון של נהגים, ולא של משתמשי דרך פגיעים כמו הולכי רגל ורוכבי אופניים.

מספר מחקרים התמקדו בסוגים מסוימים של נהג, למשל נהגים צעירים, נהגים המעורבים בתאונות באזורים כפריים, נהגי מוניות, ונהגי כלי רכב כבדים.

מחקרים אחרים התמקדו במאפיינים אחרים של נהגים, למשל, הזדקנות, עייפות, ונהיגה בשכרות.

עם זאת, יש כמה דוגמאות של מחקר על הערכות אופטימיות של סיכון ביחס למשתמשי הדרך הפגיעים (יוצא מהכלל, Rutter et al. 1998 מחקר על רוכבי אופנוע), וחסר המחקר ההשוואתי בין סוגי משתמשי דרך בכלל במונחים של העדפה/נטייה אופטימית.

#### 1.2 הטיה עצמית ומושגים הקשורים

מאפיין הליבה של המונח הוא שהסיכון מתפרש באופן אישי ומועדף. כלומר, הפרשנות של הסיכון היא עצמית.

הגדרה נוספת היא של נטייה עצמית, כאשר העדיפות של הפרט משפיעה על אמונתו בכיוון חיובי.



### 1.3. הטיה קבוצתית ומשתמשי דרך פגיעים

תחום שלא נחקר בבטיחות בדרכים הוא המידה שנטיות אנוכיות כאלה ברמת הפרט אולי יוצרות הכללה ברמה הקולקטיבית. לדוגמה, האם אנשים המזדהים כנהגי משאיות מתחשבים בנהגי משאיות באופן כללי (ולא רק בעצמם, או נהגי משאיות ספציפיים אחרים) ולוקחים סיכון נמוך בזמן אירוע של בטיחות בדרכים?

### 1.4. מטרת המחקר

החוקרים בדקו את התופעה של העדפה קבוצתית עצמית במדגם גדול של נהגים, רוכבי אופניים והולכי רגל במטרה לקבוע אם יש ראיות לפרשנויות של קבוצה עצמית.

ובנוסף לכך, הם רצו לקבוע אם אנשים שהגיבו כהולכי רגל, רוכבי אופניים או נהגים למטרות המחקר היו נוטים לדאוג לקבוצת משתמשי הדרך שאליה הם שייכים כדי שיהיו בסיכון נמוך יותר, או שתהיה להם פחות אחריות לבטיחות, מאשר למשתמשי דרך אחרים, בתרחיש שבו אירעה אינטראקציה בין קבוצות משתמשי הדרך.

## 2. שיטה

### 2.1. משתתפים

הנתונים נאספו כחלק מפרויקט רחב יותר בנוגע ליחסם של משתמשי דרך שונים, לרבות גישתם לנראות ושימוש בבגדים בעלי נראות גבוהה.

המדגם הורכב מ-406 הולכי רגל, 838 רוכבי אופניים ו-622 נהגים, אשר מילאו שאלון באופן מקוון או בעותק קשיח.

### 2.2. פריטים

בסדרה של 22 שאלות התבקשו המשיבים לדווח על המידה שבה הם הסכימו או לא הסכימו עם כל אחת מסדרה של הצהרות על התנהגות, סיכון ונראות של הולכי רגל, רוכבי אופניים, נהגים ועובדי כביש, באמצעות סולם 5 הנקודות של Likert.

## 3. תוצאות

### 3.1. סך כל התוצאות

מתוך 26 ההשערות, 22 נתמכו על ידי הנתונים, המצביעים על העדפה קבוצתית בתגובות בפרק של משתמשי הדרך שהוזכרו בפריטים. שתיים מתוך ארבע ההשערות שלא נתמכו מתייחסות להשוואה בין רוכבי אופניים לנהגים, ושתי השוואות מתייחסות להולכי רגל ונהגים.

### 3.2. השוואות לפריטים המתייחסות לתנאי תאורה נמוכים

מאחר שהמטרה העיקרית של פרויקט המחקר נוגעת בפועל לתפיסת הנראות בתנאי תאורה נמוכים, הפריטים שהתייחסו במפורש לתנאי תאורה נמוכים חושבו בנפרד.

היו תשע השוואות כאלה (ארבע בין רוכבי אופניים לנהגים, וחמש בין הולכי רגל לנהגים).



בשבע מההשוואות האלה נמצאו הבדלים בהשערות. שתיים מההשוואות שלא הציגו הבדל משמעותי סטטיסטי הורכבו מרוכב אופניים אחד-נהג, והולך רגל-נהג אחד.

דפוס זה של תוצאות דומה מאוד לדפוס הכללי, המצביע על כך שתגובות הקבוצה העצמית היו למעשה באותה רמה בתנאי תאורה נמוכים יותר באופן כללי.

#### 4. דיון

התוצאות מספקות תמיכה חזקה לקיומן של אופטימיות בנוגע לבטיחות ושל פרשנות קבוצתית עצמית בקרב הולכי רגל, רוכבי אופניים ונהגים. זו תוצאה מפתיעה שיש לה השלכות להשגת רווחי בטיחות להולכי רגל ורוכבי אופניים, בהתחשב בפגיעות שלהם בתאונות דרכים.

#### 5. מסקנה

מחקר זה נועד לחקור את קיומה של העדפה קבוצתית עצמית לגבי סיכון ואחריות לבטיחות בקרב רוכבי אופניים, הולכי רגל ונהגים.

שאלת המחקר נבעה מהתוצאות של ניתוח חלק מתוכנית גדולה יותר של מחקר בפועל בנושא של תפיסת נראות של הולכי רגל, רוכבי אופניים ועובדי כביש בלילה, וכתוצאה מכך הייתה מבוססת על פריטים שלא פותחו במיוחד כדי לענות על שאלת המחקר, ואשר הציבו מספר מגבלות על המחקר.

פריטי סולם Likert רלוונטיים (הסכמה על 5 נקודות סולם) משאלון גדול יותר נענו על ידי רוכבי אופניים, הולכי רגל ונהגים, ונבדקו.

ההשערות פותחו על פי דפוסי התגובות של קבוצת משתמשי דרך מסוימים, ויכלו לצפות אם הייתה העדפה קבוצתית ברורה.

התוצאות תומכות בקיומה של הטיה כזו, גם בסיכום הכללי וגם בתרחישים בתנאי תאורה חלשה.

דוגמה של הטיה כזו היא שהולכי רגל ורוכבי אופניים מראים רמה נמוכה יותר של הסכמה לעומת נהגים, עם האמירה שמסוכן להולכי רגל ורוכבי אופניים להשתמש בכביש בתנאי תאורה נמוכים.

אחת ההשלכות, שנמצאו במחקר אחר שנערך על ידי צוות החוקרים, היא שהולכי רגל ורוכבי אופניים מאמינים שהם יותר גלויים בלילה לעומת התגובות שהתקבלו על ידי הנהגים בנושא הנראות.

תוכנית המחקר העיקרית המתבצעת על ידי צוות זה תנסה לטפל בנושא זה ואחרים באמצעות גישות חינוך ייעודיות המבוססות על תוצאות המחקר, למען שיפור הנראות של הולכי רגל ורוכבי אופניים באמצעות שימוש בתצורות בגדים המשלבים סמנים זוהרים המייצרים את התנועה הטבעית.



## Injury protection and accident causation parameters for vulnerable road users based on German In-Depth Accident Study GIDAS

Dietmar Ottea, Michael Jänsch, Carl Haasper

Accident Research Unit, Hanover Medical School, Germany

Surgeon Department, Hanover Medical School, Germany

Acc. Anal. Prev. Vol.44 (2012),149-153

### פרמטרים סיבתיים של תאונות והגנה מפני פציעות עבור משתמשי הדרך הפגיעים בהתבסס על מחקר העומק הגרמני בנושא תאונות, GIDAS

#### 1. מבוא

משתמפי תנועה ללא תאי מגן חיצוניים נקראים "משתמשי דרך פגיעים (VRU)". קבוצה זו כוללת הולכי רגל, רוכבי אופניים ורוכבי אופנוע. לסוגים שונים של VRU יש אפשרויות הגנה שונות. לרוכבי אופנוע יש קסדה, אשר מגנה על כל הראש במקרה של פגיעה, ולעתים קרובות הם אף לובשים ביגוד מגן עם מגנים מיוחדים, המיועדים להגנה על הגוף מפני פציעות פגיעה. בהשוואה לרוכבי האופנוע, רוכבי אופניים לעתים קרובות חובשים קסדת אופניים מיוחדת ואין להם בגדי הגנה מיוחדים. לעומתם, להולכי הרגל אין אמצעי הגנה.

המספר והאירועים של קבוצות משתמשי הדרך השונים במדינות העצמאיות מאפיינים את ההשלכות הכלכליות של תאונות עקב האירועים הכלליים של תאונות הדרכים, ואת מספר הנפגעים וההרוגים שנרשמו. אופניים ואופנועים הם מאוד שכיחים במדינות אסיה, ואין להשוות את מספרם לתאונות באירופה או בארה"ב.

במדינות הנקראות בעלות הכנסה נמוכה-בינונית, את ההתנהגות של תנועה מעורבת ומהירות משתמש הדרך הפרטי אפשר לכוון במיוחד כחיכוך טעון. גורמי רכב, בלמים לא טובים ויכולות נהיגה בלתי מספקות של הנהגים, כמו גם עיצוב ופרישה לקויה של כבישים הופכים, לעתים קרובות, את התנועה במדינה ללא בטוחה ולמשפיעה על התאונות.

בסין כמעט עשירית מההרוגים בתאונות הדרכים הם רוכבי אופניים, בהודו כ-4%. בהודו 69% מכל כלי הרכב המנועיים הם אופנועים, ורוכביהם מהווים 27% ממספר ההרוגים בקרב הקבוצה המשתמשת ברכב דו גלגלי.

באיחוד האירופי כ-40,000 בני אדם מתים בכל שנה בתאונות, בהם 8,000 הם משתמשי דרך לא מוגנים, כגון הולכי רגל ורוכבים על שני גלגלים. רוכבי רכב דו גלגלי מייצגים 16% מכל מקרי המוות בדרכים, בעוד שהם מהווים 2% בלבד מסך הנסועה.

מכיוון שסיבות טכניות לתאונות הפכו לנדירות בשל הנדסה טכנית באיכות גבוהה של הרכב ועיצוב הכביש, וכלי הרכב מותאמים מבחינת בטיחות, סיבות אנושיות הן המקור העיקרי לתאונות, כמו שניתן לראות במדינה מתועשת אחת גדולה באירופה, וזו הדוגמה של גרמניה.



במדינות בעלות הכנסה נמוכה ובינונית, לעומת זאת, כבישים גרועים, כבישים ללא ניתוב כמו גם חוסר הכשרה של משתמשי הדרך עדיין נחשבים כגורמים עיקריים לתאונות דרכים.

לצורך המחקר הנוכחי, נותחו הנתונים של מסד נתוני תאונות GIDAS (מחקר תאונות עומק בגרמניה).

במסגרת של GIDAS, צוותים בהאנבר ודרזדן תיעדו כ-2,000 תאונות דרכים עם פגיעה בגוף, וזאת על ידי אמצעים מדעיים ואיסוף כמויות גדולות של מידע, של שיקום הנהיגה ומהירויות התנגשות ותיעוד הפציעות.

השימוש בסוג חדש של קידוד של גורמים סיבתיים לתאונות מאפשר להגדיר מצבי תאונה רלוונטיים ולקבוע צעדי מניעה.

בהתבסס על התיעוד של תאונות הדרכים עם דגימה ועריכה סטטיסטית המייצגת סדרה של נתונים שנערכים מדי שנה, אפשר להחשיב את נתוני התאונות כמייצגים את גרמניה.

מחקר זה מתבסס על תיעוד מתמשך של תאונות דרכים בין השנים 2008-1999. למטרה זו, תועדו סך של 8,204 משתמשי דרך פגיעים, בהיקף של 2,041 הולכי רגל, 3,964 רוכבי אופניים ו-2,199 רוכבי אופנועים. הפציעות נרשמו על בסיס AIS (Abbreviated Injury Scale, 1998), ומידת חומרת הפגיעה בהתאם להגדרות של MAIS (הערך המרבי של AIS רשומות בגוף) הושוותה לתנאים הטכניים.

לקביעת ההתנגשות ומהירות הנהיגה, תועדו הממצאים באתר התאונה באמצעות טכנולוגיית לייזר תלת-ממדית בסקיצה שנכונה לסולם וניתוח התנגשות, ובוצעה בעזרת תוכנת סימולציה PC-Crash.

3 קבוצות שונות אלה של משתמשי הדרך הפגיעים חולקו כך:

התנגשות עם מכוניות (1,062 אופנועים, 2,482 רוכבי אופניים, 1,465 הולכי רגל), עם משאיות (80 אופנועים, 260 רוכבי אופניים, 230 הולכי רגל) ותאונה עצמית, ללא מעורבות של גורם אחר (n = 456).

## 2. חומרת התאונה של משתמשי הדרך הפגיעים

בתאונות של משתמשי הדרך הפגיעים (VRU), התנגשות עם מכוניות נמצאו בתדירות הגבוהה ביותר.

מכוניות מעורבות ב-72.3% מהמקרים של התנגשות עם הולכי רגל, תאונות עם רוכבי אופניים ב-63.5% מהמקרים, ובתאונות עם אופנועים ב-49.7% מהמקרים.

לכן במחקר זה, חומרת התאונה של משתמשי הדרך הפגיעים תיבחן לפי תאונות עם מכוניות.

יש, עם זאת, הבדל משמעותי בהתפלגויות הנובעות מחומרת הפגיעות בסוגים השונים של משתמשי הדרך הפגיעים (איור 1).

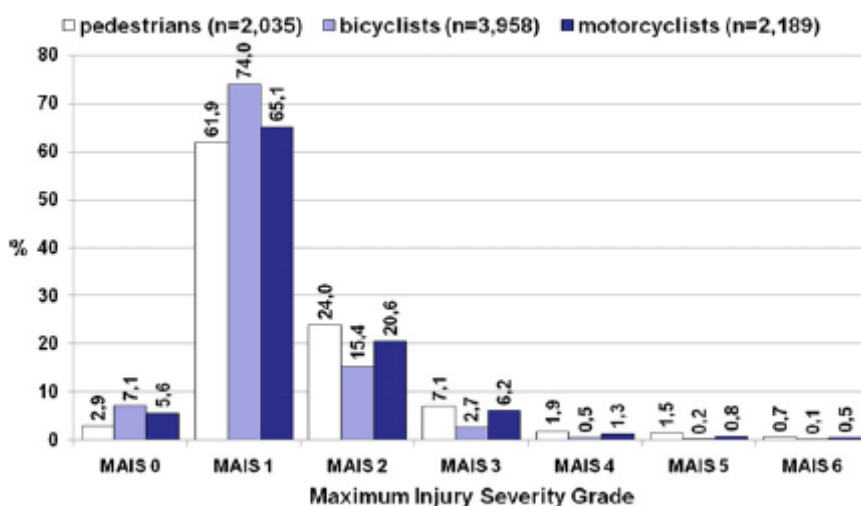
לפי נתוני 1 MAIS נמצאו פגיעות מינוריות ב-61.9% מהולכי הרגל, 65.1% מהמשתמשים באופנועים ורק 4.0% מרוכבי האופניים. מצד שני, 8.8% של המשתמשים באופנועים ועוד 11.2% מהולכי הרגל נפגעו קשה, (+3 MAIS), בעוד שרק 3.5% מרוכבי האופניים היו עם פציעות קשות כאלה.

בהשוואה למשתמשי הדרך האחרים נראה, כי רוכבי אופניים נפגעים לעתים קרובות אך מעט, אבל בתדירות נמוכה יותר רוכבי האופניים סובלים מפציעות קשות (+3 MAIS). הולכי רגל, לעומת זאת, נפגעים בתדירות גבוהה של חומרת פגיעה גבוהה.



חומרת התאונה, כמו גם אמצעי המיגון (למשל קסדה), הם גורמים ברורים המשפיעים על תוצאות הפגיעה. עבור הולכי רגל ורוכבי אופניים, מהירות ההתנגשות של המכונית / המשאית היא פרמטר בעל השפעה עצומה על חומרת התאונה.

לרכב מנועי דו גלגלי (MTW) חומרת התאונה קשורה למהירות היחסית בין האופנוע ובין המכונית או המשאית, על ידי וקטור המחסר את הווקטורים של המהירות של כל רכב.



איור 1. קנה המידה המרבי של חומרת פגיעה (MAIS) למשתמשי הדרך הפגיעים

## 2.1 פגיעות מפורטות של משתמשי הדרך הפגיעים

כיוון שהמכוניות מהוות הקבוצה הפוגעת ביותר בתאונות עם משתמשי הדרך הפגיעים, את חלקי הפגיעה הסיבתית של הראש ניתן לראות בכל ניתוח של נקודות ההשפעה של פגיעות הראש. כ-93% מהתאונות עם משתמשי דרך פגיעים היו צורות המכוניות דומות לצורה הסטנדרטית של מכוניות פרטיות, בעוד טרנזיטים וגי'פים לא הופיעו בצורה משמעותית בתאונות.

המסה של ההתנגשות מפולגת באופן אחיד לכל משתמשי הדרך הפגיעים, כ-40% שייכים לקבוצה של כלי הרכב בגודל בינוני 1,000-1,300 ק"ג, רק 10% מכלי הרכב הם בני פחות משנה וכ-20% היו מעל 12 שנים בעת התאונה.

המקומות של פגיעת הראש במכונית היו ממוקמים בעיקר באזור של החלק האחורי של מכסה המנוע (איור 4), אולם הפגיעות שהובילו לפגיעות ראש קשות בדרגת + AIS3 נמצאו בעיקר באזור של השמשה הקדמית, שבהשוואה לחלקו האחורי של מכסה המנוע היא החלק הקשיח במכונית (איור 5).

המיקום של נקודות הפגיעה של הראש קשור מאוד עם רמת מהירות הפגיעה, ועבור רוכבי אופניים גם עם זווית הפגיעה בין האופניים לחזית המכונית, ועם המהירות היחסית בין כלי הרכב.

הניתוח של התנגשויות משתמשי הדרך עם משאיות גילה כי תוצאת התנגשויות אלה בפגיעות קשות (מאיס 3+) בתדירות גבוהה עבור כל סוגי משתמשי הדרך, בהשוואה לתאונות עם מכוניות; הפגיעות הן





באופן משמעותי בכל אזורי הגוף של משתמשי הדרך; ואחוז הפגיעה החמורה הוא גבוה יותר (+ AIS 4) כאשר מתנגשים עם משאיות, מאשר עם מכוניות.

תאונות רכב עצמיות של משתמשי הדרך בעיקר נוגעות ברוכבי אופנוע, כי הם בסיכון לפגיעות בכל אזורי הגוף עקב הנפילה וההחלקה על הכביש ופגיעה באובייקטים.

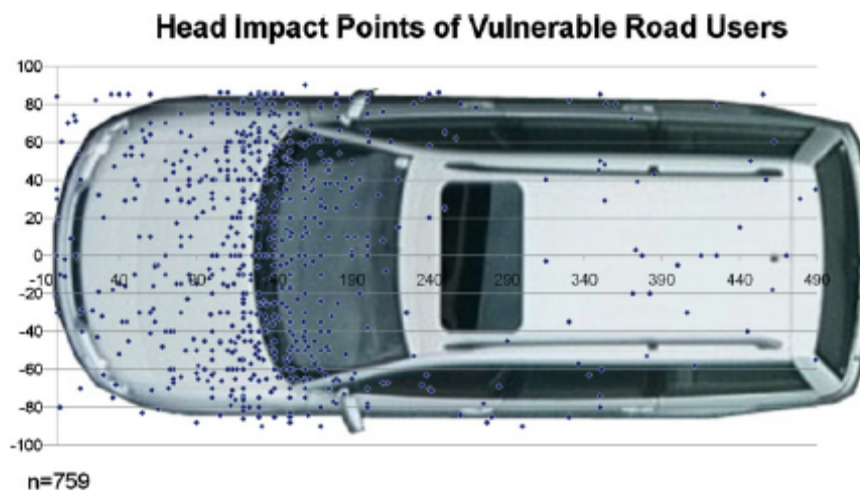
בהשוואה להתנגשויות עם מכוניות או משאיות, פגיעות ראש חמורות (+ AIS 2) הן באופן תכוף יותר.

ניתן לראות בשחזור התאונה המפורט שרוב פגיעות הראש מתרחשות על משטחים שטוחים (89% מראשי האופנוענים, 93% מראשי רוכבי האופניים), במיוחד הפגיעות הצידיות נרשמו כחמורות.

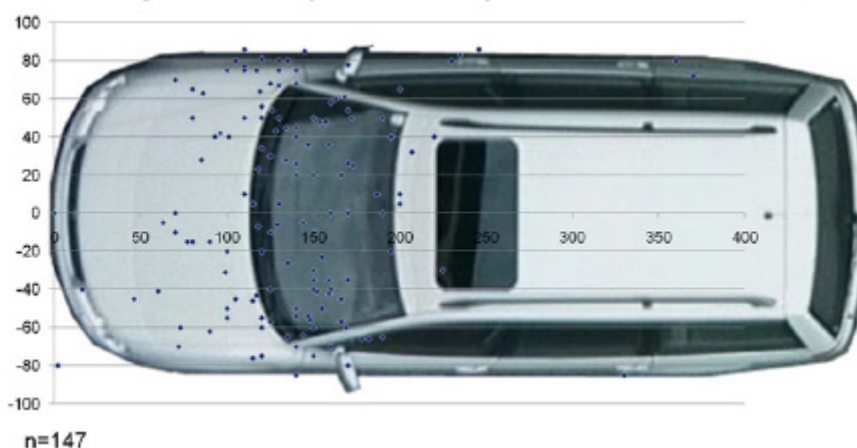
מנקודת מבט זו הקסדה התקנית הנוכחית צריכה להיות עם סדנים שטוחים ובעלי קצוות.

**טבלה 1:** תרשים של אזורי גוף פצועים למשתמשי הדרך הפגיעים

	Pedestrians (n= 2035)	Bicyclist (n= 3958)	Motorcyclists (n= 2189)
Head	50.4%	35.6%	16.8%
Neck	4.5%	5.2%	7.3%
Thorax	19.2%	24.4%	21.7%
Upper extr.	38.2%	46.1%	44.3%
Abdomen	6.9%	6.1%	6.4%
Pelvis	14.9%	13.5%	13.8%
Lower extr.	67.4%	62.6%	71.9%



**איור 4.** נקודות השפעת הראש של משתמשי דרך פגיעים על מכונית (n = 759)



איור 5. נקודות פגיעת הראש של משתמשי הדרך במכוניות AIS, n = 147, +3 פציעות ראש.

### 3. מסקנות

מניתוח חומרת התאונות של משתמשי הדרך הפגיעים עולה כי רוכבי אופניים הם משתמשי הדרך הבטוחים ביותר בשל העובדה שכשהם מתנגשים עם מכונית, מהירות ההתנגשות של המכונית נמוכה באופן משמעותי לעומת התנגשות עם הולכי רגל או רוכבי אופנוע. כמו כן, שימוש בקסדת אופניים מסייע במניעת פציעות קשות. אמנם פציעות התאונה החמורות של רוכבי אופנוע הן באופן ברור גבוהות יותר מאלה של הולכי רגל, אך רוכבי אופנוע סובלים מפגיעות פחות חמורות בשל שימוש תכוף בקסדות ובביגוד מגן. כך נותרים הולכי הרגל כפגיעים ביותר בקרב משתמשי הדרך הפגיעים.

אמנם התפוצה של פציעות תאונה היא בינונית, אך בהיעדר בגדים מגוננים, הולכי הרגל לעתים קרובות סובלים מפציעות קשות ביותר.

שכיחות גבוהה של פציעות אירעה לכל משתמשי הדרך הפגיעים בגפיים העליונות והתחתונות. הזרועות נפגעות בתדירות גבוהה, במיוחד אצל רוכבי אופניים (46%), הרגליים נפגעות בתדירות גבוהה במיוחד אצל רוכבי אופנוע (72%). לפיכך, אמצעים לייעול ושימור עצמי אופטימלי באמצעות שימוש בבגדים המגנים על הגוף גם באופניים הם יעילים במיוחד.

התנגשות עם מכונית מתרחשת בקרב משתמשי הדרך הפגיעים בשיעור הגבוה ביותר (הדומיננטי).

כאן פגיעות הראש הן רלוונטיות במיוחד, כי הן מתרחשות בתדירות גבוהה יחסית ויש להן פוטנציאל גבוה לפגיעות חמורות. המיקום של התנגשות הראש במכונית, מצד אחד מושפע ממהירות המכונית ומהירות משתמש הדרך, ומצד שני משפיע על תוצאות הפגיעה.

הנקודות של התנגשות הראש במכונית היו ממוקמות בעיקר באזור של החלק האחורי של מכסה המנוע; אלה של פציעות הראש הקשות בדרגת AIS + 3 היו באזור של השמשה הקדמית.

בתאונות עם הולכי רגל הדבר ידוע, אך המספר הגבוה של תאונות שבהן מעורבים רוכבי אופניים ואופנועים מצדיק דיון מחודש ואכיפה של צעדים בתחום זה.



עם זאת, ההתנגשויות מתרחשות בעיקר עם דגמי מכוניות ישנים יותר. יש להביא זאת בחשבון, כיוון שאמצעים חדשים הם בעלי השפעה על אירוע הבטיחות בטווח ארוך.

בנוסף, לתאונות שנבעו מסוגים שונים של סיבות, יש פוטנציאל ספציפי ליצירת פציעות קשות.

חובה להביא בחשבון דבר זה, כדי לנקוט באמצעים מסוימים למניעת תאונות אלה, ולהוריד את חומרת הפגיעה הרבה כאשר התאונה כבר מתרחשת.

לרוכבי אופנוע, להפחתה של תאונות שנגרמו על ידי כשלים בהערכת מידע ועקב שגיאות תכנון יש פוטנציאל להפחית 87% מהפציעות הקשות (MAIS 3+).

לראות (VISION) ולהסחת דעת אין שום תפקיד כשמדובר בפציעות קשות. ואילו עבור רוכב אופניים, המקור של פציעות קשות מפוזר באופן נרחב יותר על כל סוגי הטעויות האנושיות, והולכי רגל במחצית מהמקרים גורמים לתאונות עקב כישלונות בעיבוד מידע.

הסיבות השכיחות הן הסחת דעת או אי תשומת לב למשתמשים אחרים בכביש בשל אסטרטגיה שגויה של תצפית, שמהווה גורם למחצית מהפציעות קשות.





[www.rsa.gov.il](http://www.rsa.gov.il)