

AEAi

לשכת המהנדסים
האדריכלים והאקדמאים
במקצועות הטכנולוגיים
בישראל

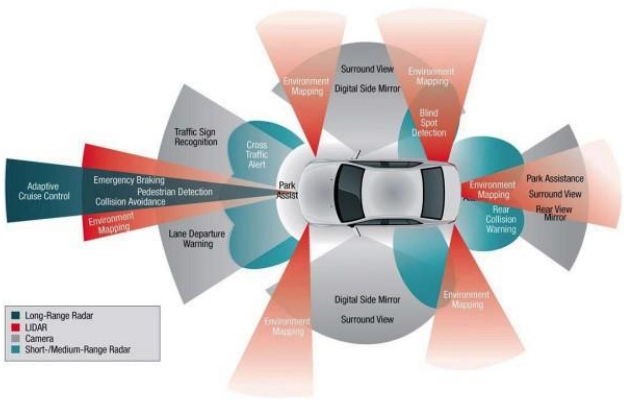
ITS האיגוד הישראלי למערכות תבוניות
לתחבורה בלשכת המהנדסים

הכנס ה 40 להנדסת רכב ותחבורה חכמה 2023

מושב ראשון: "מערכות תבוניות לתחבורה ובטיחות
הולכי רגל" – יו"ר המושב: ד"ר משה בקר, חבר
הנהלת איגוד ITS ישראל ומערכות אוטונומיות



הבקרה והבטיחות של הרכב האוטונומי



היעד: "אפס נפגעים בתאונות הולכי רגל" חלק ב': "בינה מלאכותית AI להתמודדות עם תאונות הולכי רגל בישראל ע"י

ד"ר משה בקר, מנהל אקדמי, תחבורה ובטיחות בדרכים, מכללת הגליל

זיהוי ומניעת תאונות הולכי רגל

זיהוי הולכי רגל בחציה



בקרת חציה של הולכי רגל



"חזון האפס" - "VISON ZERO" במניעת תאונות הדרכים



השאלה הנשאלת: האם "חזון האפס" הוא ריאלי או אשליה שלא ניתנת להגשמה!?

התשובה היא: אף שנראה כי קשה יהיה להגיע לאפס הרוגים ופצועים קשה, בכל זאת, קביעת יעד זה מהווה עקרון ואמת מידה, המחייבים את המאמץ של הממשלות והרשויות לפעול להשגת היעד זה, דבר שיביא להפחתה משמעותית בבעיית תאונות הדרכים ובחומרתה.

מהו "חזון האפס"?.. האם הוא ריאלי?!

- ב 1997 החליט פרלמנט של שבדיה:

"שבדיה תאמץ כיוון חדש במאמצי לקידום הבטיחות בדרכים בנקיטת מדיניות ארוכת-טווח ועמדה לפיה, אין להשלים עם מוות או פגיעה חמורה של אדם כתוצאה של תאונת דרכים במערכת התחבורה", פועל יוצא של מדיניות זו הוא שעיצוב המערכת ותפקודה מחייבים התאמה לדרישות "חזון האפס".

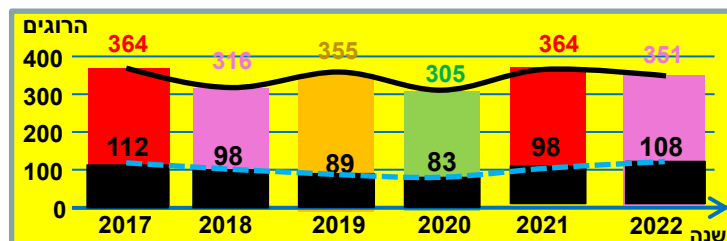
- "חזון האפס" מתואר כמדיניות חדשנית בנושא קידום הבטיחות בדרכים ויהיה שונה מעמדות המדיניות המסורתיות שהתקיימו בתחום זה בעבר.

"חזון האפס" אומץ בחלק ניכר של מדינות המערב המתקדמות והערים בארה"ב, קנדה, האיחוד האירופי, אוסטרליה ועוד.

- במסגרת זו נבחן גם את התאמת המדיניות לישראל בכלל, ולטיפול בבעיית תאונות הולכי הרגל בפרט.

הצגת הבעיה

- בשנת 2022 התרחשו בישראל 55,355 תאונות דרכים עם נפגעים בנוסף לכ- 450,000 תאונות נזק בלבד
- בתאונות אלה נפגעו 77,354 נפגעים: **364 הרוגים**, 2460 פצועים קשה, 74,530 פצועים קל (נחקרו 10,404)



- ב- 6 השנים 2017-2022 הייתה תמונת הרוגי תאונות הדרכים בכלל וההרוגים הולכי הרגל, ראה תרשים בצד שמאל:

בשנת 2005 העמידה "ועדת שיינין" יעדים כמותיים של הפחתת מספר ההרוגים ב- 20% כל 5 שנים והורדת מספר ההרוגים בשנת 2015 אל מתחת ל 300 לשנה. לפי יעדים אלה היינו צריכים לרדת בשנת 2020 אל מתחת ל 240 הרוגים ולקראת 2025 אל מתחת ל 200.

— ס"ה הרוגים שנתי
 - - - - ס"ה הרוגים הולכי רגל שנתי

- מקום המדינה ועד סוף 2022 נהרגו בתאונות הדרכים: **32,632 נפש**
- מקום המדינה ועד סוף 2022 נהרגו במלחמות ופיגועים: **22,100 נפש**

הנזק הכלכלי מתאונות הדרכים בשנת 2022 נאמד בכ- **17 מיליארד ₪**
 הנזק הכלכלי הממוצע מתאונות דרכים קטלנית עם הרוג אחד נאמד בכ- **6 מיליון ₪**
 בשנת 2022 נפגעו באופן חמור (הרוגים+ פצועים קשה) ס"ה: **2958 נפגעים (חמור)**
 מתוכם נפגעו **הולכי רגל** באופן חמור, ס"ה: **738 נפגעים (25%)**, הרוגים **108 (30.8%)**, פ. קשה **630 (24.2%)**.
מסקנה: תאונות הולכי רגל מהוות חלק נכבד בתאונות החמורות.

1. מהו חלקה של בעיית תאונות הולכי הרגל בישראל ומה מאפייניה העיקריים!?
2. אילו מאפייני תאונות מחייבים פתרונות חדשניים!?

מדוע חמורה **בעיית תאונות הולכי הרגל** במיוחד בישראל!?

התשובה לכך נעוצה בשתי סיבות עיקריות:

א. **מדינת ישראל היא מדינה קטנה יחסית, אורבאנית וצפופה במיוחד.** בהיותה קטנה מרחקי הנסיעה הם קצרים יחסית ורובם מתקיימים באזורים המטרופוליניים, וכך, תערובת תנועת כלי הרכב והולכי הרגל גדולה במיוחד באזורים האורבאניים הצפופים. תערובת זו מגדילה משמעותית את מצבי הניגוד (קונפליקטים) וסיכוני הבטיחות להולכי הרגל.

ב. **בהיותה של המדינה, צעירה יחסית עם עלייה נמשכת,** וחלקי אוכלוסיה בעלי מאפיינים שונים (החרדים והערבים) מתקיים ערב רב של תרבויות **וחסרונה של תרבות אחידה.** במצב זה וללא חינוך מספק וללא אכיפה מספקת, מתקיימים תנאים של אי התחשבות בזולת, נטילת סיכונים, והגברת מצבי הסיכון לתאונות. הצפיפות, הגודש וחוסר בתשתית מספקת, מעודדים חריגה מנורמות התנהגות בטוחות, דבר המורגש מדי יום בנהיגה בכבישי הארץ "כל דאלים גבר".

במצב זה, בנוסף להתקנה והתאמה של **אמצעי ITS** למצבי התנועה והסיכונים השונים, יש להיעזר לכן גם **בחינוך, בהדרכה והסברה באמצעי התקשורת, ואכיפה בנוכחות מרתיעה** וההפרדה בין אוכלוסיות השונות של משתמשי הדרך.

בעיית תאונות הולכי הרגל בישראל: לפי נתוני הלמ"ס ב 10 השנים 2010-2019 היה חלקם של ההרוגים הולכי הרגל בישראל **31.3%** בממוצע מכלל ההרוגים, (כ 100 בממוצע לשנה) עם סטיית תקן של $\pm 3.6\%$. המצב בישראל חמור בהשוואה לממוצע של מדינות ה-OECD, שעמד על 20%, ובארה"ב, באותה תקופה, הממוצע היה 15%. גם אירופה וגם ארה"ב רואים את בעיית תאונות הולכי הרגל כחמורה ולפי הפרסומים האחרונים במדינות אירופה וארה"ב עלה נושא זה לטיפול בעדיפות גבוהה. כיום נעשים מאמצים רבים לפתח את נושא יישום פתרונות ITS להתמודדות עם הבעיה:



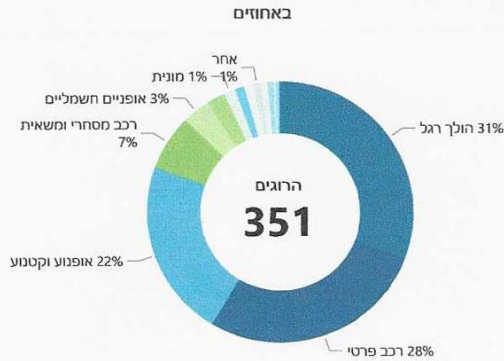
בישראל עם כ 3000 תאונות הולכי רגל שנחקרות לשנה כ- 600 פצועים קשה וכ- 100 הרוגים מידי שנה, הבעיה חמורה מאד והנזק הכלכלי מתאונות **הולכי הרגל** בשנת 2022 מסתכם לפי אומדן הוא **כ- 3.7 מיליארד ₪**.

הכוונה בהצגת הדברים לשים דגש בהתמודדות עם
בעיית תאונות הולכי הרגל בישראל ביישום אמצעי ITS

תאונות הולכי רגל בישראל 2022



הרוגים בשנת 2022 לפי משתמש דרך



במספרים מוחלטים

| משתמש דרך | מספר הרוגים |
|----------------------|-------------|
| הולכי רגל | 108 |
| רכבים פרטיים | 98 |
| אופנועים וקטנועים | 77 |
| אופניים | 8 |
| אופניים חשמליים | 12 |
| רכבים מסחריים ומשאית | 24 |
| אחר | 18 |
| קורקינטים חשמליים | 4 |
| אוטובוסים | 2 |

CBS, Road Accidents With Casualties 2021, General Summaries

למ"ס, תאונות דרכים עם נפגעים 2021, סיכומים כלליים

מאפייני תאונות הולכי הרגל לפי פעולה:
 לוח 1.14 תאונות דרכים שבהן היה מעורב הולך רגל, לפי סוג דרך, חומרה ופעולת הולך הרגל

| היה על הפרדה | עמד על הכביש | שיחק על הכביש | הלך | | | סך כולל | פעולת הולך רגל |
|------------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------|------------------------|-------------|----------------|
| | | | נגד כיוון התנועה | בכיוון התנועה | לא חצה את הכביש סך הכל | | |
| Was on separation area | Stood on road | Played on road | Opposite to traffic | With traffic | Total | Grand total | סוג דרך וחומרה |
| 5 | 41 | 2 | 3 | 7 | 430 | 2,494 | כל התאונות |
| | 5 | | | 1 | 23 | 98 | קטלניות |
| 4 | 12 | 2 | 2 | 1 | 105 | 612 | קשות |
| 1 | 24 | | 1 | 5 | 302 | 1,784 | קלות |

| Type of road and severity | לא ידוע | Crossed the road | | | | Did not cross the road | | | Was on sidewalk | |
|---------------------------|---------|------------------|-------------|-------------|-----------|------------------------|-------|---------------|-----------------|----------|
| | | לא במעבר | | במעבר חצייה | | סך הכל | אחר | היה על המדרכה | | |
| | | לא ידוע | לא ליד צומת | ליד צומת | בלי רמזור | | | | | עם רמזור |
| All accidents | 94 | 48 | 349 | 81 | 1,244 | 248 | 1,970 | 290 | 82 | ס"ה |
| Fatal | | 2 | 31 | 11 | 16 | 15 | 75 | 12 | 5 | קטלניות |
| Serious | 93 | 16 | 151 | 29 | 153 | 65 | 414 | 56 | 28 | קשות |
| Slight | 1 | 30 | 167 | 41 | 1,075 | 168 | 1,481 | 222 | 49 | קלות |

רוב תאונות הולכי הרגל החמורות הן במעבר החצייה עם או בלי רמזור התאונות בחצייה לא במעבר חמורות במיוחד בין הצמתים

תאונות הולכי רגל בישראל 2022

מאפייני תאונות חמורות* של הולכי הרגל לפי פעולה (ממצאים בולטים):

1. חלק גדול של התאונות החמורות אירע בעת חציה במעבר החציה (35%) ללא רמזור (24%) וחלק קטן יותר בחציה עם רמזור (11%)
 2. חלק ניכר ארע בחציה לא ליד צומת (26%)
 3. חלק ניכר ארע בתאונות לילה (29%)
 4. בפעולה על הכביש ולידו לא בחציה ארעו (18%)
- *תאונות חמורות: עם הרוגים ופצועים קשה



CBS, Road Accidents With Casualties 2021, General Summaries

למ"ס, תאונות דרכים עם נפגעים 2021, סיכומים כלליים

לוח 1.14 תאונות דרכים שבהן היה מעורב הולך רגל, לפי סוג דרך, חומרה ופעולת הולך הרגל

| סוג דרך וחומרה | 2021 | | | | | | פעולה הולך רגל |
|----------------|-----------------|--------|------------------|---------|---------------------------------|---------|----------------|
| | לא חצה את הכביש | הלך | | סך כולל | ס"ה לילה קטלניות לילה קשות לילה | סך כולל | |
| | | סך הכל | נגד כיוון התנועה | | | | |
| כל התאונות | 701 | 35 | 169 | 430 | 2,494 | | |
| קטלניות | 23 | 1 | 1 | 23 | 98 | | |
| קשות | 105 | 2 | 1 | 105 | 612 | | |
| קלות | 302 | 1 | 5 | 302 | 1,784 | | |

רוב תאונות הולכי הרגל החמורות הן במעבר החציה עם או בלי רמזור התאונות בחציה לא במעבר חמורות במיוחד בין הצמתים חלק ניכר של התאונות החמורות מתרחש בשעות החשכה

| סוג דרך וחומרה | Pedestrian's action | 2021 | | | | | | סך הכל | אחר | סך הכל | ס"ה קטלניות קשות קלות | |
|----------------|---------------------|------------------|-------------|--------------|------------------------|--------|-----|--------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------|
| | | לא ידוע | | | חצה את הכביש | | | | | | | Was on sidewalk |
| | | Crossed the road | | | Did not cross the road | | | | | | | |
| | | לא במעבר | | | במעבר חציה | | | | | | | |
| All accidents | לא ידוע | לא במעבר | | במעבר חציה | | סך הכל | אחר | סך הכל | ס"ה קטלניות קשות קלות | | | |
| | | Not in crosswalk | | In crosswalk | | | | | | | | |
| | | לא ידוע | לא ליד צומת | ליד צומת | בלי רמזור | | | | | עם רמזור | | |
| Fatal | לא ידוע | לא במעבר | | במעבר חציה | | סך הכל | אחר | סך הכל | ס"ה קטלניות קשות קלות | | | |
| | | Not in crosswalk | | In crosswalk | | | | | | | | |
| | | לא ידוע | לא ליד צומת | ליד צומת | בלי רמזור | | | | | עם רמזור | | |
| Serious | לא ידוע | לא במעבר | | במעבר חציה | | סך הכל | אחר | סך הכל | ס"ה קטלניות קשות קלות | | | |
| | | Not in crosswalk | | In crosswalk | | | | | | | | |
| | | לא ידוע | לא ליד צומת | ליד צומת | בלי רמזור | | | | | עם רמזור | | |
| Slight | לא ידוע | לא במעבר | | במעבר חציה | | סך הכל | אחר | סך הכל | ס"ה קטלניות קשות קלות | | | |
| | | Not in crosswalk | | In crosswalk | | | | | | | | |
| | | לא ידוע | לא ליד צומת | ליד צומת | בלי רמזור | | | | | עם רמזור | | |

שיטה להתאמת אמצעי AI לבעיית סיכוני תאונות הולכי הרגל – מעבר לגישות המקובלות

בחינה כמותית של תאונות הולכי רגל לפי מאפייני פעולה ומצבי סיכון של הולך הרגל והנהג ומאפייני רלבנטיים של בקרת התנועה, הראות ו/או התשתית

בעיית הולך הרגל

בעיית הנהג

נושא לפתרון

מצב סיכון



8

יישומי AI

רשימת ביקורת

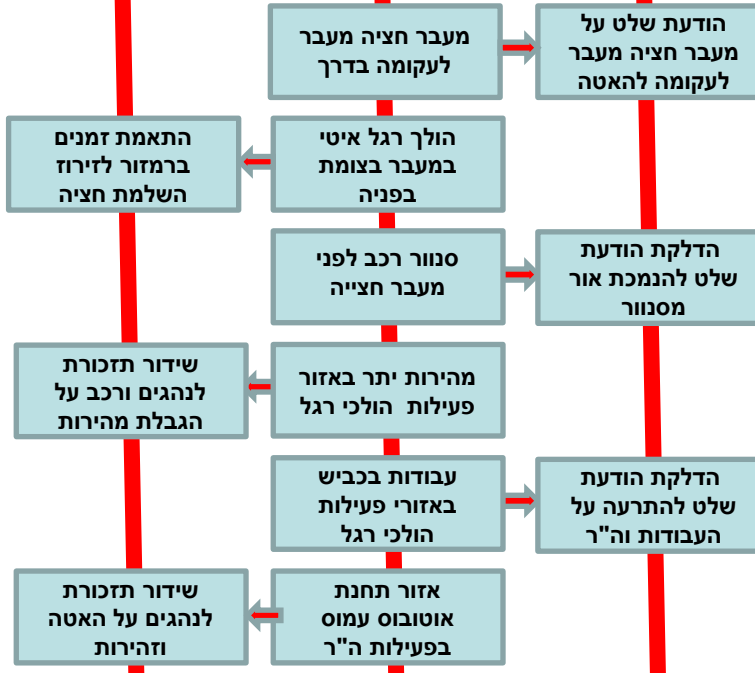
ו/או בקרת תנועה

בעיות תשתית וראות

נושא לפתרון

מצב סיכון

נושא לפתרון



יישומי AI

רשימת ביקורת

יישומי AI

נושא לפתרון

מצב סיכון



רשימת ביקורת

יישומי AI

ליישומי בינה מלאכותית AI יש פוטנציאל עצום במניעת תאונות הולכי הרגל החמורות, במיוחד לנוכח חוסר התייחסות מספקת בעבר לבעיית הולכי הרגל במערכת התחבורה



בהתאם למתודולוגיה שהוצגה לעייל נחלק את אפשרויות היישום של פיתוחי ה AI לפי הבעיות והדגשים לטיפול בהם:
א. שיפור הבטיחות מול הולך הרגל, ב. השיפור מול הרכב והנהג, ג. השיפור מול מערכות התשתית, הראות ובקרת התנועה.

מימוש ויישום בינה מלאכותית מקיים את חזון עוד משנת 2002: במצגת זו נעסוק בעקר בבטיחות הולכי הרגל

AUTOMOTIVE RESEARCH CENTER Active Safety Technologies



NHTSA's vision



NHTSA2002 חזון

Vehicle Active Safety 8

יישום AI למניעת תאונה וחומרתה: זיהוי הבעיה, העברת המידע לנהג/רכב, ולהולך הרגל ולמערכות הבקרה והתשתיות



דוגמאות קונספטואליות לזיהוי כלי רכב והולכי רגל במצבי סיכון

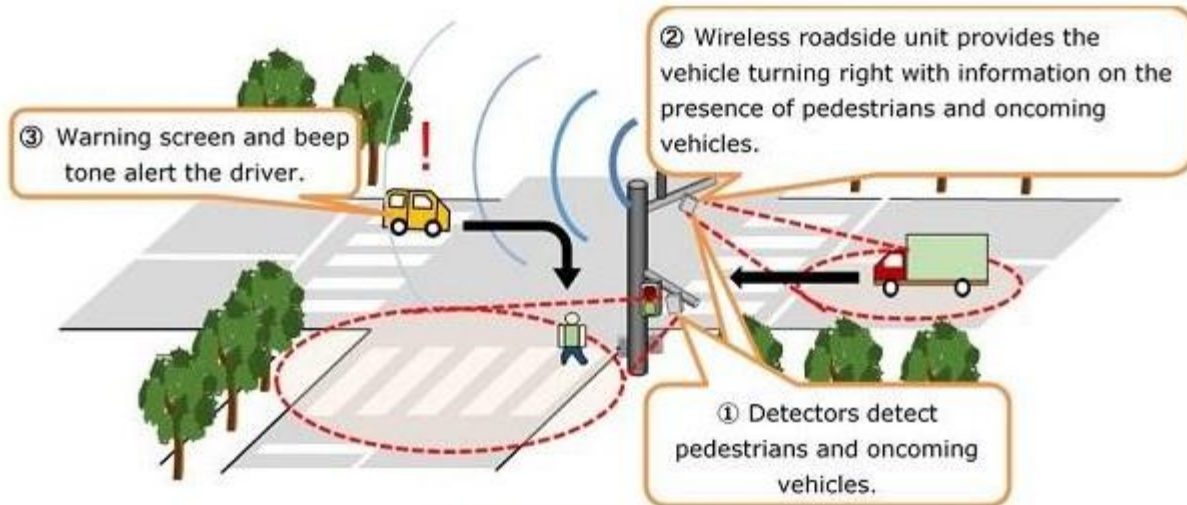


Fig.2 Rendered image of a DSSS

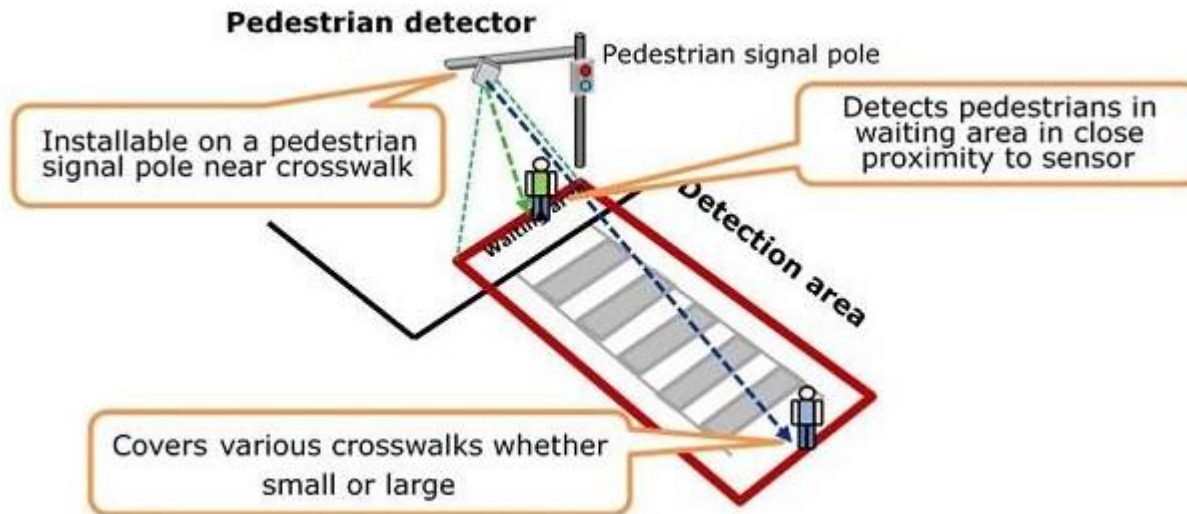


Fig.3 Rendered image of installed detector

בנסיעה ישירה וחציה ניצבת

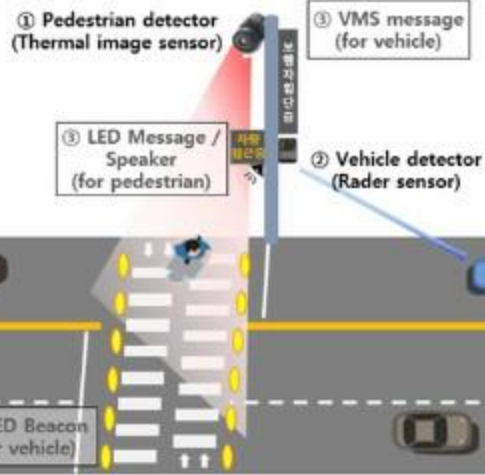


Figure 1. Conceptual diagram of field application.

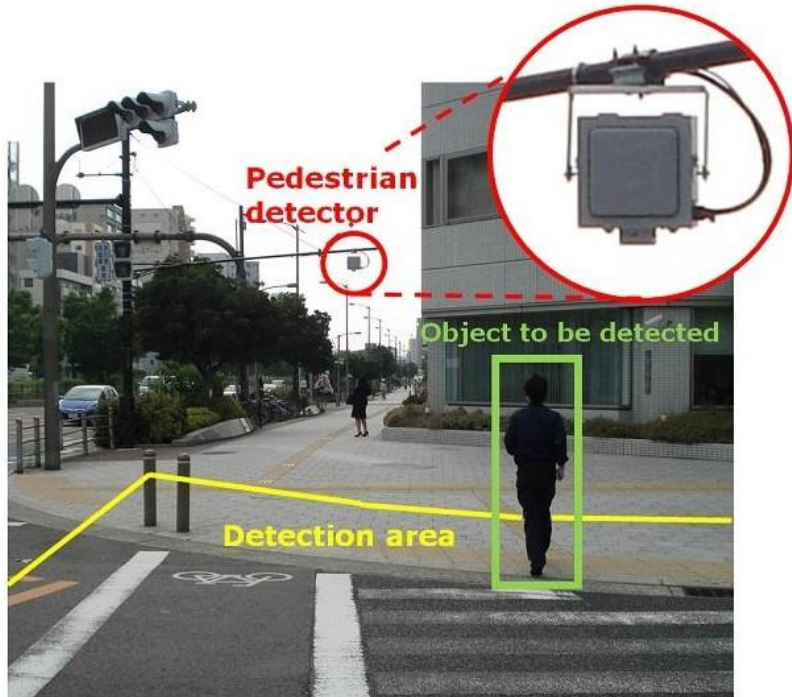


Fig.1 Pedestrian detector

מניעת תאונות הולכי רגל במעבר החציה:

- זיהוי הולך רגל חוצה במעבר
- זיהוי רכב מתקרב לפי כיוון ומהירות
- התרעה קולית וחזותית להולך הרגל על התקרבות הרכב
- התרעת מסך והתרעה קולית (צופר) לנהג על התקרבות לה"ר

האמצעים:

- חיישן זיהוי רכב כיוונו ומהירותו
- חיישן זיהוי הולך הרגל וכיוון החציה
- העברת המידע למערכת בקרה ממוחשבת לקבלת החלטות להתרעה
- מסכי התרעה והצגה חזותית להולכי רגל על רכב מתקרב וגורם סיכון
- אלגוריתמיקה ותקשורת עם כלי הרכב להעברת הודעה והפעלת קול

בפניית רכב בצומת וחציה במעבר בזרוע הנצבת

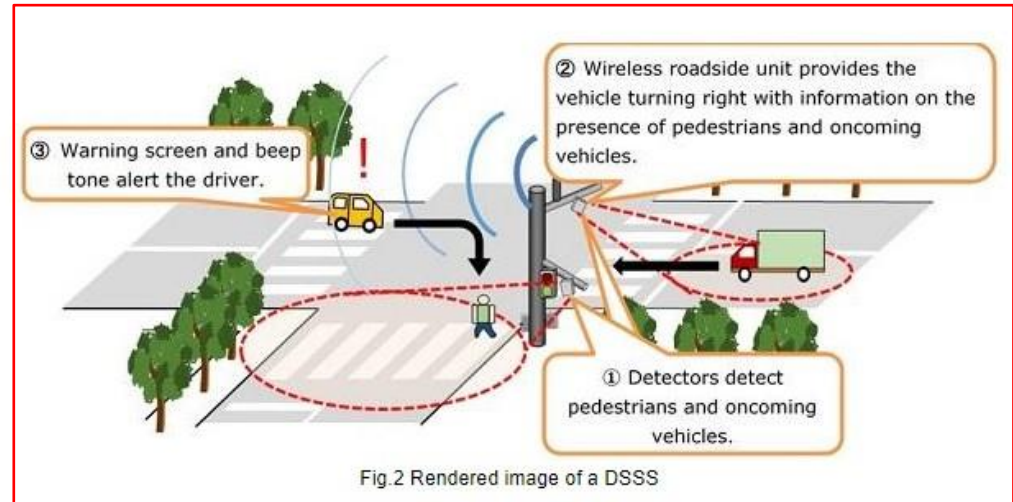


Fig.2 Rendered image of a DSSS

פיתוח ד. קוראני להתראה על התקרבות רכב למעבר חציה להולך הרגל ולנהג



צג להולך הרגל במעבר עם הבלטת הסיכון לרכב מתקרב למעבר לפי צבע הרכב



הופעת התראת רכב מתקרב בצג הטלפון הנייד



הופעת הולך הרגל בצג הרכב עם מסר קולי לנהג

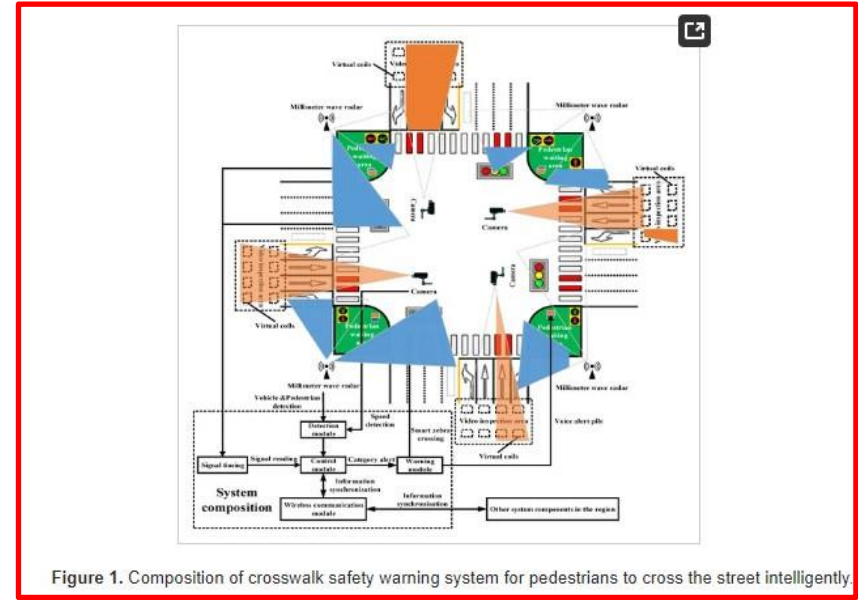


Figure 1. Composition of crosswalk safety warning system for pedestrians to cross the street intelligently

צומת מרומזר עם בקרה בטיחותית מלאה למעבר כלי רכב וחציית הולכי רגל

הבלטה נוספת להסדרת חציה בטוחה מתואמת רמזור עבור הולכי הרגל וכלי הרכב המתקרבים



תאורת קרקע על המדרכה באדום למניעת חציה באדום



תאורה לצידי מעבר החציה להבלטתו לנהגים מתקרבים, בפילה תאורה מפני הכביש



תאורה על מעבר החציה ומתוך פני הכביש למניעת חציה באדום



מעבר חציה מוסדר המסמן לנהגים תמונה על הולכי רגל חוצים



Škoda developing unique car grille tech

17 April 2023

Skoda Smart Grille can tell pedestrians when it's safe to cross the road

By James Attwood

e-Cars 12 Apr 2023

א. הרכב מסמן להולך הרגל שבטוח לחצות



הגברת הבטיחות ע"י העברת מסרים להולך הרגל ולנהג ע"י הרכב

עוד פיתוח

יוזמה של יצרנית "סקודה" להתקין בחזית הרכב מסר להולכי הרגל לאפשרות חציה בטוחה או המתנה

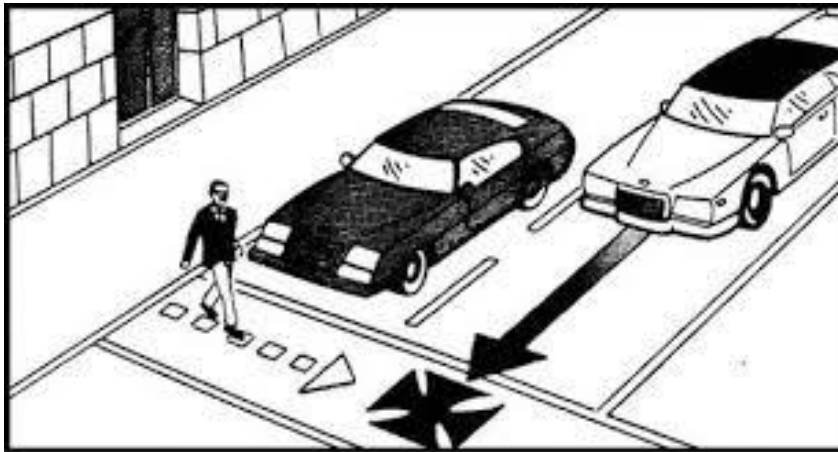
א. כאשר הרכב מתקרב ומאט הוא מאפשר להולך הרגל לחצות בבטחה הוא מסמן לנהג בחזיתו על אפשרות החציה (למטה משמאל). ב. כאשר מהירות הרכב גדולה ולא יוכל לבלום בבטחה לפני הולך הרגל הוא מסמן אתראת זהירות באדום (למטה מימין).

ב. הרכב מסמן להולך הרגל שלא לחצות

the machine is approaching a crossing and unable to stop it can also show a clear sign warning pedestrians not to cross.



המובילאיי מעביר מסרי בטיחות לנהג בתוך הרכב, פיתוח זה יעביר מסרי בטיחות לנהגים מאחור



מניעת סיכון בעקיפה על מעבר החציה



9 מסרים שונים ניתן להקרין על החלון האחורי: מסר A: אל תעקוף הולכי רגל חוצים במעבר



17 מסר B: סכנה ! אתה קרוב – שמור מרחק!!!



מסר A: סכנה ! אל תעקוף – הולכי רגל חוצים!!!

פיתוחים נוספים אפשריים עם קליטה ברכב:

בצד יישום המובילאיי היעיל להתרעה על מציאות הולכי רגל בדרך בחשכה, ניתן לפתח אמצעים רבים נוספים, כמו כפתור משדר נוכחות הולך רגל לפי הדוגמה המובאת כאן:



התרעת לפני התנגשות בהולך רגל
חיזוי לגבי סיכון להתנגשות בהולך רגל.



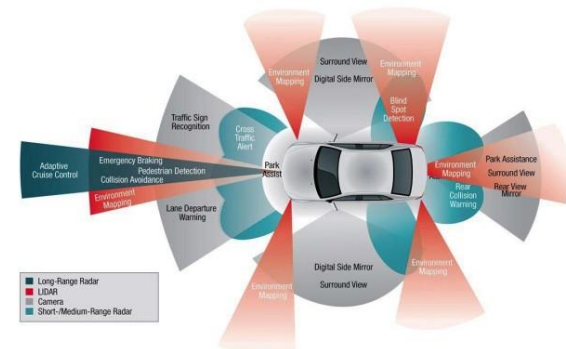
Mobileye® 630 / 630 Pro

סדרה 6



הולך רגל באזור הסכנה

זוהה הולך רגל באזור הסכנה – מרווח הזמן להתנגשות אינו קריטי



ד"ר משה בקר, יועץ מדעי והנדסי

הגדרה שיטתית של בעיות הבטיחות בדרכים ופיתוח ויישום הפתרונות תוך שימוש בטכנולוגיות מתקדמות מקיימים פוטנציאל משמעותי בהפחתת התאונות, הנפגעים וחומרת הפגיעה. זה בידינו



התפרצות
ילדים
בהפתעה

חוסר מודעות
לסכנות הדרך

וסיכוני בטיחות
רבים ונוספים



הסח דעת בשימוש
בנייד בחציית הכביש



Pedestrians in Barcelona jaywalking with red light



ד"ר משה בקר, יועץ מדעי והנדסי

סיכום מסקנות והמלצות

סיכום

1. בעיית תאונות הדרכים בישראל חמורה וגובה מחיר כבד בחיי אדם, נפגעות ונזק כלכלי.
2. תאונות הולכי הרגל הן מרכיב משמעותי בבעיה, ו"תורמות" כשליש מההרוגים ורבע מהפצועים באופן חמור.
3. השיטות הרגילות למניעה ופתרון בעיית הולכי הרגל ולא הפחיתו מחלקה הדומיננטי.
4. מדינת ישראל כמדינת הייטק ו"סטארטאפ" מקיימת פוטנציאל משמעותי לפיתוח כלים למניעת תאונות הדרכים.
5. נושא תאונות הולכי הרגל הוא נושא ראשון במעלה כדי להגיע להישגים משמעותיים בצמצום הבעיה וחומרתה.

מסקנות

6. גישה שיטתית לאיתור מצבי הסיכון לתאונות ולמציאת והגדרת פתרונות לבעיה מחייבים יישום אמצעי AI.
7. פוטנציאל המניעה והפחתת החומרה של תאונות אלה גדול והשקעת המשאבים בכיוון זה מוצדקת ביותר.
8. פיתוח של אמצעי בינה מלאכותית AI בתחום זה תתרום גם מבחינה כלכלית בהיות המדינה מדינת הייטק.
9. יישום מחקר ואמצעי מנע בתחום זה עשוי להביא לתוצאות חיוביות בתוך זמן קצר יחסית.
10. נושא תאונות הולכי הרגל הוא נושא ראשון במעלה כדי להגיע להישגים משמעותיים בצמצום הבעיה וחומרתה.

המלצות

11. מומלץ שמשרד התחבורה והרלב"ד יעלו את נושא הטיפול במניעת תאונות הולכי הרגל בסדר קדימות גבוה.
12. יש לבנות תכניות לאיתור פרטני של בעיית התאונות לפי מאפיינים, במקום ובזמן.
13. יש לקדם את פעילות המחקר והפיתוח הטכנולוגי של אמצעי מניעת התאונות והפחתת חומרתן בתקצוב מתאים.
14. יש לבנות תכנית חומש ליישום פתרונות בתחום זה בהגדרת היעדים, הערכות מערכתית ותקצוב מתאים.
15. קידום הנושא מחייב חקיקה ותקינה מתאימים ותקצוב מתאים ויפה שעה אחת קודם כפרויקט לאומי.

ה"חיפושיות" קבעו דרך טרם זמנם ולפני המחנה

WE CAN TOO - גם אנחנו יכולים



שאלה: האם גם אנחנו יכולים לעמוד בקצב הפיתוח והיישום!?

לשכת המהנדסים בישראל



E. Miroš.

בינתיים פתרון ITS רלבנטי למזרח התיכון

תודה על
ההקשבה
שאלות?
הערות?

