



מערכת מידע גיאוגרפית לניתוח נתונים תחבורתיים

דו"ח מסכם

שלמה בכור

תומר טולדו

סמדר מוריק

במימון משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – יחידת המדען הראשי

יוני 2018



תוכן עניינים

4	רקע ומטרות	1
5	מדדי גודש	2
8	מתודולוגיה	3
8	נתוני קלט למחקר	3.1
8	רשת דרכים	3.1.1
11	תאונות דרכים	3.1.2
11	נתוני קופסא ירוקה	3.1.3
12	Open street map	3.1.4
13	מהירויות נסיעה בזרימה חופשית	3.1.5
	סינון הנתונים	13
14	התאמת רשתות	3.2
14	התאמת רשתות - TMC ולמ"ס	3.2.1
15	התאמת תאונות לרשת TMC	3.2.2
16	מתודולוגיה לביתוח נתוני הקופסא הירוקה	3.2.3
16	עקרונות האלגוריתם - Map Matching	3.2.4
20	התאמת מסלולי נסיעה ואירועי בטיחות לרשת TMC	3.2.5
21	התאמת סגמנטים לרשת	3.2.6
22	מנגנון אוטומטי לחישוב מדדי מהירות	3.3
25	תוצאות התאמת רשתות	4
25	התאמת רשת למ"ס לרשת TMC	4.1
27	התאמת בסיסי נתונים גיאומטריים	4.2
28	התאמת רשת TMC לרשת התכנון	4.3
30	התאמת אירועי נהיגה לרשת כבישים - Map matching	4.4
33	התאמת מסלולי נסיעה ואירועי בטיחות לרשת TMC	4.5
37	התאמת רשת TMC ל Open Street Map	4.6
40	מהירות נסיעה בזרימה חופשית	5
40	ניתוחים סטטיסטיים ברמה הארצית - כלי רכב פרטיים	5.1
49	החריגות הגבוהות ביותר	5.2
52	ריכוז תוצאות לפי אזור וסוג רכב	5.3



54	השוואה בין תקופות	5.4
55	מודל לחיזוי חריגה במהירות	5.5
60	מהירות נסיעה על פני היממה	6
69	סיכום	7
69	המשך מחקר	7.1
70	מראי מקום	8
71	נספח א' – נתוני מהירויות שעתיות ברשת דרכים TMC לשנת 2016	9



1 רקע ומטרות

על רקע מחקרים קודמים שבוצעו עבור משרד התחבורה, המחקר הנוכחי מתמקד במטרות הבאות:

- לבחון מדדי תנועה, תשתית ובטיחות אשר יאפשרו לנטר בצורה רחבה ורציפה את רשת הדרכים הבינעירונית, למפות אזורי תורפה ולתת כלים למתכנני תחבורה לעקוב ולנהל את רשת הדרכים בצורה יעילה ובטוחה.
- לבחון את שיטת איסוף נתוני המהירות מבוסס GPS ובדיקת מהימנותם באמצעים סטטיסטיים תוך השוואתם לשיטות מדידה קונבנציונאליות וחדשניות (google api).

כדי להשיג מטרות אלו, נדרשות פעולות רבות, אשר מהוות את שלבי המחקר:

- הקמת בסיס נתונים גיאוגרפי המשלב נתוני תחבורה ובטיחות: נתוני תשתית ונפחי תנועה, מהירויות נסיעה, תאונות דרכים עם נפגעים, ואירועי נהיגה
- אימות נתוני מהירות: השוואת מהירויות נסיעה מבוססי GPS למהירויות שנמדדו בשיטות מדידה סטנדרטיות (גלאים ומצלמות) ושיטות חדשניות (google api).
- פיתוח מודל סטטיסטי לקשר בין התפלגות המהירות ממדידות לבין מאפייני הדרך (סוג דרך, מהירות מותרת, טופוגרפיה, מספר נתיבים, עקמומיות)
- פיתוח מדדים לבחינת הקשר בין מהירויות נסיעה לנתוני תשתית תחבורה ובטיחות על פי זמני הנסיעה בשבוע: מהירויות ממוצעת, סטיית תקן, אחוזון 85, נפחי תנועה, סוג דרך, מספר נתיבים, מצב שוליים, מפרדה, מספר תאונות ונפגעים, ואירועי נהיגה

דוח זה מורכב מהפרקים הבאים: פרק 2 סוקר בקצרה מדדי גודש. פרק 3 מתאר את המתודולוגיה להקמת בסיס נתונים גיאוגרפי המשלב נתוני תחבורה ובטיחות. פרק 4 מציג את תוצאות התאמת הרשתות. פרק 5 מציג תוצאות של מהירויות נסיעה בזרימה חופשית, אשר מהוות בסיס למדדי הבטיחות.



2 מדדי גודש

המחקר של בר גרא ואחרים (2015) עבור משרד התחבורה סקר באופן מקיף טכנולוגיות שונות למדידת רמת שרות של רשת הדרכים הבינעירונית, ולכן אין צורך לחזור על הספרות בנושא. לכן, פרק זה מביא סקירה קצרה של מדדי גודש שונים.

באופן כללי, על פי Mayer (1994), המאפיינים הנדרשים למדדי גודש חייבים להיות:

- בעל משמעות ברורה, אינטואיטיבית, כך שזה מובן לאנשי מקצוע בתחומים אחרים.
- מקובלים ושימושיים לאנשי מקצוע תחבורה.
- מאפשרים להשוות בין תקופות שונות ובין אזורים גיאוגרפיים (מתקנים, מסדרונות, תת - אזורים ומטרופולינים).
- מאפשרים ניטור רציף בעלויות סבירות
- קשורים מבחינה פונקציונלית למדדים אחרים (למשל, מאפייני ביצועי הדרכים)
- מבוססים על שיטות סטטיסטיות מוכחות.

יתר על כן, על פי הדו"ח הסופי שהוכן עבור FHWA (Turner et al., 2004), מדד גודש צריך לקיים את התכונות הבאות:

- שימוש בנתונים זמינים ונגישים.
- כיסוי - הוא חייב להיות מסוגל להשתמש בנתוני רשת תחבורה זמין כקלט על מנת להעריך את ההשפעה המערכתית של הגודש.
- איכות - נתוני התפוקה צריכים להיות מדויקים.
- תקנים - התפוקה צריכה להיות בצורה המאפשרת להשוואה לתפוקה שהגיעה לשימוש בנתונים מאזורים שונים.

במחקר של Bertini (2005) בוצע סקר בקרב אנשי מקצוע בתחבורה כדי להגדיר גודש. לא במפתיע, רוב חברי הקבוצה לא יכלו להסכים על הגדרה סמכותית. אותה תוצאה התרחשה כאשר המומחים נשאלו על אופן מדידת הגודש. בנוסף, רק 18% מהמומחים ציינו כי מדד הגודש בשימושם היה מדויק מספיק.

כדי להתגבר על הבעיה של כימות, Vaziri (2002) ניהל גישה סקר שונה, שעבורו הוא פיתח מדד עוצמת העומס (Congestion Intensity Index), אשר התבססה על קטעי וידאו תנועה שהוצגו למומחי תחבורה. כל סרטון הכיל תרחיש של דקה אחת, והנשאלים התבקשו לבחור תווית לכל אחד מהם כ"לא גודש", "גודש סביר" או "גודש לא סביר". הסרטים הראו דרגות שונות של עומס, אשר ייצגו המשתנים התלויים של הניתוח, ואילו המשתנים הבלתי תלויים היו: מהירות נסיעה, שיעור נסיעות, שיעור עיכוב, יחס שיעור נסיעה ושיעור עיכובים. המשתנים הבלתי תלויים נבחרו משום ש:

- הם היו ישימים למגוון רחב של ניתוחי גודש.



- הם שימשו בכמדדי גודש במחקרים קודמים.
- הם יכולים לתאר עוצמת גודש באופן רציף או בדיד.
- הם נמדדו בקלות בכל תרחיש.
- הם היו ברורים לאנשי מקצוע בתחום התחבורה.
- הם שיקפו את ההשפעות של הגודש על זמני הנסיעה.

המחבר מצא יחס ליניארי עבור מהירות הנסיעה ואת יחס עיכוב. עבור שיעור נסיעות ושיעור עיכוב היחס שנמצא הוא לוגריטמי.

סוגים שונים של ספים שימשו למדידת גודש. המחברים (Skabardonis et al. (2003) הגדירו גודש כאשר מהירות הממוצעת של כלי הרכב הנוסעים על כבישים מהירים קטנה מ- 60 מייל לשעה. הם פיתחו מתודולוגיה כדי למדוד את סה"כ העיכובים (המחזוריים והבלתי מחזוריים). הגודש חושב על ידי הסכום של כל עיכובים, כלומר סך זמן הנסיעה בפועל חוצה את הכביש המהיר, פחות זמן הנסיעה במצב ללא גודש. הם הניחו כי מהירות הזרימה החופשית היא 60 מייל לשעה. אם מהירות הרכב היא מעל ערך זה, העיכוב הוא אפס.

החוקר Bertini (2005) ציין כי במינסוטה, גודש הכביש המהיר מוגדר ככלי רכב הנעים במהירות של 45 מייל לשעה או פחות. (Kwon et al. (2006) חקרו את מרכיבי גודש בצורה מפורטת יותר. הם חילקו גודש לתוך המרכיבים הבאים:

- תאונה - גודש הנגרם על ידי אירועים, אשר יכול להיות מופחת על ידי תגובה מהירה יותר
- אירוע - גודש הנגרם על ידי אירועים מיוחדים, אשר יכול להיות מופחת על ידי מידע ציבורי ותיאום עם המעבר
- נתיב - גודש הנגרם על ידי סגירת נתיבים, אשר יכול להיות מופחת על ידי תזמון טוב יותר של סגירת נתיבים
- מזג אוויר - גודש הנגרם על ידי תנאי מזג אוויר, אשר יכול להיות מופחת על ידי ניהול הביקוש.
- עודף - עיכוב שיורי, שנגרם במידה רבה על ידי דרישה העולה על הזרימה המקסימלית הקיימת.

ארבעת המרכיבים הראשונים שייכים לגודש לא-חוזר (non-recurrent congestion), ואילו האחרון שייך לגודש חוזר (recurrent congestion). הגודש נמדד על ידי העיכוב מהזמן האידיאלי, שהוגדר כזמן הנסיעה במהירות זרימה חופשית. בגלל הקושי למדידת מהירות זרימה חופשית, הזמן האידיאלי התבסס על מהירות זרימה של 60 מייל לשעה, בדומה למחקר של (Skabardonis et al. (2003).

קיימות הגדרות נוספות של ספים המשמשים להגדרת גודש. Cottrell (1993) השתמש בנתונים מהמערכת לניטור ביצועי הכביש (Highway Performance Monitoring System), עם ערך סף לגודש של יחס



נפח/קיבולת של 1.0 עבור כבישים מהירים. החוקרים (Lorenz and Elefteriadou (2001) בצעו חישובים עבור ערכי זרימה משתנים. התוצאה שהם קיבלו היא שלא ניתן לשמור על מהירות סף של 90 קמ"ש.

הסקירה של (Rao and Rao (2012) על מדדי גודש הראתה חוסר אחידות בכל הקשור להגדרת המדדים. הטבלה הבאה מסכמת את ממצאי המאמר:

רציפות	עצמת הגודש	מחזוריות	יציבות	קלות להשגת נתונים	פשטות	
כן	כן	כן	כן	כן	כן	מהירות
כן	לא	כן	כן	כן	כן	זמן נסיעה
כן	לא	כן	לא	לא	לא	עיכוב
כן	לא	כן	לא	כן	כן	יחס נפח-קיבולת

המחקר הקודם של בר גרא ואחרים (2015) סותר חלק גדול מהממצאים המוצגים בטבלה לעיל. המחקר הראה כי ניתן למדוד עיכובים בצורה פשוטה יחסית, וגם למדוד את עצמת הגודש. עם זאת, ניתן לסכם כי קיים תמימות דעים בין מומחים בעולם שמהירות הנסיעה הינו מדד מקובל.



3 מתודולוגיה

פרק זה מתאר את מתודולוגיית המחקר ושלבי העבודה העיקריים. סעיף 3.1 מתאר את נתוני הקלט למחקר. סעיף 3.2 מפרט את עיבוד הנתונים והתאמתם, כולל ביצוע map matching המאפשר התאמה בין רשתות מבוססות נתונים גיאוגרפיים, וסעיף 3.3 מתאר את המנגנון האוטומטי לחישוב מדדי מהירות. תרומה יחודית למחקר היא בהנגשת המידע הגיאוגרפי לציבור ולמתכנני תחבורה, על ידי שימוש ברשת OSM אותה ניתן להפיץ באופן חוקי, ללא בעיה של זכויות יוצרים. חלקים מסוימים בדוח הוצגו כבר בעבודות קודמות. הם מובאים כאן לצורך שלמות וכדי לאפשר קריאה רציפה של הנושאים הנדונים.

3.1 נתוני קלט למחקר

3.1.1 רשת דרכים

רשת TMC הינה רשת דלילה של כבישים המייצגת עורקים ראשיים. הרשת מוגדרת על ידי קטעי כבישים בקואורדינטות גיאוגרפיות (אורך ורוחב). הרשת מכוונת וכוללת מידע נומרי ואלפא-נומרי על קטעי הכבישים: צמתי מוצא ויעד, שם הכביש ומספרו. הרשת מוצגת באיור 1. סה"כ 1552 קטעי כביש ברשת באורך כולל של 8,969 ק"מ.



איור 1: קטעי כביש ברשת TMC

רשת למ"ס מוגדרת באופן אלפא נומרי ואינה כוללת קואורדינאטות של הכבישים הנכללים בה. הרשת מסווגת לסוג הכביש, עירוני ובין עירוני. הרשת הבין עירונית מוגדרת על ידי מספר הכביש והקילומטר הרץ, כאשר, נקודת ההתחלה וסיום הכביש מוגדרים באופן שרירותי על ידי הלמ"ס (איור 2). לעומתה, הרשת העירונית, מוגדרת על ידי שמות הרחובות המצטלבים בכביש. בנוסף, הרשת אינה מכוונת והתאונות מוגדרות בקטעי דרך ללא הגדרת כיוון הנסיעה. הסיבה לכך היא שבתאונות קיים קושי בקביעת כיוון הנסיעה.



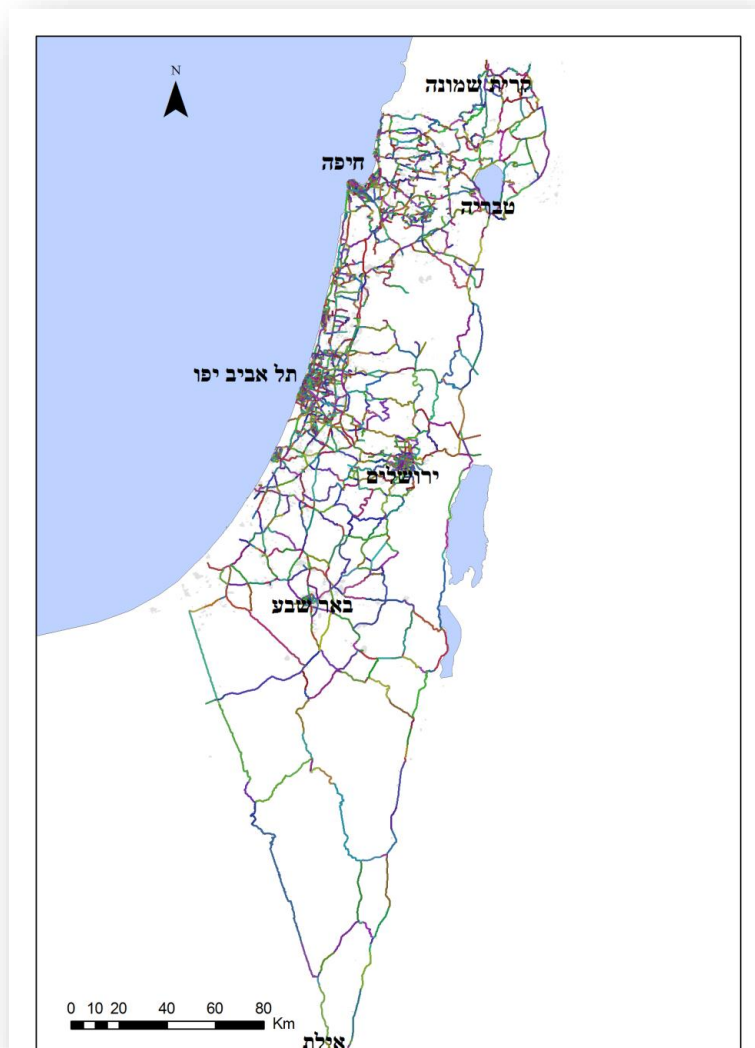
דרך 1 קטע 10 ממחלף קיבוץ גליות עד מחלף גנות

ת י א ו ר ה מ ק ו ם

ק"מ	ש ם ה צ ו מ ת
0.0	מחלף קיבוץ גליות
0	
1	
2	
3	
3.3	כניסה לחברת חשמל, ת"א
3.7	צומת
3.8	צומת
4	

איור 2: קטע מרשת למ"ס

בנוסף, קיימים צמתים ברשת למ"ס. אלו הם צמתים בין עירוניים הכוללים מידע על הכבישים החוצים אותם לצורך קביעת מהירויות מותרות ושילובם בהמשך עם מידע על תאונות דרכים.



איור 3: רשת לצרכי תכנון, המודל הארצי של משרד התחבורה.



3.1.2 תאונות דרכים

מסד הנתונים של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מבוסס על קובץ מנהלי שמתקבל מדי חודש ממשטרת ישראל. הקובץ מכיל את התאונות שדווחו למשטרה, ושנפתח עבורן תיק תאונה במשטרת ישראל. המידע בפרסום מסד הנתונים כולל תאונות שנפגעו בהן בני אדם ושסווגו במשטרה בסוג תיק "תי"ד" (תיקי תאונות דרכים עם נפגעים). מסד הנתונים מפורסם מדי שנה וכולל מספר קבצים: קובץ תאונות, קובץ מעורבים וקובץ רכב. קובץ תאונות, הכולל מידע כללי על תאונות דרכים: מספר תאונה פיקטיבי, סוג הדרך בה התרחשה התאונה, זמן התאונה, חומרת התאונה (קלה קשה קטלנית), מיקום התאונה (קואורדינטות) וכדומה. קובץ מעורבים, הכולל מידע על נפגעים שהיו מעורבים בתאונות הדרכים: מספר תאונה פיקטיבי, קבוצת גיל ומין הנפגעים, חומרת הפגיעה (הרוג, פצוע קשה, פצוע קל) ופרמטרים נוספים רפואיים על משך תקופת האשפוז ומועד השחרור. קובץ רכב, הכולל מידע על כלי רכב המעורבים בתאונות דרכים.

מחקר זה כלל את מסדי נתוני התאונות לתקופה של שלוש שנים 2013-2015 והתמקד בשני קבצים: תאונות ומעורבים לזיהוי מיקום התאונה, זמן התרחשותה, חומרת התאונה וחומרת הנפגעים בה.

3.1.3 נתוני קופסא ירוקה

בשנים האחרונות, פותחו טכנולוגיות המנטרות והמתעדות את התנהגות הנהג וכלי הרכב בזמן הנסיעה. בעזרת ההתקנים ברכב ניתן לשחזר, בכל זמן נתון, את מיקומו המדויק של הרכב, את מהירות נסיעתו, כוון התקדמותו, תאוצות צידיות, ועוד. עקב זמינות הנתונים מסוג זה, במכוני מחקר באירופה ובארה"ב התעורר עניין לשילוב נתונים אלו בתחומי המחקר של בטיחות בדרכים. תחום המחקר אשר עוסק בתיעוד וניתוח של התנהגויות הנהגים בזמן הנהיגה מוכר בשם "נהיגה טבעית" (Naturalistic driving).

"הנהיגה הטבעית" מאפשרת לספק מידע מפורט בנוגע לדפוסי הנהיגה והגורמים המתקשרים עם אירועים קריטיים, אירועים הקרובים להתנגשות והתנגשויות. בפרויקט שמובילה עמותת "אור ירוק" כבר לאורך מספר שנים, מבוצע איסוף נתוני "הנהיגה הטבעית" בעזרת "קופסאות ירוקות" המותקנות ב-200 כלי רכב. בנתונים שנאספו קיים ניטור רציף במהלך הנסיעה הכולל נתונים על מיקום כלי הרכב, מהירות הנסיעה, תאוצות ובלימות של הרכב ועוד.

מערכת ניטור זו משמשת לרישום ועיבוד נתוני נהיגה בזמן אמת, במטרה לסווג ולתת חיווי על דפוסי נהיגה ולהתריע כאשר מזוהה דפוס נהיגה בעייתי. איסוף הנתונים מבוצע באמצעות חיישנים ממערכות הרכב השונות כגון: היגוי, בלימה, ספידומטר, גז וצריכת דלק. מטרתה של עיבוד הנתונים היא לשקלל את נתוני החיישנים כדי לסווג את דפוס הנהיגה של הנהג. אירועי הבטיחות הנקלטים במכשיר ("הקופסא הירוקה") כוללים 20 קטגוריות אותם ניתן לשייך לתאוצה, בלימה, מהירות מופרזת, החלפת נתיב ופניות.

הנבדקים במחקר של "אור ירוק", בעלי הקופסאות הירוקות ברכביהם, חולקו לארבע קבוצות לפי סוג ההתרעה/המשוב על אירועי הבטיחות שהתרחשו במהלך הנהיגה, כלהלן:

קבוצה 1 - ניטור באמצעות התרעה ברכב ושליחת הודעה מיידית לאתר אינטרנט;

קבוצה 2 - ניטור באמצעות התרעה ברכב ושליחת הודעה מותנית לאתר;



קבוצה 3 - ניטור באמצעות התרעה לאתר בלבד ;

קבוצה 4 (קבוצת הביקורת) - ניטור ללא התרעה ברכב וללא הודעה באתר.

מחקר זה מתמקד, בפעם הראשונה, בניתוח נתוני מיקום "הקופסא הירוקה" שהתקבלו **מכלל הקבוצות**. בחינה זו מספקת מידע עשיר ומציאותי על אופן הנהיגה בכבישים, ללא הטיה בבחירת הקבוצה (גיטלמן ואחרים, 2013).

מרבית המחקרים העוסקים בנתוני "הקופסא הירוקה" כוללים ניתוח של המידע שנאסף מהרכב כגון: מידע על הזמנים והמשכים של נסיעות, מרחקי הנסיעות, מיקום הרכב, מהירותו והתאוצות באופן רציף, שמירת מרחק, מעבר נתיב ופרמטרים של המנוע ומערכות הרכב (כגון: שימוש בחגורות בטיחות, פליטת מזהמים, מצב דוושות הגז והבלמים וכדומה). אולם, למרות שמערכות אלו כוללות, לרוב, רישום של נתוני מיקום באמצעות מכשיר GPS הן לא משייכות את המיקום לכביש, על פי סוגיו השונים ומאפיינים מרחבים נוספים. לכן, חלק זה במחקר הנוכחי מתמקד בנתוני המיקום של הרכב, כדי לשייך אירועים בנהיגה למודל המרחבי של רשת הכבישים (מפה דיגיטלית), קרי לקטעי הכבישים בהם נצפו האירועים.

Open street map 3.1.4

כדי לאפשר שימוש נרחב ונגישות למידע, תוך מתן כלים למתכנני תחבורה או זקוקים למידע וקטורי אותו ניתן להפיץ באופן חוקי. Open street map (OSM) הינו פרויקט שיתופי ליצירת מפה חופשית של כדור הארץ. הפרויקט שנוסד בשנת 2004, על ידי סטיב קוסט, הפך למלכ"ר ב - 2006 במטרה לעודד צמיחה, התפתחות, ותפוצה של מידע גיאומרחבי.

תהליך קליטת הנתונים נעשה על ידי משתמשים רשומים המעלים מסלולי GPX (מסלולים המכילים קואורדינטות המתקבלות מ-GPS) ויכולים לערוך את המידע הוקטורי הקיים בעזרת כלי העריכה של הפרויקט. הפצת המידע הוקטורי מתאפשרת במתן קרדיט ל OSM.

כיום, OSM, נחשב למקור אמין של מידע וקטורי דו ממדי. בהקשר זה, אחד המחקרים הנודעים בתחום, נערך ב-2010 בלונדון (Haklay, 2010), הציג השוואה בין בסיס נתונים של OSM לבסיס הנתונים הבריטי הלאומי (Ordnance Survey). המחקר הראה כי ההסטה הממוצעת אינה עולה על 6 מטרים.

מחקר דומה, אשר נערך בצרפת (Girres and Touya, 2010), הציג תוצאות דומות עבור נתוני הכבישים. באזורי ספר, בשל מספר נמוך של תורמי מידע, התקבל כיסוי חלקי והסטות גדולות.

מחקר אחר (Neis et al. 2011), שנערך בגרמניה בין השנים 2007-2011 מתייחס לשלמות המידע והציג כי במקרים מסוימים, מידע המוצג ב-OSM מעודכן במהרה ועולה על הכיסוי המוצע במפות מסחריות בתשלום.



בשל נגישות המידע, עדכונו, ואפשרות הפצתו, יוצג בהמשך תהליך המרת קטעי הכביש ברשת TMC לקטעי כביש ב-OSM.

3.1.5 מהירויות נסיעה בזרימה חופשית

מקור הנתונים מחברת Decell ומחקר זה כולל נתוני התפלגות מהירות לתקופה של שנה, מפברואר 2015 ועד ינואר 2016.

מלבד הסיווג על פי סוג הרכב, נתוני התפלגות המהירות מסווגים לקטגוריות על פי זמנים הכולל הבחנה בין ימי חול לסוף השבוע ושעות יום מול שעות לילה. הקטגוריות מוצגות בלוח הבא:

לוח 1: סיווג נתוני מהירות לפי תקופות יום במדגם

Symbol	Day	Hours
WorkDayD	Sunday - Thursday No holiday/holiday eve	06:00 - 22:00
WorkDayN		22:00 - 06:00
FridayD	Friday and holiday eve	06:00 - 22:00
FridayN		22:00 - 06:00
SaturdayD	Saturday and holiday	06:00 - 22:00
SaturdayN		22:00 - 06:00

נתוני התפלגות מהירות ברשת TMC המתארים זרימה חופשית (Free Flow). הנתונים מסווגים לקטגוריות המבוססת על סוג כלי הרכב על פי החלוקה הבאה: כלי רכב פרטיים, אוטובוסים ומשאיות. ייצוג זרימה חופשית מתאפשר על סמך סינון תצפיות בעומסי תנועה וברמזורים. בזמן עומסי תנועה מסוננות התצפיות בזמן העומס, ובטווח של 15 דקות לפני ואחרי זמן העומס. תצפיות בקרבת רמזורים מסוננות 40 מטרים לפני ואחרי המעבר ברמזור.

סינון הנתונים

לצורך ייצוג זרימה חופשית ויצירת אחידות עם ניתוחי מהירות מפרויקטים קודמים בוצע סינון תצפיות מהנתונים הגולמיים שהתקבלו מ-Decell. תהליך זה בוצע כשלב משלים לסינון התצפיות של חברת Decell. הסינון מתייחס לזמן התצפית, לאזורה הגיאוגרפי, סוג הכביש ולכמות התצפיות בקטע TMC באופן הבא: בדרכים בעלות 1-2 ספרות בלבד, ללא דרכים חד-מסלוליות, מסוננות תצפיות בהם זמן התצפית מקביל לשעות העומס על פי אזורים הגיאוגרפי. בצפון מסוננות תצפיות בין השעות 06:00-09:00, 16:00-19:00. במרכז מסוננות תצפיות בין השעות 07:00-10:00, 16:00-19:00. באזור הדרום לא נדרש סינון תצפיות. בנוסף לסינון זה ולצורך מובהקות סטטיסטית קטעי TMC בהם מספר התצפיות הכולל לתקופה של שישה חודשים קטן מ-300 לא נכללו בניתוח. השלב הראשון במחקר כלל התייחסות לכבישים בין עירוניים.



3.2 התאמת רשתות

3.2.1 התאמת רשתות - TMC ולמ"ס

כיום, אין מאגר ציבורי ונגיש המרכז את נתוני המהירויות המותרות בכבישים. מבסיסי מידע ממחקרים שונים שבוצעו במכון לחקר התחבורה קיים מידע על מהירויות מותרות ברשת למ"ס (לשכה מרכזית לסטטיסטיקה). בנוסף, מידע על תאונות דרכים קיים אף הוא ברשת למ"ס. לכן, קיים צורך בסנכרון והתאמה בין רשתות TMC ולמ"ס.

לצורך סנכרון והתאמה בין הרשתות, TMC ולמ"ס, התקבל מהלמ"ס מידע על צמתים בין עירוניים, הכולל מידע נומרי ואלפא נומרי: שם הצומת, מספרי הכבישים החוצים את הצומת ומספר הקילומטר של הצומת בכביש. למידע הנומרי התווסף מידע על קואורדינטות הצמתים ברשת ישראל החדשה (ITM). כאשר מטרת סנכרון הרשתות היא לקשר בין בסיסי המידע כך שלכל קטע TMC ישויד מספר כביש וקילומטר על פי הגדרות רשת למ"ס.

תהליך הסנכרון וההתאמה בין הרשתות מורכב משני שלבים עיקריים, השלב הראשון כולל סנכרון בין מערכות קואורדינטות ליצירת מרחב ייחוס משותף לשתי הרשתות. השלב השני כולל קישור בין בסיסי המידע כך שהמעבר מרשת אחת לאחרת יהיה מיידי. מערכת הייחוס המרחבית שנבחרה ליצירת בסיס מרחבי משותף לשתי הרשתות היא רשת ישראל החדשה (ITM). הסיבה לבחירת מערכת ייחוס זו נובעת מכך שמידע על תאונות דרכים קיים ברשת הלמ"ס, בה צמתי הרשת נתונים ב-ITM. בחירה במערכת ייחוס זו תאפשר שילוב של נתוני התפלגות המהירות עם מידע על תאונות דרכים באופן פשוט ויעיל.

לאחר יצירת בסיס מרחבי משותף לשתי הרשתות והפיכת רשת TMC לרשת לא מכוונת, קישור בין בסיסי המידע מהווה בעייה טופולוגית מרחבית, של התאמת אוסף נקודות (צמתים) לקווים (כבישים). הקושי בהתאמה נובע מדיוק קביעת מיקום הצמתים והקווים במרחב, ניוון מימדים בייצוג הגיאומטרי של צומת כנקודה וכביש כקו, והשוני באיות שמות הצמתים או מספרי הכבישים. כתוצאה מכך קיים קושי בחיבור נאיבי (Join) של בסיסי המידע מבוסס מיקום מרחבי או תכונות דוגמת שם הכביש או הצומת. לעומתם, חיבור (Join) מבוסס על שילוב של מיקום ותכונות יאפשר לצמצם את כמות המועמדים לחיבור ובכך יפחית קישורים שגויים. חיבור משולב זה מתחשב בתכונות הנתונים-מספר הכביש, המשותף לרוב לצומת ולקטע כביש TMC, ומתחשב במיקום המרחבי ובדיוק הנתונים בהגדרת סביבת חיפוש לקישור בין צומת לקטע כביש. החיבור מאפשר קישור בין בסיסי המידע בשיטת 1 to 1 כך שלכל צומת משויד קטע כביש TMC אחד בלבד.

מיון קטעי כביש TMC על פי מספר הכביש ומיון נוסף פנימי של מספר הקילומטר הרץ, מידע הנלווה לצמתים, מאפשר יצירת בסיס נתונים משותף בו לכל קטע TMC משויד מספר כביש למ"ס וקילומטר רץ



באופן רציף. ישנם מקרים חריגים הנובעים מהגדרות כבישי הלמ"ס וקטעי TMC הדורשים התייחסות שונה. מקרים אלו כוללים הגדרות שרירותיות של הלמ"ס לנקודת התחלה וסיום הכביש או קטעי כביש TMC שאינם מתחילים או מסתיימים בצומת. דוגמא לכך היא כבישי למ"ס המסתיימים בקילומטר רץ כלשהו למרות שבפועל הכביש ארוך יותר, ולכן יש לשייך לנקודת הסיום של הכביש מידע על קילומטר רץ. דוגמא נוספת היא קטעי כביש TMC שאינם מתחילים או מסתיימים בצומת ולכן יש לשייך לנקודת ההתחלה והסיום של הכביש קילומטר רץ שאינו מסתמך על מידע מהצמתים.

הקושי בהתייחסות ותיקון מקרים חריגים אלו נובע מכך שמידע על מיקומם במרחב אינו ידוע כמו גם כמות המקרים. מעבר ידני על בסיסי הנתונים ובדיקת הכבישים אינה אפשרית כיוון שמדובר בבסיסי נתונים גדולים ותהליך שכזה יארך זמן רב. לכן, עלה הצורך ביצירת מנגנון אוטומטי לאיתור שגיאות ובהמשך השלמת המידע החסר. איתור השגיאות מתבסס על מיקומם המרחבי של הצמתים ביחס לנקודות ההתחלה והסיום של קטעי כביש TMC. מרחקן של נקודות TMC אלו מצמתי הלמ"ס נבחן ביחס לערך סף נתון. כאשר המרחק גדול מערך הסף נקודת ה-TMC מסומנת והמידע החסר על מספר הקילומטר הרץ מעודכן. העידכון מתבצע על ידי מדידת האורך היחסי של קטע הכביש. ערך הסף נבחר ל-20 מטרים ומשקלל בתוכו את דיוק מדידת הכבישים באמצעות GPS וניווון מימדים מרחביים של הישויות הגיאומטריות, בהן צומת מיוצגת כנקודה וכביש המיוצג כקו.

לאחר סיום תהליך הסנכרון וההתאמה בין הרשתות, TMC ולמ"ס לכל קטע כביש TMC משויך מספר כביש וקילומטר על הגדרות רשת למ"ס (בכור ואחרים, 2012).

3.2.2 התאמת תאונות לרשת TMC

התאמה בין בסיסי הנתונים (קטעי כביש, מאפייני מהירות ותאונות) כללה שני שלבים: הראשון, בו משויכות התאונות לקטעי הכביש הנחקרים והשני, בו נבחרות התאונות שאירעו במקטעי הכביש.

מסד נתוני התאונות של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מכיל מידע על מיקום התאונה. המיקום מתבטא בקואורדינטות ברשת ישראל החדשה. שדה נוסף מכיל מידע על איכותן של הקואורדינטות הללו, האם הן מבטאות מיקום מדויק או מהוות אמצע כביש או מרכז יישוב. מרבית התאונות בשנים שנבדקו במחקר לא הכילו מידע מדויק על מיקום ולכן לא ניתן לשייכם באופן מרחבי, על בסיס קירבה, לקטעי הכביש הנבחרים. מלבד מיקום גיאוגרפי, לכל תאונה קיים מידע על מספר הכביש והקילומטר בו התרחשה. לכן ניתן לשייכה לקטעי הכביש על בסיס נומרי ואלפא נומרי.

קטעי הכביש ברשת TMC מכילים מידע על צומת התחלה וסיום של קטע הכביש. כל צומת מכילה גם היא מידע על מספר הכביש והקילומטר בו היא נמצאת, כך שניתן לשייך בין קטע כביש לבין התאונות בקטע על סמך מספר הכביש והקילומטר.

לאחר שיוך התאונות לקטעי כביש TMC, מסוכמות מספר התאונות בקטע (תאונות שהתרחשו בכבישים בין עירוניים ולא בצמתים) ומספר הנפגעים (פצועים קל, קשה והרוגים) בו.



3.2.3 מתודולוגיה לניתוח נתוני הקופסא הירוקה

מכשיר "הקופסא הירוקה" מאפשר לקבל מידע על תאוצה, מהירות ומיקום כלי הרכב (אורך ורוחב גיאוגרפיים). האירועים הנקלטים במכשיר נחלקים לשני סוגים: האחד, אירועי מיקום במרווחי זמן קבועים (~ דקה), והשני, אירועי בטיחות בזמן התרחשותם. אירועי הבטיחות הנקלטים במכשיר כוללים 20 קטגוריות אותם ניתן לשייך לתאוצה, בלימה, מהירות מופרזת, החלפת נתיב ופניות.

המחקר הנוכחי שואף לבחון את הקשר בין התרחשות אירועים חריגים בנהיגה לבין מאפייני התשתיות. על מנת לאפשר בחינה זו, תצפיות מיקומי ה-GPS צריכות להתאים לרשת הכבישים על גבי מפה דיגיטלית נתונה. תהליך זה נקרא Map Matching, והוא מהווה תהליך מקדים ליישומים רבים, לרבות עיבוד סטטיסטי במרחב של אירועי נהיגה.

לרוב, גישות של התאמה למפה עוסקות בתצפיות בהן שיעורי דגימת מיקום גבוהים (יש תצפית כל 10-30 שניות). גישות אלו אינן מתאימות במקרים בהן שיעור הדגימה נמוך (כגון: תצפית כל 1-2 דקות בממוצע), כאשר אי הודאות גדלה. במסגרת זו, טכניקת ההתאמה למפה מהווה אתגר בשל קצב הדגימה הנמוך של הנתונים, רמת דיוק של מדידת המיקום ב-GPS והמפה הדיגיטלית.

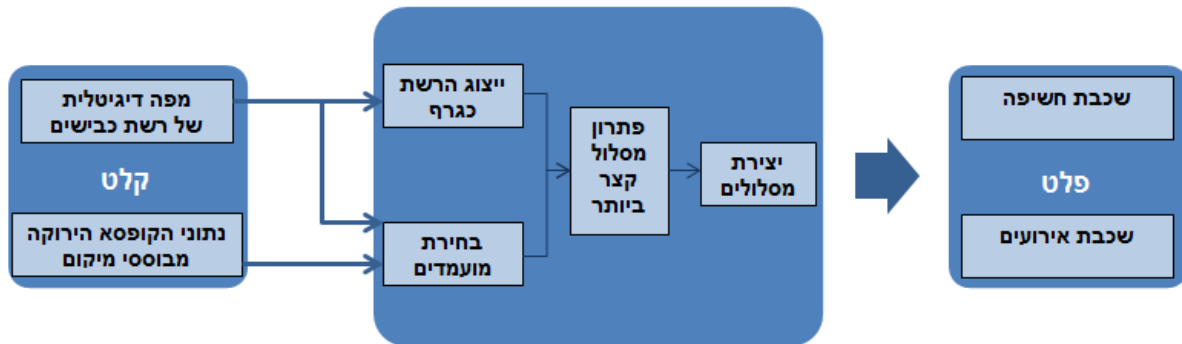
מירב הגישות הקיימות להתאמה מתאפיינות באלגוריתמים מקומיים המעבירים את תצפיות ה-GPS לקטעי הכביש הנמצאים בשכנות להן. התוצאה של גישה לוקאלית זו, המתחשבת רק במיקום נוכחי, מושפעת מאוד מטעויות מדידה של תצפיות ה-GPS. בעוד שלגישות המקומיות זמן חישוב קצר, מידת האפקטיביות שלהן רגישה לירידה בכמות התצפיות. לחלופין, האלגוריתם הגלובלי מתאים את כל תצפיות ה-GPS השייכות למסלול נסיעה מסוים לרשת הכבישים. באופן כללי, הגישה הגלובלית משיגה דיוק טוב יותר אך במחיר גבוה יותר בזמן החישוב. האלגוריתם המוצג במחקר זה מסתמך על רשת הכבישים והמידע המתקבל מהקופסא הירוקה (מיקום, מהירות, כיוון נסיעה וחותמת זמן) ופועל תחת אילוצי זמן ומהירות הנסיעה של מסלולי GPS, ובכך מאפשר לו להיות חסין לירידה בקצב הדגימה.

החלק הבא בתיאור השיטה יעסוק בתהליך התאמת הנתונים למפה באופן גלובלי על מנת להשיג מסלולים של GPS, תוך כדי התמודדות עם המבנה המרחבי הגיאומטרי והטופולוגי של רשת הכבישים והאילוצים על המסלולים הנובעים מאזימוט, מהירות הנסיעה ומאפיינים נוספים.

3.2.4 עקרונות האלגוריתם - Map Matching

בסעיף זה, האלגוריתם שפותח להתאמת נתוני האירועים בנהיגה למפה מתואר בפירוט. השלבים העיקריים של האלגוריתם מתוארים באיור 4.

Map Matching



איור 4: שלבים עיקריים בתהליך ה-Map Matching

לאלגוריתם שני מאפיינים עיקריים:

(1) לכל נקודת דגימת GPS יכול להיות יותר מקטע כביש אחד המהווה מועמד מתאים, דבר התורם לחוסן ולנכונות האלגוריתם.

(2) מניחים כי נהגים נוטים לבחור בדרך הקצרה ביותר בין שתי נקודות רצופות של דגימת GPS. הנחה זו עשויה להיכשל כאשר שיעור הדגימה יורד באופן משמעותי. בשיעור דגימה של פחות מ-2 דקות, הנחה זו מקובלת והגיונית. הפתרון המתקבל משרשור המסלולים הקצרים ביותר בין שתי נקודות דגימה רצופות נאמן וקרוב יותר למסלול האמתי, ולכן גם עשוי להיות שונה באופן מהותי מפתרון המסלול הקצר בין נקודת ההתחלה והסיום של מסלול ה-GPS.

בחירת המועמדים

התזווה האופקית של נקודת ה-GPS ממיקומה האמתי על קטעי הכביש נובע ממספר גורמים:

- מיקום נקודת ה-GPS עם דיוק ממוצע משוער של ± 10 מטרים ברמת מובהקות של 95%.

- השהיה בהקלטת הנתונים של מכשיר ההקלטה ("הקופסא הירוקה").

- הייצוג הפיסי ברשת הכבישים על גבי המפה הדיגיטלית, בה כבישים בעלי מספר נתיבים מיוצגים כקו אחד המהווה את מרכז הכביש.

- שגיאות המיקום בתהליך קליטת המפה (דיגיטציה) של הקווים המייצגים את מרכזי הכבישים.

בחינה של מקבצי נתונים שונים הובילה להערכה כי התזווה במיקום הינה פחותה מ-50 מטרים ברמת מובהקות של 99%.



עבור כל תצפית GPS, מתבצע חיפוש אחר קטע כביש מקביל ברשת הכבישים באמצעות שלושה מרחקים ניצבים $[r_1 \ r_2 \ r_3]$, המסודרים בסדר עולה מקטן לגדול. בכל מרחק, כיוון הנסיעה הנקלט מתצפיות ה-GPS נבחן ביחס לאזימוט הכביש ולערך סף δ . אם במרחק הנוכחי לא נמצאו קטעי כביש מתאימים, מתבצע חיפוש במרחק גדול יותר. לעיתים, במיוחד בתחילת נסיעה, דרוש זמן סנכרון בין לווייני ה-GPS למכשיר ההקלטה. כתוצאה מכך תצפיות אלו עלולות להיות מרוחקות עד מאוד מהמיקום האמיתי של כלי הרכב. לכן, במידה ולא נמצא כלל קטע כביש מתאים לתצפית ה-GPS האלגוריתם ממשיך לתצפית הבאה.

חישוב המסלול הקצר ביותר

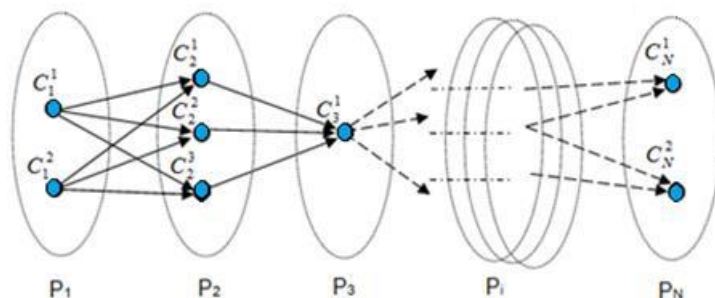
רשת הכבישים מיוצגת בגרף מכוון בו המועמדים הם קטעי הכביש המהווים חלק מהגרף. עקיבה אחר מסלול הנסיעה מתרגמת לבעיית המסלול הקצר ביותר, בה המרחקים הם המשקלים על הקשתות:

$$d(p^*) = \sum_{i \in p^*} d(i) = \min \left(\sum_{i \in p} d(i) \right)$$

כאשר p הוא המרחק בין שתי נקודות GPS, כאשר כל נקודת GPS משויכת לקטע אחר; p^* הוא המרחק הקצר ביותר בין שני מקטעים; $d(i)$ הוא משקל הקשת. סט מועמדי מקטעי הכביש בהם עלות הנסיעה היא הנמוכה ביותר הינה הנתיב הקצר ביותר ומהווה פתרון למסלול רצוי.

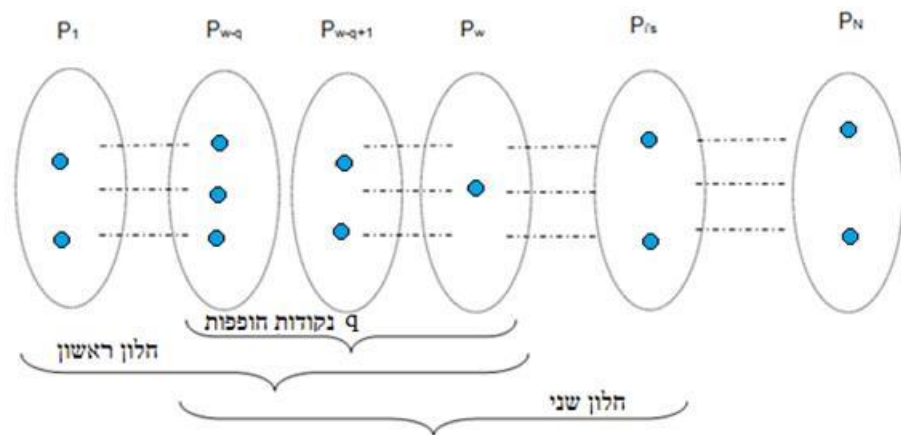
איור 5 מציג את הגרף הכללי של המועמדים, בו C_i^j הוא המועמד לקטע הכביש j עבור תצפית ה-GPS P_i . במקרים מסוימים לתצפית ה-GPS יכול להיות רק מועמד אחד (למשל, P_3 באיור 6).

בפועל, המסלול יכול להכיל מספר רב של תצפיות GPS. כתוצאה מכך, מספר האפשרויות לפתרון המסלול עלול להיות גדול משמעותית. במקרה שכזה, על גרף המועמדים להיות מחולק לכמה גרפים חלקיים. לדוגמה, מסלול המכיל עשר תצפיות GPS עם שלושה קטעי כביש מועמדים לכל תצפית מייצר גרף של 3^{10} מועמדים כלומר כשישים אלף קומבינציות אפשריות לפתרון המסלול, כאשר פיצול המסלול לשני מסלולים ייתן רק $3^5 \cdot 2$, כלומר כחמש מאות קומבינציות אפשריות לפתרון.



איור 5: דוגמה לגרף מועמדים

דוגמה לפיצול הגרף ניתן לראות באיור 6. כל גרף מועמד חלקי בנוי מחלון הזזה המהווה חלק מהמסלול עם גודל חלון w . המסלול הקצר מחושב לכל חלון בתורו. על מנת לקבל מסלולים הקשורים זה לזה, יש חפיפה של מספר נקודות ה-GPS (q נקודות) בין חלונות רצופים. לאחר מציאת הנתבי הקצר ביותר לחלון הראשון, לנקודת ה-GPS של חלון זה יש רק מועמדים נכונים, מלבד אולי נקודת הסוף בחלון שעלולה להיות משויכת לקטע כביש בצורה שגויה. באופן זה, האלגוריתם ממשיך לחלונות הבאים P_{w-q} וכן הלאה.



איור 6: פיצול גרף המועמדים

חיבור חלקי המסלול לכדי מסלול רציף אחד מתבצע על-ידי מציאת קטע חופף בשני חלקי מסלול סמוכים. מציאת הקטע החופף אינה מסתמכת על קטע הכביש המשוך לתצפית ה-GPS הראשונה הנמצאת בקטע המשותף אלא על קטעי הכביש המשוויכים לתצפית השנייה והשלישית. הסיבה לכך נובעת מהקשר הפנימי החזק הקיים בתוך המסלול לעומת הקשר הרופף הקיים בקצוות (תצפית GPS אחרונה או ראשונה בחלון), בה אין התחשבות כלפי שאר המסלול.

תיאור נתוני הפלט

תוצאת אלגוריתם ה-Map Matching בא לידי ביטוי בשני סטי נתונים. הסט הראשון, שכבת חשיפה (*Exposure layer*), המספק מידע על כל קטע כביש הכלול במסלול, כגון זמן חציה, סוג מקטע הכביש (עירוני או בין עירוני) אורך המקטע ומאפיינים נוספים. הסט השני, שכבת אירועים (*Events layer*), המספק מידע על מיקום של אירועי בטיחות וסוג האירוע בקטע כביש מסוים השייך למסלול ספציפי. שדות מפתח המצויים בכל אחד מסטי הנתונים וכן ברשת הכבישים מאפשרים לקשר בין בסיסי הנתונים השונים.



3.2.5 התאמת מסלולי נסיעה ואירועי בטיחות לרשת TMC

לאחר סיום תהליך ההתאמה של אירועי הנהיגה לרשת הכבישים המפורטת, השלב הבא הוא התאמת המסלולים ואירועי הבטיחות לרשת TMC, שם יחושבו כמות אירועי נהיגה והתפלגויות סוגי האירועים בקטעי כביש TMC. לצורך כך, הותאמה רשת TMC לרשת הכבישים המפורטת, כך שלכל קטע כביש TMC משויכים אוסף הקטעים המרכיבים אותו על גבי המפה המפורטת. תהליך ההתאמה בין הרשתות התאפשר על ידי הדמיית רשת TMC לנקודות GPS המפורטת בפרק 3.2.6.

כדי להגדיר קטע מרשת על ידי אוסף קטעים, אין זה מספיק להגדירם בצורתם המרחבית, כאוסף קואורדינאטות, ובנוסף יש להגדיר סדר במרחב וכיוון. בתהליך ההתאמה בין הרשתות משויך לכל קטע מספר הקובע את הסדר הפנימי של הקטעים, החל מהקטע הראשון (1) ועד לקטע האחרון (n). כיוון התקדמות הקטע מחושב על פי האזימוט בין נקודת האמצע של של הקטע הקודם ונקודת האמצע של הקטע הנוכחי באופן הבא:

$$\alpha_{(E_{i-1} \rightarrow E_i)} = a \tan 2(x_{m_i} - x_{m_{i-1}}, y_{m_i} - y_{m_{i-1}})$$

כאשר α , אזימוט, הזווית מהצפון. E, קטע כביש במפה המפורטת. x_m, y_m קואורדינאטות אמצע של הקטע E.

בסיום שלב השייך של קטעי TMC לקטעי כביש על גבי המפה המפורטת, נמצאים כל מסדי הנתונים במרחב משותף, קטעי TMC, מסלולי הנסיעה, אירועי הנהיגה על גבי המפה המפורטת.

שייך מסלולי הנסיעה לקטעי TMC התבצע באופן הבא: לכל קטע במסלול הנסיעה E_i נבדק האם הקטע נמצא ברשימת הקטעים המרכיבים את קטע TMC. במידה ונמצא רק קטע אחד, הקטע במסלול הנסיעה ישייך לקטע TMC. במידה ונמצאו מספר קטעי TMC (כאשר קטע מגדיר שני כיווני נסיעה) יחושב האזימוט של הקטע במסלול ותערך השוואה בין האזימוט שהתקבל לבין האזימוט של קטעי TMC. הקטע TMC הנבחר הוא המקיים את ההפרש המינימלי בין כיוון הקטע TMC לכיוון הקטע במסלול.

כחלק מתהליך ה-Map matching אירועי הבטיחות משויכים למסלול נסיעה כך שהתאמתם לקטעי TMC התאפשרה על ידי השלב הקודם בו שויכו מסלולי הנסיעה לקטעי TMC.

כדי לאפשר ניתוח מבוסס מרחב וזמן, ובדיקת מידת ההתאמה בין חשיפה, אירועי נהיגה ומהירויות נסיעה, מלבד התאמתם של מסלולי הנסיעה ואירועי הבטיחות לקטעי ה-TMC, יש לסווגם בהתאם לחתימת זמן הנסיעה לקטגוריות על פי זמנים. קטגוריות אלו הכוללות הבחנה בין ימי חול לסוף השבוע ושעות יום מול שעות לילה, הזהות לקטגוריות הזמנים של נתוני התפלגות המהירות מחברת DECELL ומוצגות בלוח 1.



3.2.6 התאמת סגמנטים לרשת

בסיסי נתונים הכוללים רשתות תחבורה מתפתחים באופן שונה בהתאם לצורך אותו הם צריכים לקיים. מידת הפירוט, הדיוק והעדכון של בסיסי נתונים מסוג זה משתנה וקשורה גם למשאבים הנדרשים לשינוי ולעדכון ולסדרי עדיפויות במשימות אלו. כך לדוגמא, מסדי נתונים גיאו מרחביים, יעדיפו מידת פירוט ודיוק גבוהים על פני עדכון מהיר של בסיס הנתונים. לעומתם, בסיס נתונים הקשורים לנפחי תנועה יעדיפו רמת עדכון גבוהה על פני תאור מפורט ומדויק של גיאומטריית הכביש. לכן, באופן טבעי, התפתחו בסיסי נתונים שונים המכילים מידע חסר ביחס לרשת כבישים קיימת, או כזו שצורתה הגיאומטרית שונה ומוסטת ביחס לרשת כבישים אחרת. עם זאת, רשתות הכבישים מבסיסי הנתונים הללו שואפות לתאר את רשת הכבישים הקיימת. במקרים אלו, נתוני הקלט מהווים קטעי כביש בהם נמדדה תכונה מסוימת, לדוגמא, מהירויות שנמדדו בקטעי כביש או נפחי תנועה. עבור נתונים מסוג זה, נדרשת התאמה של אוסף קווים (סיגמנטים) המהווים קטעים ברשת אחת לרשת אחרת. התאמה שכזו הכרחית כאשר אופי המידע אינו מרוכז בנקודה אחת, אלא נפרש על גבי קטע. לשם כך קיים צורך בפיתוח מתודולוגיה להתאמת קטעים ברשת אחת לרשת אחרת.

בדומה לתהליך ה-Map Matching, בו אוסף נקודות GPS מותאמות למסלולים ברשת, ניתן לדגום קטעי כביש ברשת אחת כנקודות המדמות תצפיות GPS, אותם יש להתאים לרשת כבישים.

התצפיות צריכות לכלול קואורדינטות וחתימת זמן (תאריך ושעה).

הדגימה צריכה לקיים מספר תנאים הקשורים לאופי תצפיות GPS ולאופן בו מתבצע תהליך ההתאמה. על הדגימה לקיים סדר בזמן ובמרחב כך שנקודות ראשונות יהוו את תחילת הכביש ונקודות אחרונות את סיומו. חתימת הזמן של כל תצפית תתקדם בהתאם לסדר המרחבי של הנקודות בכביש. מידת צפיפות הדגימה צריכה להיות צפופה מספיק כדי לתאר בצורה מהימנה את גיאומטריית הכביש. עם זאת, על תדירות הדגימה להימנע מצפיפות יתר שעלול לגרום להתאמה שגויה בתהליך ה-Map Matching. דגימת יתר עלולה לגרום למצב בו אין חופש בתהליך ההתאמה בשל מספר רב של נקודות שהותאמו לקטע ברשת ומייצרות קשר חזק לקטע בהתאמה שגויה, כיון שאין מסלול סביר בינו לבין הקטע המותאם הבא. אך בשל מספר רב של נקודות והקשר החזק שנוצר לא ניתן לוותר על הנקודות שהותאמו ותהליך ההתאמה נכשל. בעיה זו נפוצה בעיקר בתחילת תהליך ההתאמה, בה אוסף הנקודות הראשונות המותאם יקבע את צורת המסלול בהמשך. כמו גם במקרים בהם חל שינוי בכביש (צומת שהופכת למחלף) ורשת אחת אינה מעודכנת בשינוי לעומת רשת אחרת.

תהליך דגימת קטעי כביש כאוסף תצפיות GPS קשור לאופן בו קטעי הכביש מיוצגים. מבחינה גיאומטרית, קטע כביש הוא עקום המוגדר כפוליילין המורכב מאוסף נקודות המחוברות בקווים ישרים. לפיכך, קטע כביש בעל עקמומיות גבוהה (קשת או אוסף של קשתות) יוגדר על ידי מספר רב של נקודות צפופות לעומת קטע המתאר קו ישר.

לנקודות המגדירות קטעי כביש שויכו תאריך ושעה באופן סינטטי, כך שלנקודה הראשונה שויכה שעה t_1 ולנקודה השנייה שויכה שעה t_2 (בהנחת מהירות של 70 קמ"ש).



באופן כללי:

$$t_n = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} S_{ij}}{v}; \quad j = i + 1$$

כאשר S_{ij} – הינו המרחק בין נקודות i, j . v – מהירות הנסיעה בקטע הכביש (נקבעה ל70 קמ"ש).

לאחר שיוך תאריך ושעה, התבצע תהליך דילול של נקודות התצפית, כדי למנוע מצב של דגימת יתר, העלול להכשיל את תהליך ה-Map Matching. תהליך הדילול כלל הסרה של נקודות שמרווח הזמן בינם לבין הנקודה הבאה היה קטן מ15 שניות.

3.3 מנגנון אוטומטי לחישוב מדדי מהירות

חישוב מדדים סטטיסטיים לצורך עיבוד נתוני התפלגות המהירות מתבטא בשני סוגים של ניתוחים. האחד מבוסס זמן התצפית והשני מבוסס הכללת הזמנים. בעוד הניתוח הראשון מאפשר ניתוח נתוני התפלגות המהירות בתבניות זמן ובכך מאפשר הבחנה בין שעות היום לשעות הלילה ובין ימי חול לסוף השבוע, הניתוח השני מאפשר להבחין בדפוסי נסיעה כוללים בכבישים ובנוסף מאפשר הגדלה של כמות התצפיות הנכללת בניתוח קטע הכביש. בשל שונות דפוסי הנסיעה המתבטאת בזמן הנסיעה ובמרחב, והשאיפה למציאת קשרים בינם לבין נתוני תשתית תחבורה ובטיחות, מחקר זה יתמקד בניתוח מבוסס זמן התצפית.

לצורך עיבוד נתוני התפלגות המהירות המתקבלים מחברת Decell נבנה מנגנון המאפשר אוטומציה בתהליכי העיבוד וחישוב המדדים הסטטיסטיים באופן פשוט ומהיר. שלבי העיבוד העיקריים של המנגנון



איור 7. קבצי הקלט למנגנון כוללים קובץ נתוני התפלגות מהירות ברשת TMC המתקבל מחברת Decell וקובץ קטעי כביש TMC והמהירות המותרת בכל קטע. הסיבה לכך שקובץ המהירויות המותרות משמש כקלט ואינו מובנה במנגנון היא שהמהירויות המותרות בקטעי הכבישים הן דינאמיות ויכולות להשתנות, שימוש בקובץ זה כקלט מאפשר עדכון של המהירויות המותרות בהתאם לזמני התצפית.

עיבוד נתוני התפלגות המהירות מבוסס על קטעי כביש TMC ליצירת רשת מכוונת. לכל קטע כביש יש צומת התחלה וסיום המיוצגת גם על ידי מספר ייחודי ברשת. שילוב של מספרי הצמתים, התחלה וסיום, משמש כשדה מפתח לקטעי כביש TMC. לאחר זיהוי הקטעים מתבצע חיפוש נוסף של זמני תצפית תואמים לצורך ניתוח מבוסס זמן התצפית. נתוני התפלגות המהירות משוקללים על פי מספר התצפיות בכל קטע כביש ומחוברים ליצירת התפלגות מהירות אחת משוקללת, בהתאם לסוג הניתוח. שלב זה מאפשר חישוב המדדים הסטטיסטיים בצורה נוחה ויעילה.

המדדים הסטטיסטיים המחושבים כוללים מהירות ממוצעת, סטיית תקן, מהירות אחוזון 85, אחוז תצפיות מעל המהירות המותרת וחריגת מהירות בה מחושב ההפרש בין מהירות אחוזון 85 והמהירות המותרת. אופן חישוב המדדים מפורט בהמשך. פלט המנגנון כולל קובץ המכיל קטעי כביש TMC, זמן התצפית בהתאם לסוג הניתוח, מספר התצפיות והמדדים הסטטיסטיים המחושבים.



איור 7: מנגנון אוטומטי לעיבוד נתוני התפלגות מהירות

חישוב מדדים סטטיסטיים:

מהירות ממוצעת:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{k=1}^k Mp_k \cdot f_k}{n} \quad (1)$$

כאשר Mp_k אמצע מחלקת מהירות. f_k מספר תצפיות במחלקת מהירות k . n , כמות התצפיות מקטע כביש TMC בהתאם לסוג הניתוח.

סטיית תקן:



$$(2) \quad S = \sqrt{\frac{\sum_1^k (Mp_k^2 \cdot f_k) - n \cdot \bar{X}^2}{n-1}}$$

מהירות אחוזון 85 :

$$(3) \quad \chi_\alpha = L_0 + (n \cdot \alpha - F_{k-1}) \cdot \frac{L_1 - L_0}{f_k}$$

כאשר α , האחוזון – 0.85, L_0 , גבול תחתון של מחלקת מהירות אשר עד אליה נמצאים 85% מהתצפיות. L_1 , גבול עליון של מחלקת מהירות אשר עד אליה נמצאים 85% מהתצפיות. f_k , מספר תצפיות במחלקת מהירות אחוזון 85, F_{k-1} , כמות תצפיות מצטברת עד למחלקת אחוזון 85. n , כמות התצפיות מקטע כביש TMC בהתאם לסוג הניתוח.

אחוז תצפיות מעל מהירות מותרת :

$$(4) \quad \hat{p} = \sum_i^l f_k$$

כאשר f_k , מספר תצפיות במחלקת מהירות k . i , מחלקת מהירות מותרת. t , מחלקת מהירות מקסימאלית.

חריגת מהירות :

$$(5) \quad A = \chi_\alpha - \chi_i$$

כאשר χ_α , מהירות אחוזון 85. χ_i , מהירות מותרת.

קבצי הפלט המיוצרים על ידי מנגנון העיבוד כוללים שדות מפתח של קטעי TMC ומדדים סטטיסטיים מחושבים. בנוסף, מכילים הקבצים מידע על סוג הרכב וזמן התצפית. קבצים אלו מקושרים באמצעות שדה המפתח לרשת כבישי TMC- רשת דלילה של כבישים המייצגת עורקים ראשיים. לאחר תהליך התאמת הרשתות, חישוב מדדי מהירות הינו השלב האחרון ביצירת בסיסי נתונים מרחביים הכוללים קטעי TMC עם קואורדינטות ומדדים סטטיסטיים מחושבים המהווים חלק ממערכת ה-GIS.



4 תוצאות התאמת רשתות

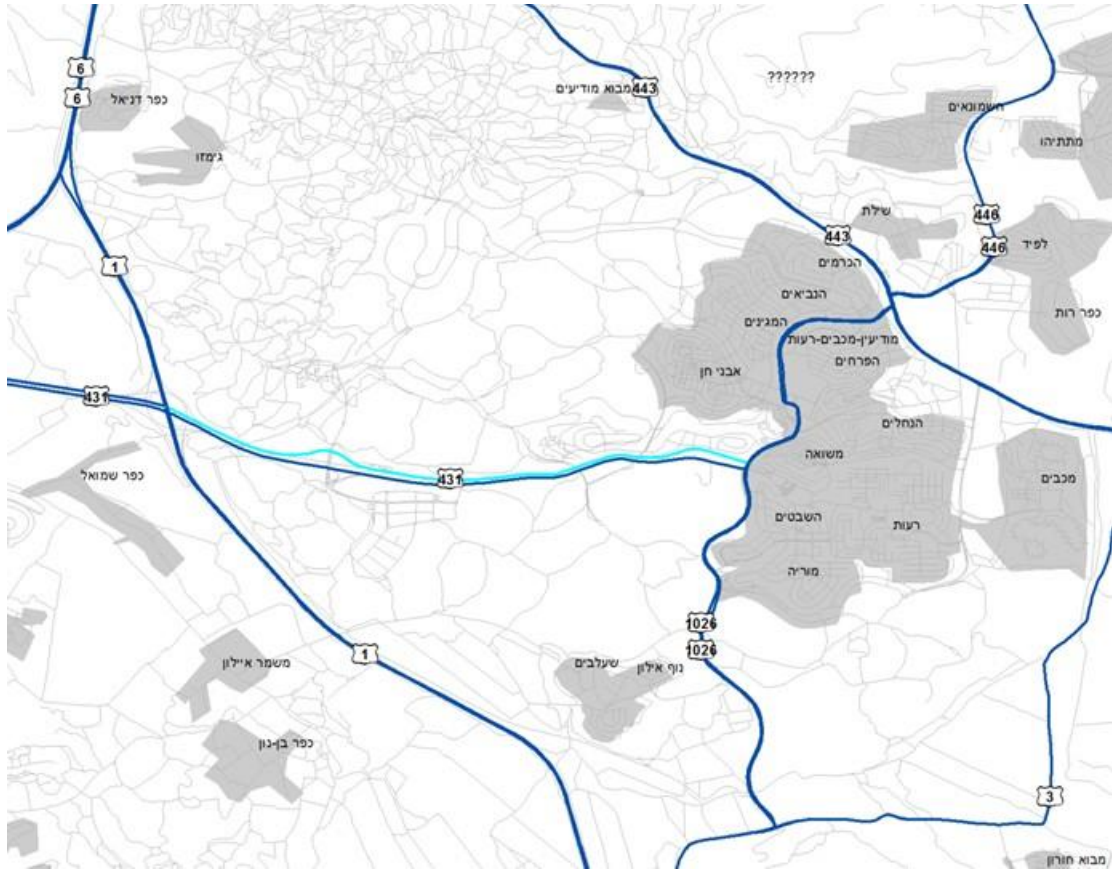
פרק זה מציג תוצאות של תהליכי ההתאמה. סעיף 4.1 מתאר את תוצאות ההתאמה של רשת TMC ולמ"ס. סעיף 4.2 מציג את תוצאות ההתאמה של בסיס נתונים גיאומטריים. סעיף 4.3 מתאר את תוצאות ההתאמה בין רשת TMC לרשת התכנון. סעיף 4.4 וסעיף 4.5 מתארים את התאמת אירועי הנהיגה לרשת כבישים. סעיף 4.6 מתאר את התאמת רשת TMC לרשת OSM.

4.1 התאמת רשת למ"ס לרשת TMC

דוגמא להתאמת קילומטר למס לקטע כביש ברשת TMC מוצגת באיור 8 ובלוח 2. אורך הכביש המוצג (מסומן בתכלת) ברשת TMC הינו 6.3 קילומטרים. לעומתה רשת למ"ס מציינת שאבן הקילומטר במחלף ענבה הינה 29 ואבן הקילומטר בכניסה למוזיעין-מכבים רעות הינה 42 מכאן שאורך הכביש הינו 13 קילומטרים.

חוסר ההתאמה זה נובע, בין היתר, מכך שאבני הקילומטרים המוצבות בצדי הכביש, אינן גוררות הצבה מחדש עקב שינוי (הרחבה/הארכה או קיצור) בתוואי הכביש.

בעוד שהגדרה קשיחה שכזו יכולה להוות אתגר במיקום נקודה ספציפית, לה משיך קילומטר למ"ס, על גבי הכביש. בעיה זו הופכת ליתרון לאחר סיום תהליך ההתאמה. מכיוון שברגע שהתהליך הסתיים אין צורך בעדכון או שינוי עתידי בעקבות שינויים המתרחשים במתווה הכביש, מלבד הוספה של כבישים חדשים.



איור 8 : קטע מכביש 431 ברשת TMC



תיאור המקום	
ק"מ	שם הצומת
29	מחלף ענבה
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42.0	כניסה למודיעין-מכבים-רעות
42	
סך הכל דרך 431, קטע 70	

לוח 2 : קטע מכביש 431 ברשת למ"ס

4.2 התאמת בסיסי נתונים גיאומרחביים

שלושה מבסיסי הנתונים מוצגים באיור 9: אירועי נהיגה כאוסף של מקורות נקודתיים (בכחול), רשת לצרכי תכנון (בירוק) ורשת TMC (בסגול), המהווים אוסף של מקורות קווים. חוסר ההתאמה במיקום הכביש בין בסיסי הנתונים, המתבטא בהסטה מרחבית שאינה קבועה, לא מאפשר סנכרון של בסיסי הנתונים על בסיס חפיפה במיקום.

חוסר התאמה זה הינו תוצאה של שגיאות הנובעות מדיוק הנתונים ותאור שונה של רשת הכבישים הקיימת במציאות. אירועי הנהיגה המוסטים מהכבישים הינם תוצאה של דיוק המיקום הנמדד באמצעות GPS, המושפע בין היתר, מסוג ואיכות המכשיר והאנטנה, מספר הלווייניים בשמים בעת המדידה והסידור המרחבי שלהם, ומיסוד סביבתי של האות הנקלט על ידי צמחייה ובניינים גבוהים.

מלבד זאת, בתהליך יצירת מפה דיגיטלית, קרי המעבר מרשת הכבישים במציאות לרשת כבישים במפה, מעורבים תהליכים נוספים של הפשטה וניוון ממדים. בתהליך ההפשטה (הכללה), חלק מהקווים העקומים מתוארים כקווים ישרים, תופעה זו נפוצה במיוחד ברשת התכנון, בייצוג הצמתים והכבישים.

ייצוג כביש כקו ולא כישות מרחבית, המייצגת את מספר הנתיבים ואת רוחבם, גורמת להפחתת ממדים בייצוג הכבישים ובכך תורמת אף היא להסטתם המרחבית.

- רשת תכנון
- TMC
- קופסא ירוקה

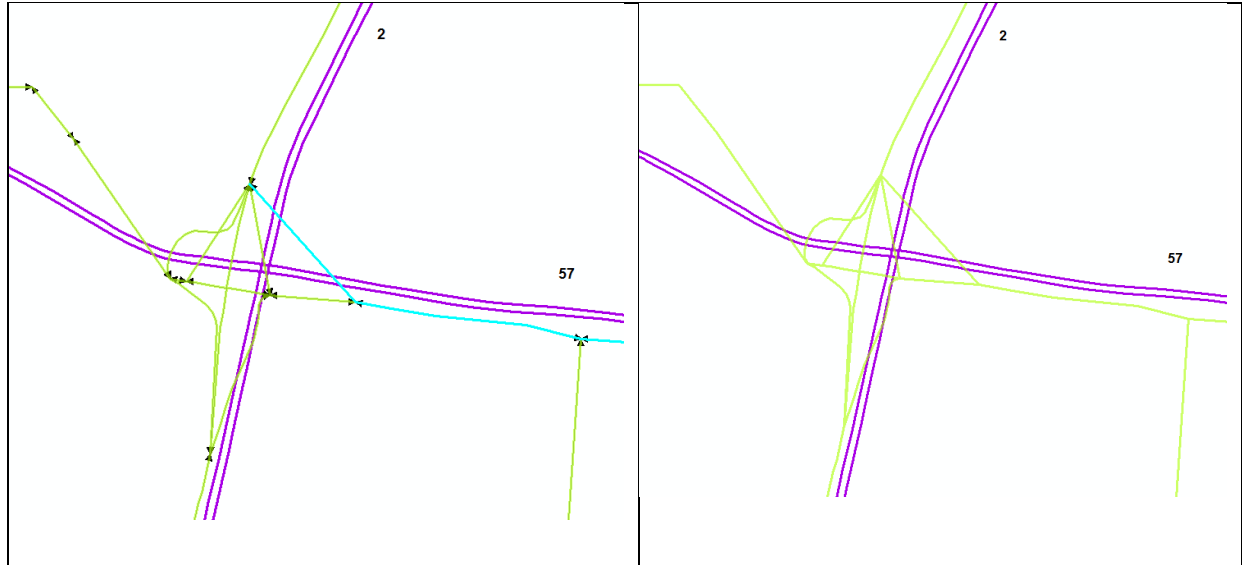


איור 9 : שלושה ממסדי הנתונים הגיאו מרחביים מוצגים במפה אחת. אירועי נהיגה (בכחול), רשת לצרכי תכנון (בירוק) ורשת TMC (בסגול).

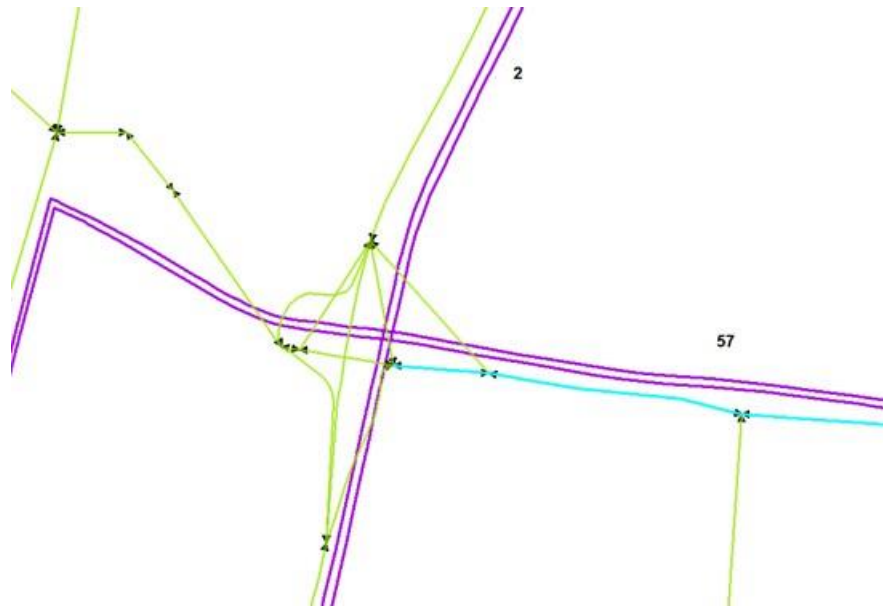
4.3 התאמת רשת TMC לרשת התכנון

התאמת רשת TMC לרשת התכנון בוצעה באופן דומה לתהליך המתואר בפרק 3.2.6 על ידי הדמיית נקודות GPS של כבישי הרשת. בשל הכללה והפשטה של רשת התכנון המתוארת לרוב כרשת סכמטית, המאופיינת כקווים ישרים בעיקר באזורי צמתים, המהווים נקודות התחלה וסיום של קטעי כביש, וההסטה המרחבית הנובעת מהבדלים במיקום הרשתות המייצגות את אותם הכבישים, העולה על ערך הסף שנקבע לתהליך ההתאמה, היה קושי להתאים בין הרשתות ותהליך ההתאמה לרוב נכשל. ליווי התהליך בולידציה

ותיקונים ידניים במיוחד בקצוות הקטעים המותאמים היה הכרחי לסיום תהליך ההתאמה בין הרשתות.
איור 10 מדגים את תהליך ההתאמה. איור 11 מדגים את תהליך ההתאמה לאחר תיקונים ידניים.



איור 10: מימין, רשת TMC (בסגול) רשת לצרכי תכנון (בירוק). משמאל, התאמת קטע TMC בכביש 57 הנוסע מערבה לקטעי רשת התכנון (ההתאמה מודגשת בתכלת). הצומת ברשת התכנון המתוארת באופן סכמתי, המורכבת מקווים ישרים ואינה מתארת את עקמומיות הכביש. בנוסף לקרבה הפיזית בין הקטעים מדגימה התאמה שגויה באזור בו קיימות מספר אפשרויות להתאמה.



איור 11: תהליך ההתאמה בין הרשתות לאחר תיקונים ידניים. רשת TMC (בסגול), רשת לצרכי תכנון (בירוק).

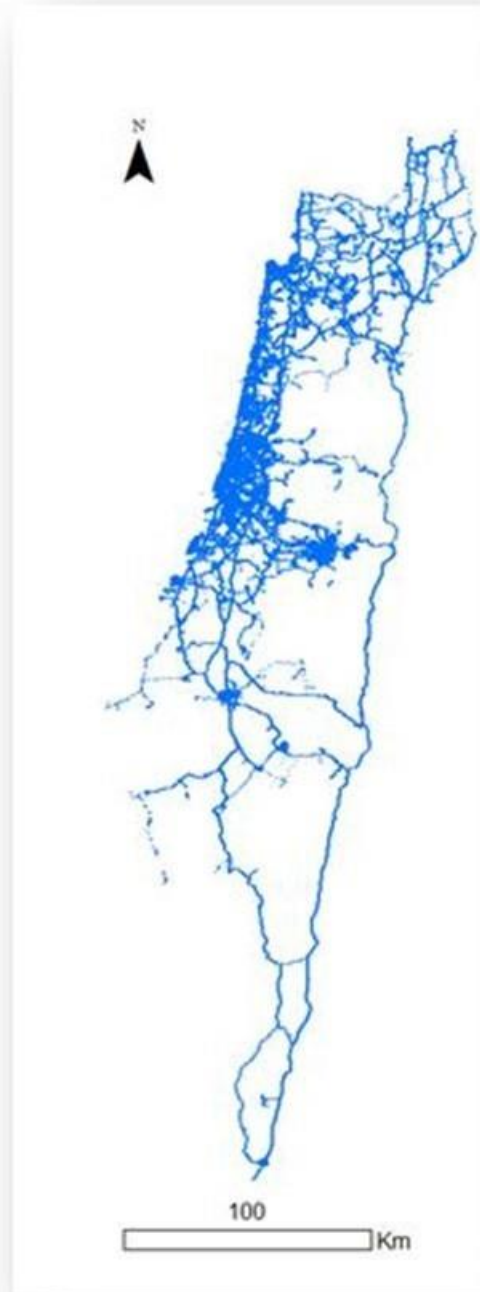
4.4 התאמת אירועי נהיגה לרשת כבישים – Map matching

אירועי הנהיגה שהתקבלו מ"הקופסא הירוקה" כללו תצפיות GPS של כל הקבוצות במחקר, המכילים אירועי מיקום ואירועי בטיחות. הנתונים כללו כ-20 מיליון תצפיות GPS שנדגמו במהלך השנים 2009-2011. לתצפיות כיסוי גיאוגרפי רחב והן כוללות את רוב כבישי הארץ (איור 12).

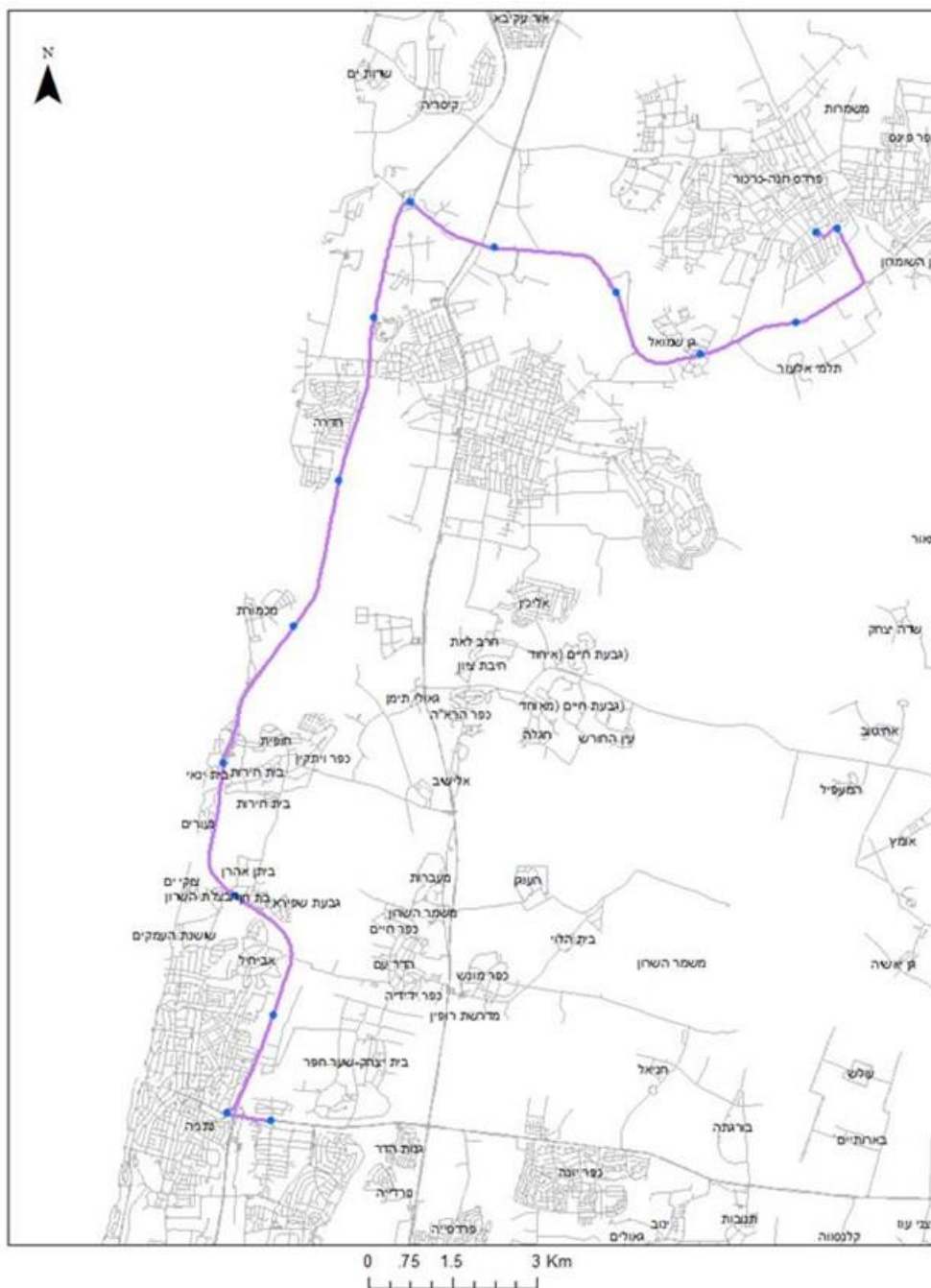
זמני העיבוד לניתוח תצפיות ה-GPS והתאמתן לרשת הכבישים בתהליך ה-Map Matching הינו ארוך ותלוי, בין היתר, במורכבות האלגוריתם, עוצמת מעבד המחשב, גודל זיכרון RAM ומהירות כתיבה וקריאה של קבצים. הנתונים עובדו במחשב בעל מעבד i5 וזיכרון RAM של 4 גיגה הכולל SSD. זמני העיבוד הממוצעים לכ-300,000 תצפיות הינו 42 שעות, דהיינו נדרשים כ-117 ימים לעיבוד של 20 מיליון תצפיות. אחוזי ההצלחה של האלגוריתם נעו בין 70 ל-80 אחוזים. כך שלמרבית הנסיעות הותאמו מסלולי נסיעה.

מכיוון שמסלול נסיעה כולל בתוכו לרוב יותר מכביש אחד, ובשל תהליך ה-Map Matching בו המסלול נפתר באופן גלובאלי, נכללו המסלולים של התצפיות בשלמותם. בהמשך, לאחר סיום תהליך ההתאמה לרשת הכבישים המפורטת, תעשה התאמה לרשת TMC (רשת דלילה המייצגת עורקים ראשיים), שם יחושבו כמות אירועי נהיגה והתפלגויות סוגי האירועים בקטע כביש TMC.

דוגמא לפתרון מסלול על-פי תצפיות ה-GPS בתהליך ה-Map Matching מוצגת באיור 13. כקלט לתהליך השייך, תצפיות ה-GPS הרלבנטיות לכבישים אלה כללו תצפיות המרוחקות עד חמישים מטרים מן הכביש, בשל רמת הדיוק של נתוני ה-GPS ושל רשת הכבישים.



איור 12: נתוני GPS של הקופסא הירוקה. הנתונים כוללים כ-20 מיליון אירועי מיקום ובטיחות בכיסוי ארצי רחב.



איור 13: הדגמת שיוך נתוני הקופסא הירוקה לרשת כבישים בתהליך ה-Map Matching. תצפיות ה-GPS (בכחול) ופתרון המסלול (בסגול). פתרון גלובאלי של האלגוריתם מאפשר לשייך את התצפיות באופן אמין ומדויק במחיר של זמן חישוב גבוה.



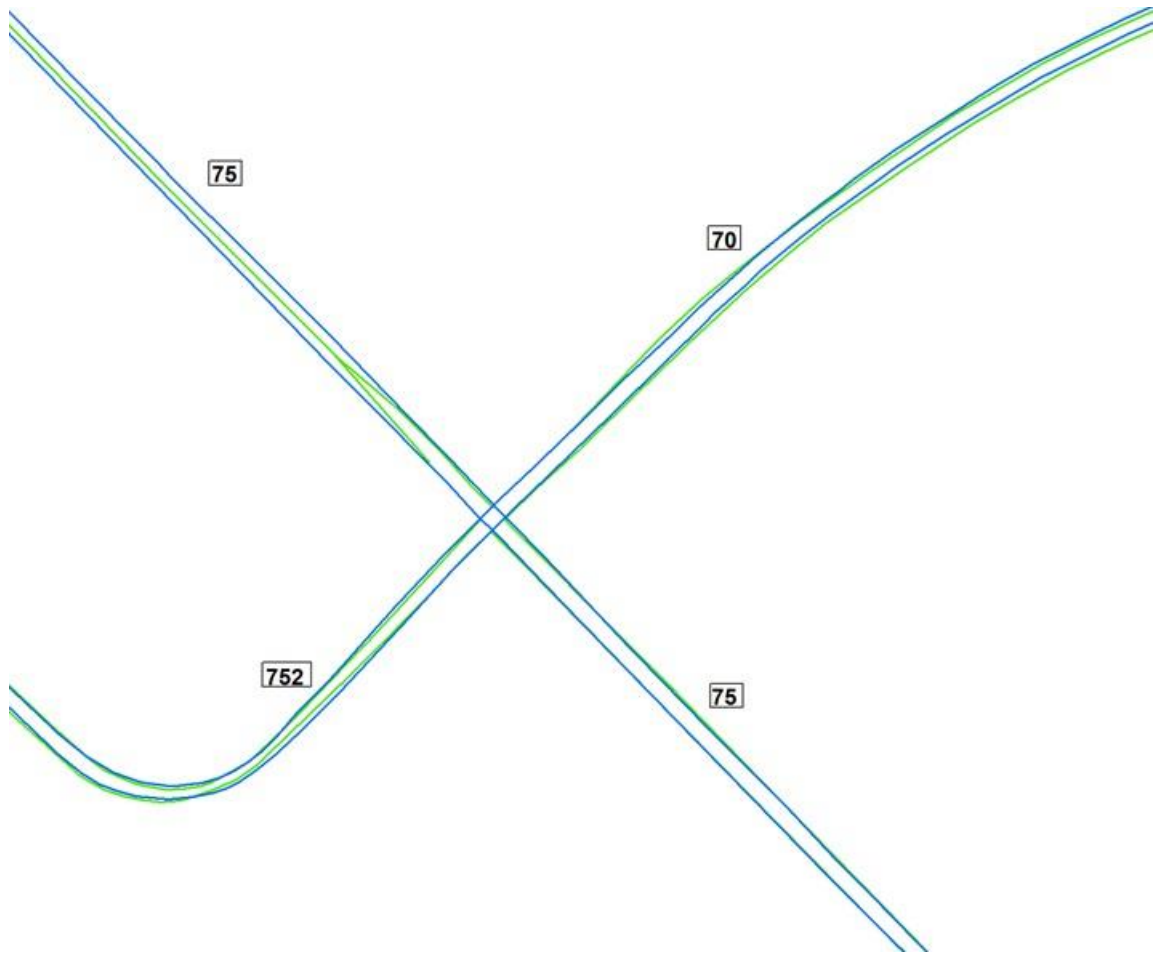
4.5 התאמת מסלולי נסיעה ואירועי בטיחות לרשת TMC

כדי להתאים בין רשת TMC למסלולי הנסיעה ואירועי הבטיחות יש להביאם למרחב משותף, רשת הכבישים המפורטת. איור 14 מתאר את תוצאת תהליך ה-Map matching בין קטע TMC לאוסף הקטעים המרכיבים אותו על גבי המפה המפורטת. איור 15 מתאר את תהליך השייך של מסלול נסיעה ואירועי נהיגה לקטעי TMC. איור 16 ואיור 17 מתארים את מבנה הנתונים הנוצר בתהליך ההתאמה בו משויכים מסלולי נסיעה ואירועי נהיגה לקטעי TMC, ומסווגים על פי קטגוריות זמנים בהתאם לחתימת הזמן של הקטע במסלול ואירוע הבטיחות.

מבנה הנתונים כולל כ-150 אלף מסלולי נסיעה וכ-25 אלף אירועי בטיחות המשוייכים לרשת TMC.

מבנה הנתונים בו משויכים מסלולי הנסיעה כוללים: מזהה ייחודי של הנסיעה (TripID). שייך מסלול הנסיעה לקטע TMC (TMC_From_To). סוג הקבוצה אליה משתייכת הנסיעה (GroupName) שכן הנבדקים במחקר של "אור ירוק", בעלי הקופסאות הירוקות ברכביהם, חולקו לארבע קבוצות לפי סוג ההתרעה/המשוב על אירועי הבטיחות שהתרחשו במהלך הנהיגה (ראה פרק 3.1.3). זמן תחילת נסיעה בקטע TMC (StartTime). קטגוריית הזמן בה התרחשה הנסיעה (TimeCode) ראה לוח 1. בדומה למבנה הנתונים המתקבל משייך מסלולי הנסיעה, מבנה הנתונים המתקבל משייך אירועי נהיגה לקטעי TMC, כולל: מזהה ייחודי של הנסיעה (TripID). שייך מסלול הנסיעה לקטע TMC (TMC_From,To). זמן התרחשות האירוע (EventDate). סוג הקבוצה אליה משתייך האירוע (GroupName). סוג האירוע (EventType), שכן אירועי הבטיחות הנקלטים במכשיר ("הקופסא הירוקה") כוללים 20 קטגוריות אותם ניתן לשייך לתאוצה, בלימה, מהירות מופרזת, החלפת נתיב ופניות (ראה פרק 3.1.3). קטגוריית הזמן בה התרחשה הנסיעה (TimeCode).

כך לדוגמא, במקרה המוצג באיור 16 ואיור 17 מדובר על נסיעה המשויכת ל-24 קטעי כביש TMC. בנסיעה זו התרחשו 12 אירועים של מהירות מופרזת ואירוע אחד של בלימה חזקה. סוג הקבוצה אליה משתייכת הנסיעה הינה קבוצה 2, בה מתקיים ניטור באמצעות התרעה ברכב ושליחת הודעה מותנית לאתר. מועד הנסיעה והאירועים התרחשו ביום שבת בשעות היום.



איור 14: תוצאת תהליך ה-Map matching בין קטעי TMC (בכחול) לאוסף הקטעים המרכיבים אותם על גבי המפורטת (בירוק). ניתן לראות כי בכביש 75 ישנו ייצוג מנוון במפה המפורטת, יחסית לקטעי TMC. בעוד שקטעי TMC מייצגים את שני כיווני הנסיעה, במפה המפורטת קטע הכביש מיוצג על ידי עקום אחד המגדיר שני כיוונים.



איור 15 : מימין, מסלול נסיעה (ורוד) ואירועי נהיגה (ירוק) שנפתרו בתהליך ה-Map Matching. משמאל, שיוך המסלול והאירועים לקטעי TMC (בכחול). קטעים במסלול השייכים לרשת העירונית אינם נכללו בקטעי ה-TMC (רשת המתארת עורקים ראשיים).



TripID	Start time	Length(m)	GroupName	FolderName	TMC_From To	TimeCode
8112040	2010-04-20 11:31:15.367	5688.10796300000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	10070_11070	SD
8112040	2010-04-20 10:37:30.424	572.23345400000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	1040_2040	SD
8112040	2010-04-20 10:55:03.875	11.88394200000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	1057_2057	SD
8112040	2010-04-20 11:34:54.182	2045.15472900000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	11070_12070	SD
8112040	2010-04-20 11:37:22.830	8231.39974500000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	12070_13070	SD
8112040	2010-04-20 10:38:00.248	16.83895300000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	1531_2531	SD
8112040	2010-04-20 11:09:18.607	8431.81280000000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	1652_3652	SD
8112040	2010-04-20 11:12:37.741	4126.62452000000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	18070_3070	SD
8112040	2010-04-20 10:33:57.712	247.55224200000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	252_253	SD
8112040	2010-04-20 10:33:14.473	340.82400100000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	253_252	SD
8112040	2010-04-20 10:38:49.415	2675.80176700000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	2531_3531	SD
8112040	2010-04-20 11:44:39.839	8143.79181400000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	2805_1805	SD
8112040	2010-04-20 11:01:03.656	8464.24051900000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	3006_2006	SD
8112040	2010-04-20 11:13:29.866	5861.94294700000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	3070_4070	SD
8112040	2010-04-20 10:40:56.152	65.53874500000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	3531_2531	SD
8112040	2010-04-20 10:41:41.525	1386.02491000000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	3531_4531	SD
8112040	2010-04-20 11:10:58.443	7746.18687800000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	3652_4652	SD
8112040	2010-04-20 10:55:24.799	10887.67836900000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	4006_3006	SD
8112040	2010-04-20 11:09:05.577	959.69463400000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	4065_3065	SD
8112040	2010-04-20 11:05:14.159	1023.56112300000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	4065_5065	SD
8112040	2010-04-20 11:14:37.790	1291.88805200000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	4070_5070	SD
8112040	2010-04-20 11:12:26.757	10.05431700000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	4652_3652	SD
8112040	2010-04-20 10:48:31.667	12646.81906500000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	5006_4006	SD
8112040	2010-04-20 11:05:13.214	5764.43400800000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	5065_4065	SD
8112040	2010-04-20 11:05:25.201	2973.29675900000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	5065_6065	SD
8112040	2010-04-20 11:15:19.934	5815.07699900000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	5070_6070	SD
8112040	2010-04-20 11:24:06.012	3777.96699700000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	5075_6075	SD
8112040	2010-04-20 10:43:31.251	7790.62370700000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	6006_5006	SD
8112040	2010-04-20 11:07:57.067	7913.22821400000	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	6065_5065	SD

איור 16: תיאור חלק ממבנה הנתונים הנוצר בתהליך ההתאמה בו משויכים מסלולי נסיעה לקטעי TMC ומסווגים על פי קטגוריות זמנים בהתאם לחתימת הזמן של הקטע במסלול ואירוע הבטיחות.

B	D	G	H	J	K	L	Q
EventType	EventDate	tmcFrom	tmcTo	GroupName	FolderName	TripID	TimeCode
19	2010-04-20 10:51:20.000	5006	4006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 10:52:25.000	5006	4006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 10:57:35.000	4006	3006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 10:58:28.000	4006	3006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 10:59:03.000	4006	3006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 10:59:25.000	4006	3006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 10:59:53.000	4006	3006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 11:00:13.000	4006	3006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 11:01:13.000	3006	2006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 11:01:45.000	3006	2006	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 11:05:05.000	5065	4065	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
19	2010-04-20 11:21:33.000	6070	7070	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD
1	2010-04-20 11:42:06.000	12070	13070	GPSTLDELD_PL	11_GPSTLDELD	8112040	SD

איור 17: תיאור חלק ממבנה הנתונים הנוצר בתהליך ההתאמה בו משויכים אירועי הבטיחות לקטעי TMC ומסווגים על פי קטגוריות זמנים בהתאם לחתימת הזמן של הקטע במסלול ואירוע הבטיחות.

4.6 התאמת רשת TMC ל Open Street Map

המעבר מקטעי כביש ברשת אחת לקטעי כביש ברשת אחרת ניתן ליישום באופן דומה לתהליך ה- Map Matching, בו אוסף נקודות GPS מותאמות למסלולים ברשת. קטעי כביש ברשת TMC נדגמו כנקודות המדמות תצפיות GPS אותם יש להתאים לרשת הכבישים של OSM.

התאמת התצפיות לרשת OSM נעשה באמצעות OSRM API המספק תהליך Map Matching על גבי רשת OSM.

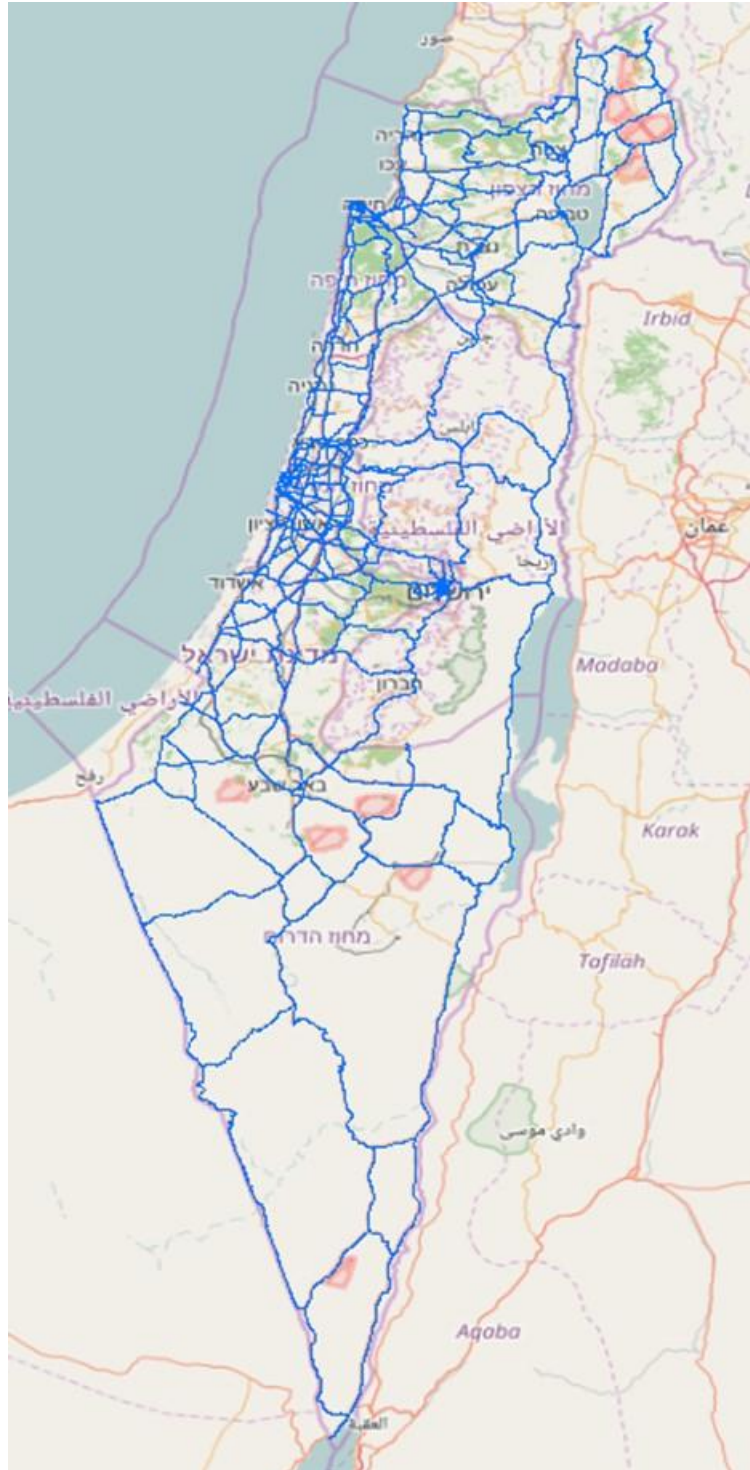
תהליך ההתאמה מוצג באיור 18 ובאיור 19. הנקודות (בכחול) מהוות תצפיות GPS שנדגמו מתוך קטעי הכביש ברשת TMC. ברקע מפת Open Street Map. הקווים (בשחור) מהווים את קטעי הכביש ברשת OSM שהותאמו לתצפיות. ניתן לראות שעבור כל התצפיות נמצאו קטעי כביש המתאימים להם, המבטא את הצלחת התהליך. איור 20 מציג את תוצאות של רשת TMC על כבישי OSM. זוהי גם תרומה ייחודית למחקר, בהגשת המידע הגיאוגרפי לציבור ולמתכנני תחבורה, על ידי שימוש ברשת OSM אותה ניתן להפיץ באופן חוקי, ללא בעיה של זכויות יוצרים.



איור 18 : הדמיית תצפיות GPS של רשת כבישי TMC. ברקע מפת Open Street Map.



איור 19 : קטעי הכביש (בשחור) ברשת OSM שהותאמו לתצפיות GPS.



איור 20: רשת כבישי TMC לאחר התאמתם לכבישי OSM. ברקע מפת Open Street Map.



5 מהירות נסיעה בזרימה חופשית

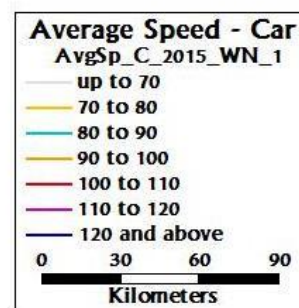
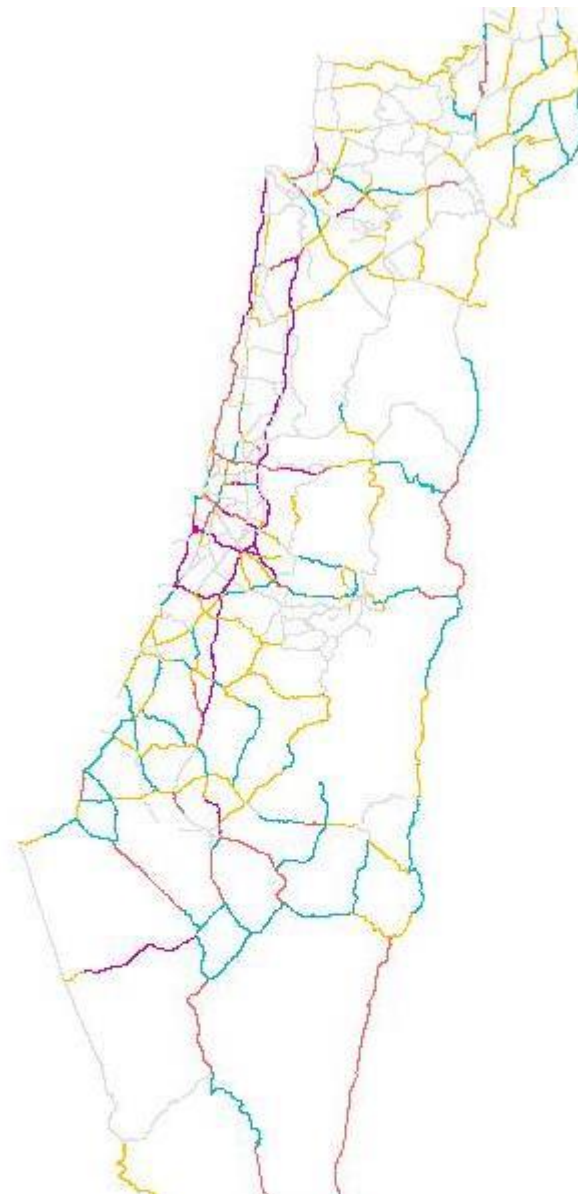
התוצאות מתארות את ניתוח נתוני המהירות לשנת 2015, בשתי תקופות זמן של שישה חודשים כל אחד. המדדים הסטטיסטיים אשר חושבו ומוצגים במפות הבאות כוללים קטעי כביש TMC בהם כמות התצפיות גדולה מ-300. המפות מציגות ניתוחים סטטיסטיים שונים של נתוני התפלגות המהירות המבוססים על זמן התצפית והכללה של זמני התצפיות. בנוסף, מוצגים קטעי הכבישים בהם קיימים שיאים בחריגות מהירות. הניתוחים המבוססים על זמן התצפית כללו:

- סוגי רכב פרטיים
- שלושה אזורים גיאוגרפיים צפון, דרום ומרכז
- שש תקופות זמן בשבוע
- חמישה סוגים של ניתוחים סטטיסטיים:
 - מהירות ממוצעת
 - % מעל מהירות מותרת
 - סטיית תקן
 - מהירות אחוזון 85
 - חריגות מהירות

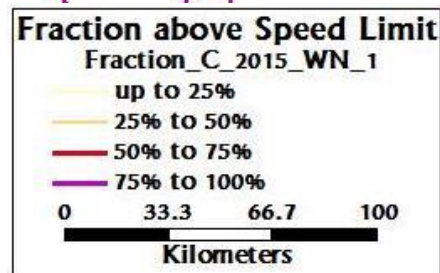
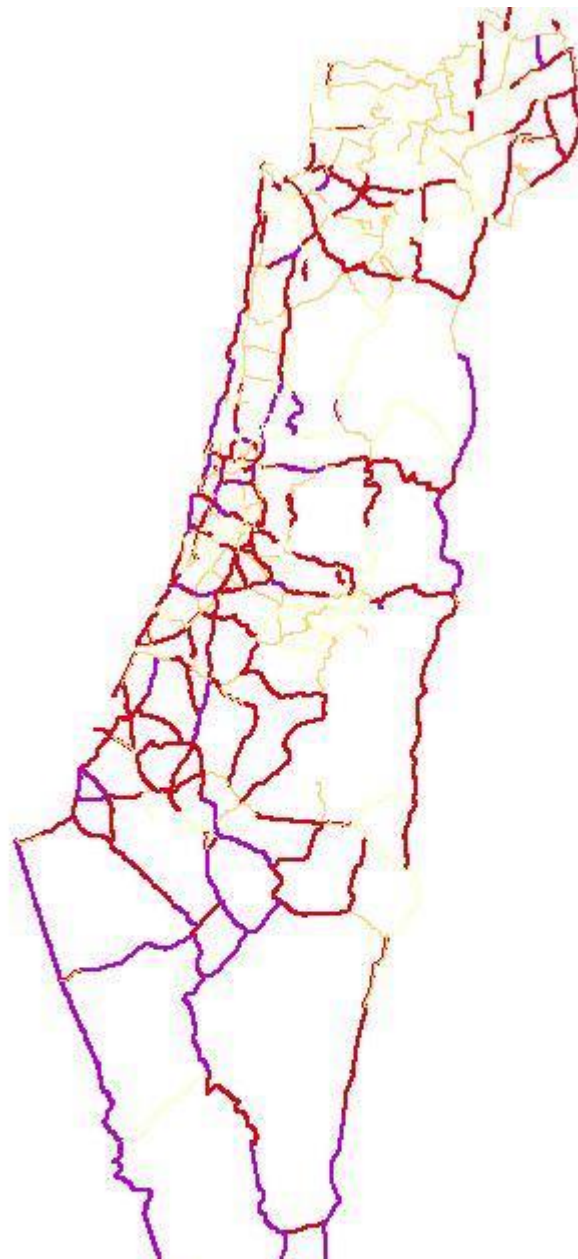
סך כל 90 ניתוחים שונים. הסעיפים הבאים מציגים תוצאות נבחרות של ניתוחים אלה. הניתוחים בוצעו לקטע כביש TMC בשני כיווני נסיעה יחד. הסיבה לכך היא הגדלת המדגם לאותו קטע ומתן אפשרות להצליב את התוצאות עם נתוני תאונות, בהם כיוון הנסיעה לעיתים אינו ניתן לקביעה. כיוון שקטעי הכבישים ברשת ארוכים יחסית, הם כוללים גם עליות וירידות באותו קטע, כך שהמהירות באזורים הררים אינה שונה באופן משמעותי בשני כיווני נסיעה, למעט קטעים בודדים בארץ.

5.1 ניתוחים סטטיסטיים ברמה הארצית – כלי רכב פרטיים

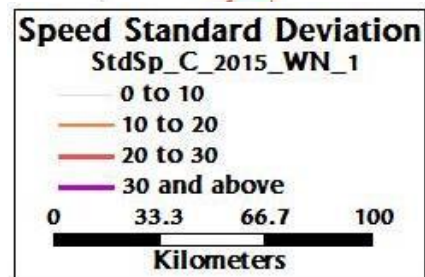
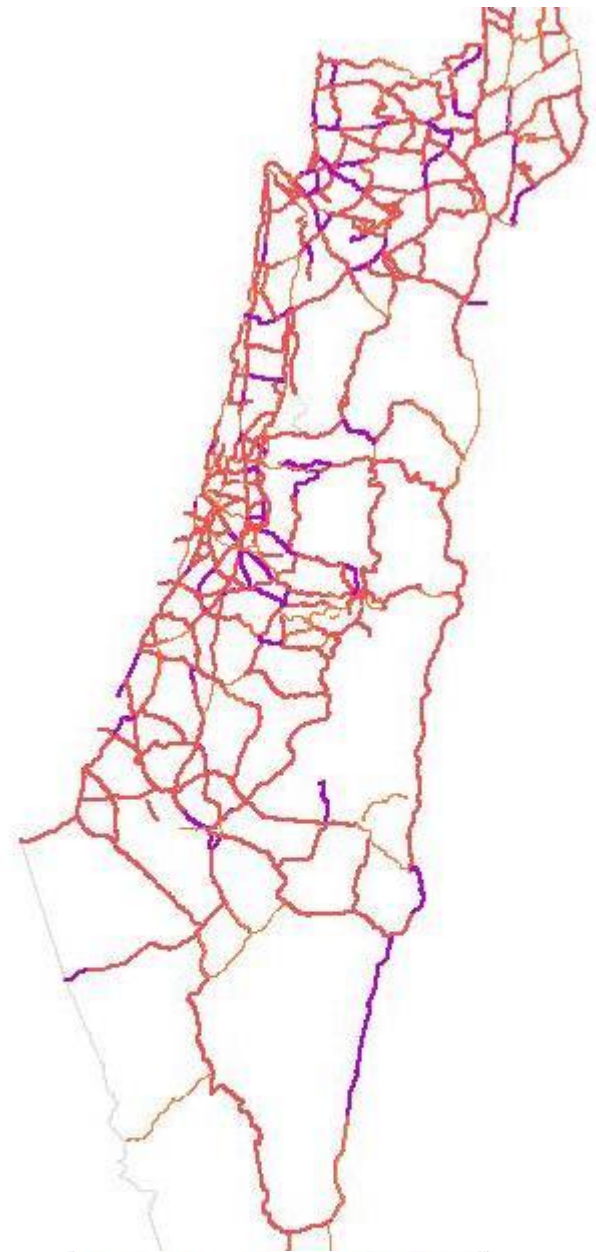
האיורים הבאים מציגים את תוצאות הניתוחים הסטטיסטיים ברמה הארצית. הניתוחים הסטטיסטיים כללו מהירות ממוצעת, אחוז תצפיות מעל מהירות מותרת, סטיית תקן המהירות, מהירות אחוזון 85 וחריגות מהירות. התוצאות המוצגות כוללות את מגוון הניתוחים הסטטיסטיים עבור כלי רכב פרטיים כאשר זמן התצפיות הינו בימי חול בשעות הלילה.



איור 21 – מהירויות ממוצעות של כלי רכב פרטיים בדרכים בין-עירוניות – ימי חול בשעות הלילה

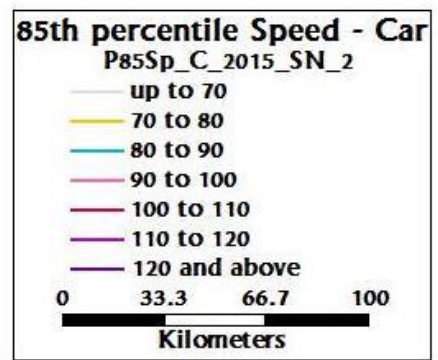
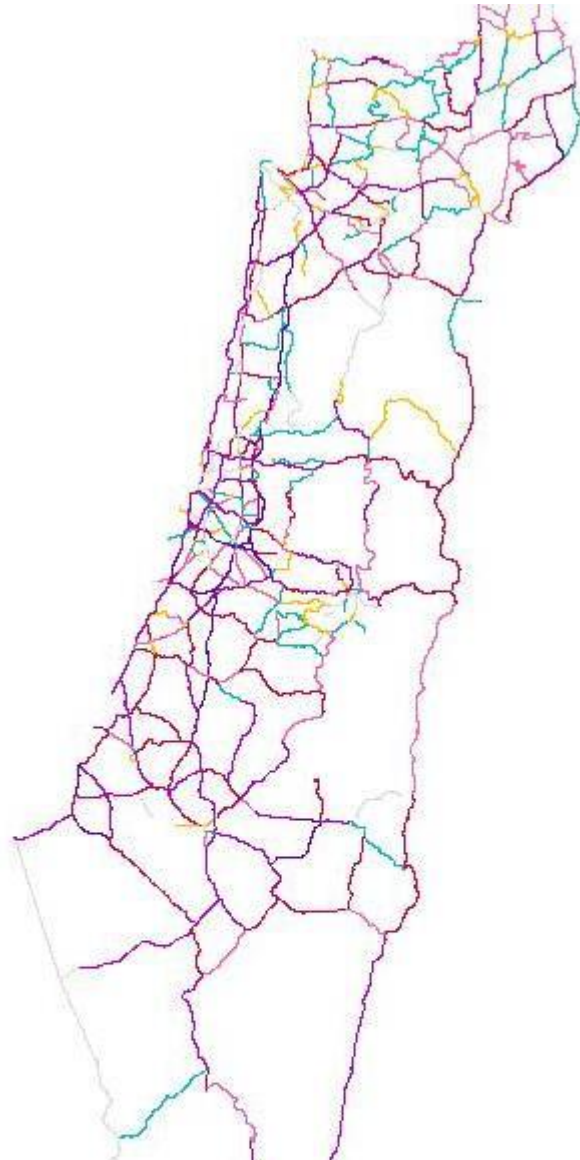


איור 22 – אחוז כלי רכב פרטיים מעל המהירות המותרת בדרכים בין-עירוניות – ימי חול בשעות הלילה



איור 23 – סטיית תקן מהירויות של כלי רכב פרטיים בדרכים בין-עירוניות – ימי חול בשעות הלילה

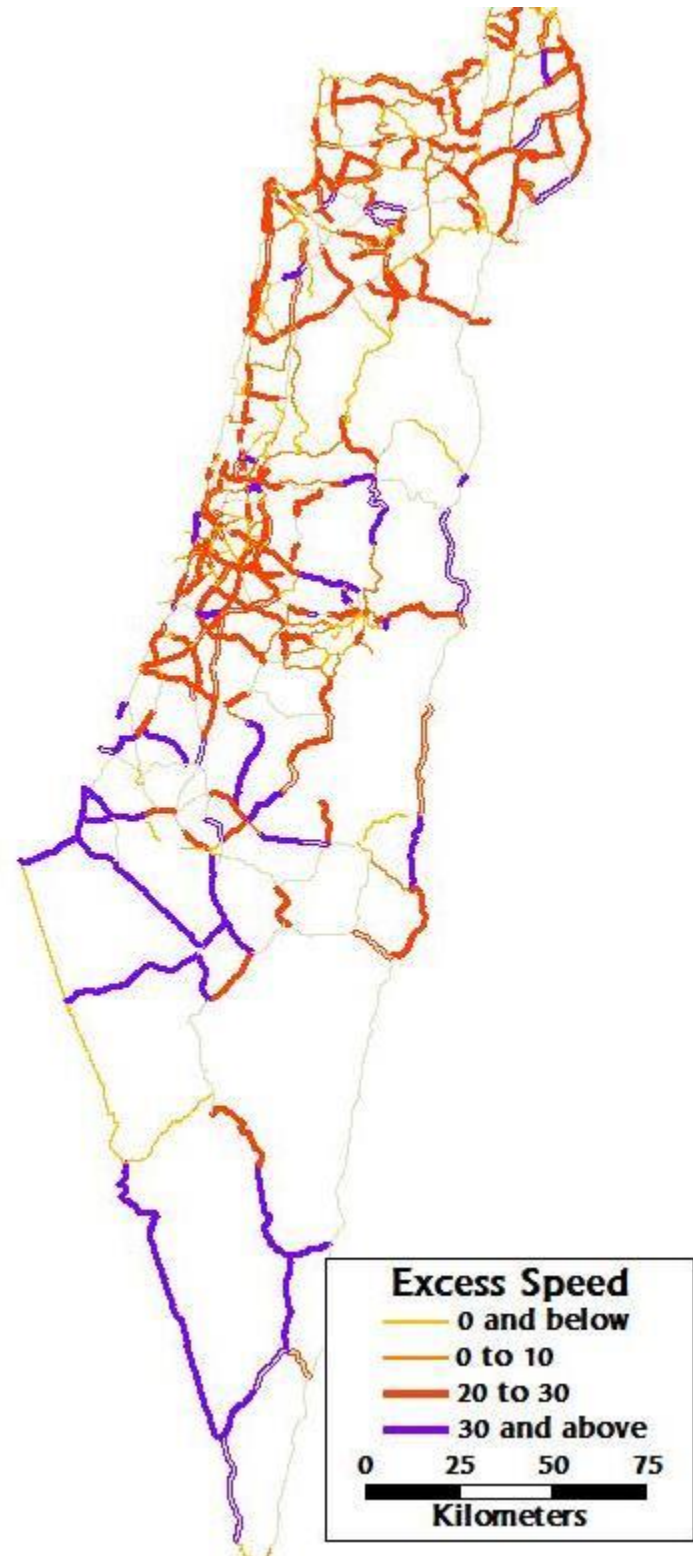
נתוני סטיות התקן של המהירות הינם בקילומטר לשעה.



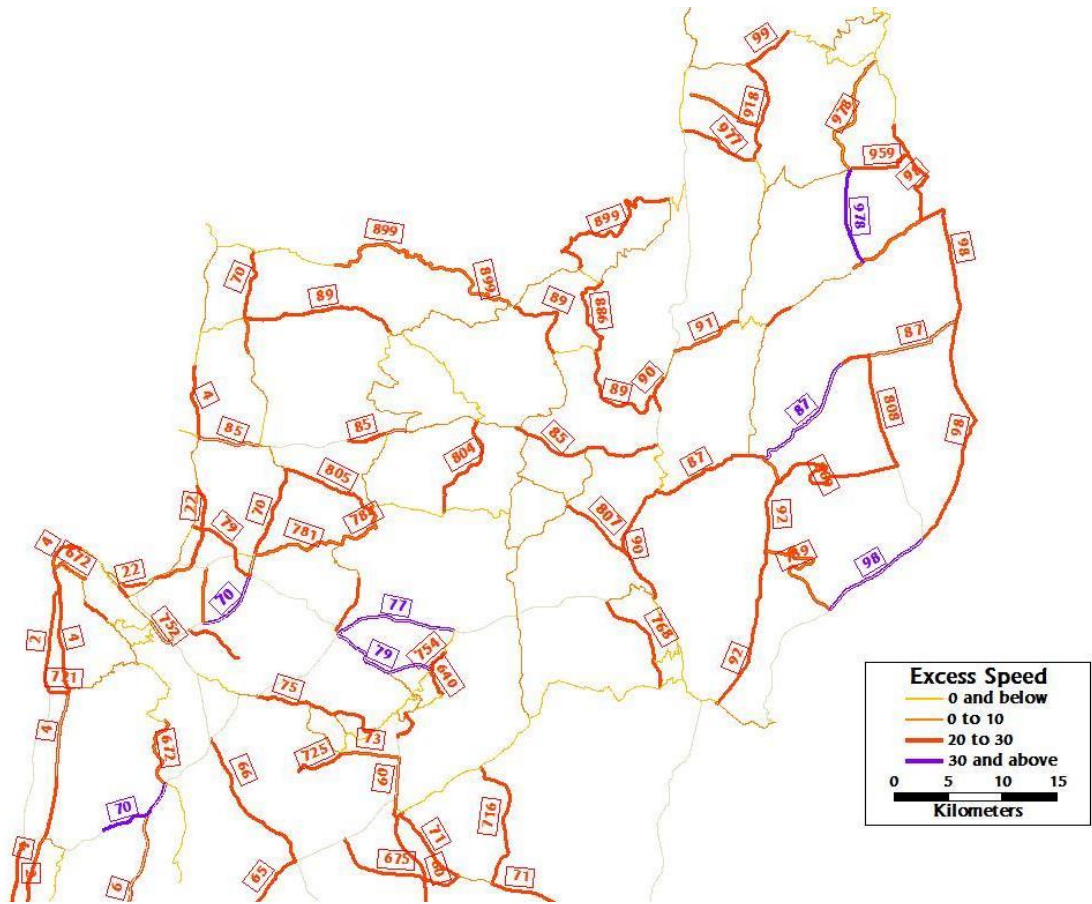
איור 24 – מהירות אחוזון 85 של כלי רכב פרטיים בדרכים בין-עירוניות – מוצג בשעות הלילה



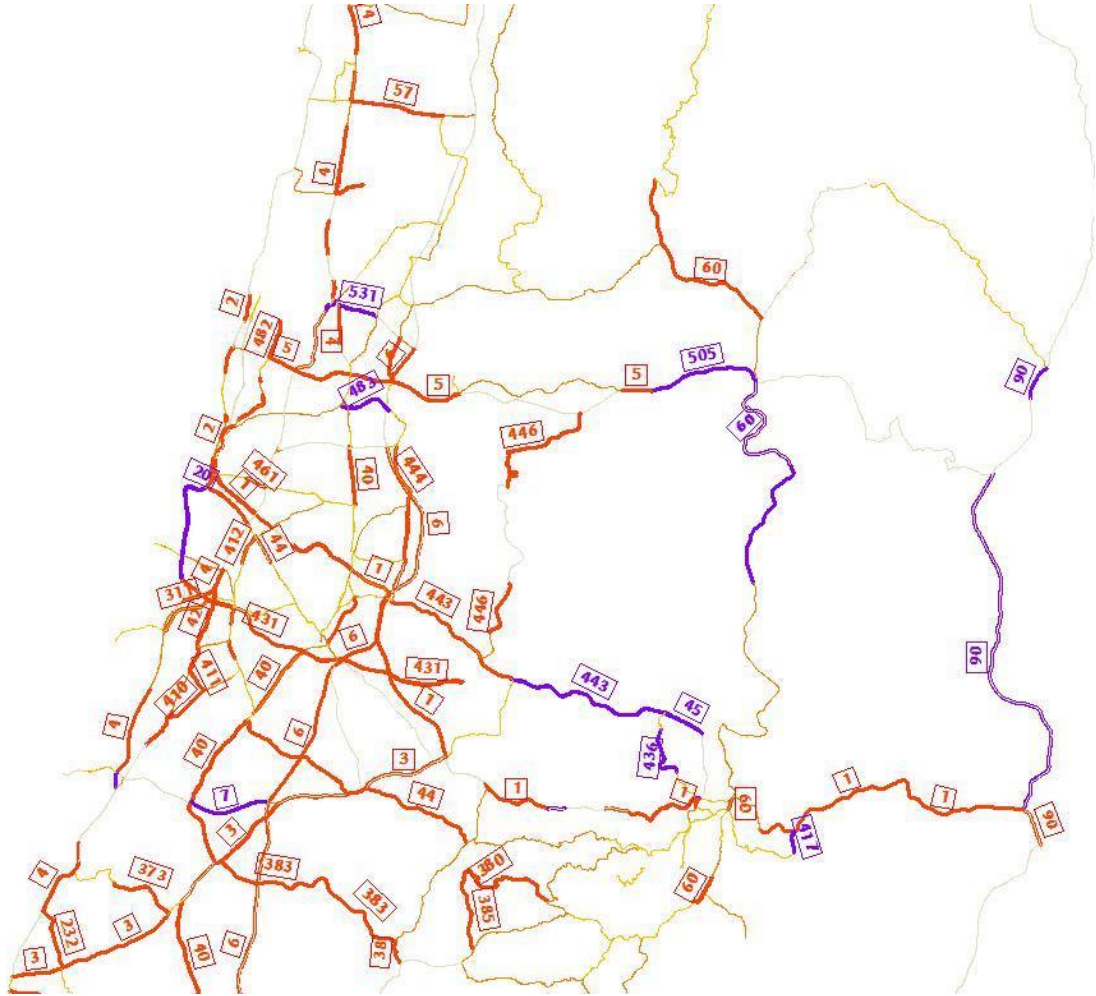
חישוב חריגות המהירות נעשה ביחס למהירות אחוזון 85, בדומה לדוח המהירויות הקודם (בכור ואחרים, 2012) ולמחקרים קודמים (גיטלמן ואחרים, 2009). התוצאות המוצגות מראות את החריגות בקמ"ש. תוצאות אלה מנותחות בסעיפים הבאים, לפי חתכים שונים.



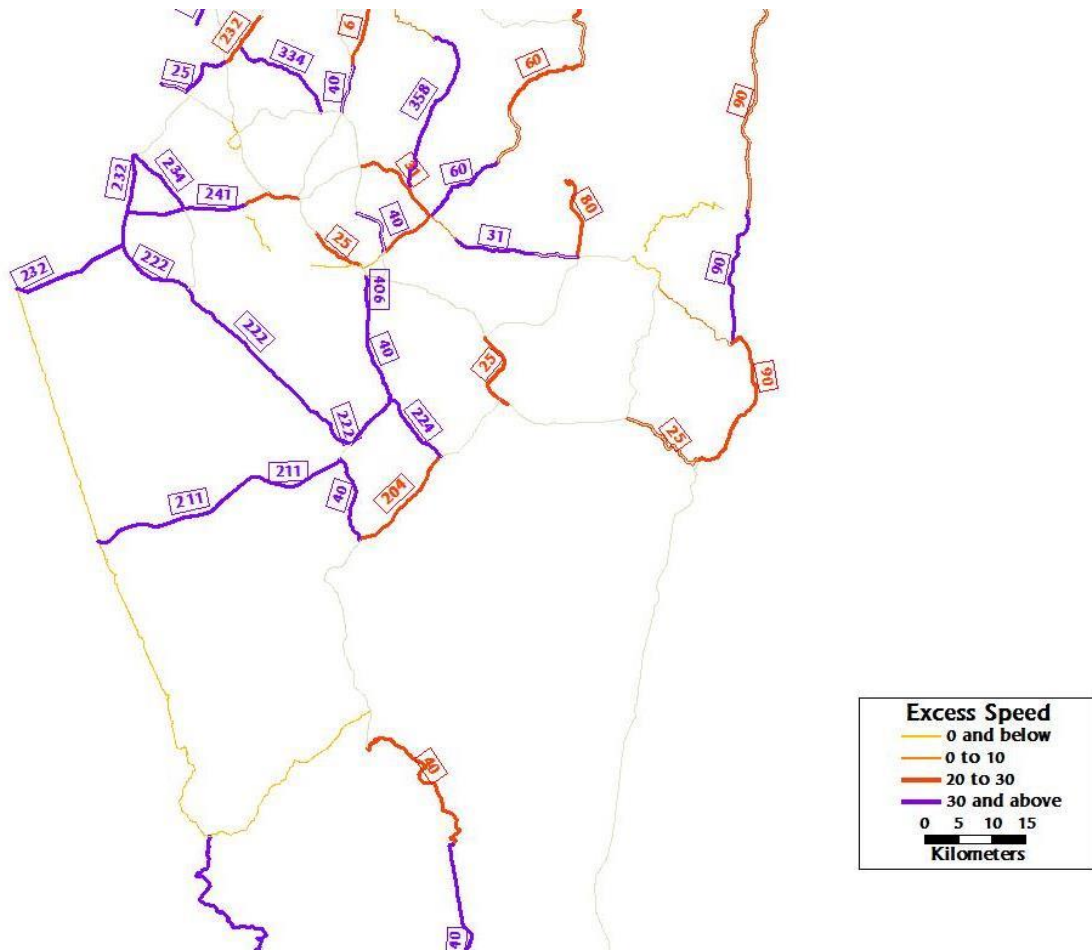
איור - 25 חריגות מהירות אחוזון 85 של כלי רכב פרטיים בדרכים בין-עירוניות – ימי חול בשעות הלילה



איור 26 – חריגות מהירות אחוזון 85 של כלי רכב פרטיים בדרכים בין-עירוניות – ימי חול בשעות הלילה – אזור הצפון



איור 27 - חריגות מהירות אחוזון 85 של כלי רכב פרטיים בדרכים בין-עירוניות – ימי חול בשעות הלילה –
אזור המרכז



איור 28 - חריגות מהירות אחוזון 85 של כלי רכב פרטיים בדרכים בין-עירוניות – ימי חול בשעות הלילה –
אזור הדרום



5.2 החרیגות הגבוהות ביותר

הטבלאות הבאות מציגות קטעי כביש TMC בהם חריגות המהירות היו הגבוהות ביותר ביחס לשאר קטעי הכביש בשלושה אזורים בארץ: מרכז, צפון ודרום. ניתוח מדדי המהירות התקבל בהכללת כל זמני הנסיעה יחדיו, באופן משוקלל בהתאם לכמות התצפיות על פי זמני הנסיעה בשבוע.

לוח 3 – שיאים בחריגות מהירות כלי רכב פרטיים באזור המרכז – הכללת זמנים

מס דרך	מצומת/ מחלף	לצומת מחלף	מהירות / מותרת (קמ"ש)	אורך קטע (ק"מ)	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מעל מהירות מותרת	מהירות אחוזון 85 (קמ"ש)	חריגה (קמ"ש)
1	גשר חבד	מחלף שפירים	90	15.8	110.6	14.6	94%	119.7	29.7
2	מחלף חבצלת	מחלף נתניה	90	14.8	99.0	24.9	77%	115.9	25.9
2	מכון וינגייט	מחלף השרון	90	19.8	104.8	18.6	86%	115.9	25.9
7	צומת גדרה	מחלף שורק צפון	90	7.4	101.0	28.8	76%	120.2	30.2
20	מחלף משה דיין	מחלף מבוא אילון	70	8.5	106.8	16.8	98%	118.7	48.7
20	מחלף יוספטל	מחלף קוממיות	70	9.3	99.4	22.7	91%	115.5	45.5
20	מחלף וולפסון	צומת איילון דרום הוד	70	10.1	94.0	17.9	93%	109.4	39.4
20	מחלף חולון	מחלף וולפסון	70	10.5	96.0	16.4	96%	108.9	38.9
20	מחלף מבוא אילון	מחלף משה דיין	70	5.7	107.8	16.0	99%	119.5	49.5
20	מחלף יוספטל	צומת איילון דרום הוד	70	3.8	93.6	21.0	91%	110.8	40.8
20	מחלף משה דיין	מחלף קוממיות	70	6.6	100.8	18.2	97%	115.9	45.9
483	צומת כבישים 483-444	צומת הירקונים	50	3.4	67.8	31.2	72%	96.6	46.6
531	צומת מלל	מחלף	70	3.4	90.1	27.5	85%	112.6	42.6



מס דרך	מצומת/ מחלף	מצומת / מחלף	מהירות / מותרת (קמ"ש)	אורך קטע (ק"מ)	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מעל מהירות מותרת	מהירות אחוזון 85 (קמ"ש)	חריגה (קמ"ש)
	אלישמע								

התוצאה הבולטת ביותר היא חריגת מהירות בנתיבי איילון, בקטעים אשר המהירות המותרת הינה 70 קמ"ש. למעשה לכל אורך איילון דרום, בשני הכיוונים, נצפות חריגות מהירות של 35-45 קמ"ש מעל המהירות המותרת.

לוח 4 – שיאים בחריגות מהירות כלי רכב פרטיים באזור הצפון – הכללת זמנים

מס דרך	מצומת/ מחלף	מצומת / מחלף	מהירות / מותרת (קמ"ש)	אורך קטע (ק"מ)	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מעל מהירות מותרת	מהירות אחוזון 85 (קמ"ש)	חריגה (קמ"ש)
2	מחלף קיסריה	מחלף אולגה	90	3.0	102.9	16.6	82%	115.1	25.1
4	צומת עופר	צומת אורן	80	8.0	87.4	24.6	72%	105.6	25.6
66	צומת התשבי	קיבוץ משמר העמק	80	7.2	90.1	22.8	72%	111.6	31.6
70	מחלף אליקים	מחלף עין תות	90	3.2	108.3	18.1	85%	121.3	31.3
70	צומת התשבי	צומת העמקים	90	6.0	92.8	31.1	62%	118.3	28.3
70	צומת סומך	צומת זבולון	90	6.6	102.0	29.5	79%	122.9	32.9
70	מחלף עין תות	בת שלמה	90	4.6	113.4	13.1	97%	123.0	33.0
75	צומת יגור	צומת קישון	90	5.5	93.2	29.4	67%	114.8	24.8



מס דרך	מצומת/ מחלף	לצומת מחלף	/ מהירות מותרת (קמ"ש)	אורך קטע (ק"מ)	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מעל מהירות מותרת	מהירות אחוזון (קמ"ש)	85 אחוזון (קמ"ש)	חריגה (קמ"ש)
77	צומת בית-רימון	צומת המוביל	90	11.2	98.5	29.1	71%	121.2	31.2	
77	צומת המוביל	צומת בית-רימון	90	11.2	98.5	27.8	75%	118.8	28.8	
79	צומת משהד	צומת המוביל	80	10.2	88.1	28.0	66%	113.9	33.9	
79	צומת המוביל	צומת משהד	80	10.3	85.0	27.7	63%	110.5	30.5	
79	צומת שפרעם	צומת סומך	90	2.5	86.3	35.7	59%	114.8	24.8	
781	מחלף גילעם	שד' העצמאות	50	3.1	58.8	22.7	73%	77.6	27.6	
978	צומת האמיר	צומת השריון	80	8.7	95.6	19.8	84%	114.4	34.4	

לוח 5 – שיאים בחריגות מהירות כלי רכב פרטיים באזור הדרום – הכללת זמנים

מס דרך	מצומת/ מחלף	לצומת מחלף	/ מהירות מותרת (קמ"ש)	אורך קטע (ק"מ)	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מעל מהירות מותרת	מהירות אחוזון (קמ"ש)	85 אחוזון (קמ"ש)	חריגה (קמ"ש)
12	צומת שיזפון	עובדה	80	14.1	104.5	24.0	82%	120.8	40.8	
12	עובדה	צומת שיזפון	80	14.1	97.8	31.9	85%	122.0	42.0	
12	עובדה	צומת סירים	80	15.6	105.1	25.6	88%	123.7	43.7	
13	צומת ציחור	צומת מנוחה	80	11.4	91.1	39.2	62%	123.0	43.0	



מס דרך	מצומת/ מחלף	לצומת מחלף	/ מהירות מותרת (קמ"ש)	אורך קטע (ק"מ)	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מעל מהירות מותרת	מהירות אחוזון (קמ"ש)	85	חריגה (קמ"ש)
25	צומת סעד	צומת נחל עוז	80	3.8	91.0	27.5	62%	120.7	40.7	
40	צומת ציחור	צומת שיזפון	80	26.4	102.3	23.6	90%	117.8	37.8	
80	צומת הר עמשא	צומת תל-ערד	90	14.0	88.1	37.8	40%	133.6	43.6	
211	צומת שיבטה	צומת טללים	80	17.1	107.8	20.2	93%	125.9	45.9	
211	צומת שיבטה	צומת קציעות	80	16.3	107.2	17.2	99%	126.5	46.5	
211	צומת קציעות	צומת שיבטה	80	16.3	111.9	26.5	91%	130.7	50.7	
222	צומת רביבים	צומת צאלים	80	26.5	93.2	26.5	70%	120.5	40.5	
234	צומת אורים	צומת רעים	80	10.7	98.4	27.0	79%	118.3	38.3	

שיאי החריגות נצפו בכבישים בהם המהירות המותרת היא 80 קמ"ש. לרוב כבישים אלה דלי תנועה ושוממים, עם קטעי דרך ארוכים של נסיעה ישרה.

5.3 ריכוז תוצאות לפי אזור וסוג רכב

הלוח להלן מציג סיכום כללי של הסטטיסטיקות העיקריות לפי סוג רכב ואזור. הנתונים מתייחסים למוצע משוקלל לפי נסועה כללי של כל התצפיות במדגם, במחצית הראשונה של 2015. מהירות הממוצעת, סטיית התקן וחריגות המהירות בלוח מוצגים בקמ"ש.



לוח 6 – ממוצע תוצאות לפי סוג רכב ואזור גיאוגרפי – ימי חול בשעות הלילה

סוג רכב	אזור	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מהירות מותרת מעל מהירות מותרת	מהירות אחוזן 85 (קמ"ש)	מהירות חריגת (קמ"ש)
פרטי	צפון	76.4	17.3	40%	98.4	12.2
משאית	צפון	73.0	12.4	14%	93.4	3.8
אוטובוס	צפון	81.8	12.7	33%	95.2	6.7
פרטי	מרכז	79.8	22.5	46%	98.5	13.2
משאית	מרכז	81.2	9.4	15%	99.9	4.5
אוטובוס	מרכז	88.0	13.9	41%	102.8	11.6
פרטי	דרום	80.3	17.2	49%	101.1	15.0
משאית	דרום	78.2	10.3	22%	94.7	4.6
אוטובוס	דרום	79.5	16.7	35%	93.1	6.3

בדומה לתוצאות שדווחו בדו"ח הקודם, ריכוז התוצאות מראה על מהירויות הגבוהות של האוטובוסים, עם חריגות בסדר גודל דומה לכלי רכב פרטיים באזור המרכז. נושא זה דורש בדיקה מעמיקה, כיוון שבציי אוטובוסים רבים בארץ מותקנים מגבילי מהירות.

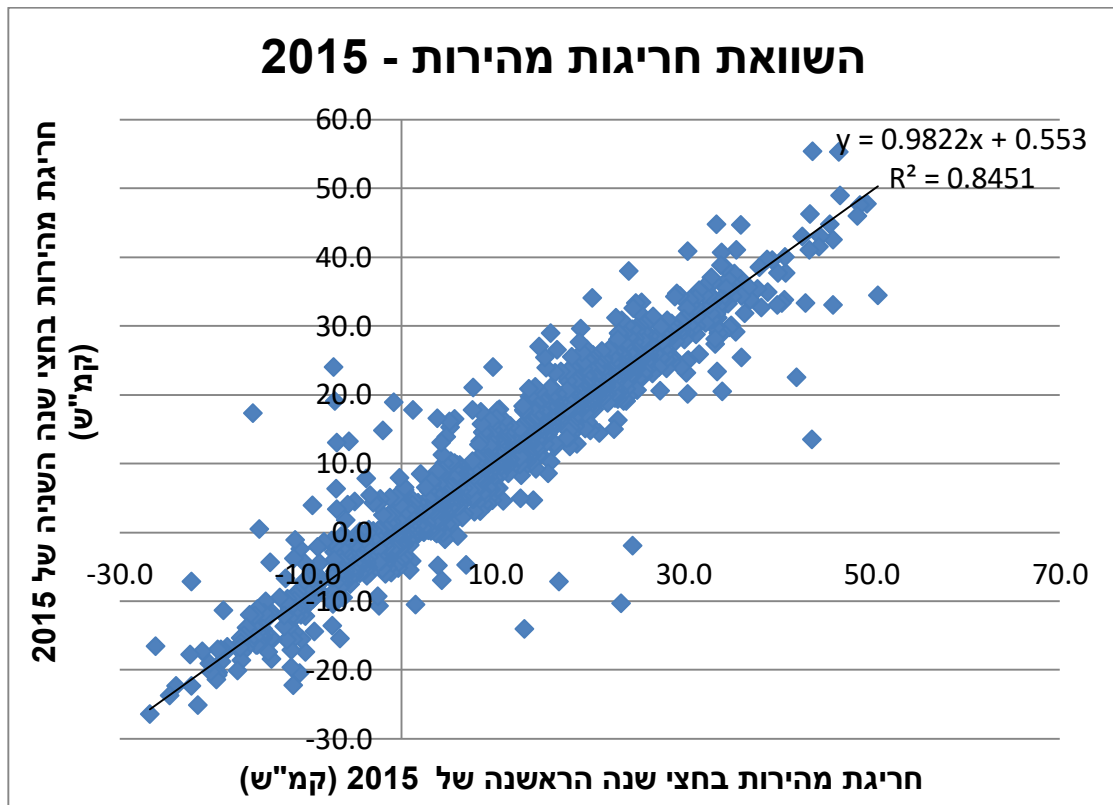
הלוח מראה שממוצע חריגות מהירות משאיות קטנה. נתון זה ישתנה במידה ומניחים כי רוב המשאיות הינם מעל 12 טון, והמהירות המרבית לפי החוק היא 80 קמ"ש. במקרה זה החריגות יהיו משמעותיות בהרבה. נתוני המדגם אינם מאפשרים לזהות את סוג המשאית.



5.4 השוואה בין תקופות

התוצאות שהוצגו עד כה מתארות את ניתוח נתוני המהירות לתקופת זמן של שישה חודשים, במחצית הראשונה של 2015. פרק זה משווה בין חריגות המהירות במחצית הראשונה לבין חריגות המהירות במחצית השנייה של 2015.

הגרף מביא השוואה ברמה הכללית, בכל תקופות יום, לכל הכבישים במדגם. החריגות שמושוות מתייחסות לרכב פרטי.



התוצאות שמוצגות בגרף מצביעות על מתאם גבוה בין שתי תקופות בשנה. כלומר, באותם קטעי דרך עם חריגות גדולה במחצית הראשונה של 2015, התקבלו חריגות גדולות במחצית השנייה של 2015. הפער בין החריגות אינו מובהק סטטיסטי (כלומר, לא ניתן לקבוע האם חריגות המהירות גדלו או קטנו עם הזמן).

הלוח להלן מציג סיכום כללי של הסטטיסטיקות העיקריות לפי סוג רכב ואזור. הנתונים מתייחסים לממוצע משוקלל לפי נסועה כללי של כל התצפיות במדגם, במחצית השנייה של 2015.



לוח 7 - סיכום מהירויות לפי סוג רכב ואזור גיאוגרפי – ימי חול בשעות הלילה – מחצית שניה של 2015

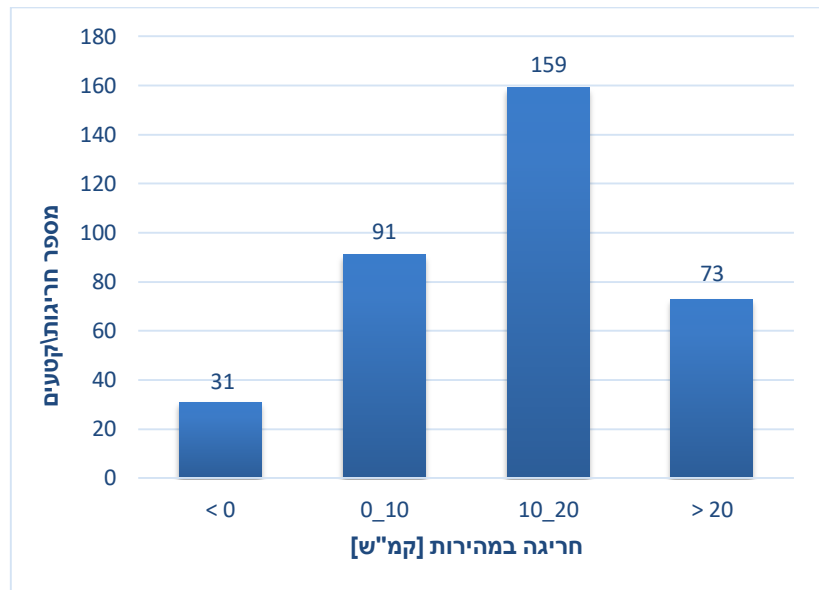
מהירות ממוצעת (קמ"ש)	אזור	מהירות ממוצעת (קמ"ש)	סטיית תקן (קמ"ש)	אחוז מהירות מותרת מעל	מהירות אחוזון 85 (קמ"ש)	חריגת (קמ"ש)	מהירות
80.4	צפון	16.0	44%	100.6	13.9	פרטי	
75.1	צפון	10.8	16%	92.4	3.1	משאית	
82.8	צפון	11.7	35%	96.5	8.2	אוטובוס	
82.6	מרכז	20.2	49%	100.1	14.0	פרטי	
83.2	מרכז	7.5	23%	92.5	-0.5	משאית	
88.8	מרכז	12.3	44%	104.2	13.9	אוטובוס	
82.9	דרום	15.7	51%	102.9	16.7	פרטי	
79.4	דרום	9.4	22%	96.6	7.3	משאית	
82.5	דרום	16.1	41%	96.7	9.9	אוטובוס	

בדומה למתאם שהוצג בגרף לעיל, התוצאות של לוח 5 קרובות לתוצאות של לוח 4. משמעות תוצאה זו היא כי אין שינויים משמעותיים במגמת מהירות הנסיעה. תוצאות אלו נשמרות ומקבלות תוקף באי תלותם בזמן הנסיעה בשבוע שהרי בכל זמן נסיעה שנבחן אחוזי ההחמרה או השיפור קרובים לזהים.

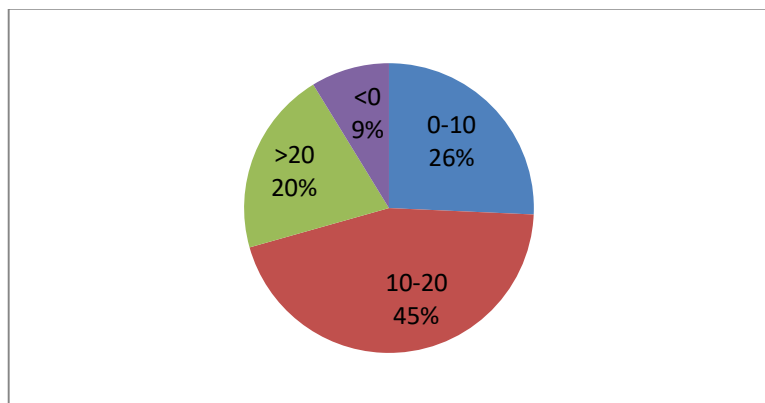
5.5 מודל לחיזוי חריגה במהירות

סעיף זה בוחן את הקשר בין החריגה במהירות לבין המאפיינים הגיאומטריים של הכביש. לצורך ביצוע הניתוחים הסטטיסטיים חילקנו את החריגה במהירות ל- 4 קטגוריות: חריגה שלילית הקטנה מאפס, חריגה 0-10 קמ"ש, חריגה 10-20 קמ"ש וחריגה מעל 20 קמ"ש.

האיורים 5.1 ו- 5.2 מציגים את התפלגות הקטעים של כלל קטעי המחקר שכוללים בתוכם דרכים עירוניות ובין עירוניות ודרכים חד ודו מסלוליות לפי מספר קטעים ולפי אחוז הקטעים כתלות בחריגה במהירות. סה"כ התקבלו 354 קטעים.



איור 5.1 : התפלגות הקטעים כתלות בחריגה במהירות



איור 5.2 : התפלגות הקטעים באחוזים כתלות בחריגה במהירות

מאיורים 5.1 ו- 5.2 ניתן לראות שב- 323 קטעים מתוך 354 התקבל שהאחוזון ה- 85 של מהירויות הנסיעה עולה על המהירות המותרת והם מהווים יותר מ- 91% מסך כל הקטעים. כלומר, ב- 91% מהקטעים נצפתה חריגה כלשהי במהירות.

ב- 232 קטעים שמהווים כ- 65% מסך כל הקטעים נצפו חריגות במהירות של מעל ל- 10 קמ"ש מהמהירות המותרת. החריגה במהירות השכיחה ביותר נמצאת באינטרוול של 10-20 קמ"ש, ב- 159 קטעים נצפו חריגות באינטרוול זה שמהווים כ- 45% מסך כל הקטעים. ב- 31 קטעים שמהווים 9% מהקטעים נצפו חריגות שליליות, כלומר מהירות האחוזון ה- 85 הייתה נמוכה מהמהירות המותרת.

על מנת להגיע למודל מובהק, המודל שהשתמשנו בו לאמידת שיעור החריגה במהירות הוא מודל הלוגיט בינארי (binary logit), המודל מציג את פונקציית Logit של ההסתברות לחריגה במהירות (תוצאה בינארית) תוך התייחסות בו זמנית למספר משתנים מסבירים.



במודל זה, המשתנה התלוי יקבל ערך 1 במקרה שהחריגה במהירות נמצאת מעל ערך מסוים, ואפס במקרה אחר. לצורך כך, נבחנה חריגה במהירות שהיא מעל 20% מהמהירות המותרת. לפיכך, האלטרנטיבית הבחירה במודל הן (1) קיימת חריגת מהירות מעל 20%, ו- (2) אין חריגה.

להלן תיאור של פונקציות התועלת של האלטרנטיבות במודל:

$$U1 = \beta_0 + \beta_1 * Speed_85 + \beta_2 * Speed_Limit + \beta_3 * Avg-speed + \beta_4 * AADT_new + \beta_5 * Rohav_neteev + \beta_6 * Shoulder_external + \beta_7 * Shoulder_internal + \beta_8 * Shool-asfalt-rahav + \beta_9 * Area\ Speed + \beta_{12} * lanes_tot$$

$$U2 = 0$$

כאשר:

U1 - פונקציית התועלת במקרה שהייתה חריגה במהירות (20% מעל המהירות המותרת)

U2 - פונקציית התועלת במקרה שלא הייתה חריגה במהירות

85 speed - מהירות האחוזון 85 (קמ"ש)

Speed Limit - מהירות מותרת (קמ"ש)

Avg-speed - מהירות ממוצעת (קמ"ש)

AADT_new - נפח תנועה יומי ממוצע (יר"מ)

rohav_neteev - רוחב נתיב ממוצע (מ')

Shoulder_external - רוחב שול חיצוני (מ')

Shoulder_internal - רוחב שול פנימי - מתאים לכבישים דו מסלוליים בלבד (מ')

Had-maslole - משתנה דמי שמקבל ערך 1 אם הכביש הוא חד-מסלולי ואפס במקרה אחר (כביש דו-מסלולי).

Shool-asfalt-rahav - משתנה דמי שמקבל ערך 1 במקרה שהשול מוגדר כשול אספלט רחב ואפס במקרה אחר.

Area - משתנה דמי שמקבל ערך 1 בהתאם לאזור הגיאוגרפי: N - צפון, C - מרכז, S - דרום

הטבלה הבאה מציגה את תוצאות אמידת המודל. בטבלה מוצגים המשתנים ותיאורם, ערכי המקדמים וה- t - סטטיסטי שלהם. תוצאות המודל שהתקבלו הניבו התאמה סטטיסטית טובה. יש לציין כי נבחנו מודלים נוספים שכללו משתנים אחרים, אך תוצאותיהם היו ברמת מובהקות נמוכה יותר. כלומר, המודל שמוצג הוא המודל שהסביר בצורה הטובה ביותר את הקשר בין ההסתברות לחריגה במהירות לבין המשתנים המסבירים.

הנראות (Log likelihood) הסופית של המודל הזה היא 21,370.03 שיפור של 677,285 נקודות ביחס

לנראות ההתחלתית שמראה לפי מבחן χ^2 שכבוצה כל המשתנים שונים באופן מובהק מאפס ברמה של 0.01 ותורמים ליכולת ההסבר של המודל.



משתנה	מקדם β	t-סטטיסטי
קבוע	-3.226	-2.976
קטע באזור המרכז	1.211	2.566
קטע באזור הצפון	1.489	4.105
כביש רב-מסלולי	1.259	2.228
שול אספלט צר	-0.818	2.800
מהירות מותרת	0.045	2.093
נפח תנועה יומי	-0.006	-2.601
רוחב שול חיצוני (ימני)	-0.307	-2.007

מטבלה ניתן לראות כי ערך הקבוע שלילי מצביע על כך שבמדגם רוב התצפיות היו עם חריגות קטנות מ-20% דרכים דו-מסלוליות מאופיינות עם חריגה יותר גדולה במהירות מאשר דרכים חד-מסלוליות, תוצאה זו תואמת ממצאים מהספרות.

מהטבלה ניתן לראות שהסימן של מקדם "המהירות המותרת" יצא חיובי, אשר מצביע על כך שההסתברות לחריגה במהירות של מעל 20% מהמהירות המותרת גבוהה יותר עבור מהירויות מותרות גבוהות יותר. תוצאה זו מחזקת את ההשערה שכבישים דו-מסלוליים מאופיינים עם חריגה יותר גבוהה במהירות תוך ידיעה שהמהירות המותרת בכבישים דו-מסלוליים גבוהות מאשר כבישים חד-מסלוליים.

משתנה אחר שהסביר בצורה מובהקת את החריגה במהירות הינו משתנה האזור הגיאוגרפי (דרום, מרכז וצפון) כאשר בסיס ההשוואה היה אזור הדרום. התוצאות הראו, שאזורי המרכז והצפון מאופיינים עם חריגה יותר גדולה במהירות מאשר אזור הדרום תוצאה אשר יכולה להצביע על רמת כבישים יותר גבוהה באזורי הצפון והמרכז מאשר באזור הדרום.

המשתנה של נפח התנועה במודל הנוכחי, התייחס לנפח תנועה יומי ממוצע. תוצאות אמידת המודל הראו שככל שנפח התנועה יותר גדול, החריגה במהירות יותר קטנה. תוצאה זו גם צפויה, כיוון שכבישים בעלי נפחי תנועה גדולים מאופיינים עם מהירויות נסיעה יותר קטנות.

ממאפייני הגיאומטריה של הכביש שנבחנו, רק המאפיין של השול החיצוני היה מובהק. שני המשתנים שבחנו את הקשר בין השול לחריגה במהירות היו: (א) המידה של רוחב השול החיצוני במטרים (ב) האם השול נחשב כשול אספלט רחב. המשתנה הראשון התייחס לרוחב השול הכולל (סלול חלקית או לא סלול), והתקבל כאשר השול יותר רחב, החריגה במהירות יותר קטנה. ההסבר לתוצאה זו: המשתנה שנבחו הינו רוחב של שוליים לא סלולים או סלולים חלקית, משתנה שלא מאפיין את הדרכים הדו-מסלוליות, כלומר, משתנה זה מתאר יותר את הדרכים החד-מסלוליות שבהם החריגה במהירות התקבלה כיותר נמוכה. המשתנה השני התייחס לשוליים סלולים, התוצאה שהתקבלה מראה, שקטעי דרך עם שולים רחבים וסלולים מאופיינות עם חריגה יותר גבוהה במהירות.



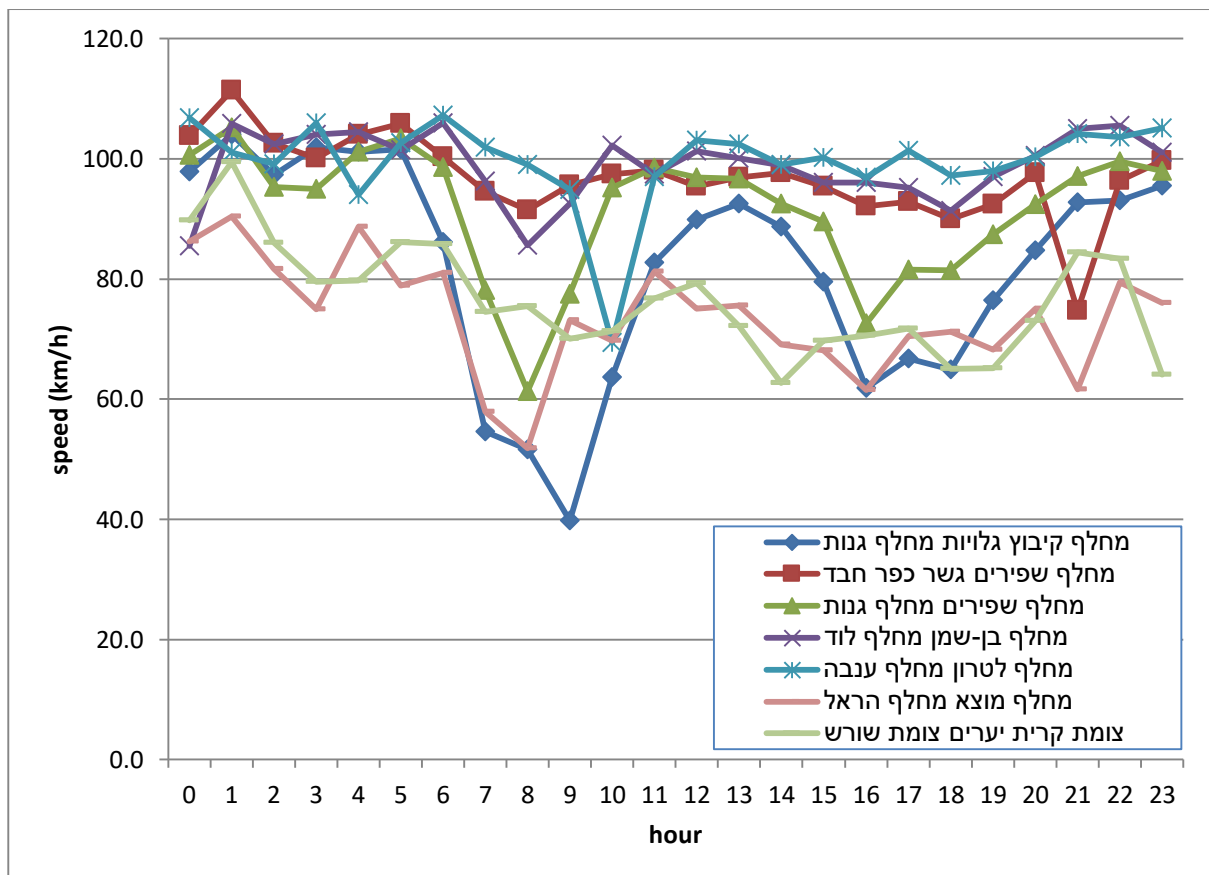
אחד המשתנים הבולטים שנבחן ולא היה מובהק סטטיסטית הוא רוחב הנתיב. התוצאה שהתקבלה הייתה "חיובית" כלומר ככל שהנתיב יותר רחב החריגה במהירות יותר גבוהה, אולם ערך ה- t סטטיסטי שלו היה נמוך - 1.4.

לסיכום ממצאי המודל, ניתן להסיק כי למאפייני התנועה ולמאפיינים ההנדסיים של הכביש יש השפעה ניכרת על מהירות הנסיעה המבוטאת במודל ע"י החריגה במהירות.

6 מהירות נסיעה על פני היממה

פרק 5 ניתח מהירויות בזרימה חופשית. פרק זה מביא ניתוח של המהירויות בכל שעות היממה, עם דגש על מהירויות בגודש. המערכת כוללת נתונים שתיים של מהירויות נסיעה לשנת 2016, לכל קטעי רשת TMC לכל חודש ויום בשבוע. כיוון שמדובר במסד נתונים גדול, לא ניתן להציגם במפות בודדות. נספח א' מפרט את המהירויות השעיות בכל קטעי רשת TMC.

הגרף הבא מביא דוגמא של התפלגות מהירות הנסיעה בכביש מס' 1, על פני קטעי דרך שונים. הנתונים נאספו בעזרת חברת דסל בשנת 2016. הגרף מתייחס לממוצע מהירויות באמצע שבוע.



למרות שמרווח זמן של שעה הוא רחב מדי כדי לזהות את משך הגודש, ניתן לראות בבירור ירידה במהירות הנסיעה בין השעות 8-9 לערכים המגיעים ל-40 קמ"ש. כיוון שמדובר בערכים ממוצעים לשעה, ניתן לשער כי המהירות היא נמוכה יותר בפרקי זמן קצרים יותר.

הלוח להלן מציג את המהירויות זרימה ממוצעות על פני היממה, מהירות זרימה חופשית ומהירות בגודש בקטעי דרך TMC. הלוח ממוין לפי אחוז ירידה מהמהירות זרימה חופשית.



כביש	מצומת	לצומת	מהירות ממוצעת	מהירות חופשית	מהירות בגודש	אחוז ירידה
554	צומת כפר סבא מערב	בית-חולים מאיר	25.8	39.8	7.9	80%
20	מחלף הרכבת	מחלף ההלכה	59.0	92.7	20.5	78%
5	מחלף גלילות מזרח	מחלף גלילות מערב	53.3	75.9	17.0	78%
20	מחלף רוקח	מחלף ההלכה	61.1	93.3	21.3	77%
20	מחלף חולון	מחלף וולפסון	55.1	89.4	22.3	75%
42	מחלף גן-רווה	צומת עין הקורא	76.1	88.2	22.1	75%
20	מחלף השלום	מחלף לה גווארדיה	61.0	91.5	24.7	73%
90	צומת צמח	צומת כנרת	43.6	54.6	15.1	72%
40	צומת סירקין	צומת שערייה	36.3	53.4	15.3	71%
20	מחלף הרכבת	מחלף השלום	58.3	87.3	25.1	71%
4	צומת רעננה צפון	צומת רעננה	36.0	67.8	20.5	70%
444	צומת טירה	מחלף אייל	58.3	69.4	21.2	70%
386	צומת קרית הממשלה	צומת גבעת שאול	22.3	39.5	12.1	69%
4	מחלף גנות	מחלף השבעה	66.4	95.7	29.8	69%
4	צומת וולקן	צומת הצריף	34.3	50.9	17.2	66%
554	בית-חולים מאיר	בית ברל	47.1	64.4	22.2	65%
85	צומת אחיהוד	צומת יסיף	51.7	75.4	26.6	65%
482	צומת דרום רמת החייל	צומת מבצע קדש	26.2	44.7	15.8	65%
2	מחלף גלילות מערב	מחלף הסירה	60.7	78.2	28.1	64%
672	מרכז חורב	מרכז הכרמל	20.6	37.0	13.3	64%
4	צומת רעננה צפון	מחלף בצרה	71.0	92.2	33.6	64%
40	מחלף לוד	צומת אל-על	48.2	68.9	25.3	63%
98	אתר החרמון	מסעדה	36.9	50.0	18.7	63%
754	צומת משהד	צומת בית-רימון	34.7	52.0	19.6	62%
4	צומת הצק פוסט	צומת קישון	30.4	46.8	17.7	62%
41	צומת בית-רבן	צומת בני-דרום	64.4	84.8	32.2	62%
2	מחלף הסירה	מחלף יצחק רבין	66.2	90.2	34.3	62%
79	צומת המוביל	צומת יפתחאל	59.7	97.0	37.0	62%
31	צומת שוקת	צומת להבים	73.8	93.8	35.9	62%
20	מחלף חיל השיריון	מחלף חולון	56.6	82.3	31.6	62%
44	צומת בית-דגן	מחלף השבעה	45.4	67.8	26.1	62%
2	מחלף יצחק רבין	מחלף חוף השרון	69.1	94.2	36.5	61%
20	מחלף וולפסון	צומת איילון דרום ודב הוז	57.1	86.0	33.3	61%
57	צומת בית-ליד	מחלף נתניה	38.0	56.8	22.2	61%
410	מכון ויצמן	מערב רחובות	27.6	41.7	16.5	60%
781	מחלף גילעם	שד העצמאות בקרית אתא	37.5	47.1	18.8	60%
784	צומת מורשת	צומת יפתחאל	58.6	69.9	28.0	60%
60	מחלף שער מזרח	צומת המטה הארצי	38.7	50.1	20.1	60%
20	מחלף קקל	מחלף רוקח	70.6	97.8	39.4	60%
402	צומת מלל	צומת דרום הוד-השרון	30.7	42.3	17.3	59%
42	צומת שלמה אבן גבירול	מזרח יבנה	45.3	58.5	24.0	59%



59%	41.5	100.8	87.4	מחלף לטרון	מחלף שער הגיא	1
59%	16.6	40.2	27.3	צומת דרום רמת החייל	צומת שלונסקי פנחס רוזן	482
59%	40.8	98.5	84.2	מחלף מורשה	מחלף תקווה	5
58%	23.0	55.5	45.9	צומת כפר מסריק	צומת עכו מזרח	4
58%	39.7	95.5	76.5	מחלף גנות	מחלף קיבוץ גלויות	1
58%	35.4	84.0	52.9	מחלף גבעת שמואל	מחלף בר-אילן	4
58%	16.9	39.9	29.9	מרכז פתח-תקווה	מרכז רפואי רבין	481
58%	22.1	52.1	37.8	צומת פנקס - נמיר	צומת נמיר - זבוטינסקי	2
56%	23.6	54.2	44.8	צומת אזור	מחלף חולון	44
56%	45.3	103.7	87.7	מחלף אשדוד	צומת בני-דרום	41
56%	32.0	73.2	65.9	צומת גולני	כפר תבור	65
56%	20.6	47.1	32.9	פאוור סנטר פתח תקווה	מחלף גהה	481
56%	16.8	37.7	27.8	צומת ביאליק - זבוטינסקי	כיכר רוטרי	481
55%	23.3	52.3	36.3	צומת שלונסקי - פנחס רוזן	פנחס רוזן - דבורה הנביאה	482
55%	31.3	69.6	44.9	צומת יבור	צומת אחיהוד	70
55%	42.7	94.8	70.8	מחלף חולון מזרח	גשר ראשון	4
54%	40.7	88.7	72.4	מחלף מסובים	מחלף גנות	4
54%	31.3	68.3	40.4	צומת מעשיהו	מחלף רמלוד	44
54%	31.1	67.2	53.6	צומת גינתון	צומת גשר לוד	40
53%	22.6	48.6	29.5	דרום ראשון-לציון	צפון ראשון-לציון	412
53%	27.8	59.1	43.6	צומת נהריה	צומת כברי	89
53%	28.6	60.8	46.8	צומת נחל חדרה	מחלף קיסריה	65
53%	39.8	84.5	65.2	צומת קישון	צומת יגור	75
53%	46.9	99.3	88.9	מחלף ירקון	מחלף קסם	5
53%	28.1	59.5	47.9	צומת בית יהושע	צומת דרוור	553
53%	21.7	46.0	31.6	צומת העשור	צומת עין-אפק	4
53%	46.9	99.2	78.4	צומת זבולון	צומת סומך	70
52%	37.7	79.2	63.5	צומת רנתיס	צומת נבלט	444
52%	38.1	79.9	64.4	צומת חדיד	צומת נבלט	444
52%	27.4	57.2	43.1	מחלף יגאל ידן	מחלף שער מזרח	1
52%	45.3	94.4	81.4	מחלף ירקון	מחלף תקווה	5
52%	20.7	43.0	28.2	כיכר פלד	מחלף אבא הלל	482
52%	34.5	71.7	51.2	צומת נבלט	צומת אל-על	453
52%	45.8	94.6	74.2	צומת שוקת	צומת תל-ערד	31
52%	31.1	64.2	49.4	צומת נשר	צומת יגור	752
51%	25.2	51.9	38.9	צומת דרום הוד-השרון	צומת עדנים	402
51%	48.8	100.5	89.5	מחלף נתניה	מחלף גשר השלום	2
51%	48.0	98.7	63.2	צומת פורידיס	מחלף זיכרון יעקב	70
51%	21.0	42.9	32.2	תחנה מרכזית בת גלים	בית דגון	4
51%	36.1	72.9	62.1	צומת בית-ליד	צומת פרדסיה	4
50%	26.9	54.4	37.6	צומת ניר-צבי	צומת מעשיהו	44
50%	47.1	94.9	76.8	מחלף אשדוד	מחלף יבנה	4
50%	18.6	37.2	26.2	דרום ראשון-לציון	גשר ראשון	441
50%	27.8	55.5	45.0	צומת אבליים	מחלף גילעם	781



50%	20.9	41.8	34.4	צומת גנים	צומת סגולה	40
49%	40.6	80.3	58.0	צומת בצת	צומת חניתה	899
49%	48.3	94.3	72.7	מחלף אלוף-שדה	מחלף מסובים	4
49%	32.4	62.8	49.1	צומת הגדי	צומת נתיבות	25
48%	34.4	66.5	51.2	צומת נמל אשדוד	מחלף אשדוד	41
48%	33.2	64.2	53.2	פינת הספארי	מחלף מסובים	461
48%	28.2	54.1	40.6	צומת קישון	צומת וולקן	4
48%	20.4	39.0	29.0	פנחס רוזן - דבורה הנביאה	צומת הפיל	482
48%	26.6	50.9	37.2	מחלף רמלה דרום	מחלף רמלוד	40
48%	47.1	89.7	74.4	מחלף גן-רווה	גשר ראשון	4
47%	33.2	63.3	46.1	צומת כפר-סבא מזרח	אזור תעשייה כפר סבא	55
47%	30.7	58.5	46.9	פארק המדע ברחובות	צומת אברהם ילובסקי	412
47%	35.0	66.4	51.1	מחלף שפירים	צומת בית-דגן	412
47%	22.6	42.8	32.3	צומת דרך הים	מרכז הכרמל	672
47%	33.2	62.6	48.7	צומת חרושת	צומת נחל חדרה	4
47%	53.4	100.6	91.7	מחלף ראשון דרום	מחלף גן-רווה	4
47%	29.1	54.6	41.0	מחלף גולומב	מחלף גבעת מרדכי	404
47%	28.6	53.8	36.8	צומת גן הוורדים	דרום ראשון-לציון	412
47%	29.3	54.9	40.6	צומת רגבה	צומת נהריה	4
47%	18.2	34.0	26.3	פינת הספארי	מחלף קיבוץ גלילות	461
47%	52.0	97.4	75.8	מחלף קקל	מחלף גלילות מזרח	20
47%	42.0	78.5	67.0	צומת חניתה	צומת כברי	70
46%	37.1	68.8	49.6	צומת נהריה	צומת בצת	4
46%	36.6	67.6	56.8	מחלף גלילות מערב	צומת קקל - נמיר	2
46%	53.6	98.7	73.6	צומת בני-דרום	צומת בן זכאי	42
46%	35.0	64.3	47.7	צומת גשר לוד	מחלף לוד	40
45%	50.0	91.7	80.9	צומת התשבי	צומת העמקים	70
45%	30.1	55.1	37.9	ככר העצמאות	צומת גינתון	443
45%	19.3	35.3	26.2	צומת סגולה	מרכז פתח-תקוה	481
45%	36.4	66.5	51.7	צומת ניר-צבי	צומת צריפין	44
45%	21.1	38.3	27.6	צומת כדורי	מחלף הכפר הירוק	482
45%	32.7	59.2	46.8	צפון ראשון-לציון	צומת בית-דגן	412
44%	42.0	75.7	64.6	צומת להבות הבשן	צומת חורשת טל	918
44%	29.7	53.1	36.8	צומת חרושת	צומת חדרה	4
43%	27.0	47.7	39.9	צומת גבעת שאול	מחלף קרית משה	404
43%	21.7	38.2	27.5	צומת בילו	מכון ויצמן	412
43%	38.5	67.8	38.5	צומת דניה	צומת דמון	672
43%	40.0	70.1	59.7	מחלף גילעם	צומת עין-אפק	79
43%	35.9	62.9	53.2	מעלות תרשיחא	צומת חירם	89
42%	46.2	80.3	62.9	צומת אבליים	צומת מורשת	781
42%	59.5	103.2	88.7	מחלף מבוא אילון	מחלף משה דיין	20
42%	35.5	61.6	49.4	צומת ברכיה	צומת אבא-הלל סילבר	4
42%	50.5	87.5	72.9	מחלף מורשה	מחלף אם המושבות	4
42%	42.9	74.3	67.6	צומת בית-רבן	צומת גדרה	41



42%	21.7	37.6	28.5	ככר העצמאות	צומת גשר לוד	434
42%	19.7	34.0	25.4	כיכר הציונות	מחלף אבא הלל	482
42%	46.7	80.6	66.4	צומת המוביל	צומת משהד	79
42%	55.7	96.0	88.6	מחלף מאחז	יציאה דרומית מקרית-גת	40
42%	56.3	96.3	78.2	מחלף גלילות מזרח	מחלף הכפר הירוק	5
41%	34.9	59.5	41.6	צומת משהד	צומת נצרת צפון	754
41%	40.3	68.7	57.8	צומת רנתיס	צומת מגדל אפק	444
41%	49.5	84.2	69.2	צומת בשן	צומת זיוון	98
41%	37.5	63.2	47.8	צומת אל-על	צומת הטייסים	40
41%	31.7	53.4	39.8	צומת קקל - נמיר	סמינר הקיבוצים	2
40%	33.7	56.5	44.9	צומת כנרת	חופי טבריה	90
40%	54.3	90.9	75.9	צומת מודיעים	צומת מכבים	443
40%	48.2	80.2	58.5	צומת חורשים	מחלף קסם	444
40%	54.9	91.0	76.9	צומת קצרין דרום	צומת המפלים	87
40%	27.4	45.4	33.4	בית דגון	גשר פז	4
40%	40.4	66.9	40.4	צומת תל-ערד	ערד	31
40%	25.7	42.5	30.4	צומת אברהם ילובסקי	כניסה צפונית לנס-ציונה	412
40%	46.1	76.4	63.6	צומת יגור	צומת העמקים	70
39%	48.8	80.7	69.7	מחלף אליקים	צומת התשבי	70
39%	20.1	33.2	26.3	כיכר רוטרי	מחלף גהה	481
39%	35.6	58.5	50.8	צומת נהלל	צומת ישי	75
39%	53.3	87.6	53.3	צומת אל-רום	מסעדה	98
39%	50.9	83.7	69.3	חמת גדר	צומת אפיק	98
39%	41.2	67.7	57.4	מחלף שער מזרח	מחלף הזיתים	1
39%	44.6	73.2	61.8	צומת אבליים	צומת סומך	70
39%	45.6	74.6	57.1	צומת גינתון	מחלף בן-שמון	443
39%	46.7	76.4	67.3	מחלף גולדה מאיר	צומת גבעת שאול	404
38%	61.3	99.6	88.6	מחלף גנות	מחלף שפירים	1
38%	52.0	84.5	64.5	צומת מעגן	חמת גדר	98
38%	26.5	43.0	32.7	צומת כרם	הר הרצל	386
37%	60.3	96.4	80.7	מחלף הכפר הירוק	מחלף מורשה	5
37%	54.7	87.3	80.3	צומת אשדוד דרום	צומת כבישים 42 - 4	4
37%	53.6	85.6	66.3	צומת אורן	מחלף עתלית	721
37%	61.8	98.3	85.7	מכון וינגייט	מחלף חוף השרון	2
37%	36.6	58.2	50.4	צומת גומא	צומת המצודות	90
37%	31.7	50.2	39.1	צומת הפיל	מחלף הכפר הירוק	482
37%	34.0	53.9	47.3	צומת אורן	צומת דמון	721
37%	59.4	94.1	77.9	צומת מצדה	צומת מצפה שלם	90
37%	52.6	83.0	69.8	צומת בית-דגן	צומת חבד	44
36%	64.8	102.0	87.0	צומת משואה	צומת אדם	90
36%	51.8	81.3	70.5	מחלף הראל	מחלף מוצא	1
36%	55.9	87.6	79.3	צומת רעננה דרום	מחלף מורשה	4
36%	62.0	97.0	81.7	צומת מצפה שלם	צומת קליה	90
36%	45.4	71.0	58.6	צומת שמשון	מחלף שער הגיא	38



36%	33.8	52.9	43.6	צומת יצחק מצליח	צומת שוק באר שבע	25
36%	28.6	44.5	38.1	צומת דמון	מחלף אליקים	672
36%	31.5	49.1	39.5	מרכז חורב	צומת דניה	672
36%	56.4	87.6	67.5	צומת פלוגות	מחלף קרית גת	35
36%	65.7	102.0	87.0	מחלף חבצלת	מחלף נתניה	2
35%	50.1	77.7	61.8	צומת אל-על	צומת רנתיס	46
35%	46.8	72.3	58.1	מחלף שפירים	צומת יהוד מערב	412
35%	59.5	91.8	79.2	צומת זוהר	צומת מצדה	90
35%	45.9	70.8	58.8	עפולה	צומת עדשים	60
35%	59.6	91.3	81.3	צומת להבים	צומת קמה	40
34%	83.3	127.0	83.3	צומת אורים	צומת מעון	241
34%	83.5	127.0	83.5	צומת רעים	צומת סעד	232
34%	69.4	105.1	98.3	מחלף ענבה	מחלף לטרון	1
34%	59.9	90.6	80.1	רמת מגשימים	צומת בשן	98
34%	64.6	97.7	83.7	מחלף יבנה	מחלף חולות	4
34%	40.0	60.3	49.7	צומת יהוד מערב	צומת הטייסים	461
34%	53.3	80.2	69.5	חופי טבריה	צומת כפר נחום	90
33%	38.6	57.9	50.5	מחלף מסובים	צומת סביון	461
33%	54.7	82.0	65.0	צומת המצודות	מטולה	90
33%	40.7	60.9	50.1	צומת עזקה	צומת שמשון	38
33%	19.6	29.2	23.3	כיכר בית החיים	צומת גבעת שאול	417
33%	81.8	122.0	81.8	צומת צאלים	צומת אורים	234
33%	35.3	52.6	42.2	צומת טירה	בית ברל	554
33%	28.5	42.3	32.4	צומת מעשיהו	ככר העצמאות	434
32%	25.3	37.4	30.6	צומת ביאליק - זבוטינסקי	כיכר הציונות	481
32%	56.0	82.7	66.9	מחלף רמלוד	צומת גינתון	40
32%	42.3	62.4	51.4	צומת גן הוורדים	צומת ניר-צבי	313
32%	51.7	76.1	62.8	צומת חירם	צומת מירון	89
32%	52.0	76.6	59.4	צומת עמיעד	צומת כפר נחום	90
32%	53.9	79.4	70.8	צומת קדרים	צומת עמיעד	85
32%	60.3	88.7	71.4	צומת גוון	צומת האמיר	959
32%	53.7	79.0	65.4	צומת כרמיאל מערב	צומת כרמיאל	85
32%	61.1	89.2	76.5	צומת מעגן	עין-גב	92
32%	55.6	81.3	68.6	צומת אום אל-פאחם	צומת מגידו	65
31%	49.8	72.7	65.4	צומת מסמיה ראם	צומת גדרה	40
31%	50.0	73.0	59.9	צומת גדרה	צומת ברנר	40
31%	39.1	57.0	49.1	מחלף אלנבי	תחנה מרכזית בת גלים	4
31%	61.8	90.0	80.7	צומת זוהר	צומת הערבה	90
31%	64.0	93.0	76.7	צומת גבולות	צומת מעון	232
31%	50.8	73.8	60.2	צומת הרואה	צומת חדרה	4
31%	29.2	42.3	34.5	מחלף משה דיין	גשר ראשון	441
31%	58.9	85.1	71.1	צומת ראמה	צומת חנניה	85
31%	57.0	82.4	74.9	צומת אופקים	צומת אורים	241
31%	42.6	61.4	51.8	צומת שיאון	מסעדה	99



30%	62.0	89.1	80.6	צומת ערערה	צומת תל-ערד	80
30%	44.2	63.3	51.3	דרום ראש-העין	מחלף קסם	444
30%	58.6	83.9	71.9	צומת הסרגל	עפולה	65
30%	35.7	51.0	41.1	צומת הצק פוסט	צומת נשר	752
30%	61.0	87.0	79.6	צומת המפלים	צומת דליות	808
30%	40.3	57.4	51.2	צומת דניה	צומת נשר	705
29%	81.4	115.3	81.4	צומת משאבים	צומת טללים	40
29%	49.7	70.3	63.2	גשר פז	צומת הצק פוסט	4
29%	55.2	78.0	55.2	צומת המצודות	צומת חורשת טל	99
29%	53.0	74.9	67.9	צומת עכו מזרח	צומת יסיף	85
29%	45.7	64.3	58.6	צומת אורן	מחלף חיפה דרום	4
29%	50.8	71.5	62.8	כפר תבור	צומת אלומות	767
29%	53.1	74.3	66.1	מחלף עירון	צומת מי-עמי	65
28%	71.7	100.2	89.1	מחלף אולגה	מחלף ינאי	2
28%	67.2	93.7	77.3	צומת השיטה	צומת שאן	71
28%	51.0	71.0	61.2	צומת ראש-פינה	צומת מחניים	90
28%	42.9	59.7	53.6	צומת העמקים	צומת השומרים	75
28%	77.8	108.1	90.1	צומת דימונה	צומת ערערה	25
28%	63.0	87.5	75.9	תירוש	צומת עזקה	383
28%	73.2	101.5	81.1	צומת סעד	צומת גבים	232
28%	63.3	87.7	74.0	צומת סעד	צומת נתיבות	25
28%	54.8	75.8	64.4	צומת זוהר	צומת חתרורים	31
28%	77.4	107.0	77.4	צומת אורים	צומת רעים	234
27%	41.3	56.9	51.9	צומת בית המכס	צומת גדות	91
27%	59.0	81.2	59.0	צומת גדות	צומת גונן	918
27%	78.2	107.4	86.5	מחלף שער שומרון	צומת כבישים 5 - 446	5
27%	57.0	78.2	70.9	צומת עופר	צומת אורן	4
27%	45.0	61.8	54.3	הכניסה הצפונית לנס-ציונה	צומת גן הוורדים	412
27%	58.5	79.9	64.9	צומת נהלל	צומת ברוך	73
26%	89.2	120.8	89.2	צומת משאבים	צומת הנגב	40
26%	62.8	84.5	72.2	צומת שורש	צומת קרית יערים	1
25%	70.6	94.5	86.2	צומת יהודיה	צומת קצרין דרום	87
25%	74.7	99.7	94.0	גשר כפר חבד	מחלף שפירים	1
25%	55.3	73.5	64.1	צומת להבות הבשן	צומת גונן	918
25%	58.4	77.5	67.4	מחלף גילעם	צומת סומך	79
25%	49.8	66.1	56.2	צומת אלי כהן	שדה תימן	25
25%	48.7	64.5	54.5	צומת ברכיה	צומת אשקלון	4
24%	60.5	80.2	60.5	צומת יבור	גדיידה-מכר	805
24%	78.5	103.9	90.2	צומת מעון	צומת רעים	232
24%	42.9	56.7	42.9	צומת נהלל	צומת נצרת דרום	75
24%	61.7	81.4	69.0	צומת מחניים	צומת גדות	91
24%	60.9	80.0	71.0	צומת חנניה	צומת קדרים	85
23%	67.2	87.8	79.7	צומת גולני	צומת פוריה	77
23%	59.9	78.1	69.2	צומת עדשים	צומת נצרת דרום	60



23%	75.6	98.3	90.9	אליפלט	מחלף אליפלט	90
23%	67.0	87.0	76.5	צומת יהודיה	צומת בית-צידה	87
23%	81.1	105.2	96.8	צומת ישי	מחלף זרזיר	77
23%	69.8	90.3	77.0	צומת עילבון	צומת קדרים	65
23%	65.7	85.0	72.8	צומת הנשיא	צומת קמה	264
23%	55.6	71.9	64.9	צומת דרך הים	מחלף חיפה דרום	4
23%	40.8	52.6	48.2	צומת אברהם ילובסקי	צומת בית עובד	303
22%	62.3	79.7	69.6	צומת כרמיאל מערב	צומת אחיהוד	85
22%	57.0	72.7	63.5	צומת מורשת	צומת יובלים	784
21%	62.1	79.1	71.6	צומת נפח	צומת זיוון	91
21%	67.4	85.8	75.1	צומת אמונים	צומת אשכולות	4
21%	61.9	78.6	72.5	צומת כברי	מעלות תרשיחא	89
21%	61.9	78.4	70.1	צומת כליל	צומת כברי	70
21%	77.8	98.3	87.2	צומת הגדי	צומת גילת	25
21%	73.0	92.1	82.7	מחלף אדומים	מצפה יריחו	1
21%	79.6	100.3	79.6	צומת בית הערבה	צומת פצאל	90
21%	72.7	91.5	81.4	צומת נחושה	צומת האלה	38
20%	77.5	97.4	85.2	צומת נהורה	צומת פלוגות	35
20%	63.6	79.9	70.4	מחלף שורק	צומת מסמיה ראם	3
20%	65.2	81.9	73.8	צומת נשוט	צומת נפח	91
20%	72.0	90.4	83.4	צומת אפיק	רמת מגשימים	98
20%	42.0	52.7	47.2	צומת סגולה	מחלף ירקון	40
20%	69.6	87.3	77.1	צומת אבליים	צומת יבור	70
20%	75.7	94.8	82.6	צומת גורל	צומת להבים	40
20%	75.6	94.3	75.6	צומת הנוקדים	צומת הנגב	40
20%	88.5	110.3	100.8	מחלף זיכרון יעקב	מחלף עתלית	2
20%	65.2	81.2	72.5	צומת תל שבע	צומת שוקת	60
20%	63.4	78.9	69.4	צומת גולני	צומת בית-רימון	77
19%	75.1	92.7	83.3	צומת כבישים 789-92	צומת מעלה גמלא	92
19%	85.6	105.5	97.9	מחלף לוד	מחלף בן-שמן	1
19%	50.6	62.3	56.2	צומת יובלים	צומת כרמיאל מערב	784
19%	71.9	88.4	83.1	צומת מלאכי קסטינה	צומת קוממיות	40
18%	84.9	103.9	84.9	צומת אדם	צומת מחולה	90
18%	62.3	76.2	71.4	צומת כפר נחום	צומת בית-צידה	87
18%	59.8	72.9	66.6	צומת חפר	צומת הרוואה	4
18%	72.0	87.8	78.6	צומת גילת	צומת הנשיא	25
18%	79.5	96.9	79.5	צומת משאבים	צומת צאלים	222
18%	69.1	84.1	69.1	צומת המפלים	צומת בשן	87
18%	83.4	101.5	98.0	צומת גן הוורדים	צומת עין הקורא	431
18%	69.4	84.3	77.4	צומת הגדי	צומת קמה	293
17%	58.5	70.8	65.2	צומת חנניה	צומת מירון	866
17%	73.1	88.3	73.1	צומת בראון	צומת זיוון	98
17%	67.3	81.2	67.3	צומת להבות הבשן	צומת גומא	977
17%	61.1	73.5	67.5	צומת אור עקיבא	צומת בנימינה	4



17%	70.8	84.8	78.1	צומת נחשון	מחלף לטרון	3
16%	70.7	84.6	75.0	צומת גרנות	צומת נחל חדרה	65
16%	63.1	75.1	68.5	מזרח יבנה	צומת קריית משה מערב	410
16%	72.9	86.6	77.9	צומת שאן	צומת צמח	90
16%	85.1	101.0	90.6	צומת שפיה	בת שלמה	70
16%	65.5	77.6	72.3	צומת מלאכי קסטינה	צומת מסמיה ראם	40
16%	68.5	81.2	76.1	קיבוץ משמר העמק	צומת התשבי	66
15%	55.5	65.2	61.0	צומת מחולה	צומת שאן	90
15%	65.1	76.4	70.3	צומת חורשת טל	צומת שיאון	99
15%	79.6	93.4	86.3	צומת נתיבות	צומת גבים	34
15%	80.0	93.8	87.8	צומת בית חורון	צומת גבעת זאב	443
15%	60.6	71.1	65.4	צומת נאעורה	כפר תבור	65
15%	87.6	102.6	94.9	צומת שרה	צומת ערערה	25
14%	63.9	74.1	69.6	צומת נחשון	צומת שמשון	44
14%	81.5	94.5	87.0	מחלף קסם	מחלף ראש העין מזרח	5
14%	78.4	90.6	82.2	צומת גבים	צומת יד מרדכי	34
13%	69.8	80.1	69.8	צומת בית-צידה	צומת בית המכס	888
13%	67.9	77.7	73.3	מחלף נשרים	צומת נחשון	44
12%	79.3	90.4	85.9	צומת שפרעם	צומת יפתחאל	79
12%	82.8	94.3	88.0	צומת המוביל	צומת בית-רימון	77
12%	94.1	107.1	99.4	מחלף קיסריה	מחלף אור עקיבא מערב	2
12%	82.3	93.7	88.7	מחלף שבעת הכוכבים	מחלף גלילות מזרח	20
11%	71.7	80.8	77.0	צומת נגבה	צומת טוביה	3
11%	96.3	108.2	100.4	מחלף עתלית	מחלף חיפה דרום	2
10%	90.4	100.6	94.9	מחלף קיסריה	מחלף אולגה	2
7%	86.1	93.0	89.4	צומת מחניים	צומת כח	90

תוצאות הלוח מראות ירידות מהירות ניכרות ברוב הדרכים הבינעירוניות באזור המרכז. לא מפתיע שמספר גדול של קטעי כביש 20 (נתיבי איילון) מופיעים בראש הלוח, עם ירידות מהירות של כ- 75% ממהירות זרימה חופשית.



7 סיכום

דו"ח זה תיאר בניית התשתית המאפשרת ניתוח מהירויות ברמה הארצית. הדו"ח הציג תוצאות נבחרות, אשר יסייעו בניטור מהירויות ומהווים כלי תומך החלטה. להלן סיכום של המסקנות העיקריות:

- מקור הנתונים: ניתן להשתמש באוסף תצפיות GPS לחישוב מהירויות בכבישים, בתנאי שמספר התצפיות מספיק גדול. על מנת להקטין שונות ולקבל אומדים מייצגים, מומלץ לאסוף לפחות 300 תצפיות לכל קטע דרך.
- מתודולוגיה: המחקר מתייחס למהירות ממוצעת בקטעי דרך, ללא השפעת הצמתים. הניתוח נעשה לתקופות יום שונות. עיקר הניתוח התייחס למהירות נסיעה בכלי רכב פרטיים.
- בסיס גיאוגרפי: המחקר מתייחס לרשת TMC, אשר מתייחסת בעיקר לכבישים בין עירוניים.
- תוצאות: התוצאות מראות בבירור כי ברוב הכבישים בארץ, כ- 50% מהנהגים בכלי רכב פרטיים נוסעים מעל המהירות המותרת. אחוז זה גבוה יותר בסופי שבוע לעומת אמצע השבוע (לאחר ניכוי השעות העמוסות).
- חריגות מהירות ברכב פרטי: לכל קטע ברשת TMC, חושב הפער בין אחוזון 85 של המהירות לבין המהירות המותרת. שיאי החריגות ברוב הקטעים, בפרט באזור המרכז, מתייחסים לכבישים דו-מסלוליים רב-נתיביים.
- חריגות אוטובוסים ומשאיות: דו"ח זה מציג את החריגות על בסיס המהירות המותרת ברכב פרטי, לכן יש לבצע מחקר המשך כדי לבחון את המהירות המותרת וגם מהימנות התוצאות.
- ניטור הגודש: בסיס הנתונים שנאסף במחקר מאפשר לקבל תמונה של התפלגות המהירויות השעתיות. תקופת זמן של שעה אינו מאפשר זיהוי של תחילה וסיום גודש, אך מאפשר לקבל תמונה השוואתית של הקטעים השונים במערכת.
- הכביש העמוס ביותר בישראל הוא נתיבי איילון, עם מספר רב של קטעים עם ירידה של כ- 75% במהירות הנסיעה לעומת המהירות החופשית.

7.1 המשך מחקר

שלב זה של המחקר אפשר לקבל תמונה רחבה של חריגות המהירות בכבישים בין עירוניים. התשתית שנבנתה מאפשרת להרחיב את המחקר לכיוונים הבאים כגון:

- זיהוי חריגות המהירות לפי אזור (עירוני/בין עירוני) והשלמת נתונים לגבי משאיות

- ניטור מהירויות מתמשך, על ידי עדכון רציף של בסיס הנתונים

- שילוב וניתוח המידע עם נתוני התאונות

- זיהוי תבניות מרחביות – שילוב המידע עם שכבת בניינים ממפ"י לבדיקת חריגות מהירות באזורים עירוניים.



8 מראי מקום

בכור, ש., מוריק ס., גיטלמן ו. (2012). הקמת בסיס מידע מרחבי לניתוח מהירויות ברמה ארצית. מרכז רן נאור לחקר בטיחות בדרכים, המכון לחקר התחבורה, טכניון – מכון טכנולוגי לישראל.

בר-גרא ה., טולדו ג., פלדמן י. (2015). מדדים לרמת השירות של הדרכים הראשיות בישראל: דוח מסכם עבוד משרד התחבורה והבטיחות בדרכים.

גיטלמן ו. ואחרים (2013). בחינת הקשר בין אירועי הנהיגה המתקבלים מטכנולוגיות מתקדמות לבין מאפייני תשתיות הדרכים. מרכז רן נאור לחקר בטיחות בדרכים, המכון לחקר התחבורה, טכניון – מכון טכנולוגי לישראל.

Girres, J.F. and Touya, G. (2010). Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions in GIS*, 14 (4), 435–459.

Haklay, M. (2010), How good is OpenStreetMap information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets for London and the rest of England. *Environment and Planning B*, 37(4) 682 – 703.

Neis, P.; Zielstra, D.; Zipf, A. (2011). The Street Network Evolution of Crowdsourced Maps: OpenStreetMap in Germany 2007–2011. *Future Internet* 2012, 4, 1-21.



9 נספח א' – נתוני מהירויות שעתיות ברשת דרכים TMC לשנת 2016

ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
82.0	84.7	76.4	64.9	66.7	61.8	79.6	88.7	92.5	89.9	82.7	63.6	39.7	51.7	54.6	86.2	מחלף גנות	מחלף קיבוץ גלויות	1
96.9	97.7	92.5	90.0	92.8	92.2	95.4	97.6	96.9	95.4	98.1	97.4	95.6	91.5	94.6	100.3	גשר כפר חבד	מחלף שפירים	1
91.5	92.4	87.5	81.4	81.5	72.6	89.6	92.5	96.7	96.9	98.5	95.2	77.5	61.3	78.1	98.6	מחלף גנות	מחלף שפירים	1
98.8	100.5	97.1	91.3	95.2	96.0	96.0	99.0	100.1	101.3	97.4	102.2	92.5	85.6	96.3	106.0	מחלף לוד	מחלף בן-שמן	1
99.6	100.3	98.0	97.2	101.4	96.9	100.3	99.0	102.5	103.1	97.0	69.4	94.9	99.1	101.9	107.3	מחלף ענבה	מחלף לטרון	1
87.5	96.0	90.5	84.2	74.3	67.9	80.5	93.1	97.2	99.5	97.9	94.6	90.6	90.4	96.7	85.9	מחלף לטרון	מחלף שער הגיא	1
49.2	34.2	32.5	33.3	34.5	27.4	32.2	46.4	44.6	48.0	51.0	49.0	47.7	46.4	52.6	56.4	מחלף יגאל ידין	מחלף שער מזרח	1
73.6	75.0	68.2	71.3	70.5	61.5	68.1	69.1	75.6	75.1	81.3	69.7	73.1	51.8	58.0	81.1	מחלף הראל	מחלף מוצא	1
76.5	73.0	65.2	65.1	71.8	70.6	69.7	62.8	72.2	79.3	76.8	71.3	70.0	75.5	74.5	85.8	צומת שורש	צומת קרית יערים	1
82.5	85.7	84.5	92.1	80.8	73.0	85.1	83.8	87.8	78.1	75.5	85.3	81.5	75.8	70.1	84.4	מחלף אדומים	מצפה יריחו	1
62.1	62.4	59.9	63.1	58.8	55.4	42.6	61.9	54.1	60.1	49.3	60.9	41.2	54.0	47.0	59.2	מחלף שער מזרח	מחלף הזיתים	1
43.9	33.8	31.7	37.2	35.8	34.9	38.7	43.9	37.3	39.5	40.3	41.8	37.7	33.7	44.2	41.6	צומת קקל - נמיר	סמינר הקיבוצים	2
60.6	58.8	53.7	46.4	36.6	47.3	59.3	60.9	62.8	60.7	55.6	57.1	62.4	61.2	63.6	72.2	מחלף גלילות מערב	צומת קקל - נמיר	2
66.7	55.5	40.3	31.0	28.1	31.4	55.5	74.2	72.3	74.8	77.6	69.0	60.6	67.9	77.0	86.1	מחלף הסירה	מחלף גלילות מערב	2
70.3	49.9	47.1	36.2	34.3	39.1	59.7	80.6	84.1	85.1	84.5	66.0	62.2	68.0	77.9	88.2	מחלף יצחק רבין	מחלף הסירה	2
75.7	57.3	54.0	41.1	36.5	45.2	64.4	89.6	91.0	93.6	92.0	62.1	53.0	66.8	78.1	94.9	מחלף חוף השרון	מחלף יצחק רבין	2
87.9	91.4	79.3	68.7	80.3	79.8	90.7	93.3	95.8	98.3	95.0	73.2	61.8	78.3	85.3	91.9	מכון וינגייט	מחלף חוף השרון	2
86.1	90.7	85.2	65.7	74.8	73.6	85.4	89.6	92.7	92.1	92.0	89.9	90.0	78.0	88.9	91.9	מחלף חבצלת	מחלף נתניה	2
91.1	84.1	82.9	75.9	71.7	89.1	87.4	91.0	94.1	94.1	94.5	91.1	92.1	90.9	91.3	82.9	מחלף אולגה	מחלף ינאי	2
95.7	92.2	90.4	90.9	93.2	93.9	94.5	95.7	94.8	96.7	96.4	94.7	95.3	95.2	97.4	89.3	מחלף קיסריה	מחלף אולגה	2
102.1	88.5	99.8	102.7	102.2	102.8	97.8	99.7	96.2	100.5	103.9	98.9	102.4	102.4	101.7	104.8	מחלף זיכרון יעקב	מחלף עתלית	2



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
100.9	103.4	96.9	99.2	100.0	98.7	98.6	98.1	96.3	98.7	104.3	98.0	99.9	100.8	103.0	107.8	מחלף עתלית	מחלף חיפה דרום	2
88.2	93.2	88.6	88.5	91.1	91.4	89.7	95.3	94.0	93.0	97.5	96.4	72.9	48.8	60.9	90.5	מחלף נתניה	מחלף גשר השלום	2
41.7	28.7	37.8	36.1	26.8	22.1	29.4	42.3	42.2	41.3	44.4	43.6	35.8	30.4	40.5	55.4	צומת נמיר - זבוטינסקי	צומת נמיר - זבוטינסקי	2
100.1	99.7	94.1	95.5	97.1	99.7	98.3	96.7	95.7	99.7	99.5	99.4	101.7	101.1	99.0	100.3	מחלף קיסריה	מחלף אור עקיבא מערב	2
80.8	81.2	74.7	71.4	82.3	75.7	77.2	78.6	73.5	74.6	84.7	75.0	81.7	80.6	81.0	84.3	צומת נחשון	מחלף לטרון	3
71.5	71.3	65.3	70.5	67.0	69.8	64.9	72.9	73.2	72.7	73.2	72.4	67.3	70.1	71.3	71.4	מחלף שורק	צומת מסמיה ראם	3
81.3	79.9	76.5	75.5	73.7	74.8	76.1	78.8	76.3	75.8	71.7	76.7	80.8	76.0	76.7	81.8	צומת נגבה	צומת טוביה	3
53.1	56.7	51.7	37.1	40.6	47.6	44.4	49.0	51.2	51.9	54.6	48.4	48.2	47.3	53.0	63.3	צומת נהריה	צומת בצת	4
46.2	42.5	34.1	32.9	31.5	29.3	33.9	42.4	44.8	41.1	38.8	40.8	43.4	38.5	53.6	53.2	צומת רגבה	צומת נהריה	4
39.3	52.5	52.3	44.2	39.7	45.0	51.6	51.3	51.7	54.4	53.2	55.5	52.9	41.2	35.7	45.6	צומת כפר מסריק	צומת עכו מזרח	4
35.0	28.5	21.7	24.3	24.5	29.2	29.6	31.4	29.5	29.0	30.6	37.1	32.5	32.9	34.6	34.2	צומת העשור	צומת עין-אפק	4
43.0	43.8	40.3	43.2	32.0	28.2	36.8	41.3	38.8	39.2	42.0	39.8	35.9	33.2	37.0	49.9	צומת קישון	צומת וולקן	4
37.2	39.6	33.1	30.1	19.1	17.2	30.4	33.8	34.8	32.2	30.9	35.8	35.7	33.5	28.1	38.5	צומת הצריף	צומת וולקן	4
76.6	74.7	69.3	50.5	53.1	59.5	71.1	78.6	79.2	77.9	79.4	80.7	67.9	68.0	70.7	82.8	מחלף מורשה	מחלף אם המושבות	4
65.4	64.9	62.3	64.0	63.6	63.7	67.6	63.8	67.6	63.6	57.8	59.5	65.7	49.7	39.6	64.9	גשר פז	צומת הצק פוסט	4
33.6	17.7	31.3	31.8	30.8	31.4	31.1	33.9	30.0	23.7	25.1	30.6	29.2	21.4	21.9	47.5	צומת קישון	צומת הצק פוסט	4
36.1	40.7	32.0	35.3	33.5	28.5	27.4	28.8	31.8	33.1	32.0	32.1	28.9	28.7	31.0	35.6	בית דגון	גשר פז	4
36.6	37.5	30.9	33.2	30.5	23.1	21.0	26.8	31.2	34.2	30.0	26.5	34.6	31.6	31.7	40.6	תחנה מרכזית בת גלים	בית דגון	4
51.2	52.6	50.8	45.6	50.2	50.4	49.7	48.3	47.1	44.0	51.3	48.3	48.2	39.1	39.7	47.3	מחלף אלנבי	תחנה מרכזית בת גלים	4
66.2	69.4	69.7	64.8	63.6	62.6	60.7	71.9	67.0	62.3	64.1	66.3	65.6	60.3	61.4	64.7	צומת דרך הים	מחלף חיפה דרום	4
58.6	64.0	53.5	55.2	55.4	60.9	60.9	54.2	59.6	59.9	64.3	63.4	61.8	55.5	54.2	53.8	צומת אורן	מחלף חיפה דרום	4
74.1	57.0	71.8	69.7	73.2	68.1	70.5	71.0	72.6	70.6	75.2	69.6	61.4	73.0	71.8	83.4	צומת עופר	צומת אורן	4
68.6	70.3	64.7	69.6	66.9	65.7	69.9	66.6	72.1	65.3	66.0	67.6	66.9	65.2	66.6	69.9	צומת אור עקיבא	צומת בנימינה	4



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
50.1	59.2	50.8	48.6	50.5	43.7	33.2	41.5	50.1	41.3	48.5	49.9	50.2	41.7	43.5	59.7	צומת חרושת	צומת נחל חדרה	4
63.5	61.8	59.8	59.3	54.4	55.0	57.2	54.8	57.7	61.4	61.3	56.0	59.7	50.8	56.5	63.4	צומת הרואה	צומת חדרה	4
38.7	41.9	31.4	32.7	31.4	31.2	34.7	33.0	35.6	32.4	33.9	34.5	35.6	29.7	31.7	32.0	צומת חרושת	צומת חדרה	4
66.2	68.3	68.2	65.6	59.8	61.6	66.0	66.3	64.6	67.1	68.5	65.1	66.3	63.5	64.5	71.9	צומת חפר	צומת הרואה	4
78.6	58.4	46.9	42.6	33.6	34.4	81.3	86.4	86.7	84.6	88.3	81.8	61.0	82.6	88.5	93.0	מחלף בצרה	צומת רעננה צפון	4
44.7	23.8	22.1	27.3	40.9	25.5	20.5	35.8	42.5	45.7	33.6	24.5	21.2	28.6	42.0	60.9	צומת רעננה	צומת רעננה צפון	4
81.0	82.3	80.0	76.4	79.7	79.6	82.1	83.7	69.8	83.4	82.2	82.7	75.3	55.9	48.6	77.7	צומת רעננה דרום	מחלף מורשה	4
63.1	39.6	35.5	45.7	41.4	35.4	36.4	54.5	64.7	73.9	71.9	43.5	38.4	42.3	41.7	82.3	מחלף גבעת שמואל	מחלף בר-אילן	4
79.6	84.4	78.8	66.8	55.4	48.3	49.6	58.0	70.7	87.4	90.3	83.2	61.3	54.3	63.4	90.3	מחלף אלוף-שדה	מחלף מסובים	4
74.3	56.5	53.0	47.6	29.8	32.2	49.1	65.0	88.7	86.7	86.9	92.9	52.4	36.8	51.8	95.9	מחלף השבעה	מחלף גנות	4
78.6	87.3	81.5	72.3	54.1	40.7	50.9	60.6	84.9	87.4	88.3	88.1	67.3	56.6	57.6	88.1	מחלף מסובים	מחלף גנות	4
77.7	84.2	82.5	79.5	86.3	71.7	77.6	53.1	63.2	62.9	89.3	76.3	49.8	47.1	46.1	49.9	מחלף גן-רווה	גשר ראשון	4
77.7	52.2	46.0	44.1	42.7	46.3	59.7	71.3	81.0	84.7	88.9	87.6	80.6	74.0	76.5	83.4	מחלף חולון מזרח	גשר ראשון	4
89.4	98.2	94.1	91.8	98.4	93.3	98.0	95.0	100.1	86.0	99.7	97.2	73.5	53.4	48.6	56.4	מחלף ראשון דרום	מחלף גן-רווה	4
87.4	91.0	84.1	80.0	69.2	76.8	65.6	64.6	74.2	88.1	91.0	91.5	86.8	85.9	87.0	89.4	מחלף יבנה	מחלף חולות	4
81.7	94.3	71.8	80.1	83.2	79.5	74.5	57.3	47.1	57.6	92.6	93.8	91.8	89.9	87.6	90.1	מחלף אשדוד	מחלף יבנה	4
81.6	81.6	78.7	69.3	54.7	72.4	81.1	84.1	87.3	85.7	85.6	85.4	85.3	81.5	76.6	80.3	צומת אשדוד דרום	צומת כבישים 4 - 42	4
52.6	49.3	48.2	43.7	35.5	40.9	41.6	46.7	51.9	53.0	51.5	50.2	53.3	49.4	48.5	59.8	צומת ברכיה	צומת אבא-הלל סילבר	4
57.4	52.3	54.5	56.1	54.6	53.7	59.2	52.8	54.4	50.2	51.7	51.9	48.7	50.7	53.4	65.4	צומת ברכיה	צומת אשקלון	4
64.4	65.2	69.2	62.9	57.0	59.3	63.3	65.5	62.3	64.4	67.3	66.4	53.4	36.1	52.5	60.8	צומת בית-ליד	צומת פרדסיה	4
77.8	76.9	72.1	67.4	69.2	70.5	72.6	72.1	71.6	79.5	75.8	77.4	73.6	72.9	70.7	79.0	צומת אמונים	צומת אשכולות	4
90.6	92.9	88.7	81.5	83.8	81.5	83.8	86.6	89.1	83.0	84.6	85.0	84.7	85.6	88.0	98.8	מחלף קסם	מחלף ראש העין מזרח	5
92.3	99.3	93.9	84.8	68.9	86.2	89.0	96.2	98.0	96.8	92.4	94.2	86.5	46.9	92.8	100.0	מחלף ירקון	מחלף קסם	5



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
86.7	91.6	88.6	75.0	58.3	64.7	76.7	90.5	92.6	93.0	94.4	91.1	66.9	45.3	75.4	95.5	מחלף ירקון	מחלף תקווה	5
87.6	91.3	88.5	75.5	78.5	82.6	88.7	91.9	91.8	93.5	94.4	90.2	55.9	40.8	56.7	93.6	מחלף מורשה	מחלף תקווה	5
85.1	85.7	69.8	72.1	77.4	74.8	68.8	87.5	88.1	88.8	90.0	83.3	64.6	60.3	62.6	90.1	מחלף הכפר הירוק	מחלף מורשה	5
82.7	79.1	58.5	57.6	56.3	59.3	68.3	82.5	83.9	86.6	89.1	87.9	84.4	75.5	80.8	95.7	מחלף גלילות מזרח	מחלף הכפר הירוק	5
60.4	62.5	28.3	21.0	17.0	17.5	36.9	68.5	67.4	66.4	68.8	67.3	61.2	48.3	61.4	74.9	מחלף גלילות מערב	מחלף גלילות מזרח	5
89.7	84.4	86.3	86.7	81.1	86.6	83.3	84.4	94.0	84.0	80.3	83.2	87.0	78.2	81.5	94.1	מחלף שער שומרון	צומת כבישים 5 - 446	5
83.4	73.1	55.0	57.3	56.3	52.0	59.6	78.7	84.6	89.4	92.6	87.2	80.4	59.2	83.0	98.3	מחלף קקל	מחלף גלילות מזרח	20
90.7	91.9	83.5	82.8	88.1	90.6	93.7	92.0	90.7	93.0	89.9	88.6	83.8	87.4	88.9	89.3	מחלף שבעת הכוכבים	מחלף גלילות מזרח	20
79.8	63.1	45.9	53.8	42.9	39.4	45.7	86.8	92.5	91.2	91.1	85.1	61.0	47.3	75.1	100.6	מחלף רוקח	מחלף קקל	20
69.7	50.7	40.7	51.5	31.2	21.3	31.0	81.4	81.5	84.1	85.0	70.3	48.4	41.7	64.3	96.2	מחלף ההלכה	מחלף רוקח	20
70.2	55.4	39.6	43.1	28.1	20.5	34.3	69.0	74.3	77.9	81.8	67.1	45.7	45.0	65.0	92.1	מחלף ההלכה	מחלף הרכבת	20
68.9	58.7	49.8	35.2	29.7	25.1	36.3	62.1	69.7	72.3	72.5	62.6	52.7	52.4	65.2	86.5	מחלף השלום	מחלף הרכבת	20
70.8	55.6	54.0	35.6	29.6	24.7	36.5	65.3	74.7	73.9	76.3	68.7	65.7	58.8	65.0	89.1	מחלף לה גווארדיה	מחלף השלום	20
63.4	44.2	38.2	33.8	35.7	31.6	45.4	63.5	68.8	69.8	74.3	68.6	54.7	52.3	47.7	78.5	מחלף חולון	מחלף חיל השיריון	20
63.4	50.8	41.0	38.8	32.0	31.4	37.4	65.9	71.2	63.8	79.4	60.4	31.4	22.3	23.8	74.0	מחלף וולפסון	מחלף חולון	20
65.7	49.3	33.3	40.6	36.7	35.9	37.0	52.2	70.3	75.2	72.1	70.3	50.6	49.0	48.9	67.6	צומת דב הוז	מחלף וולפסון	20
92.3	90.3	80.9	88.0	76.8	89.0	93.0	96.2	96.0	95.4	96.4	93.4	69.6	59.5	90.0	93.6	מחלף מבוא אילון	מחלף משה דיין	20
71.3	87.7	76.4	72.6	78.2	71.8	75.2	67.4	63.3	75.5	68.3	70.1	79.5	73.2	71.1	77.8	צומת סעד	צומת נתיבות	25
52.1	53.3	49.7	54.1	44.2	51.1	47.1	45.8	42.9	50.9	53.1	32.4	43.3	49.4	52.8	58.9	צומת הגדי	צומת נתיבות	25
87.7	88.2	85.9	89.3	88.7	88.0	87.7	87.1	85.8	86.6	84.5	88.3	88.8	86.7	88.7	92.5	צומת הגדי	צומת גילת	25
79.8	81.7	76.6	74.7	72.8	72.0	79.2	79.1	72.4	81.6	83.7	77.7	79.3	78.7	77.0	77.5	צומת גילת	צומת הנשיא	25
44.6	47.5	37.8	46.3	44.3	37.4	33.8	41.7	42.3	40.3	42.2	52.9	41.7	40.4	46.4	52.3	צומת יצחק מצליח	צומת שוק באר שבע	25
91.1	102.6	96.5	96.6	94.1	96.6	96.4	99.7	91.1	89.6	87.6	91.3	88.0	92.1	95.0	102.8	צומת שרה	צומת ערערה	25



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
89.2	101.5	86.3	87.7	87.9	86.2	89.4	92.8	88.5	93.8	77.8	83.1	91.6	84.6	91.4	85.9	צומת דימונה	צומת ערערה	25
58.2	56.2	49.8	53.4	54.4	52.7	58.7	55.7	51.6	57.3	60.3	56.7	54.7	56.7	54.2	62.1	צומת אלי כהן	שדה תימן	25
77.4	82.3	78.5	64.7	76.2	75.9	71.4	71.0	70.2	75.6	77.0	75.5	75.8	71.9	67.1	80.0	צומת שוקת	צומת תל-ערד	31
76.1	81.3	73.0	69.9	68.9	65.8	76.3	73.8	76.2	76.6	73.8	78.2	77.2	71.9	64.9	80.9	צומת להבים	צומת שוקת	31
48.7	32.6	52.2	51.1	66.9	61.9	52.9	38.2	33.3	25.2	20.4	15.5	38.3	43.1	25.9	80.2	צומת תל-ערד	ערד	31
64.4	75.8	63.2	70.8	54.8	64.4	66.8	58.6	61.6	70.2	64.0	63.3	67.6	62.0	58.7	81.3	צומת זוהר	צומת חתרורים	31
86.4	90.5	86.2	88.3	83.5	83.3	84.6	83.1	84.6	85.4	79.6	84.0	87.1	89.6	90.4	88.8	צומת נתיבות	צומת גבים	34
85.1	90.6	87.8	84.1	79.9	80.7	79.6	78.5	83.7	79.9	81.3	81.8	80.1	82.0	81.9	88.2	צומת גבים	צומת יד מרדכי	34
67.5	73.8	71.3	67.8	63.6	69.4	64.5	66.9	61.4	68.6	70.0	60.3	66.3	58.4	65.1	61.1	צומת פלוגות	מחלף קרית גת	35
85.3	88.5	86.8	83.3	88.6	78.6	83.7	81.1	88.0	77.5	88.8	78.1	85.3	86.2	84.5	77.2	צומת נהורה	צומת פלוגות	35
55.2	61.4	61.0	47.7	50.4	57.8	58.7	63.5	67.0	61.5	66.3	63.7	45.4	46.8	46.0	72.1	צומת שמשון	מחלף שער הגיא	38
52.1	56.9	53.1	44.6	41.9	42.2	50.2	50.6	51.1	52.0	52.2	52.2	48.1	40.7	43.2	57.1	צומת עזקה	צומת שמשון	38
83.5	78.2	81.2	78.6	84.6	80.2	76.9	77.6	85.2	83.2	86.7	91.5	72.7	82.5	84.5	84.1	צומת נחושה	צומת האלה	38
52.9	46.4	47.2	43.6	42.0	42.9	46.6	49.2	51.2	51.0	47.2	51.4	50.1	43.3	52.2	58.4	צומת סגולה	מחלף ירקון	40
39.6	41.8	36.0	29.5	20.9	25.8	27.4	38.0	38.4	35.5	33.2	32.8	40.9	33.5	36.8	38.8	צומת גנים	צומת סגולה	40
40.1	35.2	37.4	35.8	28.7	29.5	35.4	36.4	37.3	37.9	44.0	40.0	30.6	15.3	20.9	43.6	צומת שערייה	צומת סירקין	40
51.3	56.1	45.6	41.8	40.8	37.5	41.7	48.6	48.7	53.7	52.8	53.0	41.8	37.5	47.0	46.2	צומת אל-על	צומת הטייסים	40
52.8	56.7	57.1	50.3	39.3	36.4	40.8	51.6	55.5	54.2	53.9	50.0	28.9	25.3	44.9	52.3	צומת אל-על	מחלף לוד	40
53.0	57.0	50.8	46.2	42.4	35.0	41.2	46.1	44.6	48.3	42.0	52.2	36.3	38.0	49.6	48.5	צומת גשר לוד	מחלף לוד	40
57.7	63.1	55.2	55.8	44.0	48.4	46.8	53.6	55.3	55.5	53.3	59.9	41.1	31.1	41.8	55.8	צומת גינתון	צומת גשר לוד	40
68.5	66.8	65.0	59.3	57.3	65.3	60.1	67.3	65.6	68.5	69.3	72.6	61.2	56.0	55.1	71.1	מחלף רמלוד	צומת גינתון	40
43.2	38.0	31.2	34.0	38.0	26.6	31.2	35.3	30.5	35.8	38.8	35.7	40.8	37.5	38.9	46.6	מחלף רמלה דרום	מחלף רמלוד	40
62.8	57.5	60.3	54.2	54.9	54.1	57.5	58.3	56.2	59.4	63.2	63.0	58.7	50.0	52.5	68.6	צומת גדרה	צומת ברנר	40



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
63.4	67.8	67.4	64.9	65.7	64.9	66.6	61.4	67.5	67.0	67.9	68.3	69.8	68.4	61.2	70.0	צומת מסמיה ראם	צומת גדרה	40
73.7	71.7	77.6	73.8	70.6	70.6	72.1	70.9	73.9	73.9	75.2	72.5	74.3	72.3	67.6	78.6	צומת מלאכי קסטינה	צומת מסמיה ראם	40
89.9	96.0	93.7	87.6	92.6	93.2	94.4	86.4	95.2	88.5	89.5	82.1	88.2	91.3	91.5	93.7	מחלף מאחז	יציאה דרומית מקרית-גת	40
81.6	88.3	81.5	81.3	82.5	80.0	79.1	83.2	84.2	83.5	82.8	82.2	80.4	75.0	76.8	85.2	צומת להבים	צומת קמה	40
84.8	87.6	86.5	79.6	76.2	75.7	78.8	79.8	80.8	85.9	81.5	87.4	85.3	77.3	80.1	84.3	צומת גורל	צומת להבים	40
89.8	90.0	93.9	104.2	84.1	87.0	93.4	84.8	76.6	80.2	77.0	78.4	84.5	86.6	72.0	101.7	צומת משאבים	צומת הנגב	40
77.3	66.0	83.1	76.7	73.6	79.5	81.2	88.2	75.4	74.2	73.7	83.5	81.8	82.4	77.8	87.9	צומת הנוקדים	צומת הנגב	40
81.9	74.5	88.7	115.3	73.8	78.0	72.7	74.5	87.0	86.4	77.8	72.9	77.0	70.6		90.3	צומת משאבים	צומת טללים	40
84.2	88.4	84.7	84.1	84.1	82.6	83.7	84.1	82.4	86.4	83.6	84.1	84.8	77.1	79.2	83.3	צומת מלאכי קסטינה	צומת קוממיות	40
66.6	74.0	66.1	69.2	69.4	67.0	61.7	70.9	70.6	68.3	71.4	70.6	59.9	42.9	50.2	73.7	צומת בית-רבן	צומת גדרה	41
70.4	80.6	79.2	70.0	33.1	32.2	37.1	47.1	45.2	66.4	79.8	80.3	70.4	68.5	64.5	76.7	צומת בני-דרום	צומת בית-רבן	41
89.8	88.6	93.9	88.7	45.3	58.9	90.0	93.7	87.0	103.7	93.9	97.7	98.8	99.7	96.4	88.1	מחלף אשדוד	צומת בני-דרום	41
54.6	56.3	60.4	57.3	34.4	42.8	43.1	53.2	52.0	53.0	45.5	54.2	47.2	45.5	48.2	61.2	צומת נמל אשדוד	מחלף אשדוד	41
76.3	84.8	77.8	83.5	81.2	78.7	81.3	86.5	85.6	84.4	84.9	72.7	33.8	22.1	27.5	42.8	צומת עין הקורא	מחלף גן-רווה	42
75.8	74.8	72.4	75.2	70.1	69.8	76.4	55.8	53.6	80.5	75.8	72.9	72.5	56.4	80.3	75.2	צומת בני-דרום	צומת בן זכאי	42
46.5	39.7	39.7	42.1	55.2	42.6	34.0	30.5	32.4	52.5	54.8	58.5	54.8	53.2	55.9	54.8	מזרח יבנה	צומת שלמה אבן גבירול	42
43.9	54.2	49.8	51.8	45.5	47.2	50.1	52.5	50.8	51.1	52.8	48.9	33.8	29.3	38.9	56.3	צומת אזור	מחלף חולון	44
47.7	58.3	49.5	43.3	36.5	29.5	45.7	46.1	44.7	47.9	46.6	48.9	40.6	26.1	32.4	45.8	מחלף השבעה	צומת בית-דגן	44
55.6	60.4	57.1	54.0	47.9	49.2	45.8	44.7	46.4	49.2	52.4	51.3	42.3	36.4	42.2	50.3	צומת ניר-צבי	צומת צריפין	44
41.8	38.0	37.5	32.8	26.9	32.9	34.3	33.7	37.6	34.4	33.4	39.6	36.3	32.0	35.9	39.9	צומת ניר-צבי	צומת מעשיהו	44
43.1	44.3	35.0	41.2	39.2	35.2	36.1	33.2	31.3	36.0	44.4	31.4	35.5	34.3	39.0	33.4	צומת מעשיהו	מחלף רמלוד	44
74.7	74.8	77.3	71.5	73.3	70.5	71.9	72.6	72.8	72.0	67.9	77.1	73.6	69.8	70.6	79.2	מחלף נשרים	צומת נחשון	44
70.4	71.9	69.6	70.7	66.2	68.9	66.8	70.1	68.7	72.6	74.1	70.5	63.9	64.9	67.2	75.8	צומת נחשון	צומת שמשון	44



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
70.7	69.1	75.5	69.3	67.6	66.1	71.1	71.1	65.9	68.9	69.2	70.2	67.4	52.6	51.9	65.3	צומת בית-דגן	צומת חבד	44
65.0	60.4	63.0	61.1	59.5	58.7	63.1	61.1	64.3	64.6	64.9	54.2	50.1	51.5	54.5	66.8	צומת אל-על	צומת רנתים	46
49.6	51.0	43.1	38.2	39.7	33.2	39.9	46.3	43.8	46.4	50.8	50.6	44.4	34.0	41.7	50.3	צומת כפר-סבא מזרח	אזור תעשייה כפר סבא	55
42.0	43.5	41.5	39.1	26.9	22.2	35.9	37.9	39.1	39.1	37.5	41.7	25.1	22.5	32.9	43.1	מחלף נתניה	צומת בית-ליד	57
73.4	69.4	65.4	71.2	68.3	67.0	71.7	59.9	63.4	78.1	66.4	73.2	62.9	70.9	69.3	75.6	צומת עדשים	צומת נצרת דרום	60
61.9	64.4	61.3	57.5	51.1	48.5	50.2	54.2	62.8	62.3	64.6	57.1	54.6	45.9	45.0	68.1	עפולה	צומת עדשים	60
43.9	43.6	45.0	30.8	39.7	27.8	28.1	25.7	45.0	43.2	41.6	44.5	38.5	20.1	22.6	32.4	צומת המטה הארצי	מחלף שער מזרח	60
72.8	70.2	76.2	69.9	74.2	75.4	73.9	71.8	67.7	70.6	74.1	67.5	74.0	65.2	71.7	74.3	צומת תל שבע	צומת שוקת	60
48.2	51.2	46.7	43.6	47.0	40.1	41.1	53.2	49.5	48.3	48.7	50.9	35.2	28.6	47.7	52.6	צומת נחל חדרה	מחלף קיסריה	65
76.9	70.7	77.7	74.4	72.2	72.9	71.2	72.9	74.9	75.2	78.6	75.7	71.5	70.7	70.3	76.5	צומת גרנות	צומת נחל חדרה	65
68.5	70.4	69.9	66.2	53.9	53.1	59.7	67.4	70.5	71.2	71.3	68.9	74.3	70.6	69.4	57.2	מחלף עירון	צומת מי-עמי	65
71.1	71.4	62.8	55.6	62.8	62.0	66.9	64.7	68.1	68.4	72.2	70.6	68.8	69.4	68.4	70.2	צומת אום אל-פאחם	צומת מגידו	65
69.6	70.6	63.6	69.7	65.9	63.6	64.6	69.5	62.4	73.2	68.0	71.2	73.2	69.7	70.1	77.6	צומת גולני	כפר תבור	65
68.1	68.3	60.6	63.6	62.9	66.9	63.1	63.3	61.5	65.2	65.9	66.0	66.4	61.4	65.8	62.9	צומת נאעורה	כפר תבור	65
79.9	80.0	79.5	69.8	75.4	75.6	73.5	76.4	76.4	77.8	77.4	74.5	73.7	76.4	79.7	85.3	צומת עילבון	צומת קדרים	65
74.7	73.8	76.0	73.7	58.6	60.1	66.3	69.4	71.7	75.9	76.3	70.8	72.8	64.5	71.5	79.8	צומת הסרגל	עפולה	65
78.6	80.1	75.5	73.4	75.9	75.0	77.1	73.5	78.3	71.6	68.5	77.5	77.7	75.8	71.2	77.0	קיבוץ משמר העמק	צומת התשבי	66
60.6	66.5	55.3	63.5	65.6	64.2	57.5	49.8	68.1	64.7	58.6	68.1	56.2	48.0	57.2	64.4	צומת פורידיס	מחלף זיכרון יעקב	70
94.3	87.5	91.0	85.1	92.0	87.5	86.4	89.8	91.3	91.4	92.4	94.3	91.4	87.6	92.4	90.1	צומת שפיה	בת שלמה	70
72.0	72.2	70.0	67.9	67.6	63.2	69.3	68.8	72.6	71.3	73.6	70.8	71.8	67.5	67.4	69.5	מחלף אליקים	צומת התשבי	70
82.1	87.7	85.5	83.6	81.9	76.6	79.7	86.4	85.6	82.9	87.2	83.3	77.2	50.0	64.8	84.1	צומת התשבי	צומת העמקים	70
66.9	66.1	63.3	59.6	46.1	49.9	60.1	65.8	64.5	66.5	67.9	67.0	63.8	59.3	60.9	72.5	צומת יגור	צומת העמקים	70
75.3	92.2	86.9	64.3	46.9	47.9	68.0	84.0	87.6	90.6	92.8	88.3	76.0	48.4	51.0	64.3	צומת זבולון	צומת סומך	70



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
62.8	56.2	62.7	52.3	44.6	48.8	60.8	67.7	69.7	64.6	67.2	69.6	60.2	61.8	58.0	65.2	צומת אבליים	צומת סומך	70
78.1	76.3	75.1	73.2	69.6	75.7	77.2	74.1	76.5	77.9	73.8	75.1	76.6	71.0	64.5	60.3	צומת אבליים	צומת יבור	70
53.2	52.1	36.9	36.2	31.4	31.3	32.8	50.3	49.5	43.5	32.3	37.9	47.8	38.8	40.9	54.4	צומת יבור	צומת אחיהוד	70
71.0	73.3	67.2	68.1	64.1	64.4	75.4	66.2	61.9	71.8	69.3	71.1	70.2	72.2	73.1	71.3	צומת כליל	צומת כברי	70
68.8	75.0	59.5	60.6	68.5	68.1	77.0	70.7	71.3	78.5	73.7	72.9	66.7	70.6	69.4	70.0	צומת חניתה	צומת כברי	70
79.0	76.3	81.4	72.5	77.9	72.6	73.8	79.1	74.1	77.8	81.3	67.2	71.2	70.2	78.7	82.3	צומת השיטה	צומת שאן	71
65.6	61.4	64.8	66.2	66.7	61.1	65.1	64.9	64.5	65.5	67.1	62.4	65.3	62.7	61.3	66.4	צומת נהלל	צומת ברוך	73
39.8	35.9	51.5	49.1	42.1	47.8	51.7	55.1	44.6	56.7	52.5	44.8	45.5	53.2	54.1	61.8	צומת נהלל	צומת נצרת דרום	75
52.6	58.5	55.9	41.0	45.5	46.6	51.6	50.9	53.4	53.9	55.0	55.5	54.0	35.6	47.5	57.5	צומת נהלל	צומת ישי	75
56.0	52.3	55.0	52.6	49.6	42.9	51.1	55.9	53.6	55.3	56.0	55.0	54.5	50.6	39.8	56.4	צומת העמקים	צומת השומרים	75
69.0	75.0	72.2	63.4	39.8	42.1	54.5	66.3	72.4	69.2	67.9	70.0	67.8	49.6	57.6	74.9	צומת קישון	צומת יגור	75
89.2	92.9	83.5	88.8	85.0	87.6	85.1	86.8	86.6	90.2	89.5	88.6	88.5	82.8	86.4	86.3	צומת המוביל	צומת בית-רימון	77
73.9	69.8	69.1	72.0	64.4	63.6	63.6	70.5	70.1	68.1	74.5	74.7	69.7	63.4	65.9	71.5	צומת גולני	צומת בית-רימון	77
80.5	77.2	78.4	81.7	79.3	72.7	70.3	84.1	77.6	67.2	82.5	83.9	83.6	83.5	81.4	86.9	צומת גולני	צומת פוריה	77
100.1	103.1	95.7	93.8	91.4	96.4	95.8	104.3	81.1	98.1	92.9	96.4	98.2	98.5	98.9	102.3	צומת ישי	מחלף זרזיר	77
67.4	69.1	64.9	54.8	53.3	58.4	66.4	68.5	65.8	69.2	68.8	72.5	72.3	46.7	44.5	70.5	צומת המוביל	צומת משהד	79
61.2		37.0	64.5	68.2	45.8	37.0	63.7	65.7	97.0		62.0	58.7	77.0	70.3	72.0	צומת יפתחאל	צומת המוביל	79
85.5	87.4	79.3	86.6	83.2	83.9	89.2	82.7	82.4	89.4	84.8	84.0	86.8	87.4	88.6	85.6	צומת שפרעם	צומת יפתחאל	79
66.5	77.5	69.1	66.8	67.6	64.5	64.9	58.4	65.6	58.6	71.9	63.0	68.1	65.8	34.7	62.9	מחלף גילעם	צומת סומך	79
63.5	62.5	58.4	60.0	54.9	52.5	55.1	55.9	60.1	66.9	65.7	61.5	53.5	40.0	43.5	65.6	מחלף גילעם	צומת עין-אפק	79
81.2	89.1	87.8	85.8	83.4	81.8	83.7	79.9	87.2	77.9	76.8	75.6	66.0	87.9	78.0	89.1	צומת ערערה	צומת תל-ערד	80
74.2	64.2	75.9	60.0	53.9	66.3	71.8	73.4	76.2	74.2	72.3	73.4	70.1	71.2	70.7	73.9	צומת קדרים	צומת עמיעד	85
72.4	73.5	60.9	65.6	68.6	68.0	69.8	67.5	72.4	67.4	74.0	70.8	73.2	73.2	67.1	79.3	צומת חנניה	צומת קדרים	85



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
75.0	68.2	67.7	70.9	58.9	65.9	68.0	70.5	69.9	71.2	71.3	75.0	71.9	71.1	67.3	72.9	צומת ראמה	צומת חנניה	85
69.2	66.9	68.8	63.3	53.7	61.0	61.5	62.0	65.3	65.1	67.1	67.4	69.4	57.9	70.2	70.3	צומת כרמיאל מערב	צומת כרמיאל	85
70.4	73.5	70.2	68.6	62.3	62.8	66.1	67.4	68.4	72.8	64.8	67.8	70.2	65.6	69.5	71.2	צומת כרמיאל מערב	צומת אחיהוד	85
55.3	55.1	54.9	46.9	33.1	26.6	47.9	52.6	55.5	54.6	54.6	57.9	52.6	36.0	39.6	52.6	צומת יסיף	צומת אחיהוד	85
63.2	72.8	73.4	72.6	64.0	65.4	73.9	74.9	74.2	69.8	72.4	68.8	70.3	53.0	46.8	53.5	צומת עכו מזרח	צומת יסיף	85
69.5		72.9	70.4	77.2	81.6	65.7	69.9	69.7	70.5	69.7	84.1	75.4	76.7		74.1	צומת המפלים	צומת בשן	87
76.5	91.0	82.0	70.5	74.5	87.0	78.1	71.7	81.2	77.4	73.8	54.9	80.3	69.9	74.3	72.9	צומת קצרין דרום	צומת המפלים	87
86.2	92.8	90.5	92.8	89.4	86.4	84.1	83.3	87.1	77.4	70.6	79.4	86.2	89.2	83.7	85.9	צומת יהודיה	צומת קצרין דרום	87
77.9	73.1	69.0		72.8	85.3	67.0	73.7	83.8	68.7	78.0	71.5	86.1	81.0	78.3	57.6	צומת יהודיה	צומת בית-צידה	87
71.6	68.0	75.3		72.2	68.1	72.2	74.3	72.7	68.9	62.3	72.0	72.1	73.6	73.9	68.3	צומת כפר נחום	צומת בית-צידה	87
63.1	76.1	64.8	54.6	58.1	59.5	60.7	63.9	61.1	61.0	67.5	69.4	59.6	64.4	63.1	67.0	צומת חירם	צומת מירון	89
56.6	51.3	58.4	55.8	60.2	54.4	62.9	54.7	49.0	45.0	52.2	56.9	57.2	61.3	63.8	69.9	מעלות תרשיחא	צומת חירם	89
71.5	78.6	73.4	75.2	70.0	71.6	73.4	67.6	61.9	64.7	72.0	73.8	75.7	74.0	71.2	70.0	צומת כברי	מעלות תרשיחא	89
49.1	51.8	36.8	38.9	41.7	40.6	33.9	41.4	37.2	43.5	41.3	53.0	44.5	27.8	31.2	54.9	צומת נהריה	צומת כברי	89
55.2	36.6	58.2	47.8	54.8	49.5	50.7	48.2	47.8	53.3	48.0	52.6	55.0	49.5	48.2	49.4	צומת גומא	צומת המצודות	90
61.5	69.7	59.7	61.0	55.5	51.0	60.3	63.0	60.1	60.5	57.9	63.6	61.6	60.2	59.9	63.9	צומת ראש-פינה	צומת מחניים	90
71.6	66.0	70.5	66.9	60.1	68.1	69.8	69.3	67.3	71.5	73.8	69.4	75.3	75.1	78.2	71.6	חופי טבריה	צומת כפר נחום	90
60.8	59.5	54.2	58.2	55.9	56.1	60.9	61.3	59.8	55.5	58.8	52.0	66.4	59.3	61.1	64.1	צומת עמיעד	צומת כפר נחום	90
46.7	46.1	44.2	39.0	41.0	44.2	43.3	45.6	38.3	49.6	33.7	52.7	41.7	41.1	54.5	64.2	צומת כנרת	חופי טבריה	90
79.1	76.2	75.7	78.0	76.8	79.2	76.2	74.7	72.9	75.9	74.0	79.6	79.2	79.8	74.0	82.6	צומת שאן	צומת צמח	90
45.7	49.6	49.4	49.7	44.2	48.4	50.2	48.6	49.6	50.2	54.6	53.2	50.3	40.6	45.0	55.5	צומת כנרת	צומת צמח	90
61.3	60.9	61.1	55.6	61.3	63.9	64.9	58.7	62.3	62.5	63.7	65.2	58.7	55.5	64.9	48.9	צומת מחולה	צומת שאן	90
86.4	74.4	54.1	97.0	74.8	77.7	91.1	82.3	89.7	103.9	86.4	84.6	84.5	90.5	85.6	95.8	צומת אדם	צומת מחולה	90



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
87.7	84.5	99.5		94.5	88.3	96.3	64.8	93.2	72.0	102.0	82.8	97.5	68.1		97.0	צומת משואה	צומת אדם	90
79.9	100.3	83.7	80.3	89.8	83.9	90.1	79.5	69.2	50.9	73.4	73.5	78.1	80.4	84.9	83.2	צומת בית הערבה	צומת פצאל	90
77.5	69.9	63.2	82.4	90.2	71.8	91.5	94.1	78.5	88.8	70.6	69.8	81.3	79.5		72.0	צומת מצדה	צומת מצפה שלם	90
79.2	85.0	59.5	70.2	86.6	67.8	90.7	91.8	77.0	90.1	85.2	80.9	82.3				צומת זוהר	צומת מצדה	90
82.8	71.1	83.4	86.6	90.0	86.3	85.6	85.1	86.1	74.6	61.8	81.9	76.2		94.0	83.8	צומת זוהר	צומת הערבה	90
92.4	89.9	96.6	92.0	92.2	89.4	92.5	95.3	92.6	89.6	88.8	87.9	90.2	87.7	90.4	92.3	אליפלט	מחלף אליפלט	90
84.4	71.0	75.1	97.0	90.5	80.4	87.4	91.8	86.3	81.0	78.9	81.6	84.1	95.0		97.6	צומת מצפה שלם	צומת קליה	90
91.8	91.9	89.9	88.6	91.0	86.1	87.1	87.2	89.5	91.4	88.0	88.5	86.7	93.0	93.0	95.1	צומת מחניים	צומת כח	90
69.9	63.7	78.6	76.5	73.2	74.3	71.2	76.4	72.9	71.9	79.1	62.1	62.1	66.1	78.0	82.2	צומת נפח	צומת זיוון	91
73.9	67.6	72.6	77.7	76.5	76.2	75.5	75.4	69.9	66.6	65.2	74.7	77.0	75.5	81.7	86.9	צומת נשוט	צומת נפח	91
68.1	71.2	67.2	73.5	68.9	64.0	63.3	68.6	65.5	61.7	68.7	66.7	68.7	66.6	68.8	69.9	צומת מחניים	צומת גדות	91
51.5	55.3	50.4	53.7	54.8	55.1	52.2	52.3	51.3	51.7	54.5	52.6	48.1	56.9	53.3	61.1	צומת בית המכס	צומת גדות	91
85.0	86.7	85.3	82.0	77.1	84.2	82.3	83.5	88.0	83.6	81.5	79.3	92.7	77.5	82.3	92.7	צומת כבישים 789-92	צומת מעלה גמלא	92
78.7	75.4	78.5	70.9	80.1	84.2	79.6	83.9	77.9	70.8	67.7	85.6	79.0	65.2	81.3	84.8	צומת מעגן	עין-גב	92
37.3	27.4	38.9	36.1	32.0	37.3	43.5	40.2	38.8	36.5	41.0	40.4	50.0	41.1	39.0	42.7	מסעדה	אתר החרמון	98
52.3	46.0	57.4	60.4	52.0	52.3	52.1	40.9	48.2	48.7	44.8	50.7	50.3	53.1	56.3	49.8	צומת אל-רום	מסעדה	98
74.5	72.3	80.8	74.7	73.0	88.3	83.0	83.0	74.7	60.5	77.0		79.3	76.6	80.0	78.4	צומת בראון	צומת זיוון	98
69.8	69.1	67.3	49.5	71.3	72.9	66.3	60.1	69.8		71.6	84.2	72.4	75.6		77.5	צומת בשן	צומת זיוון	98
80.1	90.6			80.8		79.2		59.9	80.6	76.1	90.2	87.0	76.2			רמת מגשימים	צומת בשן	98
84.2	82.9	84.3	78.9	79.3	89.5	86.6	72.0	83.5	84.5	88.5	80.5	77.3	90.4	83.0	90.7	צומת אפיק	רמת מגשימים	98
73.4	68.8	79.8	83.7		67.0		50.9		71.6	78.5	64.4	59.5	68.3	59.8	104.5	חמת גדר	צומת אפיק	98
63.8		60.8	70.3	52.0	60.5	56.3	57.7			72.0	66.1	59.0	76.4	63.7		צומת מעגן	חמת גדר	98
52.0	60.5	55.2	50.4	47.4	53.8	48.8	50.2	50.7	53.8	42.6	57.1	47.3	61.4	59.2	50.1	צומת שיאון	מסעדה	99



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
71.4		76.4	69.1	72.6	69.7	72.4	71.7	70.1	65.1	65.7	73.4	66.0	66.5	67.6	62.0	צומת חורשת טל	צומת שיאון	99
81.8	47.0	59.5	92.0	90.4	88.2	78.8	89.9	78.7	82.5	74.7	82.2	96.9	84.2	92.8	88.7	צומת משאבים	צומת צאלים	222
83.2	80.6	80.6	75.6	81.1	82.9	84.7	73.2	76.5	81.5	74.1	81.9	79.3	85.0	86.5	85.9	צומת סעד	צומת גבים	232
84.8	95.1	73.0	80.9	83.6	81.4	81.1	73.1	77.8	73.5	77.5	82.2	83.4	76.7	88.2	90.3	צומת רעים	צומת סעד	232
88.0	103.9	96.2	82.4	97.0	88.3	90.1	98.7	78.5	92.7	80.5	87.6	85.5	93.9	90.4	42.0	צומת מעון	צומת רעים	232
77.4	64.0	80.4	77.2	72.4	73.1	66.9	83.7	71.2	81.1	80.3	77.2	83.7	76.0	79.9	72.5	צומת גבולות	צומת מעון	232
74.9	77.0	52.0	93.4	81.5	107.0	83.2	71.5	52.8	102.0	85.1	76.5	58.7	65.3	32.0	84.8	צומת אורים	צומת רעים	234
80.2	76.4	77.4	78.6	84.7	82.2	73.8	82.4	86.9	73.7	82.3	76.9	77.7	75.7	72.3	85.5	צומת צאלים	צומת אורים	234
82.9	77.0	72.3	67.0	83.8	85.4	84.1	79.5	86.3	84.6	72.0	81.7	81.9	84.5	80.3	76.7	צומת אורים	צומת מעון	241
75.3	81.7	80.3	68.6	77.9	71.2	75.6	70.1	70.0	75.1	76.2	78.1	81.0	73.0	73.3	78.6	צומת אופקים	צומת אורים	241
76.3	73.1	74.2	72.0	65.7	71.3	68.4	70.6	68.8	71.4	75.7	74.0	72.7	73.7	74.9	75.2	צומת הנשיא	צומת קמה	264
78.5	84.1	77.7	84.3	73.5	75.4	78.6	81.1	78.4	71.6	74.9	69.4	80.5	79.3	75.6	72.2	צומת הגדי	צומת קמה	293
49.3	50.9	48.1	48.9	47.6	44.8	44.5	47.5	45.3	48.8	52.6	50.2	50.1	40.8	41.9	55.0	צומת אברהם ילובסקי	צומת בית עובד	303
54.4	53.0	55.7	47.7	46.0	47.0	48.9	48.2	52.9	53.9	48.4	51.2	51.6	42.3	43.8	54.6	צומת גן הוורדים	צומת ניר-צבי	313
76.2	73.7	76.4	77.1	86.1	78.8	67.1	70.2	71.4	76.1	77.9	81.4	82.3	87.5	67.1	76.6	תירוש	צומת עזקה	383
35.2	37.8	31.7	29.4	34.1	31.7	35.0	26.5	33.7	26.9	31.6	35.7	29.6	32.3	34.2	44.8	צומת כרם	הר הרצל	386
26.8	28.4	16.9	20.3	20.8	17.7	14.9	12.1	19.9	21.8	22.4	25.3	17.5	18.4	21.4	18.6	צומת גבעת שאול	צומת קרית הממשלה	386
34.6	33.9	33.8	31.2	31.2	30.0	34.3	31.5	25.3	28.4	27.7	24.1	20.0	17.3	35.8	44.9	צומת דרום הוד-השרון	צומת מלל	402
47.8	39.1	35.1	34.8	29.6	31.3	37.8	42.3	40.6	41.6	42.3	39.2	25.2	34.4	31.3	51.0	צומת דרום הוד-השרון	צומת עדנים	402
47.0	45.9	32.8	37.9	34.3	29.9	29.1	46.1	47.2	41.5	43.9	31.2	42.5	36.4	48.2	58.4	מחלף גולומב	מחלף גבעת מרדכי	404
39.8	27.0	42.3	39.7	37.2	41.3	47.4	41.4	47.7	46.8	41.5	36.7	46.5	34.2	29.7	36.3	צומת גבעת שאול	מחלף קרית משה	404
71.8	70.9	67.7	69.7	66.8	68.7	72.0	69.0	72.2	71.0	71.0	56.6	60.0	46.7	56.5	83.7	מחלף גולדה מאיר	צומת גבעת שאול	404
31.5	24.3	29.4	24.9	24.9	21.0	21.4	25.5	29.7	27.9	29.3	29.8	28.8	16.5	18.0	27.8	מערב רחובות	מכון ויצמן	410



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
70.0	67.0	67.5	70.8	66.9	68.0	66.6	66.5	68.0	66.6	64.5	63.1	67.8	73.2	75.6	78.0	מזרח יבנה	צומת קריית משה מערב	410
61.2	58.2	60.3	55.7	53.0	46.8	52.8	59.2	55.1	58.1	55.9	57.4	58.2	51.1	54.7	65.1	מחלף שפירים	צומת יהוד מערב	412
54.1	58.7	59.0	49.1	42.3	42.0	45.1	57.6	53.3	54.8	54.5	51.9	35.0	38.8	40.9	54.4	מחלף שפירים	צומת בית-דגן	412
48.9	48.3	49.0	47.7	45.7	42.5	45.2	45.3	49.1	47.0	46.8	45.7	39.4	32.7	35.4	55.2	צפון ראשון-לציון	צומת בית-דגן	412
32.2	27.5	23.8	26.3	23.4	22.6	24.9	28.7	25.2	26.1	26.2	30.3	26.4	32.4	28.1	29.8	דרום ראשון-לציון	צפון ראשון-לציון	412
39.3	33.8	34.8	35.3	35.5	28.6	35.0	37.6	33.4	39.6	37.2	31.9	35.5	33.4	34.1	36.0	צומת גן הוורדים	דרום ראשון-לציון	412
56.4	53.1	53.2	56.4	53.9	49.8	51.1	53.9	55.1	53.4	56.2	52.2	58.9	45.0	45.9	57.1	הכניסה הצפונית לנס-ציונה	צומת גן הוורדים	412
30.1	29.2	25.7	27.0	25.7	26.7	28.6	32.1	27.1	29.8	25.9	30.7	37.0	26.8	28.9	21.5	צומת אברהם ילובסקי	כניסה צפונית לנס-ציונה	412
49.0	51.9	44.9	39.4	38.8	41.6	47.1	49.5	49.3	49.8	46.8	46.7	47.3	30.7	52.3	50.6	פארק המדע ברחובות	צומת אברהם ילובסקי	412
30.7	30.0	22.7	27.6	23.4	25.6	21.7	23.9	22.0	23.8	26.9	28.6	27.7	25.3	27.5	32.8	צומת בילו	מכון ויצמן	412
28.4	24.7	22.9	23.0	21.6	21.2	21.6	20.9	19.6	21.6	24.7	25.0	23.6	21.3	23.9	32.9	כיכר בית החיים	צומת גבעת שאול	417
99.7	100.1	97.8	96.9	99.3	99.5	97.5	97.5	101.4	101.5	99.0	97.4	99.2	99.2	104.5	101.0	צומת גן הוורדים	צומת עין הקורא	431
30.7	32.3	29.2	28.0	21.7	23.4	26.4	29.6	23.3	32.4	22.1	29.2	28.9	22.8	28.5	31.1	ככר העצמאות	צומת גשר לוד	434
34.9	34.8	30.8	31.9	30.3	28.7	33.5	34.3	30.2	35.1	29.0	29.4	28.6	28.5	34.3	33.8	צומת מעשיהו	ככר העצמאות	434
38.1	32.3	32.8	32.6	30.0	30.4	36.2	36.4	31.8	34.7	35.4	35.7	35.4	29.2	31.4	37.3	מחלף משה דיין	גשר ראשון	441
28.6	30.3	22.4	23.4	21.5	22.2	24.2	28.1	26.0	23.6	28.0	26.4	23.8	18.6	20.2	28.1	דרום ראשון-לציון	גשר ראשון	441
88.6	91.8	89.5	87.7	83.3	80.0	87.5	88.0	88.1	87.6	93.8	89.6	82.7	80.3	86.9	95.1	צומת בית חורון	צומת גבעת זאב	443
78.6	79.5	71.5	71.5	71.7	68.9	73.3	76.1	78.5	80.4	82.1	81.9	72.8	54.3	67.0	84.0	צומת מודיעים	צומת מכבים	443
60.7	58.3	58.8	56.0	55.2	52.8	55.6	55.8	56.9	52.4	66.5	49.4	47.7	45.6	55.3	63.0	צומת גיתון	מחלף בן-שמן	443
41.2	37.9	36.6	34.9	34.6	39.1	39.7	33.7	34.9	40.8	30.8	40.0	33.8	30.1	29.4	42.0	ככר העצמאות	צומת גיתון	443
65.4	69.2	67.6	63.7	57.0	62.2	66.9	69.3	65.9	70.9	64.6	68.2	38.1	42.1	62.6	66.4	צומת חדיד	צומת נבלט	444
62.9	76.7	65.9	72.3	52.9	57.7	65.8	65.0	65.4	66.0	65.1	61.3	43.7	37.7	56.7	71.0	צומת רנתיס	צומת נבלט	444
62.0	61.1	56.1	56.4	50.4	48.5	62.0	60.6	57.3	61.5	62.7	62.1	54.7	40.3	52.3	64.3	צומת רנתיס	צומת מגדל אפק	444



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
56.7	45.8	45.4	50.0	44.2	48.2	45.0	55.8	50.1	52.7	49.9	52.9	51.7	48.1	53.3	63.1	דרום ראש-העין	מחלף קסם	444
62.1	58.9	58.4	53.5	53.9	52.9	55.7	57.6	57.2	53.0	58.2	57.5	50.5	48.2	49.4	59.8	צומת חורשים	מחלף קסם	444
62.4	63.8	65.7	59.3	50.3	50.2	55.5	63.3	60.2	63.0	60.7	62.7	60.1	59.1	55.0	64.4	מחלף אייל	צומת טירה	444
53.6	54.9	55.2	45.1	34.5	41.5	39.6	47.5	44.6	53.0	50.6	54.6	47.8	47.3	52.7	59.4	צומת נבלט	צומת אל-על	453
55.9	51.8	50.6	44.4	41.2	40.4	47.4	49.2	51.4	52.1	49.0	52.8	48.2	40.0	47.3	56.4	צומת יהוד מערב	צומת הטייסים	461
54.4	52.9	51.4	48.1	48.0	39.4	47.5	49.6	52.8	54.9	54.6	51.3	51.2	38.6	47.3	54.6	מחלף מסובים	צומת סביון	461
55.5	62.8	54.7	53.6	33.2	40.4	55.4	58.2	51.0	56.7	57.6	54.4	47.5	42.1	40.0	53.1	פינת הספארי	מחלף מסובים	461
28.5	30.8	23.2	27.4	19.6	20.5	24.2	26.7	22.5	27.5	30.2	29.2	24.2	18.2	20.0	31.9	פינת הספארי	מחלף קיבוץ גלויות	461
29.6	26.9	19.3	22.8	23.3	22.1	26.3	23.7	29.0	29.3	29.1	26.2	23.4	23.1	20.8	30.6	צומת סגולה	מרכז פתח-תקוה	481
34.7	29.1	31.3	21.5	28.7	25.5	39.0	32.1	26.3	30.1	30.7	34.0	27.6	16.9	21.9	41.1	מרכז פתח-תקוה	מרכז רפואי רבין	481
36.6	38.6	39.2	28.5	26.1	20.6	30.3	31.9	30.1	26.8	31.9	28.6	34.1	26.6	34.0	41.5	פאוור סנטר פתח תקוה	מחלף גהה	481
29.9	26.6	25.0	27.5	24.9	21.2	25.4	27.5	24.3	25.7	24.7	27.5	25.4	20.1	25.3	34.9	כיכר רוטרי	מחלף גהה	481
30.7	32.4	24.6	25.9	24.6	16.8	25.0	25.5	30.1	26.9	26.6	29.9	27.5	25.6	25.8	30.7	צומת ביאליק-זבוטינסקי	כיכר רוטרי	481
35.0	37.4	34.7	30.0	30.6	25.3	31.0	28.4	30.5	27.0	26.6	30.1	26.0	31.3	27.2	44.9	צומת ביאליק-זבוטינסקי	כיכר הציונות	481
33.2	28.0	27.4	23.3	21.3	20.7	23.0	26.7	29.3	26.5	29.8	28.6	26.3	21.8	25.6	35.6	כיכר פלד	מחלף אבא הלל	482
29.8	26.5	22.0	27.4	19.7	21.4	24.1	26.9	24.4	23.9	21.4	26.7	31.0	24.4	35.7	53.7	כיכר הציונות	מחלף אבא הלל	482
28.6	30.4	25.6	22.1	23.5	17.9	22.9	27.2	25.5	22.9	27.2	24.9	15.8	21.1	26.6	37.2	צומת אם המושבות	צומת דרום רמת החייל	482
29.4	27.7	24.9	26.7	24.3	16.6	21.3	24.1	26.5	26.5	29.3	31.7	26.6	33.4	33.9	36.6	צומת דרום רמת החייל	צומת שלונסקי-פנחס רוזן	482
38.7	44.0	23.3	38.9	27.8	25.8	31.3	25.2	35.6	39.3	31.5	36.6	36.3	35.0	34.1	38.5	צומת שלונסקי-פנחס רוזן	צומת פנחס רוזן- דבורה הנביאה	482
31.8	26.6	23.4	30.4	24.9	20.4	23.8	31.8	31.4	33.7	37.9	29.8	29.6	33.7	42.3	45.3	צומת פנחס רוזן - דבורה הנביאה	צומת הפיל	482
42.4	42.3	38.8	36.6	31.9	36.6	35.2	42.3	37.2	40.6	41.4	38.4	35.0	31.7	43.3	46.8	צומת הפיל	מחלף הכפר הירוק	482
31.2	33.8	21.1	23.5	23.6	22.3	22.3	31.3	23.5	24.0	30.7	24.3	24.9	23.9	25.8	37.4	צומת כדורי	מחלף הכפר הירוק	482



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
53.0	53.9	52.5	50.4	42.4	33.9	40.8	52.3	52.5	54.8	52.6	48.9	31.9	28.1	42.3	56.9	צומת בית יהושע	צומת דרור	553
49.0	44.0	46.3	38.8	41.4	37.6	35.3	36.1	39.0	46.6	38.3	42.2	41.6	48.3	43.2	48.2	צומת טירה	בית ברל	554
49.6	64.4	56.1	43.4	54.6	30.9	48.2	51.1	31.4	36.9	56.5	50.0	40.6	22.2	21.7	33.4	בית ברל	בית-חולים מאיר	554
26.9	27.5	33.9	23.4	23.8	18.6	28.5	24.4	28.4	27.0	25.7	25.0	11.9	7.9	9.1	19.0	בית-חולים מאיר	צומת כפר סבא מערב	554
41.3	28.6	36.2	35.2	39.3	44.5	39.8	43.0	33.1	33.7	41.4	41.1	43.4	41.3	39.9	55.0	צומת דמון	מחלף אליקים	672
43.0	49.3	43.7	48.5	47.9	52.3	27.5	19.7	27.2	30.3	22.8	20.8	22.8	40.9	53.5	50.2	צומת דניה	צומת דמון	672
42.0	38.6	38.0	35.3	40.8	35.8	39.2	39.3	36.9	34.1	44.4	40.0	40.0	31.5	29.7	51.5	מרכז חורב	צומת דניה	672
23.4	22.6	19.7	21.5	19.8	17.3	21.8	20.6	16.2	20.6	20.1	17.6	16.7	13.3	17.0	22.3	מרכז הכרמל	מרכז חורב	672
33.8	37.5	30.4	31.5	33.5	29.5	34.8	31.5	35.3	28.3	22.6	32.0	29.1	26.1	18.1	41.3	צומת דרך הים	מרכז הכרמל	672
52.5	54.7	40.3	48.5	49.8	47.6	47.1	51.8	46.2	54.7	55.6	52.9	56.9	45.9	47.3	50.9	צומת דניה	צומת נשר	705
48.5	47.0	53.9	51.6	49.9	45.3	48.3	48.2	46.2	34.0	43.0	43.9	51.9	42.0	56.6	53.7	צומת אורן	צומת דמון	721
67.1	75.3	63.4	69.9	69.0	60.5	57.7	66.6	57.6	53.6	64.6	65.2	61.6	65.8	60.7	71.4	צומת אורן	מחלף עתלית	721
52.7	53.2	54.6	44.3	32.0	31.1	43.3	54.9	50.7	49.7	44.2	54.0	55.9	42.1	42.9	54.1	צומת נשר	צומת יגור	752
41.6	39.1	44.6	39.4	39.7	38.4	35.7	37.4	39.2	37.9	38.4	43.3	40.0	39.4	39.5	50.7	צומת הצק פוסט	צומת נשר	752
40.8	45.1	37.8	31.3	19.6	24.5	32.9	28.4	25.1	26.1	33.5	27.7	36.4	34.4	25.1	46.4	צומת בית-רימון	צומת משהד	754
43.7	40.9	42.8	39.0	38.1	46.0	41.9	43.4	38.0	40.9	37.6	34.9	39.7	40.6	38.0	52.7	צומת משהד	צומת נצרת צפון	754
64.1	58.9	61.8	59.5	60.7	68.5	67.4	63.2	69.0	62.5	56.4	67.2	61.4	64.7	62.6	67.5	כפר תבור	צומת אלומות	767
60.8	51.2	68.5	56.2	46.2	54.0	56.0	64.7	70.5	66.2	69.5	66.6	68.7	58.4	64.1	67.8	צומת אבליים	צומת מורשת	781
41.0	44.2	45.0	39.8	34.6	34.3	33.8	42.2	39.5	35.6	40.0	36.4	35.5	31.3	25.6	38.0	שדרות העצמאות	מחלף גילעם	781
43.4	55.5	47.7	43.9	39.3	27.8	42.8	41.5	45.8	45.5	42.5	46.5	47.4	39.3	17.3	21.7	צומת אבליים	מחלף גילעם	781
56.2	59.6	58.6	52.3	52.9	54.8	51.4	55.7	57.0	61.1	54.9	57.0	60.3	50.6	53.4	60.7	צומת יובלים	צומת כרמיאל מערב	784
65.0	64.3	62.8	60.4	58.8	58.4	64.1	57.0	64.0	65.8	66.5	63.4	67.0	62.9	60.6	67.2	צומת מורשת	צומת יובלים	784
55.4	62.6	63.5	59.6	64.5	59.4	60.5	69.3	65.3	69.9	69.0	67.9	67.5	64.2	64.1	70.4	צומת יפתחאל	צומת מורשת	784



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
65.7	64.5	71.4	71.1	66.2	66.4	70.5	72.4	62.9	76.1	70.9	74.2	80.2	63.1	59.6	62.4	צומת יבור	גדידה-מכר	805
80.4	73.8	79.0	83.1	83.9	84.5	78.3	83.4	71.4	83.1	87.0	78.7	61.0	81.4	81.8	84.5	צומת המפלים	צומת דליות	808
67.2	68.4	62.3	65.0	66.0	65.8	61.8	66.9	64.6	58.5	70.8	61.0	66.3	65.2	72.5	70.8	צומת חנניה	צומת מירון	866
69.8		72.5		74.2	79.2	78.2	68.5	61.5	80.1	68.1	78.4	75.1	32.0	72.0	67.9	צומת בית-צידה	צומת בית המכס	888
58.7	57.5	50.1	52.3	50.1	63.3	62.8	59.3	49.1	57.0	57.9	54.5	60.3	40.6	57.2	59.5	צומת בצת	צומת חניתה	899
59.9	68.2		81.2	47.1	22.8	64.9	59.6	40.0	46.0	64.2	67.0	71.7	75.8	70.0	71.7	צומת גדות	צומת גוון	918
61.0		55.5	71.4	65.3	68.8	70.0	55.3	73.5	65.4	66.5	55.3	66.0	63.8	61.4	73.3	צומת להבות הבשן	צומת גוון	918
67.4	70.8	72.2	72.0	42.0	67.0	59.8	48.6	73.6	74.7	75.7	54.6	70.3	75.2	76.5	67.8	צומת להבות הבשן	צומת חורשת טל	918
71.3	60.3	71.0	77.9	72.0	72.2	76.9	72.9	74.1	65.1	69.1		66.7	70.1	70.8	67.3	צומת גוון	צומת האמיר	959
68.2	75.9	74.8	81.2	63.0	57.0	64.7	70.4	67.6	67.9	75.1	73.1	70.0	67.9	73.4	67.6	צומת להבות הבשן	צומת גומא	977
33.1	25.0	30.8	32.5	27.3	26.1	25.1	25.2	32.7	30.4	31.3	33.4	19.2	15.6	34.1	38.5	נמל תל אביב	רידינג	1001
27.5	27.5	28.9	24.3	21.8	19.3	25.2	24.8	22.6	23.0	24.7	24.4	27.3	22.6	24.2	27.9	חוף בוגרשוב	כיכר אתרים	1001
33.2	36.0	33.8	30.0	22.8	24.2	26.3	26.9	25.1	27.0	29.0	27.7	29.5	27.8	31.4	32.9	הכניסה הצפונית ליפו	חוף בוגרשוב	1001
34.2	26.0	28.4	27.5	29.4	27.5	29.4	31.6	32.1	34.0	32.2	33.9	33.5	30.5	35.9	36.2	צומת פנקס- אבן גבירול	רידינג	1002
28.8	25.0	24.2	21.9	22.9	19.8	22.2	26.1	19.3	19.0	16.6	22.2	23.3	28.4	33.3	35.8	ארלוזורוב- אבן גבירול	זבוטינסקי- אבן גבירול	1002
24.0	20.8	19.0	19.0	19.6	19.9	20.0	21.4	20.6	20.4	18.8	20.5	22.3	22.2	27.5	29.9	צומת קפלן- אבן גבירול	ארלוזורוב - אבן גבירול	1002
45.5	42.4	38.9	41.0	42.5	41.2	41.0	40.8	41.5	48.4	42.2	43.8	32.7	30.8	47.7	48.3	רידינג	סמינר הקיבוצים	1003
51.7	38.9	45.0	43.5	43.8	41.3	48.0	49.8	48.0	51.0	47.3	51.2	49.5	48.2	53.8	56.9	סמינר הקיבוצים	מחלף רוקח	1003
42.7	39.6	39.1	36.4	35.9	31.1	38.5	38.4	39.3	40.0	43.1	39.8	26.1	25.0	46.0	50.7	צומת רוקח - שטרית	מחלף רוקח	1003
26.6	22.9	23.2	25.7	24.2	19.9	23.4	24.4	19.4	20.7	22.7	22.7	22.3	21.1	24.8	28.7	הירקון- ארלוזורוב	ארלוזורוב - אבן גבירול	1005
26.8	26.8	22.4	19.6	20.2	20.5	21.5	23.6	19.0	20.4	23.8	22.8	25.9	22.6	26.7	33.7	ארלוזורוב - אבן גבירול	צומת ארלוזורוב	1005
27.6	28.7	27.3	25.9	20.5	21.9	24.5	21.5	19.0	19.7	23.0	26.8	26.3	22.1	28.3	32.0	מחלף חיל השיריון	הגן הבוטני	1007
30.4	34.2	28.7	27.0	26.0	23.0	28.4	23.6	21.5	22.5	27.8	29.7	26.0	22.8	33.7	31.8	אבו-כביר	צומת בן צבי - ירושלים	1008



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
40.1	39.4	33.6	33.3	37.6	36.8	32.8	36.9	39.4	42.5	33.7	43.7	43.0	30.1	32.7	32.1	צומת קקל - בני אפרים	צומת רוקח - שטרית	1009
33.8	35.8	28.2	35.6	28.8	28.6	28.3	34.8	31.8	39.3	34.9	35.1	30.6	26.4	25.6	34.3	צומת קקל - בני אפרים	צומת הפיל	1009
43.9	36.3	39.2	31.2	32.0	32.8	39.8	46.9	40.9	42.0	46.2	48.3	37.2	31.8	46.2	52.3	צומת דרום רמת החייל	צומת רוקח - שטרית	1010
37.7	38.8	33.1	26.5	30.3	29.7	32.4	42.7	33.3	43.5	39.9	35.5	36.1	35.2	35.4	46.1	פנחס רוזן-דבורה הנביאה	קרית-עתידיים	1010
33.6	35.4	26.2	26.5	25.7	23.0	25.7	31.7	30.9	31.8	32.8	31.3	28.7	31.0	36.3	39.6	צומת דרום רמת החייל	קרית-עתידיים	1010
37.6	36.9	31.9	29.8	34.5	23.3	27.9	33.3	37.6	33.8	37.2	37.2	29.3	29.4	40.9	41.5	צומת המצלבה	צומת פת	1011
22.2	23.8	20.0	21.5	16.1	9.6	16.0	14.9	11.9	15.7	17.1	18.3	21.3	17.1	22.7	29.5	כיכר צרפת	כיכר המכס	1011
28.2	36.6	26.0	27.8	25.1	26.8	21.3	29.4	23.7	25.7	20.7	23.1	29.3	24.9	20.9	29.8	מרכז הכרמל	הדר הכרמל	1017
48.0	49.8	40.6	40.1	51.3	45.4	46.4	41.3	46.5	48.8	41.6	47.9	46.8	49.5	47.7	54.4	צומת מתם	מרכז חורב	1023
28.6	29.4	25.3	19.7	16.0	22.2	22.1	28.1	23.9	25.7	22.5	20.7	20.0	20.9	28.7	26.7	צומת איתמר בן אבי	מחלף נתניה	1024
30.8	32.9	28.2	24.1	32.3	26.1	25.7	23.5	22.4	17.6	27.6	29.9	31.8	25.5	22.5	29.7	צומת איתמר בן אבי	כיכר רוטרי	1024
48.6	44.5	41.5	40.8	40.0	42.8	45.4	45.9	49.7	48.1	47.6	48.8	45.0	36.6	39.9	53.4	כיכר רוטרי	מחלף פולג	1024
60.8	64.1	56.8	56.4	51.8	51.3	52.7	56.3	56.3	60.0	61.6	62.8	33.0	39.8	43.4	67.3	צומת אם המושבות	מחלף תקווה	1025
48.2	46.7	47.8	40.4	39.9	41.3	45.3	44.6	49.1	45.7	44.4	50.0	52.2	28.4	33.3	46.3	צומת דניה	גשר פז	1027
24.4	12.2	16.8	15.2	18.8	22.9	17.7	18.9	15.3	17.5	21.0	19.2	19.6	18.2	23.5	45.1	כיכר פלד	כיכר רוטרי	1029
25.4	17.9	20.0	19.5	19.5	22.1	26.1	21.5	19.3	19.6	21.8	17.3	16.9	12.0	16.3	39.4	צומת הרואה - בן-גוריון	כיכר רוטרי	1029
23.7	22.5	21.7	18.2	19.4	18.8	21.0	23.6	15.6	22.2	27.0	22.8	17.1	16.5	16.7	20.3	צומת הרואה - בן-גוריון	צומת כצלסון - בן גוריון	1029
34.2	28.3	29.6	22.3	26.5	26.7	29.6	31.9	33.7	39.9	29.1	31.8	28.7	27.9	23.2	44.2	צומת כצלסון - בן גוריון	דרך השלום- המאבק	1029
39.5	34.8	31.0	29.4	25.3	28.4	32.7	38.2	32.8	37.7	37.5	36.9	34.2	26.9	30.5	46.6	צומת הרצליה צפון	מחלף הרצליה צפון	1030
45.9	45.3	42.0	41.8	34.3	29.4	41.0	44.5	40.6	48.3	44.8	46.6	39.6	25.7	28.1	50.5	צומת הרצליה צפון	צומת רעננה מערב	1030
35.2	29.7	30.5	32.8	28.2	28.6	29.5	29.0	32.0	31.3	35.8	31.7	27.1	27.1	28.1	30.9	צומת רעננה מערב	צומת קרן היסוד - אחוזה	1030
25.9	24.9	22.0	20.7	18.9	19.7	23.3	22.2	20.0	16.9	20.9	23.0	20.5	17.3	21.8	26.7	צומת קרן היסוד - אחוזה	צומת רעננה	1030
47.8	50.1	47.9	43.0	45.4	46.7	46.8	44.9	43.9	41.6	47.9	49.1	46.8	43.7	47.0	39.6	צפת	צומת ראש-פינה	1032



ממוצע	h20	h19	h18	h17	h16	h15	h14	h13	h12	h11	h10	h9	h8	h7	h6	לצומת	מצומת	כביש
49.9	47.4	48.1	51.1	46.7	43.7	47.8	47.1	50.4	47.8	48.3	49.0	51.0	50.8	48.0	45.5	צומת עין זיתים	צפת	1032
39.7	36.5	31.8	28.6	22.8	19.5	26.8	38.6	38.0	38.4	39.1	39.4	38.9	29.3	25.5	49.2	דרך השלום - המאבק	מחלף אלוף-שדה	1035
37.9	31.6	32.6	35.4	39.0	23.5	29.9	33.3	40.6	38.0	34.0	37.6	29.8	21.8	25.7	40.2	בנין חברת פלאפון	דרך השלום - המאבק	1035
63.9	60.4	63.3	62.1	70.1	69.9	63.7	64.9	67.7	62.1	63.2	63.9	61.5	70.4	68.4	72.1	צומת נשוט	צומת קצרין דרום	1037
36.2	35.4	25.2	29.0	29.9	25.5	25.5	31.9	25.0	33.9	31.8	26.3	23.0	23.9	27.4	42.1	מחלף קרית משה	צומת גן סאקר	1038
22.6	24.3	20.2	15.4	19.5	11.3	13.9	18.4	17.2	13.7	21.7	17.5	21.6	18.3	33.4	33.1	מחלף קפלן	צומת קפלן - אבן גבירול	1040
26.9	23.7	21.3	25.1	21.4	20.2	28.0	26.3	20.5	16.3	20.3	21.8	20.3	20.8	29.1	26.4	צומת פנקס - נמיר	צומת פנקס - אבן גבירול	1043
28.2	26.1	25.3	23.1	19.8	15.4	22.9	25.7	24.0	20.9	23.8	26.3	23.1	18.1	25.8	25.1	מחלף אבא הלל	מחלף ההלכה	1043
20.0	13.6	11.7	11.7	11.4	9.2	16.3	15.7	15.4	16.8	16.8	18.9	11.8	18.3	16.9	20.9	צומת ביאליק-זבוטינסקי	מחלף אבא הלל	1043
22.2	17.6	15.9	18.2	15.1	16.1	19.1	16.7	15.7	14.1	16.6	17.2	19.1	16.9	15.6	27.5	צומת ביאליק-זבוטינסקי	צומת הרואה - בן-גוריון	1043
32.5	30.2	30.0	23.6	31.1	24.8	25.3	28.3	24.3	25.7	29.2	23.2	27.9	28.8	29.0	36.4	צומת הרצליה צפון	צומת כדורי	1045
37.4	33.2	26.7	29.4	26.0	30.6	37.3	37.6	35.1	34.4	37.1	35.7	31.2	27.0	29.1	39.9	צומת כדורי	מחלף שבעת הכוכבים	1045
36.1	33.4	36.0	20.3	23.6	28.3	39.7	35.0	37.5	35.4	32.1	31.6	21.1	27.2	31.2	40.1	מחלף שבעת הכוכבים	מחלף הסירה	1045
33.4	32.2	36.8	28.1	30.4	23.0	24.7	28.7	24.6	26.8	22.8	28.1	32.1	22.6	24.5	27.5	צומת ויצמן-שד ירושלים	צומת רעננה מערב	1046
43.5	38.8	35.6	36.9	32.7	23.3	35.2	42.4	38.8	39.9	36.0	40.8	39.1	30.2	36.5	44.7	צומת ויצמן-שד ירושלים	צומת קרן היסוד - ויצמן	1046
43.9	40.2	34.2	33.2	22.3	25.6	30.9	43.2	35.2	42.9	47.9	43.4	40.6	32.0	36.7	46.4	בית-חולים מאיר	צומת רעננה צפון	1046
36.9	35.4	27.9	28.1	26.9	18.5	24.8	27.9	31.1	33.5	34.5	25.0	27.9	29.7	33.3	44.7	צומת קרן היסוד - ויצמן	צומת רעננה צפון	1046
39.5	39.2	32.0	35.5	36.8	26.7	35.7	31.2	34.6	38.3	38.8	42.5	30.7	29.2	34.4	42.8	צומת כפר-סבא מזרח	בית-חולים מאיר	1046
27.8	29.8	24.7	22.4	22.6	19.9	25.7	21.7	24.6	21.7	31.1	22.8	19.4	16.8	23.6	31.4	אזור תעשייה כפר סבא	צומת כפר סבא מערב	1047
37.7	34.3	32.1	29.6	30.1	27.0	32.9	31.0	33.0	33.8	34.2	35.2	33.5	27.3	36.1	43.4	מחלף קקל	צומת קקל - נמיר	1048
33.5	32.6	24.1	22.7	27.5	23.9	29.8	26.4	24.1	26.0	32.0	28.5	17.8	15.8	25.6	41.6	צומת קקל - בני אפרים	מחלף קקל	1048
31.9	31.5	23.7	25.6	29.9	27.5	29.4	31.4	32.2	24.0	30.1	33.7	28.1	25.4	31.3	35.9	צומת שלונסקי-פנחס רוזן	צומת קקל - בני אפרים	1048