



**איך מגיעים לעבודה בישראל?
מאפייני יישוב וגורמי פרט***

טניה סוחוי¹ ויותם סופר²

סדרת מאמרים לדיון 2019.02
פברואר 2019

<http://www.boi.org.il> בנק ישראל

¹ טניה סוחוי, חטיבת המחקר – דוא"ל: tanya.suhoy@boi.org.il

² יותם סופר, חטיבת המחקר – דוא"ל: yotamsop@gmail.com

* למחקר זה תרמו רבות – על ידי יעוץ, הכוונה ואספקת נתונים – דן רדר (חברת יעוץ ADALYA), שרית לוי ובובי לאבי (משרד התחבורה), לאוניד חייפיץ (יועץ לתכנון תחבורה ומודלים), פרופ' שלמה בכור (טכניון), נורית דבורין ושלומית דרור-כהן (למ"ס, הסקר החברתי) תודה מיוחדת לאיל ארגוב ושי צור על ליווי ועריכה, לעדי פינקלשטיין וטל סידו (בנק ישראל) על עזרה בפיתוח תוכנה. אנחנו מודים לד"ר אלון אייזנברג על התדיינות מבריקה בסמינר של חטיבת המחקר ועל הערות מועילות ולמשתתפי הסמינר על הדיון.

הדעות המובעות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדתו של בנק ישראל

חטיבת המחקר, בנק ישראל ת"ד 780 ירושלים 91007
Research Department, Bank of Israel, POB 780, 91007 Jerusalem, Israel

איך מגיעים לעבודה בישראל? מאפייני יישוב וגורמי פרט

טניה סוחוי, יותם סופר

תקציר

אנו משתמשים בנתוני הסקר החברתי לשנים 2014 עד 2016 ובנתוני Google Maps כדי ללמוד על התפלגות המועסקים בישראל לפי אופן הגעתם למקום עבודה ובפרט – על מידת התלות ברכב פרטי. ניתוח זה נעשה משתי זוויות: אחת מאפשרת מיפוי גאוגרפי של היישובים בארץ לפי מידת הנגישות מהם למקומות תעסוקה באמצעות התחבורה הציבורית (יחסית לרכב פרטי); השנייה בוחנת – ברמת נתוני הפרט – את ההשפעה של הנגישות ושל תכונות הפרטים על הבחירה של אופן ההגעה.

מיפוי היישובים לפי מדד הנגישות באמצעות תחבורה ציבורית למקומות עבודה שחישבנו מצביע על פערים בולטים. ככל שמתרחקים מהערים המטרופוליטניות הנגישות היחסית יורדת. ברוב יישובי הפריפריה – ובמיוחד ביישובים הערביים – הנגישות היחסית נמוכה בשל מגבלות בהיצע שירותי התחבורה. ביישובים יהודיים קטנים בפריפריה הנגישות נמוכה, אך רמתם הסוציו-אקונומית הגבוהה של היישובים עשויה להעיד כי הנגישות הנמוכה נובעת מכך שהתושבים מעדיפים להשתמש ברכב פרטי (בהינתן רמת התחבורה הציבורית שניתן לספק ליישובים כאלה). בערים וביישובים חרדיים הנגישות היחסית גבוהה. בהרבה יישובים מרקע סוציו-אקונומי נמוך – במיוחד במגזר הערבי – הנגישות היחסית נמוכה ומלווה בהסעות מאורגנות שהמעסיקים מספקים. הסעות אלו יעילות שכן ניתן לעבור באמצעותן מרחק רב בזמן נתון. אולם, בהיעדר חלופות נוצרת תלות בהן המקטינה את אפשרויות התעסוקה הפתוחות בפני התושבים ויוצרת אצלם תלות במעט מעסיקים.

ניתוח גורמי הפרט המשפיעים על אופן ההגעה לעבודה (Discrete choice), בהינתן מבחר מוגבל של חלופות, מראה השפעה קטנה (אך מובהקת סטטיסטית) של משך הנסיעה. לעומת זאת, קרבת תחנות אוטובוס/רכבת ותדירות שירות מגדילים משמעותית את סיכויי הבחירה באמצעים אלה, ומקטינים את השימוש ברכב פרטי. לעומת זאת, הטבות אחזקת רכב ורכב צמוד מטעם המעסיק גורמות להעדפת רכב פרטי.

התוצאות מצביעות גם על מתאם בין מעמד סוציו – אקונומי נמוך (מבחינת שכר, השכלה וצפיפות הדיר) לבין נטייה גבוהה יותר להשתמש באוטובוס, ועל אטרקטיביות נמוכה של נסיעה באוטובוסים עבור עשירי ההכנסה הגבוהים. הנטייה להשתמש באוטובוס נמוכה משמעותית בקרב בעלי רכב פרטי ובקרב עובדים הזכאים להטבות אחזקת רכב מטעם המעסיק. לגבי הרכבת, הממצאים מעידים על נכונות גבוהה לבחור בה, כאשר היא זמינה, הן על ידי בעלי רכב והן על ידי יוממים אחרים.

Getting to Work in Israel: Locality and Individual Effects

Tanya Suhoy, Yotam Sofer

Abstract

We use Social Survey data for 2014–16 and Google Maps data to study the distribution of employees in Israel by their travel modes—and in particular, their dependence on private vehicles. The analysis was conducted from two perspectives: one allows geographical mapping of the localities in Israel by their accessibility to job localities via public transportation (relative to private vehicle), and the second examines, at the individual data level, the impact of the accessibility and of individual characteristics on the choice of travel mode.

Mapping Israeli localities by an index calculated in this paper, of relative accessibility via public transportation to workplaces, indicates notable gaps. The more distant home localities are from the metropolises' core, the less relative accessibility there is. In most localities in the periphery—and particularly in Arab localities—the relative accessibility is low due to the limited supply of public transit. In the small Jewish localities in the periphery, accessibility is low, but high socioeconomic levels of these localities may indicate that the low accessibility derives from residents' preference for private vehicles (given the level of public transportation that can be provided to such localities). In ultra-Orthodox cities and localities, the relative accessibility is high. In many localities with a lower socioeconomic background—particularly in the Arab sector—the relative accessibility is low, while in tandem there are organized shuttle services provided by employers. This mode is efficient in the sense of distance covered in a given time. However a lack of alternatives creates dependence on such shuttle transportation, which reduces the residents' employment possibilities and creates among them a dependence on a small number of employers.

Analyzing individual effects on the travel mode (using the Discrete Choice Model) given a limited number of alternatives indicates a small (but statistically significant) effect of the trip's travel time. However, the proximity of bus/train stations and frequency of service markedly increase the probability of choosing those modes of transportation, and reduce the use of private vehicles. In contrast, car maintenance benefits and a company car lead to the choice of private vehicles.

The findings also indicate a correlation between a low socioeconomic level (in terms of wages, schooling, and housing density) and a greater tendency to use a bus, and a low attractiveness of the bus mode for upper income deciles. The probability of choosing a bus is markedly lower among private vehicle owners and among workers who are eligible for car maintenance benefits from their employer. Concerning trains, the findings indicate a higher readiness to choose them, when the train is available, both among vehicle owners and among other commuters.

1. מבוא

המשק הישראלי סובל מתלות יתר במכוניות פרטיות, בין השאר, עקב מגבלות תשתית ותחבורה ציבורית לא יעילה. נושא זה עלה לדיון בשנים האחרונות לנוכח הצפיפות העירונית והגודש בכבישים, ולנוכח הצורך לצמצם את זיהום האוויר. נושא התחבורה הציבורית עלה גם בהקשרים עקיפים, לרבות במסגרת הדיון בפיריון המגזר העסקי ובצורך להנגיש אזורי דיור מוזלים כך שיהוו תחליף הולם למגורים באזורי הביקוש¹.

אנו משתמשים בנתוני הסקר החברתי לשנים 2014-2016 כדי להציג למקבלי החלטות תמונה תחבורתית משתי זוויות: האחת – המציגה פערים גאוגרפיים בין-יישוביים מבחינת הנגישות למקומות עבודה באמצעות תחבורה ציבורית בהשוואה לרכב פרטי; השניה – האומדת אפקטים שוליים של מאפייני המועסקים על אופן בחירתם בדרך ההגעה לעבודה, בהינתן תשתית השירות הקיימת ומקומות העבודה שהפרטים בחרו, בין היתר בהתאם לה. חלק מהגורמים הללו – כגון, קרבת תחנות אוטובוס ורכבת למקום המגורים, הטבות מהמעסיק לשימוש ברכב פרטי והשפעת ההכנסה על הנטיה להשתמש באוטובוס ורכבת – רגישים לצעדי מדיניות.

כדי להשוות בין היישובים לפי מידת הנגישות למקומות תעסוקה באמצעות תחבורה ציבורית אנו משתמשים בממד שמסכם את מקומות התעסוקה אליהם מגיעים התושבים, על פי ההתפלגות המייצגת של יעדי התעסוקה הרלוונטיים עבור כל יישוב מוצא. היקפי התעסוקה ביעדים משוקללים בממד זה לפי זמן הנסיעה המשקף את עלויות ההגעה ליעד.

החל משנות השמונים נמצא למדדי הנגישות (Koenig, 1980) שימוש רב בגאוגרפיה תחבורתית בשל ההשלכות הרבות של האיזון העיתי בין מקומות המגורים למקומות התעסוקה על התכנון האזורי (Levinson, 1998). בשנים האחרונות מדדים מסוג זה נשענים יותר ויותר על רזולוציות גבוהות של מערכות GIS; הם יושמו בתחומי התכנון האורבני (Benenson et al., 2010; Ford et al., 2015) להשוואות בין-לאומיות (Kawabata and Shen, 2006) ולמעקב על פני זמן (Kwok & Yeh, 2004), לחקר מתאמים בין פערים גאוגרפיים בנגישות לתחבורה ציבורית לבין פערים סוציו-אקונומיים (Vieri and Haddad, 2012), ולבחינת ההשלכות החברתיות מנקודת ראותן של אוכלוסיות ללא גישה לרכב (Currie, 2010).

אנו משתמשים בנתוני הסקר החברתי לשנים 2014-2016 שיתרונם הוא במתן "התמונה הגדולה" – הכלל-ארצית – באמצעות ייצוג כיווני נסיעה בין מקומות מגורים לבין מקומות תעסוקה בצורה משוקללת. מבחינת מרחקי נסיעה, תמונה זאת כוללת מגוון אפשרויות רחב יותר מאשר אלו המוגבלות על ידי מסגרת של תכנוני תחבורה עירוניים (Mavoa, 2012). בחינת יעדי הנסיעה בהתאם למטרת הנסיעה (עבודה, לצורך העניין) מכניסה לתמונה "תחרות" בין יישובי מוצא על יעדי תעסוקה פוטנציאליים, המשקפת את שיווי המשקל שנוצר בין מקומות המגורים למקומות התעסוקה, בהינתן

¹ מרכז המחקר והמידע של הכנסת: התחבורה הציבורית בישראל – תמונת מצב ודרכים לעידוד (2009) ו-התחבורה הציבורית בישראל – חומר רקע (2018); OECD Economic Survey 2014; עמוד 31; OECD Economic survey 2016; עמוד 27; בנק ישראל (2018), דין וחשבון לשנת 2017, פרק ב'.

רמת השירות הקיימת של התחבורה הציבורית. מאידך, יש קושי בהשוואה מפורטת של הנגישות למקומות העבודה בתחבורה הציבורית בין יישובים בישראל ברזולוציה גבוהה, בהיעדר סטטיסטיקה ארצית מפורטת ברמה תוך-יישובית של מאפייני הנסיעה².

הגישה המצרפית שאנו נוקטים בה אומדת את עלות הנסיעה $f(C_{ij})$ בין יישוב המוצא ליישוב היעד על בסיס מודל גרביטציה המחפש קשר סטטיסטי בין זרמי הנסיעה באמצעי תחבורה מסויים לזמני הנסיעה; מתודולוגיה זאת נשענת על פונקציית דעיכה יורדת ומתוארת אצל (Halleford and Jörnsten, 1986; Simma and Axhausen, 2003; De Grange et al., 2009; Duran-Fernandez and Santos, 2014).

הנגישות של היישובים למקומות התעסוקה באמצעות תחבורה ציבורית, המחושבת ביחס לאפשרויות ההגעה ברכב פרטי, מאפשרת למפות פערים בולטים שניתן לקשור לפריפריאליות, למעמד סוציו-אקונומי, להיצע של שירותי תחבורה ציבורית ולמידת המעורבות של מעסיקים בהסעות העובדים. אנו מראים שמדדי הנגישות לא בהכרח מתואמים עם תדירות השירות, אלא שמאפיינים אלה משלימים. על פי הממצאים, מדדי נגישות גבוהים המלווים בתדירויות שירות גבוהות אופייניים בעיקר לערים עם שיעור גבוה של נסיעות תוך-עירוניות; כשמדובר בנסיעות בין-עירוניות מתאם זה נחלש.

בחלקו השני של המאמר אנו מתבססים על מאפייני המועסקים הזמינים מהסקר החברתי כדי לבחון את השפעתם על אופן ההגעה למקומות העבודה, בהינתן רמת התשתיות הקיימת והתפלגות מקומות המגורים ומקומות התעסוקה שנוצרה בשיווי המשקל המשקף גם את זמינות התשתיות. אנו בוחנים את האפקט השולי של גורמים שונים, לרבות קרבת תחנות אוטובוס/רכבת למקום המגורים ובעלות על רכב פרטי, על הבחירה להשתמש בתחבורה ציבורית ועל הבדלי האטרקטיביות בין אוטובוס לרכבת. כמו כן אנו בוחנים את ההשפעה של הטבות מהמעסיק לאחזקת רכב פרטי. על בסיס המתודולוגיה של Discrete choice המפותחת בעבודות של (Ben-Akiva and McFadden, 1974), (Duran-Eluru et al., 2012), (Buehler, 2011), (Simma and Axhausen, 2003), (Lerman, 1985), (Hoogendoorn et al., 2015), (Fernandez and Santos, 2014). כאשר אנו מפקחים על מאפיינים אלה, אנו מוצאים כי להבדלים בזמן הנסיעה בין דרכי הגעה חלופיות השפעה קטנה על הבחירה. כאשר מספר הדרכים החלופיות שעומד לרשותו של הפרט מוגבל ונלקח בחשבון, אנו מוצאים שלזמני הנסיעה השפעה שלילית ומובהקת, אך גודלה הוא רק מחצית מהפרמטר שנאמד במסגרת דומה אצל (Hoogendoorn et al., 2015) עבור הולנד (נתוני פאנל 2013-2015).

המשך המאמר בנוי כדלקמן: פרק 2 מציג סטטיסטיקה תיאורית כפי שעולה מנתוני הסקר החברתי ומהצלבתם עם נתוני Google Maps. פרק 3 מתאר את הנתונים ואת המתודולוגיה עבור החלק הראשון של העבודה – השוואת היישובים לפי מדדי הנגישות (היבט גאוגרפי). הוא גם מציג ודן בתוצאות האמידה ובדפוסים הבולטים ברמה היישובית. פרק 4 עוסק בהשפעה השולית של מאפייני

² "הצורך בנתונים מהימנים על התחבורה הציבורית" (ציטוט) צוין בדו"ח "תחבורה ציבורית בישראל – חומר רקע" שנכתב על ידי אחוד בקר (ינואר, 2018, עמ' 10) והוגש לוועדת הכלכלה של הכנסת. בפרט, מדובר על כך שחסר פרסום קבוע שמנתח ביקוש והיצע של תחבורה ציבורית ואת הרכב אוכלוסיית המשתמשים בתחבורה ציבורית לפי מאפיינים שונים.

הפרט על בחירתו באמצעי ההגעה לעבודה, מתאר את המשתנים המסבירים במודל ה- Discrete Choice ודן ברגישות התוצאות לספציפיקציות שונות שנאמדו. פרק 5 מסכם.

2. סטטיסטיקה תיאורית

לוח 1 מציג את התפלגות דרכי ההגעה לעבודה של המועסקים בישראל ואת משכי ההגעה הממוצעים בהתבסס על הסקר החברתי לשנת 2016. על פי לוח זה, כ – 60% מהעובדים בישראל מועסקים מחוץ ליישוב מגוריהם ומתוכם כשני שלישים מגיעים לעבודה ברכב פרטי, כ – 20% מגיעים בתחבורה ציבורית וכ – 10% בהסעה מאורגנת שהמעסיק מספק.

לוח 1. התפלגות המועסקים לפי דרכי ההגעה לעבודה ומשכי ההגעה החציוניים

שיעור המועסקים המשתמשים בדרך ההגעה ¹ (% מכלל המועסקים)			משכי ההגעה הממוצעים (דקות) ²			דרך ההגעה לעבודה
סה"כ	בתוך היישוב	מחוץ ליישוב	סה"כ	בתוך היישוב	מחוץ ליישוב	
60.7	21.7	39.0	26.4	13.9	33.3	רכב פרטי
			[12.3]	[10.9]	[12.5]	
17.5	7.8	9.8	41.7	27.6	53.1	אוטובוס
			[15.0]	[13.0]	[13.0]	
3.4	0.3	3.1	65.9	31.4	68.8	רכבת
			[13.0]	[12.5]	[12.9]	
7.8	1.7	6.0	36.2	15.9	41.8	הסעה מאורגנת שמספק המעסיק
			[12.7]	[11.3]	[12.7]	
1.7	1.3	0.3	13.5	11.8	20.1	אופניים
			[3.7]	[3.0]	[3.8]	
7.6	7.2	0.4	11.2	10.8	18.5	רגלית
			[3.2]	[3.0]	[3.5]	
1.3	0.6	0.7	31.3	22.8	37.7	אחר
			[13.6]	[9.6]	[14.6]	
100	40.6	59.4				סך הכל

¹ מתוך כלל המועסקים שדיווחו על דרך הגעתם למקום העבודה וללא אלה שדיווחו כי הם עובדים מהבית.

² משכי הנסיעה הממוצעים מחושבים על בסיס דגימות של משכי הנסיעה מתוך טווחי הזמנים שהופיעו בשאלון הסקר, בהנחה שמשכי הנסיעה בכל טווח מתפלגים באופן אחיד. בסוגריים מרובעים – סטיות התקן המחושבות בשיטת ה-bootstrap.

המקור: הסקר החברתי שערכה הלמ"ס לשנת 2016.

לוח 2 מציג את אומדני המרחק שעוברים המועסקים בדרך למקום העבודה; כדי לחשב אותם דלינו מ-Google Maps את המרחקים בין מרכז יישוב המוצא למרכז יישוב היעד של כל נסקר בסקר החברתי לשנת 2016.

לוח 2. המרחק הממוצע (בק"מ)¹ שמועסק בישראל עובר בדרך לעבודה לפי אמצעי ההגעה העיקרי

פאנל א': המרחק הממוצע, סה"כ ולפי מגדר			
אמצעי ההגעה ²	סה"כ	גברים	נשים
רכב פרטי	17.7	18.4	16.9
	[1.5]	[1.6]	[1.2]
	18.7	21.3	18.2
תחבורה ציבורית (אוטובוס)	[1.6]	[1.7]	[1.5]
	24.5	28.3	23.0
הסעה מאורגנת	[1.6]	[1.7]	[1.3]
פאנל ב': המרחק הממוצע, במסגרת זמן נתונה			
אמצעי ההגעה	עד 30 דק'	עד 60 דק'	עד 90 דק'
רכב פרטי	11.3	18.7	21.7
	[1.2]	[1.3]	[1.4]
	7.3	15.7	19.6
תחבורה ציבורית (אוטובוס)	[1.1]	[1.3]	[1.4]
	10.0	24.1	29.6
הסעה מאורגנת	[1.2]	[1.5]	[1.6]
פאנל ג': המרחק הממוצע שנוסעים בהסעות מאורגנת לפי שיעור המשתמשים בהן ביישוב			
שיעור המשתמשים (מכלל המדווחים ביישוב)			
עד 2%		19.3	[7.6]
2%-14%		19.5	[6.3]
14%-32%		24.7	[8.6]
> 32%		37.0	[10.0]

¹ בסוגריים מרובעים – סטיות התקן של המרחקים הממוצעים.

² חלק מהנסקרים השיבו כי הם מגיעים לעבודה ברגל, באופניים או בדרך אחרת. במקרים אלה אי-אפשר לחשב מרחקים באמצעות Google Maps משום שאין נתונים על נקודות המוצא והיעד בתוך היישובים.
המקור: הסקר החברתי לשנת 2016, Google Maps ועיבודי בנק ישראל.

כפי שמראה פאנל א', המועסקים נוסעים למרחק ממוצע דומה – 18–19 ק"מ – בין שהם משתמשים ברכב פרטי ובין שהם משתמשים בתחבורה ציבורית. אולם במסגרת זמן נתונה (פאנל ב'), למשל חצי שעה, קיימים הבדלים: ברכב פרטי נוסעים למרחקים גדולים יותר. עוד עולה מהלוח כי בממוצע, מועסקים שמשתמשים בהסעות מאורגנות נוסעים בזמן נתון למרחקים גדולים יותר מאשר מועסקים שמשתמשים ברכב פרטי ובתחבורה ציבורית. פאנל ג' מלמד כי ההסעות שמספקים המעסיקים

למרחקים גדולים מרוכזות בכמה יישובים ואלה גם מתאפיינים בשיעור שימוש גבוה בהן. הניתוח בהמשך מראה כי שימוש כזה אופייני מאוד ליישובי הפריפריה שרמתם הסוציו-אקונומית נמוכה והם סובלים במיוחד ממחסור בתחבורה ציבורית.

בהינתן השימוש המועט בתחבורה ציבורית ביחס לרכב פרטי, לוח 3 מביא אינדיקציה לכך ששימוש ברכבות יותר אטרקטיבי מאשר באוטובוסים ולא נעשה בלית ברירה. לוח זה מציג – על פני שלוש שנים של הסקר – את התפלגויות הבחירה באופן הגעה לעבודה, תוך חלוקת הנוסעים לאלה אשר השימוש ברכב פרטי זמין עבורם (בעלי רכב ורישיון נהיגה) ואלה שלא. הנתונים מצביעים על שיעור נמוך של שימוש באוטובוס ואף בהסעה מאורגנת כאשר קיימת אפשרות שימוש ברכב פרטי, אבל לא לגבי הרכבת: שיעור היוממים הנוסעים ברכבת נע בין 2 ל-3 אחוזים בקרב כלל המועסקים, ללא הבדל

לוח 3. התחלקות הנוסעים לעבודה לפי אופן הגעה – לפי עצם הגישה לרכב פרטי (כן/לא)¹

אופן הגעה	קיימת גישה לרכב פרטי (כן/לא)	2014		2015		2016	
		מתוך מועסקים	מתוך מחוץ ליישוב מגורים	מתוך מועסקים	מתוך מחוץ ליישוב מגורים	מתוך מועסקים	מתוך מחוץ ליישוב מגורים
רכב פרטי	לא ² כן	13.40 77.40	18.15 77.40	15.13 74.84	19.15 76.57	15.12 75.18	19.16 76.07
אוטובוס	לא כן	43.26 8.42	45.75 9.50	43.51 8.66	43.55 9.23	46.10 8.47	48.02 9.13
רכבת	לא כן	2.57 2.05	4.35 2.99	1.98 2.32	3.83 3.53	2.91 3.33	5.51 4.96
הסעה מאורגנת	לא כן	15.89 6.71	27.60 8.27	16.08 6.61	25.81 8.68	13.52 6.09	22.03 8.06
אופניים	לא כן	2.65 0.84	1.32 0.35	3.96 1.00	1.61 0.32	3.57 1.16	1.10 0.47
רגלית	לא כן	19.98 5.35	0.95 0.57	17.37 5.55	2.62 0.45	16.43 4.82	1.32 0.42
אחר	לא כן	2.25 0.81	1.89 0.92	1.98 1.03	3.43 1.22	2.35 0.95	2.86 0.89

¹ על פי בעלות על רכב פרטי ורישיון נהיגה. השאלה בשאלון הסקר מנוסחת כך: "האם עומדת לרשותכם מכונית פרטית או מסחרית?" כך שלא ניתן להבחין בין בעלות הפרט לבין בעלות של משק הבית.

² אלה למעשה בוחרים ברכב פרטי בתור נוסעים.

המקור: הסקר החברתי לשנים 2014-2016

בין בעלי רכב לאחרים; שיעור זה מגיע ל-5% בקרב המועסקים העובדים מחוץ ליישוב מגוריהם. על פי המודל (פרק 4.3), שיעור הבחירה ברכבת בקרב היוממים שהם בעלי רכב ושיש להם גישה לתחנות רכבת ביישוב המגורים וביישוב העבודה מגיע ל-13% (17% בקרב הגברים) ומצביע על נכונות גבוהה להשתמש ברכבת כאשר היא זמינה.

3. מזדי הנגישות – היבט גיאוגרפי

3.1 המתודולוגיה של מדד הנגישות היחסית

מדד הנגישות A_i של יישוב i מסכם את כל מקומות התעסוקה הפוטנציאליים L_j ביישובי היעד אליהם נוסעים התושבים מ- i ומשקלל אותם בעלות הנסיעה אשר התלויה באמצעי ההגעה (mode) ובזמן הנסיעה בין i ל- j כדלקמן:

$$A_i^{(mode)} = \sum_{j \in D^{(mode)}} L_j f^{(mode)}(t_{ij}) \quad (1)$$

כאשר

$A_i^{(mode)}$ – רמת הנגישות של התחבורה הציבורית (mode=PT) או של הרכב הפרטי ביישוב i ; (mode=car)

L_j – מספר המועסקים הכללי ביישוב היעד j , מבטא את מספר מקומות העבודה הפוטנציאליים בו;

$D^{(mode)}$ – קבוצת היישובים שהינם יישובי יעד עבור יישוב i לצורך נסיעות לעבודה, לפי אופן ההגעה mode (רכב פרטי או תחבורה ציבורית)³;

$f(t_{ij})$ – המשקל שניתן ליישוב j כפונקציה של משך הנסיעה מ- i אליו.

הפונקציה $f(t)$ מבטאת את הנטייה לנסוע מיישוב i לעבודה ביישוב j התלויה בזמן הנסיעה t_{ij} . מקובל לאמוד אותה סטטיסטית כפונקציה דעיכה $f(t) = \exp(\alpha t)$ על בסיס משוואת גרביטציה:

$$\ln\left(\frac{M_{ij}}{Pop_i \cdot Pop_j}\right) = c + \alpha \ln(\tilde{t}_{ij}) + fe_i + fe_j + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

כאשר

M_{ij} – מספר הנוסעים מיישוב i ליישוב j (על פי הסקר);

Pop_i, Pop_j – גודליהם של יישובי המוצא והיעד (על פי נתוני אוכלוסייה מנהליים);

³ קבוצת יישובי היעד הרלוונטיים עבור יישוב מוצא מסוים נקבעת על בסיס דגימה ומשקולות של הסקר החברתי, בהנחה שזוהי התפלגות מייצגת.

$\vec{t}_{ij}$ – משך הנסיעה⁴ הממוצע (משוקלל לפי משקלות הסקר) מיישוב i ליישוב j ;

c, α – פרמטרים לאמידה סטטיסטית ;

fe_i, fe_j – אפקטים קבועים של יישוב מוצא ויישוב יעד ; בגרסה חלופית אנו מציבים במקומם מדדי פריפריאליות r_i, r_j (על פי הלמ"ס) של יישוב מוצא ויישוב יעד שמהווים מטריקות רציפות ;

ε_{ij} – שארית מקרית.

אנו אומדים את משוואת הגרביטציה (2) לפי אמצעי הגעה⁵, על מנת לאפשר פרמטר דעיכה שונה לנסיעות בתחבורה ציבורית וברכב פרטי⁶.

זרמי הנסיעה M_{ij} בין יישוב i ליישוב j ברכב פרטי/בתחבורה ציבורית מחושבים כסכום המשקולות של הנסקרים שדיווחו על נסיעה לעבודה בין יישובים אלה ברכב פרטי/בתחבורה ציבורית ; זרמי נסיעה אלו מנורמלים למכפלה של היקפי האוכלוסייה ביישוב המוצא וביישוב היעד ומהווים משתנה תלוי (במונחי לוגריתמים) לאמידת משוואת הגרביטציה (2).

פרמטר הדעיכה שמתקבל בשיטה מצרפית זאת מוליך כנראה לאומדני חסר בפערי הנגישות, משום שהשונויות בזמני הנסיעה בתוך היישובים לא נלקחת בחשבון⁷. בנוסף, ההטרוגניות בגודל היישובים מוליכה בניתוחנו לייצוג חסר של יישובי מוצא קטנים בהתפלגויות יעדי הנסיעה וכתוצאה מכך – לאמינות מוגבלת של המדדים המחושבים עבורם. אנו מנסים למתן בעיה זו באמצעות איתור כיווני נסיעה על בסיס נתוני הסקר על פני שלוש שנים (2014-2016) ולא על בסיס שנה בודדת וגם על ידי קיבוץ היישובים לפי דפוסי בחירה שמתוארים בהמשך.

הנגישות היחסית למקומות עבודה של יישוב, G_i , מחושבת כיחס בין הנגישות באמצעות תחבורה ציבורית $A_i^{(PT)}$ לבין הנגישות באמצעות רכב פרטי $A_i^{(car)}$:

$$G_i = A_i^{(PT)} / A_i^{(car)} \quad (3)$$

⁴ זמני הנסיעה מדווחים על ידי הנסקרים בצורה קטגוריאלית, כאשר הטווחים הוגדרו בשאלון כדלקמן : עד 15 דק', מ-15 עד 30 דק', מ-30 עד 45 דק', מ-45 עד שעה, משעה עד שעה וחצי, מעל שעה וחצי ו"זמן לא קבוע". על מנת לעבור לזמנים רציפים אנו דוגמים את זמני הנסיעה מספר פעמים, בהנחת התפלגות אחידה על פני האינטרוול המדווח ; לאחר מכן עוברים לממוצעים.

⁵ סימן זה מושמט ב-(2), לשם הפשטות

⁶ במחקר על מערכי התחבורה בסן פאולו (Vieri & Haddad, 2012). פרמטר הדעיכה לא נאמד סטטיסטית, אלא נקבע אחיד לנסיעות הן רכב פרטי והן בתחבורה ציבורית כ $\alpha = -0.01154$. דרך קליברציה המבטיחה משקל יחידתי לנסיעה באורך של אפס דקות ומשקל 0.25 לנסיעה באורך שעותיים.

⁷ על פי פרופ' שלמה בכור (טכניון), מודלים של גרביטציה אינם ישימים בתכנוני מערכי תחבורה בישראל, ראו : Cambridge Systematics: Tel Aviv Activity Schedule Travel Demand System: A Tour-based Approach (2008), prepared for Israel Ministry of Transport.

כדאי להעיר שהמדד אינו מתמקד בשאלה מהו משך הזמן שלוקח להגיע למקום עבודה **מסוים** בתחבורה ציבורית יחסית למשך הזמן שלוקח להגיע אליו ברכב פרטי, אלא הוא מאפשר לבטא נגישות יחסית גבוהה כאשר התחבורה הציבורית מאפשרת להגיע למקומות עבודה רבים, אף אם אלה שונים ממקומות העבודה שמקובל לנסוע אליהם ברכב פרטי.

ככל שערך המדד נמוך יותר הדבר משקף כי מספר מקומות העבודה אליהם ניתן להגיע באמצעות שירותי תחבורה ציבורית נמוך יותר יחסית למספר המקומות שניתן להגיע אליהם באמצעות שימוש ברכב פרטי. השימוש במדד יחסי ולא אבסולוטי מאפשר לפקח על מיקום היישוב: לתושב ביישוב מרוחק יש ככל הנראה מעט אפשרויות תעסוקה, אך הבחינה היחסית מתמקדת באפשרויות ההגעה למקומות תעסוקה שהתחבורה הציבורית מעניקה בהינתן המיקום הגאוגרפי.

3.2. נתונים

ניתוח זה מבוסס על נתוני הסקר החברתי של השנים 2014, 2015 ו- 2016 בהן נשאלה שאלה מפורשת באשר לאופן הגעתו של המועסק למקום עבודתו (באמצעות: רכב פרטי, אוטובוס, רכבת, הסעה המאורגנת על ידי המעסיק, אופניים, הליכה, אופן לא קבוע או עבודה מהבית). מדגמי הסקר בשנים אלו כוללים 4,701, 4,569 ו-4,429 מועסקים (בהתאמה) אשר דיווחו על עצם נסיעתם למקום העבודה ולא על עבודה מהבית; על פי משקולות הסקר, ולאחר סינון יישובים עם דגימה מועטה (ראו להלן) הם מייצגים כ-92% מכלל המועסקים המיוצגים על ידי סקר כוח האדם של הלמ"ס.

לוח 4. התפלגות היישובים לפי תדירות הופעתם בסקרים וטווחי גודלם מבחינת כמות המועסקים המיוצגים

טווחי מועסקים מיוצגים		מספר יישובים	בכמה סקרים נדגמו בין השנים 2014-2016
מקסימום	מינימום		
240,429	782	129	כל שנה
9,869	523	73	שניים משלושה
10,299	220	261	אחד משלושה
		463	סך הכל יישובים

המקור: הסקר החברתי לשנים 2014-2016 ועיבודי בנק ישראל.

בשנים אלה נסקרו 463 יישובים, מתוכם רק 129 קיבלו ייצוג בכל שלושת השנים. שאר היישובים יוצגו רק בסקר אחד או שניים מתוך השלושה. לוח 4 מציג פרטים על התפלגות היישובים לפי תדירות הופעתם בסקרים וכמות המועסקים.

כדי למנוע – לפחות חלקית – הסקת מסקנות על בסיס מדגמים קטנים של מועסקים שהשתמשו בתחבורה ציבורית אנו מתייחסים בניתוח הגאוגרפי רק ליישובי המוצא אשר נדגמו מהם לפחות חמישה תושבים שנוסעים לעבודה ברכב פרטי, בתחבורה ציבורית או בהסעה מאורגנת שמספק המעסיק. כך נותרים לניתוח גאוגרפי 350 יישובים מתוך 1,215 היישובים בארץ, אך אלו כוללים כאמור 92% מכלל המועסקים.

על בסיס אוכלוסיית יישובים זאת אנו מנתחים 780 צירופים של "יישוב מוצא-יישוב יעד" שנוצרו עבור המועסקים המשתמשים בתחבורה ציבורית (אוטובוס ורכבת), מתוכם 699 מסלולים מחוץ ליישוב המגורים ו-2,760 צירופים של "יישוב מוצא-יישוב יעד" שנוצרו עבור הנוסעים ברכב פרטי מתוכם – 2,498 מסלולים מחוץ ליישוב המגורים.⁸ כדי להתייחס לבעיה זאת ביצענו עיבודים בשתי גרסאות: הראשונה – לאחר סינון תצפיות עם סמל יישוב חסר; השנייה – לאחר שימוש בפרוצדורה של Multiple Imputation⁹ עבור סמלי יישובים לא ידועים. זאת על בסיס משתנים ידועים של סמל יישוב המוצא, צורת יישוב העבודה ומשך זמן ההגעה שדווח. השוואת התוצאות על פי שתי גרסאות אלו מגלה ששיטת ה-imputation מונעת יצירת ערכי קיצון במדדי הנגישות המחוברים ברמת היישוב ומביאה להתפלגות גאוגרפית מגובשת יותר. ניתוח הקבצות היישובים לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין שתי גרסאות החישוב.

גם בניתוח הגאוגרפי וגם בניתוח של גורמי הפרט אנו משתמשים בזמני נסיעה ולא במרחקי נסיעה כדי לאפיין את האלטרנטיבות שעומדות לבחירת המועסק. הסיבה לכך היא שמאפייני נסיעה בלתי נצפים, משפיעים על משך הנסיעה. למשל, מרחקי הנסיעה הזמינים לנו הם המרחקים בין מרכזי היישובים (על בסיס נתוני Google Maps), כך שהשונויות של זמן ומרחק הנסיעה בתוך היישוב – כחלק ממסלול הכולל גם נסיעה בין יישובים – אינן באות לידי ביטוי. זהו חסרון, כיוון שהשונויות התוך-יישוביות¹⁰ בזמני הנסיעה היא ניכרת. כמו כן ייתכנו הבדלים במשך הנסיעה עקב מרכיבים בלתי נצפים כגון משך הגישה לתחנת התחבורה הציבורית/חניית הרכב, משך ההמתנה לאמצעי התחבורה, שעות היציאה לעבודה והזמן שמפסידים בפקקים.

מכיוון שגם ב-350 היישובים שנבחרו קיימת בעיה סטטיסטית עקב חוסר הייצוג ביישובים הקטנים, הדבר עלול לייצר ליישובים אלה מדדים בלתי אמינים. לכן בהמשך העבודה אנו עוברים מדיון ביישובים אינדיווידואליים לדיון בהקבצות יישובים, שבהן מספר התצפיות גדול בהרבה.¹¹

⁸ רק 3.5% עד 4.2% מהמועסקים המשיבים בשנים אלה לא דיווחו במפורש על יישוב העבודה שלהם.

⁹ ראו שיטת FCS שמאפשרת זקיפה של תצפיות חסרות במשתנה קטגוריאלי: van Buuren, S., Brand, J. P. L., Groothuis-Oudshoorn, C. G. M., and Rubin, D. B. (2006), "Fully Conditional Specification in Multiple Imputation," *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 76, 1049–1064.

¹⁰ למשל, ייתכן כי פרטים בוחרים לעבוד ביישוב שכן כי הם מתגוררים בסמוך לגבול בינו לבין יישוב המגורים.

¹¹ החישובים לגבי האשכולות נערכו על סמך כלל התצפיות בהם, ולא על סמך ממוצע הערכים של היישובים הבודדים.

3.3 תוצאות האמידה ודפוסים בולטים

לוח 5 מדווח את תוצאות האמידה של משוואת הגרביטציה (2) בשתי גרסאות: gravity(1) עם אפקטים קבועים ליישוב המוצא וליישוב היעד ו-gravity(2) עם שני משתני הסבר רציפים שהינם מדדי הפריפריאליות של יישוב המוצא ויישוב היעד. גרסה זאת נאמדה כגרסה חלופית מחשש ל-over-parametrization ובעיות התכנסות של gravity(1).

לוח 5. תוצאות האמידה¹ של משוואת הגרביטציה (2) בשתי גרסאות: gravity(1) – עם אפקטים קבועים² ו-gravity(2) – עם מדד פריפריאליות³

תחבורה ציבורית		רכב פרטי		פרמטרים ²
gravity(2)	gravity(1)	gravity(2)	gravity(1)	
*** -0.8659 [3.933]	*** -3.354 [-6.813]	*** -2.1771 [-15.143]	*** -5.6204 [-7.854]	c
*** -0.0287 [-4.584]	*** -0.0176 [-6.813]	*** -0.0171 [-5.012]	*** -0.0162 [-10.074]	α
	*** ...		*** ...	$fe(o), fe(d)$
*** -0.5123 [-7.643]		*** -0.5992 [-9.704]		$r(o)$
*** -0.3613 [-4.817]	***	*** -0.6487 [-10.274]	***	$r(d)$
0.420	0.488	0.342	0.535	$R^2\text{-adj}$
300	300	1159	1159	$N\text{ obs.}$

¹ בסוגריים המרובעים מתחת לערכי הפרמטרים ניתנים ערכים של t-stat ; *** מסמן רמת מובהקות

של $Pr(>|t|)<0.001$

² ספציפיקציה gravity(1) בונה על אפקטים קבועים של יישוב המוצא $fe(o)$ ויישוב היעד $fe(d)$;

³ ספציפיקציה gravity(2) בונה על מדדי פריפריאליות של יישוב המוצא $r(o)$ ויישוב היעד $r(d)$

מקור: הסקר החברתי לשנת 2016, סטטיסטיקת היישובים של הלמ"ס ועיבודי בנק ישראל

הפרמטרים נאמדו על בסיס נתוני הסקר של 2016 ; תצפיות בהן לא דווח סמל יישוב היעד נמחקו לצורך אמידה זו ; מספר התצפיות שבשורה תחתונה של הלוח הוא מספר צירופים ייחודיים של "יישוב מוצא-יישוב יעד" שאותו – על בסיס הסקר – עבור כל אופן הגעה.

מבחינת איכות משתני ההסבר, החיסרון של gravity(2) הוא בכך שמדדי הפריפריאליות – על פי נתוני הלמ"ס – אינם זמינים עבור חלק מהיישובים במדגם ; עבורם נעשתה זקיפה על בסיס מדדי הפריפריאליות של יישובים סמוכים.

על פי טיב האמידה בחרנו ב-gravity(1) כקובע פרמטרי הדעיכה עליהם נתבסס בחישוב הנגישות בהתאם לנוסחה (1): $\alpha = -0.0176$ לתחבורה ציבורית ו- $\alpha = -0.0162$ לרכב פרטי. הפער בין המקדמים מלמד שתוספת נתונה למשך הנסיעה בתחבורה הציבורית, למשל תוספת של חצי שעה, מפחיתה את ההסתברות לנסוע בתחבורה הציבורית יותר משאותה תוספת לנסיעה ברכב פרטי מפחיתה את ההסתברות לנסוע ברכב פרטי¹².

לאחר שנאמד פרמטר דעיכה α עבור זרמי נסיעה ברכב פרטי ובתחבורה ציבורית, ניתן להציב בנוסחה (1) את זמני הנסיעה בין יישובי המוצא לבין יישובי היעד הרלוונטיים ואת היקפי התעסוקה ביישובי היעד, ולחשב את רמות הנגישות לפי אופני ההגעה. לאחר מכן ניתן לחשב – על בסיס נוסחה (3) – את הנגישות היחסית עבור כל אחד מ-350 יישובי המוצא שבמדגם שלנו.

לשם המחשה, אם הנגישות היחסית ביישוב i עומדת על 0.1, אזי מספר מקומות העבודה (המשוקלל) שתושביו מגיעים אליהם בתחבורה ציבורית עומד על עשירית ממספר המקומות שהם יכולים להגיע אליהם ברכב פרטי; אם הנגישות היחסית עומדת על 1, מספרי המקומות שווים.

לוח 6. התפלגות המועסקים לפי טווחים של ערכי המדד לנגישות היחסית¹

שיעור המועסקים (%)	מספר היישובים	הטווח של ערכי המדד
5.5	55	0.00-0.10
4.4	20	0.10-0.20
8.4	31	0.20-0.30
15.1	25	0.30-0.40
21.3	25	0.40-0.50
19.1	25	0.50-0.60
9.8	23	0.60-0.80
1.4	7	0.80-1.00
3.0	18	>1
5.6	120	רק רכב פרטי
8.2	866	ללא אומדן

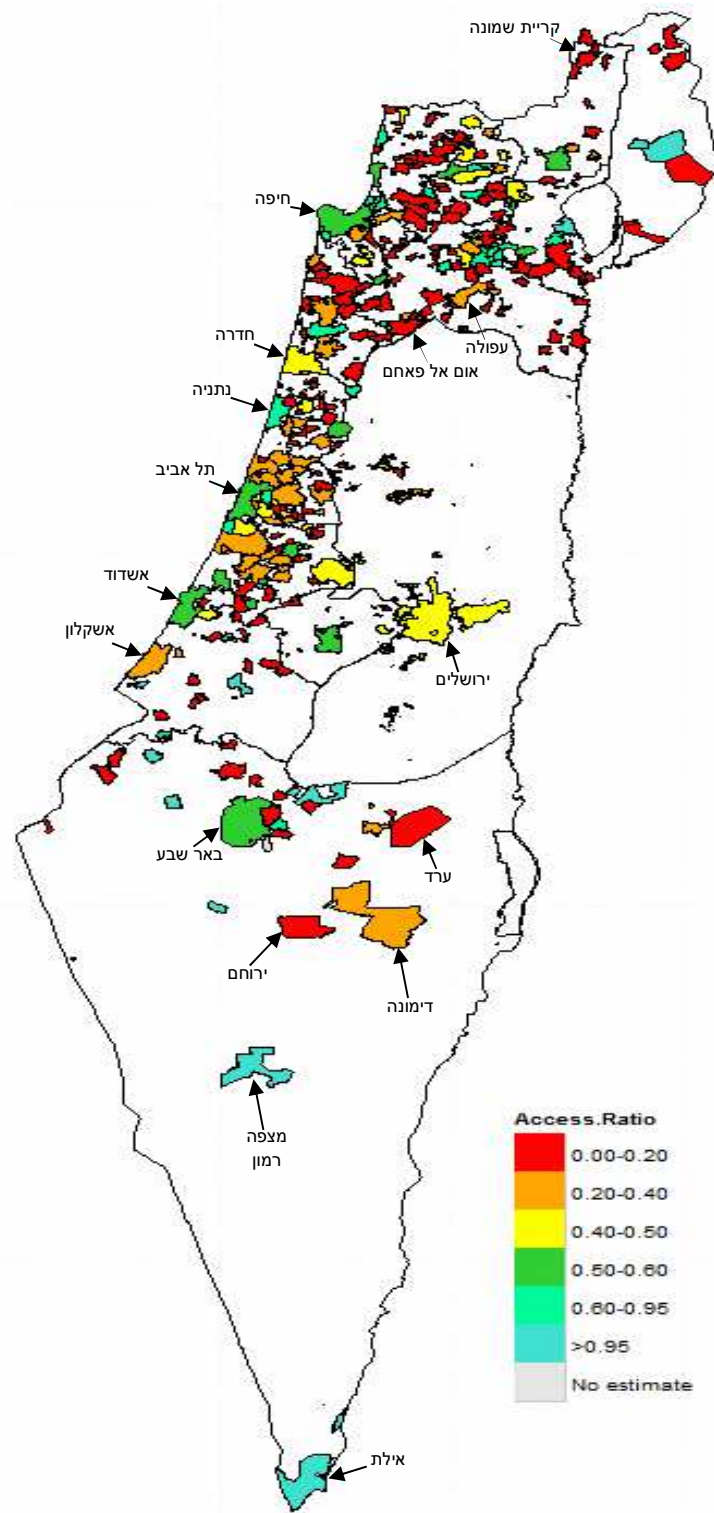
¹ כאמור, חישבנו את המדד רק על בסיס יישובי מוצא שנדגמו מהם לפחות חמישה תושבים שנוסעים לעבודה בתחבורה ציבורית או ברכב פרטי (ללא הולכי רגל ורוכבי אופניים). עקב סינון זה, וגם משום שיישובים רבים לא נדגמו בסקר, האומדנים שלנו כוללים רק 350 מתוך 1,215 היישובים בארץ, אך אלו מייצגים כ-92% מכלל האוכלוסייה.

המקור: הסקר החברתי שערכה הלמ"ס בשנים 2014–2016 ועיבודי בנק ישראל.

¹² לא ניתן להסיק על מובהקות סטטיסטית של ההבדל בין שני פרמטרים אלה במבחן פשוט משום שהם נאמדו משתי משוואות נפרדות על אוכלוסיות שונות; כן ניתן להסיק על רגישות תוצאות המיפוי של היישובים לפרמטר זה ובפרט – למעבר לפרמטר דעיכה אחיד עבור הנסיעות בתחבורה ציבורית ורכב פרטי.

איור 1. הפיזור הגאוגרפי של מדד הנגישות היחסית

המקור: הסקר החברתי שערכה הלמ"ס לשנים 2014–2016



לוח 6 מציג את התפלגות המועסקים בארץ לפי טווחים של הנגישות היחסית, והוא משקף שונות משמעותית בין היישובים; איור 1 מציג את הפיזור הגאוגרפי על גבי מפה, וזו מבליטה כי היישובים המתאפיינים בנגישות נמוכה מרוכזים בפריפריה ובשולי גוש דן. על פי חישוב זה הנגישות היחסית של התחבורה הציבורית אינה עולה על 0.5 בקרב 60.4% מהמועסקים בארץ (כולל אלו שביישוב שלהם נמצאו רק תצפיות של משתמשים ברכב פרטי), ובקרב 15.5% היא אף נמוכה מ-0.2. נציין כי על פי הממצאים בספרות, טווח ההשתנות של מדדי הנגישות רגיש לפירוט הנתונים; פערי הנגישות גדלים ככל שגדלים הרזולוציה הגאוגרפית ומאפייני הנסיעה המובאים בחשבון (למשל נסיעה בשעות השיא, חיבורים ומעברים בין סוגי התחבורה ציבורית; ראו: (Benenson et al., 2010)).

מאפיין חשוב של תחבורה ציבורית אליו לא התייחסנו עד כה הוא תדירות השירות. נשאלת שאלה, באיזו מידה תדירות השירות (של אוטובוסים, לצורך העניין) מתואמת עם מדדי הנגישות שחישובנו למעלה? על פי מחקרם של Mavoa et al. (2012) שנעשה על בסיס נתוני New Zealand המתאם בין שני מאפיינים אלה נמצא עבור אזורים אורבניים בשעות השיא; מעבר לזה שני המאפיינים אינם מתואמים אלא משלימים אחד את שני.

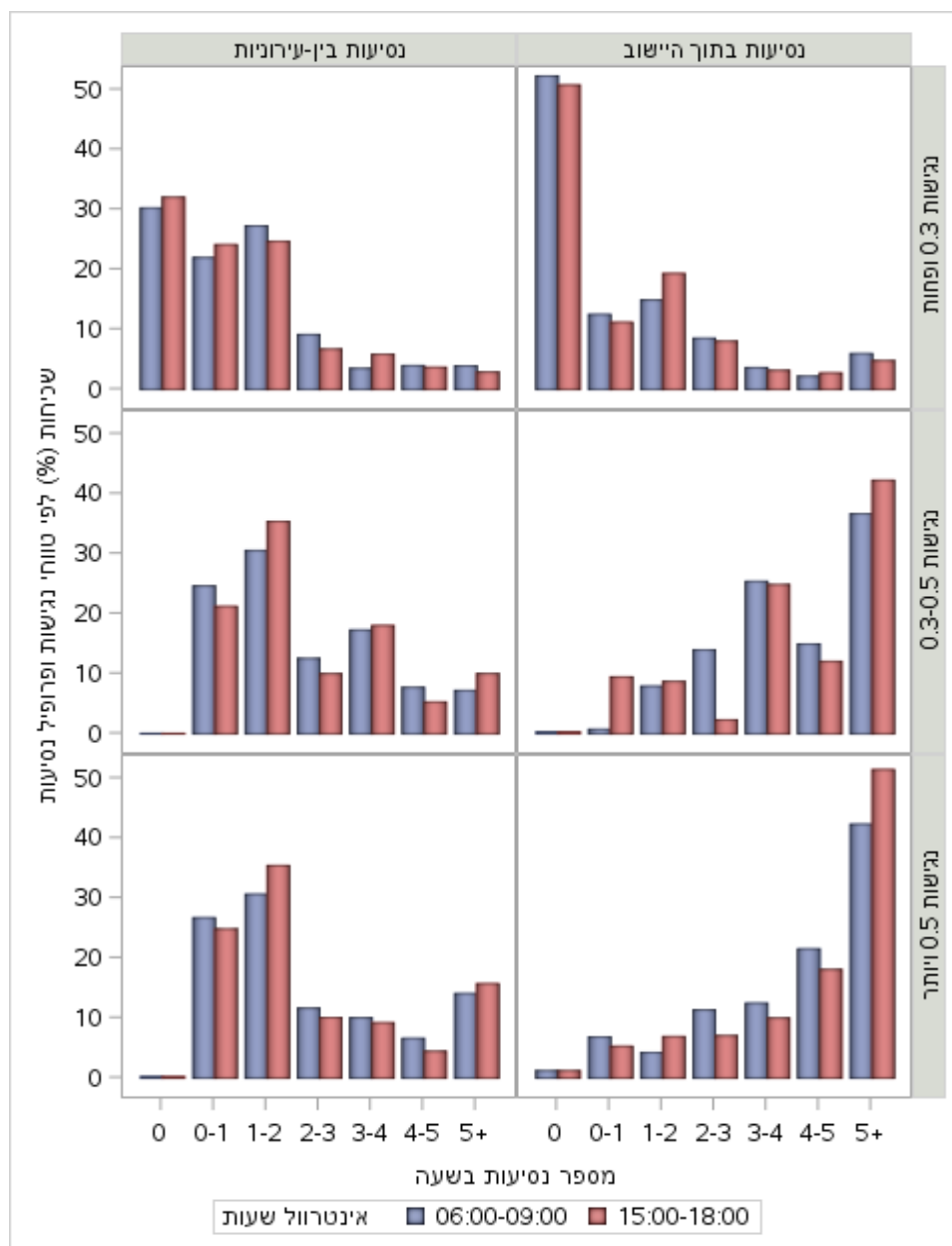
לביצוע בדיקה דומה על בסיס נתוני ישראל השתמשנו בבסיס הנתונים של משרד התחבורה בו מצויים פרטי הנסיעות של אוטובוסים בשעות השיא בין כל הצירופים "יישוב מוצא-יישוב יעד" ששימשו לנו לחישוב מדדי הנגישות. על בסיס הנתונים הפרטניים במאגר זה יצרנו משתנים שמאפיינים את תדירות הנסיעות בכל כיוון בשעות השיא (6:00 ל-9:00 ובין 18:00-15:00) בימי חול מסך ספקי השירות¹³ ואת צפיפות הנסיעות בשעות השיא (כמות הנוסעים היוצאים מיישוב המוצא בשעות השיא, לפי פרופיל נסיעה (עירונית/בין-עירונית) ביחס למספר תחנות אוטובוס ביישוב המוצא).

באיור 2 מוצגות היסטוגרמות של תדירות השירות (אוטובוסים) המחושבות במונחים של מספר נסיעות בשעה ומקובצות כדלקמן: "0" מסמן שאין נסיעות בטווח השעות הנתון, "0-1" פירושו אינטרוול של שעה ומעלה בין הנסיעות, "1-2" - אינטרוולים מחצי שעה עד שעה (2-1 נסיעות בשעה), "3-4" - אינטרוול של 15-20 דקות, "4-5" - אינטרוול של 12-15 דקות, "5+" - אינטרוול של פחות מ-12 דקות (לפחות 5 פעמים בשעה). השכיחויות של תדירויות השירות המוצגות באיור מחושבות לפי טווחי מדדי הנגישות של היישובים¹⁴ (ציר Y, צד ימין) ומשוקללות לפי היקפי הנסיעה עבור תחנת אוטובוס בכל יישוב ויישוב. פירוט נוסף שמאפשר איור זה מתייחס לחלוקת הנסיעות מכל יישוב מוצא לנסיעות בתוך ומחוץ ליישוב (העמודות השמאלית והימנית של האיור).

¹³ ברוב הכיוונים יש ספק עיקרי אחד או שניים.

¹⁴ תדירויות השירות הממוצעות מחושבות על בסיס כל היישובים המקושרים ליישוב המוצא בקווי אוטובוס - להבדיל מאופן החישוב של מדדי הנגישות, שמבוסס על התפלגות של יישובי היעד המקושרים ליישוב המוצא מבחינת נסיעות לעבודה בלבד ומשוקללים לפי היקפי התעסוקה ביישובי היעד.

איור 2. היסטוגרמות של תדירות השירות (אוטובוסים, מספר פעמים בשעה) בשעות השיא (בוקר וערב) לפי טווחי הנגישות היחסית של היישוב ופרופיל הנסיעות (עירוניות/בין עירוניות)



המקור: הסקר החברתי (למ"ס), נתוני קו/ספק של משרד התחבורה ועיבודי בנק ישראל.

מאיוור זה מסתמך מתאם בין תדירויות השירות לבין הנגישות היחסית עבור פרופיל נסיעות תוך-עירוניות (פאנל ימין של הגרפים): בטווח הנגישות הנמוכה (עד ערך 0.3 של מדד הנגישות היחסי¹⁵, הגרף העליון) בהסתברות של יותר מ-50% האוטובוסים העירוניים מגיעים לא יותר מפעם בשעה, אם בכלל; בטווחי הנגישות הבינונית והגבוהה (פאנל ימין, שני הגרפים למטה) ישנן הסתברויות של

¹⁵ ערכי הסף של טווחי מדד הנגישות היחסית נקבעו כאחוזוני ההתפלגות על פני אוכלוסיית המועסקים המתחלקת לשלושה חלקים שווים.

כ-40% ו-50% בהתאמה שהאוטובוס מגיע בתדירות של חמש פעמים בשעה, כלומר האינטרוולים בשעות השיא הינם 10-15 דקות. אשר לנסיעות בין עירוניות (הפאנל השמאלי של הגרפים באיור 2), הגרף העליון (טווח הנגישות הנמוכה) מצביע על כך שבהסתברות של כ-30% הנסיעות לא מתקיימות ושל כ-20% מתקיימות לא יותר מפעם בשעה. במעבר לטווחי נגישות גבוהים יותר בפאנל שמאל (נסיעות בין-עירוניות) אין סימן לשיפור בתדירויות השירות, פרט למעבר לסבירות נמוכה שהנסיעות לא מתקיימות בכלל. יחד עם זאת, המסה של ההסתברות מרוכזת סביב אינטרוולים של הגעת אוטובוסים כל 30 דקות או יותר. ממצא זה עקבי עם דפוסי השימוש בתחבורה שהגדרנו בניתוח בהמשך המאמר. כפי שנראה בניתוח זה, טווחי הנגישות הגבוהה ללא שימוש אינטנסיבי בהסעות המעסיקים אופייניים לערים גדולות, כאשר רוב הנסיעות הן תוך-עירוניות.

הניתוח ההשוואתי שהצגנו עד כה התעלם מההסעות המאורגנות שמספקים המעסיקים, אולם בחלק מהיישובים השימוש בהן עולה על השימוש בתחבורה הציבורית. על מנת לזהות את דפוסי השימוש הבולטים בהתייחס לשתי צורות התחבורה חילקנו את אוכלוסיית המועסקים לשלושה חלקים שווים (משוקללים לפי גודל היישובים) לפי מדד הנגישות היחסית לתחבורה הציבורית (0, 0.29—0.30—0.51 ומעל 0.51) ולפי החלק שהמשתמשים בהסעות המאורגנות מהווים מכלל העובדים ביישוב (0%—2%, 2%—7%, ולמעלה מ-7%).

מכך מצטיירים חמישה דפוסים (בסוגריים – שיעור המועסקים השייכים לכל קבוצה):

None (19.7%) – יישובים שמדדי הנגישות היחסית אצלם נמוכים מ-0.296 ושיעור השימוש בהסעות מאורגנות נמוך מ-2%. בקבוצה זו נוסעים למקום העבודה בעיקר ברכב פרטי, בעיקר אל מחוץ ליישוב;

Shuttle (11.2%) – יישובים שמדד הנגישות היחסית אצלם נמוך מ-0.296 והשימוש בהסעות מאורגנות עולה על 7%. שילוב זה מצביע על האפשרות שמעסיקים המספקים את ההסעות מחליפים תחבורה ציבורית בלתי יעילה;

Public Transportation (PT) (9.2%) – יישובים שמדד הנגישות היחסית אצלם גבוה מ-0.509 והשימוש בהסעות מאורגנות אינו עולה על 2%;

Both (12%) – יישובים שמדד הנגישות היחסית אצלם גבוה מ-0.509 והשימוש בהסעות עולה על 7%. שילוב זה מצביע על קיומן של חלופות להסעות המעסיקים;

Non-clustered (48%) – שאר היישובים.

איור 3 מציג את חמשת הדפוסים לפי מחוזות. כפי שניתן לראות, לדפוס *Shuttle* ייצוג גבוה ביישובים ערביים (במיוחד במחוז הצפון) ולדפוס *None* ייצוג גבוה ביישובים יהודיים (לא חרדיים) קטנים. לוח 7 מציג תופעות אלה באופן כמותי.

לוח 7 מציג אינדיקטורים נוספים, כאשר כולם מחושבים לגבי כלל התושבים ביישובים השייכים לדפוסים שהגדרנו לעיל, פרט לפרופיל הנסיעה (השאלה אם המועסקים עובדים ביישוב מגוריהם או מחוץ לו). אינדיקטורים אלו מאפיינים את היישובים מבחינת ההיצע של שירותי התחבורה (מספר תחנות האוטובוס לשטח, הגישה לאוטובוס ולרכבת, שביעות הרצון מהתחבורה הציבורית¹⁶), רמת החיים והמצב הכלכלי (שיעור משקי הבית שהכנסתם גבוהה מ-4,000 ש"ח לנפש ושביעות הרצון מאזור המגורים).

לוח 7 מראה שבקבוצות ה-None וה-Shuttle רבים נוסעים אל מחוץ ליישוב (כ-77% ו-66%, בהתאמה) והיישובים מתאפיינים בשירותי תחבורה ציבורית שרמתם נמוכה יחסית (על פי מספר תחנות האוטובוס ליחידת שטח, הגישה לאוטובוס ולרכבת ומדד היעילות).

ואולם קבוצות אלה שונות במאפייניהן הסוציו-אקונומיים. קבוצת ה-None כוללת ברובה יישובים יהודיים (לא-חרדיים) קטנים שמעמדם הסוציו-אקונומי גבוה¹⁷ (על פי שביעות הרצון מהאזור ושיעור משקי הבית שהכנסתם לנפש גבוהה מ-4,000 ש"ח), והשימוש המועט בתחבורה הציבורית ואולי גם זמינותה הנמוכה עשוי לשקף את העדפות הצרכנים. בניגוד לכך, מדדי הנגישות הנמוכים בקבוצת ה-Shuttle משקפים ככל הנראה תחבורה ציבורית מוגבלת. לכן סביר לשער כי ההסעות המאורגנות מחליפות אותה, כלומר המעסיקים נוטלים על עצמם את האחריות להספקת תחבורה לעובדיהם.

היישובים בקבוצת ה-PT מתאפיינים ברמה סוציו-אקונומית ובהיצע תחבורה גבוהים מהממוצע. לוח 7 מלמד כי הם מתאפיינים גם בכך ששיעור גבוה מהמועסקים עובדים בתוך היישוב. בקבוצת ה-Both המדדים הסוציו-אקונומיים נמוכים וקיים ייצוג יתר למועסקים חרדים (10.5%, בשעה שהממוצע עומד על 7.5%; הנתון אינו מוצג בלוח).

לוח 8 מראה כיצד דפוסי ההגעה לעבודה מתפלגים לפי אזורים גאוגרפיים. פאנלים א' וב' מלמדים כי מדד הנגישות היחסית בערי הגלעין המטרופוליטניות (0.4—0.8) גבוה מאשר בערי הלוויין¹⁸ (0.3—0.5), תופעה מוכרת היטב ממחקרים בתחום הגאוגרפיה התחבורתית. עוד ניתן לראות כי ערי הלוויין של חיפה וירושלים מתאפיינות בשימוש גבוה בהסעות מאורגנות (11.1% ו-7.4%, בהתאמה).

¹⁶ הנסקרים התבקשו לדרג באיזו מידה הם מסכימים עם המשפט "אכן ניתן להגיע בתחבורה ציבורית תוך זמן סביר ממקום מגוריי למקום היעד" בסולם שערכיו נעים בין 1 ל-4. בדקנו איזה שיעור מהם העניק את הציון הגבוה ביותר.

¹⁷ לוח 5 מפרט ומראה כי הקבוצה כוללת גם יישובים ערביים (14.4% מאוכלוסיית היישובים בקבוצה). אלה מתאפיינים ברמה סוציו-אקונומית נמוכה, ו-12 מתוכם נמצאים במחוז צפון.

¹⁸ על פי הגדרות הלמ"ס.

לוח 7. דפוסי ההגעה לעבודה על פי פרופיל הנסיעות, הרמה הסוציו-אקונומית¹ והתשתית ביישובים

מספר תחנות האוטובוס ⁴ (מנורמל בשטח היישוב)	שיעור משקי הבית שהכנסתם לנפש גבוהה מ-4,000 ש"ח ¹ (%)	מידת שביעות הרצון ² של כלל הנסקרים מ: (%) מכלל המשיבים ביישוב				שיעור העובדים ביישוב מגוריהם (%)	שיעור המועסקים בקרב הנסקרים בגילים 25—65 (%)	דפוס ההגעה לעבודה ³
		הקרבה לתחנת אוטובוס	הקרבה לתחנת רכבת	אזור המגורים	יעילות התחבורה הציבורית ביישוב			
6.1	44.8	7.9	6.7	90.1	2.3	22.9	80.1	None (19.7)
25.5	47.8	30.0	10.8	91.2	10.2	57.4	82.9	PT (9.2)
8.5	20.1	13.3	3.8	78.2	7.4	33.8	63.9	Shuttle (11.2)
11.2	22.7	21.1	7.1	77.5	7.7	53.7	70.4	Both (12)
11.1	38.7	24.0	9.0	84.6	9.4	39.7	78.7	Non-clustered (48)
11.4	29.9	21.2	8.0	83.7	8.9	41.0	75.9	סה"כ

¹ המדד החברתי-כלכלי הרשמי של הלמ"ס אינו זמין לגבי חלק מהיישובים שנסקרו, ולכן אנו משתמשים בשיעור משקי הבית שהכנסתם לנפש גבוהה מ-4,000 ש"ח – קטגוריית ההכנסה הגבוהה בשאלוני הסקר.

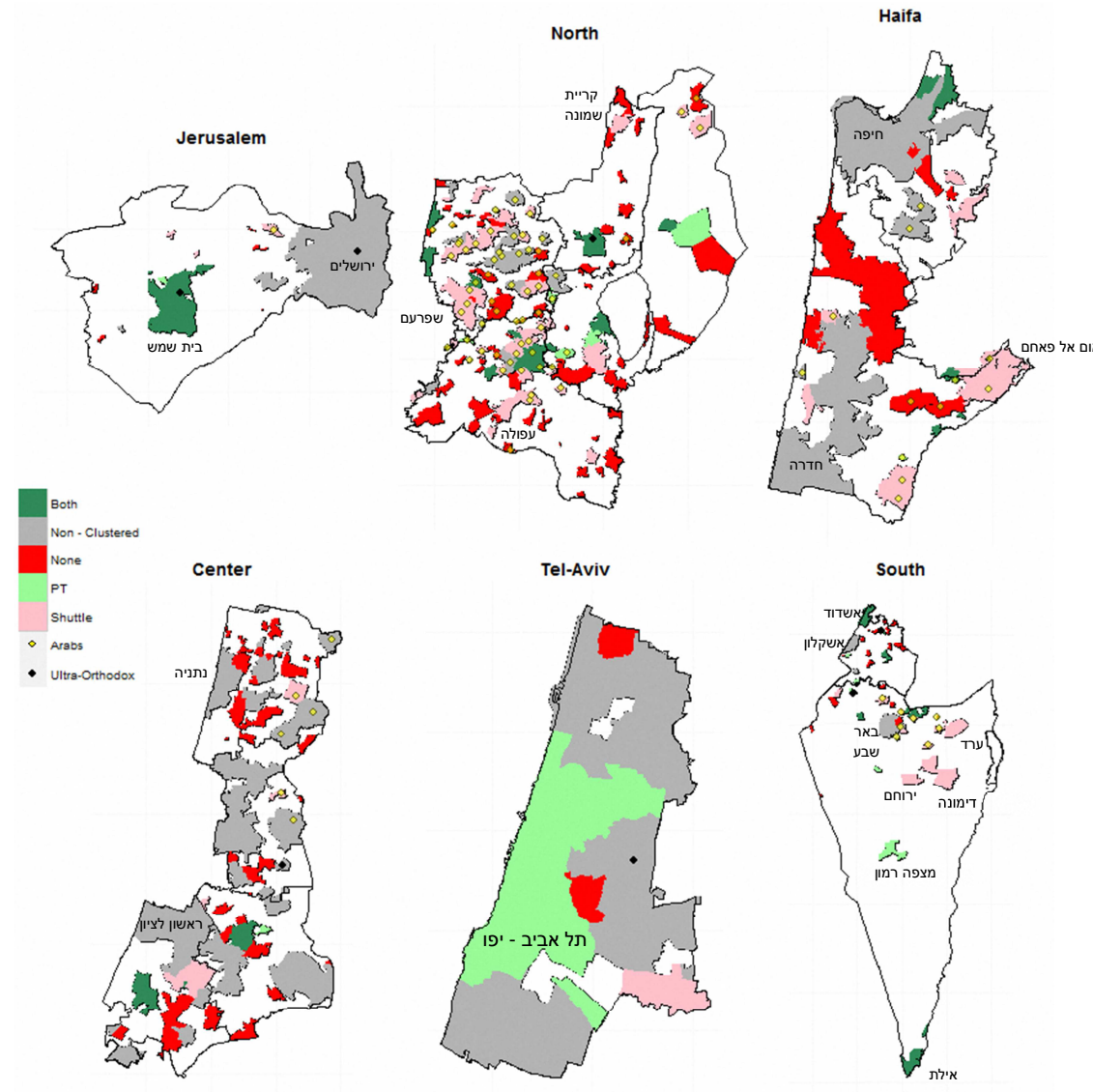
² שביעות הרצון מיעילות התחבורה ביישוב ובסביבת המגורים מתייחסת לכלל הנסקרים (ולא רק למועסקים), והיא מחושבת על בסיס שיעור המעידים על הדרגה הגבוהה ביותר מתוך 4.

³ בסוגריים – שיעור המועסקים המתגוררים ביישובים עם דפוס זה.

⁴ מחושב על בסיס הנתונים שמשרד התחבורה מספק לגבי האוטובוסים ביישובים.

המקור: הסקר החברתי שערכה הלמ"ס לשנת 2015 ונתוני משרד התחבורה לשנת 2017, עיבודי בנק ישראל.

איור 3. דפוסי הנגישות היחסית והשימוש בהסעות לפי מחוזות



לוח 8. דפוסי ההגעה לעבודה לפי אזורים

הקבצת היישובים	מדד הנגישות היחסית הממוצע	דפוסי ההגעה האופייניים	הייצוג של דפוסי ההגעה ¹ בהקבצת היישובים
פאנל א': מטרופולינים וערים גדולות			
ירושלים חיפה תל אביב באר שבע	0.50 0.59 0.54 0.50	PT	לא רלוונטי
ראשון לציון פתח תקווה אשדוד נתניה	0.39 0.36 0.59 0.76	Both	לא רלוונטי
פאנל ב': ערי לוויין ²			
אזור תל אביב	0.39	Shuttle None	4.1% 6.7%
אזור ירושלים	0.28	Both None Shuttle	31.6% 22.2% 9.1%
אזור חיפה	0.49	Both Shuttle None	26.9% 9.0% 4.9%
פאנל ג': ערי פריפריה			
יישובים יהודיים בפריפריה שיש בהם 20—100 אלף תושבים ושיעור החרדים נמוך מ-10%	0.36	Both Shuttle None	19.9% 16.2% 2.9%
יישובים ערביים	0.25	Shuttle None PT Both	48.8% 14.0% 4.5% 2.6%
יישובים יהודיים לא-חרדיים קטנים (עד 20,000 תושבים, שיעור החרדים נמוך מ-10%)	0.21	None PT Shuttle Both	66.6% 8.5% 7.7% 2.6%
פאנל ד': ערים ויישובים חרדיים			
9 ערים ויישובים ששיעור החרדים בהם גבוה מ-25%	0.60	Both PT None	48.7% 8.2% 1.2%

¹ אחוז המועסקים שמתגוררים ביישובים בעלי דפוס ההגעה המופיע בטור מימין מתוך כלל המועסקים המתגוררים ביישובי ההקבצה; הדפוס Non-clustered אינו מוצג והוא משלים ל-100% בהקבצה.

² לפי הגדרת הלמ"ס ל- "ערי לוויין" בקובץ "מטרופולינים בישראל".

המקור: הסקר החברתי שערכה הלמ"ס ל- 20014 עד 2016 ועיבודי בנק ישראל.

ביישובי הפריפריה הנגישות היחסית נמוכה. כך, למשל, במחוז הצפון היא מגיעה ל-0.26 בממוצע. כמחצית מהיישובים בצפון ערביים (61 מתוך 128) ונגישותם היחסית עומדת בממוצע על 0.23 בלבד. לעומת זאת, שיעורי השימוש בהסעות מעסיקים באזור גבוהים במיוחד: 16.7% בממוצע ו-18.2% ביישובים ערביים. במחוז חיפה בולטים יישובי ואדי ערה: שם הנגישות היחסית נמוכה ביותר ומלווה בשימוש אינטנסיבי בהסעות למקום העבודה. גם באזור הנגב דפוס ה-Shuttle שכיח במיוחד.

פאנל ג' בלוח 8 מלמד כי לסך היישובים הערביים הנגישות היחסית נמוכה (0.25 בממוצע), וכמחציתם (48.8%) מתאפיינים בדפוס הגעה שיש בו דומיננטיות להסעות המעסיקים. איורים 1 ו-2 ממחישים כי יישובי המגזר סובלים מנגישות יחסית נמוכה ביותר בכל המחוזות.

פאנל ג' מלמד כי מדדי הנגישות נמוכים במיוחד (0.21 בממוצע) ביישובים יהודיים (לא-חרדיים) קטנים שמתאפיינים בדפוס None (הדפוס הרווח ביישובים המאכלסים 67% מהתושבים). כפי שמלמד לוח 7, יישובים אלה מתאפיינים ברובם ברמת חיים גבוהה ובשביעות רצון מאזור המגורים, ולכן ניתן להעריך כי השימוש הנמוך בתחבורה ציבורית נובע מהעדפות הצרכנים יותר מאשר ממחסור בתשתיות. במילים אחרות, בהינתן גודל היישובים ומיקומם, רמת השירות שניתן לספק להם בעלות סבירה נמוכה במידה רבה מהרמה שתגרום לתושבים בעלי הכנסה גבוהה להשתמש בו בהיקף משמעותי.

4. גורמי פרט בבחירת אופן הגעה

4.1. ספציפיקציות של Discrete Choice ומשתנים מסבירים

ניתחנו למעלה את ההתפלגות הגאוגרפית של היישובים לפי מדדי הנגישות למקומות עבודה. כאמור, התפלגות זו מאפיינת את שיווי המשקל הזמני שנקבע כתוצאה מהבחירה של מקומות מגורים ומקומות תעסוקה בהתאם לרמה הקיימת של תחבורה ציבורית. בהינתן הבדלים סיסטמטיים אלה, נשאלת השאלה עד כמה השונות באופן ההגעה לעבודה ניתנת להסבר על ידי גורמים דמוגרפיים סוציאליים וכלכליים, כגון הבדלי הכנסה/סטטוס כלכלי ותמריצים לשימוש ברכב פרטי, ו/או על ידי קרבה ונוחות של התחבורה בסביבה.

לניתוח זה אנו משתמשים במודל של Discrete Choice המאפשר לאמוד את הסתברויות הבחירה בכל אמצעי הגעה לעבודה עבור כל פרט במדגם כפונקציה ממספר מאפיינים שלו (משתני הסבר). הפרמטרים של פונקציה זאת נקבעים על בסיס הקשר הסטטיסטי בין התועלת שניתן להפיק מכל אמצעי הגעה לבין מאפיין עיקרי שלו – זמן הנסיעה – ומאפיינים של הפרט; התועלת מכל אמצעי הגעה נאמדת באופן יחסי לאלטרנטיבה אחת (למשל, שימוש ברכב פרטי) שנקבעה בתור בסיס להשוואה.

כדי לתאר את המודל בצורה יותר ספציפית, נקבץ את מאפייני הפרט לקבוצות משתני הסבר, כדלקמן:

- גורמים גאו-דמוגרפיים, כגון יישוב מגורים, יישוב עבודה, מגדר, קבוצת גיל, משק, השתייכות למגזר החרדי או הערבי, מצב משפחתי (משק בית בודד, עם ילדים עד גיל 5)
- גורמי הכנסה (השכלה (גבוהה), סטטוס תעסוקתי, שכר, צפיפות דיור);
- תמריצי שימוש ברכב פרטי (בעלות על רכב פרטי ורישיון נהיגה, הטבת אחזקת רכב או הטבת רכב צמוד);
- מאפייני גישה לתחבורה הציבורית (קירבה למקום מגורים ותדירות שירות);
- אפקטים קבועים של יישובי המוצא המסווגים לפי "צורת היישוב" (13 קטגוריות) בהתאם להגדרות של קובץ היישובים של למ"ס¹⁹;

התועלת U_{kl} אשר פרט k אמור להפיק עקב בחירה באלטרנטיבת הגעה l ($l=1,...,7$) בהתאם לאפשרויות העומדות לרשותו על פי שאלון הסקר (רכב פרטי, אוטובוס ומוניות שירות, רכבת, הסעה מאורגנת על ידי המעסיק, אופניים, הליכה ו- אחר) מוגדרת כדלקמן:

$$U_{kl} = c_l + \beta t_{kl} + \gamma_l x_k \quad (4)$$

כאשר:

c_l, β, γ_l – פרמטרים לאמידה;

t_{kl} – משך הנסיעה באמצעי l עבור פרט k ; β – פרמטר גנרי של מאפיין אלטרנטיבות;

x_k – ווקטור מאפייני פרט k ;

γ_l – ווקטור פרמטרים של מאפייני פרט, כאשר השפעות אלה שונות בין אמצעי התחבורה.

נפרט מעט לגבי מהות הפרמטרים.

פרמטר c_l מבטא תועלת קבועה מבחירה i ומסביר, למעשה, הבדלים סיסטמטיים בשכיחויות השימוש בדרכי ההגעה.

ווקטור הפרמטרים γ_l מבטא אפקטים שוליים של מאפייני פרט, כאשר גודל האפקט משתנה בהתאם לדרך ההגעה הנבחרת;

¹⁹ ראו http://www.cbs.gov.il/ishuvim/ishuvim_main.htm (מבוא והגדרות)

פרמטר β הינו פרמטר גנרי המבטא את השפעת הזמן על הבדלים בשיעורי הבחירה כאשר מאפייני הפרט מפוקחים; הניתוח למטה מראה שזמן הנסיעה הוא הגורם המכריע, אך רוב השפעתו נתפסת על ידי הקבועים c_l , כלומר, הוא מבטא הבדלים סיסטמטיים.

בהתבסס על פונקציות התועלת (4), המודל אומד את הסתברות הבחירה באלטרנטיבה מתוך הרציונל של הפקת תועלת גבוהה על פני שאר האלטרנטיבות אחרות, תוך התחשבות בהפרעות מקריות, כדלקמן:

$$P(l) = \Pr(U_l + \varepsilon_l \geq U_m + \varepsilon_m), \quad m \neq l \quad (5)$$

כאשר $\varepsilon_l, \varepsilon_m$ מבטאים הפרעה מקרית אשר ההנחות לגבי התפלגותה משליכות על הספציפיקציה; בהנחה שההפרעות מתפלגות *i.i.d* בין האלטרנטיבות, ההסתברות $P(l)$ מחושבת כ-:

$$P(l) = \frac{\exp(U_l)}{\sum_{s=1}^7 \exp(U_s)} \quad (6)$$

ההסתברויות ב-(6) מסתכמות ל-1, כאשר התועלת מבחירת האופציה המושמטת (outside option) נקבעה ל-0. ההסתברויות החזויות על ידי (6) אינן רגישות לבחירת האופציה המושמטת, אבל ערכי הפרמטרים ב-(4) כן תלויים בכך. עקרונית, אנו מחשבים אפקטים שוליים הנובעים מהסתברויות החזויות על בסיס השמטת ההגעה ב"דרך אחרת", משום שקביעה זאת משחררת אותנו מהצורך להתאים אלטרנטיבות לבחירה זו בצורה אקטיבית. בחישוב זה אנו נראה שספציפיקציות שונות של פונקציית התועלת (4) מביאות לפרמטרים די קרובים באמידת האפקטים השוליים. בנוסף, אנו נאמוד את הפרמטרים ביחס לבחירה ברכב פרטי, על מנת לבדוד את אפקט ההכנסה ולהגיע לאינטרפרטציה חדה יותר של הפרמטרים הקשרים אליו (לוח 10).

נפרט מעט לגבי אופן חישוב משתני ההסבר של פונקציית התועלת U בנוסחה (4). אנו מתייחסים לזמני נסיעה t_{kl} המדווחים על ידי הנסקרים באינטרוולים כמשתנה קטגוריאלי ומשתמשים ב-7 משתני הדאמי (utility shifters) בהתאם. אנו מראים גם ששימוש במשתנה זמן רציף (בדקות) המתקבל דרך דגימה מהאינטרוול הרלוונטי לכל קטגוריה (בהנחת התפלגות אחידה על פני האינטרוול המדווח) מביא לפרמטרים קרובים.

על מנת להתחשב בזמני הנסיעה כמשתנה גנרי המאפיין את האלטרנטיבות נצטרך לספק למודל את זמני הנסיעה בדרכים חלופיות לאלה שנבחרו על ידי הנסקרים בפועל ודווחו לסקר. הפרק הבא (4.2) עוסק בסוגיה זאת.

המאפיינים הדמוגרפיים והסוציו-אקונומיים של הנסקרים הוגדרו כמשתני דמי, בהתאם לתשובות הקטגוריות שהוגדרו בשאלון הסקר. כתוצאה, רוב התשובות הקטגוריות עברו למיפוי בינארי, המסמן השתייכות (כן/לא) רק לקטגוריות רלוונטיות (למשל, בעלי השכלה גבוהה, עצמאים, עובדים עד 34 שעות בשבוע, הורים לילדים עד גיל 5, מנהלים משק בית בודד). על מנת לכמת את הנגישות של התחבורה הציבורית השתמשנו במשתני דמי (נפרדים – עבור האוטובוס ועבור הרכבת), שהוגדרו על בסיס דרגות שביעות הרצון (בדרגות מ-4 עד 1) של הנסקר מקרבת תחנת אוטובוס/רכבת למקום מגוריו ומקבלים ערך 1 בדרגות הגבוהות (1 או 2). באשר לתדירות השירות של אוטובוס/רכבת, בחרנו לכמת את האפקט (השלילי) של חוסר שביעות הרצון מתדירות לא מספקת על אי-בחירה סוגי תחבורה אלה. לצורך כך נוצרו שני משתני דמי (עבור אוטובוס ורכבת) שקיבלו ערך 1 עבור הפרטים "הרלוונטיים", כלומר עבור אלה שדיווחו על ניסיון להשתמש באוטובוס/רכבת מדי פעם (מפעם-פעמיים בשבוע עד שימוש לא קבוע) ועל חוסר שביעות רצון (דרגות 3-4) מתדירות השירות.

החל משנת 2014 זמני הנסיעה לפי דרכי הגעה של הנסקרים ומאפיינים גאו-דמוגרפיים וסוציו-אקונומיים שלהם זמינים מהסקר החברתי כ"משתני גרעין"; לעומת זאת מאפייני השירות של התחבורה הציבורית (קרבת תחנות, תדירות שירות ועוד) נסקרו באופן חד-פעמי בסקר 2015, כ"נושא מורחב". זה מגביל אותנו להסתפק באמידת המודל בחתך הרוחב של שנת 2015 בלבד.

- מודל בסיסי – ללא גורמי פרט – שמנסה להסביר הבדלי בחירה אך ורק על ידי הבדלים בזמני הנסיעה, כך שבפונקציית התועלת (4) לא הוגדרו איברים קבועים עבור כל אלטרנטיבה (alternative-specific constant); מטרת ספציפיקציה זו היא לבדוק עד כמה אפקט הזמן "מנופח" בהשוואה לספציפיקציות מציאותיות יותר;
- מודל בסיסי שכולל איבר קבוע של כל אלטרנטיבה בפונקציית התועלת ובנוסף אומד אפקטים של קרבת תחנות אוטובוס/רכבת, תדירות שירות, עצם גישה לרכב פרטי והטבות שימוש בו;
- מודל מורחב של Multinomial (conditional) Logit (בהמשך – MNL) שמפקח על כל מאפייני הפרט המתוארים למעלה ועל אפקטים קבועים של צורת יישוב מגורים (על פי 13 הקטגוריות של הלמ"ס).

שלושת המודלים הללו מחושבים תחת הנחת IIA (Independence of Irrelevant Alternatives) ששוללת מתאם חיובי בין השוקים $\varepsilon_l, \varepsilon_m, l \neq m$ המגיעים לתועלת בקבוצת אלטרנטיבות או, במילים אחרות – שוללת בחירה היררכית. הנחה זו יכולה להיות חזקה מדי והמלצה רווחת לספציפיקציה של Discrete Choice תחבורתיים היא לבחון אותה. לאחר אבחון של ההקבצות המוצעות בספרות נמצאה ספציפיקציה של בחירה היררכית (Nested logit) אשר נתמכת על ידי הנתונים שלנו ומביאה למודל רביעי:

- מודל Nested שמתאר הקבוצה של האלטרנטיבות לשתי קבוצות (הסעה מאורגנת ורכב פרטי) כנגד שאר האפשרויות, כאשר מתאם השוקים בתוך הקבוצה הראשונה נובע כנראה מהמתאם הגאוגרפי בחשיבות (זמינות) של התחבורה הציבורית בתור אלטרנטיבה – תופעה שמתוארת על ידי דפוסי בחירה ברמת היישובים בחלק ראשון של המחקר
- לבסוף, נבדקה גם ספציפיקציה של Mixed logit המאפשרת אפקטים ספציפיים של הנסקרים על התפלגותו של המקדם הגנרי של זמני הנסיעה ב-(4); הסימולציות בוצעו באמצעות דגימות של פרמטר זה מהתפלגות נורמאלית במטרה להסיק על רוחב הטווח שלו.

4.2 אומדני זמן הנסיעה בדרכי הגעה אלטרנטיביות

על פי ספציפיקציה (4)-(5) אופן בחירתו של הפרט תלוי במאפיין האמצעים החלופיים מבחינת משכי זמן בדרך. אולם משך הזמן החלופי אינו נצפה משום שלא נשאלת שאלה בסקר בנוסח: "כמה זמן היה לוקח לך להגיע למקום העבודה אילו היית בוחר בתחבורה הציבורית במקום ברכב הפרטי, באוטובוס? ברכבת?".

על מנת לקבל אומדני זמן נסיעה בדרכים חלופיות לאלה שנבחרו בפועל יש קודם כל להכיר בכך שלא כל האלטרנטיבות פתוחות בפני הנסקרים. לוח 9 מציג הסתברויות למצוא דרכי הגעה חלופיות לאלה שנבחרו בפועל – לפי אופן בחירה – שחשבו על סמך נתוני הסקר. כך, למשל, השורה הראשונה של הלוח מראה שמועסק שבחר להשתמש ברכב פרטי היה יכול בהסתברות גבוהה (95.7%) להשתמש גם באוטובוס, אך רק ב-20.8% מהמקרים קיימת עבורו אלטרנטיבה של רכבת וב-10.4% – הסעה מאורגנת על ידי המעסיק. למשתמשי אוטובוס השימוש ברכבת מתאפשר בפחות מחצי (43.6%) מהמקרים. החלופות של אופניים והליכה תלויות בשיעורי המועסקים העובדים בתוך יישוב המגורים או במרחק קטן ממנו; למועסקים שבחרו בפועל להגיע לעבודה ברכב פרטי ובאוטובוס, האלטרנטיבה של הליכה קיימת ב-31.7 ו-41.6 אחוז מהמקרים בהתאמה, והאלטרנטיבה של שימוש באופניים – ב-19.4 ו-38.7 אחוז מהמקרים, בהתאמה.

לוח 9. שיעורי המועסקים (ב-%) שיש להם אפשרויות הגעה לעבודה באמצעי חלופי לזה שנבחר בפועל, לפי אמצעי הגעה בפועל (על בסיס מספר הנסקרים בסקר החברתי 2015)

שיעורי בעלי אפשרות הגעה (%) באמצעים אלטרנטיביים						מספר הנסקרים	אמצעי הגעה בפועל
הליכה	אופניים	הסעה מאורגנת	רכבת	אוטובוס	רכב פרטי		
31.7	19.4	10.4	20.8	95.7		2661	רכב פרטי
41.6	38.7	17.1	43.6		98.9	718	אוטובוס
4.4	5.7	21.6		98.9	98.9	78	רכבת
23.1	6.9		14.6	80.3	85.6	397	הסעה מאורגנת
84.2		26.8	41.4	70.3	78.1	80	אופניים
	40.2	24.3	28.7	62.3	88.3	389	הליכה

המקור: הסקר החברתי לשנים 2014-2016, Google Maps ועיבודי בנק ישראל.

הסתברויות השימוש באמצעי ההגעה החלופיים נאמדו על בסיס מספר מקורות מידע. הראשון הוא הסקר החברתי של השנים 2014-2015 המאפשר לאתר עבור המועסק שנע בין יישוב מוצא ויישוב יעד מסויימים מועסק אחר שנע בין אותם יישובים באמצעי אחר; סקר 2015 היה מקור מועדף משום שהוא מאפשר לאפיין את המועסקים הדומים על ידי קירבה לתחנת אוטובוס ורכבת.

מקור שני לאפיון דרכי הגעה חלופיות היה אומדני זמן הנסיעה מ-Google Maps וממערכת Moovit²⁰ באוטובוס וברכבת עבור כל הצירופים של "יישוב המוצא-ויישוב היעד" שדווחו עבור הבוחרים ברכב פרטי. באופן סימטרי, למועסקים שבחרו להגיע באוטובוס, רכבת וכל אמצעי אחר הותאמו זמני הנסיעה ברכב פרטי, בהתאם ליישוב המוצא ויישוב היעד של המועסק. במקרים של נסיעות מחוץ ליישוב המגורים, אומדני הזמן מ-Google Maps ו-Moovit נלקחו עבור הנסיעה בין מרכזי היישובים; במקרים של נסיעות בתוך יישוב המגורים מקור זה אינו שימושי בהעדר נתוני כתובת מגורים ועבודה בסקר.

איור 4 מציג את טיב ההתאמה בין זמני ההגעה שדווחו בפועל לבין זמני ההגעה שאותרו כזמני ההגעה האלטרנטיביים, לפי אמצעי ההגעה ופרופיל הנסיעה (בתוך/מחוץ ליישוב). כל נקודה באיור 4 מהווה הצלבה בין זמן הנסיעה בפועל (ממוצע משוקלל) בצמד ספציפי של "יישוב המוצא – יישוב היעד" לבין זמן הנסיעה הממוצע בין אותו צמד היישובים, כאשר אמצעי הגעה זה אותר כאמצעי אלטרנטיבי. ככל שנקודות מתקרבות לקווי 45 מעלות טיב ההתאמה של האלטרנטיבות גדל.

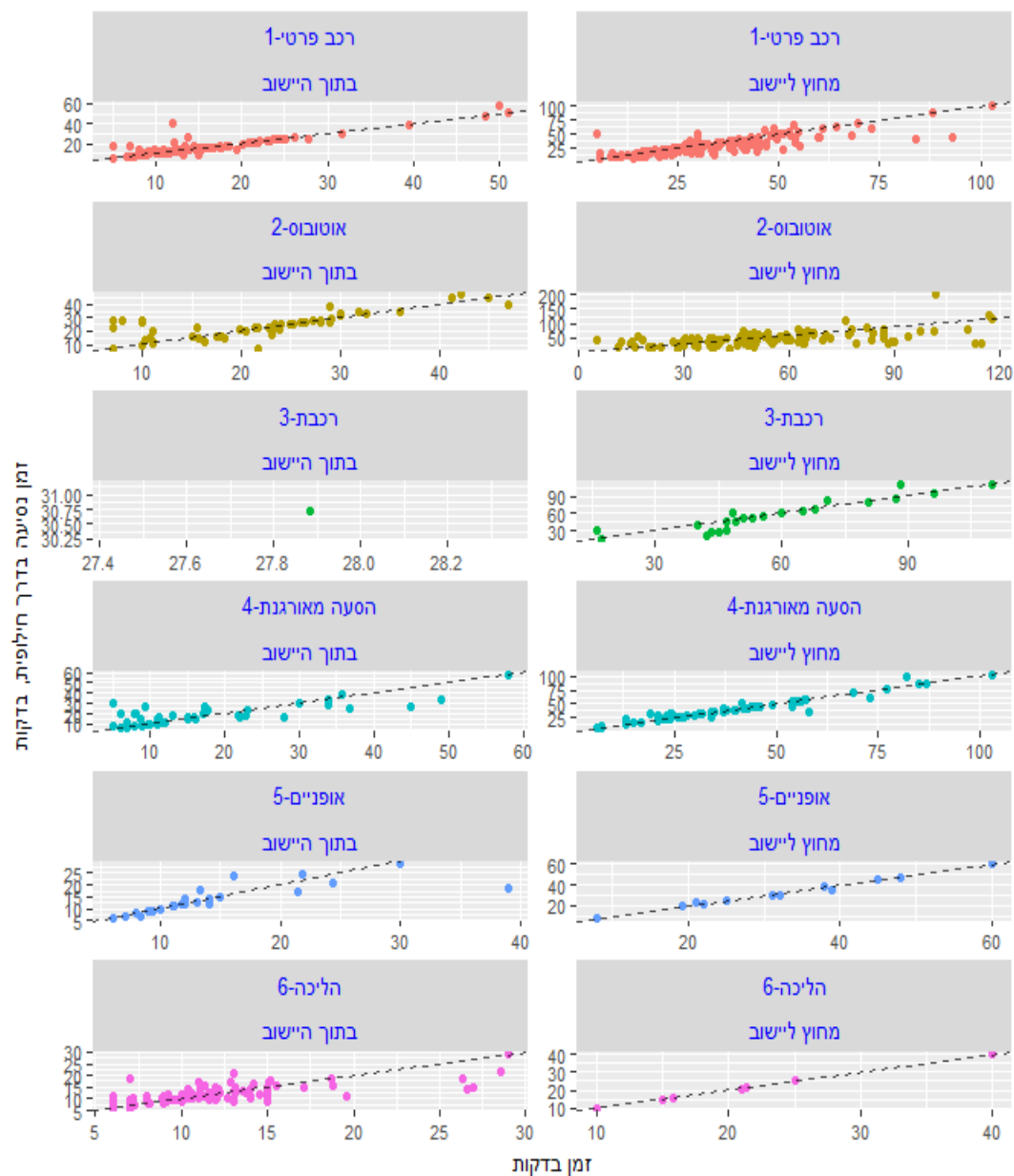
4.3. תוצאות האמידה

לוח 10 מציג את ערכי פונקציית הנראות (בלוג') ופרמטר ההשפעה של זמן הנסיעה על הסתברויות הבחירה תוך שימוש בספציפיקציות עם זמני נסיעה רציפים (בדקות). הפיקוח על מאפייני הפרט מביא לשיפור ניכר בנראות, כאשר – כפי שנראה בניתוח המשך – רוב השונות בין הבחירה באמצעי ההגעה מוסברת על ידי אברים קבועים, בעלות/הטבות לרכב פרטי ומאפייני הגישה לתחבורה ציבורית ותדירות השירות. אנו מוצאים הרעה מסוימת בסטטיסטיקות הנראות במעבר ממודל MNL ל-Nested ו-Mixed logit הנובעת מהוויתור על האפקטים הקבועים של צורת יישוב המגורים (בשל בעיות התכנסות) שכן נכללים ב-MNL. יחד עם זאת, מקדם המתאם של השאריות בתוך הקבצת האלטרנטיבות מגיע ל-0.19 והוא מובהק ברמה של 5% – ממצא שמערער את הנחת IIR ומעיד על בחירה היררכית.

הטווח הצר של הפרמטר שהתקבל ב-Mixed מעיד על השפעה קטנה של גורמים ייחודיים (individual-specific) על הבחירה בין אמצעי ההגעה השונים.

²⁰ יישומן המשמש לתכנון מסלולי הגעה ממקום למקום באמצעי תחבורה שונים, לרבות שילובם.

איור 4. זמני הנסיעה בפועל וזמני נסיעה מותאמים בחלופות, לפי אופן ההגעה ופרופיל הנסיעה (ממוצעים לפי כל צירוף "ישוב מוצא-ישוב הגעה")



לוח 10. השוואה של פרמטר ההשפעה (β) של משך הזמן להגעה¹ על בחירת דרכי ההגעה ושל סטטיסטיקות הנראות בין הספציפיקציות (עם זמני הגעה מוגדרים כמשתנה רציף)

ספציפיקציה של המודל	β	t-stat	ערך הנראות בלוג'	McFadden R^2
בסיסית, ללא קבועים	-0.018	(-15.021)***	-3857.3	0.27
בסיסית, עם הקבועים	-0.004	(-6.331)***	-2558.9	0.49
MNL	-0.005	(-5.837)***	-2038.3	0.62
² Nested	-0.004	(-2.459)**	-2179.6	0.59
Mixed (חציון ההתפלגות) ^{2,3}	-0.004 (-0.003 – 0.005)	-0.004	-2184.6	0.59

¹ ***- χ^2 מסמנים רמות המובהקות של 1% ו-0.1% בהתאמה

² מודל Nested logit ומודל Mixed logit לא כוללים אפקטים קבועים של צורת יישוב המוצא שכן נכללים ב-MNL

³ חציון של ההתפלגות הנאמדת (posterior), בסוגריים – אחוזונים 5% ו-95% של ההתפלגות.
המקור: עיבודי בנק ישראל.

השפעת זמני הנסיעה על בחירת אופן ההגעה היא קטנה, אך מובהקת סטטיסטית. האומדן במשוואה הבסיסית – ללא קבועים – מוטה כלפי מעלה ומצביע על הגדלת סיכויי הבחירה בשתי נקודות אחוז עבור כל דקת חיסכון בזמן נסיעה. מעבר לספציפיקציות שכן כוללות אברים קבועים לאלטרנטיבות מחליש את עוצמת האומדן לרבע, תוך שמירה על מובהקות סטטיסטית גבוהה.

המקדמים שמתקבלים אצלנו נמוכים בכשליש גם בהשוואה לגמישות של (-0.006) לדקה שמתקבלת במודל דומה אצל Hoodendoorn et al. (2015) שמבוסס על נתוני סקר בשנים 2013-2015 בהולנד. תוצאה זו לא אמורה להפתיע: בהיעדר אלטרנטיבות התקצרות של זמני הנסיעה לא אמורה להשפיע הרבה על שינוי ההחלטה לגבי אופן הגעה. על פי ממצא זה, רוב ההבדלים בין הסתברויות הבחירה נקבעים אנדוגנית, על בסיס התאמה הדדית של מקום המגורים ומקום התעסוקה, בהינתן רמת התחבורה הציבורית הקיימת, ומוסברים על ידי ההבדלים בין המאפיינים הקבועים (alternative-specific constants).

ההשפעה חלשה של זמן הנסיעה על אופן הבחירה יכולה לקבל הסבר מסוים על ידי טעויות ההתאמה של זמני ההגעה שחישבונו עבור הדרכים החלופיות; כזכור, אומדני הזמן האלטרנטיביים מחושבים על ידינו בתהליך מלאכותי שמתעלם מפרמטרים בעלי השפעה על משך הנסיעה, כמו, למשל, שעת היציאה, מספר החיבורים בין אמצעי תחבורה ציבורית, והחלפות בין רכב לאוטובוס או רכבת. יתכן שהיה ניתן לקבל אומדני זמן חזקים יותר אם הנסקרים היו מתבקשים לציין ולדרג אמצעי הגעה חלופיים (first choice, second choice, third choice) כפי שמתואר בשאלון אצל Liu (2006).

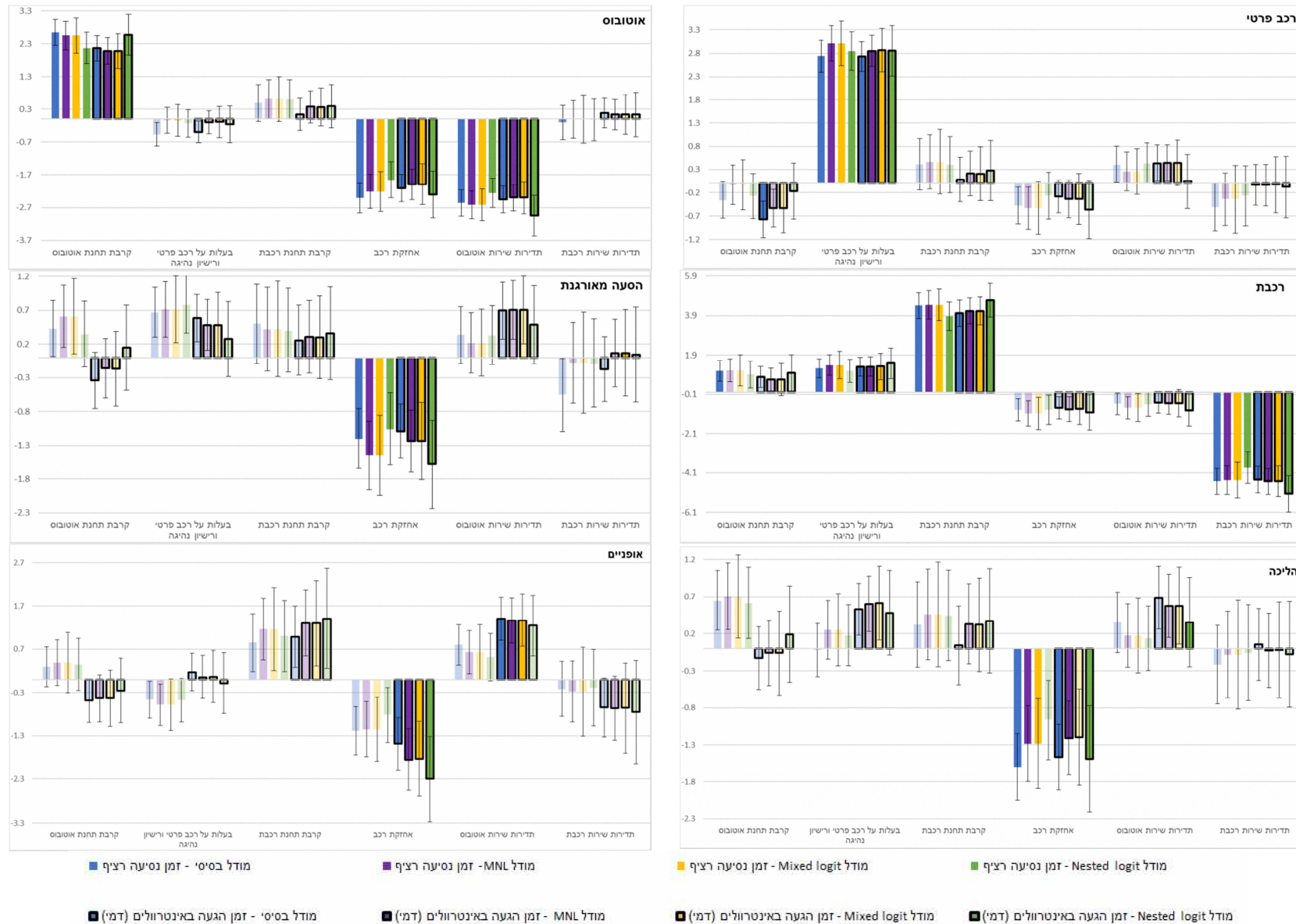
בבחינה נוספת שערנו מצאנו שמעבר מזמן נסיעה רציף (בדקות) לזמני נסיעה המוגדרים כמשתני דמי (utility shifters) לפי האינטרוולים שהוגדרו בשאלון הסקר לא מניבים שיפור מהותי בסטטיסטיקות הנראות המדווחות בלוח 10 ולא מגבירות את השפעת זמני הנסיעה על הבחירה. מקדמי הדמי הם ברמת מובהקות של 0.1% ולא שונים מהותית בין האינטרוולים, לכן לא מוצגים בלוח 10.

איור 5 מאפשר להשוות בין מקדמי ההשפעה העיקריים, שהתקבלו על בסיס ספציפיקציות שונות של המודל המתארות בפרק 4.1, כאשר דרך ההגעה המושמטת נקבעה לבחירה ב"דרך אחרת". גורמי ההשפעה שניתנים להשוואה מפורטים על פני ציר ה-X ועוצמת הפרמטרים מיוצגת על ידי גובה העמודות.

סטיית התקן של כל פרמטר מסומנת בקו יוצא מהעמודה. כל אחת מ-8 הספציפיקציות מסומנת בצבע משלה (ראו במקרא), הבדלי ספציפיקציה עקב שימוש בזמן נסיעה רציף/ קטגוריאל מסומנים באותו צבע, אך בלי/עם מסגרת. פרמטרים שהתקבלו כלא מובהקים (מעל 5%) מוצגים בצבע שקוף.

כפי שנראה מהאיור, בכל הספציפיקציות נמצאו פרמטרים דומים בכיוון, בעוצמה ובמובהקות. ממצא זה מאפשר לנו להתמקד באחת מהספציפיקציות – MNL עם זמני נסיעה קטגוריאלים – ולדון בהשפעות השוליות המחושבות ביחס לבחירה ברכב פרטי (לוח 11).

איור 5. ¹ השוואת מקדמי ההשפעה של תמריצי שימוש ברכב פרטי (בעלות, הטבות אחזקה), מאפייני הגישה לתחבורה ציבורית ותדירות השירות (ציר X) על הסתברויות הבחירה באופן הגעה, לפי 8 הספציפיקציות של המודל (המפורטות במקרא)



¹ הפרמטרים מסומנים על ידי העמודות, כאשר עמודות שקופות מסמנות פרמטרים לא מובהקים (עד 5%); הטעויות הסטנדרטיות של הפרמטרים מסומנות על ידי הקווים הישרים הנמשכים מהעמודות.

הפאנל העליון של לוח 11 מראה השפעה שלילית מובהקת של עצם הבעלות על רכב ורישיון נהיגה על בחירה בחלופות לרכב פרטי ושהטבות אחזקת הרכב מתמרצות שימוש ברכב פרטי על חשבון שימוש באוטובוס, בהסעות מאורגנות ובהליכה. לגבי הבחירה ברכבות, ניתן לפרש את המובהקות הנמוכה של אפקט זה על ידי שילוב בין השניים, משום שהשימוש ברכבות מחייב במקרים רבים הגעה ברכב פרטי לתחנות הרכבת, בהיעדר שירות נוח או תדיר של האוטובוסים.

לקרבת תחנת אוטובוס/רכבת למקום המגורים (במונחי שביעות רצון) השפעה חיובית ומובהקת על סיכויי הבחירה באוטובוס/רכבת; לאי-שביעות רצון מתדירות השירות השפעה מובהקת שלילית. נמדד גם אפקט חיובי מובהק של מידע לגבי הסדרי התנועה על סיכויי בחירה באוטובוס.

לוח 11 מלמד גם על כך שלנשים יש יותר נטייה להשתמש באוטובוס ופחות – בהסעה מאורגנת ובאופניים. סיכויי הבחירה בהסעה מאורגנת (יחסית לרכב פרטי) מתואמים שלילית עם סטטוס תעסוקתי של עצמאי, עבודה במשרה חלקית והשכלה גבוהה ומתואמים חיובית עם שייכות למגזר הערבי – ממצא שתואם את הניתוח הגיאוגרפי שלנו.

אפקט ההכנסה בא לידי ביטוי בפרמטרים שליליים מובהקים של השפעת הבעלות על כלי רכב והטבות אחזקת רכב (הנפוצות בקרב בעלי הכנסה גבוהה) על הבחירה באוטובוס ובהסעה מאורגנת, כמו גם במתאם החיובי בין בחירות אלה לרמות שכר נמוכות וצפיפות דיור גבוה.

לא נמצאה השפעה מובהקת של ניהול משק בית לבד או/ו של הורות לילדים קטנים.

לוח 12 מציג מספר אפקטים שוליים הנובעים מהקונטרסטים העיקריים שהתקבלו²¹. עצם הבעלות על רכב פרטי ורישיון נהיגה מגלמים סיכוי של 82% שהמועסק יבחר ברכב פרטי כדי להגיע לעבודה, בעוד שעבור מי שאינו בעל רכב סיכוי זה יורד ל-15.5% בלבד; סיכויי השימוש באוטובוס של המועסקים ללא רכב פרטי הינה 42% בעוד שעבור בעלי רכב היא 4% בלבד. הטבות אחזקת רכב מעלות את שכיחות השימוש ברכב פרטי בכ-33 נקודות אחוז (מ-53% בקרב כלל המועסקים ל-87%) ומורידות את שכיחות השימוש באוטובוס מ-20.5% ל-2.3% ובהסעה מאורגנת – מ-10% ל-2%. להטבת אחזקת רכב אין השפעה שולית מובהקת על שכיחות הבחירה ברכבת.

קרבת תחנת אוטובוס למקום המגורים מגדילה את סיכויי הבחירה בו בכמעט 30 נקודות אחוז ומורידה את סיכויי הבחירה ברכב פרטי בכמעט 40 נקודות אחוז; ממצאנו גם אפקט שולי חיובי של קרבת תחנת רכבת למקום המגורים, המגדילה פי ארבעה את שכיחות השימוש בה. מובן כי שכיחויות אלה משקפות גם בחירה של המועסקים לגור במקומות המתאימים להעדפותיהם בנוגע לאמצעי ההגעה לעבודה.

²¹ על בסיס הספציפיקציה Nested עם זמני נסיעה קטגוריאליים.

לוח 11. פרמטרים של מאפייני פרט (בסוגריים ערכי t-stat) ¹ ממודל MNL עם זמני נסיעה קטגוריאליים ² ואפקטים קבועים לצורת יישוב מגורים

משתנים מסבירים / דרך הגעה	אוטובוס	רכבת	הסעה מאורגנת	אופניים	הליכה	אחר
בעלות על רכב פרטי והטבות אחזקת רכב						
בעלות על רכב פרטי ורישיון נהיגה	-3.065 (-19.862)	-1.851 (-4.205)	-2.333 (-11.303)	-3.623 (-9.173)	-2.829 (-16.229)	-2.829 (-6.406)
הטבות אחזקת רכב	-1.703 (-5.885)	-0.996 (-1.775)	-0.878 (-3.315)	-0.534 (-0.925)	-0.849 (-2.932)	0.743 (1.412)
גישה לתחבורה ציבורית (שביעות רצון) ותדירות שירות (חוסר שביעות רצון)						
קרבת תחנת אוטובוס	2.532 (14.26)	1.83 (3.591)	0.772 (3.283)	1.126 (2.557)	0.801 (3.81)	0.946 (1.756)
קרבת תחנת רכבת	0.08 (0.38)	3.601 (7.337)	-0.099 (-0.359)	0.799 (1.383)	0.018 (0.071)	-0.975 (-1.512)
תדירות שירות אוטובוס (נמוכה)	-2.839 (-15.807)	1.225 (2.783)	0.086 (0.377)	-0.08 (-0.209)	0.098 (0.501)	0.478 (0.953)
תדירות שירות רכבת (נמוכה)	-0.384 (-1.902)	-4.01 (-7.522)	-0.261 (-0.965)	-0.009 (-0.016)	-0.191 (-0.795)	-0.941 (-1.555)
מידע לגבי הסדרי תנועה	0.783 (4.703)	0.691 (1.69)	0.459 (2.021)	0.745 (1.975)	0.518 (2.658)	0.486 (0.954)
מאפיינים דמוגרפיים						
מגדר : נשים	0.273 (1.864)	-0.132 (-0.317)	-0.569 (-2.936)	-2.125 (-5.363)	-0.088 (-0.522)	-1.199 (-2.61)
הורות לילדים (עד גיל 5)	0.144 (0.76)	0.512 (1.066)	0.013 (0.056)	1.367 (2.79)	0.385 (1.834)	0.395 (0.714)
קבוצת גיל : גילאים 25-34	-0.106 (-0.444)	-0.812 (-1.248)	0.284 (0.908)	0.267 (0.399)	-0.492 (-1.723)	1.4 (1.597)
קבוצת גיל : גילאים 35-44	-0.301 (-1.158)	-1.129 (-1.563)	-0.105 (-0.307)	-0.646 (-0.894)	-0.289 (-0.99)	1.014 (1.08)
קבוצת גיל : גילאים 45-64	0.012 (0.051)	-2.109 (-2.743)	0.104 (0.34)	0.073 (0.114)	-0.301 (-1.102)	0.185 (0.204)
קבוצת גיל : גילאים +65	0.305 (0.879)	-1.646 (-1.513)	-0.17 (-0.305)	0.832 (1.081)	-0.508 (-1.231)	1.852 (1.742)
לימוד במוסד אקדמי	-0.097 (-0.644)	0.337 (0.809)	-0.785 (-3.763)	-0.789 (-2.078)	0.236 (1.382)	-0.259 (-0.555)
חרדי	0.152 (0.54)	0.533 (0.714)	0.094 (0.22)	-0.734 (-0.838)	0.509 (1.763)	0.123 (0.135)
ערבי	-0.09 (-0.376)	-0.706 (-0.591)	0.617 (2.287)	0.493 (0.54)	-0.158 (-0.634)	0.071 (0.09)

לוח 11 (המשך).

משתנים מסבירים / דרך הגעה	אוטובוס	רכבת	הסעה מאורגנת	אופניים	הליכה	אחר
מאפייני פרט: סוציו – אקונומי						
שכר ברוטו: מ - 0 עד 4000 ש"ח	0.771 (2.835)	***	0.518 (0.546)	-0.086 (-0.214)	-0.158 (-0.26)	0.646 (2.14) **
שכר ברוטו: מ - 4001 עד 7500 ש"ח	0.095 (0.386)		0.007 (0.01)	0.096 (0.269)	-0.588 (-1.1)	0.192 (0.698)
שכר ברוטו: מ - 7501 עד 14000 ש"ח	-0.12 (-0.453)		-0.091 (-0.118)	-0.041 (-0.107)	-0.404 (-0.738)	0.097 (0.335)
שכר ברוטו: מ - 14001 עד 21000 ש"ח	-0.412 (-1.193)		0.897 (1.093)	0.184 (0.419)	-0.572 (-0.879)	-0.627 (-1.642)
סטטוס תעסוקתי: עצמאי	-1.419 (-4.135)	***	-0.499 (-0.616)	-4.477 (-3.607)	-0.537 (-1.016)	0.546 (2.276) **
עבודה חלקית (עד 35 שעות בשבוע)	-0.36 (-1.987)	**	-0.475 (-0.769)	-1.236 (-4.383)	0.723 (1.583)	0.066 (0.336)
צפיפות דיור: בינונית (1-2 נפשות לחדר)	0.233 (1.481)		-0.07 (-0.159)	-0.145 (-0.727)	-0.116 (-0.299)	0.258 (1.433)
צפיפות דיור: גבוהה (2+ נפשות לחדר)	0.781 (2.475)	**	-0.163 (-0.147)	1.072 (2.699)	-0.503 (-0.579)	-0.226 (-0.614)

¹ לוח זה מציג את הפרמטרים שנאמדו ביחס לאלטרנטיבה "רכב פרטי", על מנת להבליט אפקט הכנסה מובהק. לא מוצגים קבועים ופרמטרים עבור משתני דמי שמשמנים זמני נסיעה, כדי לפשט. *, **, *** מסמנים רמות המובהקות של 1%, 5%, 10% ופחות מ-0.01%.

² שבעת האינטרוולים של זמני נסיעה נלקחו בהתאם לשאלון הסקר כדלקמן: עד 15 דק', 15-30 דק', 30-45 דק', 45-60 דק', 60-90 דק', מעל 90 דק', זמן לא קבוע. התקבלו פרמטרים מובהקים עבור משתני הדמי המסמנים את זמני הנסיעה המדווחים בכל אינטרוול שלא מוצגים לשם הפשטות.
המקור: עיבודי בנק ישראל.

ממצאים נוספים :

- תדירות שירותי אוטובוס שאינה מספקת מבחינת הנסקר מקטינה את הסיכוי שיבחר בו מ-21.5% ל-6% ; תדירות רכבת שאינה מספקת מקטינה את הסיכוי לבחור בה מ-2.4% ל-0.7%.
- גברים נוטים לבחור ברכב פרטי יותר מאשר נשים (65.8% לעומת 54.7%) בעוד ששכיחות השימוש באוטובוס גבוהה יותר בקרב נשים (23% לעומת 10%).
- מועסקים במעמד סוציו-אקונומי נמוך²² משתמשים פחות ברכב פרטי (55.8% מול 80.8% בקרב מועסקים במעמד כלכלי גבוה), יותר באוטובוס (18.7% מול 7.7%) ויותר בהסעה מאורגנת על ידי המעסיק (10.6% מול 3.2%). לעומת זאת, בנוגע לשימוש ברכבת הקשר מתהפך : 3% במקרה של מעמד כלכלי גבוה מול 1.3% במקרה של הנמוך.

לוח 13 מביא עדות נוספת לנכונות גבוהה להשתמש ברכבת, גם בקרב בעלי רכב פרטי. לוח זה מלמד שבעוד ששיעור השימוש הארצי הממוצע ברכבת הוא כ-3%, בקרב היוממים שהם בעלי רכב ויש בקרבת מקום מגוריהם ובישוב בו הם עובדים תחנות רכבת, שיעור הנוסעים ברכבת לעבודה מגיע ל-13 אחוזים (17 אחוזים בקרב הגברים). במקביל, כאשר יש קו רכבת זמין שיעור השימוש ברכב הפרטי לנסיעות לעבודה פוחת מ-82 אחוזים ל-68 אחוזים (מ-85 אחוזים ל-65 בקרב הגברים).

²² על פי חישוב שערכנו, המבוסס על שכר נמוך, חוסר השכלה גבוהה, צפיפות דיור גבוהה, הכנסה נמוכה לנפש במשפחה והשתייכות למגזר הערבי.

לוח 12 . אפקטים שוליים* נבחרים על בסיס הסתברויות בחירה חזויות (x 100)**

אפקט/ אמצעי הגעה		רכב פרטי	אוטובוס	רכבת	הסעה מאורגנת	אופניים	הליכה
גישה לאוטובוס ¹	אין	76.85	5.55	0.94	7.86	1.18	6.52
		[0.62]	[0.27]	[0.15]	[0.41]	[0.16]	[0.33]
יש	יש	38.02	34.14	2.72	10.87	2.81	12.52
		[0.91]	[0.87]	[0.28]	[0.56]	[0.30]	[0.44]
גישה לרכבת ²	אין	62.84	15.76	0.70	8.85	1.45	9.18
		[0.70]	[0.51]	[0.08]	[0.38]	[0.16]	[0.40]
יש	יש	55.03	18.42	4.11	9.79	2.87	8.66
		[1.13]	[0.85]	[0.45]	[0.58]	[0.37]	[0.59]
תדירות שירות אוטובוסים ³	לא מספקת	58.60	5.94	1.81	13.83	3.41	14.98
		[0.73]	[0.61]	[0.18]	[0.34]	[0.14]	[0.32]
מספקת	מספקת	61.53	21.53	1.62	6.89	1.13	6.22
		[1.05]	[0.33]	[0.27]	[0.75]	[0.40]	[0.78]
תדירות שירות רכבת ⁴	לא מספקת	58.71	18.73	0.68	9.18	2.42	9.12
		[0.95]	[0.74]	[0.08]	[0.52]	[0.29]	[0.53]
מספקת	מספקת	61.85	15.05	2.36	9.08	1.48	8.97
		[0.77]	[0.54]	[0.24]	[0.44]	[0.18]	[0.43]
גישה לרכב ⁵	אין	15.50	42.05	1.78	16.02	4.24	18.31
		[0.59]	[1.01]	[0.26]	[0.79]	[0.43]	[0.64]
יש	יש	82.32	4.23	1.64	5.80	0.71	4.56
		[0.47]	[0.18]	[0.18]	[0.30]	[0.10]	[0.27]
הטבות אחזקת רכב/רכב צמוד ⁶	אין	53.30	20.49	1.74	10.24	2.19	10.90
		[0.69]	[0.54]	[0.17]	[0.41]	[0.20]	[0.41]
יש	יש	86.83	2.28	1.46	5.10	0.68	2.31
		[0.75]	[0.26]	[0.29]	[0.49]	[0.19]	[0.34]
מגדר	גברים	65.82	10.40	1.64	11.36	2.60	6.74
		[0.78]	[0.47]	[0.19]	[0.52]	[0.26]	[0.39]
נשים	נשים	54.69	23.44	1.73	6.60	1.03	11.62
		[0.90]	[0.74]	[0.22]	[0.41]	[0.16]	[0.55]

10.37	2.02	10.55	1.35	18.68	55.75	נמוך	מצב סוציו – אקונומי ⁷
[0.40]	[0.19]	[0.40]	[0.14]	[0.52]	[0.68]		
3.54	1.19	3.25	3.04	7.73	80.80	גבוה	
[0.49]	[0.28]	[0.41]	[0.47]	[0.68]	[1.06]		
						סך ההתפלגויות	
8.89	1.83	9.07	1.78	16.41	60.81	בפועל	
9.03	1.86	9.12	1.68	16.53	60.58	MNL עם אפ' קבועים	
9.15	1.84	9.00	1.70	16.60	60.46	Nest ללא אפ' קבועים	

* בסוגריים מרובעים סטיות תקן עבור שיעורי בחירה ממוצעים לכל משתנה.

** לפי מודל MNL

¹ משתנה בינארי המקבל את הערך 1 ("יש גישה") עבור נסקרים שבחרו בתשובות "מרוצה מאוד" או "מרוצה" לשאלת הסקר "האם את/ה מרוצה מקרבת תחנת האוטובוס למקום <מגוריך/מגוריך>?"

² משתנה בינארי המקבל את הערך 1 ("יש גישה") עבור נסקרים שהשיבו "מרוצה מאוד" או "מרוצה" לשאלת הסקר "האם בדרך כלל, את/ה מרוצה מהמיקום של תחנת הרכבת? כגון נגישות, מקומות חנייה מסודרים."

³ משתנה בינארי המקבל את הערך 1 ("תדירות לא מספקת") עבור נסקרים שדיווחו על ניסיון לא תדיר של שימוש באוטובוס (כלומר, נסקרים אשר ענו על השאלה: "בשנים-עשר החודשים האחרונים, באיזו תדירות נסעת באוטובוסים?" את אחת מהתשובות הבאות: "פעם או פעמיים בשבוע", "פעם או פעמיים בחודש", "פחות מפעם בחודש", "פעם בחודש" או "שימוש לא קבוע") והביעו את חוסר שביעות רצונם מתדירות האוטובוסים בין-עירוניים (כלומר, השיבו לשאלה: "באופן כללי, האם את/ה מרוצה מתדירות קווי האוטובוס הבין-עירוניים ביישוב <מגוריך/מגוריך>?" את אחת מהתשובות הבאות: "לא כל כך מרוצה" או "כלל לא מרוצה").

⁴ משתנה בינארי המקבל את הערך 1 ("תדירות לא מספקת") עבור נסקרים שדיווחו על ניסיון לא תדיר של שימוש ברכבת ישראל (כלומר, נסקרים אשר ענו על השאלה: "בשנים-עשר החודשים האחרונים, באיזו תדירות נסעת ברכבת ישראל?" את אחת מהתשובות הבאות: "פעם או פעמיים בשבוע", "פעם או פעמיים בחודש", "שלוש פעמים ויותר בשנה", "פחות משלוש פעמים בשנה" או "שימוש לא קבוע") והביעו את חוסר שביעות רצונם מתדירות קווי הרכבת (כלומר, השיבו לשאלה: "באופן כללי, האם את/ה מרוצה מתדירות קווי הרכבת בהם השתמשת?" את אחת מהתשובות הבאות: "לא כל כך מרוצה" או "כלל לא מרוצה").

⁵ משתנה בינארי המקבל את הערך 1 ("יש") עבור המשיבים "כן" לשאלה "האם עומדת לרשותכם מכונית פרטית או מסחרית (עד 4 טון משקל כולל)?"

⁶ משתנה בינארי המקבל את הערך 1 כאשר הנסקר משיב "כן" על לפחות אחת משתי השאלות הבאות: "האם תנאי עבודתך כוללים: השתתפות באחזקת הרכב?" ו – "האם תנאי עבודתך כוללים: רכב של המעסיק העומד לשימושך?"

⁷ נסקר בעל מצב סוציו אקונומי נמוך הינו נסקר שעומד באחד או יותר מהתנאים הבאים: נסקר שהשיב לשאלה "הכנסה ממוצעת לנפש במשק בית (ברוטו לחודש) בש"ח" את אחת מתשובות הבאות "עד 2,000 ש"ח" או "ש"ח 2,001 - 4,000"

נסקר שהשיב "לא" לשאלה "האם למדת במוסדות לימוד לקראת תואר אקדמי?"

נסקר שהשיב את אחת מהתשובות: "עד 2,000 ש"ח", "2,001 עד 3,000 ש"ח", "3,001 עד 4,000 ש"ח", "4,001 עד 5,000 ש"ח", "5,001 עד 6,000 ש"ח", "לא היו הכנסות" או אי מתן תשובה לשאלה: "בחודש שעבר, מה הייתה הכנסתך ברוטו (לפני ניכויים) מכל מקומות עבודתך?"

המקור: עיבודי בנק ישראל.

לוח 13. הסתברויות חזויות¹ לבחור ברכבת, באוטובוס ורכב פרטי

קבוצת התייחסות				רכבת	אוטובוס	רכב פרטי
פאנל א': כלל המועסקים ללא אלה שאין עבורם זיהוי יישוב עבודה						
בעלי רכב פרטי ורישיון נהיגה	אין תחנת רכבת ³	יש תחנת רכבת		0.7%	4.3%	85.3%
				4.1%	6.2%	76.5%
בעלי רכב פרטי ורישיון נהיגה שעובדים מחוץ ליישוב המגורים	אין תחנת רכבת	יש תחנת רכבת		0.9%	3.7%	89.2%
				5.5%	5.7%	78.8%
בעלי רכב פרטי ורישיון נהיגה ומזוהה אפשרות של רכבת ²	אין תחנת רכבת	יש תחנת רכבת		3.5%	6.5%	82.0%
				12.9%	7.4%	68.0%
פאנל ב': רק גברים						
גברים : בעלי רכב פרטי ורישיון נהיגה	אין תחנת רכבת	יש תחנת רכבת		0.7%	3.2%	85.1%
				4.0%	4.7%	78.8%
גברים : בעלי רכב פרטי ורישיון נהיגה שעובדים מחוץ ליישוב המגורים	אין תחנת רכבת	יש תחנת רכבת		0.9%	3.0%	88.5%
				5.3%	4.7%	76.6%
גברים : בעלי רכב פרטי ורישיון נהיגה ומזוהה אפשרות של רכבת ³	אין תחנת רכבת	יש תחנת רכבת		5.4%	4.1%	84.4%
				17.1%	5.6%	65.4%

¹ על בסיס הספציפיקציה Nested הכוללת משכי נסיעה קטגוריאליים שבה הקטגוריה המושמטת היא "אחר".

² זיהוי האפשרות להשתמש ברכבת מבוסס על צירוף "יישוב מוצא-יישוב יעד".

³ על פי זיהוי גישה לרכבת, כפי שהוגדר בלוח 12

המקור : עיבודי בנק ישראל.

5. סיכום ומסקנות

1. מחקר זה מציג אומדנים לנגישות למקומות עבודה באמצעות תחבורה ציבורית המחושבים ביחס לנגישות ברכב פרטי מהיישובים בארץ; אומדנים אלה מבוססים על התפלגויות יעדי הנסיעה, כפי שנדגמו בסקר חברתי בשנים 2014--2016. השוואת יישובים לפי מדד זה מאפשרת לבדוד את השפעת יישוב המגורים על בחירת דרך ההגעה למקום העבודה ולזהות דפוסי בחירה בולטים.
2. לפני שנפנה לניתוח התוצאות חשוב לציין כי אף שהסקר החברתי לשנת 2015 (המכיל שאלון מורחב בנושא תחבורה) מהווה מקור נתונים עשיר לניתוח כלל-ארצי, יש לשדרג את הנתונים הזמינים באמצעותו. כך למשל רצוי להוסיף לו שאלות בנוגע לשימוש ברכב פרטי בתור נהג או נוסע, לתת אפשרות לדווח על חיבורים כמו "רכב-רכבת", "רכב-הסעה", להוסיף שאלה שמתארת את טווח השעות בו מתבצעת הנסיעה הלך ושוב, ובקשה לדווח על העדיפות השניה בבחירה אמצעי ההגעה לעבודה. כמו כן כדאי לשקול לבצע אחת למספר שנים סקר ייעודי רחב יותר, שיהווה תשתית לעדכונים על בסיס הסקרים השוטפים.
3. ברוב היישובים (מכילים כ-60% מהמועסקים) מידת הנגישות, כפי שחושבה במחקר זה, למקומות עבודה באמצעות תחבורה ציבורית נמוכה בלפחות חצי בהשוואה למידת הנגישות באמצעות רכב פרטי. ההבדלים הבין-יישוביים של מדד הנגישות היחסית המתקבלים מהמודל שלנו מהווים כנראה אומדן חסר עקב שימוש בפרמטרים ממוצעים לדעיכה- עבור תחבורה ציבורית ועבור רכב פרטי – שנאמדו על בסיס זרמי נסיעה בין-תוך-יישובים בחתכי רוחב כלל-ארציים; גם הרזולוציה הנמוכה של נתוני ה-GIS בהם אנו משתמשים (רמת יישוב בלבד) מקטינה ככל הנראה את הפערים.
4. קיים קשר (אורדינאלי) בין טווחי הנגישות לבין תדירות השירות (של אוטובוסים ומוניות שירות, במונחי מספר נסיעות בשעה). בערים עם מדדי הנגישות הגבוהים קשר זה לא מתקיים עקב שיעור גבוה של נסיעות לעבודה בתוך היישוב.
5. הנגישות היחסית של התחבורה הציבורית יורדת ככל שמתרחקים מערי הגלעין במטרופולינים, ומתבטאת בהבדלים בולטים הקיימים אפילו בין ערי הגלעין לערי הלוויין במטרופולין. כך למשל, הנגישות היחסית לתחבורה ציבורית בעיר תל אביב היא 0.5, בעוד שבערי הלוויין במטרופולין גוש דן היא רק 0.39.
6. הצורך לטפל בסוגיית התחבורה במטרופולינים התבטא בהחלטת הממשלה 3988 משנת 2011, בה נקבע כי יוקמו רשויות תחבורה ציבורית, אחת ארצית ואחת עבור כל אחת מהמטרופולינים. הנושא נידון גם בדוחות של הכנסת²³. החלטה זו יושמה חלקית: הרשות הארצית אמנם הוקמה, אך טרם התפרסם תזכיר חוק הנוגע להקמת רשויות תחבורה

²³ מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2016.

- ציבורית מטרופולינית. הקמת רשויות מטרופוליניות יכולה לסייע בתכנון יעיל של תשתיות התחבורה הציבורית במרחבים המטרופוליניים, ובכך להעצים את השימוש בה.
7. ברוב יישובי הפריפריה – ובמיוחד ביישובים הערביים – הנגישות היחסית נמוכה ונובעת ממגבלות ההיצע של שירותי התחבורה. ביישובים יהודיים קטנים בפריפריה הנגישות נמוכה, אך רמתם הסוציו-אקונומית הגבוהה עשויה להעיד כי בהתחשב ברמת התחבורה הציבורית שניתן לספק להם, הנגישות הנמוכה נובעת מכך שהתושבים מעדיפים להשתמש ברכב פרטי. בערים ויישובים חרדיים הנגישות היחסית גבוהה.
8. הממצאים מלמדים כי ביישובי הפריפריה הגאוגרפית, בעיקר במחוזות הצפון והדרום, ובפרט ביישובים הערביים בפריפריה קיימת תלות ניכרת בשירותי ההסעות שמספקים המעסיקים הגדולים. השתחררות מהתלות, באמצעות פיתוח מערכת תחבורה ציבורית יעילה באזורים אלו, תרחיב בטווחים הבינוניים והרחוק את אפשרויות התעסוקה של העובדים בפריפריה ותסייע להפחית את תלותם במעסיקים הגדולים בסביבתם. מאידך גיסא יש לציין כי להסעות המעסיקים יש יתרונות הודות ליעילותן במונחי מרחק, משכי הנסיעה והעלות למשתמשים. יתרון נוסף נעוץ בכך שהרשויות יכולות לשתף פעולה עם המעסיקים במטרה לנהל את הביקוש לתחבורה הציבורית, כפי שעושים במטרופולינים שונות בעולם.²⁴
9. הממצא שביישובים הערביים קיים מערך הסעות נרחב מחליש את הטענה שקשה לספק להם תחבורה ציבורית אפקטיבית עקב התכנון האורבני והמבנה הטופוגרפי האופייני להם. חשוב שמתכנני התחבורה הציבורית ילמדו לעומק את מאפייני מערך ההסעות של המעסיקים, וישתמשו במידע כדי לתכנן ליישובים הערביים תחבורה ציבורית אפקטיבית תוך איזון בין צורכי התעסוקה הנוכחיים לבין הרצון להרחיב את הנגישות לאפשרויות תעסוקה נוספות.
10. בחינת דרכי ההגעה לעבודה על בסיס נתוני הפרט של המועסקים מראה מתאם חיובי מובהק בין קרבת תחנות אוטובוס/רכבת למקום המגורים ובחירה באמצעי תחבורה אלה, ממצא המחזק את חשיבות הנגישות של מקומות המגורים והתעסוקה לאמצעי התחבורה הציבורית הבין עירונית כדי לעודד את השימוש בה. עוד נמצא כי בעלי רכב פרטי, וזכאים להטבות אחזקת רכב מהמעסיק משתמשים משמעותית פחות בתחבורה ציבורית ויותר ברכב פרטי (בהתחשב במאפיינים האחרים של העובדים).
11. הכנסה ומעמד סוציו-אקונומי נמוכים מתואמים עם שימוש גבוה יותר באוטובוסים ובהסעות מאורגנות, אך לא ברכבות.

²⁴ לדוגמה, במדינת וושינגטון שבארצות הברית נחקק ב-1991 חוק שעוסק בניהול הביקוש לתחבורה, וסעיף 13 בו מפרט דרישות שונות כלפי מעסיקים.

[Session%20Laws/House/1671-/biennium/1991-92/Pdf/Bills/http://lawfilesexst.leg.wa.gov/..SL.pdf?cite=1991%20c%20202%20C2%A7%2010.S2](http://www.wa.gov/Session%20Laws/House/1671-/biennium/1991-92/Pdf/Bills/http://lawfilesexst.leg.wa.gov/..SL.pdf?cite=1991%20c%20202%20C2%A7%2010.S2)

12. השימוש ברכבת בקרב בעלי רכב פרטי גדל מכ-3% (ממוצע ארצי) ל-13% (17% בקרב גברים) כאשר השימוש ברכבת זמין; כלומר כאשר יש קו רכבת המתבר בין יישוב המגורים של העובד ליישוב בו הוא מועסק.

ביבליוגרפיה

- Alistair C. F., Stuart L. B., Richard J. Dawson, Philip James (2015) "Transport Accessibility Analysis Using GIS: Assessing Sustainable Transport in London" – *ISPRS International Journal of Geo-Information* ISSN 2220-9964, 2015, 4, 124-149
- Ben-Akiva M. and S.R.Lerman (1985) "Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand", Cambridge, MA; M.I.T.Press
- Benenson I., Martens K., Rofer Y. and Kwartler A. (2010) "Public transport versus private car GIS-based estimation of accessibility applied to the Tel Aviv metropolitan area" – URL: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s00168-010-0392-6#>
- Buehler R. (2011) Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA - *Journal of Transport Geography*, 19 (2011), 644-657
- Currie G. (2010) "Quantifying special gaps in public transport supply based on social needs" – *Journal of Transport Geography*, 18(2010), 31-41
- Domencich T. and McFadden D.L. (1975) "Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis", North-Holland Publishing Co
- Duran-Fernandez, R., G.Santos (2014) "Gravity, distance and traffic flows in Mexico" – *Research in Transportation Economics*, 46 (2014), 30-35
- De Grange, L, R.Troncoso, A. Ibeas, F.Gonzales (2009) "Gravity model estimation with proxy variables and the impact of endogeneity on transportation planning" – *Transportation Research Part A* 43 (2009) 105-116
- Eluru, N., V.Chakour and A.M. El-Geneidy (2012) "Travel mode choice and transit route choice behavior in Montreal: insights from McGill University members commute patterns" – *Public Transport*, November 2012, Volume 4, Issue 2, pp 129–149
- Ford A.C., S.L. Barr, R.J. Dawson and P.James (2015) "Transport Accessibility Analysis Using GIS: Assessing Sustainable Transport in London" – *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2015, 4, 124-149
- Halleford, A and K.Jornsten (1986) "Gravity Models with Multiple Objectives – Theory and Applications" – *Transportation Research B*, 1986, Vol.20B, No 1, pp.19-39
- Holmgren J. (2013) "An analysis of the determinants of local public transport demand focusing the effects of income changes" – *European Transport Research Review*, June 2013, Vol.5, Issue 2, pp 101–107

- Johansson M.V., T.Heldt and P.Johansson (2006) "The effects of attitudes and personality traits on mode choice" – *Transportation Research Part A* 40 (2006) 507–525
- Hoogendoorn R.G., C.E. Scheepers, S. Hoogendoorn and M. C. de Haas (2015) "Traveling Mode Choice Modeling from Cross Sectional Survey and Panel Data: The Inclusion of Initial Non-response" – KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis
- Kawabata M. and Shen Q. (2006) "Job accessibility as an indicator of auto-oriented urban structure: a comparison of Boston and Los Angeles with Tokyo" – *Environ Plan B Plan Des*, 33(1):115-130
- Koenig, J.G. (1980) "Indicators of urban accessibility: Theory and application" – *Transportation*, 1980, 9, 145–172
- Kwok R. and Yeh A. (2004) "The use of modal accessibility as an indicator for sustainable transport development" – *Environ Plan A* 36(5), 921-936
- Levinson D.M. (1998) "Accessibility and the journey to work" – *Journal of Transport Geography*, Vol.6, No 1, pp. 1-21, 1998
- McFadden, D. (1974) "Conditional logit analysis of qualitative choice behavior." Pp. 105-142 in P. Zarembka (ed.), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press.
- Liu , G. (2006) "A Behavioral Model of Work-trip Mode Choice in Shanghai" Discussion Papers No. 444, January 2006, Statistics Norway, Research Department
- Mavoa, S., L.Witten, T. McCreanor and D. O’Sullivan (2012) "GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand" – *Journal of Transport Geography*, 20(2012) 15-22
- Markley, S. (2007) "Spacially-Oriented Discrete Choice Predictions: A Case Study of French Supermarket Preferences" – *CS-BIGS* 1(1), 26-46
- Santos J., H.Maoh, D.Potoglou and T.Brunn (2004) "Factors influencing modal split of commuting journeys in medium-size European cities" – *Journal of Transport Geography*, Vol. 30, June 2013, pp. 127-137
- Simma A. and Axhausen K.W. (2003) "Interactions between Travel Behavior, Accessibility and Personal Characteristics: The Case of Upper Austria" – *EJTIR*, 3, no 2(2003), p.p.179-197
- Vieira R.S. and Haddad E.A. (2012) An Accessibility Index for the Metropolitan Region of Sao Paulo In: *Karima Kourtiti; Peter Nijkamp; Roger R. Stough. (Org.). The Rise of the City: Spatial Dynamics in the Urban Century. 1ed.Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited*, 2015, v. 1, p. 242-258.