



חקירת זמינות רכב בישראל

מאת
רונן כהן
שלמה בכור

חיפה, מרץ 2009

דו"ח מחקר מס' 2009/322



שם הפרסום: חקירת זמינות רכב בישראל	הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל המכון לחקר התחבורה
פרויקט מס'/סימון מחקר מס':	פרסום מס'/דו"ח מחקר מס': 2009/322
מחברים: רונן כהן, שלמה בכור	סוג פרסום: עבודת מגיסטר
המדור המבצע: המכון לחקר התחבורה	שם המזמין:

ת ק צ י ר :

רמת מינוע ובעלות רכב מהווים אחד המרכיבים החשובים להסברת מערכת פעילות מרחבית של אוכלוסייה ומאפייני נסיעה (מספר נסיעות, אורך נסיעה, בחירת אמצעי נסיעה וכו'). רמת מינוע מהווה קלט הכרחי למודלים תחבורתיים שונים, בפרט מודלים דיסאגרגטיביים (לא-מצרפיים) אשר צורכים נתונים מפורטים בהרבה של התנהגות משק הבית ביחס לשימוש בכלי הרכב. לרוב, נתונים אלה נגזרים ממדדים כלליים כגון רמת מינוע וגודל משק בית ממוצע.

מחקר זה כולל ניתוח של המשתנים המשפיעים על זמינות הרכב במשק בית בישראל, ומגמתם בין השנים 1996 ל-2006. הניתוח מבוסס על שני סקרי הרגלי נסיעה שבוצעו בשנים האחרונות במטרופולין חיפה. בנוסף, מוצעים בעבודה זו מודלים של זמינות רכב למטרופולין.

תוצאות המחקר העלו כי מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית הינו המשתנה המשמעותי ביותר לקביעת רמת זמינות הרכב במשק הבית בישראל. משתנה זה, לא נמצא משמעותי בהרבה מודלים במדינות מערביות בעולם, ככל הנראה בשל העובדה שבמדינת ישראל לא הגיע שיעור בעלי רישיון הנהיגה לרמת רוויה. לעומת זאת, נושא צפיפות האוכלוסייה ורמת השירות של התחבורה הציבורית, אשר נכנס כמשתנה מסביר בהרבה מודלים בעולם, לא נמצאו משמעותיים (צפיפות האוכלוסייה) או מהימנים (רמת שירות התחבורה הציבורית), במודלים שכוילו.

מתוך מסקנות אלו ניתן להבין כי ההשפעה של המתכנן בישראל מוגבלת בכל הנוגע להוצאת רישיון הנהיגה. עם זאת, בהנחה ששיעור בעלי הרישיון נהיגה באוכלוסייה יגיע לרוויה, המשתנים האחרים יהיו משמעותיים יותר. לפיכך, על אף העובדה שעל פי תוצאות המודל, ציפוף מגורים אינו תורם לכשעצמו להפחתת מספר כלי הרכב במשק בית, נראה כי בטווח הארוך אמצעי זה אכן ישתלם ויעודד אנשים לבצע נסיעותיהם באמצעים אחרים.

בנתונים הקיימים, לא ניתן להעריך את השפעת רמת השירות בתחבורה הציבורית על מידת זמינות הרכב. נראה כי עד שלא תעלה רמת השירות של התחבורה הציבורית באופן שתוכל להיות אטרקטיבית גם למשתמשי הרכב הפרטי, לא נוכל לקבל הערכה אמיתית על מידת ההשפעה של תחבורה ציבורית על זמינות רכב.

בנוסף, לאור העובדה שכלי הרכב בבעלות המעסיק מגדילות את השימוש בכלי הרכב, מומלץ לפתח מנגנונים שיביאו לצמצום מספר כלי הרכב בבעלות המעסיק (מיסוי).



<u>מילות מפתח:</u>	<u>הפצה:</u> בלתי מוגבלת	
<u>הערות:</u>	<u>מס' עמודים:</u> 160	<u>תאריך:</u> אוגוסט 2011

דו"ח זה משקף את דעות המחברים והמלצותיהם, ואיננו משקף בהכרח את דעותיהם של הטכניון ושל מוסד הטכניון למחקר ופיתוח. מוסד הטכניון למחקר ופיתוח בע"מ אינו אחראי לדיוק הנתונים הכלולים בדו"ח ולמסקנותיו, ואין הדו"ח מהווה הנחיה או המלצה שלו.

תוכן הדו"ח אינו בהכרח משקף את דעותיהם של הגופים הרשמיים והרשויות המוסמכות האחראים לנושא, ואין הדו"ח מהווה תקן, הנחיה או נוהל מחייבים של אותם גופים ורשויות.

כל הזכויות שמורות למחברים ולמוסד הטכניון למחקר ופיתוח בע"מ.



תודות

המחקר נעשה בהנחיית פרופ' ח שלמה בכור, בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים.

אני מודה לטכניון על התמיכה הכספית הנדיבה בהשתלמותי.

ברצוני להביע את תודתי מקרב לב לפרופ' ח שלמה בכור, על תמיכתו לאורך כל הדרך, החל בבחירת נושא העבודה, כולל ההנחיה שניתנה לי במסירות ובמקצועיות רבה, לאורך כל שלבי העבודה.

בנוסף, תודתי נתונה לאינג' לואיס שטיינורץ ואינג' עיסא זנברי אשר הקדישו לי זמן וידע על מנת לסייע לי בעבודתי.

אחרונים חביבים, ברצוני להודות לאשתי אודליה ולביתי שירה שידעו להיות סבלניים לאורך כל הדרך, ונתנו לי את התמיכה המוראלית ברגעים הקשים.



תוכן העניינים

vii	רשימת לוחות, תרשימים ומפות
1	תקציר
2	1. מבוא
5	2. סקירת ספרות
5	2.1. רמת המינוע בישראל
5	2.1.1. התפתחות רמת המינוע בישראל
9	2.1.2. רמת המינוע בישראל בהשוואה למדינות אחרות בעולם
11	2.1.3. רכב חברות
12	2.2. מודלים של זמינות רכב ורמת מינוע
13	2.2.1. רקע
16	2.2.2. חשיבות מודלים של זמינות רכב
22	2.2.3. סוגי מודלים של זמינות רכב
32	2.2.4. משתנים מסבירים לחיזוי זמינות רכב
40	2.2.5. הניסיון הישראלי
50	2.3. סיכום
57	3. מתודולוגיה
57	3.1. השערות המחקר
58	3.2. שיטות הפעולה
59	3.3. שלבי המחקר
61	3.4. איסוף הנתונים
66	3.5. בניית בסיס הנתונים למחקר
66	3.5.1. הכנסה של משק בית
68	3.5.2. היצע התחבורה הציבורית באזור בו ממוקם משק בית
69	3.5.3. מרחק נסיעה
72	3.5.4. מספר נסיעות
73	3.5.5. טופוגרפיה
74	3.5.6. לאום
74	3.6. הנחות המודל



.....76.....	4. תוצאות המחקר
.....77.....	4.1. מגמות זמינות הרכב במשק בית במטרופולין חיפה
.....78.....	4.1.1. תכונות משק הבית
.....83.....	4.1.2. אופי האזור בו ממוקם משק הבית
.....87.....	4.1.3. סיכום
.....89.....	4.2. מודלים לזמינות רכב במטרופולין לשנים 1996, 2006
.....89.....	4.2.1. מודל זמינות רכב במטרופולין חיפה לשנת 1996
.....93.....	4.2.2. מודל זמינות רכב במטרופולין חיפה לשנת 2006
.....96.....	4.3. ניתוח תוצאות המודלים
.....97.....	4.3.1. השוואה בין המודלים
.....99.....	4.3.2. בחינת מודל 1996 על נתוני 2006
.....102.....	4.3.3. מבחני רגישות למודל 2006
.....105.....	4.3.4. בחינת מודל 2006 לאור תחזיות במטרופולין חיפה
.....107.....	5. סיכום ומסקנות
.....107.....	5.1. בחינת ההשערות באמצעות המודל
.....108.....	5.2. דיון ומסקנות
.....109.....	5.3. רעיונות למחקר המשך
.....111.....	6. ביבליוגרפיה
.....115.....	7. נספחים
.....Error! Bookmark not defined.....	7.1. נספח 1: שאלון סקר הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה
.....Error! Bookmark not defined.....	7.2. נספח 2: תיאור מסכי השאלון - סקר יפה נוף
.....115.....	7.3. נספח 3: משתנים מסבירים בשני הסקרים
.....117.....	7.4. נספח 4: תוצאות המודלים מסוג Ordered Logit



רשימת לוחות, תרשימים ומפות

רשימת לוחות

.....10	לוח 1: מבנה הגילאים בישראל לעומת מדינות אחרות בעולם (באחוזים)
.....16	לוח 2: הגדרות אלטרנטיביות של "זמינות רכב"
.....20	לוח 3: נוסעים בתחבורה ציבורית בדרום יורקשייר (באחוזים) על פי Bailey (1984)
.....20	לוח 4: השפעת זמינות רכב על בחירת אמצעי נסיעה בעיר מלבורן
.....21	לוח 5: זמינות רכב באזורים שונים בעיר טמפרה (פינלנד)
.....26	לוח 6: בעלות רכב בדנמרק לאורך זמן מ-1992 ועד 2001
.....43	לוח 7: מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 1996 - משק בית עם אדם אחד
.....44	לוח 8: מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 1996 - משק בית עם יותר מאדם אחד
.....47	לוח 9: תוצאות מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 2008 - Multinomial Logit
.....48	לוח 10: מודל זמינות רכב במטרופולין ת"א 2008 - ORL, בחירה בין 0 – +1 כלי רכב
.....48	לוח 11: מודל זמינות רכב במטרופולין ת"א 2008 - ORL, בחירה בין 1 – +2 כלי רכב
.....49	לוח 12: מודל זמינות רכב במטרופולין ת"א 2008 - ORL, בחירה בין 2 – +3 כלי רכב
.....52	לוח 13: סיכום מודלים לזמינות רכב מהארץ ומהעולם
.....64	לוח 14: מספר תושבים ומספר התצפיות בשני הסקרים על פי חלוקה ליישובים
.....66	לוח 15: נתונים משלימים לסקרי הרגלי הנסיעה
67	לוח 16: רמת ההכנסה הממוצעת במ"ב, לפי מספר כלי הרכב שברשות מ"ב (סקר יפה נוף)
68	לוח 17: רמת ההכנסה שהוצבה במ"ב בהם לא הייתה ידועה רמת ההכנסה (סקר יפה נוף)
.....70	לוח 18: סיכום נתוני נסיעות בסקר הלמ"ס ובסקר יפה נוף
.....71	לוח 19: מקדמי הניפוח של ק"מ נסועה לסקר הטלפוני (סקר יפה נוף)
.....71	לוח 20: ממוצע ק"מ נסועה למשק בית בשני הסקרים
.....72	לוח 21: מקדמי הניפוח של מספר הנסיעות לסקר הטלפוני (סקר יפה נוף)
.....73	לוח 22: ממוצע נסיעות למשק בית בשני הסקרים
.....74	לוח 23: ערך משתנה טופוגרפיה
.....75	לוח 24: רשימת המשתנים שנבחנו בחלוקה לקבוצות
.....76	לוח 25: ערכי המשתנים, וסטיות התקן בשני הסקרים
.....78	לוח 26: רמת המינוע במטרופולין חיפה בשנים 1996, 2006, על פי תוצאות הסקרים
.....79	לוח 27: מספר נהגים ומספר כלי רכב במשק בית - סקר הלמ"ס (1996)
.....79	לוח 28: מספר נהגים ומספר כלי רכב במשק בית - סקר יפה נוף (2006)



.....88	לוח 29 : מקדם קורולציה של פירסן עבור כל אחד מהמשתנים בשני הסקרים
.....90	לוח 30 : תיאור המשתנים במודל ותוצאות ההצבה בסקר הלמ"ס (1996)
.....92	לוח 31 : אימות מודל זמינות רכב 1996
.....94	לוח 32 : תיאור המשתנים במודל ותוצאות ההצבה בסקר יפה נוף (2006)
.....97	לוח 33 : אימות מודל זמינות רכב 2006
.....99	לוח 34 : השוואה בין תוצאות המודלים
101	לוח 35 : תוצאות הצבת נתוני סקר יפה נוף (2006) במודל 1996, לעומת הנתונים בפועל
.....102	לוח 36 : המגמות במטרופולין חיפה בין השנים 1996-2006
.....102	לוח 37 : תוצאות תחזית המודל לשנת 1996, לעומת הנתונים בפועל
106	לוח 38 : תחזית של משתני המודל לשנת 2016, לאור המגמות ב- 10 השנים האחרונות

רשימת תרשימים

.....3	תרשים 1 : רמת מינוע זמינות רכב ביישובים במטרופולין תל אביב בשנת 1995
.....6	תרשים 2 : גידול באוכלוסייה, מספר כלי הרכב ומורשים לנהוג בישראל 1950-2007
.....7	תרשים 3 : רמת המינוע ויחס כלי רכב לבעלי רישיון נהיגה בישראל 1950-2007
.....8	תרשים 4 : שיעור מורשים לנהוג באוכלוסייה בישראל, לפי מין וגיל, שנת 1995
.....8	תרשים 5 : שיעור מורשים לנהוג באוכלוסייה בישראל, לפי רמה סוציו כלכלית ומיקום גיאוגרפי שנת 1995
.....9	תרשים 6 : כלי רכב פרטיים ל- 1,000 נפש בארצות שונות באירופה ובישראל בשנת 2005
.....11	תרשים 7 : שיעור הנהגים באוכלוסייה, לפי מין וקבוצת דתיות
.....14	תרשים 8 : זמינות רכב - תרשים זרימה (Bailey, 1984)
.....18	תרשים 9 : נתוני קלט למודל 4 שלבים (Meyer and Miller's, 2006)
.....19	תרשים 10 : השפעת זמינות רכב על מספר נסיעות בעיר מלבורן על פי Richardson and Ampt (1997)
.....25	תרשים 11 : מבנה מודל סוג רכב של Kenneth Train
.....29	תרשים 12 : מבנה אופציונאלי של מודל Multi Nominal Logit (MNL) לזמינות רכב
.....30	תרשים 13 : מבנה אופציונאלי של מודל Nested Logit (NL) לזמינות רכב
.....32	תרשים 14 : משתנים מסבירים לרמת בעלות רכב
.....34	תרשים 15 : גורמים המשפיעים על זמינות הרכב במשק הבית
.....35	תרשים 16 : רמת זמינות הרכב ורמת ההכנסה של משק הבית בדרום אפריקה
.....37	תרשים 17 : מספר בעלי רישיון נהיגה ומספר כלי רכב 1956-74 (בריטניה)



....46	Multinomial Logit - 2008	תרשים 18 : מבנה מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב
.....46	Orderd Logit - 2008	תרשים 19 : מבנה מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב
.....60		תרשים 20 : שלבי המחקר
.67		תרשים 21: מספר כלי רכב ממוצע במשק בית כפונקציה של רמת הכנסה – סקר יפה נוף
		תרשים 22: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית -
.....79		2006, 1996
.....80		תרשים 23: שיעור בעלי רישיון נהיגה, בחלוקה לקבוצות גיל - 2006, 1996
.....80		תרשים 24: שיעור בעלות רישיון נהיגה, בחלוקה לקבוצות גיל - 2006, 1996
		תרשים 25: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של מספר מועסקים במשק בית - 2006, 1996
.....81		
		תרשים 26: מספר נסיעות יומי במשק בית, עם רכב בבעלות המעסיק וללא רכב בבעלות
.....82		המעסיק – 2006, 1996
		תרשים 27: ק"מ נסועה יומי במשק בית, עם רכב בבעלות המעסיק וללא רכב בבעלות המעסיק
.....82		– 2006, 1996
		תרשים 28: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של צפיפות האוכלוסייה באזור בו ממוקם משק
.....83		הבית
		תרשים 29: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של הטופוגרפיה של היישוב בו ממוקם משק
.....84		הבית - 2006, 1996
		תרשים 30: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של הלאום של היישוב בו ממוקם משק הבית -
.....85		2006, 1996
		תרשים 31: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של רמת השימוש בתחבורה הציבורית באזור בו
.....86		ממוקם משק הבית
		תרשים 32: בחינת השפעת שינוי בצפיפות המגורים באזור בו ממוקם משק בית על זמינות
.....104		הרכב
105		תרשים 33: בחינת השפעת שינוי במספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית על זמינות הרכב
105		תרשים 34: בחינת השפעת שינוי במספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית על זמינות הרכב
107		תרשים 35: תחזית זמינות רכב במטרופולין חיפה לשנת 2016, על בסיס מודל שנת 2006

רשימת מפות

.....61	מפה 1 : מטרופולין חיפה המצומצם
---------	--------------------------------

תקציר

רמת מינוע ובעלות רכב מהווים אחד המרכיבים החשובים להסברת מערכת פעילות מרחבית של אוכלוסייה ומאפייני נסיעה (מספר נסיעות, אורך נסיעה, בחירת אמצעי נסיעה וכו'). רמת מינוע מהווה קלט הכרחי למודלים תחבורתיים שונים, בפרט מודלים דיסאגרטיבים (לא-מצרפיים) אשר צורכים נתונים מפורטים בהרבה של התנהגות משק הבית ביחס לשימוש בכלי הרכב. לרוב, נתונים אלה נגזרים ממדדים כלליים כגון רמת מינוע וגודל משק בית ממוצע.

מחקר זה כולל ניתוח של המשתנים המשפיעים על זמינות הרכב במשק בית בישראל, ומגמתם בין השנים 1996 ל-2006. הניתוח מבוסס על שני סקרי הרגלי נסיעה שבוצעו בשנים האחרונות במטרופולין חיפה. בנוסף, מוצעים בעבודה זו מודלים של זמינות רכב למטרופולין.

תוצאות המחקר העלו כי מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית הינו המשתנה המשמעותי ביותר לקביעת רמת זמינות הרכב במשק הבית בישראל. משתנה זה, לא נמצא משמעותי בהרבה מודלים במדינות מערביות בעולם, ככל הנראה בשל העובדה שבמדינת ישראל לא הגיע שיעור בעלי רישיון הנהיגה לרמת רוויה. לעומת זאת, נושא צפיפות האוכלוסייה ורמת השירות של התחבורה הציבורית, אשר נכנס כמשתנה מסביר בהרבה מודלים בעולם, לא נמצאו משמעותיים (צפיפות האוכלוסייה) או מהימנים (רמת שירות התחבורה הציבורית), במודלים שכולו.

מתוך מסקנות אלו ניתן להבין כי ההשפעה של המתכנן בישראל מוגבלת בכל הנוגע להוצאת רישיון הנהיגה. עם זאת, בהנחה ששיעור בעלי הרישיון נהיגה באוכלוסייה יגיע לרוויה, המשתנים האחרים יהיו משמעותיים יותר. לפיכך, על אף העובדה שעל פי תוצאות המודל, ציפוף מגורים אינו תורם לכשעצמו להפחתת מספר כלי הרכב במשק בית, נראה כי בטווח הארוך אמצעי זה אכן ישתלם ויעודד אנשים לבצע נסיעותיהם באמצעים אחרים.

בנתונים הקיימים, לא ניתן להעריך את השפעת רמת השירות בתחבורה הציבורית על מידת זמינות הרכב. נראה כי עד שלא תעלה רמת השירות של התחבורה הציבורית באופן שתוכל להיות אטרקטיבית גם למשתמשי הרכב הפרטי, לא נוכל לקבל הערכה אמיתית על מידת ההשפעה של תחבורה ציבורית על זמינות רכב.

בנוסף, לאור העובדה שכלי הרכב בבעלות המעסיק מגדילות את השימוש בכלי הרכב, מומלץ לפתח מנגנונים שיביאו לצמצום מספר כלי הרכב בבעלות המעסיק (מיסוי).

1. מבוא

רמת מינוע ובעלות רכב מהווים אחד המרכיבים החשובים להסברת מערכת פעילות מרחבית של אוכלוסייה ומאפייני נסיעה (מספר נסיעות, אורך נסיעה, בחירת אמצעי נסיעה וכו'). רמת מינוע מהווה קלט הכרחי למודלים תחבורתיים שונים, בפרט מודלים דיסאגרטיבים (לא-מצרפיים) אשר צורכים נתונים מפורטים בהרבה של התנהגות משק הבית ביחס לשימוש בכלי הרכב. לרוב, נתונים אלה נגזרים ממדדים כלליים כגון רמת מינוע וגודל משק בית ממוצע.

רמת מינוע הינו משתנה המודד את היחס בין מספר כלי הרכב הפרטיים ל- 1,000 נפש. רמת המינוע מחושבת לרוב על פי רישום כלי הרכב במשרד הרישוי, כאשר הרכב מיוחס ליישוב על פי כתובת הבעלים. במידה ומעוניינים לאמוד את רמת המינוע ברמה הארצית, רישום הכתובת אינו מהווה בעיה. הבעיה מתעוררת כאשר מעוניינים לאמוד את רמת המינוע ברמות מפורטות יותר, כגון ערים, רשויות אחרות או ברמה פרטנית של משק בית. בישראל ובמדינות אחרות קיימים רכבים שנמצאים בשימוש של משק בית מסוים, אך רשומים על שם חברה היושבת ברשות אחרת. במקרה זה, הרשות בה רשום הרכב "תהנה" מספירת הרכב אצלה והרשות בה הרכב נמצא בפועל תהיה חסרה רכב אחד. בנוסף, קיימים כלי רכב אשר אינם רשומים כלל כמו כלי רכב צבאיים.

להלן דוגמה להמחשת הבעיה. על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, חיו בעיר מודיעין בשנת 2004 48,788 תושבים, מתוכם 29,241 בעלי רישיונות נהיגה. באותה עת, היו רשומים בעיר 15,950 כלי רכב. רמת המינוע בעיר על פי נתונים אלה עומדת על כ- 327 כלי רכב ל- 1,000 תושבים, בעוד שרמת המינוע הארצית עומדת על כ- 297 כלי רכב ל- 1,000 נפש (לכול סוגי כלי הרכב¹). על פי נתונים אלה, רמת המינוע בעיר מודיעין גבוהה ביחס לממוצע הארצי. עם זאת, מנתון זה עולות מספר שאלות - מהי המשמעות של 15,950 כלי רכב רשומים בעיר?, מהו מספר כלי הרכב בבעלות חברות היושבות מחוץ למודיעין ושבעליהם מתגורר במודיעין?, מהו מספר כלי רכב בבעלות חברות שיושבות בעיר מודיעין ושבעליהם מתגורר מחוץ למודיעין? וכד'.

שיטה אחרת למדידת מספר כלי הרכב שעומדים לרשות התושבים הינה "זמינות רכב" – מספר כלי רכב זמינים לשימוש משק הבית ל- 1,000 תושבים. אולם, לא ניתן לקבל אמדן של זמינות רכב על פי נתונים מנהליים. על מנת לאמוד זמינות רכב יש צורך באיסוף נתונים מפורט, הכולל תכנית דגימה של מספר כלי הרכב הזמינים לשימוש בכל משק בית. איסוף נתונים מסוג זה

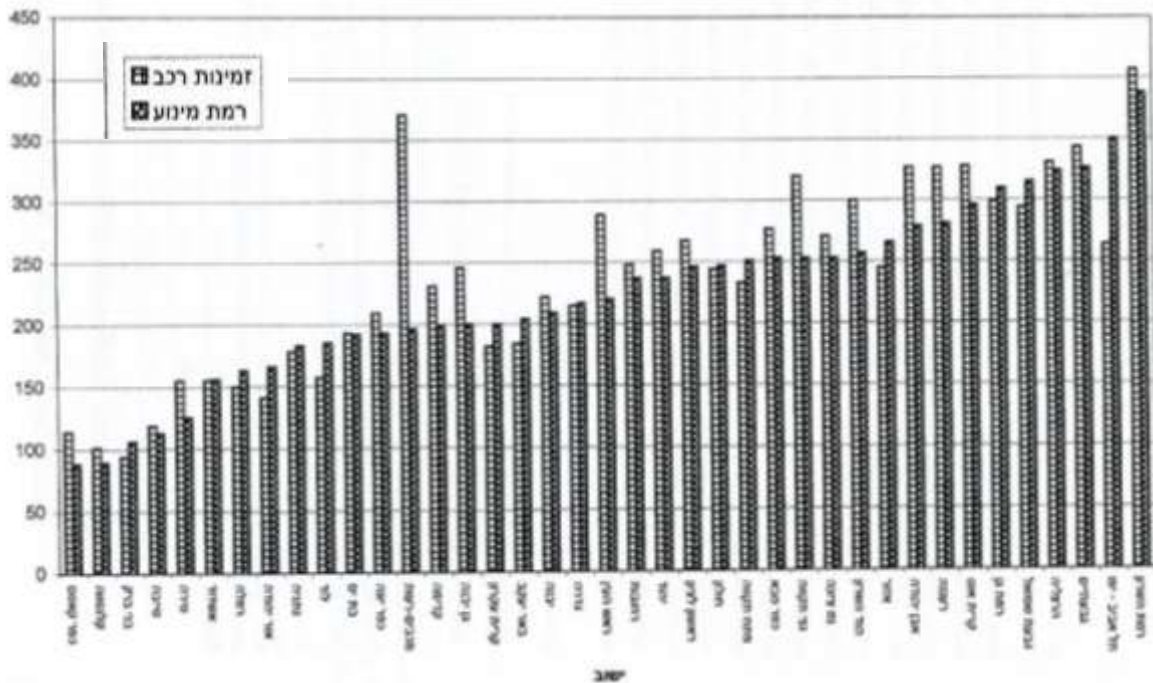
¹ כל הנתונים מתוך אתר הלמ"ס www.cbs.gov.il

נעשה בדרך כלל במסגרת סקרי הרגלי נסיעה הארציים, המבוצעים בישראל בכל כ- 12 שנים (האחרון בשנת 1996), וסקרי הרגלי נסיעה מטרופולינים.

תרשים 1 מציג נתוני רמת מינוע לעומת זמינות רכב במטרופולין תל אביב. ניתן לראות כי בעיר תל אביב רמת המינוע עומדת על כ- 350 כלי רכב ל- 1,000 נפש לעומת רמת זמינות הרכב העומדת על כ- 260 כלי רכב ל- 1,000 נפש. לעומת זאת ביישובים מכבים-רעות (טרם הקמת העיר מודיעין) רמת המינוע עמדה על כ- 200 כלי רכב ל- 1,000 נפש אולם זמינות הרכב באותם יישובים הייתה מהגבוהות בארץ ועמדה על כ- 375 כלי רכב ל- 1,000 נפש. סיבה אפשרית לפער זה הינה ריבוי של אנשי קבע המועסקים ע"י צה"ל, אשר כלי הרכב בהם, כאמור, אינם רשומים ביישוב.

תרשים 1: רמת מינוע וזמינות רכב ביישובים במטרופולין תל אביב בשנת 1995²

Figure 1: Car ownership and availability in local city in Tel Aviv metropolitan area



מחקר זה כולל ניתוח של המשתנים המשפיעים על זמינות הרכב במשק בית, ומגמתם בין השנים 1996 ל- 2006. הניתוח מבוסס על שני סקרי הרגלי נסיעה שבוצעו בשנים האחרונות במטרופולין. בנוסף, מוצעים בעבודה זו מודלים של זמינות רכב למטרופולין חיפה.

² מקור: וובשה, פ., 1996, המכון הישראלי למחקר תחבורה: מודלים של רמת מינוע וזמינות רכב במטרופולין תל אביב,

מטרות המחקר שהוגדרו הינן:

- בחינת מגמות זמינות רכב בישראל, כולל:
 - חקירת המשתנים המשפיעים על זמינות הרכב במשק בית
 - ניתוח ואמידת מודל לזמינות רכב במטרופולין חיפה
- הערכה של זמינות הרכב הצפויה במטרופולין חיפה
 - לאור המגמות בעשור האחרון
- בחינת הגורמים המשפיעים על רמת זמינות רכב במשק בית במטרופולין חיפה.
העבודה מורכבת ממספר פרקים כדלקמן:
- פרק סקירת ספרות, אשר מהווה את הרקע התיאורטי הדרוש לביצוע המחקר תוך התייחסות לעבודות דומות שנעשו בעולם ובישראל. פרק זה כולל סקירה של רמת המינוע בישראל לאורך השנים, התייחסות למאפיינים הייחודיים של ישראל, אפיון של סוגי מודלים של רמת מינוע זמינות רכב, וכן סקירה של מודלים מהארץ ומהעולם, תוך התייחסות למשתנים המשפיעים על זמינות הרכב במשק בית על פי מודלים אלה.
- פרק מתודולוגיה הכולל תיאור המחקר ובו מפורטים: השערות המחקר, שיטת הפעולה, שלבי המחקר, תיאור איסוף ובניית בסיס הנתונים למחקר, וכן הנחות המודל ורשימת המשתנים שנבחנו.
- פרק תוצאות המחקר כולל ניתוח הממצאים, ובו מופיעים תיאור המגמות של זמינות רכב במטרופולין חיפה, מודלים של זמינות רכב במטרופולין לשנים 1996 ו-2006, ניתוחים השוואתיים של המודלים וכן תחזית זמינות רכב במטרופולין לאור המגמות הקיימות.
- פרק הסיכום כולל דיון, מסקנות וכן המלצות להמשך המחקר.

2. סקירת ספרות

נושא רמת מינוע וזמינות רכב נחקר מזה שנים רבות, החל מסוף שנות ה-30 של המאה ה-20. לאור זאת, קיימים בספרות מספר רב של מאמרים בנושא המייצגים גישות שונות ופיתרונות שונים לחיזוי התופעה. בישראל, התעוררה הבעיה מטבע הדברים מאוחר יותר, לאור הגידול במספר כלי הרכב לאחר הקמת המדינה.

פרק זה כולל שני תתי פרקים: הראשון מציג סקירה של רמת המינוע בישראל וההבדלים בינה לבין מקומות אחרים בעולם, והשני מציג סקירה של מודלים לזמינות רכב ורמת מינוע מהארץ ומהעולם. בסוף הפרק יובא סיכום של שני תתי הפרקים.

1.2. רמת המינוע בישראל

רמת המינוע בישראל נמצאת באופן טבעי במגמת עלייה, החל מקום המדינה ועד היום. תת פרק זה, מציג את המגמות הקיימות בישראל של רמת המינוע וזמינות הרכב, על מאפייניהם הייחודיים. תת הפרק כולל שלושה חלקים: חלק ראשון כולל סקירה של רמת המינוע בישראל לאורך השנים, החלק השני כולל השוואה של רמת המינוע בישראל ביחס למדינות אחרות בעולם, ומספק הסבר לייחודיות של ישראל בנושא זה והחלק השלישי כולל התייחסות לתופעה של רכב חברות אשר התפתחה בישראל בשנים האחרונות ומשפיעה על נושא זמינות הרכב במשק בית, כפי שיפורט בהמשך.

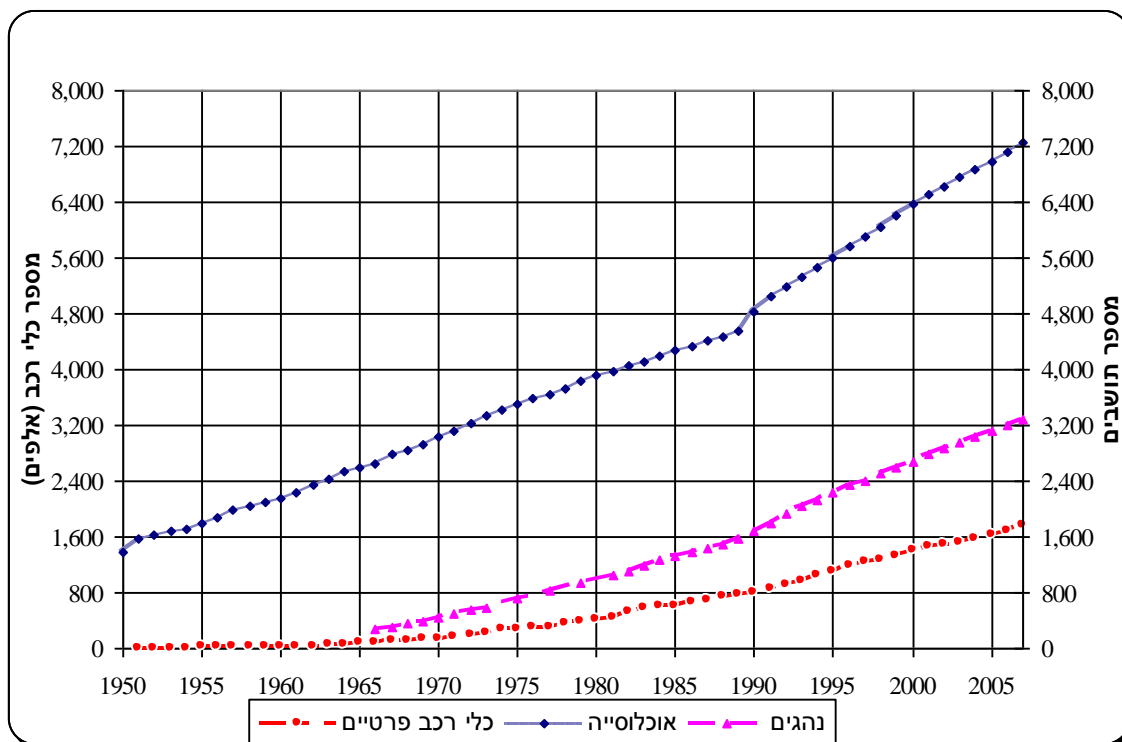
1.1.2. התפתחות רמת המינוע בישראל

במדינת ישראל, בדומה למדינות המערב, הרכב הפרטי הינו אמצעי הנסיעה העיקרי. צי הרכב בישראל נאמד, נכון לפברואר 2008, בכ- 1.82 מיליון כלי רכב. בנוסף, כולל צי הרכב עוד כ- 100,000 כלי רכב המוגדרים כלי רכב מסחריים (כהן ואחרים, 2008).

בין השנים 1950-2007 חל גידול במספר התושבים, במספר כלי הרכב וכן במספר הנהגים באוכלוסייה. שיעור הגידול הממוצע השנתי הגבוה ביותר של מספר כלי הרכב בישראל היה במהלך שנות ה-60 (כ- 21%) ושנות ה-70 (כ- 12%). במהלך אותה תקופה גדל שיעור האוכלוסייה רק בכ- 3% בשנה, אך מספר הנהגים גדל בכ- 11% בשנות ה-60 ובכ- 9% בשנות ה-70. בשנות ה-2000 חלה ירידה יחסית בשיעור הגידול השנתי במספר כלי הרכב בישראל (כ- 4% בשנה), ובמספר הנהגים (כ- 3% בשנה). במהלך אותה תקופה קצב גידול האוכלוסייה השנתי עמד על כ- 2% בשנה (ראה תרשים 2).

תרשים 2: גידול באוכלוסייה, מספר כלי הרכב ומורשים לנהוג בישראל 1950-2007

Figure 2: Increase in population, vehicles and licensed drivers in Israel 1950-2007

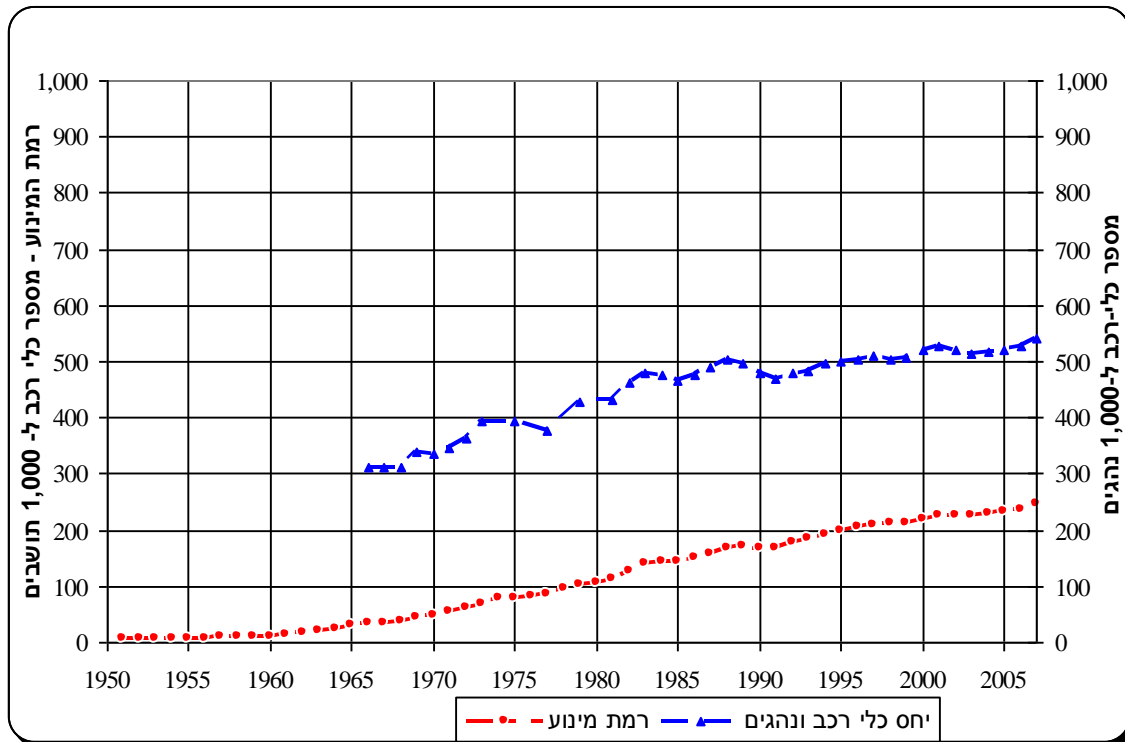


את הגידול במספר כלי הרכב בישראל ניתן להסביר בגידול באוכלוסייה מצד אחד ובגידול ברמת המינוע מצד שני. כך לדוגמא, בשנת 2006 גדל מספר כלי הרכב בישראל בכ- 4%. עליה זו נובעת מהגידול באוכלוסייה בשיעור של כ- 2%, וברמת המינוע של כ- 2%. בתרשים 3 ניתן לראות כי רמת המינוע בישראל עולה באופן עקבי אך עליה זו מתונה יחסית.

תופעה נוספת שיש לציין הינה כי היחס בין מספר כלי הרכב למספר המורשים לנהוג נשאר די עקבי לאורך השנים בייחוד במהלך 20 השנים האחרונות. למעשה, כבר בשנת 1983 עמד שיעור המורשים לנהוג על כ- 483 ל- 1,000 כלי רכב. בשנת 2006 עמד שיעורם על כ- 527 נהגים. נתון זה מצביע על גידול של כ- 9% בשיעור הנהגים בתקופה של 23 שנים (כ- 0.4% בשנה). עובדה זו מצביעה על הקשר בין מספר בעלי רישיון נהיגה באוכלוסייה לבין מספר כלי הרכב ורמת המינוע בישראל.

תרשים 3 : רמת המינוע ויחס כלי רכב לבעלי רישיון נהיגה בישראל 1950-2007

Figure 3: Car ownership and ratio between cars and licensed drivers in Israel 1950-2007



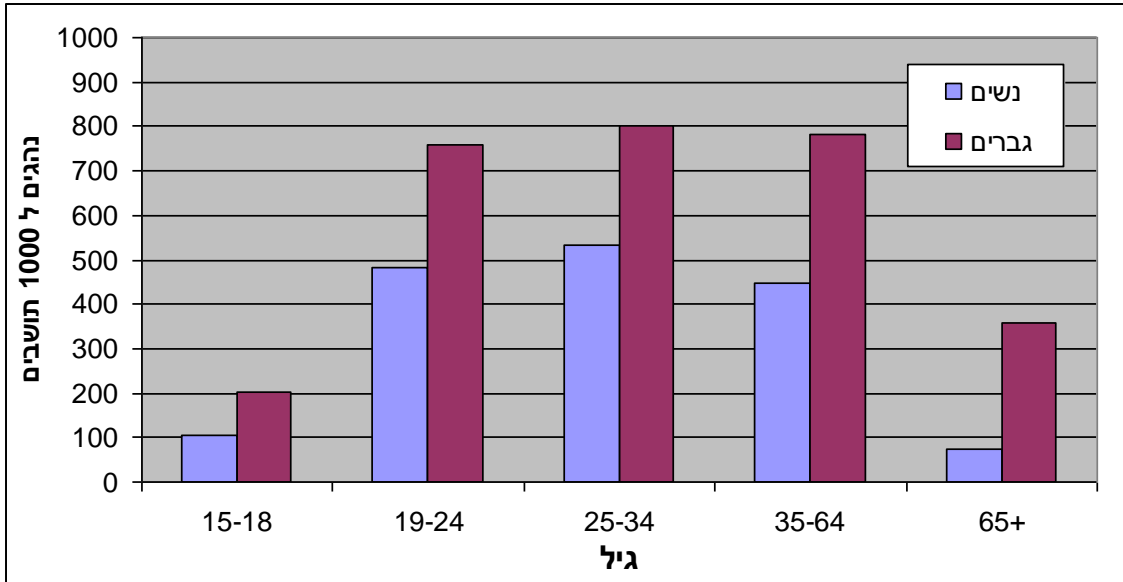
בשנת 2003 נערכה בחינת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה בישראל , על ידי צוות מומחים בנושא מכל הארץ (הירש ואחרים , 2003). במסגרת עבודתה , בחנה הוועדה את השיטות המקובלות לתחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה וזיהוי בעיות ופוטנציאל לשיפורים.

אחת מהבדיקות שבוצעו במסגרת עבודה זו, התייחסה לנושא שיעור המורשים לנהוג באוכלוסייה על פי קבוצת גיל. כפי שניתן לראות בתרשים 4, שיעור הנהגים בכל אחת מקבוצות הגיל , בשנת 1995, לא הגיע עדיין לרמת רוויה מקסימאלית , כאשר בקרב הנשים שיעור הנהגות נמוך משמעותית. בנוסף, בקבוצות הגיל +65, אחוז הנהגים באוכלוסייה נמוך באופן משמעותי.

בחינה נוספת שבוצעה בדקה את ההשפעות של מאפיינים סוציו כלכליים וגיאוגרפיים על שיעור מורשים לנהוג באוכלוסייה. כפי שניתן לראות בתרשים 5, שיעור זה עולה ככל שהמצב הסוציו כלכלי משתפר. בנוסף, ניתן לראות כי השונות בין המחוזות קטנה יחסית , כאשר מחוז ירושלים נמוך מהממוצע הארצי.

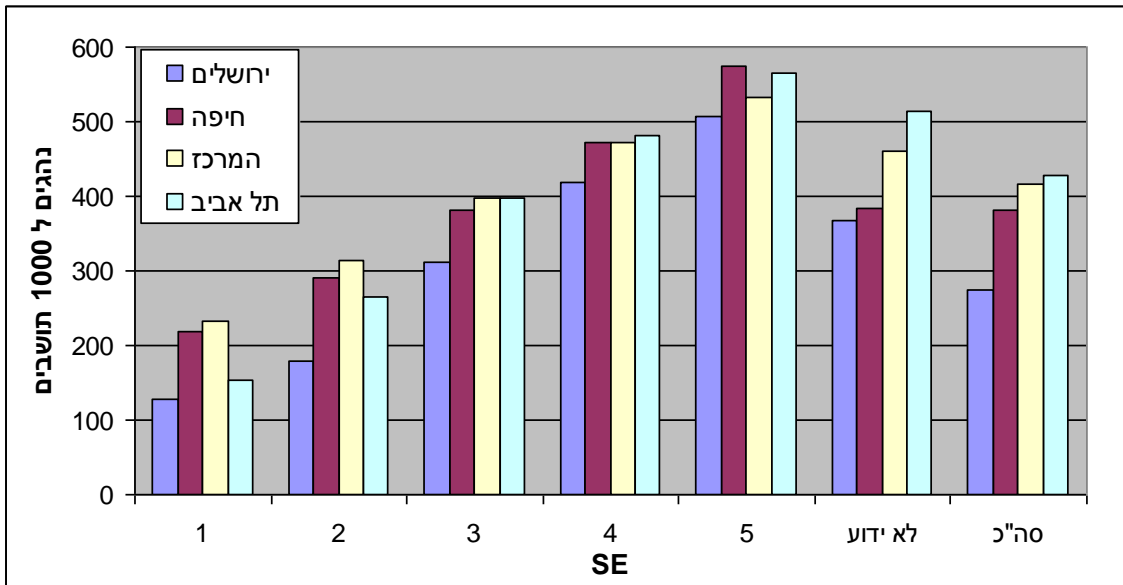
תרשים 4: שיעור מורשים לנהוג באוכלוסייה בישראל, לפי מין וגיל, שנת 1995³

Figure 4: Licensed drivers in the population in Israel by age, 1995



תרשים 5: שיעור מורשים לנהוג באוכלוסייה בישראל, לפי רמה סוציו כלכלית ומיקום גיאוגרפי שנת 1995⁴

Figure 5: Licensed drivers in the population in Israel by socioeconomic level and geographic location, 1995



לסיכום, הנתונים שהוצגו בפרק זה מעידים על גידול איטי בשיעור כלי הרכב ל- 1,000 נהגים לאורך זמן. למשתנים הדמוגרפיים והסוציו כלכליים ישנה השפעה ניכרת על בעלות רישיון

³ מקור: בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה בישראל, דו"ח סיכום והמלצות, יולי 2003
⁴ מקור: בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה בישראל, דו"ח סיכום והמלצות, יולי 2003

הנהיגה, אם כי השפעה זו משתנה באופן ניכר לפי המין . בכל הגילאים 19-64, מספר מורשים לנהוג לאלף נפש בקרב הגברים גבוה , כאשר קבוצת הגברים השייכים לרמות הסוציו- כלכליות הגבוהות קרובות לרוויה, כלומר, כמעט כולם בקבוצה זו מורשים לנהוג.

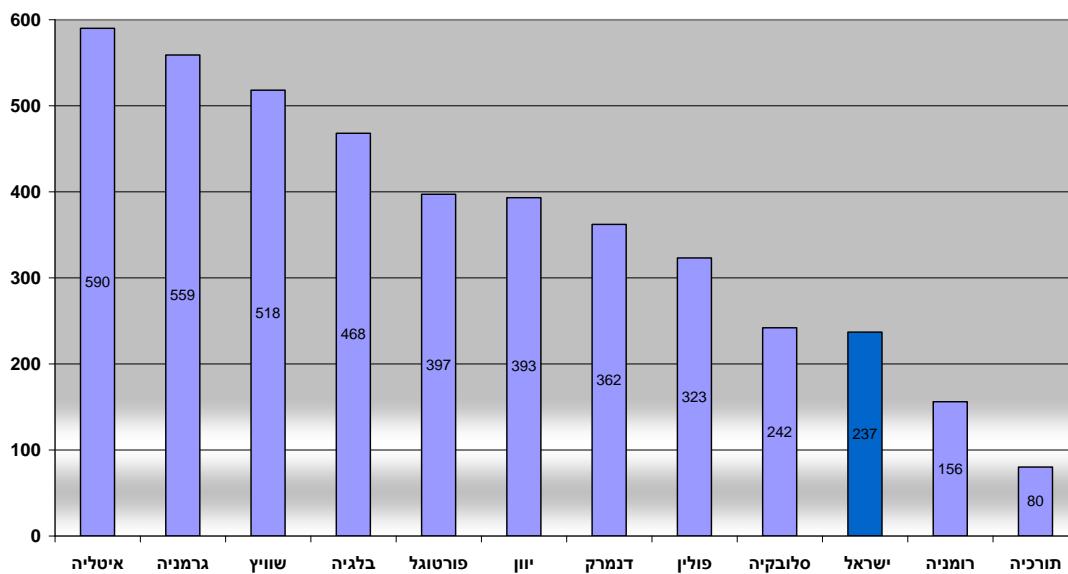
המסקנה מעבודת צוות מומחים הייתה שניתן לחזות זמינות רכב באמצעות שני שלבים: ראשית, חיזוי בעלי רישיון נהיגה על פי נתונים דמוגרפיים, ולאחר מכן חיזוי זמינות רכב על פי הקשר בין מורשים לנהוג לבין מספר מכונות. שיטה זו יושמה לאחרונה לחיזוי זמינות רכב במטרופולין תל אביב (Beckor et al, 2006). לשיטה שתוארה לעיל יתרונות ברורים: המודל פשוט ליישום ולא דורש משתני קלט רבים . אולם, במידה ומעוניינים לקבל תמונה מפורטת יותר של זמינות רכב באזורים שונים, המודל פשטני מדי ולא מתחשב בתכונות הפרט מלבד גיל ומגדר.

2.1.2. רמת המינוע בישראל בהשוואה למדינות אחרות בעולם

בהשוואה למדינות אחרות בצפון אמריקה ובאירופה , ואף למדינות רבות במזרח אירופה , בולטת העובדה שרמת המינוע בישראל נמוכה (השמשוני, 1999) (ראה תרשים 6).

תרשים 6: כלי רכב פרטיים ל-1,000 נפש בארצות שונות באירופה ובישראל בשנת 2005⁵

Figure 6: Rate of private cars to 1,000 people in Israel and other countries, 2005



הירש ואחרים (2003) ניתחו את הסיבות האפשריות לייחודיות של ישראל בנושא רמת המינוע , לעומת מדינות אחרות בעולם. הסיבות מתחלקות לארבע קבוצות:

- דמוגרפית – במדינת ישראל , כפי שניתן לראות ב לוח 1, שיעור הילדים , שבהגדרה אינם נהגים, גבוה בשיעור ניכר ממדינות מערביות אחרות בעולם (כמעט פי 2 מאיטליה ויפאן).

⁵ מקור: מיזם הרכב החשמלי בישראל ישימות והשלכות תחבורתיות אפשריות, מרץ 2008

- תרבותית – במגזרים מסוימים כמו חרדים או ערבים , אחוז השימוש בכלי רכב ככלל ובקרב הנשים בפרט נמוך מאוד . בתרשים 7 ניתן לראות כי שיעור הנהגים ובעיקר הנהגות באוכלוסייה הערבית והחרדית נמוך בשיעור ניכר לעומת שיעורם בקרב אוכלוסיות אחרות.
- חברתית - בשל החובה של בני הנוער בישראל לבצע שירות צבאי בין הגילאים 18-21, ובשל תופעת התרמילאות שנפוצה בקרב צעירים משתחררים מהצבא , מאחרים הצעירים להגיע לרמות הכנסה המאפשרות להחזיק רכב.
- כלכלית - בישראל, העלות הקבועה של אחזקת רכב גבוהה יחסית למדינות אחרות בעולם בשל רמות המיסוי הגבוהות.

לוח 1: מבנה הגילאים בישראל לעומת מדינות אחרות בעולם (באחוזים)⁶

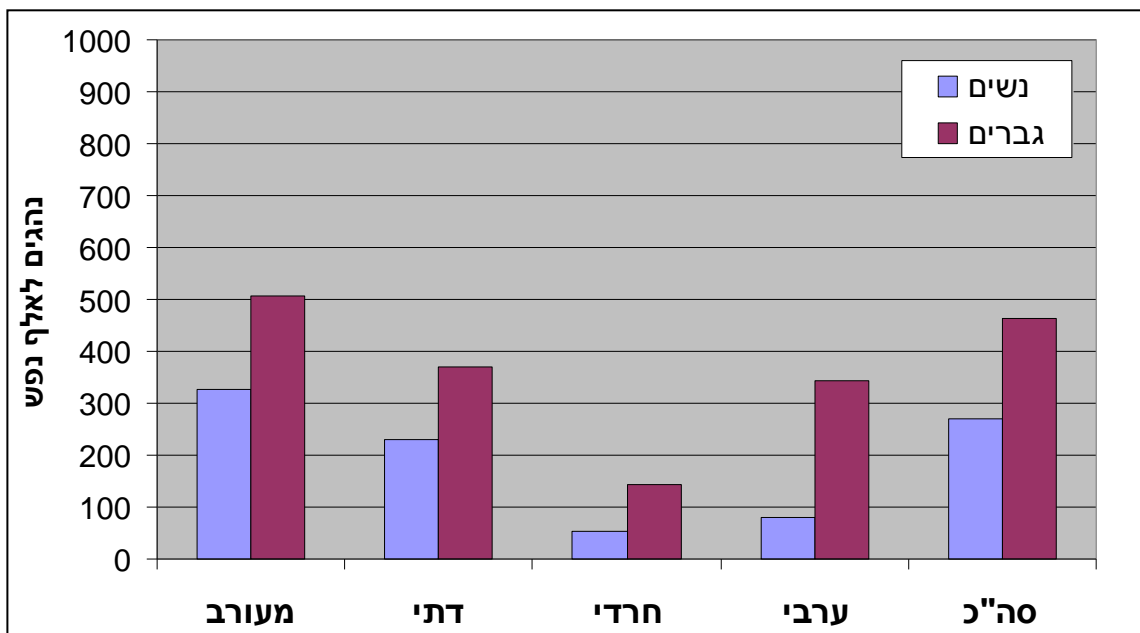
Table 1: population structure in Israel and other countries (by percent)

Country or area	% Age			Total (%)
	0- 14 (%)	15- 64 (%)	65+ (%)	
Australia	19	67	13	100
Austria	14	67	17	100
Belgium	16	66	17	100
Bulgaria	13	68	17	100
Canada	17	69	13	100
Denmark	18	65	15	100
France	18	65	16	100
Germany	13	66	20	100
Greece	14	66	19	100
ISRAEL	25	64	9	100
Italy	13	66	20	100
Japan	13	64	21	100
Netherlands	17	67	14	100
New Zealand	20	67	12	100
Norway	18	66	15	100
Portugal	16	66	17	100
Russia	14	71	14	100
Spain	14	67	17	100
Switzerland	15	68	16	100
United Kingdom	16	67	16	100
United States	20	67	12	100

⁶ מקור: אתר אינטרנט - <http://www.census2010.gov/cgi-bin/ipc/idbagg>

תרשים 7: שיעור הנהגים באוכלוסייה, לפי מין וקבוצת דתיות⁷

Figure 7: The rate of drivers in the population by sex and religion



3.1.2.3 רכב חברות

במהלך השנים האחרונות, החל מסוף שנות ה-90, גברה התופעה של קבלת כלי רכב מהמעסיק, במסגרת חוזה העבודה. במסגרת ההסכם שהתגבש בין העובדים למעסיקים, קיבל העובד מידי המעסיק כלי רכב לצרכיו האישיים תמורת תשלום חודשי למעסיק. המעסיק מצידו ביצע הסדר עם חברת לייסינג לקבלת רכבים בליסינג תפעולי או החכרה תפעולית⁸ ומשמעותו עסקה בה חוכר הארגון (או אדם פרטי), כלי רכב מחברת הליסינג לתקופה מסוימת. במהלך תקופה זו, ניהול צי הרכב ותחזוקתו מתבצעים על ידי חברת הליסינג בתמורה לתשלום חודשי.

בישראל לא קיימים נתונים ברורים אודות מספר רכבי לייסינג, מאחר שנתוני סקרי התחבורה של הלמ"ס אינם מבחינים בין נהיגה ברכב פרטי ובין נהיגה ברכב שהתקבל מידי המעסיק (ווינדזור ועומר, 2007), עם זאת, קיימים נתונים עקיפים אשר מצביעים על היקף התופעה. בדוח שהוגש לוועדת הכלכלה של הכנסת בשנת 2006, בנושא ענף הליסינג של כלי רכב בישראל⁹, צוין כי בשנת 2000 עמד שיעור הרכישות של כלי רכב בישראל ע"י חברות הליסינג על כ-25%. שיעור זה עמד בשנת 2004 על כ-50% ובשנת 2005 על 70%! על פי הערכת מחברי הדו"ח, בבעלות

⁷ מקור: וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה סיכום והמלצות, יולי, 2003
⁸ בניגוד לליסינג מימוני שהוא עסקה מימונית בלבד לרכישת הרכב, והאחריות התפעולית הינה בידי המשתמש
⁹ מקור: <http://www.knesset.gov.il/MMM/data/pdf/m01456.pdf>

חברות הליסינג בשנת 2006 כ- 130,000 כלי רכב המהווים כ- 8% מכלל כלי הרכב הפרטיים בישראל.

לרכב בבעלות המעסיק השפעות לא מבטלות על משק התחבורה. העובדה שהמשתמש ברכב חברה אינו רגיש לעלויות השימוש בו משפיעה על דפוסי הנסיעה שלו במספר היבטים:

- ישנם סיכויים גבוהים מאוד כי עובד עם רכב חברה יבצע את הנסיעות היוממות שלו ברכב החברה, גם אם עומדת לרשותו תחבורה ציבורית יעילה מאוד.
- הנטייה לביצוע הנסיעות שאינן למטרת עבודה ברכב הפרטי גבוהה בשל רגישות נמוכה לעלויות הנסיעה ברכב.
- רכב החברה מגדיל את זמינות הרכב לשאר חברי משק הבית, ומשפיע על דפוסי הנסיעות שלהם.
- הנסועה השנתית הרכב החברה גבוהה יותר וזאת בשל מספר סיבות:
 - ביצוע נסיעות למטרות עבודה
 - נטייה של משתמשים ברכב חברה לגור רחוק יותר ממוקם עבודתם (כהן, 1998 מ- Jones, 1997)
 - רגישות נמוכה לעלות השימוש ברכב מגדילה את הנסיעות

עד כה לא בוצעו מחקרים פרטניים לבחינת ההשלכות של תופעת הליסינג על נושא זמינות הרכב בישראל ועל הרגלי הנסיעה במשקי בית על רכב ליסינג לעומת משקי בית ללא רכב ליסינג. במסגרת עבודה זו, תיבחן תופעה זו, כפי שבאה לידי ביטוי במטרופולין חיפה המצומצם.

2.2. מודלים של זמינות רכב ורמת מינוע

המונח זמינות רכב התפתח במהלך השנים האחרונות כחלק מהתפתחות המודלים התחבורתיים שדורשים כיום רמת פירוט גבוהה יותר של נתוני הקלט. תת פרק זה כולל חמישה חלקים: בחלק הראשון תינתן סקירה של משמעות המושג זמינות רכב והפרשנויות השונות הניתנות בספרות. החלק השני כולל פירוט על החשיבות של מודלים לזמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה. החלק השלישי כולל פירוט של סוגי המודלים לזמינות רכב הקיימים בספרות, והחלק הרביעי מנתח את המשתנים המסבירים את זמינות הרכב במשק בית. הפרק החמישי, כולל סקירה של מודלים לזמינות רכב שכוילו באזורים המטרופוליניים בישראל.

1.2.2.2 רקע

מודלים של רמת מינוע נמצאים בפיתוח החל משנות ה-30 של המאה ה-20 (Whelan, 2005). במשך השנים, פותחו מספר רב של מודלים לאמידה וחיזוי רמת מינוע, ובשנים האחרונות גם של זמינות רכב, לצורך מטרות רבות.

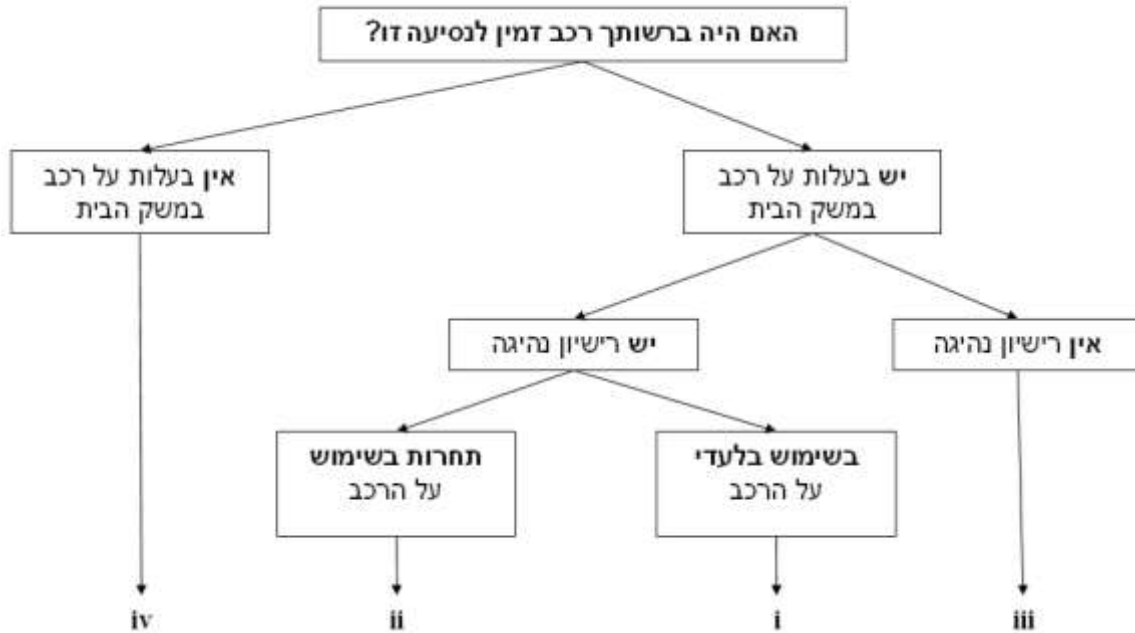
מודלים של זמינות רכב כוללים התייחסות למספר כלי הרכב הזמינים בכל משק בית. ניתן להגיד "זמינות רכב" כאינדקס המגדיר את דרגת היכולת של הפרט להשתמש ברכב פרטי לנסיעה למטרה מסוימת בזמן כלשהו במהלך שעות היממה. האלמנט המרכזי המשפיע על רמת זמינות הרכב הינה עצם העובדה שיש בבעלות הנוסע כלי רכב. בנוסף, קיימים מספר משתנים נוספים כמו: זמן השימוש, תדירות השימוש והנחות.

Berechman and Paaswell (1977) מבחינים בשני מימדים הקשורים לנושא זמינות רכב. המימד הראשון הינו – איך הרכב זמין?, לכך יכולות להיות 3 אפשרויות: כנהג, כנוסע או לא זמין כלל. והמימד השני הינו – ל כמה זמן הרכב זמין?, ולכך יכולות להיות מגוון תשובות בין זמין כל הזמן לכלל לא זמין.

Bailey (1984) מגדיר זמינות רכב לנסיעה מסוימת של נוסע, כאשר הנסיעה מתבצעת או הייתה יכולה להתבצע במכונית, בשאר המקרים הנסיעה נחשבת כנסיעה שאין בה זמינות רכב. המשתנים החשובים לטענתו לסיווג של זמינות הרכב הינם: כמה בעלי רישיונות ביחס למספר הרכבים יש במשק הבית? ורמת התחרות במשק הבית לשימוש ברכב הפרטי. תרשים 8, מבחין בין ארבע אפשרויות של זמינות רכב.

תרשים 8: זמינות רכב - תרשים זרימה (Bailey, 1984)

Figure 8: Car availability - flow chart (Bailey, 1984)



i. שימוש בלעדי ברכב, של בעל רישיון נהיגה במשק בית עם בעלות על רכב

בקטגוריה זו, מספר הרכבים במשק הבית שווה למספר בעלי רישיונות הנהיגה שבו. בתיאוריה, בכל הנסיעות במשק בית זה, כלי הרכב יהיה זמין. מיקרים בהם הרכב לא יהיה זמין מעטים כמו כאשר הרכב נמצא לא כשיר לנסיעה או כאשר הרכב הינו רכב חברה שלא ניתן לבצע איתו נסיעות מסוימות. המושג "זמינות רכב" בקטגוריה זו ברור לחלוטין וחד משמעי, בניגוד לקטגוריות האחרות.

ii. תחרות על השימוש ברכב, של בעל רישיון נהיגה במשק בית עם בעלות על רכב

בקטגוריה זו, ישנם יותר בעלי רישיונות במשק הבית מאשר כלי הרכב, דבר הגורם לתחרות על השימוש ברכב הפרטי. במקרה זה, הגדרת זמינות רכב לפרט אינה חד-משמעית. לדוגמא, משק בית עם כלי רכב אחד ושני מבוגרים העובדים במקומות שונים: אחד מהם נוסע לעבודה באמצעות האוטובוס ומשאיר את הרכב הפרטי לשני.

כאשר נשאל את האדם שנסע באוטובוס האם יש לו רכב פרטי זמין הוא יכול לענות על השאלה גם ב-"כן" וגם ב-"לא":

- אם הוא עונה "כן" – הוא מחשיב עצמו כמשתמש עיקרי ברכב במשק הבית אשר משאיר לשני "אישור" להשתמש ברכב עבור נסיעה מסוימת.

- אם הוא עונה "לא" – הוא לא יכול להשתמש ברכב מכיוון שהרכב נשאר בבית לאדם השני שהוא ככל הנראה המשתמש העיקרי ברכב במשק הבית.

הפרשנויות לתשובות של שאלה זו תלויים בהרגלים של משק הבית בנוגע לרכב הפרטי. לא ניתן להתגבר על סוגיה זו גם אם מנסחים את השאלה בצורה אחרת כמו: "האם היה רכב זמין פנוי לנסיעה זו ולא היה תפוס (deprive) ע"י מישהו אחר מבני משק הבית?" – השאלה האם היה תפוס או לא תלויה בשאלה האם הייתה לו רשות חופשית לעשות כן.

iii. אין רישיון נהיגה, במשק בית עם בעלות על רכב

בקטגוריה זו, אין לנוסע רישיון, במשק בית שיש בבעלותו כלי רכב פרטי. גם במקרה זה אנו נתקלים בבעיה הדומה לדוגמא הקודמת. שוב נשאלת השאלה למי יש את הזכות לנסוע ברכב במשק הבית? אך בהבדל אחד גדול - במקרה זה מדובר בנוסעים נלווים. לנוסעים אלה יש צורך בזמינות רכב אך גם במוכנות ("willingness") של מישהו אחר לנהוג. המשתנים המסבירים במקרה זה הינם: רמת הנכונות של אדם להיות תלוי ברצון של מישהו אחר להסיעו, האם הנהג הוא בן משק הבית או לא והאם הנהג נוסע אף הוא לאותה מטרה או שהוא נוסע במיוחד במטרה להסיע.

iv. אין בעלות על רכב במשק הבית

בקטגוריה זו, אין במשק הבית כלי רכב. כפי שהודגם לעיל, אין המשמעות הוודאית במקרה זה שלא קיימת לאף אחד מבני משק הבית "זמינות רכב" אך אין ספק כי קשה מאוד לזהות את רמת זמינות הרכב לכל אחד מבני משק הבית בקטגוריה זו. מספר האנשים בעלי זמינות רכב המשתייכים לקטגוריה זו אינו גדול בכל מקרה ולמרות שישנם סקרים ששואלים על זמינות רכב גם אנשים המשתייכים לקטגוריה זו, לא כוללים אותם בשלב עיבוד הסקר.

מחקרים שניסו לבחון את המושג זמינות רכב נתקלו בקשיים להבנת משמעות המושג. שיטה אחת להתמודד עם הבעיה היא להבהיר "זמינות רכב" בצורה מפורשת ושאינה שנויה במחלוקת. לדוגמא, Banister and Gwilliam (1977) הגדירו רכב זמין כמצב שבו הרכב לא נמצא בשימוש ע"י מישהו אחר וממוקם במקום בו הנסיעה מתחילה. לעומתם, Bailey ו-Layzell (1982) טוענים שהימצאותו של כלי רכב במקום בו מתחילה הנסיעה אינו תנאי מספיק ומגדירים זמינות רכב אם ורק אם הרכב לא נמצא בשימוש לאורך כל זמן הנסיעה מהיציאה מהבית ועד החזרה לבית.

לוח 2, מציג דוגמאות לנסיעות של בני משק בית אחד – בעל ואישה, הממחישות את ההבדלים בין שתי הגישות להגדרת "זמינות רכב". נסיעות 1,2 כמו גם נסיעות 3,4 מייצגות מסלולים מעגליים המתחילים ומסתיימים בבית.

במחקרם, מגדירים Bailey ו-Layzell את נסיעות 3 ו-4, כנסיעות בהם ישנה זמינות רכב. לעומתם, Gwilliam ו-Banister מגדירים אף הם את נסיעות 3 ו-4 אך מוסיפים שגם בנסיעה 1 ישנה זמינות רכב.

לוח 2: הגדרות אלטרנטיביות של "זמינות רכב"

Table 2: Alternative definition of "car availability"

נסיעות האישה			נסיעות הבעל		
אמצעי	מוצא/יעד	מספר נסיעה	אמצעי	מוצא/יעד	מספר נסיעה
מכונית	בית לקניות	3	אוטובוס	בית לעבודה	1
מכונית	קניות לבית	4	אוטובוס	עבודה לבית	2

במחקר שביצע Bailey (1984) ניסה לשפוך אור על סוגיה זו על בסיס סקר הרגלי נסיעה שנערך ב-South Yorkshire בשנת 1981. במחקרו, השווה Bailey את התוצאות על פי גישות שונות של הגדרת זמינות הרכב, וכן, בחן את בחירת המיקום של כלי הרכב במשק הבית באמצעות שאלות מעמיקות יותר. המחקר, העלה שתי מסקנות חשובות:

- בדרך כלל יש במשק הבית משתמש עיקרי ברכב. המשתמש העיקרי נקבע על פי רוב בצורך ברכב לעבודה (לצורך שימוש בעבודה או בשל קושי בהגעה אל או מהעבודה).
- מרבית הקונפליקטים בנוגע לשימוש ברכב אינם נובעים ממיקום כלי הרכב, אלא בשימוש של המשתמש העיקרי ברכב. המשתמשים האחרים מתאימים את נסיעותיהם לזמן אחר או "מקבצים" אותם ליום בו המשתמש העיקרי אינו זקוק לרכב או שהם מבצעים את נסיעותיהם כנוסעים ברכב (ולא כנוהגים).

2.2.2. חשיבות מודלים של זמינות רכב

מודלים של זמינות רכב משמשים מספר גופים ומטרות שונות. כך לדוגמה, יצרני הרכב וחברות הנפט מכיילים מודלים במטרה להעריך את צרכי המשתמשים ולהיערך בהתאם, לעומתם, ארגונים בינלאומיים (כמו הבנק העולמי) נעזרים בנתוני רמת המינוע (ברמה לאומית) לבניית

תכניות השקעה. גם ברמה הממשל נעשה שימוש בנתוני זמינות רכב לצרכים שונים : משרד האוצר מחשב באמצעות רמת המינוע החזויה את ההכנסות ממיסים ובמשרדי התחבורה, נעזרים בנתוני זמינות הרכב ורמת המינוע להבנת צרכי התחבורה וקבלת החלטות על צעדי המדיניות והתכנון העתידיים (De Jong, et al. 2003). מחקר זה, מתמקד במודלים שנבנו לצרכי תכנון ערים ותחבורה (הקבוצה האחרונה).

Sen (2007) מציין כי למספר כלי הרכב במשק בית ישנן השלכות בשלוש רמות עיקריות : רמת משק הבית, רמת הקהילה ורמת האזור. ברמת משק הבית, מציין Sen כי מספר כלי הרכב במשק הבית מבטא את מרחב האפשרויות של משק הבית כפועל יוצא של הזמן לביצוע הנסיעות לכל פעילות. דבר זה מביא לגידול מתמשך במספר כלי הרכב הממוצע במשק הבית לאורך השנים. בנוסף, עלויות ההוצאות עבור נסיעות של משק הבית מושפעות כמובן גם ממספר כלי הרכב. ככל שמספר כלי הרכב במשק הבית גדול יותר, כך גדל מרחב האפשרויות של משק הבית וההוצאות עבור נסיעות. Sen מצביע על כך שעל פי נתוני CES (Consumer Expenditure Survey) מ-2002, כ-19.1% מהכנסות השנתיות של משק הבית מושקעות בנושא תחבורה.

ברמת הקהילה, מציין Sen את ההשפעות החברתיות של זמינות הרכב. הגידול בשימוש בכלי הרכב מקטין את ההסתברות למפגשים חברתיים בין אנשים, בדגש על מפגשים ספונטניים. בנוסף, בנושא הצדק החברתי, מספר כלי הרכב במשק הבית משפיע על עקרון השוויוניות. לדוגמא, הגידול במספר כלי הרכב מחייב את המדינה בסלילת כבישים חדשים. מקור התקציב לכבישים אלה מגיע מהמיסים של כלל התושבים – בעלי כלי רכב או ללא כלי רכב.

בנושא השלכות של מספר כלי הרכב ברמת האזור, מציין Sen מספר נקודות: עומסי תנועה, השפעות סביבתיות, השפעות בריאותיות, השפעות על ההתפתחות הכלכלית, השפעות על התשתית, השפעות על שימושי הקרקע והשפעות על צריכת האנרגיה.

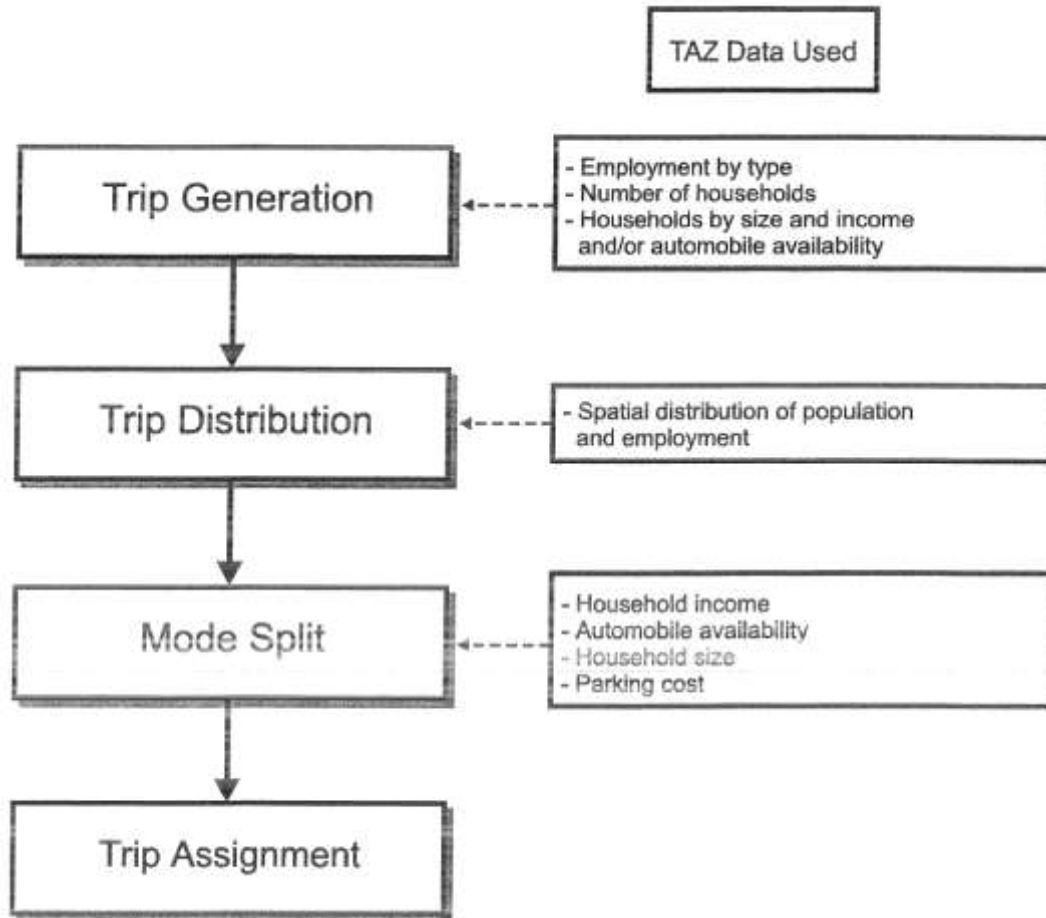
Beckmann (1973) מציין כי מספר כלי רכב במשק בית הינו משתנה חשוב לחישוב : מספר הנסיעות הכולל המבוצע ע"י הפרט (Trip Generation), ההתפלגות של נסיעות אלה בין אמצעי התחבורה השונים (Mode Split), ההתפלגות של הנסיעות בין יעדים אלטרנטיביים (Trip Distribution).

בדו"ח שהוכן ע"י Cambridge Systematics Inc. (1997) ציינו המחברים שימושים שונים של מודלים לזמינות רכב לצרכי תכנון. הדו"ח מציין את החשיבות הרבה של זמינות רכב כקלט למודל 4 השלבים (כפי שניתן לראות גם בתרשים 9), וכן מצביעים על קשר ישיר בין זמינות רכב

לבין יצירת נסיעות ובחירת אמצעי נסיעה , ועל קשר עקיף בין זמינות רכב לבין פיצול הנסיעות ובחירת מקום מגורים של משק בית.

תרשים 9 : נתוני קלט למודל 4 שלבים (Meyer and Miller's, 2006)

Figure 9: Input data for 4 step models (Meyer and Miller's, 2006)

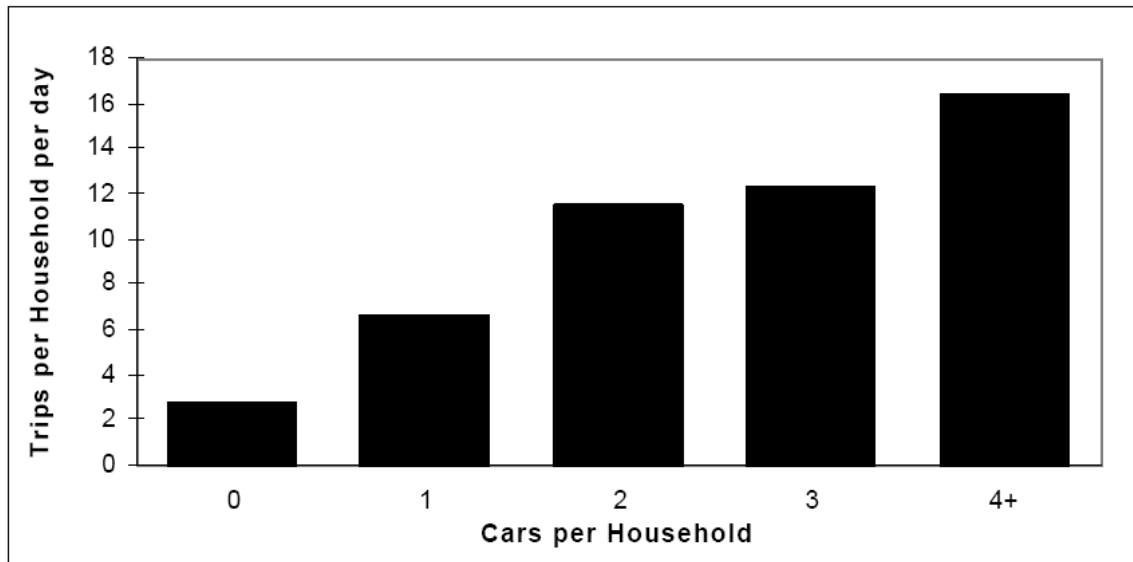


להלן פירוט חשיבות מודלים של זמינות רכב לכל אחד מהשלבים:

יצירת נסיעות – רמת הכנסה, זמינות רכב וגודל משק בית הינם המשתנים המשפיעים ביותר על הרגלי הנסיעה של משק הבית (Sun et al, 1998). ככל שכלי הרכב פחות זמין למשתמש, כך יורדות מספר הפעילויות המבוצעות בכל נסיעה המבוצעת על ידו (J. Berechman & R.E. Paaswell, 1977). הסיבה לכך נעוצה בעובדה שזמינות גדולה יותר של כלי רכב מאפשרת יותר הזדמנויות לביצוע נסיעות. כמו כן, לאור העובדה שבמרבית המקרים כלי הרכב מהיר יותר מאשר אמצעי תחבורה אחרים, מתאפשר לבעל הרכב ביצוע מספר גדול יותר של פעילויות המצריכות ביצוע נסיעה. סיבה נוספת נעוצה בעובדה שזמינות רכב מהווה גם משתנה שמייצג את הכנסת משק הבית, כאשר משקי בית עם הכנסה גבוהה יוצרות יותר נסיעות.

Richardson and Ampt (1997) בחנו במחקר שבוצע באוסטרליה את ההשפעה של זמינות הרכב על מספר הנסיעות המבוצעות על ידי בני משק הבית (ראה תרשים 10). ניתן לראות כי מספר הנסיעות במשק הבית גדל בצורה הקרובה לליניארית ככל שמספר כלי הרכב במשק הבית גדול יותר.

¹⁰Richardson and Ampt (1997) השפעת זמינות רכב על מספר נסיעות בעיר מלבורן על פי תרשים 10: influence of car availability on number of trips in the city of Melbourne



בחירת אמצעי נסיעה (פיצול נסיעות) – אחת מההשפעות הגדולות ביותר שיש לזמינות הרכב במשק בית הינו נושא בחירת אמצעי הנסיעה. לעיתים, הסיבה העיקרית לבחירת אמצעי נסיעה אינה זמן הנסיעה או עלותה, אלא רמת זמינות הרכב של הנוסע. במשקי בית ללא כלי רכב קביעה זו באה לידי ביטוי בצורה הברורה ביותר. בנוסף, מובן שגם רמת זמינות הרכב במשק הבית משפיעה על האפשרויות העומדות בפני כל אחד מבני משק הבית בבחירת אמצעי הנסיעה שלו בכל נסיעה. לאור זאת, מפתחים לעיתים מודלי בחירת אמצעי נסיעה שונים לרמות זמינות רכב שונות.

מחקרים רבים נכתבו בנושא אשר בחנו את ההשפעה של זמינות הרכב על בחירת אמצעי הנסיעה. Venter (2007) מציין כי בדרום אפריקה 70% מהאנשים אשר במשק הבית שלהם יש לפחות כלי רכב אחד אינם משתמשים בתחבורה ציבורית. יתרה מכך, Bailey (1984) טוען כי בעלי רישיון נהיגה שיש להם זמינות רכב מלאה, מבצעים 97% מנסיעותיהם באמצעות הרכב הפרטי. במחקר שביצע Bailey בדרום יורקשייר באנגליה נבדקה זמינות הרכב של נוסעים

¹⁰ Richardson, A.J. and Ampt, E.S. (1997). "Car Availability: Accounting for Temporal Variations", 25 th PTRC European Transport Forum, Brunel University, England

בתחבורה הציבורית למרכז העיר מאזו רים שונים בעיר . כפי שניתן לראות ב לוח 3 אחוז גבוה מהנוסעים (כ- 60%) באים ממשקי בית ללא כלי רכב . כמו כן , אם מוסיפים לחלק זה את הנוסעים שאינם בעלי רישיון נהיגה מגיעים לכ- 90% מכלל הנוסעים . למעשה, רק כ- 4% מהנוסעים מגיעים ממשקי בית בהם יש בוודאות זמינות רכב מל אה (מספר בעלי הרישיון נהיגה שווה למספר כלי הרכב במשק הבית).

לוח 3: נוסעים בתחבורה ציבורית בדרום יורקשייר (באחוזים) על פי Bailey (1984)¹¹

Table 3: Bus trips to central areas in S. Yorkshire (percent in each column)

Person category	Sheffield Centre	Rotherham Centre	Barnsley Centre	Doncaster Centre	All South Yorkshire
0 car	56.8	67.0	63.3	51.0	59.3
Cars = licences					
Licence holders	6.4	2.1	1.2	6.3	4.1
No licence	20.8	18.2	21.6	29.8	23.6
Licences > cars					
Licence holders	10.8	7.6	5.8	8.1	7.1
No licence	5.3	5.1	8.1	4.9	5.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

במחקר שביצעו Richardson, A.J. ו-Ampt, E.S. (1997) באוסטרליה, נבחנה השפעת זמינות הרכב גם על מודל הפיצול . בלוח 4 ניתן לראות כי השימוש בכלי הרכב כאמצעי נסיעה עולה בצורה קיצונית כבר במעבר בין משקי בית ללא כלי רכב למשקי בית בעלי כלי רכב אחד . על פי נתונים אלה, משקי בית בעלי 4 כלי רכב או יותר מבצעים כ- 88% מנסיעותיהם בכלי רכב (כנהג או כנוסע), כאשר כ- 6% נוספים מתבצעים בהליכה ברגל.

¹¹ J. Bailey, (1984), The meaning of car availability in mode choice decisions, Transportation planning and technology, Vol 9, pp. 131

לוח 4 : השפעת זמינות רכב על בחירת אמצעי נסיעה בעיר מלבורן¹²

Table 4: Effect of car availability on mode choice in the city of Melbourne

Cars per Household	Non-motorised	Car Driver	Car Passenger	Public Transport	Other
0	49%	1%	11%	35%	5%
1	20%	45%	25%	9%	1%
2	13%	53%	30%	4%	1%
3	8%	63%	21%	6%	1%
4+	6%	72%	16%	5%	1%
TOTAL	16%	50%	26%	7%	1%

פילוג נסיעות ובחירת מקום מגורים של משק הבית – נושאים אלה באים לידי ביטוי, בצורה

עקיפה, בשל העובדה שלבעלי זמינות רכב יש את האפשרות לבחור את יעד הנסיעה או את מקום המגורים גם למקומות אשר אליהם אין נגישות טובה לתחבורה ציבורית, הליכה או רכיבה על אופניים, כלומר, מרחב האפשרויות של בעלי זמינות הרכב גדול יותר למעשה (Wrigley, Cambridge Systematics Inc. 1990). במסגרת המאמר, מציעים מחברי הדו"ח שפורסם ע"י Cambridge Systematics Inc. לשלב את נושא זמינות הרכב גם במודלים של פילוג נסיעות או של בחירת מקום המגורים של משק הבית ע"י מספר אפשרויות, בניהם לעשות מודלים נפרדים, המתאימים לרמות שונות של זמינות רכב.

היחס בין זמינות הרכב במשק בית לבין אופיו האורבאני של משק הבית הינו יחס דו כיווני. מצד אחד, מספר הרכבים הזמינים במשק בית משפיע על הרגלי הנסיעה של משק הבית כך שכל שמספר כלי הרכב הזמינים גבוה יותר, כך מתבצעות נסיעות רבות יותר. לעומת זאת, אופיו של האזור בו ממוקם משק הבית, וזמינותם של שירותים עירוניים במקום מרכזי ונגיש משפיע על ההחלטה של משק הבית לרכוש כלי רכב חדש.

Kalenoja and Tech (2001) בחנו את מספר כלי הרכב הממוצעים במשק בית במספר אזורים בעיר טמפרה בפינלנד. ממצאי בדיקתם העלו כי בעוד שמספר כלי הרכב הממוצע במשק בית שממוקם בסמוך למרכז העיר עמד על כ- 0.64 כלי רכב, עמד מספרם הממוצע של כלי הרכב בפרברי העיר על כ- 1.36 כלי רכב. יתרה מכך, בעוד שבמרכז העיר כ- 49% ממשקי הבית היו ללא כלי רכב כלל, רק כ- 9% ממשקי הבית בפרפריה היו ללא כלי רכב (ראה לוח 5).

¹² Richardson, A.J. and Ampt, E.S. (1997). "Car Availability: Accounting for Temporal Variations", 25 th PTRC European Transport Forum, Brunel University, England

לוח 5: זמינות רכב באזורים שונים בעיר טמפרה (פינלנד)¹³

Table 5: Car ownership at the different area types in the city of Tampere (Finland)

area type	no car	1 car	2 cars	more than 2 cars
central business district, CBD	49 %	42 %	8 %	1 %
local community center, LCC	14 %	64 %	20 %	3 %
urban housing area, UH	42 %	51 %	6 %	1 %
high service level suburb, HSS	26 %	60 %	13 %	1 %
low service level suburb, LSS	18 %	59 %	21 %	2 %
sparsely populated area, SPA	9 %	51 %	36 %	3 %

נתוני זמינות הרכב חשובים גם למודלים המתקדמים של תכנון תחבורה , המבוססים על פעילויות. A.Nobil, C.Bhat & E.Pas (1995) מציינים במחקרם את ההשפעה של זמינות הרכב על מספר הנסיעות המבוצעות ע"י משק בית (Meurs, 1990), ועל שרשור הפעילויות המבוצעות (Hamed & Mannering, 1993; Strathman et al, 1994).

לסיכום, לאור האמור בסעיף זה , ניתן להבין את חשיבות המודלים של זמינות רכב הן לצרכי תכנון והן לקובעי המדיניות . הבנת הגורמים המשפיעים על האוכלוסייה לרכוש כלי רכב (ולהשתמש בהם), יכולה לכוון את קובעי המדיניות להבין מהם האמצעים אשר באמצעותם יוכלו להפחית את התלות בכלי הרכב ולתכנן בצורה יעילה יותר את מערכת התחבורה.

3.2.2 סוגי מודלים של זמינות רכב

התחום של מודלים לחיזוי הביקוש לכלי רכב נמצא בפיתוח מזה זמן רב, ומאמרים רבים פורסמו בנושא במהלך העשורים האחרונים . המחקר בנושא זמינות הרכב מורכב וקיימים מספר רב של תיאוריות ומתודולוגיות שבוצעו בנושא . מרבית המודלים הראשונים שפותחו היו מודלים מצרפיים. חלק מהמודלים התבססו על נתונים בנקודת זמן מסוימת (cross section), כמו Kain and Beesley (1965), חלק אחר היו לאורך זמן (time series), כמו OHerlihy (1967), וחלק הנים קומבינציה של שתי השיטות, כמו Mogridge (1975) (Whelan, 2005).

ישנן דרכים רבות למיון המודלים שפותחו במהלך השנים למספר קבוצות הומוגניות . De Jong et al. (2003), בחר לסווג את המודלים של זמינות רכב שנועדו לצרכי תכנון תחבורה ל- 10 קבוצות עיקריות:

מודלים מצרפיים של סדרות עתיות (aggregate time series models) – קבוצה זו, כוללת מודלים מצרפיים המתבססים על סדרה עתית של נתונים , המצביעים על המגמות של רמת

¹³ Hanna Kalenoja, Lic Tech (2001), Car ownership effects of availability of local services, The Nordic Research Network on Modelling Transport, Land-Use and the Environment

המינוע לאורך הזמן . סדרות עתיות מתבססות על רמת רוויה מסוימת המשפיעה על התחזית הסופית של המודל. מודלים אלה יכולים להיות מבוססים גם על משתנים אגרגטיבים כמו הכנסה ממוצעת, תלג/תמ"ג וכד'. פונקצית הגידול ברמת המינוע מתאפיינת בעלייה מתונה בשלב הראשון, עלייה מהירה בשלב השני ולבסוף עליה מתונה, שוב, עד לסף רמת הרווייה.

מודלים מצרפיים של קידום גילאים (aggregate cohort models) – מודלים מסוג זה מסווגים את האוכלוסייה לקבוצות בעלות תאריך לידה דומה (לעיתים בקבוצות של 5 שנים). תחזית רמת המינוע מתבצעת ע"י הזזה (Shift) של קבוצת הגיל מספר שנים קדימה וחיזוי גודל הקבוצה בתקופת הזמן החדשה (לאור שיעור התמותה), וחיזוי מספר כלי הרכב שנרכשו/ נמכרו/ נגרעו ע"י הקבוצה (בדומה למודל רוג'רס לחיזוי אוכלוסייה).

מודלים מצרפיים של מכירות רכב – מודלים מסוג זה מחשבים את רמת המינוע על בסיס חישוב מספר העסקאות, כלומר מכירות כלי הרכב ומספר גריטות כלי הרכב לאורך הזמן. החישוב מתבצע בדרך כלל על בסיס של המגמות הקיימות והנחות לצפי עתיד.

מודלים היוריסטיים סימולטורים (heuristic simulation models) – מודלים מסוג זה מחשבים את תחזית רמת המינוע על בסיס כלכלי. החישוב מתבצע לאור בחינת עלות הרכישה והאחזקה של כלי הרכב, וכן את ההכנסה הפנויה של משק הבית. לאור זאת נקבע מספר כלי הרכב שיכולים להיות בשנה עתידית. המודלים מסוג זה מניחים הוצאות קבועות של משק הבית על תחבורה לאורך זמן (התלויה ברמת ההכנסה של משק הבית). במקרה שרמת ההכנסה של משק הבית נמוכה מידי, משק הבית לא ירכוש כלל מכונית.

מודלים סטטיים לא מצרפיים של בעלות רכב (static disaggregate car ownership models) – קבוצה זו כוללת מודלים של בחירה בדידה (Discrete Choice Models), שבוחנים את מספר כלי הרכב שיש במשק בית על בסיס משתנים מסבירים ברמה דיסאגרגטיבית.

מודלים המשלבים בעלות על רכב עם שימוש ברכב (indirect utility car ownership and use models (joint discrete-continuous models) – ההנחה הבסיסית העומדת מאחורי המודלים בקבוצה זו היא שההחלטה של משק הבית לרכוש כלי רכב נמצאת בעלת קשר חזק עם מידת השימוש בכלי הרכב (יכול להיות מספר הנסיעות או ק"מ נסועה או שילוב של שתי התכונות). מודלים מסוג זה, הינם מודלים דיסאגרגטיבים המסבירים בעלות על כלי רכב ושימוש בכלי הרכב באמצעות מסגרת אינטגרטיבית מיקרו כלכלית.

מודלים לא מצרפיים לבחירת סוג רכב (static disaggregate car-type choice model) – קבוצה זו כוללת מודלים של בחירה בדידה (Discrete Choice Models), שמחשבים את סוג הרכב שיהיה למשק הבית, בהנחה שלמשק הבית יש כלי רכב.

מודלים בשיטת הפאנל ((pseudo)-panel methods) – מודלים בקבוצה זו מבוססים על נתוני פאנל שנאספים במהלך מספר שנים, ומספקי מגמות שהתרחשו לאורך הזמן.

מודלים דינאמיים לא מצרפיים לעסקאות רכב (dynamic car transaction models with vehicle type conditional on transaction) – מודלים מסוג זה מחשבים את רמת המינוע על בסיס חישוב מספר העסקאות, המבוצעות במהלך תקופה מסוימת. קבוצת מודלים זו דומה לקבוצת המודלים ה-אגרגטיבים של מכירות רכב, אולם בהבדל מהותי שמודלים אלה הינם דיסאגרגטיבים ולפיכך צורכים נתונים רבים.

האבחנה בין הקטגוריות השונות של המודלים מבוססת על מספר מאפיינים שניתן לייחס לכל אחת מהקבוצות. אבחנה זו מאפשרת לשייך מודל ליותר מקבוצה אחת, כמו לדוגמא, מודל רמת מינוע שפותח בבריטניה בשנת 2002 (Whelan, 2005) שהינו שילוב של מודל סדרות עתיות ומודל סטטי לא מצרפי של בעלות רכב.

Sen (2007) בחר להבחין בין המודלים בשלושה מאפיינים כלליים יותר: מתודולוגיה של המודל (הכוללת את רמת האגרגציה ומבנה המודל), שטח ההתמחות של המודל (מודלים סטטיים לעומת דינאמיים) ונתוני קלט של המודל.

בדו"ח שחובר ב-Cambridge Systematics בנושא מודלים של זמינות רכב משנת 1997, ציינו המחברים שישה קטגוריות שמבחינים בין המודלים השונים: מודלים פרקטיים לעומת מודלים תיאורטיים, מודלים סטטיים לעומת מודלים דינאמיים, מקור הנתונים של המודל, רמת האגרגציה של המודל, מבנה המודל והמשתנים המסבירים של המודל. בפרק זה נציג סקירה של 5 המאפיינים הראשונים (נושא המשתנים המסבירים יובא בהרחבה בפרק הבא (2.2.4)).

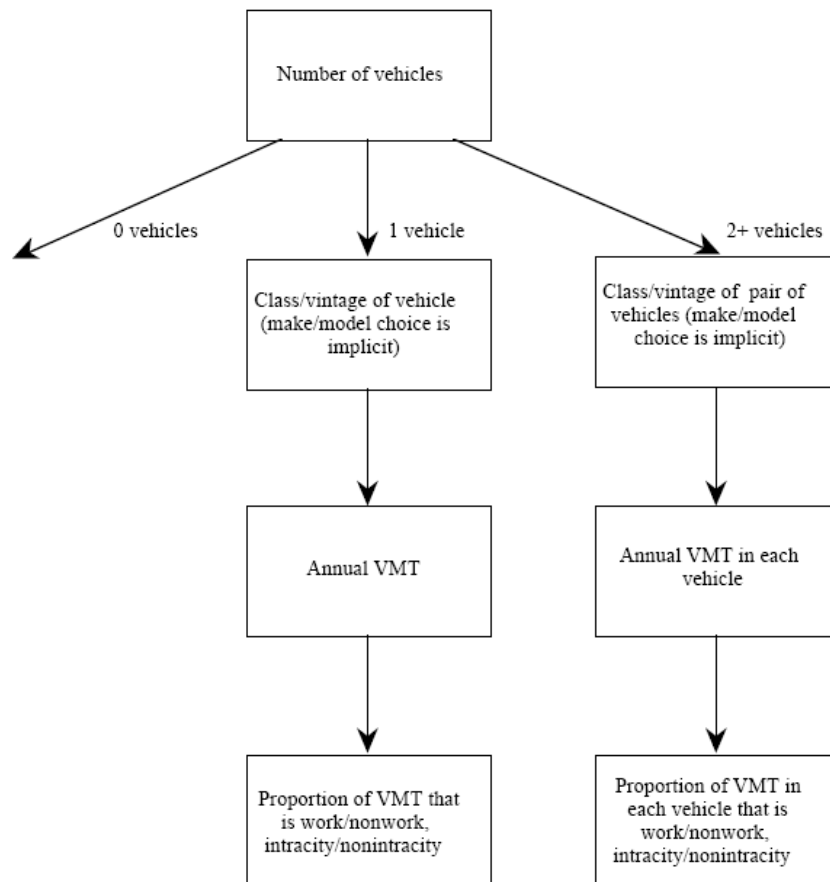
מודלים פרקטיים לעומת מודלים תיאורטיים – המאפיין הכללי ביותר של המודלים הינו האבחנה בין מודלים פרקטיים לבין מודלים תיאורטיים. מודלים פרקטיים הינם מודלים שנמצאים בשימוש או יהיו בקרוב בשימוש באזור מסוים או במטרופולין. לעומתם, המודלים התיאורטיים (State Of Art), הינם מודלים שבאים במטרה לשפר את המודלים הפרקטיים ו/או להיות בשימוש בעתיד. דוגמאות למודלים פרקטיים ישנם כמובן רבים, כפי שיתואר בהמשך.

אחד המודלים התיאורטיים המתוארים בדו"ח של Cambridge Systematics פותח על ידי Train (1986). המודל הינו קומבינציה של מודל זמינות רכב במשק בית, מודל בחירת סוג רכב

ומודל שימוש בכלי הרכב. המודל מבוסס על מדגם של 1,095 משקי בית שנערך בשנת 1978. הסקר כלל איסוף נתונים סוציו-כלכליים, סוגי כלי הרכב, רמת שימוש בכלי הרכב (נסועה), קנייות ומכירות כלי רכב, ויומן נסיעות המייצג נסיעות שבוצעו ע"י בני משק הבית במשך יום אחד. מבנה המודל מתואר בתרשים 11. החלק הראשון של המודל כולל תת מודל לבחינת מספר כלי רכב במשק בית. לצורך כך משתמש התת מודל במשתנים סוציו כלכליים ומידת שימוש בכלי הרכב (משתנה אגרגטיבי ברמת האזור). באמצעות תת מודל נוסף, מבחין המודל בסוג כלי הרכב שבו בוחר משק הבית. לצורך כך משתמש תת המודל במשתנים כמו: עלות כלי הרכב, עלות תפעול כלי הרכב, שטח החניון הנדרש, מספר כוחות סוס, גיל כלי הרכב וסוג כלי הרכב. החלק השלישי של המודל כולל תת מודל שמחשב את הנסועה השנתית המבוצעת באמצעות כל כלי רכב.

¹⁴ תרשים 11: מבנה מודל סוג רכב של Kenneth Train

Figure 11: Kenneth Train's car types model



¹⁴ K. Train, Qualitative Choice Analysis: Theory, Econometrics, and an Application to Automobile Demand, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1986.

המודל שפיתח Train מאפשר לבחון את הקשר שבין בעלות על רכב, בחירת סוג הרכב והנסועה. כבר כיום, כאשר המודלים הלא-מצרפיים מתפתחים במהירות, אין ספק שמודלים מהסוג אותו הציע Train צפויים להתפתח בקצב הולך וגדל.

מודלים סטטיים לעומת מודלים דינאמיים – האבחנה השנייה בין סוגי מודלים הינה בין מודלים סטטיים לבין מודלים דינאמיים. מודלים סטטיים מחשבים זמינות רכב בנקודת זמן מסוימת, כלומר, מאפשרים לחשב את מספר כלי הרכב החזויים או את ההסתברות למספר רכבים במשק בית בנקודת זמן ספציפית. לעומתם, המודלים הדינאמיים, שנקראים גם מודל עסקאות, מחשבים את השינוי בזמינות רכב בין שתי נקודות זמן, כלומר, מאפשרים לחשב האם משק הבית או קבוצה של משקי בית דומים, צפויה להפחית את מספר כלי הרכב, להישאר עם אותו מספר כלי הרכב או להגדיל את מספר כלי הרכב בתקופת זמן מסוימת. מודלים דינאמיים חוזים: כמות מכירות כלי רכב, גריטות רכב, מספר עסקאות וביקוש והיצע של כלי רכב. מודלים דינאמיים פחות נפוצים בפרקטיקה וצורכים נתוני סדרות עתיות או סקרי פאנל כקלט.

אחד המודלים הדיסאגרטיביים בוצע בדנמרק על ידי Søren Leth- ו- Thomas Bue Bjørner Petersen בשנת 2004. מחקרם מבוסס על בסיס נתוני פאנל ברמה של משק בית שכלל מאפיינים סוציו כלכליים ועסקאות רכב בשנים 1992 ו- 2001. המודל התבצע בצורה נפרדת למשקי בית בעלי נפש אחת (זכר או נקבה בנפרד), ומשקי בית המורכבים מזוג בוגרים. במשקי הבית המורכבים מזוג, בוצעו שני מודלים בינאריים – הראשון לבחירה בים 0 כלי רכב ו- 1 או יותר כלי רכב והשני לבחירה בין 1 כלי רכב או 2 או יותר כלי רכב. המודל, מסוג לוג'יט דינאמי, מראה עקביות גבוהה יחסית במספר כלי הרכב במשק בית, במהלך התקופה הנ"ל – משק בית שיש בבעלותו כלי רכב אחד בשנת הבסיס, יהיה בסבירות גבוהה בעל כלי רכב גם בשנה העוקבת. בלוח 6 ניתן לראות לדוגמא, כי מבין משקי הבית הכוללים זוג, והיו ללא כלי רכב בשנת הבסיס (הקבוצה השלישית), רק 13% רוכשים כלי רכב ראשון (5% היו עם רכב ונשארו ללא כלי רכב), וכ- 76% נשארו עם אותו מספר כלי רכב.

לוח 6: בעלות רכב בדנמרק לאורך זמן מ-1992 ועד 2001¹⁵

Table 6: Car ownership in Denmark between 1992 to 2001

	Single male (0/1)	Single female (0/1)	Couples (0/1)	Couples (1/2)
0 car all years (1 for couples 1/2)	52%	72%	12%	63%
From 0 to 1 car (1 to 2 for couples ½)	9%	4%	13%	10%
From 1 to 0 (2 to 1 for couples 1/2)	8%	7%	5%	8%
Multiple shifts	5%	3%	6%	15%
1 car all years (2 for couples 1/2)	26%	14%	64%	4%
N households	10,113	11,515	11,183	11,351

מקור הנתונים של המודל – מרבית המודלים של זמינות רכב משתמשים בנתוני סקר נסיעות המיועד לפיתוח מודל תחבורתי באותו אזור או בנתוני סקר פאנל . במאמר של Cambridge Systematics מציינים המחברים 2 מקורות נתונים נוספים הנפוצים בארצות הברית . הראשון הינו CTPP (Census Transportation Planning Products) והשני הינו PUMS (Public-Use Microdata Samples). הנתונים הנ"ל נאספים באופן מתמשך וזמינים לשימוש לכל דורש. הנתונים של CTPP הינם ברמה אגרגטיבית ומתאימים למודלים מסוג זה ונתוני PUMS זמינים ברמה דיסאגרגטיבית.

דוגמא למודל שהשתמש בנתוני המפקד (PUMS) משנת 1995, ניתן לראות במודל לוג'יט שכולל בעיר ניו-המפשייר (Jonnalagadda and Tierney 1996). המודל מבוסס על נתונים של 20,897 משקי בית, המהווים מדגם של כ- 5% מכלל משקי הבית באזור. נוסחת המודל הינה:

$$\text{Prob}(n) = \frac{e^{U_n}}{\sum_{i=0}^{n_{\max}} e^{U_i}}$$

כאשר:

$\text{Prob}(n)$ ההסתברות של משק בית לרכוש n כלי רכב.

n_{\max} מספר כלי הרכב המקסימאלי במשק בית (במודל זה היה +4)

U_i התועלת שיש למשק הבית מ- i כלי רכב.

¹⁵ Thomas Bue Bjørner, Søren Leth-Petersen, Dynamic Model of Car Ownership at the Household Level, 2004, pp 9

פונקצית התועלת מוגדרת על ידי הביטוי הליניארי הבא:

$$U_n = b_{n0} + \sum_{j=1}^{m_j} b_{nj} X_{nj}$$

כאשר:

b_{n0} פרמטר קבוע לבעלות על n כלי רכב במשק בית

b_{nj} פרמטר המבטא את חשיבות של המשתנה j לפונקצית התועלת U_n

X_{nj} משתנה j המסביר בעלות על n כלי רכב במשק בית

מספר המשתנים המסבירים במודל קטן יחסית וכלל: מספר נפשות במשק בית, מספר מועסקים במשק בית, הכנסת משק הבית, ושני משתנים בינאריים (Dummy Variables) המבטאים האם המשפחה חד הורית והאם האזור הוא עירוני. המשתנה הדומיננטי במודל היה רמת ההכנסה של משק הבית, אך יש לציין כי כל המשתנים של המודל קיבלו ערכי t-test גבוהים.

רמת האגרגציה של המודל – במודלים התנהגותיים מקובל לבחור בין שתי גישות של אגרגציה של הנתונים. הגישה הראשונה כוללת מודלים ברמה אגרגטיבית, בהם מקובל לאחד את הבחירה של מספר מקבלי החלטה לקבוצה בעלת מאפיינים הומוגניים. המודלים ה מצרפים הנפוצים הינם: מודלים סדרות עתיות (time series models), מודל קידום גילאים (cohort models) ומודל מכירות רכב (car market models) (Jong et al., 2004). הגישה השנייה כוללת מודלים ברמה לא מצרפית, בה ההתנהגות נבחנת ברמה של מקבל או מקבלי ההחלטה, על בסיס ניתוח של המשתנים המשפיעים על החלטתו או החלטתם. Bhat ו- Koppelman (2006) מונים חמישה יתרונות של מודלים לא-מצרפים לעומת מודלים מצרפים:

1. הגישה הלא-מצרפית מסבירה מדוע הפרט או היחידה שמקבלת את ההחלטה, מקבלת את אותה החלטה. על פי גישה זו, ניתן לבחון כיצד משתנה ההחלטה של מקבל /י ההחלטה, כאשר משתנים תכונותיהם או התכונות של האפשרויות בחירה שלהם.
2. הגישה הלא-מצרפית ניתנת להעברה, בקלות גדולה יותר, במימד הזמן והמרחב (לתקופות זמן אחרות או לאזורים אחרים) לעומת הגישה האגרגטיבית.
3. הגישה הלא-מצרפית מתאימה יותר לבחינת מדיניות פרו- אקטיבית, והשפעתה על קבלת ההחלטה הסיביתית.

4. הגישה הלא-מצרפית יעילה יותר מהגישה האגרטיבית במונחים של אמינות ביחס לעלות יחידת נתונים שנאספים. נתונים דיסאגרטיביים מספקים שונות רבה בהתנהגות הפרט, דבר שמאפשר רמת מהימנות גדולה יותר של המודל.

5. הגישה הלא-מצרפית תהיה בעלת פחות פרמטרים מוטים מאשר הגישה האגרטיבית. יחידת קבלת ההחלטה תלויה באפשרויות הבחירה הספציפיות. על פי Bhat ו-Koppelman (2006), הבחירה במספר כלי הרכב, מתבצעת ברמה של משק הבית.

הגישה הלא-מצרפית הפכה להיות השיטה המועדפת למודלים של זמינות רכב (Bhat ו-Pulugurta, 1997), וגם מחקר זה מתמקד במודלים דיסאגרטיביים ברמת משק הבית.

מבנה המודל – לאור החשיבות במודלים של זמינות רכב, פותחו לאורך השנים מספר רב של מודלים במבנים שונים. מחקר זה מתמקד בשלושה סוגי מודלים עיקריים: Multinomial Logit (MNL), (NL) Nested Logit ו-(ORL) Ordered Logit. שלושת המודלים הינם מודלים של בחירה בדידה (Discrete Choice Models), ונדלים במבנה המודל, כפי שיתואר בהמשך.

מודלים של בחירה בדידה שימושיים לחישוב וחיזוי בחירה של מקבל החלטה, מתוך סט נתון של אלטרנטיבות (לדוגמא, במחקר זה, מספר כלי הרכב שיהיו במשק בית) מתוך מספר סופי ממצה של אלטרנטיבות אפשרויות (לדוגמא, ללא כלי רכב כלל, כלי רכב אחד, שני כלי רכב וכד'). מרבית המודלים של בחירה בדידה משתמשים בתיאוריה של תועלת אקראית מקסימאלית (Random Utility Maximization – RUM). על פי תיאוריה זו, בוחר מקבל/ת ההחלטה באפשרות שממקסמת לו/ה את התועלת מבין סט האפשרויות העומד בפניו.

פונקציה התועלת מוגדרת כדלקמן:

$$V_i = \text{Const}_i + \beta_{1i}X_1 + \beta_{2i}X_2 + \beta_{3i}X_3 \dots + \beta_{ni}X_n$$

כאשר i מייצג את החלופה של משק הבית (לדוגמא: 0, 1, 2, 3 כלי רכב);

Const_i מייצג קבוע של כל אחת מהחלופות

X_n מייצג את ערך המשתנה n

β_{ni} הינו המקדם של המשתנה X_n בחלופה i .

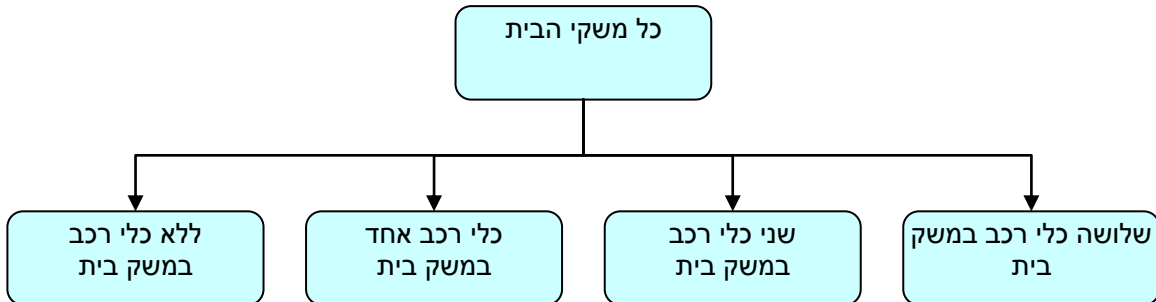
מודל ה-MNL אשר הוצע ע"י McFadden בשנת 1973, הינו המודל הפופולארי ביותר לשימוש במודלים של סוגי רכב (Sen, 2006). מודל זה, מחשב את ההסתברות של מקבל ההחלטה

לבחור באלטרנטיבה מסוימת כפונקציה של התועלת מהאלטרנטיבה וביחס לסכום התועלות מכלל האלטרנטיבות האפשריות.

הדגמה של מבנה מודל זמינות רכב מסוג MNL, מוצג בתרשים 12 וכולל ארבעה אלטרנטיבות לזמינות רכב של משק הבית: 0, 1, 2 ו-3 כלי רכב.

תרשים 12: מבנה אופציונלי של מודל Multi Nominal Logit (MNL) לזמינות רכב

Figure 12: Optional structure of Multi Nominal Logit (MNL) model to car availability



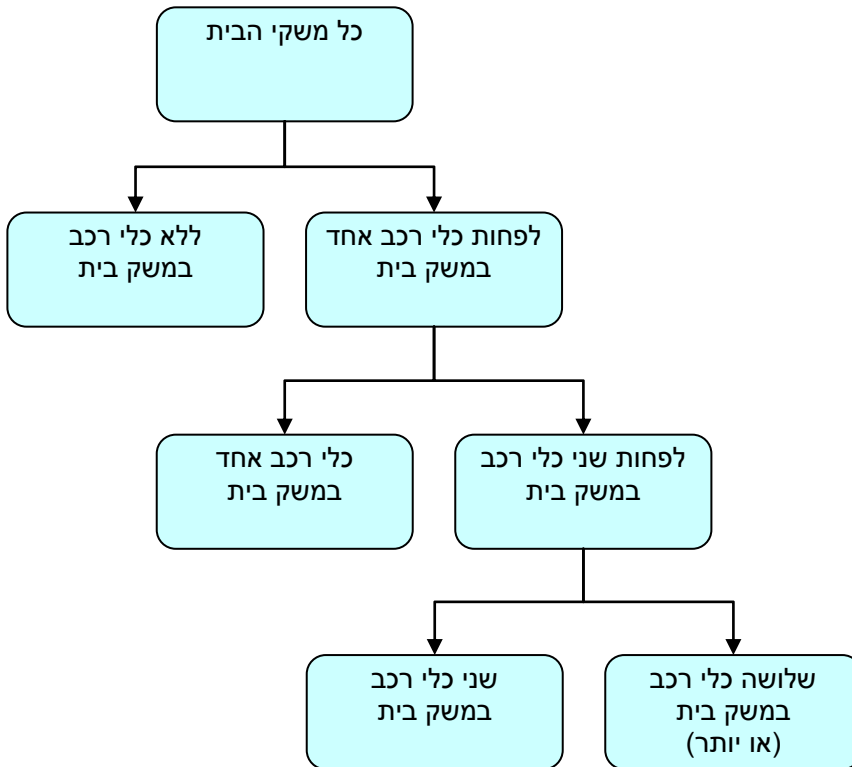
היתרון המשמעותי ביותר של המודל הינו בפשטות של הכיול באמצעותו. המודל משתמש בתכונה של אלטרנטיבות לא רלוונטיות (Irrelevant Alternative – IIA) אשר משמעותה שהיחס ההסתברויות של שתי אפשרויות לא תלוי ביתר האפשרויות. תכונה זו מבליטה את חסרונו של המודל במקרה בו חלק מהאלטרנטיבות האפשרויות למשק הבית דומות האחת לשנייה, לדוגמא, במודל של סוג רכב – רכב משפחתי ורכב סטיישן דומים האחד לשני הרבה יותר מאשר שניהם לרכב ספורט. במקרה מסוג זה עלולה להיווצר הטיה לאחת החלופות.

מודל ה-NL אשר הוצע ע"י Ben-Akiva (1974) מאפשר להתגבר על המגבלה של מודל ה-MNL ע"י שינוי מבנה המודל באופן שמאפר לקבץ מספר דומה של אלטרנטיבות תחת תת מבנה מתאים. מבנה ה-NL מתאים כאשר ישנם מספר רמות של בחירה (לדוגמא, האבחנה בין נסיעה בתחבורה ציבורית באמצעות רכבת לעומת תחבורה ציבורית באמצעות אוטובוס) כמו כן, מבנה המודל נראה נכון יותר מבחינת סדר קבלת החלטות של מקבל החלטה. לדוגמא במודלים של זמינות רכב נראה הגיוני יותר כי משק הבית מקבל ראשית החלטה האם להחזיק כלי רכב או לא, ורק בשלב שני, לאחר שקיבל החלטה להחזיק כלי רכב, מתבצעת החלטה האם יהיה זה כלי רכב אחד או יותר (וכך הלאה).

הדגמה של מבנה מודל זמינות רכב מסוג NL, מוצג בתרשים 13 וכולל ארבעה אלטרנטיבות לזמינות רכב של משק הבית: 0, 1, 2 ו-3 כלי רכב.

תרשים 13: מבנה אופציונאלי של מודל Nested Logit (NL) לזמינות רכב

Figure 13: Optional structure of Nested Logit (NL) model to car availability



חסרונו העיקרי של המודל הינו בעובדה שמספר המבנים האפשריים של המודל יכול להיות גדול מאוד, והמודליסט בוחר, על פי שיקול דעתו, את המבנה שנראה לו המתאים ביותר (שאינו בהכרח המיטבי).

בכדי להבין את הגישה של מודל ה- Ordered Response Logit (נקרא גם Ordered Probit Model או Response Logit) ניתן לראותה כסדרה של בחירות בינאריות, בנוגע למספר כלי הרכב שמשק הבית מעוניין להחזיק. לדוגמא, אם ברצוננו לבנות מודל זמינות רכב הכולל ארבע אפשרויות של זמינות רכב (0, 1, 2 או 3), למשק הבית יהיו ערכי תועלת עבור האפשרויות הבאות:

- בעלות על 0 כלי רכב (U_0) ובעלות על כלי רכב אחד לפחות ($U_{>0}$).
- בעלות על כלי רכב אחד או פחות ($U_{\leq 1}$) ובעלות על יותר מכלי רכב אחד ($U_{>1}$)
- בעלות על שני כלי רכב או פחות ($U_{\leq 2}$) ובעלות על יותר משני כלי רכב ($U_{>2}$)

משק הבית בוחר בצורה בלתי תלויה את מספר כלי הרכב שברשותו בכל אחת מהאפשרויות .
 הבחירה הסופית של מספר כלי הרכב שיהיו ברשות משק הבית תלויה בשקלול התוצאות בשלוש
 האפשרויות הנ"ל. לדוגמא, אם: $U_{>0} > U_0$ וגם $U_{>1} > U_{\leq 1}$, יבחר משק הבית בכלי רכב אחד.
 MNL (Pulugurta ו Bhat, 1998), בחנו ב- 4 אזורים שונים את מודל ה- ORL לעומת מודל ה- MNL
 ומצאו בארבעת המקרים כי מודל ה- MNL סיפק תוצאות טובות יותר מאשר מודל ה- ORL.

4.2.2. משתנים מסבירים לחיזוי זמינות רכב

הגידול במספר כלי הרכב אינו נובע מגידול האוכלוסייה בלבד, ומושפע באופן טבעי ממספר רב
 של משתנים מסבירים (וובשה, 1994). קיימות גישות שונות המנסות להסביר את הביקוש
 הנרחב לרכב פרטי והשימוש בו. כהן (1998), מתוך Vasconcellos (1997), הציגה חמש
 גישות המנסות להסביר את הביקוש לרכב פרטי:

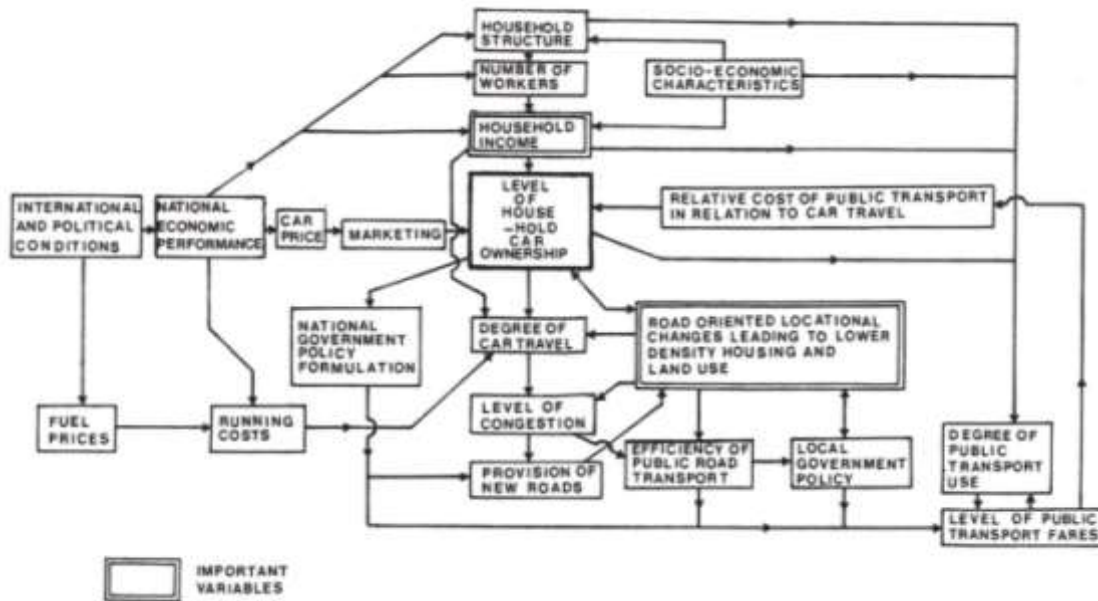
1. הגישה האנתרופולוגית – הרואה במכונית סמל לכוח, מעמד ועושר, כחלק מגישה המקשרת
 רכוש ומעמד ציבורי.
2. הגישה הפוליטית – הרואה במכונית כסמל לחופש ופרטיות.
3. הגישה הפסיכולוגית – הרואה במכונית כסמל לנעורים, הסתמכות עצמית והנאה.
4. הגישה הכלכלית – הרואה את האדם כצרכן הבוחר במכונית כיוון שזו מאפשרת לו ניידות
 מקסימאלית תוך אפשרות לביצוע נסיעות מורכבות.
5. הגישה הסוציולוגית – המשלבת את הגישה הכלכלית עם ההקשר העירוני ובוחנת כיצד
 קבוצות שונות תופסות את התועלת מרכב פרטי, את השפעות הסביבה הפיזית והתשתיות
 על יעילות הרכב הפרטי וכן מהם הגופים האינטרסנטים השונים המשפיעים על כך (תעשיית
 הרכב למשל).

אין לצפות כי לגישה אחת יש את היכולת להסביר את השונות בזמינות הרכב הפרטי אלא שילוב
 של מספר גישות. מורכבות הבעיה ניתן לראות בספרו של Allanson (1982) בנושא תחזיות
 רמת מינוע, בו בנה המחבר תרשים של המשתנים המסבירים לחיזוי רמת מינוע במשק בית
 (ראה תרשים 14). בתרשים, ניתן לראות את הקשר בין המשתנים השונים, אשר תלויים האחד
 בשני. כך לדוגמא, רמת המינוע (או זמינות הרכב) במשק בית, תלויה על פי התרשים, בהכנסת
 משק הבית, סביבת המגורים וצפיפות האוכלוסייה באזור בו ממוקם משק הבית, בעלות
 התחבורה הציבורית ועלות ושיווק כלי הרכב. לעומת זאת, זמינות הרכב במשק הבית משפיעה
 על סביבת המגורים וצפיפות האוכלוסייה באזור בו ממוקם משק הבית (קשר דו סטרי), רמת

הנסועה (ברכב הפרטי ובתחבורה ציבורית) ומדיניות התחבורה (ברמה ארצית). Allanson מציין בספרו כי ההכנסה של משק הבית ורמת הצפיפות של אזור המגורים בו ממוקם משק הבית, הינם המשתנים החשובים ביותר לתחזית רמת מינוע במשק בית.

תרשים 14 : משתנים מסבירים לרמת בעלות רכב¹⁶

Figure 14: explanatory variables for car ownership level



לצורך פישוט מורכבות הבעיה, המחקר הנוכחי מ חלק את המשתנים המסבירים זמינות רכב במשק בית לשלוש קבוצות עיקריות – מאפייני משק הבית, מאפייני שימושי הקרקע והתשתיות, וגורמי מדיניות (ראה תרשים 15).

הקבוצה הראשונה כוללת את מאפייני משק הבית המשפיעים באופן ישיר על הבעלות על כלי הרכב והשימוש בו. בקבוצה זו נכללים הכנסת משק הבית, מבנה משק הבית, כולל הרכב האוכלוסייה ומספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית.

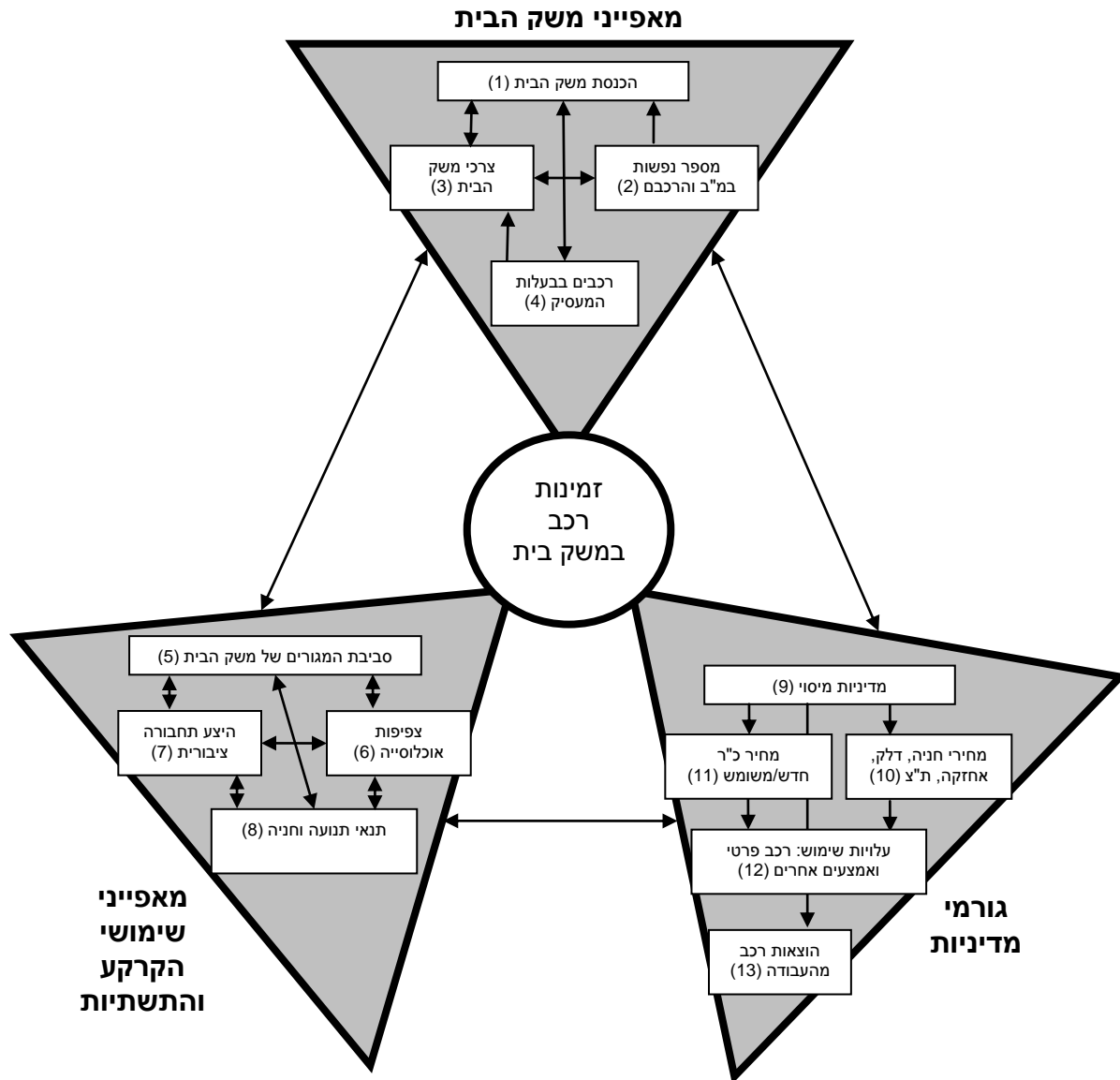
הקבוצה השנייה היא שימושי הקרקע והיצע התשתיות, אשר מכתיבים את התנאים הפיזיים של מערכת התחבורה. בקבוצה זו נכללים סביבת המגורים של משק הבית, צפיפות האוכלוסייה והיצע התחבורה לסוגיה (כולל תחבורה ציבורית לסוגיה).

הקבוצה השלישית כוללת את גורמי המדיניות המשפיעים על עלויות של בעלות ושימוש ברכב הפרטי. בקבוצה זו נכללים מדיניות המיסוי אשר משפיעה על מחירי כלי הרכב, מחירי החניה,

¹⁶ E.W.Allanson, Car Ownership Forecasting (1982), pp.10

הדלק והשימוש בתחבורה הציבורית . עלויות אלה משפיעים על הכדאיות הכלכלית של נסיעה בכלל וברכב פרטי בפרט, לעומת נסיעה באמצעים אחרים.

תרשים 15 : גורמים המשפיעים על זמינות הרכב במשק הבית
 Figure 15: The factors that effect on car availability in household



להלן מפורטים הגורמים המשפיעים על רמת זמינות הרכב במשק בית על פי החלוקה ל- 3 קבוצות (המספר הממוסגר מתייחס לגורם, כפי שהופיע בתרשים 15).

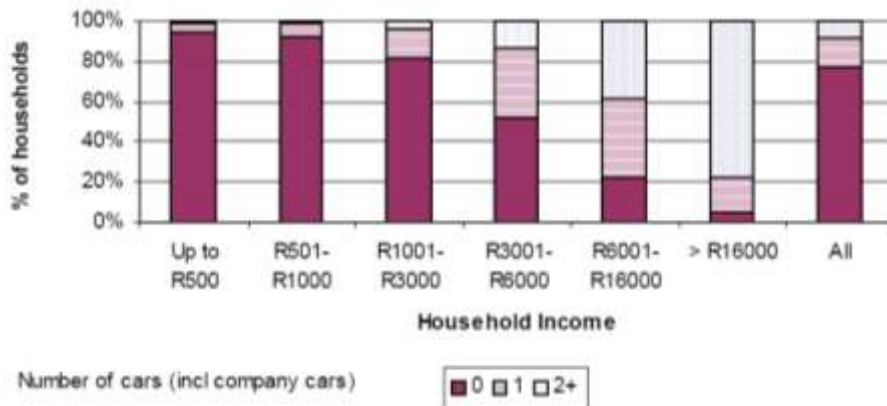
מאפייני משק הבית

הכנסה של משק בית (1) – משתנה זה הינו אחד החשובים והבולטים לחיזוי זמינות רכב ורמת מינוע במשק בית. בעלות על רכב דורשת מינימום של משאבים פיננסיים. רק מעל מינימום מסוים של משאבים ניתן להחזיק רכב פרטי. Whelan (2005), מבחין בין הכנסה כוללת של משק הבית לבין ההכנסה הפנויה של משק הבית אשר היא הוצאות המחייב. מובן שכלל משק הבית גדול יותר כך עולה עולות הוצאות המחייב של משק הבית. לאור העובדה שקשה לבדוק את ההכנסה הפנויה של כל משק בית, בניכוי הוצאות המחייב של משק הבית. מציע Whelan לחלק את משקי הבית לקטגוריות על פי גודל משק הבית, ומיקומם הגיאוגרפי (סוג האזור), ולהתייחס לכל קטגוריה בצורה נפרדת.

במחקר נוסף, שבוצע ע"י Venter and Mokonyama (2005), אפיינו החוקרים את המשתנים המסבירים זמינות רכב על בסיס מחקים קודמים ובחנו זאת לאור נתונים שנאספו בדרום אפריקה. במסגרת מחקרם, הצביעו Venter and Mokonyama על העובדה שכבר במודלים מתחילת שנות ה-60, רמת ההכנסה של משק הבית היה אחד המשתנים המסבירים החשובים ביותר לחיזוי זמינות רכב. במחקר נוסף, (Venter, 2007) נבדקה ההשפעה של הכנסת משק הבית על זמינות הרכב על בסיס נתוני סקר הרגלי נסיעה בדרום אפריקה. כפי שניתן לראות בתרשים 16, ככל שרמת ההכנסה של משק הבית עולה, כך עולה מספר כלי הרכב במשק הבית.

תרשים 16: רמת זמינות הרכב ורמת ההכנסה של משק הבית בדרום אפריקה¹⁷

Figure 16: Level of car availability and the income in South Africa



J.M. Dargay (2000) בחן את ההשפעה של ירידה ברמת ההכנסה על זמינות הרכב ברמה של משק בית, באמצעות מודל דינאמי. על פי ממצאי מחקרו, נמצא כי הגידול ברמת ההכנסה תורם

¹⁷ C.Venter, SOME OBSERVATIONS ON CAR AVAILABILITY AND CAR USE, AND IMPLICATIONS FOR TDM POLICY, 2007

לגידול במספר כלי הרכב במשק בית ברמת גמישות גבוהה יותר מאשר ירידה ברמת ההכנסה . כלומר, ירידה ברמת ההכנסה אינה מ שפיעה על רמת זמינות הרכב במשק הבית לאחר זמן רב יותר מאשר במקרה של עליה ברמת ההכנסה.

מספר נפשות במ"ב והרכבם (2) – קבוצה שנייה של כוללת מספר מאפיינים הקשורים במבנה משק הבית . מחקרים רבים רואים גם במשתנים רבים מקבוצה זו משמעותיים בנושא זמינות רכב.

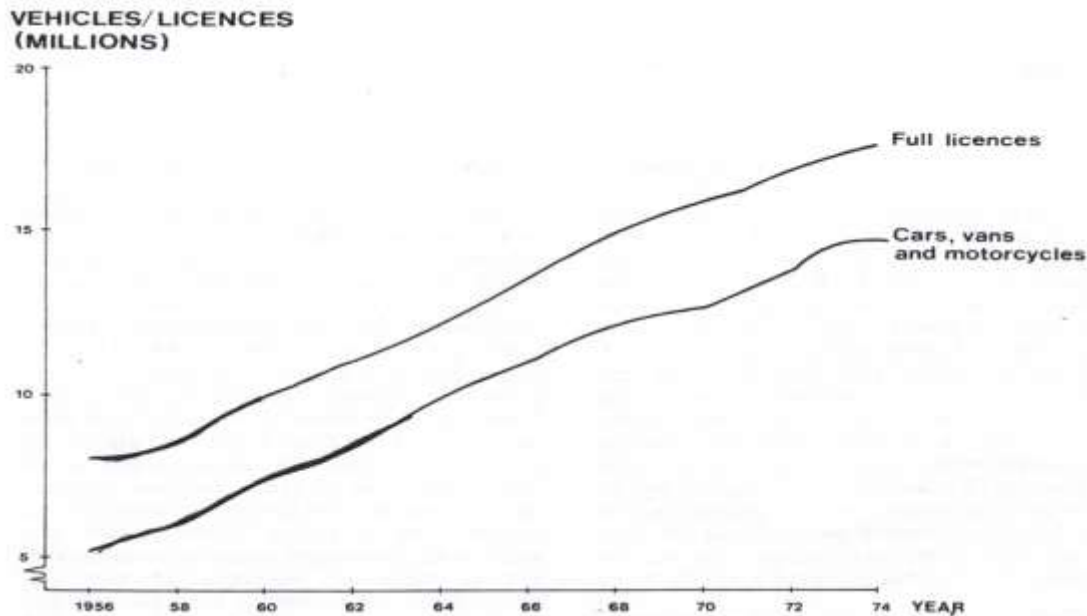
Whelan (2005), מצוין כי מספר הנפשות במשק בית וגילם הינו עוד משתנה החשוב לחישוב צי הרכב במשק בית . בנוסף, מצוין Whelan גם את נושא הרכב הגילאים של בני משק הבית כמשתנה חשוב המשפיע על זמינות הרכב , בשל העובדה שילדים אינם מחזיקים רישיון נהיגה וכמובן שאינם יכולים גם לנהוג.

במחקרים אלה החוקרים מצאו משתנים נוספים שתורמים ל גידול זמינות רכב במשק בית הקשורים למספר המועסקים במשק בית . Button (1982) בא כנגד הוספת משתנים אלה בטענה שיש להם קורולציה גבוהה עם רמת ההכנסה של משק הבית.

גורם נוסף המשפיע על זמינות רכב במשק בית , הינו מספר בעלי רישיון הנהיגה במשק בית (Whelan, 2005). מספר הנהגים הפוטנציאלי במשק הבית תלוי בגודל משק הבית ובהרכב הגילאים שבו. משתנה זה, מטבע הדברים דומיננטי יותר במדינות או בתקופות זמן בהם שיעור בעלי רישיון הנהיגה באזור אינו נמצא בנקודת רוויה . Donnison (1983) חקר את הקשר שבין מספר בעלי רישיון נהיגה לבין זמינות הרכב באזור יורקשייר באנגליה , בין השנים 1956 ל- 1974. כפי שניתן לראות בתרשים 17, ישנה התאמה בין הגידול במספר בעלי רישיון נהיגה לבין מספר כלי הרכב באנגליה לאורך כל אותה תקופה . אין ספק שכאשר שיעור בעלי רישיון הנהיגה מגיע לרמת רוויה (היחסית לאותו אזור), קשר זה שבין בעלי רישיון נהיגה למספר כלי רכב נחלש, ועולה המשמעות של משתנים מסבירים אחרים . ממצא זה דומה לקשר שנמצא בישראל, כמפורט בסעיף 2.1.1.

תרשים 17: מספר בעלי רישיון נהירה ומספר כלי רכב 1956-74 (בריטניה)¹⁸

Figure 17: Trends in licences and vehicles, 1956-74 (Great Britain)



צרכי משק הבית (3) – מיקום משק הבית ואופן התנהלותו משפיעים על צרכי משק הבית מבחינת שימוש בכלי רכב. ניתן למדוד את צרכי משק הבית באמצעות משתנים פרוקסי (proxy). המשתנה הטבעי הראשון הינו מידת השימוש בכלי הרכב (מספר נסיעות או ק"מ נסועה). ככל שמשק הבית משתמש יותר בכלי הרכב הצרכים התחבורתיים שלו גדולים יותר והסבירות שיהיה לו יותר כלי רכב גדולה יותר. חשוב לציין עם זאת, כי לא תמיד ברור האם משק הבית נוסע יותר מכיוון שיש לו כלי רכב או שהוא רכש את כלי הרכב מכיוון שהוא זקוק לנסוע יותר נסיעות.

רכבים בבעלות המעסיק (4) – יש הטוענים כי רכב בבעלות המעסיק הינו בעל השפעה נמוכה על נושא זמינות הרכב מכיוון שרכב זה מחליף למעשה כלי רכב שמשק הבית היה רוכש בכל מקרה. לעומתם, Whelan טוען כי הנחה זו מתעלמת מהעובדה שמשקי בית בעלות רכב בבעלות המעסיק, ירכשו רכב נוסף בסבירות גבוהה יותר ממשקי בית אחרים.

מאפייני שימושי הקרקע והתשתיות

סביבת המגורים של משק הבית (5) – סביבת המגורים של משק הבית משפיע על קבלת ההחלטה של משק הבית לרכוש כלי רכב. באזורים מתוכננים באופן ידידותי להולכי הרגל יש

¹⁸ R. Donnison, Licence-holding and car availability: recent experience in South Yorkshire, joint Transport Planning Unit, South Yorkshire Country Council, 1983

לצפות למספר קטן יותר של כלי רכב במשק בית לעומת אזורים אחרים. במודל שכויל בפורטלנד בשנת 1994, הוגדר משתנה "ידידותיות" סביבת הולכי הרגל (PEF – Pedestrian Environment Factor). משתנה זה, כלל התייחסות לארבעה מאפיינים בכל אזור במטרופולין: קלות חציית כבישים, רצף מדרכות, קישוריות בין הרחובות והטופוגרפיה של האזור. הבעיה עם משתנה זה הינה הקושי באיסוף הנתונים.

סביבת המגורים האזור בו ממוקם משק הבית כוללת גם התייחסות לזמינות של שירותים מקומיים – חניות מזון, בתי ספר, בתי מרקחת, בנקים וכד'. Kalenoja (2001), מצאה שמחקר שביצעה בעיר טמפרה בפינלנד כי זמינות של שירותים אלה באזור בו ממוקם משק הבית משפיעה באופן ניכר על רמת המינוע באזור.

צפיפות אוכלוסייה (6) והיצע תחבורה ציבורית (7) - משתנה נוסף שמתאים להבנת צרכי משק הבית הינו צפיפות אוכלוסייה באזור בו ממוקם משק הבית. ההנחה היא שבאזור בו צפיפות האוכלוסייה נמוכה יחסית, רמת השירות של התחבורה הציבורית נמוכה יותר וכך עולה הצורך בשימוש ברכב הפרטי. אפשרות נוספת שקיימת היא לחלק את אזור המחקר לאזורים בעלי מאפיינים דומים, כמו למשל מרכז העיר לעומת יישוב בפריפריה, כאשר ההנחה היא שמרכז העיר צפוף יותר וגם בעל רמת שירות של תחבורה ציבורית גבוהה יותר.

Kalenoja (2001), בחנה במודל זמינות רכב שהציעה בעיר טמפרה בפינלנד השפעה של תחבורה ציבורית על רמת זמינות הרכב. במסגרת מחקרה מצאה Kalenoja כי באזורים בעלי רמת שירות של תחבורה ציבורית נמוכה רמת זמינות הרכב גבוהה ואילו באזורים מרכזיים בהם רמת השירות גבוהה, זמינות הרכב נמוכה.

תנאי תנועה וחניה (8) – תנאי התנועה באמצעי הנסיעה השונים מושפעים מהיצע התחבורה (לרכב הפרטי ולרכב הציבורי), וממידת הביקוש לתחבורה. במידה ומשק הבית או מקום התעסוקה של בני משק הבית (בעיקר ראש משק הבית) ממוקמים באזור בו יש בעיות תנועה או חניה קשות, יש להניח כי צפויה ירידה במספר כלי הרכב הממוצע במשק בית. במודל שכויל בתל אביב בשנת 1995 השתמשו במשתנה מסוג זה, של זמן חיפוש חניה במקום העבודה (רק למשק בית עם נפש אחת בלבד). הבעיה עם משתנים בקבוצה זו היא הקושי באיסוף הנתונים.

גורמי מדיניות

מדיניות מיסוי (9) – מדיניות המיסוי מתייחסת למיסים המוטלים על הפרט והפירמות, וכן לסבסוד משק התחבורה (בעיקר תחבורה ציבורית). המיסוי המוטל על הפרט מורכב משלושה נדבכים (כהן, 1998, על פי Varma and Sinha, 1990). הנדבך הראשון קשור לבעלות על רכב

(מס קניה ומע"מ, אגרה שנתית) והרשות לנהוג (אגרת נהיגה והוצאת רישוי. הנדבך השני קשור למידת השימוש בכלי הרכב (מס על הדלק וחלקי החילוף, מחירי חניה וכניסה לאזורים מוגבלים, כבישי אגרה). הנדבך השלישי מתייחס לשונות בתועלת הנגזרות מהנסיעה לנוסעים שונים (כמו מיסוי המוטל על כלי רכב כבדים ע"פ טון נסיעה המבוצע על ידם). המדיניות שנקבעת משפיעה בסופו של דבר על עלויות הרכישה והשימוש (אחזקה) של כלי הרכב.

עלות רכישה ואחזקת רכב (10, 11, 12) – משתנים אלה כוללים את עלות הרכישה של כלי הרכב כן עלויות המיסים, אחזקה ודלק. המשתנים חשובים ברמה התיאורטית להבנת הקשר בין מחיר המוצר לבין הצריכה. בנוסף, באמצעות בחינת משתנים אלה ניתן להבין השפעות של מדיניות על נושא הצריכה והשימוש בכלי הרכב. Whelan מצוין כי נתונים אלה זמינים רק ברמה הארצית וכי השינוי בערכי המשתנים היה קטן לאורך השנים ובעל קורולציה בשינוי בהכנסה.

Gately ו-Dargay (1998) מציינים אף הם במחקרם כי ישנו קשר בין עלויות אחזקה של כלי הרכב וכן בהשפעה קטנה יותר גם של עלויות רכישה של כלי הרכב. לעומתם, Button (1982) טוען כי עליה במחיר הדלק משפיעה על סוגי הרכב שנרכשים ע"י בני משק הבית ולא על רמת זמינות הרכב.

בהקשר גורמי המדיניות, יש לציין את נושא **קבלת הוצאות רכב מהמעסיק (13)**, נושא שנפוץ מאוד בקרב עובדים בשירות המדינה בישראל. אין ספק שקבלת הוצאות הרכב מהמעסיק הינו גורם משמעותי בהחלטת משק הבית לרכוש כלי רכב. עם זאת, לאור העובדה שבמסגרת הסקרים עליהם התבסס מחקר זה, לא ניתן להבחין בין עובדים שמקבלים הוצאות רכב מהמעסיק לעובדים אחרים, לא ניתן היה לבחון נושא זה, ומידת השפעתו על זמינות הרכב באופן מפורט.

בנוסף לאמצעים שהוזכרו לעיל, יש לציין אמצעי נוסף שנועד להפחית את השימוש בכלי הרכב לנסיעות יוממות, אולם נראה כי כלי זה יעיל גם לנושא זמינות הרכב. Salon (2009), מצא במחקרו כי האמצעי היעיל ביותר להפחתת רמת המינוע והשימוש בכלי הרכב הינו שינוי זמן הנסיעה היחסי בין הרכב הפרטי לתחבורה הציבורית. לאור מחקרו שבוצע בניו יורק, זמן הנסיעה, ולא מחירה, היה המשתנה המשפיע ביותר על החלטות משק הבית בנושא זמינות הרכב והשימוש בו.

לסיכום, בחינת הגורמים המשפיעים על זמינות הרכב במשק בית חשובה לצורך עבודה זו לצורך המחשת מורכבות הבעיה והקשרים בין כל אותם גורמים משפיעים על זמינות הרכב וכן ההשפעה ההפוכה של זמינות הרכב על חלק מגורמים אלה.

2.2.5. הניסיון הישראלי

בישראל קיימים, בנוסף למודל הארצי לחיזוי רמת מינוע, מספר מודלים ברמה המטרופולינית. במסגרת וועדת מודלים אשר בדקה את נושא תחזיות זמינות הרכב לצרכי תכנון תחבורה, בוצעה סקירה של המודלים שכולו בשלושת המטרופולינים הגדולים – ירושלים, חיפה ותל אביב. המודלים שכולו עד שנת 2003 ופורטו בעבודה זו, מבוססים על סדרות עתיות הדורשות כקלט רמת רוויה חזויה. בשנה האחרונה כויל מודל לזמינות רכב במטרופולין תל אביב על בסיס נתוני סקר הרגלי הנסיעה שנערך בשנת 1996, נתונים הדומים לנתונים ששמשו לכיול אחד המודל בעבודה זו. בפרק זה תובא סקירה של המודלים שכולו בישראל בשנים האחרונות.

צוות תכנית אב לתחבורה למטרופולין ירושלים – מודל רמת מינוע שכולל עבור מטרופולין ירושלים (כיום מקדמים עדכון של מודל זה) הינו מודל סדרה עתית הכולל פונקציה רקורסיבית מהצורה:

$$RM(t+1) = RM(t) + \Delta(RM(t))$$

כאשר: $RM(t)$ היא רמת מינוע בשנה t , $\Delta(RM(t))$ היא תוספת רמת מינוע בשנה t . הביטוי $\Delta(RM(t))$ מחושב על פי פרמטרים שונים לפי ערים, ושואף ל-0 כאשר רמת המינוע מתקרבת ל-600. לכל אחת משלושת קבוצות האוכלוסייה המאפיינות את המטרופולין – חילונית, חרדית וערבית, הותאמו פרמטרים מתאימים למודל.

צוות תכנית אב לתחבורה למטרופולין חיפה – במטרופולין חיפה כויל מודל מצרפי המתבסס על סדרה עתית. נוסחת המודל היא:

$$y = \frac{k}{1 + \exp(a + bt)}$$

כאשר: y = רמת מינוע; t = שנה; a, b = פרמטרים לכיול; k = רמת רוויה אמדן רמת הרוויה נעשתה בתהליך איטרטיבי בקפיצות של 5 שנים, על בסיס הנחה של עליה ליניארית ברמת הרוויה בכל תקופת זמן.

במטרופולין חיפה זוהו ארבע קבוצות אוכלוסייה שלכל אחת מהן הותאם מודל רמת מינוע שונה : יהודי ותיק, יהודי מתפתח, לא יהודי עירוני ולא יהודי כפרי. לכל אחד מקבוצות האוכלוסייה רמת הרוויה לשנת היעד (2025) שונה ונעה בין 556 (יהודי ותיק) ל- 248 (לא יהודי כפרי).

בהתאם לתחזיות המודל, שכול בתחילת שנות ה-90, נמצא כי רמת המינוע הצפויה במטרופולין בשנת 2010 הינה כ- 290 כלי רכב ל- 1,000 נפש.

צוות תכנית אב לתחבורה למטרופולין תל אביב – במטרופולין תל אביב כוילו שני מודלים של זמינות רכב בשנים האחרונות. המודל הראשון כויל בשנות ה-90 במסגרת הכנת תכנית אב לתחבורה למטרופולין תל אביב. המודל השני כויל בשנת 2008 במסגרת צוות הכנת מודל תחבורתי למטרופולין תל אביב. להלן מובא תיאור המודלים הנ"ל.

קבוצת המודלים הראשונה כוילה במכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה, ובמסגרתו כוילו שלושה סוגים של מודלים שמשלימים זה את זה בתהליך החיזוי. המודלים שכוילו כוללים:

א. מודל לא מצרפי ברמת משק בית – המודל נועד לחיזוי זמינות רכב ברמת אזור תנועה. המעבר מרמת משק בית לאזור תנועה התבצע באמצעות חיזוי פרופילים של משקי בית באזור התנועה. לאור העובדה שמודל זה דומה למודלים שכוילו במסגרת מחקר זה, נפרט את תיאור המודל בצורה נרחבת בהמשך.

ב. מודל רמת מינוע אגרגטיבי ברמת יישוב – מודל אינקרמנטלי החוזה תוספת רמת מינוע מדי שנה כפונקציה של רמת המינוע בשנה הקודמת ומספר מאפיינים של היישוב. המודל משמש בקרה למודל הראשון (א'). נוסחת המודל הינה:

$$RM_t = (RM_{t-1}) + a + b(RM_{t-1}) + c(RM_{t-1})^2$$

כאשר: RM_t = רמת מינוע בשנה t; RM_{t-1} = רמת מינוע בשנה t-1; a, b, c = מקדמים לכיול המשקפים את הרמה הסוציו כלכלית של היישוב ורמת הנגישות לתחבורה ציבורית.

ג. מודל רמת מינוע אגרגטיבי למטרופולין – מודל שכויל לכלל המטרופולין ונועד בין השאר לבקרה למודל השני (ב'). המודל הינו quasi-logistic וניסוחו:

$$R_m^t = \frac{R_m^s}{1 + \exp[-at^{-b}(x_1)^{-c_1}(x_2)^{-c_2} \dots (x_n)^{-c_n}]}$$

כאשר: R_m^t = רמת מינוע בשנה t; R_m^s = רמת מינוע ברוויה; t = שנה;

$X_1 \dots X_n$ = פרמטרים שונים המשפיעים על רמת המינוע; a, b, c₁...c_n = מקדמים לכיול.

המודל כויל ל- 3 רמות רוויה 450, 500, 550.

מודלים לא מצרפים

להלן פירוט המודלים ה לא מצרפים שכוילו במטרופולין תל אביב . שני המודלים כוילו על בסיס נתוני סקר הרגלי הנסיעה משנת 1996.

המודל הראשון כויל במכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה . בסיס הנתונים של המודל כלל 5,295 משקי בית, מתוכם 1,009 משקי בית בעלות נפש אחת . במסגרת המודל, טופלו משקי הבית בעלות נפש אחת באופן שונה משאר משקי הבית . מכיוון שלא נכלל בסקר הרגלי הנסיעה איסוף נתוני הכנסה של משק הבית, נעשו ניסיונות להשתמש במשתנים מסבירים אחרים. המודל שכויל הינו מסוג (MNL) Multinomial Logit, בדומה למודלים שכוילו במסגרת עבודה זו.

לוח 7 מציג את תוצאות המודל למשקי בית בעלות נפש אחת ו לוח 8 מציג את תוצאות המודל למשקי הבית בעלות יותר מנפש אחת. במודל זה נעשה שימוש במשתנים מקבוצת מאפייני משק הבית ומקבוצת מאפייני שימושי הקרקע והתשתיות. ניתן לראות כי אחד המשתנים המשמעותיים ביותר במודל הינו מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית. בנוסף, ניתן לראות כי משתנה הנגישות לתחבורה ציבורית קיבל ערכי t-test נמוכים יחסית.

לוח 7 : מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 1996 - משק בית עם אדם אחד

Table 7: car availability model in Tel Aviv Metropolitan area – household with one person

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית	6.549	8.8
מספר האנשים שגילם מעל 65	0.8556	2.7
אם לומד = 1	0.7887	2.1
אם "מנהל" = 1	1.366	2.2
אם שכיר = 1	1.472	4.0
אם עצמאי = 1	1.525	3.1
שווה ל-1 אם משק הבית מתגורר בקיבוץ	-2.61	-4.9
זמן ההליכה מהבית למקום החניה	-0.9213	-3.6
זמן חיפוש חניה במקום העבודה	-0.177	-3.1
קבוע	-5.745	-6.5
Number of observations	1,009	
Null log-likelihood	-1,079.08	
Final log-likelihood	-232.49	
Rho-square	0.6676	

לוח 8 : מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 1996 - משק בית עם יותר מאדם אחד

Table 8: car availability model in Tel Aviv Metropolitan area – household with more than one person

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית (כלי רכב אחד)	2.053	27.1
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית (שני כלי רכב או יותר)	3.053	29.9
מספר האנשים שגילם מעל 65 (כלי רכב אחד)	-	-
מספר האנשים שגילם מעל 65 (שני כלי רכב או יותר)	-0.361	-3.6
מספר האנשים שמשלח ידם הוא "מנהל" (כלי רכב אחד)	1.024	3.5
מספר האנשים שמשלח ידם הוא "מנהל" (שני כלי רכב או יותר)	2.101	7.1
מספר השכירים במשק הבית (כלי רכב אחד)	0.244	4.3
מספר השכירים במשק הבית (שני כלי רכב או יותר)	0.4295	5.5
מספר העצמאים במשק הבית (כלי רכב אחד)	0.8791	6.2
מספר העצמאים במשק הבית (שני כלי רכב או יותר)	1.279	7.8
שווה ל- 1 אם משק הבית מתגורר בקיבוץ (כלי רכב אחד)	-2.198	-6.5
שווה ל- 1 אם משק הבית מתגורר בקיבוץ (שני כלי רכב או יותר)	-2.946	-6.0
נגישות יחסית בתחבורה ציבורית מאזור המגורים (כלי רכב אחד)	-1.254	-1.1
נגישות יחסית בתחבורה ציבורית מאזור המגורים (שני כלי רכב או יותר)	-2.651	-1.7
זמן ההליכה מהבית למקום החניה (כלי רכב אחד)	-0.101	-1.0
זמן ההליכה מהבית למקום החניה (שני כלי רכב או יותר)	-0.6445	-5.0
קבוע (כלי רכב אחד)	-2.032	-8.7
קבוע (שני כלי רכב או יותר)	-4.095	-13.1
Number of observations	4,286	
Null log-likelihood	-4,708.65	
Final log-likelihood	-3,002.26	
Rho-square	0.3624	

המודל הלא מצרפי השני כויל כאמור בשנת 2008, בסיס הנתונים של המודל כלל 15,866 משקי בית מתוך סקר הלמ "ס משנת 1996. במסגרת העבודה על מודל תל אביב, פותח למעשה שני מודלים דיסאגרטיבים, המודל הראשון הינו מסוג Multinomial Logit ואילו המודל השני הינו מסוג Ordered Logit. לאור העובד ה שערך פונקצית הנראות המקסימאלית במודל ה- Ordered Logit היה גבוה מעט יותר מערכה במודל ה- Multinomial Logit, נבחר המודל הראשון כמודל המייצג.

תרשים 18 ותרשים 19 מציגים את מבנה המודלים הנ"ל, ולוח 9, לוח 10, לוח 11 ולוח 12 מציגים את תוצאות המודלים¹⁹

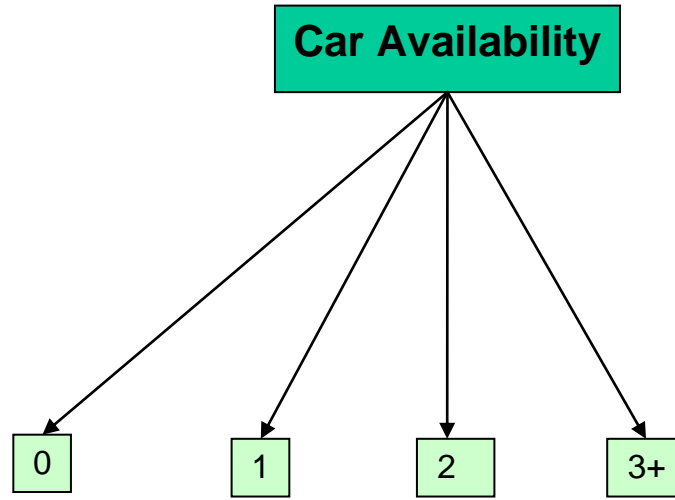
המשתנים המסבירים במודלים אלה היו דומים וכללו, רמת פירוט גדולה יותר מהמודל הראשון שהוצג (על אף שגם במודלים אלה לא נכללו משתנים הקשורים בגורמי מדיניות). המשתנים במודלים היו: גודל משק בית, מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית, מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית, מספר המועסקים במשרה מלאה במשק בית, מספר המועסקים במשרה חלקית במשק בית, מספר האקדמאים במשק בית וכן צפיפות האוכלוסייה באזור המגורים בו ממוקם משק הבית. בנוסף למשתנים אלה, נעשה שימוש במודלים במשתנה מסוג logsum שמיצג את רמת הפעילות של בני משק הבית מבחינה תחבורתית, דהיינו שילוב של בחירת אמצעי נסיעה, יעדי הנסיעה ומטרות הנסיעה של בני משק הבית. החיסרון של משתנה זה, שלא ניתן לבדד במודל רק חלק מהמאפיינים שכלולים בו כמו לדוגמא, מספר נסיעות או ק"מ נסועה.

המשתנים הדומיננטיים ביותר במודל היו: מספר בעלי או בעלות רישיון נהיגה במשק בית (בדומה למודל הראשון שהוצג). כמו כן, ניתן לראות כי משתני ה- logsum קיבלו ערכים נמוכים יחסית במרבית המודלים שמפורטים בהמשך.

¹⁹ מקור: Shifan, Y., Zananir I., 2007, Car Availability Model for Tel Aviv Metropolitan area, Report Draft

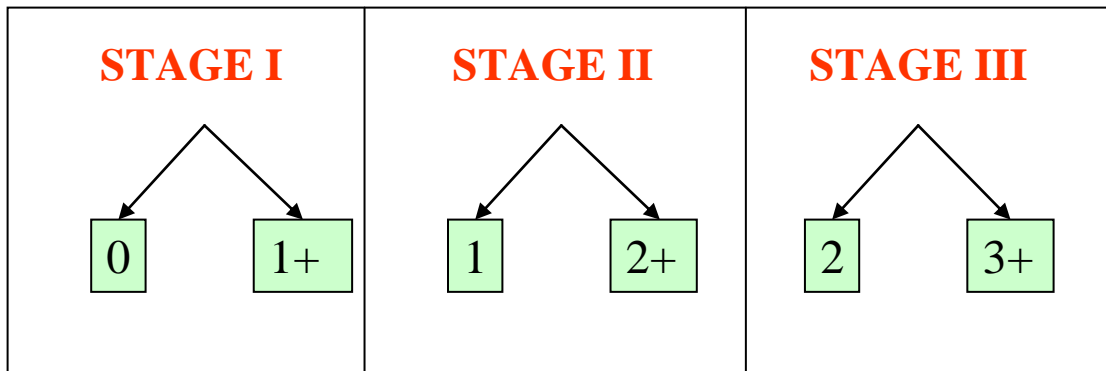
תרשים 18 : מבנה מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 2008 - Multinomial Logit

Figure 18: Car Availability model Structure in Tel-aviv metropolitan area - Multinomial Logit



תרשים 19 : מבנה מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 2008 - Ordered Logit

Figure 19: Car Availability model Structure in Tel-aviv metropolitan area Ordered Logit





לוח 9 : תוצאות מודל זמינות רכב במטרופולין תל אביב 2008 - Multinomial Logit

Table 9: Multinomial Logit Model for the Car Availability for Metropolitan Tel Aviv Area

Variable	Estimation	Standard Error	t-test	Utility1	Utility2	Utility3	Utility4	Variable Explanation
Const1	-2.6517	0.2870	-9.24	1				Constant
Const2	-7.1899	0.3589	-20.03		1			Constant
Const3	-11.7754	0.6070	-19.40			1		Constant
Const4	0.0000						1	Constant
Educated1	0.3087	0.0569	5.42	1				Number of Educated more than 15 years in a Household
Educated23	0.9038	0.0648	13.96		1	1		Number of Educated more than 15 years in a Household
HHsize1	-0.0593	0.0153	-3.88	1				Household Size
HHsize2	-0.0768	0.0200	-3.83		1			Household Size
HHsize3	-0.2451	0.0397	-6.17			1		Household Size
Logsum12	0.3801	0.3191	1.19	1	1			Logsum Variable Calculated as follows: (LOGSUMY-LOGSUMN)
Logsum3	0.5757	0.5274	1.09			1		Logsum Variable Calculated as follows: (LOGSUMY-LOGSUMN)
Lsum_1car	0.1065	0.0366	2.91	1				Destination Logsum Variable
Lsum_2car	0.4329	0.0457	9.48		1			Destination Logsum Variable
Lsum_3car	0.6285	0.0770	8.16			1		Destination Logsum Variable
MBFulltime1	0.1095	0.0527	2.08	1				Number of Full Time Workers in a Household
MBFulltime2	0.2811	0.0631	4.45		1			Number of Full Time Workers in a Household
MBFulltime3	0.4086	0.0733	5.58			1		Number of Full Time Workers in a Household
MBParttime1	0.0734	0.0570	1.29	1				Number of Part Time Workers in a Household
MBParttime23	0.3142	0.0656	4.79		1	1		Number of Part Time Workers in a Household
MenLicenY1	2.0827	0.0689	30.22	1				Number of Men Having a License in a Household
MenLicenY2	2.6622	0.0784	33.95		1			Number of Men Having a License in a Household
MenLicenY3	3.510	0.0920	38.17			1		Number of Men Having a License in a Household
Volumpop1	0.000	0.0000	-3.11	1				Density of a Population in Residence Area (Population/Area)
Volumpop2	0.000	0.0000	-16.23		1			Density of a Population in Residence Area (Population/Area)
Volumpop3	0.000	0.000	-12.29			1		Density of a Population in Residence Area (Population/Area)
WomLicenY1	1.432956600	0.050	28.41	1				Number of Women Having a License in a Household
WomLicenY2	2.207890500	0.058	37.79		1			Number of Women Having a License in a Household
WomLicenY3	2.8712278	0.077716103	36.95			1		Number of Women Having a License in a Household
Null log-likelihood	-21994.9			Utility1	Utility for ONE Car Availability.			
Final log-likelihood	-13779.2			Utility2	Utility for TWO Car Availability.			
Rho-square	0.373531			Utility3	Utility for THREE Car Availability.			
Observations	15866			Utility4	Utility for No Car Availability at all.			

לוח 10: מודל זמינות רכב במטרופולין ת"א 2008 - ORL, בחירה בין 0 – +1 כלי רכב

Table 10: Ordered Logit Model for the Choice between 0 and 1+ Vehicles for Metropolitan Tel Aviv Area

Variable	Estimation	Standard Error	t-test	Utility1	Utility2	Variable Explanation
Const1	-3.1166	0.2683	-11.62	1		Constant
Const2	0.0000				1	Household Size
Educated1	0.441036750	0.054672197	8.07	1		Educated Dummy Variables (1 if Study Years >= 15)
HHsize1	-0.0596	0.0151	-3.96	1		Household Size
Logsum1	0.3045	0.3196	0.95	1		Logsum Variable (LOGSUMY - LOGSUMN)
Lsum_123car	0.1892	0.0357	5.29	1		Destination Logsum Average for 1,2 and 3 Vehicles
MBFulltime1	0.1451	0.0539	2.69	1		Number of People Working Full-Time in a Household
MBParttime1	0.1268	0.0565	2.24	1		Number of People Working Part-Time in a Household
MenLicenY1	2.1823	0.0693	31.49	1		Number of Men Having a License in a Household
Volumpop1	-0.00001633	0.00000246	-6.64	1		Population Density (Population / Area)
WomLicenY1	1.5925	0.0502	31.74	1		Number of Women Having a License in a Household
Initial log-likelihood	-10997.5					
Final log-likelihood	-5587.29					
Rho-Squared	0.491947	Utility1	Choice of 1+ Cars			
Observations	15866	Utility2	Choice of 0 Cars			

לוח 11: מודל זמינות רכב במטרופולין ת"א 2008 - ORL, בחירה בין 1 – +2 כלי רכב

Table 11: Ordered Logit Model for the Choice between 1 and 2+ Vehicles for Metropolitan Tel Aviv Area

Variable	Estimation	Standard Error	t-test	Utility1	Utility2	Variable Explanation
Const1	0.0000			1		Constant
Const2	-5.2855	0.2786	-18.98		1	Constant
Educated1	0.6011	0.0470	12.79		1	Educated Dummy Variables (1 if Study Years >= 15)
HHsize	-0.0270	0.015855442	-1.70		1	Household Size
Lsum_23car	0.3938	0.0351	11.22		1	Average Destination Logsum Variable for 2 and 3 Vehicles
MBWorker	0.2497	0.0275	9.07		1	Number of People Working in a Household
TotLicenY1	0.8172	0.0287	28.50		1	Number of People Having a License in a Household
Volumpop1	-0.0000524	0.00000269	-19.45		1	Population Density (Population / Area)
Initial log-likelihood	-7946.93					
Final log-likelihood	-6321.08					
Rho-Squared	0.204589	Utility1	Choice of 1 Cars			
Observations	11465	Utility2	Choice of 2+ Cars			

לוח 12: מודל זמינות רכב במטרופולין ת"א 2008 - ORL, בחירה בין 2 – 3+ כלי רכב

Table 12: Ordered Logit Model for the Choice between 2 and 3+ Vehicles for Metropolitan Tel Aviv Area

Variable	Estimation	Standard Error	t-test	Utility1	Utility2	Variable Explanation
Const1	0.0000			1		Constant
Const2	-5.0782	0.6120	-8.30		1	Constant
HHsize	-0.1299	0.0462	-2.81		1	Household Size
Logsum	0.3425	0.484828950	0.71		1	Logsum Variable (LOGSUMY - LOGSUMN)
Lsum_3car	0.1851	0.075633946	2.45		1	Destination Logsum Variable for 3+ Vehicles
MBWorker	0.0767	0.0569	1.35		1	Number of Workers in a Houshold
TotLicense	0.9121	0.0524	17.41		1	Number of People Having a License in a Household
Volumpop	-0.000029366	0.00000636	-4.61		1	Population Density (Population / Area)
Initial log-likelihood	-3021.43					
Final log-likelihood	-1761.62					
Rho-Squared	0.416958	Utility1	Choice of 2 Cars			
Observations	4359	Utility2	Choice of 3+ Cars			

3.2. סיכום

פרק זה כלל ניתוח של רמת המינוע בישראל, על מאפייניה הייחודיים ומודלים של זמינות רכב הקיימים בארץ ובעולם. להלן סיכום של ממצאי הסקירה.

רמת המינוע בישראל נמצאת במגמת עליה החל מקום המדינה ועד היום. בישראל בולט הקשר שבין מספר הנהגים לבין מספר כלי הרכב. היחס בין שני הפרמטרים הנ"ל נשאר יציב יחסית ובמהלך 23 השנים האחרונות עולה רק בכ- 0.4% בשנה. שיעור הנהגות באוכלוסייה נמוך בהרבה מאשר מספר הנהגים, בדגש על קבוצות הגיל 65+. לאור נתוני סקר הלמ"ס ומפקד האוכלוסייה, שיעור הנהגים במטרופולין חיפה מעט נמוך יותר משיעורם במחוזות תל אביב והמרכז, אך גבוה בהרבה משיעורם במטרופולין ירושלים.

על אף הגידול ברמת המינוע בישראל, רמתה נחשבת נמוכה יחסית למדינות מערביות בעולם. קיימות 4 סיבות אפשריות לתופעה זו: שיעור הילדים, שאינם יכולים להחזיק כלי רכב בהגדרה, גבוהה יחסית במדינת ישראל לעומת מדינות מערביות; במדינת ישראל קיימות קבוצות אוכלוסייה שבהם לא מקובל לאפשר לנשים להוציא רישיון נהיגה (חרדים וערבים); השירות בצה"ל ותופעת התרמילאות גורמת לכך שצעירים רבים מגיעים לרמת הכנסה המאפשרת להם לרכוש כלי רכב מאוחר יותר מאשר צעירים במדינות אחרות; והעובדה שעלות אחזקת כלי רכב בישראל גבוהה יחסית לרמת השכר לעומת מדינות אחרות בעולם, מקשה על רכישת כלי רכב לשכבות אוכלוסייה מסוימות. בנוסף, התופעה של קבלת רכב בבעלות המעסיק, שהתפתחה בשנים האחרונות בישראל, משמעותית לנושא זמינות הרכב והשימוש בו, לאור העובדה שהמשתמש ברכב חברה אינו רגיש לעלויות השימוש.

למשמעות של זמינות רכב ברמת הפרט ישנן מספר פרשנויות. יש המגדירים רכב זמין כמצב שבו הרכב לא נמצא בשימוש ע"י מישהו אחר וממוקם במקום בו הנסיעה מתחילה. לעומתם, יש הטוענים שהימצאותו של כלי רכב במקום בו מתחילה הנסיעה אינו תנאי מספיק ומגדירים זמינות רכב אם ורק אם הרכב לא נמצא בשימוש לאורך כל זמן הנסיעה מהיציאה מהבית ועד החזרה לבית.

לזמינות הרכב במשק הבית השפעות רבות הן ברמת משק הבית, הן ברמה החברתית והן ברמת האזור. מודלים של זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה מהווים קלט למודלים תחבורתיים רבים, ומשפיעים על הרגלי הנסיעות של בני משק הבית, החל מכמות הנסיעות, היעדים, בחירת אמצעי הנסיעה ואף בבחירת מקום המגורים.

קיימים מספר רב של סוגי מודלים לזמינות רכב . עיקר ההבדלים בין המודלים מתמקדים ברמת האגרגציה של המודל, בסוג המודל (סטטי או דינמי) ובמבנה המודל. את המשתנים המסבירים של המודלים ניתן לחלק לשלוש קבוצות עיקריות : מאפייני משק הבית , מאפייני שימושי הקרקע באזור בו ממוקם משק הבית וגורמי מדיניות.

בישראל, קיימים מודלים תחבורתיים ברמות מטרופוליניות בשלושת המטרופולינים הגדולים – ירושלים, תל אביב וחיפה . המודלים בירושלים ובחיפה הינם מודלים אגרגטיביים ואילו במטרופולין תל אביב קיימים שני מודלים דיסאגרגטיביים שכוילו בתקופות שונות על בסיס נתוני סקר הרגלי הנסיעה משנת 1996 (שמהווה בסיס הנתונים של אחד מהמודלים בעבודה זו). לאור ניתוח תחזיות המודלים בארץ, עלה הצורך בניתוח וכיול מודלים על בסיס נתונים דמוגרפיים. בלוח 13 מוצגים סדרה של מודלים שנסקרו במסגרת עבודה זו . החלק הראשון כולל 8 מודלים מצרפיים מרחבי העולם. החלק השני כולל עוד כ- 15 מודלים לא מצרפיים, והחלק האחרון כולל פירוט של 8 מודלים שכוילו בישראל במסגרת מטרופולינית.

לוח 13: סיכום מודלים לזמינות רכב מהארץ ומהעולם
 Table 13: Car availability models in Israel and other countries

המאמר בו מוזכר	משתנים מסבירים	סוג ומבנה המודל	רמת אגרגציה	מודל סטאטי/דינאמי	מיקום	שנת המודל
משה הירש ואח', 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה	- רמת רוויה, רמת מינוע בשנים קודמות	סדרה עתית	מצרפי	סטאטי	מחלקת התחבורה הבריטית	1958, 1962
משה הירש ואח', 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה	- תל"ג לנפש - עלויות רכב (קניה ואחזקה) - רמת רוויה, רמת מינוע בשנים קודמות	סדרה עתית	מצרפי	סטאטי	מחלקת התחבורה הבריטית	1983
Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997	✓ הכנסה של משק הבית ✓ מספר נפשות במשק בית ✓ צפיפות אוכלוסייה ✓ מיקום משק הבית (מרכז העירוני או שאר האזור)	גרסיה ליניארית	מצרפי	סטאטי	מילווקי	1993
משה הירש ואח', 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה	✓ מספר רישיונות נהיגה במשק בית ✓ הכנסה של משק הבית ✓ פרמטר המבטא את סוג משק הבית (8 הרכבים שונים של משק בית) ✓ מיקום משק הבית (5 קטיגוריות המבוססות על צפיפויות)	סדרה עתית	מצרפי	סטאטי	מחלקת התחבורה הבריטית	1997
K. Button, J. Hine, N. Ngoe, 1992, Car ownership forecasts for low-income countries, Traffic engineering & control	✓ הכנסה (תל"ג)	סדרה עתית	מצרפי	סטאטי	מדינות בעלות הכנסה נמוכה	2001
Kemal, S.Ö. 2004, s-Curve Models to Determine the Car Ownership in Turkey, ARI the bulletin of Istanbul Technical University Communicated by Ahmet Saglamer	✓ מבוסס על נתוני עבר	סדרה עתית	מצרפי	סטאטי	טורקיה	2004
J.E. Nielsen, Real estate, 2006, ownership and the demand for cars in Denmark – a pseudo panel analysis, Danish Transport Research Institute	✓ הכנסה ✓ מספר ילדים במשק הבית ✓ מספר בוגרים במשק הבית ✓ עליה במחירי דיור במהלך השנה האחרונה (dummy) ✓ ריבית הממוצעת ב- 30 שנים אחרונות ✓ אזור המגורים (עירוני או לא) ✓ בעלות על נכסים נוספים (dummy)	סדרה עתית מבוסס על נתוני פאנל	מצרפי	סטאטי	דנמרק	2004
Mokonyama, M. Venter, C. 2005, Modeling and profiling household car ownership in the post-apartheid South Africa	✓ סוג בית מגורים ✓ הכנסה של משק הבית ✓ מיקום משק הבית ביחס למרכז העיר	לא מפורט	מצרפי	סטאטי	דרום אפריקה	2005

שנת המודל	מיקום	מודל סטאטי/דינאמי	רמת אגרגציה	סוג ומבנה המודל	משתנים מסבירים	המאמר בו מוזכר
1976	סאן פרנסיסקו	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	לוג'יט - MNL (מודל לוג'יט הראשון המוכר)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ גודל משק הבית. ✓ הכנסת משק הבית פחות ההוצאות על הדירה, החזקת רכב ותשלום עבור הנסיעות לעבודה. ✓ התייחסות למשפחה חד הורית ✓ צפיפות המועסקים באזור המגורים ✓ מדד הנגישות מהבית לעבודה של התחבורה הציבורית ביחס לרשת הדרכים ✓ מדד הנגישות מהבית למקומות בילוי (קניות) של התחבורה הציבורית ביחס לרשת הדרכים 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997
1984	דטרויט	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	פלחי שוק (Cross Classification)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ הכנסה של משק הבית ✓ גודל משק הבית ✓ מיקום משק הבית 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997
1986	-	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	שילוב של מספר מודלים לוג'יט - MNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ משתנים סוציו כלכליים ✓ מידת שימוש בכלי הרכב ✓ עלות כלי הרכב ✓ עלות תפעול כלי הרכב ✓ שטח החניון הנדרש לרכב ✓ מספר כוחות סוס של כלי הרכב ✓ גיל כלי הרכב ✓ סוג כלי הרכב 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997
1989	פורטלנד	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	לוג'יט - MNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מספר נפשות במשק בית ✓ מספר עובדים במשק בית ✓ רמת הכנסה של משק הבית ✓ מספר מקומות התעסוקה במרחק 30 דקות בתח"צ 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997
1993	לא מצוין	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	לוג'יט - NMNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ גודל משק בית ✓ מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית ✓ גיל ממוצע של בעלי רישיון נהיגה ✓ הכנסה של משק הבית ✓ נסועה שנתית ✓ צפיפות אוכלוסייה באזור המגורים ✓ מספר רכישות כלי רכב ע"י משק הבית 	F. Ramjerdi, L. Rand, I. Saetermo, 1996, models for car ownership, transactions and vehicle type
1994	ניו המפריש	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	לוג'יט - MNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מספר נפשות במשק בית ✓ מספר עובדים במשק הבית ✓ הכנסה של משק הבית ✓ מיקום אזור המגורים (Dummy) ✓ התייחסות למשפחה חד הורית (Dummy) 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997

שנת המודל	מיקום	מודל סטאטי/דינאמי	רמת אגרגציה	סוג ומבנה המודל	משתנים מסבירים	המאמר בו מוזכר
1994	פילדלפיה	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	לוג'יט - ORL (Ordered Response) (Logit)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מספר נפשות במשק הבית ✓ מספר מועסקים במשק הבית ✓ צפיפות אוכלוסייה ✓ צפיפות מועסקים ✓ רמת הכנסה של משק הבית ✓ סביבת הולכי הרגל ✓ נגישות/ניידות אזור משק הבית ✓ יחס בין מספר נפשות למספר רכבים (משתנה Dummy) 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997
1994	פורטלנד	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	לוג'יט - MNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מספר נפשות במשק הבית ✓ מספר עובדים במשק הבית ✓ הכנסה של משק הבית (משתנה Dummy שווה 1 אם מ"ב ברמת הכנסה מסוימת) ✓ מספר מועסקים במסחר בטווח של 1 מייל ממשק הבית ✓ מדד לסביבת הולכי הרגל (נוחות חציה של דרכים, רציפות מדרכות, חיבוריות הרחובות, טופוגרפיה) 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997
1995	הולנד	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	Multinomial probit model	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מיקום משק הבית ✓ מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית ✓ הכנסה של משק הבית ✓ מספר בוגרים ✓ מספר מועסקים במשק הבית 	A.Nobil, C.Bhat & E.Pas, 1995, A random effects Multinomial probit model of car ownership choice, technical report number 41
1996	בוסטון, סאן פרנסיסקו, סיאטל והולנד	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	MNL & ORL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מספר בוגרים לא מועסקים ✓ מספר בוגרים מועסקים ✓ הכנסה שנתית של משק הבית ✓ מיקום משק הבית ✓ משפחה חד הורים 	C. Bhat, V. Pulugurta, 1997, a comparison of two alternative behavioral choice mechanisms for household auto ownership decisions
1996	בריטניה	דינאמי	לא מצרפי (רמת משק בית)	Ordered Probit	<ul style="list-style-type: none"> ✓ הכנסה של משק הבית ✓ מספר בוגרים במשק הבית ✓ מספר מועסקים במשק הבית ✓ מספר ילדים במשק הבית ✓ האם ראש משק הבית פנסיונר (משתנה Dummy) 	Hanly, M. Dargay, J.M., 2000, Car ownership in Great Britain, transportation research record 1718
1996	סיאטל	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	ארגרסיה/פלחי שוק (cross-classification)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מספר נפשות במשק בית ✓ מספר עובדים במשק בית ✓ רמת הכנסה של משק הבית ✓ מספר מקומות תעסוקה בטווח 10 דקות הליכה ✓ מספר מקומות תעסוקה בטווח 30 דקות נסיעה בתח"צ בשעת שיא ✓ מספר מקומות התעסוקה בטווח של 6 מייל ממשק הבית 	Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997

שנת המודל	מיקום	מודל סטאטי/ דינאמי	רמת אגרגציה	סוג ומבנה המודל	משתנים מסבירים	המאמר בו מוזכר
2001	בריטניה	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	שילוב של מודל סדרות עתיות ומודל סטטי לא מצרפי של בעלות רכב	<ul style="list-style-type: none"> ✓ הכנסה של משק הבית ✓ מבנה משק הבית (מספר מבוגרים/ מספר ילדים) ✓ עלויות אחזקה של כלי הרכב ✓ צרכים תחבורתיים של משק הבית ✓ מספר רכבים בבעלות המעסיק ✓ מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית 	G. Whelan, 2005, Modeling car ownership in Great Britain
2004	דנמרק	דינאמי	לא מצרפי (רמת משק בית)	מודל פאנל דינאמי	<ul style="list-style-type: none"> ✓ משתנים סוציו כלכליים ✓ מיקום משק הבית ✓ רכב בבעלות המעסיק ✓ מרחק הנסיעה למקום העבודה ✓ עלות אחזקת הרכב 	T.B. Bjørner, S. Leth-Petersen, 2004, Dynamic model of car ownership at the household level
2005	סאן פרנסיסקו	סטאטי	לא מצרפי (רמת משק בית)	שילוב של ORL ו-MNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ צפיפות אוכלוסייה ומועסקים ✓ זמן ועלות נסיעת יוממות ✓ נגישות בסביבת משק הבית ✓ משתנים דמוגרפים מספר בוגרים במ"ב, מספר מבוגרים במ"ב, מספר עצמאים במ"ב, הכנסה במ"ב, מ"ב חד הורי, מ"ב בעל נפש אחת, בעלות על הנכס, סוג האוכלוסייה (אפרו אמריקאים?) וכו' 	Bhat, C.R. Guo, J.Y., 2005, A comprehensive analysis of built environment characteristics on household residential choice and auto ownership levels, Transportation Research Part B 41
1999	ירושלים	סטאטי	מצרפי	סדרה עתית	<ul style="list-style-type: none"> ✓ קבוצות אוכלוסייה (חילונית, חרדית וערבית) ✓ מספר נפשות במשק הבית 	משה הירש ואחרים, 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה
1994	חיפה	סטאטי	מצרפי	סדרה עתית	<ul style="list-style-type: none"> ✓ קבוצות אוכלוסייה (יהודי "ותיק", יהודי "צעיר", לא יהודי עירוני, לא יהודי כפרי) 	משה הירש ואחרים, 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה
1995	תל אביב	סטאטי	אגרגטיבי לרמת יישוב	סדרה עתית	<ul style="list-style-type: none"> ✓ רמה סוציו כלכלית של היישוב ✓ נגישות היישוב לתחבורה ציבורית 	משה הירש ואחרים, 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה
1995	תל אביב	סטאטי	אגרגטיבי לרמת מטרופולי	סדרה עתית	<ul style="list-style-type: none"> ✓ רמת רוויה ✓ רמת מינוע בשנים קודמות 	משה הירש ואחרים, 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה

שנת המודל	מיקום	מודל סטאטי/דינאמי	רמת אגרגציה	סוג ומבנה המודל	משתנים מסבירים	המאמר בו מוזכר
2006	תל אביב	סטאטי	לא מצרפי	רגרסיה לינארית	<ul style="list-style-type: none"> ✓ קבוצות גיל ✓ יחס נהגים/נהגות בקבוצות גיל 	Bekhor, S., Wittenberg, Y., Golani, A. (2006), The Impact of Motorization Rate Forecasts on Mass Transit Ridership
2001	תל אביב	סטאטי	לא מצרפי	MNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ אבחנה בין משקי בית עם אדם אחד לעומת משקי בית עם יותר מאדם אחד ✓ מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית ✓ מספר האנשים שגילם מעל 65 ✓ סטודנט (רק במ"ב עם אדם אחד) ✓ מספר האנשים שמשלוח היד הוא מנהל ✓ מספר השכירים במ"ב ✓ מספר העצמאים במ"ב ✓ צורת יישוב (משתנה = 1 DUMMY אם מ"ב בקיבוץ) ✓ נגישות יחסית בתחבורה ציבורית מאזור המגורים ✓ זמן ההליכה מהבית למקום החניה ✓ זמן חיפוש חניה במקום העבודה (רק במ"ב עם אדם אחד) 	משה הירש ואחרים, 2003, וועדת מודלים לנושא בדיקת תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה
2008	תל אביב	סטאטי	לא מצרפי (רמת פרט)	MNL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ מספר אקדמאים במשק הבית ✓ גודל משק הבית ✓ שימוש בכלי הרכב (משתני logsum) ✓ מספר מועסקים במשק הבית ✓ מספר בעלי/ות רישיון נהיגה במשק הבית ✓ צפיפות אוכלוסייה באזור המגורים 	Shiftan, Y., Zananir I., 2007, Car Availability Model for Tel Aviv Metropolitan area, Report Draft
2008	תל אביב	סטאטי	לא מצרפי (רמת פרט)	ORL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ האם הפרט אקדמאי? (המשתנה היחידי ברמת הפרט) ✓ גודל משק הבית ✓ שימוש בכלי הרכב (משתני logsum) ✓ מספר מועסקים במשרה מלאה במשק הבית ✓ מספר מועסקים במשרה חלקית במשק הבית ✓ מספר בעלי/ות רישיון נהיגה במשק הבית ✓ צפיפות אוכלוסייה באזור המגורים 	Shiftan, Y., Zananir I., 2007, Car Availability Model for Tel Aviv Metropolitan area, Report Draft

3. מתודולוגיה

פרק זה כולל שבעה תתי פרקים המפרטים את ההכנות לביצוע המחקר : השערות המחקר , שיטות הפעולה, שלבי המחקר, איסוף הנתונים ובניית בסיס הנתונים של המחקר, הנחות המודל ורשימת המשתנים המסבירים שנבחנו במסגרת העבודה.

1.3. השערות המחקר

בפרק זה מובאות השערות המחקר העיקריות, כשהן מלוות בהנחות הדרושות.

מחקר זה יוצא מנקודת הנחה שהחלטה על רכישת רכב מתבצעת ברמה של משק בית. הנחה זו משמעותית ביותר למודל מכיוון שפועל יוצא של ההנחה, הינה כי המודל מתמקד במשתנים מסבירים ברמה של משק בית ולא ברמה של הפרט.

בהתבסס על הנחה זו, השערות המחקר בדבר הגורמים המשפיעים על זמ ינות הרכב במשק הבית בישראל הן כדלהלן:

1. מצב הסוציו כלכלי של משק הבית

הנחת העבודה היא שהפרט במשק הבית האופייני שואף לרמת זמינות רכב מקסימאלית, התואמת את צרכיו, והעומדת במגבלת התקציב העומד לרשותו לצורך כך. זמינות רכב מאפשרת לבני משק הבית מרחב אפשרויות גדול יותר ואפשרות לבצע יותר פעילויות. לאור זאת, השערת המחקר הינה כי המשתנים המעידים על מצבו הסוציו כלכלי של משק הבית צפויים להיות הדומיננטיים ביותר שישפיעו על מספר כלי הרכב במשק הבית.

2. מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית

משקי בית בהם אין בעלי רישיון נהיגה אינם צריכים ולא צפוי למצוא כלי רכב בבעלותם. לעומת זאת, במשקי בית בהם יש מספר בעלי רישיון נהיגה, יש להניח כי ההסתברות למצוא לפחות רכב אחד גבוהה. לאור זאת, השערת המחקר הינה כי ככל שמספר בעלי רישיון הנהיגה במשק הבית גדול יותר, כך צפויה לגדול רמת זמינות הרכב במשק הבית.

3. אופיו של האזור בו ממוקם משק הבית

אזורים בעלי אופי עירוני מאופיינים במגוון של שימושי קרקע, כך שבסמוך לאזורי המגורים ניתן למצוא גם מסחר ותעסוקה. המגוון של שימושי הקרקע מאפשר לקיים מספר רב של פעילויות ללא צורך בכלי רכב, וזאת לעומת אזורים בעלי אופי כפרי. לאור זאת, השערת המחקר הינה כי באזור מרכזי הערים צפויה זמינות הרכב להיות נמוכה יותר מאשר באזורי פריפריה.

4. המבנה הטופוגרפי של אזור המגורים

מבנה טופוגרפי מישורי מעודד הליכות ברגל ורכיבה על אופניים , בניגוד לאזורים בעלי מבנה הררי, בהם יש קושי רב יותר לאמצעים אלה . לאור זאת, השערת המחקר הינה כי באזורים הרריים תהיה זמינות הרכב גבוהה יותר מאשר באזורים מישוריים.

5. רמת השירות של התחבורה הציבורית באזור המגורים

רמת שירות תחבורה ציבורית מאפשרת לבני משק הבית אלטרנטיבה לרכב הפרטי בביצוע הנסיעות. באזור המשורת ברמה טובה של תחבורה ציבורית, מצטמצם הפער שבין הרכב הפרטי לתחבורה הציבורית ובשלב מסוים התחבורה הציבורית מהווה תחרות לרכב הפרטי . לאור זאת, השערת המחקר הינה כי באזורים המשורתיים ברמה גבוהה של תחבורה ציבורית צפויה רמת זמינות הרכב במשק הבית להיות נמוכה יותר.

בנוסף להשערות המחקר בנוגע למשתנים המסבירים את זמינות הרכב במשק הבית , השערה נוספת של המחקר הינה כי **רכב בבעלות המעסיק משפיע על הרגלי הנסיעה של בני משק הבית**. השערה זו נובעת מההנחה שמשקי בית שאינם נושאים בנטל ההוצאות של כלי הרכב מנסים למקסם את התועלת מכלי הרכב ומבצעים יותר נסיעות ובמרחקים גדולים יותר מאשר משקי בית ללא כלי רכב בבעלות המעסיק. השערות המחקר ייבחנו בהמשך העבודה.

2.3. שיטות הפעולה

על מנת לאפשר ניתוח רחב ועדכני לגבי זמינות רכב בישראל מחד גיסא , ולעמוד באילוצי זמן ותקציב מאידך גיסא , המחקר התבסס על מקורות מידע קיימים ושאינם נבדקה על ידי גורמים שונים. לפיכך, נעשה שימוש בשני סקרי הרגלי נסיעה כלהלן:

- 1996 – סקר הרגלי נסיעה ארצי

- 2006 – סקר הרגלי נסיעה מטרופולין חיפה

ניתוח של שני סקרי הרגלי נסיעה מאפשר לבדוק את זמינות רכב בשתי תקופות זמן שונות באותו אזור גיאוגרפי (במקרה זה, מטרופולין חיפה). הנתונים שנאספו בסקרי אלה היוו את הבסיס למחקר, בתוספת נתונים משלימים זמינים.

עיבוד נתוני הסקרים מאפשר כיוול מודלים לא מצרפיים של זמינות רכב במטרופולין חיפה. יישום מודלים אלה מאפשר בחינת יכולת העתקת מודלים בזמן:

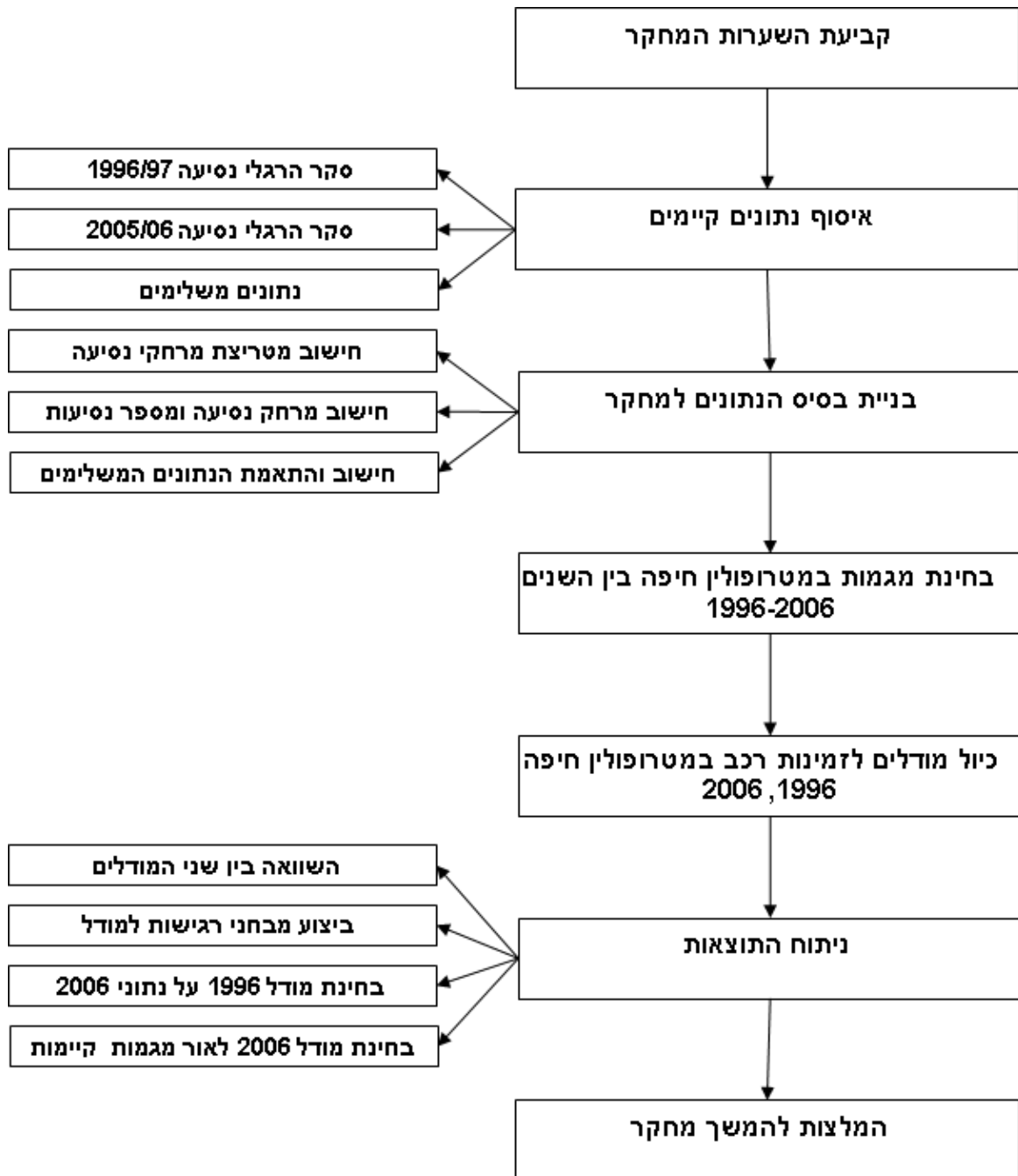
- חישוב זמינות רכב במטרופולין חיפה במצב הקיים על בסיס תחזית מודל שכויל על נתוני עבר, והשוואתה לנתונים הקיימים
- חישוב תחזית זמינות רכב במטרופולין חיפה לאור המגמות הקיימות

3.3. שלבי המחקר

תרשים 20 שלהלן מתאר את השלבים העיקריים בביצוע המחקר.

תרשים 20 : שלבי המחקר

Figure 20: stage of the research



סקר הלמ"ס

סקר הרגלי הנסיעה הארצי נערך בשנת 1996/7. סקר זה בוצע ע"י הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ומהווה חלק ממערכת סקרים אשר נועדו להוות בסיס לתכנון מערכות תחבורה ומערכות נלוות, ולשמש כמקור הנתונים הגדול ביותר לצרכי התכנון התחבורתי. מטרת הסקר העיקרית הינה איתור וייצוג כל התנועות התחבורתיות וקישור ביניהן לבין מאפיינים חברתיים-כלכליים (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, פרסום 1141, 2001). הסקר בוצע בכל הארץ, ובמסגרת עבודה זו נלקחו בחשבון השאלונים שנאספו במטרופולין חיפה המצומצם. מספר התצפיות (משקי בית) הרלוונטיות לעבודה זו, הינן 1,668.

עבודת השדה של הסקר החלה בחודש מרץ 1996 והסתיימה בחודש פברואר 1997. הסקר בוצע פנים אל פנים במשקי הבית, באופן של מילוי שאלון כללי ע"י הפוקד, והשארית יומן נסיעות לבני משק הבית למילוי עצמי. מספר ימי החקירה בסקר הינם בין 3-5 ימים. בסקר נחקרו כל ימות השבוע, כולל ימי שישי ושבת.

במסגרת הסקר נבדקו משתנים במספר רמות:

- המשתנים ברמת הפרט כללו את הנתונים הבאים: גיל, מין, ארץ לידה ושנת עלייה. בני 15 ומעלה התבקשו למסור בנוסף, פרטים על מצב משפחתי, לימודים ועבודה (כולל נתונים על מקום הלימודים/או העבודה) ובני 16 ומעלה פרטים על רישיון הנהיגה (בעלות, וותק).
- המשתנים ברמת משק הבית כללו את הנתונים הבאים: כתובת מקום המגורים, מספר נפשות המשק הבית, מספר ילדים מתחת לגיל 8, מספר כלי רכב במשק הבית ונתונים לגבי כלי הרכב (שנת הייצור, נפח המנוע, סוג הרכב, בעלות, נוהג עיקרי ונהגי משנה).
- בנוסף, נאספו נתונים הקשורים לנסיעות שבוצעו על ידי בני משק הבית, בני 8 ומעלה. לכל אחת מהנסיעות המדווחות ע"י בני משק הבית, נאספו הנתונים הבאים: מוצא הנסיעה, יעד הנסיעה, שעת יציאה, שעת הגעה ליעד, אמצעי הגעה ליעד, מטרת הנסיעה ושאלות בנוגע לחניה (היכן חנה?, והאם שילם?).

בנספח מספר 1 מוצגים שאלוני הסקר.

סקר יפה נוף

סקר הרגלי הנסיעה שנערך בין השנים 2005-2006, נוהל ע"י חברת יפה נוף ובוצע ע"י חברת תסקיר. סקר זה הינו חלק ממערך סקרים תחבורתיים שבוצעו במטרופולין חיפה וכוללים: סקר תחבורה ציבורית, סקר נהגים מקצועיים וסקר העדפות מוצהרות. סקר הרגלי הנסיעה, בא במטרה לעדכן את המודל התחבורתי במטרופולין בדגש על פיתוח מערך התחבורה הציבורית,

לאפשר בניית מטריצה מוצא- יעד לאמצעי נסיעה שונים ולתקופות יום שונות , וכן לאתר את מאפייני הנוסעים באמצעים השונים. כפי שצוין לעיל, הסקר בוצע במטרופולין חיפה המצומצם. עבודת השדה של סקר יפה נוף , החלה בחודש מרץ 2005 והסתיימה בחודש מרץ 2006. במסגרת סקר זה, נדגמו 2,042 משקי בית (מתוך 223,074 משקי בית בכלל האזור) המהווים כ- 1% מכלל משקי הבית במטרו פולין). הסקר בוצע בשני אופנים : סקר פנים אל פנים בבתים (1,274 תצפיות) וסקר טלפוני (כ- 746 תצפיות). מספר ימי החקירה בסקר היה 2 ימים. בסקר נחקרו כל ימות השבוע, כולל ימי שישי ושבת. במסגרת הסקר נבדקו משתנים במספר רמות:

- המשתנים ברמת הפרט כללו את הנתונים הבאים : גיל, מין, שנות לימוד, כתובת מקום המגורים, כתובת מקום העבודה (במידה ועובד/ת, אם לא עובד/ת – הסיבה לכך), בעלות על רישיון נהיגה וותק ברישיון הנהיגה.
 - המשתנים ברמת משק הבית כללו את הנתונים הבאים : מספר נפשות המשק הבית, מספר כלי רכב במשק הבית, סוגי כלי הרכב, בעלות על כלי הרכב, שנת הייצור, נפח המנוע וההכנסה של משק הבית (ב- 5 רמות אפשריות).
 - בנוסף, נאספו נתונים הקשורים לנסיעות שבוצעו על ידי בני משק הבית, בני 8 ומעלה (בסקר הטלפוני מדובר רק על הנסיעות שבוצעו על ידי הנסקר בלבד). לכל אחת מהנסיעות המדווחות, נאספו הנתונים הבאים : שעת יציאה, שעת הגעה ליעד, מוצא הנסיעה, יעד הנסיעה, אמצעי הגעה ליעד ומטרת הנסיעה.
- בנספח מספר 2 מוצגים שאלוני הסקר. לוח 14 מציג את מספר התצפיות שיש בכל אחד מהסקרים על פי חלוקה ליישובים.

לוח 14 : מספר תושבים ומספר התצפיות בשני הסקרים על פי חלוקה ליישובים

Table 14: Population and number of observations in both surveys by municipals

מספר משקי בית בסקר יפה נוף (2006)	מספר משקי בית בסקר הלמ"ס (1996)	אוכלוסייה 2005 ²¹	אוכלוסייה 1995 ²⁰	שם היישוב
1	0	408	322	בת שלמה
48	13	4,500	4,149	עתלית
4	13	486	336	עין הוד
18	18	1,100	1,043	יגור
20	15	5,400	3,526	רמת ישי
11	0	735	671	רמת יוחנן
38	27	18,810	9,506	יקנעם עילית
1	0	410	440	עין כרמל
6 ²²	27	13,800	11,563	דאלית אל-כרמל
28	14	9,200	6,997	כאבול
20	15	10,500	8,174	אעבלין
30 ²³	12	9,810	8,220	עספיה
3	0	499	352	כרם מהר"ל
1	12	489	444	צרופה
4	0	798	469	גבע כרמל
19	11	8,409	5,786	רכסים
50	48	18,860	17,346	טירת כרמל
31	34	13,726	12,494	קרית טבעון
57	55	21,304	18,454	נשר
1,139	831	267,045	251,220	חיפה
139	117	49,217	42,668	קרית אתא
102	107	39,762	33,350	קרית מוצקין
49	50	32,799	24,223	שפרעם
36	29	25,968	19,121	טמרה
97	108	36,651	34,816	קרית ביאליק
90	112	37,550	38,311	קרית ים
2,042	1,668	628,236	554,001	סה"כ

²⁰ מתוך קובץ אוכלוסייה ומשקי בית ביישובים ובאזורים סטטיסטיים, לפי תכונות דמוגרפיות נבחרות, אתר הלמ"ס בכתובת: <http://cbs.gov.il/mifkad/tables/pirsom7a/t2p352.xls>

²¹ מתוך קובץ אוכלוסייה ביישובים אתר הלמ"ס בכתובת: http://cbs.gov.il/www/publications/local_authorities2005/excel/p_libud.xls

²² בסקר שנערך בשנת 2006 היישובים עספיה ודאלית אל-כרמל נדגמו כיישוב אחד
²³ בסקר שנערך בשנת 2006 היישובים עספיה ודאלית אל-כרמל נדגמו כיישוב אחד

מניתוח הנתונים בלוח 14 עולה כי:

- גודל המדגם בשני הסקרים דומה, ועומד על כ- 1% מכלל האוכלוסייה באזור הנבדק.
- אחוז הדגימה ביישובים יהודים בשנת 2006 גדול יותר מאחוז הדגימה ביישובים ערביים - בעוד שביישובים ערביים (דאליית אל כרמל, כאבול, אעלבין, עספייה, שפרעם וטמרה), חל גידול של כ- 30% במספר התושבים בין אותם שנים, מספר משקי הבית שנדגמו ביישובים אלה גדל רק בכ- 15% (מ- 147 ל- 169). ביישובים האחרים (בעלי אופי יהודי) חל גידול של כ- 11% באוכלוסייה ואילו מספר משקי הבית שנדגמו באותם יישובים גדל בכ- 23% (מ- 1,521 ל- 1,873).

הבדלים מהותיים בין שני הסקרים

בהתייחסות לעבודה זו, ישנם שני הבדלים עיקריים בין שני סקרי הרגלי הנסיעה:

- נסיעות לא מוטוריות – בסקר יפה נוף נאספו נתונים גם על הליכות ברגל (יותר מ- 10 דקות) וכן גם רכיבה על אופניים לעומת סקר הלמ"ס בו לא נאספו נתונים אלה.
- רמת הכנסה – בסקר יפה נוף נאספו נתונים בנוגע להכנסת משק הבית, על פי חלוקה ל- 5 קטגוריות, לעומת סקר הלמ"ס בו לא נאספו נתוני הכנסה.

נתונים משלימים

- בנוסף לסקרי הרגלי הנסיעה שתוארו לעיל, נאספו נתונים נוספים, מתוך מאגרי מידע קיימים, המהווים השלמה של בסיס הנתונים לעבודה זו. חלק מנתונים אלה, היו זמינים רק בתקופת הסקר של יפה נוף ולפיכך נכללו בבסיס הנתונים של סקר זה בלבד. הנתונים הנוספים כללו:
- בדיקה של מספר התושבים בכל אזור תנועה במטרופולין, לצורך חישוב צפיפות האוכלוסייה בכל אזור תנועה.
 - מספר העליות בקווי התחבורה הציבורית בכל אזור תנועה במטרופולין – נתון המייצג את רמת השירות של התחבורה הציבורית באותו אזור.
 - חישוב מרחקי נסיעה בין אזורים תנועה במטרופולין ובין ערים ראשיות בארץ – לצורך חישוב מרחקי נסיעה מצטברים המבוצעים ע"י בני משקי הבית.
 - גובה היישובים מעל פני הים – לצורך בחינת ההשפעה של הטופוגרפיה של היישוב על רמת זמינות הרכב במשק בית.
 - אוכלוסייה ביישובים בחלוקה לפי לאום – לצורך בחינת ההשפעה של הלאום של היישוב על רמת זמינות הרכב במשק בית.

לוח 15 מציג את נתונים אלה ומקורם.

לוח 15 : נתונים משלימים לסקרי הרגלי הנסיעה

Table 15: complementary data to the traveling habits surveys

מקור		
סקר יפה נוף	סקר הלמ"ס	נתון
חברת יפה נוף	אתר הלמ"ס	מספר תושבים בכל אזור תנועה / אזורים סטטיסטיים
חברת יפה נוף	אין נתונים	סה"כ עליות בקווי אוטובוס בכל אזור תנועה במטרופולין
חישוב על בסיס תוכנת טראנסקאד	חישוב על בסיס תוכנת טראנסקאד	מרחקי נסיעה בין אזורי תנועה במטרופולין
מודל ארצי	מודל ארצי	מרחקי נסיעה בין ערים ראשיות בארץ
אתר הלמ"ס	אתר הלמ"ס	גובה היישובים מעל פני הים
אתר הלמ"ס	אתר הלמ"ס	אוכלוסייה ביישובים בחלוקה לפי לאום

5.3. בניית בסיס הנתונים למחקר

פרק זה, יפרט את אופן בניית בסיס הנתונים למחקר.

במסגרת הכנת בסיס הנתונים למחקר, היה צורך לתקן ולשפר את הנתונים הגולמיים, וכן לשלב בין מספר מקורות מידע שונים שהתקבלו בשלב קודם. תהליך זה בא במטרה להשלים את המידע החסר בקובץ, וכן לחשב משתנים חדשים שברצוננו לבחון במסגרת עבודה זו. לצורך כך, בוצעו מספר ניתוחים ועיבודים של הנתונים השונים. פרק זה, מפרט את העבודה שבוצעה, טרם כיוול מודל זמינות הרכב.

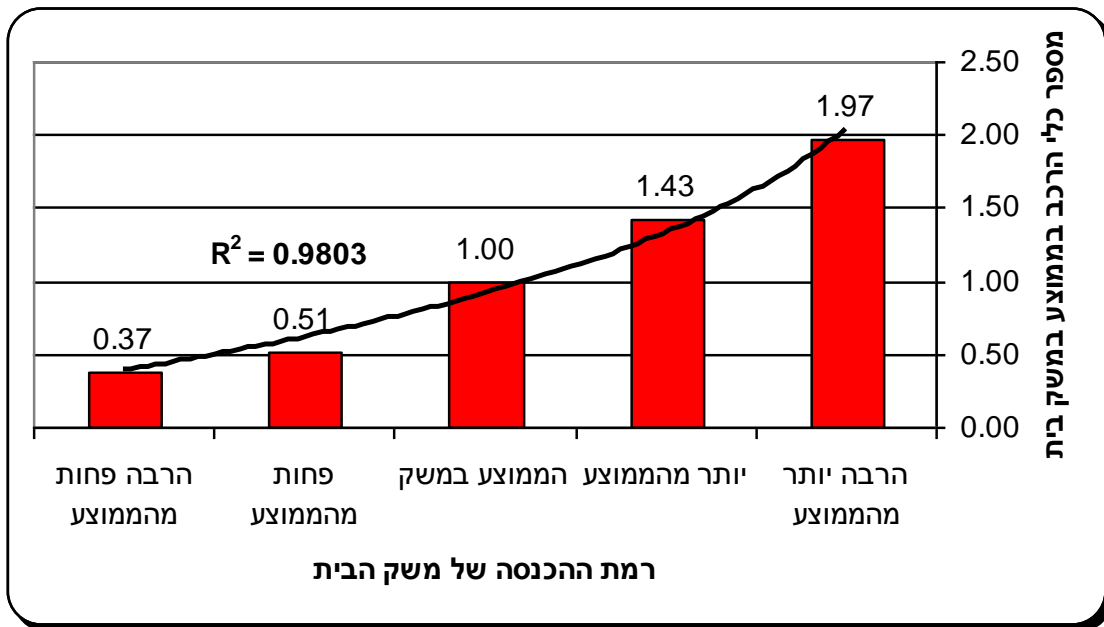
1.5.3. הכנסה של משק בית

משתנה זה נבדק רק בסקר של יפה נוף בשנת 2006. במסגרת הסקר, התבקשו הנסקרים לציין את רמת ההכנסה של משק הבית ב- 5 קטגוריות (הרבה יותר מהממוצע, יותר מהממוצע, הממוצע במשק, פחות מהממוצע והרבה פחות מהממוצע). מתוך 2,042 השאלונים, כ- 12% (252 שאלונים) מהנשאלים סרבו לענות על תשובה זו. מספר כלי הרכב הממוצע במשקי הבית אלה היה כ- 0.85 (קרוב למספר כלי הרכב הממוצע במשפחות בעלות הכנסה הממוצעת במשק).

לאור העובדה שבבחינת ממצאי הסקר, נמצאה קורולציה גבוהה בין המשתנה רמת ההכנסה של משק הבית לבין מספר כלי הרכב הממוצע (ראה תרשים 21), עלה הצורך "לשייך" את משקי הבית בהם רמת ההכנסה אינה ידועה, לאחת מרמות ההכנסה המתאימה ביותר לכל משק בית, כפי שיפורט בהמשך.

תרשים 21: מספר כלי רכב ממוצע במשק בית כפונקציה של רמת הכנסה – סקר יפה נוף

Figure 21: average numbers of cars in household



שיוך משקי הבית לקטגוריה המתאימה ביותר בוצעה בשני שלבים:

בשלב הראשון, נעשתה בדיקה של רמת ההכנסה הממוצעת, של כל משקי הבית בהם ידועה רמת ההכנסה, בהתאם למספר כלי הרכב בכל משק בית. לוח 16 מציג את הממצאים.

לוח 16: רמת ההכנסה הממוצעת במ"ב, לפי מספר כלי הרכב שברשות מ"ב (סקר יפה נוף)

Table 16: level of average income in a household, by number of cars (yefe nof survey)

רמת ההכנסה הממוצעת במשק בית (5 - הכי נמוכה, 1 - הכי גבוהה)	מספר תצפיות	מספר כלי רכב במשק בית
4.07	599	0
3.17	837	1
2.23	317	2
2.03	37	3
3.28	1790	סה"כ/ממוצע

ניתן לראות כי רמת ההכנסה הממוצעת במשקי הבית ללא כלי רכב עמדה על כ- 4, במשקי בית עם רכב אחד על כ- 3 ובמשקי בית בעלות 2 או 3 כלי רכב עמדה רמת ההכנסה על כ- 2. נתונים אלה תואמים כמובן את ההנחה שככל שרמת ההכנסה במשק הבית גבוהה יותר כך יש במשק הבית יותר כלי רכב.

בשלב שני, חולקו משקי הבית בהם רמת ההכנסה לא הייתה ידועה, בהתאם למספר כלי הרכב בכל אחד ממשקי הבית הנ"ל - 0, 1, 2+, והוצבו הערכים של רמת ההכנסה - 4, 3, 2 בהתאמה לכל משק בית. לוח 17 מציג את מספר התצפיות בכל אחת מהקטגוריות הנ"ל.

לוח 17: רמת ההכנסה שהוצבה במ"ב בהם לא הייתה ידועה רמת ההכנסה (סקר יפה נוף)

Table 17: The input level of average income in a household with unknown income level (yefe nof survey)

מספר כלי רכב במשק בית	מספר תצפיות	רמת ההכנסה שהוצבה בקובץ
0	70	4.00
1	118	3.00
2	58	2.00
3	6	2.00
סכום כולל	252	

2.5.3. היצע התחבורה הציבורית באזור בו ממוקם משק בית

הנגישות לתחבורה ציבורית מאפשרת למשק הבית אלטרנטיבה לנסיעה ברכב הפרטי. בדומה למשתנה של רמת ההכנסה, גם נתון זה היה זמין רק לתקופת סקר יפה נוף (שנת 2005). במסגרת עבודה זו, נעשה שימוש בסקר נוסעים באוטובוסים (On Board) שנערך במטרופולין חיפה בשנת 2005, ובמסגרתו נאסף מידע לגבי מספר עולים לקווים בתחבורה ציבורית מכל אזור תנועה.

לצורך בדיקת ההשפעה של היצע התחבורה הציבורית במטרופולין, חושב בשלב ראשון, מדד של מספר עליות יומי לקווי תחבורה ציבורית לכל תושב, בכל אזור תנועה, כלומר, היחס בין מספר העולים לקווים בתחבורה ציבורית לבין מספר התושבים באותו אזור, כמדד הנגישות של התחבורה הציבורית באותו אזור. הנחת העבודה הינה שככל שיחס זה גבוה יותר, כך רמת השירות של התחבורה הציבורית באותו אזור גבוהה יותר.

בשלב שני, חולקו כל אזורי התנועה לשתי קבוצות, על בסיס תוצאות השלב הראשון. בקבוצה הראשונה שובצו כל אזורי התנועה בהם רמת השירות של התחבורה הציבורית גבוהה מהחציון

ואילו בקבוצה השנייה שובצו משקי הבית בהם רמת השירות של התחבורה הציבורית הינה נמוכה מהחציון.

3.5.3. מרחק נסיעה

אמידת מרחק הנסיעה בין כל שתי נקודות מוצא- יעד, נעשתה באמצעות שימוש בשתי מטריצות מרחקים – מטריצת מרחקים בין אזורי תנועה בתוך המטרופולין²⁴, ומטריצת מרחקים בין יישובים בארץ²⁵.

בשתי המטריצות חישוב מרחק הנסיעה מבוסס על רשת הדרכים, ולא על המרחק האווירי, בין מרכז הכובד של כל אזור (Centroid). בתוך המטרופולין, חושבו מרחקי הנסיעה ברמה מפורטת של אזורי תנועה, ואילו בנסיעות מחוץ למטרופולין, חושב מרחק הנסיעה בין הערים הרלוונטיות. מטריצת המרחקים של אזורי התנועה כללה 227 אזורים במטרופולין חיפה אשר הוגדרו בסקר יפה נוף. מטריצת היישובים כללה 155 רשומות המייצגות מרכזי ערים ברחבי הארץ.

שלבי העבודה לחישוב מרחקי הנסיעות היו דומים בשני בסיסי הנתונים למעט שני שלבים שנוספו לעבודה על נתוני סקר הלמ "ס – המרה של אזורים סטטיסטיים לאזורי תנועה וחישוב מרחקי נסיעה במקרים של חוסר בנתונים. להלן שלבי העבודה המפורטים:

- המרה של האזורים הסטטיסטיים אשר על בסיסם בוצע סקר הלמ "ס לאזורי התנועה המעודכנים בחברת יפה נוף – ההמרה בוצעה באמצעות טבלת המרה שהתקבלה מחברת יפה נוף.
- שיוך של כל אחד מהמוצאים /יעדים שאינם שייכים ל- 155 היישובים שבמטריצה ליישוב הקרוב ביותר שנמצא במטריצה.
- חישוב מרחקי הנסיעה בנסיעות בין אזורי תנועה בתוך המטרופולין על בסיס מטריצת מרחקים בין אזורי תנועה בתוך המטרופולין.
- חישוב מרחקי הנסיעה בנסיעות בהם המוצא ו /או היעד הינו מחוץ למטרופולין על בסיס מטריצת מרחקים בין יישובים בארץ.
- חישוב מרחקי הנסיעה בין אזורים בהם ישנו חוסר בנתונים (מוצא או יעד אינו ידוע) – בעבודה זו נקבע מרחק הנסיעה בנסיעות אלה – 6 ק"מ (מרחק השווה למרחק נסיעה פנים מטרופולינית ממוצעת).

²⁴ מבוסס על תוכנת TransCad.

²⁵ מבוסס על 588 אזורי על שהוגדרו במודל הארצי. המטריצה התקבלה מאינג' ליאוניד חפץ.

- חישוב מרחקי נסיעות בתוך אזורי התנועה – מחקר הנסיעה חושב ביחס לגודל אזור התנועה כך שהמרחק בק"מ שווה ל- 20% משטח האזור (במ"ר).

לוח 18 מציג את הממצאים שהתקבלו בסקר הלמ"ס ובסקר יפה נוף.

לוח 18 : סיכום נתוני נסיעות בסקר הלמ"ס ובסקר יפה נוף²⁶

Table 18: Total trips in central bureau of statistics and yefe nof surveys

סקר יפה נוף (2006)			סקר הלמ"ס (1996)			נתונים
מרחק נסיעה ממוצע	אחוז מכלל הרשומות	מספר רשומות	מרחק נסיעה ממוצע	אחוז מכלל הרשומות	מספר רשומות	
8.88 ק"מ	100.0%	18,478	11.82 ק"מ	100.0%	29,374	מספר נסיעות
5.17 ק"מ	91.9%	16,978	אין נתונים			נסיעות פנימיות (כולל הליכות ורכיבה על אופניים)
2.67 ק"מ	18.8%	3,465	אין נתונים			הליכות ברגל
2.46 ק"מ	0.6%	120	אין נתונים			רכיבה על אופניים
5.94 ק"מ	72.5%	13,397	6.07 ק"מ	80.7%	23,694	נסיעות פנימיות (לא כולל הליכות ורכיבה על אופניים)
50.91 ק"מ	8.1%	1,500	39.96 ק"מ	17.0%	4,979	נסיעות חיצוניות
לא רלוונטי			6 ק"מ ²⁷	2.4%	701	מוצא/יעד לא ידוע
		2,042			1,668	מספר משקי בית

לאחר שלב חישוב מרחקי הנסיעות של כל הנסיעות שהתקבלו בקובץ הגולמי, היה צורך לייצג נסיעות חסרות בסקר יפה נוף בהם בוצע סקר טלפוני בלבד. כפי שהוזכר לעיל, בסקר יפה נוף הסקר הטלפוני כלל רק את הנסיעות של ממלא השאלון (מי שענה לטלפון). לפיכך, קובץ הנתונים הגולמי, לא כלל את כל הנסיעות שבוצעו על ידי כל בני משק הבית. לצורך ייצוג הנסיעות החסרות, בוצעו השלבים הבאים:

- חישוב של ממוצע ק"מ נסועה יומי במשק בית, הן מנתוני סקר הבתים והן מנתוני הסקר הטלפוני, בחלוקה לפי מספר כלי רכב במשק בית²⁸.
- חישוב היחס בין ממוצע ק"מ נסועה יומי במשק בית בסקר הבתים לעומת הסקר הטלפוני.

²⁶ הנתונים הנ"ל מתייחסים רק לנתונים הגולמיים ללא אבחנה בין הסקר הטלפוני לסקר הבתים
²⁷ מרחק השווה למרחק הממוצע של נסיעות בין א.ת. בתוך המטרופולין
²⁸ במסגרת שלב זה, הושמטו מבסיס הנתונים שלושה משקי בית בהם נמצאו נתונים לא סבירים

- ניפוח של הנתונים שהתקבלו בסקר הטלפוני על פי המקדם המתאים (בחלוקה של מספר כלי רכב במשק בית).

לוח 19 מציג את מקדמי הניפוח בכל קטגוריה.

לוח 19: מקדמי הניפוח של ק"מ נסועה לסקר הטלפוני (סקר יפה נוף)

Table 19: Weight coefficient of the distance traveled by a car to the telephony survey (Yefe Nof survey)

מקדם ניפוח (יחס בין המרחקים)	סקר טלפוני		סקר בתים		מספר כלי רכב במשק בית
	ממוצע ק"מ נסועה (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	ממוצע ק"מ נסועה (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	
1.22	19.42	196	23.76	473	0
2.53	21.95	308	55.60	647	1
2.45	38.23	195	93.60	179	2
3.67	43.59	23	159.90	18	3
	26.35	722	50.76	1317	סכום כולל

לאחר ניפוח נתוני הסקר הטלפוני, בוצעה השוואה של הממצאים בשני הסקרים. לוח 20 מציג את ממוצע ק"מ הנסועה שביצע כל משק בית (בחלוקה למספר כלי הרכב שברשות כל מ"ב), בכל אחד מהסקרים.

לוח 20: ממוצע ק"מ נסועה למשק בית בשני הסקרים

Table 20: Average distance traveled by a car for a household in both surveys

סקר יפה נוף		סקר הלמ"ס		מספר כלי רכב במשק בית
ממוצע ק"מ נסועה (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	ממוצע ק"מ נסועה (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	
23.75	669	30.61	743	0
55.60	955	73.50	694	1
93.82	374	114.63	202	2
159.90	41	147.32	29	3
54.26	2039	60.66	1668	סכום כולל

על בסיס ניתוח הנתונים בלוח 20 עולה כי:

- בשני הסקרים ישנה קורולציה בין מספר הרכבים במשק בית לבין ממוצע ק"מ הנסועה היומי במשק בית.

- ק"מ הנסועה הממוצע של משק בית ירד בין 1996 לבין 2006 בכ- 10%. הירידה באה לידי ביטוי בכל אחת מהקטגוריות שנבדקו, למעט במשקי בית בעלי 3 כלי רכב. הפער בנסועה בין שני הסקרים נובע ככל הנראה מ הירידה באחוז הנסיעות מחוץ למטרופולין – מכ- 17% בשנת 1996 לכ- 8% בשנת 2006 (כפי שניתן לראות בלוח 18).

4.5.3 מספר נסיעות

לצורך ייצוג הנסיעות החסרות בסקר יפה נוף בו בוצע סקר טלפוני בלבד , התבצע תהליך דומה לתהליך שבוצע לצורך ייצוג הנסועה. להלן שלבי העבודה שבוצעו:

- חישוב של מספר נסיעות ממוצע יומי במשק בית , הן מנתוני סקר הבתים והן מנתוני הסקר הטלפוני, בחלוקה לפי מספר כלי רכב במשק בית²⁹.
- חישוב היחס בין מספר נסיעות ממוצע יומי במשק בית בסקר הבתים לעומת הסקר הטלפוני.
- ניפוח של הנתונים שהתקבלו בסקר הטלפוני על פי המקדם המתאים (בחלוקה של מספר כלי רכב במשק בית).

לוח 21 מציג את מקדמי הניפוח בכל קטגוריה.

לוח 21 : מקדמי הניפוח של מספר הנסיעות לסקר הטלפוני (סקר יפה נוף)

Table 21: Wight coefficient of the number of trips to the telephony survey (Yefe Nof survey)

מקדם ניפוח	סקר טלפוני		סקר בתים		מספר כלי רכב במשק בית
	מספר נסיעות ממוצע (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	מספר נסיעות ממוצע (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	
1.71	2.39	196	4.09	473	0
2.40	2.65	308	6.35	647	1
3.36	2.62	195	8.80	179	2
3.76	2.63	23	9.89	18	3
	2.57	722	5.92	1317	סכום כולל

²⁹ במסגרת שלב זה, הושמטו מבסיס הנתונים שלושה משקי בית בהם נמצאו נתונים לא סבירים

לאחר ניפוח נתוני הסקר הטלפוני , בוצעה השוואה של הממצאים בשני הסקרים . לוח 22 מציג את ממוצע מספר הנסיעות שביצע כל משק בית (בחלוקה למספר כלי הרכב שברשות כל מ"ב), בכל אחד מהסקרים.

לוח 22 : ממוצע נסיעות למשק בית בשני הסקרים

Table 22: Average number of trips for a household in both surveys

סקר יפה נוף		סקר הלמ"ס		
ממוצע מספר נסיעות (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	ממוצע מספר נסיעות (ביום) למשק בית	מספר תצפיות	מספר כלי רכב במשק בית
4.09	669	2.82	743	0
6.35	955	6.34	694	1
8.80	374	9.43	202	2
9.89	41	10.42	29	3
6.13	2039	5.22	1668	סכום כולל

על בסיס ניתוח הנתונים בלוח 22 עולה כי:

- בשני הסקרים ישנה קורולציה בין מספר הרכבים במשק בית לבין מספר הנסיעות הממוצע (היומי) במשק בית.
- הממוצע היומי של מספר הנסיעות במשקי בית שאין בבעלותם כלי רכב עלה בשיעור של כ- 45%. לעומת ירידה קלה במספר הנסיעות במשקי בית בעלות 2 או 3 כלי רכב. בכלל משקי הבית חל גידול ממוצע של כ- 17% במהלך 10 השנים.

5.5.3 טופוגרפיה

משתנה זה, חושב על בסיס נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה הנוגעים לגובה הטופוגרפי של היישובים בהם בוצע הסקר . לאור נתונים אלה, הוגדר משתנה בינארי המקבל ערך 1 אם משק הבית משתייך ליישוב הממוקם בגובה טופוגרפי של עד גובה 100 מטרים מעל פני הים או ליישוב בו אין הפרשי גבהים, ומקבל ערך 0 אם משק הבית שייך ליישוב הממוקם בגובה טופוגרפי של מעל גובה 100 מטרים או ליישוב בעל הפרשי גבהים . לוח 23 מציג את הערכים שקיבלו כל אחד מהיישובים באזור המחקר.

לוח 23 : ערך משתנה טופוגרפיה

Table 23: Value of topography variable

יישובים הרריים			יישובים מישוריים		
משתנה טופוגרפיה	גובה היישוב	שם היישוב	משתנה טופוגרפיה	גובה היישוב	שם היישוב
0	130	אעבלין	1	90	בת שלמה
0	460-380	דאלית אל-כרמל	1	25	גבע כרמל
0	380-5	חיפה	1	60	טירת כרמל
0	230-50	טמרה	1	30	יגור
0	140-90	יקנעם עילית	1	100	כרם מהר"ל
0	105-50	כאבול	1	20	עין כרמל
0	140-10	נשר	1	25	עתלית
0	125	עין הוד	1	20	צרופה
0	520	עספיא	1	10	קרית ביאליק
0	190-5	קרית אתא	1	10	קרית ים
0	210-100	קרית טבעון	1	10	קרית מוצקין
0	105	רמת ישי	1	50	רכסים
0	190-70	שפרעם	1	55	רמת יוחנן

6.5.3. לאום

משתנה זה חושב על בסיס נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה הנוגעים ללאום האוכלוסייה בכל יישוב³⁰. בהתאם לכך, הוגדר משתנה בינארי שקיבל ערך 1 אם אחוז התושבים היהודים בהם היה גבוה מ- 80%, שאר היישובים קיבלו ערך 0. היישובים שקיבלו ערך 0 היו: אעבלין, טמרה, כאבול ועיר כרמל (הכוללת את היישובים דליית אל כרמל ועוספיא).

6.3. הנחות המודל

לאור הסקירה הספרותית, שהוצגה בפרק 3, ובהתאם למודלים דומים שכוילו בעולם בנושא זמינות רכב, הנחת העבודה הינה כי ההחלטה על רכישת כלי רכב מתבצעת ברמה של משק בית ולא ברמה של פרט. הנחה זו, השונה מההנחה עליה התבסס מודל זמינות הרכב שכויל במטרופולין תל אביב, משפיעה על מבנה המודל ובסיס הנתונים.

³⁰ מקור: 1995 - <http://www1.cbs.gov.il/mifkad/tables/pirsom7a/t2p352.xls>, 2005 - <http://gis.cbs.gov.il/Y1SHUVIM/xls/bycode.xls>

סוג המודל שכויל בעבודה זו הינו (MNL) Multinomial Logit. מבנה זה נבחר לאחר שקיבל את התוצאות הטובות ביותר לעומת מודל (ORL) Ordered Logit (ראה תוצאות המודל בנספח מספר 4).

המשתנים אשר נבחנו במסגרת עבודה זו מתחלקים לשתי קבוצות עיקריות : משתנים ברמת משק הבית ומשתנים ברמת האזור . לוח 24 מציג את רשימת המשתנים שנבחנו , על פי 2 הקבוצות הנ"ל.

לוח 24 : רשימת המשתנים שנבחנו בחלוקה לקבוצות

Table 24: List of the explanatory variables by types

משתנים ברמת האזור	משתנים ברמת משק הבית
- צפיפות אוכלוסייה באזור התנועה	- גודל משק בית
- שימוש בתחבורה ציבורית באזור התנועה	- מספר ילדים ומספר בוגרים במשק הבית
- טופוגרפיה של האזור	- בני 65+ במשק בית
- לאום היישוב	- מספר אקדמאים במשק בית
	- מספר המועסקים במשק בית
	- מספר בעלי/ות רישיון נהיגה במשק בית
	- הכנסת משק בית
	- מידת שימוש בכלי הרכב
	- רכבים בבעלות המעסיק

בנספח מספר 3 מוצגת רשימת המשתנים והערכים שקיבלו בכל אחד מהסקרים.

המודלים כוילו באמצעות תוכנת Biogeme וכללו בחינות של קומבינציות רבות של המשתנים המסבירים המפורטים בסעיף זה . מתודולוגיית הבדיקה הייתה , כיול המודל בשלב הראשון באמצעות משתנה מסביר אחד (שעל פי השערת המחקר הינו המשתנה החשוב ביותר) , ולאחר מכן הוספת משתנים מסבירים (אחד בכל ניסיון) ובחינת תוצאות המודל לאחר תוספת המשתנה. במידה והמודל השתפר , מוסיפים את המשתנה למודל וממשיכים לשלב הבא (הוספת משתנה נוסף). יש לציין כי במקרים מסוימים נבחנה אפשרות הוספת משתנה חדש על חשבון משתנה שכבר נמצא מתאים , כמו לדוגמא במקרה של ק"מ נסועה ומספר נסיעות – משתנים אלה נבחנו כל אחד בנפרד וגם שניהם ביחד כדי להבין איזה מהמשתנים חשוב יותר למודל . בסיכומו של

דבר, תוצאות המודלים המובאות בפרק 4, מייצגות את המודלים שקיבלו את הערכים הטובים ביותר של פונקצית הנראות המקסימאלית ושל ה-Rho square.

4. תוצאות המחקר

ניתוח שני סקרי הרגלי הנסיעה שבוצעו במטרופולין חיפה בהפרש של 10 שנים, מאפשר בחינה של מגמות דמוגרפיות המתרחשות במטרופולין, ואת השפעתן על זמינות הרכב במשק בית. פרק זה מציג ניתוח של הנתונים שהתקבלו משני הסקרים, את תוצאות המודלים לזמינות רכב במטרופולין חיפה וכן ניתוחים נוספים על בסיס המודלים.

לצורך בחינת המגמות הדמוגרפיות במטרופולין, נערכה בשלב ראשון בדיקה השוואתית של הערכים וסטיות התקן של המשתנים שנבחנו בבניית המודלים, בשני הסקרים (הנתונים הגולמיים). מטרת הבדיקה הינה לזהות בעיות באיכות הנתונים וכן להצביע על מגמות כלליות. לוח 25 מציג את ערכי המשתנים, וסטיות התקן בשני הסקרים.

לוח 25: ערכי המשתנים, וסטיות התקן בשני הסקרים

Table 25: Value of the explanatory variables and S.E. in both surveys

סקר יפה נוף (2006)		סקר הלמ"ס (1996)		משתנה
ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	
1.06	3.25	אין נתונים		הכנסת מ"ב
1.07	1.52	1.08	1.18	מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב
0.69	0.85	0.72	0.71	מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב (זכרים)
0.67	0.67	0.62	0.47	מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב (נקבות)
81.65	54.26	72.61	60.66	ק"מ נסועה ביממה של כל בני מ"ב
3.85	6.13	4.32	5.22	מספר נסיעות ביממה של כל בני מ"ב
0.97	1.20	1.00	1.09	מספר מועסקים במ"ב
1.18	0.75	1.26	0.88	מספר ילדים על גיל 18 במ"ב
0.42	0.23	0.40	0.20	בני 65+ במ"ב
0.32	0.10	0.25	0.06	מספר רכבי בבעלות המעסיק
6,481.79	8,952.48	6,256.17	8,598.39	צפיפות אוכלוסין בא"ת בו נמצא מ"ב
0.31	0.27	אין נתונים		היצע תח"צ בא"ת בו נמצא מ"ב
1.02	1.12	0.94	0.73	מספר אקדמאים במ"ב
0.41	0.22	0.44	0.26	טופוגרפיה של היישוב בו נמצא מ"ב
0.28	0.92	0.28	0.91	לאום היישוב בו נמצא מ"ב
1.56	2.96	1.72	3.07	מספר נפשות במ"ב
0.65	1.03	0.70	0.99	מספר גברים בוגרים (מעל גיל 18) במ"ב
0.72	0.31	0.77	0.38	מספר ילדים על גיל 8 במ"ב

על בסיס ניתוח הממצאים הנ"ל ניתן להסיק:

- ערכי הנתונים שהתקבלו נראים סבירים , ותואמים מגמות שהתרחשו במהלך 10 השנים האחרונות.
- בין שנת 1996 לשנת 2006 חל גידול דרמטי של יותר מ- 40% , במספר בעלות רישיון הנהיגה במשק בית. סה"כ מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית שגדל בכ- 28%.
- מספר האקדמיים במשק בית גדל בכ- 54%.
- מספר הרכבים בבעלות המעסיק גדל בכ- 62% . בשנת 2006 עומד מספר הרכבים בבעלות המעסיק על כ- 10% מכלל משקי הבית.
- מספר המועסקים במשק בית גדל בכ- 10% וזאת על רקע ירידה של כ- 15% במספר ילדים עד גיל 18 במשק בית שמביאה גם לירידה במספר הנפשות במשק בית (של כ- 5%).
- השונות הגבוהה בק"מ נסועה ביממה של כל בני משק בית מוסברת בעובדה שבין הערכים הנ"ל ישנם נסיעות מקומיות בתוך המטרופולין וכן גם נסיעות ארוכות מחוץ למטרופולין.

1.4. מגמות זמינות הרכב במשק בית במטרופולין חיפה

בפרק זה יוצגו מספר משתנים נבחרים , והערכים שקיבלו בכל אחד מהם קרים – סקר הלמ"ס וסקר יפה נוף. כמו כן יתבצע ניתוח מפורט של מגמות שהתרחשו במשתנים אלה בין שנת 1996 לשנת 2006. המשתנים חולקו ל- 2 קטגוריות: משתנים המאפיינים תכונות משק הבית , ומשתנים הקשורים למיקום הפיזי בו ממוקם משק הבית . כל הנתונים המפורטים בפרק זה הינם נתונים מנופחים, המבוססים על מקדמי הניפוח של הלמ"ס וחברת יפה נוף.

לאור נתוני הסקרים , עלתה רמת המינוע במטרופולין חיפה בין שנת 1996 לשנת 2006 בכ- 37% , מ- 235 כלי רכב ל- 1,000 נפש ל- 322 כלי רכב ל- 1,000 נפש (ראה לוח 26), בעוד שבמספר הנפשות במטרופולין חל גידול של כ- 13% , דבר שהביא לגידול של כ- 55% במספר כלי הרכב במטרופולין.

לוח 26 : רמת המינוע במטרופולין חיפה בשנים 1996, 2006, על פי תוצאות הסקרים

Table 26: Car ownership level in Haifa Metropolitan area 1996, 2006, according the surveys result

שם הסקר	שנת ביצוע הסקר	מספר משקי בית כולל	ממוצע נפשות במשק בית ³¹	סה"כ נפשות במטרופולין	סה"כ רכב במטרופולין	זמינות רכב (מחושב)
למ"ס	1996	181,939	3.04	554,001	130,293	235
יפה נוף	2006	223,073	2.82	628,236	202,018	322

1.1.4. תכונות משק הבית

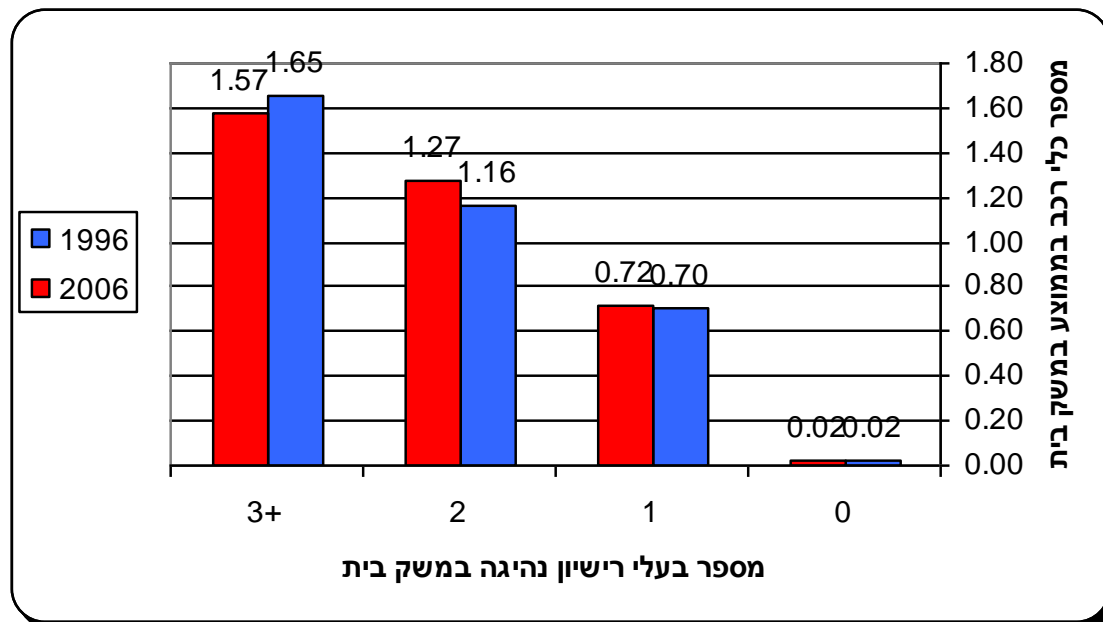
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית

אחד הנתונים המשפיעים ביותר על זמינות הרכב במשק בית הינו מספר בעלי או בעלות רישיון הנהיגה במשק בית - ככל שבמשק הבית יש יותר בעלי רישיון נהיגה, כך גדל מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית. תרשים 22 מציג את מספר כלי הרכב הממוצע במ"ב בחלוקה לפי מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב בכל אחד מהסקרים. ניתן לראות את הקשר שבין מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית לבין מספר כלי הרכב. על פי נתוני הסקרים, מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית כפונקציה של מספר בעלי רישיון הנהיגה במשק בית, דומה בשני הסקרים. משמעות הדבר, שעל פי משתנה זה בלבד ניתן להעריך בצורה סבירה את מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית, ללא תלות בשנה - 1996 או 2006. עם זאת, הגידול במספר כלי הרכב הכולל וברמת המינוע במטרופולין חיפה, בין שנת 1996 לשנת 2006, בא לידי ביטוי בעובדה שמספר משקי הבית בהם אין רישיון נהיגה נמוך בהרבה בשנת 2006 לעומת שנת 1996 (כ- 19% לעומת כ-32%), ואילו בכל אחת מהקטגוריות האחרות חל גידול בשנת 2006 (במשקי בית בהם 2 בעלי רישיון נהיגה חל גידול מכ- 30% ממשקי הבית בשנת 1996 לכ- 38% ממשקי הבית בשנת 2006). לוח 27 ולוח 28 מציגים את הנתונים המפורטים של היחס בין מספר הנהגים ומספר בעלי רישיון הנהיגה בכל משקי הבית.

³¹ מחושב על פי נתוני הלמ"ס

תרשים 22: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית - 1996, 2006

Figure 22: Number of cars in a household as a function of number of drivers in a household – 1996, 2006



לוח 27: מספר נהגים ומספר כלי רכב במשק בית - סקר הלמ"ס (1996)

Table 27: Number of drivers and number of cars in household - central bureau of statistics survey (1996)

סה"כ כלי רכב	מספר נהגים במ"ב								מספר כ"ר במ"ב
	6	5	4	3	2	1	0		
743				4	47	145	547	0	
694	2	2	12	57	298	315	8	1	
202		6	11	48	130	4	3	2	
29		2	6	12	8	1		3	
1,668	2	10	29	121	483	465	558	סה"כ משקי בית	

לוח 28: מספר נהגים ומספר כלי רכב במשק בית - סקר יפה נוף (2006)

Table 28: Number of drivers and number of cars in household – Yefe Nof survey (2006)

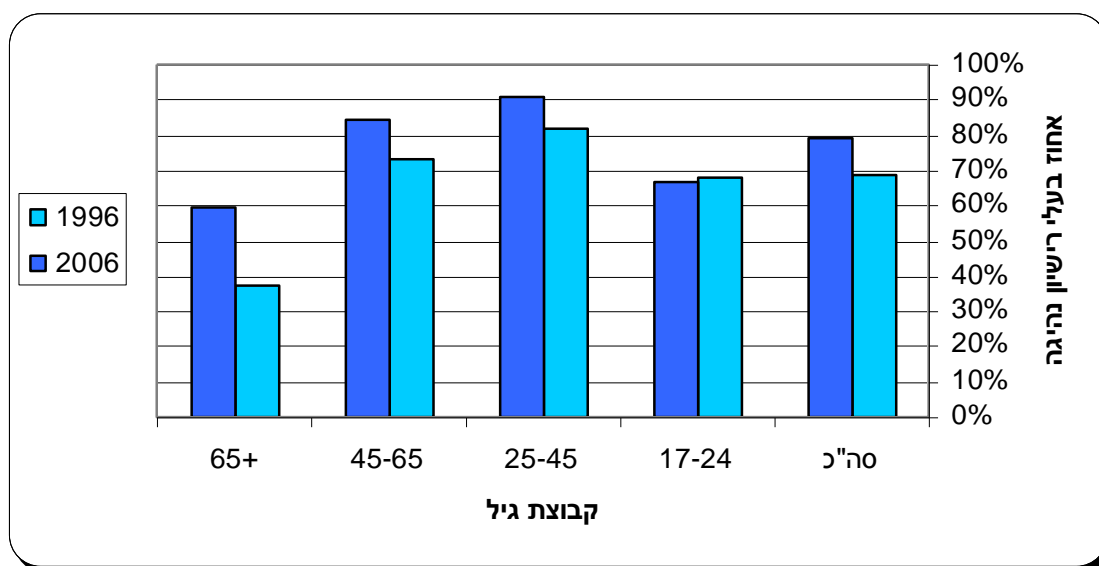
מספר כלי רכב סה"כ	מספר נהגים במ"ב						מספר כ"ר במ"ב
	5	4	3	2	1	0	
669		5	9	73	187	395	0
955	3	20	106	440	380	6	1
374	4	33	89	236	12		2
41	6	10	21	4			3
2,039	13	68	225	753	579	401	סה"כ משקי בית

שיעור בעלי/ות רישיון נהיגה במשק הבית

ההשפעה הגדולה שיש למספר בעלי או בעלות רישיון נהיגה במשק בית על זמינות הרכב במשק בית נובעת בין היתר מהסיבה שבמדינת ישראל, בשונה ממדינות מערביות אחרות, שיעור בעלי/ות רישיון הנהיגה בכל קבוצת גיל נמצא בעליה מתמדת ולא הגיע לרמת הרוויה. עובדה זו בולטת בעיקר בשיעור הנהיגה, ובקבוצת הגיל +65, בהן חל גידול משמעותי בין שנת 1996 לשנת 2006. תרשים 23 ותרשים 24 מציגים את שיעור בעלי/ות רישיון נהיגה בכל קבוצת גיל ובאוכלוסייה כולה (במטרופולין חיפה), הן בשנת 1996 והן בשנת 2006.

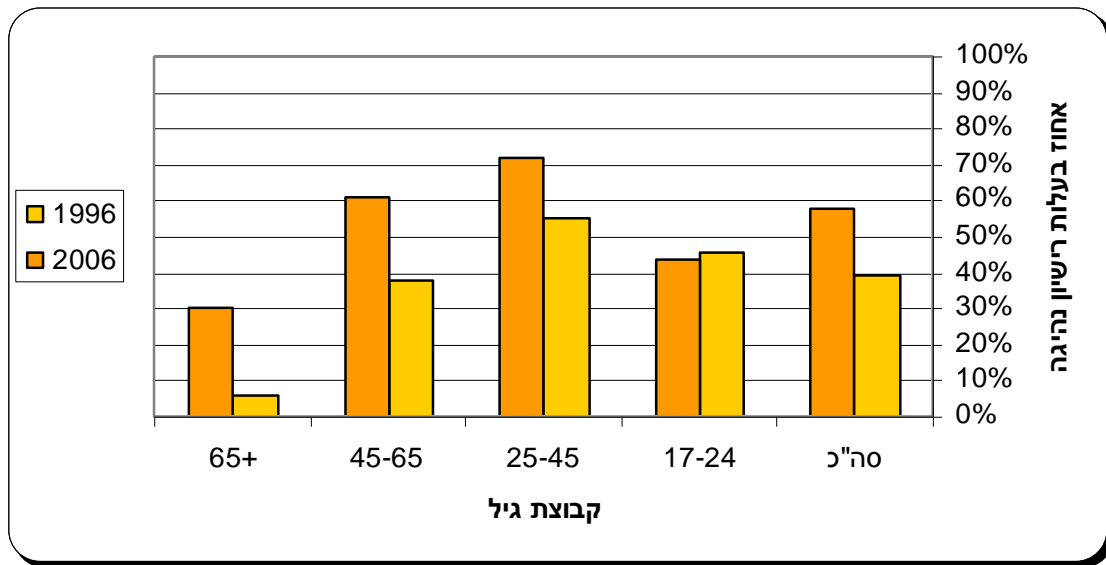
תרשים 23: שיעור בעלי רישיון נהיגה, בחלוקה לקבוצות גיל - 1996, 2006

Figure 23: Rate of drivers (male), by age 1996, 2006



תרשים 24: שיעור בעלות רישיון נהיגה, בחלוקה לקבוצות גיל - 1996, 2006

Figure 24: Rate of drivers (female), by age 1996, 2006

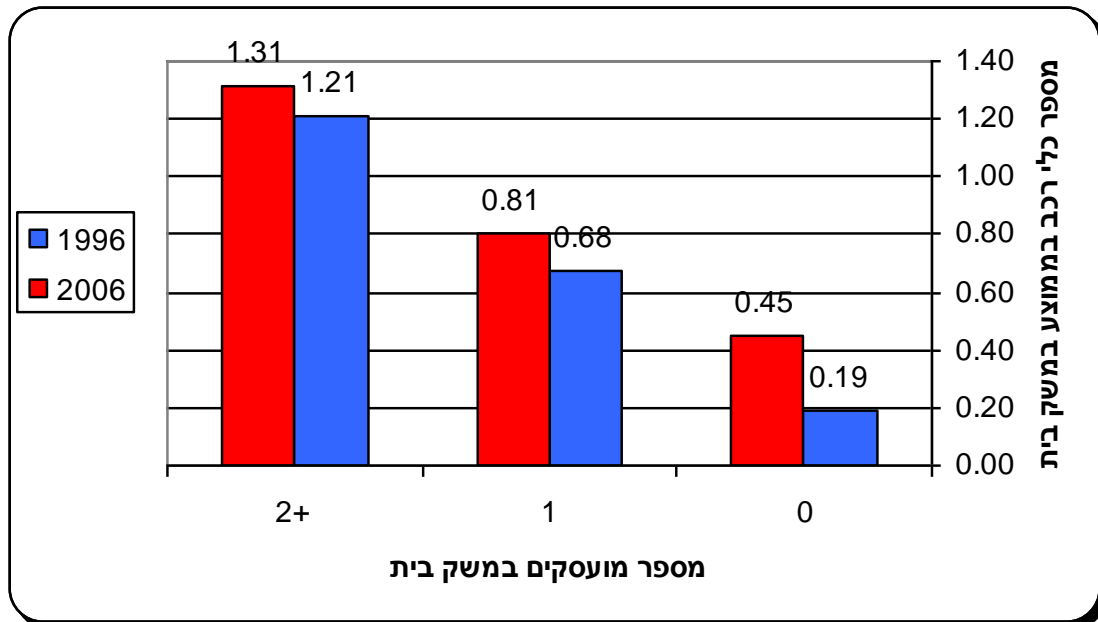


מספר מועסקים במשק הבית

מספר מועסקים במשק בית מהווה אינדיקטור לרמת ההכנסה במשק בית. תרשים 25 מציג את מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית כפונקציה של מספר המועסקים במשק בית.

תרשים 25: מספר מועסקים במשק בית כפונקציה של מספר כלי רכב במשק בית - 1996, 2006

Figure 25: Number of employed in household as a function of number of cars in a household – 1996, 2006



על בסיס ניתוח הממצאים בתרשים 25 ניתן להסיק כי:

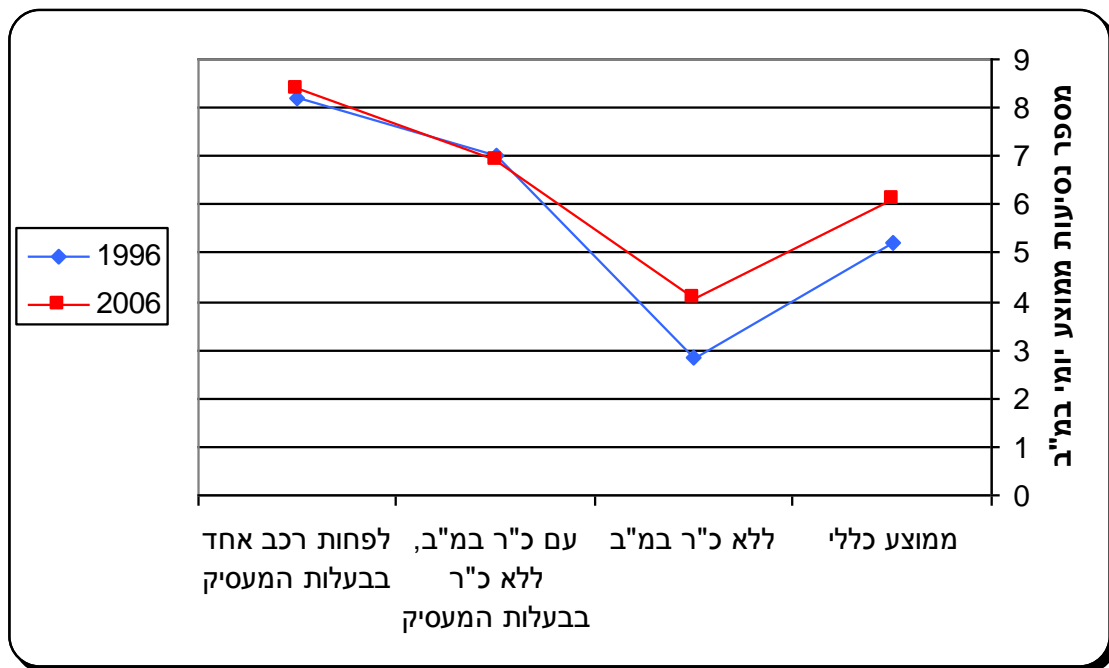
- מספר המועסקים במשק בית משפיע בצורה ישירה על מספר הרכבים במשק הבית – ככל שבמשק הבית יש יותר בעלי רישיון נהיגה, כך גדל מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית.
- בשנת 2006 חל גידול במספר כלי הרכב, לעומת שנת 1996, בכל אחת מ-3 הקטגוריות. הגידול המשמעותי ביותר הינו במשקי הבית בהם אין מועסקים – גידול של פי כ- 2.4 במספר כלי הרכב הממוצע במשק בית!

מספר נסיעות וק"מ נסועה ממוצע לנפש במשק הבית

הפרמטרים מספר הנסיעות וקילומטר נסועה במשק בית, המובאים בסעיף זה, חושבו על בסיס הנתונים הגולמיים של שני הסקרים – יפה נוף והלם "ס" (ולא על בסיס נתונים מנופחים³²). תרשים 26 מציג את מספר הנסיעות היומי במשק בית, במשקי בית ללא כלי רכב, לעומת משקי בית עם כלי רכב אך ללא רכב ליסינג ומשקי בית עם רכב ליסינג (אחד לפחות), ותרשים 27 מציג את ק"מ הנסועה היומי במשק בית, על פי חלוקה דומה שח משקי הבית.

תרשים 26: מספר נסיעות יומי במשק בית, עם רכב בבעלות המעסיק וללא רכב בבעלות המעסיק – 1996, 2006

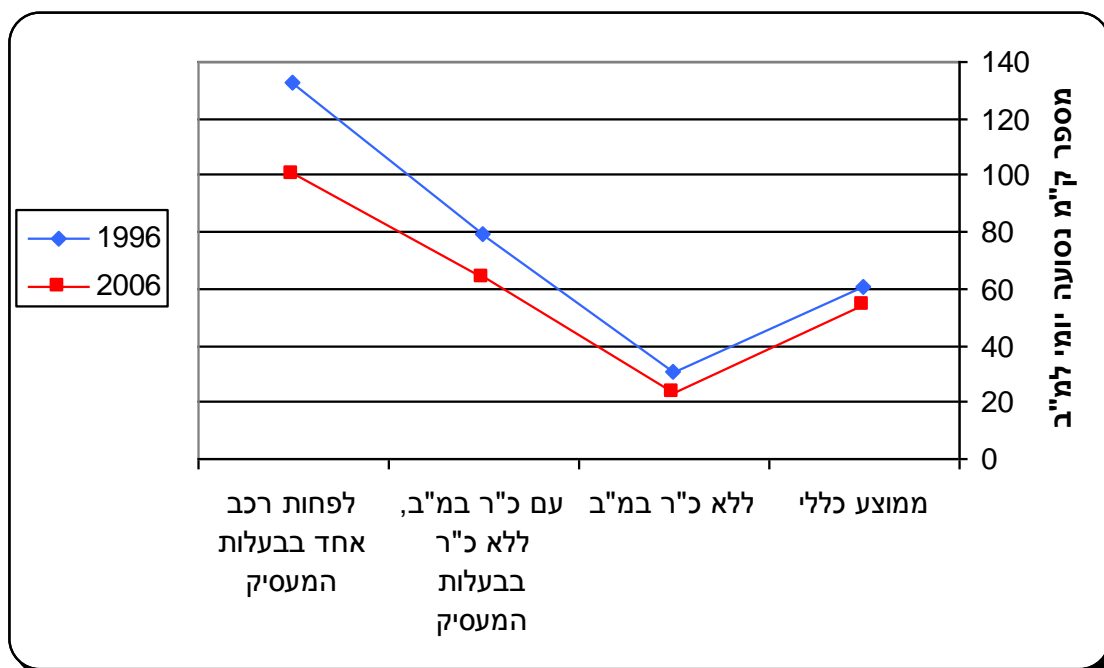
Figure 26: number of trips in a day in household, with company car and without company car – 1996, 2006



³² לאור העובדה שלא ניתן היה להגדיר מקדמי ניפוח חדשים ללא בדיקה מעמיקה של תכנית הדגימה המפורטת של כל אחד מהסקרים, בוצע הניתוח של שני פרמטרים אלה על טבלת הנתונים הגולמיים של כל אחד מהסקרים.

תרשים 27: ק"מ נסועה יומי במשק בית, עם רכב בבעלות המעסיק וללא רכב בבעלות המעסיק – 1996, 2006

Figure 27: distance traveled in a day by household, with company car and without company car – 1996, 2006



על בסיס ניתוח הממצאים בתרשים 26 ובתרשים 27 ניתן להסיק כי:

- ככלל, משפחות ללא כלי רכב נוסעות פחות (מספר נסיעות וק"מ נסועה) ממשפחות עם כלי רכב.
- רכב בבעלות המעסיק תורם למספר נסיעות ולק"מ נסועה גדול יותר, הן בשנת 1996 והן בשנת 2006. הגידול המשמעותי יותר הינו בנסועה (כ- 70% יותר ממשקי בית עם כלי רכב, ללא רכב בבעלות המעסיק בשנת 1996, וכ- 61% בשנת 2006).

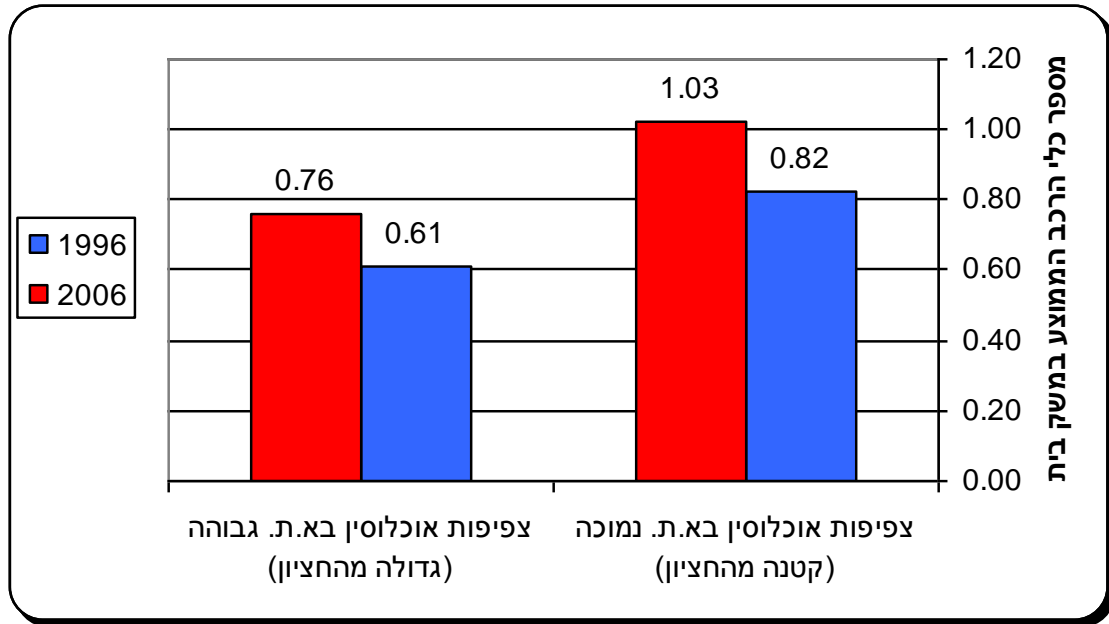
2.1.4. אופי האזור בו ממוקם משק הבית

צפיפות אוכלוסייה באזור בו ממוקם משק בית

כפי שהוזכר בסקר הספרות, משתנה זה היה חלק מהמשתנים המסבירים במספר מודלים כמו המודל במילווקי (1993), והמודל בפילדלפיה (1994). לצורך בחינת ההשפעה של צפיפות האוכלוסייה על מספר כלי הרכב בכל משק בית, חולקו כל אזורי התנועה לשתי קבוצות. לקבוצה הראשונה שייכו כל אזורי התנועה בהם צפיפות האוכלוסייה (מספר תושבים למ"ר) הייתה גבוהה מחציון הצפיפות של כל אזורי התנועה ואילו לקבוצה השנייה שויכו כל אזורי התנועה בהם צפיפות האוכלוסייה הייתה נמוכה מחציון הצפיפות של כל אזורי התנועה. תרשים 28 מציג את תוצאות הבדיקה בשני הסקרים.

תרשים 28: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של צפיפות האוכלוסייה באזור בו ממוקם משק הבית

Figure 28: Number of cars in a household as a function of the population density in the household location



על בסיס ניתוח הממצאים בתרשים 28 ניתן להסיק כי:

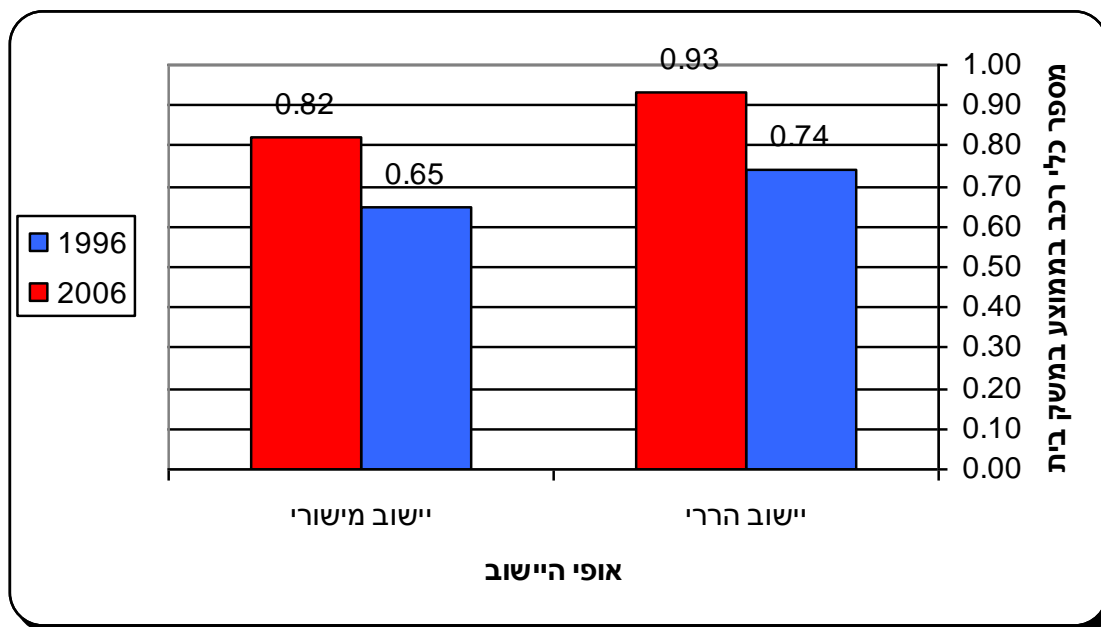
- מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית באזורים צפופים גבוהה בכ- 33% מאשר באזורים לא צפופים, הן בשנת 1996 והן בשנת 2006.
- בשני האזורים חל גידול של כ- 25% במספר כלי הרכב הממוצע במשק בית בין שנת 1996 לשנת 2006.

טופוגרפיה של היישוב בו ממוקם משק הבית

על פי הנחת המחקר, ביישובים הרריים, מרחקי ההליכה הפוטנציאליים מצטמצמים לעומת יישובים מישוריים, דבר שצפוי להביא לעליה במספר כלי הרכב הממוצע במשק בית, לעומת ביישובים מישוריים. תרשים 29 מציג את תוצאות הבדיקה בשני הסקרים.

תרשים 29: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של הטופוגרפיה של היישוב בו ממוקם משק הבית - 1996, 2006

Figure 29: Number of cars in a household as a function of the topography of the seated of the household



על בסיס ניתוח הממצאים בתרשים 29 ניתן להסיק כי:

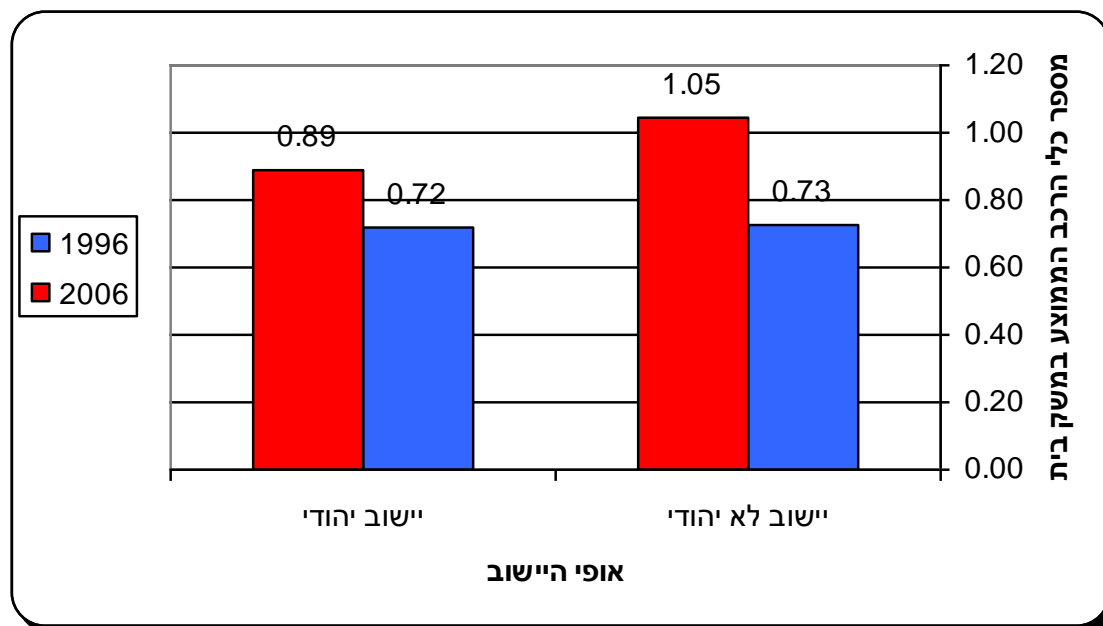
- ביישובים הרריים מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית גבוה יותר מאשר ביישובים מישוריים בכ- 13.5%, הן בשנת 1996 והן בשנת 2006. יש לציין כי גודל משק בית ממוצע בשני האזורים דומה, ועומד על כ- 2.95 נפשות במשק בית.
- מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית גדל, הן ביישובים "הרריים" והן ביישובים "מישוריים" בכ- 25%.

לאום היישוב בו ממוקם משק הבית

שיוך לקבוצות אוכלוסייה הינו משתנה מקובל באזורים בעלי מגוון של קבוצות אוכלוסייה הומוגניות. כפי שצוין בסקר הספרות, במשתנה זה נעשה שימוש במספר מודלים בארץ, בניהם גם במטרופולין חיפה.

מספר משקי הבית שנדגמו ביישובים לא יהודיים בסקר הלמ"ס (שנת 1996) עמד על 147 (מתוך 1,668 משקי בית), ואילו בסקר יפה נוף (2006) עמד על 169 משקי בית (מתוך 2,042 משקי בית). גודל משק הבית הממוצע ביישובים לא יהודיים עמד על כ- 4.96 ו- 4.5 (בשנת 1996 ובשנת 2006, בהתאמה), ואילו מספר הנפשות במשק בית ביישובים יהודיים עמד על כ- 2.89 ו- 2.82 (בשנת 1996 ובשנת 2006, בהתאמה). תרשים 30 מציג את ממצאי הבדיקה ברמה של משק בית.

תרשים 30: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של הלאום של היישוב בו ממוקם משק הבית - 1996, 2006
 Figure 30: Number of cars in a household as a function of the religion of the seated of the household – 1996, 2006



על בסיס ניתוח הממצאים בתרשים 30 ניתן להסיק כי:

- בעוד שבשנת 1996 מספר כלי הרכב במשק בית ביישוב לא יהודי היה דומה למספר כלי הרכב ביישובים יהודיים, בשנת 2006 עלה מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית ביישובים לא יהודיים בכ- 144%, לעומת גידול של כ- 24% בלבד ביישובים יהודיים.
- יש לציין כי היישובים הבולטים במספר כלי הרכב הממוצע במשק בית הינם: טמרה (1.19), שפרעם (1.12) ודאלית אל כרמל (1.00).
- לאור הנתונים שהוזכרו לעיל, בנוגע לגודל משק בית ביישובים יהודיים לעומת ביישובים לא יהודיים, ניתן לציין כי מספר כלי הרכב לנפש ביישובים יהודיים גבוה יותר מאשר ביישובים לא יהודיים הן בשנת 1996 והן בשנת 2006. עם זאת, הפער היחסי מצטמצם: בשנת 1996 עמד מספר כלי הרכב לנפש ביישובים יהודיים על כ- 0.24 לעומת כ- 0.15 ביישובים לא יהודיים, ואילו בשנת 2006 עמד מספר כלי הרכב לנפש ביישובים יהודיים על כ- 0.31 לעומת כ- 0.23 ביישובים לא יהודיים.

רמת שירות בתחבורה ציבורית

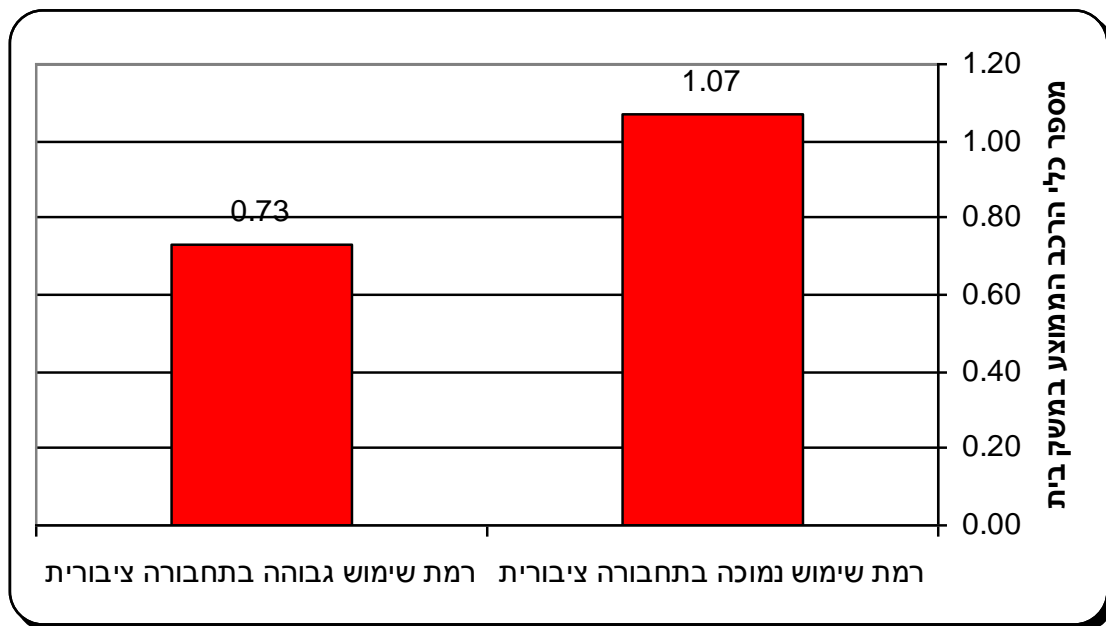
על בסיס השערות המחקר, רמת השירות של התחבורה הציבורית צפויה להשפיע על רמת זמינות הרכב במשק הבית – ככל שרמת השירות של התחבורה הציבורית גבוהה יותר, כך

צפויה לרדת רמת זמינות הרכב במשק בית . תרשים 31 מציג את ממצאי הבדיקה , על בסיס הנתונים בחיפה.

ניתן ראות כי מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית באזורים בהם רמת השירות של התחבורה הציבורית נמוכה, גבוה בכ- 50% ממספר כלי הרכב באזורים בהם רמת השירות של התחבורה הציבורית גבוהה.

תרשים 31: מספר רכבים במשק בית כפונקציה של רמת השימוש בתחבורה הציבורית באזור בו ממוקם משק הבית

Figure 31: Number of cars in a household as a function of use in public transportation in the area location of the household



3.1.4 סיכום

בחינת המגמות של זמינות הרכב במטרופולין חיפה בשנים 1996 ו- 2006, העלה כי קיימת במטרופולין, בדומה למגמה הארצית, עלייה ברמת זמינות הרכב במשק בית. רמת המינוע עלתה בעשור האחרון בכ- 37%. אחד מהגורמים הבולטים לעלייה זו , על פי ניתוח הנתונים שהוצג בפרק זה , הינו העלייה הגדולה במספר בעלי רישיון נהיגה במטרופולין . בעוד שבשנת 1996 עמוד מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית על כ- 1.2, עלה מספרם בשנת 2006 לכ- 1.5.

במטרה להבין את מידת ההשפעה של כל אחד מהמשתנים שנבחנו בעבודה זו על רמת זמינות הרכב במשק בית , נעשתה בחינה של הקורולציה בין כל אחד מהמשתנים שנבחנו, לבין מספר כלי הרכב במשק בית. הקורולציה חושבה על בסיס מקדם המתאם של פירסון . לוח 29 מציג את ערכי המקדם שהתקבלו.

לוח 29: מקדם קורולציה של פירסן עבור כל אחד מהמשתנים בשני הסקרים

Table 29: Pearson correlation for all variables at the two surveys

מקדם קורולציה של פירסן עם מספר כ"ר במשק בית		משתנה
2006	1996	
-0.63**	-	הכנסת מ"ב (ככל שהמספר נמוך יותר כך רמת ההכנסה גבוהה יותר)
0.68**	0.73**	מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב
0.54**	0.60**	מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב (זכרים)
0.53**	0.58**	מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב (נקבות)
0.44**	0.57**	מספר מועסקים במ"ב
0.44**	0.55**	מספר נסיעות ביממה של כל בני מ"ב
0.38**	0.35**	מספר אקדמאים במ"ב
0.37**	0.33**	מספר רכבי בבעלות המעסיק
0.35**	0.43**	ק"מ נסועה ביממה של כל בני מ"ב
0.31**	0.30**	מספר גברים בוגרים (מעל גיל 18) במ"ב
-0.29**	-0.37**	בני 65+ במ"ב
0.28**	0.32**	מספר נפשות במ"ב
-0.26**	-0.15**	צפיפות אוכלוסין בא"ת בו נמצא מ"ב
-0.21**	-	היצע תח"צ בא"ת בו נמצא מ"ב
0.11**	0.20**	מספר ילדים על גיל 18 במ"ב
-0.08**	-0.06*	טופוגרפיה של היישוב בו נמצא מ"ב
-0.06*	-0.01	לאום היישוב בו נמצא מ"ב
0.05*	0.10**	מספר ילדים על גיל 8 במ"ב

** קורולציה עם רמת מהימנות של 0.01;

* קורולציה עם רמת מהימנות של 0.05

על בסיס ניתוח הממצאים בלוח 29 ניתן להסיק כי:

- המשתנים בעלי הקורולציה הגבוהה ביותר עם מספר כלי רכב במשק בית הינם רמת הכנסה (רק בסקר יפה נוף ב- 2006), ומספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית.
- בסקר הלמ"ס בו אין משתנה רמת הכנסה, ניתן לראות את המתאם הגבוה בין מספר המועסקים לבין זמינות הרכב במשק הבית (יחסית לסקר יפה נוף).
- משתנים נוספים בעלי קורולציה גבוהה יחסית עם מספר כלי רכב במשק בית הינם מספר נסיעות וק"מ נסועה במשק בית (בעיקר בסקר הלמ"ס).

- נמצאה קורולציה נמוכה בין המשתנים – הטופוגרפיה של היישוב ולאום היישוב בו ממוקם משק בית וכן מספר הילדים עד גיל 8 במשק הבית, לבין מספר כלי הרכב בבעלות משק הבית.

2.4. מודלים לזמינות רכב במטרופולין לשנים 1996, 2006

בתת פרק זה יוצגו תוצאות המודלים לזמינות רכב במטרופולין חיפה בשנים 1996 ו-2006. יש לציין כי נעשו ניסיונות רבים עם הרכב משתנים שונה, ובתזה מוצגות התוצאות הטובות ביותר מבחינה סטטיסטית.

1.2.4. מודל זמינות רכב במטרופולין חיפה לשנת 1996

לוח 30 מציג את תוצאות המודל על בסיס נתוני סקר הלמ"ס משנת 1996.

לוח 30: תיאור המשתנים במודל ותוצאות ההצבה בסקר הלמ"ס (1996)

Table 30: Description of variables in the models and the posting result with central bureau of statistics survey (1996)

Variable Description	Value	Std err	t-test
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	2.50	0.17	14.84
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)	2.98	0.23	13.15
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)	3.47	0.30	11.74
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	2.12	0.18	11.62
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)	3.20	0.24	13.28
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)	3.80	0.33	11.39
מספר מועסקים במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	0.20	0.11	1.76
מספר מועסקים במשק בית (ל- 2 או 3 כ"ר במ"ב)	0.41	0.16	2.59
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית (ל- 2 או 3 כ"ר במ"ב)	2.25	0.26	8.69
מספר נסיעות במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	0.15	0.02	6.15
מספר נסיעות במשק בית (ל- 2 או 3 כ"ר במ"ב)	0.25	0.03	7.60
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 1 כ"ר במ"ב)	-0.000027	0.000012	-2.15
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 2 כ"ר במ"ב)	-0.000062	0.000020	-3.09
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 3 כ"ר במ"ב)	-0.000097	0.000044	-2.22
קבוע (כלי רכב אחד)	-2.88	0.20	-14.16
קבוע (שני כלי רכב)	-6.71	0.37	-18.26
קבוע (שלושה כלי רכב)	-9.85	0.70	-14.14
Number of observations	1,668		
Number of estimated parameters	13		
Null log-likelihood	-2,312.34		
Final log-likelihood	-998.47		
Rho-square (ρ)	0.57		
Rho-square bar ($\bar{\rho}$)	0.56		

פונקציות התועלת שהתקבלו במודל זה הינם:

$$U_0=0$$

$$U_1=-2.88+2.5*X_1+2.12*X_2+0.2*X_3+0.15*X_5-0.000027*X_6$$

$$U_2=-6.71+2.98*X_1+3.20*X_2+0.41*X_3+2.25*X_4+0.25*X_5-0.000027*X_6$$

$$U_3=-9.85+3.47*X_1+3.80*X_2+0.41*X_3+2.25*X_4+0.25*X_5-0.000027*X_6$$

כאשר:

X_1 – מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית

X_2 – מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית

X_3 – מספר מועסקים במשק בית

X_4 – מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית

X_5 – מספר נסיעות במשק בית

X_6 – צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב

על בסיס ניתוח הממצאים בלוח 30 ניתן להסיק כי:

- מקדמי ה- Rho-square וה- Rho-square Bar קיבלו ערכים גבוהים יחסית למודלים דומים של רמת מינוע, שנעשו על בסיס נתוני סקר הלמ"ס (כמו לדוגמה המודלים של מטרופולין תל אביב שם קיבלו מקדמים אלה ערך של כ- 0.37).
 - הערכים הקבועים קיבלו כצפוי ערכים שליליים, המבטאים תועלת שלילית לרכישת רכב במשק בית ללא "עזרת" המשתנים המסבירים האחרים. ככל שמספר הרכבים במשק בית גדול יותר, כך קיבל המקדם ערך שלילי גדול יותר.
 - המשתנה הדומיננטי ביותר המשפיע על מספר כלי הרכב במשק בית הינו מספר בעלי או בעלות רישיון נהיגה במשק בית.
 - משתנים דומיננטיים נוספים התורמים להגדלת מספר כלי הרכב במשק בית היו: מספר כלי הרכב בבעלות המעסיק במשק הבית (רק לבעלי 2 כלי רכב או יותר במשק בית) ומספר הנסיעות המבוצעות במשק הבית.
 - מספר המועסקים במשק בית, הינו משתנה נוסף התורם להגדלת מספר כלי הרכב במשק בית, אולם משתנה זה קיבל ערך t-test נמוך יחסית הן בחיזוי בעלי כלי רכב אחד במשק בית והן בחיזוי בעלי שני כלי רכב או יותר במשק בית.
 - צפיפות אזור התנועה בו ממוקם משק הבית תורמת להפחתת מספר כלי הרכב במשק בית, כלומר, ככל שהצפיפות באזור גבוהה יותר, כך יורד מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית. לאחר קבלת מקדמי המודל של סקר הלמ"ס נערכו שלוש בדיקות של המשוואות שהתקבלו במודל ביחס לנתוני זמינות הרכב שהתקבלו בפועל.
- בדיקה ראשונה בחנה את ההסתברות שהתקבלה במודל למספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. לדוגמה: אם, על פי המודל, קיבלנו הסתברויות של 55%, 42%, 3% ל- 0, 1, 2 כלי רכב בהתאמה, ובפועל היו במשק הבית 0 כלי רכב, נרשם הערך 55%. אם היו במשק הבית הנ"ל כלי רכב אחד, נרשם הערך 42%. ואם מספר כלי הרכב במשק הבית עומד על 2 או יותר

כלי רכב נרשם הע רך 3%. תוצאות הבדיקה העלו כי ממוצע הערכים שהתקבלו עומר על כ- 65%.

בדיקה שנייה, בחנה את אחוז המקרים בהם ההסתברות הגבוהה ביותר שהתקבלה במודל (מבין שלוש האפשרויות - 0, 1 או +2 רכבים במשק בית), תאמה את מספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. לדוגמא: על פי הדוגמא של משק הבית שהוצג לעיל, בפועל היו במשק הבית 0 כלי רכב, המודל "פוגע" בהסתברות גבוהה יחסית באפשרות הנכונה ומקבל ערך אחד. אם היו במשק הבית הנ "ל כלי רכב אחד, הערך המתקבל הוא 0. תוצאות הבדיקה העלו כי ב- 75% מהמקרים התקבל הערך 1.

בדיקה שלישית, בחנה את המודל באמצע עות Monte Carlo Simulation. בהתאם לכך, נבחר בכל משק בית ערך רנדומאלי בין 0-1, ונבחן אחוז המקרים בהם ערך זה "פגע", על פי תוצאות המודל, במספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. לאחר הרצה של כ- 30 פעמים של הסימולציה אחוז הפגיעות הממוצע עמד על כ- 66.2%.

בלוח 31 ניתן לראות תוצאות אימות תחזית המודל לעומת התוצאות בפועל, בכלל התצפיות וכן בקבוצות של תצפיות, בעלות מאפיינים דומים, קטנות יותר. אימות המודל בוחן את מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית, על פי תחזית המודל לעומת הנתונים בפועל. ניתן לראות כי המודל משחזר את התוצאות שהתקבלו בפועל בטעות שלא עולה על כ- 4% לעומת התוצאות בפועל.

לוח 31: אימות מודל זמינות רכב 1996

Table 31: Verification of car availability model 1996

מספר תצפיות	טעות (%)	בפועל	תחזית	מספר כלי רכב במשק בית
				חלק במדגם
1,668	0%	0.71	0.71	כל התצפיות
				מספר בעלי רישיון נהיגה
1,023	-4%	0.33	0.32	0-1
645	2%	1.31	1.33	2+
				מספר נסיעות ביום
953	3%	0.39	0.40	עד 5
715	-1%	1.14	1.13	יותר מ- 5
				מספר מועסקים
1,064	1%	0.42	0.43	0-1
604	0%	1.21	1.21	2+
				מספר רכבי ליסינג
1,569	1%	0.65	0.65	0
99	-3%	1.68	1.62	1+
				צפיפות אוכלוסייה
1,084	0%	0.77	0.77	קטן מ- 10,000 תושבים לקמ"ר
584	1%	0.59	0.60	גדול מ- 10,000 תושבים לקמ"ר

2.2.4. מודל זמינות רכב במטרופולין חיפה לשנת 2006

לוח 32 מציג את תוצאות המודל על בסיס נתוני סקר יפה נוף משנת 2006.

לוח 32: תיאור המשתנים במודל ותוצאות ההצבה בסקר יפה נוף (2006)

Table 32: Description of variables in the models and the posting result with Yefa Nof survey (2006)

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>Std err</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	1.81	0.13	13.79
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)	2.49	0.19	13.37
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)	3.57	0.29	12.33
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	1.46	0.13	10.80
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)	2.27	0.19	12.17
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)	3.44	0.29	12.00
משקי בית בעלי הכנסה נמוכה מהממוצע (ל- 1 כ"ר במ"ב)	-1.38	0.16	-8.66
משקי בית בעלי הכנסה נמוכה מהממוצע (ל- 2 או 3 כ"ר במ"ב)	-2.55	0.35	-7.38
משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע (ל- 1 כ"ר במ"ב)	0.32	0.27	1.17
משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע (ל- 2 כ"ר במ"ב)	1.98	0.31	6.31
משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע (ל- 3 כ"ר במ"ב)	2.17	0.54	4.04
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)	1.88	0.22	8.75
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)	1.82	0.40	4.53
מספר נסיעות במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	0.07	0.03	2.61
מספר נסיעות במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)	0.16	0.03	5.13
מספר נסיעות במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)	0.17	0.05	3.31
קילומטר נסועה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)	0.003837	0.00	2.61
קילומטר נסועה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)	0.004720	0.00	2.76
קילומטר נסועה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)	0.006045	0.00	2.81
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 1 כ"ר במ"ב)	-0.000022	0.000010	-2.09
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 2 כ"ר במ"ב)	-0.000067	0.000017	-3.91
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 3 כ"ר במ"ב)	-0.000138	0.000045	-3.06
קבוע (כלי רכב אחד)	-1.00	0.24	-4.13
קבוע (שני כלי רכב)	-5.01	0.41	-12.32
קבוע (שלושה כלי רכב)	-10.39	0.93	-11.12
Number of observations	2,039		
Number of estimated parameters	29		
Null log-likelihood	-2,826.65		
Final log-likelihood	-1,292.25		
Rho-square (ρ)	0.54		
Rho-square bar ($\bar{\rho}$)	0.53		

פונקציות התועלת שהתקבלו במודל זה הינם:

$$U_0=0$$

$$U_1=-1+1.81*X_1+1.46*X_2-1.38*X_4+0.32*X_5+0.07*X_6+0.003837*X_7-0.000022*X_8$$

$$U_2=-5.01+2.49*X_1+2.27*X_2-2.55*X_3+1.98*X_4+1.88*X_5+0.16*X_6+0.00472*X_7-0.000067*X_8$$

$$U_3=-10.39+3.57*X_1+3.44*X_2-2.55*X_3+2.17*X_4+1.82*X_5+0.17*X_6+0.006045*X_7-0.000138*X_8$$

כאשר:

X_1 – מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית

X_2 – מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית

X_3 – משפחות בעלות רמת הכנסה נמוכה (משתנה Dummy)

X_4 – משפחות בעלות רמת הכנסה גבוהה (משתנה Dummy)

X_5 – מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית

X_6 – מספר נסיעות במשק בית

X_7 – קילומטר נסועה במשק בית

X_8 – צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב

על בסיס ניתוח הממצאים בלוח 32 ניתן להסיק כי:

- הערכים הקבועים קיבלו כצפוי ערכים שליליים , המבטאים תועלת שלילית לרכישת רכב במשק בית ללא "עזרת" המשתנים המסבירים האחרים . ככל שמספר הרכבים במשק בית גדול יותר, כך קיבל המקדם ערך שלילי גדול יותר.
- המשתנה הדומיננטי ביותר המשפיע על מספר כלי הרכב במשק בית הינו מספר בעלי או בעלות רישיון נהיגה במשק בית.
- משתנים דומיננטיים נוספים התורמים להגדלת מספר כלי הרכב במשק בית היו : מספר כלי הרכב בבעלות המעסיק במשק הבית (רק לבעלי 2 כלי רכב או יותר במשק בית) ומספר הנסיעות המבוצעות במשק הבית.

- מספר המועסקים במשק בית , הינו משתנה נוסף התורם להגדלת מספר כלי הרכב במשק בית, אולם משתנה זה קיבל ערך t-test נמוך יחסית הן בחיזוי בעלי כלי רכב אחד במשק בית והן בחיזוי בעלי שני כלי רכב או יותר במשק בית.
- צפיפות אזור התנועה בו ממוקם משק הבית תורמת להפחתת מספר כלי הרכב במשק בית , כלומר, ככל שהצפיפות באזור גבוהה יותר, כך יורד מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית. לאחר קבלת מקדמי המודל של סקר יפה נוף נערכו שלוש בדיקות של המשוואות שהתקבלו במודל ביחס לנתוני זמינות הרכב שהתקבלו בפועל. בדיקה ראשונה בחנה את ההסתברות שהתקבלה במודל למספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. תוצאות הבדיקה העלו כי ממוצע הערכים שהתקבלו עומר על כ- 62.5%.
- בדיקה שנייה , בחנה את אחוז המקרים בהם ההסתברות הגבוהה ביותר שהתקבלה במודל (מבין שלוש האפשרויות – 0, 1 או +2 רכבים במשק בית), תאמה את מספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. תוצאות הבדיקה העלו כי ב- 72.3% מהמקרים התקבל הערך 1.
- בדיקה שלישית, בחנה את המודל באמצעות Monte Carlo Simulation. לאחר הרצה של כ- 30 פעמים של הסימולציה אחוז הפגיעות הממוצע עמד על כ- 62.6%.
- בלוח 33 ניתן לראות תוצאות אימות תחזית המודל לעומת התוצאות בפועל , בכלל התצפיות וכן בקבוצות של תצפיות , בעלות מאפיינים דומים , קטנות יותר . אימות המודל בוחן את מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית , על פי תחזית המודל לעומת הנתונים בפועל . ניתן לראות כי המודל משחזר את התוצאות שהתקבלו בפועל בטעות שלא עולה על כ- 4% לעומת התוצאות בפועל.

לוח 33 : אימות מודל זמינות רכב 2006

Table 33: Verification of car availability model 2006

מספר תצפיות	טעות (%)	בפועל	תחזית	מספר כלי רכב במשק בית
				חלק במדגם
2,039	0%	0.90	0.90	כל התצפיות
				מספר בעלי רישיון נהיגה
980	-3%	0.42	0.41	0-1
1,059	1%	1.34	1.35	2+
				הכנסה
597	0%	1.57	1.57	גבוהה מהממוצע
552	0%	0.97	0.97	בממוצע במשק
890	0%	0.40	0.40	נמוכה מהממוצע
				מספר נסיעות ביום
1,002	4%	0.57	0.59	עד 5
1,037	-2%	1.21	1.19	יותר מ- 5
				ק"מ נסועה ביום
1,062	2%	0.61	0.62	עד 5 ק"מ
977	-1%	1.21	1.19	יותר מ- 5 ק"מ
				מספר רכבי ליסינג
1,852	1%	0.81	0.81	0
187	-2%	1.79	1.75	1+
				צפיפות אוכלוסייה
1,223	-1%	1.06	1.05	קטן מ- 10,000 תושבים לקמ"ר
816	2%	0.66	0.67	גדול מ- 10,000 תושבים לקמ"ר

3.4. ניתוח תוצאות המודלים

תת פרק זה כולל ניתוח של המודלים שהוצגו לעיל, ובחינת מהימנותם.

תת הפרק כולל ארבעה סעיפים : השוואה בין המודלים – מתמקדת בבחינת המשתנים המסבירים את זמינות הרכב במשק בית במטרופולין חיפה בפער של 10 שנים; בחינת מודל 1996 על נתוני 2006 – מאפשר להבין את יכולת החיזוי של מודל 1996 אל מול הנתונים בפועל בשנת 2006; מבחני רגישות למודל 2006 – מאפשר להבין את יכולת ההשפעה של המתכנן על זמינות הרכב במשק בית ; ובחינת מודל 2006 לאור תחזיות במטרופולין חיפה לשנת 2016 – מאפשרת להבין את רמת זמינות הרכב הצפויה במטרופולין חיפה במידה ומגמות 10 השנים האחרונות יימשכו גם בעשור הקרוב.

1.3.4. השוואה בין המודלים

סעיף זה יכלול ניתוח השוואתי בין שני המודלים שפורטו בפרק הקודם. הניתוח כולל בחינה השוואתית הדומיננטיות של המשתנים בשני המודלים, על פי הבדיקות הסטטיסטיות שנעשו במודלים.

כפי שצוין בסקר הספרות, אחד המשתנים הבולטים במודלים רבים שנסקרו בעבודה זו, היה רמת ההכנסה של משק הבית. משתנה זה, לא נבדק במסגרת סקר הלמ"ס ולפיכך לא ניתן היה לשלבו במודל לשנת 1996. לעומת זאת, בסקר יפה נוף משנת 2006 כלל הסקר גם מידע זה דבר שאפשר לכיול מודל הכולל גם משתנה זה. עובדה זו השפיעה כמובן גם על יתר המשתנים במודל, כפי שניתן לראות בלוח 34. הלוח מציג את ערכי המשתנים וה- t-test בכל אחד מהמודלים שהוזכרו בפרק הקודם. ניתן להתרשם, על בסיס לוח 34 מערכי ה- t-test שקיבלו סדרי גודל דומים גם במודל של שנת 1996 וגם במודל של שנת 2006.

לוח 34 : השוואה בין תוצאות המודלים

Table 34: comparison between the models results

t-test	Value	t-test	Value	Variable Description
	1996		2006	
	1,668		2,039	מספר תצפיות
	0.57		0.54	Rho-square
14.84	2.50	13.79	1.81	מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)
13.15	2.98	13.37	2.49	מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)
11.74	3.47	12.33	3.57	מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)
11.62	2.12	10.80	1.46	מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)
13.28	3.20	12.17	2.27	מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)
11.39	3.80	12.00	3.44	מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)
-	-	-8.66	-1.38	משקי בית בעלי הכנסה נמוכה מהממוצע (ל- 1 כ"ר במ"ב)
-	-	-7.38	-2.55	מ"ב בעלי הכנסה נמוכה מהממוצע (ל- 2 או 3 כ"ר במ"ב)
-	-	1.17	0.32	משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע (ל- 1 כ"ר במ"ב)
-	-	6.31	1.98	משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע (ל- 2 כ"ר במ"ב)
-	-	4.04	2.17	משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע (ל- 3 כ"ר במ"ב)
1.76	0.20	-	-	מספר מועסקים במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)
2.59	0.41	-	-	מספר מועסקים במשק בית (ל- 2 או 3 כ"ר במ"ב)
8.69	2.25	8.75	1.88	מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)
8.69	2.25	4.53	1.82	מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)
6.15	0.15	2.61	0.07	מספר נסיעות במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)
7.60	0.25	5.13	0.16	מספר נסיעות במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)
7.60	0.25	3.31	0.17	מספר נסיעות במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)
-	-	2.61	0.003837	קילומטר נסועה במשק בית (ל- 1 כ"ר במ"ב)
-	-	2.76	0.004720	קילומטר נסועה במשק בית (ל- 2 כ"ר במ"ב)
-	-	2.81	0.006045	קילומטר נסועה במשק בית (ל- 3 כ"ר במ"ב)
-2.15	-0.000027	-2.09	-0.000022	צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 1 כ"ר במ"ב)
-3.09	-0.000062	-3.91	-0.000067	צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 2 כ"ר במ"ב)
-2.22	-0.000097	-3.06	-0.000138	צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב (ל- 3 כ"ר במ"ב)

ניתוח הממצאים בלוח 34 מעלה כי:

- מרבית המשתנים שהופיעו במודל בשנת 1996, הופיעו גם במודל של שנת 2006. המשתנה היחיד שאינו מופיע בשנת 2006 הינו מספר המועסקים במשק בית. משתנה זה מייצג למעשה את רמת ההכנסה של משק הבית, משתנה שאינו נכלל בשנת 1996, אך מהווה חלק ממודל שנת 2006.
- המודל של שנת 2006 כולל מספר משתנים נוספים לעומת המודל של שנת 2006:
 - רמת ההכנסה במשק הבית – כאמור משתנה זה אינו נאסף בסקר הלמ"ס
 - קילומטר נסועה במשק בית

- המשתנה הדומיננטי ביותר בשני הסקרים הינו מספר בעלי רישיון הנהיגה במשק בית משתנה זה (אף בחלוקה לשני משתנים, על פי המגדר) מקבל ערכים של t-test גבוהים מ-10 בשני המודלים.
 - בשני המודלים ניתן לראות כי ישנה השפעה של רכב מעסיק על מספר כלי רכב בעיקר במשקי בית בעלי יותר מ-2 כלי רכב. ערך ה-t-test שהתקבל בשני המודלים, דומה.
 - על אף העובדה שבמודל של שנת 2006 נעשה שימוש ביותר משתנים מאשר בשנת 2006, תוצאות המודל של שנת 1996 היו מעט טובות יותר מתוצאות המודל של שנת 2006 (ערך ה-Rho-square גבוה יותר ב-1996).
- לאור העובדה שבנתוני המודל של שנת 2006 מופעים יותר משתנים מאשר בנתוני המודל של שנת 1996 (בעיקר בנוגע למשתנה רמת ההכנסה), מומלץ לעבוד עם מודל זה לצורך כיוול תחזיות למטרופולין חיפה.

2.3.4 בחינת מודל 1996 על נתוני 2006

לצורך בחינת המודל שכויל לשנת 1996, נערכו 2 בחינות:

- הבחינה הראשונה כללה הצבה של נתוני המדגם של סקר שנת 2006 על נוסחאות המודל של שנת 1996. בחינה זו נועדה לבחון האם המשתנים המשפיעים על החלטת משק הבית בנושא זמינות רכב בשנת 1996 משפיעים גם על משקי הבית בשנת 2006.
- הבחינה השנייה כללה בחינת המגמות שהתרחשו במטרופולין חיפה בין השנים 1996 ו-2006, ובדיקת תחזית של נתוני המודל של שנת 1996 לאחר קידום הנתונים בהתאם למגמות במטרופולין אשר התרחשו בפועל. בחינה זו נועדה לבחון את יכולת ה-חיזוי של המודל.

להלן מובאות בפרק זה ממצאי הבדיקות.

הבחינה הראשונה

הבדיקה הראשונה שבוצעה מוצגת בלוח 35. במסגרת בדיקה זו נבחנו תוצאות המודל בהשוואה לנתונים בפועל שהתקבלו בסקר.

לוח 35 : תוצאות הצבת נתוני סקר יפה נוף (2006) במודל 1996, לעומת הנתונים בפועל

Table 35: 2006 data on the 1996 model, compared with 2006 data in practice

מספר כלי רכב ממוצע במשק בית	3	2	1	0	
0.90	2.53%	16.76%	48.50%	32.21%	נתוני המודל
0.90	2.01%	18.34%	46.84%	32.81%	ערכים בפועל
0%	21%	-9%	3%	-2%	פער (באחוזים)

כפי שניתן לראות, משחזר המודל בצורה כמעט מלאה את מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית בכלל המדגם. על אף עודף חיזוי של משקי בית עם 3 כלי רכב (21%) וחוסר בחיזוי משקי בית עם שני כלי רכב (9%), ניתן לראות כי מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית על פי המודל זהה לערכו בפועל. המסקנה החשובה של בדיקה זו הינה כי אין שינוי משמעותי במשתנים המסבירים את זמינות הרכב במשק בית בין שנת 1996 לשנת 2006.

לאחר קבלת הנתונים הנ"ל, נערכו שלוש בדיקות של המשוואות שהתקבלו במודל ביחס לנתוני זמינות הרכב שהתקבלו בפועל (בדומה לבדיקות שתוארו לעיל בפרקים 4.2.1 ו-4.2.2).

בדיקה ראשונה בחנה את ההסתברות שהתקבלה במודל למספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. תוצאות הבדיקה העלו כי ממוצע הערכים שהתקבלו עומר על כ- 71.7% (לעומת כ- 62.5% במודל המקורי של שנת 2006).

בדיקה שניה בחנה את אחוז המקרים בהם ההסתברות הגבוהה ביותר שהתקבלה במודל (מבין שלוש האפשרויות - 0, 1 או +2 רכבים במשק בית), תאמה את מספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. תוצאות הבדיקה העלו כי כ- 68.3% מהמקרים התקבל הערך 1 (לעומת כ- 72.3% במודל המקורי של שנת 2006).

בדיקה שלישית בחנה את המודל באמצעות Monte Carlo Simulation. בהתאם לכך, נבחר בכל משק בית ערך רנדומאלי בין 0-1, ונבחן אחוז המקרים בהם ערך זה "פגע", על פי תוצאות המודל, במספר כלי הרכב שהיו בפועל במשק הבית. לאחר הרצה של כ- 30 פעמים של הסימולציה אחוז הפגיעות הממוצע עמד על כ- 60.2% (לעומת כ- 62.6% במודל המקורי של שנת 2006).

הבחינה השנייה

המגמות שהתפתחו במטרופולין בי השנים 1996 ל- 2006, לאור נתוני הסקרים, מוצגים בלוח 36.

לוח 36 : המגמות במטרופולין חיפה בין השנים 1996-2006

Table 36: tendency in Haifa metropolitan area between 1996-2006

משתנה	ממוצע במשק בית בשנת 1996	ממוצע במשק בית בשנת 2006	אחוז הגידול בין שנת 1996 לשנת 2006
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית	0.06	0.10	67%
מספר נסיעות במשק בית	5.22	6.13	17%
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית	0.47	0.67	43%
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	0.71	0.85	20%
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב	8598.39	8952.48	4%
מספר מועסקים במשק בית	1.09	1.20	10%

ניתוח הממצאים בלוח 36 מעלה כי:

- במטרופולין חיפה חל גידול רב במספר הרכבים בבעלות המעסיק. גידול זה נובע ככל הנראה בתופעת הליסינג הנפוצה כיום.
 - אחוז הגידול בקרב בעלות רישיון נהיגה עומד על כ- 43%!
- בהתאם למגמות אלו, נבנתה תחזית ל- 10 שנים, על בסיס המודל של שנת 1996. לוח 37 מציג את תוצאות התחזיות לעומת תוצאות הסקר.

לוח 37 : תוצאות תחזית המודל לשנת 1996, לעומת הנתונים בפועל

Table 37: The forecast of the 1996 model, compared with 2006 data in practice

מספר כלי רכב ממוצע במשק בית	3	2	1	0	שנה
0.71	2%	12%	42%	45%	נתונים בפועל (1996)
0.87	4%	17%	42%	37%	תחזית מודל ל- 2006
0.90	2%	18%	47%	33%	נתונים בפועל (2006)

מניתוח התוצאות בלוח 37 עולה כי:

- המודל משחזר בצורה טובה את תרחישי זמינות הרכב שהתפתחו בפועל – על פי תחזית המודל, חל גידול של כ- 23% במספר כלי הרכב במשק בית לעומת כ- 27% בפועל.
- ישנו אמדן יתר באחוז משקי הבית ללא כלי רכב, לעומת אמדן חסר במשקי הבית עם כלי רכב אחד בלבד.

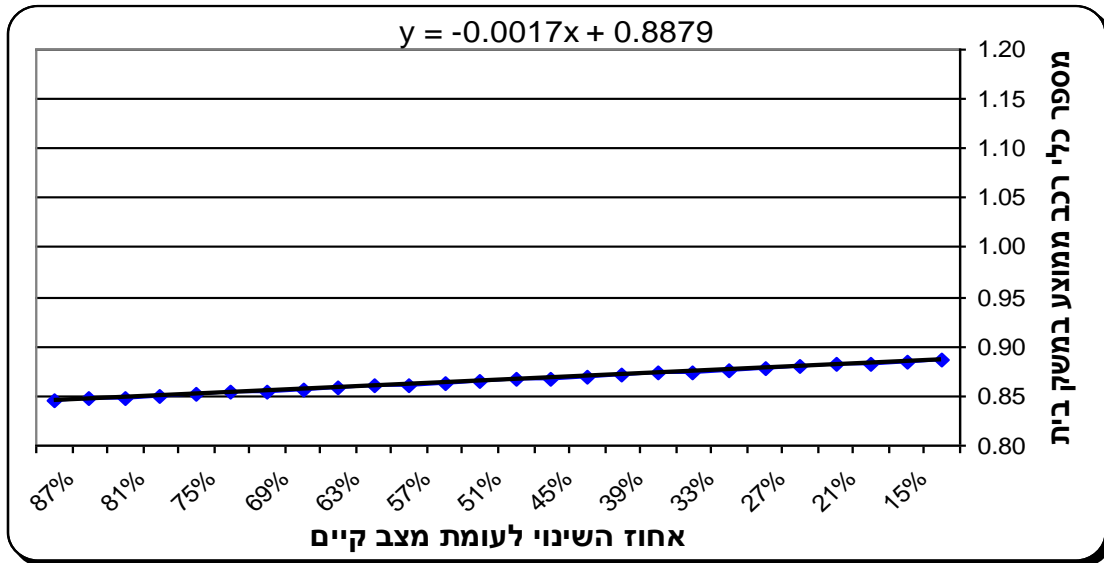
3.3.4 מבחני רגישות למודל 2006

לצורך בחינת מידת ההשפעה של המשתנים השונים על זמינות הרכב במשק בית, על פי מודל 2006, על רמת זמינות הרכב במשק בית, בוצעו מספר מבחני רגישות למודל. בחינות אלה כללו בדיקת השינוי בזמינות הרכב במשק בית לאור שינויים בערך משתנים מסבירים. לצורך בחינת ההשפעה של כל משתנה בנפרד, נבדקה זמינות הרכב לאור שינוי בכל משתנה בנפרד. בפרק זה מוצגים חלק מהתוצאות שהתקבלו.

המשתנה הראשון שנבחן, לאור העובדה שנושא מחקר זה בא מצד תחום תכנון הערים, הינו צפיפות המגורים באזור בו ממוקם משק הבית. כפי שצוין לעיל, צפיפות המגורים עלתה בעשור האחרון בכ- 4% בלבד. על אף זאת, נערכה בחינה של שינוי בצפיפות האוכלוסייה ברמות של החל מ- 15% ועד ל- 90% לעומת המצב הקיים. כפי שניתן לראות בתרשים 32, על אף הגדלת צפיפות האוכלוסייה ברמות הגבוהות בהרבה מהמגמות הקיימות, לא יורד מספר כלי הרכב במשק בית בצורה משמעותית.

תרשים 32: בחינת השפעת שינוי בצפיפות המגורים באזור בו ממוקם משק בית על זמינות הרכב

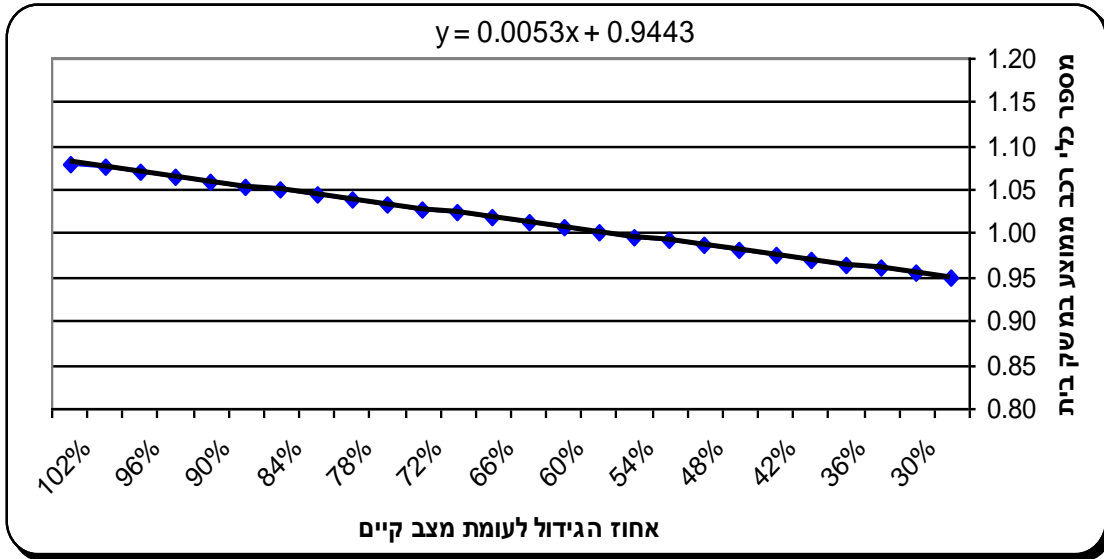
Figure 32: The effect of the change in population density to car availability



כפי שתואר בפרקים 4.2.1, 4.2.2, המשתנה המשמעותי ביותר, על פי המודלים שכולו, הינו מספר בעלי/ות רישיון נהיגה במשק בית. כפי שניתן לראות ב תרשים 33 ובתרשים 34, מידת ההשפעה של משתנים אלה על זמינות הרכב במשק בית, הינה גבוהה ביותר. חשוב לציין כי הגידול בשיעור בעלי רישיון נהיגה במשק בית בעשור האחרון עומד על כ- 20% וכ- 43% בשיעור בעלות רישיון נהיגה במשק בית. כמו כן, כפי שתואר בפרק 2, שיעור בעלי/ות רישיון נהיגה מבין כלל האוכלוסייה לא הגיע לרמת רוויה עד כה.

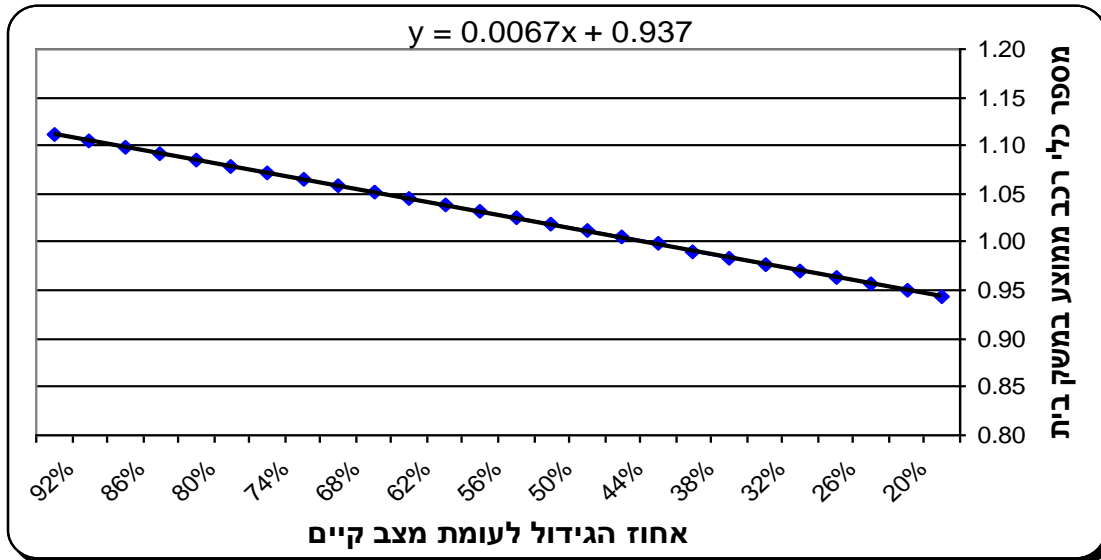
תרשים 33: בחינת השפעת שינוי במספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית על זמינות הרכב

Figure 33: The effect of change in the number of driver licenses (woman) in a household to car availability



תרשים 34: בחינת השפעת שינוי במספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית על זמינות הרכב

Figure 34: The effect of change in the number of driver licenses (man) in a household to car availability



4.3.4. בחינת מודל 2006 לאור תחזיות במטרופולין חיפה

בפרק זה, נבצע תחזיות זמינות רכב במטרופולין חיפה לשנת 2016, לאור המשך המגמות הקיימות בעשור האחרון במטרופולין, בהתאם למודל שכולל בשנת 2006.

לוח 38 מציג את המגמות בעשור האחרון של משתני המודל, וכן התחזית לערכי המשתנים בשנת 2016.

לוח 38: תחזית של משתני המודל לשנת 2016, לאור המגמות ב- 10 השנים האחרונות

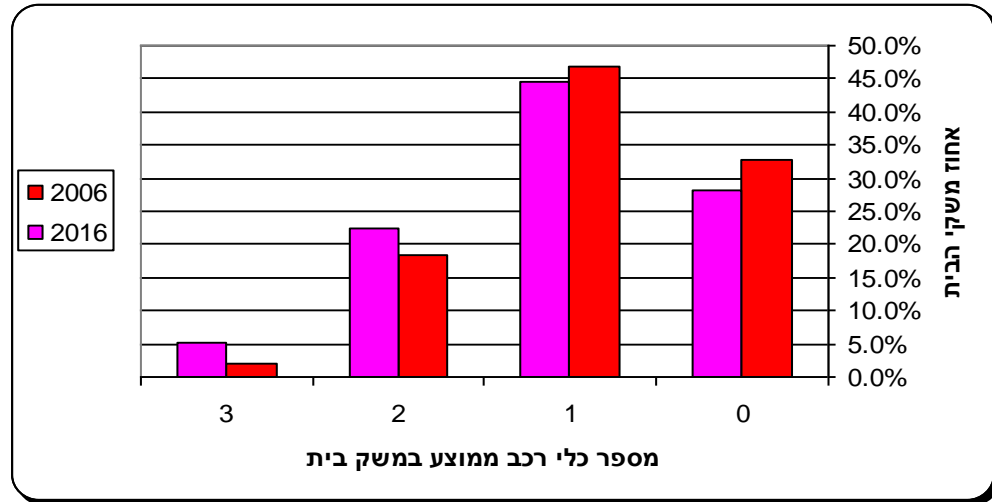
Table 38: forecast of the models variables to year 2016, according to the last 10 years tendency

תחזית למוצע במשק בית בשנת 2016 (מחושב)	מוצע במשק בית בשנת 2006	אחוז הגידול בין שנת 1996 לשנת 2006	משתנה
0.17	0.10	67%	מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית
7.20	6.13	17%	מספר נסיעות במשק בית
48.54	54.26	-11%	ק"מ נסועה במשק בית
0.96	0.67	43%	מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית
1.02	0.85	20%	מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית
9,321.15	8,952.48	4%	צפיפות אזור התנועה בו ממוקם משק בית
1.32	1.20	10%	מספר מועסקים במשק בית

על פי המשך המגמות הקיימות, צפוי גידול של כ- 17% במספר כלי הרכב הזמינים במשק בית בעשור הקרוב, מ- 0.9 כלי רכב במשק בית ל- 1.05. רמת זמינות הרכב במטרופולין צפויה לגדול בכ- 25% מ- 322 כלי רכב ל- 1,000 נפש לכ- 401 כלי רכב ל- 1,000 נפש. תרשים 35 מציג את ממצאי תחזית זמינות הרכב במטרופולין חיפה.

תרשים 35: תחזית זמינות רכב במטרופולין חיפה לשנת 2016, על בסיס מודל שנת 2006

Figure 35: Car availability forecast for the Haifa metropolitan area to year 2016, base on 2006 Model



תחזית זמינות הרכב למטרופולין חיפה, שבוצעה ע"י צוות תכנית אב לתחבורה במטרופולין חיפה לשנת 2020, עומדת על 365 כלי רכב ל- 1,000 תושבים (הירש מ.ואח', 2003). תחזית זמינות הרכב במטרופולין חיפה (המצומצם) שבוצעה במחקר זה, מצביעה על כך שכבר בשנת 2016 רמת זמינות הרכב במטרופולין גבוהה ביותר מ- 12% לעומת התחזית הקיימת.

בהנחה של גידול אוכלוסייה במטרופולין חיפה על פי המגמות ב- 10 השנים האחרונות, תעמוד האוכלוסייה במטרופולין חיפה (המצומצם) על כ- 712,000 תושבים. ההפרש בין תחזיות זמינות הרכב הקיימות (לשנת 2020) לעומת התחזיות שהתקבלו במודל זה (לשנת 2016) מצביעות על כך שכבר בשנת 2016 מספר כלי הרכב במטרופולין המצומצם יהיה גדול בכ- 25,000 כלי רכב לעומת התחזית הקיימת.

5. סיכום ומסקנות

פרק זה כולל שלשה תתי פרקים. תת הפרק 5.1 מציג את ממצאי המחקר, לאור השערותיו, תת הפרק 5.2 מציג את מסקנות המחקר לאור הממצאים ותת הפרק 5.3 מציג המלצות למחקר המשך.

1.5. בחינת ההשערות באמצעות המודל

במסגרת עבודה זו, כוילו שני מודלים לזמינות רכב במטרופולין חיפה כמייצג של מאפייני זמינות הרכב בישראל. המודלים כוילו על בסיס נתוני סקר הרגלי נסיעה קיימים, שבוצעו במטרופולין בהפרש של 10 שנים, בתקופה האחרונה. בנוסף, בוצעה במסגרת העבודה בחינת יכולת העתקת מודלים בזמן, ע"י בחינת הנתונים שנאספו במסגרת סקר יפה נוף משנת 2006 על המודל שכויל בשנת 1996.

ניתוח הנתונים, העלה כי ב-10 השנים, בין שנת 1996 לשנת 2006, לא חל שינוי משמעותי במשתנים המסבירים את רמת זמינות הרכב במשק הבית במטרופולין חיפה. עובדה זו, חשובה להבנת המהימנות ויכולת החיזוי של המודלים שכוילו. בנוסף, ניתן לבצע בחינה של השערות המחקר בנוגע למשתנים המסבירים המשפיעים על זמינות הרכב במשק הבית בישראל, כפי שהוצגו בפרק 3.1, גם לאורך זמן. בתת פרק זה יוצגו ממצאי הבדיקה.

מצב הסוציו כלכלי של משק הבית – משתנה זה נמצא אחד הדומיננטיים לנושא זמינות הרכב במשק בית בסקר יפה נוף. על אף העובדה שבסקר הלמ"ס לא נאסף הנתון אודות רמת ההכנסה, המשתנה - מספר המועסקים במשק בית, מייצג למעשה את רמת ההכנסה של משק הבית גם בסקר זה.

מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית – זהו למעשה המשתנה הדומיננטי ביותר כיום אשר משפיע על רמת זמינות הרכב במשק הבית. בשני הסקרים עליהם התבסס המחקר, נמצא קשר חזק ומשמעותי בין מספר בעלי רישיון הנהיגה במשק הבית למספר כלי הרכב בו. יתרה מכך, על אף שנבדקה בשני המודלים בחינה של מספר בעלי וגם בעלות רישיון נהיגה במשק הבית, נמצאו שני המשתנים בנפרד מובהקים ומשמעותיים ביותר לקביעת זמינות הרכב במשק הבית. ממצאי הבדיקה העלו כי מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית (גברים) משפיע מעט יותר על רמת זמינות הרכב במשק הבית מאשר מספר בעלות רישיון נהיגה במשק הבית (נשים).

אופיו של האזור בו ממוקם משק הבית – בהקשר זה, נמצא קשר מובהק אך לא חזק בין צפיפות האוכלוסייה באזור בו ממוקם משק הבית לבין זמינות הרכב במשק בית. ככל שסביבת המגורים באזור בו ממוקם משק הבית גדולה יותר כך צפוי לרדת מספר כלי הרכב במשק הבית באותו אזור. עם זאת, משתנה זה לא קיבל ערך גבוה במודל ואינו משפיע באופן משמעותי על רמת זמינות הרכב. בבדיקות הרגישות שהוצגו בפרק 4.3.3, נמצא כי שינוי משמעותי בצפיפות המגורים באזור בו ממוקם משק הבית אינו משפיע באופן משמעותי על מספר כלי הרכב הממוצע המשק בית.

המבנה הטופוגרפי של אזור המגורים – בניגוד להשערת המחקר, לא נמצא קשר מובהק בין המבנה הטופוגרפי לבין רמת זמינות הרכב במשק הבית. על אף העובדה שבדיקה פרטנית של המספר הממוצע של כלי רכב באזורים הרריים לעומת באזורים מישוריים העלתה כי באזורים ההרריים מספר כלי הרכב גדול יותר, לא נמצא משתנה זה מובהק במודלים שהוצגו.

רמת השירות של התחבורה הציבורית באזור המגורים – בדומה למבנה הטופוגרפי, גם במשתנה זה לא נמצא קשר מובהק בין רמת השירות של התחבורה הציבורית לבין רמת זמינות הרכב במשק הבית. כמו כן, גם במקרה זה, בחינה פרטנית של אזורים שהוגדרו כבעלות רמת שירות טובה של תחבורה ציבורית לעומת אזורים אחרים העלתה כי מספר כלי הרכב הממוצע במשק בית גבוה יותר באזורים בעלי רמת שירות נמוכה של תחבורה ציבורית.

רמת שירות תחבורה ציבורית מאפשרת לבני משק הבית אלטרנטיבה לרכב הפרטי בביצוע הנסיעות. באזור המשורת ברמה טובה של תחבורה ציבורית, מצטמצם הפער שבין הרכב הפרטי לתחבורה הציבורית ובשלב מסוים התחבורה הציבורית מהווה תחרות לרכב הפרטי. לאור זאת, השערת המחקר הינה כי באזורים המשורתיים ברמה גבוהה של תחבורה ציבורית צפויה רמת זמינות הרכב במשק הבית להיות נמוכה יותר.

רכב בבעלות המעסיק משפיע על הרגלי הנסיעה של בני משק הבית – ממצאי המחקר, אימתו את השערת המחקר בנושא זה, ומצאו כי משקי בית בהם יש לפחות כלי רכב אחד בבעלות המעסיק, מבצעים יותר נסיעות ולמרחקים יותר גדולים מאשר משקי בית ללא כלי רכב כלל או עם כלי רכב, אך ללא כלי רכב בבעלות המעסיק. במודל נמצא משתנה זה מובהק במשקי בית בעלות יותר מכלי רכב אחד. הסיבה לכך, כפי שפורט גם בסקר הספרות, הינה כי רכב בבעלות המעסיק מגדיל את ההסתברות של משק הבי לרכוש כלי רכב שני.

2.5. דיון ומסקנות

המודלים של זמינות הרכב שהוצגו במסגרת מחקר זה, מאפשרים למקד את ההבדלים בנושא זמינות הרכב במשק הבית בישראל, לעומת מדינות מערביות אחרות. שני המודלים שכוילו, קיבלו רמת מהימנות גבוהה ויכולות העתקה בזמן גבוהות, והינם מודלים בעלי מבנה פשוט, ללא סיבוכיות מתמטית מורכבת. המודלים מאפשרים להבין את מקומו של המתכנן ויכולת השפעתו על רמת זמינות הרכב במשק הבית.

כפי שניתן היה לראות, מספר בעלי רישיון נהיגה במשק הבית הינו המשתנה המשמעותי ביותר לקביעת רמת זמינות הרכב במשק הבית בישראל כיום. משתנה זה, לא נמצא משמעותי בהרבה מודלים במדינות מערביות בעולם, וזאת לאור העובדה שבמדינת ישראל לא הגיע שיעור בעלי רישיון הנהיגה לרמת רוויה, בדומה למקומות אחרים בעולם. לעומת זאת, נושא צפיפות האוכלוסייה ורמת השירות של התחבורה הציבורית, אשר נכנס כמשתנה מסביר בהרבה מודלים בעולם, לא נמצאו משמעותיים (צפיפות האוכלוסייה) או לא מהימנים (רמת שירות התחבורה הציבורית), במודלים שכוילו.

מתוך מסקנות אלו ניתן להבין כי ההשפעה של המת כנן מוגבלת בכל הנוגע להוצאת רישיון הנהיגה . עם זאת, בהנחה ששיעור בעלי הרישיון נהיגה באוכלוסייה יגיע לרוויה, המשתנים האחרים יהיו משמעותיים יותר. לפיכך, על אף העובדה שעל פי תוצאות המודל, ציפוף מגורים אינו תורם לכשעצמו להפחתת מספר כלי הרכב במשק בית, נראה כי בטווח הארוך אמצעי זה אכן ישתלם ויעודד אנשים לבצע נסיעותיהם באמצעים אחרים.

בנתונים הקיימים, לא ניתן להעריך את השפעת רמת השירות בתחבורה הציבורית על מידת זמינות הרכב. נראה כי עד שלא תעלה רמת השירות של התחבורה הציבורית באופן שתוכל להיות אטרקטיבית גם למשתמשי הרכב הפרטי, לא נוכל לקבל הערכה אמיתית על מידת ההשפעה של תחבורה ציבורית על זמינות רכב.

בנוסף, לאור העובדה שכלי הרכב בבעלות המעסיק מגדילות את השימוש בכלי הרכב, מומלץ לפתח מנגנונים שיביאו לצמצום מספר כלי הרכב בבעלות המעסיק (מיסוי).

3.5. רעיונות למחקר המשך

מחקר זה בה במטרה לבחון מגמות זמינות רכב בישראל, כולל חקירת המשתנים המשפיעים על זמינות הרכב במשק בית בישראל. במסגרת המחקר, נאמדו מודלים לזמינות רכב במטרופולין חיפה, ובאמצעותם בוצעה הערכה של זמינות הרכב הצפויה במטרופולין, לאור המגמות בעשור האחרון.

לצורך המשך המחקר, מומלץ לבצע מספר מחקרי המשך כדלקמן:

- הרחבת המחקר לאזורים אחרים בארץ – יש לבחון את הנחת העבודה כי מטרופולין חיפה מייצג את זמינות הרכב כפי שבאה לידי ביטוי בישראל.
- בחינת תקפות המודלים לאורך הזמן – כפי שצוין בסיכום העבודה, נראה כי ההשפעה של מספר בעלי /ות רישיון נהיגה במשק בית צפוי לרדת במהלך השנים הבאות. לאור זאת, יש לבצע עדכון ובדיקה של המודל לאורך זמן.
- מומלץ לבחון במחקר ייעודי משתנים נוספים העשויים להשפיע על רמת זמינות הרכב במשק בית כמו:

- הוצאות רכב – קבועות ומשתנות

- דגם ומודל של רכב

- קבלת הוצאות רכב ממקום העבודה

בהקשר זה יש לציין את החשיבות באיסוף נתונים (שאינו קיים כיום במסגרת סקרי הרגלי הנסיעה הארציים והמטרופולינים) לגבי נושא קבלת הוצאות רכב ממקום העבודה לנושא זה, יש ככל הנראה השפעה גדולה על קבלת ההחלטה של משק הבית לרכוש כלי רכב ולפיכך על נושא זמינות הרכב במשק בית בישראל.

6. ביבליוגרפיה

- Allanson, E.W. 1982, *car ownership forecasting*, transportation studies, volume 1
- Alperovich, G. Deutsch, J. Machnes, Y. 1999, *The demand for car ownership: evident from Israeli data*, international journal of transport economics, vol XXVI-No 3
- Bailey, J. 1984, *The meaning of car availability in mode choice decisions*, Transportation planning and technology, Vol 9, pp. 125-134
- Beckmann, M.J., Gustafson, R.L., Golob, T.F., 1973, *Location factors in automobile ownership decision*, Springer Berlin / Heidelberg Volume 7, Number 2
- Bekhor, S., Wittenberg, Y., Golani, A., 2006, *The Impact of Motorization Rate Forecasts on Mass Transit Ridership*
- Berechman, J. Paaswell, R. 1977, *The impact of car availability on urban transportation behavior*, Transportation 6, pp. 121-134
- Bhat, C. Pulugurta, V. 1997, *a comparison of two alternative behavioral choice mechanisms for household auto ownership decisions*
- Bhat, C.R. Guo, J.Y., 2005, *A comprehensive analysis of built environment characteristics on household residential choice and auto ownership levels*, Transportation Research Part B 41
- Bjørner, T.B. Leth-Petersen, S. 2004, *Dynamic model of car ownership at the household level*
- Button, K. Hine, J. Ngoe, N. 1992, *Car ownership forecasts for low-income countries*, Traffic engineering & control
- Cambridge Systematics inc. vehicle availability modeling, volume 1, final report, 1997

- Dargay, J. Gately, D. 1998, *income's effect on car and vehicle ownership, worldwide: 1960-2015*, Transportation Research Part A 33
- Dargay, J.M. 2000, *the effect of income on car ownership: evidence of asymmetry*, transportation research part A 35
- De Jong, G. Fox, J. Daly, A. Pieters, M. Smit, R. 2004, *Comparison of car ownership models*, Transportation Reviews, Vol. 24
- Donnison, R. 1983, *Licence-holding and car availability: recent experience in South Yorkshire*, Joint transport Planning, South Yorkshire country council
- Gallez, C. 1994, *Identifying the long term dynamics of car ownership: a demographic approach*, Transportation Reviews, Vol 14
- Hanly, M. Dargay, J.M., 2000, *Car ownership in Great Britain Panel data analysis*, transportation research record 1718
- Kalenoja, H. Tech, L. 2001, *Car ownership effect of availability of local services*, the Nordic network on modeling transport, land-use and the environment
- Kemal, S.Ö. 2004, *S-Curve Models to Determine the Car Ownership in Turkey*, ARI the bulletin of Istanbul Technical University Communicated by Ahmet Saglamer
- Koppelman, S. Bhat, C. 2006, *A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models*, Prepared For: U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration
- Mokonyama, M. Venter, C. 2005, *Modeling and profiling household car ownership in the post-apartheid South Africa*
- Newman, P. Kenworthy, J. 1989, *Cities and automobile dependence*, an international sourcebook, Aldershot.
- Nobil, A. Bhat, C. Pas, E. 1995, *A random effects Multinomial probit model of car ownership choice*, technical report number 41

- Nolan, A. 2003, *The determinants of urban households transport decisions: a micro econometric study using irish data*, international journal of transport economics, vol XXX-No, pp 103-129
- Ramjerdi, F. Rand, L. Saetermo, I. 1996, *models for car ownership, transactions and vehicle type*
- Salon, D. 2009, *Neighborhoods, cars, and commuting in New York City: A discrete choice approach*, Transportation Research Part A 43
- Sandqvist, K. 2002, *Car-related attitudes of adolescents and their parents. A comparison between car-owning and car-less household in suburban and inner-city Stockholm*
- Sen, S. 2006, *A Joint Multiple Discrete Continuous Extreme Value (MDCEV) Model and Multinomial Logit Model (MNL) for Examining Vehicle Type/Vintage, Make/Model and Usage Decisions of the Household*
- Shiftan, Y., Zananir I., 2007, *Car Availability Model for Tel Aviv Metropolitan area, Report Draft*
- Sun, X. et al, 1998, *Household Travel, Household Characteristics, and Land Use, an empirical study from the 1994 Portland activity based travel survey*, transportation research record 1617
- Venter, C. 2007, *some observations on car availability and car use, and implications for TDM policy*
- Whelan, G. 2005, *Modeling car ownership in Great Britain*, transportation research part A 41
- הירש מ.ואח' (2003) *וועדת מודלים לנושא בדיקות תחזיות זמינות רכב לצרכי תכנון תחבורה*, (2003), סיכום והמלצות, משרד התחבורה.
- השמשוני, ג. (1999) *מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל - תכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית*, המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה
- וובשה, פ. (1994), *תחזיות רמת מינוע ובעלות רכב לשנים 2000, 2010, 2020*, המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה, צוות תכנית אב לתחבורה למטרופולין תל אביב

- וובשה, פ., טייכמן, א., רוזנבליט, מ., קראוס, ת., (1996), צוות תכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית – תחזיות אוכלוסייה, מועסקים, מקומות עבודה, משקי בית ורמת מינוע לכל הארץ לשנים 2000, 2010 ו-2020, המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה
- כהן, ג., סלומון, א., דרי, ד., 1998, מדיניות התחבורה כמדיניות שיוויון: השפעת משרד האוצר על הבעלות והשימוש ברכב הפרטי
- כהן, י., טויסטר, ג., שראבי, נ., 2008, מיזם הרכב החשמלי בישראל ישימות והשלכות תחבורתיות אפשריות
- סקר הרגלי נסיעה 1996/97, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, פרסום מס' 1141

7. נספחים

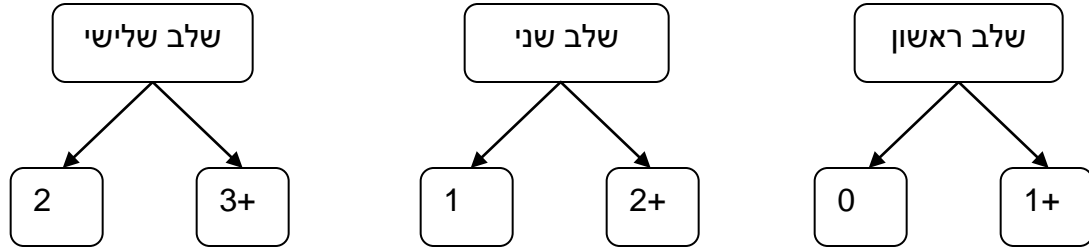
1.7. נספח 3: משתנים מסבירים בשני הסקרים

משתנה	ערכים שהתקבלו בסקר הלמ"ס	ערכים שהתקבלו בסקר יפה נוף	הערות
1 מספר כלי הרכב במ"ב (משתנה תלוי)	3-0	3-0	
2 מספר נפשות במ"ב	18-1	10-1	
3 מספר ילדים על גיל 8 במ"ב	6-0	5-0	
4 מספר ילדים על גיל 18 במ"ב	9-0	8-0	
5 מספר גברים מעל גיל 18 במ"ב	4-0	4-0	
6 בני +65 במ"ב	1-0	1-0	1 - 50% מבני משק הבית מעל גיל 65, 0 - פחות מ- 50% מבני משק הבית מעל גיל 65
7 מספר אקדמאים במ"ב	5-0	5-0	
8 מספר מועסקים במ"ב	7-0	5-0	
9 מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב	6-0	5-0	
10 מספר בעלי רישיון נהיגה במ"ב	5-0	4-0	
11 מספר בעלות רישיון נהיגה במ"ב	4-0	4-0	
12 הכנסת מ"ב	אין נתון בסקר זה	6-1	(1- הכנסה הכי גבוהה, 5 - הכנסה הכי נמוכה, 6- לא ידוע).
13 ק"מ נסועה ביממה (כל בני מ"ב)	0-500.77	0-492.02	מספר ק"מ נסועה ביום אותו מבצעים כל בני מ"ב. מחושב באמצעות מטריצת מרחקים בין אזורי תנועה (מרחק הדרך, לא קו אווירי)
14 מספר נסיעות ביממה (כל בני מ"ב)	0-26.67	0-27	מספר נסיעות ביום אותן מבצעים כל בני מ"ב
15 מספר רכבי בבעלות המעסיק	3-0	2-0	
16 צפיפות אוכלוסין בא"ת (מגורים)	122.47-29,064.14	7.66-27,224.14	מספר תושבים בקילומטר רבוע באזור התנועה בו ממוקם מ"ב
17 שימוש בתח"צ בא"ת (מגורים)	אין נתון לתקופת הסקר	0.01-4.2	מספר נסיעות יומי מאזור התנועה חלקי מספר התושבים באזור התנועה.
18 טופוגרפיה של היישוב (מגורים)	1-0	1-0	1 - היישוב אינו הררי, 0 - היישוב הררי. ישוב מוגדר הררי אם היישוב ממוקם בגובה מעל 100 מ' או אם קיימים ביישוב הפרשי גובה

1 - היישוב יהודי ברובו, 0- היישוב אינו יהודי ברובו. ישוב מוגדר יהודי אם מעל 80% מתושביו הם יהודים	1-0	1-0	לאום היישוב (מגורים)	19
--	-----	-----	----------------------	----

2.7. נספח 4: תוצאות המודלים מסוג Ordered Logit

בנספח זה מובאות תוצאות המודלים מסוג Ordered Logit שהתקבלו בסקר 2006 ובסקר 1996. מבנה שני המודלים מתואר בתרשים להלן:



הלוחות 1-3 מציגים את תוצאות המודל של שנת 1996:

לוח 1: בחירה בין 0 או +1 כלי רכב

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>Std err</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	2.55	0.17	15.16
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית	2.22	0.18	12.29
מספר מועסקים במשק בית	0.23	0.11	2.02
מספר נסיעות במשק בית	0.16	0.02	6.56
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב	-0.000029	0.000012	-2.36
קבוע (כלי רכב אחד או יותר)	-2.89	0.20	-14.23
Number of observations	1,668.00		
Null log-likelihood	-1,156.17		
Final log-likelihood	-528.47		
Rho-square	0.54		

לוח 2: בחירה בין 1 או +2 כלי רכב

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>Std err</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	0.60	0.16	3.74
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית	1.20	0.17	7.07
מספר מועסקים במשק בית	0.23	0.13	1.79
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית	2.03	0.25	8.08
מספר נסיעות במשק בית	0.09	0.02	3.84
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב	-0.000039	0.000016	-2.38
קבוע (כלי רכב אחד)	-3.91	0.32	-12.42
Number of observations	925.00		
Null log-likelihood	-641.16		
Final log-likelihood	-390.23		
Rho-square	0.39		

לוח 3: בחירה בין 2 או +3 כלי רכב

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>Std err</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	0.76	0.31	2.42
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית	0.88	0.34	2.62
מספר מועסקים במשק בית	-0.18	0.26	-0.69
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית	-0.09	0.44	-0.21
מספר נסיעות במשק בית	0.00	0.05	0.05
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב	-0.000027	0.000047	-0.59
קבוע (כלי רכב אחד)	-3.56	0.86	-4.15
Number of observations	231.00		
Null log-likelihood	-160.12		
Final log-likelihood	-80.79		
Rho-square	0.50		

תוצאת פונקצית הנראות הסופית של מודל ה- Ordered Logit לשנת 1996 הינה: -999.49- (שווה לסכום הפונקציה בשלושת תתי המודלים), לעומת -998.47- במודל ה-MNL.

הלוחות 4-6 מציגים את תוצאות המודל של שנת 2006:

לוח 4: בחירה בין 0 או +1 כלי רכב

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>Std err</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	1.85	0.13	14.11
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית	1.52	0.13	11.25
משקי בית בעלי הכנסה נמוכה מהממוצע	-1.42	0.16	-8.94
משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע	0.67	0.27	2.51
מספר נסיעות במשק בית	0.07	0.02	2.89
קילומטר נסועה במשק בית	0.00396	0.00146	2.72
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב	-0.00002	0.00001	-2.34
קבוע (כלי רכב אחד)	-1.00	0.24	-4.13
Number of observations	2,039.00		
Null log-likelihood	-1,413.33		
Final log-likelihood	-664.49		
Rho-square	0.53		

לוח 5: בחירה בין 1 או +2 כלי רכב

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>Std err</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	0.86	0.14	6.23
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית	0.95	0.13	7.06
משקי בית בעלי הכנסה נמוכה מהממוצע	-1.15	0.32	-3.64
משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע	1.66	0.18	9.46
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית	1.79	0.21	8.46
מספר נסיעות במשק בית	0.10	0.02	4.51
קילומטר נסועה במשק בית	0.00094	0.00093	1.01
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב	-0.00005	0.00001	-3.45
קבוע (כלי רכב אחד)	-4.23	0.34	-12.39
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	0.86	0.14	6.23
Number of observations	1,370.00		
Null log-likelihood	-949.61		
Final log-likelihood	-519.63		
Rho-square	0.45		

לוח 6: בחירה בין 2 או 3+ כלי רכב

<i>Variable Description</i>	<i>Value</i>	<i>Std err</i>	<i>t-test</i>
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	1.23	0.26	4.69
מספר בעלות רישיון נהיגה במשק בית	1.35	0.25	5.31
משקי בית בעלי הכנסה נמוכה מהממוצע	-2.37	2.15	-1.10
משקי בית בעלי הכנסה גבוהה מהממוצע	-0.02	0.50	-0.04
מספר כלי רכב בבעלות המעסיק במשק בית	-0.13	0.37	-0.36
מספר נסיעות במשק בית	0.02	0.05	0.46
קילומטר נסועה במשק בית	0.00082	0.00143	0.57
צפיפות אזור התנועה בו ממוקם מ"ב	-0.00008	0.00005	-1.75
קבוע (כלי רכב אחד)	-5.66	0.92	-6.13
מספר בעלי רישיון נהיגה במשק בית	1.23	0.26	4.69
Number of observations	415.00		
Null log-likelihood	-287.66		
Final log-likelihood	-104.73		
Rho-square	0.64		

תוצאת פונקצית הנראות הסופית של מודל ה- Ordered Logit לשנת 2006 הינה: -1288.85 (שווה לסכום הפונקציה בשלושת תתי המודלים), לעומת -1292.25 במודל ה-MNL.



Investigation of car availability in Israel

Ronen Cohen
Shlomo Bekhor

The Research Thesis Was Done Under the Supervision of **prof. Bekhor Shlomo**
in the Faculty Architecture and Town Planning

The Generous Financial Help Of the Israel Institute of Technology Is Gratefully
Acknowledged.

Contents

List of Tables, Figures and Maps	v
Abstract	1
1. Introduction	2
2. Literature review.....	5
2.1. Car ownership in Israel.....	5
.2.1.1 Development of Car ownership in Israel	5
.2.1.2 Car ownership in Israel in comparison to other countries	9
.2.1.3 Company's car	11
2.2. Car ownership and car availability models.....	12
.2.2.1 Background.....	13
.2.2.2 Importance of car availability models.....	16
.2.2.3 Types of car availability models	22
.2.2.4. Explanatory variables of car availability prediction.....	31
.2.2.5 Israeli experience.....	40
2.3. Summary.....	50
3. Methodology	57
3.1. Research assumption.....	57
3.2. Method of operation.....	58
3.3. Research stages	59
3.4. Data collection	61
3.5. Database of the research	66
.3.5.1 Household income	66
.3.5.2 Public transportation supply near the location of household.....	68
.3.5.3 Trip distance	69
.3.5.4 Number of trips	72
.3.5.5 Topography.....	73
.3.5.6 Nationality.....	74
3.6. Models assumptions.....	74

4. Results	76
4.1. Car availability trends in Haifa Metropolitan area (household level)	77
.4.1.1 Household characteristics	78
.4.1.2 Type of the household location	83
.4.1.3 Summary	87
4.2. Car availability models in Haifa metropolitan area 1996, 2006 ..	89
.4.2.1 Car availability model in Haifa metropolitan area 1996	89
.4.2.2 Car availability model in Haifa metropolitan area 2006	93
4.3. Models analysis	96
4.3.1. Comparison of the two models	97
4.3.2. Test of 1996 model with 2006 data	99
4.3.3. Sensitive test for 2006 model	102
4.3.4. Test of 2006 model according the forecast in Haifa metropolitan area	105
5. Summary and conclusion.....	107
5.1. Examination of assumption according the models	107
5.2. Discussion and conclusions	108
5.3. Directions for further research	109
.6 References	111
7. Appendix	115
7.1. Appendix 1: questionnaire of state of Israel center bureau of statistics survey	115
7.2. Appendix 2: questionnaire of YefeNof survey	128
7.3. Appendix 3: explanatory variables in both surveys	138
7.4. Appendix 4: result of Ordered Logit models	139

List of Tables, Figures and Maps

List of Tables

Table 1: population structure in Israel and other countries (by percent).....	10
Table 2: Alternative definitions of "car availability"	16
Table 3: Bus trips to central areas in S. Yorkshire (percent in each column)	20
Table 4: Effect of car availability on mode choice in the city of Melbourne.....	20
Table 5: Car ownership at the different area types in the city of Tampere (Finland).....	21
Table 6: Car ownership in Denmark between 1992 to 2001.....	26
Table 7: car availability model in Tel Aviv Metropolitan area – household with one person.....	43
Table 8: car availability model in Tel Aviv Metropolitan area – household with more than one person.....	44
Table 9: Multinomial Logit Model for the Car Availability for Metropolitan Tel Aviv Area	47
Table 10: Ordered Logit Model for the Choice between 0 and 1+ Vehicles for Metropolitan Tel Aviv Area.....	48
Table 11: Ordered Logit Model for the Choice between 1 and 2+ Vehicles for Metropolitan Tel Aviv Area.....	48
Table 12: Ordered Logit Model for the Choice between 2 and 3+ Vehicles for Metropolitan Tel Aviv Area.....	49
Table 13: Car availability models in Israel and other countries	52
Table 14: Population and number of observations in both surveys by municipalities	64
Table 15: complementary data to the traveling habits surveys.....	66
Table 16: level of average income in a household, by number of cars (year of survey)	67
Table 17: The input level of average income in a household with unknown income level (year of survey)	68
Table 18: Total trips in central bureau of statistics and year of surveys	70

Table 19: Weight coefficient of the distance traveled by a car to the telephony survey (Yefe Nof survey)	71
Table 20: Average distance traveled by a car for a household in both surveys..	71
Table 21: Wight coefficient of the number of trips to the telephony survey (Yefe Nof survey).....	72
Table 22: Average number of trips for a household in both surveys.....	73
Table 23: Value of topography variable	74
Table 24: List of the explanatory variables by types.....	75
Table 25: Value of the explanatory variables and S.E. in both surveys.....	76
Table 26: Car ownership level in Haifa Metropolitan area 1996, 2006, according the surveys result.....	78
Table 27: Number of drivers and number of cars in household - central bureau of statistics survey (1996)	79
Table 28: Number of drivers and number of cars in household – Yefe Nof survey (2006)	79
Table 29: Pearson correlation for all variables at the two surveys.....	88
Table 30: Description of variables in the models and the posting result with central bureau of statistics survey (1996)	90
Table 31: Verification of car availability model 1996.....	92
Table 32: Description of variables in the models and the posting result with Yefa Nof survey (2006)	94
Table 33: Verification of car availability model 2006.....	97
Table 34: comparison between the models results	99
Table 35: 2006 data on the 1996 model, compared with 2006 data in practice	101
Table 36: tendency in Haifa metropolitan area between 1996-2006	102
Table 37: The forecast of the 1996 model, compared with 2006 data in practice	102
Table 38: forecast of the models variables to year 2016, according to the last 10 years tendency.....	106

List of Figures

Figure 1: Car ownership and availability in local city in Tel Aviv metropolitan area	3
Figure 2: Increase in population, vehicles and licensed drivers in Israel 1950-2007	6
Figure 3: Car ownership and ratio between cars and licensed drivers in Israel 1950-2007	7
Figure 4: Licensed drivers in the population in Israel by age, 1995	8
Figure 5: Licensed drivers in the population in Israel by socioeconomic level and geographic location, 1995	8
Figure 6: Rate of private cars to 1,000 people in Israel and other countries, 2005	9
Figure 7: The rate of drivers in the population by sex and religion	11
Figure 8: Car availability - flow chart (Bailey, 1984)	14
Figure 9: Input data for 4 step models (Meyer and Miller's, 2006)	18
Figure 10: influence of car availability on number of trips in the city of Melbourne	19
Figure 11: Kenneth Train's car types model	25
Figure 12: Optional structure of Multi Nominal Logit (MNL) model to car availability	29
Figure 13: Optional structure of Nested Logit (NL) model to car availability	30
Figure 14: explanatory variables for car ownership level	32
Figure 15: The factors that effect on car availability in household	34
Figure 16: Level of car availability and the income in South Africa	35
Figure 17: Trends in licences and vehicles, 1956-74 (Great Britain)	37
Figure 18: Car Availability model Structure in Tel-aviv metropolitan area - Multinomial Logit	46
Figure 19: Car Availability model Structure in Tel-aviv metropolitan area Ordered Logit	46
Figure 20: stage of the research	60
Figure 21: average numbers of cars in household	67
Figure 22: Number of cars in a household as a function of number of drivers in a household – 1996, 2006	79
Figure 23: Rate of drivers (male), by age 1996, 2006	80

Figure 24: Rate of drivers (female), by age 1996, 2006.....	80
Figure 25: Number of cars in a household as a function of number of employed in household – 1996, 2006.....	81
Figure 26: number of trips in a day in household, with company car and without company car – 1996, 2006	82
Figure 27: distance traveled in a day by household, with company car and without company car – 1996, 2006	82
Figure 28: Number of cars in a household as a function of the population density in the household location	83
Figure 29: Number of cars in a household as a function of the topography of the seated of the household.....	84
Figure 30: Number of cars in a household as a function of the religion of the seated of the household – 1996, 2006.....	85
Figure 31: Number of cars in a household as a function of use in public transportation in the area location of the household	86
Figure 32: The effect of the change in population density to car availability	104
Figure 33: The effect of change in the number of driver licenses (woman) in a household to car availability	105
Figure 34: The effect of change in the number of driver licenses (man) in a household to car availability	105
Figure 35: Car availability forecast for the Haifa metropolitan area to year 2016, base on 2006 Model	107

List of Maps

Map 1: Small Haifa Metropolitan area	61
---	----

Abstract

Motorization level and vehicle ownership constitute one of the most important components in explaining a population's spatial activity system and its travel characteristics (number and length of trips, mode choice decision, and so on). Car ownership is a necessary input for various transportation models, particularly in disaggregate models that need more specific information about household behavior. In most cases, data for transportation planning are directly obtained from general indices such as motorization level and size of average household.

The current research analyzes the variables that impact household vehicle availability in Israel. The approach of the thesis is to analyze data from conventional large-scale surveys, in order to reach conclusions based on statistical methods. Given that the last survey at the national level was performed in 1996, this thesis confines the analysis to the Haifa Metropolitan Area, in order to benefit from the survey conducted in that region in 2006. In this way, it is possible to identify trends from 1996-2006, based on two recent transportation surveys in the Haifa metropolitan area. This paper also proposes models of vehicle availability for the metropolis.

The research goals as defined in this study are (1) an analysis of the trends in vehicle availability in Israel, including (a) an investigation of the variables impacting upon household vehicle availability; and (b) analysis and estimation of the model of vehicle availability in the Haifa metropolitan area; (2) evaluation of forecasted vehicle availability in the Haifa metropolitan area in view of the trends of the past decade; and (3) analyzes the variables that impact household vehicle availability in the Haifa metropolitan area.

Motorization level in Israel has been steadily rising since the establishment of the state in 1948 and is continuing to the present. Despite the increase in Israel's motorization level, it is considered low as compared to western countries. There are four possible reasons for this phenomenon: (1) Israel has a higher average household size because of the relative higher number of children, who cannot own cars as defined in the research, than western countries; (2) there are

population groups who find it unacceptable for women to obtain driving licenses (Arabs and haredim [ultra orthodox Jews]); (3) mandatory military service followed by extended travel (usually backpacking) lead to many young people earning enough money for a car much later than young people in other countries; and (4) vehicle maintenance expenses in Israel take up a relatively higher percentage of salaries than in many other countries, making it difficult for certain population strata to acquire vehicles. In addition, the phenomenon of company cars, which has developed over recent years in Israel, is a significant factor for the issue of vehicle availability and use, because the employee/driver is insensitive to the actual expenses of vehicle use.

There are several interpretations of the significance of vehicle availability at the individual level. Some scholars define “available vehicle” as a state in which the vehicle is not used by someone else, and is located at the beginning of the journey. In contrast, others state that this is an insufficient condition, and adjust the definition to mean that the vehicle must not be used by anyone else throughout the entire journey from home until it arrives back at the home.

Household vehicle availability has an impact on several disciplines, at the household, social and regional levels. Vehicle availability models for transportation planning are input into many transportation models and affect the travel habits of the household members, such as number of trips, destinations, mode choice decisions and even in selection of residence.

There is a substantial literature body on vehicle availability models. The models can be classified by aggregation level, type of model (static or dynamic) and its structure. The explanatory variables may be divided into three major groups: household characteristics; ground usage characteristics for the region in which the household is located; and policy factors.

The current research begins with the assumption that the decision to acquire a vehicle is made at the household level. This is extremely significant for the model, because its direct result is that the model focuses on explanatory variables on the household level and not on the individual level.

The analysis of the two transportation surveys carried out in the Haifa metropolitan area 10 years apart facilitates the examination of the demographic trends taking place in the area and the impact of household vehicle availability. These trends show that, similar to the national trend, there is an increase in household vehicle availability in the Haifa metropolitan area.

Over the past decade, the vehicle availability level rose by about 37%, from 231 vehicles per 1,000 persons in 1996 to 302 per 1,000 persons in 2006. One of the outstanding factors for this increase is the large rise in the number of license holders in the metropolis. Whereas in 1996 the average number of license holders per household was approximately 1.2, the number rose to about 1.5 per household in 2006.

Vehicle availability models described in the current research study enable us to focus on the differences between household vehicle availability in Israel as compared to other countries. The two models that were calibrated resulted in a high level of reliability, with a high degree of transferability over time. The models enable us to understand the place of the urban planner and the potential impact of household vehicle availability.

The research results showed that the number of license holders per household is the most significant variable for determining the level of vehicle availability in Israeli households. This variable has not been found to be significant in many models used in western countries, apparently due to the fact that in Israel, the percentage of license holders has not reached the saturation point. In contrast, the issue of population density and level of service of public transportation, which enters into many models used around the world as an explanatory variable, were not found to be significant (population density) or reliable (public transportation level of service) in the models calibrated.

Based on these conclusions, we may understand that the planner's impact is limited in terms of issuing driver's licenses. However, assuming that the percentage of holders of driver's licenses among the population will reach saturation point, the other variables will be more significant. Consequently, despite that density of residential areas alone does not contribute to a lower

number of household vehicles in the estimated models, it seems that in the long term, this instrument will indeed be useful and will encourage people to travel by other means.

The existing data did not allow us to properly evaluate the impact of transit level of service on the degree of vehicle availability. It seems that until the public transportation does not reach a level such that it can be attractive also to private vehicles owners, we will not be able to achieve a genuine evaluation of the extent to which public transportation impacts upon vehicle availability.

In addition, given that corporate vehicles contribute to an increase in vehicle use, we recommend the development of mechanisms to bring a reduction in the number of company cars (through taxation).

For further research, we recommend expanding the research as follows:

- A. Expanding the study to additional areas in Israel – The working assumption that the Haifa metropolis represents vehicle availability in Israel must be examined.
- B. Longitudinal examination of the validity of the models – As described above, it seems that the impact of the number of driver's license holders per household is expected to drop over the coming years. This requires an updating and re-examination of the model over time.
- C. We recommend a research study focusing on an examination of additional variables that are likely to impact upon the level of household vehicle availability, such as (1) vehicle-related expenses, both fixed and variable; (2) vehicle firm and model; and (3) company payments for vehicle expenses.

In this context, we must note the importance of data-gathering (which does not presently exist as part of national and metropolitan surveys of transportation habits) referring to company transportation payments, which apparently has great impact on making the decision on whether the family should purchase a vehicle, which in turn affects the issue of household vehicle availability in Israel.