



**הערכת השפעת אגרות גודש וחניה על הביקוש לנסיעות:
חקר ארוע בטכניון**

גילה אלברט

פרופ' דוד מהלאל

יולי 1995



הערכת השפעת אגרות גודש וחניה על הביקוש לנסיעות:

חקר ארוע בטכניון

גילה אלברט

פרופ' דוד מהלאל

יולי 1995

**הערכת השפעת אגרות גודש וחניה על הביקוש לנסיעות:
חקר ארוע בטכניון**

דו"ח זה הוכן על ידי החוקרים ועל אחריותם. הדעות המובעות בפרסום זה הינן אלה של החוקרים ואינן משקפות בהכרח את עמדתו של מוסד ש. נאמן. אין המוסד אחראי למידע ולשיטות בהן השתמשו החוקרים במחקר זה.

פורסם ביולי 1995

מוסד ש. נאמן למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה

קרית הטכניון, חיפה 32000

טל. 04-237145, פקס 04-231889

תוכן עניינים

1	תקציר מנהלים
3	פרק 1: מבוא
6	פרק 2: אגרות גודש ואגרות חניה
6	2.1 אגרות גודש
6	2.1.1 הצורך בהטלת אגרת גודש
8	2.1.2 גובה אגרת הגודש
9	2.1.3 ההיבט החברתי של אגרת הגודש
10	2.1.4 אמצעים טכנולוגיים לגביית אגרה
12	2.1.5 דוגמאות יישומיות
12	2.1.5.1 סינגפור
14	2.1.5.2 ברגן
15	2.1.5.3 הונג קונג
15	2.1.5.4 פריז
16	2.2 אגרות חניה
16	2.2.1 הצורך בהטלת אגרת חניה
17	2.2.2 גובה אגרת החניה
19	פרק 3: תועלת הצרכן ומודלים של פיצול נסיעות
19	3.1 הצד ההתנהגותי של ביקושי הנסיעות
20	3.2 תועלת הצרכן
20	3.2.1 פונקצית תועלת לינארית
23	3.3 מודלים של פיצול נסיעות
23	3.3.1 מודלים בינאריים של פיצול נסיעות
23	3.3.1.1 מודל Logit בינארי
25	3.3.1.2 אמידת המקדמים
27	3.3.2 מודל Logit מולטינומי
28	3.3.2.1 תכונות מודל Logit
29	3.3.2.2 מודל Logit מקונן

תוכן עניינים (המשך)

30	פרק 4 : פונקצית הביקוש של הצרכנים
30	4.1 פונקצית הביקוש
30	4.2 עקומת הביקוש
31	4.3 גמישות הביקוש
33	4.3.1 עקומת ביקוש בעלת גמישות קבועה
35	4.3.2 גמישות הביקוש לנסיעות
37	פרק 5 : שיטת ההעדפה המוצהרת
37	5.1 סקירת שיטות תשאול
38	5.2 תכנון הניסוי
38	5.2.1 הגדרת המשתנים והרמות
38	5.2.2 תכנון פקטוריאלי מלא
40	5.2.3 שיטות להפחתת מספר האלטרנטיבות
41	5.3 הצגת הניסוי
41	5.3.1 אופן ביצוע הסקר
42	5.3.2 הצגת האלטרנטיבות
46	5.3.3 שימוש במיקרו מחשבים
47	5.3.4 המדגם
48	5.4 ניתוח הנתונים
48	5.4.1 שיטות לניתוח
49	5.4.2 תוצאות הכיול
49	5.4.3 תקפות ומהימנות
51	פרק 6 : שיטת המחקר
51	6.1 הגדרת הבעיה ומטרת המחקר
51	6.2 מערך המחקר
53	6.3 תאור הסקר
53	6.3.1 חלקי הסקר
53	6.3.2 המדגם

תוכן עניינים (המשך)

53	6.3.2.1	אוכלוסית המטרה
54	6.3.2.2	גודל המדגם והרכבו
55	6.3.3	אמידת הנכונות לשלם
56	6.3.4	תכנון הניסוי
56	6.3.4.1	הגדרת המשתנים והרמות
59	6.3.4.2	קביעת ערכי הרמות
61	6.3.5	הצגת הניסוי
61	6.3.5.1	הצגת האלטרנטיבות
62	6.3.5.2	אופן ביצוע הסקר
63	6.3.6	תאור השאלון
65		פרק 7: ניתוח התוצאות
65	7.1	מאפייני אוכלוסית המדגם
65	7.1.1	גודל המדגם
66	7.1.2	הרגלי הנסיעה
67	7.1.3	הרכב המדגם
72	7.2	עקומת הביקוש לנסיעות
72	7.2.1	הנכונות לשלם אגרות
73	7.2.2	תאור עקומת הביקוש
77	7.2.3	גמישות הביקוש
77	7.3	כיוול מודלים של פיצול נסיעות
77	7.3.1	תועלת הצרכן
79	7.3.2	הצגת הנתונים
80	7.3.2.1	שיטות להצגת הנתונים
81	7.3.3	אמידת המקדמים
82	7.3.3.1	מובהקות המקדמים והמודל
84	7.3.3.2	סימני המקדמים וגודלם
85	7.3.4	הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות
89	7.3.4.1	גמישויות מודל LOGIT
90	7.3.5	תקפות ומהימנות

תוכן עניינים (המשך)

92	פרק 8: דיון וסיכום
92	8.1 הביקוש לנסיעות בתנאי אגרות גודש וחניה
92	8.1.1 עקומת הביקוש לנסיעות
92	8.1.2 נכונות לשלם אגרות
93	8.1.3 גמישות הביקוש
94	8.1.4 הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות
95	8.1.5 הגורמים המשפיעים על הבחירה באמצעי נסיעה
96	8.1.6 השפעת אגרת חניה והשפעת אגרת כניסה
97	8.2 מגבלות המחקר
98	8.2.1 תקפות ומהימנות
99	8.3 השלכות יישומיות
100	8.4 הצעות למחקרי המשך

נספחים

101	נספח א': החלק הזהה של השאלון בכל הסוגים
105	נספח ב': סוג 1 של השאלון
112	נספח ג': סוג 2 של השאלון
119	נספח ד': סוג 3 של השאלון
123	נספח ה': סוג 4 של השאלון

127	רשימת מקורות
-----	--------------

רשימת איורים

7	איור 2.1:	הקשר בין הביקוש לנסיעות לעלות הנסיעה
22	איור 3.1:	המרכיבים של התנהגות הצרכן
24	איור 3.2:	גרף של מודל Logit
29	איור 3.3:	תאור של מודל מקונן בשתי רמות
31	איור 4.1:	עקומת ביקוש למוצר
32	איור 4.2:	צורות עקריות של עקומת הביקוש לנסיעות
34	איור 4.3:	גמישות הביקוש בעקומת ביקוש לינארית
39	איור 5.1:	דוגמא לתכנון ניסוי ב-SP
43	איור 5.2:	דוגמא להצגת אלטרנטיבות ע"י דרוג בשיטת ההעדפה המוצהרת
44	איור 5.3:	דוגמא להצגת אלטרנטיבות ע"י ציינון בשיטת ההעדפה המוצהרת
45	איור 5.4:	דוגמא להצגת אלטרנטיבות ע"י בחירה בשיטת ההעדפה המוצהרת
58	איור 6.1:	תכנון פקטוריאלי מלא של הניסוי
59	איור 6.2:	תכנון פקטוריאלי חלקי של הניסוי
60	איור 6.3:	ערכי עלות הנסיעה
61	איור 6.4:	ערכי זמן הנסיעה
66	איור 7.1:	פיצול הנסיעות בקרב אוכלוסית המדגם
68	איור 7.2:	התפלגות המדגם לפי מין
68	איור 7.3:	התפלגות המדגם לפי מקום מגורים
69	איור 7.4:	התפלגות המדגם לפי מס' כ"ר במשק בית
69	איור 7.5:	התפלגות המדגם לפי רמת הכנסה
70	איור 7.6:	התפלגות במדגם לפי עיסוק
71	איור 7.7:	התפלגות המדגם לפי שעות ההגעה לעבודה
75	איור 7.8:	עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה
75	איור 7.9:	עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת חניה
76	איור 7.10:	עקומות הביקוש לנסיעות בתנאי אגרות כניסה וחניה
86	איור 7.11:	הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות - מודל אגרת חניה
87	איור 7.12:	פונקציית התפלגות מצטברת - מודל אגרת חניה
88	איור 7.13:	הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות - מודל אגרת כניסה
89	איור 7.14:	פונקציית התפלגות מצטברת - מודל אגרת כניסה

רשימת טבלאות

65	טבלה 7.1: הסיבות לאי איתור עובדים
72	טבלה 7.2: נכונות לשלם אגרת כניסה
73	טבלה 7.3: נכונות לשלם אגרת חניה
83	טבלה 7.4: אמידת המקדמים במודל המתאר אגרת חניה
83	טבלה 7.5: אמידת המקדמים במודל המתאר אגרת כניסה

תקציר מנהלים

עבודה זו דנה בהשפעתן של אגרות גודש וחניה על הביקוש לנסיעות ליעדים, בהתייחסות לצד ההתנהגותי של ביקושי הנסיעות וזיהוי הגורמים המשפיעים על הבחירה באמצעי נסיעה.

הצורך בניהול ביקושים ובהתערבות חיצונית במערכת התחבורה באמצעות אגרות נוצר עקב קיום חסרונות חיצוניים, כלומר, כוחות השוק אינם יכולים ליצור שווי משקל אופטימלי; הביקושים לנסיעות גדלים בקצב מהיר ולעומת זאת, היצע המערכת קבוע ומוגבל. כתוצאה מכך נפחי התנועה גבוהים מרמתם האופטימלית ונוצרים תנאי גודש המהווים את הבעיה המרכזית במערכת: מהירות הנסיעה הממוצעת יורדת, משך זמן הנסיעה מתארך ונגרמים עכובים לתנועה. האגרות נועדו לגרום לשינויים בדפוסי הנסיעה של המשתמש שיביאו להקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי וליצירת שווי משקל חדש, אופטימלי למערכת מבחינה כלכלית וחברתית, בין ההיצע והביקוש לנסיעות.

במסגרת העבודה נערך חקר ארוע ונאמד השינוי שיחול בהרגלי הנסיעה של מדגם מעובדי הטכניון, המגיעים כיום לעבודתם בטכניון ברכבם הפרטי בשני מצבים היפוטטיים:

המצב הראשון מתאר גביית אגרת כניסה (המהווה סוג של אגרת גודש) מכל רכב פרטי הנכנס לטכניון בשעות השיא בבוקר (בין השעות 7:30 עד 8:15).

המצב השני מתאר גביית אגרת חניה על בסיס יומי, מכל רכב פרטי החונה בקרית הטכניון.

כיום, הכניסה ברכב פרטי לטכניון והחניה בקמפוס אינן כרוכות בתשלום כלשהו.

הטלת האגרות בטכניון נועדה להשיג שתי מטרות עקרוניות:

(1) צמצום מימדי בעית הגודש בכניסה לטכניון בשעות השיא בבוקר (בין השעות 7:15 ועד 8:30 בבוקר).

(2) מתן פיתרון לבעית המחסור בחניה בקמפוס.

על מנת לאמוד את השפעת האגרות על הרגלי הנסיעה של עובדי הטכניון תוכנן במסגרת המחקר סקר העדפות מוצהרות (SP - Stated Preference). שיטת ה-SP נועדה לאפשר למתכנן להעריך את הביקוש הצפוי לאלטרנטיבה חדשה לחלוטין, שאינה סחירה כיום בשוק ולבדוק העדפות לגבי משתנים איכותיים שאינם ניתנים למדידה באופן כמותי, בשיטות קונבנציונליות. השיטה מבוססת על הצהרות הפרט

הנשאל כיצד יתנהג ומה יעדיף כאשר מוצג לפניו לבחירה סט של אלטרנטיבות, חלקן קיימות וחלקן היפותטיות. המגבלה המרכזית של השיטה נעוצה בכך שניתוח הנתונים מבוסס על הצהרות הפרטים לגבי התנהגותם במצבים היפותטיים. מגבלה זאת יוצרת בעית ההטיה (bias), כלומר, פרטים המצהירים שיתנהגו בצורה מסויימת במצב היפותטי, לא בהכרח ינהגו בצורה שהצהירו כאשר המצב יהפוך מהיפותטי לאפשרי.

המחקר כלל שלושה שלבים עקריים:

(1) איסוף נתונים לגבי הרגלי הנסיעה הנוכחיים של העובדים (המחקר לא עסק בהרגלי הנסיעה של ציבור הסטודנטים).

(2) ביצוע הניסוי לפי עקרונות התיכנון של שיטת ה-SP. במסגרת הניסוי תוארו שני המצבים ההיפותטיים בהם מוטלות בטכניון אגרות כניסה וחניה והעובדים נשאלו לגבי התנהגותם במצבים אלה ולגבי נכונותם לשלם אגרות בניסוי הוצגו בפני העובדים סט של שלוש אלטרנטיבות (אמצעי נסיעה) שיעמדו לרשותם במצבים ההיפותטיים:

* לנסוע ברכב פרטי ולשלם אגרה

* לנסוע בהסעות עובדים או בתחבורה ציבורית

* לנסוע ברכב פרטי ולחנות מחוץ לטכניון

במצב ההיפותטי המתאר הטלת אגרת כניסה הוגדרה אלטרנטיבה נוספת:

* לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה

(3) ניתוח התוצאות.

במדגם נכללו 183 עובדים שהסכימו להשתתף בסקר. הנתונים הצביעו על כך שהחלק הארי של אוכלוסית המדגם - 72.7% מגיע לעבודה בטכניון ברכב פרטי. בשרות ההסעות שמפעיל הטכניון (13 אוטובוסים מדי יום) משתמשים 18.5% מאוכלוסית המדגם. 8.8% הנותרים מגיעים לטכניון בתחבורה ציבורית או באמצעי נסיעה אחרים (הליכה ברגל, למשל).

עוד התברר מהנתונים שמתוך העובדים שמגיעים לטכניון ברכב פרטי 54% מגיעים בדרך כלל בשעות השיא בבוקר (בין השעות 7:15 עד 8:30). 64% מגיעים לפני או לאחר שעות השיא.

ניתוח תגובות העובדים לגבי התנהגותם במצבים ההיפותטיים שתוארו בפניהם התבסס על גישת התועלת לתורת הביקוש. בהתאם לתורת התועלת הפרט יבחר מתוך סט

האלטרנטיבות באלטרנטיבה שתביא למקסימום את התועלת שלו. על בסיס תגובות העובדים כויילו עבור שני המצבים מודלים של פיצול נסיעות. כיול המודלים נעשה באמצעות תוכנת ALOGIT.

כיול המודלים איפשר לאתר את הגורמים המשפיעים על הבחירה של עובד הטכניון באמצעי הנסיעה. לזמן הנסיעה, גובה האגרה ולעלות הנסיעה נטו השפעה שלילית על התועלת מאמצעי נסיעה; ככל שערכם גדל קטנה התועלת. למספר כלי רכב במשק בית השפעה חיובית על התועלת מאמצעי נסיעה. כל המשתנים הללו נמצאו מובהקים ברמת מובהקות של 5%.

ניתוח תוצאות חקר הארוע מצביע על מספר ממצאים עקריים:

* קיימת נכונות בקרב העובדים לשלם עבור האגרות. הנכונות לשלם עבור אגרת חניה גבוהה יותר מהנכונות לשלם אגרת כניסה. נכונות זו באה לידי ביטוי באחוז גבוה יותר של עובדים המוכנים לשלם אגרת חניה (77% לעומת 64%) ובמחיר אגרה גבוה יותר (3.65 ש"ח בממוצע בקרב המוכנים לשלם אגרת חניה ו-2.95 ש"ח בממוצע בקרב המוכנים לשלם אגרת כניסה). המחירים נכונים לחודש יוני 1994. אותם עובדים שלא מוכנים לשלם (36% אינם מוכנים לשלם אגרת כניסה ו-23% אינם מוכנים לשלם אגרת חניה) ישתמשו באמצעי נסיעה תחליפיים (לדוגמא, הסעות עובדים) וישנו את הרגלי הנסיעה הנוכחיים.

* גמישויות הביקוש לנסיעות שנמצאו במחקר (1.86 בתנאי אגרת חניה ו-2.35 בתנאי אגרת כניסה) גבוהות יחסית למקובל (בין 0.3 ל-1.6, כאשר רוב הערכים נמוכים מ-1). הביקוש הגמיש מצביע על כך שכמות הנסיעות המבוקשת ברכב פרטי מושפעת מאוד משינויים במחירי האגרות, ושקיימת נטייה לעבור לאמצעי נסיעה תחליפיים.

* אגרות גודש וחניה עשויות לשנות את דפוסי הנסיעה של עובדי הטכניון, שכיום מגיעים לעבודה בקמפוס ברכבם הפרטי. השינוי בא לידי ביטוי במעבר לאמצעי נסיעה תחליפיים ושינוי מועד ההגעה לטכניון. זאת כדי להמנע מתשלום האגרות. כפי שנמצא במחקר הטלת אגרת חניה יכולה לגרום להקטנת מספר כלי הרכב החונים בטכניון בכ-50%. הטלת אגרת כניסה בטכניון בין השעות 7:15 ועד 8:30 בבוקר מביאה לכך ש-40% מהעובדים מעדיפים לשנות את מועד הגעתם לטכניון כדי לא לשלם את אגרת הכניסה. פחות מ-30% מהעובדים ימשיכו להגיע ברכב פרטי בשעות השיא וישלמו אגרת כניסה. 30% יעברו לנסוע בהסעות עובדים ובתחבורה ציבורית, או שיחנו מחוץ לטכניון.

* לאגרת הכניסה השפעה חזקה יותר מאשר לאגרת החניה בהקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי. כלומר, הטלת אגרת כניסה תקטין את הביקוש לנסיעות ברכב פרטי יותר מאשר הטלת אגרת חניה ותגרום לשינויים מובהקים יותר בפיצול הנסיעות.

יש לציין שהמגבלה היישומית המרכזית של המחקר נובעת מקושי לתקף את הסקר שנעשה. במחקר הושם דגש על מהימנות הסקר, הנתונים נותחו במספר שיטות, נבדקה העקביות והתוצאות שהתקבלו מצביעות על מגמות אחידות.

כפי שנמצא במחקר זה, אגרות (ובמיוחד אגרות גודש) יכולות לגרום להקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי ולשינוי בדפוסי השימוש ברכב פרטי לצרכי יוממות.

עבודה זו נעשתה בתמיכת מוסד נאמן למחקר מתקדם ומהווה חלק ממילוי הדרישות לתואר מגיסטר למדעים במדעי התחבורה של גילה אלברט. העבודה בוצעה בהנחייתו של פרופ' דוד מהלאל.

פרק 1: מבוא

אחד המאפיינים הבולטים של התחבורה האורבנית בעשורים האחרונים הינו עליה מאסיבית בביקושים לנסיעות ובנפחי התנועה וזאת עקב עליה מתמדת בצורך בניידות ושימוש גובר ברכב פרטי.

מגמות הגידול בתל"ג, ההתרחבות בהיקף הפעילות הכלכלית ופיזור מקורות התעסוקה גורמים להגדלת הצורך בביצוע נסיעות ולגידול בנסועה המבוצעת (מספר הנסיעות המבוצעות גדול יותר ומרחקי הנסיעה ארוכים יותר). בישראל, לדוגמא, חל בעשור האחרון גידול של כ-100 אחוז בנסועה הכללית השנתית! (שנתון סטטיסטי לישראל, 1994). יתר על כן, אופי תהליכי הייצור במפעלים בעשור האחרון מתבסס על אחזקה מינימלית של מלאי ואספקה מיידית בהתאם לדרישות הלקוח (JIT, Quick Response) וגורם, לכן, לשינוע רב יותר של אנשים וסחורות המגביר את הצורך בניידות.

במקביל למגמות אלו, הגידול המתמיד באוכלוסיה, בבעלות על רכב פרטי, ברמת החיים וברמת ההכנסה מביא לעליה בצורך בשימוש ברכב פרטי. ואכן, אחת התופעות הבולטות מאז מלחמת העולם השנייה (Mils & Hamilton, 1985) הינה מעבר לשימוש ברכב פרטי.

כתוצאה ממאפיינים אלו הביקושים לנסיעות במערכת התחבורה עולים בקצב מהיר. היצע המערכת התחבורתית, להבדיל מהביקוש, נתון ומוגבל, הגידול בו איטי וכפוף לאילוצים פיסיים ותכנוניים של המערכת. הגדלת ההיצע באמצעות הרחבה ופיתוח של תשתית הכבישים מביאה אומנם להגדלת קיבולת המערכת אך יוצרת במקביל גידול נוסף בביקושים (Lewis, 1993). מכאן, במערכת התחבורה בעשורים האחרונים, הביקושים לנסיעות גבוהים וגדלים בקצב מהיר בהרבה יותר מהיצע המערכת.

מצב זה גורם להוצרות תנאי גודש המהווים את הבעיה המרכזית במערכת התחבורה, בעיקר בשעות היוממות; מהירות הנסיעה הממוצעת יורדת, משך זמן הנסיעה מתארך, שעות השיא מתרחבות ונגרמים עכובים משמעותיים לתנועה. לגודש השפעות שליליות רבות על המשק הבאות לידי ביטוי בעכובים הנגרמים לרכבים, אובדן שעות עבודה, עלייה בצריכת הדלק, ירידה ברמת הבטיחות וקושי בתפעול תחבורה ציבורית אמינה בהתאם ללוחות זמנים. בארה"ב בלבד, מוערך ההפסד הכלכלי הנגרם מהגודש בכארבעים ביליון דולר בשנה! (TRB, 1994). בנוסף לכך, לגודש השפעות שליליות על הסביבה הבאות לידי ביטוי בעלייה ברמת זיהום האוויר וברעש.

עקב מגבלותיו הנתונות של ההיצע, הגדלת הקיבולת איננה האמצעי באפשרותו ניתן להקטין באופן משמעותי את מימדי בעית הגודש. יתר על כן, סלילת כבישים נוספים משפיעה על הסביבה וגורמת לפגיעה בנוף, באיכות האוויר ובאיכות המים. התחזקותו של "הלובי הסביבתי" בשנים האחרונות (Pas, 1993), במיוחד בארה"ב, ודרישותיו לרמה נאותה של איכות סביבתית הביאה לתיקונים בחוקים קיימים בנושאי איכות הסביבה כמו CAAA (Clean Air Act Amendments, 1990) ולחקיקת חוקים חדשים שהמפורסם בהם הינו ISTEА (Intermodel Surface Transportation Efficiency Act) משנת 1991. CAAA דורש לעמוד בסטדרטים גבוהים של איכות אוויר באמצעות הפחתת רמת זיהום האוויר הנגרמת מכלי-רכב. ISTEА מחייב תכנון אורבני-תחבורתי-סביבתי, שיאפשר ניידות תוך התחשבות באיכות הסביבה, בתנאי השטח ובצרכים המשתנים במטרה להשיג יעילות כלכלית וסביבתית.

כיוון שלא ניתן לפתור את בעית הגודש באמצעות הגדלת ההיצע המערכת, וכוחות השוק אינם מאזנים את הביקושים לתחבורה, ברור הצורך בניהול הביקושים לנסיעות שתכליתו איזון ההיצע והביקוש. ניהול הביקושים ניתן לביצוע באמצעות התערבות חיצונית שתגרום להקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי, תוך מזעור הפגיעה ברווחה החברתית. אגרות גודש וחניה נועדו לווסת את נפח התנועה בשעות השיא ולהקטין את הביקוש לנסיעות ברכב פרטי ועל-ידי כך ליצור שווי משקל חדש, אופטימלי למערכת מבחינה כלכלית וחברתית. יש לציין, שההתפתחות הטכנולוגית של העשור האחרון מאפשרת גבייה יעילה של אגרות, מבוקרת היטב, שאיננה יוצרת עכובים מיותרים לתנועה.

הטלת האגרות גורמת לפרט לבדוק אלטרנטיבות לנסיעה ברכב פרטי (Ibanez, 1992) ויכולה להקל על בעית הגודש באמצעות פריסה נכונה של הנסיעות במערכת התחבורה והקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי. זאת עקב שינויים באמצעי הנסיעה, במועד הנסיעה, ביעד הנסיעה או במסלול הנסיעה (TRB, 1994). מההיבט התכנוני לטווח הארוך, אגרות גודש וחניה נועדו להשיג מטרה חשובה לא פחות והיא שינוי בדפוסי הנסיעה ובגישת הציבור בנושא השימוש ברכב פרטי לצרכי יוממות.

כדי לאמוד את ההשפעה העתידית של שינויים וחידושים כגון אלה במדיניות ובאסטרטגיות ניהוליות על ההחלטות שיבצע הפרט, יש צורך להבין את הצד ההתנהגותי של ביקושי הנסיעות ואת המרכיבים המשפיעים על תהליך ההחלטה לגבי הבחירה באמצעי נסיעה. הבנת הצד ההתנהגותי של ביקושי הנסיעות יכולה לסייע ולתת כלים חדשים לצורך חיזוי ותכנון. לצורך כך מקובל השימוש במודלים דיסאגרגטיביים של בחירה בדידה בהם הניתוח מבוצע ברמת המיקרו, ויחידת מקבל ההחלטה הינה משק הבית או הפרט הבודד.

מטרת מחקר זה הינה הערכת השפעת אגרות גודש וחניה על ביקושי הנסיעות. מחקר זה התמקד בהערכת השפעת אגרות גודש וחניה על ביקושי הנסיעות ליעדים ומשלב בתוכו מספר גישות ונושאים כלכליים ותחבורתיים לצורך אמידת יעילותן והשפעתן של אגרות גודש וחניה על הביקושים ועל הבחירות שיבצע הפרט בשלב פיצול הנסיעות.

לצורך קידום מטרת המחקר הוגדרו שתי המטלות העקריות:

* בניית עקומת הביקוש לנסיעות: תאור עקומת הביקוש, הערכת גמישות הביקוש ומשמעותה ואמידת הנכונות לשלם עבור אגרות גודש וחניה.

* כיול מודלים דיסאגרטיבים של פיצול נסיעות: כיול מודלים שיאפשרו לזהות את הגורמים המשפיעים על הבחירה באמצעי נסיעה ואת מידת החשיבות שיש לכל גורם. באמצעות המודלים ניתן לחזות את הביקוש הצפוי לאמצעי הנסיעה השונים ואת השינוי בהרגלי הנסיעה הקיימים במידה ויוטלו אגרות גודש וחניה.

ביצוע המטלות התבסס על ניתוח מאפייני הנדגמים ותגובותיהם לסקר המתאר מצבים היפוטטיים בהם מוטלות אגרות גודש וחניה. הסקר תוכנן בהתאם לשיטת ההעדפה המוצהרת (SP - Stated Preference).

עבודת מחקר זו מורכבת משלושה חלקים עיקריים:

חלק א': סקר ספרות הכולל את כל הרקע התאורטי בנושאים הרלוונטים לצורך קידום מטרת המחקר וביצוע המטלות. סקר הספרות מורכב, לכן, מארבעה פרקים תאורטיים בנושאים הבאים:

אגרות גודש וחניה.

תועלת הצרכן ומודלים של פיצול נסיעות.

פונקצית הביקוש של הצרכנים.

שיטת ההעדפה המוצהרת.

חלק ב': החלק האמפירי המתאר את שיטת המחקר, עקרונות התכנון של הסקר ואופן ביצועו ומציג את תוצאות המחקר ותהליך ניתוח הממצאים.

חלק ג': חלק המהווה סיכום והערכה ודן בממצאי המחקר ובהשלכותיו היישומיות והתכנוניות בהערכת הביקושים לנסיעות.

פרק 2: אגרות גודש ואגרות חניה - סקר ספרות

פרק זה עוסק באגרות גודש וחניה. הפרק מתאר את הצורך בגביית אגרות, עוסק בהיבטים החברתיים והכלכליים של האגרות ובאמצעים טכנולוגיים לגבייתן. כן מציג הפרק דוגמאות של אזורים מטרופוליטניים בהם יושמו האגרות.

2.1 אגרות גודש

אגרת גודש הינה אגרה המוטלת על רכב הנוסע בציר מסויים בזמן שמתקיימים בו תנאי גודש. מטרתה של האגרה הינה ליצור שווי משקל חדש, אופטימלי למערכת וזאת באמצעות הקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי. הטלת האגרה גורמת למשתמש לבדוק אלטרנטיבות לנסיעה ברכב פרטי (Ibanez, 1992) ויוצרת שינויים בדפוסי הנסיעה הבאים לידי ביטוי בשינויים באמצעי הנסיעה, במועד הנסיעה, ביעד הנסיעה ובמסלול הנסיעה (TRB, 1994, Sikow & Talvitie, 1990).

2.1.1 הצורך בהטלת אגרת גודש

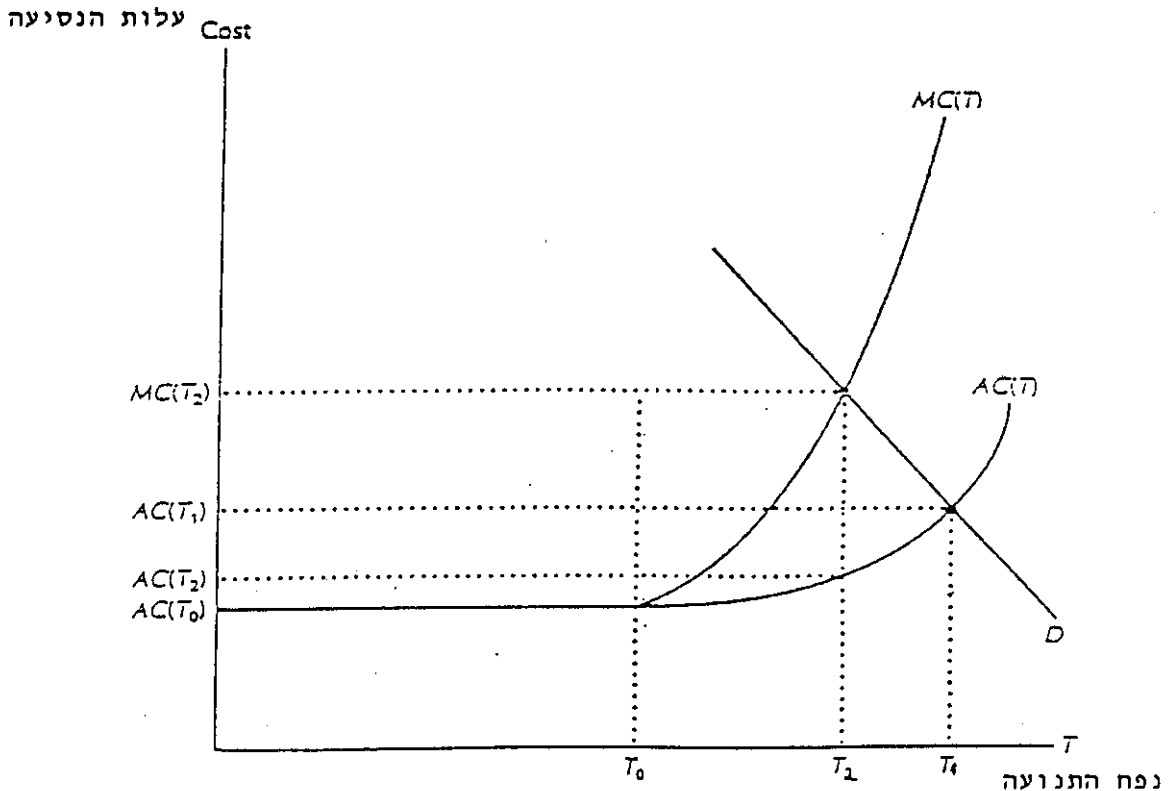
על מנת להבין את הצורך בהטלת אגרת גודש נתבונן בקשר שבין הביקוש לנסיעות (נפח התנועה) לעלות הנסיעה (ראה איור מס' 2.1).

העקומה D מתארת את עקומת הביקוש לנסיעות. שיפוע העקומה שלילי כיוון שהיחס בין הכמות המבוקשת לעלות הנסיעה הוא יחס הפוך, כלומר, ירידה בעלות הנסיעה תביא לעליה בכמות הנסיעות המבוקשת (בנפח התנועה).

העקומה AC(T) מתארת את עלות הנסיעה הממוצעת כפונקציה של נפח התנועה. עלות הנסיעה מורכבת מהוצאות התפעול של הרכב ומעלות הזמן, ולכן רגישה לשינויים במהירות הנסיעה. עד נפח תנועה ברמה של T_0 מהירות הנסיעה חופשית ולכן עלות הנסיעה הממוצעת קבועה (הקטע האופקי של העקומה). כאשר נפח התנועה גדול מ- T_0 מתפתחים במערכת תנאים של גודש: משך זמן הנסיעה מתארך ומהירות הנסיעה הממוצעת יורדת. כיוון שעלות הנסיעה רגישה למהירות הנסיעה (היחס ביניהם הוא יחס הפוך) הרי מצב של גודש, בו מהירות הנסיעה הממוצעת יורדת גורם לעליה בעלות הנסיעה, כלומר, AC(T) עולה עם העליה ב-T (Mills & Hamilton, 1985). (Stubbs & Tyson, 1980).

העקומה MC(T) מתארת את עלות הנסיעה השולית, כפונקציה של נפח התנועה. עלות הנסיעה השולית כוללת בנוסף לעלות הנסיעה הממוצעת גם את תוספת עלות העיכובים שמשמש נוסף (שולי) יוצר לנהגים האחרים. כלומר, את תוספת זמן הנסיעה שנגרמה

להם כתוצאה מהעליה במספר המשתמשים ובנפח התנועה, (Mills & Hamilton (1985),
 .(Partington, 1990



איור מס' 2.1: הקשר בין הביקוש לנסיעות לעלות הנסיעה

Fig No. 2.1: The relationship between transport cost and demand
 מקור: Mills & Hamilton, Urban Economics (1985)

לפי התאוריה הכלכלית בקטע בו ה-AC עולה, ה-MC תמיד מעליו, כלומר, ההוצאה השולית גבוהה יותר מההוצאה הממוצעת. במערכת התחבורה, כאשר נפח התנועה גדול יותר מ- T_0 , מתפתחים, כאמור, תנאי גודש. $MC(T)$ נמצא מעל $AC(T)$ בדיוק בגובה העליה בעלות הנסיעה הנגרמת למשתמשים האחרים כאשר הרכב ה- T נכנס למערכת.

ובניסוח מתמטי:

$$(2.1) \quad MC(T) = AC(T) + [AC(T) - AC(T-1)] * (T-1)$$

כלומר, $MC(T)$ שווה ל- $AC(T)$ בתוספת העלות שבה כלי הרכב הנוסף מעלה את העלות לאחרים (הביטוי שבסוגריים הגדולות) כפול מספר כלי הרכב המושפעים מכך.

כיום, שווי המשקל במערכת מושג בנקודת החיתוך בין עקומת הביקוש ל- $AC(T)$. כאשר עקומת הביקוש חותכת את $AC(T)$ בקטע האופקי (נפח התנועה נמוך מ- T_0), אין

תנאי גודש ועלות הנסיעה הינה $AC(T_0)$. המקרה המעניין מבחינתנו הוא שווי המשקל המתקבל בתנאי גודש, כאשר נפח התנועה גדול מ- T_0 ועקומת הביקוש חותכת את $AC(T)$ בקטע העולה. שווי המשקל הזה מתקבל בנפח תנועה T_1 , כאשר כל כלי רכב משלם עבור הנסיעה את העלות $AC(T_1)$. ההפרש בין שתי העלויות $AC(T_1) - AC(T_0)$ הינה "עלות הגודש" הנגרמת, כיום, לכל כלי-רכב.

שווי משקל של פרטו אופטימום במערכת מתקבל כאשר מחיר הנסיעה שווה לעלות הנסיעה השולית. כלומר, עלות הנסיעה למשתמש השולי צריכה לכלול את עלות העיכובים שמשמש זה גורם לאחרים ושווי משקל נכון במערכת נמצא בנקודת החיתוך בין עקומת הביקוש ל- $MC(T)$. (Mills & Hamilton, 1985, Partington, 1990, May, 1992, Lewis, 1993, Ibanez, 1992, Daganzo, 1992).

בקטע האופקי $MC(T)$ ו- $AC(T)$ זהות, ולכן שווי המשקל המתקבל כאשר נפח התנועה נמוך מ- T_0 זהה. כאשר נפח התנועה גדול מ- T_0 ועקומת הביקוש חותכת את $MC(T)$ בקטע העולה שווי המשקל מתקבל בנפח תנועה T_2 ובעלות נסיעה $MC(T_2)$. נקודת שווי משקל זה מאופיינת בנפח תנועה קטן יותר ($T_2 < T_1$) ובעלות נסיעה גבוהה יותר ($MC(T_2) > AC(T_1)$) משווי המשקל הנוכחי.

מכאן הצורך בהטלת אגרת גודש נובע מכך, שעל המשתמש השולי לשלם את העלות המלאה של הנסיעה, כלומר, לשלם גם את עלות העיכובים שהוא גורם לאחרים עקב כניסתו למערכת. יתר על כן, כאשר המשתמש ישלם את העלות המלאה של הנסיעה, כמות הנסיעות המבוקשת תקטן ושווי המשקל יתקבל בנקודה האופטימלית למערכת.

2.1.2 גובה אגרת הגודש

אחת השאלות המרכזיות הקשורות לגביית אגרת גודש הינה מהי גובה האגרה האופטימלי אותו צריך לגבות מהמשתמשים הנוסעים בתנאי גודש. בהתאם לקשר בין עלות הנסיעה לנפח התנועה המתואר באיור מס' 2.1 גובה אגרה של $MC(T_2) - AC(T_2)$ יגרום למשתמש לשלם את העלות האמיתית של הנסיעה (Mills & Hamilton, 1985, Mohring, 1976 Stubbs & Tyson, 1980) ויביא להקטנת נפח התנועה ל- T_2 .

לטענת חוקרים רבים, (Partington, 1990, Ibanez, 1992, Willson, 1986, May, 1992, Harrop, 1993, Mills & Hamilton, 1985) גובה האגרה האופטימלי צריך להיות רגיש לתנאי הגודש במרחב ובזמן ולהשתנות בהתאם למיקום ולזמן. (Wilson (1986) מגדיר אגרת גודש מסוג זה, שגובהה משתנה לפי רמת הגודש כ- first best solution. זאת, להבדיל מתשלום אגרה קבוע אותו הוא מגדיר כ- second best solution.

2.1.3 ההיבט החברתי של אגרת הגודש

השפעתה של אגרת הגודש על המשתמשים איננה אחידה. משתמשים מושפעים באופן שונה מהאגרה וזאת בהתאם למאפייני הנסיעה ולמאפיינים הסוציאוקונומיים שלהם, (1992, Willson, 1986, Downs, 1992, Ibanez, 1992).

ניתן לחלק את המשתמשים לשתי קבוצות עקריות (Jansson, Och,)
(Petterson, 1990):

הקבוצה הראשונה - commercial: כוללת נהגי רכבים מסחריים, נהגי מוניות, נהגי משאיות והעוסקים בשרותי הובלות למינהם.
הקבוצה השנייה - private: מורכבת מנהגי רכב פרטי, הנוסעים לעבודה, לקניות ולסידורים ברכב פרטי.

במסגרת עבודה זו לא נתייחס ל-commercial - כיוון שנהגים המשתייכים לקבוצה זו יבצעו את הנסיעות בכל מקרה. עבור חלק מהנהגים עלות הנסיעה משולמת על-ידי מקום העבודה. ערך הזמן עבורם גבוה מאוד והם לא יוכלו לשנות את אמצעי הנסיעה זמן הנסיעה, יעד הנסיעה או מסלול הנסיעה.
לעומתם, מעניין לבדוק את השפעת האגרה על הקבוצה השנייה שכן, נהגים הנמנים על קבוצה זו יכולים לבצע שינוי בהרגלי הנסיעה שלהם מבחינת זמני נסיעה, יעדים, מסלולים ואמצעי נסיעה.

(1992, Ibanez, Wilson (1986), גורסים שהפרט יבצע שינוי בהרגלי הנסיעה שלו רק אם כתוצאה מהשינוי יחול שיפור בתנאי הנסיעה שלו. כדי לבדוק את השפעת האגרה הם מבדילים בין שתי קבוצות עקריות של private:

הקבוצה הראשונה: מורכבת מנהגים שבעקבות הטלת אגרת הגודש שינו את הרגלי נסיעתם כדי לא לשלם את האגרה.
נהגים אלו שיפרו את תנאי נסיעתם רק אם בעקבות השינוי "חסכו" מספיק זמן נסיעה וכסף, כך שעלות הנסיעה עבורם קטנה. במידה ועלות הנסיעה בעקבות השינוי גדלה, הרי הם הרעו את מצבם.

הקבוצה השנייה: מורכבת מנהגים שהעדיפו לשלם את אגרת הגודש ולא לשנות את הרגלי נסיעתם.

מצבם של נהגים אלו שבחרו להמשיך בהרגלי הנסיעה שלהם ולשלם עבור האגרה ישתפר אם רמת הגודש באמת ירדה, תנאי הנסיעה נוחים יותר וערך זמן הנסיעה הנחסך גבוה יותר עבורם ממחיר האגרה. במידה ותנאי הנסיעה לא שופרו, הרי הם הרעו את מצבם.

ניתוח זה מתעלם מקבוצת ה"שבויים" (captive transit rider), המורכבת מפרטים שעבורם הרכב הפרטי אינו זמין, או שאין להם אפשרות להשתמש ברכב פרטי בכלל.

מהיבט החברתי, הטלת האגרה גורמת לבעיית ההגינות (Daganzo, 1992, Been, 1993), העשירים ימשיכו בהרגלי הנסיעה הישנים כיוון שעבורם אין האגרה מהווה הוצאה משמעותית שתשנה את מערכת ההעדפות שלהם. לעומת זאת, האגרה תשפיע על הרגלי הנסיעה של הפרטים שרמת הכנסתם נמוכה ולכן הם רגישים יותר לשינויים במחיר הנסיעה.

טענה המוצגת במאמריהם של (Ibanez (1992), Wilson (1986), Evans (1992) גורסת שמכיוון שאגרת הגודש יוצרת מפסידים ומרוויחים יש הצדקה לפצות את המפסידים בכספי האגרה וכך להביא בסופו של דבר לעלייה ברמת הרווחה ולשיפור פרטו. שיפור פרטו מושג כאשר כתוצאה מהשינוי יש עלייה ברמת התועלת של חלק מהפרטים מבלי שאף פרט אחר הרע את מצבו.

הערכת השפעת האגרה על קבוצות שונות של משתמשים תלוייה, לכן, ברמת הגודש לאחר הטלת האגרה ובמאפיינים הסוציאקונומיים של המשתמשים ולכן קיים קושי בהערכת השפעת אגרת הגודש על רמת הרווחה ככלל (Willson, 1986, Evans, 1992).

2.1.4 אמצעים טכנולוגיים לגביית אגרה

ההתפתחות הטכנולוגית בעשור האחרון הפכה את רעיון גביית האגרה לקל יותר ליישום (Evans, 1992). בנוסף לשיטות הגבייה שהיו נהוגות עד כה, ההתפתחות הטכנולוגית מאפשרת שיטות גבייה חדשות המשפרות גם את אופן האכיפה והבקרה.

נציין מספר שיטות לגביית אגרה (Jansson, Och, Petterson, 1990):

1) תשלום בכניסה לכביש - השיטה הראשונה ששימשה לגביית אגרות. קופות שנבנות במפרצונים, וממוקמות בסמוך לשער הכניסה לאזור או לכביש שהנסיעה בהם מותנית בתשלום אגרה. הרכב המגיע למפרצון חייב לעצור ולשלם בד"כ במזומן את מחיר האגרה. לאחר ביצוע התשלום הרכב רשאי לעבור את השער להכנס לאזור או לכביש. לעיתים מקבל הנהג בתמורה לתשלום כרטיס שאותו עליו להכניס למכונה. עם הכנסת הכרטיס נפתח שער הכניסה.

יתרונה של שיטה קיימת זו טמון בפשטותה. עלות הפעלת השיטה זולה יחסית ומרכיביה הינם השכר לקופאים והקמת מפרצוני הגבייה. גם הבקרה יחסית קלה: מי שלא שילם לא יכול לעבור. חסרונה הגדול של השיטה הוא בכך שהיא גורמת לבזבז זמן ולעכובים בכניסה. יתר על כן, נדרש שטח לבניית המפרצונים, והשינויים במהירות הנסיעה גורמים לעליה ברמת זיהום האויר.

Card Readers (2) - השיטה דומה מאוד לשיטה הקודמת. הכניסה מתאפשרת לאחר ביצוע התשלום באמצעות כרטיס אשראי רגיל או כרטיס מגנטי מיוחד המיוצר למטרה זו. גם יתרונו וחסרונות השיטה הזו דומים מאוד ליתרונו וחסרונותיה של השיטה הקודמת. יש לציין שהחסרון המובהק של שתי שיטות אלו הינו בצורך לעצור כדי לשלם, מה שגורם להוצרות תורים ועכובים, עלייה בצריכת הדלק ועלייה משמעותית במספר התאונות.

3) שיטת המדבקות - הנהג משלם מראש עבור הכניסה ומקבל מדבקה המוצמדת לשמשה הקדמית של המכונית. הכניסה אז מתבצעת ישירות ללא צורך לעצור. שיטה זו אמנם חוסכת זמן ולא יוצרת עכובים אך חסרונה הגדול הינו בכך שקשה לנהל בקרה ולוודא שאכן רק בעלי המדבקות יעברו את השער. לכן, במקומות בהם מיושמת שיטה זו, פותחה שיטת בקרה באמצעות מצלמת וידאו. עם כניסת רכב בשער מופעלת מצלמת וידאו ונקלטת במערכת לוחית הזיהוי של הרכב. באמצעות מערכת מחשב מוצלבים מספרי לוחות הזיהוי של הרכבים שעברו בשער עם פרטי הרכבים שהיו "רשאים" לעבור, כלומר, עם מספרי לוחות הזיהוי של הרכבים שרכשו מדבקות. כך ניתן לדעת את פרטי הרכבים שעברו בכניסה ללא אישור. הבקרה באמצעות מצלמת הוידאו הופכת את השיטה ליעילה יותר אך גם מייקרת את עלותה.

4) שיטות גבייה אלקטרוניות - הגבייה האלקטרונית מתבצעת בשתי צורות עקריות:
א. גבייה ללא זיהוי הרכב - גבייה המבוססת על שימוש בכרטיס מגנטי המכיל יחידות חיוב שוות ערך לכסף מזומן (בדומה לטלכרט).

ב. גבייה באמצעות זיהוי הרכב - הגבייה מבוססת על כרטיס אלקטרוני המוצמד לכלי הרכב ומהווה למעשה את קוד הזיהוי שלו. כאשר הרכב עובר בשער הכביש או האזור המוגבל נקלט קוד הזיהוי שלו במערכת המחשב המרכזית וניתן לדעת נתונים כמו זמן שהייה בתוך האזור, מספר ק"מ שעבר הרכב בתוך האזור, מהירות הנסיעה וכו'.

התשלום מתבצע באופן אוטומטי באמצעות חיוב הכרטיסים בסכום האגרה. כאשר אין בכרטיסים מספיק "כסף", או לחילופין, כאשר עובר רכב שאינו מצויד בכרטיס אלקטרוני מפעילה המערכת מיידית מצלמת וידאו הקולטת את לוחית הזיהוי של אותו רכב.

שיטות הגבייה האלקטרונית הן המתאימות ביותר לגביית אגרת גודש ולהן יתרונות רבים על פני השיטות האחרות:

* חיסכון בזמן ללא גרימת עכובים בכניסה.
* הבקרה מלאה ובנוסף על כך ניתן לדעת מה היה מצב התנועה בקטע דרך מסויים בזמן מסויים.

* ניתן לשנות את גובה האגרה בהתאם לנתונים על מצב התנועה ורמת הגודש.
חסרונן הבולט בא לידי ביטוי בעלות הגבוהה יחסית של התקנת ואחזקת מערכת מתוחכמת מסוג זה.

2.1.5 דוגמאות יישומיות

אגרות גודש בין אם הם מבוססות על תשלום קבוע ובין אם זו אגרה המשתנה לפי רמת הגודש הוטלו בשני העשורים האחרונים במספר מקומות בעולם. בסעיפים הבאים יוצגו מספר דוגמאות.

2.1.5.1 סינגפור

בשנת 1974 מנתה אולוסית סינגפור 2.2 מליון איש. מתוכם 70% גרו ברדיוס של 8 ק"מ ממרכז העיר ופרופורציה דומה עבדה במע"ר. רמת הניידות כתוצאה מנתונים אלו היתה גבוהה וגרמה לרמה מובהקת של גודש בעיר בשעות השיא (Watson & Holland, 1978). מהירות הנסיעה הממוצעת היתה 20 קמ"ש (Fan, Gopinath, lam, 1993).

התחזיות התחבורתיות לא היו מעודדות: ככל שהאוכלוסיה תגדל וההכנסה תעלה, תעלה גם רמת הגודש. במטרה להקטין את רמת הגודש החליטה ממשלת סינגפור להתנות את כניסתם של רכבים פרטיים למע"ר בשעות השיא, בקבלת אישור כניסה מהשלטונות, או לחילופין בתשלום אגרת כניסה (Partington, 1990, Willson, 1986). אישור הכניסה מהשלטונות ניתן ללא תשלום למכוניות פרטיות ולמוניות בהם יותר מארבעה נוסעים (Car Pool), ולאופנועים. רכב פרטי שבו פחות מארבעה נוסעים היה צריך לשלם עבור כניסה חד פעמית אגרה בגובה של S\$3 (US\$1.75) או להציג אישור כניסה חודשי שמחיר רכישתו היה S\$60 (US\$35). מחיר אישור הכניסה עבור רכב של חברת השכרה היה יקר עוד יותר.

בחודש יוני 1975 הוגדר האזור שמסביב למע"ר כ-ALS (Area License Scheme) כלומר, לאזור שהכניסה אליו בשעות הגודש בין 7:30 ל-10:15 בבוקר מוגבלת. הכניסה ל-ALS התאפשרה רק דרך אחת מ-22 כניסות בהן נבדקה "זכאות" הרכבים להכנס לאזור. באמצעות ה-ALS קוותה הממשלה לצמצם את השימוש הגובר ברכב פרטי לצורך יוממות, להקטין את נפח התנועה בכ-25 עד 30 אחוז, לעודד את השימוש בתחבורה ציבורית ובהיסעים משותפים ובכך לצמצם את מימדי בעית הגודש.

עד סוף שנת 1975 ירד נפח התנועה בשעות השיא מ-74,000 כ"ר ל-41,500 (ירידה של 44%) רק חמישה אחוזים מהנסיעות היו שלא לצורך יוממות, ומהירות הנסיעה הממוצעת שהיתה לפני הפעלת ה-ALS 20 קמ"ש עלתה ל-33 קמ"ש. לקופת המדינה נאספו 6.6 מיליון S\$ (כ-4 מיליון US\$). (Gopinath, Lam, Fan, 1993).

הפעלת ה-ALS גרמה לשינויים מובהקים בהרגלי הנסיעה (Willson, 1986):

1) שינוי במסלולי הנסיעה: נפח התנועה בכבישים שמסביב ל-ALS גדל באופן

משמעותי.

(2) שינוי במועד ביצוע הנסיעות שהביא ליצירת שעות שיא חדשות: לפני 7:30 ואחרי 10:15 וזאת כדי להמנע מתשלום אך בכל זאת להכנס לאזור המע"ר בשעות הפעילות.

(3) שינוי באמצעי הנסיעה שבא לידי ביטוי במעבר להיסעים משותפים (car pool) ובעיקר במעבר לרכב ציבורי.

בניגוד להנחת המתכננים, הפעלת ה-ALS לא פתרה את בעיית הגודש בשעות השיא בערב. ההנחה היתה שהפעלת ה-ALS בבוקר תיצור את אפקט המראה (mirror impact) לגבי שעות השיא בערב (Watson & Holland, 1978): כלומר, מי שלא נסע ברכב הפרטי בבוקר לעבודה לאזור המע"ר לא ימצא שם גם בשעות החזרה מהעבודה, בשעות השיא בערב. הנחה זו לא עמדה במבחן המציאות בגלל שינוי לא צפוי בדפוסי הנסיעה ברכב פרטי; רכבים פרטיים נכנסו לאזור בשעות הערב. מלבד זאת, רכבים פרטיים שנכנסו לאזור לפני ולאחר שעות השיא בבוקר ונמצאו שם בשעות השיא בערב. בסך-הכל נפח התנועה בשעות השיא בערב, ירד רק ב-4 אחוזים. מהירות הנסיעה הממוצעת נותרה נמוכה מאוד: 25 קמ"ש.

לדעתם של Watson & Holland (1978), ו- Partington (1990) העדר ניסיון קודם בהטלת אגרות הביא לכך שמחיר אגרת הכניסה היה גבוה מדי, מה שהביא לירידה חדה בנפח התנועה (44 אחוז לעומת 25 עד 30 אחוז רצויים). ולשינויים קיצוניים מדי בהרגלי הנסיעה.

הפעלת ה-ALS במתכונת זו נמשכה במשך 14 שנה עד לשנת 1989.

אחת המגמות העקריות שאפיינה תקופה זו היתה עליה משמעותית במספר כלי הרכב שנכנסו ל-ALS למרות ההגבלות. למגמה זו שתי סיבות מרכזיות (TRB, 1994):

(1) הגידול הכללי במספר כלי הרכב בסינגפור (גידול של כ-80%) והגידול בחלקם היחסי של כלי הרכב המסחריים ושל האופנועים שלא חוייבו באישורי כניסה או בתשלום אגרה.

(2) גידול של כ-80% במקורות התעסוקה בתוך ה-ALS.

כתוצאה ממגמות אלו ומהנסיון שנצבר במשך 14 שנה החליטה ממשלת סינגפור לערוך החל מחודש יוני 1989 מספר שינויים במבנה ה-ALS (Gopinath, Lam, Fan, 1993):

(1) רכבים מסחריים ואופנועים חוייבו אף הם ברכישת אישור בתשלום עבור הכניסה לאזור ה-ALS.

(2) הפעלת ה-ALS גם בשעות השיא בערב בין השעות 16:30 ועד 18:30.

כתוצאה משינויים אלו ירדו נפחי התנועה של הרכבים המסחריים ושל האופנועים בכ-50%. מהירות הנסיעה הממוצעת בשעות השיא בערב עלתה מ-25 קמ"ש ל-32 קמ"ש.

מדיניות זו של ממשלת סינגפור הוכיחה ב-20 השנים האחרונות שבאמצעות ניהול נכון של הביקושים ניתן לווסת את הגודש ולהשפיע על פיצול הנסיעות. Willson,1986, Watson & Holland 1978, Partington,1990, TRB,1994 (Field ,1992, Sikow & Talvitie, 1990).

(TRB, 1994), Harrop(1993) מונים גורמים נוספים שתרמו להצלחת המדיניות התחבורתית בסינגפור:

1) פיתוח מערכת עניפה של תחבורה ציבורית שיצרה אלטרנטיבות לנסיעה ברכב פרטי.

2) בגלל המבנה הגאוגרפי המיוחד של סינגפור, לא נוצרה עקב ההגבלות בריחה של שימושי קרקע ואזור ה-ALS נשאר מרכז הפעילות.

3) אופי השלטון (שאיננו דמוקרטי) גרם לכך שפעולות הממשלה לא עוררו התנגדות ציבורית ופולטית. יתר על כן, תודות למערכת הסברתית טובה של הממשלה נתפס ה-ALS בעיני הציבור כדרך מקובלת להורדת רמת הגודש, כך שכל פעולותיה זכו לתמיכה ציבורית ופוליטית.

למרות שסינגפור שונה במאפייניה מאזורים מטרופוליטניים אחרים, בעיקר בעולם המערבי. ניתן להסיק על סמך הניסיון של סינגפור שהאגרות הינם אמצעי לצמצום הביקושים לנסיעות ברכב פרטי (TRB ,1994).

בשנת 1997 תיושם בסינגפור שיטת הגבייה האלקטרונית שתחליף את שיטת התשלום הידנית במפרצוני הגבייה הנהוגה כיום (Gopinath, Lam, Fan, 1993).

2.1.5.2 ברגן

בדומה ל-ALS שהופעל בסינגפור, הוכרז ב-1986 המע"ר שבברגן בנוורבגיה כאזור, שהכניסה אליו מותרת רק לבעלי אישור מיוחד מהממשלה או בתשלום אגרת כניסה קבועה (Partington, 1990). שש כניסות אפשריות יש למע"ר ובין השעות 6-10 בבוקר נבדקה בהם הזכאות להכנס. התשלום עבור הכניסה לאזור המע"ר התבצע באחת מהצורות הבאות:

* כרטיס בודד לכניסה חד פעמית שנרכש בכניסה.

* כרטיסיה שבה אפשרות ל-20 כניסות.

* תשלום חודשי, חצי שנתי או שנתי ששולם מראש. עם הרכישה הוצמד אישור מעבר,

"סטיקר" לשמשת החלון. רכבים אלו נכנסו למע"ר דרך נתיב מיוחד ולא נדרשו לעצור בכניסה. הבקרה התבצעה באמצעות מצלמת וידאו. בחודשים שלאחר הטלת ההגבלות החדשות ירד נפח התנועה הנכנס למע"ר בכ-8%. אין עדיין התייחסות בספרות להשלכות ארוכות הטווח של הניסיון הזה.

2.1.5.3 הונג קונג

בעיות התעבורה בהונג קונג בשנות ה-70 היו דומות לאלו שבסינגפור. הביקוש לנסיעות למע"ר בשעות השיא היה גבוה בהרבה מהיצע רשת הדרכים. נסיונותיה של הממשלה לווסת את הביקושים באמצעות תשלומים גבוהים עבור חניה במע"ר ומיסים על רכב פרטי הביאו להורדת נפח התנועה ב-6% בלבד.

ב-1985 נעשה בהונג קונג ניסוי במסגרתו נגבתה אגרת גודש שהשתנתה לפי תנאי הגודש: 2,600 כלי רכב צויידו בלוחות אלקטרוניים (Electric Number - ENP Plates) ולמערכת המרכזית הוגדרו האזורים בהם שררו תנאי גודש. כאשר הרכב נכנס לאזור כזה המערכת הוזנה באמצעות הלוחות האלקטרוניים בנתוני הרכב, בזמן הכניסה לאזור ומשך השהייה בו. נתונים אלו הצביעו למעשה על רמת הגודש שהיתה באזור והרכב חוייב בתשלום המתאים.

על סמך הניסיון של הונג קונג קשה להעריך את התוצאות העתידיות של אגרת גודש מסוג זה כיוון שהעלות וההפעלה של מערכת מסוג זה של ENP וציווד כל צי כלי הרכב בלוחות אלקטרוניים יקרה מאוד. לא ניתן על סמך 2,600 כלי רכב להסיק מסקנות לגבי האפקטיביות והיעילות של מערכת זו. מערכת ה-ENP הוכיחה את עצמה כאמינה אך לא זכתה לאהדה ציבורית ופוליטית. הציבור ראה בזה הטלת מס שהנטל שלו רק יגדל עם הזמן. ההתנגדות הציבורית הביאה בסופו של דבר להפסקת פעילות המערכת לאחר 8 חודשים בלבד (Partington, 1990, TRB, 1994, Downs, 1992).

2.1.5.4 פריז

דוגמא נוספת להשפעה שיש לאגרות על ביקושי הנסיעות באה לידי ביטוי בכביש A-1 בפריז. בכביש זה (שהיה כביש אגרה) נוצרו תנאי גודש בימי ראשון בשעות אחר הצהריים כאשר תושבי פריז היו חוזרים לעיר לאחר בילוי חופשת סופשבוע. במטרה לווסת את נפחי התנועה בשעות אחר הצהריים של ימי ראשון הוטלה בכביש זה אגרת גודש שהשתנתה לפי הזמן באופן הבא:

- 1) עד 14:30 נגבתה האגרה הרגילה בכביש.
- 2) מ-14:30 ועד 16:30 גובה האגרה היה נמוך בכ-25 עד 50 אחוז מהאגרה הרגילה. (בהתאם לאורך מסלול הנסיעה).

- 3) מ-16:30 ועד 20:30 גובה האגרה היה גבוה בכ-25 עד 50 אחוז מהאגרה הרגילה.
- 4) מ-20:30 ועד 23:30 גובה האגרה היה נמוך בכ-25 עד 50 אחוז מהאגרה הרגילה.
- 5) לאחר 23:30 נגבתה האגרה הרגילה בכביש.

השינוי הבולט שנגרם כתוצאה מהטלת אגרת הגודש היה שינוי במועד הנסיעה בעוד שרק מעטים מהנהגים בחרו במסלולים חלופיים (TRB, 1994). אגרת הגודש הביאה לכך שהעיקובים לרכב בכביש בשעות אחר הצהריים התקצרו.

2.2 אגרות חניה

אגרת חניה הינה אגרה המוטלת על רכב החונה במקום מסויים בשעות מסויימות. מטרתה של האגרה הינה לאזן את ההיצע והביקוש לחניה ולהקטין את הביקושים לנסיעות ברכב פרטי.

2.2.1 הצורך בהטלת אגרת חניה

בעייה שמימדיה מחריפים בשנים האחרונות כתוצאה מגידול בשימוש ברכב פרטי הינה בעיית המחסור במקומות חנייה, בעיקר במרכזי הערים (MacLennan, 1993, Harrop, 1993, Jansson, Och, Pettersson, 1990). היצע מקומות החניה ("מלאי" החניה) באזורי המע"ר קשית וכמעט ואינו משתנה בעוד שהפעילות המתרחבת באזור המע"ר מביאה לכך שהצורך בנגישות לאזור גדל. נגישות מחייבת, מטבע הדברים, מציאת חניה בסיום הנסיעה. מכאן, הביקוש לחניה במרכזי הערים גדול בהרבה מהיצע מקומות החניה הקיימים ויש צורך בהתערבות חיצונית במטרה לאזן את ההיצע והביקוש.

בגלל שבעית המחסור בחניה מוכרת לאנשים, יש נכונות בציבור להבין את הצורך בגביית אגרות חניה. נכונות זו גבוהה יותר מהנכונות להבין את הצורך בגביית אגרות גודש (MacLennan 1993). בנוסף, אופן גביית אגרות החניה וכן נושא האכיפה קלים יותר לביצוע וזולים יותר יחסית לגביית אגרות גודש (Downs 1992, MacLennan 1993). אלה הן חלק מהסיבות לכך שאגרות החניה מקובלות יותר בעולם מאשר אגרות גודש.

בנוסף לאיזון ההיצע והביקוש לחניה, אגרת החניה נועדה להשיג מטרה דומה למטרת אגרת הגודש: הקטנת השימוש ברכב פרטי באזורים גדושים (MacLennan, 1993, Harrop, 1993). זאת באמצעות שינוי באמצעי הנסיעה, במועד הנסיעה, ביעד הנסיעה. להבדיל מאגרת הגודש, אגרת החניה המוטלת במקום מסויים ומוגדר איננה יכולה לגרום לשינוי בניתוב ובמסלול הנסיעה.

2.2.2 גובה אגרת החניה

ברוב הערים הגדולות בעולם מקובל מזה עשורים שהחניה באזור המע"ר בשעות הפעילות מותנית בתשלום (Jansson, Och, Pettersson, 1990).
River (1984), Jansson, Och, Pettersson (1990) מבחינים בין שני סוגים של חניה, כאשר בכל סוג מדיניות החניה צריכה לטפל באופן שונה:
* חניה לטווח קצר – זוהי חניה למספר שעות (פחות מארבע שעות) הנקראת לפעמים גם בשם חניה תפעולית. מטרת הנסיעה היא סידורים, עסקים, קניות וכו'. מקום החניה המועדף יהיה, לכן, קרוב ככל האפשר למוקד הפעילות כדי לאפשר נגישות מירבית בזמן קצר, ויימצא ברחוב באקראי.
* חניה לטווח ארוך – זוהי חניה לזמן ארוך מארבע שעות. הדרישה לחניה מסוג זה קיימת על-ידי יוממים המגיעים למקום עבודתם ברכב פרטי. הנסיעה היא בד"כ מסוג HBW (נסיעות בסיס בית עבודה), מקום החניה המועדף קבוע, לטווח ארוך, ויכול להיות רחוק יותר מהיעד (לעומת החניה לטווח קצר). מקום חניה כזה יתאפשר ברחוב או בחניונים באזור.

כיוון שמלאי החניה ברחובות מרכזי הערים קבוע ניתנת עדיפות לדורשי החניה לטווח קצר על-פני דורשי החניה לטווח ארוך כיוון שהחניה לטווח קצר ברחובות ותחלופת הרכבים חיונית לצורך תפקוד המע"ר כמרכז פעילות. חנית יוממים ברחוב, לעומת זאת, מקטינה את קיבולת החניה כיוון שהרכב חונה לזמן ארוך.

ברוב הערים הגדולות מקובל שתשלום אגרת החניה ברחוב הוא לפי שעה באמצעות כרטיס חניה בעוד שאגרת החניה בחניונים המרוחקים במקצת ממרכזי הפעילות היא על בסיס יומי או חודשי. מחיר הקרקע באותם חניונים זול יותר ולכן מחירה היחסי של שעת חניה בחניונים זול יותר.

(Jansson, Och, Pettersson 1990) גורסים שכדי שמחיר החניה יהיה אפקטיבי ויגרום לירידה במספר הנסיעות המבוצעות ברכב פרטי, מחיר החניה צריך להיות גבוה מהוצאות התפעול של הרכב לנסיעה בודדת. כך מחיר החניה יהווה מרכיב דומיננטי בעלות הנסיעה. הוצאות התפעול הממוצעת לנסיעה יכולות להגיע ל-\$6 ולכן מחיר החניה היומי צריך להיות לפחות \$6. בשטוקהולם מחיר החניה היומי באזור המע"ר נע בין \$6-10. בטוקיו ובמנהטן המחיר גבוה בהרבה. מחיר שעת חניה במרכז לונדון הוא כ-\$1.5 ליש"ט (\$2.5) ומחיר החניה למשך כל היום כ-\$8 ליש"ט (\$13). מחיר שעת חניה בחניון כלל בירושלים הינו 5.5 ש"ח (פחות מ-\$2).

Harrop (1993) מצביע על כך שמחירה הממוצע של שעת חניה בערים הגדולות נע סביב \$3, בעוד שהמחיר שלדעתו יביא לשינוי בהרגלי הנסיעה צריך להיות \$20 לשעת חניה. מחיר כלכלי נכון של חניה (Banister, 1989) צריך להקבע לפי אחוז מקומות החניה הפנויים או התפוסים מכלל מלאי החניה ולהשתנות בהתאם.

מחקר שנערך בלונדון ב-UCL (University College London) בשנת 1991 הראה את ההשפעה המובהקת שיש למחירי חניה גבוהים על מודל פיצול הנסיעות (Clark & Allsop, 1993). לצורך המחקר, לעובדי האוניברסיטה ניתנה האפשרות לחנות בתוך האוניברסיטה באמצעות רכישת אישור חניה שנתי במחיר נמוך מאוד - כעשרה ליש"ט (\$16) לשנה. האישורים נרכשו על-ידי 230 עובדים כאשר בתוך האוניברסיטה היו רק 102 מקומות חניה. העובדים היו נוהגים לצאת מהבית 30-60 דקות מוקדם יותר כדי לחנות בתוך האוניברסיטה ולא במגרש החניה הסמוך בו מחיר החניה היה גבוה מאוד 2,000 ליש"ט (\$3,200) לשנה. חלק מהעובדים העדיף לחנות במגרשי חניה רחוקים וזולים יותר או לנסוע בתחבורה ציבורית. רק שלושה מתוך 230 בעלי האישורים הצהירו שהיו מוכנים לחנות במחיר הזה במגרש החניה הסמוך.

במדיסון שבויסקונסין הוחל בתחילת שנות ה-80 בגביית אגרות חניה באזור המע"ר וזאת במטרה לפתור את מצוקת החניה ולהקטין את השימוש ברכב פרטי לצורך יוממות. כל רכב שחנה במע"ר בשעות השיא, בין השעות 7:00-9:30 בבוקר למשך יותר משלוש שעות חויב בתשלום של דולר אחד עבור כל שעת חניה. הגבלות אלו הביאו לירידה של 40% במספר מקומות החניה התפוסים בשעות השיא ובנוסף הביאו רווח של \$6,000-10,000 לחודש (River, 1984).

תוצאות מחקרים אלו ומחקרים נוספים בעולם מצביעים על כך שכאשר יוממים נאלצים לשלם עבור חניה יש שינויים מובהקים בביקוש לנסיעות ברכב פרטי. תוצאה זו חשובה לצורך ההכרה באגרות החניה כאמצעי לניהול ביקושים שיביאו להקטנת הגודש ולצמצום השימוש ברכב פרטי למטרות יוממות.

פרק 3: תועלת הצרכן ומודלים של פיצול נסיעות - סקר ספרות

פרק זה מתאר את הצד ההתנהגותי של ביקושי הנסיעות ודן בתועלת הצרכן במערכת התחבורה ובמודלים של פיצול נסיעות.

3.1 הצד ההתנהגותי של ביקושי הנסיעות

אחת המטרות העקריות בניתוח מערכת תחבורתית הינה יצירת האפשרות לחזות מראש את ההשפעה העתידית של שינויים במדיניות התחבורתית על ביקושי הנסיעות (Hague Consulting Group 1992, Manheim, 1979).

דרך מקובלת לחזות את השינויים מתבססת על פונקצית הביקוש (Manheim, 1979). פונקצית הביקוש לנסיעות, להבדיל מפונקציות ביקוש למוצרים אחרים, מתארת ביקוש נגזר (derived demand). כלומר, הביקוש לנסיעות אינו נדרש כתוצאה מהביקוש למוצר "נסיעה" לכשעצמו, אלא מהצורך בביצוע פעילות מסויימת (עבודה, קניות, סידורים) כאשר הנסיעה היא האמצעי המאפשר את ביצוע הפעילות הנדרשת (Stopher & Meyburg, 1975, Pas, 1993, Manheim, 1979). מכאן ברור התפקיד החשוב שיש למערכת התחבורה בהתפתחות מיקום הפעילות הכלכלית והתעשייתית ובפיתוח אזורים.

בבחינת השפעתם של שינויים מוצעים במערכת התחבורה יש להבדיל בין השפעת השינויים בטווח הקצר להשפעתם בטווח הארוך. שינוי בטווח הקצר מתייחס רק לאופן הנסיעה (אמצעי הנסיעה, מועד הנסיעה) כאשר מיקום ואופי הפעילות נשאר קבוע. לעומת זאת, שינוי בטווח הארוך יכול לבוא לידי ביטוי בשינוי אופי הפעילות ובמיקומה (Manheim, 1979).

גישת התועלת לתורת הביקוש מתבססת על ניתוח מיקרו כלכלי, כאשר יחידת מקבל ההחלטה הינה משק-הבית או הפרט הבודד. גישת התועלת מתייחסת באופן ישיר, לטווח הקצר, כלומר, לשינויים הנגרמים באופן הנסיעה. בתכנון תחבורה, בחירת אמצעי הנסיעה (mode choice) הינה, קרוב לודאי, הסוגיה החשובה ביותר (Ortuzar & Willumsen, 1994). מודלים של פיצול נסיעות (modal split) מתארים את אופן בחירת אמצעי הנסיעה ואת הגורמים המשפיעים על הפרט בתהליך קבלת ההחלטה באיזה אמצעי נסיעה לבחור על מנת להגיע מנקודת המוצא i ליעד j.

השאלה המרכזית הינה, כיצד הפרט מקבל את ההחלטות הנוגעות לנסיעה ומהם הגורמים המשפיעים על התהליך המורכב של קבלת ההחלטות (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991). בהתאם לתאוריה הכלכלית ולהנחת הרציונליות, במצב של אינפורמציה מלאה הפרט יבחר באמצעי הנסיעה שימקסם את התועלת שלו. כלומר,

באמצעי נסיעה שמידת שביעות הרצון שלו כתוצאה מהבחירה בו תהיה מקסימלית.

3.2 תועלת הצרכן

במערכת התחבורה ניתן להגדיר את תועלת הצרכן מאמצעי נסיעה בצורה הבאה:

$$(3.1) \quad U_i = U(Z, S_n)$$

כאשר:

U_i - תועלת הצרכן מאמצעי נסיעה i (אלטרנטיבה i).

S_n - מאפייני האדם. הכוונה למשתנים סוציאקונומיים כמו הכנסה, בעלות רכב.

Z - מאפייני הנסיעה. הכוונה למשתנים כמותיים כמו זמן הנסיעה, עלות הנסיעה ולמשתנים איכותיים כמו נוחות ובטיחות.

במערכת התחבורה, מקובל לבצע מקסימיזציה של פונקצית התועלת ללא התחשבות באילוצי התקציב. הסיבה לכך נעוצה בעובדה שההוצאה לתחבורה צנועה יחסית למשאבים (Manheim, 1979).

קיימות שתי צורות מקובלות לתאור פונקצית תועלת:

$$(3.2) \quad U = aX_1 + bX_2$$

$$(3.3) \quad U = aX_1^b X_2^c$$

כאשר:

X_1, X_2, \dots, X_n משתני אמצעי הנסיעה (מאפייני האלטרנטיבה)

a, b, c מקדמי המשתנים, הנקראים גם בשם "משקולות העדפה" ומייצגים את מידת החשיבות וההשפעה שיש לכל משתנה בפונקצית התועלת.

כל אחת משתי הצורות האפשריות של פונקצית תועלת מייצגת משפחה של פונקציות תועלת כאשר רמה מסוימת של תועלת יכולה להיות מושגת בצירופים שונים של המשתנים (Manheim 1979).

במסגרת עבודה זו נעסוק רק בפונקציות תועלת לינאריות בפרמטרים (דוגמת משוואה מס' (3.3) בהן מקובל השימוש לצורך תאור תועלת הצרכן במערכת התחבורה.

3.2.1 פונקצית תועלת לינארית

פונקצית תועלת לינארית התרומה של המשתנים לפונקצית התועלת הינה אדיטיבית. העובדה שבפונקצית התועלת יש אלמנט של פיצוי באה לידי ביטוי ביחס התחלופה שבין המשתנים. לצורך הבהרה נתבונן בפונקציה המתארת את התועלת מאמצעי

נסיעה i :

$$(3.4) U_i = a + b \cdot (\text{time}) + c \cdot (\text{cost})$$

a הינו קבוע המוצר המייצג את ההטיה הבסיסית של הפרט (חיובית או שלילית) לאותו אמצעי נסיעה. b, c הינם מקדמי המשתנים מחיר הנסיעה וזמן הנסיעה (בהתאמה). סימנם של מקדמים אלו ידוע אפריורי כשלילי כיוון שלהגדלת זמן הנסיעה ומחיר הנסיעה השפעה שלילית על התועלת מאמצעי הנסיעה.

היחס b/c בין מקדם הזמן b למקדם העלות c מתאר את ערך הזמן, כלומר, את מחירה של יחידת זמן נסיעה (דקה, שעה) בעיני הפרט. מכיוון שפונקציית התועלת הינה פונקציה מרובה, הרי ירידה של b/c במחיר הנסיעה יכולה לפצות על עליה של יחידה בזמן הנסיעה. ערך פונקציית התועלת לא ישתנה.

גישה זו המתארת את פונקציית התועלת כדטרמיניסטית וכניתנת למדידה כולה, נחשבת לפשטנית מדי (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991, Manheim, 1979, Ben-Akiva & Lerman, 1985). מכיוון שלא כל האספקטים של ההתנהגות האנושית ברורים, קיימים משתנים שאינם ידועים לחוקר. בנוסף, ישנם משתנים שאינם ניתנים למדידה כמותית בשיטות קונבנציונאליות. מכאן, ברור שקיימת מידה מסויימת של חוסר ודאות במודל ולכן מקובל להשתמש בפונקציית תועלת סטוכסטית המתייחסת לכך (Ben-Akiva & Lerman, 1985, Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991, Manheim, 1979):

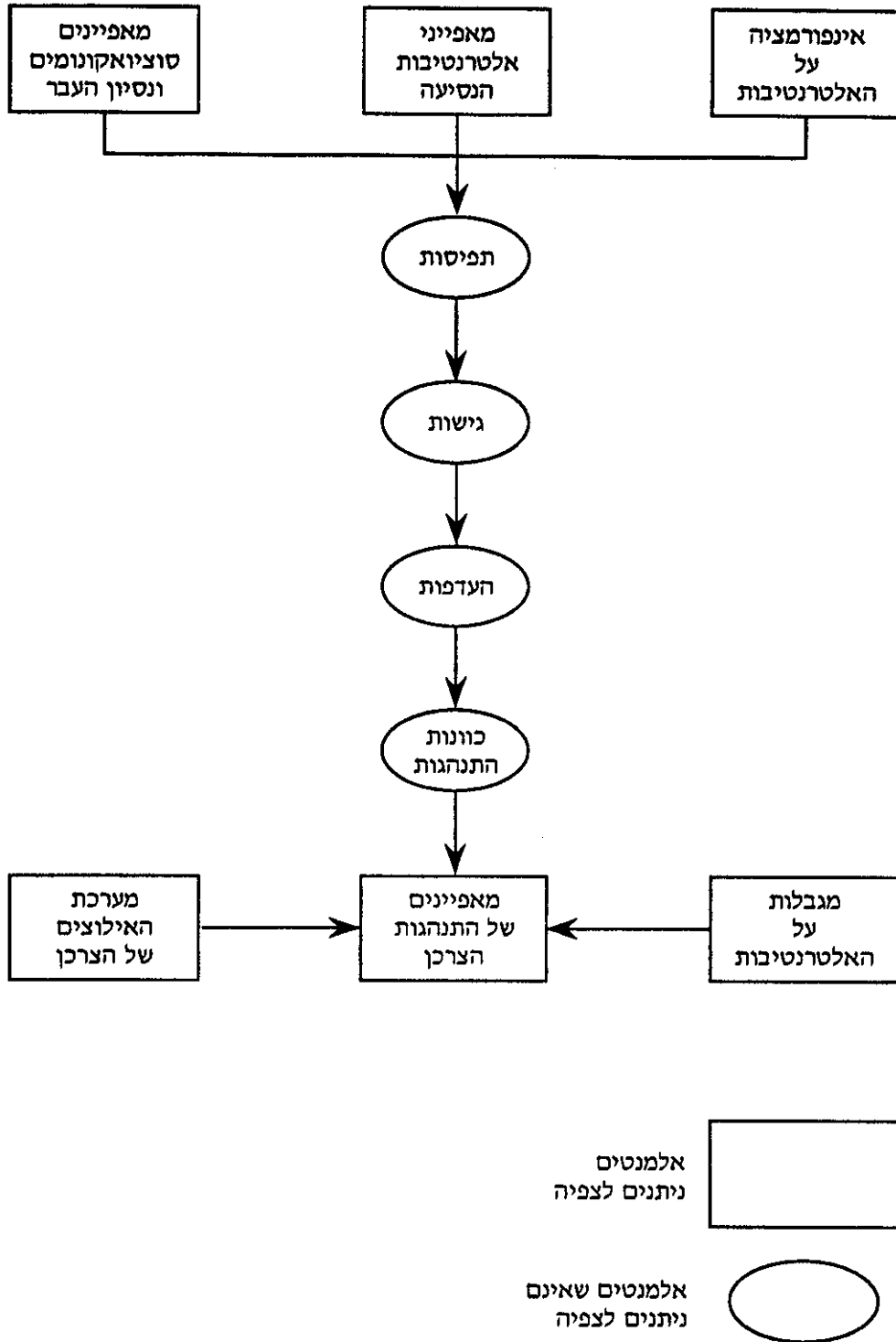
$$(3.5) U_i = V_i + e_i$$

כאשר e_i מייצג את אי-ודאות במודל, ואת השגיאה יחסית למודל הדטרמיניסטי הפשוט.

(1991) Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley (1979) Manheim מנמקים את הצורך בשימוש בפונקציית תועלת סטוכסטית בעובדה שבשגיאה e_i נכללים אלמנטים שלא יכולים לבוא לידי ביטוי בפונקציית תועלת דטרמיניסטית, אך יש להם השפעה על התועלת מאמצעי נסיעה:

(1) משתנים, הידועים כקיימים וכמשפיעים על התועלת מאלטרנטיבה, אולם קיים קושי למדוד אותם באופן כמותי. לדוגמא, מזג האוויר.

(2) משתנים הקשורים בתהליך קבלת ההחלטות אצל הפרט אך לא ניתן למדוד את השפעתן בשיטות קונבנציונאליות. לדוגמא: מערכת ההעדפות של הפרט, כוונות ההתנהגות, השפעת ניסיון העבר. איור מס' 3.1 מתאר את תהליך ההחלטה של הפרט כאשר הוא מבדיל בין המשתנים המדידים הניתנים לצפייה לבין המשתנים שאינם ניתנים למדידה.



איור מס' 3.1: המרכיבים של התנהגות הצרכן

Fig No. 3.1: Components of consumer behaviour

מקור: Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, SP techniques (1991)

(3) שונות מסוג within - פרט יכול להתנהג בצורה שונה כלפי אותו סט של אלטרנטיבות בזמנים ובמצבים שונים.
(4) שונות מסוג between - אנשים שונים מתייחסים בצורה שונה לאותו סט של אלטרנטיבות.

Ortuzar & Willumsen (1994) מצביעים על כך שמכיוון שלא ניתן להציג את כל משתני האלטרנטיבה בפונקצית התועלת נכללים בה רק המשתנים שאת השפעתם החוקר מעוניין לבדוק. מאפייני האלטרנטיבה שלא הוצגו נכללים בשגיאה, מה שמצדיק את השימוש בפונקצית תועלת סטוכסטית.

3.3 מודלים של פיצול נסיעות

מכיוון שלא ניתן לאמוד בצורה כמותית ומדויקת את ערך התועלת, המודלים של פיצול נסיעות הינם מודלים סטוכסטיים, הסתברותיים, המתארים את הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות. במסגרת עבודה זו נעסוק במודלים דיסאגרגיביים של בחירה בדידה, בהם מוצג בפני הפרט סט סופי של אלטרנטיבות זרות המגדירות את כל מרחב הבחירה. עדיין כל פרט יכול להתנהג בצורה לא צפויה אך האוכלוסיה ככלל, תנהג בהתאם להסתברויות הבחירה.

3.3.1 מודלים בינאריים של פיצול נסיעות

בעולם של שתי אלטרנטיבות i ו- j ההסתברות שפרט n יבחר באלטרנטיבה i על פני אלטרנטיבה j , שווה להסתברות שהתועלת שלו מאלטרנטיבה i גדולה יותר מהתועלת שלו מאלטרנטיבה j (Ben Akiva & Lerman, 1985).
ניתן לתאר זאת באופן הבא:

$$(3.6) \quad P_n(i) = P(U_{in} > U_{jn}) = P(V_{in} + e_{in} > V_{jn} + e_{jn}) \\ = P(e_{jn} - e_{in} \leq V_{in} - V_{jn}) = P(e_n \leq V_{in} - V_{jn})$$

$$e_n = e_{jn} - e_{in} \quad \text{זאת כאשר}$$

3.3.1.1 מודל Logit בינארי

ההנחות לגבי פונקצית ההתפלגות של השגיאות האקראיות מהוות בסיס למודלים של פיצול הנסיעות. בהנחה שהשגיאות האקראיות בלתי תלויות וכל אחת מהם מתפלגת גמבל הרי ההפרש ביניהם מתפלג לוגיסטית. הנחה זו מהווה בסיס למודל Logit של פיצול נסיעות (Ben-Akiva & Lerman, 1985).

פונקציות הצפיפות של e_n תהיה מהצורה הבאה:

$$(3.7) \quad f(e_n) = \frac{\mu e^{-\mu e_n}}{(1 + e^{-\mu e_n})^2}$$

ופונקציות ההסתברות:

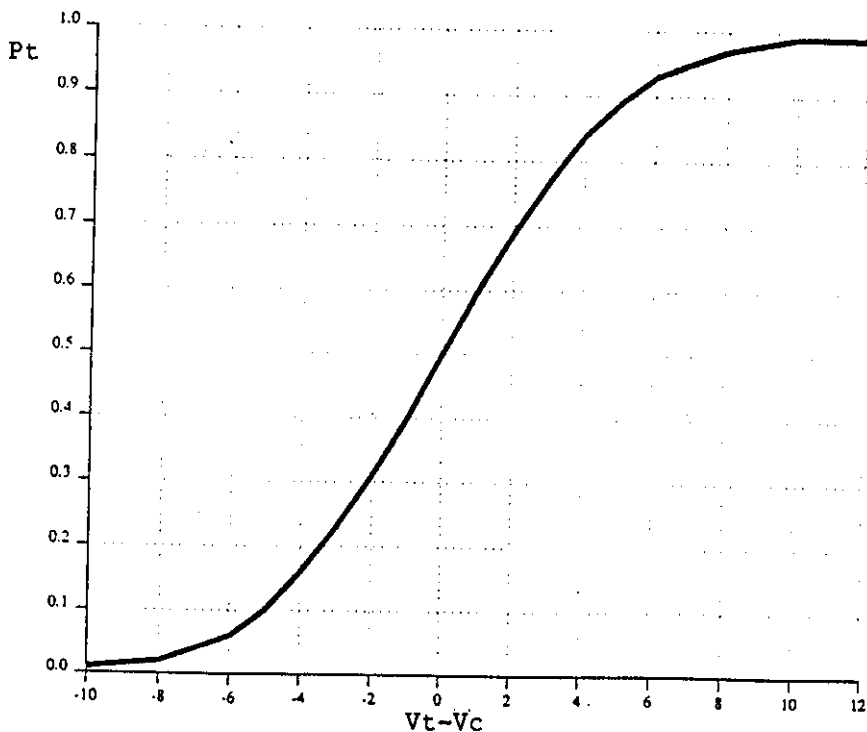
$$(3.8) \quad F(e_n) = \frac{1}{1 + e^{-\mu e_n}}$$

כאשר $\mu > 0$, $-\infty < e_n < \infty$

מכאן ובהתאם למשוואה (3.6):

$$(3.9) \quad P_n(i) = P(e_n < V_{in} - V_{jn}) = \frac{1}{1 + e^{\mu(V_{jn} - V_{in})}}$$

כלומר, במודל Logit של פיצול נסיעות ההסתברות לבחור באלטרנטיבה אחת על פני השנייה תלויה בהפרש התועלות של האלטרנטיבות. לצורך הבהרה, נתבונן באיור מס' 3.2 המציג את ההסתברות לבחור ברכבת בעולם של שתי אלטרנטיבות, רכבת ורכב פרטי.



איור מס' 3.2: גרף של מודל Logit

Fig No. 3.2: Graph of Logit model function

מקור: Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, SP techniques (1991)

$$P_i = \frac{I}{I + e^{V_c - V_i}}$$

כאשר:

P_t ההסתברות לבחירה ברכבת

P_c ההסתברות לבחירה ברכב פרטי

V_t התועלת מנסיעה ברכבת

V_c התועלת מנסיעה ברכב פרטי

מהאיור ברור שככל שהפרש $V_t - V_c$ גדול יותר, גדלה ההסתברות שהפרט יבחר לנסוע ברכבת. כאשר ערך התועלות שווה ההסתברות לבחירה בכל אלטרנטיבה שווה ל-0.5. אם פונקצית התועלת היתה דטרמיניסטית ולא סטוכסטית הגרף שהיה מתקבל היה פונקצית מדרגה, כאשר כל עוד התועלת מנסיעה ברכבת גדולה מהתועלת מנסיעה ברכב פרטי (ולא משנה מהו ההפרש ביניהם) הפרט יבחר בוודאות (ההסתברות שווה ל-1) מנסיעה ברכבת.

יש לצייין, שמכיוון שהתועלת הדטרמיניסטית לינארית ניתן להביע את ההסתברות שפרט i יבחר באלטרנטיבה i גם באופן הבא:

$$(3.10) \quad P_n(i) = \frac{I}{I + e^{\mu B'(X_{jn} - X_{in})}}$$

3.3.1.2 אמידת המקדמים

תהליך חשוב בהבנת המודל הינו אמידת המקדמים. אמידת המקדמים מאפשרת להעריך את השפעתו של כל אחד מהמשתנים על פונקצית התועלת על הבחירות שנעשו. הנחה בסיסית עליה מתבסס הניתוח (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991) הינה שלאוכולוסיה ככלל וקטור המקדמים זהה (וקטור ה- B יות), ולכן את התנהגות האוכולוסיה ככלל ניתן להסביר.

הפרוצדורה הסטטיסטית שבה משתמשים לצורך אמידת המקדמים הינה שיטת הנראות המקסימלית (Ben-Akiva & Lerman, 1985).

נגדיר:

$$(3.11) \quad Y_{in} = \begin{cases} 1 & \text{אם הפרט בחר באלטרנטיבה } i \\ 0 & \text{אם הפרט בחר באלטרנטיבה } j \end{cases}$$

בסדרה של ניסויים, ההסתברות שפרט n יבחר באלטרנטיבה i לפי התפלגות ברנולי הינה:

$$(3.12) \quad P_{Y_{in}}(y_{in}) = P_{in}^{y_{in}} * P_{jn}^{y_{jn}}$$

ולגבי כל הפרטים שבמדגם, פונקציית הנראות תהיה:

$$(3.13) \quad L = \prod_{n=1}^N P_n(i)^{y_{in}} * P_n(j)^{y_{jn}}$$

מבחינה מתמטית נוח יותר להתייחס ללוגריתמים של פונקציית הנראות:

$$(3.14) \quad \ln L = \sum_{n=1}^N [y_{in} \ln P_n(i) + y_{jn} \ln P_n(j)]$$

כדי לקבל את הערך המקסימלי של פונקציית הנראות נגזור לפי \hat{B}_k (האופטימום מושג כאשר הנגזרת הראשונה שווה לאפס)

$$(3.15) \quad \frac{d \ln L}{d \hat{B}_k} = \sum_{n=1}^N \left\{ y_{in} \frac{d P_n(i) / d \hat{B}_k}{P_n(i)} + y_{jn} \frac{d P_n(j) / d \hat{B}_k}{P_n(j)} \right\} = 0$$

פותרים K משוואות ב- K נעלמים כאשר $K = 1, 2, \dots, k$ מקדמי המודל.

נציין שבמודל Logit בסיוס הגזירה מתקבל:

$$(3.16) \quad \sum_{n=1}^N (y_{in} - P_{in})(X_{in} - X_{jn}) = 0$$

$$(3.17) \quad \sum_{n=1}^N y_{in} = \sum P_{in} \quad \text{ולכן:}$$

כלומר, סכום הסתברויות הבחירה באלטרנטיבה i (לפי המדגם) המחושב בהתאם לשיטת הנראות המקסימלית, שווה למספר הפעמים שאלטרנטיבה i נבחרה במדגם (Ben-Akiva & Lerman, 1985).

כאשר פונקצית התועלת לינארית, תהליך אמידת המקדמים הינו תהליך איטרטיבי בהתאם לשיטת ניוטון-רפסון (ראה משוואה (3.18)) כאשר בכל איטרציה נבדק ערכו של השיפוע (הנגזרת הראשונה של הפונקציה הנותנת אינדיקציה לגבי הכוון שבו צריכים המקדמים להשתנות) ומידת העקמומיות (הנגזרת השנייה של הפונקציה - עד כמה המקדמים צריכים להשתנות). האופטימום מושג באופן סימולטני לכל המקדמים (Hague Consulting Group, 1992). התהליך האיטרטיבי מסתיים כאשר הערך של לוגריתמים פונקצית הנראות מקבל ערך מקסימלי.

$$(3.18) \quad (a, b) = (a, b) - \left(\frac{d \ln L}{da}, \frac{d \ln L}{db} \right) \begin{bmatrix} \frac{d^2 \ln L}{da^2} & \frac{d^2 \ln L}{dadb} \\ \frac{d^2 \ln L}{dadb} & \frac{d^2 \ln L}{db^2} \end{bmatrix}$$

קיימות מספר תוכנות מחשב כמו GLIM, GAUSS האומדות את המקדמים. תוכנות יותר ספציפיות כמו BLOGIT, ALOGIT מספקות, בנוסף, אינפורמציה לגבי מובהקות המקדמים וטיב ההתאמה של המודל.

3.3.2 מודל Logit מולטינומי

המקרה הבינארי הכולל רק שתי אלטרנטיבות הינו מקרה פרטי של המודל המולטינומי שבו סט הבחירה מורכב ממספר סופי של אלטרנטיבות פיזיביליות. בהתאם לפיתוח שהוצג עבור המקרה הבינארי, גם במקרה המולטינומי הסתברות הבחירה באלטרנטיבה i שווה להסתברות שהתועלת מאלטרנטיבה i גדולה מהתועלת של האלטרנטיבות האחרות בסט הבחירה:

$$(3.19) \quad P_n(i) = P(U_{in} > U_{jn}) = P(V_{in} + e_{in} > V_{jn} + e_{jn}) \\ = P(e_{jn} - e_{in} \leq V_{in} - V_{jn}) = P(e_n \leq V_{in} - V_{jn}) \quad \forall j \in C_n$$

כדי לפשט את הפיתוח (Ben Akiva & Lerman, 1985) ניתן להציג את הבחירה המולטינומית כבחירה בינארית כיוון שהדרישה שהתועלת מאלטרנטיבה i עבור פרט n תהיה גדולה יותר מהתועלת של כל אלטרנטיבה אחרת בסט הבחירה שווה למעשה לדרישה שהתועלת מאלטרנטיבה i גדולה יותר מהתועלת המקסימלית של האלטרנטיבות האחרות. השגיאות האקראיות מתפלגות גמבל ולכן:

$$(3.20) \quad P_n(i) = P[V_{in} + e_{in} \geq \max_{\substack{j \in C_n \\ j \neq i}} (V_{jn} + e_{jn})] = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}}$$

3.3.2.1 Logit תכונות מודל

מודל Logit מוזכר בספרות (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991) כמודל נוח יחסית לכיול. נוסף לתוכנות המחשב שפותחו לצורך הכיול (דוגמת ALOGIT ,BLOGIT), למודל מאפיינים מיוחדים, ותכונות התורמות להבנת המודל.

(1) IIA (Independence from Irrelevant Alternatives)

עבור פרט מסויים, יחס הסתברויות הבחירה של שתי אלטרנטיבות מסויימות אינו תלוי במספר האלטרנטיבות בסט הבחירה ואינו מושפע מהתועלות שלהן.

ניתן לבדוק האם התכונה מתקיימת כאשר מרחיקים אלטרנטיבה מסוימת מסט הבחירה. אם יחס הסתברויות הבחירה בין שתי אלטרנטיבות מסויימות לא השתנה, משמע שהאלטרנטיבה שהורחקה מסט הבחירה זרה ובלתי תלויה בשתי האלטרנטיבות.

$$(3.21) \quad \frac{P_n(i)C_n}{P_n(j)C_n} = \frac{P_n(i)C_n}{P_n(j)C_n} \quad \forall i, j \in C_n \subset C$$

(2) גמישות צולבת אחידה

גמישות ישירה מוגדרת כשינוי בהסתברות הבחירה באלטרנטיבה i כתוצאה משינוי במשתנה האלטרנטיבה:

$$(3.22) \quad E_{X_{ink}}^{P_n(i)} = \frac{dP_n(i)}{dX_{ink}} * \frac{X_{ink}}{P_n(i)} = \frac{d \ln P_n(i)}{d \ln X_{ink}} = [1 - P_n(i)] X_{ink} B_k$$

גמישות צולבת מוגדרת בתור השינוי בהסתברות הבחירה באלטרנטיבה i כתוצאה משינוי במשתנה של אלטרנטיבה j :

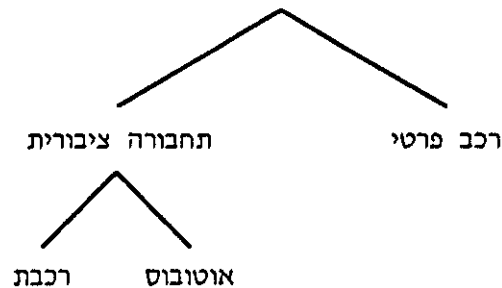
$$(3.23) \quad E_{X_{jnk}}^{P_n(i)} = \frac{d \ln P_n(i)}{d \ln X_{jnk}} = -P_n(j) X_{jnk} B_k \quad j \neq i$$

תכונה המייחדת את מודל Logit הינה גמישות צולבת אחידה, כלומר: שינוי במאפיין של אלטרנטיבה אחת ישפיע בצורה זהה על כל האלטרנטיבות האחרות.

3.3.2.2 מודל Logit מקונן

סוג אחר ונפוץ של מודל Logit הינו המודל המקונן (Nested Logit).

המודל המקונן מתאר את תהליך קבלת ההחלטות כמתבצע לפי רמות. ההחלטה ברמה הראשונה היא בלתי תלויה וההחלטה ברמה השנייה כבר תלויה בהחלטה הראשונה. לפי הנחת המודל המקונן, קיימות בסט הבחירה לפחות שתי אלטרנטיבות שלהן מרכיבים משותפים של תועלת. דוגמא למודל מקונן בו סט הבחירה כולל שלוש אלטרנטיבות (רכב פרטי, אוטובוס, רכבת) מוצג באיור מס' 3:



איור מס' 3.3: תאור של מודל מקונן בשתי רמות

Fig No. 3.3: Depicition of nested logit for two levels

מקור: Hague Consulting Group, 1992

לאוטובוס ולרכבת מספר תכונות משותפות ולכן ניתן לכלול אותם באלטרנטיבה אחת המתארת תחבורה ציבורית. ברמה הראשונה של תהליך קבלת ההחלטות, הפרט מחליט בין רכב פרטי לבין תחבורה ציבורית. אם בחר בתחבורה ציבורית, אזי ברמה השנייה הוא יבחר בין רכבת לאוטובוס. ברור, שכאשר המודל המתאים לתאור פיצול הנסיעות הוא מודל מקונן, (למשל המודל שהוצג באיור) תכונת ה-IIA אינה מתקיימת.

פרק 4: פונקצית הביקוש של הצרכנים - סקר ספרות

פרק זה דן בהתנהגותם של הפרטים כצרכנים בשוק ובגורמים המשפיעים על הכמות המבוקשת ממוצר מסויים. סקירה נרחבת מוקדשת לגמישות הביקוש המשמשת כמדד להערכת תגובת הצרכן לשינויים במחיר המוצר.

4.1 פונקצית הביקוש

פונקצית הביקוש מתארת את הקשר בין הכמות המבוקשת ממוצר מסויים לבין הגורמים המשפיעים עליה (בן-ציון, רותם 1981). תורת הכלכלה מתייחסת לצרכן כאל פרט הפועל בסביבה מסויימת שבה מחירי המוצרים קבועים. חלקו של הפרט בתוך השוק הוא קטן, פעולותיו אינן יכולות להשפיע על המחירים ולכן הוא מקבלם כנתונים.

ניתן לתאר את הקשר בין הכמות המבוקשת ממוצר מסויים כפונקציה של הגורמים המשפיעים עליה בצורה הבאה:

$$(4.1) \quad Q_x = D(I, P_x, P_y, P_z, \dots, T)$$

כאשר:

Q_x הכמות המבוקשת ממוצר x .
 P_x, P_y, P_z מחירי המוצרים x, y, z בהתאמה.
 I הכנסת הצרכן.
 T העדפות הצרכן.

כוון ההשפעה של מחירי המוצרים האחרים על הכמות המבוקשת ממוצר x תלוי ביחס בינם לבין המוצר. תורת הכלכלה מבחינה בין מוצרים תחליפיים המשמשים את הפרט לסיפוק אותו צורך ולכן הוא מוכן להחליף ביניהם (היחס הוא של תחלופה) ומוצרים משלימים המשמשים במשותף לסיפוק צורך מסויים (יחס של השלמה).

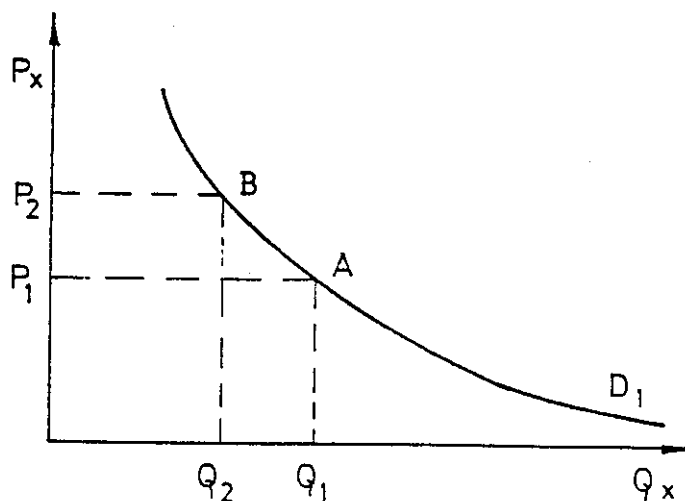
4.2 עקומת הביקוש

עקומת הביקוש נגזרת מפונקצית הביקוש ומתארת את התלות בין הכמות המבוקשת ממוצר מסויים למחירו כאשר כל יתר הגורמים נשארים קבועים. (בן-ציון, רותם 1981).

מבחינה מתמטית ניתן לבטא את הקשר בצורה הבאה:

$$(4.2) \quad Q_x = D(P_x, I, P_y, P_z, \dots, T)$$

ניתן להבין את עקומת הביקוש גם כקשר המגדיר מהו המחיר המקסימלי שהצרכן מוכן לשלם עבור כמות מסויימת של המוצר (גרוס 1969).
בדרך כלל, היחס בין הכמות המבוקשת ממוצר מסויים למחירו הוא יחס הפוך, כלומר, כאשר מחיר המוצר עולה הכמות המבוקשת ממנו קטנה. עקומת הביקוש תהיה, לכן, בעלת שיפוע שלילי ובתאור גרפי היא מוצגת כעקומה היורדת משמאל לימין (ראה איור מס' 4.1).



איור מס' 4.1: עקומת ביקוש למוצר

Fig No. 4.1: Product Demand Curve Shape

מקור: בן-ציון, רותם, מבוא לכלכלה בגישה כמותית (1981)

עקומת הביקוש לנסיעות (Stopher & Meyburg, 1975) מתנהגת בהתאם לעקומת ביקוש רגילה, היא יורדת משמאל לימין ושיפועה שלילי (לפיכך לא נתייחס במסגרת עבודה זו למוצרי "גיפן" בהם עליית המחיר תביא לעלייה בכמות המבוקשת ועקומת הביקוש עולה משמאל לימין).

שלוש צורות העקריות לתאור עקומת הביקוש מודגמות באיור מס' 4.2.

שינוי במחיר הנסיעה מתבטא באמצעות תזוזה על עקומת הביקוש בהנחה שהגורמים האחרים נשארים קבועים. תזוזה של עקומת הביקוש אפשרית כאשר חל שינוי בגורמים האחרים (למשל בהכנסה).

4.3 גמישות הביקוש

גמישות הביקוש הינה מדד כמותי להערכת עוצמת השינוי בכמות המבוקשת מהמוצר עקב שינוי באחד הגורמים המופיעים בפונקציית הביקוש. לכן, תגובת הצרכנים ומידת רגישותם לשינויים במערכת ניתנת להערכה באמצעות גמישות הביקוש (בן-ציון, רותם, 1981).

מקובל להגדיר לכל מוצר את גמישות הביקוש ביחס למחיר העצמי. כלומר, את עוצמת השינוי בכמות המבוקשת מהמוצר כתוצאה משינוי במחירו. בהתאם לכך, גמישות הביקוש הנקודתית ביחס למחיר מוגדרת בצורה הבאה:

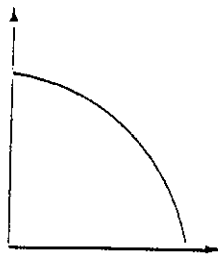
$$(4.3) \quad E_{QP} = -\frac{dQ}{dP} \cdot \frac{P}{Q}$$

כיוון שהיחס בין הכמות המבוקשת מהמוצר למחירו הינו יחס הפוך מופיע סימן המינוס בהגדרתה של הגמישות ואז נהוג להתייחס לערכה המוחלט של גמישות הביקוש.

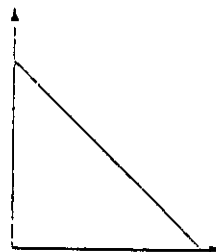
משמעות גמישות הביקוש הינה שעליה של אחוז אחד במחיר המוצר תגרום לירידה של E_{QP} אחוזים בכמות המבוקשת.

הגמישות הינה מספר טהור שאינו תלוי ביחידות המדידה ולכן ניתן להשוות בין מוצרים שונים במונחים של גמישות (בן-ציון, רותם 1981).

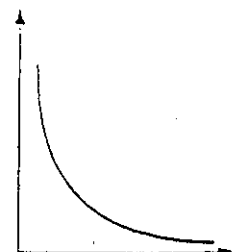
הגדרה הגמישות, כפי שמופיעה במשוואה (4.3) מתאימה לחישוב הגמישות בנקודה מסוימת על-פני עקומת הביקוש. כאשר רוצים למצוא את הגמישות בין שתי נקודות על העקומה שאינן קרובות מספיק יש להשתמש במושג "גמישות קשתית" (בן-ציון, רותם, 1981) שהיא הגמישות הממוצעת בין שתי הנקודות.



עקומת ביקוש
קמורה לראשית



עקומת ביקוש
לינארית



עקומת ביקוש
קעורה לראשית

איור מס' 4.2: צורות עקריות של עקומת הביקוש לנסיעות

Fig No. 4.2: Important Demand Curve Shapes

מקור: Stopher & Meyburg (1975),

Urban Transportation Modeling and Planning

הביטוי המתמטי המתאים לתאור גמישות קשתית הינו:

$$(4.4) \quad E_{QP} = \frac{Q_1 - Q_2}{P_2 - P_1} \cdot \frac{P_1 \cdot P_2}{Q_1 + Q_2}$$

מסווגים עקומות ביקוש (או תחומים שונים על עקומת ביקוש מסויימת) כגמישות או

קשיחות בהתאם לערכה של גמישות הביקוש:

$E_{QP} = \infty$ מקרה קיצוני של עקומה גמישה לחלוטין.

$E_{QP} > 1$ עקומה גמישה.

$E_{QP} = 1$ עקומה בעלת גמישות יחידתית.

$E_{QP} < 1$ עקומה קשיחה.

$E_{QP} = 0$ מקרה קיצוני של עקומה קשיחה לחלוטין.

ככל שעקומת הביקוש גמישה יותר שינוי קטן במחיר מביא לשינויים גדולים יותר בכמות המבוקשת. בעקומת ביקוש קשיחה שינוי במחיר יגרום רק לשינוי קטן בכמות המבוקשת ובמקרה הקיצוני של עקומה קשיחה לחלוטין שינוי במחיר לא ישנה בכלל את הכמות המבוקשת מהמוצר.

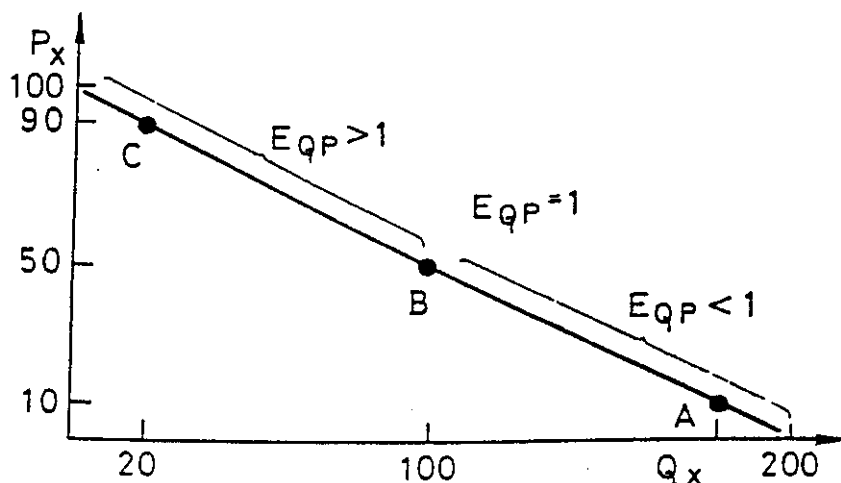
כאשר הצרכנים רואים את המוצר כחיוני והכרחי שאין לו מוצרים תחליפיים הם כמעט ולא ישנו את הכמות המבוקשת עקב שינוי במחיר. תרופות, למשל, נחשבות למוצר חיוני, ללא תחליפים, ולכן סביר להניח שעלייה במחיר לא תקטין את הכמות המבוקשת (בן-ציון, רותם 1981). ככל שיש למוצר מוצרים תחליפיים רבים וקרובים בעיני הצרכנים, הרי עלית מחיר המוצר תביא לירידה גדולה יותר בכמות המבוקשת ולרכישת מוצרי התחליפיים (גרוס, 1969). מכאן, גמישות הביקוש של מוצר זה תהיה גבוהה.

4.3.1 עקומת ביקוש בעלת גמישות קבועה

כמתואר בסעיף הקודם, גמישות הביקוש מוגדרת כגמישות נקודתית ולכן היא משתנה מנקודה לנקודה על עקומת הביקוש. איור מס' 4.3 מדגים את חלוקת תחומי הגמישות על פני עקומת ביקוש לינארית. הגמישות משתנה מאפס, בנקודה בה המחיר שווה אפס ועד אין סוף בנקודה בה הכמות שווה אפס.

קיימת משפחה מיוחדת של עקומות ביקוש שצורתם היפרבולה קמורה לראשית שהתכונה המאפיינת אותם הינה גמישות ביקוש קבועה לאורך כל העקומה (בן-ציון, רותם, 1981).

מבחינה מתמטית ניתן לתאר את המשוואה של עקומת ביקוש כזו בצורה הבאה:



איור מס' 4.3: גמישות הביקוש בעקומת ביקוש ליניארית
 Fig No. 4.3: Price elasticity on a linear demand curve
 מקור: בן-ציון, רותם "מבוא לכלכלה בגישה כמותית" (1981)

$$(4.5) \quad Q = C \cdot P^z$$

כאשר:

Q - הכמות המבוקשת מין המוצר

P - מחיר המוצר

C - קבוע כלשהו.

$z < 0$

לאחר טרנספורמציה מתאימה מתקבלת המשוואה הבאה:

$$(4.6) \quad \ln Q = Z \ln P + \ln C$$

משוואה זו הינה הפתרון של המשוואה הדיפרנציאלית הבאה:

$$(4.7) \quad \frac{dQ}{Q} = Z \cdot \frac{dP}{P}$$

ולאחר העברת אגפים מתקבל

$$(4.8) \quad Z = \frac{dQ}{dP} \cdot \frac{P}{Q}$$

ומכאן, כאשר z שלילי, הרי הוא למעשה ערך הגמישות הקבועה.

Oldfield (1974) מציין שמחקרים אמפיריים הצביעו על כך שצורתה של עקומת הביקוש לנסיעות היא היפרבולה קמורה לראשית ולכן הביטוי המתמטי המתאים לתאור עקומת הביקוש מופיע במשוואה (4.5).

4.3.2 גמישות הביקוש לנסיעות

במערכת התחבורה, הכמות המבוקשת מן המוצר הינה כמות הנסיעות המבוקשת, כלומר, נפח התנועה (Stopher & Meyburg 1975).

עוצמת התגובה של הפרטים לשינויים במחיר הנסיעה מתבטאת באלסטיות של עקומת הביקוש לנסיעות ולכן הדרך לקשור את הביקוש לנסיעות למחיר הנסיעה היא באמצעות גמישות הביקוש לנסיעות (Oldfield 1974). ערך גמישות הביקוש הינו מדד חשוב בקבלת החלטות לגבי ניהול ביקושים וקביעת המדיניות הנדרשת (Luk & Hepburn, 1993).

במאמר מ-1974 סוקר Oldfield את התוצאות של עשרה מחקרים שנעשו בשנות ה-70 בתחום זה. התוצאות מצביעות על טווח רחב של גמישויות הביקוש לנסיעות ברכב פרטי: 0.5-2.6. במאמר מצביע Oldfield על כך, שככל שהיו יותר מוצרים תחליפים לנסיעה ברכב פרטי, גמישות הביקוש שנמדדה היתה גבוהה יותר.

בשנות ה-90 נערכו מחקרים נוספים במטרה לאמוד את ערכה של גמישות הביקוש לנסיעות. גמישות הביקוש לנסיעות באותם מחקרים נעה בטווח של 0.4-1.6. מסקנות המחקרים מצביעים בברור על כך שריבוי אמצעי נסיעה ואלטרנטיבות בהכרח יגרמו לעליה בגמישות הביקוש ביחס למחיר (Goodwin, 1992).

גמישות הביקוש ביחס למחיר הדלק שנאמדה במחקרים שנעשו באוסטרליה נמצאה בטווח שבין 0.27-0.71 (Luk & Hepburn, 1993). על סמך הגמישויות הנמוכות הללו הם מגיעים למסקנה שהמחיר איננו מרכיב דומיננטי בבחירת אמצעי הנסיעה. (עליה של 100% במחיר הנסיעה תביא לירידה של 27%-71% בלבד בנפח התנועה). לפי TRB (1994) גמישות הביקוש לנסיעות נמוכה עוד יותר: 0.1-0.4 בלבד.

טווח הגמישויות הנמוך שנמצא, מצביע על כך שעקומת הביקוש לנסיעות היא קשיחה. למרות זאת, טוענים (Luk & Hepburn, 1993) שאין להסיק מתוצאות אלו שעליה במחיר הנסיעה כתוצאה מהטלת אגרות, למשל, לא תשפיע בצורה משמעותית על הביקוש לנסיעות. גמישות הביקוש ביחס למחיר האגרות יכולה להיות גבוהה יותר יחסית לגמישות שנמצאה במחקר שנערך על-ידם באוסטרליה.

לטענה זו שתי סיבות עיקריות:

- 1) אגרות, שלא כמחירי הדלק, יכולות ליקר באופן משמעותי את מחיר הנסיעה. שינויים גדולים במחיר, יכולים להביא לשינויים גדולים עוד יותר בביקוש.
- 2) ריבוי אלטרנטיבות לנסיעה ברכב פרטי יגרום לעלייה בגמישות הביקוש ביחס למחיר האגרות.

פרק 5: שיטת ההעדפה המוצהרת - סקר ספרות

פרק זה עוסק בשיטת ההעדפה המוצהרת (SP- Stated Preference). הפרק סוקר את שיטות התשאול הקיימות, מציג את עקרונות התיכנון וההצגה של סקרי העדפות מוצהרות, ומתאר שיטות לניתוח הנתונים.

5.1 סקירת שיטות תשאול

בתכנון תחבורה, כמו גם בתחומים מדעיים וחברתיים אחרים, נתקלים המתכננים בצורך לחזות את ההשפעה העתידית של אסטרטגיות תכנוניות שונות ושל אמצעים ומתקנים חדשים שיעמדו לרשות המשתמשים על הביקוש לנסיעות ועל ההחלטות שיבצע הפרט.

עד אמצע שנות ה-80 מודלים של ביקוש לתחבורה היו מבוססים על מידע ותצפיות שנאספו בשיטת ההעדפה הנגלית (RP- Reveald Preference). השיטה מבוססת על תצפיות ישירות המשקפות את הבחירה של הפרט ואת התנהגותו לגבי קבוצת אלטרנטיבות קיימות (Ortuzar & Willusen, 1994). לא ניתן להשתמש ב-RP להערכת הביקוש לאלטרנטיבות שאינן מוכרות וקיימות. מכאן, המגבלה המרכזית של ה-RP טמונה בחוסר היכולת להעריך את הביקוש לאלטרנטיבה חדשה ולאמצעים ומתקנים חדשים במערכת התחבורה.

שיטת ה-SP נועדה לתת פתרון למגבלה זו ולאפשר למתכנן לבצע הערכה ותחזיות לאלטרנטיבה חדשה לחלוטין (Kroes & Sheldon, 1988, Hensher, 1994, Ortuzar & Willumsen, 1994).

שיטת ה-SP מבוססת על הצהרות ותגובות של הפרט הנשאל כיצד יתנהג ומה יעדיף כאשר מוצג לפניו לבחירה סט של אלטרנטיבות, חלקן קיימות וחלקן היפוטטיות. השיטה מאפשרת למתכנן להכיר את מערכת ההעדפות של הפרט לגבי אלטרנטיבות שונות ולגבי משתנים איכותיים שאינם ניתנים למדידה באופן כמותי בשיטות קונבנציונליות. לדוגמא, השיטה מאפשרת הערכה של העדפות הפרט לגבי אמצעי נסיעה חדש שעדיין לא קיים כמו רכבת קלה ומדידה של מאפיינים איכותיים כמו נוחות הנסיעה. דוגמא אחרת היא הערכת הנכונות לשלם עבור אגרות שימוש.

שיטת ה-SP (Kroes & Sheldon, 1988) מתמקדת בהשוואה יחסית של האלטרנטיבות ולא דווקא בהערכה אבסולוטית בסולם קרדינלי של כל אלטרנטיבה. השיטה פותחה בסוף שנות ה-70 בתחום של חקר שווקים והחל משנות ה-80 נעשה לה שימוש גם בתחבורה.

מאפיין נוסף של שיטת ה-SP בא לידי ביטוי בכך שלמתכנן שליטה מלאה על התכונות שאותן הוא רוצה לבדוק ובאפשרותו, למעשה, להגדיר את התנאים ולערוך "ניסוי" של מצב היפוטטי בעלות מינימלית.

5.2 תכנון הניסוי

5.2.1 הגדרת המשתנים והרמות

בשיטת ה-SP, אלטרנטיבה (למשל, אמצעי נסיעה) מוגדרת כצירוף של מספר משתנים כאשר כל משתנה מופיע ברמה מסויימת (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991). לדוגמא, משתנה עלות הנסיעה יכול להופיע באלטרנטיבה אחת ברמה גבוהה ובאחרת ברמה נמוכה.

המשתנים קבועים לאורך כל תכנון הניסוי ואילו הרמות השונות של המשתנים הן היוצרות את ההבדלים בין האלטרנטיבות. בהתאם למשתנים ולרמות השונות, האנשים בוחרים בין האלטרנטיבות (Hensher 1994). חשיבות האופן בו מתוארות האלטרנטיבות מודגשת במאמרם של (Tversky & Kahneman 1981). לדעתם, בתהליך קבלת ההחלטות אנשים לא בוחרים בין אלטרנטיבות אלא בין תאורי אלטרנטיבות.

תכנון הניסוי (experimental design) בשיטת ה-SP נועד להבטיח שהמשתנים בלתי תלויים וכך ניתן ביתר קלות לבדוד כל משתנה ולבדוק את השפעתו ללא שום קשר למשתנים האחרים. תכנון זה מאפשר למתכנן לבחון את יחס התחלופה בין משתני האלטרנטיבות.

האלטרנטיבה החדשה, ההיפוטטית, מתוארת אף היא (Kroes & Sheldon, 1988) כמו האלטרנטיבות האחרות, באמצעות משתנים המוכרים לנשאל ברמות ראליות הנקבעות על-ידי המתכנן. רצוי לבצע סקר מקדים בו יבדקו הרמות הראליות לגבי הנשאלים.

5.2.2 תכנון פקטוריאלי מלא

תכנון פקטוריאלי מלא של הניסוי (full factorial design) כולל את כל האלטרנטיבות, כלומר, את כל הצירופים האפשריים של משתנים ורמות.

מספר הצירופים האפשריים שווה ל- n^a כאשר:

a- מספר המשתנים (התכונות)

n- מספר הרמות של כל תכונה

איור מס' 5.1 מציג דוגמא לתכנון פקטוריאלי מלא של ניסוי ב-SP.

מאפייני התחבורה הציבורית			אלטרנטיבה
תדירות הנסיעה	זמן הנסיעה	מחיר הנסיעה	
נמוכה	קצר	נמוך	1
גבוהה	קצר	נמוך	2
נמוכה	ארוך	נמוך	3
גבוהה	ארוך	נמוך	4
נמוכה	קצר	גבוה	5
גבוהה	קצר	גבוה	6
נמוכה	ארוך	גבוה	7
גבוהה	ארוך	גבוה	8

איור מס' 5.1: דוגמא לתכנון ניסוי ב-SP

Fig No. 5.1: Example of an SP experimental design

מקור: Pearmain, Swanson, Kroes, Sheldon: SP techniques (1991)

בדוגמא זו מתוארים מאפייני התחבורה הציבורית באמצעות שלושה משתנים: מחיר הנסיעה, זמן הנסיעה ותדירות הנסיעה. כל משתנה יכול להופיע בשתי רמות בלבד: מחיר הנסיעה: גבוה, נמוך. זמן נסיעה: קצר, ארוך. תדירות הנסיעה: גבוהה, נמוכה.

מכיוון שדוגמא זו מורכבת משלושה משתנים שכל אחד מהם יכול להופיע בשתי רמות, מספר הצרופים האפשרי הינו $2^3 = 8$.

ערכי הרמות נקבעים על-ידי המתכנן, לדוגמא, מחיר נסיעה ברמה גבוהה יחשב מחיר הגבוה מ-X ש"ח או שווה לו וברמה נמוכה, מחיר הנמוך מ-X ש"ח (כאשר ערכו של X נקבע על-ידי החוקר).

כאשר מספר הרמות בהן מופיעות התכונות אינו זהה, מספר הצירופים האפשריים יחושב על-ידי מכפלתם ויגדל בצורה מעריכית בהתאם למספר הרמות והמשתנים. לדוגמא, בניסוי הכולל שלושה משתנים מתוכם 2 משתנים ב-2 רמות ומשתנה אחד בשלוש רמות מספר הצירופים האפשריים הוא $2^2 \cdot 3 = 12$.

חוקרים רבים (Kroes & Sheldon 1988, Pearmain, Swanson, Kroes, Sheldon, 1991, Bates 1988) ממליצים על תכנון ניסוי הכולל 3-6 משתנים ב-2-3 רמות. לטענתם, רצוי שמספר האלטרנטיבות שיוצגו בניסוי לא יעלה על 16. מספר גדול יותר של אלטרנטיבות עלול להביא למצב של בלבול ועייפות אצל הנשאל. לכן, כאשר מספר האלטרנטיבות הנוצרות בתכנון הפקטוריאלי המלא גדול יותר, יש צורך להפחית את מספר האלטרנטיבות.

5.2.3 שיטות להפחתת מספר האלטרנטיבות

כדי לפתור את הבעיה המתקבלת כאשר מספר האלטרנטיבות הנוצרות בתכנון הפקטוריאלי המלא גדול מדי, פותחו מספר גישות שנועדו לצמצם את מספר האלטרנטיבות (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991):

תכנון פקטוריאלי חלקי (fractional factorial design): גישה זו מתבססת על ההנחה שכל האינטראקציות בין התכונות (או לפחות חלקן) אינן מובהקות, לכן הן זניחות. ניתן, במקרה זה, למדוד במדויק את ההעדפות לגבי התכונות השונות וכך ניתן להפחית באופן משמעותי את מספר האלטרנטיבות האפשריות. לדוגמא, תכנון פקטוריאלי מלא, הכולל $3^3 = 27$ אלטרנטיבות ניתן לצמצום בתכנון פקטוריאלי חלקי ל- $3^2 = 9$ אלטרנטיבות. אינטראקציה הינה מצב בו השפעתם של שני משתנים (או יותר) הפועלים ביחד שונה מסכום ההשפעות של שני המשתנים (או יותר) כאשר הם פועלים בנפרד.

השמטת אלטרנטיבות שולטות ונחותות:

הרעיון עליו מבוססת גישה זו הינו שאין צורך לכלול בניסוי אלטרנטיבות שולטות ואלטרנטיבות נשלטות. מאחר והפרט רציונלי, הרי הוא יבחר באלטרנטיבה שולטת שבה כל המשתנים נמצאים ברמה הטובה ביותר על פני אלטרנטיבה הנשלטת על-ידיה. למשל, בדוגמא המוצגת באיור מס' 5.1, אלטרנטיבה 2 שולטת על אלטרנטיבה 1. משתני זמן הנסיעה ומחיר הנסיעה זהים, אולם תדירות הנסיעה באלטרנטיבה 2 גבוהה מזו של אלטרנטיבה 1. פרט רציונלי יעדיף תדירות נסיעה גבוהה ולכן

אלטרנטיבה 2 שולטת על אלטרנטיבה 1. (Hensher, Barnard, Truong 1988). ממליצים להשאיר זוג אלטרנטיבות שאחת מהן שולטת והאחרת נשלטת רק כדי לוודא שהנשאלים אכן מבצעים בחירות רציונליות.

תכנון בשיטת ה"בלוק" ('block' design): קבוצת הנשאלים תורכב מתתי קבוצות כאשר כל תת קבוצה נשאלת לגבי אלטרנטיבות אחרות, כך שבסך הכל ניתן להציג את התכנון הפקטוריאלי המלא. למשל, בדוגמא המוצגת באיור מס' 5.1, ניתן להציג למחצית מהנשאלים את אלטרנטיבות 1 עד 4 ולמחצית השנייה את אלטרנטיבות 5 עד 8. גישה זו מתאימה כאשר קבוצות הנשאלים הומוגניות בתכונותיהם.

הגדרת האלטרנטיבות במונחי הפרש בין המשתנים:

בהתאם לגישה זו אלטרנטיבה אחת מוגדרת כאלטרנטיבת הבסיס והאלטרנטיבות האחרות מתוארות יחסית לתכונות אלטרנטיבת הבסיס. אם, למשל, בדוגמא המוצגת באיור מס' 5.1 אלטרנטיבה 1 הוגדרה כאלטרנטיבת הבסיס ניתן לתאר את אלטרנטיבה 5 בצורה הבאה: ההפרש בתדירויות הנסיעה ובזמני הנסיעה הוא אפס. הפרש מחירי הנסיעה, הוא ההפרש בין גבוה (מחיר הנסיעה באלטרנטיבת הבסיס) לנמוך (מחיר הנסיעה באלטרנטיבה 5).

ניתן להשתמש בגישה זו רק כאשר כל המשתנים ג'נריים, כלומר, מופיעים בכל האלטרנטיבות.

5.3 הצגת הניסוי

5.3.1 אופן ביצוע הסקר

סקרים בשיטת ה-RP מתבצעים בשלוש דרכים עקרוניות:

- 1) שאלונים למילוי עצמי הנשלחים בדואר.
- 2) סקרים המתבצעים באמצעות הטלפון.
- 3) סקרים המתבצעים בראיון אישי.

סקרים הנערכים בשיטת ה-SP מורכבים יותר מסקרים הנערכים בשיטת ה-RP, והמטלות הנדרשות מהנשאלים מסובכות יותר. הדרך המומלצת בספרות לביצוע סקרים בשיטת ה-SP היא באמצעות הראיון האישי. (Hensher, Barnard, Truong, 1988, Kroes & Sheldon, 1991, Pearmain, Swanson, Kroes, Sheldon, 1991).

לשיטת הראיון האישי יתרונות רבים:

- (1) שיעור ההיענות הוא הגבוה ביותר.
- (2) ניתן להתאים את השאלות לרקע הסוציאקונומי של כל נשאל.
- (3) המשוב מתקבל מיידית.
- (4) המראיין מבהיר את המטלות וקשיים המתגלים במהלך הראיון.

מקום ביצוע הראיון, בדרך כלל, בבתי הנשאלים.

5.3.2 הצגת האלטרנטיבות

בספרות מתוארות שיטות רבות להצגת אלטרנטיבות לנשאל (Kroes & Sheldon, Hensher, 1994, Pearmain, Swanson, Kroes, Sheldon, 1991) להלן שלושת השיטות הנפוצות ביותר:

דרוג (ranking): לנשאל מוצגים בו זמנית כל האלטרנטיבות ועליו לדרג אותן לפי סדר העדפה. בהתאם להנחת הרציונליות הפרט מעריך את התועלת הצפויה מכל אלטרנטיבה וידרג ראשונה את האלטרנטיבה שתתן לו תועלת מקסימלית. (Bradley & Daly (1988) טוענים שאין לתת לנשאל לדרג יותר מ-4 אלטרנטיבות מהסיבות הבאות:

- (1) מטלת הדרוג הופכת לקשה יותר כאשר מספר האלטרנטיבות גדל.
- (2) בתהליך הדרוג, הנשאל נוטה להתייחס יותר לדרוג האלטרנטיבות העדיפות בעיניו, שידורגו ראשונות, מאשר לאלטרנטיבות שידורגו אחרונות.

ציינון (rating): מתן ציון לכל אלטרנטיבה מסט הבחירה לפי סקלה כלשהיא. (בין 1 ל-100, ל-10 או בכל סקלה אחרת). (Ortuzar & Willumsen (1994) ממליצים על סקלה בת חמישה ערכים בין 1 ל-5 כאשר קצה אחד שלה מייצג העדפה מוחלטת והקצה האחר מייצג חוסר העדפה מוחלט. סקלה זו נחשבת למקובלת ביותר. (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991).

בחירה (choice): מתוך סט אלטרנטיבות נתון, או מתוך זוג של אלטרנטיבות (paired choice) יש לבחור באלטרנטיבה אחת בלבד. (Bradley & Daly (1994) מגבילים את מספר הזוגות להשוואה ל-10, בגלל "אפקט העייפות" הנובע מחוסר היכולת להשוות באופן רציונלי בין מספר גדול יותר של זוגות.

דרך נוחה להצגת האלטרנטיבות היא באמצעות כרטיסיות בהם מתוארים משתני האלטרנטיבות. סדר הצגת הכרטיסיות לנשאל הוא אקראי (Bradley & Daly, 1994). באיורים מס' 5.4, 5.3, 5.2 מוצגות השיטות הנ"ל להצגת האלטרנטיבות באמצעות כרטיסיות.

מחיר	מעברי אוטובוסים	זמן נסיעה	זמן הליכה
3 ש'	אין	15 דקות	10 דקות

מחיר	מעברי אוטובוסים	זמן נסיעה	זמן הליכה
3 ש'	אין	20 דקות	8 דקות

מחיר	מעברי אוטובוסים	זמן נסיעה	זמן הליכה
3.5 ש'	אין	15 דקות	10 דקות

מחיר	מעברי אוטובוסים	זמן נסיעה	זמן הליכה
3.5 ש'	יש - אחד	15 דקות	8 דקות

איור מס' 5.2: דוגמא להצגת אלטרנטיבות ע"י דרוג בשיטת ההעדפה המוצהרת

Fig No. 5.2: Example of an SP ranking exercise

מקור: Permain, Swanson, Kroes, Bradley, SP techniques (1991)

איזה ציון תתן לאלטרנטיבה הבאה המתארת נסיעה באוטובוס?

תנאי הנסיעה:

זמן הנסיעה: 30 דקות

נוחות הנסיעה: טובה

תדירות: כל 15 דקות

אמינות: כל אוטובוס עשירי מבוטל

גרוע מאוד בינוני טוב מאוד



7 6 5 4 3 2 1

איזה ציון תתן לאלטרנטיבה הבאה המתארת נסיעה באוטובוס?

תנאי הנסיעה:

זמן הנסיעה: 25 דקות

נוחות הנסיעה: לא טובה

תדירות: כל 30 דקות

אמינות: כל אוטובוס עשרים מבוטל

גרוע מאוד בינוני טוב מאוד



7 6 5 4 3 2 1

איור מס' 5.3: דוגמה להצגת אלטרנטיבות ע"י ציינון בשיטת ההעדפה המוצהרת

Fig No. 5.3: Example of an SP rating exercise

מקור: Permain, Swanson, Kroes, Bradley, SP techniques (1991)

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
הרכבת הינה:	הרכבת הינה:
חדשה	חדשה
מלוכלכת ומוזנחת	נקיה
יש בה:	יש בה:
אזור בלבד	מיזוג אויר
לא צריך לעבור בין רכבות	לא צריך לעבור בין רכבות
מחיר הנסיעה: 6 ש"ח	מחיר הנסיעה: 7 ש"ח

באיזו אלטרנטיבה תבחר?

- # אלטרנטיבה 1 בוודאות
- # כנראה באלטרנטיבה 1
- # לא יכול להחליט
- # כנראה באלטרנטיבה 2
- # אלטרנטיבה 2 בוודאות
- # אף אחת מהשתיים

איור מס' 5.4: דוגמא להצגת אלטרנטיבות ע"י בחירה בשיטת ההעדפה המוצהרת

Fig No. 5.4: Example of an SP choice exercise

מקור: Permain, Swanson, Kroes, Bradley, SP techniques (1991)

מידת ההתאמה של שיטה מסוימת וההחלטה באיזו שיטת הצגה לבחור תלויה באופן שבו מבוצעת הבחירה במציאות ובאפשרויות ניתוח הנתונים (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991, Ortuzar & Garido, 1994).

בסקרים הבוזקים את העדפות הפרט לגבי אמצעי נסיעה שונים עדיפה שיטת ההצגה של בחירה (Hensher, 1994, Hensher, Barnard, Truong, 1988, Bates, 1988). שיטה זו מייצגת תהליך החלטה טבעי המשקף מצב בחירה אמיתי כיוון שגם בחיי היום היום הפרט בוחר באמצעי נסיעה אחד לביצוע נסיעתו. (Pearmain, Kroes, Bradley, Swanson, 1991) נוטים להעדיף בחירה מתוך זוג אלטרנטיבות. זאת מכיוון שרוב מצבי הבחירה הינם בינאריים ובהם הפרט בוחר בין שתי אלטרנטיבות עקריות. בשתי השיטות האחרות (דרוג וציינון) נדרש הפרט לשיפוט שאינו מפעיל בחיי היום יום ולכן מטלת הבחירה מורכבת יותר. מאידך, בשיטות אלו האינפורמציה שיקבל החוקר לגבי מערכת ההעדפות ועוצמת ההעדפה רבה יותר.

5.3.3 שימוש במיקרו מחשבים

שימוש במיקרו מחשבים בסקרי SP החל בשנות ה-80 ונעשה נפוץ יותר עם כניסתם של המחשבים הניידים לשוק (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991). המחשבים הניידים מסייעים בתהליך הראיון ובמחשוב השאלון ולכן השימוש בהם מומלץ (Ortuzar & Garido, 1994).

מספר תוכנות מחשב כמו "The Game Generator" (Steer Davies Gleave), MINT (Hague Consulting Group) פותחו במיוחד למטרה זו.

מבנה מסכי המחשב מתאים לשיטת הצגה של בחירה ובמיוחד להצגה של זוג אלטרנטיבות כמתואר באיור מס' 5.4. זאת הסיבה לכך, ששימוש ישיר בשיטת הצגה של ציינון ודרוג אינו רצוי.

היתרונות הגדולים של הראיונות הממוחשבים הם בכך שניתן באמצעותן לבצע את תכנון הניסוי, ליצור סט אלטרנטיבות במשתנים ורמות המתאימים לכל נשאל בהתאם למידע שנאסף עליו בתשובותיו לשאלות קודמות ובכך להפוך את תהליך הבחירה ל"אמיתי" יותר. בנוסף, ניתן באמצעות הראיון הממוחשב לשפר את תהליך איסוף ועיבוד הנתונים ולבצע בזמן הראיון בדיקות לוגיות לגבי עקביות התשובות (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991). יש לציין שגם הנשאלים מגיבים בחיוב לחידוש המרענן שבראיונות ממוחשבים.

5.3.4 המדגם

המדגם הינו מרכיב חשוב בכל חקר שווקים. שתי הסוגיות העקריות נוגעות להרכב המדגם ולגודלו.

השלב הראשון בתהליך הדגימה הינו הגדרת אוכלוסית המטרה. הרכב אוכלוסית המדגם נקבע כך, שישקף את מאפייני אוכלוסית המטרה. לעיתים יש צורך במתן משקולות מסויימים לאוכלוסית המדגם כדי שתשקף באופן מהיימן את אוכלוסית המטרה.

לצורך המחשת הקושי באיתור אוכלוסית המדגם מתארים Pernain, Swanson, Kroes (1991) סקר שנעשה במטרה להעריך את מספר המשתמשים החזוי ברכבת לאחר שיבוצעו שיפורים בשרות. בנוסף לקבוצת הנוסעים כיום ברכבת שניתן למצאם בקלות, משתמשים פוטנציאלים אחרים הינם אלו שאינם משתמשים היום בשרותי הרכבת אלא באמצעי נסיעה אחרים ואיתורם אינו קל.

התאוריה שרווחה עד לשנים האחרונות לגבי סוגית גודל המדגם גרסה שדי ב-30 נדגמים לכל פלח שוק כדי לקבל תוצאות סבירות (Swanson, Pearmain, 1992). הסיבה לכך נעוצה בעובדה שלפי שיטת ה-SP כל אדם הנשאל לגבי התנהגותו במצבים שונים ומספק למעשה מספר תצפיות. לדוגמא, כאשר אדם נשאל על התנהגותו ב-9 מצבי בחירה שונים הוא מספק למעשה 9 תצפיות. מכאן, מדגם של 30 נדגמים מספק $30 \times 9 = 270$ תצפיות שבהחלט מספיקות לכיול מודל. זאת, בניגוד ל-RP בה כל אדם מספק תצפית בודדת בלבד.

הבעיה המרכזית הנוגעת לגודל המדגם הקטן יחסית הנדרש בסקרי ה-SP מוזכרת במאמרים רבים. (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991, Swanson, (1992). העובדה שבידינו יותר תצפיות על פרט מסויים אכן מצביעה על כך שאנו יודעים יותר על הפרט המסויים אבל לא בהכרח יודעים יותר על האוכלוסיה. מכאן, שונות המדגם בסקרי SP מורכבת מהשונות בין הנשאלים (שונות מסוג between) ומהשונות של אותו נשאל (שונות מסוג within). שיטות הכיול הקיימות כיום אינן יודעות להבחין בין שני סוגי השונות (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991, Bradley & Daly, 1994) וניתוח השונות מתבצע בצורה אחידה. כיוון שאין באפשרות הכלים הקיימים כיום לתת מענה לבעיה מומלץ להגדיל את גודל המדגם ל-60 עד 70 מרוויינים (Brown, Evans, Machie, Sheldon, 1993). ואפילו ל-75 עד 100 מרוויינים (Ortzuar & Willumsen, 1994, Pearmain, Swanson, Kroes, Sheldon, 1991), שזהו גודל המדגם האופטימלי (Swanson & Pearmain 1992).

5.4 ניתוח הנתונים

5.4.1 שיטות לניתוח

ניתוח הנתונים והבנת תהליך הבחירה באלטרנטיבה (אמצעי נסיעה) מבוססים על העקרון הכלכלי של מקסימום תועלת כמתואר בפרק 2.2

הפונקציה המתארת את התועלת הינה לינארית מהצורה הבאה:
(Kroes & Sheldon, 1988, Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991)

$$(5.1) U_i = a_0 + a_1 X_{i1} + a_2 X_{i2} + \dots + a_n X_{in}$$

כאשר:

U_i	התועלת מאלטרנטיבה i
$X_1 \dots X_n$	משתני (מאפייני) האלטרנטיבה
$a_1 \dots a_n$	מקדמי המודל
a_0	קבוע האלטרנטיבה

משתני האלטרנטיבה יכולים להיות משתנים ג'נריים (כלליים) או משתנים ספציפיים לאלטרנטיבה.

שיטת הניתוח ומידת התאמה נקבעת לפי הצורה שבה הוצגו האלטרנטיבות לנשאל. כל שיטות הניתוח בוחנות את ההשפעה שיש לכל משתנה על התועלת ואומדות את המקדמים.

להלן מספר שיטות אנליטיות נפוצות לניתוח הנתונים (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991):

השיטה הנאיבית - שיטה זו מתבססת על הרעיון שכל רמה של כל משתנה מופיעה במספר זהה של פעמים בכל תכנון ניסוי. מכאן, אינדיקציה לגבי התועלת של כל רמה תבוא לידי ביטוי על-ידי חישוב ממוצע הדרוג, הציון או הבחירה של כל אלטרנטיבה בה נמצאת הרמה הזו. שרטוט ממוצעים אלו בגרף יכול למעשה לספק מידע מועיל לגבי חשיבות המשתנים. לגישה זו אין בסיס סטטיסטי ולכן אין כל אינפורמציה לגבי המובהקות הסטטיסטית של התוצאות.

ניתוח שונות מונוטוני - השיטה משמשת לניתוח סקלות לא נומריות ובנויה על אלגוריתם איטרטיבי הבודק כל איטרציה את ההבדל בין הדרוג החזוי לדרוג בפועל עד לאופטימום, המושג כאשר ההפרש ביניהם מינימלי. השיטה אינה מספקת מידע לגבי טיב ההתאמה של המודל.

רגרסיה - מקובל לבצע רגרסיה המבוססת על שיטת הריבועים הפחותים. הנתונים צריכים להיות מוצגים בצורה של ציננון (אפשרי גם בצורה של דרוג, אם כי לא רצוי). השיטה מאפשרת שימוש במשתנים רציפים ובדידים ומספקת מידע לגבי טיב ההתאמה של המודל ושל הפרמטרים.

מודלים של בחירה בדידה - מודלים הסתברותיים המקובלים והמתקדמים ביותר לצורך ניתוח סקרים שנערכו ב-SP. המודל הידוע ביותר הינו מודל Logit. השיטה מאפשרת שימוש במשתנים רציפים ובדידים ומספקת מידע לגבי מידת טיב ההתאמה של המודל ורמת המובהקות של המשתנים. כיוול מודלים הסתברותיים אפשרי לאלטרנטיבות שהוצגו בשיטה של בחירה.

בשל הנטיה להעדיף שימוש במודלים הסתברותיים על השיטות האחרות ניתן בסקרים בהם האלטרנטיבות הוצגו בצורה של דרוג או ציננון לבצע טרנספורמציה ולהתאימם למצב של בחירה. (Chapman & Stalın (1982) מתארים פרוצדורה של "פיצוץ" "exploding" ההופכת נתונים בשיטת הדרוג לקבוצות של בחירה.

5.4.2 תוצאות הכיול

כיוול מודלים של בחירה בדידה, מספק מידע לגבי האלמנטים הבאים:
(Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991)

- 1) מובהקות המשתנים - משתנים מובהקים, מוסיפים מידע וניתן להסביר באמצעותם את הבחירות שנעשו.
- 2) טיב ההתאמה של המודל שנאמד - בדומה למקדם המתאם ברגרסיה לינארית, טיב של המודל הוא הממדד למידה בה המודל מסביר את הבחירות שנעשו. במודלים מסוג זה, טיב התאמה של 0.4 נחשב למספק.
- 3) סימן המקדמים - כוון ההשפעה של המשתנים (חיובית או שלילית) על התועלת.
- 4) גודל המקדמים - עד כמה המשתנים משפיעים על התועלת.
- 5) הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות השונות, לפי המודל.

5.4.3 תקפות ומהימנות

(Kroes & Sheldon (1988), Ortuzar & Willusen (1994) מצביעים על הבעייה המרכזית בשיטת ה-SP וזוהי ההטיה (bias). ההטיה נגרמת בגלל שניתוח הנתונים מבוסס, למעשה, על הצהרות הנשאלים לגבי התנהגותם במצב היפוטטי מסויים. כתוצאה מכך שכיחה הסיטואציה שבה פרטים המצהירים שיתנהגו בצורה מסויימת כאשר מוצג בפניהם מצב היפוטטי, לאו דוקא מתנהגים כפי שהצהירו כאשר המצב הופך

מהיפוטי לאפשרי.

Bradley & Kroes (1992) מצביעים על מספר הסברים לקיומה של בעית ההטיה:
* הנשאל מודע לחשיבות ההצהרות שלו ומשום כך ינסה להשפיע על תוצאות הסקר באמצעות התשובות שלו.
* קיומו של דיסוננס קוגניטיבי, כלומר, הצורה שבה אדם מתנהג במציאות, אינה תמיד תואמת למה שהוא חושב ומאמין.
* אנשים נוטים להגזים בתגובותיהם לשאלות היפוטטיות.

שיפור שיטות איסוף הנתונים בבשנים האחרונות, שימוש במודלים המשלבים את שיטת RP- עם שיטת SP וביצוע הסקרים בהתאם לעקרונות התכנוניים של שיטת ה-SP הצליחו להקטין את מימדי בעית ההטיה, אך עדין אין בידי החוקרים כלים לקבוע האם הפרט באמת יתנהג בצורה שבה הוא הצהיר שינהג.

כדי לענות לשאלה האם הסקר שנערך הוא אכן סקר טוב יש להתייחס לאלמנטים הבאים (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley, 1991):
1) מהיימנות (היכולת לשחזר את ההעדפות שנמדדו)
2) תקפות פנימית (יכולות התאור של המודל)
3) תקפות חיצונית (היכולת לחזות התנהגות באמצעות המודל)

המהיימנות בודקת האם יש עקביות במבחן ומבוססת על בדיקות חוזרות בזמנים שונים ובאמצעות סקרים שונים. (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley (1991) מצביעים על מתאמים גבוהים של 0.9 בין העדפות שניתנו בזמנים שונים על-ידי אותם אנשים.

תקפות סקרי ה-SP אינה יכולה להבדק בצורה ישירה כיוון שאין מידע ישיר על העדפות. את מבחן התקפות האינדאלי צריך לבצע כאשר המצב ההיפוטיטי שנבדק בשיטת ההעדפה המוצהרת הופך למעשי (Wardman 1988).

בצורה עקיפה ניתן לבדוק האם הסקר אכן משקף את מה שרצינו לבדוק וזאת באמצעות השוואת המקדמים שנאמדו באותו נושא ובאותו מדגם בסקרי העדפות גלויות. (Pearmain, Swanson, Kroes, Bradley 1991) מציינים שתוצאות השוואות אלו מצביעות על כך שסקרי SP אכן יכולים לנבא התנהגות ברמה סבירה של דיוק, אבל, יש לתת את הדעת לכך שרוב מבדקי התקפות לא נעשו בצורה עקבית או שבוצעו בשיטות חיזוי לא נכונות. בכל מקרה גם המחקרים שבוצעו לא בדקו את את השינוי החזוי בהתנהגות עקב שינויים במערכת וכדי להבין את מידת התקפות של סקרי העדפות מוצהרות יש צורך בביצוע מבדקי תקפות נוספים שלא נעשו עד עתה.

פרק 6: שיטת המחקר

פרק זה מתאר את שיטת המחקר. הפרק מגדיר את מטרת המחקר, מציג את מערך המחקר ומתאר את תכנון הסקר: חלקי הסקר, המדגם, אמידת הנכונות לשלם, תכנון הניסוי, הצגת הניסוי ומבנה השאלון.

6.1 הגדרת הבעיה ומטרת המחקר

מחקר זה מתמקד בבעיית אמידת הביקוש העתידי לנסיעות ובהערכת הגורמים המשפיעים על הביקוש בעקבות שינוי בתנאים הקיימים במערכת התחבורה. מטרת מחקר זה הינה הערכת השפעת אגרות גודש וחניה על ביקושי הנסיעות ליעדים, תוך כדי זיהוי הגורמים המשפיעים על תהליך הבחירה באמצעי נסיעה בשלב פיצול הנסיעות.

6.2 מערך המחקר

כדי לאמוד את השפעתן של אגרות גודש וחניה על ביקושי הנסיעות תוכנן במסגרת המחקר סקר SP.

בסקר תוארו שני מצבים היפוטטיים:

תאור המצב הראשון: כל רכב פרטי הנכנס ליעד מסויים בשעות השיא, יחוייב בתשלום אגרת כניסה ליעד.

תאור המצב השני: כל רכב פרטי החונה במקום מסויים יחוייב בתשלום אגרת חניה על בסיס יומי. כיום אין החניה באותו מקום כרוכה בתשלום כלשהוא.

שני המצבים תוארו במחקר, על מנת שניתן יהיה לבחון את השפעתה של אגרת הכניסה על ביקושי הנסיעות, מול השפעתה של אגרת החניה.

אגרות גודש אינן קיימות בשום צורה במערכת התחבורתית בישראל. אחת ממטרותיה של אגרת הגודש (ראה פרק 2.1) הינה ליצור שינוי בהרגלי הנסיעה של הפרט בתנאי גודש. כלומר, להביא לשינוי במאפייני הנסיעה: במועד, באמצעי או במסלול הנסיעה. במחקר נבדקה השפעתה של אגרת כניסה ליעדים בשעות השיא, בהם הסבירות שיתפתחו תנאי גודש באזור הכניסה ליעד היא הגבוהה ביותר. אגרת כניסה מהווה סוג מסויים של אגרת גודש והיא עשויה ליצור דפוסי התנהגות חדשים בכל הנוגע לבחירה באמצעי נסיעה ובמועד ביצוע הנסיעה. אגרת כניסה, להבדיל מאגרת גודש, אינה גורמת לשינויים במסלול הנסיעה.

אגרות חניה, להבדיל מאגרות כניסה, מוכרות ונמצאות בשימוש. במקומות רבים ברחבי הארץ ישנן רחובות ואזורים רבים בהם החניה כרוכה בתשלום ברוב המקרים על בסיס שעת או יומי. חשיבותה של אגרת חניה הינה בכך שהיא עשויה לגרום לשינוי באמצעי הנסיעה (ראה פרק 2.2) ובהשפעה זו יתמקד המחקר.

היעד שנבחר לצורך הניסוי הינו קמפוס הטכניון בו לא קיימות כיום אגרות חניה וכמובן גם לא קיימות אגרות כניסה. במסגרת המחקר תבדק השפעת האגרות על דפוסי התנהגות הנסיעה של הנהגים המגיעים כיום לטכניון ברכב פרטי.

לצורך קידום מטרת המחקר נקבעו שתי מטלות עיקריות:

1) בניית עקומת הביקוש לנסיעות

תאור עקומת הביקוש, הערכת גמישות הביקוש ומשמעותה (בשני המצבים) ואמידת הנכונות לשלם עבור אגרות גודש וחניה.

2) כיול מודלים של פיצול נסיעות

כיול שני מודלים מתאימים (מודל לכל מצב) שיאפשרו לזהות את הגורמים המשפיעים על הבחירה באמצעי נסיעה ואת מידת החשיבות שיש לכל גורם כזה. באמצעות המודלים ניתן לחזות את הביקוש הצפוי לאמצעי הנסיעה השונים במידה ויוטלו אגרות גודש וחניה.

בהתאם למטלות שנקבעו, נבחנו ההשערות הבאות:

1) עקומת הביקוש לנסיעות בשני המצבים הינה בעלת שיפוע שלילי. כלומר, עליה במחיר הנסיעה תגרום לירידה בכמות הנסיעות המבוקשת.

2) הנכונות לשלם עבור אגרת חניה תהיה גבוהה יותר מהנכונות לשלם עבור אגרת כניסה. אגרת חניה מוכרת יותר במציאות הישראלית והטלתה עשויה לגרום לשינוי באמצעי הנסיעה בעוד שהטלת אגרת כניסה עשויה לגרום, בנוסף, גם לשינוי במועד הנסיעה.

3) גמישות עקומת הביקוש (בשני המצבים) תהיה גבוהה יחסית למקובל (בין 0.3 ל-1.6, כאשר רוב הערכים נמוכים מ-1).

4) לאגרות השפעה שלילית על התועלת מנסיעה ברכב פרטי.

5) הטלת האגרות תקטין את הסתברות הבחירה ברכב פרטי ותגדיל את הסתברויות הבחירה באמצעי נסיעה חלופיים.

6.3 תאור הסקר

6.3.1 חלקי הסקר

הסקר הורכב משלושה חלקים עקריים:

(1) בחירת המדגם - מתוך המדגם יאותרו העובדים המגיעים כיום ברכב פרטי לטכניון. עובדים אלו יסווגו לשתי קטגוריות (שני תתי מדגמים - מדגם לכל מצב).

(2) בדיקת נכונות העובדים בשתי הקטגוריות לשלם עבור האגרות.

(3) ביצוע הניסוי במסגרתו יתוארו שני המצבים ההיפוטטיים, ומאפייני אמצעי הנסיעה במצבים אלו.

6.3.2 המדגם

6.3.2.1 אוכלוסית המטרה

את אוכלוסית הטכניון ניתן לחלק לשתי קבוצות עקריות: עובדים (עובדי מחקר ומנהלה, מהנדסים, חברי סגל, עוזרי הוראה) וסטודנטים.

לאוכלוסית המטרה במחקר זה נבחרו עובדי הטכניון, המגיעים כיום לעבודתם בטכניון ברכב פרטי. בחירה זו נבעה מהשיקולים הבאים:

(1) כיום, הכניסה ברכב פרטי לטכניון מותנית בקבלת מדבקה המוצמדת לשמשה הקדמית של הרכב. כל עובדי הטכניון שברשותם רכב פרטי זכאים למדבקה כזו בעוד שהסטודנטים שברשותם רכב פרטי יכולים לקבלה רק בשלב מתקדם של לימודיהם בטכניון.

(2) לרשותם של עובדי הטכניון עומד שרות ההסעות שמקיים הטכניון בהתאם לשעות העבודה המקובלות. שרות זה אינו ניתן לסטודנטים. כך יש בפני העובדים, יחסית לסטודנטים, יותר אמצעי נסיעה זמינים באפשרותם ניתן להגיע לקמפוס.

(3) קיים קושי באיתור הסטודנטים המגיעים ברכב פרטי לטכניון מדי יום ובאופן סדיר.

האגרות נועדו לשנות את דפוסי השימוש ברכב פרטי לצורך יוממות, ולכן מעניין לבדוק את השפעתן על האוכלוסיה שכיום יכולה להגיע לטכניון ברכב פרטי, אך יש לרשותה גם אלטרנטיבות אחרות ורבות. אוכלוסיה זו כוללת בעיקר את עובדי הטכניון המגיעים כיום לטכניון ברכבם הפרטי ולכן עובדים אלה נבחרו כאוכלוסית

המטרה. המחקר ינסה לחזות כיצד תנהג אותה אוכלוסיה כאשר יתבצע שינוי בתנאים הקיימים ויוטלו אגרות כניסה ואגרות חניה בקמפוס.

סוג העובדים לשתי הקטגוריות התבצע בצורה הבאה:

1) עובדים שבדרך כלל נוהגים להגיע לטכניון בשעות השיא, כלומר, בין השעות 7:15 עד 8:30 בבוקר. בפניהם תואר המצב ההיפוטיטי הראשון בו כל רכב פרטי הנכנס לטכניון בשעות השיא בין 7:15 ועד 8:30 בבוקר יחוייב בתשלום אגרת כניסה. על סמך נתוני עובדים אלה ותגובותיהם יכוייל המודל הראשון המתאים למצב בו קיימת אגרת כניסה בטכניון.

2) עובדים שבדרך כלל אינם מגיעים לטכניון בשעות השיא. בפניהם יתואר המצב ההיפוטיטי השני בו כל רכב פרטי הנכנס לטכניון (ולא משנה באיזה שעה) יחוייב בתשלום על בסיס יומי, עבור החניה בקרית הטכניון. על סמך נתוני עובדים אלה ותגובותיהם יכוייל המודל השני המתאים למצב בו קיימת אגרת חניה בטכניון.

יש לציין שיתכן שאוכלוסית המשתמשים הפוטנציאלים ברכב פרטי לאחר הטלת האגרות תכלול גם עובדים שכיום אינם מגיעים לטכניון ברכב פרטי אך יתחילו לנהוג כך לאחר הטלת האגרות. מכיוון שקיים קושי באיתור עובדים אלו, ומכיוון שסביר להניח שהם יהיו חלק קטן בלבד מהמשתמשים ברכב פרטי לאחר הטלת האגרות, עובדים אלו לא נמנו על אוכלוסית המטרה במחקר זה.

6.3.2.2 גודל המדגם והרכבו

כמו בכל מחקר סטטיסטי, על מנת שתוצאות המחקר יוכלו לחזות נכונה את השינויים הצפויים בהרגלי הנסיעה, אוכלוסית הדגימה צריכה לשקף בצורה אמינה את המבנה והרכב אוכלוסית המטרה.

גודל המדגם הרצוי לכיול מודל בו הנתונים נאספו בהתאם לשיטת ה-SP נע בין 60 ל-100 נשאלים המתאימים להגדרת אוכלוסית המטרה (ראה פרק 5.3.4). המדגם הכולל במחקר זה צריך להיות בסיס לשני מדגמים בלתי תלויים שישמשו לכיול שני מודלים שכל אחד מהם מתאר מצב היפוטיטי אחר (מצב בו מוטלות אגרות כניסה ומצב בו מוטלות אגרות חניה). בכל אחד משני המדגמים האלו מספר הנשאלים הדרוש צריך להיות לפחות 60. כדי להבטיח שדרישה זו תתקיים (גם במקרה שלא ניתן יהיה לאתר את כל הנדגמים או במקרה שחלק מהנדגמים שיאותרו לא נמנים על אוכלוסית המטרה) היה מספר העובדים הכולל שנדגם - 240.

המדגם היה שיטתי. מדריך הטלפון הפנימי של הטכניון כולל אלפון עובדים המסודר

לפי שמות משפחה מ-א עד ת. באלפון רשומים שמותיהם של כ-3000 עובדים. כדי להגיע למספר כולל של 240 נדגמים, כל עובד שנים עשר באלפון זה עלה במדגם. המדגם שנבחר בשיטה זו מהווה מדגם מייצג של אוכלוסית עובדי הטכניון; הסדר האלפתי של העובדים בלתי תלוי לחלוטין בעיסוקו של העובד, בהשתייכותו הפקולטית או ברקע הסוציאקונומי שלו.

6.3.3 אמידת הנכונות לשלם

מבחינה אמפירית בדיקת הנכונות לשלם יכולה להתבצע באמצעות הצגת השאלה הבאה לנשאל: מה המחיר המקסימלי שאתה מוכן לשלם כדי לרכוש את המוצר? התשובות לשאלה זו מספקות מידע המאפשר את אמידתה של עקומת הביקוש וממנה ניתן לגזור את גמישות הביקוש.

כל קטגוריה של נשאלים נשאלה מהו המחיר המקסימלי של האגרה אותו הם יהיו מוכנים לשלם באחד המצבים הבאים:

1) בטכניון תוטל אגרות כניסה שתגבה מכל רכב פרטי שיכנס לטכניון בשעות הגודש בבוקר בין 7:15 ועד 8:30. (מצב זה הוצג בפני הקטגוריה הראשונה).

2) החניה בקרית הטכניון תהיה כרוכה בתשלום אגרת חניה על בסיס יומי. (מצב זה הוצג בפני הקטגוריה השנייה).

שאלת המחיר המקסימלי אותו מוכן העובד לשלם הוצגה כשאלה סגורה בשני המצבים וטווח התשובות האפשרי היה זהה:

עד 2 ש"ח

עד 4 ש"ח

עד 6 ש"ח

עד 8 ש"ח

עד 10 ש"ח

השיקול בבחירת טווח תשובות אפשרי זה למחירי האגרות היה ענייני: מחירי החניה במרכזי הערים מוכרים לנשאלים ועל מנת שהמצבים ההיפוטטיים המתוארים יהיו מציאותיים ואפשריים ככל שניתן מחירי האגרות צריכים להיות ראלים. מחירי אגרות החניה נעים בטווח שבין 2 ל-10 ש"ח, הם מהווים עוגן למחירי אגרות הכניסה שאינן נמצאות בשימוש ולכן טווח המחירים נקבע כזה בשני המצבים.

הובהר לנשאלים שהטלת האגרות עשויה להביא לשיפור בתנאי נסיעתם במידה שישלמו

עבור האגרות. במצב הראשון, השיפור יבוא לידי ביטוי בצמצום מספר כלי הרכב הנכנסים לטכניון בשעות השיא, ומכאן, לקיצור זמן הנסיעה מהבית לטכניון. אולם בגלל ההשפעות ההדדיות בין כלי הרכב קשה להעריך מראש בכמה יתקצר זמן הנסיעה. במצב השני, השיפור יתבטא בהיצע גדול יותר של מקומות חניה זמינים בכל שעות היום. בדומה למצב הראשון, לא ניתן להעריך באופן כמותי את השינוי במספר מקומות החניה הזמינים, כיוון שהביקוש מותנה בהתנהגות הנשאלים האחרים.

6.3.4 תכנון הניסוי

בניסוי הוגדרו שלוש אלטרנטיבות עקריות המתארות את אמצעי הנסיעה העומדים לרשות העובדים לאחר הטלת האגרות.

האלטרנטיבות הינן:

אלטרנטיבה מס' 1: לנסוע ברכב פרטי ולשלם אגרת כניסה או אגרת חניה.
אלטרנטיבה מס' 2: לנסוע בהסעות עובדים או בתחבורה ציבורית (הסעות עובדים ותחבורה ציבורית סווגו כאלטרנטיבה אחת המתארת אמצעי נסיעה המוניים).
אלטרנטיבה מס' 3: לנסוע ברכב פרטי אך לחנות מחוץ לטכניון. (רק רכב הנכנס לתוך הטכניון חייב בתשלום האגרות).
שלושת אלטרנטיבות אלו רלוונטיות לשני המצבים שתוארו.

במצב ההיפוטטי בו המתאר הטלת אגרת כניסה הוגדרה אלטרנטיבה נוספת:
אלטרנטיבה מס' 4: לנסוע ברכב פרטי אך לשנות את מועד הנסיעה (כך ששעת ההגעה תהיה לפני 7:15 או אחרי 8:30 ואז אין צורך לשלם אגרת כניסה).

במצב ההיפוטטי המתאר הטלת אגרת חניה אלטרנטיבה זו אינה רלוונטית כיוון שהתשלום עבור אגרת חניה תקף בכל שעות היום ואינו מוגבל לשעות מסויימות. אלטרנטיבה זו לא הוצגה, כמובן, בפני הקטגוריה השניה של הנשאלים.

תכנון הניסוי נערך בהתאם לעקרונות התכנון של שיטת ה-SP.

6.3.4.1 הגדרת המשתנים והרמות

לתאור האלטרנטיבות הוגדרו שלושה משתנים:

1) זמן הנסיעה - מוגדר כזמן העובר מרגע יציאת העובד מביתו ועד לרגע הגעתו למקום העבודה בטכניון.

זמן הנסיעה הופיע בשלוש רמות: גבוה (H) בינוני (M), נמוך (L).

(2) עלות הנסיעה - מוגדרת כעלות הנסיעה נטו עבור העובד וכוללת את ההוצאות המשתנות והקבועות של הנסיעה.
עלות הנסיעה - הופיעה בשתי רמות: גבוהה (H), נמוכה (L).

המשתנים המתארים את זמן הנסיעה ואת עלות הנסיעה יכולים לקבל ערכים בדידים או רציפים. משתנים אלו הינם ג'נריס (כלליים) ולכן מופיעים בכל האלטרנטיבות. (בהמשך יפורטו הערכים שנקבעו לרמות השונות).

(3) אגרת כניסה או אגרת חניה.
האגרה הוגדרה כמשתנה דמי, ספציפי לאלטרנטיבה, כלומר, יכולה להופיע באלטרנטיבה מסויימת ולא להופיע באלטרנטיבה אחרת. מכאן, בתכנון הניסוי היא הופיעה בשתי רמות בלבד: קיימת (Y), לא קיימת (N).

לפי הגדרות המשתנים והרמות הניסוי כולל שני משתנים שכל אחד מהם יכול להופיע בשתי רמות ומשתנה אחד שיכול להופיע בשלוש רמות. תכנון פקטוריאלי מלא של הניסוי כולל את כל הצירופים האפשריים, במקרה זה $2^2 * 3 = 12$ צירופים. מכיוון שכל צרוף מוגדר כאלטרנטיבה המתארת אמצעי נסיעה (ראה פרק 5.2.1), ניתן לתאר בהתאם לרמות ולמשתנים שהוגדרו 12 אלטרנטיבות שונות. התכנון הפקטוריאלי המלא מוצג באיור מס' 6.1.

מהתכנון הפקטוריאלי המלא של הניסוי, הכולל 12 אלטרנטיבות, ניתן ליצור תכנון פקטוריאלי חלקי הכולל רק את ארבע האלטרנטיבות, שהוגדרו לצורך המחקר. תכנון פקטוריאלי חלקי של הניסוי מאפשר להבדיל בין האלטרנטיבות שהוגדרו באמצעות רמות המשתנים באופן הבא:

אגרה:

שתי רמות: קיימת (Y), לא קיימת (N).
רק באלטרנטיבה מס' 1 משתנה האגרה קיים (Y). בשלוש האלטרנטיבות האחרות הנסיעה אינה כרוכה בתשלום אגרה (N).

עלות הנסיעה:

שתי רמות: גבוהה (H), נמוכה (L).
עלות הנסיעה נטו ברכב פרטי (אלטרנטיבות מס' 1,3,4) מורכבת מהעלויות הקבועות (ביטוח, פחת) ומהעלויות המשתנות (דלק, תיקונים) והיא גבוהה יותר מעלות הנסיעה באמצעי הנסיעה ההמוניים (אלטרנטיבה מס' 2). מכאן, עלות הנסיעה באלטרנטיבות מס' 1,3,4 הופיעה ברמתה הגבוהה (H) ובאלטרנטיבה מס' 2 ברמתה הנמוכה (L).

מאפייני הנסיעה			אלטרנטיבה
אגרה	עלות	זמן	
Y	L	L	A
N	L	L	B
Y	H	L	C
N	H	L	D
Y	L	M	E
N	L	M	F
Y	H	M	G
N	H	M	H
Y	L	H	I
N	L	H	J
Y	H	H	K
N	H	H	L

איור מס' 6.1: תכנון פקטוריאלי מלא של הניסוי

Fig No. 6.1: Full factorial design

זמן הנסיעה:

שלוש רמות: גבוה (H), בינוני (M), נמוך (L).

זמן הנסיעה באמצעי הנסיעה ההמוניים (אלטרנטיבה מס' 2) הוא הגבוה ביותר (H) וזאת בגלל שנכלל בו גם זמן ההליכה לתחנות ההסעה וזמני העצירה בתחנות. זמן הנסיעה ברכב משלם אגרה (אלטרנטיבה מס' 1) וברכב המשנה את מועד הנסיעה (אלטרנטיבה מס' 4) הוא הקצר ביותר (L) כיוון שהנסיעה מתבצעת בתנאי נסיעה נוחים יחסית. באלטרנטיבה מס' 3 זמן הנסיעה בינוני (M), כיוון שהזמן כולל בתוכו גם את זמן ההגעה ממקום החניה מחוץ לטכניון אל תוך הטכניון.

התכנון הפקטוריאלי החלקי של הניסוי מתואר באיור מס' 6.2.

בתכנון זה ניתן לראות שבאלטרנטיבות 1,2,3 קיים יחס תחלופה בין התכונות. אלטרנטיבה מס' 4 דומיננטית על-פני אלטרנטיבה מס' 1 (משתני הזמן ועלות הנסיעה באותה רמה אך באלטרנטיבה מס' 4 משתנה האגרה אינו קיים) ועל-פני אלטרנטיבה מס' 3 (משתני האגרה ועלות הנסיעה באותה רמה אך זמן הנסיעה באלטרנטיבה מס' 4 קצר יותר).

מאפייני הנסיעה			אלטרנטיבה
אגרה	עלות	זמן	
Y	H	L	1 (C בתכנון המלא)
N	L	H	2 (J בתכנון המלא)
N	H	M	3 (H בתכנון המלא)
N	H	L	4 (D בתכנון המלא)

איור מס' 6.2: תכנון פקטוריאלי חלקי של הניסוי
 Fig No. 6.2: Fractional factorial design

6.3.4.2 קביעת ערכי הרמות

לאחר שקבענו בתכנון הניסוי את הערך היחסי והאורדינלי של זמן הנסיעה ועלות הנסיעה באלטרנטיבות השונות יש צורך לתת ערך קרדינלי לכל רמה שיאפיין אותה במהלך הניסוי.

כדי שהערך שינתן יהיה ראלי ככל האפשר נקבעו ערכי המשתנים בסקר בהתאם לשני אזורי מגורים עיקריים של העובדים:
 (1) בתוך העיר חיפה.

(2) מחוץ לעיר חיפה: הקריות, טבעון, עתלית וכ"ו.

הפרדה זו הכרחית כיוון שערכי זמן הנסיעה ועלות הנסיעה עבור עובדים המתגוררים בתוך חיפה, יהיו נמוכים יותר מהערכים עבור העובדים המתגוררים מחוץ לחיפה.

עלות הנסיעה (H או L):

עלות הנסיעה הבודדת מבית העובד לטכניון ברכב פרטי חושבה כמכפלה של עלות הנסיעה לק"מ במספר הק"מ. עלות הנסיעה הכוללת ברכב פרטי (עלויות קבועות ומשתנות) נכון למחירי חודש יוני 1993 הינה כ-80 א"ג לק"מ נסיעה. (הנתון לקוח מירחון "חשב" אוקטובר 1993, ומ"קובץ נתונים לניתוחים כלכליים של פרויקטים תחבורתיים" נובמבר 1993). עלות הנסיעה הבודדת באלטרנטיבה מס' 2 חושבה על-ידי חלוקת המחיר של כרטיס "חופשי חודשי" ב-44, שהוא מספר הנסיעות הממוצע לעבודה וחזרה, בחודש. זאת לנוכח העובדה שעובדי הטכניון המשתמשים בשרות ההסעות מחוייבים בתשלום מחיר הכרטיס.

עבור העובדים המתגוררים בחיפה חישוב עלות הנסיעה התבצע בצורה הבאה:
המרחק הממוצע מהבית לטכניון עבור עובדים אלה הינו כ-6 ק"מ לכן עלות הנסיעה
לגביהם ברכב פרטי היא $0.8 \times 6 = 4.8$ ש"ח. מכאן עלות הנסיעה עבורם כפי שתוארה
באלטרנטיבות 1,3,4 היתה 5 ש"ח (H).
מחיר כרטיס "חופשי חודשי" בחיפה הוא 101 ש"ח נכון למחירי חודש יוני 1993.
מחיר הנסיעה הבודדת מהבית לעבודה הוא $101/44 = 2.2$ מכאן עלות הנסיעה עבור
עובדים אלו באלטרנטיבה מס' 2 היתה 2 ש"ח (L).

עבור העובדים המתגוררים מחוץ לחיפה חישוב עלות הנסיעה התבצע בצורה הבאה:
המרחק הממוצע מהבית לטכניון הינו כ-12 עד 13 ק"מ לכן עלות הנסיעה לגביהם
ברכב פרטי היא $0.8 \times 12.5 = 10$ ש"ח. מכאן עלות הנסיעה עבורם כפי שתוארה
באלטרנטיבות 1,3,4 היתה 10 ש"ח (H).
מחיר כרטיס "חופשי חודשי" מחוץ לחיפה הוא 167 ש"ח נכון למחירי חודש יוני
1993. מחיר הנסיעה הבודדת מהבית לעבודה הוא $167/44 = 3.8$ מכאן עלות הנסיעה
עבור עובדים אלו באלטרנטיבה מס' 2 היתה 4 ש"ח (L).
איור מס' 6.3 מציג את ערכי עלות הנסיעה.

עלות הנסיעה		
	מחוץ לחיפה	בתוך חיפה
L (אלט' 2)	4 ש"ח	2 ש"ח
H (אלט' 1,3,4)	10 ש"ח	5 ש"ח

איור מס' 6.3: ערכי עלות הנסיעה

Fig No. 6.3: Travel cost values

זמן הנסיעה (H או M או L):

ערכי זמן הנסיעה מהבית לטכניון, עבור העובדים המתגוררים בתוך חיפה
ומחוצה לה מתוארים באיור מס' 6.4.
גם כאן, הערכים שנתנו לרמות השונות של זמני הנסיעה נקבעו כך שיהיו ראלים
ככל שניתן.

זמן הנסיעה		
	מחוץ לחיפה	בתוך חיפה
L (אלט' 1,4)	30-40 דקות	10-20 דקות
M (אלט' 3)	40-50 דקות	20-30 דקות
H (אלט' 2)	50-60 דקות	30-40 דקות

איור מס' 6.4: ערכי זמן הנסיעה
 Fig No. 6.4: Travel time values

6.3.5 הצגת הניסוי

6.3.5.1 הצגת האלטרנטיבות

במחקר זה נבחרה שיטת הבחירה (choice) כשיטה שבה יוצגו האלטרנטיבות לנשאל. שיטה זו היא השיטה המועדפת בסקרים הבודקים העדפות לגבי אמצעי נסיעה שונים (ראה פרק 5.3.2).

האלטרנטיבות הוצגו לנשאל על גבי כרטיסים. בכל כרטיס תוארו המשתנים של שתי אלטרנטיבות (זמן הנסיעה, עלות הנסיעה, אגרה) ומתוך זוג האלטרנטיבות התבקש הנשאל לבחור באלטרנטיבה העדיפה בעיניו (paired choice).

במצב ההיפוטטי הראשון, בו מוטלות אגרות כניסה לטכניון, קיימות בסט הבחירה ארבע אלטרנטיבות. את ארבע האלטרנטיבות ניתן לסדר בשש זוגות שהוצגו לנשאל על גבי שישה כרטיסים באופן הבא:

כרטיס מס' 1: אלטרנטיבה מס' 1: לנסוע ברכב פרטי ולשלם אגרת כניסה
 אלטרנטיבה מס' 2: לנסוע בהסעות עובדים או בתחבורה ציבורית

כרטיס מס' 2: אלטרנטיבה מס' 1: לנסוע ברכב פרטי ולשלם אגרת כניסה
 אלטרנטיבה מס' 3: לנסוע ברכב פרטי ולחנות מחוץ לטכניון

כרטיס מס' 3: אלטרנטיבה מס' 2: לנסוע בהסעות עובדים או בתחבורה ציבורית
 אלטרנטיבה מס' 3: לנסוע ברכב פרטי ולחנות מחוץ לטכניון

כרטיס מס' 4: אלטרנטיבה מס' 1: לנסוע ברכב פרטי ולשלם אגרת כניסה אלטרנטיבה מס' 4: לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה

כרטיס מס' 5: אלטרנטיבה מס' 2: לנסוע בהסעות עובדים או בתחבורה ציבורית אלטרנטיבה מס' 4: לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה

כרטיס מס' 6: אלטרנטיבה מס' 3: לנסוע ברכב פרטי ולחנות מחוץ לטכניון אלטרנטיבה מס' 4: לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה

במצב ההיפוטי השני בו מוטלות אגרות חניה בטכניון קיימות בסט הבחירה רק שלוש האלטרנטיבות הראשונות (אלטרנטיבות 1, 2 ו-3). שלוש האלטרנטיבות מסודרות כבר בשלוש זוגות על גבי כרטיסים מס' 1, 2 ו-3 ולכן כרטיסים אלו הזהים לכרטיסים המופיעים במצב ההיפוטי הראשון הוצגו לנשאל.

מספרי הכרטיסים נשארו קבועים במשך כל הניסוי. סדר הצגתם לנשאל היה אקראי, כלומר, לכל נשאל הוצגו הכרטיסים בסדר אחר.

קידוד האלטרנטיבות למספרים (אלטרנטיבה מס' 1, 2, 3, 4) משמש לנוחיות העבודה בלבד. בכרטיסיות עצמם לא הוצג הקידוד כיוון שזיהוי האלטרנטיבה עם מספר מסויים עלול לגרום להטיה בתהליך הבחירה. כדי להמנע מהטיה מסוג זה, כל אלטרנטיבה שהוצגה בצד ימין של הכרטיס נקראה באופן שיטתי אלטרנטיבה 1 וכל אלטרנטיבה שהוצגה בצד שמאל נקראה אלטרנטיבה 2.

מכיוון שהערכים שניתנו למשתנים תלויים במקום המגורים של הנשאל הוכנו מראש כרטיסים בהם ערכי זמן הנסיעה ועלות הנסיעה מתאימים לעובדים המתגוררים בחיפה וכרטיסים שהערכים בהם מתאימים לעובדים המתגוררים מחוץ לחיפה.

6.3.5.2 אופן ביצוע הסקר

סקר זה, נערך באמצעות ראיונות אישיים עם 240 העובדים שעלו במדגם. הראיון האישי הוא הדרך המועדפת לביצוע סקרי SP (ראה פרק 5.3.1). יתרונות הראיון האישי רלוונטים למחקר זה: המשוב מיידי, המראיין יכול להבהיר את מטלות בהתאם לקשיים המתעוררים במהלך הראיון, ובנוסף, אחוז המשיבים מתוך הנדגמים גבוה יחסית.

לצורך ביצוע הראיון הועסקו שישה מראיינים כאשר כל אחד מהם קיבל רשימה של כ-40 עובדים. במדריך הטלפון הפנימי של הטכניון ממנו נלקחו שמות הנדגמים מצויינת גם היחידה בה מועסק העובד כך שניתן היה לאתר את העובדים

טלפונית או ישירות במקום עבודתם. על המראיינים היה לאתר את העובד במשרדו בשעות העבודה ולבצע אז את הראיון או, לחלופין, לתאם (טלפונית או ישירות) את מועד ביצוע הראיון.

המראיינים קבלו הנחיות לגבי מטרת הסקר והמטלות שיוצגו לנשאלים. המראיינים וידאו במהלך הראיון שהמטלות שהוצגו בשאלון מובנות לנשאלים ונתנו הסברים והבהרות כאשר היה צורך בכך. בנוסף היו המראיינים ערים לתגובות ולהערות שבאו מצד הנשאלים.

יש לציין שלפני ביצוע הסקר נערך סקר חלוץ (pilot) בו רואיינו חמישה עובדים. סקר החלוץ הדגיש את החשיבות שיש לביצוע הסקר בשיטת הראיון האישי. המטלות היו ברורות לעובדים, אך כיוון שרוב העובדים ציינו שזו הפעם הראשונה בה הם משתתפים בסקר מסוג זה, נוכחותו של מראיין שהרחיב והסביר לנשאל את הנדרש ממנו, התבררה כהכרחית.

6.3.6 תאור השאלון

השאלון והכרטיסים שצורפו אליו שימשו ככלי המחקר בעבודה זו ובאמצעותם נאסף המידע הרלוונטי לצורך קידום מטרת המחקר.

השאלון הורכב מארבעה חלקים עקריים:

חלק ראשון: תאור כללי של מטרת המחקר והסברים לגבי המטלות הנדרשות.

חלק שני: סדרת שאלות בנושאי הרגלי הנסיעה והעבודה הקיימים באמצעותן ניתן לזהות את העובדים הנמנים על אוכלוסית המטרה. כמו כן נשאל העובד בחלק זה למקום מגוריו, בתוך חיפה או מחוצה לה.

חלק שלישי: תאור המצב ההיפוטיטי המתאים, הצגת הכרטיסיות המתאימות ובחינת השאלה מהו המחיר המקסימלי של האגרות אותו העובד מוכן לשלם.

חלק רביעי: איסוף פרטים סוציואקונומיים על הנשאלים.

החלק הראשון, השני והרביעי זהה בכל השאלונים. דוגמת החלקים הללו של השאלון מופיעה בנספח א'.

כדי להתאים ככל האפשר את תאור המצבים וערכי הרמות במשתנים לרקע של כל נשאל, קיימים בחלק השלישי ארבעה סוגים של שאלונים. בשאלון עצמו ישנן הנחיות

למראיינים המסבירות כיצד להתאים את סוג השאלון לכל נשאל.

ארבעת הסוגים האפשריים בחלק השלישי של השאלון הינם:

סוג 1: מתאר את המצב ההיפוטטי הראשון בו מוטלת אגרת כניסה לטכניון בין השעות 7:15 ל-8:30. הכרטיסים המוצגים מתאימים לעובדים שמקום מגוריהם בתוך חיפה.

סוג 2: מתאר את המצב ההיפוטטי הראשון בו מוטלת אגרת כניסה לטכניון בין השעות 7:15 ל-8:30. הכרטיסים המוצגים מתאימים לעובדים שמקום מגוריהם מחוץ חיפה.

סוג 3: מתאר את המצב ההיפוטטי השני בו מוטלת אגרת חניה בטכניון במשך כל שעות היום. הכרטיסים המוצגים מתאימים לעובדים שמקום מגוריהם בתוך חיפה.

סוג 4: מתאר את המצב ההיפוטטי השני בו מוטלת אגרת חניה בטכניון במשך כל שעות היום. הכרטיסים המוצגים מתאימים לעובדים שמקום מגוריהם בחוץ לחיפה.

דוגמאות של ארבעת סוגי השאלון ושל הכרטיסים המצורפים לכל סוג מופיעים בנספחים ב-ה'.

פרק 7: ניתוח התוצאות

פרק זה מציג את ניתוח התוצאות. הפרק סוקר את מאפייני אוכלוסית המדגם, מתאר את עקומת הביקוש לנסיעות, ואת תהליך תהליך הכיול של מודלים לפיצול נסיעות.

7.1 מאפייני אוכלוסית המדגם

7.1.1 גודל המדגם

המספר הכולל הראשוני של עובדים שנדגם מתוך מדריך הטלפון הפנימי של הסכניון כלל 240 נדגמים. מצויידיים במידע על היחידה בה מועסקים העובדים ובמספרי הטלפון הפנימיים שלהם הוטל על המראיינים לאתרם. מאמצייהם לאתר 42 עובדים עלו בתוהו, כך שבסה"כ נוצר קשר עם 198 עובדים (82.5%). הסיבות לכך שלא אותרו 42 עובדים מגוונות ומופיעות בטבלה מס' 7.1.

אחוז מסך העובדים שלא אותרו	מספר עובדים	הסיבות לאי איתור העובדים
31.0%	13	לא נמצאו פעמיים לפחות במשרד בזמן הגעת הפוקדים, בנוסף לא ניתן ליצור עימם קשר טלפוני
26.2%	11	העדרות ממושכת עקב מחלה, חופשה
16.6%	7	נמצאים בשבתון
26.2%	11	יצאו לגמלאות או לא עובדים יותר ועדיין מופיעים במדריך הטלפון הפנימי
100.0%	42	סה"כ

טבלה מס' 7.1: הסיבות לאי איתור העובדים

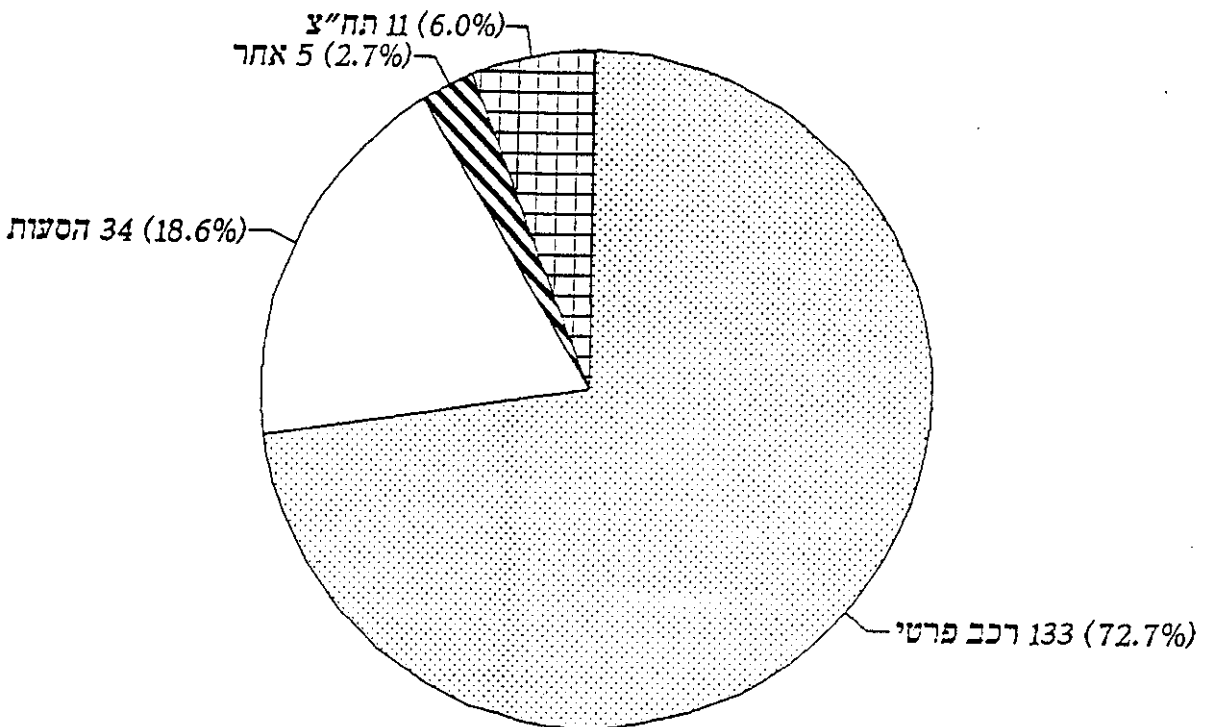
Table No. 7.1: Reasons for not locating the workers

מתוך 198 העובדים שאותרו על-ידי הפוקדים סרבו 15 עובדים להשתתף במחקר. בהתאם לכך, בסה"כ השתתפו בסקר $240 - 42 - 15 = 183$ עובדים המהווים 76% מהמספר

הכללי והראשוני של העובדים שעלה במדגם. שיעור השתתפות של 76% נחשב לגבוה יחסית וניתן לזקוף זאת לזכות שיטת הראיון האישי ואופן ביצוע הסקר.

7.1.2 הרגלי הנסיעה

בפני כל 183 העובדים תוארו בתחילת הראיון מטרות המחקר והמטלות הנדרשות. בהמשך, על מנת לאתר מתוכם את אוכלוסיית המטרה, כלומר את העובדים המגיעים לעבודה ברכב פרטי, נשאלו העובדים לגבי הרגלי הנסיעה שלהם מהבית לסכניון. פיצול הנסיעות בין אמצעי הנסיעה המתאר את אופן ההגעה לסכניון בקרב אוכלוסיית המדגם מופיע באיור מס' 7.1.



איור מס' 7.1: פיצול הנסיעות בקרב אוכלוסיית המדגם

Fig No. 7.1: Modal split of population sample

מהאיור ניתן לראות שהחלק הארי של אוכלוסיית המדגם (133 עובדים, 72.7%) מגיע לעבודה בטכניון ברכב פרטי. בשרות ההסעות של הטכניון משתמשים כ-18.5% מהעובדים. מאגף כח-אדם בטכניון נמסר שהטכניון מפעיל מדי יום 13 אוטובוסים כהסעות. כיוון שבכל אוטובוס כ-50 מקומות ישיבה, ניתן להניח שמספר המשתמשים בהסעות הוא בסביבות $50 \times 13 = 650$ איש המהווים כ-22% מתוך 3000 עובדי הטכניון. המחקר לא עוסק בשרות ההסעות שמקיים הטכניון ולכן לא נבדקה תפוסת

האוטובוסים, אך לאור הנתון הנ"ל, אחוז המשתמשים בהסעות כפי שהתקבל מאוכלוסית המדגם, מצטייר כראלי. זה המקום לציין שבאמצעי הנסיעה שנקרא באיור "אחר" נכללו עובדים שהולכים ברגל מביתם לטכניון (ויש כאלה), עובדים המגיעים בהסעים משותפים, או שכן משפחה מסייע אותם לטכניון.

133 העובדים המגיעים לעבודתם בטכניון ברכבם הפרטי מייצגים במדגם את אוכלוסיית המטרה, כלומר, מגיעים כיום לעבודתם בטכניון ברכב פרטי. בהתאם למבנה המחקר מטרותיו ומטלותיו כפי שתוארו בפרק 6.2, רק עובדים אלו השתתפו בהמשך הסקר. מכאן בהמשך העבודה, הצגת התוצאות וניתוחן מתבצעים על בסיס אוכלוסית המדגם המייצגת את אוכלוסיית המטרה וכוללת, כאמור, 133 נדגמים.

7.1.3 הרכב המדגם

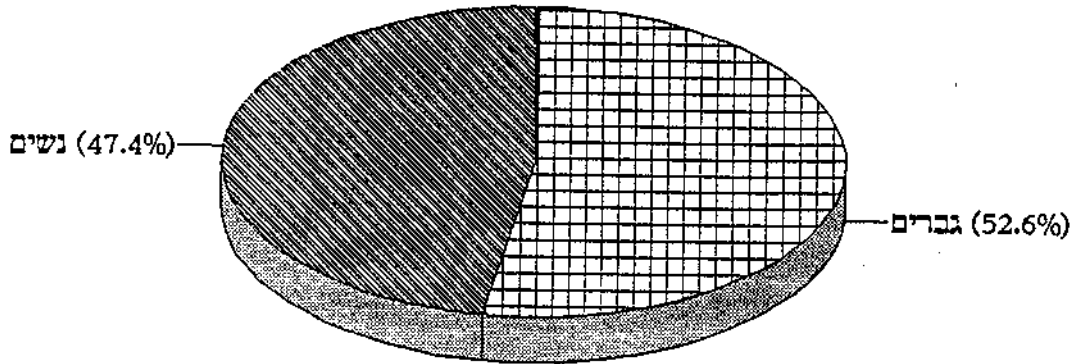
במהלך הסקר נשאלו העובדים אודות הרקע הסוציאקונומי שלהם. המאפיינים הסוציאקונומיים והדמוגרפיים שנבדקו היו: רמת הכנסה למשק בית, מספר כלי רכב למשק בית, מין העובד, מקום מגורים ועיסוק העובד בטכניון.

הפרטים שנאספו במלואם היו אודות מקום המגורים, מספר כלי רכב למשק בית ומין העובד. מידע לגבי רמת הכנסה למשק בית ולגבי התפקיד המדויק בטכניון, סירב חלק מהמראיינים למסור.

הרכב המדגם לפי הרקע הסוציאקונומי והדמוגרפי מופיע באיורים מס' 7.2-7.6.

חשוב לציין שהרכב המדגם מייצג את הרכב האוכלוסייה המגיעה לטכניון ברכב פרטי ולא את כלל עובדי הטכניון וכדי לקבוע עד כמה אוכלוסיית המדגם מייצגת את אוכלוסיית המטרה יש צורך בידיעת מאפייניה של אוכלוסיית המטרה. אוכלוסיית המטרה במחקר זה מאוד ספציפית ולא ניתן להשיג נתונים מדויקים אודותיה.

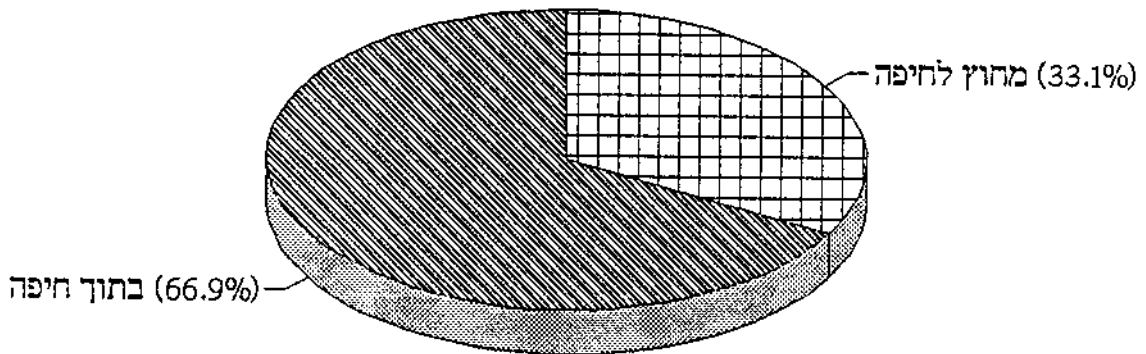
התפלגות המדגם לפי מין:



איור מס' 7.2: התפלגות המדגם לפי מין
Fig No. 7.2: Distribution of sample by sex

מאיור ניתן לראות שבאוכלוסית המדגם יש רוב, קטן אמנם, לגברים: 52.6% גברים ו-47.4% נשים. כלומר, לפי המדגם, 52.6% מהרכבים הפרטים של העובדים הנכנסים לטכניון נהוגים על-ידי גברים ו-47.4% נהוגים על-ידי נשים.

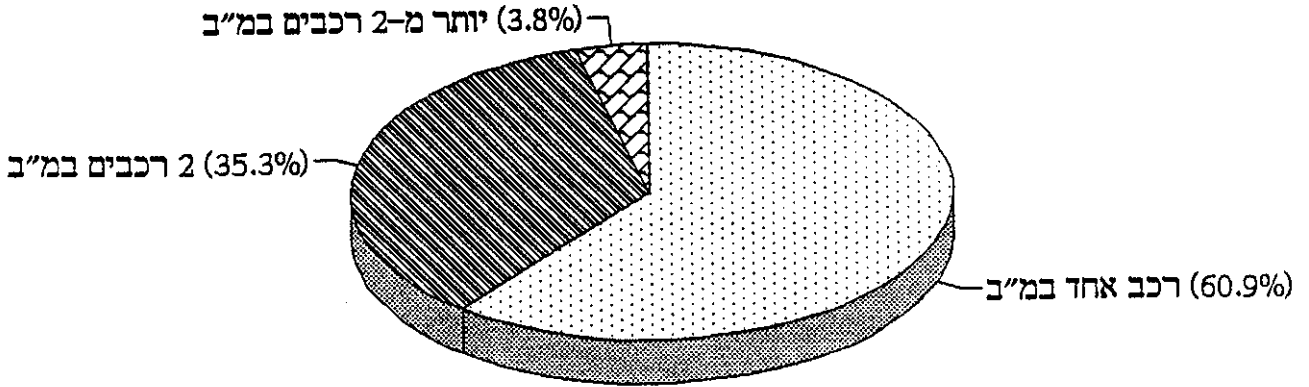
התפלגות המדגם לפי מקום מגורים:



איור מס' 7.3: התפלגות המדגם לפי מקום מגורים
Fig No. 7.3: Distribution of sample by domicile

מהאיור ברור, שבחלוקה בין אזורי מגורים, רוב העובדים הנמנים על המדגם (67%) מתגוררים באזור חֵיפָה. בנתון זה נעשה שימוש בסקר כאשר הוצגו הכרטיסים לעובדים. ערכי זמן הנסיעה ועלות הנסיעה שהוצגו ב-67% מהכרטיסים הותאמו לעובדים המתגוררים בחֵיפָה וב-33% מהכרטיסים הם הותאמו לעובדים המתגוררים מחוץ לחֵיפָה.

התפלגות המדגם לפי מספר כלי-רכב במשק בית

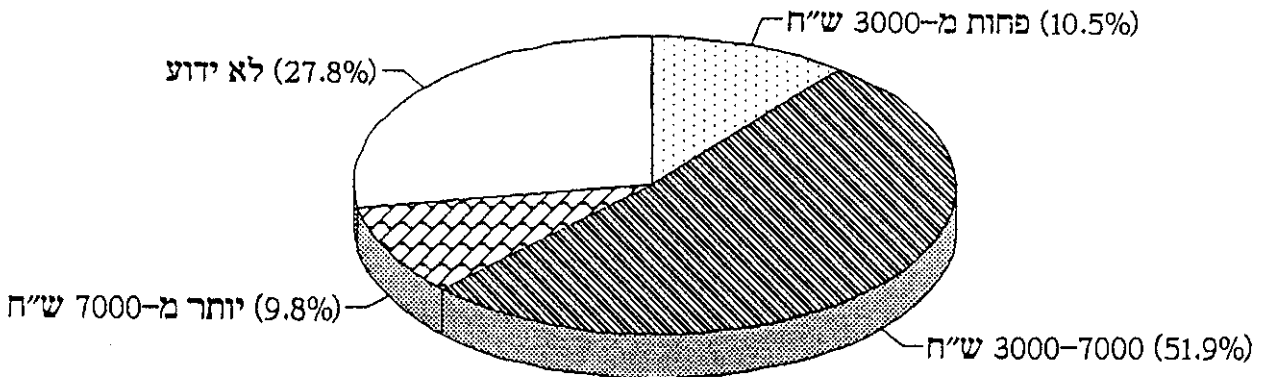


איור מס' 7.4: התפלגות המדגם לפי מס' כ"ר במשק בית

Fig No. 7.4: Distribution of sample by number of vehicles per household

בממוצע לפי המדגם, עומדים 1.44 כלי רכב לרשות כל משק בית. לפי הממוצע הארצי, עומדים 0.7 כלי רכב למשק בית. הממוצע הארצי חושב על-ידי חלוקת סה"כ כלי הרכב הפרטיים למספר משקי הבית. לפי אותו חישוב באזור חיפה, יש בממוצע 0.76 כלי רכב למשק בית. הממוצע שנמצא במחקר גבוה יחסית לממוצע הארצי והאזורי. הסבר, חלקי לפחות, לממצא זה טמון בעובדה שהעובדים ששותפו במחקר מגיעים לעבודה ברכב פרטי ולכן יש לפחות רכב פרטי אחד במשק הבית של העובד.

התפלגות המדגם לפי רמת הכנסה



איור מס' 7.5: התפלגות המדגם לפי רמת הכנסה

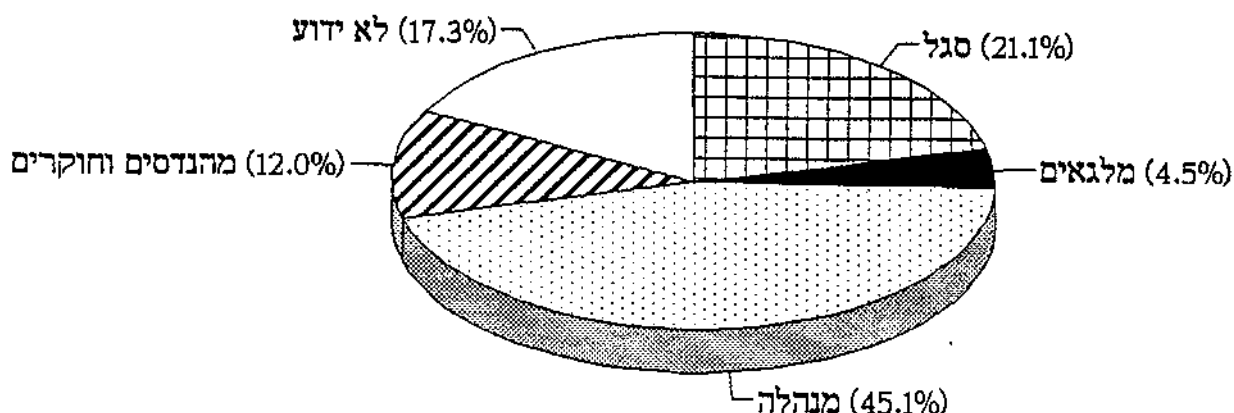
Fig No. 7.5: Distribution of sample by income

הנתונים לגבי רמת ההכנסה אינם מלאים כיוון ש 27.8% סרבו למסור אינפורמציה לגבי נתון זה. כמראה באיור, ההכנסה החודשית נטו למשק בית אצל הנדגמים נעה בטווח שבין 3,000-7,000 ש"ח. נציין שההכנסה החודשית נטו בממוצע למשק בית

בישראל הינה 4,300 ש"ח.

הנתונים שנאספו על התפלגות המדגם לפי רמת הכנסה ולפי מספר כלי רכב למשק בית מצביעים על כל שמאפייניה הסוציואקונומיים של אוכלוסית המדגם, גבוהים מהממוצע הארצי.

התפלגות המדגם לפי עיסוק



איור מס' 7.6: התפלגות המדגם לפי עיסוק

Fig No. 7.6: Distribution of sample by occupation

כמתואר באיור סרבו 17.3% למסור פרטים או להגדיר את התפקיד בו הם מועסקים בטכניון. הסבר חלקי לכך טמון בעובדה שחלק מהעובדים אינם יכולים לסווג עצמם באופן בלעדי לקטגוריה אחת בלבד. לדוגמא, חוקר העוסק גם בהוראה. אינדיקציה לגבי מידת הייצוגיות של המדגם ניתן לקבל לפי אחוז חברי הסגל. בטכניון 750 חברי סגל המהווים 25% מאוכלוסית העובדים בטכניון. איסוף הנתונים על התפלגות המדגם לפי עיסוק הראה שחברי הסגל מהווים 21.1% מאוכלוסית המדגם. מכיוון שחלק מהנדגמים שסרבו למסור פרטים על עיסוקם יכולים להיות חברי סגל, ניתן להניח שאחוז חברי הסגל במדגם היה קצת למעלה מ-21.1% והמדגם אכן משקף נאמנה את אוכלוסית המטרה.

התפלגות המדגם לפי שעות ההגעה לעבודה

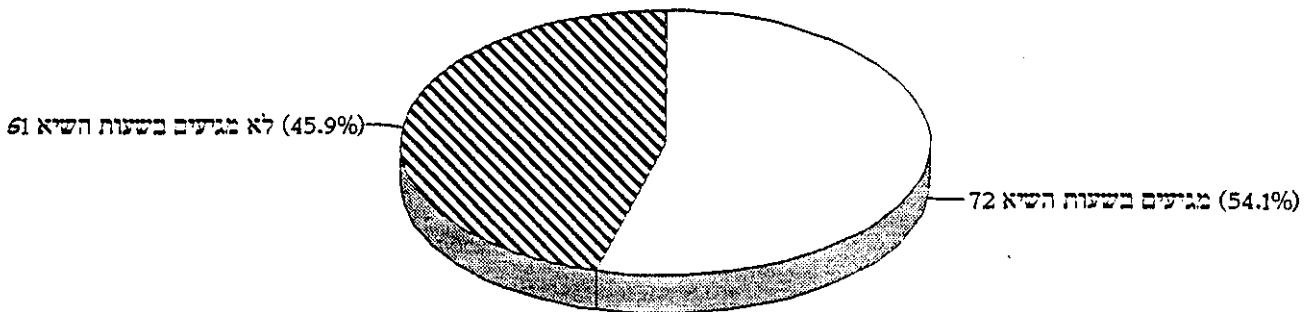
133 העובדים שנשאלו לגבי שעות הגעתם לעבודה, חולקו בהתאם לשעות אלו לשתי הקטגוריות הבאות בהתאם למתואר בפרק על תאור המחקר:

1) עובדים שבדרך כלל נוהגים להגיע לטכניון בשעות השיא, כלומר, בין השעות 7:15 עד 8:30 בבוקר. בפניהם תואר המצב ההיפוסטי הראשון בו כל רכב פרטי הנכנס לטכניון בשעות השיא בין 7:15 ועד 8:30 בבוקר יחוייב בתשלום אגרת

כניסה.

2) עובדים שבדרך כלל אינם מגיעים לטכניון בשעות השיא (כלומר מגיעים לפני 7:15 או אחרי 8:30). בפניהם יתואר המצב ההיפוטיטי השני בו כל רכב פרטי הנכנס לטכניון (ולא משנה באיזה שעה) יחוייב בתשלום, על בסיס יומי, עבור החניה בקרית הטכניון.

התפלגות המדגם לפי שעות הגעה לעבודה מוצגת באיור מס' 7.7.



איור מס' 7.7: התפלגות המדגם לפי שעות ההגעה לעבודה

Fig No. 7.7: Distribution of sample by arrival hours

מתוצאות הסקר נמצא שמתוך 133 העובדים 72 נמנים על הקטגוריה הראשונה, ו-61 נמנים על הקטגוריה השנייה. מכאן, המטלות העוסקות בכיול מודל פיצול ותאור עקומת הביקוש לנסיעות המתאימים למצב בו מוטלת אגרת כניסה התבססו על הצהרותיהם של 72 עובדים. מטלות אלו המתאימות למצב בו מוטלת אגרת חניה התבססו על הצהרותיהם של 61 עובדים. נזכיר שהמספר המינימלי של נדגמים הנדרש לכיול מודל פיצול נסיעות כאשר הסקר נעשה לפי עקרונות התכנון של שיטת ההעדפה המוצהרת הוא 60.

7.2 עקומת הביקוש לנסיעות

סעיף זה עוסק במטלה הראשונה שהוגדרה לצורך קידום מטרת המחקר: בניית עקומת הביקוש לנסיעות: תאור עקומת הביקוש, הערכת גמישות הביקוש ומשמעותה ואמידת הנכונות לשלם עבור אגרות גודש וחניה.

7.2.1 הנכונות לשלם אגרות

בדיקת הנכונות לשלם התבצעה בסקר באמצעות הצגת השאלה מהו המחיר המקסימלי שהנשאל מוכן לשלם עבור האגרות, כאשר הטלת האגרות מביאה לשיפור בתנאי הנסיעה (ראה פרק 6.3.3).

הקטגוריה הראשונה מנתה, כאמור, 72 נשאלים ובפניהם תואר המצב ההיפוטי הראשון: בטכניון תוטל אגרות כניסה אותה יחוייב לשלם כל רכב פרטי שיכנס לטכניון בשעות הגודש בבוקר בין 7:15 ועד 8:30. 26 נשאלים (36%) התנגדו בתוקף לרעיון והצהירו שהם מסרבים בכלל לשלם אגרת כניסה. הנכונות לשלם בקרב 46 העובדים שהסכימו לשלם (המהווים 64% מהנשאלים בקטגוריה זו) מוצגת בטבלה מס' 7.2.

גובה האגרה המקסימלי	מס' המוכנים לשלם	% המוכנים לשלם
10 ש"ח	1	2.2%
8 ש"ח	1	2.2%
6 ש"ח	4	8.7%
4 ש"ח	7	15.2%
2 ש"ח	33	71.7%
סה"כ	46	100.0%

טבלה מס' 7.2: נכונות לשלם אגרת כניסה

Table No. 7.2: Willingness to pay entrance toll

ברור, שככל שמחיר אגרת הכניסה קטן מספר האנשים המוכנים לשלם עבורה גדל.

הקטגוריה השנייה מנתה, כאמור, 61 נשאלים ובפניהם תואר המצב ההיפוטי

השני: החנייה בקרית הטכניון תהיה כרוכה בתשלום אגרת חניה על בסיס יומי. 14 נשאלים (23%) התנגדו בתוקף לראיון והצהירו שהם מסרבים בכלל לשלם אגרת חניה. הנכונות לשלם בקרב 47 העובדים שהסכימו לשלם (המהווים 77% מהנשאלים בקטגוריה זו) מוצגת בטבלה מס' 7.3.

גובה האגרה המקסימלי	מס' המוכנים לשלם	% המוכנים לשלם
10 ש"ח	2	4.2%
8 ש"ח	3	6.4%
6 ש"ח	6	12.8%
4 ש"ח	10	21.3%
2 ש"ח	26	55.3%
סה"כ	47	100.0%

טבלה מס' 7.3: נכונות לשלם אגרת חניה

Table No. 7.3: Willingness to pay parking toll

גם כאן, ברור, שככל שגובה האגרת החניה קטן, מספר האנשים המוכנים לשלם עבורה גדל.

אתו המוכנים לשלם עבור אגרות החניה גבוה יותר ועומד על 77% (בקטגוריה השנייה) לעומת כ-64% המוכנים לשלם עבור אגרת כניסה. בנוסף, מחירה הממוצע של אגרת החניה בקרב הנהגים המוכנים לשלם עבורה, עומד על 3.65 ש"ח, בעוד שהמחיר הממוצע של אגרת הכניסה בקרב הנהגים המוכנים לשלם עבורה נמוך יותר - 2.95 ש"ח בלבד.

7.2.2 תאור עקומת הביקוש

ידיעת מספרם של הנשאלים המוכנים לשלם גובה אגרה מסויים, אפשר את אמידתה של עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרה. המיפוי גרפי של הנקודות לפיו נאמדה עקומת הביקוש נערך בצורה הבאה: כאשר גובה האגרה יהיה 10 ש"ח יסעו האנשים שמוכנים לשלם 10 ש"ח בלבד. כאשר גובה האגרה יהיה 8 ש"ח יסעו האנשים שמוכנים לשלם לפחות 8 ש"ח, במחיר של 2 ש"ח בלבד, יסעו כל האנשים שמוכנים לשלם עבור אגרות.

באיור מס' 7.8 מתוארת עקומת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי כאשר מוטלת אגרת כניסה ובאיור מס' 7.9 עקומת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי כאשר מוטלת אגרת חניה. על הציר האופקי מוצגת כמות הנסיעות המבוקשת במדגם (מספר האנשים שישעו במחיר זה) ובציר האנכי מוצג גובה האגרה בש"ח.

התבוננות באיורים מאשרת את השערת המחקר שעקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה וחניה יורדת משמאל לימין והיא בעלת שיפוע שלילי. כלומר, ירידה במחיר האגרות תביא לעליה בכמות הנסיעות המבוקשת ובנפח התנועה. ניתן להבחין שצורת עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרה וחניה הינה היפרבולה קמורה לראשית. נבסס אבחנה זו על בסיס אנליטי באמצעות רגרסיה ליניארית.

הביטוי המתמטי המתאים לתאור היפרבולה הינו:

$$(7.1) \quad Q = C \cdot P^z$$

כאשר:

Q - כמות הנסיעות המבוקשת ברכב פרטי בתנאי אגרה (נפח התנועה).

P - גובה האגרה.

C - קבוע כלשהוא.

$z < 0$.

משוואה זו בתנאים אלו מתארת עקומת ביקוש היפרבולית קמורה לראשית בעלת גמישות ביקוש קבועה לכל אורכה, כאשר z בערך מוחלט, מייצג את ערך הגמישות הקבועה (ראה פרק 4.3.1).

ביצוע טרנספורמציה מתאימה על משוואה (7.1) מביא לקבלת המשוואה הבאה:

$$(7.2) \quad \ln Q = \ln C + z \ln P$$

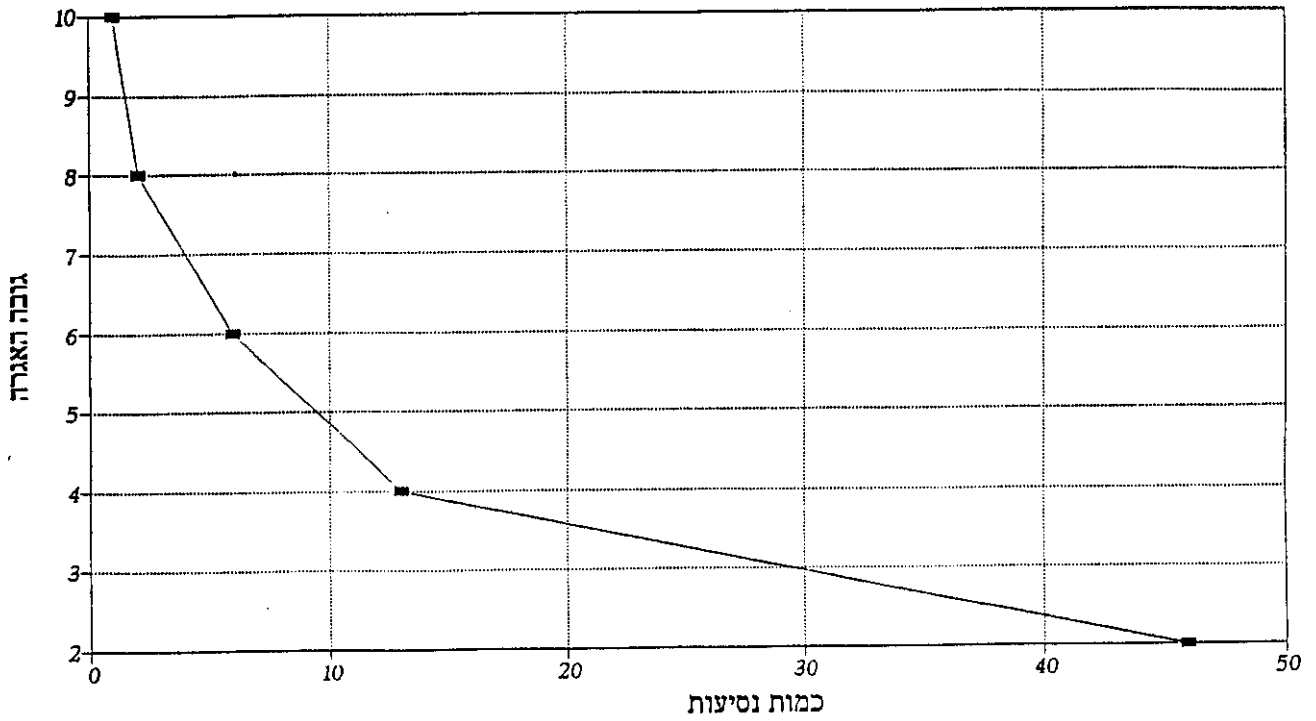
משוואה זו מתארת קשר ליניארי, כאשר $\ln P$ הוא המשתנה הב"ת ו- $\ln Q$ המשתנה התלוי.

מתוצאות הרצת הרגרסיה עבור הנתונים לפיהם נאמדה עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה התקבלו הערכים הבאים:

$$z = -2.35$$

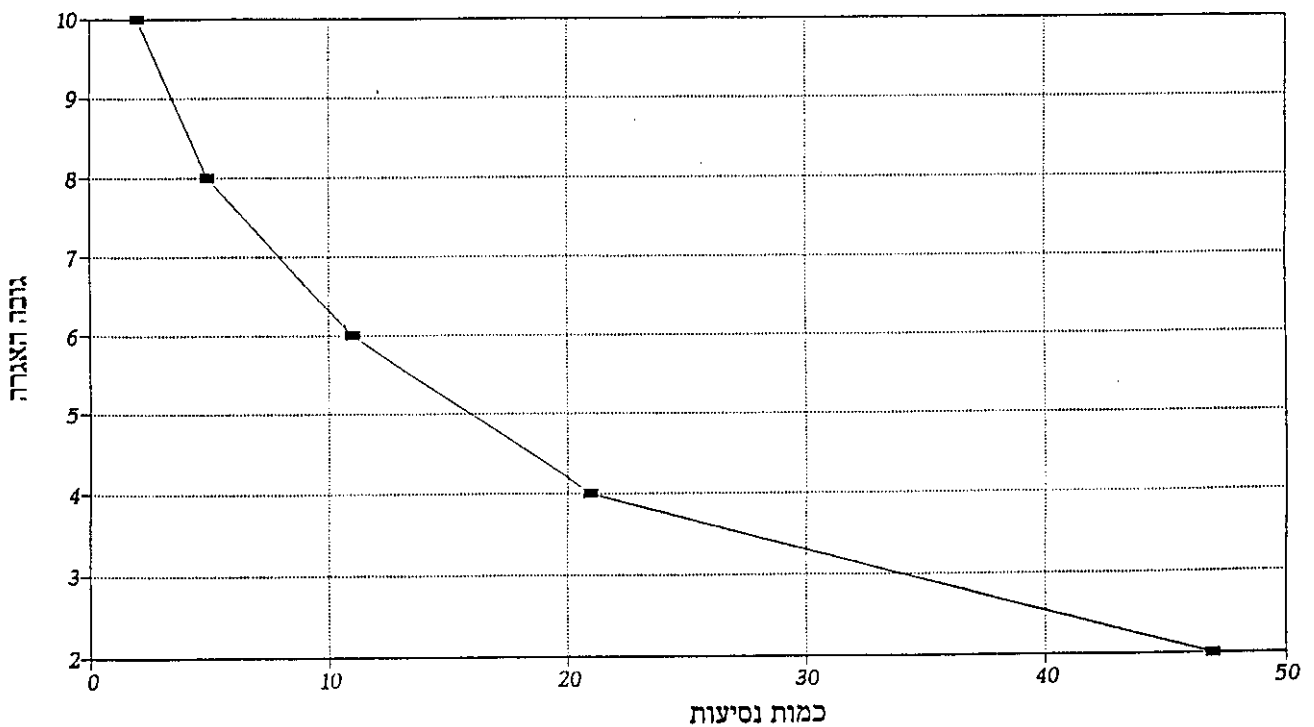
$$\ln C = 5.65$$

$$R^2 = 0.97$$



איור מס' 7.8: עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה

Fig No. 7.8: Travel demand curve for entrance toll



איור מס' 7.9: עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת חניה

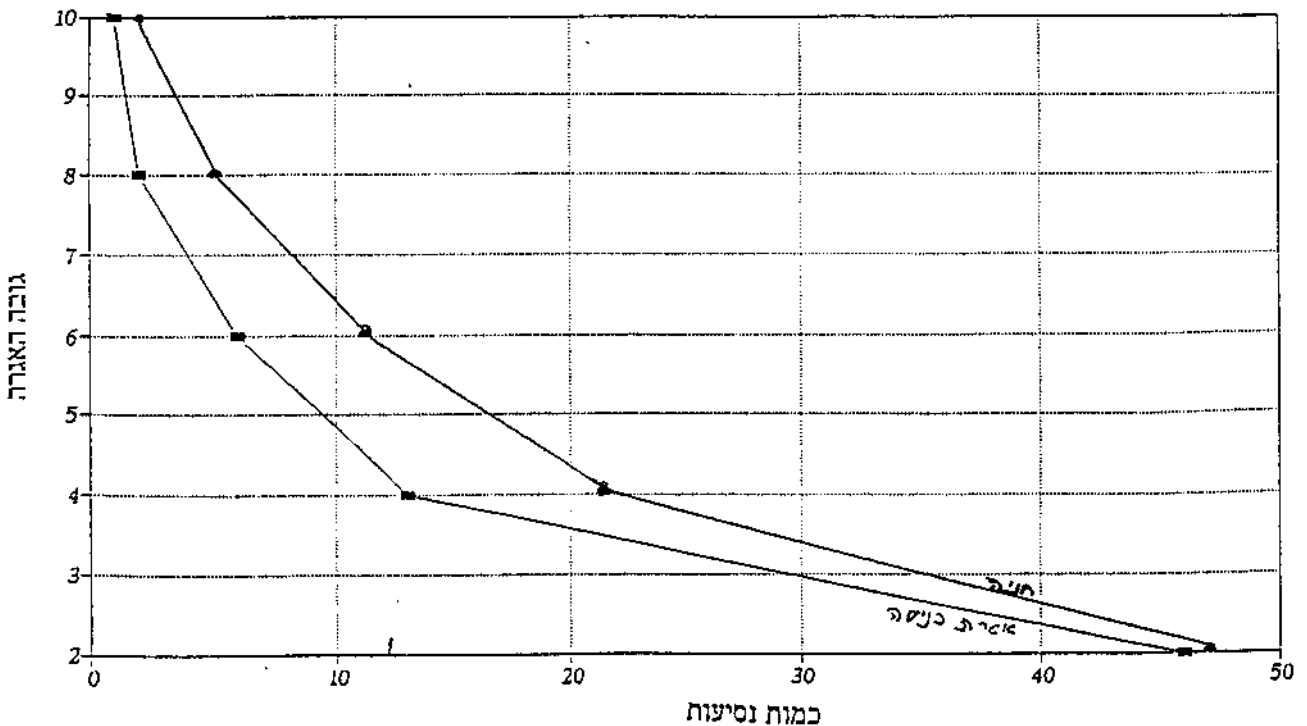
Fig No. 7.9: Travel demand curve for parking toll

מתוצאות הרצת הרגרסיה עבור הנתונים לפיהם נאמדה עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת חניה התקבלו הערכים הבאים:

$$z = -1.86$$
$$\ln C = 5.40$$
$$R^2 = 0.93$$

ערכו הגבוה מאוד של מקדם המתאם R^2 שהתקבל בשתי ההרצות מצביע בוודאות על כך שמשוואה (1) המתארת היפרבולה קמורה לראשית היא המתאימה לתאור עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרה ולתאור עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי חניה.

כדי לבדוק האם יש זמיון בהתנהגות הכללית של העקומות הוצגו באיור מס' 7.10 שתי העקומות על מערכת צירים אחת. מהאיור ניתן לשער שהתנהגותן דומה אולם כדי לאשש השערה זו יש לבדוק האם ערכו של z כפי שהתקבל עבור שתי העקומות דומה. מכיוון שלפי משוואה (7.2) z מתאר את שיפוע הקו הלינארי נערך מבחן השערות על השיפועים. במבחן שנערך נמצא שברמת מובהקות של 5% יש לדחות את ההשערה ששיפועי העקומות שווים, כלומר, יש הבדל מובהק בהתנהגות העקומות הבא לידי ביטוי בערכו של z .



איור מס' 7.10: עקומות הביקוש לנסיעות בתנאי אגרות כניסה וחניה

Fig No. 7.10: Travel demand curves for entrance and parking tolls

7.2.3 גמישות הביקוש

הצורה המיוחדת של עקומות הביקוש לנסיעות שהוצגה בפרוט בסעיף הקודם, מאפיינת משפחה מיוחדת של עקומות ביקוש (ראה פרק 4.3.1) שתכונתן גמישות ביקוש קבועה לכל אורך העקומה כאשר z בערך מוחלט מייצג את ערך הגמישות הקבועה. כיוון שנמצא הבדל מובהק בערכו של z בשני המצבים ניתן לומר שגמישות עקומת הביקוש לנסיעות במצב המתאר הטלת אגרת כניסה שונה ברמת מובהקות של 5% מגמישות עקומת הביקוש לנסיעות במצב המתאר הטלת אגרת חניה.

גמישויות הביקוש כפי שנאמדו במחקר זה הינן:

* גמישות הביקוש לנסיעות ברכב פרטי בתנאי אגרת כניסה: 2.35

* גמישות הביקוש לנסיעות ברכב פרטי בתנאי אגרת חניה: 1.86

ערכי הגמישות שנמצאו במחקר זה, תואמים להשערות המחקר והם גבוהים יחסית לערכים המדווחים בספרות (בין 0.3 ל-1.6 כאשר רוב הערכים נמוכים מ-1, ראה פרק 4.3.2).

7.3 כיול מודלים של פיצול נסיעות

סעיף זה מתאר את תהליך כיולם של מודלים מתאימים לפיצול נסיעות. באמצעות המודלים ניתן לאמוד את הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות שהוצגו במחקר לאחר הטלת האגרות ולאמוד את מקדמי המודל המתארים את ההשפעה שיש למאפייני הנסיעה ולמאפייני הפרט שנכללו במודלים על התועלת מאלטרנטיבה המתארת אמצעי נסיעה.

נזכיר את האלטרנטיבות שהוצגו בפני הנשאלים:

אלטרנטיבה מס' 1: לנסוע ברכב פרטי ולשלם אגרה.

אלטרנטיבה מס' 2: לנסוע בהסעות עובדים או בתחבורה ציבורית.

אלטרנטיבה מס' 3: לנסוע ברכב פרטי ולחנות מחוץ לטכניון.

אלטרנטיבה מס' 4: לנסוע ברכב פרטי לשנות את מועד הנסיעה (אלטרנטיבה זו הוצגה רק בפני הקטגוריה הראשונה).

כיול המודלים נעשה באמצעות תוכנת ALOGIT (Hague Consulting Group, 1992)

7.3.1 תועלת הצרכן

תועלת הפרט מאלטרנטיבה i המתארת אמצעי נסיעה הוגדרה באמצעות פונקצית תועלת

מהצורה הבאה:

$$(7.3) \quad U_i = U(Z, S_n)$$

כאשר:

U_i תועלת הצרכן מאלטרנטיבה i

Z משתני הנסיעה

S_n משתני הפרט

ההנחה עליה התבסס כיוול המודל הינה שפונקציות התועלת לינאריות, כלומר, תרומת המשתנים לפונקציות התועלת אדטיבית.

בפונקציות התועלת נכללו המשתנים הבאים:

משתני הנסיעה:

אגרה

זמן הנסיעה

עלות הנסיעה

משתנים אלו יצרו את תכנון הניסוי ובאמצעותם הוגדרו ההבדלים בין האלטרנטיבות.

מאפייני הפרט:

מספר כלי רכב למשק בית

מין העובד

מאפייני רמת ההכנסה של הפרט והעיסוק בטכניון לא נכללו בהגדרת פונקציות התועלת במודל. ההחלטה שלא לכלול אותם נבעה מכך שנתונים אלו לא נאספו במלואם כיוון שחלק מהעובדים סרבו למסור נתונים לגביהם. בכל מקרה אין בידינו מידע מספק אודות משתנים אלו ולכן לא רצוי לכלול אותם במודלים.

משתני זמן הנסיעה ועלות הנסיעה הינם משתנים ג'נריים (כלליים) והופיעו כמסבירים בכל האלטרנטיבות.

משתנה האגרה הוא ספציפי לאלטרנטיבה מס' 1.

המשתנה המתאר את מספר הרכבים במשק בית מופיע כמסביר באלטרנטיבות המתארות נסיעה ברכב פרטי, כלומר באלטרנטיבות 1,3,4.

המשתנה המתאר את מין העובד הוא ספציפי לאלטרנטיבה מס' 2 בלבד.

בהגדרת התועלת מאלטרנטיבות 2,3,4, נכלל כמשתנה מסביר גם קבוע אלטרנטיבה. הקבוע מתאר את ההטיה הבסיסית לכוון אלטרנטיבות אלו יחסית לאלטרנטיבה מס' 1.

להלן פונקציות התועלת מהאלטרנטיבות השונות כפי שהוגדרו במודל:

$$(7.4) U1 = \text{time} * X1 + \text{cost} * X2 + \text{carown} * X3 + \text{toll} * X4$$

$$(7.5) U2 = \beta_2 + \text{time} * X1 + \text{cost} * X2 + \text{women} * X5$$

$$(7.6) U3 = \beta_3 + \text{time} * X1 + \text{cost} * X2 + \text{carown} * X3$$

$$(7.7) U4 = \beta_4 + \text{time} * X1 + \text{cost} * X2 + \text{carown} * X3$$

כאשר:

$U1, U2, U3, U4$ התועלת מאלטרנטיבה 1, 2, 3, 4 בהתאמה.

$X1$ משתנה זמן הנסיעה.

$X2$ משתנה עלות הנסיעה.

$X3$ משתנה בעלות רכב.

$X4$ משתנה האגרה.

$X5$ משתנה דמי: מין העובד (גבר או אשה).

כאשר: cost מקדם משתנה עלות הנסיעה.

time מקדם משתנה זמן הנסיעה.

carown מקדם משתנה בעלות רכב (מס' כ"ר במשק בית).

toll מקדם משתנה האגרה.

women מקדם משתנה מין העובד.

β_2 קבוע אלטרנטיבה מס' 2 (לנסוע בהסעות עובדים או בתח"צ)

β_3 קבוע אלטרנטיבה מס' 3 (לנסוע ברכב פרטי ולחנות מחוץ לסכניון)

β_4 קבוע אלטרנטיבה מס' 4 (לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה)

7.3.2 הצגת הנתונים

המידע שנאסף במחקר ושימש כקלט לאמידת המודלים כלל לגבי כל מרואיין את הנתונים הבאים:

* מאפייני המרואיין: מין ומספר רכבים למשק בית.

* מאפייני הנסיעה בכל אלטרנטיבה: עלות הנסיעה וזמן הנסיעה בהתאם לאזור המגורים וגובה האגרה שהמרואיין מוכן לשלם.

* האלטרנטיבה שנבחרה מכל זוג אלטרנטיבות שהוצג בפניו.

7.3.2.1 שיטות להצגת הנתונים

המבנה המיוחד של הצגת האלטרנטיבות בזוגות pairwise choice מאפשר עבור כל מצב הצגת הנתונים בקובץ הקלט בשתי שיטות. נבחר זאת תחילה באמצעות המצב בו מוטלת אגרת חניה בטכניון.

במצב המתאר הטלת אגרת חניה:

סט הבחירה במצב זה כולל כולל שלוש אלטרנטיבות (אלטרנטיבה מס' 1,2,3). האלטרנטיבות מוצגות בזוגות בפני המרואיין: אלטרנטיבות 1 ו-2 (כרטיס ראשון) אלטרנטיבות 1 ו-3 (כרטיס שני) אלטרנטיבות 2 ו-3 (כרטיס שלישי). עבור כל מרואיין יש בידינו שלוש תצפיות: הבחירה שלו בין אלטרנטיבות 1 ו-2, הבחירה שלו בין אלטרנטיבות 1 ו-3 והבחירה שלו בין אלטרנטיבות 2 ו-3.

שתי השיטות להצגת המידע הינן:

(1) בחירה choice:

מכיוון שבידינו מידע על שלוש בחירות שנעשו על-ידי המרואיין, כל מרואיין מספק לנו שלוש תצפיות. כיוון ש-61 נשאלים נשאלו לגבי המצב הזה, קובץ הקלט במקרה זה כולל $61 \times 3 = 183$ תצפיות.

(2) דרוג ranking:

לפי שיטה זו כאשר המרואיין בוחר באופן טרנזיטיבי בין האלטרנטיבות, הבחירות שנעשו עקביות וניתן לדרג את האלטרנטיבות לפי סדר ההעדפה שלהם בעיני המרואיין; כלומר, האלטרנטיבה שנבחרה פעמיים (בשני כרטיסים שונים) תדורג ראשונה והיא העדיפה ביותר, האלטרנטיבה שנבחרה פעם אחת (בכרטיס אחד בלבד) תדורג שניה והאלטרנטיבה שלא נבחרה כלל תדורג שלישית. בצורה זו, יש בידינו מידע לגבי סדר העדפה של האלטרנטיבות וכל מרואיין מספק תצפית אחת. כאשר הבחירה שנעשתה איננה עקבית, לדוגמא, $3 > 1$, $2 > 3$, $1 > 2$ (הסימן > מתאר את האלטרנטיבה המועדפת שנבחרה) כל אלטרנטיבה נבחרה פעם אחת בלבד, לא ניתן לדרג את האלטרנטיבות ולכן התצפית המתארת את אותו מרואיין לא נכללת בקובץ הנתונים.

מתוך 61 הנשאלים שנשאלו לגבי המצב הזה רק שלושה נשאלים (כ-5%) לא בחרו באופן טרנזיטיבי ולא ניתן לדרג את העדפותיהם כלפי האלטרנטיבות. קובץ הנתונים כלל במקרה זה רק 58 תצפיות.

יש לציין שכדי שניתן יהיה לנתח את הנתונים המוצגים בצורה של דרוג באמצעות מודל LOGIT של בחירה בדידה, נהוג להשתמש בפרוצדורה של "exploded logit" (Chapman & Stalin, 1982). הפרוצדורה הופכת את נתוני הדרוג לקבוצות פשוטות של בחירה. לדוגמא: אם הדרוג של האלטרנטיבות שהוצג שהוצג הינו $1 > 2 > 3$ אזי הפרוצדורה תציג אינפורמציה זו בצורה המתארת שאלטרנטיבה 1 נבחרה מתוך סט הבחירה שכלל את אלטרנטיבות 1, 2 ו-3 ואלטרנטיבה 2 נבחרה מתוך סט הבחירה שכלל את אלטרנטיבות 2 ו-3. פרוצדורה זו מבוצעת אוטומטית על אלטרנטיבות המוצגות בצורה של דרוג בתוכנת ALOGIT.

במצב המתאר הטלת אגרת כניסה:

מצב זה תואר בפני 72 נשאלים. סט הבחירה כלל 4 אלטרנטיבות (אלטרנטיבה מס' 1, 2, 3, 4) שהוצגו בזוגות על גבי ששה כרטיסים.

כאשר הצגת הנתונים מתבצעת לפי שיטת הבחירה יש בידינו 6 תצפיות על כל מרואיין: הבחירות שלו בין זוגות האלטרנטיבות 1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4. בסה"כ $6 \times 72 = 432$ תצפיות.

כאשר הצגת הנתונים מתבצעת לפי שיטת הדרוג ניתן לדרג את ארבע האלטרנטיבות באופן הבא: האלטרנטיבה שנבחרה 3 פעמים (בשלושה כרטיסים שונים) תדורג ראשונה, האלטרנטיבה שנבחרה פעמיים (בשני כרטיסים שונים) תדורג שניה, האלטרנטיבה שנבחרה פעם אחת (בכרטיס אחד בלבד) תדורג שלישית והאלטרנטיבה שכלל לא נבחרה כלל תדורג רביעית. כמובן שדרוג זה מותנה בבחירות טרנזיטיביות. מתוך 72 הנשאלים שנשאלו לגבי מצב זה שבעה נשאלים (כ-10%) לא בחרו באופן טרנזיטיבי ולכן לא ניתן לדרג את העדפותיהם כלפי האלטרנטיבות. קובץ הנתונים כלל, לכן, במקרה זה 65 תצפיות.

7.3.3 אמידת המקדמים

אמידת המקדמים המודל LOGIT מתבססת על שיטת הנראות המקסימלית, ועל ההנחה לפיה לאוכלוסיה ככלל וקטור מקדמים זהה. (ראה פרק 3.3.1.2).

במסגרת המחקר נאמדו מקדמי המודל המתאר את המצב בו מוטלת אגרת חניה ומקדמי המודל המתאר את המצב בו מוטלת אגרת כניסה.

בכל מודל נאמדו המקדמים בשתי דרכים:

- 1) המידע על האלטרנטיבות שנבחרו הוצג כבחירה.
- 2) המידע על האלטרנטיבות שנבחרו הוצג כדרוג.

טבלה מס' 7.4 מסכמת את תוצאות האמידה שהתקבלו בשתי הדרכים עבור המודל המתאר את המצב בו מוטלת בטכניון אגרת חניה.

טבלה מס' 7.5 מסכמת את תוצאות האמידה שהתקבלו בשתי הדרכים עבור המודל המתאר את המצב בו מוטלת בטכניון אגרת כניסה.

נזכיר: cost מקדם משתנה עלות הנסיעה

time מקדם משתנה זמן הנסיעה

carown מקדם משתנה מס' כ"ר במשק בית

toll מקדם משתנה גובה האגרה

women מקדם משתנה מין העובד

β_2 קבוע אלטרנטיבה מס' 2 (לנסוע בהסעות עובדים או בתח"צ)

β_3 קבוע אלטרנטיבה מס' 3 (לנסוע ברכב פרטי ולחנות מחוץ לטכניון)

β_4 קבוע אלטרנטיבה מס' 4 (לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה)

הסימן כוכבית (*) ליד ערך המקדם שנאמד, מצביע על כך שהמשתנה מובהק ברמת מובהקות של 10% והסימן שתי כוכביות (**) ליד ערך המקדם שנאמד, מצביע על כך שהמשתנה מובהק גם ברמת מובהקות של 5%.

7.3.3.1 מובהקות המקדמים והמודל

כאשר הסטטיסטי T גדול מהערך הקריטי 1.96 בערך מוחלט, ניתן לקבוע ברמת מובהקות של 5% (ההסתברות לטעות מסוג ראשון היא רק 5%) כי המקדם של המשתנה שונה באופן מובהק מאפס. לכן, המשתנה מוסיף מידע להבנת ההתנהגות וניתן להסביר באמצעותו את התועלת מאמצעי נסיעה כפי שהיא מוצגת במודל (הסטטיסטי T נקבע לפי ערכי ההתפלגות הנורמלית).

כאשר ערך הסטטיסטי T גדול רק מהערך הקריטי של 1.645 בערך מוחלט, ניתן לקבוע ברמת המובהקות של 10% (כלומר ההסתברות לטעות מסוג ראשון גדולה יותר ושווה ל-10%) כי המקדם של המשתנה שונה באופן מובהק מאפס.

מתוצאות האמידה שהתקבלו ברור שמשני הנסיעה: עלות הנסיעה, זמן הנסיעה וגובה האגרה מובהקים ובהחלט משפיעים על הבחירה האמצעי נסיעה. ממשתני האדם שנכללו במודל רק המשתנה הסוציאקונומי המתאר את מספר הרכבים למשק בית מובהק. מאידך, לא ניתן להסביר את הבחירה באלטרנטיבה מס' 2 באמצעות עובדת היות העובד אשה (רק במקרה אחד במודל המתאר את המצב בו תוטל בטכניון אגרת חניה והנתונים הוצגו בצורה של דרוג התקבל שהמשתנה women מובהק ברמת מובהקות של

במצב המתאר הטלת אגרת חניה

המשתנה	המידע הוצג כדרוג ranking		המידע הוצג כבחירה choice	
	הערך שנאמד	סטטיסטי T	הערך שנאמד	סטטיסטי T
cost	-0.233**	-2.8	-0.127*	-1.7
time	-0.610**	-5.6	-0.516**	-6.0
carown	2.683**	3.0	2.255**	3.0
toll	-0.417**	-2.4	-0.367**	-2.5
women	1.886*	1.9	1.163	1.4
β_2	11.250**	5.0	10.060**	5.3
β_3	3.032**	2.6	2.587**	2.5
R ²	0.5899		0.5679	

טבלה מס' 7.4: אמידת המקדמים במודל המתאר אגרת חניה

Table No. 7.4: Coefficient estimated report for parking toll model

במצב המתאר הטלת אגרת כניסה

המשתנה	המידע הוצג כדרוג ranking		המידע הוצג כבחירה choice	
	הערך שנאמד	סטטיסטי T	הערך שנאמד	סטטיסטי T
cost	-0.548**	-2.3	-0.325**	-2.2
time	-0.989**	-7.8	-0.440**	-8.8
carown	2.194**	3.2	1.394**	3.5
toll	-0.491**	-2.4	-0.412**	-2.9
women	0.683	0.9	0.510	1.2
β_2	18.990**	6.2	7.574**	5.3
β_3	7.263**	5.7	2.081**	3.3
β_4	-0.498	-0.8	-0.082	-0.2
R ²	0.6837		0.5396	

טבלה מס' 7.5: אמידת המקדמים במודל המתאר אגרת כניסה

Table No. 7.5: Coefficient estimated report for entrance toll model

10% קבועי אלטרנטיבות מס' 2 ו-3 מובהקים אף הם. קבוע אלטרנטיבה מס' 4 אינו מובהק.

טיב ההתאמה של המודלים באופן כללי בא לידי ביטוי בערכו של R^2 . (בדומה למקדם המתאם R^2 ברגרסיה לינארית). קשה לקבוע כללים להשוואה בין טיב ההתאמה של מודלים שונים באמצעות R^2 , כיון שגודלו מושפע ממספר המשתנים ואלטרנטיבות בכל מודל. כעקרון ניתן לומר שמודל מסביר את ההתנהגות כאשר ערכו של R^2 גדול מ-0.4 (Hauge consulting group, 1992). בגלל ערכו הגבוה של R^2 במודלים שכווילו במחקר זה, ניתן לקבוע שמודלים אלו אכן מסבירים את ההתנהגות הצפויה במצבים שתוארו.

7.3.3.2 סימני המקדמים וגודלם

סימנם של המקדמים המובהקים מציין האם למשתנים השפעה חיובית או שלילית על התועלת מאמצעי נסיעה. סימנם של המקדמים המתארים משתנים כמו זמן הנסיעה ועלות הנסיעה ידוע אפריורי כשלילי. אנשים מעדיפים זמן נסיעה קצר ועלות נמוכה ולכן להגדלת ערכם של משתנים אלו השפעה שלילית על התועלת מכל אמצעי נסיעה (Ben akiva & Lerman, 1985).

גודל המשתנים המובהקים מתאר למעשה את עוצמת ההשפעה שיש למשתנים אלה על התועלת מאמצעי נסיעה. בעקרון מתאר גודל המקדם את השינוי ברמת התועלת כתוצאה משינוי של יחידה אחת בערכו של המשתנה.

מתוצאות אמידת המקדמים המפורטות בטבלאות מס' 7.4 ו-7.5 ניתן להסביר את השפעת המשתנים שנכללו במודלים על התועלת מאמצעי נסיעה.

לזמן הנסיעה ולעלות הנסיעה, כצפוי, השפעה שלילית על התועלת מכל אמצעי נסיעה. לאגרה (מכל סוג) השפעה שלילית על התועלת מנסיעה ברכב פרטי. תוצאה זו מובנת כיוון שאנשים מעדיפים לשלם אגרה נמוכה ככל שניתן.

המשתנה הסוציאקונומי המתאר את מספר הרכבים למשק בית נמצא במודלים שנאמדו חיובי. כלומר, שככל שמספר הרכבים למשק בית גבוה יותר עולה התועלת מנסיעה ברכב פרטי.

קבועי אלטרנטיבות מס' 2 ו-3 חיוביים, אולם מכיוון שהמודלים כוללים משתנים ספציפים לאלטרנטיבות השונות, לא ניתן לקבוע שיש נטיה בסיסית להעדיף אלטרנטיבות אלו על פני אלטרנטיבה מס' 1.

7.3.4 הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות

בהתאם לבחירות שנעשו על-ידי המרואיין במצבים השונים, ניתן למצוא את הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות לאחר הטלת האגרות.

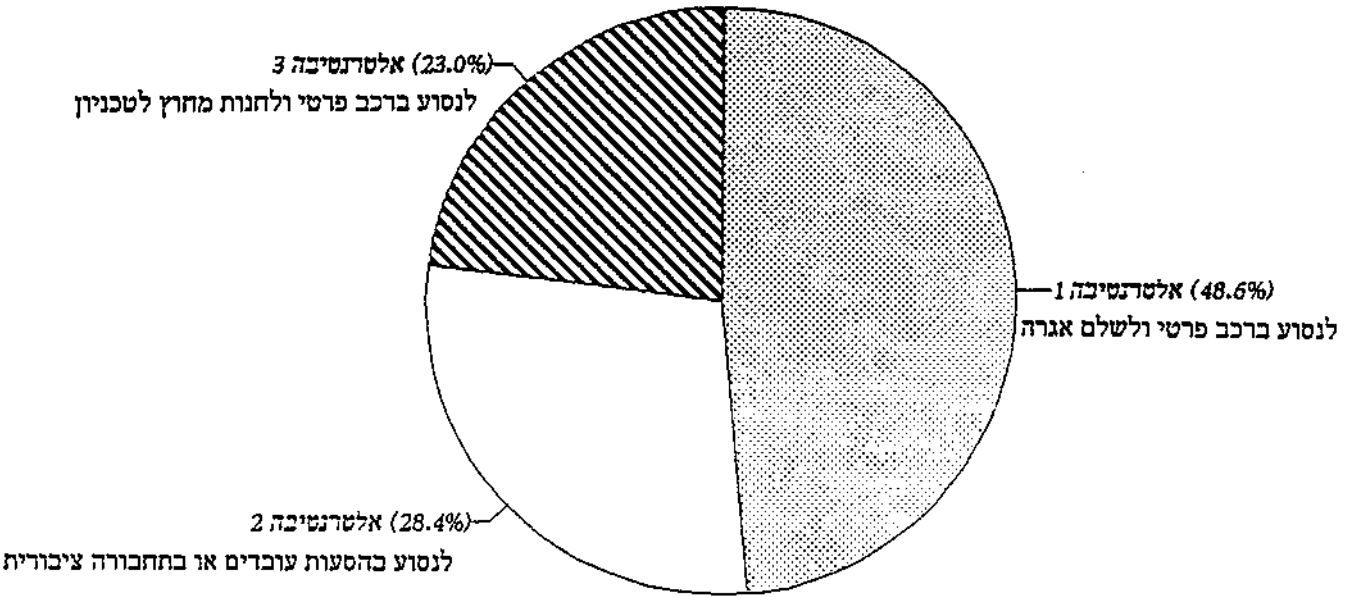
הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות במצב המתאר הטלת אגרת חניה:

במצב זה כלל סט הבחירה שלוש אלטרנטיבות. באיור מס' 7.11 מתוארות הסתברויות הבחירה בשלושת האלטרנטיבות כפי שהתקבלו כאשר הנתונים הוצגו בשיטת הבחירה והדרוג. כדי לבחון את ההבדל בהסתברויות הבחירה בין שתי השיטות בהן הוצגו הנתונים תוארה באיור מס' 7.12 פונקצית התפלגות מצטברת של הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות.

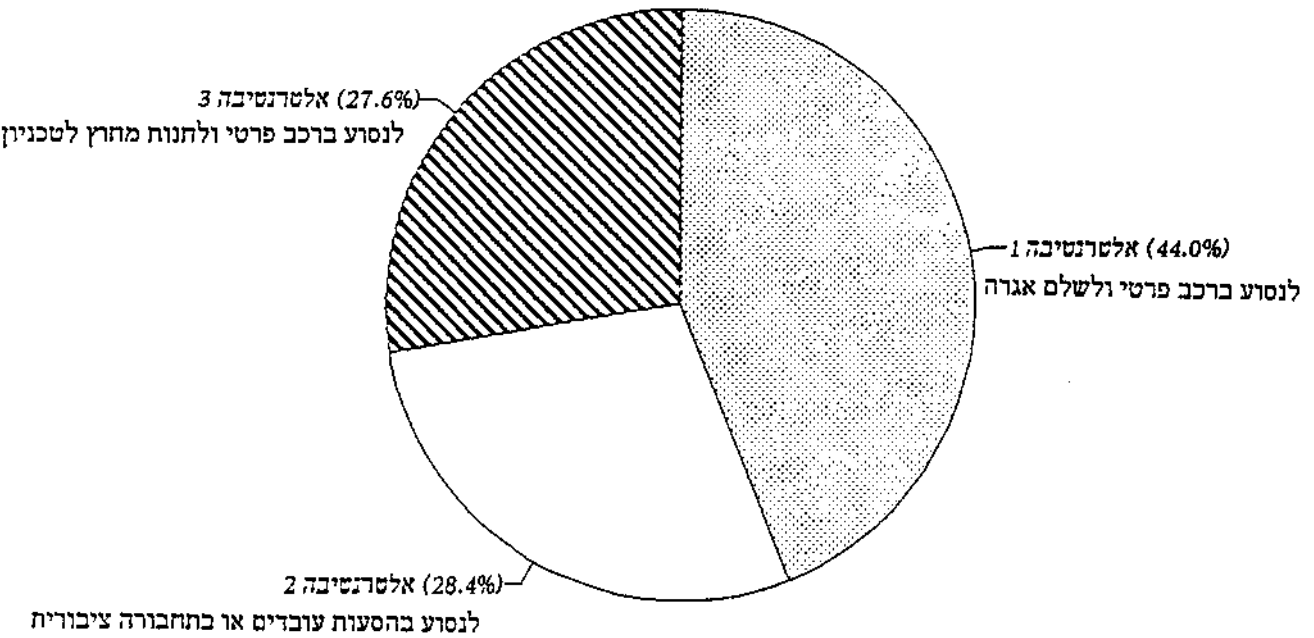
מהאיורים ניתן לראות שהסתברויות הבחירה באלטרנטיבות כפי שהתקבלו בשתי השיטות מצביעות בברור על אותה מגמה: לאחר הטלת האגרת החניה, כמעט מחצית מהעובדים יבחרו באלטרנטיבה מס' 1 כלומר, יעדיפו לא לשנות את הרגלי הנסיעה, להמשיך לנסוע ברכב פרטי לטכניון ולשלם עבור אגרת החניה. כרבע מהעובדים ישתמשו בהסעות עובדים או בתחבורה צבורית (אלטרנטיבה מס' 2) והרבע הנוסף, ימשיך לנסוע ברכב פרטי אך יחנה מחוץ לטכניון (אלטרנטיבה מס' 3).

כפי שמתקבל מהמודל אגרת החניה יכולה להביא לכך שמספר כלי הרכב החונים בטכניון יקטן ב-50%.

הנתונים הוצגו בשיטה של בחירה

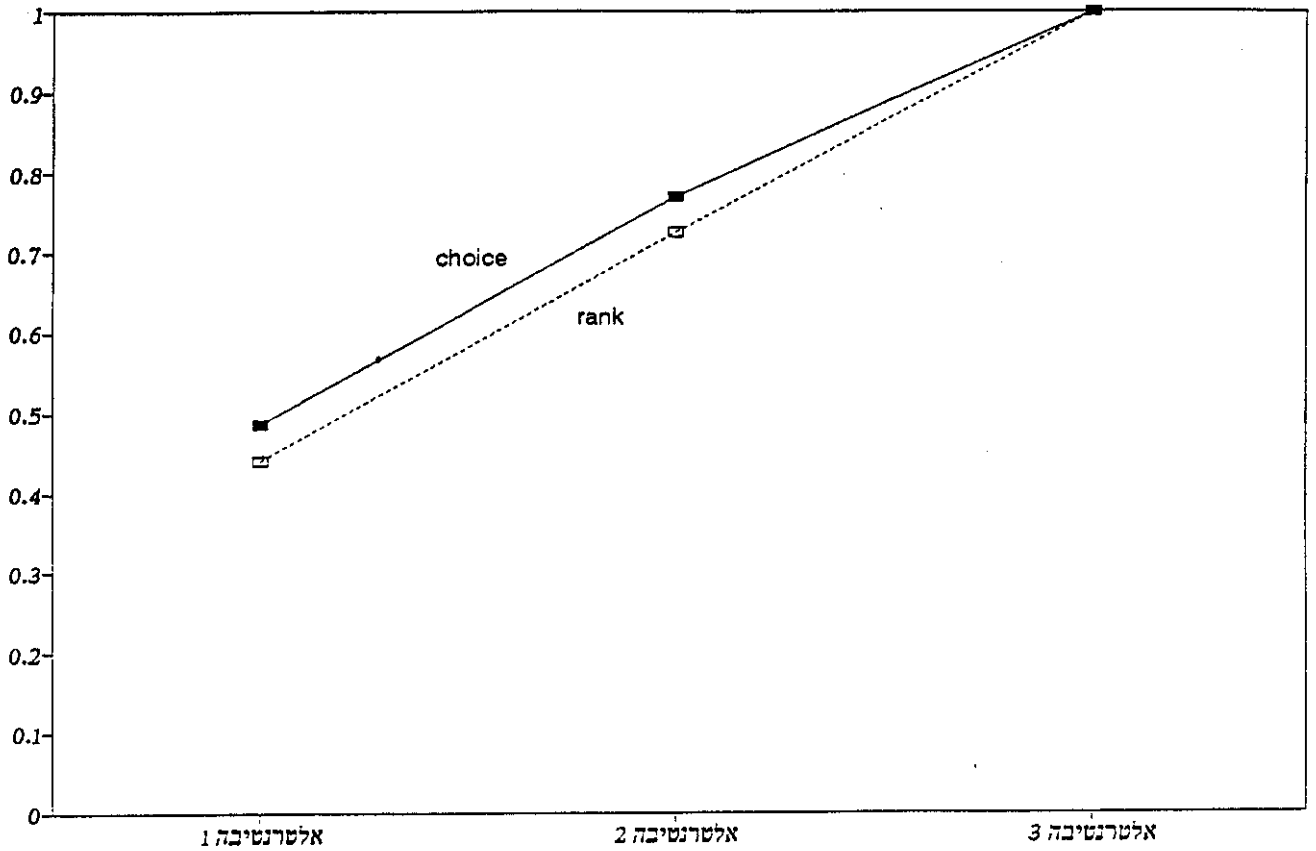


הנתונים הוצגו בשיטה של דרוג



איור מס' 7.11: הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות - מודל אגרת חניה

Fig No. 7.11: Alternative choice probabilities for parking toll model



איור מס' 7.12: פונקציות התפלגות מצטברת - מודל אגרת חניה

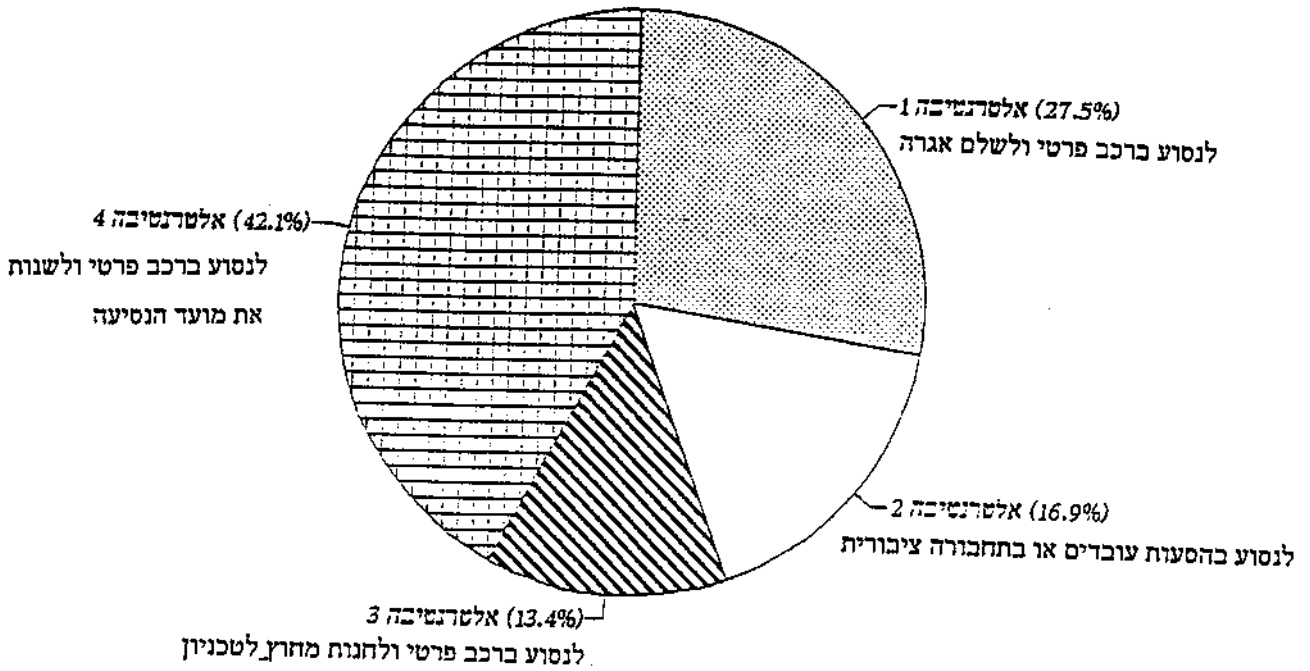
Fig No. 7.12: Cumulative distributon function - parking toll model

הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות במצב המתאר הטלת אגרת כניסה

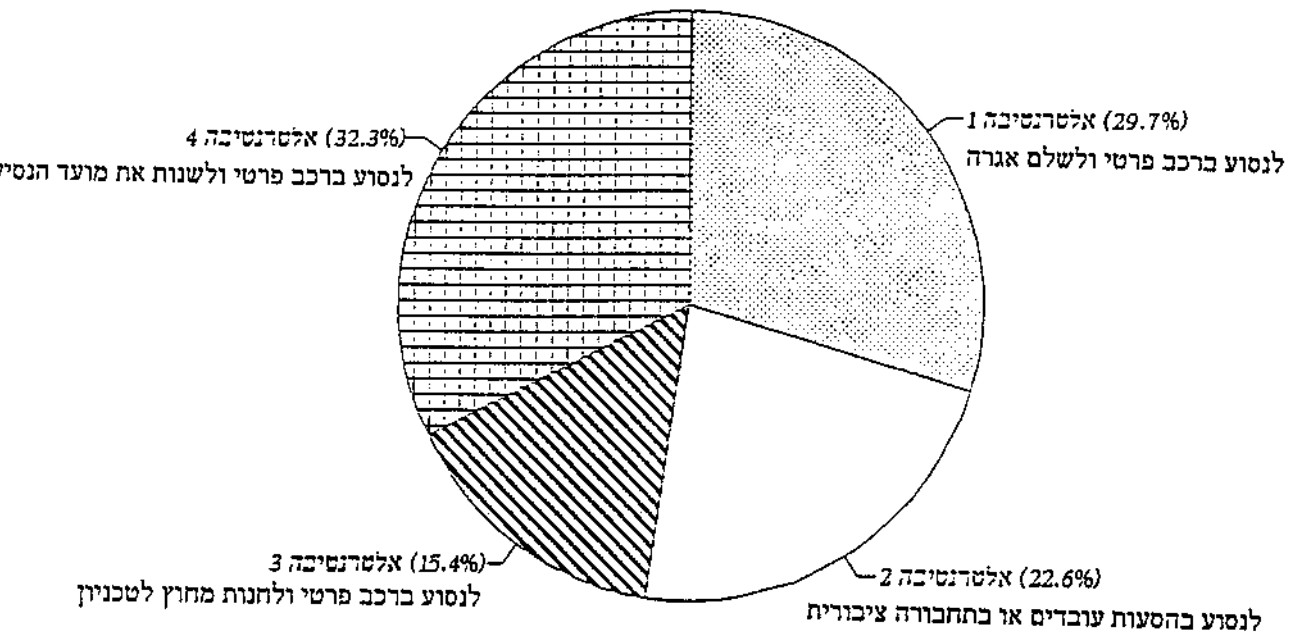
במצב זה כלל סט הבחירה ארבע אלטרנטיבות. באיור מס' 7.13 מתוארות הסתברויות הבחירה בארבע האלטרנטיבות כפי שהתקבלו כאשר הנתונים הוצגו בשיטת הבחירה והדרוג. כדי לבחון את ההבדל בהסתברויות הבחירה בין שתי השיטות בהן הוצגו הנתונים תוארה באיור מס' 7.14 פונקציות התפלגות מצטברות של הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות.

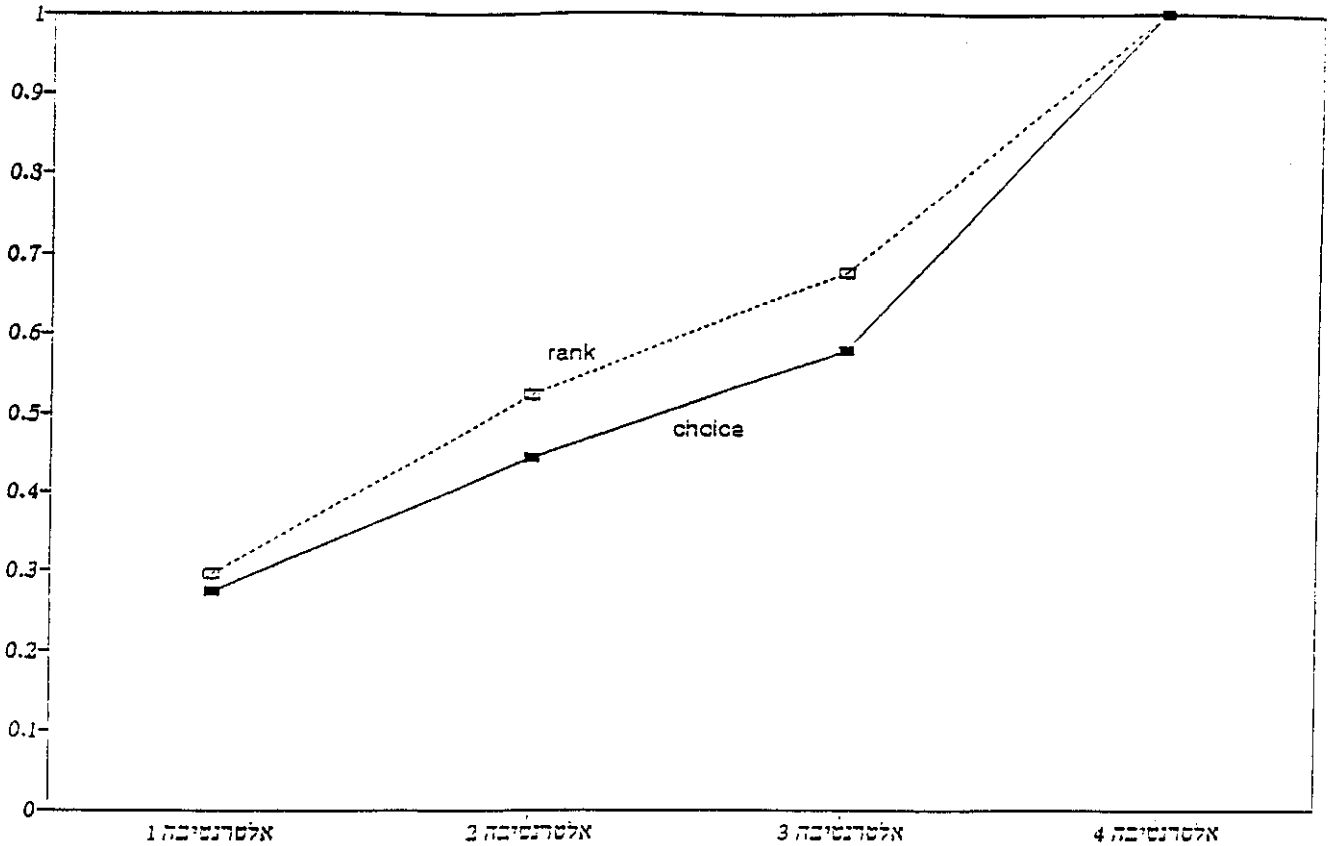
מאיור מס' 7.14 ניתן לראות בהסתברויות הבחירה גדול יותר יחסית להבדל המוצג באיור מס' 7.12, אך המגמה המתקבלת בשתי השיטות לגבי הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות אחידה: כמעט 30% מהעובדים יעדיפו לשלם אגרת כניסה ולא לשנות את הרגלי הנסיעה הקיימים (אלטרנטיבה מס' 1). רוב העובדים (כ-40%) יעדיפו להמשיך ולנסוע ברכב פרטי אך ישנו את מועד הגעתם לטכניון כך שלא יצטרכו לשלם אגרת כניסה (אלטרנטיבה מס' 4). נזכיר שלפי תכנון הניסוי (ראה פרק 6.3.4.1) אלטרנטיבה זו דומיננטית ולכן אין להתפלא על כך שהיא האלטרנטיבה המועדפת על העובדים. היתר יעברו להשתמש בהסעות ובתחבורה צבורית או שיחנו מחוץ לטכניון.

הנתונים הוצגו בשיטה של בחירה



הנתונים הוצגו בשיטה של דרוג





איור מס' 7.14: פונקצית התפלגות מצטברת - מודל אגרת כניסה

Fig No. 7.14: Cumulative distribution function - entrance toll model

כפי שמתקבל מהמודל, בעקבות הטלת אגרת הכניסה רק 30% מהרכבים הנכנסים כיום לטכניון בשעות השיא ימשיכו בהרגל זה.

7.3.4.1 גמישויות מודל Logit

ניתן לאמוד ישירות את גמישויות מודל Logit. כמתואר בפרק 3.3.2.1 גמישות ישירה מוגדרת כשינוי בהסתברות הבחירה באלטרנטיבה i כתוצאה משינוי באחד ממשתני האלטרנטיבה:

$$(7.8) \quad E_{X_{ink}}^{P_n(i)} = \frac{dP_n(i)}{dX_{ink}} \cdot \frac{X_{ink}}{P_n(i)} = \frac{d \ln P_n(i)}{d \ln X_{ink}} = [1 - P_n(i)] X_{ink} B_k$$

מכאן, ניתן לאמוד את גמישויות הביקוש הנקודתיות ביחס למחיר האגרה בכל ארבעת המודלים שכוויילו.

במודל המתאר הטלת אגרת חניה:

כאשר הנתונים מוצגים בשיטה של בחירה הגמישות הממוצעת הינה 1.2-

כאשר הנתונים מוצגים בשיטה של דרוג הגמישות הממוצעת הינה 1.4-

במודל המתאר הטלת אגרת כניסה:

כאשר הנתונים מוצגים בשיטה של בחירה הגמישות הממוצעת הינה 1.8-

כאשר הנתונים מוצגים בשיטה של דרוג הגמישות הממוצעת הינה 2.1-

מתוצאות אלו מתקבל שעליה במחיר אגרת הכניסה תקטין את הסתברות הבחירה בנסיעה ברכב פרטי משלם אגרה (אלטרנטיבה מס' 1) יותר מאשר אותה עליה במחיר אגרת החניה.

7.3.5 תקפות ומהימנות

כמפורט בפרק 5 העוסק בשיטת ההעדפה המוצהרת, עדיין אין בידי החוקרים כלי מהימן הבודק את התקפות ומהימנות בסקרי העדפות מוצהרות.

ניתן להתייחס איפוא, באופן חלקי בלבד, לסוגיה זו.

אחד מהקריטריונים היכולים לרמוז על תקפות ומהימנות בסקר נעשה הוא השוואת ערכי המקדמים שנאמדו בשיטות שונות. במחקר זה ניתן להשוות בין המקדמים שנאמדו כאשר הנתונים הוצגו בשיטה של בחירה ודרוג בשני המודלים. טבלאות מס' 7.4 ו-7.5 מצביעות על ערכים דומים שנאמדו למקדמים, ומכאן ניתן להסיק שעל פי קריטריון זה, הסקר שנערך תקף ומהימן.

מדד נוסף לאמינות הסקר היא בדיקת העקביות בבחירות שעושה הפרט. מכיוון שהטרנסטיביבות מהווה עקרון בסיסי בקבלת החלטות (Combs, Dawes, Tversky, 1970) כאשר המטלות ברורות ניתן לצפות לבחירות עקביות. במחקר זה האלטרנטיבות הוצגו בפני כל מרואיין בזוגות וכאשר הפרט היה עקבי בבחירותיו, ניתן לדרג עבורו את האלטרנטיבות לפי סדר ההעדפה (ראה סעיף 7.3.2.1).

במודל המתאר את המצב בו מוטלת אגרת חניה נכללו שלוש אלטרנטיבות ובפני כל נשאל הוצגו שלושה כרטיסים בלבד. נזכיר שרק 5% מהנשאלים לא בחרו בין האלטרנטיבות באופן עקבי. במודל המתאר את המצב בו מוטלת אגרת כניסה מספר האלטרנטיבות בסט הבחירה הוא ארבע, בפני כל נשאל הוצגו ששה כרטיסים. מטלה זו מסובכת יותר עבור הנשאל כי מספר בזוגות המשווים בו כפול ממספר הזוגות המשווים במצב המתאר הטלת אגרת חניה. למרות זאת, רק 10% מהנשאלים לא בחרו באופן עקבי.

יש לציין שגם במטלות פשוטות מאלו שהוצגו לנשאלים אנשים אינם תמיד
טרנזיטיביים בבחירותיהם. המטלה שהוצגה בפני הנשאלים במחקר היתה קשה בגלל
חוסר ניסיון בבחירות מסוג זה אבל למרות עובדה זו הבחירות שנעשו היו ברובם
המכריע עקביות מה שמעיד על אמינות הסקר.

פרק 8: דיון וסיכום

פרק זה מסכם את ממצאי המחקר. הפרק דן במגבלות המחקר ובהשלכותיו היישומיות ומציג הצעות למחקרי המשך.

8.1 הביקוש לנסיעות בתנאי אגרות גודש וחניה

הביקוש לנסיעות בתנאי אגרות נאמד במחקר זה באמצעות חקר ארוע ובהתאם לתגובותיהם של 133 עובדי הטכניון שכיום מגיעים לעבודה ברכב פרטי, לסקר שנערך בשיטת SP.

72 עובדים שכיום מגיעים לעבודה בשעות השיא, בין השעות 7:15 עד 8:30 בבוקר נשאלו לגבי התנהגותם במצב בו תוטל אגרת כניסה בטכניון. 62 עובדים שכיום אינם מגיעים לטכניון בשעות השיא נשאלו לגבי התנהגותם במצב בו תוטל אגרת חניה בטכניון במשך כל שעות היום.

8.1.1 עקומת הביקוש לנסיעות

התאור הגרפי של עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה ובתנאי אגרת חניה הינו היפרבולה קמורה לראשית. שיפוע העקומה שלילי, כלומר, עליה במחיר האגרות מקטינה את כמות הנסיעות המבוקשת. עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה שונה באופן מובהק מעקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת חניה; במחיר נתון של אגרה, כמות הנסיעות גדולה יותר במצב המתאר הטלת אגרת חניה יחסית למצב המתאר הטלת אגרת כניסה.

8.1.2 נכונות לשלם אגרות

קיימת נכונות בקרב העובדים לשלם עבור האגרות: מתוך העובדים שנשאלו לגבי המצב בו תוטל אגרת כניסה בטכניון הצהירו 64% על הסכמתם לשלם אגרת כניסה. מחיר האגרה הממוצע אותו מוכנים העובדים לשלם: 2.95 ש"ח. שיעור גבוה יותר של עובדים - 77%, הצהירו על הסכמתם לשלם אגרת חניה. המחיר הממוצע של אגרת חניה אותו מוכנים העובדים לשלם גבוה יותר ועומד על 3.65 ש"ח. (המחירים נכונים לחודש יוני 1994).

הנכונות הגבוהה יותר לשלם עבור אגרת חניה מובנת וצפויה ונובעת משתי סיבות עקריות:

1) התשלום עבור חניה מוכר היטב לעובדים. אמנם כיום אין הם נדרשים לשלם עבור החניה בקרית הטכניון, אך בחלק לא מבוטל מאזורי הערים נגבה תשלום עבור החניה

ולנהג הישראלי ידוע שהתשלום עבור חניה נגבה בגלל המחסור במקומות חניה. אגרת הכניסה, לעומת זאת, איננה מוכרת כלל לנהג הישראלי, ובעיקר בשל העדר נסיון קודם, קשה לו להעריך את השיפור הצפוי בתנאי הנסיעה בעקבות הטלת אגרת כניסה. הקושי בהבנת הצורך בהטלת אגרת כניסה מביא לכך שהנכונות לשלם עבור אגרה מסוג זה נמוכה יותר.

(2) לפי המצבים שתוארו במחקר, אי-תשלום אגרת חניה משמעותו ויתור על הרכב הפרטי כאמצעי נסיעה לעבודה, כיוון שתשלום אגרת חניה תקף בכל שעות היום. לעומת זאת, תשלום אגרת החניה תקף בשעות מסויימות בלבד. כלומר, העובד עדיין יכול להשתמש ברכבו הפרטי מבלי לשלם את אגרת כניסה, וזאת על ידי שינוי מועד ההגעה לעבודה.

8.1.3 גמישות הביקוש

עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרות מתארת ביקוש גמיש וקבוע לכל אורך העקומה: גמישות עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה: 2.35 (כלומר, עליה של אחוז אחד במחיר אגרת הכניסה תביא לירידה של 2.35% בכמות הנסיעות המבוקשת). גמישות עקומת הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת חניה: 1.86 (כלומר, עליה של אחוז אחד במחיר אגרת החניה תביא לירידה של 1.86% בכמות הנסיעות המבוקשת). מכאן, גמישות הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה גבוהה יותר, וכפי שמוצג בפרק 7.2.3 גבוהה יותר באופן מובהק, מגמישות הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת חניה. עליה של אחוז אחד במחיר אגרת החניה תקטין אמנם מאוד את כמות הנסיעות המבוקשת ברכב פרטי בתנאי אגרה, אך באופן מובהק פחות מאותה עליה במחיר אגרת הכניסה. הגמישויות שנאמדו ישירות ממודל Logit מצביעות על מגמה זהה: עליה במחיר אגרת החניה תקטין את הסתברות הבחירה באלטרנטיבה המתארת נסיעה ברכב פרטי בתנאי אגרה (הגמישות הממוצעת -1.3), אך פחות מאשר אותה עליה במחיר אגרת הכניסה (הגמישות הממוצעת -1.95).

הביקוש הגמיש שנמצא במחקר מצביע על כך שכמות הנסיעות המבוקשת כאשר קיימות אגרות מושפעת מאוד משינויים במחירי האגרות.

יש לציין, שהגמישויות שנמצאו במחקר זה גבוהות יחסית לערכי גמישות הביקוש ביחס למחיר הנסיעה המדווחים בספרות (בין 0.3 ל-1.6 כאשר רוב הערכים נמוכים מ-1).

את הגמישות הגבוהות שנמצאו במחקר ניתן להסביר בשלוש סיבות עקרוניות:

1) ריבוי במוצרים תחליפיים לנסיעה ברכב פרטי הכרוכה בתשלום אגרות, המספקים לצורך של הגעה לעבודה לטכניון (הסעות, תח"צ). מהספרות ברור (ראה פרק 4.3.2) כי ריבוי מוצרים תחליפיים למוצר מגדיל את גמישות הביקוש.

2) מחירי האגרות כפי שהוצגו לנדגמים ייקרו בצורה משמעותית (לפחות ב 20%) את עלות הנסיעה לטכניון. (עלות הנסיעה שתוארה במדגם היתה 5 או 10 ש"ח, תלוי באזור המגורים בעוד שגובה האגרות היה לפחות 2 ש"ח). לפי הספרות, שינויים גדולים במחיר המוצר מגדילים את הגמישויות ויכולים להביא לשינויים גדולים עוד יותר בכמות המבוקשת (ראה פרק 4.3.2). מכיוון שמחיר הנסיעה ברכב פרטי המשלם אגרה גבוה מאוד יחסית למצב שהיה לפני הטלת האגרות, ברור המעבר לאמצעי נסיעה תחליפיים.

3) העדר ניסיון קודם של בהפעלת אגרות חניה בטכניון, ואגרות גודש בכלל, מביא לכך שהנשאלים מודעים לחשיבות שיש לתגובותיהם בעיני קובעי המדיניות והם מנסים בתשובותיהם להשפיע על ההחלטות שתתקבלנה. מהערות הפוקדים נמצא שרוב הנשאלים "תופסים" את האגרות כהרעה בתנאי הנסיעה הקיימים, וזאת בשל התשלום הנגבה עבור האגרות. בגלל רצון הנשאלים להשפיע ולגרום לכך שלא יוטלו אגרות הצהירו רבים מהנשאלים שהם יעדיפו את המוצרים התחליפיים לנסיעה ברכב פרטי משלם אגרה. ניתן להניח, שגובה האגרה עליו הצהירו הנשאלים נמוך יותר ממה שהם מוכנים לשלם באמת ושגמישות הביקוש לנסיעות בתנאי אגרות, בפועל, נמוכה מזו שנמצאה במחקר.

8.1.4 הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות

ממצא נוסף של המחקר מתייחס להסתברויות הבחירה באמצעי הנסיעה השונים לאחר הטלת אגרת גודש ואגרת חניה. אמידה זו התאפשרה על סמך תגובותיהם של העובדים שהשתתפו בסקר המגיעים כיום לטכניון ברכבם הפרטי.

להלן הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות השונות, כפי שנמצאו במחקר:

בעקבות הטלת אגרת חניה:

רק כ-50% מהעובדים שהיום מגיעים לעבודה בטכניון ברכבם הפרטי ימשיכו בהרגל זה כאשר תוטל אגרת חניה בטכניון (אלטרנטיבה מס' 1). היתר יתחלקו באופן שווה בין שני אמצעי הנסיעה האחרים שהוצגו בפניהם: תח"צ או הסעות עובדים (אלטרנטיבה מס' 2) ונסיעה ברכב פרטי וחניה מחוץ לקריית הטכניון (אלטרנטיבה מס' 3).

בעקבות הטלת אגרת כניסה:

ההשפעה העקרית של אגרת הכניסה היתה בכך ש-40% מהעובדים בחרו לשנות את מועד הגעתם לטכניון, כך שיגיעו בשעות בהם לא צריך לשלם אגרה כניסה (אלטרנטיבה מס' 4). שינוי מועד הנסיעה הינו, לכן, השינוי הבולט ביותר בפיצול הנסיעות. פחות מ-30% מהעובדים, שהיום מגיעים ברכב פרטי לטכניון בשעות השיא, ימשיכו להגיע ברכב פרטי בשעות השיא וישלמו אגרת כניסה (אלטרנטיבה מס' 1). כ-30% יתחלקו באופן שווה בין הסעות עובדים ותח"צ (אלטרנטיבה מס' 2) או שיחנו מחוץ לטכניון (אלטרנטיבה מס' 3).

8.1.5 הגורמים המשפיעים על הבחירה באמצעי נסיעה

המודלים של פיצול הנסיעות שכוילו באמצעות תוכנת ALOGIT (Hague consulting group 1992) מאפשרים לאתר את הגורמים המשפיעים על התועלת מאמצעי נסיעה. טיב ההתאמה של המודל בסביבות 0.6 כאשר טיב התאמה של 0.4 נחשב למספק במודלים כגון אלה. המשתנים המסבירים שנכללו במודל היו: עלות הנסיעה, זמן הנסיעה, גובה האגרה, בעלות רכב, ומין העובד. כל המשתנים הללו (למעט מין העובד) נמצאו מובהקים ברמת מובהקות של 5%.

במחקר נמצא שסימן המקדמים המתארים את משתני הנסיעה (זמן, גובה האגרה ועלות הנסיעה) שלילי, כלומר, למשתנים אלה השפעה שלילית על התועלת מאמצעי נסיעה: ככל שערכם גדל קטנה התועלת.

ערך המקדם מתאר את השינוי ברמת התועלת כתוצאה משינוי של יחידה אחת בערכו של המשתנה (ערכי משתני עלות הנסיעה וגובה האגרה היו נתונים בש"ח וערכי זמן הנסיעה בדקות).

זמן הנסיעה נמצא כמשתנה המובהק ביותר (ערך הסטטיסטי T של מקדם זמן הנסיעה הוא הגבוה ביותר בכל ארבעת המודלים שנאמדו), כלומר, זמן הנסיעה הינו המשתנה החשוב ביותר המסביר את הבחירה באמצעי נסיעה. ערך המקדם נמצא בטווח בין -0.44 עד -0.98.

ערך מקדם עלות הנסיעה נמצא בטווח בין -0.12 עד -0.54.

ערך מקדם האגרה נמצא בטווח בין -0.36 עד -0.49.

מהתבוננות בערכי מקדם משתנה האגרה במודל המתאר הטלת אגרת כניסה מול המודל המתאר הטלת אגרת חניה מתברר שלאגרת הכניסה השפעה שלילית יותר מאשר לאגרת החניה על התועלת מנסיעה ברכב פרטי. (כאשר הנתונים הוצגו בצורה של בחירה, ערך המשתנה במודל המתאר את אגרת הכניסה -0.412 ובמודל המתאר את אגרת החניה -0.367. כאשר הנתונים הוצגו בצורה של דרוג, ערך המשתנה במודל המתאר את אגרת הכניסה -0.491 ובמודל המתאר את אגרת החניה -0.417). תוצאה זו נית

להסביר בכך שאגרת הכניסה מכניסה מימד חדש ולא מוכר למערכת, ולכן השפעתה השלילית על התועלת מנסיעה ברכב פרטי גדולה יותר מהשפעת אגרת החניה. כלומר, עליה של 1 ש"ח במחיר אגרת הכניסה תוריד את התועלת מנסיעה ברכב פרטי יותר מאשר עליה של 1 ש"ח במחיר אגרת החניה. כאשר התועלת מנסיעה ברכב פרטי יורדת האטרקטיביות של אמצעי נסיעה זה פוחתת.

המשתנה הסוציואקונומי המתאר בעלות רכב (מספר כלי רכב למשק בית), נמצא בעל השפעה חיובית מובהקת על התועלת מנסיעה ברכב פרטי. ככל שמספר הרכבים למשק בית גבוה יותר, עולה התועלת מנסיעה ברכב פרטי (ערך המשתנה נמצא בטווח בין 1.3 עד 2.6). ערכו הגבוה של הסטטיסטי T מצביע על כך שלמספר הרכבים במשק בית השפעה מהותית על הבחירה ברכב פרטי כאמצעי נסיעה.

8.1.6 השפעת אגרת חניה והשפעת אגרת כניסה

במחקר נבדקו תגובות הנשאלים למצב ההיפוטיטי בו תוטל בטכניון אגרת כניסה ותגובותיהם למצב בו תוטל בטכניון אגרת חניה. ממצאי המחקר מראים ארבעה אלמנטים שונים המצביעים על כך שהשפעת אגרת הכניסה בהקטנת ביקושי הנסיעות גדולה יותר מהשפעתה של אגרת החניה: (כלומר, אנשים ישנו יותר את כמות הנסיעות המבוצעת על ידם ברכב פרטי כאשר תוטל אגרת כניסה).

1) הנכונות לשלם אגרת חניה גבוהה יותר מהנכונות לשלם אגרת כניסה: 77% מהנשאלים מוכנים לשלם עבור אגרת חניה (המחיר הממוצע אותו מוכנים לשלם הינו 3.65 ש"ח) בעוד רק 64% מוכנים לשלם עבור אגרת כניסה (המחיר הממוצע אותו מוכנים לשלם הינו 2.95 ש"ח). אותם הנשאלים שלא מוכנים לשלם (36% אינם מוכנים לשלם אגרת כניסה לעומת 23% שאינם מוכנים לשלם אגרת חניה) ישתמשו באמצעי נסיעה חלופיים לרכב פרטי.

2) גמישות הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת כניסה גבוהה יותר מגמישות הביקוש לנסיעות בתנאי אגרת חניה. כלומר, אנשים ישנו יותר את כמות הנסיעות המבוקשת כתוצאה משינוי במחיר אגרת הכניסה.

3) מקדם האגרה שלילי יותר במודלים המתארים אגרת כניסה יחסית למודלים המתארים אגרת חניה. (ערך המקדם -0.49 לעומת -0.41 כשהנתונים הוצגו כדרוג ו-0.41 לעומת 0.36 כשהנתונים הוצגו כבחירה). כלומר, ההשפעה של אגרת הכניסה על התועלת מנסיעה ברכב פרטי, שלילית יותר מהשפעת אגרת החניה.

4) במצב המתאר הטלת אגרת חניה הסתברות הבחירה ברכב פרטי המשלם אגרה (אלטרנטיבה מס' 1) הינה כ-50%. במצב המתאר הטלת אגרת כניסה הסתברות הבחירה

באלטרנטיבה המתארת רכב פרטי משלם אגרה הינה 30% בלבד. מכאן, אגרת הכניסה תקטין יותר מאגרת החניה את הסתברות הבחירה ברכב פרטי.

לאור ממצאי המחקר ואופן ניתוח התוצאות ניתן לבחון את השערות המחקר. ממצאי המחקר מאששים את ההשערות, כפי שהוצגו בפרק 6 המתאר את שיטת המחקר:

1) עקומות הביקוש לנסיעות הן בעלות שיפוע שלילי, כלומר, עליה במחיר גורמת לירידה בכמות הנסיעות המבוקשת.

2) הנכונות לשלם עבור אגרת חניה, שמטרותיה והשלכותיה מוכרות לנשאלים, גבוהה יותר מהנכונות לשלם אגרת כניסה, שאיננה מוכרת כלל במציאות הישראלית.

3) גמישויות עקומות הביקוש לנסיעות גבוהות יותר מהמתואר בספרות.

4) לאגרות השפעה שלילית על התועלת מנסיעה ברכב פרטי. למקדם האגרה, בכל ארבעת המודלים שכווילו, ערך שלילי.

5) הטלת האגרות מקטינה את הסתברות הבחירה ברכב פרטי וגורמת לשינוי במודל פיצול הנסיעות.

8.2 מגבלות המחקר

לצורך קידום מטרת המחקר ומטלותיו, נבנה המסגרת המחקר סקר SP. כמתואר בפרק 5.1, ה-SP מאפשרת להעריך את הביקוש לאמצעים ומתקנים חדשים שאינם מוכרים עדיין, אך יתכן ויעמדו לרשות המשתמש בעתיד. באמצעות הסקר ניתן לתאר את המצבים היפוטטיים בהם מוטלות אגרות כניסה וחניה בטכניון ולבדוק את תגובות העובדים לאותם מצבים.

ממצאי המחקר ושיטות ניתוח הנתונים מתייחסים לנתונים שנאספו בסקר זה. יש לציין (כמוזכר בהרחבה בפרק 5 הדן בשיטת ה-SP), שהחיסרון המרכזי של השיטה טמון בהעדר מידע מספק לגבי תקפות סקרי SP; הנתונים הנאספים בשיטה זו מבוססים על הצהרות הנשאלים לגבי התנהגותם במצבים היפוטטיים. אין עדיין בידי החוקרים פיתרון לבעיית ההטיה (bias): פרטים המצהירים שינהגו בצורה מסויימת במצב היפוטטי המתואר בסקר, לא בהכרח ינהגו בצורה שהצהירו כאשר המצב יהפוך מהיפוטטי לאפשרי.

ניתן היה לצמצם את מימדי בעיית ההטיה על-ידי שיפור השיטות לאיסוף הנתונים:

1) עריכת סקרים מקדימים, בהם נאסף מידע מדויק על מאפייני הנסיעה הנוכחיים (לדוגמה: זמן הנסיעה). מידע זה היה מאפשר בסיס טוב יותר לתכנון הניסוי.

2) ביצוע הסקר באמצעות שימוש במחשבים ניידים. ניתן, באמצעות תוכנות מיוחדות כמו (MINT (Hague Consulting Group), ליצור באופן מיידי משתנים ורמות המותאמים לכל נשאל בהתאם למידע הקיים עליו. בנוסף, ניתן באמצעות הראיון הממוחשב לבצע בזמן הראיון בדיקות לוגיות לגבי עקביות התשובות.

עקב מגבלות התקציב והזמן, לא יושמו שיטות אלה במחקר זה.

8.2.1 תקפות ומהימנות

את מבחן התקפות האינדאלי לסקר שנעשה במחקר ניתן יהיה לבצע רק כאשר המצבים ההיפוטטיים שתוארו יתקיימו במציאות ואז ניתן להשוות בין ההתנהגות שנחזתה במחקר להתנהגות האמיתית. מכיוון שעוד חזון למועד, הושם דגש מיוחד על מהימנות הסקר. התוצאות נותחו בשיטות שונות והמגמות שהתקבלו בשתי השיטות בהם הוצגו הנתונים (דרוג ובחירה) אחידות. הדבר בא לידי ביטוי במובהקות המקדמים, גודלם וסימנם. גודלו של R^2 המלמד על טיב ההתאמה של המודל נמצא גבוה (לפחות 0.54) בכל ארבעת המודלים שנאמדו. הסתברויות הבחירה באלטרנטיבות שהתקבלו בשתי השיטות מצביעות, גם הן, על מגמות אחידות.

חיזוק נוסף למהימנות הסקר ניתן לקבל מהתוצאות הבאות:

1) הבחירות שנעשו על-ידי הנשאלים היו עקביות (90 עד 95 אחוזים מהנשאלים בחרו באופן טרנזיטיבי). ניתן ללמוד מכך שהמטלות היו ברורות ולא גרמו למבוכה ולבלבול אצל הנשאלים. במודלים בהם הוצגו הנתונים בצורה של בחירה נכללו גם התצפיות המתארות נשאלים שבחרו באופן לא טרנזיטיבי. תצפיות אלו מוסיפות מידע למודל ואין סיבה לא לכלול אותם, רק משום שהנשאל לא היה טרנזיטיבי בבחירותיו.

2) בשני המודלים בהם המידע הוצג כדרוג וכלל רק את הנשאלים שבחרו באופן טרנזיטיבי R^2 היה גבוה יותר מאשר בשני המודלים בהם המידע הוצג כבחירה וכלל גם את הנשאלים שלא בחרו באופן טרנזיטיבי (0.59 לעומת 0.56 במודלים המתארים אגרת תניה, 0.68 לעומת 0.54 במודלים המתארים אגרת כניסה). ניתן לצפות לטיב התאמה גבוה יותר במודלים בהם הנתונים הוצגו בשיטה של דרוג והכוללים רק תצפיות טרנזיטיביות.

מהיימנות הסקר התקבלת תודות לפישוט המטלות שהוצגו לנשאלים:

1) המטלה הדורשת בחירות בין זוגות של אלטרנטיבות שהוצגה בסקר, קלה יותר לביצוע מאשר דרוג או ציינון אלטרנטיבות. יתרונה הנוסף הינו בכך שבשלב ניתוח הנתונים ניתן להציג את המידע שנאסף בשיטה זו בשתי צורות: דרוג ובחירה.

2) האלטרנטיבות הוצגו לנשאלים בזוגות, על גבי כרטיסים, כאשר סדר הצגת הכרטיסים היה אקראי. ההצגה האקראית מונעת מהמדגם ככלל, את בעיית העייפות שמופיעה בדרך כלל כשמצביי הבחירה רבים ומורכבים.

8.3 השלכות יישומיות

מחקר זה שילב מספר גישות ונושאים כלכליים ותחבורתיים לצורך אמידת השפעתן של אגרות גודש וחניה על ביקושי הנסיעות. לממצאי המחקר משמעות תכנונית חשובה: אגרות (במיוחד אגרות גודש) עשויות לגרום להקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי. מכאן, יש לשקול את הכללת האגרות במדיניות של ניהול ביקושים, שתכליתה צמצום מימדי בעית הגודש באמצעות הקטנת השימוש ברכב פרטי לצרכי יוממות.

במחקר זה התבררו מספר עובדות ההכרחיות לצורך תכנון:

1) גמישות הביקוש לנסיעות גבוהה מאוד. כל שינוי קטן במחירי האגרות יגרום לשינוי מהותי בביקוש לנסיעות ברכב פרטי.

2) לאגרת כניסה שאינה מוכרת כלל לנהגים, השפעה חזקה יותר מאשר לאגרת החניה בהקטנת הביקוש לנסיעות ברכב פרטי.

לממצאי המחקר השלכות יישומיות רחבות יותר הנוגעות ליישום אגרות ככלל. אולם, יש להתייחס למאפיינים המיוחדים של מחקר זה מהם התקבלו התוצאות:

1) מחקר זה עסק בהשפעת האגרות על ביקושי הנסיעות ליעדים. המחקר לא התייחס להשפעת האגרות על הבחירה במסלולי נסיעה ועל הצבת הנסיעות במערכת. לכן, מחקר זה אינו מספק מידע לגבי השפעת האגרות על ניתוב התנועה.

2) אוכלוסית המדגם מייצגת את עובדי הטכניון המגיעים לעבודה ברכב פרטי. ניתן להניח שהמאפיינים הסוציאולוגיים של אוכלוסית המדגם ומאפייני הנסיעה שלה אינם זהים בהכרח למאפייני אוכלוסית היוממים ככלל. לעובדה זו יש משמעות בבואינו להרחיב את השלכות המחקר; הממצאים שהתקבלו במחקר זה אינם מבטיחים קבלת ממצאים דומים באוכלוסית דגימה שונה.

בנוסף, יש לציין שהמגבלה היישומית המרכזית של מחקר ספציפי נובעת מהעדר מידע לגבי תקפות הסקר שנעשה. מגבלה זו נובעת מהעדר מידע מספק על תקפות סקרי SP בכלל.

8.4 הצעות למחקרי המשך

ממצאי מחקר זה מצביעים על כך שניתן להקטין את הביקוש לנסיעות ברכב פרטי באמצעות הטלת אגרות כניסה וחניה. ממצאי המחקר ומגבלותיו מציגים את הצורך במחקרים נוספים להערכת השפעתן של אסטרטגיות ניהוליות (לדוגמא: אגרות) על ביקושי הנסיעות.

להלן מספר הצעות למחקרי המשך למחקר זה:

(1) תקפות סקרי ה-SP: סקרי ה-SP מתאימים לשימוש בהערכת הביקוש לנסיעות במצבים היפוטטיים אך נוכח מגבלתם המרכזית הנוגעת לתקפות הסקר, נדרש מחקר מורחב בנושא זה.

(2) אמידת השפעת סוגים שונים של אגרות גודש, המשתנות לפי רמת הגודש במרחב ובזמן, על הבחירה במסלולי נסיעה.

(3) הערכת השפעתן של אסטרטגיות תכנוניות חדשות ושל שינויים במערכת התחבורה על ביקושי הנסיעות, כאשר ההערכה מבוססת על מתודולוגיה תקפה ומהימנה.

(4) פיתוח מודלים שייסייעו בהבנת התנהגות הנסיעה של המשתמש והאופן שבו מתקבלות ההחלטות הקשורות לנסיעה.

נספחים



THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



סקר העדפות מוצהרות בנושא
אגרות כניסה וחנייה בטכניון

עובד(ת) יקר(ה),

סקר זה נערך במסגרת עבודת מחקר בטכניון במטרה להעריך את השפעתן של אגרות כניסה וחנייה על הרגלי הנסיעה לעבודה של עובדי הטכניון וכן לאמוד את נכונותם לשלם עבור שיפור בתנאי הנסיעה מהבית לעבודה בטכניון.

בפניך יוצגו על-ידי המראיינים מספר שאלות בנושא הרגלי הנסיעה שלך לעבודה ולאחר מכן יוצגו בפניך מספר מצבים, חלקם היפותטיים, המתארים אמצעי תחבורה שונים. תשובותיך תאפשרנה לנו להכיר את הרגלי הנסיעה של עובדי הטכניון ואת יחסם והעדפותיהם לאמצעי תחבורה שונים.

כל הנתונים שיאספו ישמשו למחקר זה בלבד.

תודה על עזרתך בשיתוף הפעולה עם המראיינים.

בברכה,
פרופ' דוד מהלאל



THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



-עמוד מס' 1-

(1) כיצד אתה נוהג להגיע לטכניון?

- א. ברכב פרטי
 - ב. באמצעים אחרים, למשל: תחבורה ציבורית, הסעות, הליכה ברגל
- *ציין את אמצעי התחבורה:

(2) כמה ימים במשך השבוע אתה עובד בטכניון?

- א. 5 ימים בשבוע או יותר
- ב. פחות מ-5 ימים בשבוע

(3) האם באפשרותך לשנות את מועד שעות העבודה שלך? (למשל: להתחיל לעבוד מוקדם או מאוחר יותר)

- א. לא
- ב. כן

(4) מקום המגורים שלך

- א. בתוך העיר חיפה
- ב. מחוץ לעיר חיפה: הקריות, אזור טבעון, טירה, עתלית

(5) האם קיימת האפשרות להגיע ממקום מגוריך לטכניון שלא ברכב פרטי? (למשל: באמצעות הסעות עובדים, תחבורה ציבורית, הליכה ברגל)

- א. לא
- ב. כן



THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



-עמוד מס' 2-

(6 באיזו שעה אתה מגיע בד"כ לטכניון?)

- א. לפני 7:15
- ב. בין 7:15 ל-8:30
- ג. לאחר 8:30
- ד. גמיש

*למראיין:

סוג השאלון שינתן למרואיין יקבע בהתאם לתשובותיו לשאלות 4 ו-6 באופן הבא:

סוג השאלון המתאים	שאלה מס' 6 שעת ההגעה לטכניון	שאלה מס' 4 מקום המגורים
1	ב. בין 7:15 ל-8:30	א. בחיפה
2	ב. בין 7:15 ל-8:30	ב. מחוץ לחיפה
3	א. לפני 7:15 ג. לאחר 8:30 ד. גמיש	א. בחיפה
4	א. לפני 7:15 ג. לאחר 8:30 ד. גמיש	ב. מחוץ לחיפה



-עמוד מס' 5-

ד ר ת ש ו ב ו ת

מספר פרטים הדרושים לנו למטרות סווג:

עיסוק העובד בטכניון:

מין:

- א. זכר
- ב. נקבה

מספר כלי רכב במשק בית:

- א. כלי רכב אחד
- ב. 2 כלי רכב
- ג. יותר מ-2 כלי רכב

רמת הכנסה חודשית נטו למשק בית:

- א. פחות מ- 3000 ש"ח
- ב. 3000-7000 ש"ח
- ג. יותר מ-7000 ש"ח

שם המראיין:



THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



-עמוד מס' 3-

-101-1

5) נוכח בעית הגודש בכניסה לטכניון בשעות הבוקר הגורמת לעכובים ולתורים ארוכים, נשקלת האפשרות לגבות אגרת כניסה מהנהגים הנכנסים ברכבם הפרטי לטכניון בין השעות 7:15 ועד 8:30 בבוקר. מטרת אגרת הכניסה הינה לצמצם את מספר כלי הרכב הפרטיים הנכנסים לטכניון ובכך לשפר את תנאי הנסיעה של הנהגים שיבחרו לשלם את אגרת הכניסה. שיפור תנאי הנסיעה יתבטא בקיצור התורים בכניסה לטכניון ובכך יתקצר זמן הנסיעה מביתך לטכניון. מהו המחיר המקסימלי אותו תהיה מוכן לשלם?

- א. עד 2 ש"ח
- ב. עד 4 ש"ח
- ג. עד 6 ש"ח
- ד. עד 8 ש"ח
- ה. עד 10 ש"ח

*שים לב: ככל שהמחיר המקסימלי שתהיה מוכן לשלם יהיה גבוה יותר, מהמחיר שיהיו מוכנים לשלם נהגים אחרים, מספר הנכנסים איתך לטכניון יהיה נמוך יותר. כך גדל גם הסיכוי שהאגרה אכן תשיג את מטרותיה.

6) לפניך מוצגות מספר זוגות של אלטרנטיבות המתארות אפשרויות הגעה לטכניון בכל זוג בחר את האלטרנטיבה העדיפה בעיניך.
*שים לב:
*זמן הנסיעה מוגדר כזמן העובר מרגע צאתך מהבית ועד לרגע הגעתך למקום העבודה בטכניון.
*עלות הנסיעה מוגדרת כעלות הנסיעה נטו עבורך.
*האלטרנטיבה: לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה משמעותה שינוי מועד הגעתך לטכניון הכוונה לכך כך שלא תגיע בשעות בהן יש לשלם את אגרת הכניסה (בין השעות 7:15 - 8:30 בבוקר).

נספה ב': סוג 1 של השאלון

כרטיס מס' 1

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע בהסעות עובדים	לנסוע ברכב פרטי
או מתחבורה ציבורית	ולשלב אגרת כניסה
משלום אגרה: אין	משלום אגרה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 2 ש"ח	עלות הנסיעה: 5 ש"ח
זמן הנסיעה: 30-40 דקות	זמן הנסיעה: 10-20 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 2

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי, לחנות	לנסוע ברכב פרטי
מחוץ לטכניון וללכת ברגל	ולשלם אגרת כניסה
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 5 ש"ח	עלות הנסיעה: 5 ש"ח
זמן הנסיעה: 20-30 דקות	זמן הנסיעה: 10-20 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף? 2

כרטיס מס' 3

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי, לחנות מחוץ לסכניון וללכת ברגל	לנסוע בהסעות עובדים או בתחבורה ציבורית
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: אין
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 5 ש"ח	עלות הנסיעה: 2 ש"ח
זמן הנסיעה: 20-30 דקות	זמן הנסיעה: 30-40 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 4

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה	לנסוע ברכב פרטי ולשלם אגרת כניסה
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 5 ש"ח	עלות הנסיעה: 5 ש"ח
זמן הנסיעה: 10-20 דקות	זמן הנסיעה: 10-20 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

ברטיס מס' 6

אלטרטיבה 2	אלטרטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי	לנסוע ברכב פרטי, לחנות
ולשירות את מועד הנסיעה	מחוץ לטכניון וללכת ברגל
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: אין
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 5 ש"ח	עלות הנסיעה: 5 ש"ח
זמן הנסיעה: 10-20 דקות	זמן הנסיעה: 20-30 דקות

איזו אלטרטיבה תעדיף ?



THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



-עמוד מס' 3-

- 2 א"ב -

(5) נוכח בעית הגודש בכניסה לטכניון בשעות הבוקר הגורמת לעכובים ולתורים ארוכים, נשקלת האפשרות לגבות אגרת כניסה מהנהגים הנכנסים ברכב הפרטי לטכניון בין השעות 7:15 ועד 8:30 בבוקר. מטרת אגרת הכניסה הינה לצמצם את מספר כלי הרכב הפרטיים הנכנסים לטכניון ובכך לשפר את תנאי הנסיעה של הנהגים שיבחרו לשלם את אגרת הכניסה. שיפור תנאי הנסיעה יתבטא בקיצור התורים בכניסה לטכניון ובכך יתקצר זמן הנסיעה מביתך לטכניון. מהו המחיר המקסימלי אותו תהיה מוכן לשלם?

א. עד 2 ש"ח

ב. עד 4 ש"ח

ג. עד 6 ש"ח

ד. עד 8 ש"ח

ה. עד 10 ש"ח

*שים לב: ככל שהמחיר המקסימלי שתהיה מוכן לשלם יהיה גבוה יותר, מהמחיר שיהיו מוכנים לשלם נהגים אחרים, מספר הנכנסים איתך לטכניון יהיה נמוך יותר. כך גדל גם הסיכוי שהאגרה אכן תשיג את מטרותיה.

(6) לפניך מוצגות מספר זוגות של אלטרנטיבות המתארות אפשרויות הגעה לטכניון בכל זוג בחר את האלטרנטיבה העדיפה בעיניך.
*שים לב:
*זמן הנסיעה מוגדר כזמן העובר מרגע צאתך מהבית ועד לרגע הגעתך למקום העבודה בטכניון.
*עלות הנסיעה מוגדרת כעלות הנסיעה נטו עבורך.
*האלטרנטיבה: לנסוע ברכב פרטי ולשנות את מועד הנסיעה משמעותה שינוי מועד הגעתך לטכניון הכוונה לכך כך שלא תגיע בשעות בהן יש לשלם את אגרת הכניסה (בין השעות 7:15 - 8:30 בבוקר).

כרטיס מס' 5

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי	לנסוע בהסעות עובדים
ולשנות את מועד הנסיעה	או בתחבורה ציבורית
משלום אגרה: אין	משלום אגרה: אין
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 10 ש"ח	עלות הנסיעה: 4 ש"ח
זמן הנסיעה: 30-40 דקות	זמן הנסיעה: 50-60 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

4. כרטיסי מס' 1

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי	לנסוע ברכב פרטי
ולשנות את מועד הנסיעה	ולשלב אגרת כניסה
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 10 ש"ח	עלות הנסיעה: 10 ש"ח
זמן הנסיעה: 30-40 דקות	זמן הנסיעה: 30-40 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף? 2

כרטיס מס' 2

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי, לחנות	לנסוע ברכב פרטי
מחוץ לסכניון וללכת ברגל	ולשלב אגרת כניסה
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 10 ש"ח	עלות הנסיעה: 10 ש"ח
זמן הנסיעה: 40-50 דקות	זמן הנסיעה: 30-40 דקות

איי 1 אלטרנטיבה תעדיף 2

כרטיס מס' 1

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע בהשעות עובדים	לנסוע ברכב פרטי
או בתחבורה ציבורית	ולשלב אגרת כניסה
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 4 ש"ח	עלות הנסיעה: 10 ש"ח
זמן הנסיעה: 50-60 דקות	זמן הנסיעה: 30-40 דקות

אי זו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 3

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי, לחנות	לנסוע בהסעות עובדים
מחויץ לטכניון וללכת ברגל	או בתחבורה ציבורית
משלום אגרה: אינן	משלום אגרה: אינן
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 10 ש"ח	עלות הנסיעה: 4 ש"ח
זמן הנסיעה: 40-50 דקות	זמן הנסיעה: 50-60 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 6

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי	לנסוע ברכב פרטי, לחנות
ולשנות את מועד הנסיעה	מחוץ לסכיניון וללכת ברגל
תשלום אגרה: אין	תשלום אגרה: אין
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 10 ש"ח	עלות הנסיעה: 10 ש"ח
זמן הנסיעה: 30-40 דקות	זמן הנסיעה: 40-50 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



-עמוד מס' 3-

-3 ע"פ-

(5) נוכח מצוקת החניה בטכניון, נשקלת האפשרות לגבות תשלום עבור החניה בקריית הטכניון. מטרת התשלום עבור החניה הינה לצמצם את מספר כלי הרכב הנמצאים בטכניון ובכך לאפשר לנהגים שיבחרו לשלם היצע גדול יותר של מקומות חניה זמינים בכל שעות היום. מהו המחיר המקסימלי אותו תהיה מוכן לשלם?

- א. עד 2 ש"ח
- ב. עד 4 ש"ח
- ג. עד 6 ש"ח
- ד. עד 8 ש"ח
- ה. עד 10 ש"ח

*שים לב: ככל שהמחיר המקסימלי שתהיה מוכן לשלם יהיה גבוה יותר, מהמחיר שיהיו מוכנים לשלם נהגים אחרים, מספר הרכבים שיחנו איתך בטכניון יהיה נמוך יותר. כך גדל גם הסיכוי שהתשלום עבור החניה ישיג את מטרותיו.

(6) לפניך מוצגות מספר זוגות של אלטרנטיבות המתארות אפשרויות הגעה לטכניון בכל זוג בחר את האלטרנטיבה העדיפה בעיניך.
*שים לב:
*זמן הנסיעה מוגדר כזמן העובר מרגע צאתך מהבית ועד לרגע הגעתך למקום העבודה בטכניון.
*עלות הנסיעה מוגדרת כעלות הנסיעה נטו עבורך.

כרטיס מס' 1

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע בהסעות עובדים	לנסוע ברכב פרטי
או בתחבורה ציבורית	ולשם עבור חניה
תשלום עבור חניה: איו	תשלום עבור חניה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 2 ש"ח	עלות הנסיעה: 5 ש"ח
זמן הנסיעה: 30-40 דקות	זמן הנסיעה: 10-20 דקות

איו אלטרנטיבה העדיף ?



THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



-עמוד מס' 3-

-3 א"ב-

(5) נוכח מצוקת החניה בטכניון, נשקלת האפשרות לגבות תשלום עבור החניה בקרית הטכניון. מטרת התשלום עבור החניה הינה לצמצם את מספר כלי הרכב הנמצאים בטכניון ובכך לאפשר לנהגים שיבחרו לשלם היצע גדול יותר של מקומות חניה זמינים בכל שעות היום. מהו המחיר המקסימלי אותו תהיה מוכן לשלם?

- א. עד 2 ש"ח
- ב. עד 4 ש"ח
- ג. עד 6 ש"ח
- ד. עד 8 ש"ח
- ה. עד 10 ש"ח

*שים לב: ככל שהמחיר המקסימלי שתהיה מוכן לשלם יהיה גבוה יותר, מהמחיר שיהיו מוכנים לשלם נהגים אחרים, מספר הרכבים שיחנו איתך בטכניון יהיה נמוך יותר. כך גדל גם הסיכוי שהתשלום עבור החניה ישיג את מטרותיו.

(6) לפניך מוצגות מספר זוגות של אלטרנטיבות המתארות אפשרויות הגעה לטכניון בכל זוג בחר את האלטרנטיבה העדיפה בעיניך.
*שים לב:
*זמן הנסיעה מוגדר כזמן העובר מרגע צאתך מהבית ועד לרגע הגעתך למקום העבודה בטכניון.
*עלות הנסיעה מוגדרת כעלות הנסיעה נטו עבורך.

כרטיס מס' 1

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע במסעות עובדים	לנסוע ברכב פרטי
או במחבורה ציבורית	ולשלם עבור חניה
משלום עבור חניה: אין	משלום עבור חניה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 2 ש"ח	עלות הנסיעה: 5 ש"ח
זמן הנסיעה: 30-40 דקות	זמן הנסיעה: 10-20 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 2

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי, לחנות	לנסוע ברכב פרטי
מחוץ לטכניון וללכת ברגל	ולשלב עבור חניה
משלום עבור חניה: אין	משלום עבור חניה: יש
הדגמת תכונות נוספות:	הדגמת תכונות נוספות:
עלות הנסיעה: 5 ש"ח	עלות הנסיעה: 5 ש"ח
זמן הנסיעה: 20-30 דקות	זמן הנסיעה: 10-20 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 3

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי, לחנות	לנסוע בהסעות עובדים
מחוץ לסניגור וללכת ברגל	או בתחבורה ציבורית
תשלום עבור חניה: אין	תשלום עבור חניה: אין
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 5 ש"ח	עלות הנסיעה: 2 ש"ח
זמן הנסיעה: 20-30 דקות	זמן הנסיעה: 30-40 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?



THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



-עמוד מס' 3-

- 4 ע"ד -

(5) נוכח מצוקת החניה בטכניון, נשקלת האפשרות לגבות תשלום עבור החניה בקרית הטכניון. מטרת התשלום עבור החניה הינה לצמצם את מספר כלי הרכב הנמצאים בטכניון ובכך לאפשר לנהגים שיבחרו לשלם היצע גדול יותר של מקומות חניה זמינים בכל שעות היום. מהו המחיר המקסימלי אותו תהיה מוכן לשלם?

א. עד 2 ש"ח

ב. עד 4 ש"ח

ג. עד 6 ש"ח

ד. עד 8 ש"ח

ה. עד 10 ש"ח

*שים לב: ככל שהמחיר המקסימלי שתהיה מוכן לשלם יהיה גבוה יותר, מהמחיר שיהיו מוכנים לשלם נהגים אחרים, מספר הרכבים שיחנו איתך בטכניון יהיה נמוך יותר. כך גדל גם הסיכוי שהתשלום עבור החניה ישיג את מטרותיו.

(6) לפניך מוצגות מספר זוגות של אלטרנטיבות המתארות אפשרויות הגעה לטכניון בכל זוג בחר את האלטרנטיבה העדיפה בעיניך.
*שים לב:
*זמן הנסיעה מוגדר כזמן העובר מרגע צאתך מהבית ועד לרגע הגעתך למקום העבודה בטכניון.
*עלות הנסיעה מוגדרת כעלות הנסיעה נטו עבורך.

כרטיס מס' 3

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לניסוע ברכב פרטי, לחנות	לניסוע בהסעות עובדים
מחוץ לטכניון וללכת ברגל	או בתחבורה ציבורית
תשלום עבור תניה: אין	תשלום עבור תניה: אין
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 10 ש"ח	עלות הנסיעה: 4 ש"ח
זמן הנסיעה: 40-50 דקות	זמן הנסיעה: 50-60 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 1

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע בהסעות עובדים	לנסוע ברכב פרטי
או בתחבורה ציבורית	ולשלב עבור חנייה
משלום עבור חניה: אין	משלום עבור חניה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 4 ש"ח	עלות הנסיעה: 10 ש"ח
זמן הנסיעה: 50-60 דקות	זמן הנסיעה: 30-40 דקות

איזו אלטרנטיבה תעדיף ?

כרטיס מס' 2

אלטרנטיבה 2	אלטרנטיבה 1
לנסוע ברכב פרטי, לחנות	לנסוע ברכב פרטי
מחוץ לשכניון וללכת ברגל	ולשלב עבור חניה
משלום עבור חניה: אין	משלום עבור חניה: יש
<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>	<u>הדגמת תכונות נוספות:</u>
עלות הנסיעה: 10 ש"ח	עלות הנסיעה: 10 ש"ח
זמן הנסיעה: 40-50 דקות	זמן הנסיעה: 30-40 דקות

איזו אלטרנטיבה מעדיף ?

רשימת סמלים וקיצורים

עקומת הביקוש לנסיעות	D
נפח התנועה	T
עלות הנסיעה הממוצעת כפונקציה של נפח התנועה	AC(T)
עלות הנסיעה השולית כפונקציה של נפח התנועה	MC(T)
תועלת הפרט n מאלטרנטיבה i	U_{in}
תועלת הפרט n מאלטרנטיבה j	U_{jn}
משתני האלטרנטיבה	X_1, X_2, \dots, X_n
מקדמי המשתנים	B_k
שגיאת המודל	e_i
ההסתברות שפרט n יבחר באלטרנטיבה i	$P_n(i)$
ההסתברות שפרט n יבחר באלטרנטיבה j	$P_n(j)$
סט הבחירה	C_n
הכמות המבוקשת מהמוצר	Q
מחיר המוצר	P
גמישות הביקוש ביחס למחיר	E_{QP}

רשימת מקורות

בן-ציון א., רוטס ד., 1981, מבוא לכלכלה בגישה כמותית, הוצאת מכלול.

גרוס נ., 1969, מבוא לכלכלה, הוצאת אקדמון.

חשב, 1993, ירחון מחירים, מדדים ומידע כלכלי.

קובץ נתונים לניתוחים כלכליים של פרויקטים תחבורתיים, 1993, כרך א':
עלויות תפעול של כלי רכב, המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה.

שנתון סטטיסטי לישראל 1994, מס' 45, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

Banister D., 1989, "Congested Market Pricing for Parking", Built Environment Vol.1s, No.s3/4.

Bates J., 1988, "Econometric Issues in Stated Preference Analysis",
Journal of Transport Economics and Policy, Vol.22 pp.59-70.

Been T.B., 1993, "Congestion Pricing", TR News.

Ben-Akiva M., Lerman S., 1985, Discrete Choice Analysis, The MIT Press, Mass.

Bradley M.A., Daly A.J, 1993, "New Analysis Issues in Stated Preference Research" PTRC 21th Summer Annual Meeting, pp.75-87.

Bradley M.A., Daly A.J, 1994, "Use of the Logit Scaling Approach to Test for Rank-Order and Fatigue Effects in Stated Preference Data" ,
Transportation Vol.21, No.2, pp.167-184.

Bradley M.A., Hensher D.A, 1990, "Stated Preference Surveys", Selected Reading in Transport Survey Methodology, Washington D.C.

Bradley M.A., Kroes E.P, 1992, "Issues in Stated Preference Survey Research", Selected Reading in Transport Survey Methodology, Washington D.C.

- Brown M.B., Evans R.C, Machie P.J, Sheldon R, 1993, "The Development of Elasticities for a Road Pricing Model" PTRC 21th Summer Annual Meeting, pp.159-175.
- Chapman R.G., Staelin R, 1982, "Exploiting Rank Order Choice Set Data Within The Stochastic Utility Model", Journal of Marketing Research, Vol.19, pp.288-301.
- Clark P., Ollsop R., 1993, "The Use of SP Techniques to Investigate Responses to Changes in Workers Parking Supply", Taffic Engineering + Control pp.350-368.
- Combs C.H., Dawes R.M., Tversky A, 1970, Mathematical Psychology, Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Daganzo C.F., 1992, "Restricting Road Use Can Benefit Everyone", Research Report, Berkley University.
- Downs A., 1992, Stuck in Traffic, The Brookings Ins. Washington D.C.
- Evans A. W., 1992, "Road Congestion Pricing: When Is It a Good Policy?" Journal of Economics and Policy, pp.213-243.
- Field B.G, 1992, "Road Pricing in Practice", Transportation Journal.
- Goodwin P.B., 1992, "A Review of New Demand Elasticities With Special Reference to Short and Long Run Effect of Price Changes" Journal of Transport Economics and Policy, 26(2), pp.155-171.
- Gopinath A.P., Lam S.H., Fan H.S.L., 1993, "Singapore's Road Pricing Systems: It's Present and Future" ITS Special Issue- Congestion Pricing, pp.43-49.
- Hague Consulting Group, 1992, ALOGIT User's Guide Ver 3.2.
- Harrop P., 1993, "Charging for Road Use Worldwide" A Financial Times Managment Report, London.

Hensher D.A., 1994, "Stated Preference Analysis of Travel Choice: The State of Practice", Transportation Vol.21 No.2 pp.107-133.

Hensher D.A., Barnard P.O., Truong T.P., 1988, "The Role of Stated Preference Methods in Studies of Travel Choice", Journal of Transport Economics and Policy, Vol.22, 1988, pp.45-58.

Ibanez G., 1992, "The Political Economy of Highway Tolls and Congestion Pricing", Transportation Quarterly, Vol.46, pp.343-360.

ISTEA and Intermodal Planning: Concept Practice Vision, Proceeding of a Conference, 1992, Irvine, California.

Jansson J.O, Och T.N, Pettersson H.E, 1990, "Road Pricing from Theory to Practice", VTI Notat Nummer T97.

Kroes E.P., Sheldon R.J., 1988, "Stated Preference Methods: An Introduction" Journal of Transport Economics and Policy, Vol.22, pp.11-26.

Lewis N.C., 1993, Road Pricing Theory and Practice, Thomas Telford Services, Ltd, London.

Luk J., Hepburn S., 1993, "New Review of Australian Travel Demand Elasticities" Australian Road Research Board, Arr 249.

MacLennan C., 1993, "Parking and Traffic Demand, The Policy Background" TRL Parking Seminar and Parking Control The 90's, pp.125-128.

Manheim M.L., 1979, Fundamentals of Transportation Systems Analysis, MIT Press, England.

May A.O., 1992, "Road Pricing: An International Perspective" Transportation, Vol.19 No.4.

- Mills E.S., Hamilton B.W., 1985, Urban Economics, (fourth edition), chap 12, Glenview, Illinois, Scott, Foresman and company.
- Mohrning H., 1976, Transportation Economics, Ballinger publishing company.
- Oldfield R., 1974, "Elasticities of Demand for Travel" Transportation and Road Research Laboratory, Supplementary Report No.116.
- Ortúzar J de D, Garrido R.A., 1994, "A Practice Assessment of Stated Preference Methods" Transportation 21, pp.289-305.
- Ortúzar J de D, Willumsen L.G, Modelling Transport, John Wiley and Sons, Ltd, 1990.
- Partington p., 1991, "Road Pricing - An Idea Whose Time Has Come?" Technical Papers from ITE's, 1990, 1989 and 1988 Conference, pp.429-441.
- Pas E.I., 1993, "The Role of the Mathematical Science in Emerging Directions of Travel Demand Modeling", Transportation and the Mathematical Science, National Academy Press, Washington D.C, pp.19-22.
- Pearmain D., Swanson J., Kroes E., Bradley M., 1991, Stated Preference Techniques: A Guide to Practice, Steer Davies Gleave and Hague Consulting Group.
- River Charles Associates Incorporated, 1984, Medison Peak Period Parking Pricing Demonstration Project, Final Report.
- Sikow C., Talvitie A.P., 1992, "Solution to Congestion: Right Price", Managing Traffic and Transportation Conference, pp.28-41.
- Stopher P.R., Meyburg A.H., 1975, Urban Transportation Modeling and Planning, Lexington Books.

Stubbs P.C., Tyson W.J., Daluimo, 1980, Transportation Economics,
Allen and Unwin Publishers Ltd.

Swanson J., Pearmain D., 1992, "Stated Preference Sample Sizes", PTRC,
20th Summer Meeting pp.167-182.

TRB, 1994, Curbing Gridlock: Peak Period Fees to Relieve Traffic
Congestion/ Committee for Study on Urban Transportation Congestion
Pricing, Transportation Research Board, Washington D.C: National
Academy Press, Special Report 242 Vol.1.

Tversky A., Kahneman D., 1981, "The Framing of Decisions and the
Psychology of Choice", Science, Vol.211.

Wardman M., 1988, "A Comparison of Revealed Preference Models of Travel
Behaviour", Journal of Transport Economics and Policy, Vol.22
pp.71-92.

Watson P.L., Holland E.P., 1978, "Road Pricing: The Example of
Singapore", Transportation Research Board, Special Report N 181,
pp.27-30.

Wilson P.W., 1986, "Welfare Effects of Congestion Pricing in Singapore",
Transportation, Vol.15, pp.194-210.

EVALUATION OF CONGESTION AND PARKING

TOLLS ON TRAVEL DEMAND:

CASE STUDY AT THE TECHNION

GILA ALBERT

PROF. DAVID MAHALEL

ABSTRACT

This research deals with the evaluation of congestion and parking tolls on travel demand. Congestion and parking fees are expected to reduce the usage of private cars by changing drivers' travel habits. Currently, the need for tolls is recognized as a travel demand strategy that aims to balance the demand and supply in the transportation system. To evaluate its efficiency, it is necessary to provide forecasts of changes in demand and travel behaviour caused by the new method.

This research focuses on evaluation congestion and parking fees at destination by understanding travel behaviour, and recognizing the attributes that affect the probability to choose a mode.

The theoretical section reviews the usage of congestion and parking tolls, and a few economic and social approaches that are used to evaluate the effect of new facilities. The empirical study deals with a case study. A sample interviewed, comprising workers traveling daily to the Technion by car, was asked how they would behave in two hypothetical situations. In the first, an entrance toll (which is a kind of congestion toll) to be imposed on all private cars entering the Technion. In the second, parking fees to be charged on all private cars parking on the Technion campus. Currently, there are no charges for entering and parking.

To estimate the changes in workers' travel habits, the workers were asked to indicate how they would respond if these situations faced them in reality. Also, their willingness to pay toll fees was estimated. The analysis was based on the utility approach. A logit model was calibrated using the ALOGIT software.

The main research findings are:

- The effect of the entrance toll in reducing travel demand is stronger than that of the parking toll;
- The tolls caused changes in the modal split, in a sense that people change their mode and time of travel to avoid toll fees;
- The willingness to pay parking fees is higher than the disposition to pay an entrance toll. On the basis of a sample, 77% are willing to pay a parking toll, and only 64% are inclined to pay an entrance toll. They are willing, on average, to pay NIS 3.65 for parking, and NIS 2.95 for an entrance toll (according to June 1994 prices);
- The elasticity of demand according to the findings (1.86 via congestion toll and 2.35 via parking toll) is higher than mentioned in the literature (0.3 to 1.6, when the majority values are less than 1).

The research conclusions may be helpful for policy concern travel demand, as the finding indicating a toll (specially a congestion toll) may reduce travel demand and change travel behaviour.

The research approach may be used in examining other strategy effects in the transportation system. The findings point to the need to develop a new approach to understand travel behaviour.