

השלכות מורפולוגיות על התפלגות הולכי רגל במרחב עירוני: המקרה של אזור רחוב אבן-גבירול בתל-אביב¹

יואב לרמן וד"ר יצחק אומן

2. גורמים המסבירים תנועת הולכי רגל

הניסיונות לחיזוי תנועת הולכי רגל בסביבה עירונית העלו של קבוצות של גורמים המשפיעים על נפח תנועת הולכי רגל: מרחבי תפקודיים ופיזיים.

במסגרת בחינת הקשר בין הגורמים המרחביים לתנועת הולכי רגל בולטת הגישה המבנית (structural approach), אשר בוחנת את דרג הגישות או המרכזיות של רחוב (או קטע של רחוב) ברשת הרחובות גישה זו מסתמכת על התכונות הטופולוגיות של רשת הדרכים בהנר שתכונות אלו כשלעצמן יש בהן כדי להסביר ההתנהגות המרחבית ע בני אדם בעיר. במסגרת הגישה המבנית לחיזוי תנועה של הולכי רגל בעיר בולטת במיוחד המתודולוגיה המכונה תחביר המרחב (pace Syntax) המתבססת על ניתוח טופולוגי-ויזואלי של הסביבה. במסגרת מוצגת גם הטענה לפיה מבנה רשת הרחובות העירונית משפיע לא ר על התנועה אלא גם על דפוסי שימושי הקרקע ותופעות אחרות במרחב (Hillier et al, 1993; Hillier and Iida, 2005).

ניתוח המבוסס על תחביר המרחב נערך על סמך מפת קווי ציר (map) אשר מבטאת את דרגת הגישות מנקודת מבטו של האדם הפועל במרחב. ניתוח זה מפיק מספר מדדי מרכזיות טופולוגיות של רשת הרחובות (Hillier, 1996); מדד החיבוריות (connectivity) המבטא א מספר קווי הציר המצטלבים ישירות עם הקו הנבדק, מדד האינטגרציה (integration) המאפיין את המרחק הטופולוגי (מספר הפניות שצרי לבצע) מקו הציר הנבדק לכלל קווי הציר האחרים, ומדד הבחירה (choice) המבטא את חשיבותו של קו ציר נבדק למעבר בין קווי ציר אחרים, דהיינו עד כמה עוברים דרכו² (לתיאור פורמלי של מדדי מרכזיות טופולוגיות ראו את מאמרו של אומר המופיע בגיליון זה).

הגישה המבנית יושמה לחיזוי תנועת הולכי רגל במקומות רבים. ב השאר נערכו מחקרים אחדים בלונדון אשר הוכיחו יכולת חיזוי של תנועת הולכי רגל בטווח של 55-75% (Hillier et al, 1993; Hillier and Iida, 2005, Jiang, 2009; Penn et al, 1998), ובאמסטרדם נמצא יכולת חיזוי של בין 60-70% (Read, 1999).

לצד בחינת השפעות המבנה המרחבי נבחנה גם השפעת התפלגו שימושי קרקע על תנועת הולכי רגל. במחקר שנערך בעיר הונג קונ אשר בחן את ההשפעה של גורמים תפקודיים על התנהגות הולכי רגל במרחב בשעות שונות של היום (Chu, 2005) נמצא כי לשימושי קרקע שונים כגון מסחר, משרדים ומיקום תחנות תחבורה ציבורי יש השפעה על כמות הולכי הרגל בסמוך להם³. כך לדוגמה, בסמו לתחנות תחבורה ציבורית נמצאה תנועה ערה בשעות הנסיעה לעבוד ובשעות החזרה ממנה. ניתוח הממצאים התבסס על גרסיה רב משתנים ונמצא כי לחזית מסחרית לאורך הרחוב הייתה הקורלציה הגבוהה ביותר לתנועת הולכי רגל במרבית שעות המחקר.

במחקרים נוספים⁴ נעשו ניסיונות לשלב בין שלוש קבוצות הגורמים המרחביים, התפקודיים והפיזיים. מחקר משולב מסוג זה השוו שתי שכונות במרכז איסטנבול (Ozer and Kubat, 2007) ובחן או ההשערה שבאחת מהשכונות יש נוכחות פחותה של הולכי רגל עק

1. מבוא

מקומם של הולכי הרגל לא פעם בתכנון העירוני, וכתוצאה מכך נוצרו מרחבים עירוניים שמקמם פגוע ולוקה בחסר. ואולם, לאחרונה הולכת וגוברת המודעות לחשיבות של תנועת הולכי רגל במרחב העירוני תוך הכרת יתרונותיה הבריאותיים, התפקודיים, הסביבתיים והכלכליים. הבנת הגורמים המשפיעים על תנועת הולכי הרגל חיונית לפיתוח מדיניות לעידוד הליכה ברגל בערים בישראל, ואכן מחקרים אחדים נערכו להשגתה של מטרה זו, בעיקר מההיבט של בטיחות בדרכים (לסקירה בנושא: Hakkert and Matar, 2007).

המאמר מציג מחקר אשר בחן את השפעת התכונות המרחביות, הפיזיות והתפקודיות של הסביבה הבנויה על נפח תנועת הולכי הרגל בשני אזורים סמוכים במרכז העיר תל-אביב: אזור אחד בצפון הישן, שנבנה על-פי תוכנית גרס בשנות ה-30, ואזור שני בסביבת כיכר המדינה, אשר תוכנן באופן מודרניסטי יותר ונבנה בשנות ה-50. המחקר התבסס על נתונים שנאספו באמצעות סקר תנועת הולכי רגל, אשר נערך באמצעות תצפיות שיטתיות ברחובות נבחרים באזור המחקר. נתוני התכונות הפיזיות והתפקודיות של הסביבה הבנויה נאספו בחלקם באמצעות מחקר שדה (לדוגמה, רוחב מדרכות ונוכחות של שימושי קרקע מסחריים) ובחלקם באמצעות מערכת מידע גיאוגרפי (לדוגמה, צפיפות מגורים). נתוני התכונות המרחביות של הסביבה הבנויה חושבו על סמך ניתוח טופולוגי של רשת הרחובות. השערת המחקר היתה ששוני בתכונות הסביבה הבנויה בין שני אזורים המחקר הסמוכים יוביל להתפלגות שונה של כמות הולכי רגל בהם.

היחס בין תנועת הולכי הרגל לבין תכונות הסביבה נבדק באופן סטטיסטי. בדיקה זו העלתה שלמרות קרבתם הגיאוגרפית של שני האזורים שנבחנו במחקר, הם נבדלים הן בהתפלגות הולכי הרגל והן בגורמים המשפיעים על התפלגות זו. באזור הצפון הישן נמצא כי התכונות המרחביות היו הדומיננטיות בהשפעה על תנועת הולכי רגל, ואילו באזור כיכר המדינה נמצא כי לתכונות התפקודיות היתה השפעה גדולה יותר. ממצאיו של מחקר זה, שהוא ראשון מסוגו בישראל, עשויים לתרום להבנת הגורמים המעצבים התפלגות של הולכי רגל בעיר. הפרק הבא מציג את הידע הקיים על הגורמים המשפיעים על תנועת הולכי רגל בעיר, בפרק השלישי מוצגת דרך החקירה ובפרק הרביעי ממצאי המחקר. בפרק האחרון מוצג דיון מסכם והתייחסות למחקרי המשך.

* החוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם, המעבדה לניתוח המרחב העירוני, אוניברסיטת תל-אביב

¹ המאמר מבוסס על עבודה שקולת תזה לתואר שני של יואב לרמן שהוכנה במסגרת לימודי הדוקטורט בהנחייה של ד"ר יצחק אומר.

² מדד האינטגרציה ומדד הבחירה הם מדדים שניתנים לחישוב גלובלי (לכל קווי הציר שבמערכת הרחובות), וכן לחישובים לוקאליים ברדיוסים שונים של מרחק. כך למשל, מדד אינטגרציה לוקאלי ברדיוס 3 למשל ($r=3$) מבטא את קרבתו הטופולוגית של קו ציר מסוים בהתייחס לסביבתו הסמוכה בה נכללים רק קווי הציר המצויים במרחק של עד שלושה צעדים טופולוגיים ממנו.

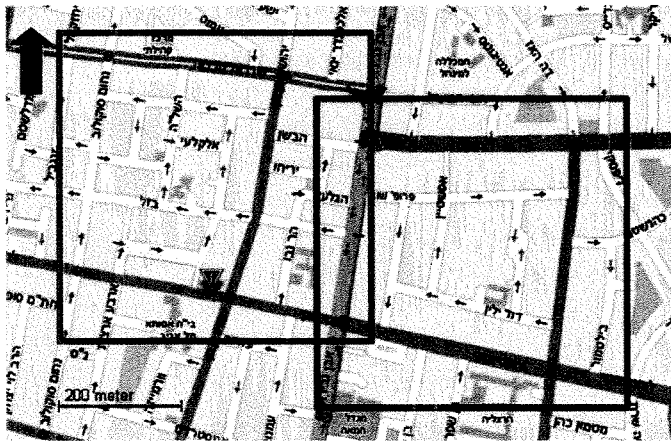
³ במחקר זה נמדדה כמות הולכי הרגל ב-12 מקטעי רחוב לאורך רחוב אחד בין השעות 7 בבוקר ל-11 בלילה בכל שעותיים.

⁴ במחקר זה נאספו נתוני ספירת הולכי ב-55 נקודות כל שעותיים במשך 5 דקות בין השעות שמונה בבוקר לשמונה בערב ביום חול ובסוף השבוע.

אזור המחקר שנבחר משתרע על פני 1,610 דונם ולמעשה מחולק לשני אזורים אשר תוכננו בתקופות שונות ובעלי מאפיינים שונים, אשר נתפסים כחלק מהמכלול הקרוי מרכז תל-אביב. גבולות האזור כולו מסומנים באדום במפה 1 והם: בצפון - שדרות נורדאו ורחוב פנקס; במזרח - דרך נמיר; בדרום - רחוב ארלוזורוב; במערב - רחוב הירקון.

רחוב אבן-גבירול (מסומן בקו צהוב במפה 1) הוא הגבול המפריד בין האזור המערבי לאזור המזרחי. האזור המערבי הוא חלק מתוכנית ג'דס אשר תוכננה בסוף שנות ה-20 (מרס, 2009) ומהווה את תוכנית המתאר הראשונה של תל-אביב. האזור המזרחי הוא חלק מתוכנית מזרח תל-אביב שתוכננה לקראת סוף שנות ה-30 (שם, עמ' 111). שני אזורים אלה, כפי שיפורט בהמשך, נבדלים בצפיפות המגורים, ברשת הרחובות, ובמידת עירוב שימושי קרקע.

לצורך המחשה, מוצגים במפה 2 שני ריבועים המכסים שטחים זהים בגודלם. ניתן לראות בברור שבצד המזרחי של אבן-גבירול (ריבוע אדום) יש הרבה פחות רחובות וצמתים בהשוואה לצד המערבי של רחוב אבן-גבירול (ריבוע כחול).



מפה 2: תקריב על שני תתי-אזור המחקר

3.2 נתוני תכונות הסביבה העירונית

לגבי כל אחד מהרחובות שנכללו בסקר נאספו נתונים לגבי תכונות שלהן פוטנציאל השפעה על תנועת הולכי רגל לפי סיווג לתכונות מרחביות, פיזיות ותפקודיות:

תכונות מרחביות:

1. חיבוריות על-פי תחביר המרחב.
2. שליטה על-פי תחביר המרחב.
3. אינטגרציה גלובלית על-פי תחביר המרחב.
4. אינטגרציה לוקלית ($r=3$) על-פי תחביר המרחב.

חישוב ערכי התכונות המרחביות על-פי המתודה של תחביר המרחב הסתמך על מפת קווי הציר של כלל אזור מרכז תל-אביב. החישוב בוצע באמצעות תוכנת DepthMap⁷.

5. חיבוריות על-פי שם רחוב. מדד זה מתבסס על רשת הרחובות בצורה ישירה ולא על מפת קווי הציר אשר משמשת בנייתו תחביר המרחב. כך למשל, מידת החיבוריות של דיזנגוף על-פי שם רחוב לרחובות אחרים זהה לכל אורכו ועומדת על 44. לעומת זאת, מידת החיבוריות על-פי תחביר המרחב עבור קו הציר של רחוב דיזנגוף באזור המחקר עומדת על 18 מכיוון שרחוב דיזנגוף המתעקל מורכב למעשה משישה קווי ציר שונים.

6. צפיפות צמתים. צפיפות צמתים לקמ"ר בכל אחד מאזורי המחקר.

זמבנה המרחבי שלה, אשר פוגע בנגישות הולכי רגל אליה ומפחית את נפח התנועה. נמצא כי נפח תנועת הולכי הרגל הושפע בעיקר ודרגת הנגישות/האינטגרציה הכללית של הרחוב, ובמידה מסוימת גם מתחושת הביטחון של הולכי הרגל וממידת העירוב של שימושי קרקע.

בוסטון נבחנו הן נגישות לשימושי קרקע והן תכונות מרחביות של שתי דרכים בניסיון ליצור מודלים לחיזוי נפח תנועת הולכי רגל: ארבעה אזורים שונים במרכז העיר (Raford and Ragland, 2006)⁵. כל ארבעת האזורים נמצאה קורלציה גבוהה של נפח תנועת הולכי רגל עם התכונה המרחבית של אינטגרציה גלובלית המבוססת על יתוח טופולוגי של מפת קווי ציר. בחלק מהאזורים הושג שיפור ברמת זקורלציה של מודל תנועת הולכי הרגל באמצעות הוספת משתנים זנוגעים לפריסת שימושי קרקע כגון קרבה לתחנות תחבורה ציבורית קרבה לאטרקציות תיירותיות, כאשר רמת הקורלציה באזורים שונים נעה בין 0.57 ל-0.86.

מחקר אחר שנערך על ידי דסילס ואחרים (Desyllas et al, 2003) בחנה השפעתם היחסית של גורמי הסביבה הבנויה על נפח תנועת זולכי רגל בלונדון. גם במחקר זה נמצא שלתכונות המרחביות של שתי הרחובות שחושבו על סמך ניתוח טופולוגי של קווי הציר יש זת ההשפעה הרבה ביותר על נפח תנועת הולכי רגל. מבין התכונות ותפקודיות, נמצא שקרבה לתחנות תחבורה ציבורית ושיעור חזיתות וסחרייות בקומת הרחוב (לעומת מבני ציבור, חנייה, משרדים ושימושים נחרים) היו בעלי רמת המתאם הגבוהה ביותר ביחס לתנועת הולכי רגל⁶. התכונות הפיזיות כדוגמת רוחב המדרכה נמצאו גם הן חשובות הסבר נפח תנועה. במודל החיזוי המשולב התקבל מתאם סטטיסטי בזה בין תכונות הסביבה לבין נפח התנועה ($R^2=0.82$).

3. שיטת המחקר

3. אזור המחקר



גבול אזור המחקר
גבול תת אזורים

מפה 1: אזור המחקר

במחקר זה נאספו נתונים באמצעות מדידת נפח תנועה ב-82 נקודות שונות בעיר במהלך יומיים (יום אחד באמצע השבוע ויום אחד בסוף השבוע במשך 5 דקות כל שעה בין 8 בבוקר ל-8 בערב).

במחקר זה נאספו נתונים ב-231 מקטעי רחובות במרכז לונדון במשך שמונה שעות, כאשר בכל נקודה נמדדה תנועת הולכי רגל במשך 5 דקות בכל שעה. הקורלציה הסטטיסטית חושבה על פי הלוגריתם של ערך התפלגות הולכי הרגל.

Depthmap היא תוכנה שפותחה ע"י UCL וניתנת להורדה חופשית לטובת שימוש במחקר אקדמי באתר: <http://www.vr.ucl.ac.uk/depthmap/>

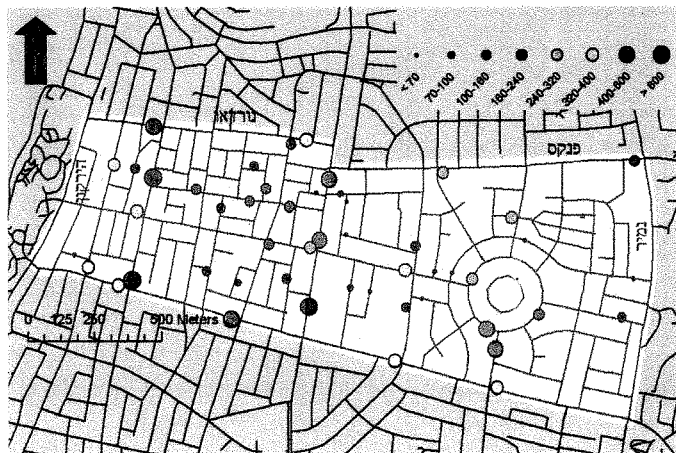
3.3 מדידת כמות הולכי הרגל

בחירת נקודות המדידה באזור המחקר נעשתה במטרה לייצג מגוון של ערכי אינטגרציה מרחבית (נגישות) של רחובות, תכונות פיזיות והתפלגות של שימושי הקרקע בשני תתי אזור המחקר. המדידה התבצעה ב-95 נקודות שונות, כאשר בכל המקומות נמדדו שתי המדרכות משני צידי הרחוב. בכל נקודה נמדד מספר הולכי הרגל שעברו בה במשך 5 דקות כל שעה במשך 5 שעות. יום המדידה עצמו היה יום חול שמשי בחודש ספטמבר והמדידה נערכה בין השעות 15:00-20:00. מתוך 95 נקודות המדידה, ממערב לאבן-גבירול היו 46 נקודות מדידה, ממזרח לאבן-גבירול היו 43 נקודות מדידה ועל רחוב אבן-גבירול עצמו היו 6 נקודות מדידה. מכיוון שרוב נקודות המדידה היו חלק מצמד נקודות משני צידי הרחוב (במקרה של שדרות נורדאו נדרשו שלוש נקודות מדידה באותו מקטע) כמות מקטעי הרחוב שלגביהם נמדדה התנועה שונה ממות הנקודות עצמן.

מקטעי הרחובות שלגביהם נאספו נתונים מחולקים מבחינה כמותית באופן הבא: בכלל אזור המחקר נמדדה כמות הולכי הרגל ב-51 מקטעי רחובות שונים, מתוכם 24 מקטעי רחובות היו ממערב לאבן-גבירול, 24 מקטעי רחובות היו ממזרח לאבן-גבירול ו-3 מקטעים נמדדו ברחוב אבן-גבירול עצמו. במפה 5 מסומנות 95 הנקודות בהן נמדדה כמות הולכי הרגל. במפה 6 מוצג לכל אחד ממקטעי הרחובות שנמדדו הממוצע המכוייל של נפח תנועת הולכי הרגל לשעה.



מפה 5: 95 הנקודות בהן נמדדה כמות הולכי הרגל (מסומנות באמצעות קווים אדומים)



מפה 6: ממוצע הולכי הרגל בכל אחד ממקטעי הרחובות שנמדדו (מכוייל לפרק זמן של שעה)

תכונות פיזיות:

7. **רוחב מדרכה.** לכל מדרכה ניתן ערך בין 0 ל-3 על-פי הרוחב הפנוי להליכה, כאשר המספר מציין את כמות האנשים שיכולה ללכת על המדרכה במקביל זה לזה, כאשר הערך 3 מסמל שלושה אנשים ומעלה.

8. **קושי חציית כביש.** לכל מקטע ניתן ערך בין 1 ל-5 על-פי רמת הקושי בחצייתו, כאשר הערך 1 מסמל שביל הולכי רגל והערך 5 כביש ראשי עם גדר.

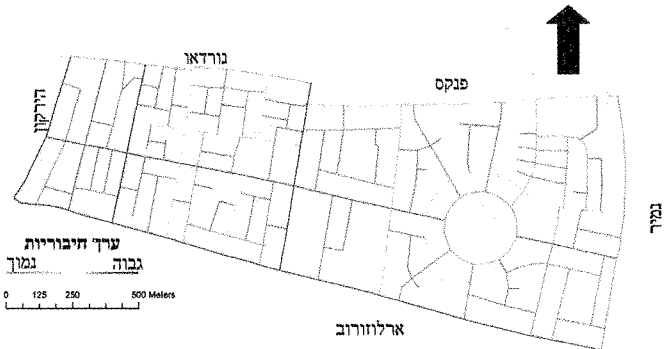
תכונות תפקודיות:

9. **חזית מסחרית** (תכונה המייצגת שימושי קרקע מסחריים). לכל מקטע רחוב ניתן ערך 0, 1 או 2 בהתאם לכמות החזיתות המסחריות שבו - מסחר בשני צדדים, מסחר בצד אחד בלבד או ללא מסחר.

10. **צפיפות מגורים.** בכל אחד מאזורי המחקר חושבה צפיפות המגורים לקמ"ר.

11. **קירבה לתחנת אוטובוס.** לכל נקודת מדידה אשר הייתה בטווח של עד 100 מ' מתחנת אוטובוס ניתן הערך 1 ולנקודות שלא היו בקרבת תחנות אוטובוס ניתן הערך 0.

במפות 3-4 מוצגים שניים מבין המאפיינים שנבחנו. במפה 3 מוצגת התפלגות דרגת החיבוריות על-פי שם רחוב ובמפה 4 מוצגת התפלגות שימושי קרקע מסחריים. במפה 4 ניתן לראות את השוני בפריסת שימושי המסחר בין שני האזורים.



מפה 3: חיבוריות על-פי שם רחוב



מפה 4: מיקום שימושי מסחר באזור המחקר

נפח תנועת הולכי הרגל ($R^2=0.738$) בעוד שהמשתנה של חיבוריות על-פי שם רחוב שנמצא דומיננטי בתת-האזור המערבי אינו משמעותי בהסבר התנועה באזור זה. מניתוח הרגרסיה לתת-האזור המזרחי מתקבל מודל המסביר ברמת מתאם של 0.865 (כאשר כל המשתנים מובהקים ברמה נמוכה מ-0.05) באמצעות שלושת המשתנים הבאים לפי הסדר:

1. חזית מסחרית
 2. חיבוריות על פי תחביר המרחב (Connectivity Space Syntax)
 3. מידת שליטה על-פי תחביר המרחב (Space Syntax Control)
- בכל מקרי החקר נערכו בדיקות נוספות ללא נקודות המצויות בכותרות ובשדרות, וזאת בניסיון לראות האם למקומות אלו, שלהן יש מבנה שאינו סטנדרטי, ישנה השפעה שונה על התפלגות הולכי רגל. בעוד שבבדיקה לכלל אזור המחקר ותת-האזור המערבי לא נמצאו הבדלים משמעותיים, בבחינת תת-האזור המזרחי ללא הנקודות בכיכר המדינה התקבל מודל מסביר שונה לחלוטין ע"י שלושת המשתנים הבאים ברמת מתאם של 0.905 ($p<0.05$):
1. חיבוריות על-פי שם רחוב
 2. אינטגרציה גלובלית (Space Syntax Global Integration)
 3. סך חזית מסחרית
- נמצא כי נקודות המדידה בכיכר המדינה משנות באופן מהותי את המודל המסביר לתנועת הולכי רגל באזור המזרחי.

5. סיכום

המחקר המוצג במאמר זה בחן את השפעת התכונות המרחביות, הפיזיות והתפקודיות של הסביבה הבנוייה על כמות הולכי הרגל ברחובותיו של אזור נבחר במרכז של תל-אביב. בחינה זו כללה השוואה בין שני חלקיו של אזור זה: הצפון הישן ממערב לרחוב אבן-גבירול והצפון החדש ממזרח לרחוב אבן-גבירול. תוצאות המחקר מלמדות שלתכונות הסביבה הבנוייה השפעה משמעותית על התפלגות הולכי הרגל ברחובות העיר. ואולם, השפעה זו עשויה להיות דיפרנציאלית בהתאם לאופייה של הסביבה העירונית, ועל כן מעידים ההבדלים שהתגלו בין שני חלקי האזור הנחקר; התפלגות כמות הולכי הרגל בחלק המערבי תואמת במיוחד את מידת החיבוריות שלהם, בעוד שבחלק המזרחי היא תואמת בעיקר את התפלגותם של שימושי קרקע מסחריים (שיעור החזיתות המסחריות) בהם. מתוך השוואה זו ניתן להסיק שככלל, נפח תנועת הולכי הרגל מושפע באזור המערבי בעיקר מתכונות מרחביות של נגישות יחסית ברשת הרחובות בעוד שבאזור המזרחי נפח התנועה מושפע בעיקר מתכונות תפקודיות.

בדומה למחקרים אמפיריים שנערכו בערים אחרות בעולם, נמצא שתכונות מרחביות של מבנה רשת רחובות העיר מהווה מרכיב חשוב בהסבר תנועת הולכי רגל. יחד עם זאת, מעניין לציין שערכי המרכזיות הטופולוגית שחושבו על סמך קווי ציר היו לעיתים (בעיקר באזור המערבי) משמעותיים פחות מערכי המרכזיות שחושבו על פי שמות הרחובות. אף שממצא זה אינו תואם את הדעה הרווחת ולפיה שימוש בקווי ציר מאפשרים מתאמים סטטיסטיים גבוהים יותר בין תכונות רשת הרחובות להולכי רגל (ראו למשל Hillier et al, 1993; Jiang, 2009), הוא מרמז על כך שתנועת הולכי הרגל מושפעת לעיתים פחות מתפיסת צירי הראייה ויותר מייצוג קוגניטיבי של המרחב, או לחילופין על כך שהעיקולים ברחובות תל-אביב קטנים יחסית ולא משמעותיים מבחינת תפיסת צירי הראייה של הולכי הרגל.

הבנת היחס בין תכונות הסביבה הבנוייה לתנועת הולכי רגל בה עסקנו במחקר זה עשויה לתרום לשיפור החיזוי של תנועת הולכי הרגל במרחבים עירוניים מתוכננים וקיימים בתל אביב, ולשמש במחקרים אחרים להשוואות ובחינות נוספות של תנועת הולכי רגל במרחבים עירוניים. מחקרים אלה ראוי שיבחנו את תנועת הולכי הרגל באזורים שנבדלים

4. תוצאות

יחס בין נפח תנועת הולכי הרגל (המשתנה התלוי) לבין המשתנים זמייציגים את תכונות הסביבה הבנוייה (המשתנים הבלתי תלויים) נותח באמצעות רגרסיה ליניארית. הניתוח הסטטיסטי בוצע ברמת פירוט אל מקטעי רחובות. הניתוח הסטטיסטי בוצע לכלל אזור המחקר וכן וצעו ניתוחים סטטיסטיים לשני תתי-אזורי המחקר - האזור ממערב לרחוב אבן-גבירול, והאזור שממזרח לרחוב אבן-גבירול. בכל המקרים מוצגו המשתנים מובהקים ברמה נמוכה מ-0.05. תוצאות ניתוח רגרסיה מוצגות בטבלה 1. לכל אחד ממקרי החקר מוצגות בטבלה תוצאות הרגרסיה, מקדם הקורלציה שהושג והגורמים המשפיעים לפי סדר חשיבותם. כמו כן, לכל מקרה חקר מוצגים מקדמי הקורלציה וול הגורמים המשפיעים העיקריים בסדר הולך ויורד.

טבלה 1: תוצאות הרגרסיה לכל מקרי החקר

אזור מחקר	מקדם קורלציה R^2	גורמים משפיעים לפי סדר חשיבות
כלל אזור המחקר	0.832	חיבוריות על-פי שם רחוב, סך חזיתות מסחריות, צפיפות מגורים בתת-אזור, קירבה לתחנות אוטובוס
	0.812	חיבוריות על-פי שם רחוב, סך חזיתות מסחריות, צפיפות מגורים בתת-אזור
	0.791	חיבוריות על-פי שם רחוב, סך חזיתות מסחריות
	0.697	חיבוריות על-פי שם רחוב
תת-אזור מערב	0.851	חיבוריות על-פי שם רחוב, סך חזיתות מסחריות
	0.825	חיבוריות על-פי שם רחוב
תת-אזור מזרח	0.865	סך חזיתות מסחריות, חיבוריות על-פי תחביר המרחב, שליטה על-פי תחביר המרחב
	0.84	סך חזיתות מסחריות, חיבוריות על-פי תחביר המרחב
	0.738	סך חזיתות מסחריות

בניתוח הרגרסיה עולה שכמות הולכי הרגל באזור המחקר בכללותו וושפעת בעיקר מארבעה משתנים בסדר חשיבות הבא:

- . מידת חיבוריות על-פי שם רחוב
- . שימושי קרקע מסחריים (סך חזיתות מסחריות)
- . צפיפות מגורים בתת-אזור
- . קירבה לתחנת אוטובוס

רבעת המשתנים האלה יחדיו מסבירים כ-83% מהשונות בהתפלגות נועת הולכי רגל ($R^2=0.832$; $P>0.05$). על-פי ממצאים אלה לתכונות מרחביות ישנה ההשפעה הרבה יותר על נפח הולכי הרגל. המשתנה ול חיבוריות על-פי שם רחוב נמצא כבעל רמת המתאם הגבוהה ביותר יחס לנפח תנועת הולכי הרגל ($R^2=0.697$). אף שהשפעתן פחותה באופן זסי, לתכונות התפקודיות ישנה השפעה משמעותית על נפח תנועת ולכי הרגל ובראשן לקיומם של שימושי קרקע מסחריים.

חינת תת-האזור המערבי בנפרד מלמדת שבאמצעות משתנה מרחבי אחד על מובהקות ברמה נמוכה מ-0.05) - מידת חיבוריות על-פי שם רחוב תן להגיע למקדם קורלציה 0.825, ובעזרת הוספת המשתנה התפקודי ל שימושי מסחר ניתן להגיע למקדם מעט גבוה יותר של 0.851. כאשר וחנים את תת-האזור המזרחי אנו מגלים שהמשתנה התפקודי של ימושי קרקע מסחריים נמצא כבעל רמת המתאם הגבוהה ביותר עם

- Hillier B., Penn A., Hanson, J., Grajewski, T., Xu, J. (1993), 'Natural Movement: Or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement', *Environment and Planning B: Planning and Design* 1993: Vol. 20
- Jiang B. (2009), 'Ranking spaces for predicting human movement in an urban environment', *International Journal of Geographical Information Science*, 23.7: 823-837
- Ozer O. and Kubat A.S. (2007), 'Walking initiatives: a quantitative movement analysis', 6th International Space Syntax Symposium in Istanbul
- Penn A., Hillier B., Banister D., and Xu J. (1998), 'Configurational modeling of urban movement networks', *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25, 59 - 84.
- Raford N. and Ragland D. R. (2006), 'Pedestrian Volume Modeling for Traffic Safety and Exposure Analysis: Case of Boston, Massachusetts' Transportation Research Board 85th Annual Meeting
- Read S. (1999), 'Space syntax and the Dutch city', *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26, 251-264

בהתפלגות התפקודים המסחריים והציבוריים ובמיקומם ביחס למרכז העיר, ובאזורי מגורים נעדרים שימושי קרקע תפקודיים.

ביבליוגרפיה

1. מרום נ. (2009), "עיר עם קונספציה - מתכננים את תל אביב", הוצאת כנרת
2. Chu S. C. H. (2005), 'When and why do people walk in the city: the influence of urban elements on time-pattern of pedestrian movement', 6th International Walk 21 Conference in Zurich
3. Desyllas J., Duxbury E., Ward J. and Smith A. (2003), 'Demand modeling of large cities: an applied example from London', UCL Centre for Advanced Spatial Analysis
4. Hakkert A.S. and Matar C. (2007), 'Country Report for Israel', Part of the Pedestrians Quality Needs Cost358 Project
5. Hillier B. (1996), 'Space is the Machine', Cambridge University Press, Cambridge
6. Hillier B. and Iida S. (2005), 'Network effects and psychological effects: a theory of urban movement', 5th International Space Syntax Symposium in Delft