

# דפוסי הליכה במרחב מטרופולין תל אביב: ממצאים אמפיריים והשלכות תכנוניות עבור טווחי זמן הליכה

ניר קפלן, עמית בירנבוים, נועם אומר ויצחק אומר

## תקציר

מחקרים מראים כי קידום הליכה כאמצעי תנועה עשוי לתרום רבות לסביבה העירונית כמו גם לבני-אדם הפועלים בה. היבט מהותי לצורך תכנון מקדם הליכה, מחייב הבנה של הגורמים המשפיעים על הליכה. על אף כי נמצאו גורמים רבים, הן פיזיים הקשורים לאופי הסביבה הבנויה והן גורמים אנושים מגוונים, מחקרים מצאו כי השיקול המרכזי המנחה את הולכי הרגל הינו צמצום משך ואורך המסלול בין המוצא ליעד. אחת משאלות המפתח בהקשר זה היא מהו משך ההליכה ומהו הטווח שעשוי להיחשב נגיש עבור הולכי הרגל בישראל? על אף שתכנויות רבות לגבי הליכה מקודמות בימים אלו בישראל, נראה כי חסר בסיס אמפירי איתן שעליו ניתן לבסס את התוכניות. מטרת המחקר הינה להשלים פער זה ולבסס ידע אמפירי מהימן אודות טווחי הזמן של מסלולי הליכה במרחב הישראלי. המחקר מבוסס על סקר נרחב ובו תועדו כ-70,000 מסלולים של הולכי רגל במרחב מטרופולין תל אביב. בחינת התפלגויות משך זמן המסלולים חושפת את טווחי זמן ההליכה השכיחים באוכלוסייה, ומראה כי קיימים הבדלים בהתפלגויות ההליכה בין קבוצות גיל ובין סוגי יעדים. לעומת זאת, לא נמצאו הבדלים בין נשים וגברים. צורת התפלגויות טווחי הזמן השכיחים, התואמת להתפלגות מסוג ביתא ( $\beta$ ), חושפות מגמות חשובות לקשורות לרגישות האדם למשך זמן הליכה שאותן יש להביא בחשבון לצורך תכנון מיטבי עבור הולכי רגל.

**מילות מפתח**  
משך זמן הליכה  
התפלגות זמן הליכה  
התנהגות הליכה  
תנועת הולכי רגל  
התפלגות ביתא  
עקומת דעיכה

קפלן, נ., בירנבוים, ע., אומר, נ., ואומר, י. (2022). דפוסי הליכה במרחב מטרופולין תל אביב: ממצאים אמפיריים והשלכות תכנוניות עבור טווחי זמן הליכה. תכנון, 19 (1).

## 1. מבוא

גורמים רבים נמצאו כמשפיעים על תנועת הולכי רגל במרחב העירוני הכוללים הן היבטים פיזיים הקשורים לאופי הסביבה הבנויה, כגון מבנה רשת הרחובות, פיזור שימושי הקרקע, טופוגרפיה, צפיפות, והן היבטים אנושיים הנוגעים למאפייני הפרט המבצע את ההליכה כגון גיל, מגדר, מעמד חברתי-כלכלי והשתייכות תרבותית-אתנית (Kang, 2015; Koohsari et al., 2017; Sung et al., 2013; Sung and Lee, 2015; Wang et al., 2016). אל גורמים אובייקטיביים אלו ניתן להוסיף גם גורמים סובייקטיביים הנוגעים לאופן תפיסת האדם את המרחב כמו חזות הרחוב, תפיסת הביטחון והבטיחות, נוחות אקלימית (Ferrer et al., 2015; Foster et al., 2014; Southworth, 2005; Wang et al., 2016) ואף גורמים קוגניטיביים הקשורים לייצוג של הסביבה העירונית כדוגמת ייצוג של מרחקים, כיוונים ונקודות ציון (Filomena and Verstegen, 2021). על אף שלל היבטים חשובים אלו שנבדקו בקפידה בספרות, בולט הממצא ולפיו נגישות מבחינת המרחק ליעד מהווה את הגורם הדומיננטי בבחירת ההליכה כאמצעי לתנועה ובחירת תוואי מסלול התנועה (Agrawal et al., 2008; Yang et al., 2013). ממצא זה תואם את ההנחה הבסיסית בחקר תנועת הולכי רגל – השאיפה של האדם לצמצם את משך ואורך המסלול

הליכה הינה אמצעי התנועה הבסיסי ביותר בעיר ובכלל. להבדיל מאמצעי תחבורה אחרים, תנועת הולכי הרגל ממלאת תפקיד מרכזי בחיוניות של אזורים עירוניים ונחשבת כגורם בסיסי ביצירת עירוניות איתנה (Jacobs, 1961; Montgomery, 1998). לתנועת הולכי רגל יתרונות רבים ובהם הפחתת עומסי תנועה והשפעות סביבתיות שליליות (Cubukcu, 2013; Neves, 2013; Southworth, 2005), הגברת הבטיחות (Jacobsen, 2003; Jacobsen et al., 2015; Omer et al., 2017), השוויון (Lee et al., 2017), השפעות פסיכולוגיות ובריאותיות חיוביות (Johansson et al., 2011; Larouche, 2012; Murtagh et al., 2015; Shamsuddin et al., 2012). לכן, אין זה מפתיע כי בשנים האחרונות אנו רואים מחקרים רבים המנסים להבין ולעודד תנועת הולכי רגל בסביבות עירוניות, בין היתר במסגרת תכנון שימושי קרקע (Agrawal et al., 2008; Koohsari et al., 2017; Matan and Neeman, 2012; Saelens and Handy, 2008; Schneider et al., 2009; Seneviratne, 1985; Southworth, 2005; Sung and Lee, 2015; Wang et al., 2016; Zahrah et al., 2018; Zakaria and Ujang, 2015).

5 דקות מתקשר לפעילות מקומית יותר (תחנת אוטובוס) ואילו טווח של 10 דקות מתקשר לפעילות בתפקוד מסדר גבוה יותר (למשל תחנת מטרו). יחד עם זאת, טווחים אלו עשויים להיות מושפעים מגורמים נוספים. כך למשל, נמצא מתאם חיובי בין משך ההליכה למשך הפעילות הצפויה, כלומר ככל שמשך הפעילות יהיה גדול יותר כך צפוי גם זמן הליכה גדול בהתאם (Susilo and Dijst, 2009). מחקרים נוספים מצאו כי ניתן להבחין בין שני סוגי הליכות, הליכה תועלתנית-תפקודית (למשל, הליכה עבור עבודה ולימודים) אל מול הליכה לצרכי פנאי (למשל, ספורט), כאשר הליכה מהסוג הראשון נוטה להיות קצרה יותר מבחינת משך הזמן (Kang et al., 2017; Millward et al., 2013).

יש לציין כי קיימת שונות בטווחי ההליכה, הן במונחי זמן והן במונחי מרחק. הדבר בא לידי ביטוי כאשר מביאים בחשבון מאפיינים סוציו-דמוגרפיים (למשל, מגדר, גיל והכנסה), שונים במטרות ההליכה (למשל, עבודה, קניות ולימודים), תנאי סביבה שונים (למשל, רמת עיור ומזג האוויר), או התייחסות לשעות היום וימי השבוע (Agrawal et al., 2008; Daniels and Mulley, 2013; El-Geneidy et al., 2014; Gao et al., 2020; Kang et al., 2017; Millward et al., 2013; Prins et al., 2014; Pucher et al., 2011; Vanky et al., 2017; Yang and Diez-Roux, 2012). יחד עם זאת, יש לציין כי שונות זו לרוב נשענת על תכונת התפלגות ספציפיות (לרוב ממוצע או חציון), שלעיתים אינה מבטאת את טווח ההליכה באופן הראוי, וזאת גם במקרים בהם נמצא שוני מובהק סטטיסטית. התייחסות מהימנה יותר לטווח ההליכה צריכה לכלול התייחסות לצורת ההתפלגות טווח מסלולי ההליכה ושכיחותם, כמו גם לעקומת הדעיכה הנגזרת ממנה (García-Palomares et al., 1985; Seneviratne, 2013; al., 2013). היבטים אלו מאפשרים הבנה טובה יותר של התנהגות ההליכה ברגל והם אלו המאפשרים להתייחס גם לפוטנציאל התנועה של הולכי רגל במקומות שונים בעיר (García-Palomares et al., 2013). בהתאם לכך, ראוי אפוא לבחון שוני בין מרכיבים אלו תוך התייחסות לצורת ההתפלגות של תנועת הולכי הרגל.

מהו אם כן טווח ההליכה בישראל? על אף כי בוצעו בישראל מספר מחקרים הנוגעים לתנועת הולכי רגל, מרביתם התבססו על שימוש בנתונים מצטברים לגבי נפחי תנועה באופן שאינו מאפשר הסקה לגבי מסלולי הליכה ברגל (Lerman et al., 2014; Lerman and Omer, 2016; Omer et al., 2015; Omer and Kaplan, 2017; אומר ורופא, 2013). מחקרים נוספים בוצעו בהיקף קטן או על אוכלוסיות ספציפיות כמו ילדים או מבוגרים באופן שאינו מאפשר הסקה רחבה על הכלל (Moran, Eizenberg, et al., 2017; Moran et al., 2017; Moran, Werner, et al., 2018), בעוד שמחקרים אחרים התמקדו בהיבטים מתודולוגיים לחקר דפוסי התנועה של ילדים (לוי ועמיתיה, 2013, 2015). אל מחקרים אלו ניתן

בין המוצא ליעד ההליכה, כלומר בחירה במסלול הקצר ביותר (Agrawal et al., 2008; Gehl, 1987; Hillier, 1999; Sharmin and Kamruzzaman, 2018; Verlander and Heydecker, 1997). יחד עם זאת, ראוי לציין שעקב סיבות הקשורות לייצוג קוגניטיבי של מרחקים, המסלול הקצר הנבחר עשוי להיות מוגדר במונחים שאינם בהכרח מטריים, כדוגמת מרחק עם מספר פניות מינימלי (Agrawal et al., 2008). מכל מקום, הדעה המקובלת היא שלצורך יצירת סביבות עירוניות המעודדות הליכה נחוצה הנגשת שימושי הקרקע תוך יצירת מסלולים ישירים בטווח הליכה עבור היעדים השונים (Agrawal et al., 2008; Kang, 2015).

טווח הליכה הינו שילוב בין שני היבטים מהותיים בתפיסה הקוגניטיבית של האדם והללו נבחנים במונחים של מרחק (distance) וזמן (time). שני המונחים כרוכים אחד בשני באופן שבו בני אדם תופסים ומייצגים קוגניטיבית מסלולים בין מקומות, כך שהערכת מרחק נעשית על פי זמן, וההיפך (Montello, 2009). הקשר המובנה בין מרחק וזמן אף בא לידי ביטוי במונח מרחק-זמן (time distance), העשוי לייצג את המרחק הרלוונטי לקבלת החלטות באשר לבחירת מסלול ואמצעי תנועה (Gatrell, 1983).

בהקשר של טווח מרחק, בספרו הקלאסי "Life Between Buildings" מציין יאן גאהל (Gehl, 1987) טווח של 500 מטר בטווח הנגיש להליכה אשר אנשים יהיו מוכנים ללכת. באופן דומה, מחקרים רבים מציינים את הטווח של כ-400 מטר כסטנדרט למרחק הליכה מתאים לפעילות מקומית (למשל, הליכה לתחנות אוטובוס ובתי ספר), בעוד מחקרים רבים אחרים מציינים טווח של עד 800 מטר כנגיש (Azmi et al., 2012; García-Palomares et al., 2013). טווחים אלו עשויים להיות מושפעים מהאיכות הפיזית של סביבת המסלול כמו גם מממדים סובייקטיביים כדוגמת חוויה נעימה ותחושת בטחון שחש הולך הרגל במסלול (Gehl, 1987). על אף שקיימת תפיסה מקובלת ואחידה יחסית בקרב מתכננים לגבי ספי המרחק שאנשים מוכנים ללכת ליעדים שונים, מחקרים מציינים כי אין לטווחים אלו ביסוס אמפירי ממש (García-Palomares et al., 2013; Larsen et al., 2010). ואכן, מחקרים שנערכו לאחרונה מצאו שונות רבה בין מדינות באשר לטווח מרחק ההליכה בפועל. כך לדוגמה, מחקרים מצאו מרחקי הליכה חציוניים בין 730-800 מטר בארה"ב ובהולנד (Agrawal et al., 2008; Prins et al., 2012; Yang and Diez-Roux, 2014; 2014), כ-500 מטר באוסטרליה (Daniels and Mulley, 2013) וכ-300 מטר בקנדה (El-Geneidy et al., 2014).

כאשר מתייחסים למרכיב השני בטווח התנועה, נראה כי טווח זמן מקובל כנגיש להליכה הינו משך מסלול של 5 או 10 דקות (Azmi et al., 2012; Azmi and Karim, 2015; Poelman and Dijkstra, 2012), כאשר טווח של

## 2. מתודולוגיה

### 2.1. אזור המחקר ובסיס הנתונים

מחקר זה מבוסס על סקר הרגלי נסיעה שבוצע על ידי חברת נתיבי איילון בע"מ בין השנים 2017-2013 בתחומי מטרופולין תל אביב ומהווה מדגם מייצג של כלל אוכלוסיית המטרופולין. הסקר בוצע בשתי פעימות. פעימה ראשונה בוצעה בין התאריכים 7/2014-11/2013 וכללה דגימה של כ-3,000 משקי בית ואילו השנייה בין התאריכים 9/2016-12/2017 וכללה כ-10,500 משקי בית. סה"כ נסקרו במדגם 13,507 משקי בית המכילים 39,085 משתתפים. הסקר בוצע בימי אמצע שבוע בשיטות מקובלות תוך שימוש בכלים שונים הכוללים, יומן נסיעות, GPS ויישומון שהותקן על הטלפון החכם. הכלים בהם נעשה שימוש תיעדו את מסלולי התנועה של המשתתפים במשך יום או יומיים מלאים תוך הבחנה בין אמצעי התנועה, יעד התנועה ובמאפייני הפרט המבצע את מסלולי התנועה. נתוני הסקר הועמדו לרשותנו לאחר עיבוד ראשוני שבוצע על ידי חברת נתיבי איילון בע"מ שכלל חלוקה של מסלולי התנועה תוך הבחנה בין אמצעי התחבורה ושיוך של כל מסלול ליעד שלו. בהמשך חוברו על ידינו מאפייני הפרט לכל מסלול. המחקר הנוכחי מתמקד רק במסלולים בהם הייתה ודאות לגבי אמצעי התנועה.

המחקר הנוכחי מתמקד בתנועת הולכי רגל תוך דגש על התפלגות זמני הליכה. הסקר כלל 265,814 מסלולים ומתוכם 70,273 (26.4%) מסלולים שבוצעו בהליכה. מתוך כלל המשתתפים, 18,134 בחרו בהליכה כאמצעי תנועה (לפחות במסלול אחד) כאשר משתתף ביצע בממוצע 3.8 מסלולי הליכה במהלך יממה (סטיית תקן 2.8). אופן עיבוד וניתוח מסלולי ההליכה מפורט בחלק הבא.

### 2.2. שיטות ניתוח

בטרם עובדו ונותחו הנתונים, בוצעו שלושה שלבים מקדימים לצורך בחינת מהימנות הנתונים. בשלב הראשון, על מנת לוודא כי אין הטיות והבדלים בין שיטות המדידה השונות שהוטמעו בסקר, הושוו התפלגויות משך מסלולי התנועה של כלל הולכי הרגל תוך הבחנה בין שני סוגי מכשירי המדידה העיקריים: דיווח עצמי על בסיס יומן נסיעות אל מול שימוש במכשירי איכון (GPS וטלפון חכם). נמצא כי שתי עקומות ההתפלגות זהות כמעט לחלוטין וכי לא קיימת הטיה בין המסלולים המבוססים על יומן ובין המסלולים המבוססים על מכשירי האיכון. לכן, נעשה במחקר שימוש בכלל המסלולים של הסקר. בשלב השני, על מנת לבחון שהתפלגות זמני ההליכה היא מהימנה, נותחו נתוני השכיחות היחסית של מסלולי ההליכה בקבוצות שונות ברזולוציה של דקות, כפי שיורחב בהמשך. כלומר, אחוז המסלולים היחסי שבוצע בין 0 ל-1 דקה, בין 1 דקה ל-2 דקות וכך הלאה, עד לזמן של 60 דקות. ניתוח זה מראה כי קיימת התפלגות 'חלקה'

להוסיף מספר לא מבוטל של מחקרים שבוצעו במסגרות שונות אך רובם היו מצומצמים בהיקפם, ולרוב לא זכו לפרסום מדעי.

מסקירת המחקרים על תנועת הולכי רגל שבוצעו בארץ, ניתן לראות כי המחקרים לרוב מוגבלים בהיקפם וברמת פירוט ודיוק שאינה מספקת לצרכי תכנון. ככלל, ניתן לקבוע שקיים חוסר בידע אמפירי המבוסס על מסד נתונים מבוסס ורחב אשר ישפוך אור על מאפייני התנהגות ההליכה בהקשר הישראלי. במקביל, נראה כי הצורך בידע זה הולך וגובר, כפי שהדבר בא לידי ביטוי בריבוי הדוחות בשנים האחרונות שמטרתם לקדם סביבות מעודדות הליכה בישראל (משרד התחבורה והבטיחות בדרכים ומשרד הבינוי והשיכון, 2009, 2020; מינהל התכנון, 2016, 2018; אדם טבע ודין, 2019; שרב ועמיתיו, 2019; המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון, 2019). זאת, במקביל למגמות דומות שמתרחשות בעולם כמו The 15-minute city או Walk score (Koohsari et al., 2021; Moreno et al., 2021; Pozoukidou and Chatziyiannaki, 2021; Sun et al., 2021; Weng et al., 2019). על אף כי הדוחות הישראלים השונים מבוססים ודנים בהיבטים מהותיים עבור קידום ועידוד תנועת הולכי רגל בערים, נראה כי אין דגש מספיק על היבט בסיסי של תנועת הולכי הרגל - טווח התנועה אל היעד. יותר מכך, נראה כי אין בדוחות הספציפיים הללו ביסוס איתן והצדקה לטווחי ההליכה המוצעים בהם. כפי שצוין, חוסר ביסוס זה אינו חריג רק לישראל (García-Palomares et al., 2013; Larsen et al., 2010).

סיבה מרכזית לחוסר הבהירות והביסוס בדוחות השונים היא העובדה שטרם בוצע מחקר מקיף ומהימן שעשוי לשפוך אור על התנהגות הולכי הרגל הישראלי ובעיקר, אודות התפלגות טווח ההליכה הרלוונטי בהקשר הישראלי. מכאן נשאלות שתי שאלות מהותיות אודות ההנחיות ושאיפות התכנון הנהוגות כיום בישראל: האם טווחי ההליכה המיועדים רלוונטיים ומתאימים לקהל הישראלי? והאם טווחים אלו מעודדים בחירה בהליכה כאמצעי לתנועה? מחקר זה ינסה להשלים פער אמפירי זה באשר להתנהגות ההליכה בישראל.

מטרת המחקר הינה ביסוס ידע אמפירי אודות דפוסי התנהגות הליכה במרחב העירוני בישראל. המחקר מתמקד בטווחי הזמן של מסלולי הליכה למטרות שונות תוך הבחנה בין קבוצות גיל ומגדר. המחקר מתמקד בשלוש שאלות עיקריות: (1) מהם דפוסי ההליכה ברגל מבחינת משך מסלולי ההליכה? (2) האם וכיצד נבדלות קבוצות גיל ומגדר בדפוסי הליכה אלו? ו- (3) האם וכיצד דפוסי הליכה משתנים בהתאם לסוגי היעדים ומטרות ההליכה? המשך המאמר בנוי באופן הבא: בחלק הבא תוצג שיטת המחקר תוך הצגת מקורות הנתונים ושיטות הניתוח שבוצעו. תוצאות המחקר יוצגו לאחר מכן ומסקנות המחקר יובאו בחלק האחרון.

בוצעה תוך חלוקה לקבוצות יעדים שהוגדרו בסקר במקור: בית (38.6%), עבודה (4.8%), לימודים (16.7%), קניות (7.2%), פעילות הקשורה לעבודה או פגישה עסקית (להלן: 'קשור לעבודה', 2.0%), סידורים אישיים/ תפילה (להלן: 'סידורים', 9.3%), ביקור אצל קרובים/ חברים (להלן: 'ביקור', 4.2%), שירותי בריאות/ רפואה (1.1%), מקום בילוי או תרבות/ ארוחה במסעדה (להלן: 'בילוי', 3.9%), פעילות ספורט (להלן: 'ספורט', 3.7%), הורדה/ ליווי/ איסוף של ילדים (להלן: 'ליווי', 8.3%), אחר (0.2%) ולא ידוע (0.0%). סה"כ 12 קבוצות יעדים.

לאחר קיבוץ מסלולי ההליכה לקבוצות חדשות בהתאם למאפייני התפלגות הביתא ועל מנת להבהיר את השונות וההבדלים בין קבוצות אלו, לכל קבוצה חושבו מדדים סטטיסטיים מייצגים הכוללים: ממוצע, סטיית תקן ואחוזונים. בהמשך לכך, רוכזו נתוני השכיחות היחסית של המסלולים עבור כל אחת מהקבוצות ברזולוציה גבוהה של כל דקה, כלומר אחוז המסלולים היחסי שבוצע בין 0 ל-1 דקה, בין 1 דקה ל-2 דקות וכך הלאה, עד לזמן של שעה אחת (60 דקות). בצורה זו, תוארו התפלגויות משכי ההליכה הן עבור כל דקה והן עבור שכיחות מצטברת לאורך זמני ההליכה.

### 3. תוצאות

התפלגות המסלולים הכללית (איור 1) מתאימה כאמור להתפלגות מסוג ביתא ( $\alpha=0.38$ ,  $\beta=22.94$ ). ניתן לראות עליה חדה בשכיחות היחסית של המסלולים עד טווח הליכה של 5 דקות ומשם דעיכה במגמה דומה עד טווח זמן הליכה של 12 דקות, משם דעיכה מתונה יותר עד 23 דקות ומשם דעיכה איטית מאוד עד 30 דקות עם פחות מאחוז אחד של מסלולים לכל דקה בקבוצת זמן זו. נראה אם כן כי בהתאם למגמות אלו ניתן לחלק את התפלגויות טווחי זמן ההליכה לשלושה עד ארבעה מקטעים: הראשון הינו טווח הזמן של עד כ-5 דקות ובו יש עליה בשכיחות היחסית של המסלולים, כלומר נראה כי אין רגישות רבה לזמן ההליכה בטווח זה. טווח זה מכיל כמות רבה יחסית של מסלולים. קבוצה שניה הינה בטווח הזמן של כ-5-12 דקות הליכה ובה יש שכיחות יחסית רבה של מסלולים אך בה בעת קיימת ירידה חדה בכמות היחסית של המסלולים עם עלייה במשך זמן המסלול, כלומר ניכר ביטוי של רגישות למשך המסלול עבור הולכי הרגל. טווח שלישי הינו מ-12 דקות ואילך, וניתן לסווג חלוקת משנה נוספת מעל כ-23 דקות. הטווח השלישי/ רביעי מאופיין בשכיחות יחסית נמוכה של מסלולים עם דעיכה מתונה עד מתונה מאוד עם העלייה במשך זמן המסלול. נראה כי הרגישות לזמן הליכה פוחתת ואינה מהווה משקל משמעותי אך יחד עם זאת טווח זה אינו רלוונטי עבור מרבית מסלולי ההליכה, ובמיוחד כאשר משך המסלול גדול מ-23 דקות.

אך עם קפיצות בפרקי זמן עגולים של 5 דקות, שהופיעו ככל הנראה בשל אחזור נתונים שבוצע במקרים בהם משך המסלול לא נקלט כהלכה במכשיר האיכון (כלומר מי שביצע מסלול של עד 5 דקות אחזר את הנתון ועיגל אותו ל-5). על מנת לבטל הטיה זו בוצעה החלקה של הנתונים על ידי שימוש מקובל בממוצע נע (moving average) עם חלון של 5 ערכים. בשלב השלישי, השתמשנו בכ-40% מהדיווחים של הנחקרים אשר אומתו וטויבו על ידי חברת נתיבי איילון בע"מ והשווינו בין ההתפלגות של המסלולים המאומתים לבין ההתפלגות המתוקנת של שאר המסלולים. מצאנו כי שתי ההתפלגויות זהות כמעט לחלוטין ומכאן אנו מסיקים על מהימנות הנתונים.

הניתוח הראשוני שבוצע חשף כי התפלגויות זמני ההליכה הכללית מתוארות היטב באמצעות פונקציות צפיפות (Probability density function - PDF) של התפלגות ביתא ( $\beta$ -distribution) (Gupta and Nadarajah, 2004). התפלגות זו מייצגת משפחה של פונקציות הסתברות באמצעות שני פרמטרים חיוביים ( $\alpha$  ו- $\beta$ ) המגדירים את צורת ההתפלגות באופן חד-חד-ערכי בטווח שבין 0 ל-1:

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot (1-x)^{\beta-1} \quad \text{s.t. } \alpha, \beta > 0, 0 \leq x < 1 \quad (1)$$

כאשר  $B(\alpha, \beta)$  הינו גורם נרמול המבטיח שסך כל ההסתברויות יסכמו ל-1. לפירוט נוסף לגבי התאמתה של התפלגות ביתא להתפלגות זמני ההליכה ראה נספח 1.

שימוש דומה בפונקציות צפיפות של התפלגות ביתא נעשה בעבר לתיאור תופעות גיאומטריות פיזיקליות שונות כדוגמת מרכזיות כוכבי לכת (Kipping, 2013), כיסוי עננים (Falls, 1974) ופיזור עלים בצמחים (Goal and Strebel, 1984). יש לציין כי ניתן להבחין בהתפלגות מסוג ביתא גם במחקרים הנוגעים לטווחי הליכה ולתנועה בכלל, אך ההתייחסות להתפלגויות אלה הייתה כאל פונקציית דעיכה (Decay function), המייצגת בדרך כלל עקומה אקספוננציאלית שלילית (El-Geneidy et al., 2014; Goel, 2018; Iacono et al., 2010; Larsen et al., 2008). עד כה, למיטב ידיעתנו, לא ניתנה פרשנות והתייחסות להתפלגויות טווחי ההליכה כאל התפלגות מסוג ביתא. כפי שיובהר בהמשך, ההתייחסות להתפלגות זו כעקומת דעיכה בלבד איננה מטפלת בהיבטים חשובים הנוגעים להבנת דפוסי התנועה.

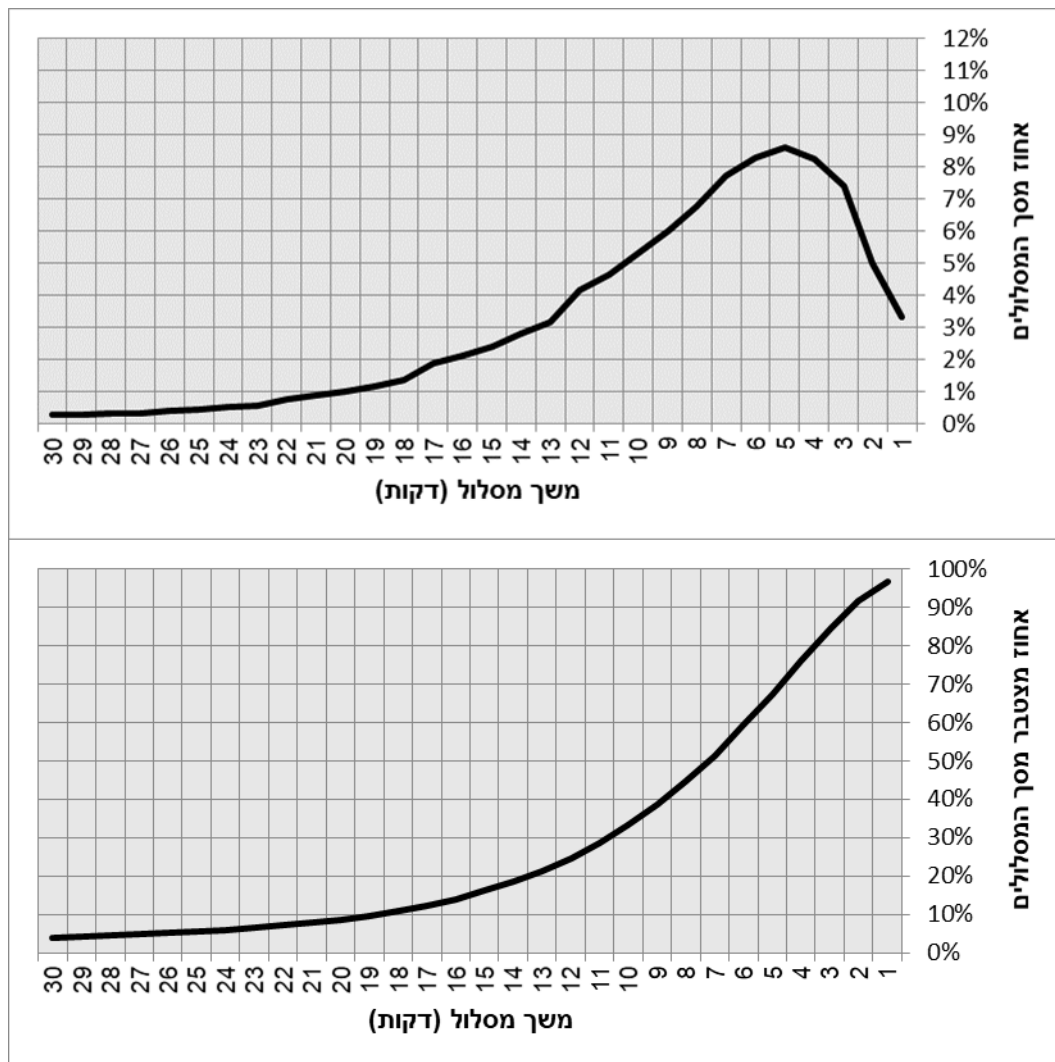
על מנת לקבץ את מסלולי ההליכה בקבוצות הנבדלות בהתפלגות זמני ההליכה תוך הבחנה במאפיינים של מגדר, גיל ויעדי (מטרות) התנועה, נעשה שימוש בפרמטרים  $\alpha$  ו- $\beta$ , המרכיבים את צורת ההתפלגות ביתא. הבחנות מגדריות נעשו תוך הבחנה בין מסלולים שביצעו נשים (52.3%) או גברים (47.7%); הבחנה גילאית בוצעה תוך הבחנה בגיל הפרט המבצע את מסלול ההליכה באינטרוולים של שנה (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). כאשר קבוצת גיל מכילה 831 מסלולים בממוצע. הבחנה בין יעדי (מטרות) התנועה

מציגה ביתר שאת את הדעיכה החדה של טווחי זמן ההליכה עבור הולכי הרגל ומעידה על רגישות הולכי הרגל למשך הליכה ארוך. כך למשל, ניתן לראות כי ישנה דעיכה חדה עד טווח של כ- 5 דקות (30% מהמסלולים) ואף חדה יותר מטווח 5 דקות עד 12 דקות (78% מהמסלולים), כאשר טווח של מעל 18 דקות מאפיין רק 10% ממסלולי הליכה (עבור טבלת אחוזונים מפורטת לצורכי תכנון ראה נספח 2).

ביטוי לחלוקות אלו ניתן למצוא גם במדדים הסטטיסטיים המייצגים ובהם האחוזונים 25, 50 ו- 75 המהווים זמני הליכה של 4.3, 7.0 ו- 11.3 דקות, בהתאמה, ובהתפלגות המצטברת של המסלולים לאורך זמני הליכה (איור 1 תחתון). התפלגות זו, המאופיינת בהתפלגות בעלת זנב עבה, מעידה כי נתון הממוצע (9.4 דקות) בעייתי בהשלכה על הכלל (כפי שסטיית התקן הגבוהה 13.3 אף מעידה). בנוסף, ההתפלגות

**איור 1: התפלגות זמני הליכה של כלל המשתתפים**

עליון: אחוז מסך המסלולים עבור כל דקה; תחתון: עקומת דעיכה בהתאם למשך זמן המסלולים.  
\* הערה: המשך של 2.0% מהמסלולים הוא בין 30 ל- 60 דקות ו-0.1% מהמסלולים ארוכים מ- 60 דקות.





טבלה 1: מדדים סטטיסטיים מייצגים עבור משך המסלולים (דקות) לפי קבוצות

אחוזונים			סטיית תקן	ממוצע	$\beta$	$\alpha$	N		תת קבוצה	קבוצת חלוקה
75	50	25					%	#		
11.3	7.0	4.3	13.3	9.4	22.94	0.38	100.0	70,273	כל המסלולים	כללי
11.0	7.0	4.2	13.5	9.3	22.39	0.37	47.7	33,531	גברים	מגדר
11.7	7.0	4.6	13.2	9.5	23.44	0.38	52.3	36,742	נשים	
10.0	6.0	4.0	13.0	8.1	18.33	0.30	27.3	19,214	ילדים (>11)	גיל
14.0	9.2	5.0	14.3	11.1	28.08	0.46	20.5	14,419	צעירים (12-24)	
10.9	6.7	4.0	10.2	8.8	21.52	0.35	37.1	26,077	בוגרים (25-56)	
12.8	7.5	4.3	18.1	10.6	27.46	0.45	15.0	10,563	מבוגרים (<56)	
13.0	7.7	4.4	9.2	10.0	27.75	0.45	4.8	3,338	עבודה	יעדים / מטרות
10.8	7.0	4.3	9.5	8.7	21.51	0.35	33.2	23,318	לימודים/קניות/סידורים	
12.3	7.5	4.5	13.4	10.2	25.84	0.42	8.1	5,706	ביקור/בילוי	
15.0	9.1	5.6	8.5	11.1	30.12	0.49	1.1	804	בריאות/רפואה	
15.5	8.7	5.0	21.9	13.2	35.47	0.58	3.7	2,582	ספורט	
8.0	5.0	3.3	11.8	7.0	14.59	0.24	8.3	5,803	לווי	

\* הערה: בניית המטרות לא נלקחו בחשבון מסלולים שיעדם הוגדר כ"בית" מכיוון שהליכה אל היעד שמוגדר בבית מהווה "ממוצע" של משכי ההליכה של כלל סוגי היעדים. בנוסף, לא נלקחו בחשבון מסלולים שיעדם הוגדר "אחר" ו"לא ידוע", המהווים פחות מ-0.3% מהמסלולים, משום שלא ניתן לאפיין עבורם את סוג הפעילות.

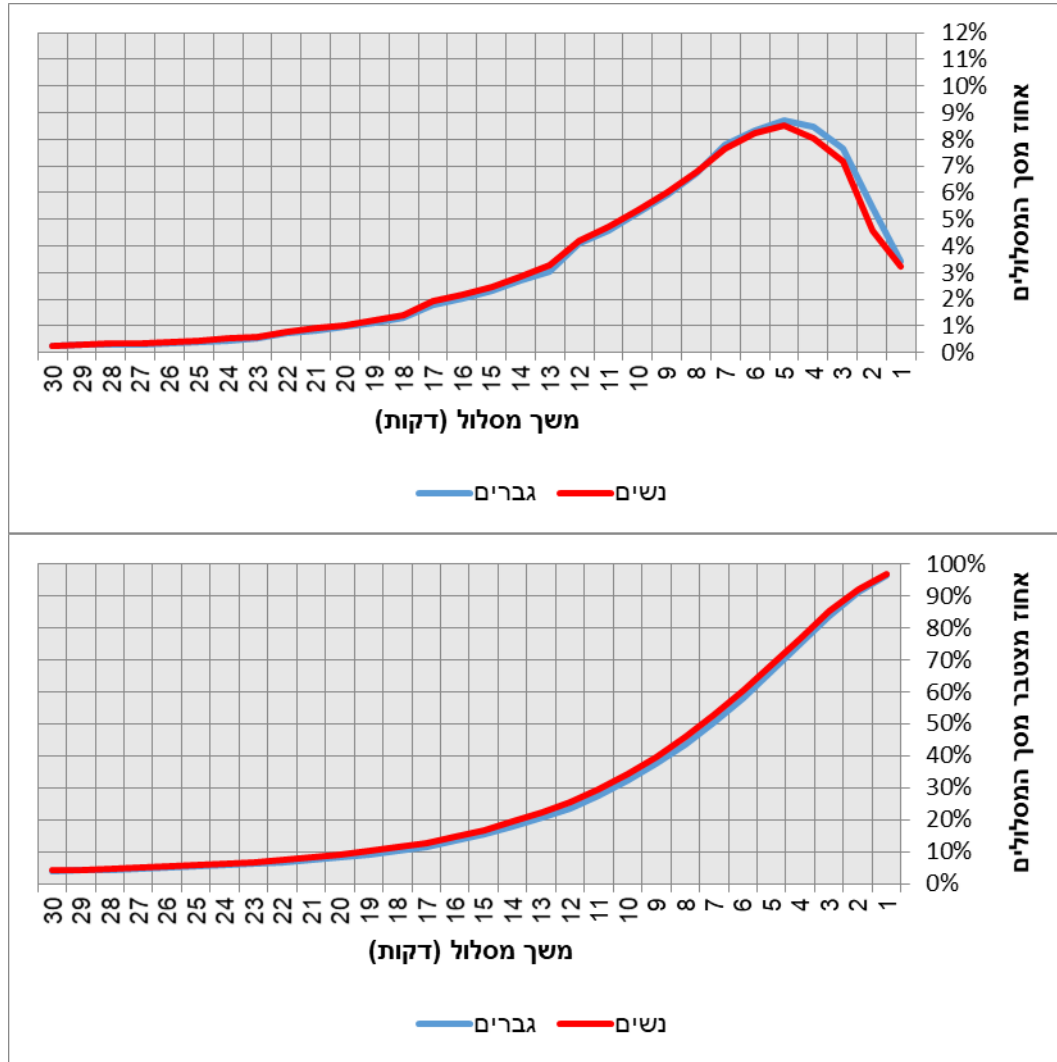
3.1. סוג אוכלוסייה - מגדר וגיל

מבחינת הבחנה מגדרית ניתן לראות כי בהקשר לטווחי זמן הליכה אין הבדלים משמעותיים בהתפלגויות זמן ההליכה של גברים ונשים (איור 2), ומכאן גם שהן דומות לזו של התפלגות הכללית (איור 1). היבט זה בא לידי ביטוי הן בדמיון בפרמטרים של  $\alpha$  ו- $\beta$ , הן במדדים הסטטיסטיים השונים (טבלה 1) והן במבנה ההתפלגות הכללית ועקומת הדעיכה (איור 2). מכאן שמסקנות הניתוח עבור ההתפלגות הכללית מתאימות גם למסקנות הניתוח הכולל הבחנה מגדרית.

בשל צורת ההתפלגות הכללית נעשה כאמור שימוש בפרמטרים  $\alpha$  ו- $\beta$  המרכיבים את צורת התפלגות מסוג ביתא על מנת לקבץ את מסלולי ההליכה בקבוצות הנבדלות בהתפלגות זמני ההליכה. זאת, תוך הבחנה במאפייני אוכלוסייה של מגדר וגיל (ראה חלק 3.1) ומטרות התנועה (חלק 3.2). החלוקה לתת הקבוצות בוצעה תוך בחינת צורת התפלגות מסלולי ההליכה של הקבוצות המקוריות (ראה חלק 2.2) וחלוקתן לתת קבוצות נבדלות בערכי  $\alpha$  ו- $\beta$  על פי עקרונות של דמיון מקסימלי בין המסלולים המשויכים לאותה תת קבוצה ושונות מקסימלית ביחס לתת הקבוצות האחרות. סיכום תוצאות החלוקות מובא בטבלה 1 ופירוט הממצאים מובא בחלקים הבאים.

**איור 2: התפלגות זמני הליכה על פי הבחנה מגדרית**

עליון: אחוז מסך המסלולים עבור כל דקה; תחתון: עקומת דעיכה בהתאם למשך זמן המסלולים.  
 \* הערה: המשך של 2.0-2.1% מהמסלולים הוא בין 30 ל 60 דקות ו-0.1% מהמסלולים ארוכים מ- 60 דקות עבור שני המינים.



ניתן למצוא דמיון, אם כי במידה פחותה, הוא בין קבוצת הצעירים לקבוצת המבוגרים. היבטים אלו באים לידי ביטוי בצורת ההתפלגות של הקבוצות השונות (איור 3).  
 ניתן לראות (איור 3) כי קיים דמיון רב בין התפלגות של קבוצת הילדים (ורוד, איור 3) לקבוצת הבוגרים (ירוק בהיר, איור 3), כאשר קיימת עליה חדה בשכיחות היחסית של המסלולים עד טווח הליכה של 5 דקות ומשם דעיכה במגמה דומה עד טווח זמן הליכה של 13 דקות, משם דעיכה מתונה יותר עד 23 דקות ומשם דעיכה איטית מאוד עד 30 דקות עם פחות מאחוז אחד של מסלולים לכל דקה בקבוצת

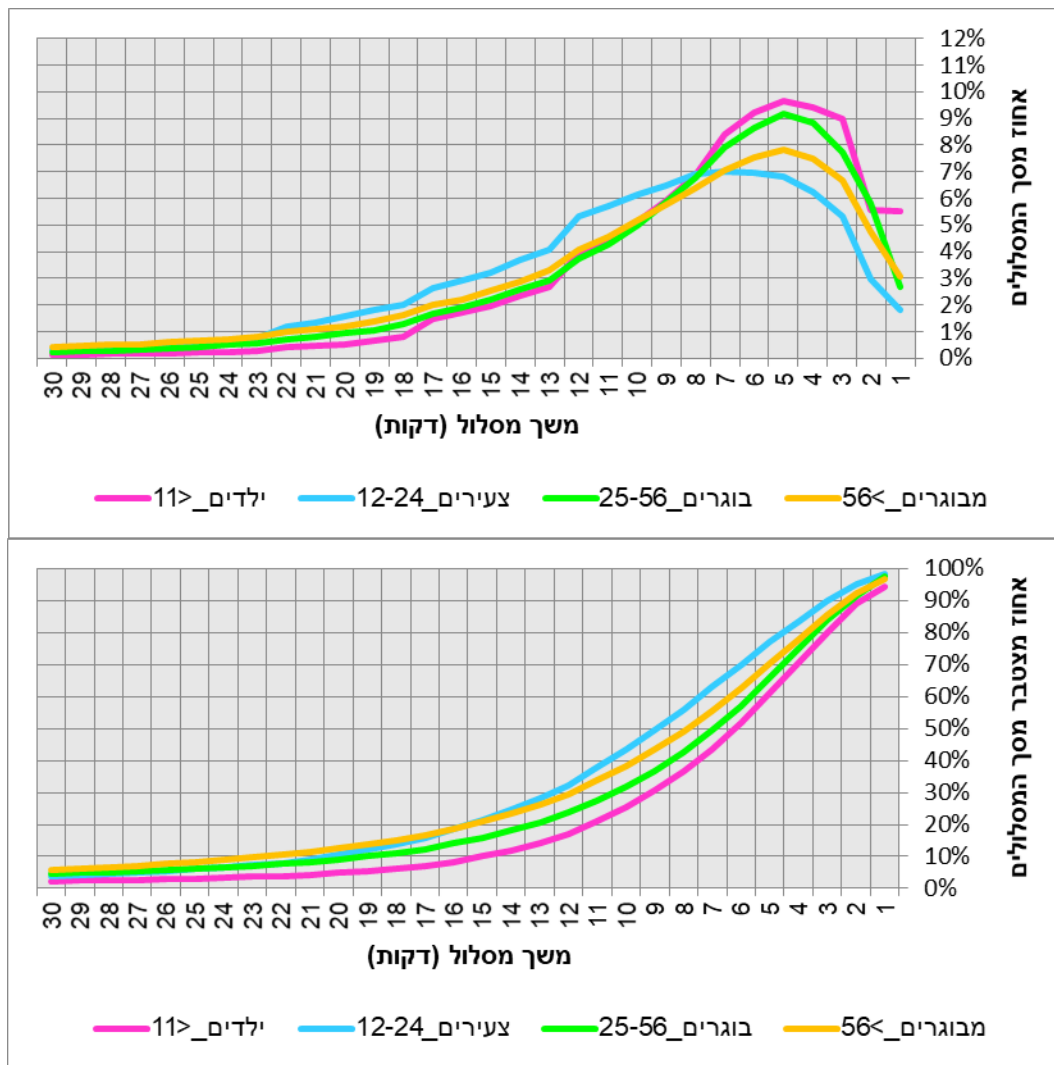
בניגוד לממצאים הנוגעים למגדר, נמצאה שונות בין קבוצות גיל בדפוסי ההליכה אשר מתבטאת בערכי  $\alpha$  -1  $\beta$  שונים, המחלקים את דפוסי ההליכה של הנבדקים לארבע קבוצות גיל מובחנות (טבלה 1): ילדים (עד גיל 11,  $\alpha=0.3$  -1  $\beta=18.33$ ), צעירים (גילאי 12-24,  $\alpha=0.46$  -1  $\beta=28.08$ ), בוגרים (גילאי 25-56,  $\alpha=0.35$  -1  $\beta=21.52$ ) ומבוגרים (מעל גיל 56,  $\alpha=0.45$  -1  $\beta=27.46$ ). למעשה ניתן לראות כי קיים דמיון רב בין שני צמדי קבוצות גילאים. הצמד הראשון כולל את קבוצת הילדים וקבוצת הבוגרים שדומות משמעותית הן בערכי  $\alpha$  -1  $\beta$  והן במדדי האחוזונים. הצמד השני בו

זמן זו. מגמות אלו דומות מאוד לממצאים במגמה של כלל אוכלוסיית המדגם (איור 1). אחד ההסברים האפשריים לדמיון בין הקבוצות, הוא שילדים (בעיקר עד גיל 9) מלווים למרבית המקומות על ידי הוריהם (השייכים לקבוצת הבוגרים שהוגדרה), כלומר ייתכן וחלק מהמסלולים במהלך היום הינם משותפים ומכאן הדמיון הרב. נקודה שונה מעט בין הקבוצות שראוי לציין, היא כי מסלולים רבים (כ-5%) בקבוצת הילדים הינם בטווח הזמן של עד דקה, כאשר בדיקה בנתוני המקור מראה כי עיקר מאפיין זה בא לידי ביטוי עד גיל 9 שהינו גיל התלוי בליווי מבוגר. באופן דומה

לקבוצות אלו, נראה כי קבוצת המבוגרים (כתום, איור 3) מגיעה לשיא הליכה בטווח 5 דקות, אך גם ניכרת דעיכה מתונה יחסית לאחר שיא זה שנמשכת עד כ-20 דקות, כלומר היא אינה מאופיינת בדעיכה המהירה בטווח שבין 5 ועד 13-12 דקות שראינו במגמות הכלליות. בשונה מעט מקבוצות אלו, נראה כי קבוצת הצעירים (תכלת, איור 3) "מושכת" את עקומת ההליכה לטווחי זמן ארוכים יותר, שכן מבנה ההתפלגות דומה, אך השיא במספר מסלולי ההליכה נמצא בדקה ה-7 ומשם קיימת דעיכה מתונה יחסית כמו קבוצת המבוגרים אך כזו הנמשכת עד לטווח של כ-23

איור 3: התפלגות זמני הליכה על פי הבחנה בין קבוצות גיל

עליון: אחוז מסך המסלולים עבור כל דקה; תחתון: עקומת דעיכה בהתאם למשך זמן המסלולים. \* הערה: המשך של 3.8%-0.4 מהמסלולים בין 30 ל 60 דקות ו-0.4%-0.1 מהמסלולים ארוכים מ-60 דקות עבור כל קבוצות הגילאים.



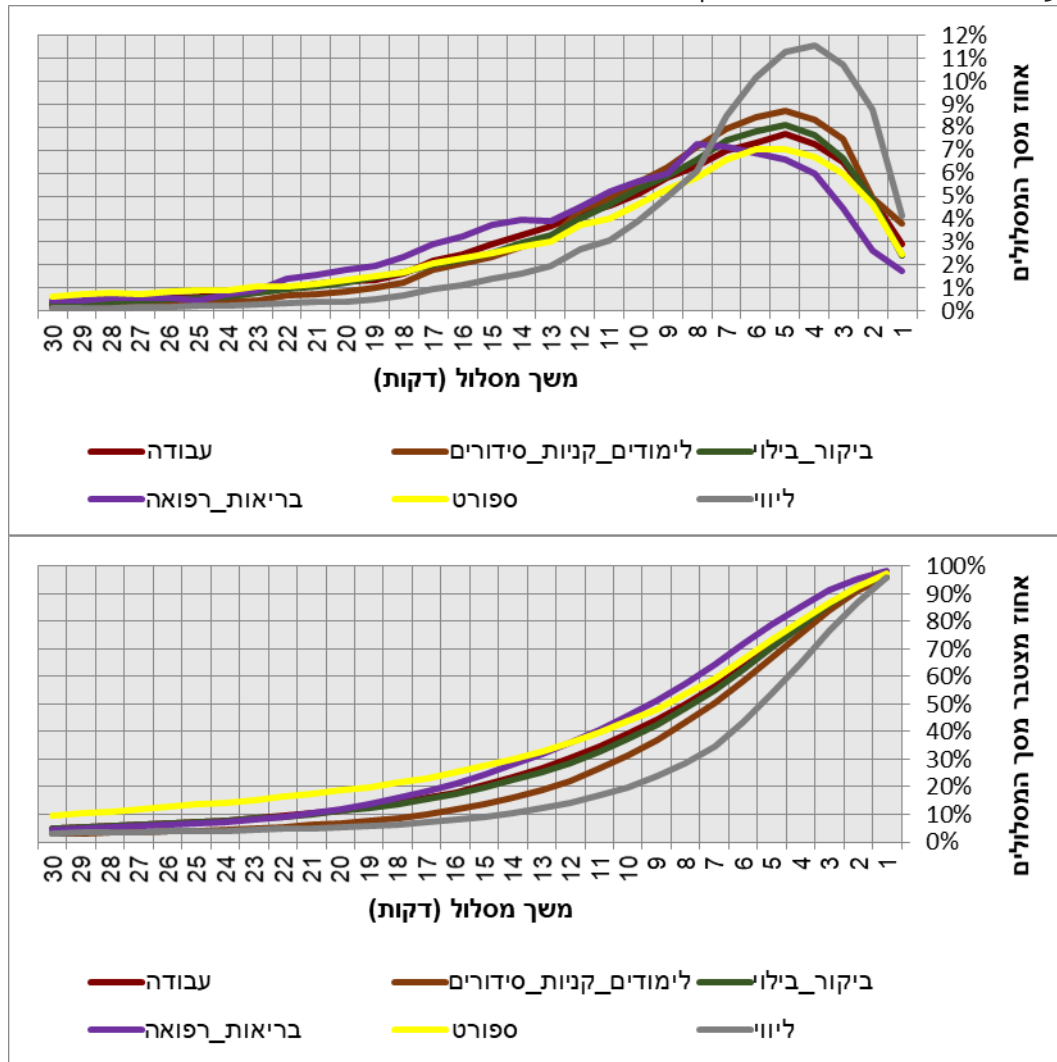


על אף הבדלים אלו בדפוסי ההליכה, יש לציין כי בסך הכול קיים דמיון רב בין הקבוצות בצורה הכללית של ההתפלגות (איור 3). ניתן לראות כי עד טווח הליכה של אחוזון 30, קיים הבדל של עד 1.6 דקות בין הקבוצות (מסלולי הבוגרים קצרים במוצע ב- 1.6 דקות ממסלולי הצעירים). לעומת זאת, בטווח הליכה בין אחוזון 40 לאחוזון 70 קיים הבדל מקסימלי של 3.2 דקות (מסלולי הילדים קצרים ב- 3.2 דקות ממסלולי הצעירים), ואילו בטווח הליכה של אחוזון 80 ו-90 קיים הבדל מקסימלי של עד 5 דקות בין הקבוצות (מסלולי הילדים קצרים ב- 5 דקות ממסלולי הצעירים).

כמו בהתפלגות הכללית ניתן לראות את הדעיכה המהירה של טווחי זמן ההליכה עבור הולכי הרגל (איור 3 תחתון) המעידה על רגישות הולכי הרגל למשך ההליכה ארוך. למרות זאת, נראה כי ישנו הבדל ברגישות למשך ההליכה כאשר קבוצת הילדים הינה הרגישה ביותר למשך המסלול ואחריה קבוצת הבוגרים, המבוגרים והצעירים, בהתאמה. בנוסף לכך ניתן לראות כי ישנו הבדל משמעותי יחסית בזנב ההתפלגות כאשר 80% מהמסלולים של הילדים הם בטווח של עד 11 דקות, בעוד מסלולי הבוגרים (12.4 דקות), המבוגרים והצעירים (15 דקות) מציגים טווחי זמן הליכה מעט ארוכים יותר.

**איור 4: התפלגות זמני הליכה על פי הבחנה ליעדי (מטרות) ההליכה**

עליון: אחוז מסך המסלולים עבור כל דקה; תחתון: עקומת דעיכה בהתאם למשך זמן המסלולים. \* הערה: משך 0.6-3.1% מהמסלולים בין 30 ל 60 דקות עבור כל מטרות ההליכה (למעט ספורט - 7.8%) ו-0.1-0.5% מהמסלולים ארוכים מ- 60 דקות עבור כל מטרות ההליכה.



לראות כי 30% מהמסלולים הינם עד 4 דקות, ועוד 40% נוספים עד 8 דקות ובסך הכול 90% מהמסלולים מתבצעים עד 13 דקות (איור 4). ניתן לקשר פעילות זו לממצאים שעלו בנוגע לקבוצת הילדים (איור 3) המאופיינת בטווחי זמן הליכה קצרים משאר הקבוצות, ובעיקר קבוצת הגיל הצעירה הדורשת ליווי.

על אף ההבדלים שצוינו לעיל לגבי סוגי יעדים, ניתן לומר שהמגמות הכלליות דומות. עבור כל היעדים קיימת מגמת עליה חדה יחסית עד לטווחי זמן של 4 עד 8 דקות, משם ירידה במגמה הפוכה עד לטווחי הליכה שבין 8 ל-13 דקות, דעיכה מתונה עד טווח של 18 עד 23 דקות ודעיכה איטית בהמשך. בזנב ההתפלגות קיים שוני גדול יחסית בין הקבוצות אך הוא רלוונטי כאמור רק לפחות מ-20% מהמסלולים. להוציא קבוצת הליווי, עד טווח הליכה באחוזון 40 יש הבדל מקסימלי בין הקבוצות של 1.8 דקות ועד אחוזון 80 הבדל מקסימלי של 4 דקות. אחר כך כאמור ההבדלים גדלים. כלומר, כאשר מתבצעת הבחנה בין היעדים נראה כי קיים הבדל במשך מסלולי ההליכה בין הקבוצות, אך הוא כמעט ואינו משמעותי עד טווח זמן של 40% ממסלולי ההליכה, משמעותי מעט יותר עד טווח זמן של 80% ממסלולי ההליכה והופך למשמעותי מעבר לטווח זה בו ניכר ההבדל המקסימלי בין הקבוצות.

#### 4. סיכום ומסקנות

מטרת המחקר הנוכחי הינה ביסוס ידע אמפירי אודות דפוסי התנהגות הולכי הרגל בישראל מבחינת זמני הליכה למטרות שונות תוך הבחנה בין מאפייני הפרט ויעדי ההליכה. המחקר התבסס על סקר נרחב שבוצע בתחומי מטרופולין תל אביב על ידי חברת נתיבי איילון בע"מ, במהלכו עובדו ונותחו 70,273 מסלולים שבוצעו על ידי 18,134 משתתפים. ניתוח זמני ההליכה של המסלולים גילה כי התפלגות זמני ההליכה של הולכי הרגל נוטה להתפלגות מסוג (Gupta and Nadarajah, 2004). על כן, בניגוד למחקרים קודמים בהם נבחנה התפלגות ההליכה כפונקציית דעיכה מונוטונית (El-Geneidy et al., 2014; Iacono et al., 2008; Larsen et al., 2010), במחקר זה אימצנו את השימוש בפרמטרים  $\alpha$  ו- $\beta$ , המרכיבים את צורת התפלגות הביתא, על מנת לבחון התפלגויות של סוגי אוכלוסייה וסוגי יעדים שונים.

ממצאי המחקר מראים שהתפלגויות זמני ההליכה של גברים ונשים כמעט זהות לחלוטין, ולעומת זאת קיים הבדל במשכי ההליכה בין קבוצות גיל. להבדיל ממחקרים קודמים שהתבססו על חלוקה מוכתבת מראש של קבוצות גיל (ראה Daniels and Mulley, 2013; Gao et al., 2020; Shigematsu et al., 2009; Yang and Diez-Roux, 2012), מחקר זה סיווג את קבוצות הגיל על בסיס חלוקה "טבעית" של הנתונים הנשענת על התפלגויות זמני הליכה עבור כל שנתון בנפרד. בדרך זו סווגו קבוצות הגיל לארבע

כלומר, על אף שקיים הבדל בין הקבוצות במשך מסלולי ההליכה, הוא כמעט ואינו משמעותי עד טווח זמן של 30% ממסלולי ההליכה, משמעותי מעט יותר עד טווח זמן של 70% ממסלולי ההליכה והופך למשמעותי מעבר לטווח זה בו ניכר ההבדל המקסימלי בין הקבוצות.

#### 3.2. הבחנה בין יעדים ומטרות התנועה

כאשר בוחנים הבדלים בדפוסי הליכה על פי היעדים והמטרות של מסלול ההליכה, נראה כי ניתן לחלק את המסלולים לשש תתי קבוצות מובחנות על בסיס ערכי  $\alpha$  ו- $\beta$  (טבלה 1): הליכה לעבודה ( $\alpha=0.45$  ו- $\beta=27.75$ ); לימודים, קניות וסידורים ( $\alpha=0.35$  ו- $\beta=21.51$ ); ביקור וביילוי ( $\alpha=0.42$  ו- $\beta=25.84$ ); ליווי ( $\alpha=0.24$  ו- $\beta=14.59$ ); בריאות ורפואה ( $\alpha=0.49$  ו- $\beta=30.12$ ); וספורט ( $\alpha=0.58$  ו- $\beta=35.47$ ). על אף חלוקות אלו, נראה כי קיים דמיון בין חלק מהקבוצות וניתן לקבץ לכדי שלוש קבוצות ראשיות על בסיס מאפייני הפעילות (איור 4). ראשית, שלוש תתי הקבוצות הראשונות המאופיינות בפעילויות יומיומיות שניתן לכנות כתועלתניות-תפקודיות, מציגות התפלגות דומה, עם שוני בשכיחות היחסית בנקודה של שיא המסלולים אך עם שיא זהה ב-5 דקות, ומשם דעיכה מתונה עד כ-18 דקות ודעיכה מתונה מאוד משם והלאה. יתירה מכך, עד אחוזון 70 ניתן לראות שהפערים המקסימליים בין שלוש הקבוצות עומדים על 1.7 דקות. ההבדל אם כך מצוי בעיקר בזנב ההתפלגות כאשר עבודה וביקור וביילוי מאופיינים בטווחי הליכה ארוכים יותר מלימודים, קניות וסידורים (איור 4 תחתון).

קבוצה שניה כוללת את תתי הקבוצות ספורט ובריאות/רפואה, המאופיינות בפעילות שאינה בהכרח יומיומית ועל כן, בגלל התדירות הנמוכה של הפעילות אפשר להניח שקיימת נכונות ללכת זמן רב יותר כדי לקיים את הפעילות. בנוסף, יש לציין כי באשר להליכה למטרת פעילות ספורט, ההנחה היא שהפחתת משך ההליכה אינה מהווה שיקול. מכל מקום, עבור שתי פעילויות אלו אנו רואים "משיכה" של העקומה עם עליה מעט מתונה יותר מהקבוצה הראשונה עד שיא ב-6 ו-8 דקות (בהתאמה), משם דעיכה במגמה הפוכה עד 13 דקות ולאחריה דעיכה מתונה יותר עד לאזור של כ-23 דקות הליכה. עבור פעילות הספורט קיימת דעיכה איטית יותר בעיקר מאחוזון 80 ואילך ולאחריה ממשיכה דעיכה מתונה מאוד לאורך טווחי הזמן, כאשר פעילות הספורט ממשיכה בדעיכה עד טווח זמן של כשעה (7.8% מהמסלולים בין 30 ל-60 דקות, לעומת עד 3.1% לשאר הפעילויות, איור 4).

הקבוצה השלישית הנבדלת מכולם שייכת לפעילות ליווי, בה ניתן לראות עליה חדה מאוד עד שיא של 4 דקות, ירידה חדה ל-8 דקות, המשך ירידה חדה עד מתונה עד 13 דקות, מתונה עד 18 דקות ומשם דעיכה מתונה מאוד הלאה. ניתן

פעמית (בריאות/ רפואה וספורט). נמצא כי מסלולי הליכה עבור ליווי הינם המובחנים ביותר ומאופיינים בטווחי זמן קצרים (90% מהמסלולים פחותים מ-13 דקות) שאינם תואמים את ההתפלגות של שאר הקבוצות האחרות. היבט זה בא בהלימה מסוימת לממצאים אודות קבוצות הגיל הרלוונטיות להליכה מסוג זה (ילדים ובוגרים). נמצא שקבוצת הפעילויות היומיומיות, אותן ניתן להגדיר פעילות תועלתנית-תפקודית, תואמת יחסית לעקומת ההתפלגות הכללית תוך שהיא מגלה רגישות רבה יחסית למשך ההליכה עבור מרבית הפעילויות היומיומיות. בשונה מכך, עבור פעילויות שמבוצעות בתדירות נמוכה יותר, כמו שירותי בריאות או פעילות ספורט, אנשים יטו ללכת בטווח זמן ארוך יותר. ממצא זה יכול לבוא בהתאמה עם מחקרים קודמים המראים כי מסלולי הליכה למטרות תועלתניות-תפקודיות נוטים להיות קצרים יותר מבחינת טווחי הזמן (Kang et al., 2017; Millward et al., 2013). יש לציין כי גם עבור סוגי היעדים נראה כי בזנב ההתפלגות קיים שוני גדול יותר בין סוגי היעדים.

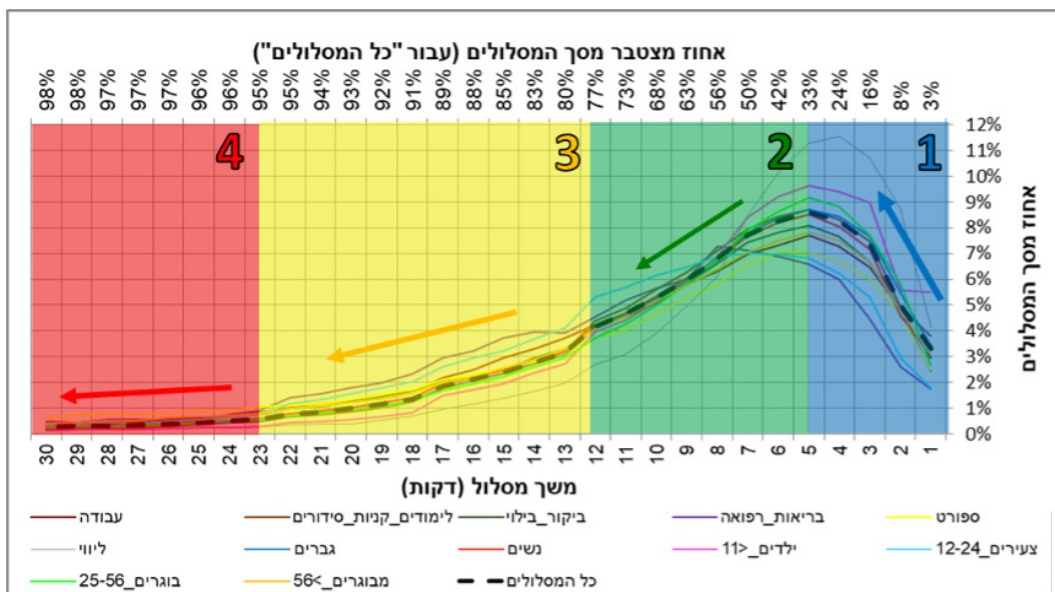
על אף ההבדלים שתוארו למעלה, הממצא הבולט והמעניין שעולה מן המחקר, הוא הדמיון הרב שנמצא בצורת ההתפלגות, התואמת כאמור להתפלגות מסוג ביטא (Gupta and Nadarajah, 2004). בהתפלגות זו נראה כי ניתן

קבוצות עיקריות: ילדים (גיל >11), צעירים (גילאי 12-24), בוגרים (גילאי 25-56) ומבוגרים (<56). נמצא כי קבוצת הילדים הינה הרגישה ביותר למשך המסלול (Yang and Diez-Roux, 2012) ואחריה קבוצות הבוגרים, המבוגרים והצעירים, בהתאמה. יחד עם זאת, נראה שעבור מרבית המסלולים (כ-70%) ההבדלים בין הקבוצות מתמצים בדקות בודדת לכל היותר. לרוב קיים הבדל משמעותי יותר במשיכת זנב ההתפלגות עבור 20-30% המסלולים הנותרים עבור אוכלוסיית המבוגרים והצעירים. הממצאים לגבי קבוצות הגילאים תואמים באופן כללי את יכולות ההליכה הפיזיות השונות בין הקבוצות (Karim, 2008, in: Azmi and Karim, 2012), כאשר ייתכן כי עבור קבוצת המבוגרים משך המסלולים הארוך יחסית נובע ממהירות הליכה איטית יחסית עבור מרחקים דומים לשאר הקבוצות (Yang and Diez-Roux, 2012).

כאשר בוחנים את התפלגות משכי ההליכה של מסלולים על בסיס היעדים והמטרות של ההליכה, נמצא כי ניתן לסווג את המטרות לשש תת קבוצות, ואותן ניתן לקבץ לשלוש קבוצות ראשיות של פעילויות. שלוש הקבוצות כוללות: הליכה לשם ליווי ילדים קטנים, פעילות יומיומית המאופיינת במספר טיולים ביום (עבודה, לימודים, קניות, סידורים וביקור ובילוי) ופעילות יומית או שבועית חד

**איור 5:** התפלגות זמני הליכה בהתאם לארבע מגמות דפוסי הליכה שנצפו בסקר, עבור: כלל המדגם ("כל המסלולים") ועבור קבוצות אוכלוסייה (מגדר וגיל) ויעדי (מטרות) תנועה שונים

\* הערה: המשך של 2.0% מהמסלולים הוא בין 30 ל 60 דקות ו-0.1% מהמסלולים ארוכים מ- 60 דקות.



למשל התייחסות להיבטים שונים עבור אוכלוסיית הילדים, עשויה להיות תרומה למספר התאמות רלוונטיות. לשם כך, טבלת טווחי זמן הליכה לפי אחוזונים לכלל הקבוצות מוצגת בנספח 2. ממצאי המחקר והיקפו הנרחב מעידים אם כן על הרגישות הרבה למשך הליכה עבור כלל סוגי האוכלוסייה והיעדים (מטרות), ובכך הם עולים בקנה אחד עם הטענה ולפיה הגורם המשפיע ביותר על הולכי הרגל הוא הניסיון לצמצם את משך ואורך המסלול בין המוצא ליעד ההליכה (Agrawal et al., 2008; Gehl, 1987; Hillier, 1999; Sharmin and Kamruzzaman, 2018; Verlander and Heydecker, 1997). יחד עם זאת, כפי שנמצא במחקר זה, הדעיכה עם טווח ההליכה אינה מונוטונית, כאשר הרגישות למשך ההליכה עד טווח הליכה של כ-5 דקות פחותה בהשוואה לטווחי זמן גדולים/ רחוקים יותר.

ממצאי המחקר יוצרים אפוא בסיס אמפירי מהימן לדפוסי ההליכה של הולכי הרגל בישראל בכל הנוגע לטווחי זמן ההליכה. יחד עם זאת, נחוצה הרחבה של מחקר זה. בראש ובראשונה, עבור בחינת טווח מרחקי הליכה שעשויה להשלים את הבסיס האמפירי של מחקר זה, ובתוך כך לסייע בהתוויית הנחיות לטווחי הליכה ריאליים לתכנון שיאפשרו יצירת סביבות מקדמות הליכה במרחב העירוני בישראל. כיוון מחקרי נוסף שעשוי להוות השלמה להיבטים אלו הינו התייחסות לאמצעי תחבורה אחרים – ממונעים ולא-ממונעים – בין השאר, על מנת לבחון טווחי זמן ומרחק הליכה במסלולים המשלבים מספר סוגים של אמצעי תחבורה. כיווני מחקר נוספים ראוי שיכללו בחינה של התפלגות טווחי הליכה לאורך שעות היום, כמו גם בחינה של מיקום גיאוגרפי ואופי הסביבה הבנויה כגורם העשוי להשפיע על טווחי ההליכה. היבט מחקרי נוסף שראוי להיבחן לאור הממצאים של מחקר זה הינו בחינת התאמתה של עקומת התפלגות מסוג ביתא בקונטקסטים גאוגרפיים אחרים ו/או עבור אמצעי תחבורה אחרים.

## מקורות

אדם טבע ודין (2019) תכנון משולב תחבורה ציבורית: כלי מדידה לבדיקת תכניות.  
 אומר י. ורפוא י. (2013) מודל חזוי להערכת נפח תנועת הולכי הרגל במרחב העירוני. דו"ח מדעי מסכם עבור הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים.  
 המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון (2019) שכונה 360°: מדדים לתכנון ופיתוח סביבות מגורים. בנייה חדשה 1.1 (יוני 2019).  
 לוי ש., גיטלמן ו., פריהד ע. ולאור י. (2015) זיהוי דפוסי תנועה והערכת סיכונים של ילדים הולכי רגל בערים. דו"ח מסכם (יוני 2015) מס' פרסום 1095.  
 לוי ש., זיידל ד., ניר ג., ברעם א. וכסלו ש. (2013) חקר דפוסי תנועה ובטיחות ילדים בדרכים: דו"ח מחקר מסכם (יולי 2013). מס' פרסום 1085.  
 מינהל התכנון (2016, 2018). מדריך להקצאת שטחים לצרכי ציבור (ספטמבר 2016, אוגוסט 2018).

להבחין, עבור כל הקטגוריות שנבחנו במחקר זה, ב-4 מגמות דומות המאפיינות את צורת ההתפלגות. התפלגות זו חושפת דפוסי התנהגות ורגישות לזמן הליכה ברמת רזולוציה גבוהה יותר מהגישה המקובלת של הגדרת טווח זמן הליכה נגיש של 5 או 10 דקות (Azmi et al., 2012; Azmi and Karim, 2012; Poelman and Dijkstra, 2015). בדרך זו, ניכרת ההבחנה בין 4 מגמות במבנה ההתפלגות הכללית (איור 5).

מגמה 1 (כחולה) הינה עלייה חדה בשכיחות היחסית של המסלולים עד טווח של כ-5 דקות (4 עבור ליווי, 6 עבור ספורט ו-8 עבור בריאות) המכילה כ-35% מהמסלולים. מגמה זו מעידה כי בטווח זה קיימת רגישות נמוכה למשך ההליכה שכן כמות המסלולים היחסית גדלה עם הגידול במשך ההליכה. מגמה 2 (ירוקה) הינה ירידה חדה, כמעט באותו שיפוע של מגמה 1, עד טווח של כ-13-12 דקות ומכילה עוד כ-40% מהמסלולים. אמנם הכמות הרבה של המסלולים מעידה כי טווח זמן הליכה זה הוא נגיש בפועל עבור מרבית ההולכים, אך הירידה החדה מעידה על רגישות גבוהה לעלייה במשך ההליכה. מרבית מסלולי ההליכה (כ-75%) מסתיימים בטווח זה של עד 13-12 דקות, אם בשל מיצוי יעדים, או בשל כך שמעבר לטווח זה הבחירה בהליכה כאמצעי לתנועה תפחת באופן משמעותי עבור מרבית ההולכים. מכאן (13 דקות ומעלה) מתחילה מגמה 3 (צהובה) שמאופיינת בהמשך ירידה בשכיחות היחסית של המסלולים אך מתונה בהרבה מהמגמה הקודמת (הירוקה). טווח זה כבר יחשב לפחות נגיש והוא מאפיין רק כ-18% מהמסלולים, כאשר נראה כי בטווח זה הרגישות למשך ההליכה קטנה. עבור כ-6% מהמסלולים שנשארו אחרי טווחי הזמן המאפיינים את מגמה 3, נראה כי הרגישות למשך ההליכה היא מינורית ביותר כפי שהדבר מתבטא במגמה איטית מאוד של ירידה בשכיחות היחסית של המסלולים המאפיינת את מגמה 4 (אדומה), עד דעיכה כמעט מוחלטת בטווח של כ-30 דקות. מעבר ל-30 דקות ניתן למצוא רק מספר מועט של מסלולים (2%) וכמות אפסית של מסלולים מעל שעה (0.1%), כפי שנמצא גם במקומות אחרים (Iacono et al., 2008).

תוצאות המחקר מלמדות שקיים שוני קטן בין הקבוצות בכל הנוגע לשכיחות המצטברת של המסלולים לאורך טווחי זמן ההליכה. היבט זה בא לידי ביטוי בכך שגם במקרה של פערים בין הקבוצות, הפער היחסי בכמות המסלולים נסגר בהפרש של דקה או שתיים. כלומר, השוני בין הקבוצות השונות יכול להופיע בצורה סטטיסטית אך מבחינה יישומית-תכנונית, הפערים הינם שוליים בדרך כלל. נראה כי עבור מרבית המקרים, ניתן להסתמך על עקומת התפלגות הכללית שנמצאה כאן ועל 4 המגמות שנצפו לאורכה תוך ביסוס ההנחות הנשענות על השכיחות המצטברת של המסלולים לאורך התקדמות בציר הזמן (איור 5). במקרים מסוימים, כמו

Architectural Press.

Goal NS and Strebel DE (1984) **Simple Beta Distribution Representation of Leaf Orientation in Vegetation Canopies.** *Agronomy Journal* 76(5): 800–802.

Goel R (2018) **Distance-decay functions of travel to work trips in India.** *Data in Brief* 21: 50–58. DOI: 10.1016/j.dib.2018.09.096.

Gupta AK and Nadarajah S (eds) (2004) **Handbook of Beta Distribution and Its Applications.** New York: Marcel Dekker.

Hillier B (1999) **The Hidden Geometry of Deformed Grids: Or, Why Space Syntax Works, When it Looks as Though it Shouldn't.** *Environment and Planning B: Planning and Design* 26(2): 169–191. DOI: 10.1068/b4125.

Iacono M, Krizek K and El-Geneidy A (2008) **Access to Destinations: How Close is Close Enough? Estimating Accurate Distance Decay Functions for Multiple Modes and Different Purposes.** MN/RC 2008-11. Minnesota Department of Transportation, Minnesota.

Jacobs J (1961) **The Death and Life of Great American Cities.** New York: Random House.

Jacobsen PL (2003) **Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling.** *Injury Prevention* 9: 205–209.

Jacobsen PL, Ragland DR and Komanoff C (2015) **Safety in Numbers for walkers and bicyclists: exploring the mechanisms.** *Injury Prevention* 21(4): 217–220. DOI: 10.1136/injuryprev-2015-041635.

Kang B, Moudon AV, Hurvitz PM, et al. (2017) **Differences in behavior, time, location, and built environment between objectively measured utilitarian and recreational walking.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 57: 185–194. DOI: 10.1016/j.trd.2017.09.026.

Kang C-D (2015) **The effects of spatial accessibility and centrality to land use on walking in Seoul, Korea.** *Cities* 46: 94–103. DOI: 10.1016/j.cities.2015.05.006.

Kipping DM (2013) **Parametrizing the exoplanet eccentricity distribution with the Beta distribution.** *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters* 434(1): L51–L55. DOI: 10.1093/mnrasl/slt075.

Koohsari MJ, Owen N, Cole R, et al. (2017) **Built environmental factors and adults' travel behaviors: Role of street layout and local destinations.** *Preventive Medicine* 96: 124–128. DOI: 10.1016/j.ypmed.2016.12.021.

Koohsari MJ, McCormack GR, Shibata A, et al. (2021) **The relationship between walk score® and perceived walkability in ultrahigh density areas.** *Preventive Medicine Reports* 23: 101393. DOI: 10.1016/j.pmedr.2021.101393.

Larsen J, Student M, El-Geneidy A, et al. (2010) **Beyond the Quarter Mile: Examining Travel Distances by Walking and Cycling, Montréal, Canada.** *Canadian Journal of Urban Research: Canadian Planning and Policy* 19(1): 70–88.

Lee RJ, Sener IN and Jones SN (2017) **Understanding the role of equity in active transportation planning in the United States.** *Transport Reviews* 37(2): 211–226. DOI: 10.1080/01441647.2016.1239660.

Lerman Y and Omer I (2016) **Urban area types and spatial distribution of pedestrians: Lessons from Tel Aviv.** *Computers, Environment and Urban Systems* 55: 11–23. DOI: 10.1016/j.compenurbsys.2015.09.010.

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים ומשרד הבינוי והשיכון (2009, 2020) **הנחיות לתכנון רחובות בערים - תנועת הולכי-רגל** (אוקטובר 2009, אוקטובר 2020).

שרב נ, מרכוס ס, לרמן י, לבנדיגר י, שיפטן י, ומרטנס ק. (2019) **תוכנית אסטרטגית לאומית לתנועה מקיימת במרחב העירוני: דו"ח מסכם** (יולי 2019).

Agrawal WA, Schlossberg M and Irvin K (2008) **How Far, by Which Route and Why? A Spatial Analysis of Pedestrian Preference.** *Journal of Urban Design* 13(1): 81–98. DOI: 10.1080/13574800701804074.

Azmi DI and Karim HA (2012) **A Comparative Study of Walking Behaviour to Community Facilities in Low-Cost and Medium Cost Housing.** *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 35: 619–628. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.02.129.

Azmi DI, Karim HA and Amin MZM (2012) **Comparing the Walking Behaviour between Urban and Rural Residents.** *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 68: 406–416. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.12.237.

Cubukcu E (2013) **Walking for Sustainable Living.** *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 85: 33–42. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.08.335.

Daniels R and Mulley C (2013) **Explaining walking distance to public transport: The dominance of public transport supply.** *Journal of Transport and Land Use* 6(2): 5. DOI: 10.5198/jtlu.v6i2.308.

El-Geneidy A, Grimsrud M, Wasfi R, et al. (2014) **New evidence on walking distances to transit stops: Identifying redundancies and gaps using variable service areas.** *Transportation* 41(1): 193–210.

Falls LW (1974) **The beta distribution: A statistical model for world cloud cover.** *Journal of Geophysical Research* 79(9): 1261–1264. DOI: 10.1029/JC079i009p01261.

Ferrer S, Ruiz T and Mars L (2015) **A qualitative study on the role of the built environment for short walking trips.** *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 33: 141–160. DOI: 10.1016/j.trf.2015.07.014.

Filomena G and Verstegen JA (2021) **Modelling the effect of landmarks on pedestrian dynamics in urban environments.** *Computers, Environment and Urban Systems* 86: 101573. DOI: 10.1016/j.compenurbsys.2020.101573.

Foster S, Giles-Corti B and Knuiaman M (2014) **Does Fear of Crime Discourage Walkers? A Social-Ecological Exploration of Fear As a Deterrent to Walking.** *Environment and Behavior* 46(6): 698–717. DOI: 10.1177/0013916512465176.

Gao J, Kamphuis CBM, Helbich M, et al. (2020) **What is 'neighborhood walkability'? How the built environment differently correlates with walking for different purposes and with walking on weekdays and weekends.** *Journal of Transport Geography* 88: 102860. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102860.

García-Palomares JC, Gutiérrez J and Cardozo OD (2013) **Walking Accessibility to Public Transport: An Analysis Based on Microdata and GIS.** *Environment and Planning B: Planning and Design* 40(6): 1087–1102. DOI: 10.1068/b39008.

Gatrell AC (1983) **Distance and Space: A Geographical Perspective.** Oxford University Press.

Gehl J (1987) **Life Between Buildings.** Copenhagen: The Danish



- cycling trips made by elderly are beyond commonly used buffer sizes: Results from a GPS study. *Health & Place* 27: 127–133. DOI: 10.1016/j.healthplace.2014.01.012.
- Pucher J, Buehler R, Merom D, et al. (2011) **Walking and Cycling in the United States, 2001–2009: Evidence From the National Household Travel Surveys.** *American Journal of Public Health* 101(S1): S310–S317. DOI: 10.2105/AJPH.2010.300067.
- Shamsuddin S, Hassan NRA and Bilyamin SFI (2012) **Walkable Environment in Increasing the Liveability of a City.** *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 50: 167–178. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.025.
- Sharmin S and Kamruzzaman Md (2018) **Meta-analysis of the relationships between space syntax measures and pedestrian movement.** *Transport Reviews* 38(4): 524–550. DOI: 10.1080/01441647.2017.1365101.
- Shigematsu R, Sallis JF, Conway TL, et al. (2009) **Age Differences in the Relation of Perceived Neighborhood Environment to Walking.** *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41(2): 314–321. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318185496c.
- Southworth M (2005) **Designing the Walkable City.** *Journal of Urban Planning and Development* 131(4): 246–257. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9488(2005)131:4(246).
- Sun Y, Lu W and Sun P (2021) **Optimization of Walk Score Based on Street Greening—A Case Study of Zhongshan Road in Qingdao.** *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(3): 1277. DOI: 10.3390/ijerph18031277.
- Sung H and Lee S (2015) **Residential built environment and walking activity: Empirical evidence of Jane Jacobs' urban vitality.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 41: 318–329. DOI: 10.1016/j.trd.2015.09.009.
- Sung H-G, Go D-H and Choi CG (2013) **Evidence of Jacobs's street life in the great Seoul city: Identifying the association of physical environment with walking activity on streets.** *Cities* 35: 164–173. DOI: 10.1016/j.cities.2013.07.010.
- Susilo YO and Dijst M (2009) **How Far is Too Far?: Travel Time Ratios for Activity Participation in the Netherlands.** *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2134(1): 89–98. DOI: 10.3141/2134-11.
- Vanky AP, Verma SK, Courtney TK, et al. (2017) **Effect of weather on pedestrian trip count and duration: City-scale evaluations using mobile phone application data.** *Preventive Medicine Reports* 8: 30–37. DOI: 10.1016/j.pmedr.2017.07.002.
- Verlander NQ and Heydecker BG (1997) **Pedestrian route choice: an empirical study.** *Proceedings of the PTRC European Transport Forum*: 39–49.
- Wang Y, Chau CK, Ng WY, et al. (2016) **A review on the effects of physical built environment attributes on enhancing walking and cycling activity levels within residential neighborhoods.** *Cities* 50: 1–15. DOI: 10.1016/j.cities.2015.08.004.
- Weng M, Ding N, Li J, et al. (2019) **The 15-minute walkable neighborhoods: Measurement, social inequalities and implications for building healthy communities in urban China.** *Journal of Transport & Health* 13: 259–273. DOI: 10.1016/j.jth.2019.05.005.
- Lerman Y, Rofè Y and Omer I (2014) **Using Space Syntax to Model Pedestrian Movement in Urban Transportation Planning.** *Geographical Analysis* 46(4): 392–410. DOI: 10.1111/gean.12063.
- Millward H, Spinney J and Scott D (2013) **Active-transport walking behavior: destinations, durations, distances.** *Journal of Transport Geography* 28: 101–110. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2012.11.012.
- Montello DR (2009) **A Conceptual Model of the Cognitive Processing of Environmental Distance Information.** In: Hornsby KS, Claramunt C, Denis M, et al. (eds) *Spatial Information Theory*. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 1–17. DOI: 10.1007/978-3-642-03832-7\_1.
- Montgomery J (1998) **Making a city: Urbanity, vitality and urban design.** *Journal of Urban Design* 3(1): 93–116. DOI: 10.1080/13574809808724418.
- Moran MR, Werner P, Doron I, et al. (2017) **Exploring the Objective and Perceived Environmental Attributes of Older Adults' Neighborhood Walking Routes: A Mixed Methods Analysis.** *Journal of Aging and Physical Activity* 25(3): 420–431. DOI: 10.1123/japa.2016-0165.
- Moran MR, Eizenberg E and Plaut P (2017) **Getting to Know a Place: Built Environment Walkability and Children's Spatial Representation of Their Home-School (h-s) Route.** *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(6): 607. DOI: 10.3390/ijerph14060607.
- Moran MR, Rodríguez DA and Corburn J (2018) **Examining the role of trip destination and neighborhood attributes in shaping environmental influences on children's route choice.** *Transportation Research Part D* 65: 63–81.
- Moreno C, Allam Z, Chabaud D, et al. (2021) **Introducing the "15-Minute City": Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities.** *Smart Cities* 4(1): 93–111. DOI: 10.3390/smartcities4010006.
- Neves A (2013) **Transport and the environment.** In: *Moving Towards Low Carbon Mobility*. Edward Elgar Publishing, pp. 166–189.
- Omer I and Kaplan N (2017) **Using space syntax and agent-based approaches for modeling pedestrian volume at the urban scale.** *Computers, Environment and Urban Systems* 64: 57–67. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.007.
- Omer I, Rofè Y and Lerman Y (2015) **The impact of planning on pedestrian movement: contrasting pedestrian movement models in pre-modern and modern neighborhoods in Israel.** *International Journal of Geographical Information Science* 29(12): 2121–2142. DOI: 10.1080/13658816.2015.1063638.
- Omer I, Gitelman V, Rofè Y, et al. (2017) **Evaluating Crash Risk in Urban Areas Based on Vehicle and Pedestrian Modeling: Evaluating Crash Risk in Urban Areas.** *Geographical Analysis* 49(4): 387–408. DOI: 10.1111/gean.12128.
- Poelman H and Dijkstra L (2015) **Measuring access to public transport in European cities.** *Regional Working Paper*.
- Pozoukidou G and Chatziyiannaki Z (2021) **15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia.** *Sustainability* 13(2): 928. DOI: 10.3390/su13020928.
- Prins RG, Pierik F, Etman A, et al. (2014) **How many walking and**



Yang Y and Diez-Roux AV (2012) **Walking Distance by Trip Purpose and Population Subgroups**. *American Journal of Preventive Medicine* 43(1): 11–19. DOI: 10.1016/j.amepre.2012.03.015.

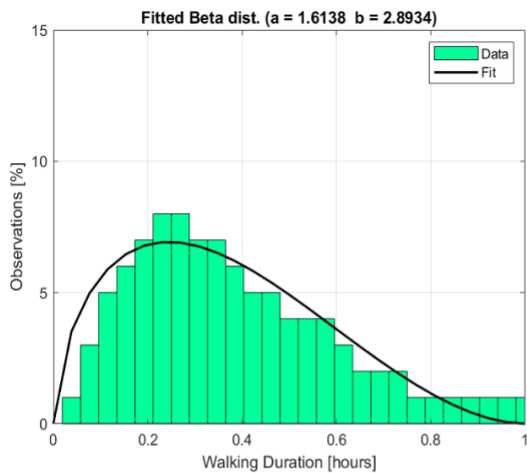
הערות

1. המאמר התקבל לפרסום בתאריך 9.9.21
2. מחקר זה נתמך על ידי הקרן הלאומית למדע, מענק מחקר 1015/19.
3. המחברים מודים לחברת נתיבי איילון בע"מ ובמיוחד לפליקס שכמן ובקי שליסלברג על הנגשת נתוני סקר הרגלי נסיעה לטובת המחקר

נספחים

**נספח 1: התאמה של התפלגות ביתא לתיאור התפלגות משך מסלולי הליכה**

במאמר נעשה שימוש במשפחת התפלגויות ביתא לתיאור התפלגות משך מסלולי הליכה באוכלוסיות שונות. השימוש בהתפלגויות אלו נעשה ראשית על סמך התאמתן הוויזואלית של המדידות שהראו כולן דפוס תואם להתפלגויות ביתא שונות. כדי להמחיש את ההתאמה מצרפים דוגמה אחת מבין רבות בה ניתן לראות את ההתאמה הגבוהה בין המדידות (מלבנים ירוקים בהירים) להתפלגות ביתא (המתוארת באופן מלא ע"י הפרמטרים  $\alpha = 1.6138$  ו- $\beta = 2.8934$ ):



על מנת לאשש את ההתאמה הוויזואלית גם ברמה המתמטית כימתנו את טיב ההתאמה בעזרת חישוב שגיאות קירוב בין המדידות להתפלגות ביתא. חישוב השגיאה נעשה באמצעות הנוסחה:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f(x; \alpha, \beta) - x_i)^2}$$

כאשר:  $RMSE = \text{root mean square error}$ ,  $N$  הוא מספר המדידות לכל אוכלוסייה,  $x_i$  הוא האיבר ה- $i$  בווקטור המדידות של אוכלוסייה מסוימת והביטוי  $f(x; \alpha, \beta)$

**ד"ר ניר קפלן** בית הספר לסביבה ולמדעי כדור הארץ ע"ש פורטר. חוקר במעבדה לניתוח המרחב העירוני בחוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם באוניברסיטת תל אביב. תחומי המחקר שלו הם נגישות מרחבית, מודלים של תנועת הולכי רגל, מורפולוגיה עירונית, התנהגות מרחבית, רשתות דרכים והתפלגות שימושי קרקע.

[Kaplan545@gmail.com](mailto:Kaplan545@gmail.com)

**ד"ר עמית בירנבוים** מרצה בכיר וראש המעבדה לחינויות עירונית במחלקה לגאוגרפיה באוניברסיטה העברית בירושלים. במסגרת הפוסט דוקטורט שלו הוא לקח חלק בקבוצת המחקר של Healthy Urban Living באוניברסיטת אוטרקט בהולנד. לאחר מכן שימש כמרצה בכיר במחלקה לגאוגרפיה וסביבת האדם באוניברסיטת תל אביב. מחקריו עוסקים בניתוח של פעילות מרחבית של פרטים בהקשרים של בריאות, פנאי ותיירות.

[amit.birenboim@mail.huji.ac.il](mailto:amit.birenboim@mail.huji.ac.il)

**נועם אומר** מהנדס, מפתח אלגוריתמים בעל תואר שני בהנדסה ביורפואית, סטודנט לדוקטורט ומרצה בפקולטה להנדסה באוניברסיטת תל אביב. תחומי ההתמחות שלו הם פיתוח שיטות דימות רפואי וניתוח אותות פיזיולוגים בגישות קלאסיות ולימוד מכונה.

[noamomer@mail.tau.ac.il](mailto:noamomer@mail.tau.ac.il)

**פרופ' יצחק אומר** פרופ' מן המניין בחוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם באוניברסיטת תל אביב וראש המעבדה לניתוח המרחב העירוני. מחקריו מתרכזים בחקר העיר בתחומים הבאים: המבנה המרחבי והמורפולוגי של העיר והקשר להתנהגות מרחבית; תפישה וייצוג קוגניטיבי של סביבה עירונית; מודלים של תנועת הולכי רגל; מודלים המסייעים בחקר, חיזוי ותכנון שימושי קרקע ותנועה בעיר; המבנה המורפולוגי, התפקודי והחברתי של העיר הישראלית.

[omery@tauex.tau.ac.il](mailto:omery@tauex.tau.ac.il)

השילוב בין ערכי שגיאה הנמוכים וההתאמות הוויזואליות הגבוהות שהתקבלו מהווים הוכחה מתמטית לכך שהמדידות יכולות להיות מתוארות באמצעות משפחת התפלגויות ביתא.

מייצג את התפלגות ביתא עבור המדידות ועבור ערכי  $\alpha, \beta$  אופטימלי (נוסחה 1 במאמר). בסה"כ בוצעו 132 התאמות ולכולן ערכי RMSE נמוכים: ערך מקסימלי לשגיאת המדידה הוא 0.024, ממוצע 0.011 וחציון 0.010.

נספח 2: טווחי זמן הליכה לפי אחוזונים

אחוזונים									N	קבוצה
90	80	70	60	50	40	30	20	10		
17.2	13.0	10.0	9.0	7.0	5.8	5.0	4.0	2.5	70,273	כל המסלולים
17.0	12.9	10.0	8.7	7.0	5.6	5.0	4.0	2.3	33,531	גברים
17.6	13.2	10.1	9.0	7.0	6.0	5.0	4.0	2.6	36,742	נשים
15.0	11.0	10.0	7.9	6.0	5.0	5.0	4.0	2.0	19,214	ילדים (>11)
20.0	15.0	12.3	10.0	9.2	7.4	5.9	5.0	3.2	14,419	צעירים (12-24)
17.0	12.4	10.0	8.0	6.7	5.3	4.7	3.4	2.3	26,077	בוגרים (25-56)
20.3	15.0	11.3	9.6	7.5	6.0	5.0	3.7	2.3	10,563	מבוגרים (<56)
20.0	14.8	11.7	9.7	7.7	6.1	5.0	3.7	2.3	3,338	עבודה
16.0	12.0	10.0	8.5	7.0	5.7	5.0	4.0	2.4	23,318	לימודים / קניות / סידורים
19.9	14.5	11.0	9.2	7.5	6.0	5.0	4.0	2.5	5,706	ביקור / בילוי
20.0	15.9	13.5	10.6	9.1	7.5	6.0	5.0	3.3	804	בריאות / רפואה
28.2	18.2	14.0	10.4	8.7	6.9	5.0	4.2	2.7	2,582	ספורט
13.0	10.0	7.4	6.0	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0	5,803	ליווי