

## תנועת הולכי רגל בעיר - מטרה ואמצעי בתכנון עירוני

- איך לקדם תנועת הולכי רגל בעיר - מהם מאפייני ההליכה ברגל (walking), האם אכן הם מושפעים מתנאי הסביבה העירונית (walkability), ואיך ערים ואזורים (בתוך העיר) נבדלים בהקשר הזה ?
- איך ניתן לקדם יעדי תכנון עירוני באמצעות מידע/ידע על מאפייני ההליכה ברגל וכלים לחיזוי התפלגות נפח תנועת הולכי רגל?

## Urban Space Analysis Lab

HOME PEOPLE RESEARCH PUBLICATIONS CONTACTS ENG HEB

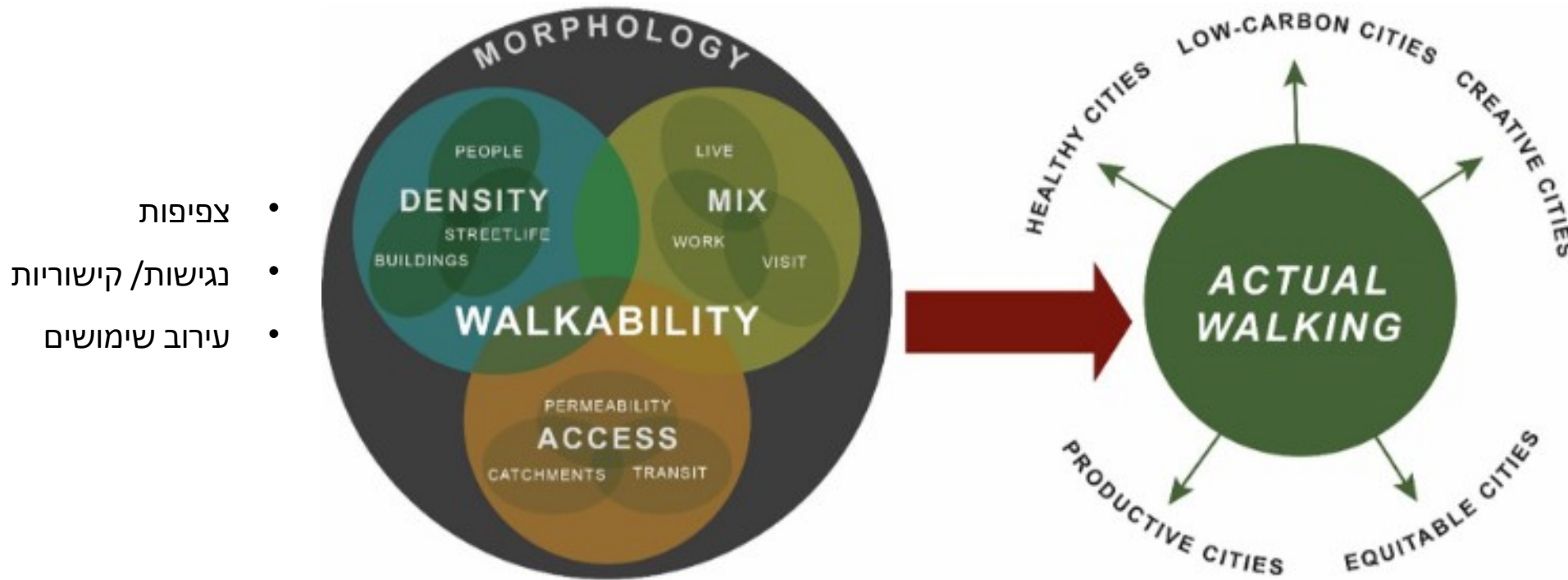


Head of the lab: Prof. Itzhak Omer

The activity of our lab is concentrated on the spatial behavior of people in the urban environment. We investigate how spatial behaviors, such as movement/mobility, wayfinding and functional-social activities, relate to the characteristics and structure of the urban environment. For that aim, we use spatial, topological and visual analytic tools as well as geographic information technology for analyzing the morphological and functional aspects of the city (e.g. street network and land use distribution). We also develop agent based models for simulating and modeling motorized and non-motorized movements in planned or in existing urban environments. Our researches and models are applied in planning of efficient, sustainable and safe urban environment, including the creation and maintenance of livable city centers.

<https://urban-space-analysis-lab-tau.mozello.co.il/>

## מאפייני הליכה ברגל והליכתיות



- זמן/מרחק הליכה ממוצע ליום לאדם
- % מסלולי ההליכה מכלל מסלולי התנועה
- אורך/ משך זמן מסלולי הליכה
- מספר מסלולי הליכה
- התפלגות נפח תנועת הולכי ברגל ברחובות העיר

The Urban DMA - Walkability and actual walking



## מאפייני הליכה ברגל והליכתיות בערים בישראל

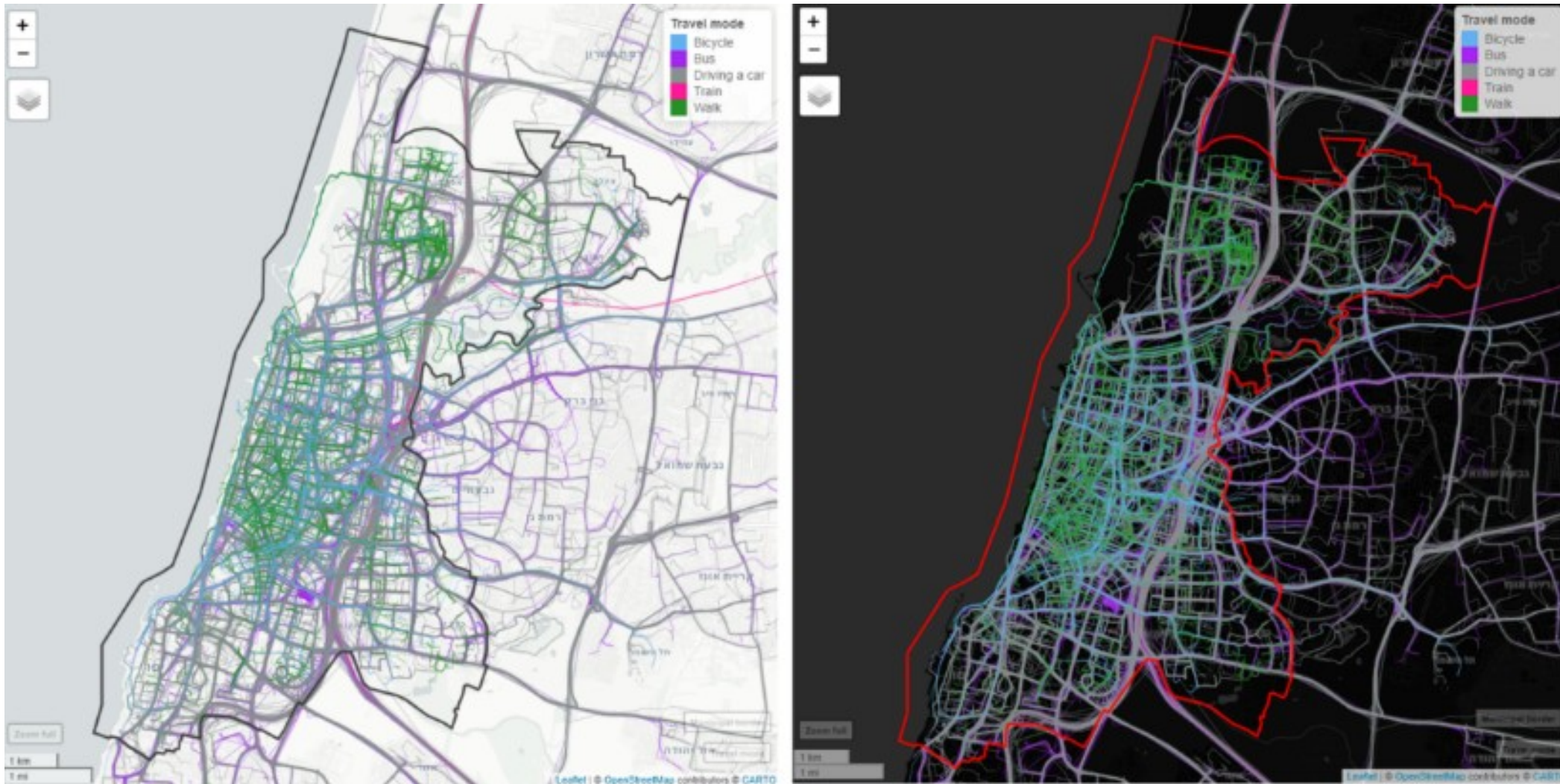
### "Walking and walkability in Israeli Cities: Integrating behavioral and structural approaches in pedestrian modeling"

במחקר משתתפים: יצחק אומר,  
עמית בירנבוים, ניר קפלן, אדווה  
סהר, מיכל ריבק, יוני אלמגור, מתן  
סינגר

מקור הנתונים: סקר הרגלי נסיעה שבוצע על ידי חברת נתיבי איילון בע"מ בין השנים 2013-2017 בתחומי מטרופולין תל אביב

- הסקר בוצע בימי אמצע שבוע בשיטות מקובלות תוך שימוש בכלים שונים הכוללים, יומן נסיעות, GPS ויישומון שהותקן על הטלפון החכם
- תועדו מסלולי התנועה של המשתתפים תוך הבחנה בין אמצעי התנועה, יעד התנועה ובמאפייני הפרט המבצע את מסלולי התנועה
- סה"כ נסקרו במדגם 13,507 משקי בית המכילים 39,085 משתתפים
- הסקר כלל 265,814 מסלולים ומתוכם 70,273 (26.4%) מסלולים שבוצעו בהליכה

## מאפייני הליכה ברגל בתל אביב



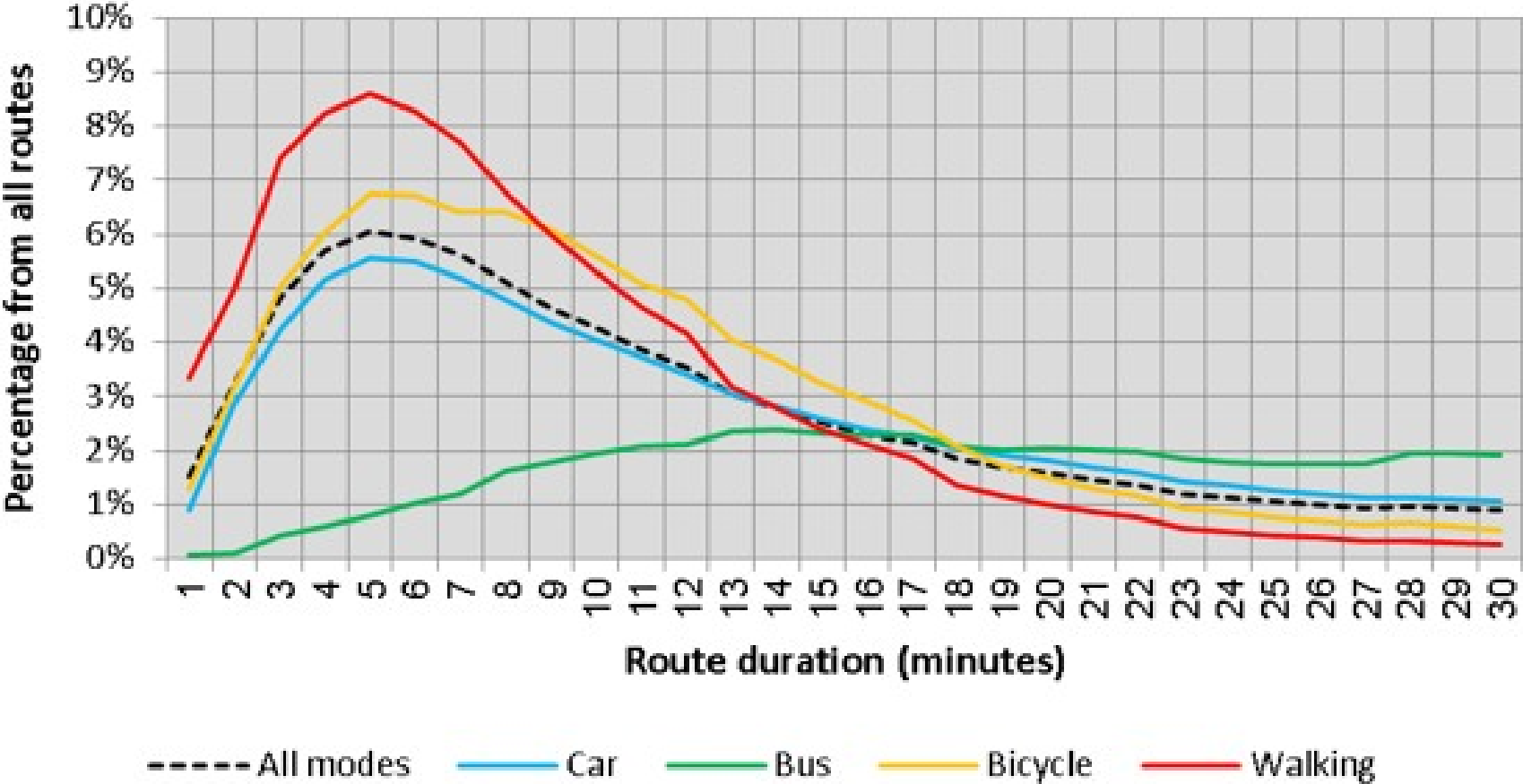
The spatial distribution of the travel routes by travel mode in the city of Tel Aviv (based on 1,000 and 10,000 randomly selected GPS trajectories).

מספר נסקרים עם מסלולי GPS בת"א: 7360 מספר מסלולים עם נתוני GPS  
 הליכה: 5,100 רכב פרטי: 13,461 אוטובוס: 5,236  
 אופנים: 1,314 רכבת: 1,100

# מאפייני הליכה ברגל בערים בישראל

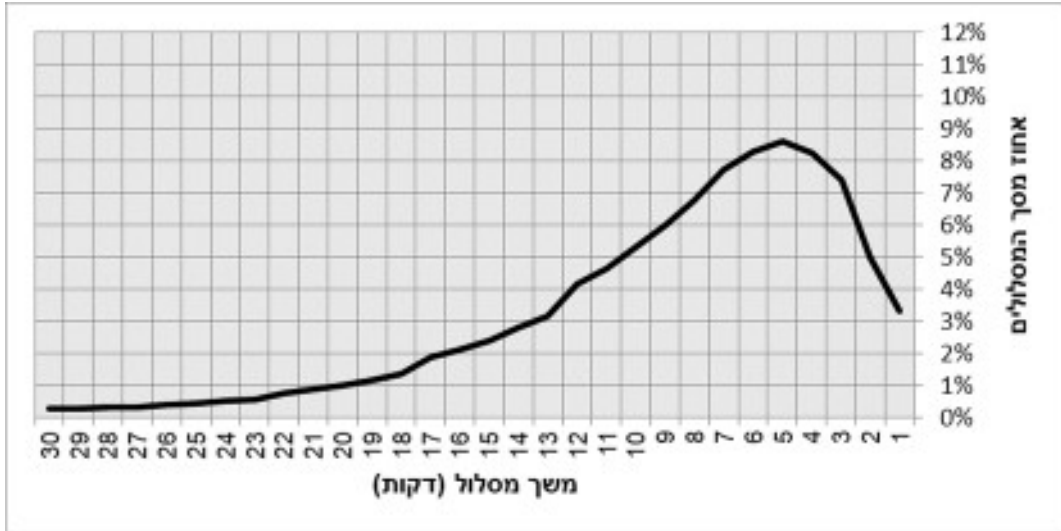
הליכה ביחס לאמצעי תחבורה אחרים –

• התפלגות מרחקי/זמן מסלולי הליכה



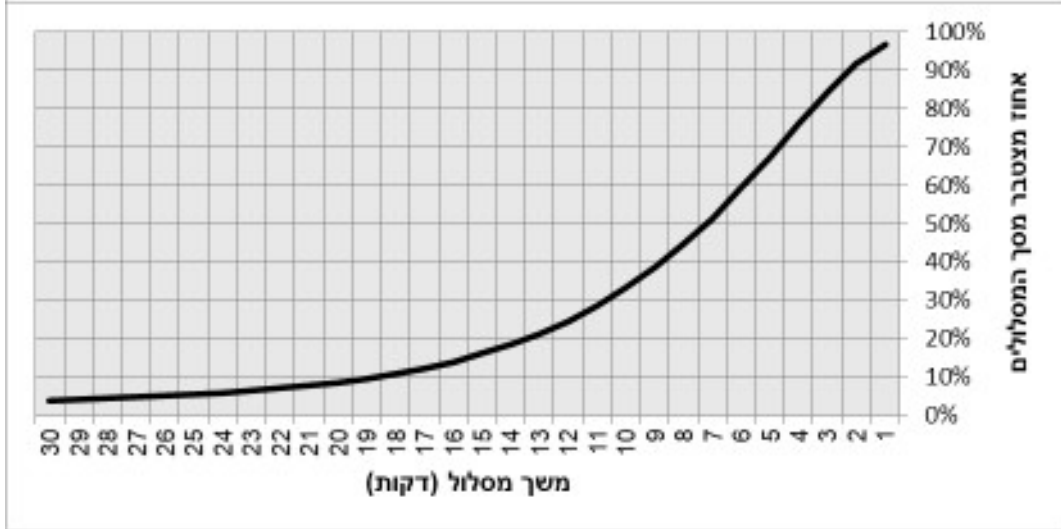
Distribution of travel duration according to different mobility modes in the Tel Aviv metropolitan area (number of trips for: car= 156,325, bus=18,055. bicycle= 6,455, walking= 70,273); total: 265,814.

• התפלגות זמני הליכה / פונקציית דעיכה עם זמן (כלל המשתתפים)



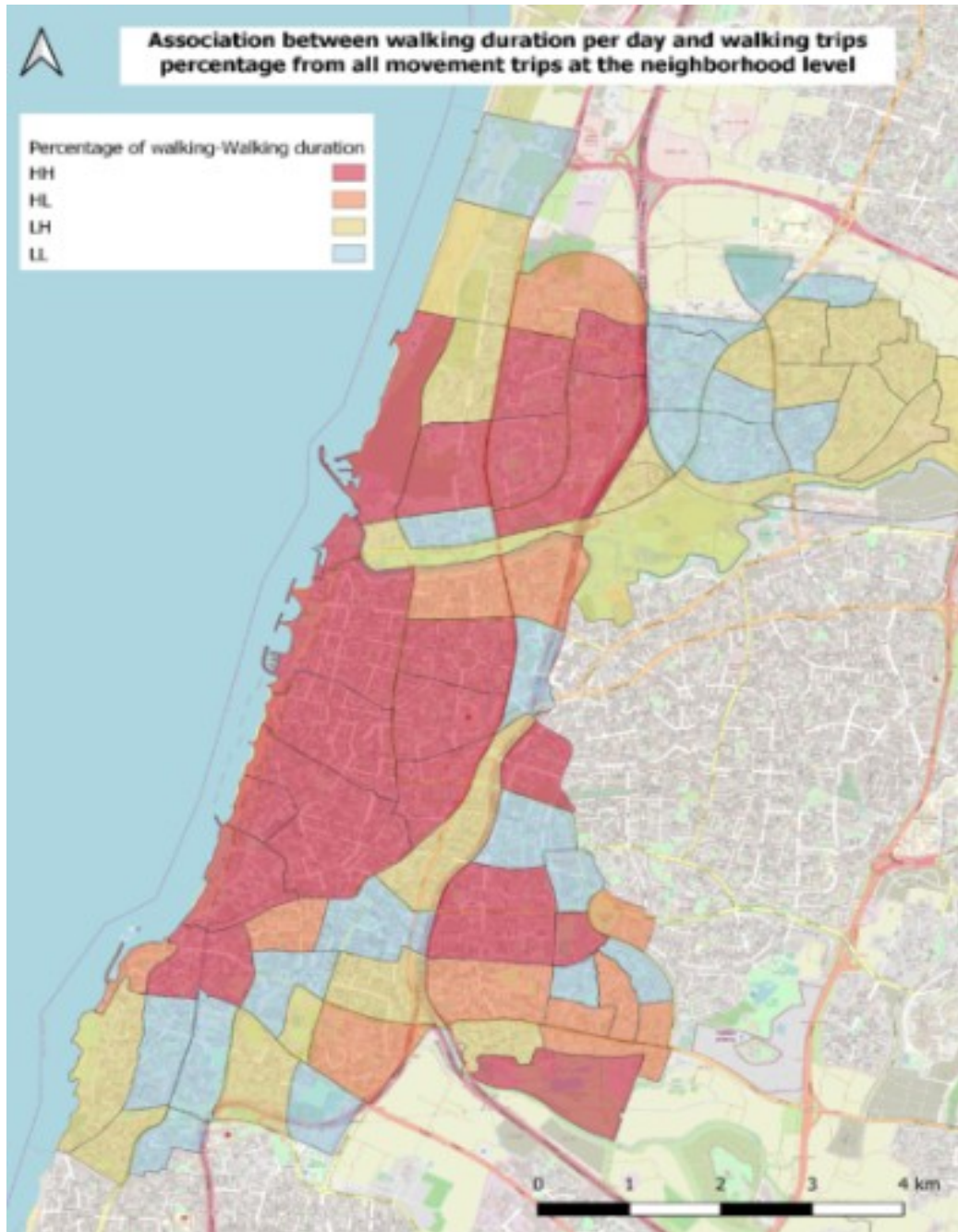
אחוז מסך המסלולים עבור כל דקה

עד טווח של כ-5 דקות כ-35% ממסלולי הליכה בסביבות 300 מ'  
עד טווח של כ-12-13 דקות כ-75% ממסלולי הליכה בסביבות 700 מ'



עקומת דעיכה בהתאם למשך זמן המסלולים

מקור: קפלן נ', בירנבוים ע', אומר נ', אומר י' (2022) דפוסי הליכה במרחב מטרופוליין תל אביב: ממצאים אמפיריים והשלכות תכנוניות עבור טווחי זמן הליכה. (יפורסם בקרוב) כתב העת תכנון .



## הקשר בין מאפייני הליכה בתל אביב

- % מסלולי ההליכה מכלל מסלולי התנועה לאדם בממוצע
- זמן הליכה ממוצע ליום לאדם

Association between two walking behavior attributes:

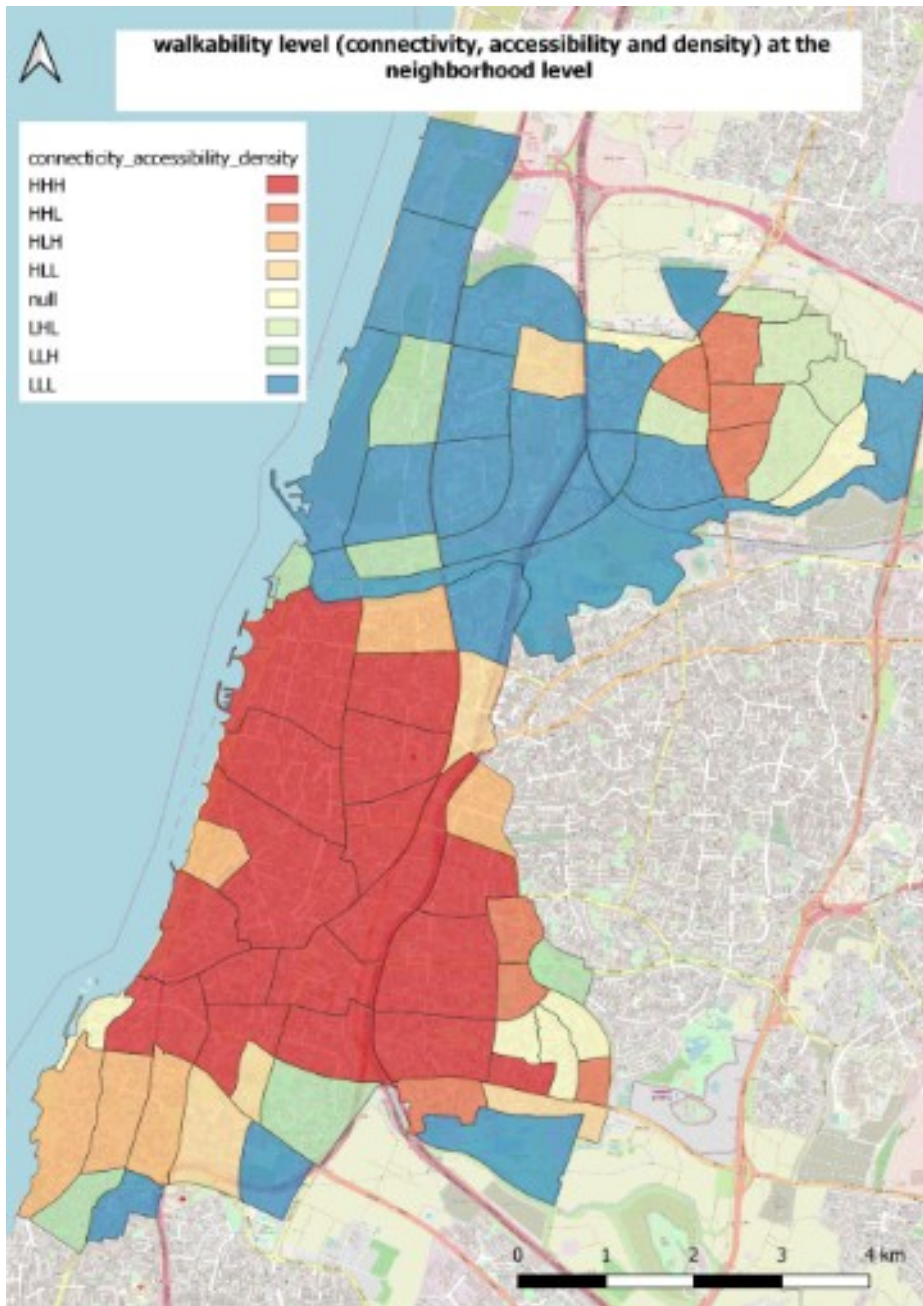
- the percentage of walking trips of all trips
- walking duration per day and - in the city of Tel Aviv

by a 'High-Low' distribution (degree of walking activity), e.g.,  
 HH – the two walking behavior attributes have high degree.

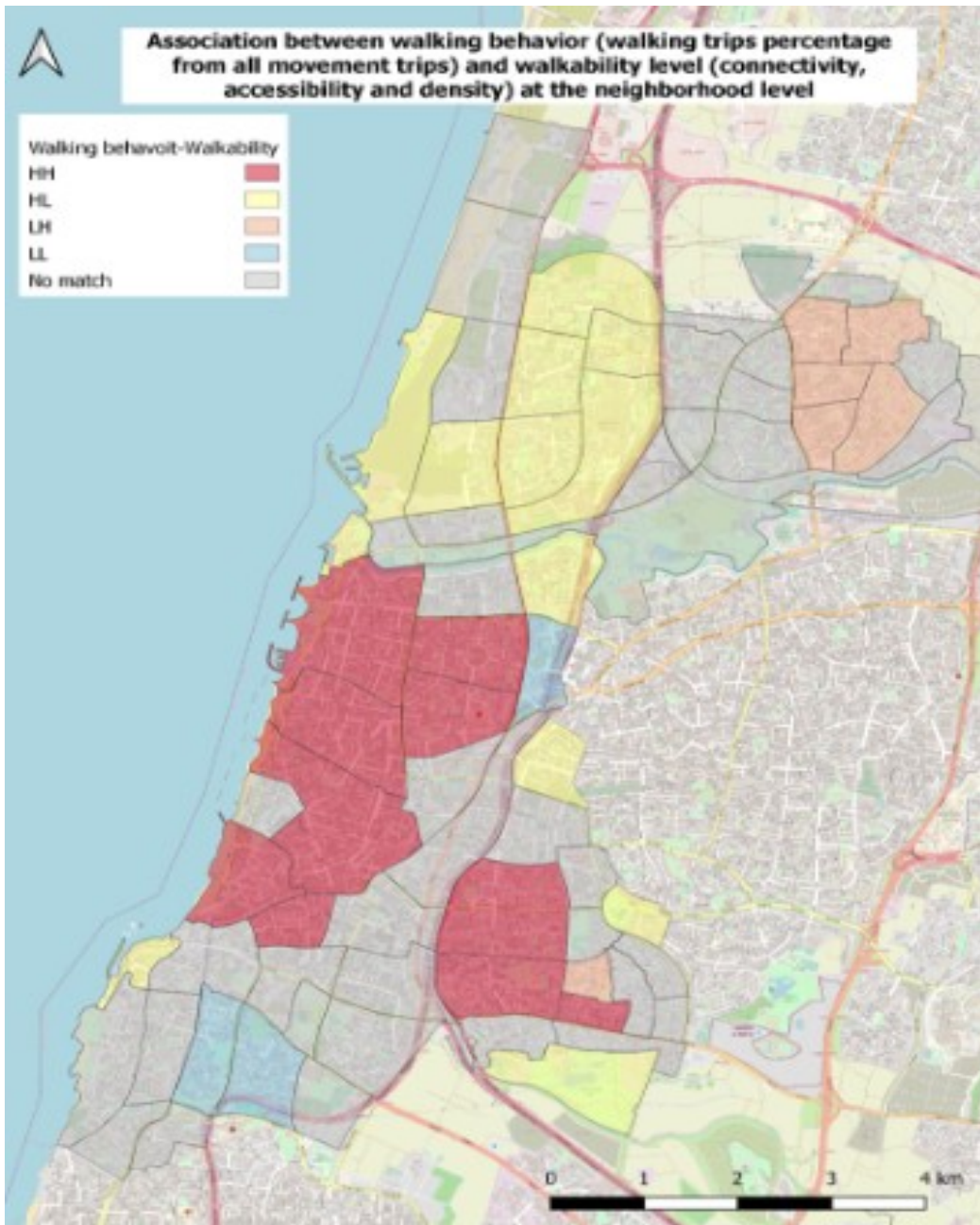


## מאפייני הליכתיות בתל אביב

קישוריות, נגישות, וצפיפות



Walkability level is represented in a High-Low distribution for each of the walkability characteristic : connectivity, accessibility and density



הקשר בין מאפייני הליכה ( % מסלולי הליכה  
מכלל מסלולי התנועה לאדם בממוצע )  
להליכתיות בתל אביב

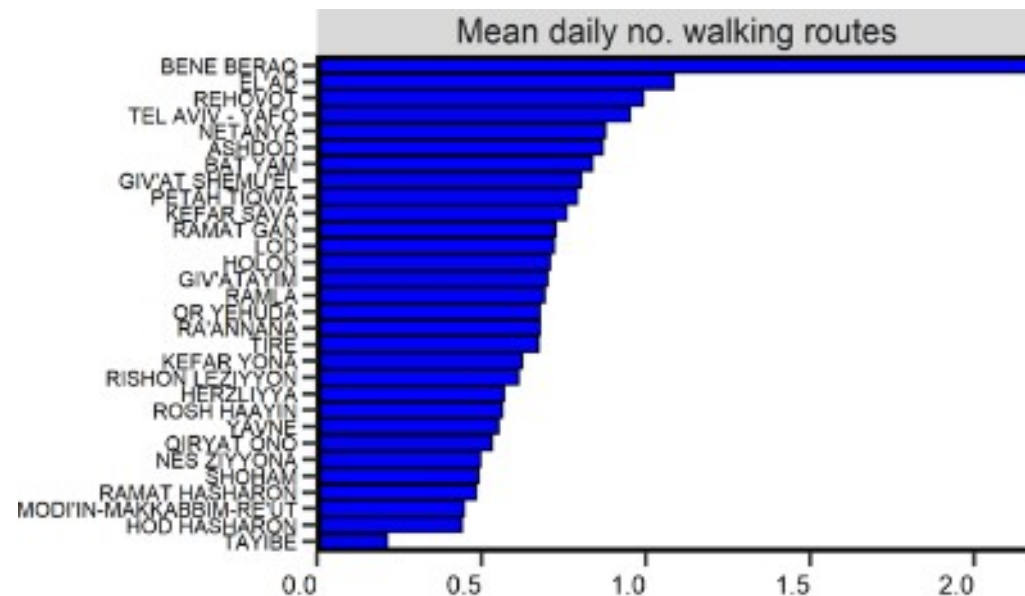
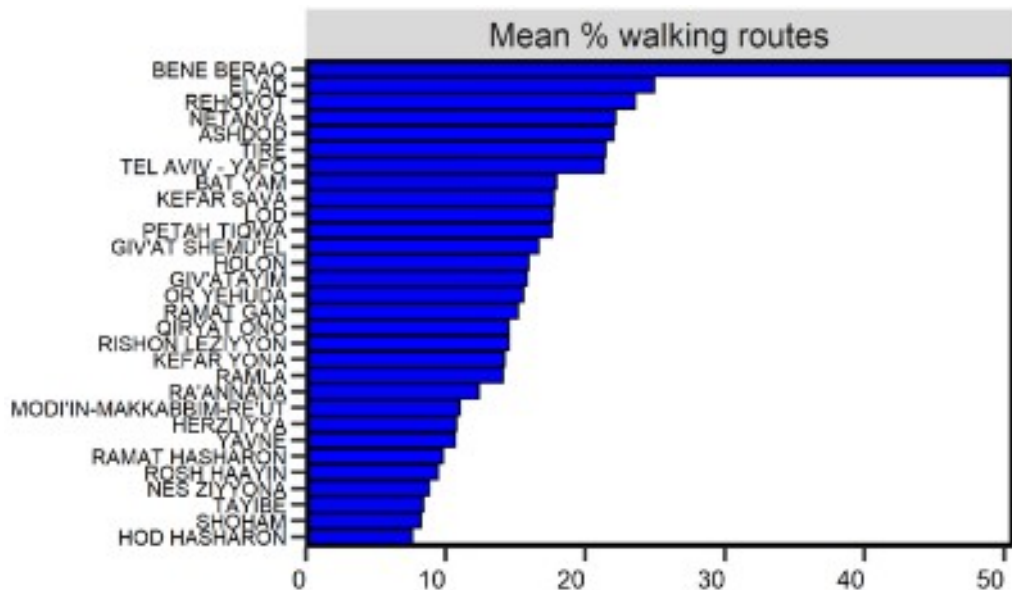
Association between walking behavior - represented here by walking trips percentage from all movement trips - and Walkability level - represented here by connectivity, accessibility and density - In Tel Aviv

## Routes statistics for cities

מאפייני הליכה בערי המטרופולין:

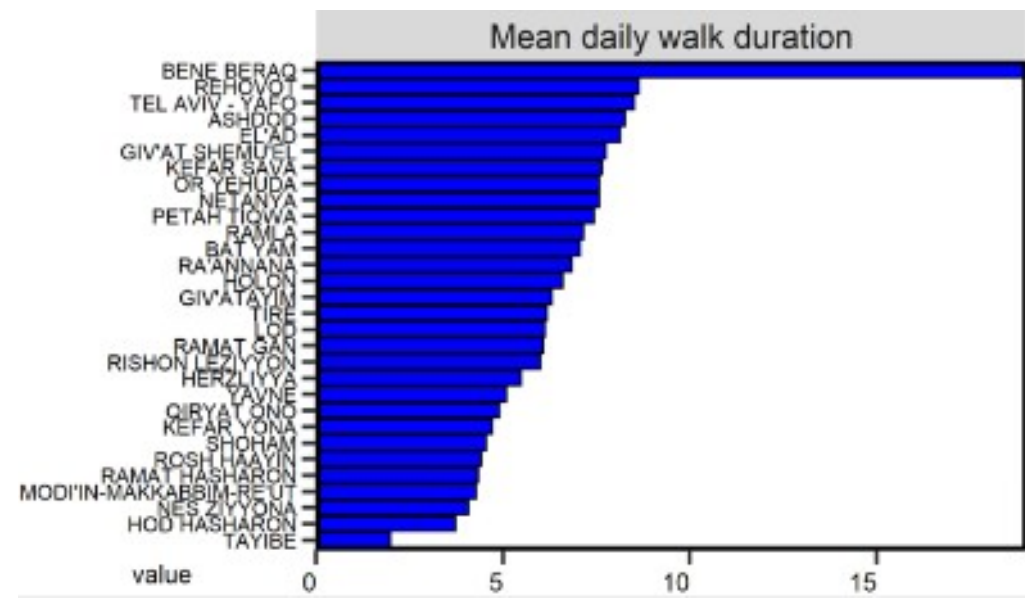
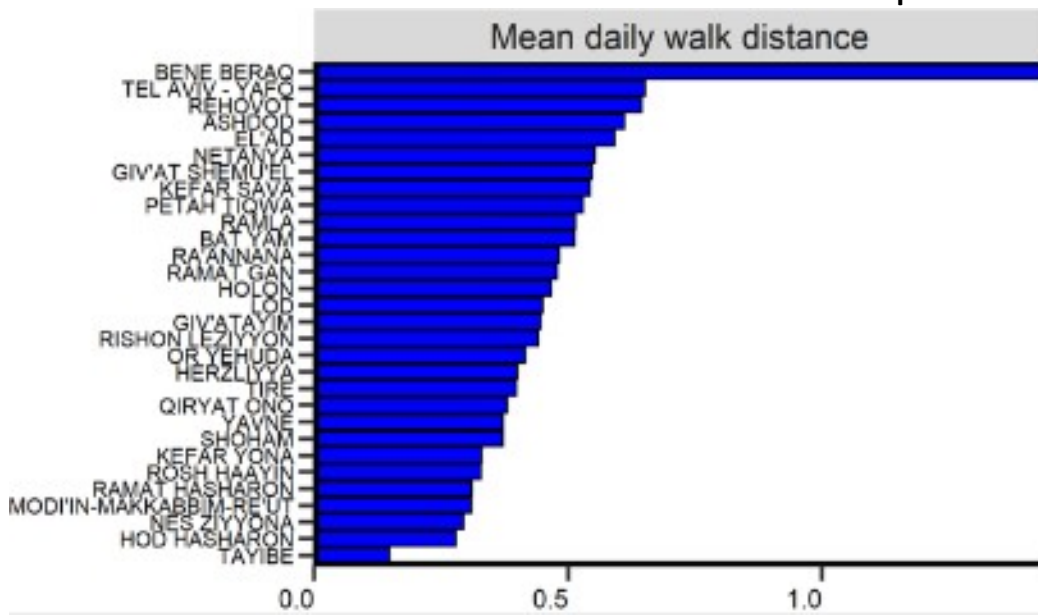
מסלולי הליכה מכלל מסלולי התנועה לאדם בממוצע %

מספר מסלולי הליכה לאדם בממוצע



מרחק הליכה ממוצע ליום לאדם

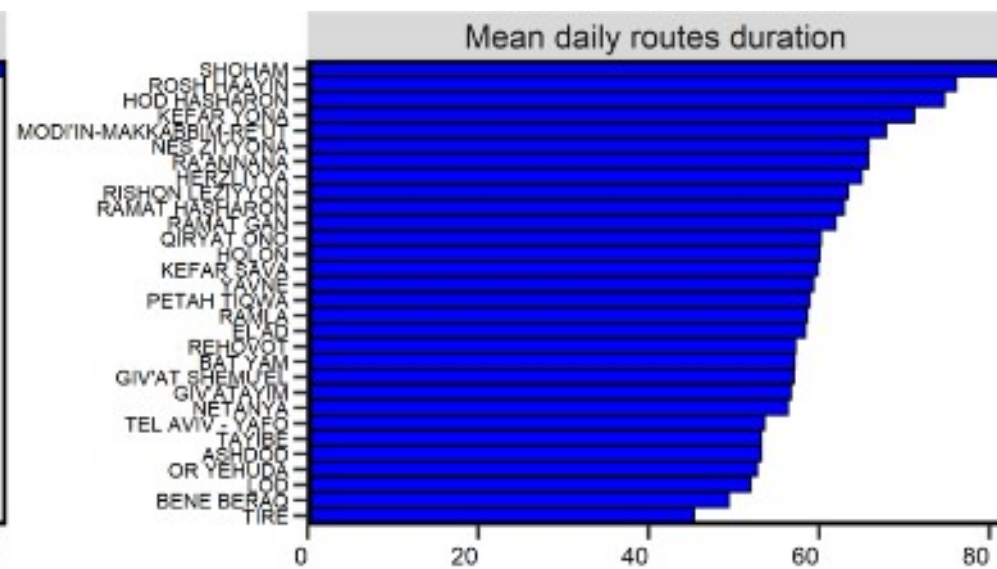
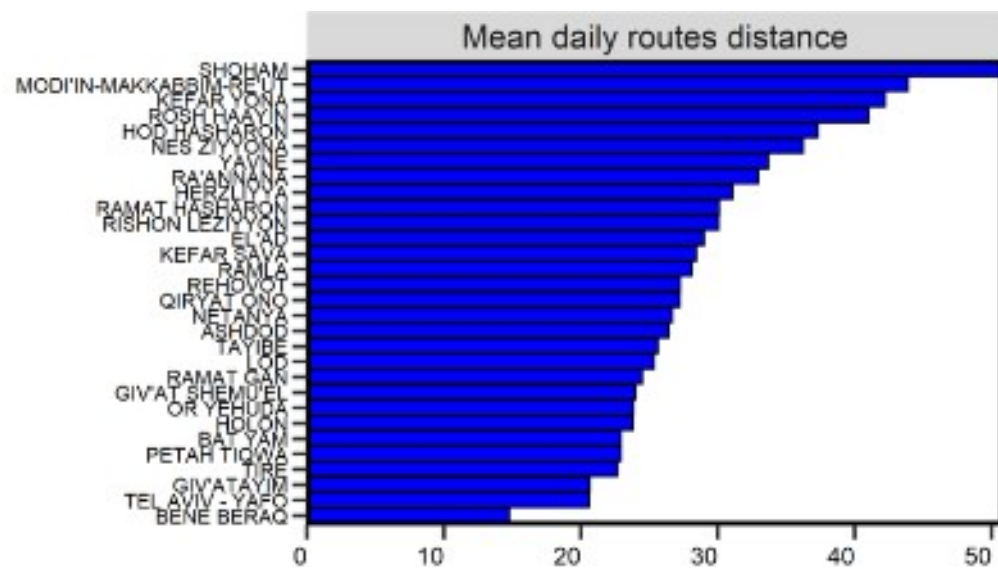
זמן הליכה ממוצע ליום לאדם



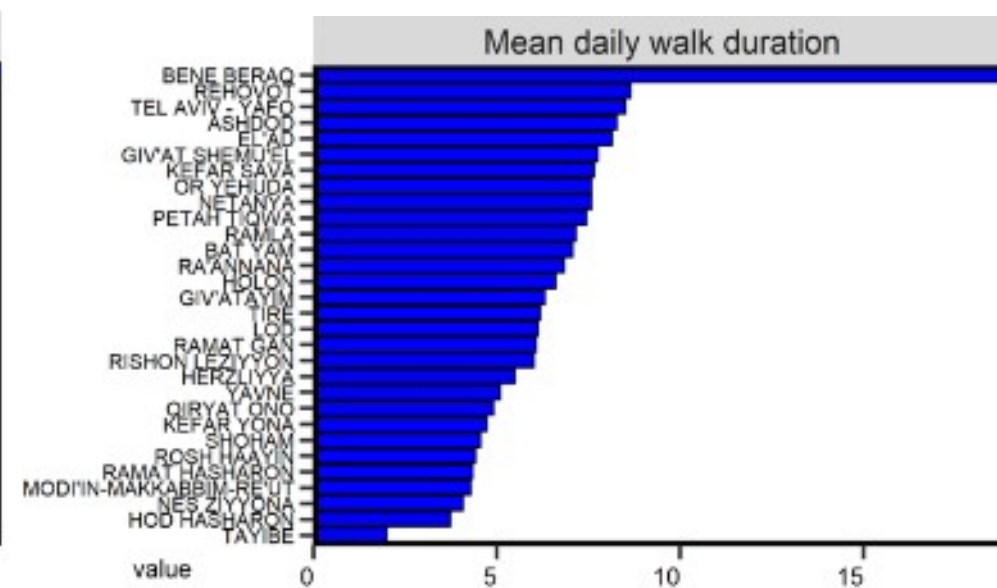
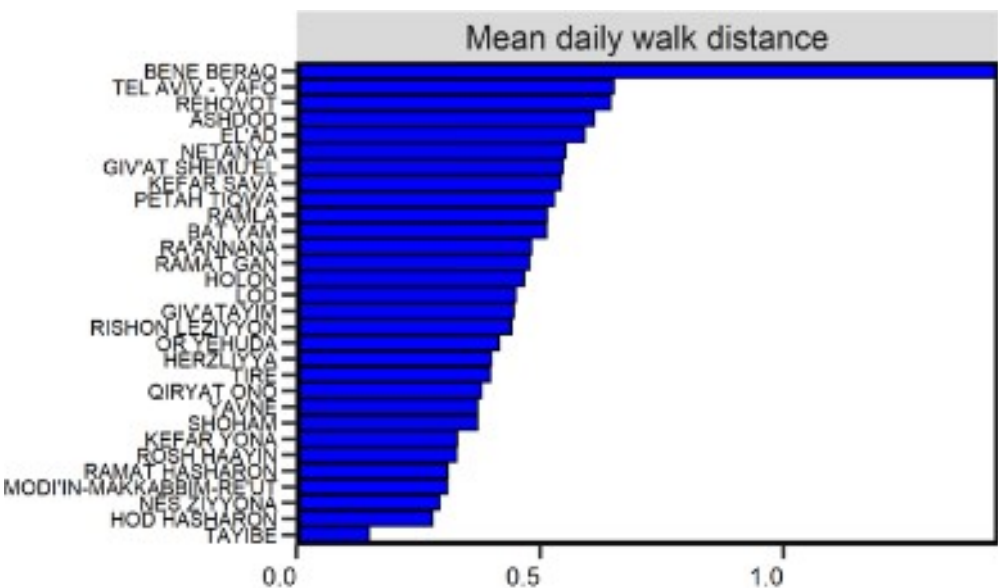
## Routes statistics for cities

## מאפייני הליכה בערי המטרופולין:

- יחס (הפוך) בין מרחק/זמן תנועה ברגל לעומת מרחק/זמן תנועה בכלל
- יחס הפוך בין סטטוס חברתי-כלכלי למרחק/ זמן הליכה

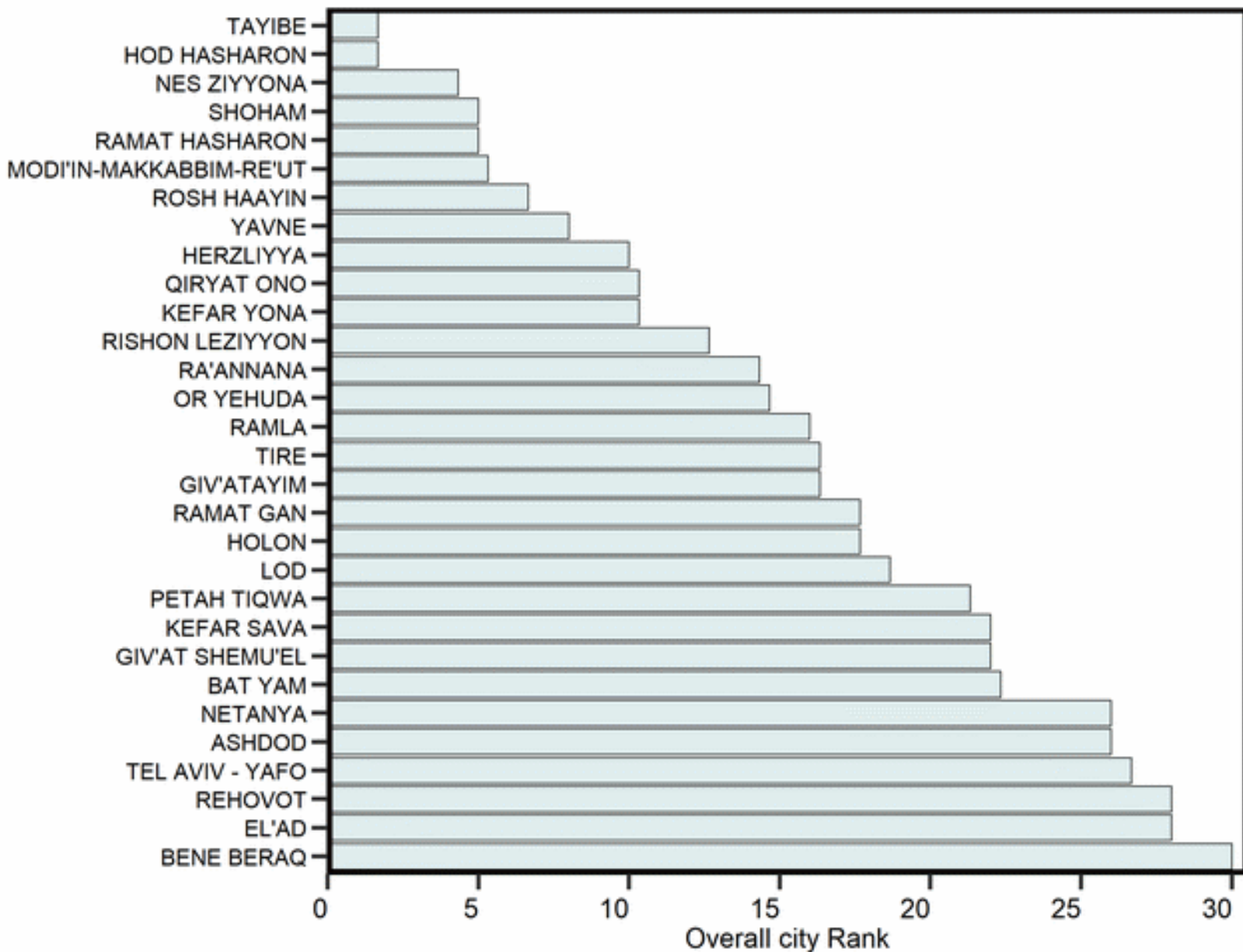


מרחק/זמן תנועה בכלל



מרחק/זמן תנועה ברגל

## Routes statistics for cities and ranking of walking-oriented cities



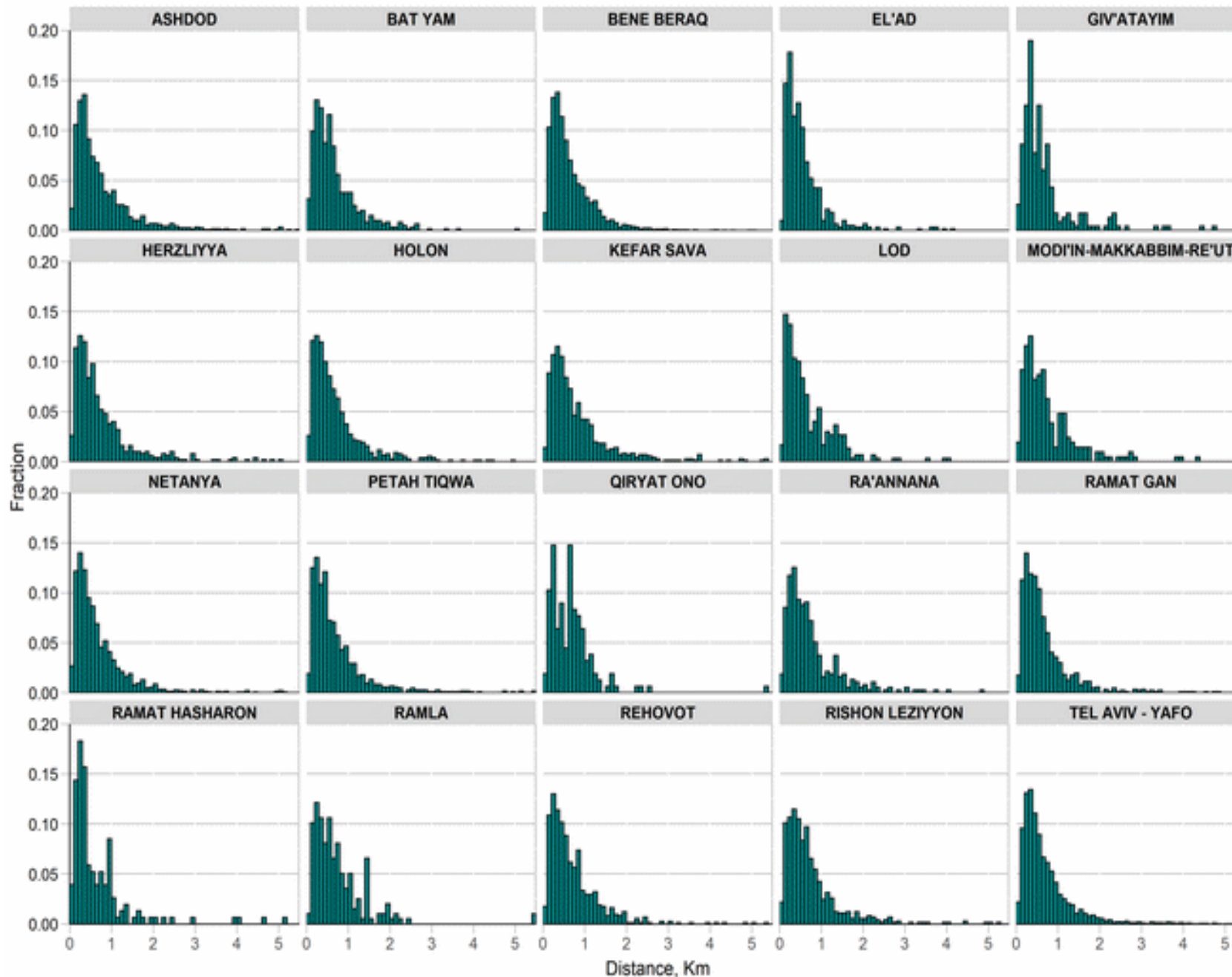
## אינדקס ערים על פי מאפייני הליכה בערי המטרופולין:

- מספר מסלולי הליכה לאדם בממוצע
- % מסלולי הליכה מכלל מסלולי התנועה לאדם בממוצע
- מרחק הליכה ממוצע ליום לאדם

Ranking of walking-oriented cities. The cities were ranked in ascending order according to three daily walking measures of their residents: 1) number of daily walking routes 2) percent of walking routes of total routes, 3) daily walking distance. The overall rank is the average rank over the 3 measures. Note the higher rank refers to orientation to walking.

## מאפייני הליכה בערי המטרופולין

- התפלגות מרחקי מסלולי הליכה



צורת התפלגות מסוג ביתא  $\beta$

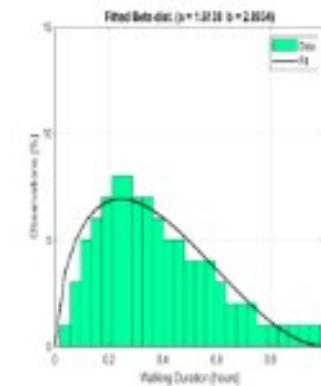


Figure 12: Distribution of walking routes distance by city of origin.

## • התפלגות נפח תנועת הולכי רגל ברחובות העיר



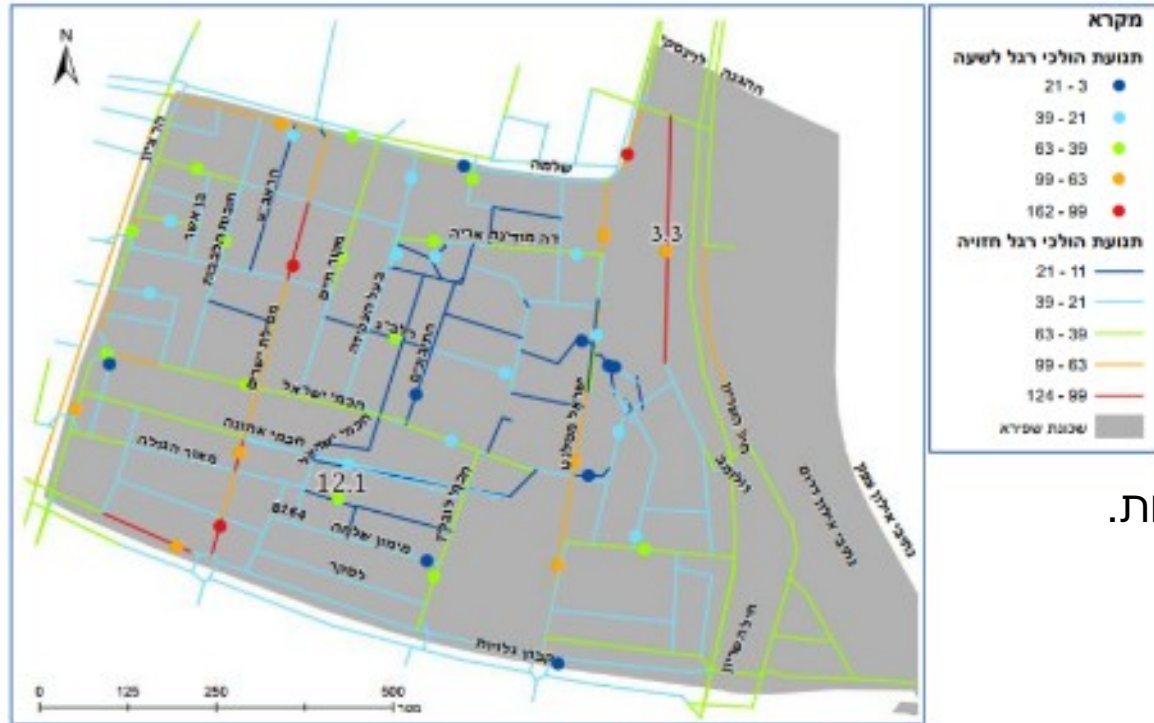
- המודעות לחשיבות תנועת הולכי רגל גוברת לאורך זמן: תרומה לבריאות הפיזית והנפשית של האדם; לחיוניות, בטחון, בטיחות בעיר; ולסביבה - חסכון באנרגיה והפחתת זיהום
- הליכה ברגל עשויה להיות אמצעי תחבורה דומיננטי

מידע על תנועת הולכי רגל חיוני לצורך קידום תנועת הולכי רגל אבל גם לצורך קידום פרויקטים של ניהול ותכנון העיר. מידע כזה יכול לסייע:

- בזהוי חוסר רציפות של תנועת הולכי רגל
- באיתור דרכים שדורשות שיפור בתשתית להולכי רגל
- בקביעת מיקום של שימושי קרקע
- בהערכת ההשפעה של שינויים ברשת ובשימושי קרקע על תנועת הולכי רגל

תנועת הולכי הרגל נצפית וחזויה בשכונת שפירא בתל אביב

## התפלגות נפח תנועת הולכי ברגל ברחובות העיר



**הבעיה:** כיום אין מידע זמין, עדכני ונגיש על התפלגות נפח תנועת הולכי רגל ברשת הרחובות בעיר (שמירת פרטיות, טכנולוגיה סלולר, GPS)

**הפתרון:** מודל לחיזוי התפלגות נפח תנועת הולכי רגל (Pedestrian Volume model) ברשת הרחובות בסביבות עירוניות קיימות או מתוכננות.

תנועת הולכי הרגל נצפית והחזויה בשכונת שפירא בתל אב

ניתן לבנות את המודל בשתי גישות:

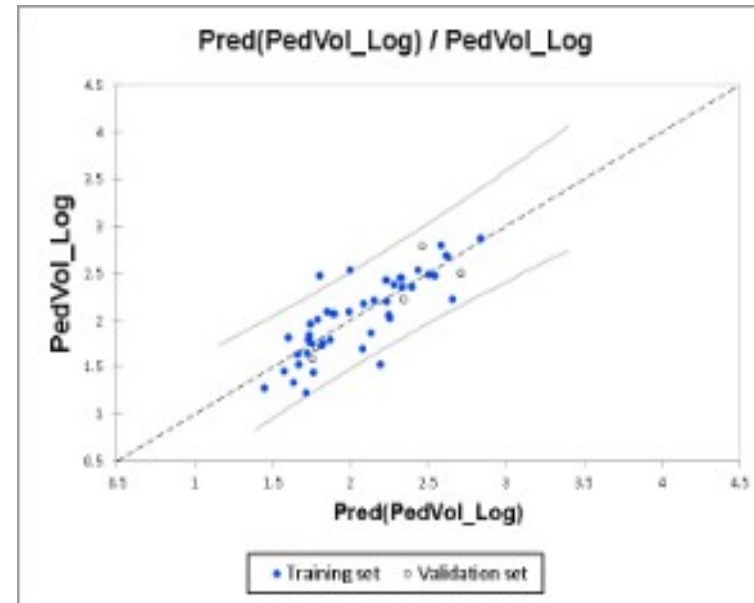
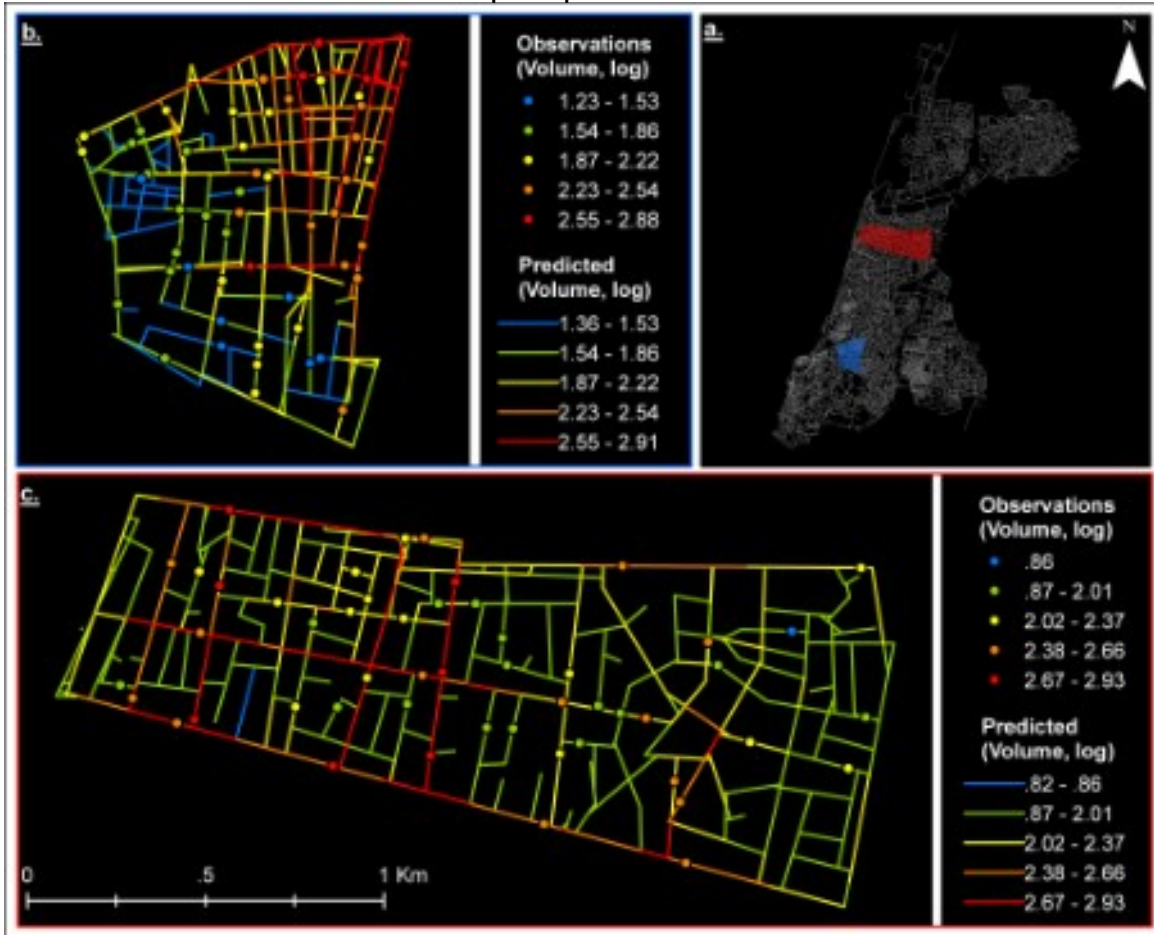
- בגישה של 'תחביר המרחב' Space Syntax (מבוסס על מודל רגרסיה מרובה)
- בגישה של מודל סימולציה מבוסס סוכנים - Agent-Based Model (ABM)



## • התפלגות נפח תנועת הולכי רגל ברגל ברחובות העיר

מודל לחיזוי תנועת הולכי רגל בגישת Space Syntax מבוסס על משתנים של מרכזיות ברשת הדרכים ושל שימושי קרקע ברמת מקטע רחוב - משתנים המייצגים בהתאמה את הפוטנציאל לתנועה ואת האטרקטיביות של מקטע רחוב

לדוגמא: חיזוי תנועה לאזורים פלורנטין ואבן גבירול בתל אביב



מבוסס מודל רגרסיה מרובה

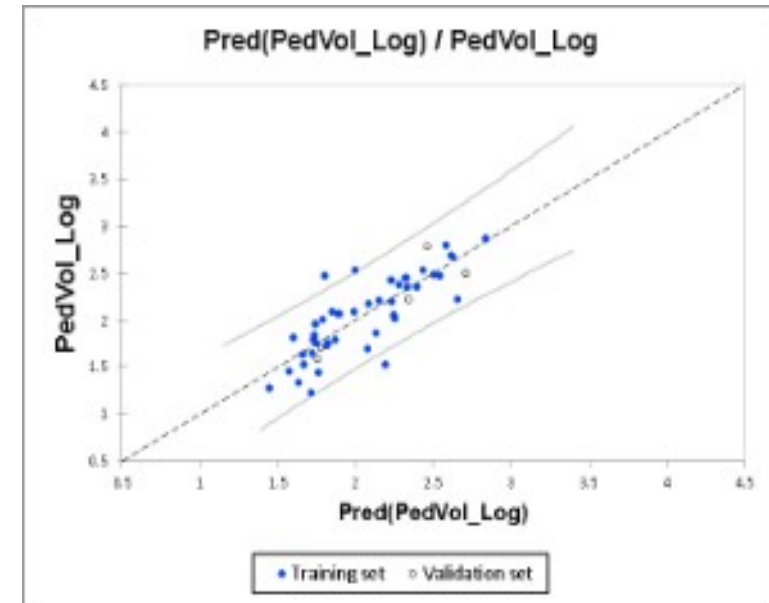
בניית המודל כוללת: בניית משתני מרכזיות ושימושי קרקע, איסוף נתונים על תנועת הולכי רגל (במקטעים מייצגים), כיול המודל, תיקוף המודל והערכת רמת החיזוי

## מודל תנועת הולכי רגל בגישת Space Syntax

מבוסס על משתנים של מרכזיות ברשת הדרכים ושל שימושי קרקע ברמת מקטע רחוב

**Table 1.** Regression models for predicting hourly pedestrian and vehicle volumes on the street segments of the study areas.

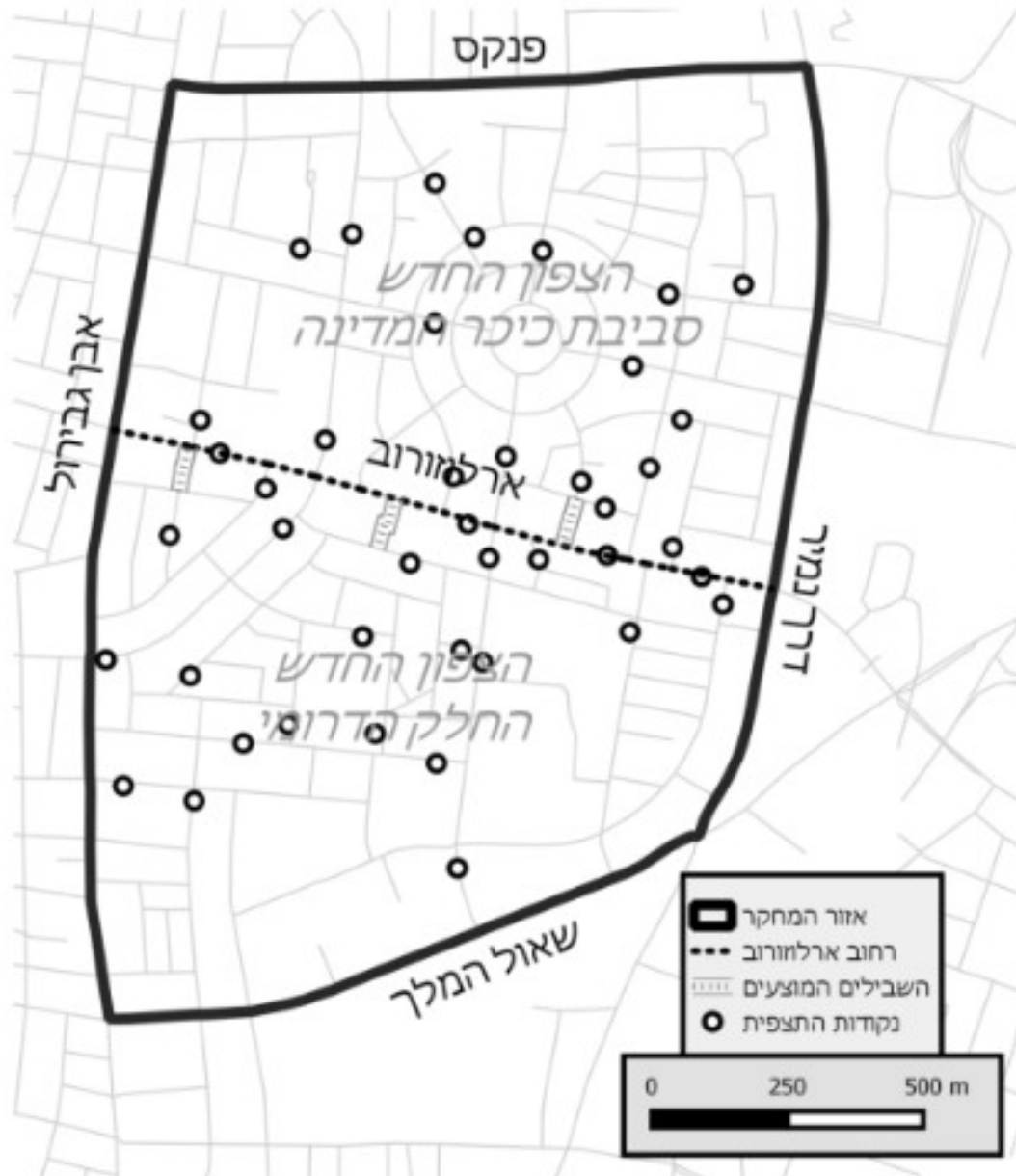
Area, predicted value	Variables	B	$\beta$	t
Ibn Gabirol, pedestrian traffic volume	Axial Local Choice (R=3)	0.655	1.472	8.541
	Commercial Front	0.383	0.341	5.241
	Axial Global Choice	-0.302	-0.851	-5.033
	R <sup>2</sup> adjusted	0.850		
Ibn Gabirol, vehicle traffic volume	Total Topological Depth R1250	-0.003	-0.566	-7.378
	Axial Local Mean Depth (R=3)	-5.447	-0.346	-4.602
	Metric Mean Depth (weighted by segment length)	-0.004	-0.297	-4.767
	Commercial Front	0.302	0.164	2.412
	R <sup>2</sup> adjusted	0.843		
Florentine, pedestrian traffic volume	Angular Integration R2500	5.831E-005	0.735	8.055
	Total Metric Depth R5000 (weighted by segment length)	1.193E-006	0.397	4.444
	Total Topological Nodes R2500	0.001	0.216	2.244
	R <sup>2</sup> adjusted	0.662		
Florentine Vehicle traffic volume	Angular Choice R2500 (weighted by segment length)	1.055E-009	0.460	3.920
	Metric Mean Depth R1750 (weighted by segment length)	0.12	0.296	3.880
	Angular Choice	2.243	0.410	3.497
	R <sup>2</sup> adjusted	0.716		



## דוגמא: התחדשות עירונית ברחוב ארלזורוב

מטרה: הערכת השלכות הפרויקט המתוכנן לסלילת שלושה שבילים שיחברו את רחוב ארלזורוב עם רחובות נוספים, על התפלגות תנועת הולכי רגל ורוכבי אופניים באזור.

\* המחקר בוצע במסגרת פרויקט יישומי (אוניברסיטת תל אביב) במהלך 2017-18 בשיתוף צוות התכנון של עיריית תל אביב



## דוגמא: התחדשות עירונית ברחוב ארלזורוב

הערכה/ניבוי תנועת הולכי רגל: לפני הוספת השבילים (משמאל); אחרי הוספת השבילים (באמצע), הפרש בין שתי המפות ברמת מקטע הרחוב (מימין).

הולכי רגל לשעה - ניבוי באמצעות מודל הרגרסיה - לפני הוספת השבילים



הולכי רגל לשעה - ניבוי באמצעות מודל הרגרסיה - אחרי הוספת השבילים

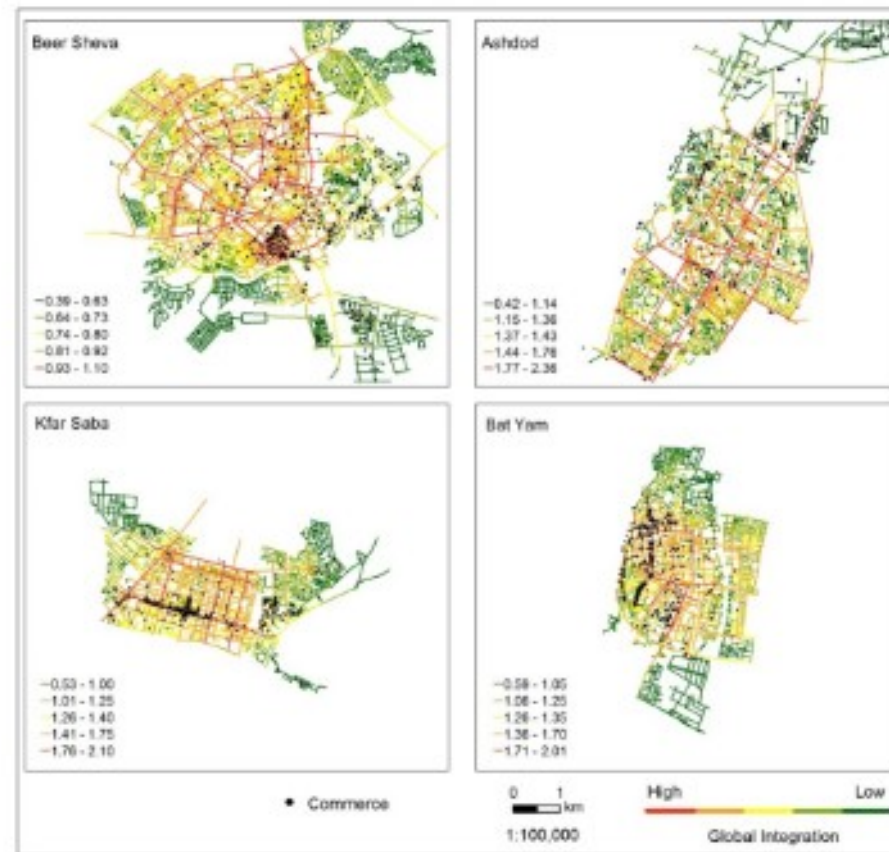


הולכי רגל לשעה - הפרש בין תנועה חזויה לפני ואחרי הוספת השבילים המוצעים



## דוגמא: חיזוי התפלגות נפח תנועת הולכי רגל ברשת דרכים לצורך קידום בטיחות בדרכים

המודל נבנה עבור הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים. אומר י' רופא י': "מודל חיזוי להערכת נפח תנועת הולכי הרגל במרחב העירוני", הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים, חטיבת המידע והמחקר.



משתנים המסבירים התפלגות - סוג ורדיוס משתני מרכזיות ומשתני שימושי קרקע - שונים ממקום למקום. זה נכון לארץ ולעולם.

## מודל לחיזוי התפלגות תנועת הולכי הרגל רגל (Pedestrian Volume model) בגישת (Agent-Based Model) ABM

המודל מתבסס על פרמטרים התנהגותיים של הליכה ברגל:

- מרחק / משך זמן של מסלולי הליכה (בהתבסס על פונקציית דעיכה עם המרחק)
- תכיפות מסלולים ליעדים שונים (בהתבסס על אטרקטיביות היחסית של שימושי קרקע)
- בחירת מסלולי תנועה (קצרים) ליעדים (בהתבסס על סוגי מרחקים: מרחק מטר, טופולוגי או אנגולרי)

The screenshot displays a NetLogo simulation environment for a pedestrian volume model. The central window shows a map of a city street network with various colored agents (pedestrians, cars, bicycles) moving. The interface includes several control panels:

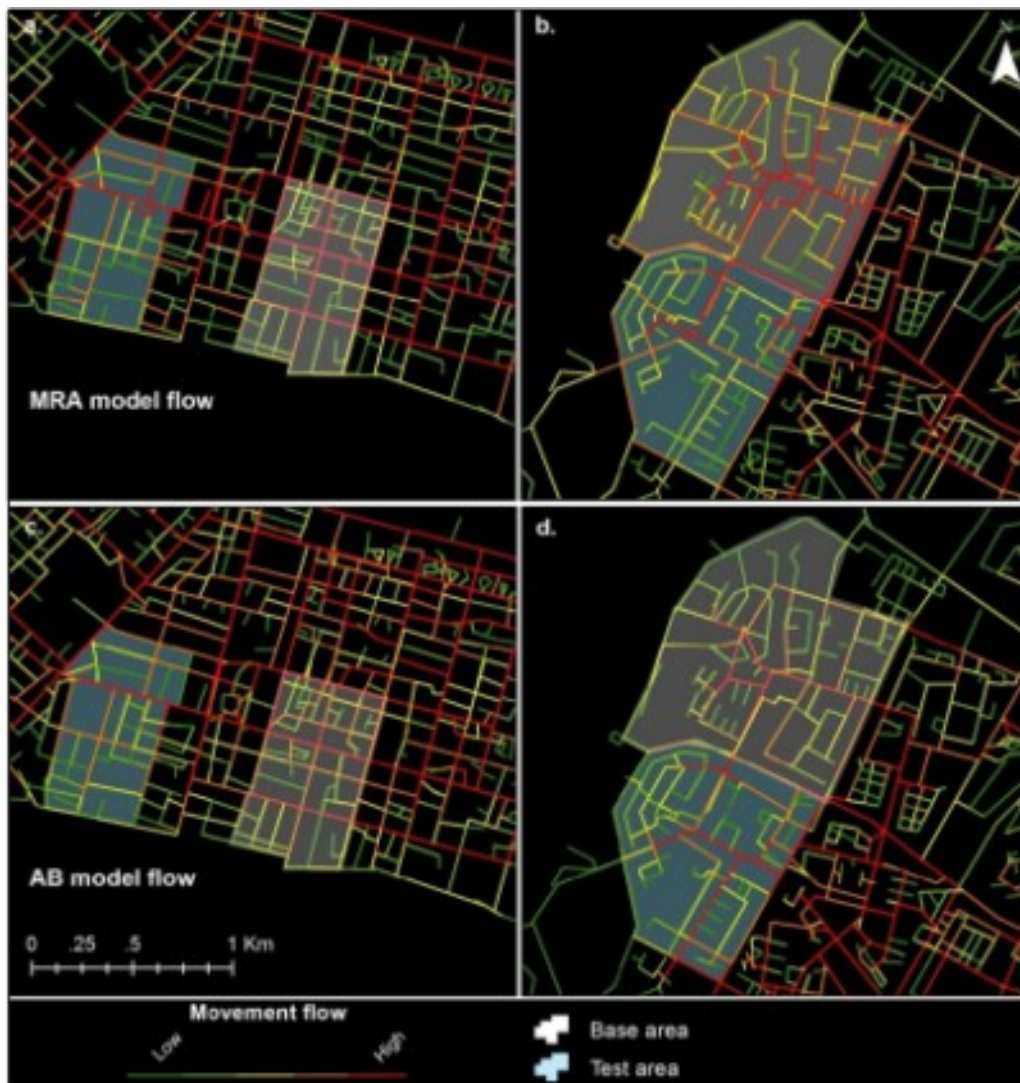
- Left Panel:** Contains sliders for 'radius-search' (set to 100), 'input-seed' (set to 150), 'integration-level' (set to 100), and 'iterations-count' (set to 1000). Below these are buttons for 'Setup', 'Re-setup', and 'Go'. A table for 'different-agents-enabled?' is visible.
- Right Panel:** Contains a 'Flow presentation' section with sliders for 'wait-agent' (set to 0.25), 'waited-color' (set to 'red'), 'auto-flow presentation update' (set to 100), and 'auto-update-rate' (set to 100). Below these are buttons for 'view Choice', 'view Flow', 'color-land-use', 'color-all-landuses', 'display-layers', and 'switch-center-lens'.
- Bottom Panel:** Contains buttons for 'agent-shape' (set to 'car'), 'clear-watch', 'watch-agent', and 'agent-to-watch' (set to '0').

# מודל בגישת Agent-Based Model לעומת מודל MRA בגישת Space Syntax

התוצר של המודלים:

התפלגות כמות/נפח תנועת הולכי רגל ברשת הרחובות העירונית

בשלב תיקוף: רק למודל AB רמת חיזוי מספקת גם באזור שתוכנן בגישת תכנון



**Table 4**

Correlation coefficient ( $R^2$ ) between observed and predicted pedestrian volumes, by space syntax and agent-based models.

Study area	Model type	Base area	Test area/predictability
Kfar Saba	MRA	0.963 <sup>a</sup>	0.590 <sup>a</sup>
	AB	0.920 <sup>a</sup>	0.593 <sup>a</sup>
Ashdod	MRA	0.928 <sup>a</sup>	0.282
	AB	0.901 <sup>a</sup>	0.621 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Correlations are significant at the 0.01 level (2-tailed).

מודל AB מסוגל לחזות תנועה ברמת בטחון מספיקה באזורים מגוונים בהשוואה למודל שנבנה בגישת Space Syntax

המשמעות: מודל AB חסין יותר בפני השונות/הבדלים בתנאי הסביבה עירונית

**דוגמא: דימונה - כלי לחשיבה על תכנון מחודש של דרכים וייעודים**

מודל הסימולציה נועד לסייע בפרויקטים עתידיים ובהם: תחנת הרכבת החדשה המתוכננת בדימונה.

המודל עשוי לסייע:

- בקביעת מיקום לאזורי תעסוקה ולקניין שהנגישות אליהם תיעשה באמצעות הליכה ברגל
- בהערכת השינוי החזוי בנפח תנועת הולכי רגל ובהחלטה באילו רחובות השקיע בתשתיות כגון: מדרכות ונטיעת עצים



המודל נבנה תוך עבודה משותפת עם ד"ר תומר דקל מתנועת אור ובשיתוף צוות התכנון של עיריית דימונה



מודל הסימולציה נועד לסייע בפרויקטים עתידיים ובהם: תחנת הרכבת החדשה המתוכננת בדימונה.  
המודל עשוי לסייע:

- בקביעת מיקום לאזורי תעסוקה ולקניון שהנגישות אליהם תיעשה באמצעות הליכה ברגל
- בהערכת השינוי החזוי בנפח תנועת הולכי רגל ובהחלטה באילו רחובות השקיע בתשתיות כגון: מדרכות ונטיעת עצים



# Agent-based model of urban movement

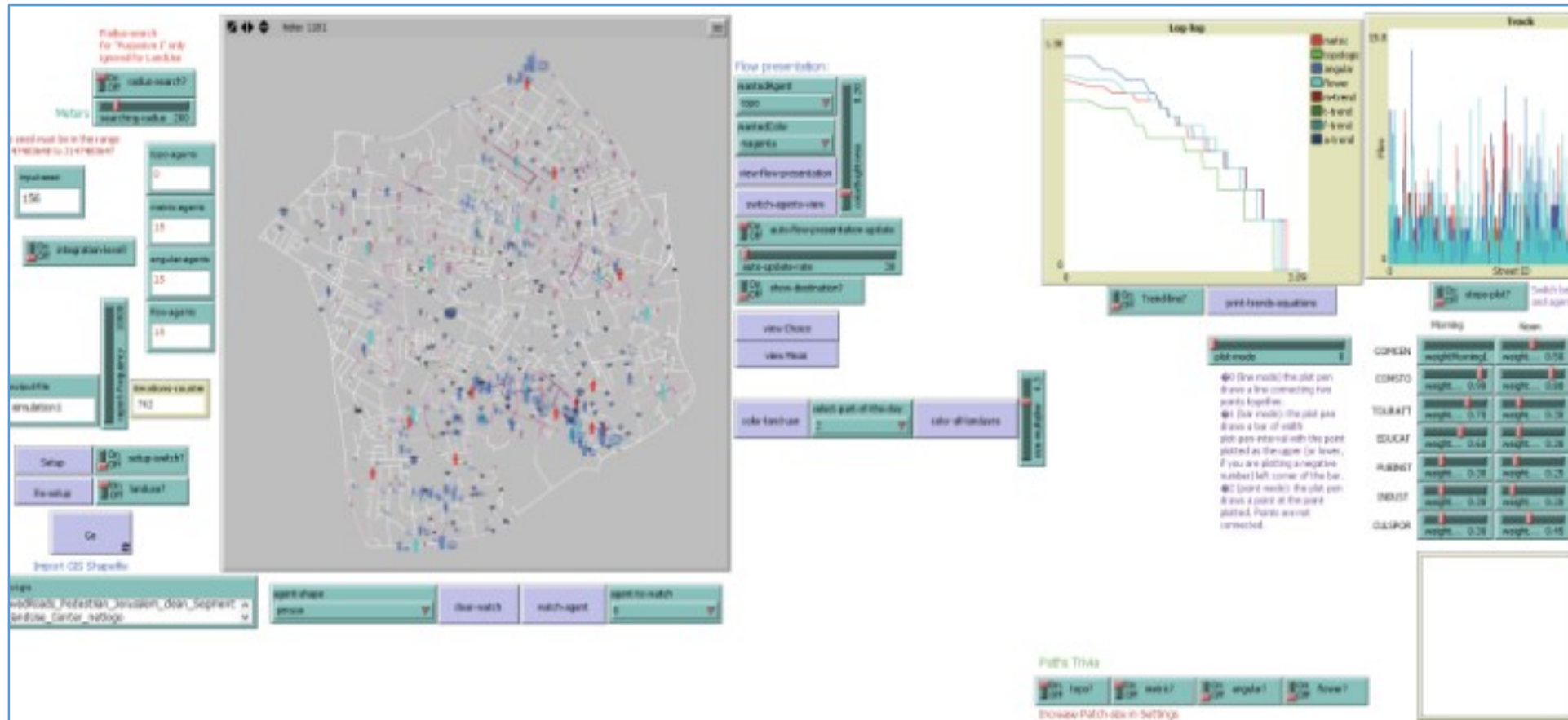


Funded by the Horizon 2020 Framework Programme of the European Union - TRANSFORMATIONS-03-2018-2019 / Grant ref. 870753



- The model simulates the movement of tourists and local residents in the urban street network
- The model can be used for evaluating the potential impact of tourism policy - new tourists sites - on movement and presence of tourists in the city

Jerusalem Center



Simulated pedestrian movement in the center of Jerusalem

# Agent-based model of urban movement

- The model simulates the movement of tourists and local residents in the urban street network
- The model will be used for evaluating the potential impact of tourism policy to deal with over tourism

Barcelona



Radius-search: for "Thapsivae" only ignored for LandUse

On radius-search?

Meters: one stop at 200, radius 100, radius 200, radius 300, radius 400, radius 500, radius 600, radius 700, radius 800, radius 900, radius 1000

The used map: be in the range -2147483648 to 2147483647

Input seed: 150

On intlog: on level?

report: 6\_4\_20

report: 70000

Report: 100

BEFORE SETUP

TEMP\_RESIDENT

TEMP

TEMP-METROD-RADIUS

Setup  setup-switch?

No setup  no-setup?

Go  ignore-permissions?

Import GIS Shapefile

Input file: Barcelona\_07.06.22-1

On non-bike-cycle?

agent-shape: car

click-watch

watch-agent

agent-how-many: 0

agents-in: 100

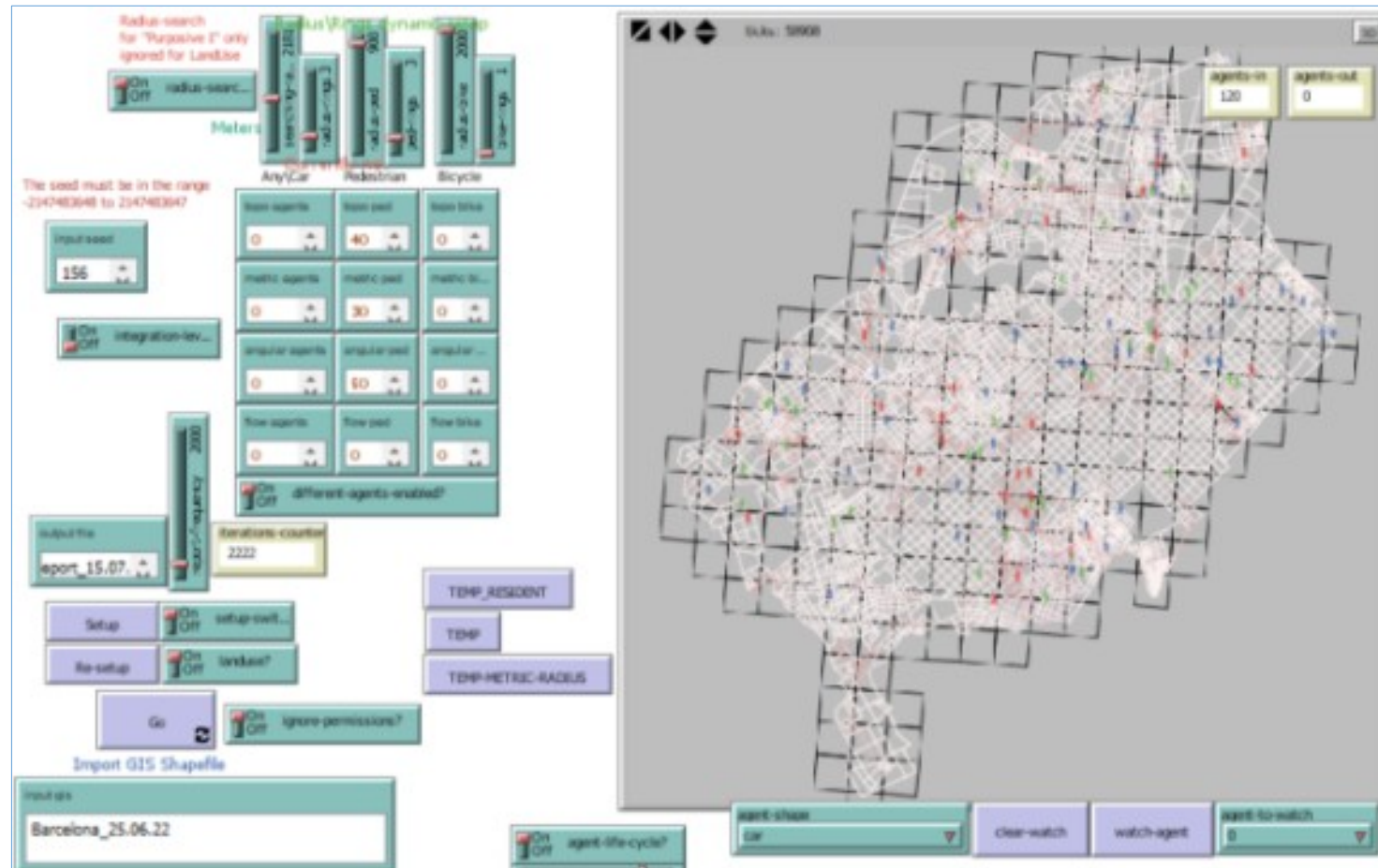
agents-out: 0

date: 31.09

# Agent-based model of urban movement

- The model simulates the movement of tourists and local residents in the urban street network
- The model will be used for evaluating the potential impact of tourism policy to deal with over tourism in residential areas

Barcelona



# Agent-based model of urban movement



- The model simulates the movement of tourists and local residents in the urban street network
- The model will be used for evaluating the potential impact of tourism policy to deal with over tourism in selected streets and to strengthen a sense of community

Amsterdam

The screenshot displays the user interface of an agent-based simulation model for Amsterdam. On the left, a control panel features several sliders and toggle switches for parameters such as 'radius-search', 'road speed', 'iterations counter', and 'agent-life-cycle?'. A central map shows a detailed street network with numerous colored markers representing agents. A top right status bar indicates 'agents-in: 120' and 'agents-out: 0'. The text 'BEFORE SETUP' is visible on the map area.

## הערכה/חיזוי של התפלגות תנועת הולכי באמצעות מודל סימולציה מסוג Agent-based model

### עשויה להיות חיונית:

1. לסייע בזיהוי חוסר של תנועת הולכי רגל
2. באיתור דרכים שדורשות שיפור בתשתית להולכי רגל
3. בקביעת מיקום של שימושי קרקע שמהווים יעד להולכי רגל
4. להעריך את ההשפעה של שינויים ברשת ובשימושי קרקע על תנועת הולכי רגל

הפעולות לעיל חיוניות כדי לקדם מטרות בתכנון וניהול עירוני, כמו לדוגמא:

חיזוק המרכז העירוני, הגברת החיוניות של הרחוב העירוני, התחדשות עירונית, אינטגרציה בין שכונות ואוכלוסיות קידום תיירות וקידום תנועה לא-ממונעת.

## מאמרים נבחרים בנושא:

1. 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, 2121-2142.
2. Omer, I., and Goldblatt, R. (2016) Spatial Patterns of Retail Activity and Street Network Structure in New and Traditional Israeli Cities, *Urban Geography*, 37(4), 629-649.
3. 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.
4. Omer, I., and Kaplan, N. (2019) Structural properties of the angular and metric street network's centralities and their implications for movement flows, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46 (6).

<https://urban-space-analysis-lab-tau.mozello.co.il/publications/> לרשימה מלאה של פרסומים: