

# תחביר המרחב (Space syntax) של ערים בישראל

יצחק אומר ואורנה צפריר-ראובן

החוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם, אוניברסיטת תל אביב

[omery@post.tau.ac.il](mailto:omery@post.tau.ac.il); [ornazr@post.tau.ac.il](mailto:ornazr@post.tau.ac.il)

## תקציר

המאמר בוחן את מאפייני רשת הרחובות ואת דרגת האינטגרציה המרחבית ב- 24 ערים נבחרות בישראל המייצגות טיפוסים שונים, כדוגמת ערי מושבה וערי פיתוח, שנבדלים בדגמי רחובות אופייניים ובמבנה המרחבי של השטח הבנוי בעיר. הבחינה נערכה באמצעות המתודולוגיה של תחביר המרחב (space syntax). התוצאות המתקבלות מהניתוח מלמדות שערים המשתייכות לאותו טיפוס עיר נוטות להיות דומות בדרגת האינטגרציה המרחבית הלוקאלית, המוסברת בדגמי רחובות דומים. יחד עם זאת, הן מגלות שוני בדרגת האינטגרציה המרחבית הגלובלית כתוצאה מהבדלים ברציפות רשת הרחובות ורמת הקומפקטיות של צורת השטח הבנוי בעיר, שמקורם בתנאים הטופוגרפיים ובמיקומן הגיאוגרפי של ערים. המשמעות היא, שדרגת האינטגרציה המרחבית הגלובלית בעיר מושפעת יותר מרצף וצורת רשת הרחובות והשטח הבנוי, ופחות מדגמי רשת הרחובות האופייניות לה.

השוואה בין ממוצעי ערכי האינטגרציה המרחבית של הערים הנבדקות לבין ממוצעים של ערים המשתייכות לאזורים גיאוגרפיים שונים ברחבי העולם מגלה שככלל, ערים בישראל דומות לערים אירופאיות ובריטיות. יחד עם זאת, בהשוואה אליהן, ערים בישראל מאופיינות ואולם, באופן יחסי אליהן, ערים ישראליות מאופיינות בערכים נמוכים של אינטגרציה לוקאלית. פער זה מוסבר כתוצאה של התפתחותן הייחודית של ערים בישראל.

מילות מפתח: רשת רחובות, תחביר המרחב, אינטגרציה מרחבית, נגישות, ערים בישראל

לצורת רשת הרחובות בעיר השפעה חשובה על דרגת הנגישות של מקומות ועל האפשרות לניידות של בני אדם וסחורות בין חלקי העיר (Batty, 2005; Marshall, 2005), על היווצרותם וחיוניותם של מקומות בעיר (Jacobs A., 1993; Jacobs J., 1961; Southworth and Ben Joseph, 1996; Wheeler, 2008) ועל יכולת ההתמצאות בעיר (Golledge and Stimson, 1987; Lynch, 1990).

רשתות רחובות נבחנות בערים שונות בעולם עם התייחסות לתכונות הגיאומטריות והמבניות שלהן וליחס שהן מקיימות עם מרכיבים פיזיים אחרים כדוגמת בניינים, מגרשים וכד'. אחת הגישות הדומיננטיות לחקירת צורת רשת הרחובות היא הגישה המבנית (configurational approach) המתרכזת בבחינת דרגת האינטגרציה המרחבית (spatial integration) בין רחובות עירוניים והנגישות היחסית שלהם (Batty, 2009; Kropf, 2009). בחינה זו נמצאה יעילה ומהימנה להשוואה בין רשתות רחובות ולהבחנה ביניהן, כמו למשל בין רשתות רחובות מתוכננות לבין כאלו שהתפתחו באופן אורגני (Jiang, 2007; Porta et al., 2006; Hillier, 2002; Marshall, 2005).

במסגרת הגישה המבנית, דומיננטית כיום המתודולוגיה של תחביר המרחב (space syntax). מתודולוגיה זו, שפותחה על ידי הילייר והנסון (Hillier and Hanson, 1984) נועדה לתאר את המבנה המרחבי (spatial configuration) של העיר באמצעות מדידה טופולוגית של אינטגרציה ויזואלית בין המרחבים הפתוחים (או החללים), המפרידים בין חלקיה הבנויים. לרוב מוגדר המבנה המרחבי על בסיס רשת הרחובות בעיר שבאמצעותה קשורים חלקי העיר. ככלל, המתודולוגיה של תחביר המרחב משמשת מצד אחד, אמצעי לבחון ולחזות את השפעת המבנה המרחבי על ההתנהגות המרחבית של בני אדם (spatial behavior) בהקשרים מגוונים כמו למשל תנועה של הולכי רגל ומיקום של פעילויות כלכליות, ומצד שני, אמצעי לאפיין את 'התרבות המרחבית' ('spatial culture') של חברות שונות בחלקים שונים בעולם.

<sup>1</sup> המאמר מבוסס בחלקו על מאמר שפורסם בכתב העת: The Journal of Space Syntax, Vol. 1 (2), הנושא את השם:

Street patterns and spatial integration of Israeli cities.

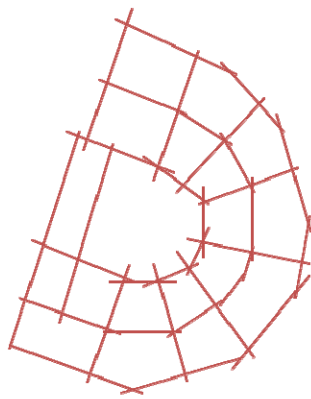
במסגרתה של מתודולוגיה זו, רשתות רחובות רבות מאזורים גיאוגרפיים שונים בעולם נבחנו וסווגו "לתרבויות מרחביות שונות" בהתאם לערכי אינטגרציה מרחבית בין המרחבים הפתוחים (או רחובות) בעיר (Crucitti et al., 2006; Porta et al., 2006). כך לדוגמא אותרו מאפייני דגם הרחובות בערים טורקיות עתיקות (Asami et al., 2001), ובערים הולנדיות (Read, 1999), ונערכה השוואה בין ערים המשתייכות לאזורים גיאוגרפיים שונים בעולם כדוגמת ערים אירופאיות, אמריקאיות וערביות (Hillier, 2002).

המאמר הנוכחי בוחן באמצעות המתודולוגיה של תחביר המרחב את רמת האינטגרציה המרחבית ב- 24 ערים נבחרות בישראל המייצגות טיפוסים ערים שנבדלים בדגמי רחובות אופייניים ובמבנה המרחבי של השטח הבנוי בעיר.

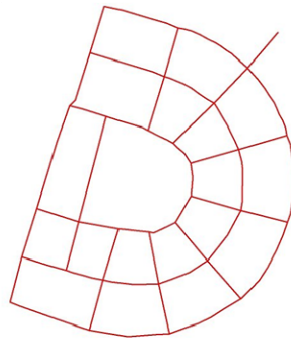
המאמר בנוי באופן הבא: בסעיף הבא תוצג המתודולוגיה של תחביר המרחב והאופן בו היא יושמה לבחינת האינטגרציה המרחבית בערים נבחרות בישראל. לאחר מכן יתוארו דגמי רחובות אופייניים ומבנים מרחביים של שטח בנוי של טיפוסים ערים בישראל. בחלק האחרון, יוצגו ממצאי הניתוח ומסקנות המחקר בהתאם לטיפוס העיר, ותיערך השוואה לאזורים גיאוגרפיים שונים ברחבי העולם.

## מתודולוגיה

הגישה של תחביר המרחב מציעה כאמור דרך למדידת דרגת האינטגרציה הויזואלית בעיר בקני-מידה שונים. ניתוח דרגת האינטגרציה מסתמך על מפת צירים (axial map) המבטאת את דרגת הנגישות הויזואלית מנקודת מבט של האדם הפועל במרחב. כמודגם באיור 1, מפה זו נבנית באמצעות צירי ראייה ישרים המכונים קווי ציר (axial lines) המכסים את רשת הרחובות בעיר. העיקרון המנחה בנייה כזו, הוא כיסוי מרחבי או חללי העיר (מרחב/חלל שמכל נקודה במסגרתו ניתן לראות את כל הנקודות האחרות) במינימום צירים.



מפת צירים



רשת רחובות



כיסוי סביבה עירונית בצירי ראייה

איור 1: דוגמא של בניית מפת צירים על סמך רשת הרחובות בסביבה עירונית.

מדדי האינטגרציה המוצעים על פי מתודולוגיה זו מסתמכים על ניתוח היחס הטופולוגי בין קווי ציר, המהווים את היחידות הבסיסיות של הניתוח. למען הפשטות נשתמש לעיתים במונח 'ציר' במקום 'קווי ציר'. המדד הראשון הוא מדד הקשירות (connectivity) הבודק את מספר הצירים הקשורים ישירות לציר הנבדק (הנושקים לציר הנבדק), וערכיו הם מוחלטים. כך למשל ערך קשירות של ציר המחובר לשני רחובות שווה ל-2.

המדד השני הוא מדד אינטגרציה גלובלית (Global integration), הבודק את דרגת האינטגרציה בין הציר הנבדק עם כלל הצירים במפת הצירים הנבדקת. ערך האינטגרציה הגלובלית מתקבל על פי המרחק הטופולוגי הממוצע; מרחק טופולוגי נמדד לפי מספר הפניות שצריך לבצע כדי להגיע לציר אחר. הממוצע מחושב לפי ממוצע מרחקים הטופולוגיים לכל הצירים. מדידה זו ניתנת לניסוח כדלקמן:

$$RA^* = 2(MD-1) / k-2 \quad [1]$$

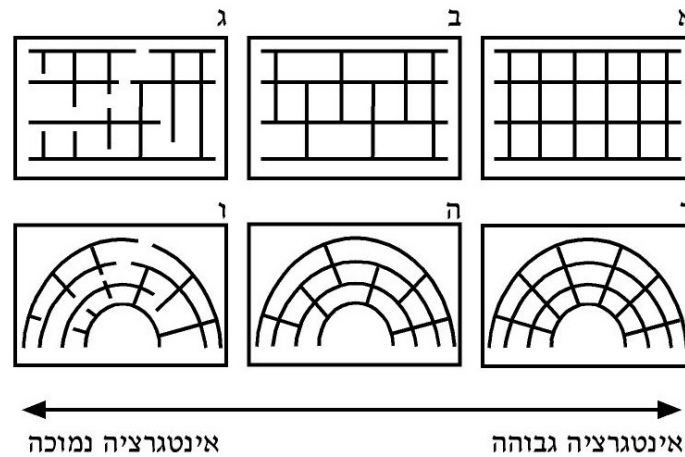
MD - מרחק טופולוגי ממוצע לכל הצירים (הרחובות) האחרים ; k - מספר הצירים (הרחובות). ראוי לציין שערך RA עובר שתי פעולות סטנדרטיזציה: האחת, כדי להשוות בין ערים שנבדלות במספר

הרחובות והשניה, כדי שערכים גבוהים ייצגו אינטגרציה גבוהה (לערכי סטנדרטיזציה ראה: Hillier and Hanson, 1984). ככלל, מדד האינטגרציה הגלובלית מתאר את ממוצע כלל המרחקים הטופולוגיים מכל ציר לכל שאר הצירים במפת הצירים של העיר, ולכן הוא מבטא את דרגת האינטגרציה של העיר בכללותה.

המדד השלישי הוא אינטגרציה לוקאלית (local integration). מדד זה נועד לבטא את דרגת האינטגרציה של ציר בסביבה קרובה, ולכן ניתן לראותו מייצג ערך אינטגרציה המצוי בין קשירות (רק צירים המצויים בקשר ישיר) לאינטגרציה גלובלית (כל הרחובות בעיר). לרוב, ערך אינטגרציה לוקאלית של ציר נמדד בהתייחס לסביבתו הסמוכה בה נכללים כל הצירים המצויים במרחק של עד 3 צעדים טופולוגיים מהציר הנבדק. ולכן היא מכונה אינטגרציה לוקאלית ברדיוס 3 (local integration,  $r=3$ ).

מדד נוסף, המכונה 'נהירות' (intelligibility), מתאר את היחס בין ערכי דרגת הקשירות ודרגת האינטגרציה הגלובלית של כל ציר, ברמת העיר בכללותה. מדידה זו זכתה למונח 'נהירות' או 'מובנות' כיוון שהיא מלמדת עד כמה המבנה הגלובלי של העיר נהיר ומובן לאדם מנקודת מבט לוקאלית על המרחב העירוני אותו הוא רואה בבת אחת.

כאשר דרגת הנגישות בעיר מסתמכת על רשת הרחובות שלה, היא ניתנת לבחינה על פי דגמי רשת הרחובות שנכללות בה ועל צורתה הגיאומטרית (איור 2). דגם הרחובות בעיר יכול לנוע מדגם גריד ישר זווית (איור 2.א) עד לדגם עץ מקוטע המאפיין ברחובות ללא מוצא רבים ובקווים עקומים (איור 2.ב). ככלל ניתן לומר שככל שהדגם קרוב לדגם גריד ישר זווית יש חיבור טוב בין חלקי העיר ודרגת האינטגרציה והנגישות היחסית של הרחובות היא שוויונית. איור 2 גם ממחיש את השוני בין תכונות טופולוגיות לגיאומטריות: הדגמים א-ג עם הקווים הישרים והדגמים ד-ו עם הקווים העקומים זהים מבחינה טופולוגית אבל שונים מבחינה גיאומטרית. כיסוי רשת הדרכים בקווי ציר מאפשר איפוא להתייחס גם לתכונות הטופולוגיות וגם לתכונות הגיאומטריות של רשת רחובות.



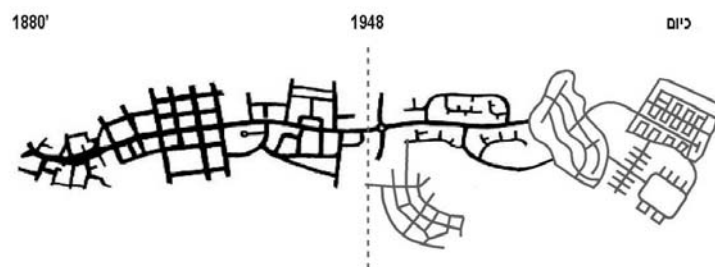
איור 2. דגמים של רשת רחובות שנבדלים בדרגת האינטגרטיביות תוך הבחנה בין קבוצת דגמים של קווים ישרים (א-ג) לקבוצת דגמים של קווים עקומים (ד-ו). הקבוצות זהות מבחינה טופולוגית אך שונות מבחינה גיאומטרית.

על אף חשיבותו של דגם הרחובות, הוא אינו הגורם היחיד המשפיע על דרגת האינטגרציה המרחבית ברשת הרחובות. אינטגרציה זו מבטאת את הקשר בין מקומות ברשת הרחובות והחיבור ביניהם ולכן היא מושפעת גם מפגיעה ברציפות רשת הרחובות (Hillier, 1996; 2002). פגיעה זו תלויה בגודל וצורת המחיצות המרחביות (spatial partition) הקוטעות את רציפות הרשת כדוגמת אזורים לא בנויים בעיר או שטחים פתוחים שלא ניתן לעבור דרכם. בהתאם לעקרון המרכזיות (centrality) ככל שהמחיצות המרחביות גדולות יותר, ארוכות יותר וממוקמות במרכז של רשת הרחובות, כך פוחתת דרגת האינטגרציה המרחבית. בנוסף להשפעת המחיצות המרחביות, דרגת האינטגרציה המרחבית מושפעת גם מצורת העיר בכללותה. ככל שצורת העיר היא קומפקטית יותר כך מתקצרים המרחקים בין חלקיה ולכן היא אינטגרטיבית יותר. וההיפך, ככל שצורת העיר היא ליניארית יותר כך מתארכים המרחקים בין חלקי העיר והאינטגרציה המרחבית פוחתת.

העקרונות לניתוח, מדידה והערכה של אינטגרציה מרחבית על סמך רשת הרחובות בעיר, ישמשו לבחינת ערים נבחרות בישראל.

## מאפייני רשת הרחובות בערים ישראליות

בישראל קיימות אומנם ערים עתיקות שראשיתן לפני מאות ואלפי שנים, אולם כלל המערכת העירונית בישראל החלה להתפתח ולהתגבש בעיקר מסוף המאה ה-19, עם ראשיתה של ההתיישבות הציונית בארץ. הערים המרכיבות מערכת זו הושפעו מגישות תכנוניות שונות אך גם, ולעתים בעיקר, מגורמים פוליטיים, חברתיים ותרבותיים. אחד מהביטויים המוחשיים של התפתחות זו הם השינויים בדגם רשת הרחובות. באיור 3 מוצגת סכימה של התפתחות דגמי רשת רחובות לאורך זמן, ובה ניתן לראות את הדגם האופייני בכל תקופה.



איור 3: תיאור סכמטי של שינויים בדגמי רשת הרחובות שנוצרו בערים ישראליות מראשית ההתיישבות הציונית ועד ימינו - האיור מציג את דגמי רשת הרחובות הדומיננטיים שהתפתחו לאורך זמן. האיור מסתמך על סכמה התפתחותית גנרית שהוצעה על ידי מרשל (Marshall, 2005), תוך התאמתה לדגמי רשת הרחובות האופייניים לערים ישראליות (צפריר-ראובן, 2006)

שכיחות הופעתם של דגמים אלה בערים השונות תלויה בדרך כלל בתקופת הקמתן ובהשתייכותן לטיפוסי ערים שזוהו בערים ישראליות (Efrat, 1984; אפרת, 1988): ערים שמרכזן עתיק, ערים שמקורן במושבות ובפרברים חקלאיים, ערים חדשות והערים הגדולות והמרכזיות – תל אביב, ירושלים וחיפה הכוללות בתוכן את כל דגמי הרחובות (צפריר-ראובן, 2006). בכל טיפוסי הערים הללו, גלעין העיר מכיל את הדגם האופייני לתקופה בה העיר קמה, ואזורים אחרים מכילים דגמים נוספים בהתאם לתקופת הקמתם. זו הסיבה שככלל, ככל שהעיר ותיקה יותר, ניתן למצוא בה מגוון רב יותר של דגמי רשת רחובות.

ערים שמרכזן עתיק מאפיינות את התקופה שלפני תחילתו של מפעל ההתיישבות הציונית בארץ ישראל, בשנות ה-80' של המאה ה-19. רשת הרחובות במרכזן של ערים אלה התגבשה בעיקר במהלך תקופת השלטון העותמאני (1517-1917). למרות חריגות מקומיות שנוצרו על ידי שלטון זה כדוגמת הגריד

בבאר שבע ובעכו, הרי שמדובר ברשת אורגנית, לא מתוכננת, קומפקטית ואי-רגולרית שהתפתחה באופן טבעי (איור 4 א).



איור 4 : דגמי רשת רחובות אופייניים לטיפוסי ערים ישראליות:  
א. ערים שמרכזן עתיק ב. ערי מושבה ג. ערי פיתוח שלב א ד. ערי פיתוח שלב ב

הטיפוס העירוני השני התגבש יחד עם תחילתה הממשית של ההתיישבות הציונית, תקופה המתחילה כאמור בסוף המאה ה-19 ומסתיימת עם קום המדינה, ב-1948. בתקופה זו הוקמו המושבות - ישובים חקלאיים במהותם, וכן פרברים חקלאיים למחצה בקרבת תל אביב. תחילתם של ישובים אלה בדגם לינארי, והתפתחותם לאורך זמן נעשתה בהתאם למבנה בסיסי זה ועם מאפיינים צורניים חזקים של רשת אורטוגנלית (איור 4 ב) (בן ארצי, 1984). תהליך התפתחות צורני זה התרחש מרביתו תחת שלטון המנדט (שפעל בארץ בין 1920-1948) ואפיין במהלך שנות ה-20 וה-30 לא רק את המושבות ופרברי העיר תל אביב, אלא גם את מרכזי הערים שכבר התגבשו בתקופה זו. כאן המקום לציין, שעל אף שבמהלך שלטונם של הבריטים בארץ התרחשה התפתחות עירונית מואצת ולמרות תמיכתם ביישום רעיונות כגון "עיר גנים" הרי שלא ניכרת התערבותם בתהליכים הטבעיים והאורגניים שהתרחשו בערי ישראל (אפרת, 1988).

את תקופת הקמתן של ערי הפיתוח שהחלה מיד לאחר 1948, ניתן לחלק לשתי תקופות עיקריות, אשר בכל אחת מהן נוצר טיפוס עירוני עם דגם רחובות אופייני לו. היווצרות הטיפוס הראשון של ערים חדשות



(ייקרא כאן שלב א), התרחש בעשור הראשון להקמת המדינה (1948-1958) והתמקד בבניית ערים תואמות רעיון "עיר גנים": ישות עירונית שלמה ומקיפה, בעלת צפיפויות נמוכות, ריבוי בתים פרטיים ובתים נמוכי קומה, רחובות ללא מוצא המתפתלים בעקמומיות וצמתי T, כמו גם מרווחים גדולים בין מרכז העיר לשכונות המגורים שתוכננו כ"יחידות שכנות" קלאסיות. תקופה זו מאופיינת בהיווצרותו של דגם רחובות המוצג כאב טיפוס באיור 4 ג'. גישת התכנון בכללותה דגלה ביצירת שכונות מגורים מוגדרות ומובחנות היטב מבחינה מרחבית על מנת לוודא התפתחות חיי קהילה אינטימיים בעיר (Brutzkus, 1964; פרחי וצפריר, 2004; אפרת צ., 2005).

הטיפוס השני (ייקרא כאן שלב ב) של ערים חדשות התגבש מיד לאחר מכן - החל מ-1958 לערך ועד לשנות השמונים - כתוצר של תהליך הפקת לקחים מהערים החדשות שהוקמו עד שלב זה (1964, Brutzkus). בתקופה זו דגלה החשיבה התכנונית בחיזוק הקונצנטריות וחשיבות הציפוף במרחב העירוני, תוך שמירה על היכולת ליצור ולאפשר סגירות מרחבית שנועדה ליצור קהילתיות. יחד עם זאת, כיוון שערים אלה זכו לתיכנון כולל וקוהרנטי ניכר בהן חיבור בין חלקיה השונים של העיר באמצעות צירים ראשיים המתפרסים לאורכן ולרוחבן.

השוני בין השלב הראשון והשני בבניית ערי הפיתוח התבטא בשני היבטים: האחד, כאמור, ברמת הקונצנטריות של העיר, והשני, בצורה הגיאומטרית של רשת הרחובות ובתכנון ה'מסודר' שלה (היבט זה מומחש בהבדלים הצורניים בין איור 4 ג' ל-4 ד'). התכונות הצורניות הללו אפיינו באופן מובהק וחזק גם את השכונות שניבנו בתקופה זו בשולי ערים בינוניות וגדולות ברחבי הארץ (צפריר-ראובן 2006), אם כי זאת ניתן להגיד על כל שלב בהתפתחות רשת הרחובות בערים ישראליות: בכל פעם נוצר אכן טיפוס עירוני שונה ורשת הרחובות שאפיינה אותו תמיד התווספה לרשתות שנוצרו בשלבים קודמים.

ההבדל בין ארבעת טיפוסים ערים ניכר לא רק בדגמי הרחובות אלא גם במבנה המרחבי שלהן. לעומת הערים שמרכזן עתיק, בהן התפתח השטח הבנוי באופן רציף תוך הוספת דגמים מרחביים שונים, הרי שבערי המושבה השטח הבנוי מפוזר יחסית וניתן לזהות בחלק מהן פערים מרחביים משמעותיים בין מרכז המושבה לבין שכונות שהוקמו לאחר 1948. הפערים המרחביים נובעים משתי סיבות עיקריות. ראשית, מכיוון שהקרע בסמוך למרכז המושבה היתה קרקע פרטית האפשרות היחידה לבנייה ציבורית הייתה

הרחק ממרכז המושבה, היכן שניתן היה למצוא קרקע ציבורית (Gonnen,1995). שנית, ישובים ושכונות קטנות ואוטונומיות שולבו וצורפו במהלך הזמן לערים וישובים סמוכים על מנת ליצור ישות מוניציפלית אחת. אף שהפערים המרחביים הלכו והצטמצמו לאורך זמן, בחלק מהערים פערים אלו עדיין קיימים, בעיקר באלו שרחוקות ממרכזו של מטרופולין תל אביב (אפרת, 1988; Gonnen,1995). הערים החדשות לעומת זאת, בפרט אלו שנבנו בשלב מאוחר יותר, אופיינו כאמור בתכנית עיר קוהרנטית, ונבנו על קרקע ציבורית, ומשום כך ישנה רציפות בשטח הבנוי שלהן. ואולם, לעומת ערי המושבה שכולן ממוקמת באזור מישורי, נבדלות ערי הפיתוח בתנאים הטופוגרפיים שלהן; יש כאלו הממוקמות במישור ויש הממוקמות על פני שטח מגוון ואף הררי. לכך עשויה השפעה חשובה על צורתן הגיאומטרית ועל רציפות וחיבור רשת הדרכים שלהן, ובתוך כך על דרגת האינטגרציה המרחבית בהן.

חקירת האינטגרציה המרחבית של ערים בישראל נערכה איפוא בהתחשב בדגמי רשת הרחובות, ברציפות וצורת השטח הבנוי של העיר ובתנאים הטופוגרפיים שלה.

## **החקירה האמפירית**

### **ערי המדגם ושיטת ניתוח**

החקירה האמפירית מתבססת על מדגם של 24 ערים המייצגות את מגוון צורות ודגמי הרחובות בערים בישראל (ראה איור 5) תוך התייחסות לארבעה טיפוסים: ערים שמרכזן עתיק (ערים שהמוקד ההיסטורי שלהן היה בעבר עיר ערבית), ערים שמקורן במושבות ובפרברים חקלאיים, וערים חדשות - תוך הבחנה בין שלב א' משנת 1948 עד שנת 1958, לבין שלב ב' משנת 1959 ואילך. הערים גדולות בישראל לא נכללו בניתוח בין השאר כיוון שהן מכילות את כל דגמי רשת הרחובות. מתוך הכרה בפוטנציאל ההשפעה של הטופוגרפיה ושל רציפות השטח הבנוי על דרגת האינטגרציה בעיר, נבחרו ערים שתיוצגנה הבדלים טופוגרפיים והבדלים ברציפות השטח הבנוי במסגרת טיפוסי הערים הנבחרים.

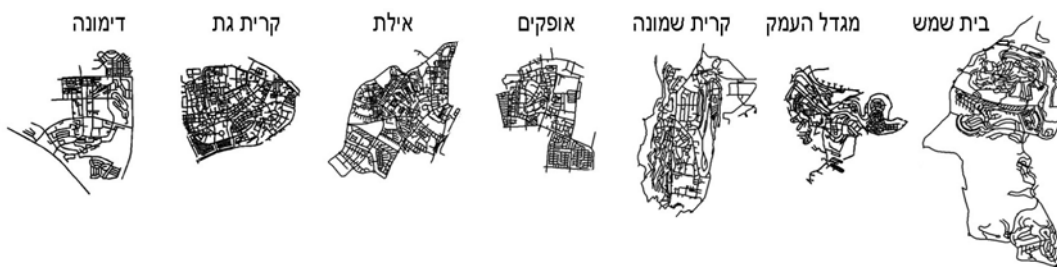
### ערים שמרכזן עתיק



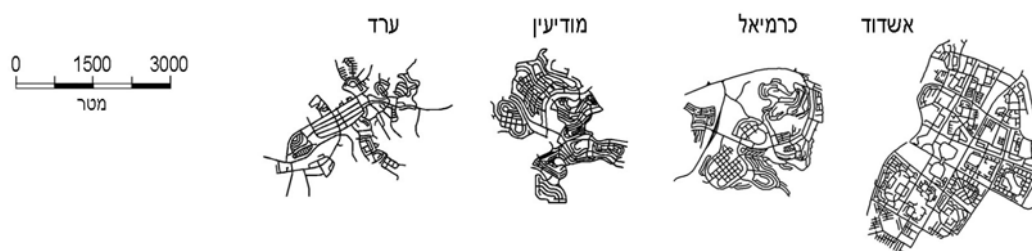
### מושבות ופרברים חקלאיים



### ערים חדשות - שלב א'



### ערים חדשות - שלב ב'



איור 5 : רשת הרחובות של ערי המדגם תוך סיווגן לטיפוסי ערים

לכל אחת מהערים נבנתה מפת צירים (axial map) על סמך שכבת מידע גיאוגרפית של רשת הרחובות.

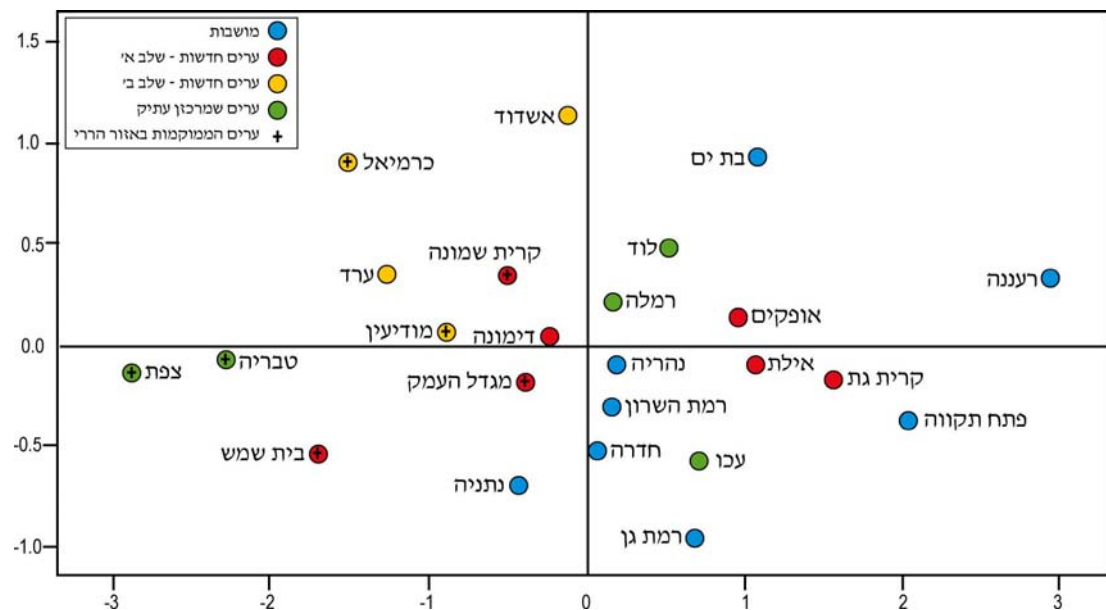
בניית מפות הצירים של הערים וחישוב מדדי האינטגרציה המרחבית של תחביר במרחב נעשה באמצעות

תוכנת Depthmap (UCL version 8.15).

שלוש שאלות יעמדו במרכזה של בחינה זו: האם ערים המשתייכות לאותו טיפוס עירוני דומות בתכונות האינטגרציה המרחבית שלהן ונבדלות מטיפוסים אחרים? כיצד צורת רשת הרחובות ורציפותה משפיעות על אינטגרציה המרחבית בהן? ומהם מאפייני האינטגרציה המרחבית של ערים בישראל בהשוואה לערים באזורים גיאוגרפים אחרים בעולם. לצורך סיווג הערים נעשה שימוש בסילום רב ממדי (Multi Dimensional scaling) של ערכי האינטגרציה המרחבית של הערים השונות.

## ממצאים

איור 6 מציג באופן גרפי את מידת הדמיון בין הערים השונות בהתאם לשלושה מדדי אינטגרציה: אינטגרציה לוקאלית, אינטגרציה גלובלית ומידת הנהירות ( $R^2$ ). מדד הקישוריות אינו נדרש לניתוח המופיע כאן משום שערכיו תואמים במידה רבה את ערכי האינטגרציה המרחבית הלוקאלית.



איור 6: סיווג ערי המדגם על פי ערכי האינטגרציה המרחבית (ערכי תחביר המרחב) ועל פי טיפוס העיר באמצעות סילום רב ממדי (מקדם זרות קטן מערך של 0.1). המרחקים האוקלידיים ע"ג הדיאגרמה המרחבית מייצגים את מידת הדמיון בין הערים על פי ערכי האינטגרציה המרחבית שלהם. דהיינו, אם שתי ערים דומות באינטגרציה המרחבית הן תמוקמנה בסמיכות בדיאגרמה המרחבית.

התוצאות המוצגות באיור 6 מצביעות על כך שערים המסווגות לאותו טיפוס עיר נוטות להיות דומות בערכי האינטגרציה המרחבית שלהן. כך למשל, ערי המושבות לשעבר רעננה ופתח תקווה הן האינטגרטיביות ביותר בעוד שצפת וטבריה המייצגות ערים שמרכזן עתיק וממוקמות בנוף הררי, הן הסרגטיביות ביותר מבחינה מרחבית. יחד עם זאת, ניתן להבחין שחלק מטיפוסי הערים נחלקים לשתי

קטגוריות פנימיות - ערים אינטגרטיביות וערים סגרגטיביות. בטבלה 1 מוצגים ערכי האינטגרציה המרחבית של ערים על פי טיפוס העיר ועל פי חלוקה פנימית לקטגוריות.

טבלה 1. ערכי אינטגרציה מרחבית (ערכי תחביר המרחב) של ערים נבחרות על פי טיפוס עיר וחלוקה פנימית לקטגוריות שנקבעו על פי הסילום הרב ממדי (איור 6), ממוינות על פי ערכי האינטגרציה הגלובלית.

| טיפוס עיר                    | קטגוריה                | שם עיר            | קשירות         | אינטגרציה לוקאלית | אינטגרציה גלובאלית | נהירות |
|------------------------------|------------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------|
| מושבות ופרברים חקלאיים לשעבר | ערים פחות אינטגרטיביות | נתניה             | 4              | 1.766             | 0.728              | 0.096  |
|                              |                        | חדרה              | 3.928          | 1.816             | 0.821              | 0.162  |
|                              |                        | רמת גן            | 4.466          | 1.983             | 0.884              | 0.143  |
|                              |                        | רמת השרון         | 3.625          | 1.778             | 0.887              | 0.157  |
|                              |                        | נהריה             | 3.595          | 1.719             | 0.941              | 0.138  |
|                              |                        | ממוצע             | 3.923          | 1.812             | 0.852              | 0.139  |
|                              | ערים יותר אינטגרטיביות | בת ים             | 3.797          | 1.776             | 1.104              | 0.457  |
|                              |                        | פתח תקווה         | 4.394          | 2.048             | 1.227              | 0.195  |
|                              |                        | רעננה             | 4.14           | 2.029             | 1.5                | 0.269  |
|                              |                        | ממוצע             | 4.11           | 1.951             | 1.277              | 0.307  |
| ערים חדשות שלב א'            | ערים פחות אינטגרטיביות | בית שמש           | 3.452          | 1.56              | 0.516              | 0.071  |
|                              |                        | מגדל העמק         | 3.953          | 1.699             | 0.775              | 0.195  |
|                              |                        | קרית שמונה        | 3.422          | 1.554             | 0.825              | 0.174  |
|                              |                        | דימונה            | 3.517          | 1.655             | 0.863              | 0.178  |
|                              |                        | ממוצע             | 3.586          | 1.617             | 0.745              | 0.154  |
|                              | ערים יותר אינטגרטיביות | אופקים            | 3.948          | 1.813             | 1.089              | 0.236  |
|                              |                        | אילת              | 4.005          | 1.868             | 1.079              | 0.221  |
|                              |                        | קרית גת           | 4.451          | 1.971             | 1.144              | 0.258  |
|                              |                        | ממוצע             | 4.135          | 1.884             | 1.104              | 0.283  |
|                              |                        | ערים חדשות שלב ב' | קטגוריות (ללא) | ערד               | 3.086              | 1.459  |
| כרמיאל                       | 3.061                  |                   |                | 1.3397            | 0.709              | 0.26   |
| מודיעין                      | 3.485                  |                   |                | 1.581             | 0.718              | 0.206  |
| אשדוד                        | 3.078                  |                   |                | 1.488             | 1                  | 0.307  |
| ממוצע                        | 3.178                  |                   |                | 1.466             | 0.781              | 0.24   |
| ערים שמרכזן עתיק             | ערים יותר אינטגרטיביות |                   | רמלה           | 3.983             | 1.76               | 0.872  |
|                              |                        | עכו               | 4.012          | 1.874             | 0.983              | 0.095  |
|                              |                        | לוד               | 3.831          | 1.719             | 1.003              | 0.319  |
|                              |                        | ממוצע             | 3.942          | 1.784             | 0.953              | 0.249  |
|                              | ערים פחות אינטגרטיביות | צפת               | 3.133          | 1.337             | 0.324              | 0.101  |
|                              |                        | טבריה             | 3.09           | 1.405             | 0.448              | 0.134  |
|                              |                        | ממוצע             | 3.115          | 1.371             | 0.386              | 0.117  |
|                              |                        | כל הערים          |                | 0.203             | 0.88               | 1.708  |

## מושבות ופרברים חקלאיים למחצה:

ערים אלה מאופיינות בערכים גבוהים של קישוריות ואינטגרציה לוקאלית בעיקר משום שלרשת הרחובות שלהן מאפיינים צורניים הקרובים לגריד. יחד עם זאת, ערים אלה אינן מקשה אחת. ערכי האינטגרציה הגלובאלית השונים מצביעים על כך שניתן לחלק קבוצה זו לשתי קטגוריות ברורות ומובחנות. הקטגוריה הפחות אינטגרטיבית מאופיינת בערכים נמוכים של אינטגרציה גלובלית ונהירות (0.85 ו-0.13 בהתאמה) בעיקר כתוצאה מחוסר רציפות של רשת הרחובות וחיבור "רופף" בין חלקיה השונים, כפי שמוצג במפת הצירים של חדרה (איור 7.א). הפיצול והנתק ברצף המרחבי של רשת הרחובות בערים אלו בא לידי ביטוי גם במספר מועט של צירים ארוכים העוברים בין חלקי העיר השונים. בנוסף לכך, קטגוריה זו כוללת ערים המאופיינות ברשת רחובות בעלת רמת קומפקטיות נמוכה. כך לדוגמא, ברמת גן אין אומנם חלוקה מרחבית עם פערים פסיים מובחנים וקיים רצף בפריסת רשת הרחובות, אך צורתה המוארכת והמפותלת (איור 7.ב) יוצרת שונות גדולה בהתפלגות הגיאוגרפית של האינטגרציה הגלובלית הבאה לידי ביטוי בערכים נמוכים בערכי מדד הנהירות (היחס בין הערך הלוכלי לגלובלי של כל ציר).

בקטגוריה של הערים האינטגרטיביות לעומת זאת, בהן ערכי האינטגרציה הגלובלית ונהירות גבוהים יחסית (1.28 ו-0.3 בהתאמה), ניתן למצוא מאפיינים מעטים של פיצול מרחבי ברשת הרחובות ולפיכך הצירים/הרחובות הארוכים בהן חוצים את העיר כולה, מחוברים היטב וכך גם מחברים את כל חלקי העיר (ראו לדוגמא רעננה, איור 7.א). רציפות יחסית זו ברשת הרחובות ניתן לייחס למיקומן הגיאוגרפי של הערים. במושבות כגון רעננה ופתח תקווה או בפרברים חקלאיים כדוגמא בת ים, התפתחו הערים בטבעות הפנימיות של מטרופולין תל אביב, והגידול העירוני בהן היה מהיר ואינטנסיבי ביחס לערים הרחוקות יותר כדוגמת נתניה וחדרה. כתוצאה מכך בערים אלו, המרכזיות יותר, הצטמצם הפער המרחבי בין מרכז העיר לשולי העיר שאפיין את ערי המושבה בשנות החמישים והשישים.

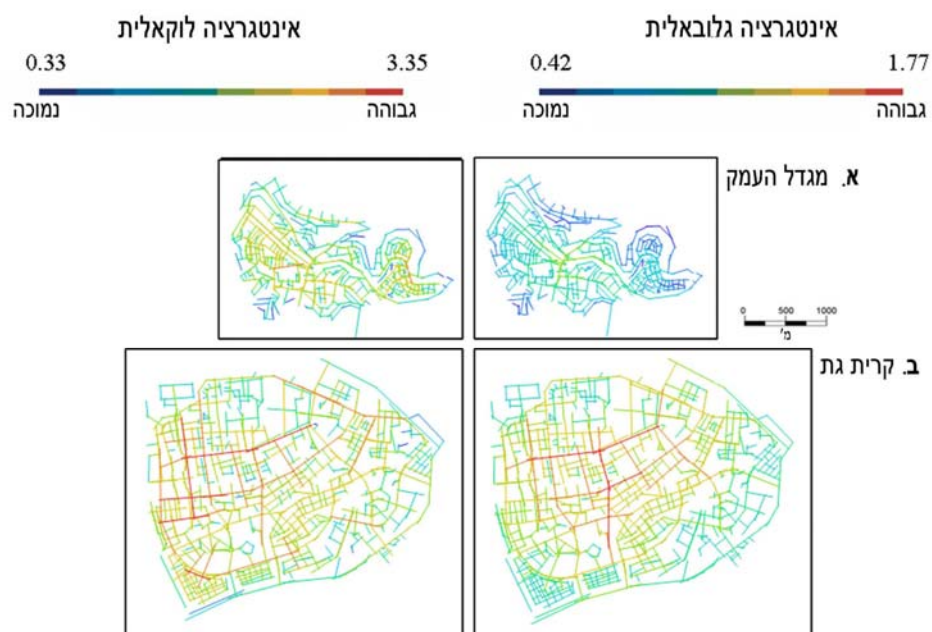


איור 7: התפלגות ערכי אינטגרציה לוקאלית וגלובאלית בערי מושבה נבחרות.

### ערים חדשות – שלב א

בערים אלו ניתן למצוא רמות נמוכות של אינטגרציה לוקאלית, אותה ניתן להסביר בסגירות ובסגרציה המרחבית של אזורי המגורים בעיר. המיקום הטופוגרפי גם הוא משפיע באופן מובהק על מדדיהן של הערים בקבוצה זו: הערים הממוקמות בטופוגרפיה מגוונת, הררית מתונה בחלקה, מאופיינות באינטגרטיביות נמוכה, ולעומתן הערים המישוריות מאופיינות באינטגרטיביות גבוהה (למעט דימונה).

שבמרכזה ניתן למצוא שטחים פתוחים וצפיפות נמוכה של רשת הדרכים, הגורמים לערכי אינטגרציה נמוכים). פני שטח טופוגרפיים מגוונים גורמים לקיטוע של רשת הרחובות ולקומפקטיות נמוכה של צורת השטח הבנוי ורשת הדרכים (ראו מגדל העמק, איור 8.א). תכונות אלו באות לידי ביטוי בערכי אינטגרציה גלובלית והנהירות נמוכים מאד (0.74 ו-0.15 בהתאמה). ערכי אינטגרציה גלובלית כמו גם ערכי נהירות גבוהים יותר (1.1 ו-0.28 בהתאמה) בערים המישוריות הן תוצאה של המשכיות ורציפות רשת הרחובות ודרגת קומפקטיות גבוהה יחסית של רשת הרחובות. גם אם קיימים בערים אלו דגמי רחובות מגוונים, הרי שהם משתלבים האחד בשני ללא השפעה משמעותית על דרגת האינטגרציה ברשת הרחובות (ראו קרית גת, איור 8.ב).



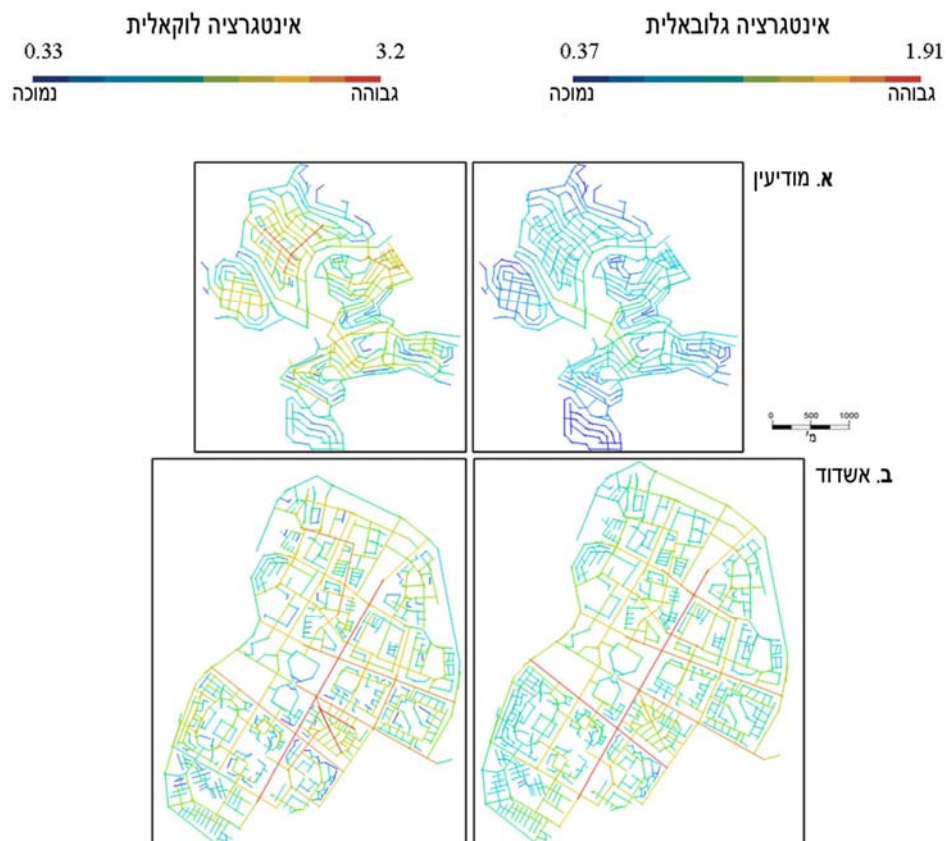
איור 8: התפלגות ערכי אינטגרציה לוקאלית וגלובלית בערים נבחרות של שלב א' של הערים החדשות

### ערים חדשות – שלב ב

רשת הדרכים בערים חדשות שניבנו החל משנות ה-60 (אשדוד ומודיעין כדוגמא, איור 9) מאופיינת בהיררכיות ובקונצנטריות מובהקים, מחלקת באופן ברור את העיר לשכונות ואזורים שבהם ריבוי רחובות ללא מוצא וצמתי T. תכונות אלה דומות לאלו של ערי השלב הראשון של ערי הפיתוח, אולם בהשוואה



אליהן, הרי שכאן ניתן להבחין בבירור ביחידות המרחביות המרכיבות את המרחב העירוני וזאת הודות למבנה לסגירות המרחבית שלהן ולמבנה ההיררכי של העיר כולה. כתוצאה מכך לערים אלו ערכים נמוכים ביותר של אינטגרציה לוקאלית וקישוריות. לעומת זאת, ערכי האינטגרציה הגלובלית שלהן, כמו גם הנהירות (0.78 ו-0.24, בהתאמה), נוטים להיות קרובים לממוצע הודות להיותן תוצר של תוכנית עיר שלמה וקוהרנטית. תכונות וערכים אלה באים לידי ביטוי במרחב העירוני בצורת צירים ארוכים המכסים ומקשרים את כל אזורי העיר כפי שניתן לראות בבירור באשדוד (איור 9.ב).

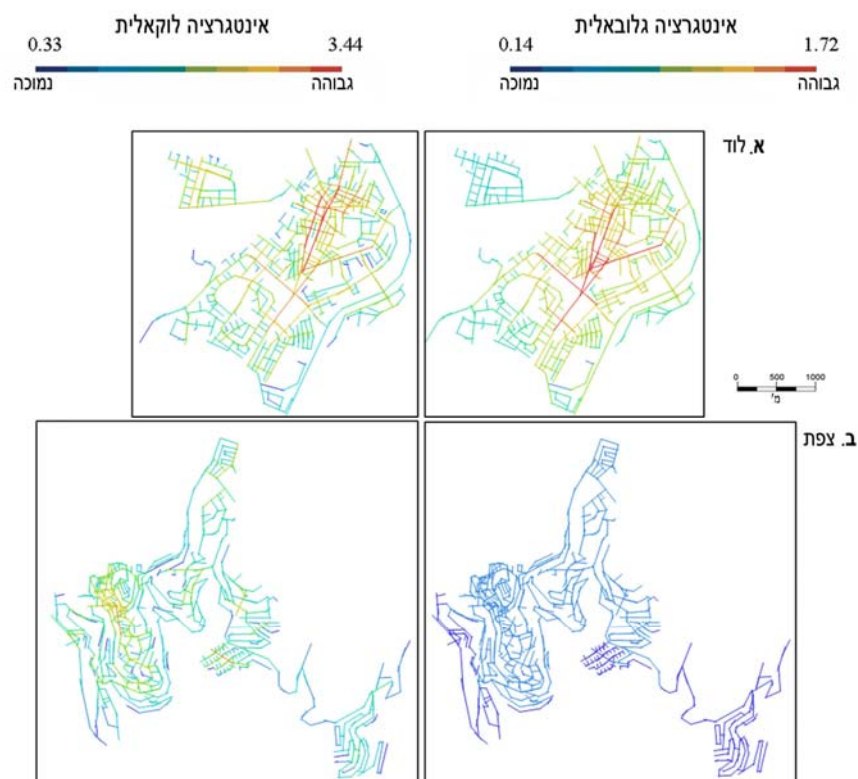


איור 9: התפלגות ערכי אינטגרציה לוקאלית וגלובלית בערים נבחרות של שלב ב' של הערים החדשות.

#### ערים שמרכזן עתיק

מבין הערים הנמנות על קבוצה זו ובהן מרכז היסטורי שמקורו בתקופה הערבית, אלו הממוקמות באזורים מישוריים - הערים לוד, רמלה ועכו - הן אינטגרטיביות יותר. ייחודן ומיוחדותן של ערים אלה

משתקפת ברמות גבוהות של נהירות, ובערכים ממוצעים של אינטגרציה גלובלית ולוקאלית. ערכי הנהירות הגבוהים נובעים מהעובדה כי הצירים המרכזיים בעיר חוצים אותה לאורכה ולרוחבה אך בה בעת מתכנסים לכוון המרכז (לדוגמא, לוד, איור 10.א). לעומת הקבוצה הממוקמת באזורים גיאוגרפים מישוריים, הרי שהערים הפחות אינטגרטיביות כדוגמת צפת וטבריה התפתחו באזורים עם טופוגרפיה משתנה והררית ברובה, ולכן כצפוי, רשת הרחובות בערים אלה מאופיינת בפיזור מרחבי רב ובפיצול והסתעפות של רשת הרחובות (צפת, איור 10.ב). ההבדל בין שתי הקטגוריות נובע מהיחס הכמותי בין השטח הבנוי במרכז ההיסטורי של העיר לבין השכונות החדשות שהתווספו במהלך השנים והאופן שבו מחוברות אליו שכונות אלה; בעוד שבקבוצה ההררית יותר התוספות הן משמעותיות ופחות או יותר משתוות בשטחן לשטח המרכז ההיסטורי ומחוברות אליו באמצעות צירים בודדים בלבד, הרי שבערים המישוריות, השכונות החדשות תופסות שטח קטן יחסית ומחוברות למרכז העיר באמצעות צירים רבים יותר. את ההבדלים המשמעותיים באינטגרציה המרחבית של שתי הקטגוריות בקבוצת הערים שמרכזן עתיק ניתן לראות בטבלה מס. 1.



איור 10: התפלגות ערכי אינטגרציה לוקאלית וגלובאלית בערים נבחרות שמרכזן עתיק

התוצאות שהתקבלו מלמדות שההבדל בין טיפוס הערים שנבחנו כאן ניכר בעיקר בדרגת האינטגרציה המרחבית ברמה הלוקאלית (בדרגת הקשירות ואינטגרציה הלוקאלית) והוא מושפע מהשוני בדגמי רשת הרחובות. לעומת זאת, השוני בין ערים המשתייכות לאותו טיפוס עיר הוא בעיקר בדרגת האינטגרציה המרחבית ברמה הגלובלית (אינטגרציה גלובלית ונהירות) המושפע מהבדלים ברמת הרציפות ואופן התפרסות הצירים הראשיים ברשת הרחובות ומדרגת הקומפקטיות של צורת רשת הרחובות כולה, שמקורם בתנאים הטופוגרפיים ובמיקומן הגיאוגרפי של ערים.

השוואה בין ממוצעי ערכי האינטגרציה המרחבית של כל הערים הנבדקות לבין ממוצעים של ערים שונות ברחבי העולם (טבלה 2) מגלה שככלל ערים ישראליות דומות לערים בריטיות ואירופאיות. ואולם, באופן יחסי אליהן, ערים ישראליות מאופיינות בערכים נמוכים של אינטגרציה לוקאלית. לדוגמא, לערים ישראליות ולערים אירופאיות ערכי אינטגרציה גלובליים דומים, אך ממוצע האינטגרציה הלוקאלית בישראל נמוך באופן משמעותי (1.71 בישראל לעומת 2.25 באירופה).

טבלה 2. ערכי אינטגרציה ממוצעים של ערים בישראל ושל ערים מאזורים גיאוגרפיים שונים בעולם (ערכים של ערים בעולם נלקחו מתוך: Hillier, 2002, p. 157).

| מדגם        | קישוריות | אינטגרציה לוקאלית | אינטגרציה גלובאלית | נהירות |       |
|-------------|----------|-------------------|--------------------|--------|-------|
| ארה"ב       | 12       | 5.835             | 2.956              | 1.610  | 0.559 |
| אירופה      | 15       | 4.609             | 2.254              | 0.918  | 0.266 |
| בריטניה     | 13       | 3.713             | 2.148              | 0.720  | 0.232 |
| ערים ערביות | 18       | 2.975             | 1.619              | 0.65   | 0.160 |
| ישראל       | 24       | 3.727             | 1.708              | 0.880  | 0.203 |

## מסקנות

מתוצאות המחקר עולה שערים המשתייכות לאותו טיפוס עיר נוטות להיות דומות בדרגת האינטגרציה המרחבית הלוקאלית, המוסברת בדגמי רחובות דומים. יחד עם זאת, הן מגלות שוני בדרגת האינטגרציה

המרחבית הגלובלית כתוצאה מהבדלים ברציפות רשת הרחובות ורמת הקומפקטיות של צורת השטח הבנוי בעיר. המשמעות היא, שדרגת האינטגרציה המרחבית הגלובלית בעיר מושפעת יותר מרציפות רשת הרחובות והשטח הבנוי, ופחות מדגמי רשת הרחובות האופייניות לה.

השוואה בין ממוצעי ערכי האינטגרציה המרחבית של הערים הנבדקות לבין ממוצעים של ערים המשתייכות לאזורים גיאוגרפיים שונים ברחבי העולם מגלה שככלל, ערים בישראל דומות לערים אירופאיות ובריטיות. יחד עם זאת, בהשוואה אליהן, ערים ישראליות מאופיינות בערכים נמוכים של אינטגרציה לוקאלית.

את הממצאים המתקבלים בערים הישראליות ניתן לייחס לשני תהליכים העומדים ביסוד התפתחות הצורה המרחבית של ערים: תהליך חברתי-תרבותי האחראי ליצירת דגמי רשת הרחובות והבדלים בין אזורי העיר, ותהליך כלכלי האחראי ליצירת מבנה מרחבי גלובלי המחבר בין אזורי העיר והמאפשר את תיפקודה ( Hillier and Hanson, 1984; Hillier, 1996; 2002). התהליך הראשון, החברתי-תרבותי, בא לידי ביטוי בישראל ברעיונות של קהילה ושכונה שמיושמים בדגם רחובות היררכי עם דרגת סגירות גבוהה יחסית שמאופיין בערכי אינטגרציה לוקאלית נמוכים. התהליך השני, הכלכלי, מוצא ביטוי בניסיון להגביר נגישות ויעילות כלכלית באמצעות רשת רחובות המחברת את כל חלקי העיר, המאופיינת בערכי אינטגרציה גלובלית גבוהים יחסית.

## רשימת מקורות

- אפרת א. (1998), *ערים ועיור בישראל*, הוצאת אחיאסף. תל אביב.
- אפרת צ. (עורך) (2005) *הפרויקט הישראלי: בנייה ואדריכלות 1948 – 1973*, מוזיאון תל אביב לאומנות והוצאת בבל, תל אביב.
- בן ארצי, י. (1984) *תכנון והתפתחות המערך הפיזי של המושבות העבריות בארץ ישראל 1882-1914*, חיבור לשם קבלת תואר דוקטור בפילוסופיה, ירושלים תשמ"ד.
- פרחי י. וצ. דורון (2004) *מסעותינו אל רחוב – הנחיות לתכנון רחובות בערים, סקר ספרות*, דר"ח 3, משרד התחבורה ומשרד השיכון.

צפריר-ראובן א. (2006), "תבניות מרחביות בעיר הישראלית", בתוך היילברנר ע. ומ. לוי (עורכים)  
העיר הישראלית – העיר העברית האחרונה?, רסלינג, תל אביב.

Asami, Y., Kubat, A.S., and Istek, S. (2001) 'Characterization of the street networks in the traditional Turkish urban form', *Environment and Planning B: Planning and Design* 28, 777 – 795.

Batty, M. (2005) 'Cities and complexity: understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals', (MIT Press, Cambridge, Mass).

Batty, M. (2009) 'Accessibility: in search of a unified theory', *Environment and Planning B: Planning and Design* 36, 191-194.

Brutzkus, E. (1964) *Physical planning in Israel - problems and achievements* (Privately printed, Jerusalem).

Crucitti, P., Latora, V., and Porta, S. (2006) 'Centrality measures in spatial networks of urban streets', *Physical Review E* 73, 1-5.

Efrat, E. (1984) *Urbanization in Israel* (Croom Helm, London).

Golledge, R.G. and Stimson R.J., (1987) *Analytical Behavioral Geography* (Croom helm, London).

Gonen, A. (1995) *Between City and Suburb* (Aldershot, Avebury).

Hillier, B. (1996) *Space is the Machine* (Cambridge University Press, Cambridge).

Hillier, B. (2002) 'A theory of the city as object: Or, how spatial laws mediate the social construction of urban space', *Urban Design International* 7, 153–179.

Hillier, B., and Hanson, J. (1984) *The Social Logic of Space* (Cambridge University Press, Cambridge).

Jacobs, A. (1993) *Great Streets* (MIT Press, Cambridge, MA).

Jacobs, J. (1961) *The Death and Life of Great American Cities* (Vintage, New York).

- Jiang, B. (2007) 'A topological pattern of urban street networks: Universality and peculiarity', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 384, 647–655.
- Kropf, K. (2009) 'Aspects of urban form', *Urban morphology* 13 (2) 105–120
- Lynch, K. (1990) *City Sense and City Design* (MIT Press, Cambridge).
- Marshall, S. (2005) *Streets and patterns* (Spon Press, London).
- Porta, P. Crucitti, P. and Latora, V. (2006). The network analysis of urban streets: A primal approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33, 705–725.
- Read, S. (1999) 'Space syntax and the Dutch city', *Environment and Planning B: Planning and Design* 26, 251–264.
- Southworth, M and Ben Joseph, E. (1996) *Streets and the shaping of towns and cities* (McGraw-Hill, New York).
- Wheeler, S.M. (2008) 'The Evolution of Built Landscapes in Metropolitan Regions', *Journal of Planning Education and Research* 27 (4), 400-416