

מדדי רמת שירות תחבורה ציבורית

א. רקע

לצורך קבלת החלטות בנוגע לחלוקת המשאבים ופיתוח מערך התחבורה הציבורית בעתיד, עלה צורך בפיתוח כלים למדידה והערכת איכות ורמת השירות בתחבורה הציבורית במצב הקיים. מדדים אלו יסייעו להבין מגמות לאורך זמן ויהוו בסיס נתונים נוסף לבחינת איכות שירות התחבורה הציבורית. המדדים המפורטים במסמך זה משמשים בעיקר למדידת רמת שירות התחבורה הציבורית ברזולוציות מרחביות – היישוב, המטרופולין או אזור סטטיסטי. תדירות עדכון המדדים הינה ברמה חצי שנתית, בכל חודש יוני ודצמבר בשנה קלנדרית.

ב. מילות מפתח: זמינות, תחרותיות, אמינות, נגישות, תח"צית, מאת"צ, איכות שירות, מדד שירות, היצע.

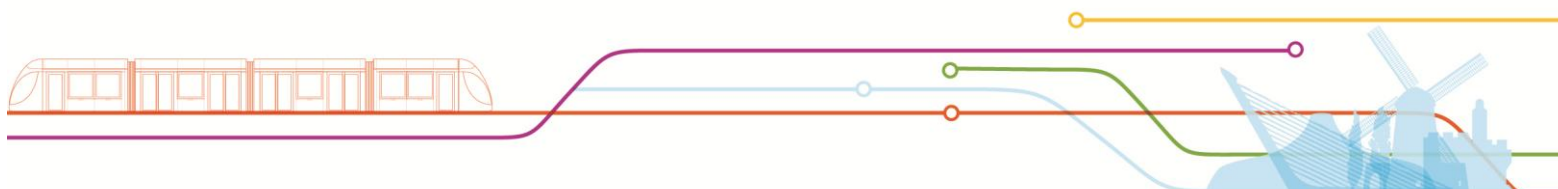
ג. שכבות מידע:

- בשלב מקדים, נאספו שכבות המידע הבאות:
1. שכבת מבנים (Open Street Map (OSM).
2. שכבת מבנים בנט"ל (מפ"י).
- על שתי שכבות המבנים בוצע סינון של מבנים לא רלוונטיים למגורים או תעסוקה (כגון חממות וכו'). בנוסף, בוצע ניתוח GIS שכלל תוספת 'באפר' (buffer) של 50 מטר מהמבנים ויצר שכבת שטח בנוי בכל הארץ שמהווה את הבסיס לאזורים בהם יתבצע ניתוח.
3. שכבת אזורים סטטיסטיים של הלמ"ס, מעודכן לפברואר 2022.
4. שכבת רשת דרכים (Open Street Map (OSM) (הופחתו דרכים שאינם 'הליכים').
5. שכבת גבהים (DEM) ארצית של מפ"י שעל בסיסה חושב שיפוע לכל מקטע דרך (כאשר מקטעי הדרכים חולקו למקטעים באורך של עד 20 מ').
6. שכבת מוקדי עניין של מפ"י. על שכבה זו בוצע טיוב והתמקדות במוקדי עניין בתחומי תעסוקה, מסחר, עירויות ורשויות מקומיות, בתי חולים, אוניברסיטאות, מכללות, תחנות מרכזיות ושדה תעופה.

ד. מדד רמת שירות תחבורה ציבורית

- **מטרת המדד:** מדידת רמת היצע השירות לנוסע בכל היררכיה מרחבית, בשעת שיא בוקר (07:30 עד 08:30) ביום חול שגרתי.

- **אופן הביצוע:** המדד מורכב מארבעה מדדים עפ"י המשקולות הבאים, לכל היררכיה מרחבית: (נגישות x 20% + תחרותיות x 20% + אמינות x 20% + זמינות x 40%) x מקדם אוכלוסייה. המשקולות נקבעו במידה רבה בהתבססות על מודל לינארי בו המדדים שימשו כמנבאים את מספר התיקופים בכל אזור סטטיסטי בשעת שיא בוקר, תוך התייחסות למשתנים דמוגרפיים משפיעים.



ה. זמינות שירות תחבורה ציבורית

■ **מטרת המדד:** מדידת זמינות השירות לנוסע מבחינת כיסוי השירות (קרבה לתחנה) ותדירותו בשעת שיא בוקר (07:30 עד 08:30) ביום חול.

■ **אופן הביצוע:** החישוב מתבצע בהתבסס על מדידת הכיסוי והתדירות בכל תחנה לפי השלבים הבאים:

א. מדידת כיסוי

1. יצירת פוליון סביב כל תחנה של 5 דקות הליכה במהירות של 3.6 קמ"ש במישור (עפ"י רשת הדרכים תוך התחשבות בשיפועי הדרך – שימוש ב-"Tobler").

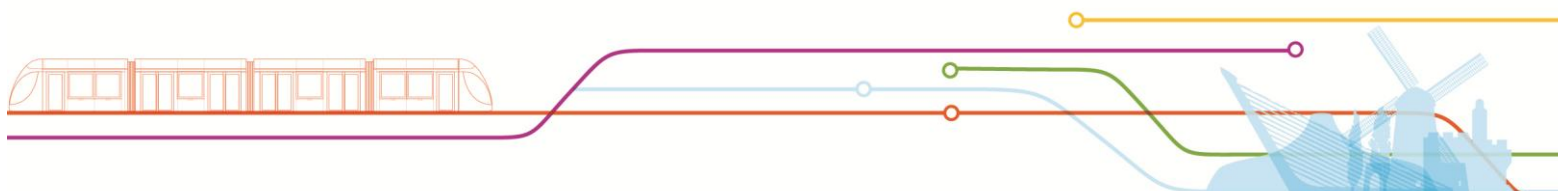
2. מיפוי רשת של פיקסלים בגודל 50 על 50 מ', כאשר כל פיקסל מקבל את ציון מדידת הכיסוי של הפוליון הנמצא בו. במקרה של פיקסל עם כיסוי חלקי, הכיסוי יוחל על כל הפיקסל אם קיים כיסוי בצנטרואיד (מרכז הפיקסל).

ב. מדידת תדירות – כל פיקסל מקבל ציון של סך השירות שניתן בתחנות במרחק של 5 דקות הליכה (לפי בדיקת הכיסוי) בשעת שיא בוקר (7:30-8:30), ביום חול (עפ"י הרישוי).

מקור מידע: נתוני רישוי תח"צ (בגרסת דצמבר- נתוני נובמבר 2022); רשת רחובות OSM (2022), שכבות מבנים מפ"י ו-OSM, שכבת תחנות מהרישוי (נובמבר 2022).

ציון	תדירות	זמן המתנה בין נסיעה לנסיעה
0	אין נסיעות בש"ש בוקר	אין שירות
20	קו / קווים עם נסיעה אחת	60 דקות
30	קו / קווים עם 2 יציאות בש"ש	30 דקות
40	קו / קווים עם 3 יציאות בש"ש	20 דקות
50	קו / קווים עם 4-5 יציאות בש"ש	15-12 דקות
60	קו תדיר* 1	10 דקות
70	2 קווים תדירים / 12 יציאות של קווים תדירים	10-5 דקות
80	4 קווים תדירים / 24 יציאות של קווים תדירים	10-2.5 דקות
90	6 קווים תדירים / 36 יציאות של קווים תדירים / רק"ל	10-1.5 דקות
100	8 קווים תדירים / 48 יציאות של קווים תדירים / רק"ל+ 2 קווים תדירים	10-0.5 דקות

*קו תדיר = קו עם שש נסיעות ומעלה בשעת שיא בוקר 7:30-8:30.



ו. תחרותיות (השוואה בין זמני נסיעה בתח"צ לרכב פרטי)

■ **מטרת המדד:** השוואה בין זמני נסיעה בתחבורה ציבורית לעומת רכב פרטי ל- 10 יעדים מרכזיים שהוגדרו לכל אזור סטטיסטי.

■ **אופן הביצוע:** ניתוח Big Data אודות זמני הנסיעה מנקודת המרכז (Centroid) של השטח הבנוי של כל אזור סטטיסטי ל- 10 יעדים מרכזיים קרובים (יעדים שונים לכל אזור סטטיסטי). (אזורים סטטיסטיים עפ"י החלוקה העדכנית משנת 2022, ואזורים בנויים עפ"י שכבה מ-2019)

מקור מידע: הקלטות בזמן אמת של משתמשי Android באמצעות שירותי Google Directions.

1. הורכבה רשימה ארצית של כ- 450 יעדים מרכזיים (בתי חולים, אוניברסיטאות, מכללות, אזורי תעסוקה, אזורי מסחר, תחנות מרכזיות, בנייני רשויות מקומיות ונתב"ג) משכבת מוקדי עניין של מפ"י.

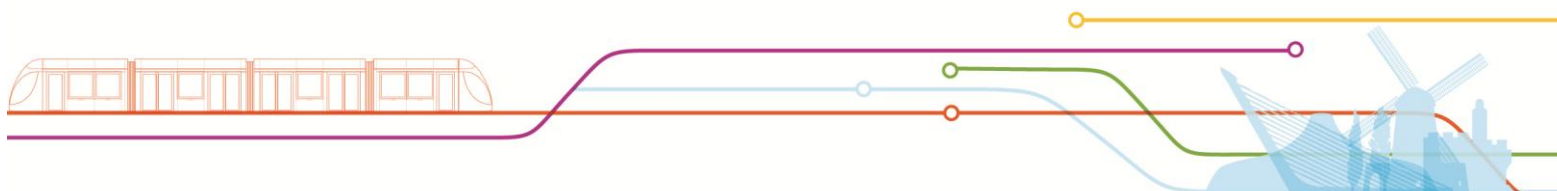
2. מכל א"ס בישראל (כ- 3,750) בוצעו שאילתות גוגל לאיסוף זמני הנסיעה בזמן אמת ברכב הפרטי ובתחבורה הציבורית ל- 10 יעדים מרכזיים.

2.1. עשרת מוקדי הביקוש נבחרו לכל א"ס לפי הכללים הבאים:

- לפחות בית חולים אחד (הקרוב ביותר).
- לפחות מרכז אקדמי אחד (הקרוב ביותר).
- לפחות שני אזורי תעסוקה / מסחר (הקרובים ביותר).
- לכל היותר בית עירייה / מועצה מקומית אחד.
- יתר המוקדים (השלמה ל- 10) נבחרו מתוך רשימת מוקדי הביקוש לפי קרבתם (על רשת הדרכים).
- מרחק מינימלי בין מוצא ליעד הוא 1,000 מטר (מרחק דרך ולא אווירי). כלומר, לא נבחרו יעדים שמרחקם מהצנטרואיד של האיזור הסטטיסטי קטן מ-1,000 מטר.

2. השאילתות בוצעו בשעת שיא בוקר (בין 7:30 ל- 8:30) בשישה ימי חול מייצגים. כל מקטע (א"ס < מוקד ביקוש) הוקלט בכל יום בשעה אחרת בטווח הזמן. לדוגמא: מקטע X הוקלט ביום הראשון ב- 07:30, ביום השני ב- 7:40 וכך הלאה עד השעה 8:20 ביום דגימה השישי.

3. זמן הנסיעה בתחבורה ציבורית כולל את זמן ההליכה לתחנה, זמן הנסיעה בפועל, הליכה והמתנה בעת מעבר לקו אחר (אם קיימת החלפה) והליכה מתחנת הירידה הסופית אל היעד. לא נלקח בחשבון זמן ההמתנה לקו הראשון. הסיבה היא שאנו מניחים שאנשים מכוונים את עצמם להגעה בסמוך להגעת האוטובוס, ואם לדוגמא בוצעה שאילתה ב- 7:40 והאוטובוס הבא הוא רק ב- 8:10, נקבל זמן המתנה של חצי שעה. בנוסף, זמן ההמתנה לקו הראשון (שאנו כמובן יודעים שקיים) מתקזז פחות או יותר עם זמן חיפוש החניה שבחרנו גם כן לא להוסיף לזמני הנסיעה ברכב פרטי, ומכאן שההשוואה בין רכב פרטי לתח"צ יחסית נקיה.

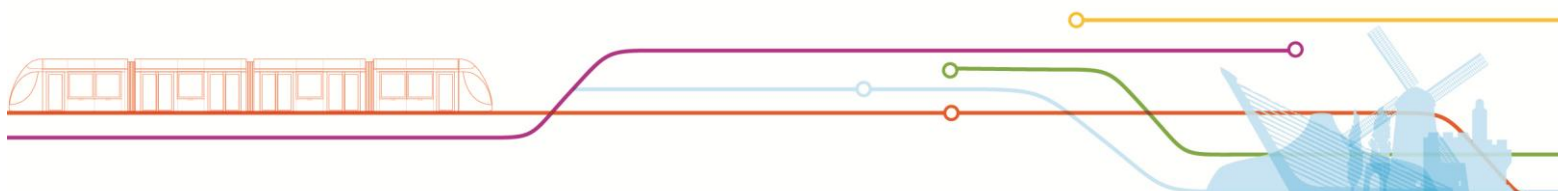


4. חישוב היחס בין זמן הנסיעה הממוצע בתחבורה הציבורית לרכב הפרטי (לאחר מיצוע על פני הבקרים השונים וכן על פני עשרת מוקדי הביקוש של כל אזור סטטיסטי).

5. שירותי Google Directions מחזירים מספר אלטרנטיבות לכל מקטע בכל הקלטה. הן ברכב הפרטי והן עבור תחבורה ציבורית נבחרה האלטרנטיבה הקצרה ביותר בזמן הנסיעה. בתחבורה הציבורית נגרעו אלטרנטיבות שכללו שימוש בארבעה אמצעי תח"צ ומעלה ואלטרנטיבות שבהן הוצעה הליכה מצטברת בין המוצא ליעד של יותר מ- 1.5 ק"מ (כולל הליכה מהמוצא אל תחנת העלייה, בין תחנות מעבר ומתחנת הירידה אל היעד).

6. חישוב ציונים בוצע כדלהלן:

ציון	יחס זמן נסיעה תח"צ / רכב
0	+2.9
5	2.8-2.9
10	2.7-2.8
15	2.6-2.7
20	2.5-2.6
25	2.4-2.5
30	2.3-2.4
35	2.2-2.3
40	2.1-2.2
45	2.0-2.1
50	1.9-2.0
55	1.8-1.9
60	1.7-1.8
65	1.6-1.7
70	1.5-1.6
75	1.4-1.5
80	1.3-1.4
85	1.2-1.3
90	1.1-1.2
95	1-1.1
100	0-1



ז. נגישות בתח"צ למוקדי ביקוש

- **מטרת המדד:** משקף את מידת הנגישות של תחבורה ציבורית ליעדים מרכזיים באמצעות זמן נסיעה, מס' מעברים, מרחק הליכה ותדירות נסיעה.
- **אופן הביצוע:** ניתוח Big Data אודות מאפייני הנסיעה בתחבורה ציבורית מנקודות מרכז (Centroid) של אזורים סטטיסטיים (2022) מכל ישוב ל- 10 יעדים מרכזיים הקרובים ביותר (יעדים שונים לכל אזור סטטיסטי).
- **מקור מידע:** הקלטות בזמן אמת של משתמשי Android באמצעות שירותי Google Directions.
- במתודולוגיית מדד זה בוצע שימוש בנתוני גוגל כפי שמפורט במדד התחרותיות לעיל.
- לכל מקטע (בין אזור סטטיסטי ליעד מרכזי) בכל יום דגימה חושב המדד באופן הבא:
 - ציון 10 - נסיעה* בפחות מ- 40 דקות ללא מעבר.
 - ציון 7 - נסיעה בפחות מ- 40 דקות תוך שימוש במעבר "איכותי"**.
 - ציון 4 - נסיעה בפחות מ- 40 דקות תוך שימוש במעבר "לא איכותי".
 - ציון 0 - נסיעה ביותר מ- 40 דקות.
- * נסיעה כוללת את משך הזמן הכולל (הליכה, נסיעה וזמן המתנה בין מעברים).
- ** מעבר "איכותי" הוגדר לפי: מעבר אחד בלבד, הליכה עד 100 מ' בין תחנות המעבר ובתנאי שתדירות הקו אליו מתבצע המעבר הינו לפחות 6 נסיעות בשעה.
- עבור כל מקטע חושב ממוצע הציונים בין 6 ימי הדגימה ולאחר מכן חושב ציון לכל אזור סטטיסטי על ידי סכימת הציונים של עשרת המקטעים (בין א"ס ליעד מרכזי) שלו.

ח. אמינות שירות התח"צ

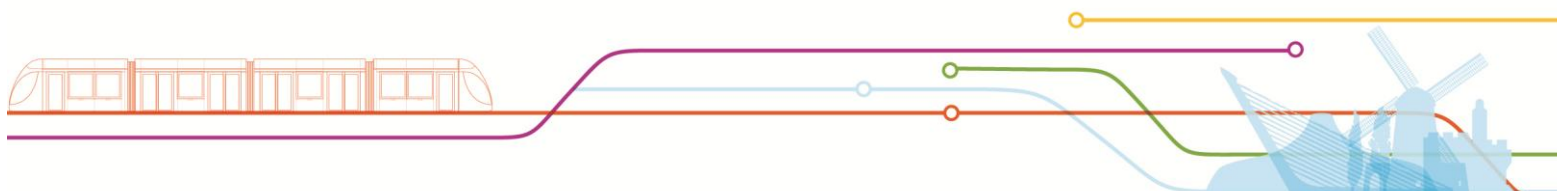
- **מטרת המדד:** משקף את שיעור הביצוע, וכן איחורים והקדמות לכל אורך מסלול הקו (אוטובוסים + רק"ל)
- **אופן הביצוע:** המדד מחושב עבור כל תחנה בארץ ומושך על סביבתו עפ"י רשת ההליכה (עד לרדיוס של 5 דק' הליכה; פיקסלים "שמשיכים" ליותר מתחנה אחת יזכו לציון הממוצע (משוקלל) של התחנות). **מקור מידע:** מיקום אוטובוסים בזמן אמת מתוך VM stations.

מתודולוגיית המדד:

- 70% ממוצע משוקלל של **סטיות התקן בזמן ההגעה של אוטובוסים בתחנה*** – מבטא את האמינות שחש הנוסע כאשר הוא ממתיין לאוטובוס.
- 30% ממוצע משוקלל של **אמינות הקווים העוצרים בתחנה**** – מבטא את האמינות שחש הנוסע בקו עליו בחר לעלות.
- ה'משוקלל' מתייחס למספר העצירות של כל מזהה חלופה בתחנה (לדוגמא מזהה חלופה עם 4 עצירות בתחנה יזכה למשקל כפול ממזהה חלופה עם שתי עצירות).

* סטיות התקן בזמן ההגעה של אוטובוסים בתחנה

לכל קו-כיוון-חלופה מחושבת סטיית התקן בזמן ההגעה לכל תחנה במסלול הקו (זמן הגעה ביחס לזמן היציאה מנק' המוצא עפ"י הרישוי). החישוב מבוסס על נתוני נסיעות שיצאו בשעת שיא בוקר (7:30 עד 8:30) בימי חול



מייצגים. סטיית התקן הממוצעת לכל תחנה ותחנה חושבה עפ"י חישוב ממוצע משוקלל של סטיות התקן של הקווים השונים העוצרים באותה תחנה.

סטיית תקן של 10 דקות ומעלה תזכה לציון 0, סטיית תקן של 0 דקות לציון 100 וסקאלה רציפה ביניהם.

****אמינות הקווים העוצרים בתחנה**

לכל קו-כיוון-חלופה בבנה גרף בו ציר ה- X הוא רצף תחנות הקו וציר ה- Y הוא סטיות התקן בזמני ההגעה לתחנה ביחס לזמן היציאה מתחנת המוצא עפ"י הרישוי. מנתונים אלו מחושב קו רגרסיה שיוצא מראשית הצירים. השיפוע של קו זה מייצג את אמינות הקו. שיפוע קרוב לאפס מעיד על קו אמין, בו אין שונות גדולה בזמני ההגעה לתחנות, ואילו ככל שהשיפוע גדול יותר, המשמעות היא שהקו צובר שונות הולכת וגדלה בזמני ההגעה לתחנות עם ההתקדמות במסלול הקו.

שיפוע של 0.75 ומעלה יזכה לציון 0, שיפוע 0 יזכה לציון 100 וביניהם סקאלה רציפה (כלומר לדוגמא שיפוע של 0.15 יזכה לציון 80, שיפוע של 0.3 יזכה לציון 60 וכן הלאה).

ציון האי ביצוע מחושב כך: בשעת שיא בוקר, מתחת ל-1% אי ביצוע = ציון 100, בין 1%-3% אי ביצוע = ציון 50 ומעל 3% אי ביצוע = ציון 0.

סה"כ ציון הקו: 90% שיפוע + 10% נתוני אי ביצוע.

