

אוניברסיטת תל אביב  
הפקולטה להנדסה  
המחלקה להנדסת תעשייה

מנחה: פרופ' ערן טוך

פרויקט גמר  
השפעות מגפת הקורונה על התחבורה הציבורית בישראל  
והערכת אופי השימוש

מגשים:

שחר דעיה

גל צבעוני

אלה תמיר

## 1. תקציר

קיומה של מערכת תחבורה ציבורית פועלת ואיכותית, הכרחי על מנת לאפשר את אורח החיים המודרני ומהווה צורך אנושי בסיסי בעולמנו כיום. לכן, בניסיון להעריך את הגורמים המשפיעים על מערכות התחבורה והבחירה להשתמש בהן, התבצעו מחקרים רבים אשר בחנו את השפעת מגוון משתנים על אופי והיקף השימוש.

המחקרים שנעשו אכן מגיעים לכלל הסכמה בנוגע לחשיבות השפעתם של גורמים דוגמת משך ונוחות הנסיעה, תדירות ואף תחושת הנאמנות שהנוסע מרגיש לאמצעי התחבורה המועדף עליו, אך אינם מצליחים לקבוע אילו מהגורמים הם המשפיעים ביותר. נוסף על כך, נעשה שימוש במודלים מתמטיים על מנת לכמת את התועלת לנוסעים כתוצאה משימוש בסוגי אמצעי התחבורה השונים, מודלים אלו שקללו את השפעת פרמטרים כגון רמת העומס במסלול ומשך הנסיעה. מודל שהוצג בעבודה זו ועושה שימוש במודל חרטה, נמנה על המודלים מכמתי התועלת. אולם המודל הנ"ל אינו משקלל את השפעת מגפת הקורונה שהתפרצה בעולם בתחילת שנת 2020.

בעבודה זו נותחו נתוני משרד התחבורה אודות השימוש בתחבורה הציבורית ונמצא כי אכן התרחש שינוי באופי והיקף השימוש בתחבורה ציבורית בעקבות מגפת הקורונה. מסקירת האירועים שפקדו את מדינת ישראל בשנים 2020 – 2021 ומניתוח הנתונים שהתבצע, נמצאו משתנים נוספים, הקשורים להתפרצות מגפת הקורונה והחיים לצידה, אשר יכולים להיות בעלי השפעה על השימוש בתחבורה ציבורית. על כן, ישנה הצדקה להמשיך ולחקור את השפעות מגפת הקורונה על השימוש בתחבורה ציבורית.

המשך החקר נעשה על ידי שימוש במודל המתמטי שהוצג ובמודלים רלוונטיים נוספים, ולאחר איסוף נתונים נרחב הכולל מקורות דוגמת משרד התחבורה, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ומשרד הבריאות, נבדקה מידת השפעתם של משתנים הקשורים למגפת הקורונה על שינוי השימוש בתחבורה ציבורית בישראל.

מניתוח האשכולות ניתן להיווכח כי במרבית האשכולות שנבחנו, היקפי הנוסעה נמוכים יותר כיום, לעומת טרום הקורונה. זאת מלבד אשכול ירושלים עירוני אשר עומד על פער של כ-4.5% לעומת המצב הקודם.

מתוצאות מודלי הרגרסיה אשר נבחנו על נתונים ברמה ארצית, בין – עירונית, עירונית ולפי פרופילי שימוש, נמצא כי מודלי הרגרסיה אכן מייצגים נכונה את השינוי בשימוש בתחבורה ציבורית, הייצוג הטוב ביותר היה ברמה בין – עירונית ועירונית (אשכולות).

ברמה ארצית, נמצא כי אחוז האבטלה הארצי החודשי בעל השפעה מובהקת. זאת לעומת רמת האשכול בה לא נמצא משתנה זה מובהק לכל הרגרסיות. בנוסף, אמנם נמצאו משתנים מובהקים עבור חלק מהאוכלוסיות, אך לא נמצאו משתנים אשר השפיעו בצורה מובהקת על כלל האוכלוסיות ולכן יש צורך להמשיך לבחון את רמת הניתוח הזו.

מילות מפתח: תחבורה ציבורית, מגפת הקורונה, מצב התחבורה הציבורית בישראל.

## תוכן עניינים

1	תקציר	1
3	רקע	2
3	2.1 מבוא	2.1
3	תחבורה בישראל	3
4	משרד התחבורה	4
4	הגדרת מושגים	4
5	2.2 מגפת הקורונה ותחבורה ציבורית	2.2
5	השינוי בנסועה הארצית	5
5	השינוי בתחבורה הציבורית וסקירת ההגבלות	5
7	סיכום השינויים בנסועה בתחבורה ציבורית ברמה ארצית	7
8	סיכום השינויים בנסועה בתחבורה ציבורית ברמה בין - עירונית	8
9	סיכום השינויים בנסועה בתחבורה ציבורית ברמה עירונית	9
10	שינוי השימוש באוכלוסיות שונות	10
10	2.3 סקירת הנושא	2.3
11	השפעה כלכלית ופתרון	11
11	מידול תהליך הבחירה והשפעת מגפת הקורונה על השימוש בתחבורה ציבורית	11
12	2.4 הצגת הבעיה	2.4
12	שיטה	3
12	3.1 נתונים ומשתנים	3.1
12	3.1.1 נתונים	3.1.1
13	3.1.2 משתנים	3.1.2
16	3.2 אופן הניתוח	3.2
16	3.2.1 מודלי רגרסיה	3.2.1
17	3.2.2 רמות מודלי הרגרסיה	3.2.2
17	תוצאות	4
17	4.1 רגרסיה ארצית	4.1
21	4.2 רגרסיה בין עירונית	4.2
24	4.3 רגרסיה עירונית	4.3
28	סיכום	5
28	5.1 דיון ומסקנות	5.1
29	5.2 המלצות	5.2
30	ביבליוגרפיה	6
32	נספחים	7

## 2. רקע

### 2.1 מבוא

עבודה זו תבחן את פעילות מערכת התחבורה בישראל, עם שימת דגש מיוחדת על מערכת התחבורה הציבורית ועל אופן פעילותה נוכח השפעות מגפת הקורונה, אשר התפרצה בישראל במרץ 2022. בעבודה יוצג מצב מערכת התחבורה ערב מגפת הקורונה ולאחריה ויתוארו השינויים אשר התרחשו. הרגלי השימוש של משתמשי מערכת התחבורה הישראלית כמו גם היצע השירות הקיים ייבחנו, זאת לצד השינויים וההגבלות שהתרחשו במדינה עם ולאחר פרוץ המגיפה. לאחר ניתוח השינוי בהיקף הנסועה, ובהתאם למסקנות בנוגע לגורמים המשפיעים על העדפת תחבורה ציבורית, ההשפעה הכלכלית של אי שימוש בתחבורה ציבורית וכן השינוי בשימוש בקרב אוכלוסיות שונות, יתבצע ניסיון להעריך את אופי השימוש בתחבורה ציבורית בעזרת מודלים מתמטיים.

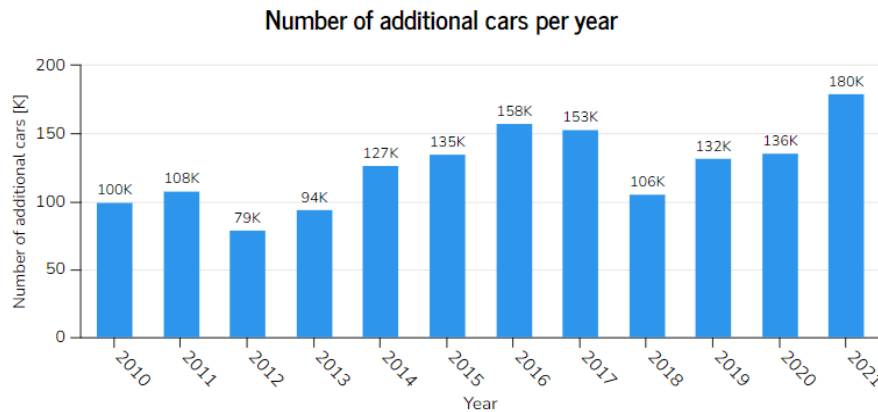
מידול זה יעשה על ידי סקירת המשתנים המשפיעים ואיסוף נתונים נרחב הכולל נתונים ממשד התחבורה, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, משרד הבריאות ועוד. בנוסף, ההגבלות אשר הוטלו במדינה במהלך תקופת הקורונה יכומתו ותיבדק השפעתם במודל. כמו כן, ננסה בעבודה זו לכמת את "אדישות" המשתמשים למגפת הקורונה, כתלות בזמן מתחילת המגפה. בחינת המודלים והשפעתם של המשתנים תתבצע ברמה ארצית, ברמה עירונית וברמה בין עירונית. כמו כן, ייבחנו הנתונים בחלוקה לאוכלוסיות שונות (פרופילי שימוש) על מנת לנסות ולזהות מגמות והבדלים בהתנהגויות.

בעקבות המידול ותוצאותיו יוסקו מסקנות ויגובשו המלצות מתאימות הנוגעות לתפעול תחבורה ציבורית בעת מצב חירום עתידי.

### • תחבורה בישראל

כיום, ישנן מספר דרכים להתנייד ממקום למקום, ניתן לעשות זאת בעזרת תחבורה פרטית, סוגים שונים של תחבורה ציבורית או על ידי שילוב הסוגים השונים. מדינת ישראל, כמו העולם כולו, נדרשת בכל עת להתמודד עם משימת תכנון ושיפור מערכות התחבורה ודרכי ההתניידות ככלל, ומערכות התחבורה הציבורית בפרט, שכן מטרת מערכת תחבורה ציבורית איכותית אינה רק לאפשר הגעה בבטחה ממקום למקום, אלא לאפשר שירות בסיסי לאזרחים. לפי דו"ח מבקר המדינה לשנת 2016 (עמ' 9), "מערכת התחבורה היא בעלת זיקה וקשרי גומלין הדוקים לענפי המשק האחרים, ועל כן פיתוחה ושיפורה הם מנוף מכריע בתהליך הצמיחה הכלכלית, [...] לרווחת אזרחי המדינה, לשיפור איכות הסביבה ואף לצמצום פערים כלכליים וחברתיים". אולם, זה שנים שבעיית עומס התנועה בכבישים הולכת ומחריפה, זאת עקב היקף שימוש קטן ולא משתנה בתחבורה ציבורית ועלייה בהיקף השימוש בתחבורה פרטית. הסיבה לשימוש המוגבר בתחבורה הפרטית היא קצב ההתקדמות האיטי של פרויקטי הפיתוח במשרד התחבורה וחוסר היכולת של רמת השירות לענות על הצרכים.

אפשר אף לכמת את השינוי בהיקף השימוש ברכבים פרטיים: ניתן לבחון את כמות המכוניות החדשות שמתווספות מדי שנה לכבישי ישראל. מנתונים שנאספו על ידי משרד התחבורה (Data Gov, 2021) ניתן לראות מגמת עלייה משמעותית. בשנת 2016 למשל, נוספו 158,000 מכוניות חדשות לכבישים, מדובר בעלייה של כ-58,000 יחסית ל-2010. לעומת זאת, ב-2021, עד חודש נובמבר, התווספו כ-180,000 מכוניות חדשות. מגמת העלייה הזו מתבטאת בגודשי תנועה משמעותיים והארכת משכי נסיעה.



(Data Gov, 2021). איור 1 - כמות הרכבים שהתווספו לכביש בשנים 2010-2021.

כיום, כמות הרכבים הפרטיים בישראל היא הגבוהה ביותר אי פעם (רבעון לסטטיסטיקה של תחבורה מס' 4, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2021, עמ' 56) ועומדת על כ-3.31 מיליון רכבים, כאשר בשנת 2020 היו 3.17 מיליון רכבים בשנת 2019 היו 3.08 מיליון מכוניות. ניתן לצפות כי העלייה בכמות הרכבים בכבישים תביא לשינוי התנהגותי.

#### • משרד התחבורה

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים ממונה על ניהול וקביעת מדיניות בענף התחבורה ועל שירותי מערכות התחבורה בים, באוויר וביבשה (אתר משרד התחבורה, אודות המשרד). המשרד אחראי לתכנון, פיתוח והסדרה של תשתיות ומערכות תחבורתיות משולבות אשר מקדמות את הניידות והלוגיסטיקה של כלל הנוסעים במדינת ישראל.

יעדיו המוצהרים של משרד התחבורה הם, בין היתר, לקיים שירותי תחבורה סדירים, יעילים וברמת שירות גבוהה. בפרסום של המשרד משנת 2017 (הנחיות לתכנון ותפעול, משרד התחבורה, 2017, עמ' 6), במטרה להסדיר את תהליכי התכנון, התפעול והניטור של התחבורה הציבורית בדגש על אוטובוסים, סומן פתרון להתמודדות עם בעיית התחבורה הנרחבת במדינת ישראל, והוא: פיתוח התחבורה הציבורית. על מנת לאפשר את פיתוח תשתיות התחבורה הציבורית ולקצר את זמני הנסיעה בתחבורה ציבורית ולספק שירות טוב יותר למשתמשיה, הוקצו תקציבים משמעותיים לשלל תוכניות עליהן עובד המשרד, זאת לפי הצעת התקציב שהגיש משרד התחבורה לשנים 2021 – 2022. (אתר הכנסת, 2021, עמ' 25).

#### • תחבורה ציבורית בישראל – הגדרת מושגים:

- "רב קו" – כרטיס אלקטרוני חכם המאפשר נסיעה בקווי האוטובוסים של כל מפעילי התחבורה הציבורית בארץ וברכבת ישראל. (אגד תעבורה, 2022)
- פרופיל שימוש – פרופיל הוא חוזה ייחודי אשר מאפשר תשלום מותאם לאוכלוסייה מסוימת באמצעות כרטיס ה"רב קו". דוגמאות לאוכלוסיות הזכאיות לפרופיל ייחודי הן: נוער (מתחת לגיל 18), אזרחים ותיקים (מעל גיל 67), סטודנטים, משרתי כוחות הבטחון ועוד. בעבודה זו נתייחס לשלוש קבוצות אוכלוסייה שונות – צעירים (נוער וסטודנטים), ותיקים (פרופיל ותיק) וכוחות הבטחון (חיילים, משטרה, שירות לאומי, שירות בתי הסוהר וקורסים קדם צבאיים).
- אשכול – אזור מוגדר אשר בתחומו פועלים מספר קווי אוטובוס. החלוקה לאשכולות הינה קבועה ומבוצעת על ידי משרד התחבורה. אשכולות לדוגמה: גוש דן, תל אביב-ירושלים, באר שבע עירוני. בעבודה זו נתייחס לארבעה אשכולות<sup>1</sup>, שניים עירוניים ושניים בין עירוניים – ירושלים-תל אביב, אשדוד – יבנה – תל-אביב, ירושלים עירוני ובאר שבע עירוני.
- סליקות / תיקופים – תשלום בתחבורה ציבורית באמצעות כרטיס "רב קו". כל סליקה מייצגת נוסע יחיד שביצע נסיעה יחידה בתחבורה ציבורית.

<sup>1</sup> ראונספח 1.

## 2.2 מגפת הקורונה ותחבורה ציבורית

גורם אשר נראה בעבר כבעל השפעה רבה על שימוש בתחבורה ציבורית הינו התפרצות מגיפה. בשנים 2002-2003, עם התפרצות מגפת הסארס וסגירת מערכת התחבורה הציבורית לחלוטין לפרקים במדינות רבות (Wang, 2014), ניתן לראות מגמת ירידה משמעותית בשיעור השימוש בתחבורה ציבורית. כך לדוגמה, בטאיוואן, חלה ירידה של כ-50 אחוזים בהיקף השימוש העירוני בתחבורה ציבורית ונטישה של כ-1200 נוסעים יומיים את מערכות התחבורה הציבורית התת-קרקעיות, בכל דיווח על מאומת חדש.

התפרצות מגפת הקורונה ברחבי העולם השפיעה בצורה משמעותית על אורח החיים ועל השימוש בתחבורה גלובלית, החל בירידה ניכרת בתחבורה אווירית וכלה בעלייה חסרת תקדים בכמות העובדים שעברו לעבודה מרחוק.

היקף הנסועה, סך הקילומטרים שרכב נסע בתקופת זמן מסוימת (האקדמיה ללשון העברית, 2021), ירד דרסטית בכל רחבי העולם<sup>2</sup> (Tirachini & Cats, 2020), כאשר השימוש בתחבורה ציבורית ספג את הפגיעה הקשה ביותר. הירידה בשימוש בתחבורה ציבורית התרחשה גם בעקבות ירידה בהיצע התחבורה, לרוב כתוצאה מהגבלות שהוטלו על ידי הרשויות, אך נגרמה במידה רבה גם בעקבות תפיסת התחבורה הציבורית כמסוכנת יותר מפרטית כתוצאה מצפיפות וקרבה לאנשים אחרים, מהן כמעט ולא ניתן להימנע בעת שימוש בתחבורה ציבורית.

במרץ 2020, עם התפשטות מגפת הקורונה בעולם, הוחלט במדינת ישראל לנקוט בצעדים חריפים וזאת על מנת לנסות לעכב את התפשטות הנגיף במדינה ולהגן על הציבור הישראלי. ראשית, הוגבלו שעות הפעילות של התחבורה הציבורית, נאסרו התקהלויות והוטלו הגבלות על שהייה במקום סגור. שנית, הוטל סגר כללי בו הושבתה לחלוטין פעילות רכבת ישראל והופעל מספר אוטובוסים מצומצם לצרכים חיוניים בלבד. ההתמודדות עם המגפה כמדינה, כללה הטלת והסרת הגבלות לסירוגין, בהתאם למדדים שנקבעו על ידי מקבלי ההחלטות ונבדקו בכל רגע נתון.

### • השינוי בנסועה הארצית

בבחינת היקף הנסועה בכבישי ישראל<sup>3</sup> לאחר פרוץ מגפת הקורונה וההגבלות אשר הוטלו בעקבותיה, ניתן לראות עלייה כללית בהיקף הנסועה<sup>4</sup> וכפועל יוצא מכך, עלייה בעומסים בכבישים. הסיבות לשינוי זה קשורות זו בזו והן, כלל הנראה, העלייה בכמות המכוניות הפרטיות החדשות שמתווספות לכביש<sup>5</sup> והירידה בשיעור השימוש בתחבורה ציבורית.

בערים שונות בישראל<sup>6</sup> נמצא כי קיימים הבדלים בעלייה בשיעור הנסועה. לכן נרצה לבחון באופן פרטני את השינוי בנסועה בערים שונות.

### • השינוי בתחבורה הציבורית וסקירת ההגבלות

בבחינת אופי השימוש בתחבורה הציבורית טרום הקורונה (תפקוד התחבורה הציבורית, הכנסת, מרכז המחקר והמידע, 2020, עמ' 2), נמצא כי כ-88 אחוזים מהנסיעות בתחבורה ציבורית התבצעו באמצעות אוטובוסים, כאשר 12 האחוזים האחרים מתחלקים בין רכבת ישראל והרכבת הקלה בירושלים.

בבחינת אופי השימוש לאחר פרוץ מגפת הקורונה, במרץ 2020, שיעור השימוש באוטובוסים היה כ-90 אחוזים. יצוין כי בסוף מרץ פעילות רכבת ישראל הושבתה לחלוטין עד ה-22 ליוני, דבר

<sup>2</sup> ראו נספח 2.

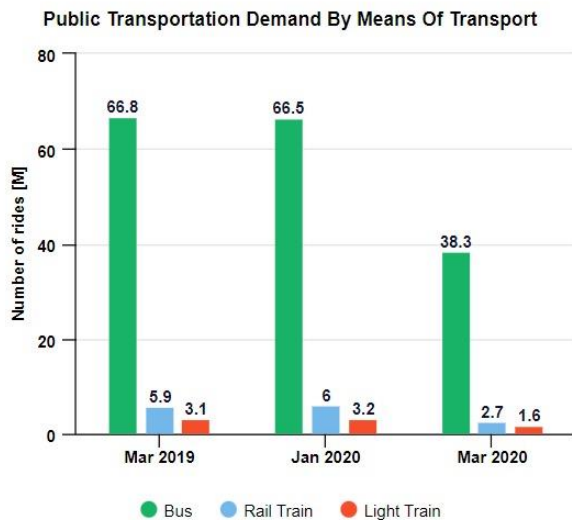
<sup>3</sup> ראו נספח 3.

<sup>4</sup> ראו נספח 4.

<sup>5</sup> ראו איור 1.

<sup>6</sup> ראו נספח 5.

אשר תרם בסבירות גבוהה לעלייה בשימוש באוטובוסים. יחד עם השינוי בתמהיל השימוש בתחבורה ציבורית, ניתן לראות כי התרחשה ירידה בכמות הנסיעות.



איור 2 - השימוש באמצעי התחבורה השונים. (תפקוד התחבורה הציבורית, הכנסת, מרכז המחקר והמידע, 2020, עמ' 2)

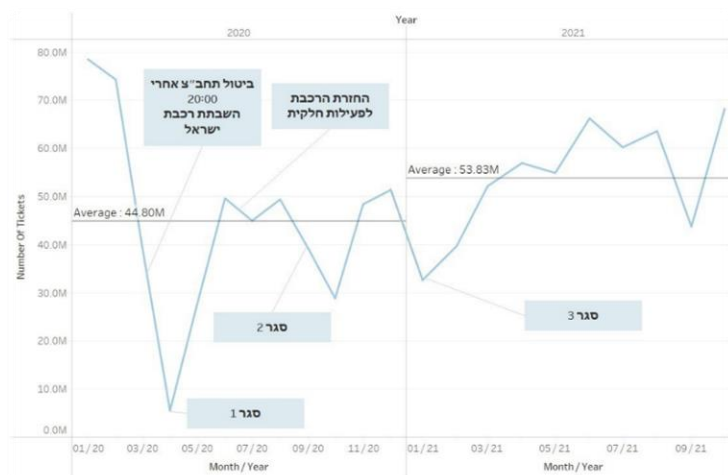
כמות הנוסעים במרץ 2019 וינואר 2020 הייתה 75.7 מיליון. לעומת זאת, לאחר פרוץ הקורונה, במרץ 2020, ניתן לראות כי כמות הנוסעים ירדה ב-44 אחוזים לכ-42.6 מיליון.

גורם נוסף שעשוי היה להשפיע על השימוש בתחבורה ציבורית הוא צמצום פעילות המשק והפסקת פעילות מערכת החינוך באמצע חודש מרץ.

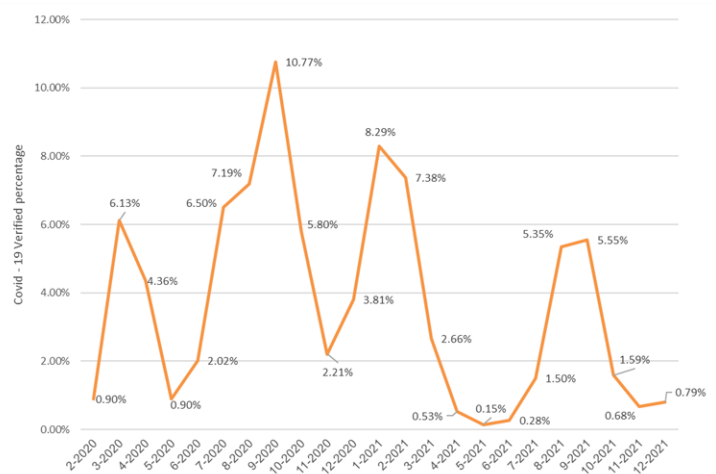
בבחינה חודשית של נתוני כמות הנסיעות הארציים בשנים 2019 ו-2020, כאשר שנת 2019, בה היו במוצע 74.6 מיליון משתמשים חודשיים, מהווה בסיס להשוואה, ניתן לראות כי ישנה ירידה בהיקף השימוש בתחבורה ציבורית.

החל ממרץ 2020, פרוץ הקורונה, התרחשה ירידה מ-74.6 לכ-44.8 מיליון משתמשים במוצע בחודש. הירידות הגדולות ביותר חלו בחודשי הסגר הראשון, אפריל ומאי, ובחודשי הסגר השלישי, דצמבר 2020 וינואר 2021.

בבחינת נתוני כמות הנסיעות הארציים לצד ממוצע חודשי של שיעור המאומתים לקורונה, ניתן לזהות מגמה כללית לפיה כאשר ממוצע המאומתים עולה, מתרחשת ירידה בכמות הסליקות הארציות. ניתן להסביר זאת על ידי העובדה שבעת עלייה משמעותית במספר החולים, הוטלו הגבלות על התנועה, על שהייה במקומות סוגרים ואף סגרים.

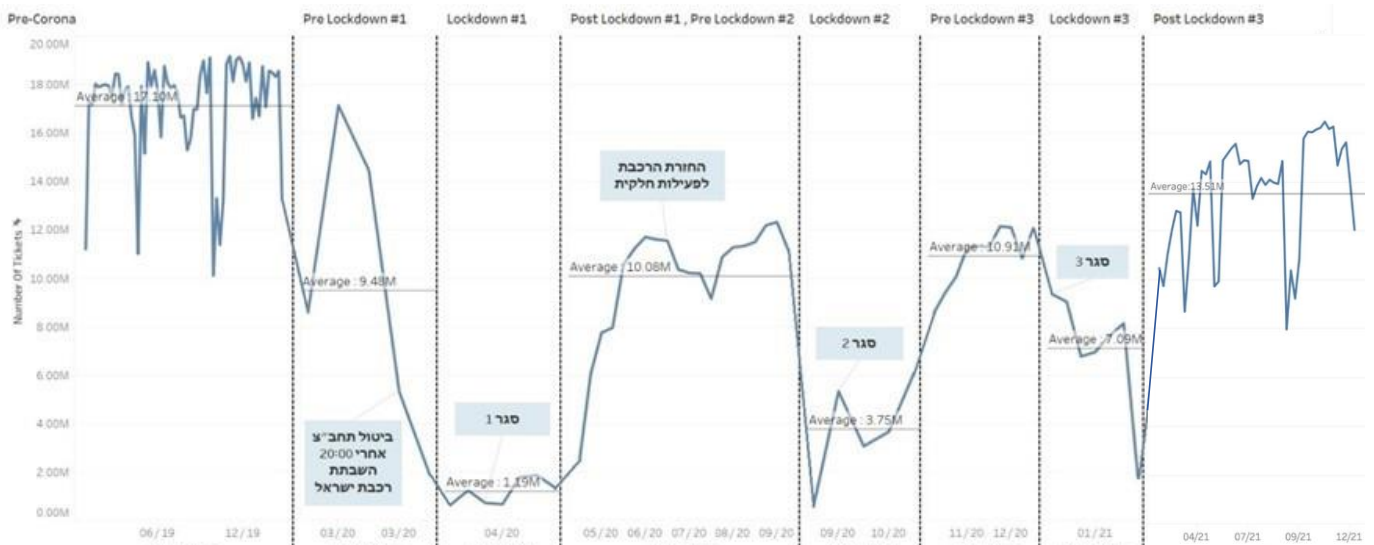


איור 4 - כמות סליקות חודשית 2020-2021 (Data Gov, 2021)



איור 3 - ממוצע שיעור מאומתים חודשי מאז תחילת מגפת הקורונה. (משרד הבריאות, 2021)

## סיכום השינויים בנסועה בתחבורה ציבורית ברמה ארצית<sup>7</sup>



איור 5 - כמות סליקות שבועית בחלוקה לטווחי זמנים, רמה ארצית.  
(Data Gov, 2021)

בהשוואה לתקופת טרום הקורונה, ניתן לראות כי בסיום כל סגר, היקף הנסיעות בתחבורה הציבורית עלה. אך טרם חזר המצב לקדמותו, לתקופת טרום הקורונה, וכיום נפח הנסיעות קטן ב-21 אחוזים מאשר בעבר.

Table 1 - Change in public transportation usage.

Lockdown No.	Change during lockdown	Change after lockdown compared to pre Covid19	Change after lockdown compared to time before lockdown
1	-8.29M (-87%)	-7.02M (-41%)	+0.6M (6.3%)
2	-6.33M (-62%)	-6.19M (-36%)	+0.83M (8.2%)
3	-3.82M (-35%)	-3.59M (-21%)	+2.6M (23.8%)

טבלה 1 – סיכום השינויים בהיקפי השימוש בתחבורה ציבורית ברמה ארצית.

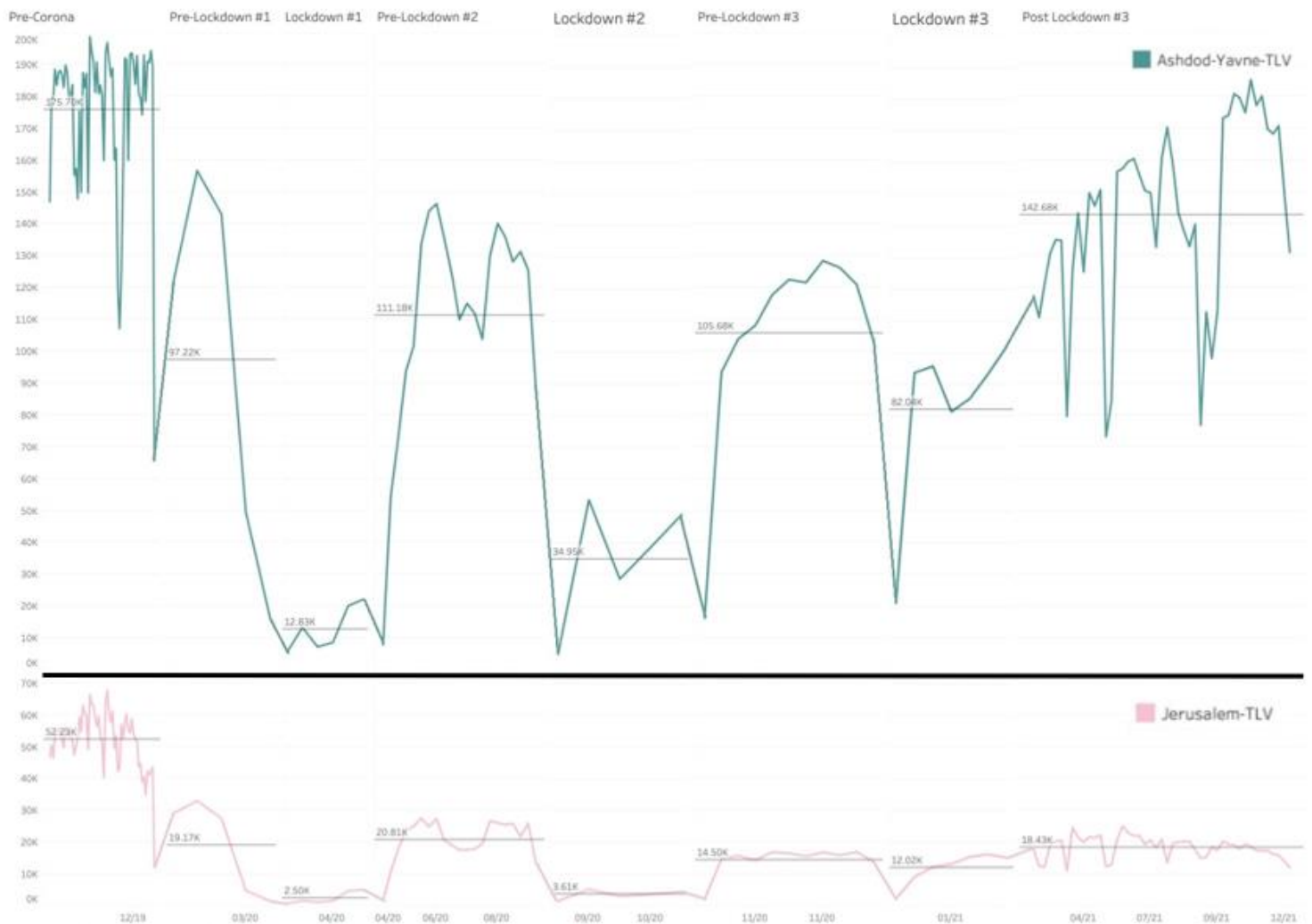
<sup>7</sup> ראונספח 6.



### • השינוי בנסועה בתחבורה ציבורית ברמה בין – עירונית

בהמשך לבחינת השינוי בנסועה בתחבורה הציבורית ברמה הארצית, נבחן את השינוי בנסועה, בעקבות מגפת הקורונה, ברמה בין – עירונית. מטרת ניתוח זה היא לבחון האם ישנם דפוסי שימוש שונים באזורי התיישבות והתניידות שונים, יחסית לדפוסי השימוש הארציים. כלל הניתוחים יתבצעו ברמה שבועית.

נבחן את השינוי בנסועה בשני אשכולות: ירושלים – תל-אביב ואשדוד – יבנה – תל-אביב.



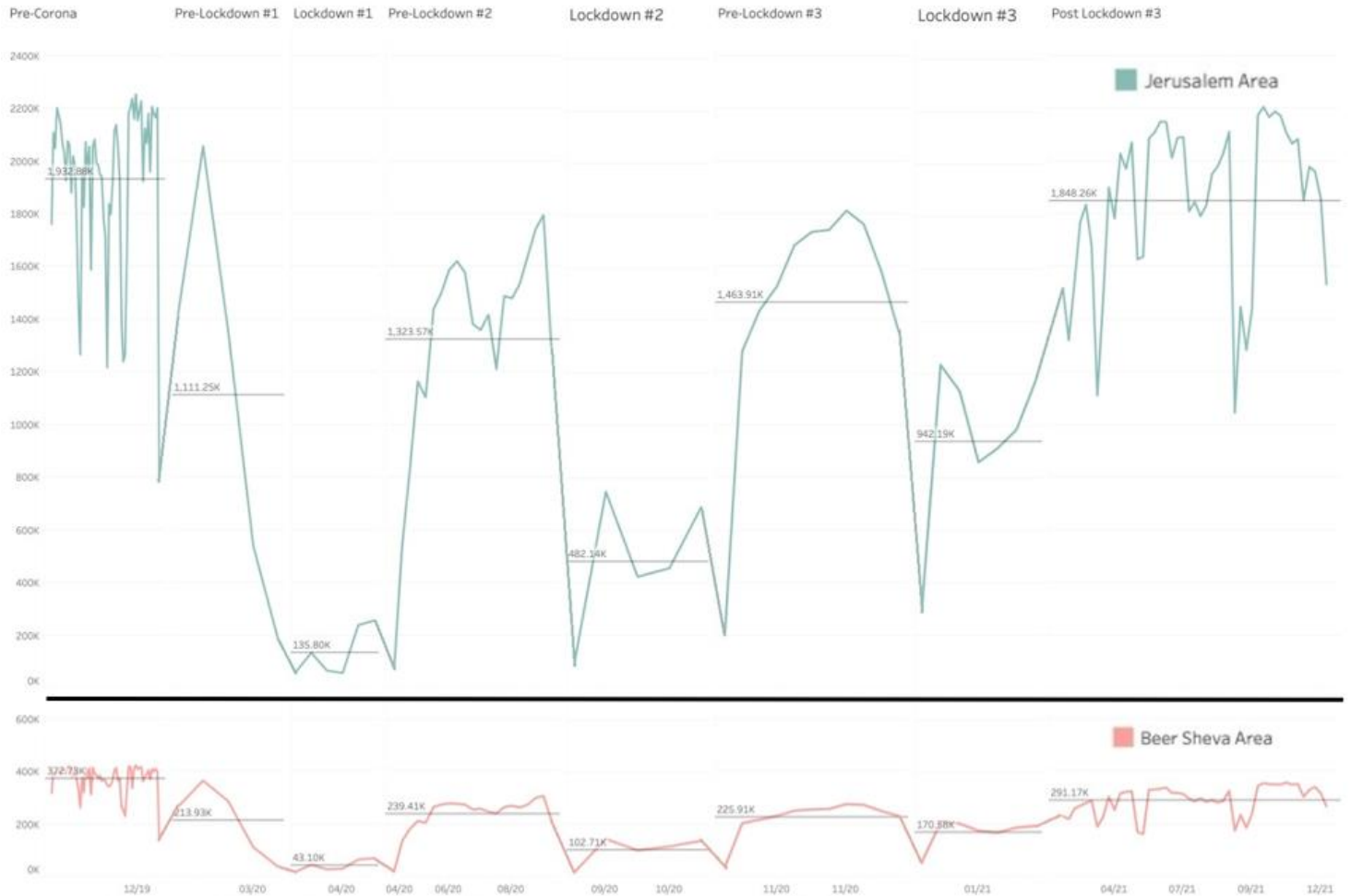
איור 6 – סיכום השינויים בהיקפי השימוש בתחבורה ציבורית באשכולות בין עירוניים.

ניתן לראות כי בתקופות הסגרים (תקופות<sup>8</sup> 3,5,7) ישנה ירידה חדה בממוצע הנסיעות השבועי, אשר בדומה להתנהגות הארצית, הולכת וקטנה מסגר לסגר עבור שני האשכולות. בהשוואה לתקופת טרום הקורונה, היקף הנסיעות באשכול אשדוד – יבנה – תל אביב כיום קטן בכ-20 אחוזים, כמעט כמו הירידה בהיקף הנסיעות הארצי, אך לעומת זאת, באשכול ירושלים תל אביב ישנה ירידה של כ-65 אחוזים.

<sup>8</sup> ראונספח 6.

### • השינוי בנסועה בתחבורה ציבורית ברמה עירונית

בהמשך לבחינת השינוי בנסועה בתחבורה הציבורית ברמה ארצית וברמה בין - עירונית, נבחן את השינוי בנסועה, בעקבות מגפת הקורונה, ברמה עירונית. מטרת ניתוח זה היא לבחון האם ישנם דפוסי שימוש שונים באזורי התיישבות והתניידות שונים, יחסית לדפוסי השימוש אשר נבדקו קודם לכן. כלל הניתוחים יתבצעו ברמה שבועית. נבחן את השינוי בנסועה בשני אשכולות: ירושלים ובאר שבע.



איור 7 – סיכום השינויים בהיקפי השימוש בתחבורה ציבורית באשכולות עירוניים.

גם עבור האשכולות העירוניים, ניתן לראות כי בתקופות הסגרים (תקופות<sup>9</sup> 3,5,7) ישנה ירידה חדה בממוצע הנסיעות השבועי, אשר בדומה להתנהגות הארצית, הולכת וקטנה מסגר לסגר.

עבור שני האשכולות העירוניים, ניתן לראות כי הירידה במהלך הסגרים הייתה קטנה יותר מאשר הירידה הארצית, וכיום, בהשוואה לתקופת טרום הקורונה, היקף הנסיעות באשכול באר שבע קטן בכ-22 אחוזים, כמעט כמו הירידה בהיקף הנסיעות הארצי, אך לעומתו, באשכול ירושלים, ישנה חזרה כמעט מלאה למצב טרום הקורונה וההבדל עומד על 4.5 אחוזים.

<sup>9</sup> ראונספח 6.

## סיכום השינויים באשכולות השונים לפי סגרים:

Table 2 - Change in public transportation usage in selected areas.

Lockdown No.	Urban area		Inter-Urban area		National
	Jerusalem – Tel-Aviv	Ashdod – Yavne – Tel-Aviv	Be'er Sheva	Jerusalem	
1	-31K (-60%)	-64.5K (-37%)	-133K (-35%)	-609K (-31%)	-7.02M (-41%)
2	-38K (-72%)	-70K (-39%)	-147K (-39%)	-469K (-24%)	-6.19M (-36%)
3	-34K (-65%)	-33K (-19%)	-82K (-22%)	-85K (-4.5%)	-3.59M (-21%)

טבלה 2 – סיכום השינויים בהיקפי השימוש בתחבורה ציבורית ברמה עירונית ובין עירונית.

על מנת לבחון לעומק את ההבדלים בין האשכולות העירוניים והבין-עירוניים ולעמוד על השונות ביניהם, נמדד את אופי השימוש עבור כל אחד מן האשכולות בנפרד.

### • שינוי השימוש באוכלוסיות שונות

כדי לבחון האם ישנה השפעה של סוגי הפרופילים<sup>10</sup> השונים, ביצענו ניתוח<sup>11</sup> המראה את השינוי בשימוש החודשי לפי סוגי פרופילים שונים. סוג הפרופיל אשר אליו השוונו והיווה את קו הבסיס שלנו היה כוחות הביטחון שכן מדובר בנוסעים אשר נוסעים ללא תשלום וכן כיוון שעבודתם המשיכה באופן רציף יחסית לאורך תקופת הקורונה. נוכחנו לדעת כי בניתוח ארצי, לא ניתן להבחין בהבדלים מובהקים בין סוגי האוכלוסיות, כאשר השוונו את אוכלוסיית משרתי הביטחון, הן עם האוכלוסייה המבוגרת והן עם האוכלוסייה הכללית שאינה בעלת שיוך לסוג פרופיל מסוים.

### 2.3 סקירת הנושא

מערכות תחבורה ציבורית קיימות בצורות שונות מזה זמן רב ברחבי העולם. הרעיון מאחורי מערכות שכאלו הוא לספק מענה לצרכי התנועה. בשנים האחרונות, נוכח הגידול המאסיבי באוכלוסיית העולם בכלל ובישראל בפרט, יש צורך לשפר את תשתיות התחבורה הציבורית וזאת על מנת לאפשר צורך בסיסי והכרחי והוא הצורך להתנייד ולנוע בחופשיות.

לכן, ניתן לראות מספר צורות תחבורה חדשות המנסות לתת מענה לבעיה, ביניהן תחבורה שיתופית ותחבורה זעירה. ריבוי מגוון האפשרויות אמנם מאפשר גמישות ויכול להוות מענה לחלק לא מבוטל מהנוסעים בתחבורה הציבורית, אך הוא אינו מהווה פתרון לבעיה אשר כבר היום מורגשת בקרב ציבור הנוסעים ומתבטאת, בין היתר, במשך נסיעה ארוך, גודשי תנועה בשעות העומס, גידול במספר הרכבים הפרטיים, זיהום אוויר מוגבר ועלייה במספר תאונות הדרכים (התחבורה הציבורית בישראל, הכנסת, מרכז המחקר והמידע, 2019, עמ' 8).

נוכח הגידול באוכלוסייה והעלייה בתוחלת החיים, ממדי הבעיה צפויים לגדול, ולכן רשויות רבות עומלות על מנת לפתח ולחדש את מערכות התחבורה הציבורית שאחריותן. בישראל לדוגמה, מפתחים מספר מיזמים, ביניהם ניתן למצוא את פרויקט הקמת הרכבת בגוש דן הצפון, אשר ינסה להביא לירידה בכמות המכוניות הפרטיות ולהקלה בגודש בכבישים.

<sup>10</sup> פרופילי שירות, כפי שמוגדר בכרטיס ה"רב קו" האישי. הסבר נוסף ניתן למצוא בפרק "מבוא".

<sup>11</sup> ראו נספח 7.

### • השפעה כלכלית ופתרון

רמת השימוש בתחבורה ציבורית יחסית נמוכה, כ-15.5 אחוזים נוסעים בתחבורה ציבורית לעבודה, זאת לעומת 62.8 אחוזים הנוסעים ברכב פרטי (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2020). את השפעות היקף השימוש הנמוך וכן את השפעות הגודש בכבישים, ניתן לכמת בצורה כלכלית (התחבורה הציבורית בישראל, הכנסת, מרכז המחקר והמידע, 2019, עמ' 8): בשנת 2012 נאמד האובדן הכלכלי למשק, בין היתר כתוצאה מהפסד שעות עבודה ושעות נסיעה ממושכות, בכ-25 מיליארד ש"ח בשנה. בשנת 2018, עודכנה ההערכה לכ-35 מיליארד ש"ח בשנה. התחזיות לשנים הבאות מנבאות את המשך המגמה העגומה, כאשר בשנת 2040 המשק צפוי לאבדן כלכלי בגודל של כ-70 מיליארד ש"ח. מכאן שעל מנת להקל על הנוסעים בכבישים ולצמצם את ההשפעות הכלכליות השליליות הצפויות, אין ברירה אלא להגדיל את השימוש בתחבורה ציבורית.

כיום שיעור תפוסת הרכבים הפרטיים בישראל הוא 1.2 אנשים ברכב, העלאת מספר זה ל-1.5 אנשים ברכב תביא להפחתה של כ-20% ממספר המכוניות שנוסעות בכל זמן נתון. הפתרון המסתמן לבעיה הוא העלאת רמת השימוש בתחבורה הציבורית, פתרון אשר מהווה אתגר כאשר מדובר באוכלוסיית מדינת ישראל בה רווחת התפיסה כי שימוש בתחבורה ציבורית כאמצעי התחבורה העיקרי אינו יעיל ומיועד עבור בעלי הכנסה נמוכה (דו"ח מבקר המדינה, 2019, עמ' 7).

### • מידול תהליך הבחירה והשפעת מגפת הקורונה על השימוש בתחבורה ציבורית

בעבר, נעשו מספר ניסיונות למדל את תהליך הבחירה בסוגי התחבורה השונים, הן תחבורה פרטית והן ציבורית, וזאת על מנת לשפר את סיכויי הבחירה של נוסעים פוטנציאליים בתחבורה ציבורית ולהקל את העומס ההולך וגובר בכבישים. אחד המודלים מכמת את התוחלת למשתמש מאמצעי תחבורה שונים – אוטובוס, מטר, מכונית פרטית ונסיעה שיתופית (Hausman, Leonard & Mcfadden 1995) והוצג אצל (Luan, Yang, Jiang & Wang, 2021).

כדי למדל את התנהגות הנוסעים בתקופת הקורונה (Luan, Yang, Jiang & Wang, 2021), נעשה שימוש במודל זה בשילוב מודל חרטה.

$$U_i = V_i + \varepsilon_i = \sum_m \beta_m x_{im} + \varepsilon_i \quad (1)$$

כאשר  $U_i$  הינו מקסום התועלת לנוסע, בהתייחסות לכל אחת מאפשרויות הנסיעה המוזכרות לעיל.

המודל בוחן השפעת גורמים כגון משך זמן הנסיעה, עלות הנסיעה, זמן ההמתנה ורמת העומס במסלול הנסיעה.

כיוון שבעבודה זו נרצה לבחון את תמונת המצב של התחבורה הציבורית בישראל בשנים האחרונות בכלל ולאור השפעות מגפת הקורונה בפרט, ניעזר בנתוני משרד התחבורה, משרד הבריאות והלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ובמודל ה"ל", תוך התאמת המשתנים הנבדקים לנתונים הנמצאים ברשותנו<sup>12</sup>.

ננסה לכמת את השפעת הקורונה על השימוש בתחבורה הציבורית בישראל ולבחון השפעת משתנים אשר לא נבדקו במחקרים קודמים, דוגמת: שיעור ההתחסנות, הגבלות משרד הבריאות על התחבורה הציבורית, אחוז המאומתים לקורונה.

<sup>12</sup> את פירוט המשתנים והנתונים ניתן למצוא בפרק "שיטה".

## 2.4 הצגת הבעיה

מניתוח כלכלי של כלל העלויות, הישירות והעקיפות, של וועדת טרכטנברג שפורסמה בדו"ח מבקר המדינה משנת 2019 (עמ' 7), עולה כי העלות למשק של נסיעה יחידה בתחבורה ציבורית נמוכה במידה ניכרת, בשליש, מעלות נסיעה יחידה בתחבורה הפרטית. לפיכך הגדלת שיעור השימוש בתחבורה ציבורית באחוז אחד בלבד שוות ערך לחיסכון של כ-400 מיליוני ש"ח למשק בשנה.

הערכת היקף השימוש בתחבורה ציבורית, לאור השפעות מגפת הקורונה, יכולה לעזור להבין כיצד משתנים שונים משפיעים על הביקוש לתחבורה ציבורית, וכפועל יוצא מכך, היכן יש למקד את מירב המאמצים.

בעבודה זו נרצה לבחון האם ישנם הבדלים בהרגלי הנסיעה בתחבורה הציבורית כתלות באזור הנסיעה וכן, האם סוגי פרופילים שונים באוכלוסייה מושפעים מגורמים שונים. על מנת לבחון זאת, נייצר מודלי רגרסיה המייצגים את ההרגלי הנסיעה באשכולות שונים ושל פרופילים נבחרים.

## 3. שיטה

### 3.1 נתונים ומשתנים

#### 3.1.1 נתונים

כחלק מניתוח השינוי בנסועה ובדיקת המודלים המתמטיים אשר ישמשו להסבר השפעתם של משתנים אשר יפורטו בהמשך והערכת היקפי השימוש בתחבורה ציבורית, נעשה שימוש בנתונים ממספר מקורות. הנתונים הינם נתונים סטטיסטיים אשר מתעדכנים בפרקי זמן קבועים באתרים הרלוונטיים.

#### ○ משרד התחבורה

את מרבית נתוני משרד התחבורה, בהם השתמשנו בעבודה זו, ניתן למצוא באתר מאגרי המידע הממשלתיים. נתונים נוספים דוגמת נתוני נסיעות לפי פרופילים וכן נתוני תכנון מול ביצוע, קיבלנו לאחר הגשת בקשה לאנשי הקשר שלנו בארגון. בעקבות בקשותינו טוייבו חלק ממאגרי הנתונים ואף הועלו לאתר מאגרי המידע הממשלתיים.

- **תיקופי מסלקה בתחבורה ציבורית – מאגר מידע המציג את התיקופים שבוצעו בתחבורה הציבורית בכרטיסי נייר ובכרטיסי "רב קו".** הקובץ מתעדכן אחת לחודש. כל רשומה בקובץ מתוארת על ידי מזהה ייחודי, מפעיל, אשכול, כיוון, שעה ביום, שנה, חודש, יום ועוד. על סמך הנתונים במאגר זה בוצעו ניתוחי שינוי בהיקפי הנסועה ברמה ארצית, בין-עירונית ועירונית.

- **נסיעות בפילוח פרופילים – מאגר מידע המציג כמה נסיעות היו עבור כל פרופיל בכל יום.** את הנתונים במאגר זה קיבלנו גם ברמה ארצית וגם ברמת האשכול, עבור ארבעת האשכולות אותם בחנו בעבודה זו.

- **תכנון מול ביצוע – מאגר מידע המציג את תכנון הנסיעות של האוטובוסים בתחבורה הציבורית בכל חודש.** המאגר מתעדכן אחת לחודש, בעיכוב של שלושה חודשים. הקובץ מתאר נסיעות רישוי מאושרות, נסיעות שתוכננו אך לא בוצעו, הקדמות ואיחורים, נסיעות תקינות ועוד. המידע בקובץ זה שימש לניתוח רמת הישירות, כפי שהוגדרה על ידי משרד התחבורה.

#### ○ משרד הבריאות

נתוני משרד הבריאות בהם השתמשנו עוסקים במגפת הקורונה ונמצאים באתר ייעודי של משרד הבריאות אשר מאגד את כלל הנתונים הקשורים בנושא ומתעדכן פעמיים ביום. הנתונים באתר מוצגים בצורה ויזואלית וקיימת גישה גם לקבצים המקוריים. המאגרים בהם

השתמשנו הם: מספר מאושפזים – יומי, מקדם ההדבקה R, מאומתים חדשים יומי, חולים קשה, מאושפזים, מספר התחסנויות – יומי ונפטרים – יומי. לאחר עיבוד נוסף, נעשה שימוש בכלל הנתונים ברמה שבועית.

#### ○ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה

כחלק מעבודה זו נעשה שימוש גם בפרסומי הלמ"ס<sup>13</sup> וגם בנתונים הגולמיים אשר מרוכזים באתר הלמ"ס. אחוז האבטלה הארצי החודשי, הינו משתנה אשר השפעתו על השינוי בשימוש בתחבורה ציבורית תיבדק בהמשך, מקורו בפרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה על כוח האדם לשנת 2021 ונתונים נוספים אשר מפורסמים באתר.

#### ○ אתר Our World in Data

באתר מפורסמים נתונים ממגוון תחומים שנאספו על ידי חוקרים במטרה להנגיש ידע. בעבודתנו השתמשנו בנתוני האתר הנוגעים למדד החומרה, שהוא מדד שנוצר על ידי חוקרים מאוניברסיטת אוקספורד כדי לכמת את ההגבלות הממשלתיות וכן מדדים נוספים שהתרחשו בעת מגפת הקורונה. המדד מורכב מתשעה מרכיבים שונים, כאשר קיים ציון כללי לכל מדינה וכן ציון לכל אחד מהמרכיבים בכל מדינה. בעבודה זו בחנו את השפעות מדד החומרה הכולל ואת השפעות המרכיבים הנוגעים לסגר, הגבלות בבתי הספר והגעה למקומות העבודה.

#### 3.1.2 משתנים

על מנת להתמודד עם עונתיות הנתונים, הוספנו משתנה אשר מייצג את מספר ימי העבודה בכל שבוע, כך שחגים ושבטות אשר יכולים להטות את אחוזי השימוש, יילקחו בחשבון. בתחילה הוצגו הנתונים ברמה יומית ולאחר מכן סוכמו לרמה שבועית.

החיזוי הינו שבועי, כיוון שימים שונים מתנהגים בצורה שונה, לעומת זאת ההתנהגות משבוע לשבוע יחסית דומה.

הניתוחים התבססו על 157 רשומות, המייצגות את 157 השבועות בשנים 2019 – 2021.

להלן פירוט המשתנים המסבירים שייבחנו בנייתו הרגרסיה.

---

<sup>13</sup> הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

Table 3 - Variables				
	Avg weekly percentage Covid19 positives	אחוז מאומתים ממוצע לשבוע	1	משרד הבריאות
	Avg weekly new Covid19 positives	ממוצע מאומתים חדשים שבועי	2	
	Weekly Covid19 positives	כמות מאומתים שבועית	3	
	Total Covid19 vaccinated per dose	מחוסנים מנות 1, 2, 3, 4	4	
	Avg weekly R	ממוצע מקדם הדבקה שבועי	5	
	Avg weekly critical patients	ממוצע חולים קשה באותו שבוע	6	
הזחת הימים נועדה לשקף את תחזית המאומתים העתידית כפי ששוקפה לציבור באמצעי התקשורת השונים. נבדקו מספר הזחות אפשריות (7 – 14 ימים, המתארים את זמן דגירת הנגיף) לבסוף נבחרה הזחה בגובה 10 ימים.	Avg weekly critically hospitalized 10 days shift	מאושפדים קשה ממוצע שבועי עם הסטה של 10 ימים קדימה	7	
הזחת הימים נועדה לשקף את תחזית הנפטרים העתידית כפי ששוקפה לציבור באמצעי התקשורת השונים. נבדקו מספר הזחות אפשריות (7 – 14 ימים, המתארים את זמן דגירת הנגיף) לבסוף נבחרה הזחה בגובה 10 ימים.	Avg weekly deaths 10 days shift	נפטרים ממוצע שבועי עם הסטה של 10 ימים קדימה	8	
	Avg weekly deaths	נפטרים ממוצע שבועי	9	
מאושפדים ברמות קל, בינוני וקשה.	Total hospitalized	כמות מאושפדים שבועית בבתי חולים	10	
כמות נסיעות כוללת אשר לוקחת בחשבון את כמות הנסיעות שאושרו לצאת, שלא אושרו לצאת, כמות הנסיעות שאיחרו, שהקדימו ושלא בוצעו (משתנים a, b, c, d, e, 11 ברגרסיות).	Weekly bus travels	כמות נסיעות אוטובוסים שבועית	11	משרד התחבורה
	Avg monthly unemployment percentage adjusted	אחוז אבטלה ארצי חודשי	12	הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה
ללא הגבלה/ מומלץ להישאר בבית/ חובה להישאר בבית/ למעט צרכים חיוניים / חובה להישאר בבית/ למעט מקרי חירום.	Avg daily stringency lockdown	ציון מדד קשיחות לסגר	13א	Our World in Data
ביחס לערך החיצוני של תחילת 2020, מיוצג כממוצע משוקלל של 7 הימים האחרונים.	Avg daily percentage change work-place arrival	שינוי באחוזי ההגעה למקומות העבודה	13ב	
ללא הגבלה/ מומלץ לא להגיע / חובה לא להגיע בחלק מהאזורים / חובה לא להגיע בכל האזורים.	Avg daily stringency schools	ציון מדד קשיחות בבית הספר	13ג	
ללא הגבלה/ מומלץ לא להגיע / חובה לא להגיע בחלק מהאזורים / חובה לא להגיע בכל האזורים.	Avg daily stringency work-place restrictions	הגבלות במקומות העבודה	13ד	
מתחילת פברואר 2020, כאשר השבוע הראשון התחיל ב-09.02.2020, כיוון שבאותה העת התפרצות מגפת הקורונה עלתה לראש סדר היום העולמי. מטרת משתנה זו הינה לבטא את השינוי בהתנהגות האנשים עם התקדמות המגיפה, כלומר לבחון האם ישנה השפעה של משך זמן המגפה על ההתנהגות בתחבורה ציבורית – מעין "מדד אדישות".	Weeks since start of pandemic	זמן מתחילת המגפה	14	משתנה סטטי
חושב ידנית בניהוי ערבי חג, שיש, שבת, ימי חג וימי בחירות.	No. of workdays	מספר ימי עבודה בשבוע	15	

טבלה 3 – משתנים מסבירים.

○ נתונים סטטיסטיים על המשתנים  
בטבלאות הבאות מוצגים מדדים דוגמת סטיית התקן, ממוצע וקורלציה<sup>14</sup>.

Table 4 - Data descriptive statistics

No.	Variable	Mean	Standard Error	Median	Standard Deviation
1	Avg weekly percentage Covid19 positives	1266.05	173.94	135.29	2179.52
2	Avg weekly new Covid19 positives	8862.38	1217.61	947	15256.62
6	Avg weekly critical patients	1481.91	165.64	374	2075.45
10	Total hospitalized	3204.05	317.87	1359	3982.90
11	Weekly bus travels	503816	8517.87	543191	106728.67
11.a	Early	1144.78	57.88	849	725.27
11.b	Intact	469700.92	8206.48	500085	102826.91
11.c	Late	7589.86	288.04	7510	3609.17
11.d	Not Authorized	5157.06	471.23	3196	5904.50
11.e	Not Performed	20223.38	728.22	19985	9124.62
12	Avg monthly unemployment percentage adjusted	4.36	0.05	4.3	0.62
13	Avg Stringency Index	37.66	2.57	50.13	32.17
13.a	Avg daily stringency lockdown	0.48	0.07	0	0.86
13.b	Avg daily percentage change work-place arrival	-15.74	1.31	-12.29	16.46
13.c	Avg daily stringency schools	1.10	0.08	1	1.02
13.d	Avg daily stringency work-place restrictions	1.16	0.09	1	1.07
15	No. of workdays	4.76	0.05	5	0.61

טבלה 4 – נתונים סטטיסטיים על נתוני המשתנים המסבירים.

<sup>14</sup> ראונספח 8.



## 3.2 אופן הניתוח

### 3.2.1 מודלי רגרסיה

בדומה לשימוש של לואן (2021) במודל רגרסיה כדי למדל את התנהגות הנוסעים בתחבורה הציבורית בזמן תקופת הקורונה, ייעשה שימוש גם בעבודה זו במודלי רגרסיה. בעזרת מודלים אלו ננסה לזהות את השפעתן המשתנים המסבירים שנבחרו.

#### ○ רגרסיה לינארית

משוואת הרגרסיה תהיה משוואה (1), כאשר את התועלת לנוסע נחליף בהחלטה בינארית – האם הנוסע הפוטנציאלי בחר להשתמש באוטובוס כאמצעי התחבורה בו יבצע את הנסיעה או שבחר באמצעי תחבורה אחר. כאשר נעבור לרמה האגרגטיבית (ברמת מספר נוסעים בשבוע), משמעות משתנה מוסבר זה תהא "כמות התיקופים השבועית", בהינתן המשתנים המסבירים שהוצגו בסעיף 4.1.2. מכיוון שמודל רגרסיה זה אינו לוקח בחשבון את כלל מורכבות המשתנים, ייתכן ולא יהיה חזק דיו בכדי להתאים לבעיה שלנו. עם זאת, הוא לכל הפחות יהווה בסיס להשוואה. בהמשך לבחינת נתוני המשתנים המסבירים, עלה כי קיימת קורלציה בין חלק מהמשתנים. מצב כזה, בו בין שני משתנים מסבירים או יותר קיימת תלות, נקרא "מולטי – קולינאריות" ויכולה להיות לו השפעה שלילית על מסקנות המחקר (שרייבר-גרבורי, 2018). דרך להתמודדות עם מצב זה היא בעזרת מודלי רגרסיה שמשתמשים בשיטות רגולריזציה, על כן נעשה שימוש במודלי רגרסיה נוספים והם Ridge, Lasso.

#### ○ רגרסיית Ridge

בשיטה זו, לפונקציית העלות מתווסף קנס בגודל ריבוע מקדמי הרגרסיה.

$$\sum_{i=1}^M (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^M \left( y_i - \sum_{j=0}^p w_j * x_{ij} \right)^2 + \lambda \sum_{j=0}^p w_j^2 \quad (2)$$

פונקציית העלות של רגרסיית Ridge.

בשיטה, מקדמי הרגרסיה מאולצים. הקנס,  $\lambda$ , גורם לכך שמתבצעת רגולריזציה בצורה כזו שאם המקדמים מקבלים ערכים גדולים, ערך פונקציית העלות גדל. זוהי רגולריזציה מסוג L2. רגרסיית Ridge מקטינה את מקדמים ועוזרת למודל להקטין את מורכבותו ולהתמודד עם המולטי – קולינאריות.

#### ○ רגרסיית Lasso

בשיטה זו, לפונקציית העלות מתווסף קנס בגודל הערך המוחלט של המקדמים.

$$\sum_{i=1}^M (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^M \left( y_i - \sum_{j=0}^p w_j * x_{ij} \right)^2 + \lambda \sum_{j=0}^p |w_j| \quad (3)$$

פונקציית העלות של רגרסיית Lasso.

גם בשיטה זו מקדמי הרגרסיה מאולצים, אך בשונה מ-Ridge, חלק מערכי המקדמים יכולים להתאפס ולגרום לכך שחלק מהמשתנים לא ייבחרו. זוהי רגולריזציה מסוג L1. כלומר כמו Ridge, רגרסיית Lasso יכולה לעזור במצב של תלות לינארית מרובה ובהקטנת מורכבות המודל ואף לבצע בחירת משתנים<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Feature selection

### 3.2.2 ניתוחים שבוצעו

בעבודה זו נבחנו 20 מודלי רגרסיה:

- **מודלי רגרסיה ברמה ארצית:**

- (1) רגרסיה לינארית - כלל המשתנים.
  - (1.1) רגרסיה לינארית - משתנים מובהקים.
- (2) רגרסיית Ridge – משתנים מובהקים.
- (3) רגרסיית Lasso – משתנים מובהקים.

- **מודלי רגרסיה לינארית ברמה בין – עירונית:**

- (4) אשכול תל-אביב – ירושלים, כלל הנסיעות.
  - (4.1) פרופיל שימוש – צעירים.
  - (4.2) פרופיל שימוש – ותיקים.
  - (4.3) פרופיל שימוש – כוחות הביטחון.
- (5) אשכול אשדוד – יבנה – תל-אביב, כלל הנסיעות.
  - (5.1) פרופיל שימוש – צעירים.
  - (5.2) פרופיל שימוש – ותיקים.
  - (5.3) פרופיל שימוש – כוחות הביטחון.

- **מודלי רגרסיה לינארית ברמה עירונית:**

- (6) אשכול ירושלים עירוני, כלל הנסיעות.
  - (6.1) פרופיל שימוש – צעירים.
  - (6.2) פרופיל שימוש – ותיקים.
  - (6.3) פרופיל שימוש – כוחות הביטחון.
- (7) אשכול באר-שבע עירוני, כלל הנסיעות.
  - (7.1) פרופיל שימוש – צעירים.
  - (7.2) פרופיל שימוש – ותיקים.
  - (7.3) פרופיל שימוש – כוחות הביטחון.

## 4. תוצאות

### 4.1 רגרסיה ארצית

- **רגרסיה לינארית**

א. רגרסיה לינארית 1 - בחינת השפעת המשתנים כפי שצינו לעיל על כמות התיקופים ברמה שבועית. נמצא כי ישנם חמישה משתנים אשר משפיעים באופן מובהק, משתנים אלו הם: ממוצע מאומתים חדשים יומי, כמות מאושפזים שבועי, מספר חולים קשה שבועי, מדד הקשיחות הכולל (ללא פירוק למרכיבים השונים) וזמן מתחילת המגפה. משתנים אלו הצליחו להסביר 78% מהשונות. המשתנים המובהקים בלבד הצליחו להסביר 76%.

ב. רגרסיה לינארית 2 - המשתנים המובהקים: בחינת המשתנים המובהקים מהרגרסיה הראשונה, את מרכיביו של מדד הקשיחות, כפי שפורטו לעיל, וכן את המשתנים: כמות ימי עבודה בשבוע, אחוז אבטלה ממוצע חודשי וכמות הנסיעות הכוללת באותו השבוע. ברגרסיה זו נבדקו גם המשתנים המייצגים את כמות האיחורים וההקדמות של אוטובוסים, כפי שסופקו לנו על ידי משרד התחבורה, זאת על מנת לבחון האם לאיחור או הקדמה יש השפעה על הבחירה לנסוע בתחבורה ציבורית. מהרגרסיה עלה כי השפעת משתנים אלו אינה מובהקת ולכן משתנים אלו לא נבדקו ברגרסיות שבוצעו בהמשך. בהתאמה להשערתנו בטרם ביצעו הרגרסיה, משתנה שהשפעתו מובהקת הינו כמות ימי העבודה בשבוע. בנוסף, משתנים המובהקים ברגרסיה זו: כמות מאומתים שבועית, כמות

הנסיעות הכוללת, כמות מאושפזים שבועית, ממוצע יומי של מדד הסגר, ממוצע יומי באחוזי השינוי הגעה לעבודה וממוצע יומי של מדד הקשיחות בבתי הספר. השפעת המשתנים כמות חולים קשה ואחוז האבטלה לא נראתה מובהקת. ברגרסיה זו הוסברה 91.6% מהשונות.

- **רגרסיית Ridge**

בשיטה זו נמצא כי אחוז השונות המוסברת הינו 93.48% וכי מדד R adjusted עומד על 92.68%. המשתנים שהשפעתם מובהקת הם: מספר מאושפזים, מדד הגבלות הסגר, אחוז השינוי בחזרה לעבודה, מדד ההגבלות בבתי הספר, מספר ימי העבודה בשבוע.

- **רגרסיית Lasso**

בשיטה זו, המשתנים שנמצאו מובהקים הם: מספר מאושפזים, מדד הגבלות הסגר, אחוז השינוי בחזרה לעבודה, מדד ההגבלות בבתי הספר, מספר ימי העבודה בשבוע. רגרסיה זו הצליחה להסביר 93.49% מהשונות ומדד R adjusted עומד על 92.69%.

כיוון שנמצא כי אחוז השונות המוסברת גבוה יותר עבור מודל הרגרסיה הלינארית, בניתוחים הבאים בוצע שימוש רק במודל רגרסיה לינארית ולא נעשה שימוש בשיטות Ridge ו-Lasso.

להלן סיכום תוצאות שלושת מודלי הרגרסיה:

Table 5 - Regression methods coefficients

No.	Variable	Linear Regression		Ridge Regression		Lasso Regression	
		$\beta_i$		$\beta_i$		$\beta_i$	
	intercept	4443257.14	*	4982921.35	*	4799472.35	*
1	Avg weekly percentage Covid19 positives	-985775700000000.00		6.70		345.18	
2	Avg weekly new Covid19 positives	140825100000000.00		48.18		0.00	
6	Avg weekly critical patients	-156.41		-145.48		- 158.35	
10	Total hospitalized	-158.15	*	-159.74	*	- 159.44	*
11	Weekly bus travels	- 54619.11		58856.09		- 2.36	
11.a	Early	54560.39		- 58926.56		-89.62	
11.b	Intact	54624.81		- 58849.81		8.56	
11.c	Late	54863.61		- 58618.49		239.67	
11.d	Not Authorized	54619.47		- 58860.10		-1.93	
11.e	Not Performed	54602.10		- 58874.37		-11.30	
12	Avg monthly unemployment percentage adjusted	500297.60	*	455269.30	*	453772.00	*
13	Avg Stringency Index	- 46630.82		- 43160.66		- 45041.47	
13.a	Avg daily stringency lockdown	- 779465.80	*	- 750002.00	*	- 780990.30	*
13.b	Avg daily percentage change work-place arrival	110763.60		115370.70		113750.90	
13.c	Avg daily stringency schools	- 441929.10		- 327044.00		- 396208.40	
13.d	Avg daily stringency work-place restrictions	1047327.00	*	847221.30		999987.30	*
15	No. of workdays	1288468.00		1189531.00		1218470.00	
$R^2$		93.71%		93.48%		93.49%	
Adjusted $R^2$		92.94%		92.68%		92.69%	

טבלה 5 – מקדמי הרגרסיות.  
(\*) השפעת המשתנה מובהקת,  $P \text{ value} < 0.05$ .

להלן סיכום תוצאות מודלי הרגרסיה ברמה בין – עירונית ועירונית:

Table 6 - Clusters - Regression coefficients

No.	Variable	Urban area		Inter-urban area	
		Be'er Sheba	Jerusalem	Ashdod – Yavne – Tel-Aviv	Jerusalem – Tel-Aviv
		$\beta_i$	$\beta_i$	$\beta_i$	$\beta_i$
	intercept	168544.41	* 520658.56 *	87319.30	* 49240.07 *
1	Avg weekly percentage Covid19 positives	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Weekly Covid19 positives	0.77	*	0.26	0.22 *
6	Avg weekly critical patients	1.63	-11.70	1.83	2.33 *
10	Total hospitalized	-3.89	*	-2.43	2.33 *
11	Weekly bus travels	5.34	*	4.63	* 5.01 *
12	Avg monthly unemployment percentage adjusted	1793.06	87842.41	-7960.30	-5288.04 *
13.a	Avg daily stringency lockdown	-7943.91	-56593.08	-3249.55	-1884.47
13.b	Avg daily percentage change work-place arrival	2777.61	* 19384.52 *	1408.84	* 255.78 *
13.c	Avg daily stringency schools	-15861.37	-70864.86	-7725.49	* -5560.96 *
13.d	Avg daily stringency work-place restrictions	-10846.88	-38656.86	-4457.10	-34.17
14	Weeks since start of pandemic	288.41	6162.00 *	296.55	* -174.63 *
15	No. of workdays	27789.91	* 163460.47 *	13659.75	* 232.06
Adjusted $R^2$		91.10%	86.30%	92.40%	90.30%

טבלה 6 – מקדמי הרגרסיה, לפי אשכולות.  
(\*) השפעת המשתנה מובהקת,  $P \text{ value} < 0.05$ .

#### 4.2 רגרסיה בין עירונית

בהמשך לניתוח השינוי בנסועה ברמה בין – עירונית ולשימוש במודלי הרגרסיה ברמה הארצית, יוצרו מודלי רגרסיה ברמה בין – עירונית, עבור האשכולות שנבחנו. הנתונים שנבחנו במודלים אלו היו גם כן ברמה שבועית, 157 רשומות אשר מייצגות את 157 השבועות בשנים 2019 – 2021.

#### • אשכול ירושלים – תל אביב

##### ○ כלל הנסיעות

המשתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת חיובית הם: חולים קשה, שינוי יומי בהגעה למקום העבודה וכמות הנסיעות הכוללת. המשתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת שלילית הם: כמות מאושפזים, כמות הגבלות בבתי ספר, אחוז אבטלה ארצי וכמות הזמן שעבר מתחילת המגפה. רגרסיה זו הצליחה להסביר 90.3% מהשונות.

##### ○ פרופילים

ניתן לראות כי בדומה לרגרסיית האשכול, גם עבור הפרופילים השונים, ישנה מובהקות עבור רבים מהמשתנים. באופן כללי ניתן לראות כי פרופילי כוחות הביטחון והוותיקים מתנהגים דומה לאשכול ללא ההבחנה בין הפרופילים וכי המשתנים הנבחנו מצליחים להסביר באופן טוב את השונות. בניגוד לפרופילים אלו, המשתנים הנבחנו הצליחו להסביר רק 73.8 אחוזים מהשונות אצל פרופיל הצעירים דבר המעיד על כך שהתאמת המודל הינה חלקית. משתנה המשפיע באופן מעניין על כמות הסליקות הינו הזמן שעבר מפרוץ המגפה, ניתן לראות כי עבור האשכול בכללי ועבור כל אחד מהפרופילים השונים, ישנה ירידה לאורך הזמן, בניגוד לציפייה שלנו שככל שנתקדם מפרוץ המגפה כך אנשים ישובו להשתמש בתחבורה הציבורית.

Table 7 - Usage Profiles – **Jerusalem - Tel-Aviv**

No.	Variable	Security Forces		Seniors		Youth	
		$\beta_i$		$\beta_i$		$\beta_i$	
	Intercept	5568.68	*	7385.57	*	3675.75	*
1	Avg weekly percentage Covid19 positives	0.00		0.00		0.00	
3	Weekly Covid19 positives	0.03	*	0.03	*	0.03	
6	Avg weekly critical patients	0.32	*	0.38	*	0.48	
10	Total hospitalized	-0.25	*	-0.28	*	-0.22	*
11	Weekly bus travels	0.80	*	0.05		1.88	*
12	Avg monthly unemployment percentage adjusted	81.73		-571.04	*	202.81	
13.a	Avg daily stringency lockdown	30.44		-155.48		-440.19	
13.b	Avg daily percentage change work-place arrival	40.85	*	35.91	*	-0.17	
13.c	Avg daily stringency schools	-864.80	*	-624.20	*	-715.60	
13.d	Avg daily stringency work-place restrictions	226.31		-293.52		-21.98	
14	Weeks since start of pandemic	-28.97	*	-10.89	*	-29.69	*
15	No. of workdays	-202.83		77.44		-120.01	
Adjusted $R^2$		88.80%		87.30%		73.80%	

טבלה 7 – מקדמי הרגרסיה, אשכול ירושלים - תל אביב, לפי פרופיל שימוש.  
 (\*) השפעת המשתנה מובהקת,  $P \text{ value} < 0.05$ .

• אשכול אשדוד – יבנה – תל אביב

○ כלל הנסיעות

המשתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת חיובית הם: כמות ימי העבודה בשבוע, זמן מתחילת המגפה, שינוי יומי בהגעה למקום העבודה וכמות הנסיעות הכוללת. המשתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת שלילית הם: כמות מאושפזים וכמות הגבלות בבתי ספר. רגרסיה זו הצליחה להסביר 92.4% מהשונות.

○ פרופילים

ניתן לראות כי ישנה הלימה עבור רוב המשתנים המובהקים ברגרסיית האשכול וברגרסיות הפרופילים. עבור פרופיל הצעירים ניתן להסביר פחות מ-80 אחוזים משונות המודל ועבור פרופיל כוחות הביטחון נמצא כי אין מובהקות לחיתוך המשתנים דבר המעיד על כך שככל הנראה נרצה להעמיק ולמצוא משתנים אחרים שמובהקותם גבוהה יותר ואשר יכולים להסביר את המודל בצורה טובה יותר על פני שימוש במודל זה. בניגוד לשני פרופילים אלו, מודל הרגרסיה של פרופיל הוותיקים מצליח להסביר 90.1 אחוזים מהשונות, והינו כמעט וזהה באופי השפעת המשתנים המובהקים על התנהגות אוכלוסייה זו.

Table 8 - Usage Profiles – **Ashdod – Yavne – Tel-Aviv**

No.	Variable	Security Forces		Seniors		Youth	
		$\beta_i$		$\beta_i$		$\beta_i$	
	intercept	3160.96		14908.07	*	19078.95	*
1	Avg weekly percentage Covid19 positives	0.00		0.00		0.00	
3	Weekly Covid19 positives	0.04		0.05		0.01	
6	Avg weekly critical patients	0.39	*	0.78	*	-0.18	
10	Total hospitalized	-0.42	*	-0.64	*	-0.57	*
11	Weekly bus travels	0.48	*	0.33	*	1.71	*
12	Avg monthly unemployment percentage adjusted	1078.24	*	-586.20		-1690.91	
13.a	Avg daily stringency lockdown	473.35		-71.41		-648.50	
13.b	Avg daily percentage change work-place arrival	141.69	*	182.52	*	67.75	
13.c	Avg daily stringency schools	-1389.13	*	-1206.41	*	-2545.02	*
13.d	Avg daily stringency work-place restrictions	705.49		-942.13		-1720.36	
14	Weeks since start of pandemic	4.14		26.26	*	155.07	*
15	No. of workdays	800.74	*	1359.75	*	198.36	
Adjusted $R^2$		81.40%		90.10%		79.70%	

טבלה 8 – מקדמי הרגרסיה, אשכול אשדוד – יבנה – תל אביב, לפי פרופיל שימוש.  
(\*) השפעת המשתנה מובהקת,  $P \text{ value} < 0.05$ .



### 4.3 רגרסיה עירונית

- אשכול ירושלים

- כלל הנסיעות

המשתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת חיובית הם: כמות ימי העבודה בשבוע, שינוי יומי בהגעה למקום העבודה וזמן מתחילת המגיפה. לא נמצאו משתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת שלילית. רגרסיה זו הצליחה להסביר 86.3% מהשונות.

- פרופילים

במודל הרגרסיה לאשכול המאוחד, נמצאו שלושה משתנים בעלי השפעה מובהקת, כמות ימי העבודה, השינוי באחוז ההגעה לעבודה והזמן שעבר מפרוץ המגפה שהביע את חזרת האוכלוסייה לשימוש בתחבורה הציבורית, מודל זה הצליח להסביר 86.3 אחוזים מהשונות והיה בעל מובהקות לחיתוך בין המשתנים השונים. אך בניגוד לזאת, מודלי הרגרסיה עבור פרופילי הצעירים וכוחות הביטחון הצליחו להסביר שונות נמוכה יותר ולא קיימת מובהקות עבור החיתוך בין המשתנים השונים. מודל הרגרסיה של פרופילי הוותיקים הצליח להסביר כמעט 87 אחוזים מהשונות אך ישנם גורמים בעלי מובהקות חיובית אשר אינם בהכרח מסתדרים עם ההיגיון כמו כמות המאומתים השבועי וכמות החולים קשה באותו השבוע.

Table 9 - Usage Profiles – **Jerusalem area**

No.	Variable	Security Forces		Seniors		Youth	
		$\beta_i$		$\beta_i$		$\beta_i$	
	intercept	9163.94		126665.03	*	41507.02	
1	Avg weekly percentage Covid19 positives	0.00		0.00		0.00	
3	Weekly Covid19 positives	0.06		0.87	*	2.55	
6	Avg weekly critical patients	1.12		5.45	*	-15.17	
10	Total hospitalized	-1.36	*	-6.47	*	-10.93	
11	Weekly bus travels	0.32	*	0.39		2.87	
12	Avg monthly unemployment percentage adjusted	6251.51	*	6634.22		93958.80	*
13.a	Avg daily stringency lockdown	894.87		-876.77		-48581.94	*
13.b	Avg daily percentage change work-place arrival	455.54	*	1643.98	*	7342.69	*
13.c	Avg daily stringency schools	-2789.77		-20490.69	*	-45046.63	
13.d	Avg daily stringency work-place restrictions	-1414.74		-12242.98		28231.03	
14	Weeks since start of pandemic	131.02	*	277.23		1732.66	*
15	No. of workdays	1562.51		15494.26	*	55398.21	*
Adjusted $R^2$		81.80%		86.80%		81.00%	

טבלה 9 – מקדמי הרגרסיה, אשכול ירושלים, לפי פרופיל שימוש.  
 (\*) השפעת המשתנה מובהקת,  $P \text{ value} < 0.05$ .

- **אשכול באר שבע**

- **כלל הנסיעות**

המשתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת חיובית הם: כמות ימי העבודה בשבוע, שינוי יומי בהגעה למקום העבודה וכמות הנסיעות הכוללת.  
המשתנים שהשפעתם נמצאה מובהקת שלילית הם: כמות מאושפזים.  
רגרסיה זו הצליחה להסביר 91.1% מהשונות.  
לפי מקדמי הרגרסיה אפשר לראות כי השפעת הגורמים אשר קשורים ישירות למגיפה משפיעים משמעותית פחות מאשר אלו הקשורים לצורך ההגעה לעבודה, כמו כמות ימי העבודה השבועיים והשינוי היומי בהגעה למקום העבודה.

- **פרופילים**

ניתן לראות כי המשתנים המובהקים ברגרסיית האשכול האחד, מובהקים גם כן עבור כוחות הביטחון ועבור הוותיקים, בנוסף למשתנים אלו, ישנם משתנים מובהקים נוספים אשר זהים לשני סוגי הפרופילים כמו ממוצע יומי של מדד הקשיחות בבתי הספר וכמות החולים הקשים באותו השבוע. מקדם האדישות היה מובהק רק ברגרסיית כוחות הביטחון, דבר אשר שונה מצפיותינו כיוון שאלו המשיכו לפעול באופן סדיר גם במהלך תקופת הקורונה. מודל הרגרסיה עבור פרופיל הצעירים הצליח להסביר רק כ-80 אחוזים מהשונות וישנם רק שלושה משתנים אשר נמצאו מובהקים, כמות הנסיעות הכוללת, כמות המאושפזים השבועית ושינוי באחוזי ההגעה למקום העבודה.

Table 10 - Usage Profiles – Be'er Sheba area

No.	Variable	Security Forces		Seniors		Youth	
		$\beta_i$		$\beta_i$		$\beta_i$	
	Intercept	12720.53	*	56024.35	*	46323.23	*
1	Avg weekly percentage Covid19 positives	0.00		0.00		0.00	
3	Weekly Covid19 positives	0.01		0.18	*	0.22	
6	Avg weekly critical patients	0.60	*	2.90	*	-0.34	
10	Total hospitalized	-0.49	*	-2.06	*	-1.53	*
11	Weekly bus travels	0.43	*	1.18	*	1.01	*
12	Avg monthly unemployment percentage adjusted	234.32		249.17		-3142.40	
13.a	Avg daily stringency lockdown	228.04		-328.52		-3340.13	
13.b	Avg daily percentage change work-place arrival	210.79	*	571.80	*	609.64	*
13.c	Avg daily stringency schools	-1789.74	*	-6450.03	*	-3580.36	
13.d	Avg daily stringency work-place restrictions	-65.09		-4382.10		2521.46	
14	Weeks since start of pandemic	42.46	*	22.79		26.27	
15	No. of workdays	808.05	*	4276.15	*	2146.47	
Adjusted $R^2$		86.50%		91.50%		80.30%	

טבלה 10 – מקדמי הרגרסיה, אשכול באר שבע, לפי פרופיל שימוש.  
 (\*) השפעת המשתנה מובהקת,  $P \text{ value} < 0.05$ .

## 5. סיכום

### 6.1 דיון ומסקנות

מכלל הניתוחים שבוצעו, אשר כללו פילוח ארצי, עירוני, בין עירוני וחלוקה לפרופילי שימוש, עולות מסקנות שונות.

עפ"י ניתוח האשכולות, ניתן לראות כי אשכול ירושלים - תל אביב חווה ירידה מובהקת בכמות הסליקות השבועית. אמנם באשכול זה כמות הסליקות הייתה קטנה יחסית מלכתחילה (כ-52 אלף סליקות לשבוע בממוצע), אך כמות זו ירדה בסוף שנת 2021 לכ-20 אלף סליקות לשבוע בממוצע. כלומר הנוסעים החליטו להחליף את אמצעי התחבורה בו הם משתמשים לנסיעה בקו זה, ייתכן שלאמצעי תחבורה ציבורית אחר (למשל רכבת ישראל שחידשה את פעילות הקו הישיר בין ים לת"א) או אף לרכב פרטי.

מאידך, ניתן להיווכח כי אשכולות אחרים הצליחו להתאושש מהירידה בכמות הסליקות שחוו באותה התקופה. כמות הסליקות השבועית הממוצעת באשכול באר שבע בסוף שנת 2021 עולה משמעותית (נמוכה בכ-22% בהשוואה לכמות טרם פרוץ המגפה), וכמות הסליקות באזור ירושלים כמעט ושווה לכמות טרם פרוץ המגפה (נמוכה בכ-4.5% בהשוואה לכמות טרם פרוץ המגפה). ייתכן שבאשכולות אלו ננקטו צעדים לטיפול בנושא, ובמידה וכן יש לבדוק יישום צעדים אלו גם באשכולות אחרים.

בניית מודלי הרגרסיה והרצתם הניבו גם הם מסקנות מגוונות אשר יש לקחת בחשבון. ברמה הארצית, ממוצע החולים הקשים באותו השבוע (אשר היה משתנה מסביר פוטנציאלי) איננו משתנה מובהק, ככל הנראה מכיוון ולאורך המגפה כמות החולים הקשים שהיוותה את הסף להרתעה בתחילת המגיפה השתנתה מגל לגל. מן הצד השני, אחוז האבטלה הארצי החודשי הינו משתנה מובהק בכלל הרגרסיות בפילוח זה (עלייה של 1% באחוז האבטלה גוררת עלייה של כ-500 אלף סליקות). ייתכן והדבר נובע עקב נסיעות של מחפשי עבודה.

בשלב זה נערכה השוואה בין הרגרסיות השונות, ובה התקבל כי הרגרסיה הלינארית היא החזקה ביותר מבין הרגרסיות שנערכו (מסבירה כ-93% מהשונות לעומת כ-92.6% ו-92.7% עבור רגרסיות Ridge ו-Lasso בהתאמה). לכן, בחרנו להתקדם עם הרגרסיה הלינארית בביצוע הרגרסיות ברמות הבאות.

ברמת האשכול, השינוי באחוזי ההגעה למקומות עבודה הינו משתנה מובהק המשותף לכל הרגרסיות, וככל שמשתנה זה עולה, כמות הסליקות עולה גם היא (למשל, באשכול ירושלים, עלייה ב-1% באחוז השינוי בהגעה לעבודה, גוררת עלייה של כ-20 אלף סליקות). כלומר, אפשר לקשור את השימוש באוטובוסים להגעה למקומות העבודה ברמה השבועית.

כמו כן, כמות ימי העבודה בשבוע היא משתנה מובהק בכלל האשכולות (פרט לאשכול ירושלים תל-אביב), כלומר ככל שכמות ימי העבודה בשבוע עולה, כך גם מספר הסליקות באותו אשכול עולה (עבור כל יום עבודה נוסף כמות הסליקות בב"ש, בירושלים ובאשדוד-יבנה-ת"א עולה בכ-28 אלף, 164 אלף ו-14 אלף בהתאמה). תוצאה זו נובעת ככל הנראה מהעובדה כי ככל שכמות ימי העבודה בשבוע עולה, כך גם ההסתברות להגעה פיזית למקום העבודה עולה, וזהו משתנה מובהק גם כן. בנוסף, אחוז האבטלה הארצי החודשי הינו משתנה מובהק רק באשכול ירושלים תל-אביב, כלומר ככל שאחוז האבטלה עולה כך כמות התיקופים יורדת (ירידה של כ-5288 סליקות לכל עלייה של 1% באחוז האבטלה). ייתכן שקו זה משמש בעיקר לנסיעות למטרות עבודה. יש לציין גם כי תוצאה זו שונה מהתוצאה שהתקבלה עבור הניתוח הארצי.

תוצאות הרגרסיות באשכולות השונים עמדו על כ-92.4% שונות מוסברת באשכול אשדוד-יבנה-ת"א, כ-91.1% שונות מוסברת באשכול ב"ש, כ-90.3% שונות מוסברת באשכול ירושלים-ת"א וכ-86.3% שונות מוסברת באשכול ירושלים עירוני. כלומר, התוצאות עבור כלל האשכולות פרט לאשכול ירושלים עירוני היו גבוהות יחסית, ודומות לתוצאות שהתקבלו ברגרסיה הארצית.

ברמת הפרופילים, התוצאות שהתקבלו שונות באופן ניכר מהתוצאות שקיבלנו ברמת האשכול וברמה הארצית. ניתן לראות כי ההגבלות בבתי הספר משפיעות באופן מובהק על כוחות הביטחון ואוכלוסיית הותיקים באשכולות השונים, ועל אוכלוסיית הצעירים באשכול אשדוד-יבנה-ת"א (למשל, שינוי במדד זה באשכול אשדוד-יבנה-ת"א גורר ירידה של כ-2500 סליקות בקרב צעירים, ובאשכול ירושלים עירוני לירידה של כ-20 אלף סליקות בקרב ותיקים).

בנוסף, רוב המשתנים המובהקים בכלל הרגרסיות ברמה זו לא היו מובהקים עבור פרופיל הצעירים, אשר מכיל בתוכו הן צעירים מתחת לגיל 18 והן סטודנטים, כלומר משתנים אלו לא הצליחו להסביר את השינוי בנסועה בקרב אוכלוסייה זו בצורה טובה. ייתכן והסיבה לכך היא איגוד הצעירים מתחת לגיל 18 והסטודנטים תחת קבוצה אחת, שכן האלטרנטיבות שהוצעו במוסדות ההשכלה היו שונות לכל אחת מתתי הקבוצות הללו.

מבין שלוש קבוצות הפרופילים שנבחנו באשכולות השונים, ניתן להסביר בצורה הטובה ביותר את פרופיל הותיקים, ולעיתים בצורה טובה כמו ברגרסיות שבוצעו ברמה הארצית וברמת האשכול (באשכול ב"ש, אחוז השונות המוסברת עבור פרופיל זה עמד על כ-91.5%). עם זאת, התוצאות עבור הרגרסיות ברמה זו נמוכות בהשוואה לרגרסיות הקודמות.

על אף התוצאות הגבוהות שהתקבלו עבור הרגרסיה ברמה הארצית, אנו סבורים כי רמת גרנולריות זו גבוהה מדי, שכן ברמת האשכול המשתנים המסבירים מתחלפים בין אשכול לאשכול. למרות זאת, רמת גרנולריות נמוכה יותר (רמת הפרופילים) גוררת תוצאות נמוכות יותר, ולכן אנו מאמינים כי הרמה הנכונה בה יש להתייחס לרגרסיות שבוצעו היא לכל הפחות רמת האשכול.

## 6.2 המלצות

אנו מאמינים כי יש להמשיך ניתוח זה, תוך שקילת הצעדים להמשך, ובראשם השלמת המידע משנת 2022 בה בוצעה בהדרגה חזרה לשגרה טרם המגיפה לרבות הסרת כלל ההגבלות, והשוואתו למידע שבניתוח זה. אנו ממליצים בנוסף על בחינת אשכולות נוספים כדוגמת אשכולות בהם הייתה התפרצות גדולה של קורונה והודקו ההגבלות בתקופת הסגרים (למשל בני-ברק), שכן ייתכן ואלו יוכלו להתאים למודל בצורה טובה יותר. בנוסף, ייתכן ובחינת פרופילים שונים ונוספים תוכל לספק מסקנה שונה על השפעת הקורונה (כלומר, ייתכן והשפיעה על אוכלוסיות שלא נבדקו בניתוח זה). חשוב לציין כי כלל הניתוחים שנערכו בוצעו בהקשר לאמצעי תחבורה ציבורית יחיד (אוטובוס), וייתכן כי בחינת אמצעי תחבורה ציבורית אחרים כגון הרכבת יכולים לספק גם הם חלקים חסרים בתמונה הכוללת.

מעבר לכך, אנו ממליצים לבחון משתנים נוספים אשר לא לקחנו בחשבון בניתוח זה, כגון שיעור המעבר לעבודה מהבית בשנת 2022 (עבודה היברידית) ושיעור השיעורים אשר מועברים בצורה היברידית במוסדות החינוך. כמו כן, סקר רלוונטי בנושא, למשל בקרב צעירים וסטודנטים, יכול לעזור להבין טוב יותר את ההבדלים בין האשכולות והפרופילים השונים. למעשה, בימים אלו משרד התחבורה עורך סקר נרחב בנוגע להרגלי השימוש בתחבורה, וייתכן כי סקר זה יוכל לנפק משתנים מסבירים נוספים ואף להסביר את ההתנהגות השונה.

לבסוף, נציין כי הבחירה בשיטת הרגרסיה הלינארית בוצעה על סמך תוצאות הניתוח הארצי, כאשר רגרסיות רידג' ולאסו לא הורצו בעת הפילוח לאשכולות או לפרופילים. אנו ממליצים על הרצת השיטות השונות בכל אחד מהפילוחים הללו, למען השוואת השיטה הלינארית גם בניתוחים אלו.

## 6. ביבליוגרפיה

- אגד תעבורה (ל.ת.) מידע כללי – רב קו. <https://www.egged.co.il/%D7%A8%D7%91-%D7%A7%D7%95%D7%A0%D7%97%D7%99%D7%95%D7%AA%20%D7%9C%D7%AA%D7%9B%D7%A0%D7%95%D7%9F%20%D7%AA%D7%97%D7%91%D7%95%D7%A8%D7%94%20%D7%A6%D7%99%D7%91%D7%95%D7%A8%D7%99%D7%AA.pdf>
- אסחאק, ר. (2017, ספטמבר 26). הנחיות לתכנון ותפעול – שירות תחבורה ציבורית באוטובוסים. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים. [https://www.gov.il/BlobFolder/policy/guidelines\\_for\\_public\\_transport\\_planning/he/%D7%94%D7%A0%D7%97%D7%99%D7%95%D7%AA%20%D7%9C%D7%AA%D7%9B%D7%A0%D7%95%D7%9F%20%D7%AA%D7%97%D7%91%D7%95%D7%A8%D7%94%20%D7%A6%D7%99%D7%91%D7%95%D7%A8%D7%99%D7%AA.pdf](https://www.gov.il/BlobFolder/policy/guidelines_for_public_transport_planning/he/%D7%94%D7%A0%D7%97%D7%99%D7%95%D7%AA%20%D7%9C%D7%AA%D7%9B%D7%A0%D7%95%D7%9F%20%D7%AA%D7%97%D7%91%D7%95%D7%A8%D7%94%20%D7%A6%D7%99%D7%91%D7%95%D7%A8%D7%99%D7%AA.pdf)
- בניטה, ר. (2020, יוני 18). תפקוד התחבורה הציבורית בתקופת התפרצות נגיף הקורונה ובמסגרת החזרה לשגרה בצלו. הכנסת, מרכז המחקר והמידע. [https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/512a96c1-10a3-ea11-8115-00155d0af32a/2\\_512a96c1-10a3-ea11-8115-00155d0af32a\\_11\\_15092.pdf](https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/512a96c1-10a3-ea11-8115-00155d0af32a/2_512a96c1-10a3-ea11-8115-00155d0af32a_11_15092.pdf)
- בקר, א. (2019, ינואר 29). התחבורה הציבורית בישראל – חומר רקע, מוגש לוועדת הכלכלה, לקראת סדרת דיונים בנושא קידום התחבורה הציבורית. הכנסת, מרכז המחקר והמידע. [https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/8d9b9a37-4aea-e711-80da-00155d0ad651/2\\_8d9b9a37-4aea-e711-80da-00155d0ad651\\_11\\_8677.pdf](https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/8d9b9a37-4aea-e711-80da-00155d0ad651/2_8d9b9a37-4aea-e711-80da-00155d0ad651_11_8677.pdf)
- הכנסת. (2021, אוגוסט). הצעת תקציב – משרד התחבורה, שנות הכספים 2021 – 2022. <https://m.knesset.gov.il/About/documents/budget/Budget24-Transportation.pdf>
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2020, דצמבר 25). מחולל הלוחות של הסקר החברתי. <https://surveys.cbs.gov.il/Survey/survey.htm>
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2021, דצמבר 22). רבעון לסטטיסטיקה של תחבורה מס' 4. [https://www.cbs.gov.il/he/publications/DocLib/2021/rt0421/h\\_print.pdf](https://www.cbs.gov.il/he/publications/DocLib/2021/rt0421/h_print.pdf)
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2022, אפריל 30). נתונים מסקר כוח אדם לחודש דצמבר ולשנת 2021. <https://www.cbs.gov.il/he/mediarelease/pages/2022/%D7%A0%D7%AA%D7%95%D7%A0%D7%99%D7%9D-%D7%9E%D7%A1%D7%A7%D7%A8-%D7%9B%D7%95%D7%97-%D7%90%D7%93%D7%9D-%D7%9C%D7%97%D7%95%D7%93%D7%A9-%D7%93%D7%A6%D7%9E%D7%91%D7%A8-%D7%95%D7%9C%D7%A9%D7%A0%D7%AA-2021.aspx>
- הרשות הארצית לתחבורה ציבורית. (2020, מרץ 20). רכבת ישראל תדלל את הנסיעות [הודעה לעיתונות]. [https://www.gov.il/he/departments/news/israel\\_railways\\_20\\_03\\_20](https://www.gov.il/he/departments/news/israel_railways_20_03_20)
- מאגרי המידע הממשלתיים. (ל.ת.) Data Gov. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים. [https://data.gov.il/organization/ministry\\_of\\_transport](https://data.gov.il/organization/ministry_of_transport)
- משרד הבריאות (ל.ת.) נגיף הקורונה בישראל – תמונת מצב כללית, בדיקות, אחוז נבדקים חיוביים. <https://datadashboard.health.gov.il/COVID-19/general?tileName=positiveTestsPercentage>
- משרד מבקר המדינה ונציבות תלונות הציבור. (2016, נובמבר 1). דוח שנתי 67א - משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, הכנה וביצוע של התקציב להשגת מטרות המשרד. <https://www.mevaker.gov.il/sites/DigitalLibrary/Documents/67a/2016-67a-409-Tachziv.pdf>
- משרד מבקר המדינה ונציבות תלונות הציבור. (2019, מרץ 13). דוח מיוחד – משבר התחבורה הציבורית בישראל. <https://www.mevaker.gov.il/sites/DigitalLibrary/Documents/special/2019-Transport/2019-Transport-100-Mavo.pdf>

- נסועה. (ל.ת.). האקדמיה ללשון העברית. אוחר דצמבר 25, 2021 מתוך <https://hebrew-academy.org.il/keyword/%D7%A0%D6%B0%D7%A1%D7%95%D6%BC%D7%A2%D6%B8%D7%94>
- נתיבי איילון. (2021, ספטמבר). דו"ח חצי שנתי לשנת 2021. <https://www.ayalohw.co.il/wp-content/uploads/2021/10/%D7%93%D7%95%D7%97-%D7%91%D7%A7%D7%A8%D7%94-%E2%80%93%D7%A0%D7%AA%D7%99%D7%91%D7%99-%D7%90%D7%99%D7%99%D7%9C%D7%95%D7%9F-%D7%97%D7%A6%D7%99%D7%95%D7%9F-%D7%90-2021.pdf>
- נתיבי איילון. (2021, פברואר). דו"ח שנתי מסכם לשנת 2021, בקרת תנועה נתיבי איילון. <https://www.ayalohw.co.il/wp-content/uploads/2021/04/%D7%93%D7%95%D7%97-%D7%A9%D7%A0%D7%AA%D7%99-%D7%A9%D7%9C-%D7%9E%D7%A8%D7%9B%D7%96-%D7%94%D7%91%D7%A7%D7%A8%D7%94-2020.pdf>
- Hannah Ritchie, Edouard Mathieu, Lucas Rodés-Guirao, Cameron Appel, Charlie Giattino, Esteban Ortiz-Ospina, Joe Hasell, Bobbie Macdonald, Diana Beltekian and Max Roser (2020) - "Coronavirus Pandemic (COVID-19)". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/coronavirus> .
- Hausman, J. A., Leonard, G. K., & McFadden, D. (1995). A utility-consistent, combined discrete choice and count data model assessing recreational use losses due to natural resource damage. *Journal of Public Economics*, 56(1), 1-30.
- Keller Lynn, C. (2021, December 8). It's the errands, not the commute: What's really driving Israel's traffic crisis. The Times Of Israel. Retrieved December 25, 2021 from <https://www.timesofisrael.com/its-the-errands-not-the-commute-whats-really-driving-israels-traffic-crisis/>
- Luan, S., Yang, Q., Jiang, Z., & Wang, W. (2021). Exploring the impact of COVID-19 on individual's travel mode choice in China. *Transport Policy*, 106, 271-280.
- Schreiber-Gregory, D. N. (2018). Ridge Regression and multicollinearity: An in-depth review. *Model Assisted Statistics and Applications*, 13(4), 359-365.
- Wang, K. Y. (2014). How change of public transportation usage reveals fear of the SARS virus in a city. *PloS one*, 9(3), e89405.
- Waze. (2021). Keeping Waze Updated During the COVID-19 Outbreak. Retrieved December 25, 2021 from <https://www.waze.com/covid19>

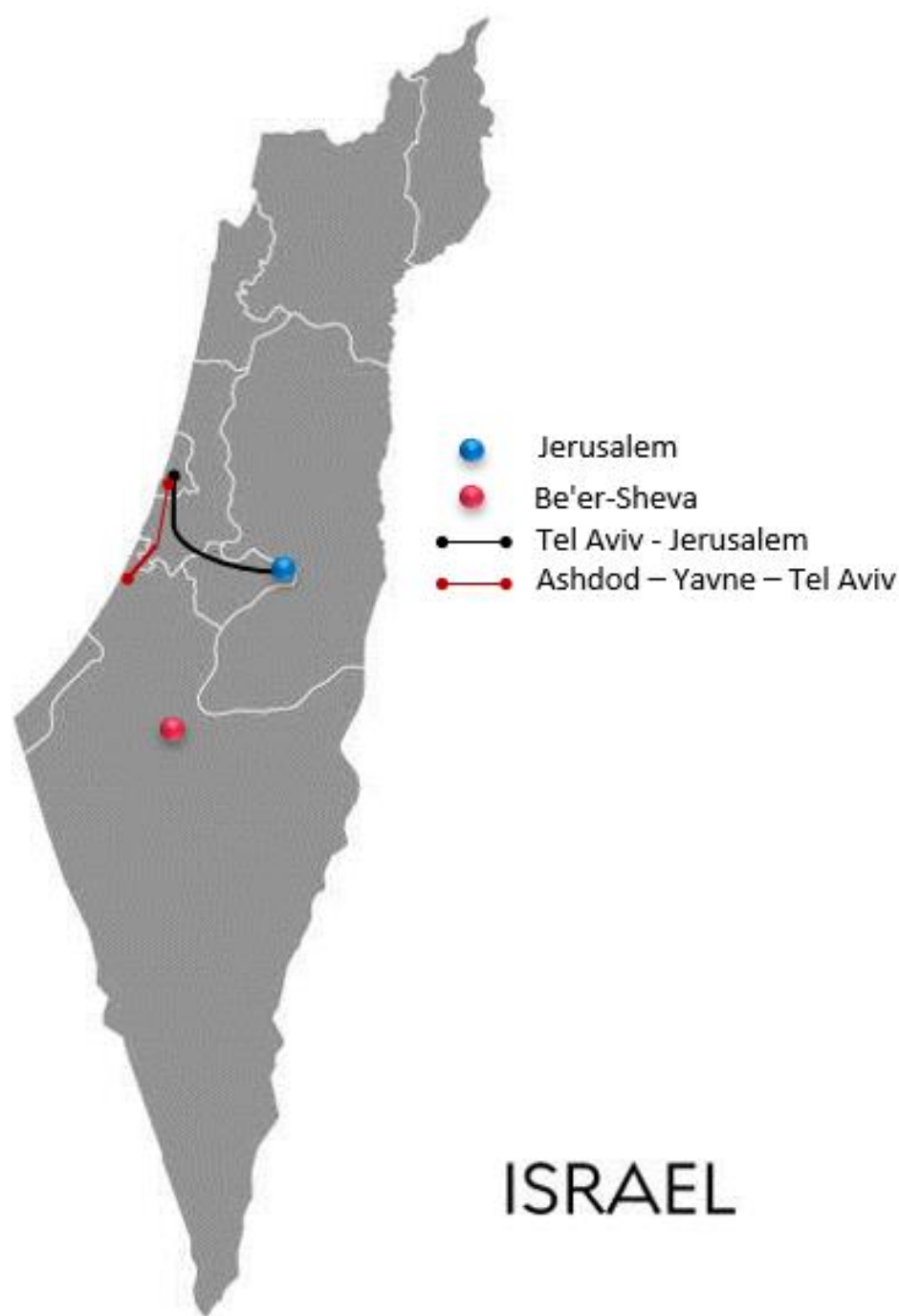


## 7. נספחים

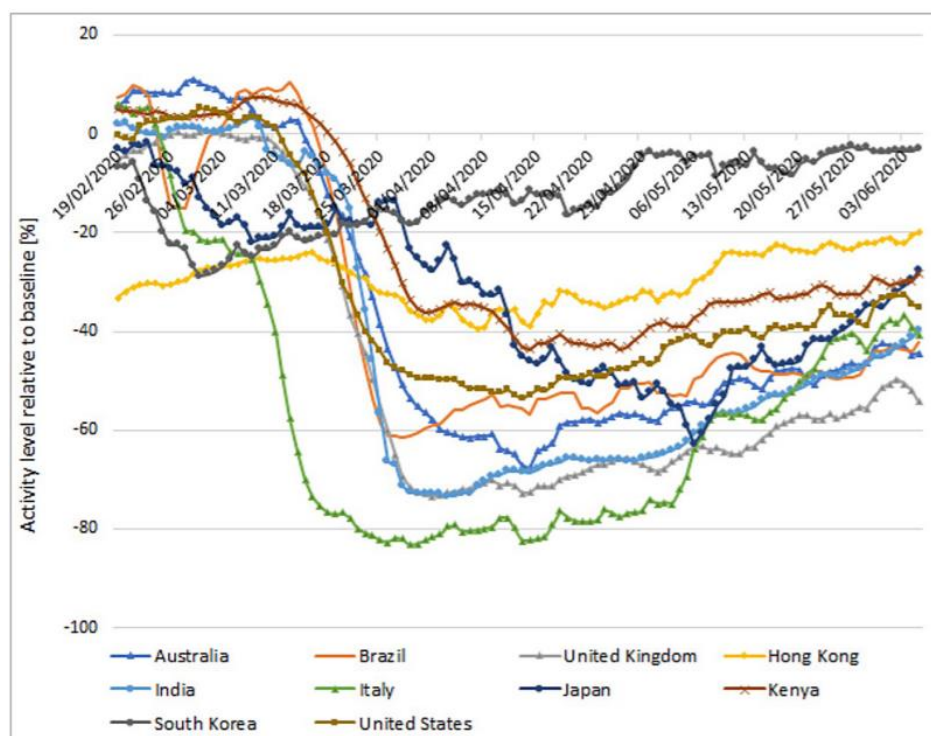
את כל הנתונים בהם השתמשנו עבור הרגרסיות, כמו גם את קובץ קוד הפיתוח ששימש ליישום חלק ממודלי הרגרסיה, ניתן למצוא בתיקייה:

<https://github.com/GalZivoni/TAU-2022-Project-Public-Transportation>

7.1 תיאור גאוגרפי של האשכולות הנבחרים.

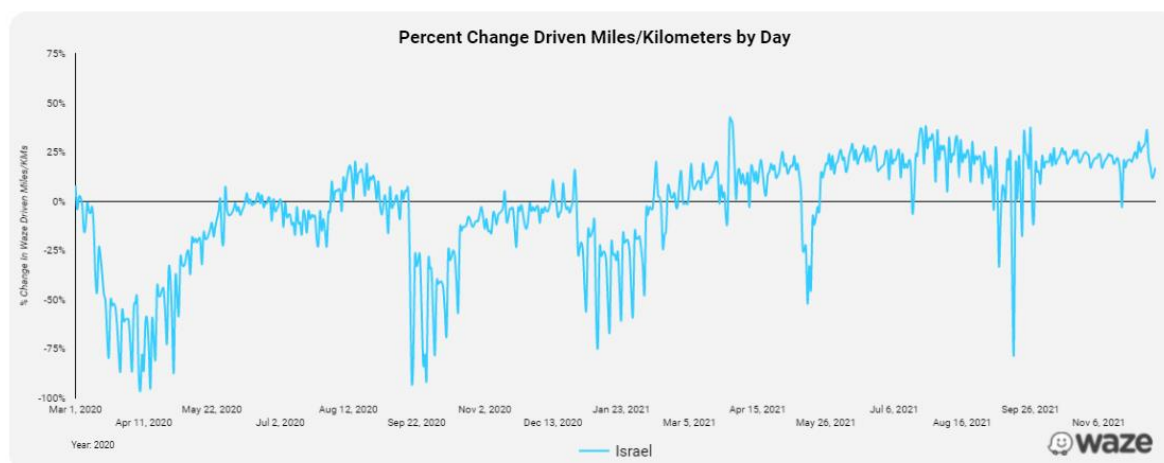


7.2 שינוי בנסועה בתחבורה ציבורית במדינות שונות בעולם בעקבות מגפת הקורונה.



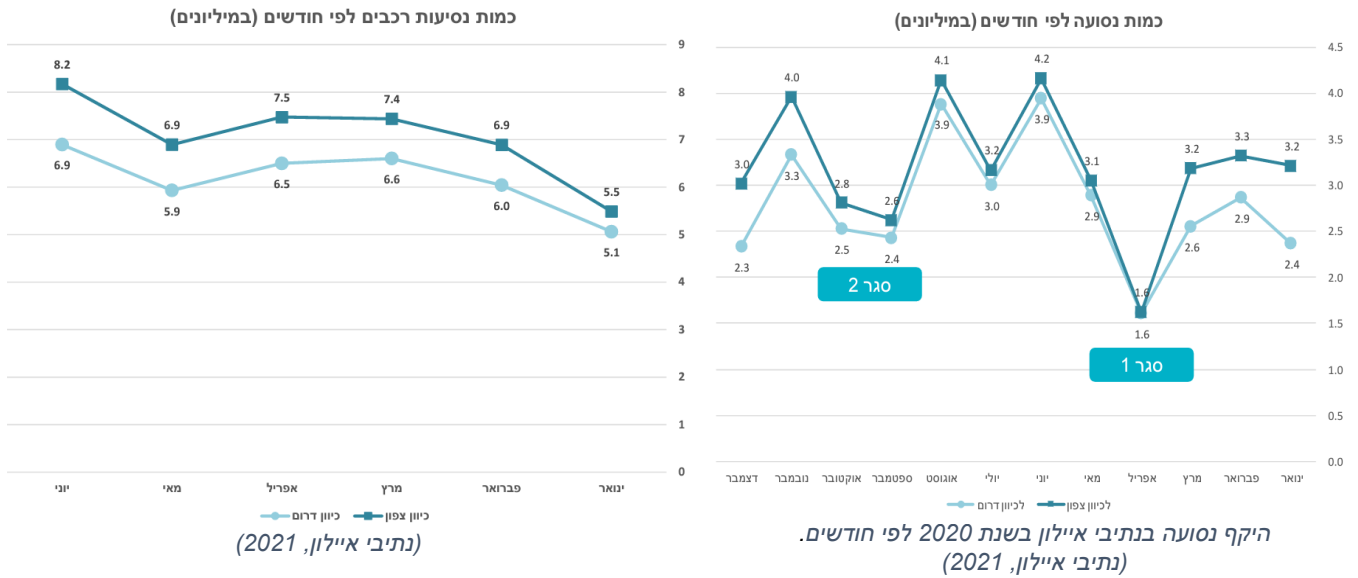
שינוי בנסועה בתחבורה ציבורית במדינות שונות בעולם (Tirachini & Cats, 2020)

7.3 השינוי בנסועה ברמה הארצית.

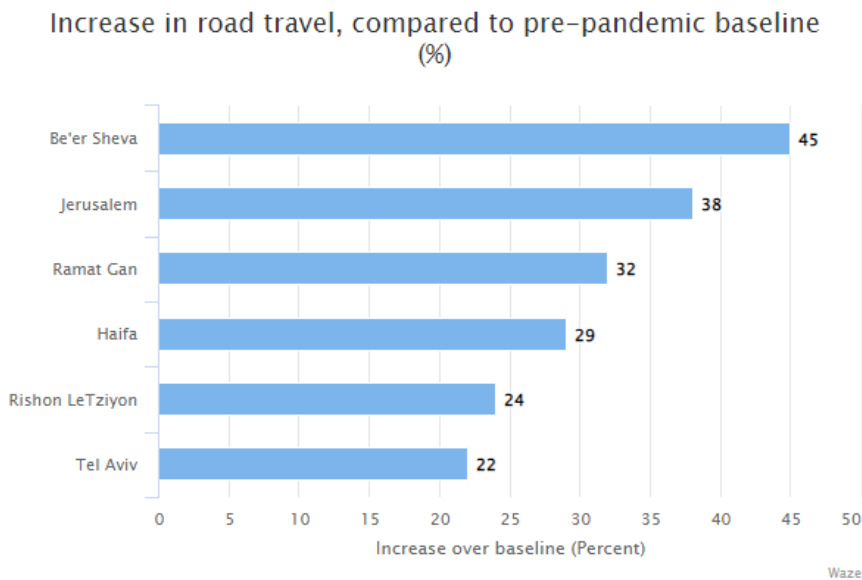


שינוי יומי באחוז נסועה לפי קילומטר החל ממרץ 2020. (WAZE, 2021)

## 7.4 היקפי נסועה בנתיבי איילון.



## 7.5 ניתוח היקפי הנסועה בערים מרכזיות.

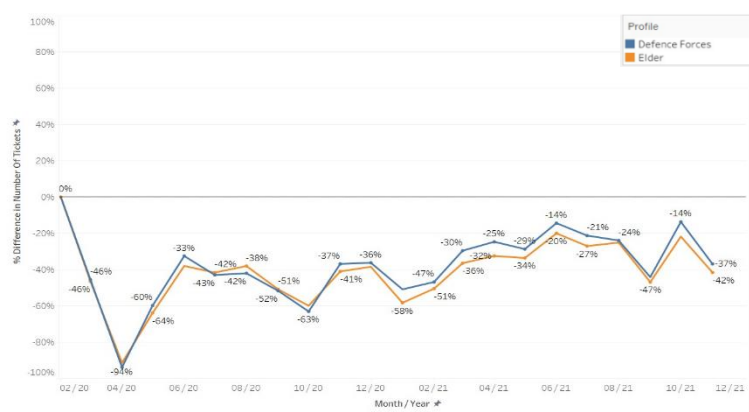


בעלייה בעומס בכבישים באחוזים, בהשוואה לתקופת טרום הקורונה.  
(THE TIMES OF ISRAEL, 2021)

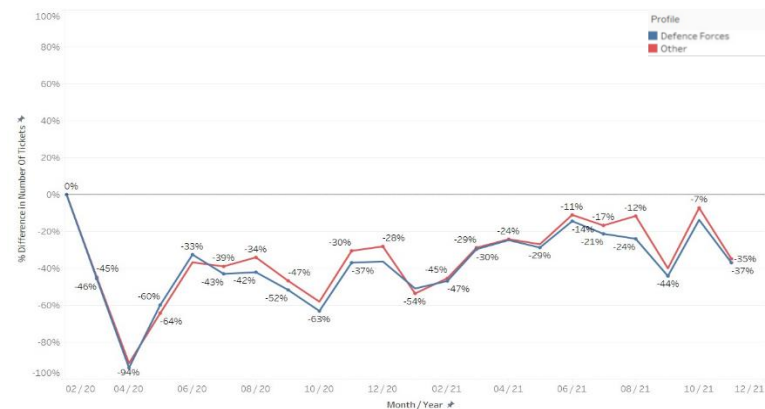
7.6 על מנת לבצע ניתוח אשר בוחן את השינוי בשימוש בתחבורה ציבורית, חולקה תקופת הזמן מהתפרצות מגפת הקורונה ועד היום למספר תקופות:

1. תקופת טרום הקורונה: 1.2019 - 2.2020 .
2. תקופת תחילת התפרצות מגפת הקורונה וטרום הסגר הראשון: 26.2.2020 - 25.3.2020 .
3. תקופת הסגר הראשון: סגר הרמטי, צמצום תחבורה למינימום, ביטול תחבורה ציבורית בין שמונה בערב לחמש בבוקר וביטול תחבורה ציבורית בסופי שבוע: 26.3.2020 – 3.5.2020 .
4. לאחר סיום הסגר הראשון וטרום הסגר השני: 4.5.2020 - 17.9.2020 .
5. תקופת הסגר השני: 18.9.2020 - 17.10.2020 .
6. לאחר הסגר השני וטרום הסגר השלישי: 18.10.2020 – 26.12.2020 .
7. תקופת הסגר השלישי: 27.12.2020 – 7.2.2021 .
8. לאחר הסגר השלישי: 8.2.2021 ועד היום.

7.7 ניתוח שינוי השימוש בתחבורה הציבורית לפי פרופילי שימוש.



איור 15- שינוי שימוש חודשי לפי פרופילים  
(Data Gov, 2021)



איור 14- שינוי שימוש חודשי לפי פרופילים  
(Data Gov, 2021)

7.8 ניתוח קורלציה.

Correlation																	
	Avg weekly percentage Covid19 positives	Avg weekly new Covid19 positives	Avg weekly critical patients	Total hospitalized	Avg Stringency Index	Avg daily stringency lockdown	Avg daily percentage change work-place arrival	Avg daily stringency schools	Avg daily stringency work-place restrictions	No. of workdays	Avg monthly unemployment percentage adjusted	Early	Intact	Late	Not Authorized	Not Performed	Weekly bus travels
Avg weekly percentage Covid19	1																
Avg weekly new Covid19 positives	1	1															
Avg weekly critical	0.86	0.86	1														
Total hospitalized	0.88	0.88	0.91	1													
Avg Stringency	0.49	0.49	0.64	0.69	1												
Avg daily stringency	0.23	0.23	0.34	0.45	0.71	1											
Avg daily percentage change	-0.52	-0.52	-0.65	-0.70	-0.85	-0.63	1										
Avg daily stringency	0.47	0.47	0.61	0.64	0.95	0.65	-0.84	1									
Avg daily stringency work-place	0.54	0.54	0.69	0.69	0.96	0.65	-0.83	0.95	1								
No. of workdays	-0.09	-0.09	-0.04	0.00	-0.02	-0.03	0.21	-0.06	-0.04	1							
Avg monthly unemployment	0.46	0.46	0.57	0.52	0.56	0.09	-0.46	0.49	0.60	0.07	1						
Early	-0.39	-0.39	-0.52	-0.59	-0.84	-0.50	0.74	-0.78	-0.79	0.10	-0.56	1					
Intact	0.08	0.08	0.07	0.06	-0.16	-0.29	0.42	-0.21	-0.16	0.59	0.22	0.16	1				
Late	-0.42	-0.42	-0.58	-0.63	-0.84	-0.62	0.85	-0.79	-0.81	0.12	-0.54	0.81	0.33	1			
Not Authorized	-0.30	-0.30	-0.38	-0.38	-0.42	-0.18	0.32	-0.35	-0.45	0.08	-0.51	0.49	-0.08	0.42	1		
Not Performed	-0.44	-0.44	-0.55	-0.51	-0.79	-0.34	0.70	-0.77	-0.84	0.16	-0.68	0.78	0.19	0.75	0.57	1	
Weekly bus travels	0.00	0.00	-0.02	-0.03	-0.28	-0.35	0.52	-0.32	-0.29	0.59	0.10	0.28	0.99	0.44	0.05	0.34	1