



כלי רכב אוטונומיים - מדיניות ממשלתית, אתגרים והזדמנויות

כתיבה: רועי גולדשמידט | אישור: יובל וורגן
תאריך: י' בכסלו תש"ף, 8 בדצמבר 2019

סקירה

תוכן עניינים

1	תמצית.....	1
5	רקע.....	5
5	1. כלי רכב אוטונומיים- הגדרה.....	5
5	איור 1. רמות אוטונומיה של רכבים.....	5
6	2. שאלת הבשלות הטכנולוגית של כלי רכב אוטונומיים.....	6
7	3. שיתופיות, חיבוריות וחשמול – מגמות נוספות ב"תחבורה חכמה".....	7
8	4. תחזיות ביחס לחדירתם של רכבים אוטונומיים לשוק העולמי.....	8
10	5. רכבים אוטונומיים: השפעות רוחביות.....	10
10	5.1 צמצום ומניעת תאונות.....	10
11	5.2 השפעות על הגודש בדרכים.....	11
13	5.3 השלכות תעסוקתיות של תחבורה אוטונומית.....	13
14	5.4 תחבורה אוטונומית ותכנון עירוני.....	14
15	5.5 השלכות על הכנסות המדינה ממסים.....	15
16	5.6 השפעה על יוקר המחייה.....	16
16	6. אתגרים ביישום והטמעה של רכבים אוטונומיים.....	16
16	6.1 פרטיות ורכבים אוטונומיים.....	16
18	6.2 סייבר ורכבים חכמים ואוטונומיים.....	18
19	6.3 שאלת האחריות במקרי תאונה של רכבים אוטונומיים.....	19
21	7. פעילות משרדי הממשלה בישראל בתחומי התחבורה האוטונומית והחכמה.....	21
21	7.1 החלטת הממשלה בנושא "תכנית לאומית לתחבורה חכמה" ומימושה.....	21
22	7.1.1 הקמת מאגד בנושא רכבים אוטונומיים (Avatar).....	22
23	7.1.2 הקמת מרכז ניסויים לרכבים אוטונומיים.....	23
24	7.1.3 הקמת מרכז אקדמי לאומי לתחבורה חכמה.....	24
25	7.1.4 פרויקט מיפוי ברזולוציה גבוהה.....	25
25	7.1.5 פיילוטים בתחום התחבורה החכמה.....	25
26	7.2 מימוש תקציבי התוכנית הלאומית לתחבורה חכמה.....	26
26	7.3 היקף ההשקעה הממשלתית בנושא תחבורה אוטונומית.....	26

27.....	עצימות תחום התחבורה החכמה בישראל	.8
28.....	רגולציה וקידום ישראל כמובילה בתחומי התחבורה האוטונומית	.9
30.....	דוגמאות ממדינות מובילות בתחומי התחבורה החכמה	.10
30.....	10.1 הולנד	
31.....	10.2 סינגפור	
32.....	10.3 בריטניה	

תמצית

מסמך זה נכתב לבקשת חבר הכנסת בועז טופורובסקי והוא מציג מידע בנושא כלי רכב אוטונומיים, השלכות אפשריות של תחבורה אוטונומית על החברה והכלכלה וסוגיות ברגולציה ובקידום תחום התחבורה האוטונומית בישראל ובמדינות נבחרות. המסמך עושה שימוש רב בדוח מקיף שנכתב בנושא במועצה הלאומית לכלכלה.¹

כלי רכב אוטונומיים הם כלי רכב הנעים בדרך באופן עצמאי ללא צורך בהתערבות אנושית במכלול פעולות הניהוג של הרכב. מקובל לדבר על שש רמות אוטונומיה: בין 0 – רמה בה אין שום אלמנט אוטונומי ברכב, ל-5 – רמה בה הרכב אוטונומי לחלוטין בכל מקום ובכל תנאי דרך.

אומדנים שונים מציגים הערכות וטווחי זמן שונים למדי עד לבשלות טכנולוגית מלאה של כלי רכב אוטונומיים ברמה 4 ו-5. על פי נציגי משרד התחבורה, לאור קצב ההתפתחות כיום נראה כי תוך כשלוש-ארבע שנים יהיו זמינים רכבים ברמת אוטונומיה 4, כלומר רכבים הנעים באופן אוטונומי בכבישים מסוימים ובתנאי דרך מסוימים. בניגוד לתחזיות מוקדמות, נראה כי היישום של אוטונומיה מלאה לא יתרחש בשנים הקרובות.

עמדת משרדי הממשלה הנוגעים בדבר היא כי כדי לממש את יתרונות התחבורה האוטונומית נדרש חיבור של מרכיבים נוספים בתחום המכונה "תחבורה חכמה" – בהם: (1) שיתופיות, (2) חשמול ו-3) חיבוריות של כלי רכב. בעוד השינוי בדפוס הנהיגה והמעבר לנהיגה אוטונומית ברכב הוא שינוי טכנולוגי הדורש התקבלות חברתית. המעבר מדפוס של בעלות על רכב לשיתוף תחבורה ולצריכת שירותי תחבורה כרוך בשינוי חברתי משמעותי – בכללו בין השאר ויתור מסוים על בלעדיות וזמינות מיידית, מוכנות לחלוק מרחב הנתפס כאישי עם אחרים ועוד.

המעבר החזוי לתחבורה אוטונומית והשילוב שלו עם המגמות הנוספות מתחומי התחבורה החכמה יכול להוביל לשינוי בהיבטים שונים :

- **צמצום תאונות:** רובן הגדול של תאונות הדרכים נגרמות בשל גורם אנושי. מכאן, כי במצב תיאורטי של תנועה אוטונומית בלבד, יקטן שיעור הנפגעים וההרוגים באופן דרמטי.
- **השפעות על גודש:** תחבורה אוטונומית כשלעצמה איננה מבטיחה צמצום הגודש בכבישים. בתרחישים של אימוץ נרחב של תחבורה שיתופית ומעבר לצריכת שירותי ניידות, צפויות השלכות חיוביות וצמצום הגודש בדרכים. למדיניות תכנון התחבורה ולשימוש בתמריצים חיוביים ושיליים לשם השפעה על דפוסי השימוש בתחבורה יכולה להיות השפעה משמעותית מאוד על מצב התחבורה.
- **תחבורה אוטונומית ותעסוקה:** מעבר לנהיגה אוטונומית מלאה צפוי לצמצם את כוח העבודה המועסק בנהיגה – נהגי מוניות, אוטובוסים, משאיות ועוד. על פי נתוני ה-OECD הסבירות הממוצעת לאוטומציה במקצועות הנהיגה היא 58%. לצד ההשלכות השליליות על תעסוקת נהגים מקצועיים, אומדנים שונים גורסים כי ניצול חלקי של זמן הנסיעה למטלות עבודה וכן למנוחה יכול להגדיל את הפריון במשק.
- **תכנון עירוני:** לתחבורה חכמה יש פוטנציאל לשנות את המרחב העירוני. בין אפשרויות השינוי התכנוני: צמצום שטחי חנייה; צמצום נתיבי נסיעה ושינוי קווי בניין. לשינויים אלה אפשרות להשפיע על היבטים שונים בהם: מחירי הדיור, מבנה המרחב העירוני – הקצאת שטחי מסחר, שבילי אופניים והליכה ועוד.

- **הכנסות המדינה ממיסוי על תחבורה:** במצב של אימוץ נרחב של כלי רכב שיתופיים וצמצום הבעלות על כלי רכב פרטיים, צפויה ירידה בהכנסות ממסי קנייה על רכישת כלי רכב. במצב של מעבר לכלי רכב חשמליים צפויה ירידה משמעותית בהכנסות המדינה ממיסוי על דלק. כדי להתמודד עם שינויים כאלה מציעות מדינות שונות מודלים חדשים של מיסוי. לדוגמא, מס על נסועה המתייחס למועד הנסיעה ולאזור.
- **השפעה על יוקר המחיה:** רכיב ההוצאה על תחבורה ותקשורת מהווה את הרכיב השני בגודלו מתוך כלל ההוצאות ומכאן כי לקיטון בהוצאה על תחבורה צפויה השפעה חיובית על יוקר המחיה. בתרחיש של מעבר לתחבורה שיתופית ועלייה בשימוש בפתרונות תחבורה ציבורית וצמצום הבעלות על כלי רכב צפויה ירידה ביוקר המחיה. תחבורה אוטונומית- שיתופית צפויה בטווח הארוך להוזיל עוד את עלויות הנסיעה בשל הורדת רכיב העלות של נהג אנושי.

הטמעה ויישום של תחבורה אוטונומית מעוררים אתגרים בתחומים שונים בהם:

- **פרטיות ברכבים אוטונומיים:** ריבוי הסנסורים והמצלמות המאפיין רכבים אוטונומיים מציב אתגר משמעותי לפרטיות. רכבים אוטונומיים יכולים לפגוע לא רק בפרטיות המשתמשים בהם אלא גם בפרטיות של משתמשי דרך אחרים ואנשים במרחבים פרטיים הסמוכים לנתיבי תחבורה. עקרונות פרטיות כמו: תכלית הצילום, מידתיות, תכנון לפרטיות וזמן הולם לשמירת המידע יכולים להיות רלבנטיים בתכנון איסוף המידע ממצלמות וסנסורים אחרים ברכב.
- **הגנת סייבר ברכבים אוטונומיים:** השימוש הגובר במערכות מחשוב בכלי רכב והחיבור של רכבים לאינטרנט הופכים אותם לכר פורה לפגיעות סייבר. תקיפת סייבר ברמת תחכום גבוהה יכולה לגרום לנזק גדול, כולל פגיעה בחיי אדם ושיבוש מרקם החיים. הנושאים של הגנה מפני תקיפות סייבר, קביעת סטנדרטים להגנה על מידע אישי ברכבים אוטונומיים ועוד היו חלק מכמה הצעות חוק שנידונו בקונגרס האמריקאי אך טרם הפכו לחוקים. גם גופי תקינה בינלאומיים בארה"ב ובאירופה עסוקים בניסיונות לספק מענה לשאלת ההגנה בסייבר על רכבים חכמים ואוטונומיים.
- **שאלת האחריות במקרי תאונה עם רכב אוטונומי:** המעבר לכלי רכב אוטונומיים והקטנת השליטה האנושית מעוררים שאלות חדשות ביחס לאחריות במקרי תאונה. בין המענים האפשריים לשאלת האחריות מוצגות אפשרויות שונות, בתוכן: אחריות יצרן/יצרנים; אחריות של הבעלים על הרכב; אחריות של המשתמש ברכב. יש הטוענים כי להטלת אחריות מלאה על היצרן יהיה אפקט מצנן על התפתחותה של תעשייה זו וכי הדבר יעודד התנהגות "חסרת אחריות" מצד משתמשי דרך אחרים. בין הפתרונות המועלים לשאלת הפיצוי בגין תאונות יש המציעים את הקמתה של קרן לפיצוי לנפגעי תאונות של רכבים אוטונומיים.

מדיניות הממשלה ופעילותה בנושא:

בינואר 2017 נתקבלה החלטת ממשלה על "תכנית לאומית לתחבורה חכמה". התוכנית נועדה לקדם מחקר ופיתוח ויזמות בתחומים שונים בהם: כלי רכב אוטונומיים, חשמליים ומקושרים, מודלים שיתופיים, טכנולוגיות ניטור

¹ רוני בר, "ההשלכות המשקיות של כלי רכב אוטונומיים, חשמליים, מחוברים ושיתופיים", המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה, אפריל 2019.

ועיבוד מידע תחבורתי ותפיסות חדשניות בהפעלת שירותי תחבורה ועוד. כלל תקציב התוכנית נקבע על 238 מיליוני ש"ח שיוקצו במשך חמש שנים.

כחלק ממימוש החלטת הממשלה ננקטו הצעדים הבאים: רשות החדשנות הקימה את מאגד "אווטאר" המשלב אקדמיה ותעשייה בנושא רכבים אוטונומיים; כמו כן, הוקם מרכז ניסויים לרכבים אוטונומיים ומשרד התחבורה פרסם נוהל לאישור ניסויים בכלי רכב; הוקם מרכז אקדמי לאומי לתחבורה חכמה שבמימושו זכו אוניברסיטת בר-אילן והטכניון בסך כולל של 25 מיליוני ש"ח. בהתאם להחלטת הממשלה, המרכז למיפוי ישראל (מפ"י) ומינהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה מקדמים את פרויקט המיפוי ברזולוציה גבוהה כתשתית מחקר תומכת לתחום התחבורה החכמה.

תכנית ה"פיילוט" שנקבעה בהחלטת הממשלה נועדה לבחון טכנולוגיות ותפיסות הפעלה חדשות במערך התחבורה. עד כה אושרו 8 פרויקטים בהיקף מימון ממשלתי של כ-16 מיליוני ש"ח בלבד. על פי החלטת הממשלה, התקציב לשנים 2017-2019 עבור ניסויי שטח ופרויקטי חלוץ היה אמור להיות כ-85 מיליוני ש"ח.

עד כה תקציבי התוכנית הלאומית לתחבורה חכמה לשנים 2017-2019 בוצעו באופן חלקי בשל עיכובים בקצב ההקמה והיישום של הצעדים השונים, אך לא בוצע קיצוץ בתקציב התוכנית.

ביצוע ניסויים בישראל: על פי תשובת נציג משרד התחבורה, אין כיום בישראל כלי רכב המורשים לנסוע בכבישים ציבוריים ללא נוכחות של מפעיל ברכב. **שלוש חברות בלבד קיבלו עד כה אישור להפעיל כלי רכב ניסויים שבהם נעשה שינוי במערכות הניהוג (כלי רכב בניסויי יישום אוטונומי). האישור ניתן באופן ספציפי לכלי רכב וכיום נעים בכבישים כ-20 רכבים כאמור.** שלוש חברות נוספות הגישו בקשות אשר נמצאות בהליך בחינה וטרם אושרו.

עצמות תחום התחבורה החכמה: על פי נתונים שנתקבלו ממינהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, בשבע השנים האחרונות היקף הגיוסים של חברות ישראליות בתחום התחבורה, ללא רכישות, גדל כמעט פי עשר. מכ-550 מיליוני דולרים בשנת 2012 לכמעט חמישה מיליארדי דולרים בשנת 2019.

על פי דוח של חברת KPMG המציג אינדקס מוכנות בתחום התחבורה האוטונומית ומשווה בין מדינות שונות, ישראל מדורגת במקום ה-14 מתוך 25 המדינות הנסקרות. בדוח מדורגת ישראל במקום הראשון בהיבטי טכנולוגיה וחדשנות, במקום ה-9 במונחי התקבלות של צרכנים, במקום ה-18 במדיניות וחקיקה ובמקום ה-21 בתשתיות. יצוין כי הדוח של KPMG פורסם ביולי 2019, וייתכן כי חלק מן הפעילות הישראלית בתחומי המדיניות והרגולציה מהעת האחרונה לא שוקללה בדיוג.

רגולציה וקידום המובילות הישראלית בתחום התחבורה האוטונומית: לפי נציג משרד התחבורה המשרד ביצע צעדים שונים בתחום בהם: עדכוני חקיקה, הוראות נוהל ועוד במטרה לאפשר לחברות להתקדם משלבי המו"פ המוקדם לניסויים. באשר להטמעה של רכבים אוטונומיים בישראל צוין כי ליישום נדרשת רגולציה הוליסטית, לא רק של משרד התחבורה אלא גם של גופים ממשלתיים נוספים. אי הצבה של רגולציה תומכת ומתקדמת עלול ליצור חסמים אשר יעכבו את כניסתם של מערכות מתקדמות ורכבים אוטונומיים. על פי התשובה, משרד התחבורה החל

לפעול מול רגולטורים אחרים לקידום הנושא ובוחן רגולציות מובילות במדינות אחרות כגון זו של סינגפור, ארה"ב ועוד.

לפי מינהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה יש להגמיש את הרגולציה הישראלית בתחום, כך שתאפשר שינויים מהירים לאור קצב ההתקדמות הטכנולוגית וחוסר הוודאות הגבוה. בתוך כך יש לפעול לתהליך שקוף ומפורסם בצורה פומבית על מנת שעיקרי הרגולציה והתהליך שצריכות חברות מקומיות או בינלאומיות לעבור לקראת ניסוי של טכנולוגיה יהיו ברורים וכך להחצין את יתרונותיה של ישראל. כיום התהליכים אינם ברורים מספיק ותכניות עתידיות אינן מפורטות דיין והדבר מהווה חסרון למדינת ישראל אל מול מתחרותיה.

דוגמאות ממדינות מובילות:

הולנד: לפי דוח KPMG, הולנד מדורגת במקום הראשון בסך הכל וכן במקום הראשון ביחס לתשתיות, ובמקום השני ביחס ל"התקבלות בקרב צרכנים". הולנד מובילה בהיקף תחנות הטעינה לרכבים חשמליים ומתכוונת להכניס לשימוש 1,200 רמזורים חכמים ולאפשר חיבוריות של כלי רכב באמצעות רשתות דור חמישי 5G. הולנד גם מתכננת להטמיע ציי משאיות שינועו בעורקי תנועה מרכזיים מאמסטרדם לאנטוורפן ומרוטרדם לעמק הרוהר. המשאיות אמורות לנוע כשיירות על כבישים מהירים בלילה באופן מתואם ואוטונומי כאשר רק הרכב הראשון בשיירה מאויש. כמו כן, יש כוונה לאפשר לרכבים אוטונומיים אחרים לנוע בכבישים דומים בשעות הלילה.

סינגפור: סינגפור מדורגת לפי דוח KPMG במקום השני הכללי ובמקום הראשון מבחינת מדיניות וחקיקה ומבחינת "התקבלות בקרב צרכנים" (ולעומת זאת במקום ה-15 מבחינת חדשנות וטכנולוגיה). ממשלת סינגפור מעוניינת לקדם את מעמדה של המדינה כמרכז לרכבים אוטונומיים ופתחה מרכז מחקר וניסוי בתחומי התחבורה האוטונומית כבר בנובמבר 2017. סינגפור גם הכריזה כי בשלושה אזורים שונים בה יופעלו אוטובוסים ושירותי הסעה (שאטל) ללא נהג בשעות שאינן שעות עומס ועל פי דרישה החל משנת 2020.

סינגפור הקימה את יוזמת "אומה חכמה - סינגפור" (Smart Nation Singapore Initiative) העוסקת בהיבטים שונים בממשק טכנולוגיה-חברה. בתחומי התחבורה נכללים הנושאים: "הסעות על פי דרישה" תוך שימוש באוטונומיה, מידע פתוח ואנליטיקה לתחבורה עירונית ומחקר וסטנדרטיזציה עבור רכבים אוטונומיים. בינואר 2019 פרסמה הממשלה מסמך סטנדרטים העוסק בארבעה היבטים עיקריים: התנהגות כלי רכב; בטיחות פונקציונאלית של כלי רכב; אבטחת סייבר ופורמטים של דאטה.

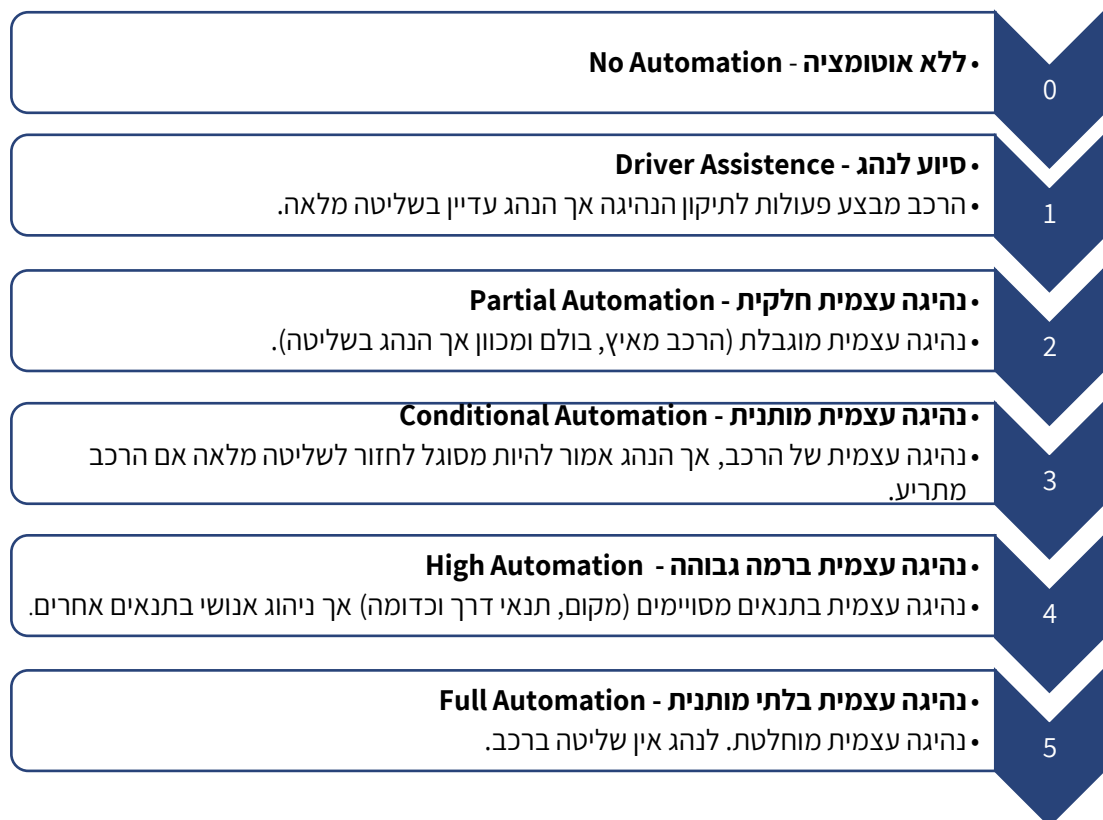
רקע

מסמך זה נכתב לבקשת חבר הכנסת בועז טופורובסקי והוא מציג מידע בנושא כלי רכב אוטונומיים, השפעות והשלכות אפשריות של תחבורה אוטונומית על החברה והכלכלה; המדיניות הממשלתית בנושא, וסוגיות רגולציה שונות. בנוסף מוצגות דוגמאות למדיניות במדינות אחרות.² המסמך עושה שימוש רב בדוח מקיף שנכתב בנושא במועצה הלאומית לכלכלה.³

1. כלי רכב אוטונומיים - הגדרה

כלי רכב אוטונומיים הם כלי רכב הנעים בדרך באופן עצמאי ללא צורך בהתערבות אנושית במכלול פעולות הניהוג של הרכב. כדי שכלי רכב יוכל לנוע ללא מעורבות נהג אנושי, המערכות של כלי הרכב צריכות: (1) לחוש את הסביבה בה הרכב נע; (2) לדעת לפענח או "להבין" את המצב; (3) להגיב בהתאמה. ההגדרה המקובלת בתחום מתייחסת לרמות של שונות של אוטונומיות כפי שניתן לראות באיור 1. להלן:

איור 1. רמות אוטונומיה של רכבים⁴



² למרות שתחום התחבורה האוטונומית פעיל גם באוויר ובמים באמצעות כלי טייס וכלי שייט בלתי מאויישים, מסמך זה עוסק בכלי רכב קרקעיים בלבד. לעיון בסקירה בנושא כלי טייס בלתי מאויישים ראו: רועי גולדשמידט, "כלי טייס בלתי מאויישים מסוג רב להב - בישראל: הזדמנויות וסיכונים", מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2 בינואר 2017.

³ רוני בר, "ההשלכות המשקיות של כלי רכב אוטונומיים, חשמליים, מחוברים ושיתופיים", המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה, אפריל 2019.

⁴ שם, עמ' 16. ההגדרות באנגלית על פי הגדרות של ה-SAE, ראו: כאן.

כבר כיום נעים בכבישים כלי רכב ברמת אוטונומיה 1 ו-2 שלהם מערכות מסייעות ומתערבות כגון: שמירת נתיב, בקרת שיוט אדפטיבית (המתאימה את המהירות לתנאי הדרך), שמירת מרחק, חניה אוטומטית ועוד. עם זאת, שאלות הבשלות הטכנולוגית והתקבלות בשווקים של כלי רכב ברמות אוטונומיה 4 ו-5 מורכבות. **אין כיום תחזית אחידה לא באשר לשלב הבשלות הטכנולוגית והזמן הצפוי לאוטומציה מלאה, ולא באשר לכניסה של כלי רכב כאלה לשווקים השונים ושיעור החדירה הצפוי להם.**

2. שאלת הבשלות הטכנולוגית של כלי רכב אוטונומיים

כלי רכב אוטונומיים נעזרים בטכנולוגיות שונות כדי לבצע משימות שעד כה בוצעו על ידי גורם אנושי. בין הכלים הטכנולוגיים הללו ניתן לציין: חיישנים (סנסורים) אלקטרוניים שונים שיזהו את המרחק ממכשולים, את סימוני הדרך, משתמשי דרך אחרים כגון אופניים או הולכי רגל; מערכות ניווט, מפות עדכניות; מצלמות דרך ב-360 מעלות; מערכות ייעודיות לתקשורת לטווח קצר לניטור תנאי דרך, גודש, תאונות ועוד.⁵

ריבוי מערכות החישה בכלי הרכב האוטונומיים מציב אתגרים שונים בהם: אינטגרציה בין מערכות החישה השונות ובין לשאר מערכות הרכב; ניהול אנרגטי של משאבי המחשוב הנדרשים למערכות האמורות וקירור שלהן; המשקל הנוסף ברכב, שטח האחסון הנדרש, עלותן של המערכות והצורך ביתירות (redundancy) בין המערכות כדי להבטיח את אמינות הפעולה של כלי הרכב, בפרט בתנאי סביבה שאינם אופטימאליים.⁶

יצוין כי בניגוד לסטנדרטים הנהוגים בחלק ניכר מתחומי טכנולוגיות המידע בהם קריסה של מערכת מידע, תוכנה, או תשתית תקשורת אינם אירוע נדיר, הסטנדרטים המקובלים בתעשיית הרכב ביחס לבטיחות ואמינות המערכות גבוהים בצורה ניכרת. התאמתן של מערכות חישה ותוכנות לסטנדרטים אלה, בפרט בתרחיש של אוטונומיה מלאה, מציבה אתגרים חדשים הן לתחום טכנולוגיות המידע והן לשוק הרכב.

אומדנים שונים מציגים הערכות וטווחי זמן שונים למדי עד לבשלות טכנולוגית מלאה של כלי רכב אוטונומיים ברמה 4 ו-5. כך לדוגמא: מנכ"ל ארגון יצרני הרכב בארה"ב טען בעדותו בפני הסנאט ביוני 2017 כי אוטומציה ברמה 4, באזורים גיאוגרפיים מוגדרים, תהיה זמינה כנראה

⁵ בין המערכות האמורות ניתן לציין מערכות רדאר, מערכות לידר (Lidar), מערכות GPS, מערכות INS, DSRC, ועוד.

Bill Canis, "Issues in Autonomous Vehicle Testing and Deployment", Congressional Research service, October 2019.

⁶ Smart Mobility Summit 2019, October 29th, "Autonomous Driving - The Challenges Ahead", Tel Aviv.

בשנים הקרובות, אך אוטומציה מלאה של כלי רכב (רמה 5) לא תתרחש כנראה לפני 2025 או אף מאוחר מכך.⁷

מעניין לציין כי בתחזית של חברת דלויט שפורסמה ב-2016, נטען כי בשנת 2020 יוצעו לציבור שירותי תחבורה אוטונומית שיתופית ובשנת 2022 יוצעו רכבים אוטונומיים בבעלות פרטית.⁸

3. שיתופיות, חיבוריות וחשמול – מגמות נוספות ב"תחבורה חכמה"⁹

למרות שנושא האוטונומיה של כלי רכב עומד במוקד מסמך זה, אוטונומיה כשלעצמה תגרוור השלכות חברתיות וכלכליות שונות אם תתרחש כמגמה בפני עצמה ללא שינויים נוספים. לעומת זאת, חיבור של אלמנטים נוספים בתחום המכונה "תחבורה חכמה" – בהם שיתופיות, חשמול וחיבוריות של כלי רכב, צפוי להשפיע באורח שונה על התחבורה עצמה ועל התועלות החברתיות ממנה.

כפי שמצוין בדוח של משרד התחבורה בנושא תחבורה חכמה, שילוב של כלל המאפיינים – אוטונומי, מחובר, חשמלי ושיתופי – יוצר מכפיל כח המשרת מטרות שונות בהן: ניידות אופטימאלית, העלאת מקדם המילוי (מספר האנשים ברכב) וצמצום הגודש בכבישים, וצמצום השפעות סביבתיות שליליות. מאידך, רכב אוטונומי כשלעצמו – ללא תיעול היכולות לשם העלאת מקדם המילוי ויצירת חלופות נוספות ליוממים, לא צפוי להשפיע על מצב התחבורה באורח משמעותי.¹⁰

▪ תחבורה שיתופית ושירותי ניידות

תחבורה שיתופית ושירותי ניידות הם חלק ממגמה כוללת של "כלכלה שיתופית" המתקיימת גם בתחומים אחרים – כמו תחום האירוח ושירותי הלינה. בהינתן כי מכונות פרטיות אינן בשימוש רוב מוחלט של הזמן וכי רוב הנסיעות בכלי רכב פרטיים מתבצעות בנוכחות הנהג בלבד, בזבוז המשאבים והפוטנציאל ליעול השימוש בכלי רכב או שירותי תחבורה אינם מבוטלים. בין המודלים המתפתחים – שירותי **שיתוף רכב** המאפשרים לשכור רכב לזמן קצוב או על בסיס נסועה ובכך לצמצם את התלות ברכב פרטי; שירותי **שיתוף נסיעות** המאפשרים למשתמשים שונים לחבור יחד כדי לבצע נסיעה משותפת; **שירותי נסיעה אישיים** או משותפים המתבססים או על היצע רכבים ונהגים פרטיים או על בסיס נהגים ורכבים מקצועיים.

⁷ רוני בר, "[ההשלכות המשקיות של כלי רכב אוטונומיים, חשמליים, מחוברים ושיתופיים](#)", המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה, אפריל 2019.

⁸ Corwin et al., "[The future of mobility: What's next?](#)", Deloitte University Press, Pp: 6.

⁹ למעט אם מצוין אחרת, על פי: רוני בר, "[ההשלכות המשקיות של כלי רכב אוטונומיים, חשמליים, מחוברים ושיתופיים](#)", המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה, אפריל 2019.

¹⁰ משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, "תחבורה חכמה, פעילות ותחומי המיקוד של משרד התחבורה והבטיחות בדרכים בתחום התחבורה החכמה", ספטמבר 2019.

ככלל, התרומה של תחבורה אוטונומית לייעול התעבורה תהיה משמעותית יותר אם היא תהיה שיתופית. לעומת זאת, שימוש בשירותי נסיעה אישיים (אוטונומיים או מסורתיים) עשוי לגרום להגדלת הגודש בכבישים (נושא שיידון בהמשך).

▪ **חיבוריות**

כלי רכב מחוברים הם כלי רכב המסוגלים לתקשר זה עם זה (V2V) או עם תשתיות בסביבת הרכב או עם מערכת מרכזית (V2I או V2X). כלי רכב מחוברים יכולים לתרום לניטור התנועה, לזיהוי ותמחור של נסיעה, ולתיאום בין כלי רכב או מערכות דרך שונות. כך לדוגמה רכב יוכל לדווח על תאונה לרכב אחר, על שינוי בתנאי ראות, על סכנות בצומת וכדומה. חיבוריות תתרום בפרט בתרחיש של אוטונומיה שכן היא עשויה להקל על צבירת מידע ביחס למתרחש בדרך, ולאפשר אף את הקטנת המרחק בין רכבים, וייעול צריכת האנרגיה שלהם. (לדוגמה רכבים מחוברים יכולים לדווח על מיקומם במדויק גם בהעדר זיהוי של מערכות החישה של הרכב עצמו).

▪ **חשמול**

כלי רכב חשמליים מזהמים פחות את האוויר במרכזי הערים. ככל שייצור החשמל נעשה ממקורות אנרגיה נקייה הרי שגם היקף הפליטות בכללן קטן. בנוסף הבלאי של כלי רכב חשמליים נמוך יותר ולכן דורש תחזוקה פחותה. עם זאת, עלותם של כלי רכב חשמליים עדיין גבוהה יותר. דווקא העלות הגבוהה יכולה להוות זרז למעבר לשירותי תחבורה משותפת חשמלית.

4. תחזיות ביחס לחדירתם של רכבים אוטונומיים לשוק העולמי¹¹

על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה ובהתבסס על דוח של חברת הייעוץ דלויט, ניתן להציג ארבעה תרחישים עיקריים של אימוץ או אי-אימוץ כלי רכב אוטונומיים:

- א. **רכב פרטי בנהיגה אנושית** - המשך המצב הקיים מתוך העדפה לפרטיות, בטיחות, נוחיות וגמישות שמאפשרת בעלות על רכב;
- ב. **שיתוף תחבורה בנהיגה אנושית** - התחזקות מגמות שיתוף קיימות וצמצום מודל הבעלות על רכב לטובת מעבר לצריכת שירותי ניידות (mobility as a Service);
- ג. **רכב פרטי בנהיגה אוטונומית** - שינוי בדפוס הנהיגה אך ללא שינוי במודל הבעלות בשל העדפות צרכניות כאמור לעיל;
- ד. **שיתוף תחבורה בנהיגה אוטונומית** - שינוי הן בדפוס הנהיגה והן במודל הבעלות- התפתחות שוק של שירותי ניידות מותאמים לצרכים שונים ומבוססי אוטונומיה.

¹¹ רוני בר, "ההשלכות המשקיות של כלי רכב אוטונומיים, חשמליים, מחוברים ושיתופיים", המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה, אפריל 2019.

ניתן לומר כי בעוד השינוי בדפוס הנהיגה והמעבר לנהיגה אוטונומית ברכב הוא שינוי טכנולוגי הדורש התקבלות חברתית, המעבר מדפוס של בעלות על רכב לשיתוף תחבורה ולצריכת שירותי תחבורה כרוך בשינוי חברתי משמעותי – בכללו בין השאר ויתור מסוים על בלעדיות וזמינות מיידית, מוכנות לחלוק מרחב הנתפס כאישי עם אחרים ועוד.

חוסר הוודאות באשר לקצב השינויים הצפוי גורם לכך שישנן תחזיות רבות ומגוונות, כגון אלו:

- בתחזית של דלויט שפורסמה ב-2016, נטען כי בשנת 2020 יוצעו לציבור שירותי תחבורה אוטונומית שיתופית ובשנת 2022 יוצעו רכבים אוטונומיים בבעלות פרטית. על פי אותו הדוח, בשנת 2040 80% מן הנסועה בארה"ב תהיה של כלי רכב שיתופיים, מתוכה כמחצית של כלי רכב שיתופיים אוטונומיים. בדוח מוערך כי ב-2035 מכירות רכב חדש שיתופי-אוטונומי יהוו כ-70% מכלל המכירות באזורים עירוניים בארצות הברית, ועוד כשישה אחוזים בלבד יהיו רכבים אוטונומיים בבעלות פרטית.
- דוח של חברת הייעוץ מקינזי משנת 2016 גם כן, הציג שני תרחישים- האחד של אימוץ נמוך – בו בשנת 2040 פחות מעשרה אחוזים מכלי הרכב הם אוטונומיים ברמה 4 וכ-30% אוטונומיים ברמה 3; והשני של רמת אימוץ גבוהה של רכבים אוטונומיים לפיה כ-90% מכלי הרכב בשנת 2040 הם אוטונומיים ברמה 3 ו-80% אוטונומיים ברמה 4.
- במחקר העוסק בחיזוי התפתחות שוק התחבורה האוטונומית והמחוברת (CAV) משנת 2018 מציינים החוקרים כי קיימות שלל תחזיות שונות בתחום, בתוכן: תחזית לפיה 75% מכלל הרכבים עד לשנת 2040 יהיו אוטונומיים; תחזית לפיה 75%-50% מכלי הרכב יהיו אוטונומיים בין השנים 2035-2045; תחזית לפיה עד לשנת 2050 כמעט כלל הרכבים יהיו אוטונומיים; ותחזית אחרת ציינה כי צפויה שונות בין מדינות – בגרמניה לפי תחזית זו יהיו 42% מהרכבים בשנת 2035 אוטונומיים ואילו בארה"ב באותה שנה יהיה שיעורם נמוך יותר.¹²
- על פי נציגי משרד התחבורה, לאור קצב ההתפתחות כיום נראה כי תוך כשלוש-ארבע שנים יהיו זמינים רכבים ברמת אוטונומיה 4, כלומר רכבים הנעים באופן אוטונומי בכבישים מסוימים ובתנאי דרך מסוימים.¹³

¹² Ahmadreza Talebian & Sabyasachee Mishra, "Predicting the adoption of connected autonomous vehicles: A new approach based on the theory of diffusion of innovations", *Transportation Research part C* 95, 2018, pp. 363-380.

¹³ תני סטרמן, עוזר מנכ"לית, משרד התחבורה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2 באוקטובר 2019.

- בדוח של מחלקת המחקר של הקונגרס בארצות הברית שפורסם לאחרונה נכתב כי כפי הנראה מעבר לשימוש נרחב ברכבים ברמת אוטונומיה מלאה (רמה 5), בהם לא נדרשת כלל מעורבות נהג, יתרחש רק בעוד שנים רבות.¹⁴

5. רכבים אוטונומיים: השפעות רחביות¹⁵

המעבר החזוי לתחבורה אוטונומית והשילוב שלו עם מגמות נוספות מתחומי התחבורה החכמה יכול להוביל לשיפור ושינוי חיובי בהיבטים שונים כגון: צמצום בתמותה ופגיעות גוף בשל תאונות; צמצום גודש התנועה; שיפור בנגישות; ייעול הזמן והגדלת פריון העבודה; צמצום סטרס בשל נסיעות ועוד. מאידך, הוא צפוי לצמצם את כוח העבודה בחלק מתחומי התחבורה ולהקטין את הכנסות המדינה ממיסים על שימוש ברכב. להלן יוצגו כמה השפעות והשלכות רחב אפשרויות ביישום של תחבורה אוטונומית.

5.1 צמצום ומניעת תאונות

על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה, מאז קום המדינה נהרגו בתאונות דרכים יותר מ-33,000 בני אדם.¹⁶ על פי נתוני הלמ"ס, בשנת 2018 נהרגו בתאונות דרכים 316 בני אדם; נפצעו קשה 2,166 בני אדם, ונפצעו קל 20,537 בני אדם.¹⁷ על פי דוח של ועדת הכלכלה בנושא "בלימת הקטל בדרכים" אומדן עלותן הכלכלית של תאונות דרכים למשק הישראלי בשנה עמד על כ-15 מיליארד ש"ח.¹⁸

על פי פרסום של מינהל התחבורה האמריקאי (NHTSA), 94% מן התאונות שבחן המינהל במהלך העשור הקודם נגרמו בשל גורם אנושי.¹⁹ מכאן, כי במצב תיאורטי של תנועה אוטונומית בלבד, יקטן שיעור הנפגעים וההרוגים באופן דרמטי. מובן כי הזמן הצפוי עד חדירה מלאה של רכבים אוטונומיים ואיסור על נהיגה אנושית צפוי להיות ממושך ולכן, שיעור ההשפעה על צמצום התאונות צפוי להיות קטן יותר מהשיעור של 94% המצוין במחקר. עם זאת, נהיגה יעילה ואמינה העולה על המיומנות האנושית נתפסת כתנאי סף לכניסתם של רכבים אוטונומיים ולהתקבלותם

נהיגה יעילה ואמינה
העולה על המיומנות
האנושית נתפסת
כתנאי סף לכניסתם
של רכבים אוטונומיים
ולהתקבלותם
בציבור.
כיוון שהגורם האנושי
אחראי לרוב
התאונות, הגדלת
חלקם של רכבים
אוטונומיים צפויה
לצמצם תאונות.

¹⁴ Bill Canis, "Issues in Autonomous Vehicle Testing and Deployment", Congressional Research service, October 2019.
¹⁵ למעט אם מצוין אחרת, על פי: רוני בר, "[ההשלכות המשקיות של כלי רכב אוטונומיים, חשמליים, מחוברים ושיתופיים](#)", המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה, אפריל 2019.

¹⁶ רוני בר, "[ההשלכות המשקיות של כלי רכב אוטונומיים, חשמליים, מחוברים ושיתופיים](#)", המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה, אפריל 2019.

¹⁷ רבקה אזולאי ודגנית שטיין, "[תאונות דרכים עם נפגעים סיכום שנת 2018](#)", הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 20 ביוני 2019.

¹⁸ "בלימת הקטל בדרכים דין וחשבון מסכם של ועדת הכלכלה בראשות חה"כ איתן כבל", 2 באוגוסט 2016.

¹⁹ הסקר של ה-NHTSA שפורסם ב-2015 מתייחס לנתונים מן השנים 2005-2007. מחברי הסקר מציינים כי הוא דרש ניתוח מיוחד של נתונים ומידע מתאונות וכי ככלל, מאגרי מידע לאומיים לא כללו מידע אודות התרחיש שקדם לתאונה והגורם הקריטי בשרשרת האירועים שגרמו לה.

S. Singh, "[Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey](#)", National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 812 115, February 2015.

בציבור.²⁰ בשל עלותן הכלכלית של תאונות דרכים, ברור כי צמצום התאונות יחסוך למשק תקציב ניכר. כך לדוגמה, בתרחיש של צמצום של 50% בתאונות החיסכון המוערך הוא של כ- 7.5 מיליארד ש"ח בשנה.

5.2 השפעות על הגודש בדרכים

כאמור לעיל, **תחבורה אוטונומית כשלעצמה איננה מבטיחה צמצום הגודש בכבישים. יש אף הגורסים כי היא עלולה להגביר את הגודש מסיבות שונות** (בהן: 1) מעבר של משתמשי דרך מתחבורה ציבורית לרכב פרטי או לשירותי נייודות; 2) האפשרות להורות לרכב לנסוע לשם מילוי משימות שונות (איסוף ילדים, קניות וכדומה); 3) מצב בו עלות הנסועה תהיה נמוכה מעלות החניה ותגרום להעדיף כי כלי הרכב ימשיך לנוע.

עם זאת, בתרחישים של אימוץ תחבורה שיתופית ומעבר לצריכת שירותי נייודות, צפויות השפעות חיוביות וצמצום הגודש בדרכים. חיזוק לטענות למגמה זו של מעבר לתחבורה אוטונומית משותפת, היא עלותו הניכרת הצפויה של רכב אוטונומי בשלבים הראשונים, שתעודד מודל של שיתוף או שירות על פני מודל בעלות אישית.

על פי אומדן של הפורום הכלכלי העולמי וחברת הייעוץ BCG בהתבסס על סימולציות נתונים על סביבת העיר בוסטון, **בתרחיש שבו כל כלי הרכב אוטונומיים הקיבולת של נתיב יכולה לעלות בכ- 25%**.²¹ השפעות נוספות שמשוערות על פי הסימולציות הן כי סביבת התחבורה בעיר בוסטון תשתנה – ותכלול: **קיטון של כ- 15% במספר הרכבים על הכביש** – בעיקר על רקע מעבר מבעלות על רכב לשירותי נייודות; **גידול של כ- 16% בנסועה** בשל נסיעות ריקות של שירותי נייודות וגידול בנסיעות לשם איסוף והורדה של נוסעים; **הקטנת שטחי החנייה** בעיר בוסטון ב- 48% בשל פחות צורך בחנייה פרטית והמשך תנועת רכבים אוטונומיים בין נסיעות; **קיטון של כ- 4% בלבד במשך הנסיעות** – המודל חזה קיטון משמעותי של כ-12% בזמן הנסיעה מן הפרברים אל העיר אך מאידך עלייה של יותר מ-5% בזמן הנסיעה במרכז העיר.

מחברי המחקר מדגישים כי למדיניות תכנון התחבורה ולשימוש בתמריצים חיוביים ושיליים לשם השפעה על דפוסי השימוש בתחבורה יכולה להיות השפעה משמעותית מאוד על מצב התחבורה.

בין חלופות המדיניות המוצגות בדוח:

²⁰ על פי מאמר של מייסדי חברת מובילאיי, כדי שרכבים אוטונומיים יתקבלו בקרב הציבור כבטוחים שיעור התאונות שהם מבצעים צריכים להיות קטנים בשלושה סדרי גודל מרכבים רגילים. ראו:

Shai Shalev-Shwartz, Shaked Shammah, Amnon Shashua, "[On a Formal Model of Safe and Scalable Self-driving Cars](#)", Mobileye, 2017.

²¹ בתרחיש של 50% רכבים אוטונומיים הקיבולת של נתיב גדלה ב- 8% ובתרחיש של 10% רכבים אוטונומיים, תגדל הקיבולת של נתיב ב- כ-4% בלבד.

- **מדיניות תמחור מבוססת תפוסה** – לטענת מחברי הדוח, הגדלת העלות למייל בחצי דולר עבור נסיעות של נוסע יחיד תגדיל את השימוש בתחבורה שיתופית או ציבורית בכ-7%. מדיניות תמחור חכמה יכולה לטענת מחברי הדוח להקטין את משך הנסיעות בבוסטון ביותר מ-15%.
- **שימוש מחדש בשטחי חנייה** – הפיכתם של שטחי חנייה הצמודים לכביש לאזורים להעלאה והורדת נוסעים או לנתיב נסיעה בשעות העומס, נתיבי אופניים ועוד, על פי הדוח שימושים מחדש בשטחי חנייה יכולים להקטין בכ-10% את זמן הנסיעה בבוסטון;
- **נתיב ייעודי לרכבים אוטונומיים** – בדומה להגדרת נתיבי תחבורה ציבורית, מציעים מחברי הדוח לבחון את האפשרות לקבוע נתיב ייעודי לרכבים אוטונומיים וכך להגדיל בו את הקיבולת בכ-25%. נתיב ייעודי יכול להקטין את משך הנסיעה בבוסטון ביותר מ-8%.

יצוין כי על פי מחקר אחר שבו בוצעו סימולציות על העיר ליסבון, התועלות הנובעות מתחבורה אוטונומית יתקיימו רק בתרחיש המשלב בין קיומה של מערכת הסעת המונים ותסריט של אימוץ מלא של תחבורה אוטונומית שיתופית. מאידך, בהעדר הסעת המונים ובאימוץ חלקי של כ-50% בלבד של תחבורה אוטונומית שיתופית מצב התחבורה והחניה מורע.²²

נראה כי אין להסיק מהסימולציה הספציפית המוצגת בדוח ביחס לעיר בוסטון על כל מקום באשר הוא, בוודאי לא ברמת הנתונים המדויקים, אך ניתן להבין ממנו עקרונות שונים שרלבנטיים לסביבות של מטרופולין עירוני וכן את החשיבות של תכנון תחבורה ומדיניות ממשלתית או מוניציפאלית אקטיבית ביחס לתחבורה.

אומדנים שונים גורסים כי הנזק השנתי מגודש תחבורה עולים למשק בישראל בין 25 ל-35 מיליארדי ש"ח בשנה בהתבסס על הפסד שעות עבודה. לפי אומדנים אחרים המתבססים על אבדן תוצר של כ-4%, עלות אבדן הזמן בשל גודש בכבישים אף גדולה יותר ועולה לכ-50 מיליארד ש"ח בשנת 2016. כמו כן האומדנים הללו אינם מתייחסים לעלויות נוספות כגון: הוצאות משקי בית על קנייה ואחזקת רכב, זיהום אויר, תעוקה נפשית בשל זמן ממושך בפקק ועוד.

על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה, בישראל קיימת כיום העדפה ברורה למודל של בעלות על רכב פרטי הקשורה הן ליתרונות אינהרנטיים כגון פרטיות וזמינות והן לרמת החלופות שמוצעות באמצעות תחבורה ציבורית – שזמינותה ורמת השירות שלה בישראל כיום נמוכה. רכבים אוטונומיים יתרמו להקלה על הגודש בדרכים רק ככל שיהוו חלק אחד ממהפכת

בישראל קיימת כיום
העדפה ברורה למודל
של בעלות על רכב
פרטי הקשורה הן
ליתרונות כגון פרטיות
וזמינות והן לרמת
החלופות שמוצעות
באמצעות תחבורה
ציבורית – שזמינותה
ורמת השירות שלה
בישראל כיום נמוכה.

²² OECD, " [Urban Mobility System Upgrade How Shared Self-driving Cars Could Change City Traffic](#)", 2015.

התחבורה החכמה שתכלול תחבורה ציבורית ושיתופית ולכן הגדלת מקדם המילוי וקיבולת הכביש.

5.3 השלכות תעסוקתיות של תחבורה אוטונומית

שינויים טכנולוגיים מביאים עמם שינויים חברתיים שונים בתוכם שינוי בסוגי התעסוקה. מגמות האוטומציה של הייצור השפיעו על כוח העבודה כאשר עבודות שונות הוחלפו בפסי ייצור עם פחות עובדים ויותר מכונות. תחומי הבינה המלאכותית, למידת המכונה והרובוטיקה מציבים אתגר ליציבותם של מקצועות נוספים, בתוכם נהגים מקצועיים. מעבר לנהיגה אוטונומית מלאה צפוי לצמצם את כוח העבודה המועסק בנהיגה – נהגי מוניות, אוטובוסים, משאיות ועוד.

על פי נתוני ה-OECD הסבירות הממוצעת לאוטומציה במקצועות הנהיגה היא 58% ומעליה פועלים העוסקים בהרכבה (59%); מועסקים בכרייה ובנייה, ובניקיון (59%) ועוזרים בהכנת אוכל (64%).²³

על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בשנת 2017 כ-110,000 בני אדם בישראל עסקו במשלחי יד של נהיגה (נהגי מוניות, אוטובוסים ומשאיות).²⁴

יצוין כי מקצועות רבים חשופים לחשש מאוטומציה, על פי דוח של ה-OECD לכ-48% מן המקצועות יש סיכוי של יותר מ-50% לאוטומציה. עם זאת המקצועות החשופים יותר לאוטומציה קשורים לרמת השכלה נמוכה יותר, לרמת מיומנות נדרשת נמוכה יותר, ולהכנסה נמוכה ולכן אוטומציה צפויה להשפיע יותר על אוכלוסיות במעמד סוציו-אקונומי נמוך.²⁵

למרות החשש מהעלמות מקצועות הנהיגה בטווח הארוך יותר, כיום חסרים בישראל נהגים מקצועיים. בשנת 2018 היו כ-1,750 משרות פנויות לנהגי אוטובוס ו-2,330 משרות פנויות לנהגי משאיות. מצב זה מעורר בעייתיות בשאלת ההכשרה של עובדים צעירים למקצוע שעתיד התעסוקה בו מוטל בספק רב. על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה, משרד העבודה ממשיך כיום לתמרץ ולהכשיר נהגי אוטובוסים ומשאיות לצד פיתוח מנגנוני הכשרה והסבה בהם: הכשרה ממוקדת כישורים ומיומנויות (מיומנויות דיגיטליות, בקיאות באנגלית ומתמטיקה); הכשרה מחודשת; הסבה מקצועית לצד המשך תעסוקה.

לצד ההשלכות השליליות על תעסוקת נהגים מקצועיים, אומדנים שונים גורסים כי ניצול חלקי של זמן הנסיעה למטלות עבודה וכן למנוחה יכול להגדיל את הפריון במשק.

על פי נתוני הלמ"ס
בשנת 2017 כ-
110,000 בני אדם
בישראל עסקו
במשלחי יד של
נהיגה. נהיגה היא
אחד מן המקצועות
החשופים יותר
להשלכות האוטומציה

²³ Ljubica Nedelkoska & Glenda Quintini, "Automation, Skills use and Training", OECD, March 14th, 2018.

²⁴ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, "סקר כוח אדם-2017", לוח 2.56 מועסקים לפי משלחי יד נבחרים (תת-קבוצות), אפריל 2019.

²⁵ Ljubica Nedelkoska & Glenda Quintini, "Automation, Skills use and Training", OECD, March 14th, 2018.

5.4 תחבורה אוטונומית ותכנון עירוני

לתחבורה חכמה יש פוטנציאל לשנות את המרחב העירוני. האופן שבו אנשים וסחורות ינועו צפוי להשתנות ובהתאמה התוואי העירוני – מבנה הרחוב, שימושי הקרקע, שטחי החנייה, קווי הבניין ועוד יוכלו לעבור התאמה מחדש לדפוסי השימוש במרחב. עם זאת, בניגוד לשינוי הטכנולוגי שמתרחש יחסית מהר, תחום התכנון והבנייה מתאפיין במשך זמן ארוך יחסית בין השלב התכנוני ליישומו בשטח. מחד שינוי בדפוסי התחבורה יכול להשפיע על תכנון המרחב העירוני. מאידך, להחלטות בתחומי התכנון והבנייה צפויה השפעה על דפוסי התחבורה. על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה, נושא זה נידון בהרחבה כיום בקרב אנשי מינהל התכנון.

כאמור לעיל, **בתרחיש של אימוץ נרחב של תחבורה אוטונומית ושיתופית גלומות אפשרויות שונות בהן:**

- **צמצום שטחי החנייה** – הן כאלה במפלס הרחוב והן חניות תת קרקעיות.
- **צמצום נתיבי נסיעה** – ציפוף של הכביש ומעבר לנסיעה שיתופית יכולים לאפשר לצמצם באזורים מסוימים את נתיבי הנסיעה.
- **שינוי קווי בניין** – למעבר לתחבורה חכמה, חשמלית ונקייה, פוטנציאל לפנות קרקע ברחוב ולאפשר לקרב את הבניין לתוואי התחבורה.

לשינויים אלה אפשרות להשפיע על היבטים שונים בהם: מחירי הדיור, מבנה המרחב העירוני – הקצאת שטחי מסחר, שבילי אופניים והליכה ועוד.

על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה בשכונות מסוימות בישראל שטחי החנייה שהוקצו לבתים מהווים כ-40% משטח הקרקע. בנוסף, הורדת שטחי חנייה גם יכולה להגדיל את הכדאיות של פרויקטי פינוי בינוי ותמ"א 38 בהם נדרשים כיום הקבלנים לעמוד בסטנדרטים של שטחי חנייה לשם קבלת אישור לפרויקט²⁶. בתכנון של שכונות חדשות ניתן לבחון הפרדה בין שטחי חנייה לשטחי מגורים נוסף על צמצום שטחי החנייה תוך שימוש בשירותי הסעה משותפים אוטונומיים בתוך השכונה וכך לשפר את ניצול הקרקע. עם זאת, על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה, אין כיום מידע סדור באשר לשטחי החנייה בתחומה של כל עיר או רשות מקומית.

סוגיה נוספת שדורשת חשיבה תכנונית מעמיקה היא שאלת ההשלכות של תחבורה אוטונומית על מגמות פירבור – או התכנסות אורבנית. המעבר לרכב אוטונומי, הסרת מטלת הנהיגה ופינוי הזמן לפנאי או משימות אחרות עשוי להשפיע על הגדלת מרחק היוממות המקובל על אנשים, ולכן קיימת אפשרות כי רכב אוטונומי יעודד מגמות של פירבור. בנוסף באזורים פרבריים/מרוחקים אין בעיית חנייה ואין בהכרח כדאיות להפעלת שירותי נסיעה זמינים מספיק כדי ליתר את החזקתו של רכב פרטי. מאידך, כאמור, ציפוף ושינוי בשימושי הקרקע יכול לצמצם

²⁶ בדירות של 120-130 מטר נדרשים 1.5 – 2 חניות; בדירות קטנות יותר נדרשת חנייה אחת.

בעיות חנייה ועומסי תנועה בערים – בתרחיש של דומיננטיות של רכבים אוטונומיים שיתופיים, ולתרום דווקא להתכנסות במרחב האורבני. להחלטות תכנוניות יכולה להיות השפעה על דפוסי ההתפתחות של התחום.

5.5 השלכות על הכנסות המדינה ממסים

על פי דוח המועצה הלאומית לכלכלה הכנסות המדינה ממיסוי על כלי רכב ועל דלק לתחבורה הסתכמו בשנת 2016 בכ-41 מיליארדי ש"ח שהיו כ-12% מתקציב המדינה באותה השנה. כאשר 43% מההכנסות היו מהבלו על דלק לתחבורה; כ-30% מס קנייה על רכישת רכב; 13% מע"מ על מרכיב המס; 11% אגרות רישוי והיתרה ממס קנייה ומכס על חלקי חילוף. כ-70% מההכנסות המדינה על מיסוי כלי רכב מגיעות ממיסוי על כלי רכב פרטיים.

במצב של אימוץ נרחב של כלי רכב שיתופיים וצמצום הבעלות על כלי רכב פרטיים, צפויה ירידה בהכנסות ממסי קנייה על רכישת כלי רכב וזאת בניגוד למגמה הכללית בישראל לפיה בין השנים 2006-2016 כמעט הכפילו את עצמן הכנסות המדינה ממס קנייה על רכבים.

במצב של מעבר לכלי רכב חשמליים צפויה ירידה משמעותית בהכנסות המדינה ממיסוי על דלק, עד כדי העלמות אפיק הכנסות מדינה זה, המבוסס רובו ככולו על הכנסות מדלק לתחבורה. ההכנסות המדינה מבלו גדלו במשך השנים מכ-10.4 מיליארד ש"ח בשנת 2006 לכ-18.5 מיליארד ש"ח בשנת 2016.

השינויים הצפויים במבנה שוק התחבורה – בתוכם הפוטנציאל לקיטון בשיעור הבעלות על רכב ומעבר לשירותי תחבורה שיתופית עשויים, ככל שיתממשו, להקטין את הכנסות המדינה ממיסים על בעלות על רכב ועל דלק. כדי להתמודד עם שינויים כאלה מציעות מדינות שונות מודלים חדשים של מיסוי. לדוגמא, מס על נסועה המתייחס למועד הנסיעה ולאזור – ובכך מנסה לצמצם נהיגה בשעות העומס ובמרכזים אורבניים עמוסים, ולהמיר אותה בנסיעה בתחבורה ציבורית בשעות העומס ובתחבורה פרטית בשעות או מקומות שאינם עמוסים.

בישראל מופעל ניסוי "נעים לירוק" במסגרתו בוחנים את מערך התמריצים להשפעה על התנהגות נהגים/צרכני תחבורה – תוך תגמול לנהיגה בשעות שאינן עמוסות או שימוש בתחבורה ציבורית ומאידיך הורדת התגמול במקרה של שימוש ברכב פרטי בשעות העומס. בנוסף, החל לאחרונה יישום של "נתיב פלוס" המאפשר נסיעה בנתיב ייעודי רק לכלי רכב שבהם 2 אנשים או יותר (בכביש החוף) ו-3 אנשים או יותר (בנתיבי איילון לכיוון צפון) במטרה לתמרץ העלאת מקדם המילוי בכלי רכב.²⁷

בדוח של מוסד שמואל נאמן הוצע מתווה מיסוי שיכלול את מועד הנסיעה, המסלול ומספר הנוסעים ברכב. יישום מתווה כזה מחייב שימוש בחיישנים שונים לניטור היבטי הנסיעה

²⁷ משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, [נתיב פלוס - שאלות ותשובות](#), כניסה: 2 בדצמבר 2019.

השינויים הצפויים במבנה שוק התחבורה עשויים, ככל שיתממשו, להקטין את הכנסות המדינה ממיסים על בעלות על רכב ועל דלק. כדי להתמודד עם שינויים כאלה מציעות מדינות שונות מודלים חדשים של מיסוי.

המשפיעים על המיסוי. נראה כי השימוש בחיישנים המנטרים את דפוסי הנסועה ומספר הנוסעים עלול להתקל בהתנגדויות שונות בין היתר בשל פוטנציאל הפגיעה בפרטיות הנוסעים (נושא שידון בהמשך המסמך).

5.6 השפעה על יוקר המחיה

לפי נתוני הלמ"ס ההוצאות של משקי בית עבור תחבורה ותקשורת מהוות רכיב משמעותי בהוצאות, כאשר רכיב הדיור היה – 24.4% מסך ההוצאה בשנת 2017; ותחבורה ותקשורת היה כ-20% מסך ההוצאה למשק בית. כלומר, רכיב ההוצאה על תחבורה מהווה את הרכיב השני בגודלו מתוך כלל ההוצאות ומכאן כי לקיטון בהוצאה על תחבורה צפויה השפעה חיובית על יוקר המחיה. בתרחיש של מעבר לתחבורה שיתופית ועלייה בשימוש בפתרונות תחבורה ציבורית וצמצום הבעלות על כלי רכב צפויה ירידה ביוקר המחיה. תחבורה אוטונומית- שיתופית צפויה בטווח הארוך להוזיל עוד את עלויות הנסיעה בשל הורדת רכיב העלות של נהג אנושי.

כאמור לעיל, שינוי בתכנון התוואי העירוני וצמצום שטחי חנייה יוכלו להשפיע לחיוב גם על רכיב הדיור ולכן לתרום גם כן להורדת יוקר המחיה. לפי דוח המועצה הלאומית לכלכלה עלות ההקמה של חנייה תת קרקעית היא כ- 107,000 ש"ח ולכן ביטול רכיב החנייה יכול להוריד את עלותן של דירות.

6. אתגרים ביישום והטמעה של רכבים אוטונומיים

לצד השלכות הרחב והיתרונות הפוטנציאליים שהוצגו לעיל. היישום וההטמעה של רכבים אוטונומיים מציבים אתגרים שונים. להלן יוצגו כמה היבטים נבחרים.

6.1 פרטיות ורכבים אוטונומיים

ריבוי הסנסורים והמצלמות המאפיין רכבים אוטונומיים מציב אתגר משמעותי לפרטיות. אתגר זה נוסף על אתגרים רבים בעת הנוכחית בהם: רישות רחובות במצלמות, ניטור ואיסוף נרחב של מידע אישי באינטרנט ובפרט באמצעות טלפונים חכמים הצמודים למשתמשים שלהם, מוצרי "האינטרנט של הדברים" (IoT) המחברים לרשת דוגמת "רמקול חכם", "מונים חכמים" וכדומה.

ככלל, ניתן לחלק את האוכלוסיות החשופות להפרה או פגיעה בפרטיותן לשלוש קבוצות עיקריות: **משתמשי הרכב עצמם; משתמשי דרך אחרים; ואנשים במרחבים פרטיים.**²⁸

מחד, ככל שהזיקה לשימוש גדולה יותר, עשויה לגדול הלגיטימיות של צמצום הפרטיות: בניגוד למשתמשי הרכב שאלמנטים בצמצום פרטיותם הכרחיים, דיירי בתים בצד הדרך אינם או לא אמורים מושפעים ממאפייני התחבורה ועילת הפגיעה בפרטיותם חלשה. מאידך, משך השימוש בכלי רכב אוטונומיים והאפשרות להתקין מצלמות רבות וחיישנים נוספים (בהם רמקולים) גם

²⁸ Gadi Perl, "Regulating SDVs: A Technology Oriented Model for Regulating Self-Driving Vehicles", (Unpublished master's thesis), Law Faculty, The Hebrew University of Jerusalem, October 2019, pp. 30-50.

בתוך הרכב כדי לזהות היבטים שונים בהתנהגות הנוסעים (הן בתרחיש של נסועה משותפת והן בתרחיש של נסיעה ברכב אוטונומי פרטי) יש בה פוטנציאל להפרה מעמיקה יותר של פרטיותם של משתמשי כלי הרכב.

יצוין כי לבד מן החשש ממקרים ספציפיים של פגיעה בפרטיות, יש המביעים חשש כי ריבוי הסנסורים והמצלמות במרחבים השונים ייצור דה-פאקטו מצב של "חברת מעקב" (Surveillance society).²⁹

בישראל ובעולם קיימים הסדרים שונים להצבתן של מצלמות במרחב הציבורי ולצילום ברחוב בידי גורמים פרטיים (כפי שביצעה חברת גוגל כחלק משירות Google Street View); כך למשל בהקשר של גוגל – ביצעה החברה צילומי רחוב באמצעות רכבים נוסעים, תוך ביצוע טשטוש אוטומטי של פרצופים ושל מספרי טלפון.³⁰

באשר להצבתן של מצלמות במרחב הציבורי פרסמה הרשות להגנת פרטיות הנחיות הכוללות תנאים וכללים להצבתן של מצלמות³¹ בתוכם:

- **תכלית הצילום** – נדרש להבהיר ולהגדיר מהי מטרת הצילום;
- **צמידות המטרה** – השימוש בצילומים אמור להיעשות רק למטרה שלשלמה נועדו;
- **מידתיות** – האם זהו האמצעי היעיל ביותר למימוש המטרה; האם יש אמצעי אחר פוגע פחות; האם התועלת גדולה מהפגיעה;
- **תכנון לפרטיות** – מיקום, כיסוי ופונקציונאליות אמצעי הצילום, זמני הצילום, הרזולוציה ועוד, כולם צריכים להיות אך ורק במידה הדרושה לשם המטרה;
- **זמן שמירת המידע** – צריך להיות מוגבל בהתאם לכללים שייקבעו, כולל כללים בדבר מחיקת המידע;
- **הקלטות קול** – יצוין כי לפי ההנחיות, "אין להשתמש במצלמות מעקב לצורך הקלטת קול, אלא לפי הוראות חוק האזנת סתר, התשל"ט-1979"³²

עקרונות אלה יכולים לשמש כנקודת מוצא לדיון ביחס לשמירת מידע ממצלמות וחיישני רכב ברכבים אוטונומיים.

עם זאת, כאמור לעיל, במובנים מסוימים דווקא משתמשי הרכב האוטונומי עצמם חשופים פוטנציאלית להפרות משמעותיות של פרטיותם. הפרות אלה יכולות לכלול שלל הנמקות: ביטחון

²⁹ שם.

³⁰ שם.

³¹ משרד המשפטים, הרשות למשפט טכנולוגיה ומידע, "הנחית רשם מאגרי מידע מס' 4/2012 שימוש במצלמות אבטחה ומעקב ובמאגרי התמונות הנקלטות בהן", כניסה: 2 בדצמבר 2019.

³² שם.

אישי, ביטחון הציבור, פיקוח של החברה המפעילה – במקרה של רכב שאינו פרטי; פיקוח על כלל הנוסעים – במקרה של רכב שיתופי; מניעת ונדליזם ועוד. בהינתן ההנחה הסבירה כי הזמנה של רכב אוטונומי תתבסס על טלפון חכם ואינטרנט, עשויה להיות התממשקות במידע האישי בין הרכב והטלפון, כולל שימושים בזיהוי ביומטרי לשם זיהוי נוסעים לצד הרכב או בתוכו. צפוי כי המידע האישי על המשתמש יכלול גם מידע על נתיבי הנסיעה שלו, העדפותיו השונות ועוד. כמו כן, כיוון שאחד מהמודלים להכנסות מצד מפעילות התחבורה האוטונומית יהיה שירותי בידור בעת הנסיעה, צפוי כי לחברות עצמן יהיה אינטרס נוסף לזהות את הצרכנים ולספק להם שירותים מותאמים אישית. שירותים כאלה יכולים להתבסס לא רק על מידע שהנוסעים מספקים למפעיל, אלא גם על מחוות גוף וניטור מידע אודותיהם תוך כדי הנסיעה. מגמות כאלה של איסוף מידע אישי ממכשירים חכמים דוגמת רמקולים חכמים וטלוויזיות חכמות קיימות זה מכבר והצירוף שלהן למידע אישי נוסף (ביחס לנסיעות, לשותפים לנסיעות ועוד), צפוי להעשיר את המידע האישי שבידי החברות המפעילות ואף לשפר את השירות מחד, ועלול להוות מקור לפגיעה בפרטיות או לשימוש לרעה במידע אישי מאידך.

6.2 סייבר ורכבים חכמים ואוטונומיים³³

השימוש הגובר במערכות מחשוב בכלי רכב והחיבור של רכבים לאינטרנט הופכים אותם לכר פורה לפגיעות סייבר. פגיעות כאמור יכולות להיעשות באמצעות גישה פיזית לנקודות שונות ברכב, אך גם באמצעות גישה מטווח קצר (חיבור אל-חוטי) או מטווח רחוק. החיבור לרשת עלול לאפשר לא רק גישה למידע אישי או שיבוש מידע, אלא עלול לגרום גם פגיעה במערכות הרכב כולל יכולת לשלוח פקודות למערכות הניהוג (הגה, בלמים ומנוע) ומכאן כי תקיפת סייבר ברמת תחכום גבוהה יכולה לגרום לנזק גדול, כולל פגיעה בחיי אדם ושיבוש מרקם החיים. מטבע הדברים נראה כי ככל שמדובר בכלי רכב אוטונומיים יותר ובפרט בתרחיש של אוטונומיה מלאה והעדר אפשרות ניהוג אנושי, יכולות להיות לתקיפות סייבר השלכות משמעותיות יותר. כמו כן, ככל שכלי הרכב הנפרץ ציבורי יותר ומשמש להסעה של יותר אנשים פגיעה בו עלולה לגרום פגיעות נרחבות יותר.

בין סוגי המתקפות שניתן לציין: **מתקפת כופר** – בה מוחזרת תכנה מזיקה (נוזקה) שפוגעת במחשב הרכב ומונעת את השימוש בו עד לתשלום כופר לתוקף. כך לדוגמא, בנובמבר 2016 בוצעה מתקפת כופר על מערכות המחשוב של הרכבת הקלה בסן פרנסיסקו; **השגת גישה פיזית לרכב**: באמצעות כלים שונים בהם אפליקציות, שיבוש תדרי רדיו, התחברות לשקע דיאגנוסטי ועוד ניתן להשיג גישה פיזית לכלי רכב חכמים; **גנבת מידע אישי**: מערכות שונות ברכב בהן מערכות GPS, מערכות תיעוד אירועים, יישומים לטלפונים המאפשרים לנהג לאגור

³³ חיים ויסמונסקי ומאי הר-שי, "התמודדות משפטית עם איומי סייבר לכלי רכב 'חכמים'", **חוקים**, (טרם פורסם).

נתונים על דפוסי נהיגה ועוד – כולם יכולים להוות כר פורה לכריית מידי אישי- שבו יכול להיעשות שימוש לרעה.

בין התרחישים האפשריים לתקיפה: תקיפה זדונית- למטרת טרור, עבריינות- נקמה או ונדליזם; תחרות עסקית- ניסיון לפגוע בכלי רכב של מתחרים; מניע כלכלי; ורשלנות בטיפול במערכות המחשוב של הרכב.

הנושאים של הגנה מפני תקיפות סייבר, קביעת סטנדרטים להגנה על מידע אישי ברכבים אוטונומיים ועוד היו חלק מכמה הצעות חוק שנידונו בקונגרס האמריקאי אך טרם הפכו לחוקים. גם גופי תקינה בינלאומיים בארה"ב ובאירופה עסוקים בניסיונות לספק מענה לשאלת ההגנה בסייבר על רכבים חכמים ואוטונומיים.

במאמר הסוקר את ההגנה בסייבר על כלי רכב חכמים, מציינים המחברים אפשרויות שונות למענה מקומי לנושא בישראל. בין השאר הם מציעים לבחון "צמתים" בחיי הרכב כדי להתייחס לאיומי סייבר בהם: ייבוא הרכב ומבחן הכשירות שלו ("טסט"); תמריצים כלכליים בתקנות או בחקיקה ביחס להגנת סייבר בדומה לתמריצים להתקנת אמצעי בטיחות אחרים; ותיקוני חקיקה שונים שיכולים לשיטתם לשפר את הטיפול בנושא.³⁴

6.3 שאלת האחריות במקרי תאונה של רכבים אוטונומיים

כאמור לעיל, רוב התאונות מתרחשות בשל טעויות אנוש ומכאן כי צמצום השפעת הגורם האנושי והחלפתו במערכות אוטונומיות ברמת בשלות מספקת צפוי לצמצם את מספר התאונות, הנפגעים וההרוגים. עם זאת, בשל המשך המעורבות של משתמשי דרך אחרים- הולכי רגל, רוכבי אופניים ועוד, כמו גם בשל טעויות מכונה, ההנחה הרווחת כיום היא כי תאונות ימשיכו להתרחש.

החוק והנורמות החברתיות מכירות כיום באחריות המוסרית- וכפועל יוצא ממנה גם באחריות המשפטית לתאונות בכלי רכב- הנגרמות ככלל בשל הגורם האנושי. המעבר לכלי רכב אוטונומיים וכתוצאה ממנו הקטנת השליטה האנושית, עד לכדי ביטולה, מעוררים שאלות חדשות ודורשים הכרעות חדשות ביחס לאחריות במקרי תאונה. סביר כי להכרעות כאלה תהיינה השלכות ישירות הן על מידת האפקטיביות של כלי רכב אוטונומיים, הן על התקבלותם החברתית והן על מידת הבטיחות שלהם.

מציאת האיזון הנכון בין מידת הזהירות והבטיחות הנדרשת מכלי רכב אוטונומיים לבין יעילותם שהיא פועל יוצא של מהירות התנועה שלהם והחלטות הנהיגה שלהם (לדוגמא: האם ומתי לעקוף), חשובה ככלל, ובפרט במצב הצפוי של סביבת נהיגה מעורבת – אדם ומכונה. זאת מכיוון

³⁴ שם.

המעבר לכלי רכב
אוטונומיים וכתוצאה
ממנו הקטנת
השליטה האנושית,
עד לכדי ביטולה,
מעוררים שאלות
חדשות ודורשים
הכרעות חדשות ביחס
לאחריות במקרי
תאונה.

שרכב אוטונומי "זהיר מידי" יתקשה להשתלב במרחב הנהיגה ומאידך רכב אוטונומי "לא זהיר מספיק" יגרור מעורבות בתאונות שתפגע במשתמשי דרך וכן תקטין את פוטנציאל ההתקבלות של פתרונות תעבורה כאלה.³⁵

בין המענים האפשריים לשאלת האחריות מוצגות אפשרויות שונות, שלכל אחת מהן יתרונות וחסרונות אפשריים בתוכן: אחריות יצרן/יצרנים; אחריות של הבעלים על הרכב; אחריות של המשתמש ברכב ועוד.³⁶

יש הטוענים כי להטלת אחריות מלאה על היצרן יהיה אפקט מצנן על התפתחותה של תעשייה זו כיוון שהחשיפה לתביעות בהיקף כספי ניכר תפגע בכלכליות הפיתוחים, עוד נטען כי הטלת אחריות מלאה על היצרנים תעודד התנהגות "חסרת אחריות" מצד משתמשי דרך אחרים.

בנוסף, כיוון שההחלטות של מכוניות חכמות צפויות להתבסס על אלגוריתמים מורכבים, צפויים קשיים בהבהרת תהליך קבלת ההחלטות, והנחה מקובלת היא כי תתכן שונות בין אלגוריתמים של חברות שונות ולכן לא תהיה זהות מלאה בהחלטות של כלי רכב שונים. יצוין, כי כלי רכב אוטונומיים צפויים ללמוד להפעיל מעין "שיקול דעת" ולא לפעול רק על פי כללים קבועים מראש באמצעות הטמעה של מערכות "למידת מכונה". חלק מן החוקרים קוראים לפתח בכלי רכב אוטונומיים מערכות המשקפות למשתמש ברכב את השיקולים של המערכת; להגדיר סטנדרטים לפיתוח כלי רכב אוטונומיים שיכללו התייחסות לסטנדרט הפיתוח הנדרש.³⁷

יש שהמירו את המושג "האדם הסביר" במושג "האלגוריתם הסביר" כאמצעי לבחון רשלנות בפיתוח או יישום רכב אוטונומי.³⁸

יש לציין כי בין הפתרונות ה"פרגמטיים" לשאלת האחריות האזרחית או ליתר דיוק לשאלת הפיצוי בגין תאונות יש המציעים את הקמתה של קרן לפיצוי לנפגעי תאונות, קרן כזו יכולה להיות משותפת בין החברות המפתחות לבין המדינה – בשל הטובין הציבוריים הצפויים מהטמעה של תחבורה אוטונומית. עם זאת, פתרון כאמור אינו מייתר את הדיון בשאלת האחריות הפלילית בגין תאונות של רכבים אוטונומיים. נושא זה ראוי לדיון מעמיק ונרחב יותר.

³⁵ Gadi Perl, "Regulating SDVs: A Technology Oriented Model for Regulating Self-Driving Vehicles", (Unpublished master's thesis), Law Faculty, The Hebrew University of Jerusalem, October 2019, pp. 90-104.

³⁶ שם וכן;

Alexander Hevelke & Julian Nida-Rümelin, "Responsibility for Crashes of Autonomous Vehicles: An Ethical Analysis", *Science and Engineering Ethics* 21, 2015, pp.619-630.

³⁷ Ashley Nunes, Bryan Reimer & Joseph F. Coughlin, "[Legislation on the Testing of Self-Driving Cars does not Address Liability and Safety Concerns](#)", *Nature* 556, April 2018.

³⁸ Chagal- Feferkorn in: Gadi Perl, "Regulating SDVs: A Technology Oriented Model for Regulating Self-Driving Vehicles", (Unpublished master's thesis), Law Faculty, The Hebrew University of Jerusalem, October 2019, pp. 90-104.

7. פעילות משרדי הממשלה בישראל בתחומי התחבורה האוטונומית והחכמה

מרכז המחקר והמידע של הכנסת פנה אל משרד התחבורה, אל מנהלת תחבורה חכמה ותחליפי דלקים במשרד ראש הממשלה ואל רשות החדשנות בבקשה למידע ביחס לפעילות ממשלתית בנושא רכבים אוטונומיים. גופים אלה נשאלו הן באשר לעמדת המשרדים ביחס להטמעה של תחבורה אוטונומית בישראל וסוגיות רגולציה רלבנטיות והן ביחס לקידום מעמדה הבינלאומי של ישראל בתחומי התחבורה החכמה ומשיכת השקעות מו"פ בינלאומיות בתחום. להלן תוצג החלטת ממשלה מרכזית בנושא והתייחסויות גורמי הממשלה לפנייתנו:

7.1 החלטת הממשלה בנושא "תכנית לאומית לתחבורה חכמה" ומימושה

בינואר 2017 נתקבלה החלטת ממשלה תחת הכותרת "תכנית לאומית לתחבורה חכמה"³⁹ בפתח ההחלטה נכתב כך :

"במטרה לעודד מחקר ופיתוח, יזמות ותעשייה בתחום התחבורה החכמה בישראל ולייעל את מערך התחבורה באמצעות עידוד שילובן של טכנולוגיות מתקדמות בתחום התחבורה, **לרבות כלי רכב אוטונומיים**, חשמליים ומקושרים, מודלים שיתופיים, טכנולוגיות ניטור ועיבוד מידע תחבורתי ותפיסות חדשניות בהפעלת שירותי תחבורה, ולהביא למיצוי התועלות הכלכליות והחברתיות הגלומות בטכנולוגיות אלו, בדגש על הפחתת השימוש בנפט, הקטנת הגודש בדרכים ויוקר המחיה, שיפור הבטיחות בדרכים, שמירה על הסביבה ופיתוח התעשייה הטכנולוגית."

לצורך מימוש מטרות אלה קובעת ההחלטה שורה של משימות בהן: הקמת ועדת היגוי משותפת למשרדי הממשלה הרלבנטיים, ביצוע תוכנית לאומית שתכלול: **הקמת מרכז ניסויים לרכב אוטונומי**; הנגשת תשתיות מידע, ומיפוי; קידום מו"פ ושיתופי פעולה בין מגזריים; קידום ניסויי חלוץ (פיילוטים); "גיבוש וקידום הצעדים הכרוכים בניסוי, הפעלה ומתן שירותי תחבורה חכמה, תחבורה שיתופית, ושימוש באמצעים כלכליים משלימים לקידום מטרות ההחלטה. **בכלל זה תמליץ הוועדה לגורמים המשפטיים הרלוונטיים על עדכון החקיקה המתאימה, התאמת חוקי הדרך לכלי הרכב האוטונומיים**, התאמת מערכת הרישוי והרכב, תדרי תקשורת ועוד". (ההדגשות אינן במקור).

על פי ההחלטה, תקציב התוכנית יהיה 238 מיליוני ש"ח שיוקצו על פני חמש שנים לפי החלוקה הבאה: 5 מיליוני ש"ח לשנה מתקציב רשות החדשנות במשרד הכלכלה, 5 מיליוני ש"ח לשנה מתקציב משרד ראש הממשלה ו-5 מיליוני ש"ח לשנה מתקציב ות"ת במועצה להשכלה גבוהה

³⁹ משרד ראש הממשלה, "תכנית לאומית לתחבורה חכמה", החלטה מספר 2316 של הממשלה מיום 22 בינואר 2017 (עודכנה ב-19 בספטמבר 2017).

(כלומר סה"כ 15 מיליוני ש"ח לשנה משלושת הגופים האמורים; סה"כ 75 מיליוני ש"ח לחמש שנים) ועוד 163 מיליוני ש"ח מתקציב משרד התחבורה.

כאמור, מרכז המחקר והמידע של הכנסת פנה אל גופי הממשלה העוסקים בנושא כדי לבדוק את סטאטוס יישום התוכנית ולהלן יוצגו עיקרי המידע בנושא. יצוין כי בהתאם לאמור בהחלטת הממשלה, הוקמה ועדת היגוי בין משרדית והיא קיימה עד כה ארבעה מפגשים.⁴⁰

7.1.1 הקמת מאגד בנושא רכבים אוטונומיים (Avatar)

תכנית המאגדים היא תכנית המופעלת על ידי זירת תשתיות ברשות לחדשנות טכנולוגית. התכנית מאפשרת לחברות מסחריות ומוסדות מחקר לשתף פעולה על מנת לקדם מחקר ופיתוח ארוכי טווח. באופן כללי, מאגד מוצע על ידי חברות מסחריות המתאגדות יחדיו ומתכננות תכנית מחקר ופיתוח משותפת לשלוש שנים. ההצעה נבדקת על ידי ועדת בחינה משותפת בה נבחנת התכנית בהיבטים שונים: חדשנות, תכנית עסקית, יכולת החברות, גודל השוק והיתרון הישראלי ועוד.⁴¹

על פי מידע שנתקבל מרשות החדשנות, הקמת מאגד "אוטאר" אושרה ונבחרו החברות והמוסדות האקדמיים שנוטלים בו חלק.

נבחרו חוקרים מהמוסדות האוניברסיטאיים הבאים: בן גוריון, בר-אילן, חיפה, תל-אביב, הטכניון, ומכון וייצמן למדע. כלל תקציב האקדמיה עומד על כ-8 מיליוני ש"ח ושיעור המענק מתוך התקציב לפרויקט הוא 80% כלומר המוסדות והמדענים הנוטלים חלק במאגד צריכים להציג ממקורותיהם עוד 20% מן התקציב. תקופת הביצוע היא 18 חודשים שתחילתם ב-1 לספטמבר 2019.

החברות שנבחרו הן: אלביט, סיווה, ארבה, קוגנטה, ט'ירד-אי, ויה ויג'ן. כלל תקציב התעשייה הוא כ-20 מיליוני ש"ח. שיעור המענק הוא 66%, כלומר החברות עצמן נדרשות להקצות עוד 33% תקצוב למאגד.⁴²

על פי מידע שנתקבל מרשות החדשנות, נוסף על מאגד "אוטאר", מפעילה הרשות מאגד נוסף בתחום החיישנים החכמים לתחבורה. עוד צוין בתשובת הרשות כי אושר להתארגנות איגוד

⁴⁰ דניאל צוקר מילורגר, מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, משרד ראש הממשלה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 1 בדצמבר 2019.

⁴¹ דניאל צוקר מילורגר, מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, משרד ראש הממשלה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 25 ביולי 2019.

⁴² משה אברהמי, ראש אגף תעשייה, זירת תשתיות טכנולוגיות, רשות החדשנות, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 8 בספטמבר 2019.

תחבורה חכמה שמטרתו ליצור מאגר מידע אינטגרטיבי הכולל נתוני תעבורה ונתוני ניסויים של רכבים אוטונומיים ומערכות חישה.⁴³

7.1.2 הקמת מרכז ניסויים לרכבים אוטונומיים

בפברואר 2018 פורסם מכרז להקמת מרכז ניסויים. מרכז הניסויים הוקם מתוקף החלטת הממשלה ומתופעל על ידי קבלן משנה של חברת נתיבי איילון. קבלן המשנה אחראי בין השאר על תיאום שטחי ניסוי לחברות המעוניינות לבצע ניסויים בשטחים סגורים. בנוסף, תחת מרכז הניסויים ניתנה לחברות מסחריות הזדמנות לבצע ימי ניסוי במתקנים צבאיים.

יעדי מרכז הניסויים:

- הובלת תחום הניסויים באוטונומיה ותחבורה חכמה בישראל;
- שדרוג יכולות הסימולציה והנגשתן לתעשייה;
- גיבוש אתרי ניסוי מגוון ותחדש בהתאם לצרכי התעשייה;
- הנגשת ידע לתכנון וביצוע ניסויים מורכבים;
- פיתוח תשתית לביצוע בחינות עמידות סייבר.

באשר לתחום הסייבר: המרכז אמור לספק מענה לפער בישראל ובעולם בתחום של מדידה, ניסוי, מו"פ, תקינה ורישוי בתחומי אבטחת הסייבר בתחבורה חכמה. היבטי הסייבר אמורים להתבסס על שיתופי פעולה בין משרד התחבורה ומערך הסייבר הלאומי במשרד ראש הממשלה.⁴⁴

על פי נתונים שהתקבלו ממשרד התחבורה 16 חברות וגופים אוניברסיטאיים ביצעו ניסויים כחלק ממרכז הניסויים בשנת 2019 עד כה.⁴⁵

יש לציין כי חלק ניכר מהניסויים המתקיימים בכבישי ישראל נעשים שלא כחלק ממרכז הניסויים. על פי תשובת מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, רוב הניסויים שמצבעות החברות ג'נרל מוטורס, יאנדקס ומובילאיי מתבצעים בכבישי ישראל הציבוריים – בכפוף לאישורים שקיבלו החברות ממשרד התחבורה.⁴⁶

⁴³ מעיין קרן-צור, ראש מחלקת המחקר, יחידת האסטרטגיה, רשות החדשנות, משרד הכלכלה ותעשייה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 8 בדצמבר 2019.

⁴⁴ מצגת "מרכז לאומי לניסויים בתחום האוטונומיה, רובטיקה ותחבורה חכמה", התקבל מתני סטרמן, עוזר מנכ"לית, משרד התחבורה, 3 בדצמבר 2019.

⁴⁵ שם.

⁴⁶ דניאל צוקר מילורגר, מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, משרד ראש הממשלה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 25 ביולי 2019.

על פי תשובת נציג משרד התחבורה, **אין כיום בישראל כלי רכב המורשים לנסוע ללא נוכחות של מפעיל ברכב.**⁴⁷ שלוש חברות בלבד (מובילאיי, יאנדקס וג'נרל מוטורס) קיבלו עד כה אישור להפעיל כלי רכב ניסויים שבהם נעשה שינוי במערכות הניהוג (כלי רכב בניסויי יישום אוטונומי). לדברי נציג משרד התחבורה, האישור ניתן באופן ספציפי לכלי רכב וכיום נעים בכבישים כ-20 רכבים כאמור. שלוש חברות נוספות הגישו בקשות אשר נמצאות בהליך בחינה וטרם אושרו.⁴⁸

עוד יצוין כי משרד התחבורה פרסם ביוני 2019 נוהל "אישור ניסויים בכלי רכב לצורך מחקר ופיתוח טכנולוגיות אוטומטיבות". בפתח הנוהל שפורסם באנגלית מצוין כי המשרד רואה חשיבות רבה בקידום טכנולוגיות רכב חדשות כחלק מאסטרטגיה לחזק את התעשייה הישראלית ולהפוך אותה למרכז עולמי לפיתוח בתחום ולמשוך יזמים מכל העולם. עוד נכתב כי המשרד מזהה את החשיבות בפיתוח טכנולוגיות ומערכות לכלי רכב אוטונומיים בשל הפוטנציאל שלהם לחזק את הבטיחות בדרכים ולצמצם את מספר הנפגעים בתאונות.⁴⁹

חברות נוספות הפעולות בתחום התחבורה החכמה ומפתחות אמצעים שונים שאינם דורשים אישור רגולטורי לניסוי, כגון חברות המפתחות חיישנים שונים, מקיימות גם הן ניסויים או איסוף של מידע לשימושים שונים.

7.1.3 הקמת מרכז אקדמי לאומי לתחבורה חכמה

בחודש יולי 2018 פרסמה המועצה להשכלה גבוהה קול קורא להפעלת מרכז אקדמי לאומי לתחבורה חכמה, במקביל הוקמה וועדת היגוי במועצה להשכלה גבוהה לנושא. בחודש מרץ 2019 נבחרה ההצעה הזוכה בקול הקורא. לאחר מכן, לאור פניית אחת המציעות בקול הקורא, התגלה כי נפל פגם בהליך השיפוט ועל כן הוחלט במועצה להשכלה גבוהה כי ההצעות יבחנו מחדש. למרות הליך שיפוט מחדש נבחרו המוסדות שנבחרו כבר במרץ 2019.⁵⁰ הטכניון ואוניברסיטת בר אילן, בהצעה משותפת, זכו בהקמת "המרכז הלאומי לקידום המחקר בתחום תחבורה חכמה", בסך כולל של כ-25 מיליון ש"ח.⁵¹

יעדי המרכז הלאומי לחקר תחבורה חכמה⁵²:

⁴⁷ תני סטרמן, עוזר מנכ"לית, משרד התחבורה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2 באוקטובר 2019.

⁴⁸ יעקב שם טוב, מנהל תחום בכיר טכנולוגיה וחדשנות, מנהל תנועה, משרד התחבורה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 25 בנובמבר 2019.

⁴⁹ Israeli Ministry of Transport, "Approval of Trial Vehicles for the Purpose of Research and Development of New Technology Systems", Procedure Instruction No. H-02-2017, June 2019.

⁵⁰ דניאל צוקר מילורגר, מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, משרד ראש הממשלה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 24 בנובמבר 2019.

⁵¹ המועצה להשכלה גבוהה, "הקמת מרכז לאומי לקידום המחקר בתחום התחבורה החכמה", 13 במרץ, 2019.

⁵² שם.

הטכניון ואוניברסיטת בר אילן, בהצעה משותפת, זכו בהקמת "המרכז הלאומי לקידום המחקר בתחום תחבורה חכמה", בסך כולל של כ-25 מיליון שקלים.

- לפעול לחיזוק תחום התחבורה החכמה באקדמיה בישראל, לרבות באמצעות גיבוש קהילה אקדמית פעילה בתחום זה;
- להוות מוקד ידע למחקר ופיתוח בתחום התחבורה החכמה, באקדמיה ובממשק אקדמיה-תעשייה, בישראל ומול גורמים דומים בעולם (Point Of Contact);
- לעודד שיתופי פעולה בתחום התחבורה החכמה בממשק אקדמיה-תעשייה ובאקדמיה הישראלית ומול גורמים אלה בעולם.
- לפעול לקידום ועידוד המחקר בתחום התחבורה החכמה ברמה הארצית, באמצעות ייזום תכניות בהתבסס על תוצרי המרכז, ניתוח וזיהוי צרכים והיכרות עם הממשק אקדמיה-תעשייה.

7.1.4 פרויקט מיפוי ברזולוציה גבוהה

על פי החלטת הממשלה, בין תפקידי התוכנית הלאומית לתחבורה חכמה: "איתור, יצירה והנגשת תשתיות מידע הנדרשות למו"פ ולצמיחת תעשיית התחבורה החכמה בישראל, ובכלל זאת מיפוי והנגשת מאגרי מידע בתחום ומיפוי כבישי ישראל או חלק מהם ברזולוציה גבוהה".

"המרכז למיפוי ישראל" (מפ"י) ומינהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה מקדמים את פרויקט המיפוי ברזולוציה גבוהה כתשתית מחקר תומכת לתחום התחבורה החכמה. באוגוסט 2018 פורסם מרכז ראשון בנושא. תוצרי המיפוי – החומר הגולמי ושכבות המידע המקוטלגות הונגשו לאחרונה לציבור הרחב וזאת במטרה להנגיש לציבור המפתחים והחברות הקטנות מאגר נתוני עתק, רב ערך, מפורט ואיכותי. מרכז נוסף בנושא אמור להתפרסם בשנת 2020.⁵³

7.1.5 פיילוטים בתחום התחבורה החכמה

על פי החלטת הממשלה, בין הצעדים שיקודמו כחלק מהתוכנית הלאומית לתחבורה חכמה יבוצעו ניסויי שטח ופרויקטי חלוץ ("פיילוטים") של טכנולוגיות ותפיסות הפעלה חדשות במערך התחבורה שלהם פוטנציאל להפחתת גודש, לצמצום תאונות דרכים, לעידוד תחבורה ציבורית ולצמצום השימוש בנפט. על פי תשובת מינהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, במסגרת שני הקולות הקוראים הראשונים שפורסמו אושרו עד כה 8 פרויקטים בהיקף מימון ממשלתי של כ-16 מיליוני ש"ח. סכום זה נמוך מהתקציב ומההיקף הפעילות המיוחלת. על פי החלטת הממשלה התקציב לשנים 2017-2019 עבור ניסויי שטח ופרויקטי חלוץ היה אמור להיות כ-85 מיליוני ש"ח.⁵⁴ יצוין כי קיימת אי-בהירות ביחס להיקף התקציב שהוקצה לנושא ומקורותיו. על פי האמור בהחלטת הממשלה תקציב הפיילוטים לכלל התקופה (2017-2021) יעמוד על 125 מיליוני ש"ח, משרד התחבורה ציין בתשובתו כי תכנית הפיילוטים ברשות החדשנות ובהובלת משרד

⁵³ דניאל צוקר מילורגר, מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, משרד ראש הממשלה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 24 בנובמבר 2019.

⁵⁴ שם.

תקציב התוכנית
הלאומית לתחבורה
חכמה נקבע על סך
של 238 מיליוני
שקלים על פני חמש
שנים. עד כה תקציבי
התוכנית לשנים
2017-2019 בוצעו
באופן חלקי בשל
עיכובים בקצב
ההקמה והיישום של
הצעדים השונים.

התחבורה מתוקצבת בכ-150 מיליוני ש"ח לתקופה האמורה. נציג משרד התחבורה לא ציין מה שיעור התקציב שמומש עד כה.

7.2 מימוש תקציבי התוכנית הלאומית לתחבורה חכמה

כאמור לעיל, תקציב התוכנית הלאומית לתחבורה חכמה נקבע על סך של 238 מיליוני ש"ח על פני חמש שנים. על פי תשובת המינהלת לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, עד כה תקציבי התוכנית לשנים 2017-2019 בוצעו באופן חלקי בשל עיכובים בקצב ההקמה והיישום של הצעדים השונים. דחייה זו נעשית בשל קצב הביצוע ואין משמעותה צמצום היקף התקציב לתוכנית. כאמור לעיל, קצב יישום הפיילוטים איטי מן הצפוי; ובתחום הנגשת מאגרי המידע – טרם החלה התקדמות משמעותית ואין ניצול של תקציב.⁵⁵

7.3 היקף ההשקעה הממשלתית בנושא תחבורה אוטונומית

מרכז המחקר והמידע של הכנסת פנה לגופי הממשלה העוסקים בנושא בבקשה לנתונים או אומדן של היקפי ההשקעה הממשלתית בתחום התחבורה האוטונומית.

מן התשובות עולה כי לא ניתן לכמת את כלל ההשקעה הממשלתית בתחומי התחבורה החכמה ולא ניתן לכמת את חלקה של ההשקעה בתחבורה אוטונומית מכלל זה. בין השאר בשל זיקה בין תחומי ידע שונים שאינם מוגדרים בצורה ברורה בתחום התחבורה החכמה בהם-מדעי הנתונים, בינה מלאכותית, רובוטיקה או תחומי מחקר בסיסי אחרים שיכולים להשפיע על התפתחות תחום זה.

כאמור, ניתן לציין כי ממשלת ישראל הקצתה 238 מיליוני ש"ח לתוכנית הלאומית לתחבורה חכמה, ותקצבה פרויקטים נוספים בתחום. כך לדוגמא, בשנת 2018 פרסם המכון לחדשנות תחבורתית באוניברסיטת ת"א שהוקם בשיתוף מל"ג והמינהלת קולות קוראים לתמיכה במו"פ באקדמיה. בין היתר נתמכו מחקרים, תחרויות סטודנטים ביישום של רכב אוטונומי וחשמלי, ותשתיות לשתי אוניברסיטאות לביצוע ניסויים ברכב אוטונומי. בנוסף, תומכת הממשלה בשנים האחרונות במכון מחקר בתחום אלקטרו-כימיה בתקציב של כ-8 מיליוני ש"ח בשנה, ובהקמת מעבדות ייעודיות, מענקים, החזרת חוקרים ועוד.⁵⁶

עם זאת יצוין כי **על פי תשובת רשות החדשנות, תמיכת הרשות בכלל תחומי התחבורה החכמה עמדה בשנת 2017 על 90 מיליוני ש"ח בכלל מסלולי התמיכה; בשנת 2018 על 112 מיליוני ש"ח ועל 73 מיליוני ש"ח בחציון הראשון של שנת 2019.**⁵⁷

⁵⁵ ש.ם.

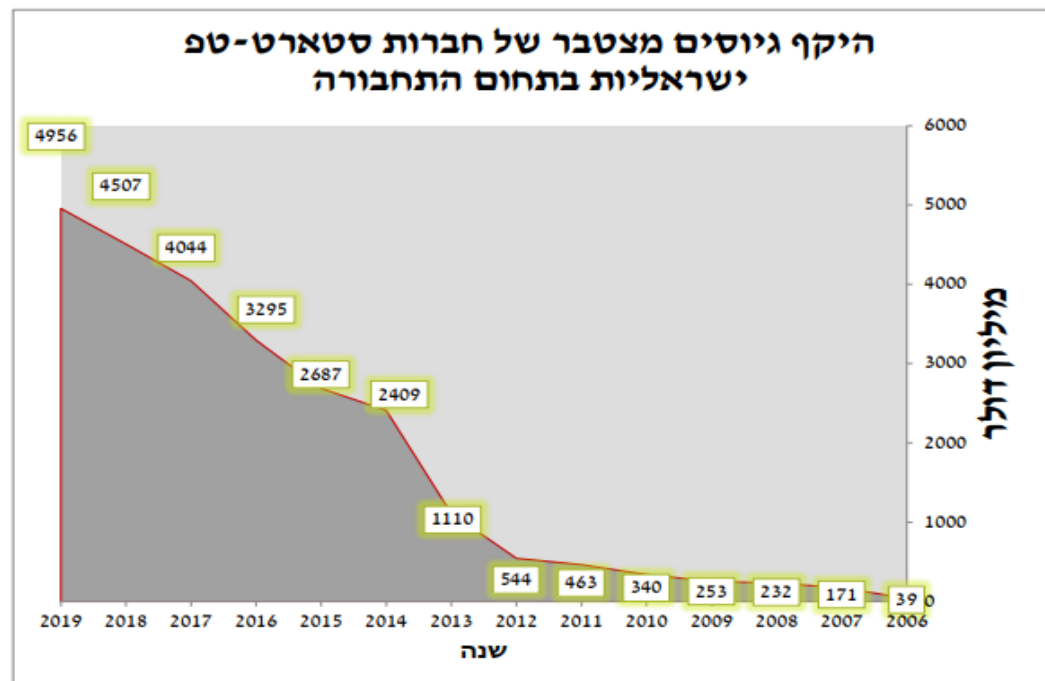
⁵⁶ דניאל צוקר מילורגר, מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, משרד ראש הממשלה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 24 בנובמבר 2019.

⁵⁷ מעיין קרן-צור, ראש מחלקת המחקר, יחידת האסטרטגיה, רשות החדשנות, משרד הכלכלה ותעשייה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 8 בדצמבר 2019.

8. עצימות תחום התחבורה החכמה בישראל

הדימוי של ישראל כ"סטארט-אפ ניישן", תרבות של חדשנות ותפיסה של הציבור בישראל כנוטה לאימוץ מהיר של טכנולוגיות ומערכת השכלה גבוהה חזקה תורמים כולם למיצוב של ישראל כמרכז למחקר ופיתוח בתחומי הטכנולוגיה העילית בכלל ובתחום התחבורה החכמה בפרט.

על פי נתונים שנתקבלו ממנהלת תחליפי נפט ותחבורה חכמה, ניתן לראות כי בשבע השנים האחרונות היקף הגיוסים של חברות ישראליות בתחום התחבורה- ללא רכישות, גדל כמעט פי עשר. מכ- 550 מיליוני דולרים בשנת 2012 לכמעט חמישה מיליארדי דולרים בשנת 2019, כפי שניתן לראות באיור להלן.



בשבע השנים האחרונות היקף הגיוסים של חברות ישראליות בתחום התחבורה- ללא רכישות, גדל כמעט פי עשר. מכ- 550 מיליוני דולרים בשנת 2012 לכמעט חמישה מיליארדי דולרים בשנת 2019

על פי נתוני המינהלת, בישראל פעילות בתחומי התחבורה החכמה כ-600 חברות הזנק ("סטארט-אפ") ישראליות וקהילת יזמים של כ-7,000 איש ועשרות חברות בינלאומיות.

על פי דוח של חברת KPMG המציג אינדקס מוכנות בתחום התחבורה האוטונומית ומשווה בין מדינות שונות⁵⁸, ישראל מדורגת במקום ה-14 מתוך 25 המדינות הנסקרות. מחד, הדוח מדרג את ישראל במקום הראשון בהיבטי טכנולוגיה וחדשנות ובמקום ה-9 במונחי התקבלות של צרכנים, ומאיך הוא מדרג את ישראל במקום ה-21 בתשתיות ובמקום ה-

⁵⁸ KPMG International, "[2019 Autonomous Vehicles Readiness Index](#)".

במקום הראשון הולנד ולאחריה: סינגפור, נורבגיה, ארה"ב, שבדיה, פינלנד, בריטניה, גרמניה, איחוד האמירויות, יפן, ניו-זילנד, קנדה ודרום קוריאה.

18 במדיניות וחקיקה. יצוין כי הדוח של KPMG פורסם ביולי 2019, וייתכן כי חלק מן הפעילות הישראלית בתחומי המדיניות והרגולציה מהעת האחרונה לא שוקללה בדירוג.

לפי הדוח, בדירוג ההשקעה בתחומי התחבורה האוטונומית, שיתופי הפעולה ומספר המשרדים הראשיים של חברות בתחומי התחבורה האוטונומית (AV) בחישוב לפי גודל האוכלוסייה, ישראל ניצבת במקום הראשון; מאידך, במונחי כיסוי של תשתיות תקשורת דור רביעי (4G) ישראל מדורגת אחת לפני האחרונה.⁵⁹

הדוח מציין כאבן דרך משמעותית בהתפתחות התחום בישראל את הרכישה של חברת מובילאיי על ידי אינטל בשנת 2017 בסכום של כ-15.3 מיליארד דולרים, שהובילה להשקעות נוספות מצד חברות בינלאומיות בהם: דיאמלר, בי-פי ומיצובישי ואת העניין של יצרניות רכב נוספות בהקמת מרכזי מו"פ בישראל. על פי הדוח יש בישראל כ-100-120 חברות הזנק בתחומי התחבורה האוטונומית כולל בתחומי מיפוי, טכנולוגיית לידר⁶⁰, ראיית לילה ועוד שהן כחמישית מכלל חברות ההזנק הפעילות בתחומי התחבורה. עם זאת, הדוח רואה בהיעדר תעשיית ייצור רכב מקומית, במרחקי הנסיעה הקצרים ובצפיפות התחבורתית בישראל קושי פוטנציאלי ביישום מקומי של רכבים אוטונומיים בסביבה המערבת נהיגה אוטונומית ואנושית.

עוד מציין דוח KPMG כי מדינות מובילות בתחומי הטכנולוגיה והחדשנות – שהמובילה בהן היא כאמור ישראל, מדורגות ככלל במקום בינוני בלבד בתחומי סביבת הרגולציה של רכבים אוטונומיים. לפי הדוח התאמת רגולציה והקמת ארגון או גוף מוסדי הממוקד בתחבורה אוטונומית יכולים לאפשר למדינות אלה לקדם את המוכנות והמובילות הכללית שלהן בצורה משמעותית.⁶¹

9. רגולציה וקידום ישראל כמובילה בתחומי התחבורה האוטונומית

על פי מסמך של משרד התחבורה בנושא תחבורה חכמה מספטמבר 2019, **המשרד פועל להכנת תשתית רגולטורית לעידן הרכב האוטונומי ומוביל שיח פתוח עם ממשלות נוספות ויצרני טכנולוגיות בענף הרכב כדי ליצור התאמה מרבית בין הטכנולוגיה לבטיחות משתמשי הדרך.** עוד מצוין במסמך כי מדינות שונות בעולם עוסקות בהתאמת רגולציה. בבריטניה פרסם משרד התחבורה בפברואר 2019 מסמך הוראות רגולטורי מפורט לניסויים ברכבים אוטונומיים – כולל התייחסות לסוגיות של שיתוף נתונים, בטיחות, חובות משפטיות, ביטוח ותהליך אישור ביצוע ניסויים. בהולנד אושר ביולי 2019 חוק המתיר ניסויים ברכבים

⁵⁹ חמש המדורגות נמוך ביותר בין המדינות הנסקרות הן: ניו-זילנד, גרמניה, רוסיה, ישראל וברזיל. תשתיות תקשורת ניידות חשובות ליישום של רכבים אוטונומיים שצפויים לעשות שימוש רב בהן.

⁶⁰ LIDAR – Light Detection and Ranging

⁶¹ שם.

לדברי נציג משרד התחבורה אי הצבה של רגולציה תומכת ומתקדמת עלול ליצור חסמים אשר יעכבו את כניסתם של מערכות מתקדמות ורכבים אוטונומיים לישראל.

אוטונומיים על כבישים ציבוריים ללא נוכחות נהג/מפעיל ברכב (תחת מגבלות שונות ביחס לזמני הניסוי, נוכחות מפעיל במרחק מוגדר מהרכב ועוד).⁶²

בתשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת ציין נציג המשרד כי "הצבת רכבים אוטונומיים בכבישים תחייב רגולציה הוליסטית תומכת, לא רק של משרד התחבורה אלא גם של גופים ממשלתיים נוספים. אי הצבה של רגולציה תומכת ומתקדמת עלול ליצור חסמים אשר יעכבו את כניסתם של מערכות מתקדמות ורכבים אוטונומיים." על פי התשובה, משרד התחבורה החל לפעול מול רגולטורים אחרים לקידום הנושא ובוחן רגולציות מובילות במדינות אחרות כגון זו של סינגפור, ארה"ב ועוד.⁶³

לפי תשובת המשרד "בוצעו עדכונים חקיקה, נכתבו הוראות נוהל ונקבעו תהליכים במטרה לאפשר לחברות להתקדם משלבי המו"פ המוקדם לניסויים במתחמים סגורים ובכבישים ציבוריים".⁶⁴

מינהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה השיבה לפניית מרכז המחקר והמידע בנושא וציינה כי כחלק מהתאמת הרגולציה תוקנו תקנות התעבורה כדי להרחיב את סמכויות מפקח תעבורה למתן פטור מתקנות מסוימות לצורך ביצוע ניסויים ומשרד התחבורה פרסם נוהל לאישור ניסויים בכלי רכב. כמו כן, משרד התקשורת הקצה ערוץ אחד בטווח התדר של 5.9Ghz לצורך חיבוריות בין כלי רכב. עוד צוין בתשובת המינהלת כי בשנתיים האחרונות קיימה המינהלת בשיתוף משרד התחבורה אירוע רגולטורים בינלאומי בו נטלו חלק נציגי 10 מדינות מובילות בתחום.⁶⁵

לפי תשובת המינהלת המצב כיום בישראל בו התהליכים הנדרשים מחברות הפועלות בתחום אינם ברורים מספיק ותכניות עתידיות ביחס לרגולציה, סביבות ניסוי ועוד, אינן מפורטות דיו, מהווה חסרון למדינת ישראל אל מול מתחרותיה בחו"ל. לדעת המינהלת יש להפוך את הרגולציה הישראלית בתחום לגמישה יותר, ומתאימה לשינויים מהירים לאור קצב ההתקדמות הטכנולוגית וחוסר הוודאות הגבוה. בנוסף, יש לפעול לתהליך שקוף ומפורסם בצורה פומבית, בעברית ובאנגלית על מנת שעיקרי הרגולציה, התהליך ולוח הזמנים הצפוי לחברה, ישראלית או בין-לאומית, לעבור לקראת ניסוי של טכנולוגיות יהיו ברורים. שינויים כאמור יאפשרו למדינת ישראל להחציץ את יתרונותיה."

⁶² משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, "תחבורה חכמה, פעילות ותחומי המיקוד של משרד התחבורה והבטיחות בדרכים בתחום התחבורה החכמה", ספטמבר 2019.

⁶³ תני סטרמן, עוזר מנכ"לית, משרד התחבורה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2 באוקטובר 2019.
⁶⁴ שם.

⁶⁵ דניאל צוקר מילורגר, מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה, משרד ראש הממשלה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 24 בנובמבר 2019.

לדעת מינהלת
תחליפי דלקים
ותחבורה חכמה יש
להפוך את הרגולציה
הישראלית בתחום
לגמישה יותר,
ולהתאים אותה
לשינויים מהירים
לאור קצב
ההתקדמות
הטכנולוגית וחוסר
הוודאות הגבוה.

יש לציין כי לפי תשובת המינהלת היא פועלת כגורם מתכלל בנושא תחבורה חכמה לשם המשך חיזוק מובילות התעשייה הישראלית וחיזוק מדינת ישראל כמרכז ידע מחקרי ותעשייתי בתחום. בין השותפים שאת פעילותם מתכללת המינהלת בהיבט זה: רשות החדשנות, משרד הכלכלה, המועצה להשכלה גבוהה ומשרד המדע והטכנולוגיה. באשר לנושא של הטמעת רכבים אוטונומיים ותחבורה חכמה בישראל צוין בתשובת המינהלת כי עיקר הפעילות והאחריות בנושא זה מוטלת על משרד התחבורה ובטיחות בדרכים אך היא קשורה לעיתים גם עם גופים נוספים כמו המשרד לביטחון פנים, משרד התקשורת, משרד המשפטים ועוד.⁶⁶

על פי תשובת רשות החדשנות, הרשות מכירה בחשיבותה של רגולציה לפיתוח ועידוד הטמעת חדשנות טכנולוגית בתחומי התחבורה החכמה ותפעל עם משרדי הממשלה הרלוונטיים הן להנגשת תשתית טכנולוגית וכלי תמיכה חדשניים לתחום, והן להתאמת רגולציה. במהלך שנת 2019 הצטרפה ישראל לארגון C4IR (Centers for the 4th Industrial Revolution) של הפורום הכלכלי העולמי. החברות בארגון, שאותה מובילה רשות החדשנות, נועדה לאפשר לישראל לקדם שינויים רגולטוריים ולהיחשף לחדשנות רגולטורית וממשל טכנולוגי בעולם. הרשות תפעל בשיתוף רגולטורים מקומיים להאיץ תהליכי התאמת רגולציה מקומית לטכנולוגיות עתידיות, בהן תחום התחבורה החכמה.⁶⁷

10. דוגמאות ממדינות מובילות בתחומי התחבורה החכמה

כאמור לעיל, למרות המובילות של ישראל בתחומי החדשנות הטכנולוגית, דירוג המוכנות של ישראל לנושא הרכבים האוטונומיים הוא 14 מתוך 25 מדינות. להלן יוצג הטיפול של כמה מדינות מובילות בנושא זה. מאחר ומערך השיקולים של רגולטורים אמור להיות נרחב מעבר לשאלת "דירוג המוכנות" ולכלול שיקולי תחבורה והשלכות משקיות רחבות, אין בדוגמאות אלה כדי לקבוע אילו משאבים ראוי להשקיע בנושא התחבורה האוטונומית אל מול סוגיות אחרות בכלל, או בתחומי התחבורה החכמה בפרט.

10.1 הולנד⁶⁸

על פי דוח KPMG הולנד מדורגת במקום הראשון סך הכל וכן במקום הראשון ביחס לתשתיות; במקום השני ביחס ל"התקבלות בקרב צרכנים"; במקום החמישי במונחי מדיניות וחקיקה ובמקום ה-10 במונחי חדשנות וטכנולוגיה.

שרת התשתיות ההולנדית ציינה כי הולנד מתכננת לעבוד עם גרמניה ובלגיה להטמיע ציי משאיות שינועו בעורקי תנועה מרכזיים מאמסטרדם לאנטוורפן ומרוטרדם לעמק הרוהר. הכוונה לציי משאיות (עד למאה משאיות) שינועו כשיירות על כבישים מהירים בלילה באופן

⁶⁶ שם.

⁶⁷ מעיין קרן-צור, ראש מחלקת המחקר, יחידת האסטרטגיה, רשות החדשנות, משרד הכלכלה ותעשייה, תשובה לפניית מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 8 בדצמבר 2019.

⁶⁸ KPMG International, "[2019 Autonomous Vehicles Readiness Index](#)".

מתואם ואוטונומי כאשר רק הרכב הראשון בשיירה מאויש. כמו כן, יש כוונה לאפשר לרכבים אוטונומיים אחרים לנוע בכבישים דומים בשעות הלילה.

הולנד גם מובילה בהיקף תחנות הטעינה לרכבים חשמליים ומתכוונת להכניס לשימוש 1,200 רמזורים חכמים ולאפשר חיבוריות של כלי רכב באמצעות רשתות דור חמישי 5G.

חוק שאושר בבית העליון בהולנד בספטמבר 2018 מסדיר את הניסויים ברכבים אוטונומיים על כבישים ציבוריים ללא נוכחות מפעיל ברכב אך עם אפשרות שליטה מרחוק.

בנוסף, רשויות התחבורה הרלוונטיות בהולנד פועלות לקידום תהליך רישוי של רכבים אוטונומיים שיבחון את בטיחותם של רכבים אוטונומיים מתוך גישה הבוחנת את הבטיחות והיכולת לחזות את התנהגות הרכבים בהשוואה להתנהגות של נהג אנושי.

עם זאת, בשל הצפיפות של המרחב האורבני והשימוש הנפוץ באופניים בו, מתווה האימוץ של תחבורה אוטונומית בשלב זה ממוקד במרחבים נפרדים משתמשי דרך אחרים – בדגש על כבישים מהירים או סביבות סגורות כגון אתרים לוגיסטיים, שדות תעופה, נמלים וכדומה.

10.2 סינגפור

סינגפור מדורגת לפי דוח KPMG במקום השני הכללי, במקום הראשון מבחינת מדיניות וחקיקה ומבחינת "התקבלות בקרב צרכנים"; במקום השני מבחינת תשתיות ובמקום ה-15 מבחינת חדשנות וטכנולוגיה.⁶⁹

ממשלת סינגפור מעוניינת לקדם את מעמדה של המדינה כמרכז לרכבים אוטונומיים ופתחה מרכז מחקר וניסוי בתחומי התחבורה האוטונומית באוניברסיטת נאניאנג (Nanyang) כבר בנובמבר 2017. מרכז המחקר (CETAN) מקיים גם שיתוף פעולה עם הארגון ההולנדי למחקר יישומי ביחס ליישום בטוח של רכבים אוטונומיים.

סינגפור הכריזה כי בשלושה אזורים שונים בה יופעלו אוטובוסים ושירותי הסעה (שאטל) ללא נהג בשעות שאינן שעות עומס ועל פי דרישה החל משנת 2022. בנוסף, מדיניות התחבורה בסינגפור מכבידה על הבעלות על רכב פרטי באמצעות רמות מיסוי גבוהות.

סינגפור הקימה את יוזמת "אומה חכמה - סינגפור" (Smart Nation Singapore Initiative), שמחולקת להיבטים שונים בהם: "חיים עירוניים"; "בריאות; שירותי ממשל דיגיטליים, חברות הזנק ועסקים, ותחבורה. בתחומי התחבורה נכללים הנושאים: "הסעות על פי דרישה" תוך

⁶⁹ שם.

סינגפור פרסמה
בינואר 2019 מסמך
סטנדרטים שעניינו
הטמעה בטוחה של
רכבים אוטונומיים.
המסמך עוסק
בארבעה היבטים
עיקריים: התנהגות
כלי רכב; בטיחות
פונקציונאלית של כלי
רכב; אבטחת סייבר
ופורמטים של דאטה.

שימוש באוטונומיה; מידע פתוח ואנליטיקה לתחבורה עירונית; מחקר וסטנדרטיזציה עבור רכבים אוטונומיים.⁷⁰

כמו כן, ממשלת סינגפור מפעילה בשיתוף עם המכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס – MIT תוכניות מחקר בתחומים שונים, בהם תוכניות בתחום התחבורה החכמה ורכבים אוטונומיים.⁷¹

ממשלת סינגפור פרסמה בינואר 2019 מסמך סטנדרטים שעניינו הטמעה בטוחה של רכבים אוטונומיים. המסמך עוסק בארבעה היבטים עיקריים: התנהגות כלי רכב; בטיחות פונקציונאלית של כלי רכב; אבטחת סייבר ופורמטים של דאטה. מסמך הסטנדרטים האמור, המכונה TR 68, אמור להשתנות ולהתפתח בהתאם להתפתחות תחום התחבורה האוטונומית.⁷²

10.3 בריטניה

בריטניה מדורגת בדוח KPMG במקום השביעי בסך הכל. בתחום המדיניות והחקיקה במקום השני; בתחום החדשנות והטכנולוגיה במקום ה-9 ובתחום התשתיות במקום ה-12.⁷³

בבריטניה הוקם כבר בשנת 2015 "המרכז לכלי רכב מחוברים ואוטונומיים" (CCAV) בשיתוף המשרד לעסקים, אנרגיה ואסטרטגיה תעשייתית ומשרד התחבורה. המרכז מקצה 250 מיליוני פאונד שזוכים למימון תואם (matching) מהתעשייה, כדי למקם את בריטניה בחזית המחקר והפיתוח בתחום התחבורה האוטונומית והיישום של פתרונות חברה אוטונומית.⁷⁴

ממשלת בריטניה בשיתוף גורמים מן האקדמיה ומהתעשייה הקימה את הארגון Zenzic שנועד להוות לתאם ולאפשר לבריטניה להוביל את "מהפכת התחבורה". הארגון הגדיר "מפת דרכים" ל-2030 במטרה להנחות את דרג מקבלי ההחלטות, מעצבי המדיניות והמשקיעים. מאז שנת 2017 הקצה הארגון 146 מיליוני פאונד לשם פיתוח תשתית ניסויים לאומית בתחומי הרכב האוטונומי והמקושר.⁷⁵

באוגוסט 2018 העביר הפרלמנט הבריטי את חוק "הרכב האוטומטי והחשמלי" שמתאים את מסגרות הביטוח באמצעות חיוב ביטוח גם לרכב וגם לנהג.⁷⁶ **בנובמבר 2018 הכריזה הממשלה כי תפעיל שלושה פיילוטים בנושא תחבורה אוטונומית החל משנת 2021 בהם אוטובוס**

⁷⁰ Smart Nation Singapore, Initiatives, [Transport](#), accessed December 2th 2019.

⁷¹ Urban Mobility Lab at MIT, "Advanced Mobility Management, Singapore-MIT Alliance for Research and Technology (SMART)", accessed December 2th 2019.

⁷² Enterprise Singapore, land and Transport Authority, "[Singapore Develops Provisional National Standards to Guide Development of Fully Autonomous Vehicles](#)", January 31th 2019, accessed December 2th 2019.

⁷³ KPMG International, "[2019 Autonomous Vehicles Readiness Index](#)".

⁷⁴ Gov.UK, "[Centre for Connected and Autonomous Vehicles- about us](#)", accessed December 2th 2019.

⁷⁵ Zenzic, "[Mission](#)", accessed December 2th 2019.

⁷⁶ legislation.gov.uk, "[Automated and Electric Vehicles Act 2018](#)", accessed December 5th 2019.

**בדוח של בית
הלורדים הבריטי
בנושא תחבורה
אוטונומית נטען כי
המיקוד של פעילות
הממשלה הבריטית
ברכבים אוטונומיים
והעדר החיבור עם
תחומים אחרים -
תחבורה ימית
אוטונומית, חקלאות
ועוד, פוגעת ביכולת
להפיק את מלוא
הפוטנציאל מתחומים
אלה.**

אוטונומי באזור אדינבורו ומוניות אוטונומיות בלונדון.⁷⁷ בדצמבר 2018 פרסמה הממשלה דוח הסוקר את האפשרויות הגלומות במעבר ל"תחבורה כשירות" (Mobility As A – MAAS) הדוח מצביע על ההזדמנויות בתחום, שלב ההתפתחות המוקדם יחסית בו הוא מצוי והאתגרים בו⁷⁸; בדצמבר 2018 פרסם מכון התקנים הבריטי בשיתוף חברות מתעשיית הרכב ומרכז הסייבר הלאומי הבריטי, מסמך סטנדרטים להגנת סייבר עבור רכבים אוטונומיים.⁷⁹

במרץ 2019 הכריזה ממשלת בריטניה על אסטרטגיה בנושא תחבורה - "Future of Mobility - Urban Strategy" כחלק מהאסטרטגיה התעשייתית של המדינה. כחלק מהאסטרטגיה בתחום התחבורה הכריזה הממשלה כי תבצע בחינה מקיפה של חקיקה ורגולציה בתחום התחבורה כדי להתאים אותה לדפוסי תחבורה חדשים.⁸⁰

מעניין לציין כי בדוח של בית הלורדים הבריטי בנושא תחבורה אוטונומית משנת 2017 נטען כי המיקוד של פעילות הממשלה הבריטית ברכבים אוטונומיים והעדר החיבור עם תחומים אחרים בהם- תחבורה ימית אוטונומית, חקלאות ועוד, פוגעת ביכולת להפיק את מלוא הפוטנציאל מתחומים אלה. עוד נטען בדוח כי נדרש תיאום עם יותר שחקנים בממשלה ומחוצה לה כך שכלל הסקטורים הרלוונטיים יעסקו בנושא וייהנו מפירותיו.⁸¹

⁷⁷ Gov.UK, "[From science fiction to reality: People in London and Edinburgh set to be the first to trial self-driving vehicle services](#)", November 28th 2018, accessed December 2th 2019.

⁷⁸ Marcus Enoch "[Mobility as a Service \(MaaS\) in the UK: Change and its Implications](#)", Government Office for Science, December 2018, accessed December 2th 2019.

⁷⁹ Gov.UK, "new Cyber Security Standards for Self-Driving Vehicles", December 19th 2018, accessed December 2th 2019.

⁸⁰ Gov.UK, "Future of Mobility: Urban Strategy", March 19th 2019, accessed December 2th 2019.

⁸¹ House of Lords, Science and Technology Select Committee, "Connected and Autonomous Vehicles: The future?", March 15th 2017, accessed December 2th 2019.