



**מרכז רן נאור לחקר הבטיחות בדרכים**  
The Ran Naor Road Safety Research center



**המכון לחקר התחבורה**  
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל  
Technion - Israel Institute of Technology  
Transportation Research Institute

## **בחינת מגמות במספרי ההרוגים בתאונות הדרכים בשנת 2011**

**ד"ר ויקטוריה גיטלמן**

**ד"ר אטי דובא\***

**\*המעבדה לסטטיסטיקה בפקולטה להנדסת תעשייה וניהול**

**במימון הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים**

**הרשות הלאומית  
לבטיחות בדרכים**



**יולי 2012, חיפה**

**דו"ח מחקר מס' S/39/2012**



דוח מסכם

המחקר מומן ע"י הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים, יחידת המדען הראשי

מספר המחקר: 2013832 תאריך תחילת המחקר: 1.08.10 תאריך הגשת הדו"ח: 23.07.12

שם החוקר הראשי: --

שם חוקר נוסף: ד"ר ויקטוריה גיטלמן

שמות חוקרים נוספים: ד"ר אטי דובא

מוסד המחקר: מרכז רן נאור לחקר הבטיחות בדרכים

נושא המחקר (עברית): בחינת מגמות במספר התאונות, הנפגעים וההרוגים בתאונות הדרכים

נושא הדו"ח (עברית): בחינת מגמות במספרי ההרוגים בתאונות הדרכים בשנת 2011

**תקציר הדו"ח:** במחקר זה נבחנו מגמות השינויים במספרי הרוגים בתאונות הדרכים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות, 2006-2010. הניתוח התייחס הן למספר הכולל של הרוגים בתאונות והן, לחתכים המייצגים של מספרי ההרוגים - סה"כ 13 סדרות חודשיות של נתונים. בניתוח הסטטיסטי, לגבי כל סדרה, נבחנו שתי שאלות: (א) האם המגמה במספרי הרוגים בשנת 2011 השתנתה באופן מובהק לעומת המגמה בשנים קודמות? (ב) האם מספר הרוגים בשנת 2011 היה שונה באופן מובהק ממספר הרוגים ממוצע בשנים הקודמות, ולעומת שנת 2010?

נמצא שכללית, במספרי הרוגים בשנת 2011 היו שינויים מעורבים: מחד, בחלק מהסדרות היו סימני הרעה במגמה, כאשר מגמת הירידה של התקופה הקודמת נהפכה למגמת עליה או נחלשה, אך מאידך, ברוב סדרות הנתונים מספרי הרוגים בשנת 2011 היו נמוכים יותר לעומת הממוצע של השנים הקודמות, אם כי, עם שינויים מעורבים לעומת שנת 2010.

נמצא כי בסך מספר ההרוגים בשנת 2011 לא היה שינוי לעומת שנת 2010, עדיין קיימת ירידה לעומת הממוצע של השנים הקודמות, כאשר בהתפתחות הסדרה בשנת 2011 נמצאה מגמת עליה. כמו כן, במספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות עדיין קיימת מגמת ירידה אשר נחלשה בשנת 2011, כאשר במספרי ההרוגים בסדרה זו כמעט ואין שיפור לעומת התקופה הקודמת. לעומת זאת, במספר הרוגים בדרכים העירוניות היו סימני שיפור בשנת 2011 אשר באו לידי ביטוי הן במגמת הירידה שהופיעה בשנת 2011 והן בירידות במספרי ההרוגים לעומת ממוצע התקופה הקודמת ולעומת שנת 2010.

שינויים חיוביים הן במגמות והן במספרי הרוגים נצפו, בשנת 2011, בתחומים אלה: הרוגים בתאונות עם אופנועים, הרוגים הולכי רגל בדרכים העירוניות, הרוגים הולכי רגל במגזר הלא יהודי, הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים הלא עירוניות. מאידך, סימני הרעה הן במגמה והן במספרי הרוגים נצפו בשנת 2011 בתחומים אלה: הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים, הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי, הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות. שינויים מעורבים במגמה לעומת מספר נצפו בתחומים אלה: הרוגים הולכי רגל בדרכים הלא עירוניות; הרוגים בתאונות בצמתים לא עירוניים ועירוניים.

בעזרת המודלים שהותאמו בניתוח, נבנו תחזיות להתפתחות הסדרות העיקריות בשנים 2012-2013 אשר הצביעו על צפי לירידה מתונה במספרי הרוגים בתאונות בשנים הקרובות.

כמו כן, במחקר פותחו תרשימי בקרה חודשיים כדי לבחון האם התהליכים בשנים 2012-2013 יישארו בבקרה סטטיסטית, כאשר גבולות הבקרה מוגדרים על סמך התנהגות הנתונים בשנים הקודמות. עבור כל אחת מ-13 סדרות הרוגים נבנו תרשימי הבקרה מסוג Shewhart ומסוג Cusum, המאפשרים ניטור שוטף של התהליכים. מבחינה מוקדמת של התפתחות הסדרות של סך ההרוגים בתאונות, הרוגים בדרכים הלא עירוניות, הרוגים בדרכים העירוניות - על סמך נקודות המעקב בחודשים ינואר-מרץ 2012, הוסק שבתחילת שנת 2012, בכל שלושת התהליכים, נצפו שינויים חיוביים.

**Research Title:** Examination of trends in road accident fatalities in 2011

**Abstract:** In this study, changes were examined in the trends and the numbers of fatalities in road accidents in Israel, in the year 2011 as opposed to the previous years, 2006-2010. The analysis considered both the total number of accident fatalities and their meaningful subdivisions - in total,

13 monthly data-series were analyzed. In the statistical analysis, for each series, two research questions were examined: (a) Was the change in the fatalities' trend in 2011, as opposed to the previous years, significant? (b) Did a significant change occur in the number of fatalities in 2011, as opposed to the previous years, and compared to 2010?

It was found that in the fatality numbers in 2011, mixed changes were observed: on the one hand, in some series, worsening appeared in the trends, where a decreasing trend of the previous period converted into an increasing one or weakened but, on the other hand, in the majority of series, the fatality numbers in 2011 were lower than the average values of the previous years, although, with mixed changes compared to year 2010.

As found, the total number of fatalities in 2011 did not change compared to 2010, where it is still lower than the average of the previous (five) years, where in the development of this series in 2011 an increasing trend was observed. In the number of fatalities on rural roads, a decreasing trend continued but weakened in 2011, where in these fatality numbers almost no decrease, as compared to the previous period, was indicated. In contrast, in the number of fatalities on urban roads positive changes were observed in 2011, such as: a decreasing trend that appeared in 2011 and a decrease in the fatality numbers compared to the previous (five) years and compared to 2010.

Positive changes both in trends and the fatality numbers were seen, in 2011, in the following fields: fatalities in motorcycle accidents, pedestrian fatalities on urban roads, non-Jewish pedestrian fatalities, fatalities in head-on accidents on rural roads. Conversely, negative changes both in trends and fatality numbers were observed, in 2011, in the fields of: accidents with young-drivers' involvement, accidents with professional drivers' involvement, single-vehicle accidents on rural roads. Mixed changes in trends versus fatality numbers were observed in: pedestrian fatalities on rural roads, fatalities in accidents at rural and urban junctions.

Using the models fitted in the analysis, predictions of the development of main fatality series in 2012-2013 were produced, which pointed at a moderate decrease expected in the fatality numbers in the coming years.

In addition, in the study, control charts were developed in order to enable an examination whether the processes in the years 2012-2013 will remain within the boundaries of statistical quality control, where the boundaries are defined based on the data behaviour in the previous years. For each one of the 13 monthly series of fatalities, Shewhart and Cusum control charts were prepared, to enable the process monitoring. Considering the developments of series of the total fatality numbers, fatalities on rural roads and fatalities on urban roads, over January-March 2012, it was concluded that at the beginning of 2012, positive changes were observed in all the three processes.

**חתימת החוקר הראשי: --**

**חתימות החוקרים השותפים:**

1. שם החוקר: ד"ר ויקטוריה גיטלמן חתימה:

2. שם החוקר: ד"ר אטי דובא חתימה:

## תוכן העניינים

5	1. מבוא.....
5	1.1 נושא המחקר .....
6	1.2 הנתונים .....
8	2. פיתוח מודל הנתונים : 2011 לעומת שנים קודמות.....
8	4.1 פיתוח מודלים עבור סדרות הנתונים .....
12	2.2 מודלים המשמשים למענה על שאלות שינוי המגמה ושינוי במספר התאונות .....
14	3. תוצאות הניתוח: הרוגים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות .....
14	3.1 בחינת השאלה לגבי מובהקות השינויים במגמה בשנת 2011 לעומת שנים קודמות.....
17	3.2 בחינת השאלה לגבי מובהקות השינויים במספר הרוגים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות .....
20	4. בנית תחזיות התפתחות בשנים הבאות .....
20	4.1 שיטות הערכה .....
21	4.2 תוצאות הערכה .....
27	5. בנית תרשימי הבקרה לשנים 2012-2013 .....
27	5.1 הכנת התרשימים .....
30	5.2 תוצאות .....
35	6. סיכום הממצאים .....
35	6.1 כללי .....
35	6.2 ממצאים עיקריים ומסקנות .....
39	מראי מקום .....
40	נספח א'. הצגה גרפית של סדרות הנתונים בניתוח : 2011 לעומת שנים קודמות.....

## 1. מבוא

### 1.1. נושא המחקר

מספר הרוגים בתאונות הדרכים הינו מדד הבטיחות המרכזי הן לצרכי המעקב הרב-שנתי אחרי מצב הבטיחות במדינה והן לצרכי ביצוע השוואות בינלאומיות (כגון: ITF/OECD, 2008; ITF/OECD, 2012). למגמות המסתמנות במספרי ההרוגים קיימת השפעה ישירה על קביעת מדיניות ועל בחירת פעילויות התערבות בנושאים השונים בתחום הבטיחות בדרכים.

עם זאת, השתנות המספרים לאורך זמן, ככלל, משקפת שילוב של שינויים ארוכי טווח והן, תנודות אקראיות. לכן, כדי לספק תשובות מבוססות לגבי השינויים במספרי ההרוגים בתאונות בשנה מסוימת, נדרש ניתוח סטטיסטי של הנתונים. הניתוח צריך להתבסס על פיתוח מודל מסביר לסדרה עתית של הרוגים בשנים הקודמות, יצירת תחזית לגבי מספר הרוגים בשנה הנבדקת וביצוע השוואה בין המצב הצפוי לבין המתרחש בפועל. בדרך זו, ניתן להבדיל בתוצאות הניתוח בין סטייה מקרית לבין שינוי מובהק במספרי ההרוגים.

במחקר שנערך לאחרונה - גיטלמן, דובא, כהן (2011), נבנה בסיס תיאורטי לפיתוח מודלים סטטיסטיים לבחינת מגמות השינויים במספרי ההרוגים, התאונות והנפגעים בתאונות הדרכים בישראל, בשנה מסוימת לעומת שנים קודמות. במחקר זה, פיתוח המודלים התבסס על ניתוח מגמות השינויים במספרי ההרוגים, הנפגעים והתאונות בשנת 2009 לעומת שנים קודמות, 2004-2008. בהמשך, נערך ניתוח שינויים במספרים ובמגמות ההרוגים בתאונות בשנת 2010 לעומת שנים קודמות, 2005-2009. בנוסף, לניטור שוטף של מצב הבטיחות בישראל, הוצע להשתמש בתרשימי בקרה המאפשרים לבחון: "האם חל שינוי בתהליך או שהתהליך נשאר בבקרה סטטיסטית?", כאשר התהליך הינו מספר חודשי של הרוגים בתאונות בשנה השוטפת, בעוד שגבולות הבקרה משקפים את המצב הצפוי על סמך המגמות בשנים הקודמות. לצורכי המעקב השוטף אחרי מצב ההרוגים, המחקר המליץ על שימוש בשילוב של שני סוגי תרשימי הבקרה: מסוג Shewhart, המאפשר זיהוי אירועים בודדים, ומסוג Cusum, המאפשר גילוי שינוי בתהליך באמצעות צבירת הסטיות שלו מהערכים המצופים כאשר התהליך בבקרה.

המחקר הנוכחי מהווה המשך למחקר הקודם, ובו נבחנו מגמות השינויים במספרי הרוגים בתאונות הדרכים בשנת 2011 לעומת חמש שנים קודמות, 2006-2010. הניתוח מתייחס הן למספר הכולל של הרוגים בתאונות הדרכים והן לחתכים המייצגים של מספרי הרוגים, לפי:

\* סוג דרך - לא עירונית, עירונית;

\* נהגים וכלי רכב בסיכון: נהגים צעירים, רכב מקצועי - משא מעל 3.5 טון, רכב דו-גלגלי - אופנועים;

\* סוגי תאונות: תאונות הולכי רגל - בדרכים עירוניות ולא עירוניות ובמגזר הלא יהודי; תאונות רכב יחיד ותאונות חזית-חזית בדרכים לא עירוניות; התנגשויות בצמתים לא עירוניים ועירוניים.

בניתוח הסטטיסטי נבחנו שתי שאלות:

א. האם המגמה במספרי הרוגים בשנת 2011 השתנתה באופן מובהק לעומת המגמה בשנים הקודמות?

ב. האם מספר הרוגים בשנת 2011 היה שונה באופן מובהק ממספר הרוגים ממוצע בשנים הקודמות, ולעומת שנת 2010?

כמו כן, בעזרת המודלים שהותאמו בניתוח, נבנו תחזיות להתפתחות הסדרות העיקריות בשנים 2012-2013.

בנוסף, במחקר זה פותחו תרשימי הבקרה כדי לבחון האם התהליכים בשנים 2012-2013 יישארו בבקרה סטטיסטית, כאשר גבולות הבקרה מוגדרים על סמך התנהגות הנתונים בשנים הקודמות.

## 1.2. הנתונים

ניתוח זה נועד לספק מענה לשאלת השינוי במגמה והשינוי במספר הרוגים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות, 2006-2010. הניתוח התמקד בזיהוי המגמות במספרי הרוגים בשנים הקודמות ובבחינת השינויים שחלו במספרים אלה בשנה הנבחנת (2011).

הניתוח התבסס על סדרות חודשיות של הרוגים בתאונות, בתקופה מ-1/2006 עד 12/2011<sup>1</sup>. כמקור הנתונים שימשו קבצי תאונות הדרכים של הלמ"ס, כאשר מספרי הרוגים היו בהתאם להגדרה של הרוג בתאונה (נפטר תוך שלושים יום מתאריך התאונה). הניתוח כלל 13 סדרות של נתונים שהן:

1. סה"כ מספר הרוגים
2. מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות
3. מספר הרוגים בדרכים עירוניות
4. מספר הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים (לפחות אחד מהנהגים המעורבים בתאונה הוא נהג צעיר בגיל 17-21)
5. מספר הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי (לפחות אחד מכלי הרכב המעורבים בתאונה הוא רכב משא מעל 3.5 טון)
6. מספר הרוגים בתאונות רכב דו-גלגלי (לפחות אחד מכלי הרכב המעורבים בתאונה הוא אופנוע)
7. מספר הרוגים הולכי רגל בדרכים עירוניות
8. מספר הרוגים הולכי רגל בדרכים לא עירוניות
9. מספר הרוגים הולכי רגל במגזר לא יהודי<sup>2</sup>
10. מספר הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים לא עירוניות
11. מספר הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים לא עירוניות

<sup>1</sup> סה"כ בשטח מדינת ישראל, לא כולל יו"ש

<sup>2</sup> קבוצת אוכלוסייה: "ערבים"; לא כולל "אחרים", "זרים"

12. מספר הרוגים בצמתים לא עירוניים (כל סוגי התאונות פרט לתאונות הולכי רגל)

13. מספר הרוגים בצמתים עירוניים (כל סוגי התאונות פרט לתאונות הולכי רגל)

בנוסף, בהתחשב באירוע חריג - תאונת אוטובוס ליד אילת בה נהרגו 25 נוסעים, לניתוח נבנו שלוש סדרות נוספות של הרוגים שהן:

14. סה"כ מספר הרוגים, להוציא 25 הרוגי האוטובוס בדצמבר 2008.

15. מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות, להוציא 25 הרוגי האוטובוס בדצמבר 2008.

16. מספר הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות, להוציא 25 הרוגי האוטובוס בדצמבר 2008.

לתיאור הסדרות משמשים המשתנים: Year - שנה, Mon - חודש. יצרנו את המשתנה OBS המונה את מספר החודש בסדרה:  $OBS=1$  - ב-1/2006,  $OBS=61$  - ב-1/2011. התקופה הקודמת כוללת 60 תצפיות, התקופה הנוכחית (בה נבחן שינוי המגמה) - 12 תצפיות. בכל הסדרות היו סה"כ 72 תצפיות.

טבלה 1.1 מביאה סיכומים שנתיים לכל סדרות הנתונים שעמדו בניתוח.

טבלה 1.1. סיכומים שנתיים של סדרות הרוגים, בשנים 2006-2011

שנה	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15	s16
2006	405	219	186	75	68	41	107	29	32	49	47	40	30	405	219	49
2007	382	231	151	61	64	36	81	33	31	66	40	47	28	382	231	66
2008	412	250	162	67	76	51	87	47	37	75	44	25	19	387	225	50
2009	314	181	133	61	55	37	69	36	31	29	33	19	26	314	181	29
2010	352	202	150	55	51	55	84	35	43	44	34	29	17	352	202	44
2011	341	204	137	70	62	48	75	40	30	47	34	21	16	341	204	47

## 2. פיתוח מודל הנתונים: 2011 לעומת שנים קודמות

### 4.1. פיתוח מודלים עבור סדרות הנתונים

#### א. כללי

הניתוח הסטטיסטי התבסס על התאמת מודל מסביר לכל סדרה של מספרי הרוגים בתקופת "לפני" (2006-2010), ובתקופת "אחרי" (2011). השיטה להתאמת המודלים המתוארת להלן פותחה במחקר גיטלמן, דובא, כהן (2011).

תחילה נחקר מהו המודל המתאים לנתונים, תוך התעלמות מהתלות האפשרית בנתונים. התאמה זו מקובלת כנקודת הפתיחה בהתאמת סדרות עיתיות. לאחר שלב ראשון של בחירת מודל המתאים לכל סדרה, כאשר הבחירה נעשית ללא התחשבות בתלות הנתונים, מחושב מספר סוגי שאריות מהמודל לבחינת התלות בסדרה, וצורתה (אם קיימת בנתונים). המודלים שיתקבלו בשלב זה, כולל מידול תלות אם תזוהה כזאת, ישמשו לצורך מענה לגבי השאלה האם חל שינוי בתהליך.

השלבים בתהליך פיתוח המודל היו כלהלן:

- בניית משתנים נוספים.
- ציור הנתונים וקווי מגמה פרמטריים ואיפרמטריים על גבי תרשים הנתונים - קווים המתקבלים על-ידי ניכוי אפקטים עונתיים ואפקטים של מלחמות. בשלב ראשוני זה השתמשנו באפקטים חודשיים (11 אפקטים) כדי לא לכפות מבנה כלשהוא על הנתונים.
- ביצוע מבחנים לגבי קיום שבירה במגמה בתקופה "לפני" - הן מבחנים שבוחנים קיום רכיב לא לינארי (חלק) של מגמה בנוסף על הרכיב הלינארי, והן מבחן Davis הבודק האם ישנו שיפוע לא קבוע למשתנה נתון במודל מסוג Generalized Linear Model.
- לאחר קביעת המודל הבסיסי, כלומר, מודל עם מגמה קבועה או שבורה ורכיבי עונתיות ומלחמה, בדקנו לכל סדרה מהי ההתפלגות המתאימה מבין מספר התפלגויות המתאימות לתיאור נתוני מנייה. הבחירה הייתה בין ההתפלגות הפואסונית, פואסונית עם dispersion, ובינומית שלילית. בשלב זה, שההתאמה כבר לא אפרמטרית, הרכיב העונתי הוכנס כזוגות של סינוסים וקוסינוסים בתדירויות שנתיות וחצי שנתיות.
- לאחר שלב ראשון של בחירת מודל המתאים לכל סדרה, כאשר הבחירה נעשתה ללא התחשבות בתלות הנתונים, חושבו מספר סוגי שאריות מהמודל לבחינת התלות בסדרה, וצורתה (אם קיימת בנתונים).

#### ב. בניית משתנים נוספים



מכיוון שמספר הימים בכל חודש שונה, נכלל בין מסבירי המודל משתנה offset השווה ללוג מספר הימים בחודש. משתנה offset הינו משתנה מסביר שהמקדם שלו במודל נקבע להיות שווה ל-1.

התקופה שאליה מתייחסות סדרות הנתונים במחקר זה, כוללת את הזמן שבו התחוללו הן מלחמת לבנון השנייה והן המלחמה בעזה (עופרת יצוקה). בגלל המלחמות, נגרמו שינויים שאותם היה צורך לקחת בחשבון במודלים. הדבר נעשה על-ידי יצירת משתני מלחמה מתאימים שהם:

- משתנה אינדיקטור המכונה בשם WAR. המשתנה מקבל את הערך "0" בחודשים שאינם חודשי מלחמת לבנון השנייה וערך השווה ל-1 בחודשי מלחמה זו, דהיינו, 7/2006 ו-8/2006;
- משתנה אינדיקטור המכונה בשם WAR3a, המקבל את הערך "1" בחודש הראשון של המלחמה בעזה (12/2008) ואפס בשאר החודשים;
- משתנה אינדיקטור בשם WAR3b, המקבל את הערך "1" עבור החודש השני של המלחמה בעזה<sup>3</sup>, 1/2009, ואפס בשאר החודשים.

#### ג. ניתוח חוקר של הנתונים

בשלב זה מתבצע ניתוח חוקר של נתוני הסדרות. במסגרת זאת, עבור כל סדרה, מצוירים הנתונים המקוריים, הן עבור התקופה "לפני" (2006-2010) והן עבור התקופה "אחרי" (2011). הקו האנכי המרוסק תוחם את שתי התקופות הללו (בין חודש 60 ל-61). על גבי תרשים נתונים אלה, מצוירים קווי מגמה איפרמטריים. לשם השלמת הצגת גרף הנתונים ומניעת כפילויות הצגה, מצוירים גם הקווים הפרמטריים, על-פי מסקנות הניתוח בסעיפים הבאים.

לצורך ציור קווי המגמה, יש להתאים מודל לנתונים ולחשב ערכים צפויים בעזרתו למקרה בו רק המגמה הייתה קיימת במודל - כלומר, רק רכיב הזמן היה משתנה. הותאמו שני מודלים לכל סדרה עבור התקופה "לפני".

במודל הראשון התאמנו לסדרת הנתונים החודשיים מודל קווי-פואסוני, פואסוני עם dispersion, עם זמן כמסביר לינארי ומשתנה offset השווה ללוג מספר הימים בחודש. בנוסף משתתפים במודל משתני האינדיקטור WAR, WAR3 ו-WAR3b למידול האפקטים של המלחמות. נסמן ב- $\lambda$  את תוחלת המופע היומי בחודש מסוים. המודל הפואסוני המתואר, ממדל לא את תוחלת קצב המופע היומי בחודש מסוים, אלא את  $\log(\lambda)$ .

המודל השני זהה לראשון פרט לכך שהותאם רכיב חלק של הזמן (s(time)), ולא רכיב לינארי.

כדי לשרטט את רכיב המגמה, נשרטט למעשה את המודל המותאם על פני הזמן, לאחר ניכוי אפקטים חודשיים, הבדלים במספר ימים בחודש ואפקטים של מלחמות. הערכים המותאמים שורטטו על-פי

---

<sup>3</sup> המלחמה בעזה נמשכה בין התאריכים: 27/12/2008 - 18/1/2009.

המודל עבור ערך נבחר של מספר ימים (30), ערך נבחר של משתני מלחמה (0) וערך נבחר של חודש (חודש "אמצעי" מבחינת האפקט שלו - תלוי בסדרה).

הקו הרציף (כחול) מתאר התאמה לינארית בזמן והקו המקווקו (אדום) מתאר החלקה על פני הזמן. בנוסף, בוצעה החלקה פשוטה של הנתונים כולם, המסומנת בקו שחור רצוף ודק. יש לזכור שהמודל הלינארי מתאים קו ישר ללוג התוחלת, לכן הקו המותאם ע"י המודל לתוחלת אינו קו ישר.

**נספח א'** מביא הצגה גרפית של סדרות הנתונים שבניתוח, בתוספת מספר קווי החלקה שהותאמו לכל סדרה, כפי שצוין לעיל. כלומר, הנתונים הגולמיים של מספרי ההרוגים החודשיים (ללא תיקון לפי מספר הימים בחודש) מוצגים ע"י הקווים האנכיים הרצופים. הקו האנכי המרוסק תוחם את שתי תקופות הניתוח: "לפני" (שנים 2006-2010) ו-"אחרי" (שנת 2011). לכל סדרה מוצגים שלושה קווי החלקה אורכיים שהם: (1) הקו הרציף הכחול שמתאר התאמה לינארית בזמן, בתקופה "לפני"; (2) הקו המקווקו האדום שמתאר החלקה על פני הזמן, בתקופה "לפני"; (3) קו שחור רצוף ודק שמבטא החלקה פשוטה של הנתונים כולם, בשתי התקופות ביחד.

בבדיקת טיב ההתאמה באמצעות שני המודלים - המודל עם הרכיב הלינארי של הזמן והמודל עם הרכיב החלק של הזמן - נמצא כי ברוב הסדרות הרכיב החלק היה מיותר וניתן להסתפק במודל הלינארי.

#### **ד. בדיקת נחיצות שבירות מגמה בתקופת "לפני"**

בשלב הבא נבחן מודל לינארי למקוטעין עבור סדרות נבחרות - מודלים שנרמזו על-ידי הרכיב החלק על פני הזמן של אותן סדרות ונמצאו כמובהקים ברמת מובהקות של כ-5% או מובהקים שולית (רמת מובהקות של כ-10%) בשלב זה במבחן ההשוואה בין המודל הלינארי למקוטע.

בנוסף, נעשה שימוש בספריית *Segmented* של R (Muggeo - R, 2003, 2008), המאפשרת התאמת מודלים מקוטעים, תוך חיפוש נקודות השבירה המתאימות. נערך מבחן *Davis* המיושם בספריית *Segmented* של R. מבחן זה בודק האם ישנו שיפוע לא קבוע למשתנה נתון במודל. אנו השתמשנו בו כדי לקבוע באילו סדרות יש לחשוד בשינוי במגמה. מבחן זה אינו מתאים לקביעת מספר נקודות השבירה ומיקומן, אלא מציע נקודה אחת בלבד כאפשרית לשבירה.

לכל סידרה מדווח *Pvalue* של המבחן לשיפוע לא קבוע, כאשר  $Pvalue < 0.05$  או מובהק שולית, מצביע על קיום שבירה מובהקת. בנוסף ניתנת הנקודה המוצעת לשבירה. אם נקודה זאת אינה בקצוות, ונרמזת גם על-ידי הרכיב החלק, אזי בשלב הבא נבדקה שבירה בנקודה זאת או בקרבתה, על-פי ההתבוננות ברכיב החלק. בכל המקרים ה"חשודים" נבדק האם המודל השבור (לינארי למקוטעין) טוב יותר באופן מובהק מהמודל הלינארי.

כתוצאה מתהליך זה, מודל לינארי למקוטעין (עם שבירת מגמה בחודש מסוים בתקופה "לפני") נמצא כבעל התאמה טובה יותר ממודל לינארי עבור סדרות אלה:

עבור סדרה S3 (הרוגים בדרכים עירוניות) - עם שבירה בחודש 48 ;  
עבור סדרה S7 (הרוגים הולכי רגל בדרכים עירוניות) - עם שבירה בחודש 48 (דצמבר 2009) ;  
עבור סדרה S9 (הרוגים הולכי רגל במגזר לא יהודי) - עם שבירה בחודש 42 (יוני 2009).

### **ה. בחינת ההתפלגות המתאימה**

לאחר קביעת המודל הבסיסי - מודל עם מגמה קבועה או שבורה, רכיבי עונתיות ומלחמות, ומשתנה  $offset$ , בדקנו לכל סדרה מהי ההתפלגות המתאימה מבין מספר התפלגויות המתאימות לתיאור נתוני מנייה. הבחירה הייתה בין ההתפלגות הפואסונית, פואסונית עם  $dispersion$ , ובינומית שלילית. בשלב זה, כאשר ההתאמה כבר לא אפרמטרית, הרכיב העונתי הוכנס כזוגות של סינוסים וקוסינוסים בתדירויות שנתיות וחצי שנתיות.

הבחינה נעשתה הן בדרך פורמלית והן בדרך גרפית. פרוט מלא של השיטה ניתן ב-כהן ודובא (2011). בהמשך, לכל אחת מהסדרות מובאים: השכיחויות, תוצאות התאמות שלושת המודלים, גרף המשווה בין ממוצע ההסתברויות הצפויות של שלושת המודלים האפשריים וההסתברויות הנצפות. כאשר שלשת ההתפלגויות מתאימות באותה המידה (או לחילופין, טועות באותה המידה), נבחר המודל עם התפלגות פואסונית.

בניתוח הנוכחי נמצא כי ההתפלגות הפואסונית מתאימה לכל הסדרות: S1-S16.

### **ו. ניתוח שאריות המודלים**

לאחר שלב ראשון של בחירת מודל המתאים לכל סדרה, כאשר הבחירה נעשתה ללא התחשבות בתלות הנתונים, חושבו שאריות דוויאנס מתוקננות ( $standardized\ deviance\ residuals$ ), אשר מקובלות בניתוח סדרות של מודלים מהסוג *Generalized linear models*. הצפייה הייתה שלפחות אסימפטוטית תתקבלנה שאריות עם תוחלת אפס ושונות קבועה ושווה ל-1.

לבחינת התלות וצורתה (אם קיימת בנתונים), לכל סדרת שאריות דוויאנס הוצגו מספר תרשימים המציגים ערכי אמדי מתאמים סדרתיים ורווחי סמך המתאימים שלהם וכמו כן, נבחנו מבחנים סטטיסטיים הבוחנים את ההשערה שקבוצת אמדי מתאמים סדרתיים של סדרה עיתית כוללת רק סטטיסטים מאוכלוסיה של מתאמים השווים כולם לאפס, לעומת האלטרנטיבה, שלפחות אחד מהמתאמים שונה מאפס. פרוט נרחב של הבדיקות לתלות ניתן למצוא בדו"ח כהן ודובא (2011).

לרוב, לא נמצאה עדות לתלות בין השאריות, פרט למספר קטן מאוד של סדרות המרמזות על קיום תלות אפשרית, ממצא אשר עשוי לנבוע מביצוע השוואות מרובות ולכן, סביר כי מקרי. לאור ממצאים אלה וכן, ממצאים דומים בניתוחים הקודמים בנושא - ראה כהן ודובא (2011), גיטלמן, דובא, כהן (2011), הוסק קיום אי-תלות הנתונים.

## 2.2. מודלים המשמשים למענה על שאלות שינוי המגמה ושינוי במספר התאונות

לכל סדרה של הנתונים החודשיים הותאם מודל פואסוני, עם זמן כמסביר ליניארי (או ליניארי למקוטעין), עם אפקטים של עונתיות ואפקטים של מלחמה כמסבירים, ומשתנה (*offset*) השווה ללוג מספר הימים בחודש. הניתוח המוקדם הראה אי קיום תלות סדרתית משמעותית בין נתונים עוקבים, ולכן לא היה צורך לטפל בה. נסמן ב- $\lambda$  את תוחלת המופע היומי בחודש מסוים. המודל הפואסוני ממדל לוגריתם של תוחלת קצב המופע היומי בחודש מסוים -  $\log(\lambda)$ .

בניתוח הסטטיסטי נבחנו שתי שאלות:

א. האם היה שינוי מובהק במגמה בשנת 2011, לעומת המגמה בשנים קודמות (בסוף שנת 2010)?

ב. האם קצב התאונות בשנת 2011 היה שונה באופן מובהק מקצב התאונות בשנים הקודמות?

כדי לבחון שאלה א', הותאם מודל אחד לשתי התקופות ביחד - נתוני ההרוגים בשנים 2006-2011, עם המסבירים ורכיבי מגמה שנמצאו מתאימים בניתוח לעיל, וכמו כן, ניתנה אפשרות למגמה שונה עבור שנת 2011, באמצעות נקודת שבירת המגמה בסוף 2010. הבחינה מתייחסת לאופי (ערך חיובי או שלילי) ומובהקותה של נקודת שבירה זו.

כדי לבחון שאלה ב', נבדק האם קצב ההרוגים (מספר חודשי) הממוצע בשנים 2006-2010 (לאחר תיקון לפי גורמי המלחמה) היה שונה מהקצב הממוצע בשנת 2011. עבור התקופה "לפני" השתמשנו במודל שנמצא כמתאים עבור כל סדרה, ע"פ הניתוח הקודם, כאשר עבור התקופה "אחרי" הותאם שיפוע וחודת שונה; כלומר, הותאמו מודלים שונים לתקופות "לפני" ו-"אחרי".

השוואה זו נעשתה באופן הבא: אם  $\hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i t + M_t$  מחושב על פי המודל שהותאם לשנה  $i$  בחודש  $t$  עבור קצב התאונות בתקופה "לפני", ואם  $\hat{\alpha}_j + \hat{\beta}_j t^* + M_{t^*}$  מחושב על פי המודל שהותאם לשנה  $j$  בחודש  $t^*$  עבור קצב התאונות בתקופה "אחרי",

כאשר  $\alpha, \beta$  הם מקדמי המודלים,  $M_t, M_{t^*}$  הם האפקטים העונתיים המתאימים לחודשים  $t, t^*$ ,

אזי האמד:

$$\hat{D}_{ji}^* = \frac{1}{12} \left[ \sum_{t^*} (\hat{\alpha}_j + \hat{\beta}_j t^* + M_{t^*}) - \sum_t (\hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i t + M_t) \right]$$

מבטא הפרש בין הממוצע בשנה  $j$  לממוצע בשנה  $i$ .

עבור יולי-אוגוסט 2006 יש לזכור לנכות את אפקט המלחמה (שקול לשימוש ב-  $WAR=0$ ), עבור דצמבר 2008 את המלחמה בעזה (שקול לשימוש ב-  $WAR3a=0$ ) ועבור ינואר 2009 - את החודש השני של המלחמה בעזה (שקול לשימוש ב-  $WAR3b=0$ ).

מכיוון שאנו ממצעים שנים שלמות, ומחסירים אותן זו מזו, האפקטים החודשיים מתבטלים, לכן בפועל יחושב:

$$\hat{D}_{ji}^* = \frac{1}{12} \left[ \sum_t^* (\hat{\alpha}_j + \hat{\beta}_j t^*) - \sum_t (\hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i t) \right]$$

כאשר הסכום הראשון (על ערכי  $t^*$ ) הוא סכום על 12 חודשי השנה  $j$ , ואילו הסכום השני על ערכי  $t$  הוא סכום על חודשי שנה  $i$ .  $\hat{D}_{ji}^*$  (= Difference) מסמן אמד להפרש בין הממוצע בשנה  $j$  לממוצע בשנה  $i$ .  $\hat{D}_{ji}^*$  מהווה למעשה אמד ללוג הממוצע הגיאומטרי של 12 יחסי הסיכון היומי החודשיים. (כל חודש מאופיין ביחס סיכון יומי טיפוסי לו ולכן ניתן לחשב ממוצע גיאומטרי של 12 מאפיינים אלה).  $\hat{D}_{ji}^*$  הוא אמד ללוג הממוצע הגיאומטרי של 12 מאפיינים אלה). כל יחס הוא בין חודש  $t$  בשנה  $j$  לחודש זה בשנה  $i$ . אם  $\hat{D}_{ji}^* > 0$  (באופן מובהק) פירושו שהיו יותר אירועים בשנה  $j$  מאשר בשנה  $i$  ולכן, שנה  $j$  הייתה גרועה יותר מ- $i$ .

במקום להסתכל בסקלה הלוגריתמית נעשתה טרנספורמציה לסקלה המקורית של "מספר אירועים ביום" ע"י לקיחת אקספוננט.  $\exp(\hat{D}_{ji}^*)$  מספק אמד ליחס הסיכון הממוצע השנתי בהשוואת השנים  $j$  ו- $i$ . לפרמטר זה נבנה רווח סמך ברמת סמך של 95% (ששימש למבחן ברמת מובהקות של 5%). אם רווח סמך זה כולל את הערך 1 פירושו שיחס הסיכון הממוצע לא השתנה, בעוד כאשר גבול הרווח העליון קטן מ-1 פירושו שב-95% בטחון הסיכון בשנה  $j$  היה קטן יותר מאשר בשנה  $i$ . ולהפך, אם גבול הרווח התחתון גדול מ-1, פירושו שברמת בטחון 95%, הסיכון בשנה  $j$  היה גדול יותר לעומת שנה  $i$ .

### 3. תוצאות הניתוח: הרוגים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות

בניתוח הסטטיסטי נבחנו שתי שאלות:

- א. האם היה שינוי מובהק במגמה בשנת 2011 לעומת שנים קודמות?  
א. האם מספר הרוגים בשנת 2011 היה שונה באופן מובהק לעומת הממוצע של שנים קודמות, ולעומת שנת 2010?

#### 3.1. בחינת השאלה לגבי מובהקות השינויים במגמה בשנת 2011 לעומת שנים

##### קודמות

הבדיקה נעשתה באופן הבא: הותאם מודל לנתוני 2006-2011, עם חודש ורכיבי המגמה שנמצאו מתאימים בניתוח לעיל, ואפשרות למגמה שונה עבור 2011. כלומר, השתמשנו בנקודות השבירה שנמצאו בניתוח הנתונים "לפני" והוספנו נקודת שבירת מגמה נוספת בסוף 2010 (*trend60*).

בנוסף, במודל נמצא משתנה מלחמה WAR עבור מלחמת לבנון השנייה, ומשתנה WAR3 עבור המלחמה בעזה. את ערך מקדם המשתנה WAR3 יש לפרש בזהירות עבור הסדרות 1,2,10. בסוף חודש 12/2008, מצד אחד החלה המלחמה בעזה ומצד שני, הייתה תאונת האוטובוס ליד אילת. האינדיקטור WAR3a מבטא את מידת השוני של 12/2008 ממה שמצופה מחודש זה. מצד אחד קיים אפקט שאמור להקטין את מספר ההרוגים - גורם המלחמה, ומצד שני, הייתה התאונה מרובת ההרוגים. את האפקט ה"אמיתי" של המלחמה בעזה ניתן לראות בסדרות 14-16 (אשר נבנו לאחר הורדת מספר ההרוגים של תאונת האוטובוס ליד אילת). החודש השני של המלחמה בעזה סומן ע"י אינדיקטור נפרד WAR3b בשל שתי סיבות: הראשונה היא שהמלחמה בעזה הייתה רק 3 ימים בחודש הראשון (12/2008) ואילו בחודש השני (1/2009) - 27 יום, לכן, לא נצפה לאפקט דומה; הסיבה השנייה הינה אפקט התאונה באילת, כפי שמפורט לעיל.

הפרמטר *trend60* מבטא את היחס בין שיפוע קו המגמה בתקופת "אחרי" לעומת "לפני" נקודת הזמן הנבחנת, דהיינו מבטא את אופי שינוי הקו. מקדם חיובי מובהק לפרמטר *trend60* פירושו הרעה במגמת 2011 לעומת המגמה הקודמת (שינוי קו המגמה כלפי מעלה, לכיוון עליה בהרוגים), ואילו מקדם שלילי מובהק ל-*trend60* פירושו הטבה במגמת 2011 (שינוי קו המגמה כלפי מטה, לכיוון ירידה בהרוגים) לעומת המגמה הקודמת.

בנוסף, על פי המודל חושבו אומדנים לשיפוע קו המגמה, לעומת ציר הזמן, בתקופת "לפני" (*last slope before*) וכן, למגמה בסוף שנת 2011 (*slope at 2011*). פלטים סטטיסטיים של מידול זה מובאים

בדו"ח הטכני של המעבדה לסטטיסטיקה<sup>4</sup>. כדי לאפשר מסקנות גם ברמת מובהקות שולית (עד 15%), רווחי הסמך לשיפועים חושבו ברמות סמך של 95% - 85%. סיכום הממצאים מובא בטבלה 3.1.

מבחינת השינויים במגמה בשנת 2011 (ראה טבלה 3.1) עולה שבחלק מסדרות הנתונים התרחשו שינויים שליליים - מגמת הירידה שהייתה בתקופה הקודמת נשברה ונהפכה למגמת עליה או נחלשה. בין היתר, בסך ההרוגים, מגמת ירידה מובהקת שנצפתה בתקופה הקודמת נשברה ונהפכה למגמת עליה (לא מובהקת) בשנת 2011; מגמת ירידה מובהקת גבולית שהייתה בסך ההרוגים בדרכים הלא עירוניות נחלשה בשנת 2011. כמו כן, במספר הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים, מגמת ירידה לא מובהקת של התקופה הקודמת נהפכה למגמת עליה לא מובהקת בשנת 2011. באופן דומה, מגמות ירידה מובהקות שנצפו בתקופה הקודמת בקרב הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי, הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים לא עירוניות, הרוגים בצמתים לא עירוניים ועירוניים, נהפכו למגמות עליה (לרוב, לא מובהקות) בשנת 2011.

לעומת זאת, במספר הרוגים בדרכים העירוניות, מגמת עליה לא מובהקת שהייתה בתקופה הקודמת נשברה בשנת 2011 ונהפכה למגמת ירידה לא מובהקת. כמו כן, שינויים חיוביים נצפו בסדרות אלה: הרוגים בתאונות אופנועיים, הרוגים הולכי רגל בדרכים עירוניות, הרוגים הולכי רגל בדרכים לא עירוניות, הרוגים הולכי רגל במגזר הלא יהודי - במקרים אלה מגמת עליה של התקופה הקודמת (לרוב מובהקת) נהפכה למגמת ירידה (לא מובהקת) בשנת 2011. בנוסף, בקרב הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים הלא עירוניות, מגמת ירידה של התקופה הקודמת התחזקה בשנת 2011.

בבחינת השינויים במגמות ההרוגים להוציא את תאונת האוטובוס ליד אילת בדצמבר 2008 - סדרות 14-16 אשר נבנו על סמך הסדרות 1, 2, 10 - השינויים שנמצאו היו זהים לסדרות המקוריות (1,2,10). כלומר, האירוע החריג לא שינה את המגמות בסדרות ההרוגים המתאימות.

---

<sup>4</sup> בהרצת סדרות S11 ו-S12 היו בעיות התכנסות בנוכחות משתני המלחמה war3a, war3b. לאחר הורדת משתנים אלה נעלמו הבעיות. בהרצה עם המשתנים התקבלו עבורם מקדמים מאוד לא מובהקים, לכן הורדתם כמעט ולא שינתה את התוצאות.

טבלה 3.1. ממצאים מבחינת שינויים במגמה בשנת 2011

מסקנה: מהות השינוי בשנת 2011 לעומת שנים קודמות	שיפוע קו המגמה בתקופת "לפני" 2010 (trend60)	שיפוע קו המגמה בתקופת "לפני" 2011	הסדרה הנבחנת
בתקופת "לפני" הייתה מגמת ירידה מובהקת אשר נשברה (לא מובהק) ונהפכה למגמת עליה (לא מובהקת) בשנת 2011.	5.24 לא מובהק	1.09 לא מובהק	1. סה"כ ההרוגים
בתקופת "לפני" הייתה מגמת ירידה מובהקת גבולית אשר נחלשה (לא מובהק) בשנת 2011.	2.89 לא מובהק	-0.42 לא מובהק	2. הרוגים בדרכים לא עירוניות
בתקופת "לפני" הייתה מגמת עליה לא מובהקת אשר נשברה (לא מובהק) ונהפכה למגמת ירידה (לא מובהקת) בשנת 2011.	-32.66 לא מובהק	-16.30 לא מובהק	3. הרוגים בדרכים עירוניות
בתקופת "לפני" הייתה מגמת ירידה לא מובהקת אשר נהפכה למגמת עליה (לא מובהקת) בשנת 2011.	21.54 לא מובהק	17.72 לא מובהק	4. הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים
בתקופת "לפני" הייתה מגמת ירידה מובהקת אשר נהפכה למגמת עליה (מובהקת גבולית) בשנת 2011.	40.24 מובהק גבולית	32.57 מובהק גבולית	5. הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי
בתקופת "לפני" הייתה מגמת עליה מובהקת גבולית אשר נהפכה למגמת ירידה (לא מובהקת) בשנת 2011.	-29.00 לא מובהק	-23.06 לא מובהק	6. הרוגים בתאונות אופנועים
בתקופת "לפני" הייתה מגמת עליה מובהקת אשר נשברה (מובהק גבולית) ונהפכה למגמת ירידה (לא מובהקת) בשנת 2011.	-60.00 מובהק גבולית	-26.59 לא מובהק	7. הרוגים הולכי רגל בדרכים עירוניות
בתקופת "לפני" הייתה מגמת עליה לא מובהקת אשר נשברה (לא מובהק) ונהפכה למגמת ירידה (לא מובהקת) בשנת 2011.	-5.95 לא מובהק	-1.88 לא מובהק	8. הרוגים הולכי רגל בדרכים לא עירוניות
מגמת עליה מובהקת גבולית שהייתה בתקופת "לפני" נשברה (מובהק גבולית) ונהפכה למגמת ירידה מובהקת גבולית בשנת 2011.	-74.45 מובהק גבולית	-50.83 מובהק גבולית	9. הרוגים הולכי רגל במגזר לא יהודי
מגמה ירידה מובהקת שהייתה בסוף התקופה "לפני" נשברה (לא מובהק) ונהפכה למגמת עליה (לא מובהקת) בשנת 2011.	24.46 לא מובהק	17.26 לא מובהק	10. הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים לא עירוניות
מגמת ירידה מובהקת גבולית שהייתה בתקופת "לפני" התחזקה (לא מובהק) בשנת 2011.	-8.74 לא מובהק	-15.43 לא מובהק	11. הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים לא עירוניות
מגמה ירידה מובהקת שנצפתה בסוף התקופה "לפני" נשברה (לא מובהק) ונהפכה למגמת עליה (לא מובהקת) בשנת 2011.	39.95 לא מובהק	24.05 לא מובהק	12. הרוגים בצמתים לא עירוניים (פרט להולכי רגל)
מגמת ירידה מובהקת שהייתה בתקופת "לפני" נשברה (לא מובהק) ונהפכה למגמת עליה (לא מובהקת) בשנת 2011.	15.49 לא מובהק	4.71 לא מובהק	13. הרוגים בצמתים עירוניים (פרט להולכי רגל)

הערות לטבלה 3.1 : 1) "מובהק" ברמת מובהקת של 95% ; "מובהק גבולית" ברמת מובהקת של 85%.

2) \* בסדרות 3, 7 בתקופת "לפני", הייתה שבירת קו המגמה כלפי מעלה בחודש 48 - דצמבר 2009 (שינוי מובהק).  
\*\* בסדרה 9, בתקופת "לפני", הייתה שבירת קו המגמה כלפי מעלה בחודש 42 - יוני 2009 (שינוי מובהק).

3) עבור הסדרות 1, 2, 10 ממצאי השינויים במגמות היו דומים גם כאשר ההערכות בוצעו ללא תאונות אוטובוס מרובת ההרוגים ליד אילת שאירעה בדצמבר 2008 - סדרות 14, 15, 16.



### 3.2. בחינת השאלה לגבי מובהקות השינויים במספר הרוגים בשנת 2011 לעומת שנים

#### קודמות

בשלב זה הותאמו חותך ומגמה נפרדים לתקופות "לפני" ו-"אחרי". נבדק האם קצב האירועים (מספר יומי של הרוגים) בשנת 2011 היה שונה באופן מובהק מהקצב הממוצע בשנים הקודמות, 2006-2010, והן, לעומת מספר ההרוגים בשנת 2010. תוצאות בחינה זו מובאות בטבלה 3.2.

בטבלה 3.2, מוצג יחס בין הממוצע של הקצבים בשנת 2011 לעומת התקופה "לפני" (שנים 2006-2010 או שנת 2010 בלבד), עם רווח הסמך. יחס השווה ל-1 פירושו אין שינוי; יחס העולה על 1 פירושו הרעה (עליה בהרוגים בשנת 2011 לעומת התקופה "לפני"); יחס הקטן מ-1 פירושו הטבה (ירידה בהרוגים בשנת 2011 לעומת "לפני"). אם גבולות רווח הסמך כוללים "1", התוצאה אינה מובהקת. כאשר גבול הרווח העליון קטן מ-1 פירושו שנמצאה הטבה מובהקת; כאשר גבול הרווח התחתון גדול מ-1 פירושו שנמצאה הרעה מובהקת. (השינויים ברמת מובהקות של 95% פרט אם צוין אחרת).

יש לשים לב שהערכה זו עונה על שאלה: האם קצב האירועים בשנת 2011 השתנה לעומת קצב האירועים בשנים הקודמות. "קצב האירועים" אינו מספר גולמי של הרוגים אלא תוצאה של מודל שאומד את הערך האמיתי של בטיחות (מספר יומי של הרוגים) בשנה מסוימת. המודל עושה זאת תוך ניטרול הרעשים, השפעת גורמי העונתיות והמלחמות, כאשר הוא לוקח בחשבון את אפקט המגמה בשנה מסוימת. לכן, משמעות השינויים שדווחו בטבלה 3.2 אינה השוואה גולמית של מספרי הרוגים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות אלא השוואה בין רמת הבטיחות (קצב האירועים) מנוטרלת גורמים מטעים (עונתיות, רעש, מלחמות). השוואה זו יותר קרובה לתשובה האמיתית לגבי השינוי ברמת הבטיחות בשנה מסוימת, מאשר השוואה ישירה בין המספרים הגולמיים.

מבחינת השינויים במספרי הרוגים (ראה טבלה 3.2) עולה שברוב סדרות הנתונים מספרי ההרוגים בשנת 2011 היו נמוכים יותר לעומת הממוצע של שנים קודמות, כאשר לעומת שנת 2010 השינויים היו מעורבים.

סימני ירידה לעומת השנים הקודמות נמצאו בסדרות אלה: סך ההרוגים בשנת 2011 היה נמוך ב-9% לעומת הממוצע של שנים קודמות (הבדל מובהק), כאשר לעומת שנת 2010 המספר ללא שינוי מעשי; מספר הרוגים בדרכים העירוניות היה נמוך ב-13% לעומת הממוצע של שנים קודמות (הבדל מובהק), כאשר לעומת שנת 2010 נרשמה ירידה לא מובהקת.

כמו כן, ירידות לא מובהקות לעומת שנים קודמות נצפו במספרי הרוגים הולכי רגל בדרכים העירוניות והרוגים הולכי רגל במגזר הלא יהודי, כאשר בשתי הסדרות המספרים נמוכים גם לעומת שנת 2010 (בקרב הרוגים הולכי רגל במגזר הלא יהודי הירידה ניכרת, ברמה של 31% ולכן, מובהקת גבולית). בנוסף, מספרים נמוכים לעומת שנים קודמות נצפו בסדרות של הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים הלא עירוניות, הרוגים בצמתים לא עירוניים ועירוניים (הירידות במספרי ההרוגים בצמתים ניכרות, ברמה של 32% ו-34% ולכן, מובהקות גבולית). עם זאת, לעומת שנת 2010, לא היו שינויים במספרי

הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים הלא עירוניות ובצמתים הלא עירוניים, כאשר במספרי הרוגים בצמתים העירוניים נצפתה ירידה לא מובהקת.

בסדרות אלה לא היה שינוי לעומת השנים הקודמות: במספרי הרוגים בדרכים הלא עירוניות נרשמה ירידה קלה ולא מובהקת לעומת הממוצע של שנים קודמות, כאשר לעומת שנת 2010 לא היה שינוי מעשי. במספרי הרוגים בתאונות אופנועים לא היה שינוי מעשי לעומת שנים קודמות, כאשר לעומת שנת 2010 נרשמה ירידה לא מובהקת. במספרי הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי והרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים לא עירוניות לא היה שינוי מעשי לעומת שנים קודמות, כאשר לעומת שנת 2010 נרשמה עליה לא מובהקת.

סימני הרעה חזקים יותר נצפו בשתי סדרות: במספר הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים נרשמה עליה לא מובהקת לעומת ממוצע שנים קודמות ועליה מובהקת גבולית, ברמה של 26%, לעומת שנת 2010. כמו כן, במספר הרוגים הולכי רגל בדרכים הלא עירוניות נצפתה עליה לא מובהקת לעומת הממוצע של שנים קודמות, כאשר לעומת שנת 2010 לא היה שינוי מעשי במספרי הרוגים אלה.

בבחינת השינויים במספרי ההרוגים להוציא את תאונת האוטובוס ליד אילת בדצמבר 2008 - סדרות 14-16 אשר נבנו על סמך הסדרות 1, 2, 10 - נמצאו שינויים זהים לסדרות המקוריות. כלומר, הסרת התאונה החריגה ליד אילת לא שינתה את מגמת השינוי במספרי ההרוגים בתאונות הרלוונטיות, בשנת 2011 לעומת השנים הקודמות.

טבלה 3.2. שינויים במספרי ההרוגים<sup>#</sup> בשנת 2011 לעומת הממוצע של שנים קודמות, 2006-2010, ולעומת שנת 2010 בלבד

מסקנה: מהות השינויים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות	2011 לעומת 2010 : יחס ממוצע ורווח סמך*	2011 לעומת ממוצע 2006-2010 : יחס ממוצע ורווח סמך*	הסדרה הנבחנת
ירידה מובהקת ברמת מובהקות 90% לעומת ממוצע שנים קודמות, ללא שינוי לעומת שנת 2010	1.02 [0.89 ; 1.16]	0.91 [0.81 ; 1.02]	1. סה"כ ההרוגים**
ירידה לא מובהקת לעומת ממוצע שנים קודמות, ללא שינוי לעומת שנת 2010	1.04 [0.87 ; 1.24]	0.94 [0.81 ; 1.10]	2. הרוגים בדרכים לא עירוניות**
ירידה מובהקת ברמת מובהקות 85% לעומת ממוצע שנים קודמות, ירידה לא מובהקת לעומת שנת 2010	0.90 [0.72 ; 1.13]	0.87 [0.73 ; 1.05]	3. הרוגים בדרכים עירוניות
עליה לא מובהקת לעומת ממוצע שנים קודמות, עליה מובהקת ברמת מובהקות 85% לעומת שנת 2010	1.26 [0.92 ; 1.71]	1.09 [0.84 ; 1.42]	4. הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים
ללא שינוי לעומת ממוצע שנים קודמות, עליה לא מובהקת לעומת שנת 2010	1.12 [0.81 ; 1.55]	0.95 [0.72 ; 1.25]	5. הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי
ללא שינוי לעומת ממוצע שנים קודמות, ירידה לא מובהקת לעומת שנת 2010	0.92 [0.64 ; 1.32]	1.05 [0.76 ; 1.44]	6. הרוגים בתאונות אופנועיים
ירידה לא מובהקת לעומת ממוצע שנים קודמות, ירידה לא מובהקת לעומת שנת 2010	0.89 [0.66 ; 1.19]	0.88 [0.69 ; 1.13]	7. הרוגים הולכי רגל בדרכים עירוניות
עליה לא מובהקת לעומת ממוצע שנים קודמות, ללא שינוי לעומת שנת 2010	1.04 [0.70 ; 1.54]	1.13 [0.80 ; 1.60]	8. הרוגים הולכי רגל בדרכים לא עירוניות
ירידה לא מובהקת לעומת ממוצע שנים קודמות, ירידה מובהקת ברמת מובהקות 85% לעומת שנת 2010	0.69 [0.44 ; 1.09]	0.89 [0.60 ; 1.31]	9. הרוגים הולכי רגל במגזר לא יהודי
ללא שינוי לעומת ממוצע שנים קודמות, עליה לא מובהקת לעומת שנת 2010	1.17 [0.81 ; 1.69]	0.96 [0.70 ; 1.31]	10. הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים לא עירוניות**
ירידה לא מובהקת לעומת ממוצע שנים קודמות, ללא שינוי לעומת שנת 2010	1.03 [0.67 ; 1.59]	0.83 [0.57 ; 1.20]	11. הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים לא עירוניות
ירידה מובהקת ברמת מובהקות 90% לעומת ממוצע שנים קודמות, ללא שינוי לעומת שנת 2010	0.97 [0.54 ; 1.65]	0.68 [0.43 ; 1.08]	12. הרוגים בצמתים לא עירוניים (פרט להולכי רגל)
ירידה מובהקת ברמת מובהקות 85% לעומת ממוצע שנים קודמות, ירידה לא מובהקת לעומת שנת 2010	0.82 [0.45 ; 1.49]	0.66 [0.39 ; 1.12]	13. הרוגים בצמתים עירוניים (פרט להולכי רגל)

\* בטבלה 3.2 רווחי הסמך מוצגים ברמת בטחון של 95%.

\*\* עבור הסדרות 1, 2, 10 ממצאי השינויים במספרי ההרוגים היו דומים גם כאשר ההערכות בוצעו ללא תאונת אוטובוס מרובת ההרוגים ליד אילת שאירעה בדצמבר 2008 - סדרות 14-16.

<sup>#</sup> נבחן קצב אירועים מנוטרל רעש, גורמי עונתיות והשפעת מלחמת

## 4. בנית תחזיות התפתחות בשנים הבאות

### 4.1 שיטות הערכה

בעזרת המודלים שנבנו במחקר, פותחו תחזיות להתפתחות הסדרות בשנים הבאות, עבור הערך הצפוי של מספר ההרוגים החודשי בשנים 2012-2013. לצורך בנית האמדים והמרווחים, שימשו כל נתוני ההרוגים, בשנים 2006-2011. כדי לבחון את טיב החיזוי, הותאמו מודלים על סמך השנים 2006-2010 ונחזו הערכים עבור שנת 2011.

לכל ערך חודשי צפוי של מספר ההרוגים מוערכים גם אמדים מרווחיים, דהיינו רווח סמך (confidence interval - CI) הנתון על-ידי גבול סמך עליון וגבול סמך תחתון, ורווח תחזית (PI - prediction interval) הנתון על-ידי גבול תחזית עליון וגבול תחזית תחתון לערך הצפוי. המונח CI מתייחס לאמדים מרווחיים של פרמטר קבוע אך לא ידוע; לעומת זאת, PI מצגי אמדים מרווחיים לערך עתידי לא ידוע. ככלל, מרווח ה-PI גדול יותר ממרווח ה-CI.

להערכת ה-CI שימשה השיטה שפיתח Woods (2005), לפיה, רווח הסמך ברמת מובהקות 95% מוערך כלהלן:

$$\left[ \frac{\hat{\mu}}{e^{1.96 \sqrt{\text{Var}(\hat{\eta})}}}, \hat{\mu} e^{1.96 \sqrt{\text{Var}(\hat{\eta})}} \right]$$

כאשר:

$$\hat{\eta} = \text{אמד ללוג הערך הצפוי על-פי המודל};$$

$$\hat{\mu} = \text{אמד לערך הצפוי על-פי המודל (המתקבל מלקיחת אקספוננט של } \hat{\eta}\text{)}.$$

לחישוב הערך החודשי הצפוי ורווחי הסמך שימשה פרוצדורת GENMOD של SAS.

להערכת ה-PI נבחנו שתי שיטות:

(א) השיטה לפי Woods (2005);

(ב) שימוש בהתמרת לוג לייצוב שונות הנתונים ולנורמליות.

א. רווח התחזית PI, לפי Woods (2005), ברמת מובהקות 95% מוערך באופן הבא:

$$[0, [\hat{\mu} + \sqrt{19} \sqrt{\hat{\mu}^2 \text{Var}(\hat{\eta}) + \hat{\mu}}]]$$

כאשר:

$$\hat{\eta} = \text{אמד ללוג הערך הצפוי על-פי המודל};$$

$$\hat{\mu} = \text{אמד לערך הצפוי על פי המודל (המתקבל מלקיחת אקספוננט של } \hat{\eta}\text{)};$$

‏ x ‏] מסמן את השלם הגדול ביותר אשר קטן מ- או שווה ל- x.

היתרון ברווח זה הינו בכך שהוא מחושב על סמך הנתונים המקוריים ולא על-פי התמרות שלהם. החיסרון של רווח זה שהוא מחושב על-ידי אי-שוויון צ'ביצ'ב, אשר יכול לתת רווחי תחזית מאוד שמרניים (כלומר, רחבים מדי), לעיתים עד כדי חוסר שימושיות.

בבדיקה שנעשתה במחקר זה עבור הסדרות 1-3 נמצא ששיטה זאת אכן מספקת רווחי תחזית רחבים מדי מכדי להיות שימושיים. לכן, רווחי התחזית לפי שיטה זו אינם מוצגים בדו"ח.

ב. רווח התחזית PI, תוך שימוש בהתמרת לוג לייצוב שונות הנתונים ולנורמליות, מוערך באופן הבא: אם הנתונים כוללים אפסים נמיר את הנתונים, בתוספת 0.5. לאחר התמרת הנתונים נשתמש בפרוצדורת GLM של SAS לחישוב רווחי תחזית לנתונים המותמרים, ועל הגבולות המתקבלים נעשה התמרה הפוכה.<sup>5</sup>

יצוין כי להערכת גבולות ה-PI קיימות שיטות רבות אשר ייתכן שתיתנה תוצאות משופרות. אולם, שיטות אלה אינן נמצאות בחבילות התכנה הסטנדרטיות, ודורשות תכנות רב. במסגרת מחקר זה אנו השתמשנו בשיטות הנמצאות בתוכנה או בכאלה שניתנות לתכנות ישיר.

## 4.2. תוצאות הערכה

התחזיות נבנו עבור הערך הצפוי של מספר ההרוגים החודשי בשנים 2012-2013 בשלוש סדרות עיקריות: סך ההרוגים בתאונות, הרוגים בדרכים הלא עירוניות, הרוגים בדרכים העירוניות.

כשלב ראשון, לכל סדרה, הותאם מודל על סמך השנים 2006-2010 ונחזו הערכים עבור שנת 2011. בדיקה זו מאפשרת לבחון את טיב החיזוי, תוך כדי השוואה בין הערכים החזויים לבין הערכים שהתקבלו בפועל בשנת 2011. טבלה 4.1 וציור 4.1 מציגים תוצאות של הערכות אלה, עבור שלוש הסדרות. הערכים המופיעים בטבלה 4.1 ובציור 4.1 הם כלהלן:

S - ערכי הסדרה המקורית, בציור 4.1 הם מסומנים במשולש ומחוברים בקו שחור;

P\_S - הערכים החזויים, בציור 4.1 הם מסומנים בנקודות אדומות ומחוברים בקו אדום;

U\_CI\_S, L\_CI\_S - הגבול התחתון והגבול העליון, בהתאמה, של רווח הסמך. ערכים אלה לא מסומנים בציור 4.1 אך מחוברים בקווים הירוקים;

T\_UPI\_S, T\_LPI\_S - הגבול התחתון והגבול העליון, בהתאמה, של רווח התחזית. גם ערכים אלה לא מסומנים בציור 4.1 אך מחוברים בקווים הכחולים.

בטבלה 4.1 ובציור 4.1 ניתן להבחין בקרבה ניכרת בין הערכים החזויים ומספרי ההרוגים החודשיים שנצפו בפועל בשנת 2011, בשלוש הסדרות. הערכים החזויים (הקווים האדומים) משקפים את הקו

<sup>5</sup> בעזרת פרוצדורת AUTOREG של SAS נבדקה תלות השאריות של שלושת סדרות הלוג - S1, S2, S3. לא נמצאה עדות לתלות. לכן, השתמשנו בפרוצדורת GLM לקבלת רווחי התחזית.

הצפוי להתפתחות של כל סדרה, כאשר הערכים בפועל יכולים לצאת, בחודשים מסוימים, מגבולות רווח הסמך ואפילו מגבולות רווח התחזית. עם זאת, ערכים חריגים אלה נצפו בחודשים נבחרים בלבד, כאשר, בכל סדרה, קו התחזית בהחלט משקף את אופן התפתחות הסדרה.

ציורים 4.2-4.4 מציגים את תחזיות ההתפתחות עבור שלוש הסדרות, בשנים 2012-2013. כמו כן, בכל ציור מובאים גם ערכי הסדרה המקורית עבור שנת 2011. בכל בציור מוצגים:

- \* ערכי התחזית - ערכים המסומנים בנקודות והמחוברים בקו אדום;
- \* ערכי הסדרה המקורית - ערכים המסומנים במשולש והמחוברים בקו שחור;
- \* גבולות רווח סמך - ערכים המחוברים בקווים הירוקים;
- \* גבולות רווח תחזית - ערכים המחוברים בקווים הכחולים.

ערכי התחזית המוצגים בציורים 4.1-4.3 מתארים את ההתפתחות הצפויה במספרי ההרוגים, בשנים 2012-2013, בהנחה שהמגמות שנצפו בהרוגים בשנים 2006-2011 יימשכו גם בשנים הבאות.

בהינתן המשך המגמות הקיימות, ע"פ תחזיות ההתפתחות, ניתן לצפות לירידה במספרי ההרוגים בתאונות בשנים הקרובות, ברמות אלה: מעל 4% בשנה, בסך ההרוגים בתאונות; 3%-4% בשנה, במספרי ההרוגים בדרכים הלא עירוניות; 5%-6% בשנה, במספרי ההרוגים בדרכים העירוניות.

טבלה 4.1. תוצאות בדיקה לשנת 2011 : תחזיות חודשיות לעומת ערכי הסדרה המקורית, גבולות רווח הסמך וגבולות רווח התחזית, עבור שלוש סדרות הנתונים

S1 - סך ההרוגים בתאונות

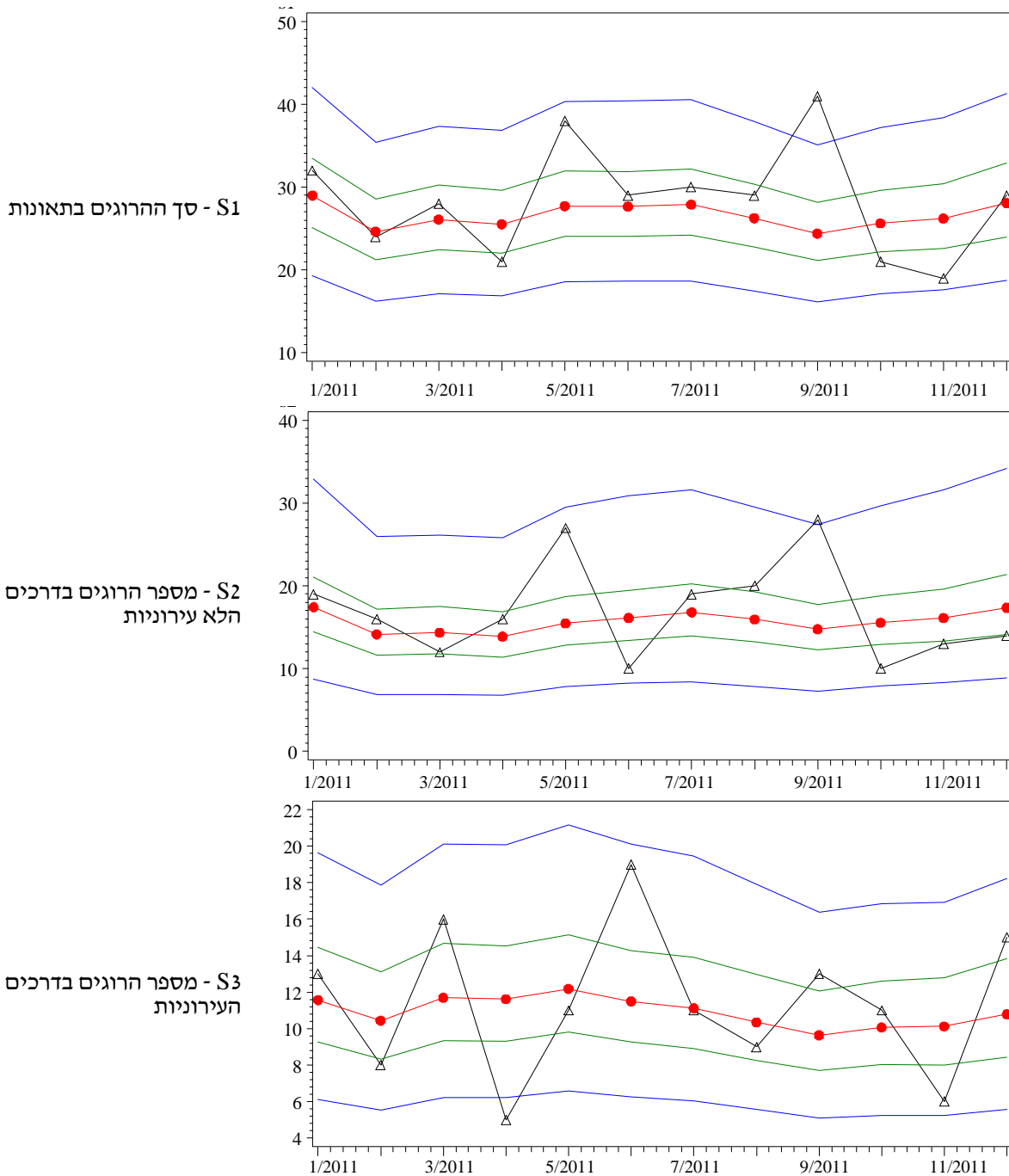
T_UPI_s1	T_LPI_s1	U_CI_s1	L_CI_s1	P_s1	s1	חודש	שנה
42	19	33	25	29	32	1	2011
35	16	29	21	25	24	2	2011
37	17	30	22	26	28	3	2011
37	17	30	22	26	21	4	2011
40	19	32	24	28	38	5	2011
40	19	32	24	28	29	6	2011
41	19	32	24	28	30	7	2011
38	17	30	23	26	29	8	2011
35	16	28	21	24	41	9	2011
37	17	30	22	26	21	10	2011
38	18	30	23	26	19	11	2011
41	19	33	24	28	29	12	2011

S2 - מספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות

T_UPI_s2	T_LPI_s2	U_CI_s2	L_CI_s2	P_s2	s2	חודש	שנה
33	9	21	14	17	19	1	2011
26	7	17	12	14	16	2	2011
26	7	18	12	14	12	3	2011
26	7	17	11	14	16	4	2011
29	8	19	13	15	27	5	2011
31	8	19	13	16	10	6	2011
32	8	20	14	17	19	7	2011
30	8	19	13	16	20	8	2011
27	7	18	12	15	28	9	2011
30	8	19	13	16	10	10	2011
32	8	20	13	16	13	11	2011
34	9	21	14	17	14	12	2011

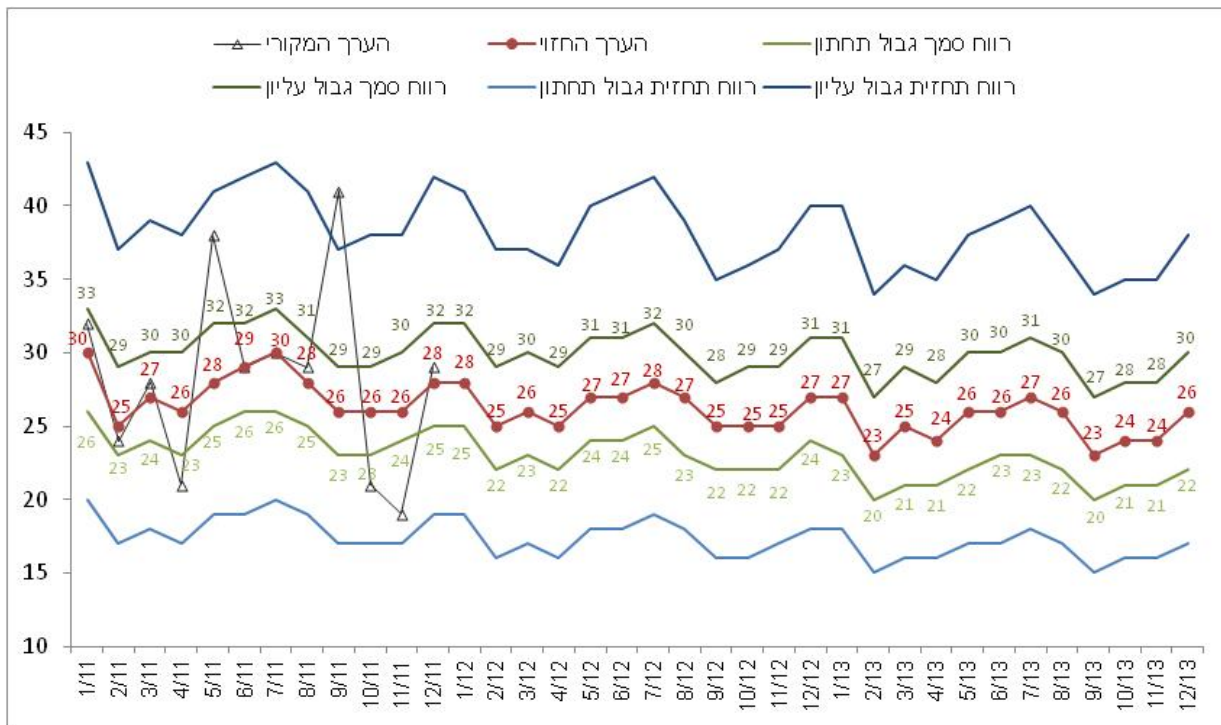
S3 - מספר הרוגים בדרכים העירוניות

T_UPI_s3	T_LPI_s3	U_CI_s3	L_CI_s3	P_s3	s3	חודש	שנה
20	6	14	9	12	13	1	2011
18	6	13	8	10	8	2	2011
20	6	15	9	12	16	3	2011
20	6	15	9	12	5	4	2011
21	7	15	10	12	11	5	2011
20	6	14	9	11	19	6	2011
19	6	14	9	11	11	7	2011
18	6	13	8	10	9	8	2011
16	5	12	8	10	13	9	2011
17	5	13	8	10	11	10	2011
17	5	13	8	10	6	11	2011
18	6	14	8	11	15	12	2011

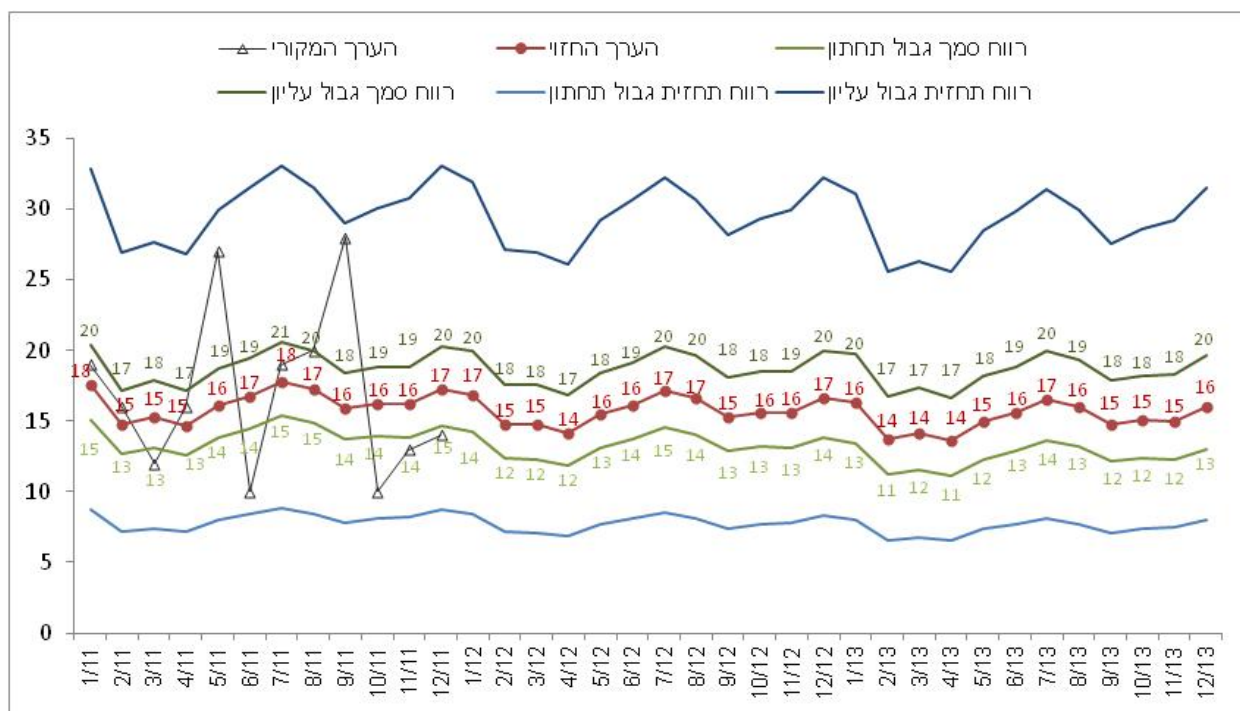


ציור 4.1. תוצאות בדיקה - מספר הרוגים חודשי בשנת 2011 : התחזיות לעומת ערכי הסדרה המקורית, גבולות רווח הסמך וגבולות רווח התחזית, עבור שלוש סדרות הנתונים.

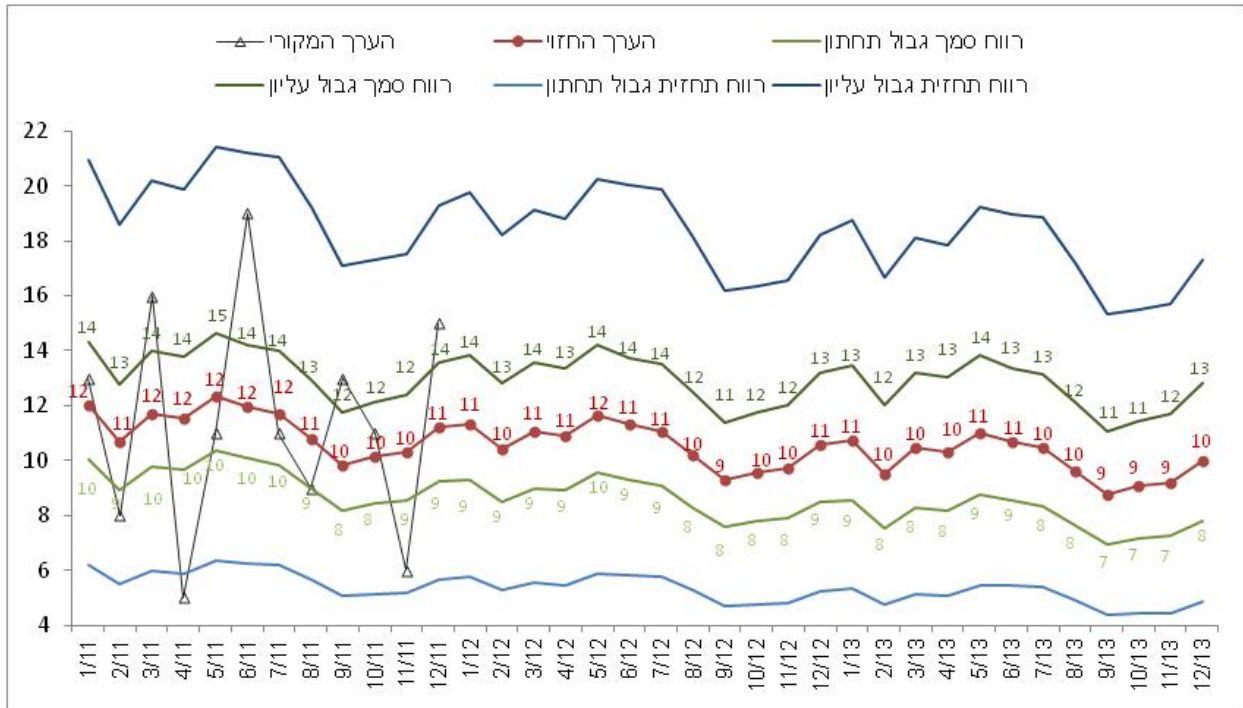




ציור 4.2. תחזית התפתחות בשנים 2012-2013 לסך ההרוגים בתאונות: מספר הרוגים חודשי.



ציור 4.3. תחזית התפתחות בשנים 2012-2013 למספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות: מספר הרוגים חודשי.



ציור 4.4. תחזית התפתחות בשנים 2012-2013 למספר הרוגים בדרכים העירוניות : מספר הרוגים חודשי.

## 5. בנית תרשימי הבקרה לשנים 2012-2013

### 5.1 הכנת התרשימים

לניטור שוטף של מצב הבטיחות, ניתן להשתמש בתרשימי בקרה המאפשרים לבחון: "האם חל שינוי בתהליך או שהתהליך נשאר בבקרה סטטיסטית?". בהקשר זה, התהליך הינו מספר חודשי של הרוגים בתאונות בשנה השוטפת, בעוד שגבולות הבקרה משקפים את המצב הצפוי על סמך המגמות בשנים הקודמות.

נושא ניטור מצב הבטיחות בעזרת תרשימי הבקרה נבחן במחקר גיטלמן, דובא, כהן (2011). לצורכי המעקב השוטף אחרי מצב ההרוגים, המחקר המליץ על שימוש בשילוב של שני סוגי תרשימי הבקרה: תרשים Shewhart ותרשים Cusum. התרשים הראשון נועד לבקרת תצפיות בודדות ע"י זיהוי אירועים חריגים (ע"פ הגדרות מספר סוגי אירועים שנקבעו מראש), בעוד שהתרשים השני מגלה סטייה קבועה מצטברת בממוצע התהליך המבוקר, בכיוון מסוים (לעומת הערכים המצופים כאשר התהליך בבקרה). שני סוגי התרשימים מבוססים על ניתוח שאריות. כמו כן, נקבע כי במערכת BI של הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים ישולבו תרשימי הבקרה עבור 13 סדרות חודשיות של הרוגים בתאונות, דהיינו, לניטור שנה שוטפת, ייבנו 26 תרשימי הבקרה.

במחקר הנוכחי פותחו תרשימי הבקרה לבחינת השאלה האם התהליכים בשנים 2012-2013 יישארו בבקרה סטטיסטית, כאשר גבולות התהליכים מוגדרים על סמך התנהגות הנתונים בשנים הקודמות, 2007-2011.

נזכיר שבבקרת איכות סטטיסטית מבחינים בשני שלבים. השלב הראשון הוא שלב יצירת גבולות התרשים ("setup"). השלב השני הוא שלב הניטור ("monitoring"). בשלב הראשון משתמשים בנתונים רטרוספקטיביים (ביישום הנוכחי - בנתוני ההרוגים בתקופת "לפני") כדי לקבוע את פרמטרי תרשימי הבקרה. פרמטרים אלה משמשים לניטור התהליך בשלב השני (ביישום הנוכחי - בשנים 2012-2013).

כפי שצוין במחקר הקודם, האלגוריתמים הקיימים בבקרת איכות לטיפול בנתוני מנייה, מטפלים בנתונים אשר במצב בקרה הינם בעלי התפלגות עם תוחלת קבועה (השווה בדרך כלל לאפס) ושונות קבועה, ומטרת התרשימים היא לגלות האם חל שינוי בתוחלת. התהליכים בתחום הבטיחות אינם מתאימים ישירות לדרישות אלה, והם מתאפיינים גם בעונתיות והשתנות אחרת בזמן, כמו מגמה. לכן, לשימוש בתרשימי הבקרה לצורכי הבטיחות, על סמך הנתונים המקוריים (מספרי הרוגים) מופקים ערכים מיוחדים - השאריות. כדי שיהיה מוצדק להשתמש בשאריות אלה, יש לדאוג לכך שכאשר התהליך בבקרה והמודל המותאם לו נכון, השאריות תהיינה ככל האפשר בעלות התפלגות נורמאלית, עם תוחלת אפס ושונות קבועה.

במחקר הנוכחי, בדומה למחקר הקודם, אנו השתמשנו בגישה של ניטור השאריות בעזרת תרשימי הבקרה. השאריות התקבלו לאחר "עיבוד התחלתי" של הנתונים על בסיס המודל שהותאם להם. לכל

סידרה הותאם מודל (פואסוני - ראה פרק 2 לעיל), כאשר בעזרתו נוכח החלק שניתן להסבר על-ידי המודל ולאחר שלב זה, השאריות נבחנות בעזרת הכלים הסטנדרטיים - תרשימי הבקרה.

עבור כל סדרה, לקביעת פרמטרי תרשים הבקרה נבחר המודל המתאים לתיאור הנתונים, על סמך התקופה "לפני", ובעזרתו חושבו שאריות הדיוויאנס. על-פי שאריות אלה נקבעו פרמטרי תרשים הבקרה. בתקופת ה"לפני", השאריות נבדקות כדי לוודא שהתפלגותן בקירוב נורמאלית, עם תוחלת אפס ושונות קבועה. לאחר מכן, ניתן לחשב את שאריות הדיוויאנס בתקופת ה"אחרי" - עבור כל חודש, על סמך נתוני ההרוגים בשנה הנבדקת - ולנטר אותן באמצעות תרשים הבקרה.

יש לציין שבמשימה הנוכחית היה שוני בין תקופת פיתוח המודלים (על סמך השנים 2006-2010 לצורכי הערכת שנת 2011) לבין התקופה הנדרשת לניטור התהליכים (השנים הבאות, 2012-2013), כאשר התקופה "לפני" היא (2007-2011). לכן, בפיתוח תרשימי הבקרה לניטור השנים הבאות היה צורך להתמודד עם "הזזה" בתקופת ה"לפני" אשר קובעת את גבולות התרשימים. מכאן, תרשימי הבקרה נבנו על סמך המודלים שהותאמו לשנים 2006-2010 (ראה פרק 2 לעיל), כאשר במושג "מודלים" הכוונה היא לסוג ההתפלגות ולנקודות השבירה שזוהו, בעוד שבעת הכנת התרשימים לניטור השנים הבאות, 2012-2013, אמידת הפרמטרים (מקדמי המשתנים במודלים) נעשתה על סמך נתוני ההרוגים בשנים 2007-2011.

להלן פרטים על פיתוח תרשימי הבקרה לניטור מספרי ההרוגים בתאונות בשנים 2012-2013.

#### **א. ממצאים מפיתוח המודלים אשר שימשו לבניית תרשימי הבקרה**

נמצא (ראה פרק 2) כי התפלגות פואסונית מתאימה לכל הסדרות: 1-13. כמו כן, עבור הסדרות 3, 7, 9 נמצאו נקודות שבירה בשנים הקודמות (הותאם מודל ליניארי למקוטעין). בהכנת גבולות תרשימי הבקרה לפי השנים 2007-2011 (לניבוי גבולות התהליכים בשנים 2012-2013), נקודות שבירה אלה יהיו בנקודות הזמן הבאות:

עבור סדרה 3 (הרוגים בדרכים עירוניות) - בזמן 36 (חודש דצמבר 2009);  
עבור סדרה 7 (הרוגים הולכי רגל בדרכים עירוניות) - בזמן 36 (חודש דצמבר 2009);  
עבור סדרה 9 (הרוגים הולכי רגל במגזר לא יהודי) - בזמן 30 (חודש יוני 2009).

#### **ב. חישובים לתרשימי הבקרה מסוג Shewhart**

הערכים עבורם מותאם תרשים הבקרה, וכן הערכים המבוקרים הן שאריות הדיוויאנס. מכיוון שמודל פואסוני מתאים לכל הסדרות, כל השאריות מחושבות באופן המתאים למודל פואסוני. נסמן ב  $Y_t$  את התצפית ה- $t$ -ית של הסדרה וב  $\hat{\mu}_t$  את האמד לערך הצפוי לזמן  $t$  על-פי המודל. חישוב השארית נעשה באופן הבא:

$$[1] \quad d_t = \text{sign}(Y_t - \hat{\mu}_t) \sqrt{\max\left(0, 2 \left\{ Y_t \log\left(\frac{Y_t}{\hat{\mu}_t}\right) - (Y_t - \hat{\mu}_t) \right\}\right)}$$

הערה: אם  $Y_t = 0$  יש להציב במקומו מספר קטן מאוד כגון:  $1/(10^{20})$ .

לבניית תרשימי הבקרה, ערכי ה-  $\hat{\mu}_t$  מסופקים לכל הסדרות, עבור 24 חודשים, בשנים 2012-2013. כמו כן, לכל תרשים מסופק מידע לגבי שיפוע קו המגמה בסוף התקופה "לפני" (כדי לסייע בהבנת התהליך המנוטר - האם הוא נמצא במגמת ירידה, עליה או חסר מגמה).

הנקודות המופיעות בתרשים Shewhart הן שאריות הדיויאנס. גבולות הבקרה מחושבים עבור כל אחת מהסדרות והם כוללים:

- גבול בקרה תחתון (ממוצע פלוס שלוש סטיות תקן),
- גבול בקרה עליון (ממוצע מינוס שלוש סטיות תקן),
- ערך המטרה של התהליך (הקו המרכזי).

#### ג. חישובים לתרשימי הבקרה מסוג Cusum

בתרשים Cusum נבנים שני תרשימים:

(1) חד-צדדי לגילוי סטיות כלפי מעלה,

(2) חד-צדדי לגילוי סטיות כלפי מטה.

עבור כל אחת מהסדרות, הערכים המופיעים בגרפים של Cusum מחושבים באופן הבא. נסמן:

$d_t$  - שארית הדיויאנס בזמן  $t$ , המחושבת לפי נוסחה [1] לעיל;

$Mu_0$  - ערך מרכזי;

$Sig_0$  - סטיית תקן;

$cu\_pos_t$  - הערך בזמן  $t$  של סדרת ה-Cusum החד-צדדי לגילוי סטיות כלפי מעלה;

$cu\_pos_{60}$  - הערך בסוף התקופה "לפני" של סדרת ה-Cusum החד-צדדי לגילוי סטיות כלפי מעלה;

$cu\_neg_t$  - הערך בזמן  $t$  של סדרת ה-Cusum החד-צדדי לגילוי סטיות כלפי מטה;

$cu\_neg_{60}$  - הערך בסוף התקופה "לפני" של סדרת ה-Cusum החד-צדדי לגילוי סטיות כלפי מטה.

כל הערכים הנ"ל, פרט לשארית הדיויאנס, מסופקים ע"י המודלים.

הנקודות המופיעות בתרשים עבור זמן  $t$  הן  $cu\_pos_t$  ו- $cu\_neg_t$ , כאשר

$$cu\_pos_t = \max\{0, cu\_pos_{t-1} + (z_t - 0.5)\} \quad t = 61, 62, \dots$$

$$cu\_neg_t = -\max\{0, -cu\_neg_{t-1} - (z_t + 0.5)\} \quad t = 61, 62, \dots$$

$$z_t = \frac{d_t - \text{Mu}0}{\text{Sig}0}$$

הערכים הנ"ל מחושבים עבור נקודות הזמן 61, 62 וכו', דהיינו עבור כל חודש בשנים 2012-2013. לשרטוט הקווים האופקיים בתרשים משמשים פרמטרים אלה: קו האמצע=0; הקו העליון=3; הקו התחתון=-3.

#### ד. כללים לזיהוי אירועים חריגים

לבקרת מצב הבטיחות בעזרת התרשים מסוג Shewhart משמשים שלושה סוגי אירועים עיקריים הניתנים לזיהוי בעזרת התרשים שהם:

- מבחן 1: נקודה בודדת שנופלת מחוץ לגבול העליון או התחתון של התרשים;

- מבחן 2: 7 נקודות עוקבות מצד אחד של קו האמצע;

- מבחן 3: 6 נקודות עוקבות של עליה או ירידה.

לבקרת מצב הבטיחות בעזרת התרשים מסוג Cusum משמש כלל אחד:

כאשר נקודת התרשים חורגת מגבולות הבקרה מוכרז על שינוי מובהק בתהליך - יציאה מבקרה. בנוסף, באמצעות התרשים Cusum ניתן לאתר הזזות בממוצע התהליך באופן וויזואלי: הנקודה בה משתנה השיפוע היא הנקודה בה קורית ההזזה.

#### 5.2. תוצאות

במחקר זה פותחו תרשימי הבקרה כדי לבחון האם התהליכים בשנים 2012-2013 יישארו בבקרה סטטיסטית, כאשר גבולות הבקרה מוגדרים על סמך נתוני ההרוגים בשנים 2007-2011.<sup>6</sup>

ציורים 5.1-5.3 מציגים את תרשימי הבקרה מסוג Shewhart ומסוג Cusum שהותאמו לשלוש הסדרות הראשונות של ההרוגים: (1) סך ההרוגים; (2) הרוגים בדרכים הלא עירוניות; (3) הרוגים בדרכים העירוניות. התרשים מסוג Shewhart מיוצר ע"י פרוצדורת Shewhart (אופציית irchart) של SAS/QC, בעוד התרשים מסוג Cusum מצויר ע"י פונקצית cusum מספריית qcc של תוכנת R. גבולות התרשים נקבעים לפי שלוש סטיות תקן.

בציורים 5.1-5.3, לכל סדרה, בשני סוגי התרשימים, מוצגים כל הנתונים של התקופה "לפני": 60 נקודות עבור 60 חודשים בשנים 2007-2011, בתוספת 3 תצפיות בתקופת ה"אחרי" - עבור חודשים ינואר-מרץ 2012. הקו האנכי המקווקו תוחם את שתי התקופות: ה"לפני", בשנים 2007-2011, ו- ה"אחרי", בינואר-מרץ 2012.

<sup>6</sup> גבולות תרשימי הבקרה חושבו עבור 13 סדרות ההרוגים, והם מוצגים בקבצי אקסל המועברים למערכת הBI של הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים.

מבחינת תרשימי הבקרה בציורים 5.1-5.3, לגבי התפתחות התהליכים (מצב ההרוגים בתאונות) בתחילת שנת 2012 ניתן להסיק כלהלן:

- לפי התרשים מסוג Shewhart לא היו אירועים חריגים באף אחד משלושת התהליכים. זאת, כאשר בסיום התקופה "לפני" (סוף שנת 2011) היו מגמות אלה: (1) בסך ההרוגים - מגמת ירידה מובהקת; (2) בהרוגים בדרכים הלא עירוניות - מגמת ירידה מובהקת גבולית; (3) בהרוגים בדרכים העירוניות - מגמת עליה (לא מובהקת).

- לפי התרשים מסוג Cusum, אשר בחן את השינוי המצטבר בתהליך, במרץ 2012 חל שינוי מובהק בהרוגים בדרכים העירוניות - הנקודה חרגה מהגבול התחתון של התרשים, כאשר נקודת המפנה בתהליך זה (שינוי זוויית הצבת הנקודות כלפי מטה) היתה בחודש דצמבר 2011.

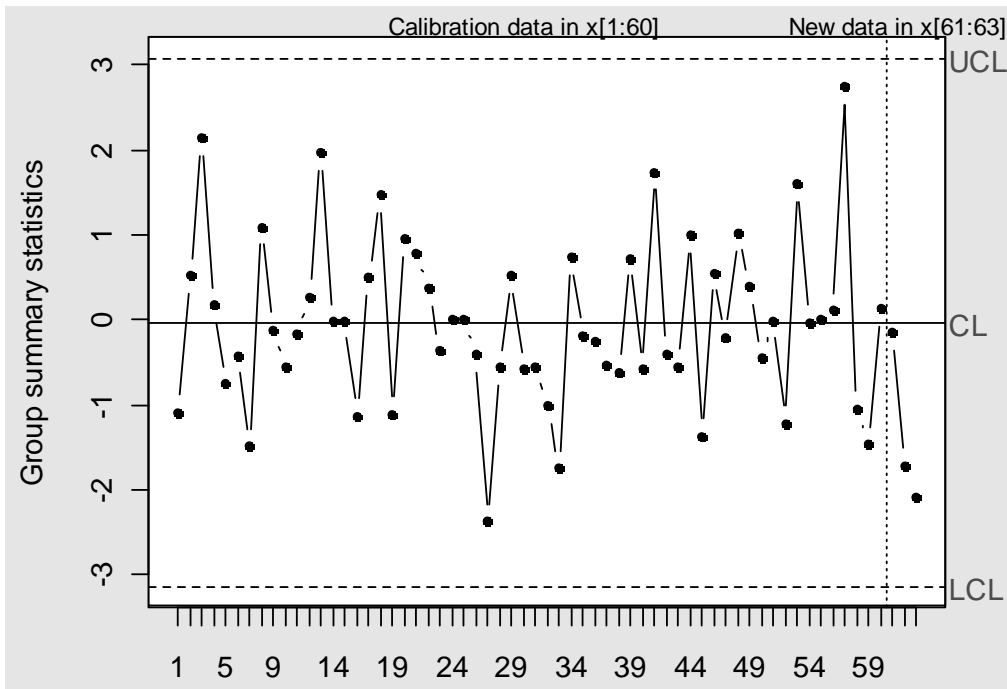
- כמו כן, לפי התרשים Cusum, התהליך של סך ההרוגים בתאונות התקרב לשינוי מובהק במרץ 2012 - הנקודה נמצאת בגבול התחתון של התרשים. לעומת זאת, בסדרה של הרוגים בדרכים הלא עירוניות, גם לפי התרשים Cusum לא היה שינוי בתהליך בתחילת שנת 2012.

ע"פ בחינה משולבת של שני סוגי התרשימים ניתן להסיק שבתחילת שנת 2012 נצפו שינויים חיוביים בכל שלושת התהליכים:

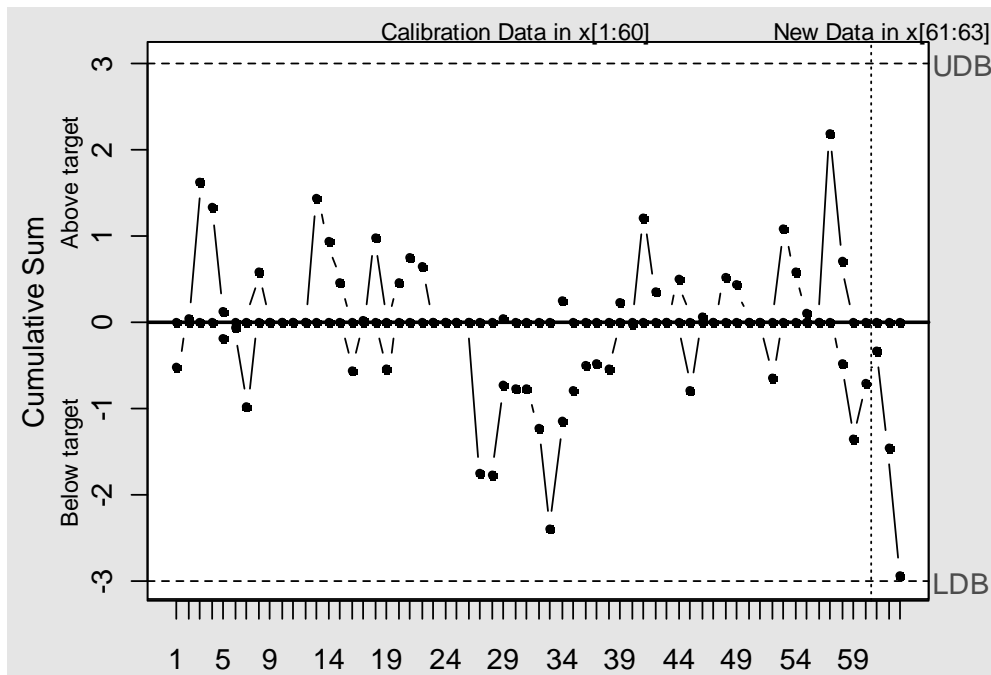
\* בסך ההרוגים בתאונות, נמשכה מגמת הירידה שזוהתה בסוף שנת 2011, כאשר בחודש מרץ השינוי המצטבר בתהליך התקרב לשינוי מובהק - התחזקות ניכרת במגמת הירידה;

\* במספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות, בתחילת שנת 2012 נמשכה מגמת ירידה מובהקת גבולית שהחלה בתקופה הקודמת;

\* במספר הרוגים בדרכים העירוניות במרץ 2012 חל שינוי מובהק - שבירת מגמת העלייה שנצפתה בסוף התקופה הקודמת.



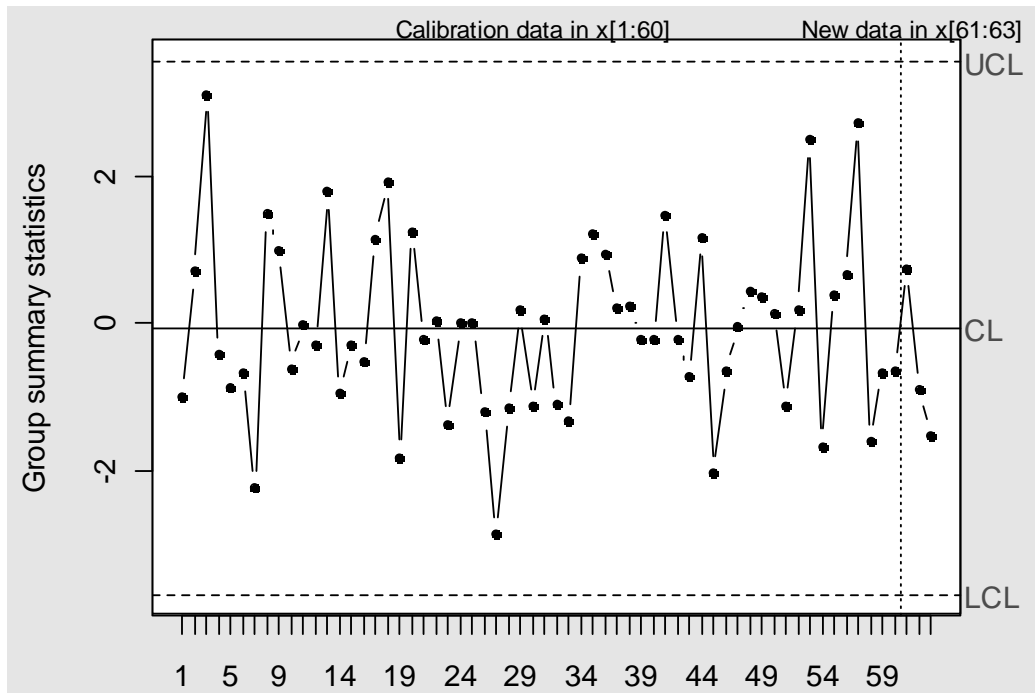
א - תרשים Shewhart



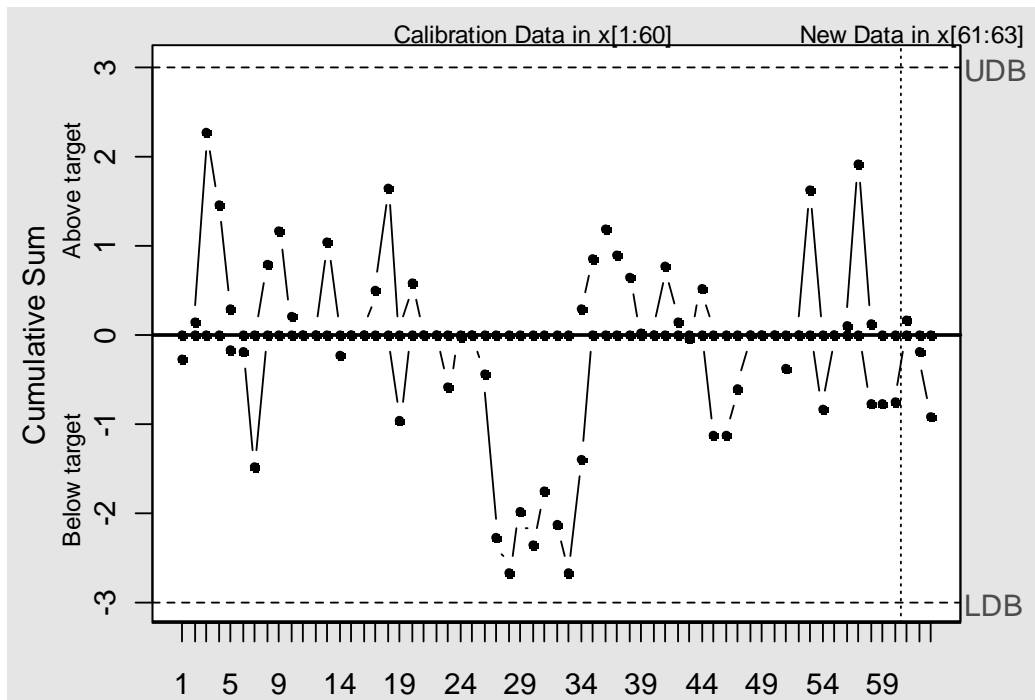
ב - תרשים Cusum

ציור 5.1. תרשימי הבקרה לסדרה S1 "סך ההרוגים בתאונות", בתקופת "לפני" (ינואר 2007 - דצמבר 2011) ו-"אחרי" (ינואר-מרץ 2012).



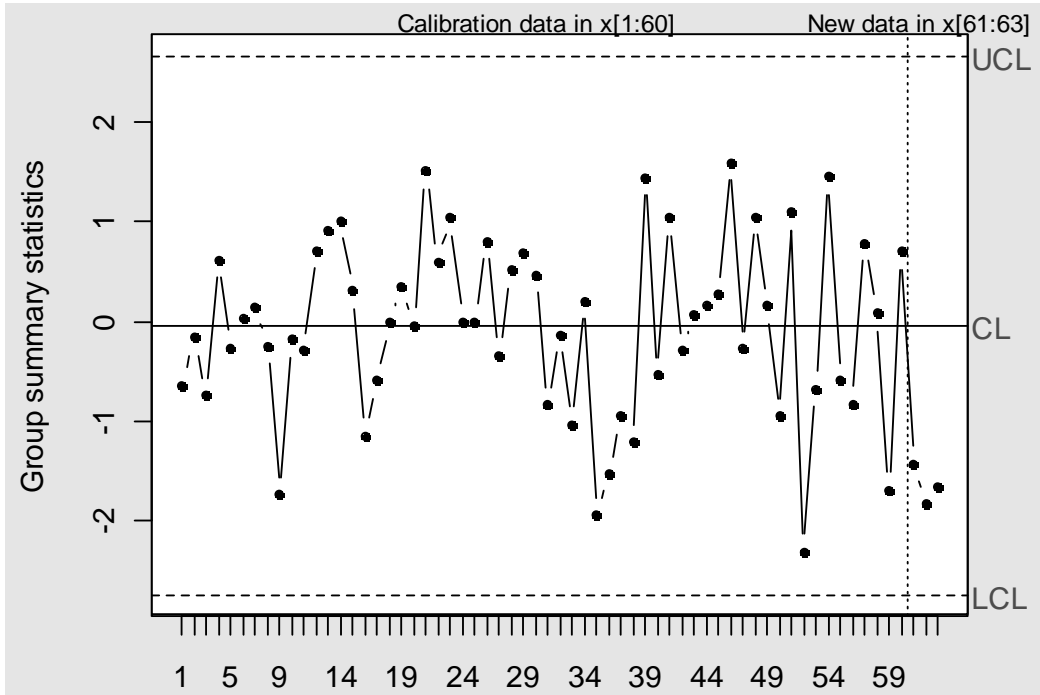


א - תרשים Shewhart

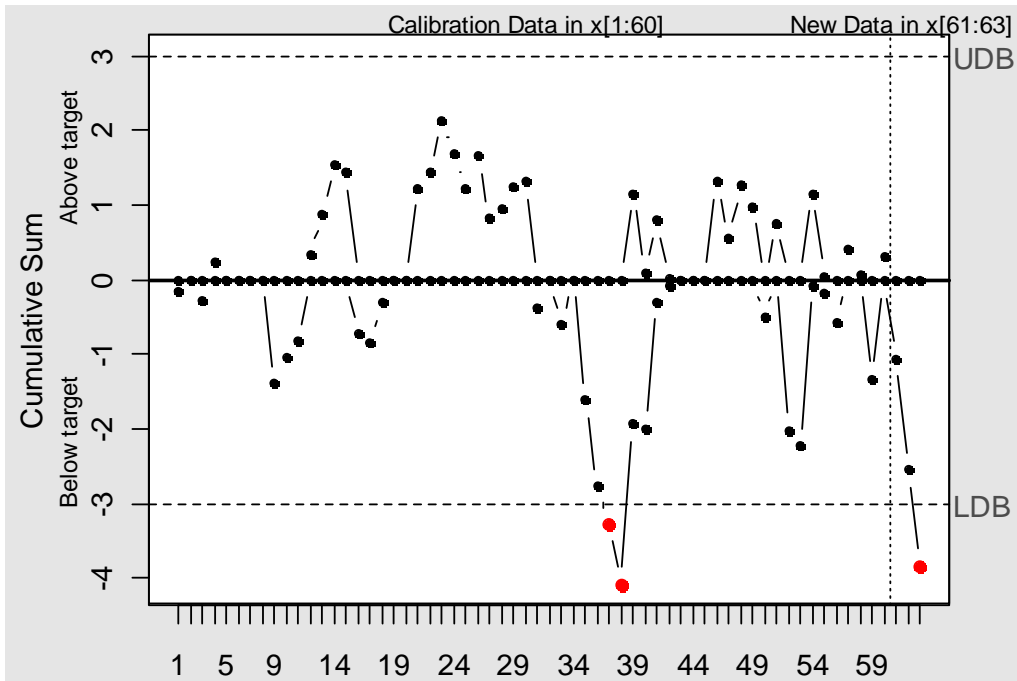


ב - תרשים Cusum

ציור 5.2. תרשימי הבקרה לסדרה S2 "הרוגים בדרכים הלא עירוניות", בתקופת "לפני" (ינואר 2007 - דצמבר 2011) ו-"אחרי" (ינואר-מרץ 2012).



א - תרשים Shewhart



ב - תרשים Cusum

ציור 5.3. תרשימי הבקרה לסדרה S3 "הרוגים בדרכים העירוניות", בתקופת "לפני" (ינואר 2007 - דצמבר 2011) ו-"אחרי" (ינואר-מרץ 2012).

## 6. סיכום הממצאים

### 6.1. כללי

במחקר זה נבחנו מגמות השינויים במספרי הרוגים בתאונות הדרכים בשנת 2011 לעומת חמש שנים קודמות, 2006-2010. הניתוח התייחס הן למספר הכולל של הרוגים בתאונות הדרכים והן לחתכים המייצגים של מספרי הרוגים, לפי סוג דרך, נהגים וכלי רכב בסיכון, סוגי תאונות. בניתוח נבחנו 13 סדרות חודשיות של הרוגים, כאשר לגבי כל סדרה נבחנו שתי שאלות:

א. האם המגמה במספרי הרוגים בשנת 2011 השתנתה באופן מובהק לעומת המגמה בשנים קודמות?

ב. האם מספר הרוגים בשנת 2011 היה שונה באופן מובהק ממספר הרוגים ממוצע בשנים קודמות, ולעומת שנת 2010?

כמו כן, בעזרת המודלים שהותאמו בניתוח, נבנו תחזיות להתפתחות הסדרות העיקריות בשנים 2012-2013. בנוסף, במחקר פותחו תרשימי בקרה כדי לבחון האם התהליכים בשנים 2012-2013 יישארו בבקרה סטטיסטית, כאשר גבולות הבקרה מוגדרים על סמך התנהגות הנתונים בשנים הקודמות.

### 6.2. ממצאים עיקריים ומסקנות

#### א. ניתוח שינויים במספרי הרוגים בתאונות בשנת 2011 לעומת שנים קודמות

על סמך ממצאי הניתוח של השינויים במספרי הרוגים בשנת 2011 לעומת שנים קודמות, 2006-2010, ניתן להסיק כלהלן:

1. בקרב סך ההרוגים בתאונות בשנת 2011 היו שינויים מעורבים: מחד, מגמת ירידה מובהקת שהייתה בתקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 **למגמת עליה** לא מובהקת אך מאידך, סך מספר ההרוגים בתאונות היה **נמוך** ב-9% בשנת 2011 לעומת הממוצע של שנים קודמות (הבדל מובהק), כאשר לעומת שנת 2010 לא היה שינוי במספר ההרוגים.

2. במספר הרוגים בתאונות בדרכים הלא עירוניות מגמת ירידה מובהקת גבולית של התקופה הקודמת **נחלשה** בשנת 2011, כאשר במספר הרוגים בתאונות בדרכים הלא עירוניות בשנת 2011 הייתה ירידה קלה ולא מובהקת לעומת הממוצע של שנים קודמות, ללא שינוי מעשי לעומת שנת 2010.

3. במספר הרוגים בתאונות בדרכים העירוניות נצפו שינויים חיוביים: מגמת עליה של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 **למגמת ירידה** (לא מובהקת), כאשר במספר הרוגים בתאונות בדרכים העירוניות נמצאה **ירידה** של 13% לעומת הממוצע של שנים קודמות (שינוי מובהק גבולית) וירידה לא מובהקת לעומת שנת 2010.

4. בקרב הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים בשנת 2011 חלה **הרעה**: מגמת ירידה של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת עליה (לא מובהקת), כאשר במספר הרוגים בתאונות עם נהגים

צעירים בשנת 2011 נמצאה עליה לא מובהקת לעומת הממוצע של שנים קודמות וכן, עליה מובהקת גבולית, ברמה של 26%, לעומת שנת 2010.

5. בקרב הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי בשנת 2011 נצפו סימני הרעה: מגמת ירידה מובהקת של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת עליה מובהקת גבולית, כאשר במספר הרוגים בתאונות אלה לא היה שינוי לעומת הממוצע של שנים קודמות ונצפתה עליה לא מובהקת לעומת שנת 2010.

6. בקרב הרוגים בתאונות עם אופנועים בשנת 2011 נצפו סימני הטבה: מגמת עליה מובהקת גבולית של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת ירידה, כאשר במספר הרוגים בתאונות אלה לא היה שינוי לעומת הממוצע של שנים קודמות אך נרשמה ירידה לא מובהקת לעומת שנת 2010.

7. בקרב הרוגים הולכי רגל בדרכים העירוניות בשנת 2011 נצפו סימני הטבה: מגמת עליה מובהקת של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת ירידה, כאשר במספר הרוגים בתאונות אלה נצפו ירידות לא מובהקות לעומת הממוצע של שנים קודמות ולעומת שנת 2010.

8. בקרב הרוגים הולכי רגל בדרכים הלא עירוניות בשנת 2011 היו שינויים מעורבים: מחד, מגמת עליה לא מובהקת של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת ירידה, אך מאידך, במספר הרוגים הולכי רגל בדרכים הלא עירוניות בשנת 2011 נרשמה עליה לא מובהקת לעומת הממוצע של שנים קודמות, ללא שינוי מעשי לעומת שנת 2010.

9. בקרב הרוגים הולכי רגל במגזר הלא יהודי, בשנת 2011 נצפו שינויים חיוביים: מגמת עליה מובהקת גבולית של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת ירידה מובהקת גבולית, כאשר במספר הרוגים בתאונות אלה נצפתה ירידה לא מובהקת לעומת הממוצע של שנים קודמות וירידה מובהקת גבולית, ברמה של 31%, לעומת שנת 2010.

10. בקרב הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים לא עירוניות בשנת 2011 נצפו סימני הרעה: מגמת ירידה מובהקת של התקופה הקודמת נהפכה למגמת עליה לא מובהקת, כאשר במספר הרוגים בתאונות רכב יחיד בשנת 2011 לא היה שינוי לעומת הממוצע של שנים קודמות ונצפתה עליה לא מובהקת לעומת שנת 2010.

11. בקרב הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים הלא עירוניות בשנת 2011 נצפו שינויים חיוביים: התחזקות מגמת הירידה שהייתה בתקופה הקודמת וירידה לא מובהקת במספר הרוגים לעומת הממוצע של שנים קודמות, ללא שינוי לעומת שנת 2010.

12. בקרב הרוגים בתאונות בצמתים הלא עירוניים בשנת 2011 נצפו שינויים מעורבים: מחד, מגמת ירידה מובהקת של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת עליה לא מובהקת, אך מאידך, במספר הרוגים בתאונות בצמתים הלא עירוניים בשנת 2011 נמצאה ירידה מובהקת, ברמה של 32%, לעומת הממוצע של שנים קודמות, ללא שינוי לעומת שנת 2010.

13. גם בקרב הרוגים בתאונות בצמתים העירוניים בשנת 2011 נצפו שינויים מעורבים: מחד, מגמת ירידה מובהקת של התקופה הקודמת נהפכה בשנת 2011 למגמת עליה לא מובהקת, אך מאידך,

במספר הרוגים בתאונות בצמתים העירוניים בשנת 2011 נמצאה ירידה מובהקת, ברמה של 34%, לעומת הממוצע של שנים קודמות, וירידה לא מובהקת לעומת שנת 2010.

מכאן שסה"כ בשנת 2011 היו שינויים מעורבים: מחד, בחלק מהסדרות היו סימני הרעה במגמה, כאשר מגמת הירידה של התקופה הקודמת נהפכה למגמת עליה או נחלשה, אך מאידך, ברוב סדרות הנתונים מספרי הרוגים בשנת 2011 היו נמוכים יותר לעומת הממוצע של השנים הקודמות, עם שינויים מעורבים לעומת שנת 2010.

בסך מספר הרוגים בשנת 2011 לא היה שינוי לעומת שנת 2010, עדיין קיימת ירידה לעומת הממוצע של השנים הקודמות, כאשר בהתפתחות הסדרה בשנת 2011 ישנה מגמת עליה. במספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות עדיין קיימת מגמת ירידה אשר נחלשה בשנת 2011, כאשר במספרי ההרוגים בסדרה זו כמעט ואין שיפור לעומת התקופה הקודמת. לעומת זאת, במספר הרוגים בדרכים העירוניות היו סימני שיפור בשנת 2011 אשר באו לידי ביטוי הן במגמת הירידה שהופיעה בשנת 2011 והן בירידות במספרי ההרוגים לעומת ממוצע התקופה הקודמת ולעומת שנת 2010.

שינויים חיוביים הן במגמות והן במספרי הרוגים נצפו בשנת 2011 בתחומים אלה: הרוגים בתאונות עם אופנועים, הרוגים הולכי רגל בדרכים העירוניות, הרוגים הולכי רגל במגזר הלא יהודי, הרוגים בתאונות חזית-חזית בדרכים הלא עירוניות.

שינויים מעורבים נצפו בתחומים אלה: בקרב הרוגים הולכי רגל בדרכים הלא עירוניות - שינוי חיובי במגמה בשנת 2011 אך מספר הרוגים גבוה לעומת הממוצע של שנים קודמות; בקרב הרוגים בתאונות בצמתים לא עירוניים ועירוניים - שינוי שלילי במגמה בשנת 2011 אך ירידה מובהקת במספרי הרוגים לעומת השנים הקודמות.

לבסוף, סימני הרעה הן במגמה והן במספרי הרוגים נצפו בשנת 2011 בתחומים אלה: הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים, הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי, הרוגים בתאונות רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות. בקרב הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים ההרעה הייתה חזקה במיוחד, כאשר היא באה לידי ביטוי גם בעליה ניכרת ומובהקת במספר ההרוגים לעומת שנת 2010.

בהסתמך על השינויים השליליים שזוהו במספרים ובמגמות התהליכים של הרוגים בתאונות בשנת 2011, יש מקום להגברת פעילויות התערבות, בעדיפות ראשונה, בתחומי בטיחות אלה: תאונות עם נהגים צעירים; תאונות עם רכב מקצועי; תאונות רכב יחיד. כמו כן, בהתחשב במגמות עליה שנצפו בשנת 2011 יש מקום להגברת תשומת לב לתחומים של תאונות בצמתים לא עירוניים ועירוניים.

## **ב. בחינת תחזיות התפתחות בשנים 2012-2013**

במחקר, נבנו התחזיות עבור הערך הצפוי של מספר ההרוגים החודשי בשנים 2012-2013 בשלוש סדרות עיקריות: סך ההרוגים בתאונות, הרוגים בדרכים הלא עירוניות, הרוגים בדרכים העירוניות. ההתפתחות הצפויה במספרי ההרוגים, בשנים 2012-2013, נבנתה בהנחה שהמגמות שנצפו בהרוגים בשנים 2006-2011 יימשכו גם בשנים הבאות. בהינתן המשך המגמות הקיימות, ע"פ תחזיות ההתפתחות, ניתן לצפות לירידה במספרי הרוגים בתאונות בשנים הקרובות, ברמות אלה: מעל 4% בשנה, בסך ההרוגים בתאונות; 3%-4% בשנה, במספרי הרוגים בדרכים הלא עירוניות; 5%-6% בשנה, במספרי הרוגים בדרכים העירוניות.

## **ג. תרשימי הבקרה לניטור מספרי הרוגים בשנים 2012-2013**

במחקר, פותחו תרשימי הבקרה כדי לבחון האם התהליכים בשנים 2012-2013 יישארו בבקרה סטטיסטית, כאשר גבולות הבקרה מוגדרים על סמך נתוני הרוגים בשנים 2007-2011. עבור כל אחת מ-13 סדרות ההרוגים נבנו תרשימי הבקרה מסוג Shewhart ומסוג Cusum, המאפשרים ניטור שוטף של התהליכים.

על גבי תרשימי הבקרה שהותאמו לשלוש הסדרות הראשונות: סך ההרוגים בתאונות, הרוגים בדרכים הלא עירוניות, הרוגים בדרכים העירוניות - הוצבו נקודות המעקב לחודשים ינואר-מרץ 2012. בעקבות בחינה משולבת של שני סוגי התרשימים הוסק שבתחילת שנת 2012 נצפו **שינויים חיוביים** בכל שלושת התהליכים, כלהלן:

\* בסך ההרוגים בתאונות, נמשכה מגמת הירידה שזוהתה בסוף שנת 2011, כאשר בחודש מרץ השינוי המצטבר בתהליך התקרב לשינוי מובהק - התחזקות ניכרת במגמת הירידה;

\* במספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות, בתחילת שנת 2012 נמשכה מגמת ירידה מובהקת גבולית שהחלה בתקופה הקודמת;

\* במספר הרוגים בדרכים העירוניות במרץ 2012 חל שינוי מובהק - שבירת מגמת העלייה שנצפתה בסוף התקופה הקודמת.

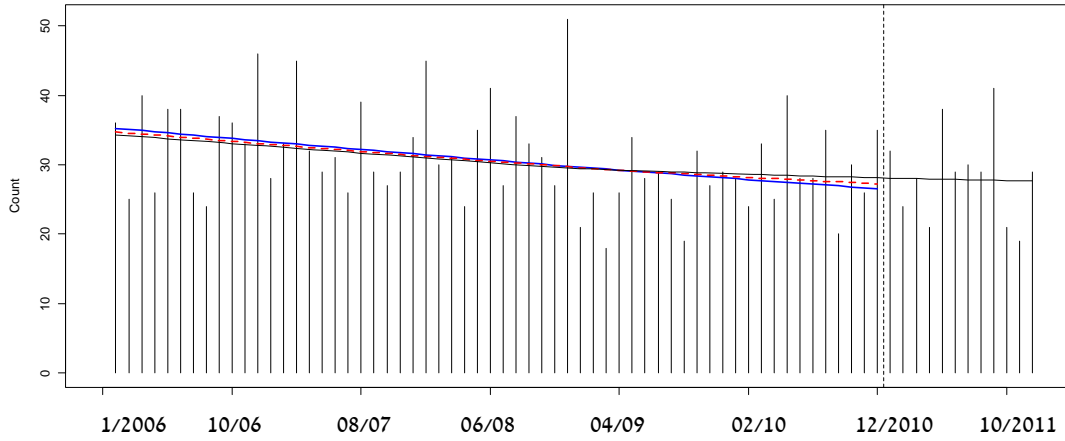
כאמור, תרשימי הבקרה שנבנו במחקר, מאפשרים המשך לניטור התהליכים עד סוף שנת 2013.

## מראי מקום

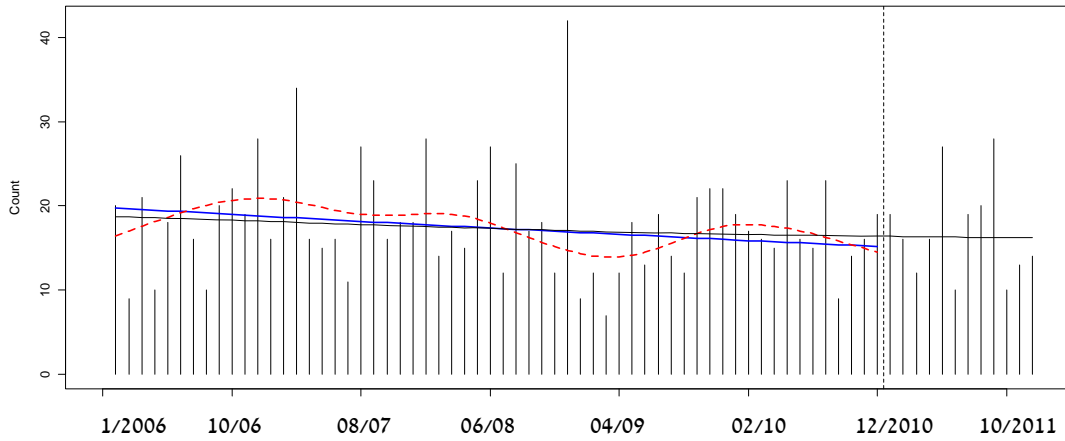
1. גיטלמן ו., דובא א., כהן א. (2011). בחינת מגמות במספרי ההרוגים, התאונות והנפגעים בתאונות הדרכים. דו"ח מחקר S/26/2011, מרכז רן נאור לחקר הבטיחות בדרכים והמעבדה לסטטיסטיקה, הטכניון.
2. כהן א., דובא א. (2011). התאמת מודלים סטטיסטיים לניתוח מגמות תאונות הדרכים בישראל. דוח מסכם, הוגש לקרן המחקרים בענייני ביטוח ליד אגוד חברות הביטוח בישראל.
3. Muggeo, V. M. R. (2003). Estimating regression models with unknown break-points. *Statistics in Medicine*, 22, 3055-3071.
4. Muggeo, V. M. R. (2008). Segmented: an R Software to Fit Regression Models with Broken-Line Relationships. *R News*, 8/1, 20-25. URL <http://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.
5. OECD/ITF (2008). *Towards Zero Road Deaths: Safe System to Achieve Ambitious Targets*. Organisation for Economic Co-operation and Development/ International Transport Forum.
6. OECD/ITF (2012). *IRTAD Annual Report 2011. International Traffic Safety Data and Analysis Group: [www.irtad.net](http://www.irtad.net)*. Organisation for Economic Co-operation and Development/International Transport Forum.
7. Wood, G.R. (2005). Confidence and prediction intervals for generalized linear accident models. *Accident Analysis and Prevention* 37, 267-273.

**נספח א'. הצגה גרפית של סדרות הנתונים בניתוח: 2011 לעומת שנים קודמות**

**1. סך הרוגים בתאונות**

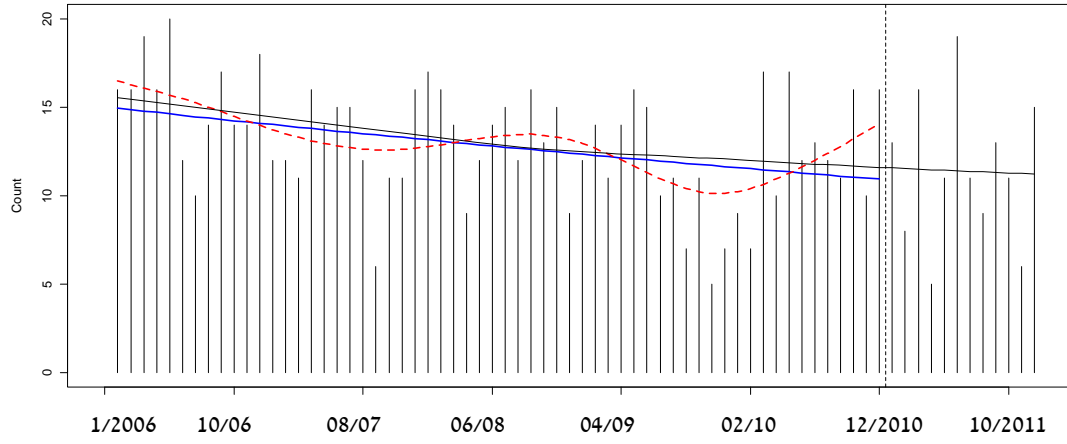


**2. הרוגים בדרכים לא עירוניות**

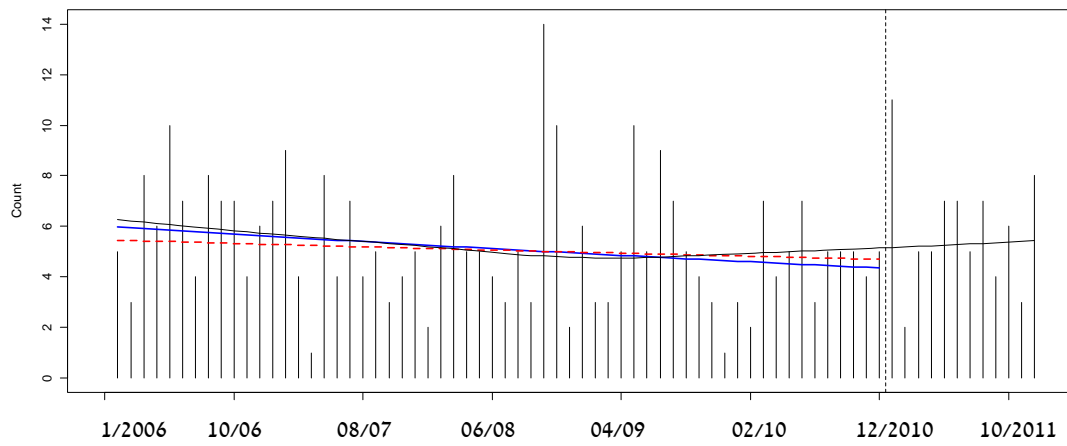




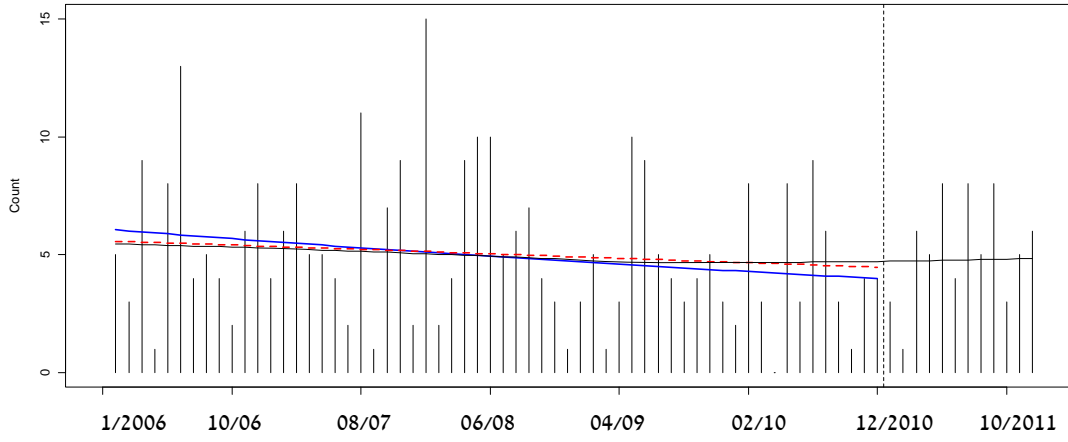
**3. הרוגים בדרכים עירוניות**



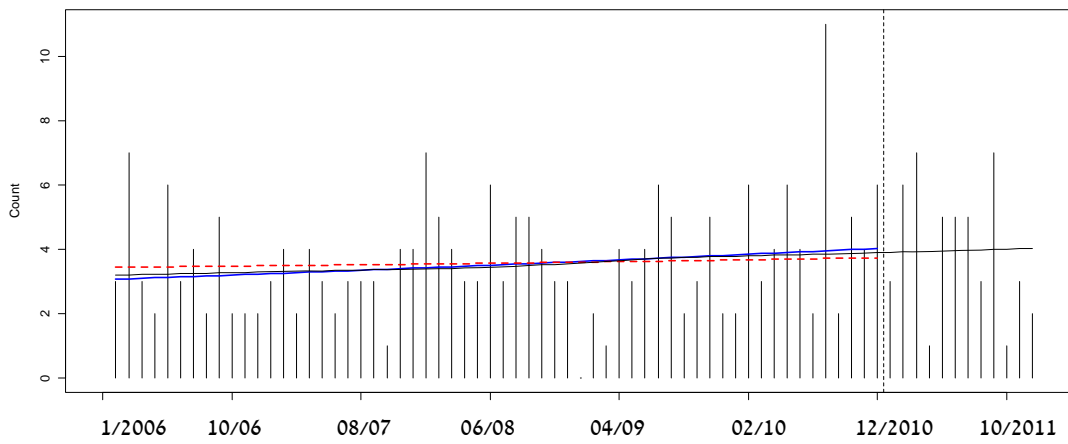
**4. הרוגים בתאונות עם נהגים צעירים**



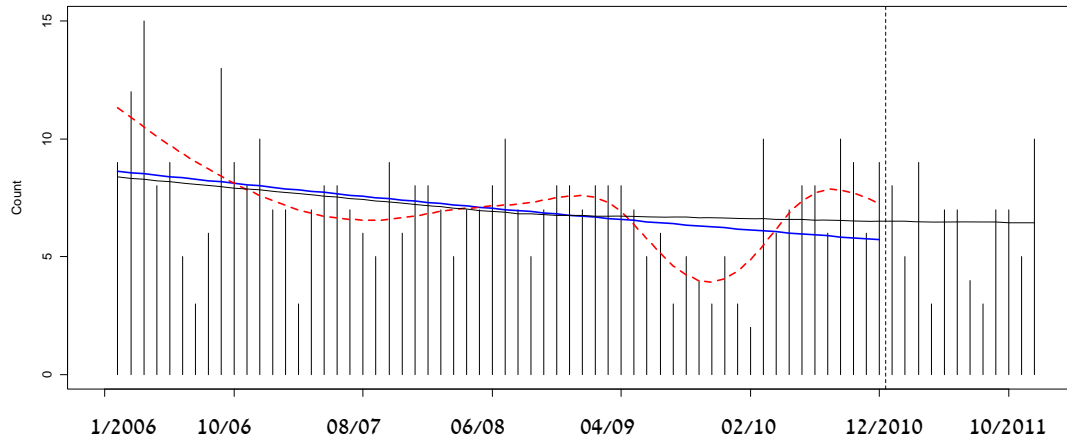
5. הרוגים בתאונות עם רכב מקצועי



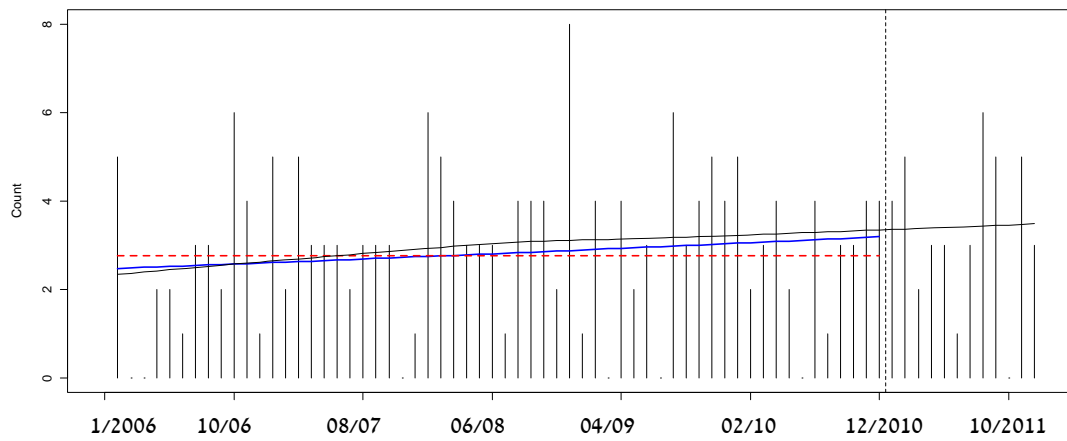
6. הרוגים בתאונות אופנועים



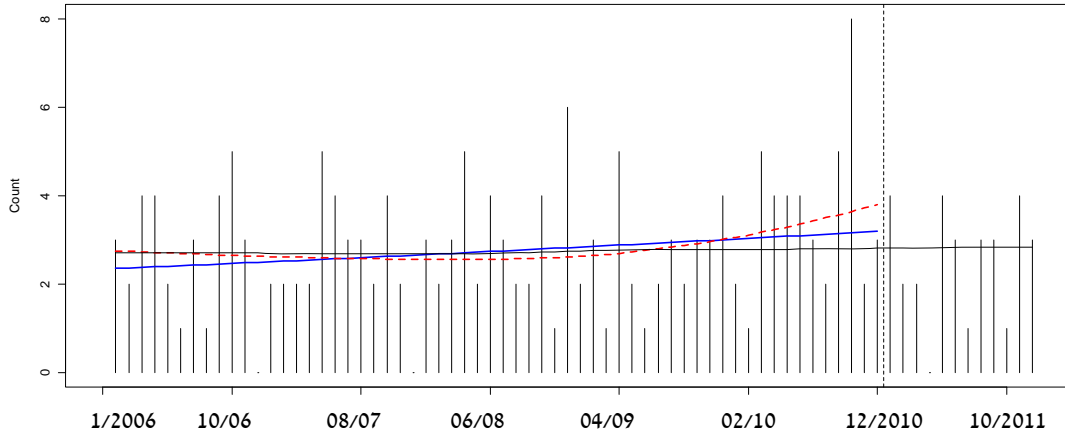
**7. הרוגים הולכי רגל בדרכים עירוניות**



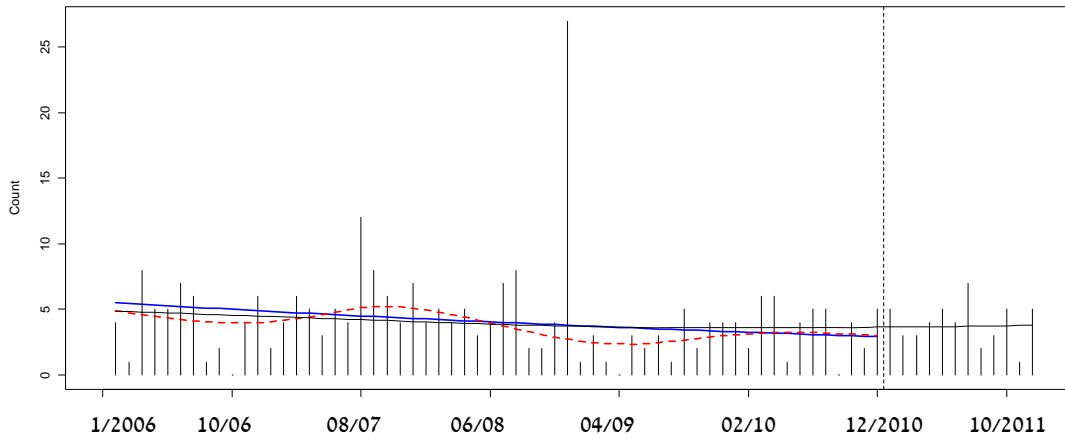
**8. הרוגים הולכי רגל בדרכים לא עירוניות**



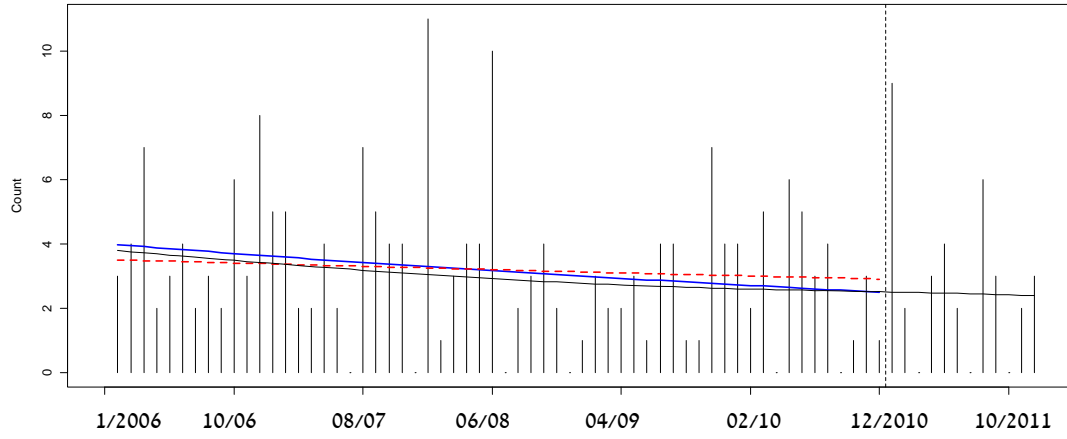
9. הרוגים הולכי רגל במגזר לא יהודי



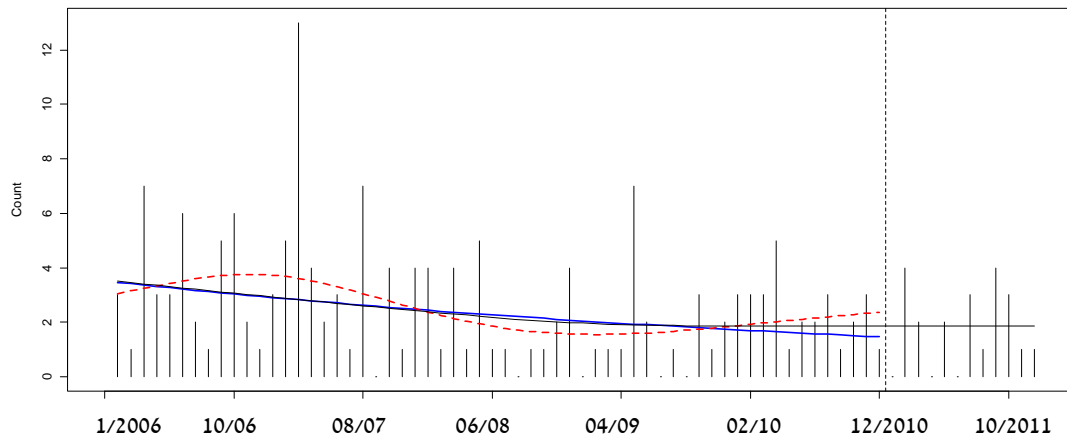
10. הרוגים בתאונות רכב יחיד



11. הרוגים בתאונות חזית-חזית



12. הרוגים בצמתים לא עירוניים



13. הרוגים בצמתים עירוניים

