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 השפעת התערבויות בטיחות
על מספרי הרוגים ונפגעים בתאונות הדרכים בישראל

ד"ר ויקטוריה גיטלמן

ד"ר אטי דובא

גב' לימור הנדל

פרופ' שלמה בכור

במימון קרן רן נאור לקידום מחקר בטיחות בדרכים

מיסודה של עמותת אור ירוק

קרן רן נאור לקידום מחקר בטיחות בדרכים
RAN NAOR FOUNDATION
for the advancedment of road safety research

דו"ח מחקר מס' S/16/2010 **אוקטובר 2010, חיפה**

תקציר

1. מטרת המחקר

מחקר זה התמקד בבחינת התפתחויות הבטיחות בתחבורה בישראל לאורך זמן, במטרה לזהות את נקודות הזמן שבהן חל שינוי חיובי - ירידה במספרי ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים ובמספר התאונות, בניכוי השינויים שחלו ברמת החשיפה. נקודות הזמן שנמצאו עם שינוי חיובי - ירידה ברמת סיכון (מספר הרוגים/ נפגעים/ תאונות ביחס לחשיפה) מאפשרות להצביע על התערבויות הבטיחות שיושמו בסמוך לנקודות זמן אלה ולכן, כפי הנראה, תרמו לשיפורים ברמת הבטיחות.

2. מיפוי התערבויות בטיחות

כשלב ראשון במחקר נערך מיפוי מקיף של התערבויות הבטיחות בישראל. בין התערבויות הבטיחות שנכללו בבסיס המידע של המחקר היו: שינויים בתקנות התעבורה בנוגע לאביזרי בטיחות ברכב, הגבלות על נהגים צעירים חדשים, תגבור תקנות בנושא הנהיגה תחת השפעת אלכוהול ועוד, וכמו כן, שיפורים מהותיים בתשתיות הכבישים, מבצעי אכיפה רחבי היקף, שיפורים ברכב, שיפורים במערך פינוי והצלה של נפגעי תאונות דרכים וכו'. איסוף המידע נערך עבור השנים 1970-2008, על סמך פרסומי הלמ"ס ואוגדני תקנות התעבורה, במהדורות השונות, ומקורות ספרות נוספים. בחירת התערבויות להמשך התייחסות התבססה על ממצאי הספרות לגבי יעילותן של התערבויות דומות בעולם, הימצאות בדיקות השפעה בתנאי הארץ, רמת היישום בפועל, וכו'. להשלמת רשימת ההתערבויות שהיו יכולים להשפיע על מצב הבטיחות בישראל, נעשתה פניה למספר מומחי בטיחות בארץ, באמצעות שאלון. רשימה מסכמת של התערבויות בטיחות חשובות הוצגה בגרף מסכם על ציר הזמן, בתוספת עקומות של סך ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים בישראל ואירועי רקע.

3. פיתוח מודלים סטטיסטיים

בחינת התפתחויות הבטיחות בישראל נערכה בעזרת פיתוח מודלים סטטיסטיים עבור הן הסדרות הכלליות של סך ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים וסך התאונות, והן הסדרות המפורטות יותר כגון: הרוגים בדרכים לא עירוניות ועירוניות, הרוגים הולכי רגל, הרוגים ונפגעים קשה נהגים צעירים, תאונות קטלניות וקשות עם רכב יחיד, הרוגים ונפגעים ברכב קל. כאומדני החשיפה שימשו נסועה ותחליפיה: מספר כלי רכב רשומים במדינה, מספר כלי רכב פרטיים, גודל האוכלוסיה. תקופות הניתוח היו 1951-2008 עבור הסדרות הכלליות, עם התמקדות עיקרית בין השנים 1970-2008, ו-1980-2008 עבור הסדרות המפורטות. עבור מרבית סדרות הנפגעים (ההרוגים, התאונות) נערכו מספר ניתוחים, תוך כדי שימוש באומדני חשיפה שונים. סה"כ נותחו 45 סדרות של נפגעים /הרוגים /תאונות ביחס לחשיפה.

לניתוח הנתונים ולהתאמת המודלים לביטוי הקשר בין חשיפה והיפגעות ומכאן, לאיתור נקודות הזמן עם שינוי חיובי, שימשו שתי שיטות:

(א) תיאור התפתחות שיעורי ההיפגעות (נפגעים /תאונות חלקי חשיפה) על פני הזמן תוך שימוש במודלים מקוטעים של רגרסיה, כאשר לאחר התאמת המודלים ניתן לבחון את המשמעויות לנקודות השבירה שנתגלו.

(ב) התאמת מודלים מסוג *structural time series models*. בעזרת מודלים אלה נאמדים הרכיבים של הרמה והשיפוע של מודל מגמה לינארי לוקלי ושל שאריות המודל, כאשר כל זאת ניתן לעשות בניכוי משתנים מסבירים ידועים (החשיפה). בעזרת המודלים נבנו תחזיות התפתחות ונבחנו שינויים בהתפתחויות הסדרות החל מנקודות זמן נבחרות, כאשר נקודות זמן אלה נקבעו על סמך ידע מוקדם לגבי עיתוי התערבויות בטיחות חשובות.

4. הממצאים

בעקבות בחינת השינויים החיוביים בתהליכי הבטיחות שנותחו באמצעות המודלים נראה כי השיפורים במגמות ההרוגים/ הנפגעים/ התאונות בישראל (בניכוי שינויי החשיפה) מזוהים עם התערבויות בטיחות אלה:

(1) **1975** - חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות - נמצא ביטוי להשפעה על סך ההרוגים בתאונות;

(2) **1987** - חיזוק חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות - נמצאו ביטויים להשפעה במספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות, במספר הרוגים בדרכים העירוניות (אם כי, השפעה מאוחרת - בשנת 1989), בתאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות, בתאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות.

(3) **1991** - הקמת משטרת תנועה ארצית - תיתכן השפעה בתאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות (אם כי הקשר לא ברור ועוצמת פעילות המשטרה אינה ידועה).

(4) **1995 ואילך** - תחילת עידן השינויים בתשתיות העירוניות ותחילת עידן השיפורים בטיפול בנפגעי תאונות דרכים - נמצאו ביטויים להשפעה בסך ההרוגים בתאונות, במספר הרוגים בדרכים העירוניות (אם כי השפעה מאוחרת, בשנת 2000), במספר הרוגים הולכי רגל (גם השפעה מאוחרת אם בכלל, בשנים 2002-2004), בסך הנפגעים ברכב קל (בשנת 1997).

(5) **2003-2005** - שיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת שימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש צעיר; הגברת מודעות לנושא הבטיחות בדרכים. למקבץ התערבויות בטיחות אלה נמצאו ביטויים להשפעה חיובית בתהליכים רבים וביניהם: סך ההרוגים בתאונות, סך הנפגעים בתאונות, סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל, סך התאונות עם נפגעים, מספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות, מספר הרוגים בדרכים העירוניות, מספר הרוגים הולכי רגל (השפעה בשנים 2002-2004), מספר הרוגים נהגים צעירים (השפעה בשנת 2004), מספר נפגעים קשה נהגים צעירים (השפעה בשנים 2002-2004), תאונות קטלניות עם רכב יחידי בדרכים הלא עירוניות (השפעה בשנים 2003-2004), תאונות קשות עם רכב יחידי בדרכים הלא עירוניות (השפעה בשנת 2003), נפגעים קשה ברכב קל (השפעה בשנת 2004), סך הנפגעים ברכב קל.

5. מסקנות

לרוב השינויים החיוביים בהתפתחויות הבטיחות בישראל שזוהו בעזרת המודלים היה ניתן להציע קשר עם התערבויות הבטיחות שיושמו בסמוך לנקודות השינוי. עם זאת, לא תמיד ממצאי הניתוחים "עמדו בצפיות". לדוגמא, מצד התערבויות הבטיחות שנאספו לא נמצא הסבר לשינויים חיוביים

שנמצאו בשנים מסוימות במספרי הרוגים ונפגעים קשה נהגים צעירים, הרוגים הולכי רגל, הרוגים ונפגעים ברכב קל.

המחקר הנוכחי סיפק הצצה ראשונה על השינויים ברמת הבטיחות בישראל לאורך זמן, בחתכים השונים של התמונה. לבחינה מעמיקה יותר של ההתפתחויות יש לבחון לעומק השפעה של התערבויות בטיחות נבחרות, תוך כדי בחינה מקבילה של השינויים שחלו בסדרת הטיפול לעומת סדרות ביקורת.

Abstract

1. Research goal

This research focused on examining the over time developments of road safety in Israel, in order to identify the time points in which positive changes occurred, i.e. a decrease in the number of road accident fatalities and casualties and in accident numbers, while accounting for the changes observed in the level of exposure. The time points found with a positive change - a decrease in risk level (number of fatalities/ casualties/ accidents related to exposure) allow to identify the safety interventions which were implemented in close time proximity to these time points and therefore, probably contributed to the improvement of the level of safety.

2. Mapping safety interventions

As a first stage in the research, an extensive mapping of safety interventions in Israel was conducted. Among the safety interventions included in the database of the research were: changes in transportation regulations regarding safety vehicle accessories, restrictions to young drivers, enhancement of the regulations for driving under the influence of alcohol and more, as well as significant improvements in road infrastructure, large scale enforcement operations, vehicle improvements, improvements in the rescue services, etc. The information was collected for the years 1970-2008, based on the publications of the Central Bureau of Statistics, the transportation regulations booklets, in their various versions, and other literature sources. The choice of interventions for further investigation was based on literature findings about the efficiency of similar interventions in the world, the existence of effect examinations carried out under Israeli conditions, the actual level of implementation, etc. In order to complete the list of interventions that could affect the safety conditions in Israel, a questionnaire was sent to a number of Israeli road safety experts. The final list of important safety interventions in Israel was presented on a chart with a timeline, where additional curves represented the numbers of fatalities and casualties in road accidents in Israel and background events.

3. Development of statistical models

The examination of road safety developments in Israel was performed by means of fitting statistical models both for general series of the numbers of road accident fatalities and casualties and for more detailed series such as: fatalities on urban and rural roads, pedestrian fatalities, fatalities and serious casualties among young drivers, fatal and serious single vehicle accidents, fatalities and casualties in light vehicles. Kilometrage and its substitutes (e.g. the number of registered vehicles in

the country, the number of private vehicles and the population size) were used as exposure estimators. The analysis of general series was done for the years 1951-2008, and of detailed series - for the years 1970-2008, 1980-2008. For most of the casualties' (fatalities', accidents') series, a number of analyses was preformed, using different exposure estimators. In total, 45 series of casualties/ fatalities/ accidents with relation to exposure, were analyzed.

For the data analysis and fitting the models to express the relationship between the exposure and injury, and hence, to identify the time points with a positive change, two methods were applied, which are:

(a) Describing the over time development of injury rate (casualties/ accidents devided by exposure), using "broken regression" models. Having the models fitted, the meanings of the break-points found could be examined.

(b) Fitting structural time series models. These models are used to estimate the components of the level and slope of the linear trend local model and model's residuals, where this can be done excluding known explanatory variables (e.g. the exposure). Using these models, development forecasts were built and changes in the development of series were examined starting from specific time points. These time points were determined based on former knowledge regarding the timing of introducing important safety interventions.

4. Findings

Based on the examinations of positive changes in the safety processes analyzed using the models, it was found that improvements in the numbers of fatalities/ casualties/ accidents in Israel (excluding exposure changes) can be associated with following safety interventions:

(1) **1975** where the law obligating the use of safety belts was introduced - an expression of the effect on total number of fatalities was found;

(2) **1987** where enhancing the law obligating the use of safety belts took place - an expression of the effect was found on total number of fatalities on urban and rural roads (though a late effect - in the year 1989), the number of single-vehicle fatal accidents on rural roads and the number of single-vehicle serious accidents on rural roads.

(3) **1991** where the National Traffic Police was established - a possible effect was observed on serious single vehicle accidents on rural roads (though the relationship is unclear and the intensity of the police activity is unknown).

(4) **1995 onwards** - the beginning of the time period where urban infrastructure changes were introduced together with improvements in post accident care of casualties. An expression of the effect was seen on total number of fatalities, the number of fatalities on urban roads (though a late effect - in the year 2000), the number of pedestrian fatalities (also a late effect, if at all, in the years 2002-2004) and the total number of light vehicle casualties (in the year 1997).

(5) **2003-2005** - improvements in road infrastructure (increasing use of safety devices on roadsides); adding technological improvements in vehicles (passive safety); enhancement of regulations and activities regarding young drivers; increasing the awareness of road safety issue. This set of safety interventions was found to have positive effect on many processes, such as: the total number of fatalities, total number of casualties, total number of serious and light injures, total number of injury accidents, total number of fatalities on rural roads, total number of fatalities on urban roads, total number of pedestrian fatalities (an effect in the years 2002-2004), total number of young drivers' fatalities (an effect in the year 2004), total number of young drivers' serious casualties (an effect in the years 2002-2004), total number of fatal accidents with single vehicles on rural roads (an effect in the years 2003-2004), total number of serious accidents with single vehicles on rural roads (an effect in the year 2003), total number of serious casualties in light vehicles (an effect in the year 2004) and total number of all casualties in light vehicles.

5. Conclusions

For most positive changes in safety developments in Israel which were identified using the models, relations to the safety interventions implemented in time proximity to the changes were suggested. However, not always the findings of the analyses were "up to the expectations". For instance, from the safety interventions collected, an explanation could not be suggested to the positive changes found in specific years in the numbers of fatalities and serious casualties among young drivers, pedestrian fatalities and light vehicle fatalities and casualties.

This study provided a first glimpse to the over-time changes in the level of safety in Israel, accounting for various components of the phenomenon. For a deeper examination of the developments one should focus on the analysis of selected safety interventions, while examining in parallel the changes that occurred in the series under consideration compared to the control series.

תוכן עניינים

1. מבוא 10
1.1. הרקע למחקר 10
1.2. תוכן המחקר הנוכחי 15
2. יצירת בסיס מידע על התערבויות הבטיחות שיושמו בישראל 18
2.1. שיטת איסוף הנתונים 18
2.2. ממצאים מאיסוף נתונים על התערבויות בטיחות בישראל ובחינת יעילותן 19
2.2.1. ריכוז ממצאים מפרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה 19
2.2.2. ריכוז נתונים מאוגדנים לדיני התעבורה 20
2.2.3. בחינת יעילות של התערבויות הבטיחות 21
2.3. סיכום להתערבויות בטיחות חשובות שהיו בישראל 24
3. סדרות הנתונים לניתוח 30
3.1. הגדרת סדרות הנתונים והסדרות לניתוח 30
3.2. התנהגות סדרות הנתונים 33
4. המודלים שפותחו במחקר וממצאיהם 39
4.1. כללי 39
4.2. ניתוח התפתחות של שיעורי היפגעות תוך שימוש במודלים מקוטעים של רגרסיה 40
4.2.1. מבחן Davis - בחינת קיום נקודת שבירה אחת 40
4.2.2. התאמת מודלים מקוטעים עם מספר נקודות שבירה 42
4.3. פיתוח מודלים מתקדמים מסוג *structural time series models* 61
4.3.1. כללי 61
4.3.2. המודלים שהותאמו לניתונים 62
4.3.3. הממצאים 63
5. סיכום ובחינת משמעויות הממצאים מפיתוח המודלים 105
5.1. כללי 105
5.2. התערבויות בטיחות עיקריות שהיו בישראל 106
5.3. ממצאים מהניתוחים הסטטיסטיים - משמעויות של נקודות הזמן עם שינויים חיוביים במגמות הנפגעים והתאונות 106
5.4. השפעות התערבויות הבטיחות 111
5.5. דיון 113
מראי מקום 114
נספח א': בחינת יעילות של התערבויות בטיחות – ממצאים מסקר ספרות 118
נספח ב': סיכום תגובות המומחים בנושא התערבויות בטיחות חשובות בישראל 128
נספח ג': סדרות הנתונים שנאספו במחקר 130
נספח ד': פיתוח מודלים מתקדמים מסוג structural time series models: שלב א' - התאמת שלושה מודלים לכל סדרה 132

נספח ה': פיתוח מודלים מתקדמים מסוג structural time series models: שלב ב' - בחינת רכיבי המודל וטיב התאמה 140

1. מבוא

1.1. הרקע למחקר

בשנים האחרונות בישראל נרשמו ירידות ניכרות במספרי ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים. בחלק מסוגי ההרוגים מגמות הירידה החלו קודם, כגון בשנים 2002-2001 (גיטלמן, דובא, 2007). שאלה שעולה לעתים קרובות בהקשר לירידות המשמעותיות במספרי ההרוגים והתאונות הינה, מהם הגורמים שתרמו לירידות אלה. במספר מדינות אירופה, בהן בשנות ה-2000 נצפו ירידות משמעותיות במספרי הרוגים בתאונות, נערכו מחקרים אשר חיפשו ביטוי לקשר בין התערבויות בטיחות שונות אשר יושמו במדינות אלה לבין שיפור הבטיחות. לדוגמא, בצרפת, תרומה משמעותית לשיפור הבטיחות נמצאה להתערבויות כגון: אכיפה אוטומטית מסיבית של מהירויות הנסיעה, שיפורי תשתית ותגבור אכיפת הנהיגה תחת השפעת אלכוהול (Chapelon, 2006).

בחינת השפעתן של התערבויות ותוכניות הבטיחות על מצב הבטיחות מתבסס על פיתוח מודלים סטטיסטיים. לפיתוח המודלים נדרש איסוף סדרות עתיות של נתונים הן עבור מדדי התוצאה – הרוגים/נפגעים/תאונות והן עבור התערבויות הבטיחות וגורמים משפיעים נוספים. לרוב, נדרש היקף ניכר של נתונים, עבור תקופות "לפני" ו-"אחרי" ביצוע התערבות מסוימת, על מנת להוכיח השפעה מובהקת של ההתערבות. כמו כן, גישה סטטיסטית נכונה דורשת השוואה של מצב הבטיחות בתקופת ה"אחרי" עם מה שהיה קורה "לולא ההתערבות" (Hauer, 1997), מה שמחייב התחשבות גם בשינויים שחלו בקבוצת הביקורת בתקופת ה"אחרי" לעומת "לפני" ההתערבות (במידה וניתן לבנות את קבוצת הביקורת).

בנוסף, בפיתוח מודלי "מאקרו" – כאלה שבוחנים את מדדי התוצאה בקנה מידה גדול של מדינה או אזור – קיים צורך להתחשב במאפייני רקע שונים בצד גורמי ההתערבות. בין מאפייני הרקע ניתן למנות: מאפייני אוכלוסיה, מצב תשתיות הדרכים, מאפייני צי הרכב, רמת החשיפה, המצב הכלכלי ועוד, אשר במחקרים השונים (כגון: Hakim et al, 1991; Page, 2001) נמצאו כמשפיעים על מצב הבטיחות במדינה/אזור או, במילים אחרת, מאפייני רקע אלה היו בין המשתנים המובהקים במודלים המסבירים, שהותאמו לסדרות העתיות של מספרי הרוגים/נפגעים/תאונות במדינות מסוימות.

יצוין כי תהליך פיתוח של מודלים מסבירים בלבד (ללא בחינת גורמי התערבות שפעלו בנקודות זמן מסוימות) לרוב מורכב עקב הצורך להתמודד עם מגוון רחב של מסבירים פוטנציאליים. בישראל, בעבר הותאמו מודלים מסבירים למצב הבטיחות ברמת המאקרו כגון: עבור סך מספר התאונות עם נפגעים במדינה (בינסטוק ואחרים, 1998), ועבור סך מספר ההרוגים בתאונות (גיטלמן ואחרים, 2004). המשתנים המסבירים שנמצאו מובהקים במודל הראשון היו מדד הרוגים לכלי רכב רשומים בחו"ל, אחוז מכוניות ישנות בצי הרכב בארץ, מספר דו"חות תעבורה ומלאי הון לק"מ כביש; ובמודל השני - אחוז גילים צעירים באוכלוסיה, שינוי נסועה לא עירונית, רמת החשיפה ואחוז בלתי מועסקים במשק. מודלים מסבירים לקשר בין מאפייני הרקע לבין מספרי הרוגים/נפגעים במדינה פותחו במדינות רבות - לעניין זה ראה, לדוגמא, סקר ספרות בדו"ח גיטלמן ואחרים (2004). עם זאת, כאמור, שאלת השפעתן של התערבויות הבטיחות לא נבחנה במודלים אלה.

מאידך, בספרות המקצועית קיימות דוגמאות רבות לבחינת השפעתן של התערבויות בטיחות נבחרות. עוד בשנות ה-70, Atkins (1979) הראה דרך סטטיסטית ליישום שיטת ניתוח התערבויות (intervention analysis) המתוארת אצל Box and Tiao (1976) לכימות השפעת התערבויות הבטיחות. Atkins (1979) מדד השפעה של התערבויות בטיחות נבחרות באמצעות ניתוח סדרות עתיות של נפגעים בתאונות הדרכים, ותוך כדי התחשבות באפקט המגמה, העונתיות והאקראיות ובהנתן אפשרות לקורלציה בין התצפיות ואי-יציבות של הסדרות.

בהמשך, מודלים מסוג ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) שימשו לניתוח השפעת התערבויות בטיחות נבחרות במחקרים רבים, וביניהם:

- הערכת השפעת תוכניות רישיון מדורג בניו זילנד (Langley et al., 1996; Reeder et al., 1999) ובקנדה (Mayhew et al., 2001);

- ניתוח השפעת שינויים במהירויות מרביות מותרות על שיעורי תאונות, הרוגים ונפגעים בתאונות, במדינת יוטה, ארה"ב (Vernon et al., 2004);

- בחינת השפעה על בטיחות של הכנסת אגרת גודש בלונדון (Noland et al., 2006);

- בחינת השפעה של שדרוג חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות על מספר הרוגים בקרב הנוסעים במושב הקדמי ברכב בתאונות עם מעורבות גורם אלכוהול, בארה"ב (Voas et al., 2007).

במחקרים אחרים פותחו שיטות נוספות לניתוח סדרות עיתיות ולבחינת השפעתן של התערבויות בטיחות מסוימת. לדוגמא, Abdel-Aty and Abdelwahab (2004) הישוו בין ניתוח בעזרת מודלי ARIMA לבין מערכת של משוואות רגרסיה, לבחינת השפעה של עליה במספר כלי רכב מסחריים בצי הרכב על התרחשות תאונות קטלניות מסוג חזית-צד בארה"ב; McLeod and Vingilis (2008) ניתחו השפעה של הארכת שעות מכירת אלכוהול בקנדה על בטיחות והראו שיטה להערכת האורך הדרוש של סדרה עתית, לפני ואחרי ההתערבות, על מנת לזהות שינוי מהותי בהסתברות גבוהה.

שיטה נוספת לבחינת השפעתה של התערבות בטיחות מסוימת היא שיטת החתך על בסיס סדרות עתיות (time series cross-sectional analysis) אשר, בנוסף לניתוח שינויים בסדרות העתיות של קבוצת הטיפול, מתחשבת גם בשינויים שחלו בקבוצת הביקורת. שיטה זו יושמה, לדוגמא, ע"י Gruenewald and Ponicki (1995) לבחינת השפעת השינויים במכירות אלכוהול ובזמינות האלכוהול על תאונות קטלניות של רכב יחיד בשעות לילה; ע"י Nathens et al (2000) לבחינת השפעתה של הקמת המערכת לניהול טראומה על שיעורי התמונה בעקבות תאונות; ע"י Hakkert et al (2001) לבחינת השפעתה של תוכנית אכיפה ממוקדת על מספר הרוגים ונפגעים קשה בתאונות הדרכים.

עם זאת, בכל הדוגמאות הנ"ל נערכה בחינת השפעה של התערבות בטיחות בודדת. שתי קבוצות השיטות שצויינו לעיל: מחד, השיטות לפיתוח מודלים מסבירים מרובות משתנים, על סמך סדרות עתיות למדדי התוצאה ולמדדי הרקע, ומאידך, ניתוחי "אחרי-לפני" של הסדרות העיתיות של מדדי התוצאה, לבחינת השפעתן של התערבויות בטיחות נבחרות, אינן מספקות כלים לבחינת השפעתן

של התערבויות בטיחות *רבות* על ציר הזמן. לבחינת ההשפעות של התערבויות בטיחות שונות לאורך זמן נדרשים מודלים המאפשרים לבטא *קשר דינאמי* בין המסבירים העיקריים לבין מדדי הבטיחות.

שיטה סטטיסטית המאפשרת להתאים מודלים עם קשר דינאמי בין מדדי החשיפה (שידועה כמסביר מספר אחד לחיזוי מצב הבטיחות) לבין מדדי הבטיחות (מספרי נפגעים ותאונות), מוכרת בספרות הסטטיסטית בשם *structural time-series models*. בשיטה זאת מבוצע מידול מקביל של אומדן החשיפה (כגון: נסועה) ושל אומדן הבטיחות (כגון: מספר הרוגים בתאונות) בהינתן חשיפה, בכל נקודת זמן, בהתבסס על נקודת זמן קודמת. בביטוי אומדן הבטיחות בנקודת זמן מסוימת נכלל גם מרכיב המגמה והן, אומדן עונתיות ואומדן "רעש" סטטיסטי. כתוצאה, נוצרת מערכת של משוואות רגרסיה שממדלת הן את משתני החשיפה והן את מדדי הבטיחות, ומתקבל ביטוי לסיכון לתאונה/נפגע בהינתן חשיפה אשר יכול להשתנות לאורך זמן (ביטוי דינאמי). בתחום הבטיחות בדרכים, מודלים אלה יושמו לראשונה ע"י Harvey & Durbin (1986) לניתוח השפעת חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות על מספר נפגעים בתאונות הדרכים בבריטניה, והם תוארו, בין היתר, בספר של Harvey (1989).

Harvey & Durbin (1986) ניתחו סדרות חודשיות של הרוגים ונפגעים קשה בתאונות הדרכים בבריטניה, בתקופת 1969-1984, דהיינו 13 שנה "לפני" וכשנתיים "אחרי" כניסת החוק (אשר נכנס לתוקף ב-31.01.1983). במקום שימוש בשיטה המקובלת של ניתוחי התערבות בעזרת ARIMA, החוקרים הדגימו שימוש במודלים מסוג structural time-series models והראו שינויים בשיעורי הרוגים/נפגעים של משתמשי דרך שונים, בעקבות כניסת החוק. במודל הבסיסי לביטוי מצב הבטיחות (basic structural model) החוקרים הוסיפו משתנים מסבירים המבטאים את מצב החשיפה (מדד הנסועה, מדד עלות הדלק) וכן, משתני התערבות. המודלים שהותאמו לסוגי נפגעים שונים אפשרו לאמוד את מקדמי משתני ההתערבות (עם רווח סמך) אשר הראו את רמת ההשפעה – אחוז שינוי בנפגעים/הרוגים שמתקשר עם ההתערבות הנבחנת.

פרסום מאמרם של Harvey & Durbin (1986) לווה בדיונים רבים. בדיונים עלו הערות על התמרת הלוג שנבחרה למשתנה התלוי, על חוסר ניתוח תתי סדרות של נפגעים כדי לעמוד על מקור השינויים במגמות סדרת הנתונים, על אפשרויות הניתוח על ידי מודלים פשוטים יותר כדי לקבל מושג על אופי השינוי שחל בנתונים. מרבית ההערות על המאמר נבעו מאי הבנת מטרתו ע"י קהל מבקרים, כאשר המאמר נועד להוות דוגמא (case study) לניתוח באמצעות *structural time series models* ולאו דווקא לתת תשובות מפורטות לגבי יעילות החוק של חגורות הבטיחות. בתגובה לביקורת, המחברים (Harvey & Durbin) מפנים לדו"ח נרחב יותר שבו מתואר הניתוח הכולל בחינת התמרות שונות למשתנה התלוי, ניתוח תתי סדרות של נפגעים כדי לעמוד על מקור השינויים במגמות סדרת הנתונים וניתוח על ידי מודלים פשוטים אם כי מוגבלים יותר.

Lassarre (2001) השתמש במשפחת *structural models* של Harvey (1989) לזיהוי שינויים מהותיים לאורך זמן במספרי הרוגים בעשר מדינות אירופה, בתקופה של כארבעים שנה (משנות החמישים עד שנות התשעים). מטרת המחקר היתה הערכת קצב השינוי (או שיעור ההתקדמות) במספר ההרוגים השנתי וזיהוי שינויים מהותיים במגמת ההרוגים לאורך זמן, בכל מדינה, כאשר

עבור השנים שבהן זוהו שינויים מהותיים במגמה ניתן הסבר על התערבויות הבטיחות שכפי הנראה קשורות לשינויים אלה.

Lassarre הוסיף גמישות למודלים הבסיסיים באמצעות מתן אפשרות למגמה *משתנה* אשר באה לידי ביטוי ברמה (level) ובשיפוע (slope) הניתנים לשינוי בכל נקודת זמן. המודל המקומי (בכל נקודת זמן) מבטא קשר לוג-לינארי בין המגמה ומספר ההרוגים בתאונות. בנוסף, המודל כולל ביטוי לקשר בין חשיפה (גודל האוכלוסיה) והרוגים, באמצעות מקדם גמישות (elasticity). כמו כן, למודל נוספו משתני התערבות כדי לזהות שנים עם שינוי מהותי במגמה.

כלומר, המודל של Lassarre לא בחן שינויים על סמך שיעור ירידה קבוע ברמת הסיכון לאורך זמן אלא אמד מגמה סטוכסטית בשילוב עם התערבויות, כדי לספק ביטוי לשיפורי בטיחות עיקריים שיושמו במדינה. בין שיפורי הבטיחות שהשפעתן על בטיחות נמצאה, במדינות השונות, היו: הורדת מהירויות נסיעה מותרות; תגבור חוקים נגד נהיגה תחת השפעת אלכוהול; כניסת חוק חובת השימוש בחגורת הבטיחות וכד'. מכאן, החוקר הצליח לכמת השפעה של מספר התערבויות בטיחות שנכנסו בנקודות זמן שונות. בניתוח זה שימשו, כאמור, *structural models* של Harvey ותוכנת STAMP. יצוין שלחלק מהמדינות המודל שהותאם היה עם מגמה קבועה לאורך כל תקופת הניתוח ולא עם מגמה משתנה. קצב השינוי במספר הרוגים במדינה או שיעור ההתקדמות הוערך כיחס בין שיפוע קו המגמה לבין מקדם הגמישות (elasticity).

Bijleveld and Commander (2006), Bijleveld (2008) המשיכו בפיתוח יישומים של *structural models* לצורכי הערכות בטיחות. Bijleveld and Commander (2006) תיארו מתודולוגיה בסיסית להערכת התפתחויות הבטיחות בהולנד, באמצעות ניתוח מקביל של מספר הרוגים בתאונות ונסועה, כאשר מדדי החשיפה והסיכון משמשים כמשתנים מוסתרים (latent variables) המשפיעים על התפתחויות הבטיחות.

לאחרונה, בפרויקט אירופי SafetyNet נערכה בחינה מקיפה של השיטות השונות לניתוח סדרות עתיות של נתונים בבטיחות – Dupont and Martensen (2007). החוקרים הגדירו שלוש מטרות עיקריות לניתוחי סדרות עיתיות בבטיחות בדרכים שהן:

- קבלת תיאור הולם של סדרה עתית קיימת;
- מתן הסבר להתפתחות הסדרה, באמצעות הוספת משתנים מסבירים על ציר הזמן (בצורת מדדי רקע – חשיפה וכד'; מדדי תפקוד בטיחותי – רמת מהירויות הנסיעה, שימוש בחגורות הבטיחות, רמת הנהיגה תחת השפעת אלכוהול ועוד; יישום התערבויות בטיחות ברמה הלאומית);
- השגת יכולת חיזוי או בנית תחזית להתפתחות הסדרה בעתיד.

בין השיטות לניתוח סדרות עתיות של נתוני הבטיחות Dupont and Martensen (2007) מציינים:

- רגרסיה לינארית קלסית; מודלי רגרסיה מוכללים (generalized linear models); מודלים לא לינאריים;

- שיטות ניתוח סדרות עתיות על סמך המודלים הלינאריים של גאוס (linear Gaussian models): (א) מודלים מסוג ARIMA ו-(ב) מודלים ממשפחת DRAG (Demand for Road use, Accidents and their Gravity).
- המודלים מסוג *structural time series models* המתבססים על *state space models* ומאפשרים יצירת רכיבים סטוכסטיים בתוך המודלים. מודלים אלה מכוונים לפירוק (decomposing) של סדרות עתיות למרכיבים (מבנים) הניתנים לפרשנות.

להבדיל מהמודלים מסוג ARIMA, הקבוצה האחרונה אינה מנטרלת את רכיבי המגמה והעונתיות אלא ממדלת אותם באופן מובהק, כאשר המודל ממוקד בתצפית ההתפתחות לאורך זמן של אותם הרכיבים שהיו בלתי נצפים, בדרך כלל, בפיתוח המגמה. בניגוד לשיטות האחרות, במודלים מסוג *structural time series models* נחקרת השתנות המגמה אשר מתוארת בעזרת רמה (level) ושיפוע (slope), כאשר משתנים מסבירים ומשתני התערבות הנוספים למודל משמשים למציאת הסבר להתפתחויות הנצפות בסדרות העתיות.

לטענת Dupont and Martensen (2007) לבחינה מקדמית של הנתונים ניתן להיעזר ברגרסיה לינארית רגילה ובמודלי רגרסיה אחרים, כאשר בשלב מתקדם יותר של הניתוח יש מקום לפנות לניתוחים מורכבים יותר באמצעות המודלים מסוג ARIMA או state space models.

בהתבסס על המלצות הפרויקט האירופי ומתוך המודעות להתפתחויות המודלים מסוג *structural time series models* המקודמים לאחרונה ע"י החוקרים מהמכון ההולנדי SWOV, הוצע כי במחקר הנוכחי יבוצע ניסיון יישום של *structural time series models* לבחינת התפתחויות הבטיחות, לאורך מספר עשורים, בישראל. הנחת היסוד היתה שמודלים אלה מספקים את הכלים הטובים ביותר, בין המודלים הקיימים, לניתוח סדרות עתיות של מדדי הבטיחות, תוך כדי שילוב של משתנים מסבירים רבים ויכולת התמודדות עם נתונים חסרים וטעויות מדידה.

הונח כי באמצעות ניתוח של מספר סדרות של מדדי הבטיחות כגון: המספר הכולל של הרוגים במדינה ותתי-סדרות של הרוגים ונפגעים, לפי סוגי משתמשי הדרך וכד', יהיה ניתן לזהות את נקודות השינו, על ציר הזמן, ברמה ובשיפוע של מגמת הסדרות השונות, ולאחר מכן לספק פרשנות לנקודת שינוי אלה בהתבסס על קשר סיבתי עם התערבויות הבטיחות שייושמו במדינה בסמוך לנקודות זמן אלה. כזכור, שיטה דומה יישומה ע"י Lassarre (2001) לפירוש השינויים בקצב השינויים במספר ההרוגים השנתי, או בשיעורי ההתקדמות בבטיחות, של מדינות אירופה.

על מנת ללמוד את הכלים הקיימים להפעלת המודלים מסוג *structural time series models*, צוות המחקר נעזר במגוון האמצעים המומלצים ע"י מפתחי השיטה, וביניהם:

א. הספר של Commandeur and Koopman (2007) המסביר את היסודות התאורטיים של הניתוח בעזרת State Space Time Series Analysis ;

ב. תוכנת OxMetrics הנדרשת ליישום השיטה והכוללת את התוכנה STAMP (ששימשה לדוגמא במחקרו של Lassarre, 2001);

ג. תוכנת SsfPack™ module הכוללת תוספות לתוכנת ה- OxMetrics;

ד. ספרי עזר לשימוש בתוכנות כגון: Koopman, Harvey, Doornik & Shephard (2009); Koopman, Shephard and Doornik (2008).

עם זאת, במהלך לימוד הכלים הסתבר שרמת הפיתוח של התוכנות לבנית המודלים אינה מספקת ליישום ולהתאמת המודלים למדינה נוספת, עם כל הגמישות הנדרשת מהכלים הסטטיסטיים מסוג זה[1]. לכן, על מנת לעמוד במטרות המחקר - בחינת השפעתן של התערבויות הבטיחות השונות על מצב הבטיחות בישראל, לאורך זמן - ובמסגרת הזמן שניתנה לו, במחקר הנוכחי הוחלט לפתח מודלים משני סוגים:

1) לבנות ולחקור מודלים פשוטים יחסית לבחינת שינויי המגמה במדדי הבטיחות של ישראל, לאורך זמן, תוך כדי התחשבות בשינוי החשיפה - הנסועה ותחליפיה;

2) לבצע בחינה מקדמית של התפתחויות הבטיחות בישראל, לאורך זמן, בעזרת הכלים הויזואליים של *structural time series models*.

בשני המקרים נוצר בסיס לזיהוי נקודות שינוי מובהקות/משמעותיות במדדי הבטיחות של ישראל, על ציר הזמן, מה שמספק בסיס לקביעת השפעות אפשריות של התערבויות בטיחות מסוימות שיושמו לפני או בסמוך לנקודות שינוי אלה, על מצב הבטיחות של ישראל.

הקבוצה הראשונה של המודלים שנבנו במחקר הנוכחי - התאמת מודלים לבחינת שינויי המגמה במדדי הבטיחות לאורך זמן תוך כדי התחשבות בשינויי החשיפה, פותחה בהשראת מחקר הולנדי נוסף - של Stipdonk and Berends (2008) - אשר בחן התפתחויות הבטיחות בהולנד לאורך חמישה עשורים, משנות החמישים עד שנות האלפיים. במחקרם, Stipdonk and Berends שמו דגש על בחינה פרטנית של קשר בין הניידות והבטיחות (רמת הסיכון לנסועה), תוך כדי ניתוח מקביל של תתי-סדרות רבות של סך ההרוגים, לפי סוגים שונים של משתמשי הדרך, סוגי התנגשויות ועוד.

1.2. תוכן המחקר הנוכחי

המחקר הנוכחי מתמקד בבחינת התפתחויות הבטיחות בישראל לאורך מספר עשורים, על מנת לזהות שיפורי בטיחות מהותיים במצב הבטיחות בישראל בנקודות זמן מסוימות ולהצביע על התערבויות הבטיחות שכפי הנראה תרמו לשיפורי בטיחות אלה.

הבחינה נערכת ברמת המאקרו, בקנה מידה של מדינה. התפתחויות הבטיחות על ציר הזמן נבחנות בתקופה ארוכה כפי שניתן, בהתאם לזמינות הסדרות העיתיות של נתוני הבטיחות ושל נתוני הרקע (נסועה ותחליפיה). המחקר מתחיל מבחינת סדרות הנתונים מהשנים 1951-2008 ומתמקד יותר בשנים 1980-2008. במחקר זה, העבודה נעשתה עם סדרות שנתיות של הנתונים.

לביצוע המחקר נדרשו משימות אלה:

1. יצירת בסיס מידע על התערבויות הבטיחות שייושמו בישראל.

2. בנית סדרות עתיות של נתוני הבטיחות ושל מדדי הרקע לניתוח.

[1] ראה דיון מפורט בנושא זה בפרק 4

3. סקירת שיטות קיימות לפיתוח מודלים סטטיסטיים לבחינת התערבויות הבטיחות, בחירת שיטות לניתוח הנוכחי ופיתוח המודלים.

4. בחינת ממצאי המודלים, הצלבתם עם מידע על התערבויות הבטיחות שיושמו בישראל והסקת מסקנות לגבי השפעות אפשריות של התערבויות הבטיחות על התפתחות מצב הבטיחות בישראל.

כשלב ראשון במחקר נדרש מיפוי מקיף של התערבויות הבטיחות בישראל. סוגי ההתערבויות לבחינה כללו:

- שינויים בתקנות התעבורה כגון: חיוב שימוש באביזרי בטיחות ברכב, הצבת מגבלות לנהג חדש, שינויים בשיטת הניקוד, העלאת קנסות וכו';
- שיפורים בטיחותיים בתשתיות הדרכים כגון: סלילת דרכים חדשות, שדרוג דרכים קיימות, בנית מחלפים, הקמת מעגלי תנועה, הצבת התקני בטיחות בצידי דרכים וכו';
- הגברת אכיפה של עבירות תנועה;
- שיפורים ברכב;
- שיפורים במערך פינוי והצלת נפגעי תאונות דרכים, ועוד.

התייחסות לכל אחד מסוגי ההתערבויות והכללתם בבסיס המידע של המחקר ובמסגרת הניתוח נקבעו לפי שיקולים אלה: האם ניתן לצפות לאפקט משמעותי של התערבות זו על פי הניסיון הבינלאומי; האם נערכה בדיקת השפעתה בתנאי הארץ; רמת היישום בפועל, וכו'. לאימות שיקולים אלה נערך סקר ספרות משלים של הניסיון הבינלאומי והישראלי.

איסוף מידע על התערבויות הבטיחות בישראל נערך עבור השנים 1970-2008. המידע נאסף מפרסומי הלמ"ס ואוגדני תקנות התעבורה, במהדורות השונות. בחירת התערבויות להמשך הניתוח התבססה, כאמור, על ממצאי הספרות לגבי יעילותן של התערבויות דומות בעולם ומחקרי הערכה של התערבויות מסוימות שנערכו בארץ. להשלמת רשימת שיפורי בטיחות/התערבויות אשר היו יכולים להשפיע על מצב הבטיחות בישראל, נעשתה פניה למספר מומחי בטיחות בארץ, באמצעות שאלון.

בעקבות ניתוח הממצאים ממקורות המידע השונים, בחינת דעות המומחים ודיונים עם צוות המחקר והצוות המלווה לפרויקט, נקבעה רשימה סופית של התערבויות בטיחות מהותיות שהיו בישראל בארבעת העשורים האחרונים. רשימת התערבויות אלה הוצגו בגרף מסכם אחד על ציר הזמן, בתוספת עקומות של סך ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים בישראל ואירועי רקע (בטחוניים). הממצאים מבנית בסיס נתונים על התערבויות הבטיחות בישראל ויצירת הגרף המסכם מובאים בפרק 2 של הדו"ח.

במחקר תוכנן לבחון נתונים מהשנים 1970-2008 ולהתמקד יותר בשנים 1980-2008. עם זאת, משיקולים סטטיסטיים (הצורך לזהות את מגמות ההתפתחות "לפני") במהלך פיתוח המודלים הוחלט להאריך את הסדרות העתיות, במידת האפשר. לכן, סדרות הנתונים הכלליים ביותר (כלל ההרוגים, הנפגעים והתאונות) נאספו ונותחו באורך המרבי הקיים, עבור השנים 1951-2008.

הסדרות העתיות של הנתונים נאספו עבור מדדי הבטיחות ומדדי החשיפה. מדדי הבטיחות הם: סך מספר ההרוגים, הנפגעים והתאונות במדינה וכמו כן, חתכיהם השונים כגון: הרוגים ונפגעים קשה

בתאונות לפי סוג דרך - עירונית ולא עירונית; לפי סוגים בעייתיים של משתמשי הדרך - הולכי רגל, נהגים צעירים; תאונות רכב יחיד; הרוגים ונפגעים בקרב הנוסעים ברכב קל. החתכים המפורטים יותר של מדדי הבטיחות נבחרו מתוך הצורך להתמקד בסוגי התאונות והנפגעים שמושפעים יותר ע"י התערבויות בטיחות מסוימות.

מדדי החשיפה הם: נסועה שנתית, ק"מ-רכב, ותחליפיה כגון: מספר כלי רכב רשומים במדינה, גודל האוכלוסיה. יצוין כי שימוש בתחליפי נסועה מקובל במודלי מאקרו - ראה לדוגמא את Lassarre (2001).

איסוף סדרות עתיות של מדדי הבטיחות ומדדי החשיפה נערך מתוך פרסומים שונים של הלמ"ס, לרבות השנתונים הסטטיסטיים לישראל, פרסומים על תאונות דרכים עם נפגעים בישראל (חלקים א' ו-ב', משנים שונות), פרסומים על נסועה ומצבת כלי הרכב בישראל, ועוד. סדרות הנתונים שנאספו לביצוע המחקר מוצגים בפרק 3 של הדו"ח.

פרק 4 של הדו"ח מתאר את השיטות הסטטיסטיות שהופעלו לניתוח הנתונים ופיתוח המודלים במחקר. בניתוח נכללו סה"כ 16 סדרות בסיסיות ועוד 29 סדרות משלימות של נתונים (כאשר כל סדרה בניתוח כללה מדדי בטיחות בתוספת מדדי חשיפה).

פרק 5 מביא ממצאים מבחינת התוצאות מפיתוח המודלים, הצלבתם עם מידע על התערבויות הבטיחות שיושמו בישראל והסקת מסקנות לגבי השפעות אפשריות של התערבויות הבטיחות על התפתחות מצב הבטיחות בישראל.

במחקר נעשה מאמץ רב ליישם את השיטות הסטטיסטיות המתקדמות ביותר לביצוע הניתוחים הנדרשים ובד בבד, להגיע למסקנות מעשיות לגבי התערבויות בטיחות מסוימות. המחקר התמודד הן עם בנית בסיס המידע והנתונים לניתוח והן עם לימוד וניסוי שיטות הניתוח השונות. בשל מורכבות הנושא, מחד, וההתפתחות הנמשכת של שיטות הניתוח[2], מאידך, יש להתייחס למחקר הנוכחי כאל מחקר גישוש בתחום כאשר ממצאיו הם ממצאים פרלימינאריים הדורשים מחקרי המשך נוספים.

עם זאת, תוצרי המחקר כגון: מפת התערבויות הבטיחות שבוצעו בישראל בארבעת העשורים האחרונים; סדרות של מדדי הבטיחות ומדדי החשיפה שנאספו במחקר; האומדנים לביטוי השפעת התערבויות בטיחות מסוימות על שינויים במספרי הרוגים /נפגעים בתאונות שהתקבלו במחקר - יכולים לתרום כבר היום להבנה טובה יותר של השינויים שנצפו במצב הבטיחות בישראל וכמו כן, עשויים להוות בסיס לקבלת החלטות בתחום מדיניות הבטיחות בדרכים.

[2] פיתוח הכלים ליישום *structural time series models* נמשך כעת, לדוגמא, במסגרת פרויקט אירופי DaCoTa.

2. יצירת בסיס מידע על התערבויות הבטיחות שיושמו בישראל

2.1. שיטת איסוף הנתונים

כשלב ראשון במחקר נערך מיפוי מקיף של התערבויות הבטיחות בישראל. איסוף נתונים בנושא זה כלל מידע אודות התערבויות הבטיחות אשר יושמו בישראל במהלך העשורים האחרונים - בשנים 1970-2008. התערבויות הבטיחות שנכללו בבסיס המידע הן שינויים בתקנות התעבורה בנוגע לאביזרי בטיחות בכלי רכב, הגבלות על נהגים צעירים חדשים, תגבור התקנות בנושא הנהיגה תחת השפעת אלכוהול ועוד, וכמו כן, שיפורים מהותיים בתשתיות הכבישים, מבצעי אכיפה רחבי היקף, שיפורים ברכב, שיפורים במערך פינוי והצלה של נפגעי תאונות דרכים וכו'.

איסוף הנתונים התבצע מתוך שני מקורות מידע עיקריים:

(1) פרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס) מסוג "הודעות על אירועים אשר השפיעו על התנועה בדרכי הארץ בעשורים האחרונים" – למ"ס (1980), למ"ס (1985), למ"ס (1996), למ"ס (2002), למ"ס (2008);

(2) אוגדנים לדיני תעבורה - פקודת התעבורה ותקנותיה, כולל עדכונים בעשורים האחרונים, שהם: פקודת התעבורה ותקנותיה (2002), פקודת התעבורה ותקנותיה (2008).

בהמשך, בוצעה בחינה מעמיקה של רשימת ההתערבויות שהצטברו מבחינת חשיבותם למחקר. ההתערבויות שנבחרו כחשובות נכללו בהמשך בניתוח הסטטיסטי להערכת השפעתם על מצב הבטיחות בישראל. לקביעת רמת החשיבות של כל אחת מההתערבויות שימשו מקורות מהספרות המקצועית, כאשר התייחסות לכל אחד מסוגי ההתערבויות והכללתם בבסיס המידע של הניתוח נקבעו לפי שיקולים אלה: האם ניתן לצפות לאפקט משמעותי של התערבות זו על פי הניסיון הבינלאומי; האם נערכה בדיקת השפעתה בתנאי הארץ; רמת היישום בפועל, וכו'. לאימות שיקולים אלה נערך סקר ספרות משלים של הניסיון הבינלאומי והישראלי.

בנוסף, להשלמת רשימת שיפורי בטיחות/התערבויות אשר היו יכולים להשפיע על מצב הבטיחות בישראל, נעשתה פניה למספר מומחי בטיחות בארץ. הפניות נערכו באמצעות שאלון שמטרתו היתה לקבל את דעתם המקצועית של המומחים לגבי אירועים חשובים אשר השפיעו על מצב הבטיחות בישראל ועל כן, רצוי להכלילם במחקר (מלבד אלה שכבר נמצאו בסקירת הספרות).

בעקבות ניתוח ממצאים ממקורות המידע השונים, בחינת דעות המומחים ודיונים עם צוות המחקר והצוות המלווה לפרויקט, נקבעה רשימה סופית של התערבויות בטיחות מהותיות שהיו בישראל בארבעת העשורים האחרונים. רשימת התערבויות אלה מוצגת בגרף מסכם על ציר הזמן, בתוספת עקומות הרוגים ונפגעים בתאונות הדרכים בישראל ואירועי רקע (בטחוניים). אירועי רקע בטחוניים (מלחמות ישראל ואינתיפדות) הוצגו עקב היותם גורמי התערבות חיצוניים ובשל השפעתם האפשרית על שינויים במצב הבטיחות בישראל[3].

[3] השפעת אחד האירועים – מלחמת לבנון השניה – על מספרי ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים בישראל נבחנה במחקרן של גיטלמן, דובא (2007). עם זאת, בנושא זה (השפעת אירועים בטחוניים על מצב הבטיחות בישראל) טרם נערך מחקר מקיף.

2.2. ממצאים מאיסוף נתונים על התערבויות בטיחות בישראל ובחינת יעילותן

2.2.1. ריכוז ממצאים מפרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה

טבלה 2.1 מציגה רשימה כרונולוגית של התערבויות ושינויים במערכת התחבורה שלהם ניתן לייחס משמעות רחבת היקף ו/או ארוכת טווח על בטיחות.

טבלה 2.1. התערבויות ושינויים במערכת התחבורה בעלי משמעות מבחינה בטיחותית

תאריך	התערבויות ושינויים במערכת התחבורה
28.8.1979	כביש תל אביב ירושלים נפתח לכל אורכו בשני מסלולים.
1.2.1981	מע"ץ מודיע על מספור חדש של הדרכים הבין עירוניות.
1.4.1984	החלה לפעול משטרת תנועה ארצית.
26.6.1985	חיבור רשת הכבישים של נתיבי איילון לכביש המהיר לירושלים (דרך 0001).
4.11.1986	חנוכת מחלף קיבוץ גלויות ופתיחה לתנועה של מערכת הדרכים של נתיבי איילון, מדרך ירושלים (0001) עד גשר ההלכה.
3.8.1987	חנוכת דרך 5 - בין צומת מורשה למחלף קסם.
1.11.1987	חובת חגירת חגורות בטיחות בנסיעה בדרך עירונית, ליושבים במושב הקדמי של הרכב (בתוקף משנת 1975 בדרכים בין-עירוניות).
25.6.1991	פתיחת נתיבי איילון בשני הכיוונים לכל אורכם, ממחלף קיבוץ גלויות ועד צומת גלילות.
22.7.1991	אישור החוק להגבלת התחבורה הציבורית בשבת על ידי הכנסת: החוק מסמיך את שר התחבורה להורות על צמצום התחבורה הציבורית בשבתות ובחגי ישראל.
15.9.1991	תחילת פעולתה של משטרת התנועה הארצית: היחידה תפעל בדרכים לא-עירוניות במרכז ובצפון הארץ.
1.11.1991	כניסתו לתוקף של חוק המחייב נהגי אוטובוסים, מוניות, משאיות ואופנועים לנסוע בחודשים נובמבר-מרס באורות מלאים בכל שעות היממה.
21.8.1992	הרחבת תחום אזור פעולת משטרת התנועה הארצית לדרום הארץ, עד אילת; כתוצאה מכך כל הארץ נמצאת בתחום משטרת התנועה הארצית (כולל נתיבי איילון).
1.11.1993	חובת הדלקת אורות בדרכים בינעירוניות בכל שעות היממה על כל כלי הרכב.
1.11.1993	הגדלת המהירות המירבית ב- 3 קטעי דרך מ- 90 קמ"ש ל- 100 קמ"ש.
1.3.1994	חובת חגירת חגורות בטיחות במושב האחורי גם במיניבוסים ורכב מסחרי.
31.5.1995	תקנת תעבורה, המחייבת התקנת מכשיר המגביל את המהירות ל- 90 קמ"ש בכל האוטובוסים והמשאיות משנת יצור 96 ומעלה.
9.1.1996	הונחה אבן הפינה למחלף בן שמן (תחילת סלילתו של כביש חוצה ישראל מס' 6).
28.10.1996	נחנכו שני קטעי הקישור הראשונים במחלף בן שמן, אשר מאפשרים תנועה בשני הכיוונים בין כביש ירושלים-ת"א (כביש 1) לבין כביש ירושלים-לוד (כביש 443). זהו הקטע הראשון שנחנך בכביש חוצה ישראל.
10.3.1997	תקנת תעבורה חדשה: נהג משאית יחויב לעבור קורס הכשרה ומבחן.
15.4.1997	נחנך מחלף בן שמן בכביש חוצה ישראל (0006).
24.1.2000	הופעל שילוט אלקטרוני בנתיבי איילון. השילוט המואר מראה את עומס התנועה בקטעי דרך שונים וכן מהירות הנסיעה האפשרית בנתיבים השונים.
24.9.2000	חברת נתיבי איילון פתחה את המשכו של איילון צפון, בקטע הכביש שבין מחלף גלילות ומחלף שבעת הכוכבים.
1.11.2000-31.3.2000	חובה להדליק אורות בכבישים הבין-עירוניים גם בשעות היום. תוספת: רכב מסחרי עד 15 טון, אופנועים ואוטובוסים חייבים לנסוע באורות דולקים כל שעות היום גם בתוך העיר
4.8.2002	נפתח לתנועה הקטע הראשון בכביש "חוצה ישראל" - דרך מס' 6, בין קיבוץ אייל לנחשונים. אורך הקטע 18 ק"מ.
29.12.2002	מהיום: נסיעה ב"חוצה ישראל", דרך מס' 6, בתשלום.
26.3.2006	מהיום אסור לנסוע בקלנועית על כבישי ישראל, ותנועתם תותר רק על מדרכות ובקיבוצים, זאת בעקבות ריבוי תאונות, שבהן היו מעורבות.
28.2.2007	נפתח לתנועה גשר גלילות שאורכו 460 מטר. הגשר מזרים את התנועה מכביש החוף (דרך מס' 2) מזרחה לכיוון נתיבי איילון דרום (דרך מס' 20) ולכביש גהה (דרך מס' 4).

2.2.2. ריכוז נתונים מאוגדנים לדיני התעבורה

פירוט מלא של התקנות הקשורות לבטיחות בתעבורה ועדכוניהן, עד סוף שנת 2008, הוצג בדו"ח התקדמות מס' 1 למחקר. טבלה 2.2 מציגה רשימה כרונולוגית של חוקים, תקנות וצווים הקשורים לפקודת התעבורה ותקנותיה לנושא התעבורה בדרכים שלהם ניתן לייחס משמעות רחבת היקף ו/או ארוכת טווח על בטיחות.

טבלה 2.2. פקודת התעבורה ותקנותיה בעלי משמעות מבחינה בטיחותית

שנה	פקודת התעבורה ותקנותיה
1975	חובת חגירת חגורות בטיחות בדרכים בין עירוניות.
1980	חובת שימוש בקסדות אופנועים (אזכור ראשון בתקנות).
1982	בדיקת שכרות - קביעת ריכוז אלכוהול, איסור נהיגה תחת השפעת משקה או סם, בדיקת נשיפה/בדיקת דם.
1990	טכוגרף - לא יירשם רכב ולא יחודש רשיון לרכב מסוג אוטובוס, רכב מסחרי או רכב אחר שמשקלו עולה על 8,000 ק"ג אלא אם כן הותקן בו טכוגרף ולא ניתן להשתמש ברכב אלא אם הטכוגרף תקין ופועל.
1994	בדיקת שכרות - בדיקת נשיפה ובדיקת דם - שימוש בתוצאות בדיקת הנשיפה ובדיקת הדם כראיה בבית משפט על עבירת נהיגה תוך שכרות.
1995	מתקן מגביל מהירות - המיתקן יגביל את האוטובוס והטיולית למהירות מרבית של 100 קמ"ש ואת הרכב המסחרי והרכב המורכב למהירות מרבית של 85 קמ"ש.
1995	חובת חגירה של חגורות בטיחות - לא ינהג אדם ולא יסע ברכב מן הסוגים האמורים בתקנה 364א או בכל רכב שבו מותקנות חגורות בטיחות אלא אם כן הנוהג והנוסעים בו חגורים בחגורת בטיחות או רתומים במושב בטיחות או במושב מגביה כאמור בתקנה 83א, לפי הענין.
1995	פסילת מינימום בשל נהיגה בשכרות - לתקופה שלא תפחת משנתיים.
1996	הארת רכב מנועי - תיקון חובת הדלקת אורות: לא ינהג אדם מונית, אוטובוס או רכב מנועי מסחרי שמשקלו הכולל המותר עולה על 14,999 ק"ג, בכל דרך וברכב מנועי אחר, למעט אופנוע, בדרך שאינה דרך עירונית, בתקופה שמיום 1 בנובמבר ועד 31 במרס בכל שנה, אלא כשמאירים בו פנסי החזית והפנסים האחוריים.
1996	עבירת קנס - שיעור הקנס לא יעלה על 2,000 שקלים חדשים לגבי עבירה ראשונה ועל 3,000 שקלים חדשים לגבי עבירה חוזרת או נוספת.
1999	נוהג חדש - תקנה על חובת ליווי נהג חדש במשך חודשיים מעת קבלת רישיון נהיגה.
2000	נוהג חדש - הגדרת מלווה עבור קטין. (בתוקף עד 3.2001)
2000	הארת רכב מנועי - לא ינהג אדם אופנוע בדרך אלא כשמאירים בו פנסי החזית או הפנסים המיועדים בלבדית לנסיעה ביום.
2002	עדכון שיעור הקנס - שיעור הקנס לכל עבירה על סעיף בחיקוק כנקוב בתוספת יהיה כפי דרגת הקנס שנקבעה לצידו.
2002	שיטת הניקוד בעבירות תנועה - קביעת רשימה של עבירות ונקודות, וקביעת מסלולי תיקון ושלילת רישיון.
2004	נוהג חדש - הגדרת מלווה כמי שלא נתון תחת השפעת אלכוהול או סמים, ציון תקופת הליווי ברשיון הנהיגה של נוהג חדש ללא התניית תוקפו בליווי. הוראת שעה: הארכת תקופת חובת הליווי מחודשיים לשלושה חודשים והגבלה על מספר הנוסעים לנוהג חדש שטרם מלאו לו 21 שנים. (הוראת שעה)
2004	חובת חגירת ילדים ברכב - מושב בטיחות ומושב מגביה.
2004	התקנת מיתקן מגביל מהירות ברכב מסוג מסוים כפי שקבע השר. לא יינתן רישיון ולא ניתן לנהוג ברכב, אלא

שנה	פקודת התעבורה ותקנותיה
	אם כן מותקן בו מיתקן מגביל מהירות כפי שקבע השר.
2005	עבירות ועונשין בגין נהיגה בשכרות - עדכון: הוא שיכור בהיותו נוהג רכב, או בהיותו ממונה על הרכב, בדרך או במקום ציבורי, דינו - מאסר שנתיים או קנס. פקודת התעבורה - בדיקת שכרות (דגימת נשיפה, דגימת שתן/דם). איסור מנהלי על שימוש ברכב בשל נהיגה בשכרות, בהשפעת אלכוהול או סמים.
2005	איסור שימוש באזניות בדרך - לא ינהג אדם רכב ולא ילך עובר דרך בכביש כשלאוזניו צמודות אוזניות המחוברות למכשיר להשמעת צלילים או קולות, למעט אוזניות המחוברות למכשיר שמיעה רפואי.
2006	חובת החזקה ושימוש באפוד זוהר בדרך שאינה דרך עירונית.
2006	נוהג חדש - הגדרה כללית של נוהג חדש, תוקף רשיון לנוהג חדש מוגבל לשנתיים, הארכת תקופת חובת הליווי מחודשיים לשלושה חודשים והגבלה על מספר הנוסעים לנוהג חדש שטרם מלאו לו 21 שנים.
2007	עדכון תעריפי הקנסות על חלק מעבירות התנועה.
2007	חובת חגירת ילדים ברכב - לא יסיע אדם במושב קדמי ברכב מנועי ובמושב אחורי ברכב מנועי ששנת ייצורו 1983 ואילך, למעט אוטובוס שאינו אוטובוס זעיר פרטי, מונית ואופנוע, ילדים ללא מושב בטיחות המתאים לגובהו ומשקלו של הילד. ילד עד גיל שנה יוסע כשגב מושב הבטיחות מופנה לחזית הרכב ולא יוסע ילד במקום שיש מולו כרית אוויר.
2007	חובת חבישת קסדת מגן - לא ירכב אדם על אופניים, ולא ירכיב אדם אחר, אלא אם כן הם חובשים קסדת מגן, הקשורה ברצועה שתמנע את נפילתה בשעת הנסיעה. בעל עסק שבו נמכרים אופניים יציג במקום בולט בעסקו, בצורה שיקבע השר, הודעה המפרטת את הוראות סעיף זה.
2007	חובה להחזיק בהגה או בכידון - בעת שהרכב בתנועה, הנוהג ברכב - (א) לא יאחז בטלפון קבוע או נייד, ולא ישתמש בהם ברכב אלא באמצעות דיבורית; (ב) לא ישלח או יקרא מסרון (s.m.s).
2007	תצוגה הנראית לנהג - ברכב מנועי המצוי בנסיעה לא תופעל תצוגה הנראית ממושב הנהג, יותקן ברכב מנגנון לניתוקה בהיות הרכב בנסיעה ולא ינהג בו אדם אלא אם נותקה התצוגה כאמור.
2007	מהירות - לא ינהג אדם ברחוב משולב או באזור מיתון תנועה במהירות העולה על 30 קמ"ש. מחיקת אופנוע עד 50 סמ"ק מטבלת המהירויות. רשות התימרור המרכזית רשאית לקבוע בקטע דרך מהירות מרבית מותרת השונה מן האמור בתקנת משנה (א), ובלבד שהמהירות המרבית המותרת שתיקבע לא תעלה על המפורט להלן: (1) בדרך עירונית - 80 קמ"ש; (2) בדרך שאינה עירונית ושאינה דרך מהירה - 90 קמ"ש; (3) בדרך מהירה - 110 קמ"ש.
2007	שיטת הניקוד בעבירות תנועה - נהג שלחובתו נרשמו בתקופת הצבירה 36 נקודות או יותר, ייפסל מהחזיק ברישיון נהיגה למשך 3 חודשים, ורישיונו יחודש לאחר שיעמוד בבחינה העיונית, לפי תקנה 205.
2008	עבירת קנס - נעברה ברכב עבירת קנס, למעט עבירת חניה, ובעל הרכב או מי שהוכח כי הוא המחזיק לפי סעיף 27ב, הוא תאגיד, יהא שיעור הקנס בשל עבירת הקנס גבוה פי ארבעה מן השיעור שנקבע לאותה עבירה בצו.
2008	עבירות ועונשין בגין נהיגה בשכרות - עדכון פקודת התעבורה: בדיקת שכרות: דגימת רוק, אופן נטילת הדגימה, הסבר לנהג וקבלת הסכמה, סירוב לבדיקת שכרות.

2.2.3. בחינת יעילות של התערבויות הבטיחות

כפי שצוין לעיל, לא לכל התערבות בטיחות קיימת משמעות מעשית, כאשר יעילות בטיחותית של התערבות מסוימת נבחנת באמצעות מחקרי הערכה. לקבלת אינדיקציה על יעילות בטיחותית של התערבויות בטיחות שונות נערכה סקירת מקורות מהספרות המקצועית בארץ ובעולם. הסקירה

התייחסה להימצאות הוכחות ממחקרי הערכה לגבי השפעתן של התערבויות אלה על מצב הבטיחות במדינה, כבסיס לקביעת רמת החשיבות של כל אחת מההתערבויות. ממצאים מסקירת הספרות, לפי נושאי ההתערבויות, מוצגים בנספח א'. טבלה 2.3 מביאה את סיכום הממצאים אודות השפעתן של התערבויות בטיחות עיקריות.

טבלה 2.3. סיכום ממצאים אודות יעילות התערבויות בטיחות שונות על סמך מחקרים בארץ ובעולם

מקור: מדינה, פרסום	פירוט התערבות בטיחות	ממצאים: יעילות בטיחותית
שינוי המהירות המותרת		
אוסטריה (OECD/ITF, 2008)	שנות ה- 70: הפחתה במהירות המותרת בכבישים פדראליים ובכבישים מהירים בליווי אכיפה.	ירידה במספר ההרוגים
דנמרק (OECD/ITF, 2008)	שנת 2004: הגדלת המהירות המותרת בדרכים מהירות מ- 110 קמ"ש ל- 130 קמ"ש.	ירידה קצרת טווח ולאחריה עלייה של 33% בהרוגים.
הדלקת אורות מעבר ביום		
ישראל (הוכרמן והקרט, 1991) ישראל (אזרחי ואחרים, 1992) ישראל (אזרחי ואחרים, 1994)	לפני חקיקת החוק: מסע הסברה שלווה במחקר הערכה על שיעור הדלקה. חקיקת החוק ב- 1991: חובת הדלקה למשאיות כבדות ואוטובוסים, לווה במחקר הערכה חקיקת החוק ב- 1993: תוספת - חובת הדלקה לכל כלי הרכב בבין-עירוני, בליווי מחקר הערכה.	עלה שיעור הדלקת האורות בעיקר במזג אוויר סגרירי מ- 23% ל- 51%. נמצאה ירידה בתאונות יום בכלי הרכב המושפעים. עלייה בשיעור השימוש. לא נמצאה השפעה על תאונות.
Elvik and Vaa (2004)	Meta-Analysis על 19 מחקרים במדינות שונות.	ירידה מובהקת בתאונות עם נפגעים מהסוגים: פגיעה בהולך רגל, ברוכב אופניים, חזית או צד ותאונות רבות משתתפים.
קנדה (OECD/ITF, 2008)	חובת הדלקת אורות מ- 1989 שלוותה בדרישה שכלי רכב חדשים יצוידו בהדלקה אוטומטית של אורות יום	ירידה במעורבות של כלי רכב אלה בתאונות.
הרפובליקה הצ'כית (OECD/ITF, 2008)	חובת הדלקת אורות יום במהלך החורף ב- 2001	התפתחות חיובית במספר התאונות הרלוונטיות בתקופת החורף.
שוויץ (OECD/ITF, 2008)	המלצה להדלקת אורות יום ב- 2002	הפחתת מספר התאונות הקשות בהם מעורבים רוכבי אופניים, הולכי רגל וכלי רכב.
קסדות לרוכבי אופניים		
Elvik and Vaa (2004)	Meta-Analysis על 5 מחקרים	באופן כללי נמצאה הפחתה של כ- 20% במספר רוכבי האופניים הנפגעים.
הרפובליקה הצ'כית (OECD/ITF, 2008)	ב- 2001 תקנה לחובת חבישת קסדות לרוכבי אופניים עד גיל 15.	ירידה במספר הילדים ההרוגים בגילאים אלו ועלייה בשיעור החבישה.
ניו זילנד (OECD/ITF, 2008)	חקיקת חוק המחייב חבישת קסדות ב- 1994	מספר ההרוגים ירד. שיעור חבישה עומד על 92%.
חגורות בטיחות וריסון ילדים ברכב		
ישראל (הקרט, זיידל ושראל, 1983)	ב- 1975 נכנס לתוקף חוק המחייב חגירת חגורות בטיחות של נהג ונוסעים במושבים הקדמיים ברכב בדרכים לא עירוניות.	עלייה משמעותית בחגירה בדרכים בין עירוניות והפחתה במספר ההרוגים והנפגעים.
Elvik and Vaa (2004)	Meta-Analysis על 25 מחקרים בנושא חובת חגירת חגורות בטיחות. Meta-Analysis על 7 מחקרים בנושא חובת שימוש	ככל ששיעור החגירה גדול יותר, הירידה הממוצעת באחוז ההרוגים (11%-) והנפגעים (12%-) גדולה יותר. ירידה של 15% במספר

מקור: מדינה, פרסום	פירוט התערבות בטיחות	ממצאים: יעילות בטיחותית
	בהתקני ריסון לילדים	הילדים הנפגעים בגילאים אליהם התייחס החוק.
אוסטריה (OECD/ITF, 2008)	השימוש בחגורות בטיחות הפך לחובה בשנת 1984.	מספר ההרוגים בשנה שלאחר מכן ירד ב- 17%
קנדה (OECD/ITF, 2008)	התוכנית הלאומית לשימוש בהתקני ריסון הוצגה ב- 1989 על מנת להגדיל את השימוש בחגורות בטיחות ובהתקני ריסון לילדים ל- 95%.	עלייה משמעותית של 18% בשיעור השימוש וירידה של 27% במספר הפצועים קטלני שאינם חגורים.
נהיגה בשכרות		
Elvik and Vaa (2004)	Meta-Analysis על 17 מחקרים	חקיקת חוק כללי למניעת נהיגה בשכרות הפחיתה את שיעור התאונות הקטלניות ב- 26%.
קנדה (OECD/ITF, 2008),	האסטרטגיה להפחתת נהיגה מזיקה שהוצגה ב- 1990	ירידה של 35% במספר הנהגים שנהרגו בתאונות בהן אלכוהול היה הגורם.
שיטת הניקוד לעבירות תנועה		
ישראל (תומר- פישמן, 2009)	סקר טלפוני לבדיקת עמדות הציבור ביחס לשיטת הניקוד	לשיטה יש השפעה הרתעתית מסוימת על ציבור הנהגים.
רפובליקה הצ'כית (OECD/ITF, 2008)	שיטת הניקוד לעבירות תנועה נכנסה לתוקף מיולי 2006	19% ירידה בהרוגים בחצי השנה שלאחר כניסת השיטה לתוקף.
הגבלות על רישיון נהג חדש		
ישראל (גיטלמן, הקרט, דובא וכהן, 2006)	ב- 1999: חיוב בחודשיים ליווי לנהג חדש. ב- 2004, הליווי גדל ל- 3 חודשים והגבילו את מספר הנוסעים ברכב המותרים להסעה ע"י נהג צעיר.	ירידה במעורבותם של הנהגים בני 17 בתאונות הדרכים. ומ- 2004 נמצאה מגמת ירידה במעורבות בתאונות של נהגים בני 18, ו- 19-24.
Elvik and Vaa (2004)	Meta-Analysis על 7 מחקרים בדקה השפעת מתן רישיון נהיגה מוגבל לנהגים חדשים	ירידה של 7% בכל סוגי התאונות ו- 9% בתאונות עם נפגעים.
אוסטריה (OECD/ITF, 2008)	רישיון הנהיגה המדורג הוצג ב- 2003 עבור קבוצת הסיכון של נהגים צעירים בגילאי 18-24. בשנת 1999, נכנסה לתוקף הנהיגה בליווי (L17)	ירידה במספר ההרוגים והפצועים. ירידה בתאונות של נהגי L17.
קנדה (OECD/ITF, 2008)	רישיון נהיגה מדורג הוצג לראשונה ב- 1994 במחוז אחד ומאז התפשט לעוד מחוזות.	הפחתת מספר ההרוגים והפצועים קשה.
קנסות על עבירות תנועה		
Elvik and Vaa (2004)	לא נעשתה הערכה כמותית להשפעת הקנסות הקבועים על תאונות דרכים. נעשו מחקרים על השפעת הקנסות על שיעור השימוש בחגורות בטיחות ומהירות נסיעה.	בנורווגיה, עלייה בקנס לוותה בעלייה בשימוש בחגורות ב- 5%-15%. בשבדיה, הכפלת הקנס על מהירות מופרזת לא השפיעה על המהירות הממוצעת.
מתקן מגביל מהירות		
ישראל (צדר, נמוז ושאקר, 2007)	החל משנת 1996 חלה חובת התקנת מגביל מהירות ברכב חדש באוטובוסים ובמשאיות כבדות.	מגביל המהירות מקטין שיעור מעורבות בתאונות קטלניות.

לסיכום, ההתערבויות שנמצאו כתורמות יותר לבטיחות, על סמך המחקרים בארץ ובעולם, הן:

- חובת שימוש בחגורות בטיחות והתקני ריסון ילדים;

- הגבלת המהירות המותרת;
- חבישת קסדות אופניים;
- הדלקת אורות מעבר ביום;
- הגבלת נהיגה בשכרות;
- הגבלות על רישיון נהג חדש.

2.3. סיכום להתערבויות בטיחות חשובות שהיו בישראל

על סמך ממצאי המחקרים בארץ ובעולם ובהתחשב ברמת האכיפה של תקנות תעבורה שונות בארץ, מבין השינויים בתקנות התעבורה ושינויים אחרים במערכת התעבורה שהוצגו לעיל, ההתערבויות שנבחרו כחשובות ועל כן, מומלצות לבחינה במחקר הנוכחי, הן:

- תקנות בנושאי חגורות בטיחות והתקני ריסון לילדים ברכב;
- תקנות להגבלת נהיגה בשכרות;
- תקנות להגבלות על רישיון נהג חדש.

בין התערבויות הבטיחות המומלצות לבחינה במחקר הנוכחי אך בעדיפות נמוכה יותר (בשל עוצמה נמוכה יחסית של השינויים, העדר אכיפה מלווה או מיעוט הוכחות יעילות מהספרות המקצועית) ניתן למנות:

- שינויים במהירויות המותרות (עקב חקיקה מינורית, היעדר אכיפה מסיבית בארץ);
- חובת הדלקת אורות יום בחורף (השפעת התערבות זו לא הוכחה בארץ);
- חוק חובת השימוש בקסדות אופניים (חוק חדש ולא נאכף);
- תקנה על חובת שימוש באפוד זוהר בעת יציאה מרכב בדרך לא עירונית; העלאת קנסות בגין עבירות תעבורה; שיטת הניקוד החדשה; איסור שימוש בפלאפון/אוזניות/תצוגה לנהג; טכוגרף/מגביל מהירות לרכב כבד; פתיחת כבישים חדשים (כי נושאים אלה לא נחקרו מספיק במחקרי הערכה).

בנוסף, על מנת לבחון צורך בהרחבת רשימת התערבויות הבטיחות החשובות בישראל שנקבעה על סמך הספרות, נערכו פניות למספר מומחים בתחום התחבורה והבטיחות בדרכים בארץ. הפניות נערכו למומחים בבטיחות בדרכים, תכנון תחבורה, הנדסת תנועה וכד' אשר מעורבים באופן פעיל בקבלת החלטות בתחום ו/או משתתפים בפורומים מקצועיים שונים בנושאים אלה בארץ.

הפניה היתה אישית לכל מומחה ובאמצעות שאלון שבו הוצגה רשימת התערבויות הבטיחות בישראל בשנים 1980-2008 שנבנתה על סמך פרסומי הלמ"ס והאוגדנים לדיני התעבורה. בשאלון הייתה בקשה לציין הסתייגויות לגבי חשיבות של התערבויות הבטיחות שהוצגו ברשימה (במידה ויש) וכמו כן, לציין התערבויות בטיחות נוספות אשר, לדעת המומחה, השפיעו על מצב הבטיחות בישראל אך לא נכללו ברשימה. השאלון הופנה לשישה מומחים, מתוכם שניים שלחו תגובה. סיכום תגובות המומחים מוצג <u>בנספח ב'</u>.

בהמשך, דיונים בנושא התערבויות בטיחות חשובות בישראל נערכו עם הצוות המלווה למחקר אשר המליץ לתת התייחסות גם לשינויים מהותיים נוספים במערכת התעבורה אשר לא מצאו ביטוי ישיר

ברשימות האירועים ותקנות התעבורה שנאספו. עם שינויים אלה נמנו שיפורים בתשתיות הכבישים, באביזרי בטיחות ברכב, בטיפול בנפגעי תאונות הדרכים בישראל, וכמו כן, ההתקדמות בנושא ליווי נהג חדש (פעילות של עמותת "אור ירוק"). מקורות המידע אשר שימשו לקביעת הנקודות על ציר הזמן המזוהות עם התחלת התערבויות אלה בישראל היו כלהלן:

1) בנושא *בטיחות פסיבית של כלי הרכב* – דו"חות רשות המסים בישראל (2009), אור ירוק (2008). ממקורות אלה נלמד כי בשנים 2001-2002 החל עידן של הגברת אביזרי הבטיחות בכלי הרכב המיובאים לישראל (כגון: עליה משמעותית בחלק היחסי של כלי הרכב שבהם הותקנו מספר כריות אוויר ומערכת בקרת יציבות). כמו כן, משנת 2006 החלה לפעול רפורמה במיסוי לעידוד אביזרי בטיחות ברכב ולמיתון רכישות לציי הרכב, ובנוסף, בשנת 2006 נצפתה עליה דרמטית במספר כלי הרכב החדשים בישראל עם ריבוי אביזרי בטיחות.

2) *שיפורים במערך טיפול בנפגעי תאונות דרכים*. מפרסומים של חוקרים ממכון גרטנר (כגון: Peleg et al, 2004) ידוע כי המאגר הלאומי של רישום טראומה בישראל הוקם בשנת 1995, התרחב תוך מספר שנים ומאז פועל באופן סדיר; כמו כן, באמצע שנות ה-90 הוקמו מרכזי-על לטראומה ונערכו שינויים מהותיים בכל מערך הטיפול בנפגעי טראומה, לרבות נפגעי תאונות דרכים, מה שהביא לירידה ניכרת בתמותת נפגעי הטראומה בישראל.

3) *שיפורים בתשתיות הדרכים*. בשני העשורים האחרונים בוצעו שיפורים רבים בתשתיות הדרכים בישראל, כאשר בין השינויים המהותיים ניתן לציין, מחד, כניסה הדרגתית של מרכיבי מיתון תנועה בדרכים העירוניות (כגון: פסי האטה, מעגלי תנועה, אזורי מיתון תנועה בשכונות מגורים) ומאידך, הגברת המודעות ליצירת צדי דרך סלחניים - מינוף שימוש בהתקני הבטיחות (מעקות בטיחות, סופגי אנרגיה וכד') בדרכים הלא עירוניות והעירוניות. השינויים למיתון תנועה ברחובות העירוניים החלו מאמצע שנות ה-90; המודעות לשימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים עלתה בשנת 2003 (ראה *הנחיות*, 2005).

4) *ליווי נהג חדש*. פעילות מסיבית של "אור ירוק" בנושא זה החלה בשנת 2001 (ראה, לדוגמא, דו"ח לוטן וגרימברג, 2008).

טבלה 2.4 ותרשים 2.1 מסכמים את כל סוגי המידע בנושא התערבויות הבטיחות ושינויים במערכת התחבורה אשר התרחשו בישראל במהלך ארבעת העשורים האחרונים (בשנים 1970-2008) ושייתכן כי השפיעו חיובית על מצב הבטיחות בדרכים. בתרשים 2.1, התערבויות אלה מוצגות אל מול המספרים של סך ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים בישראל.

התערבויות הבטיחות ואירועי הרקע מוצגים בתרשים 2.1 בשלושה צבעים שהם: שינויים בתקנות התעבורה ואירועים נקודתיים – בשחור; נקודות הזמן הנותנות ביטוי לתחילת שינויים מהותיים במערכות/גורמי בטיחות פעילים - בירוק; אירועי רקע (גורמים חיצוניים) – בכחול.

טבלה 2.4 מביאה סיכום להתערבויות הבטיחות שנקבעו לפי מקורות מידע שונים (תקנות התעבורה, שינויים במערכת התעבורה, שינויים מהותיים במערכות/גורמי בטיחות פעילים - "תוספת להתערבויות בטיחות", אירועי רקע). בתחתית הטבלה ניתן סימון לשנים מסוימות ("Y") אשר מצביע

על כך שבשנה זו פעלה או החלה לפעול התערבות בטיחות חשובה (או מספר התערבויות) אשר ייתכן והשפיע על מצב הבטיחות בישראל. בשורה התחתונה "תיתכן השפעה" – ניתן הסבר לציון שנה זו כשנה חשובה.

בשנים האחרונות, ייתכן אפקט מצטבר של מגוון התערבויות בטיחות, כאשר השנים 2001-2004 מזוהות עם מגוון התערבויות בטיחות בעוצמה מסוימת, והשנים 2005-2007 - עם מגוון נוסף של התערבויות בטיחות שונות בעוצמה גבוהה יותר.

מכאן, בניתוח התפתחות מצב הבטיחות בישראל יש מקום לצפות לשינויים מהותיים במגמות בשנים אלה: 1975, 1987, 1991, 1995 (או 1996,1997), 2001 (או בתקופת השנים 2001-2004), 2005 (או בתקופת השנים 2005-2007). נקודות זמן אלה מושוות בהמשך עם ממצאי הניתוחים הסטטיסטיים.

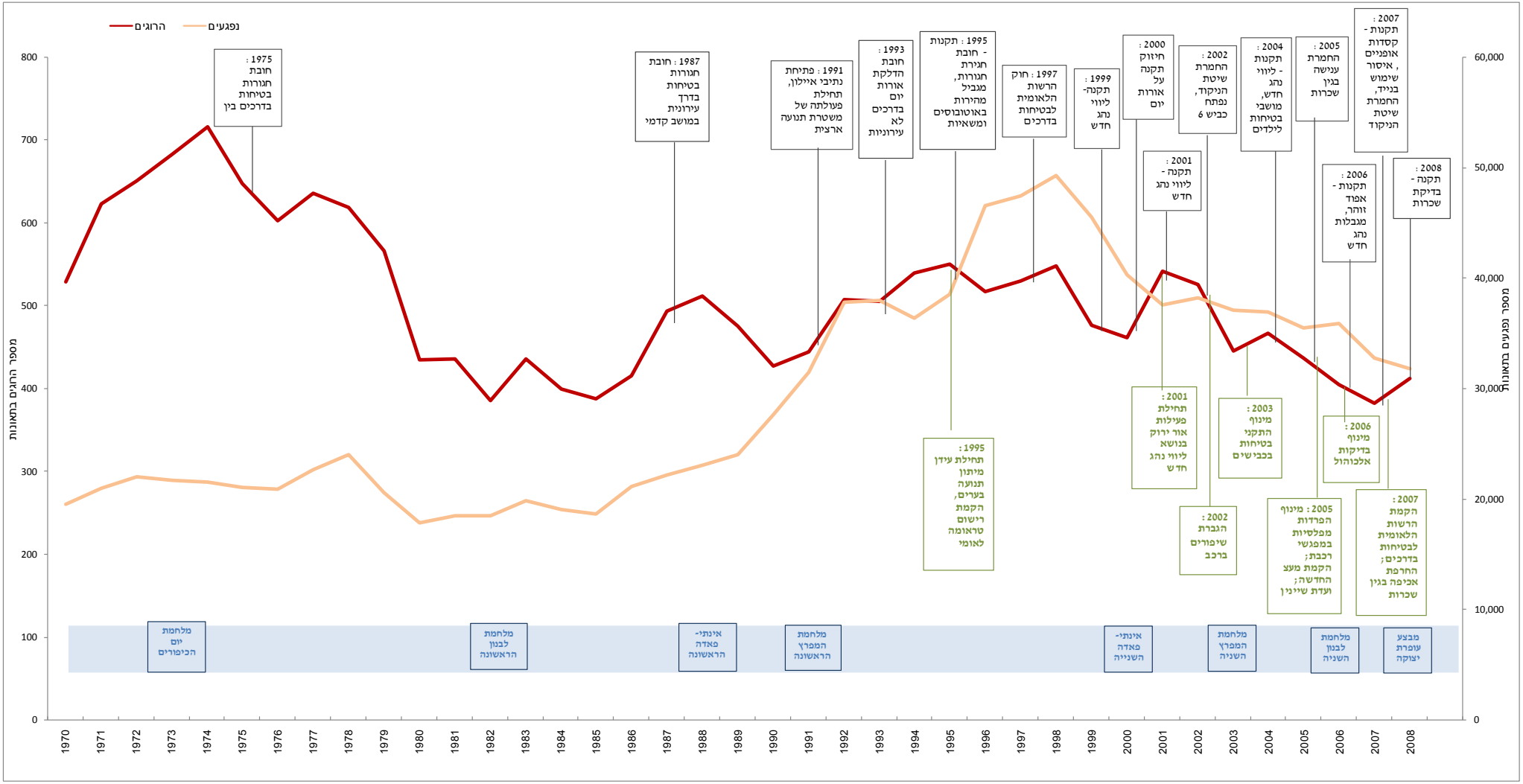
טבלה 2.4. סיכום להתערבויות הבטיחות ואירועים נוספים שייתכן והשפיעו על מצב הבטיחות בישראל

שנה	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
התערבויות בטיחות						חובה - חגורות בטיחות בדרכים בין עירוניות							תקנה על בדיקות שכרות					חובת חגירת חגורות בדרך עירונית במושב קדמי						
התערבויות בטיחות															החלה לפועל משטרת תנועה ארצית ?							פתיחת נתיבי איילון; תחילת פעולתה של משטרת תנועה ארצית בדרכים לא עירוניות	
תוספות להתערבויות בטיחות																							
אירועי רקע													מלחמת לבנון הראשונה						אינתיפאדה הראשונה	תחילת העליה הגדולה מברה"מ		מלחמת המפרץ הראשונה	
תיתכן השפעה						Y												Y				Y	
הסבר לבחירת שנה						חוק חגורת בטיחות												חיזוק חוק חגורות בטיחות				הקמת משטרת תנועה ארצית	

טבלה 2.4. (המשך)

2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	שנה
תקנה על בדיקות שכרות	תקנה על חבישת קסדות אופניים; איסור שימוש בנייד; החמרת שיטת הניקוד	תקנה על אפוד זוהר; תקנה על נהג חדש	החמרת ענישה בגין שכרות	תקנה על ליווי נהג חדש; חובת חגירה במושב מגביה		החמרת שיטת הניקוד	שינויים בנוגע לנהג חדש	אורות יום לאופנועים	תקנה על ליווי נהג חדש			חיזוק תקנה על אורות יום בחורף	תקנה-חובה חגירת חגורות	תקנה על בדיקות שכרות	חובת הדלקת אורות יום בדרכים לא עירוניות	התערבויות בטיחות
						נפתח כביש 6		אורות יום לרכב מסחרי ואוטובוסים			פרויקט אכיפה ארצי - פרויקט 700	קביעת שיעור קנס על עבירות תנועה	תקנה על מגביל מהירות באוטובוסים ומשאיות משנת 96		הגדלת מהירות מותרת בדרך מהירה ל-110 קמ"ש	התערבויות בטיחות
	הקמת הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים; החרפת אכיפה בגין שכרות	מינוף בדיקות אלכוהול	מינוף הפרדה מפלסית במפגשי רכבת; הקמת מעצ החדשה; ועדת שיינין				תחילת פעילות אור ירוק בנושא ליווי נהג חדש				חוק הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים		הפצת מעגלי תנועה (דן לינק); הקמת רישום טראומה לאומי			תוספות להתערבויות בטיחות
מבצע עופרת יצוקה		מלחמת הלבנון השניה			מלחמת המפרץ השניה			אינתיפאדה השניה								אירועי רקע
	Y	Y	Y	Y?	Y?	Y?	Y		Y?				Y			**תיתכן השפעה**
					תחילת שימוש מסיבי בהתקני בטיחות בכבישים	תחילת עידן שיפורים ברכב	תחילת פעילויות בנושא נהג חדש						תחילת עידן שינויים בתשתיות עירוניות; תחילה עידן שיפורים בטיפול בנפגעים			הסבר לבחירת שנה
	עוצמת הפעילויות	עוצמת הפעילויות	עוצמת הפעילויות	עוצמת הפעילויות	עוצמת הפעילויות	עוצמת הפעילויות	עוצמת הפעילויות						ניתן להזיז ל- 1996, 1997			

תרשים 2.1. סיכום להתערבויות בטיחות עיקריות ואירועי רקע, ומספרי הרוגים ונפגעים בתאונות הדרכים בישראל בשנים 1970-2008.



3. סדרות הנתונים לניתוח

3.1. הגדרת סדרות הנתונים והסדרות לניתוח

סדרות עתיות של נתונים נאספו עבור מדדי הבטיחות (שהינם למעשה מדדי היפגעות בתאונות) ומדדי חשיפה. מדדי הבטיחות (ההיפגעות) הם: (א) *מדדי בטיחות כלליים* - סך ההרוגים, סך הנפגעים, סך הנפגעים באורח קשה וקל, וסך תאונות הדרכים עם נפגעים, במדינה, ו-(ב) *מדדי בטיחות מפורטים* שהם חתכיהם השונים של המדדים הכלליים - לפי סוג דרך (עירונית/לא עירונית), מספר סוגים של משתמשי דרך בעייתיים (הולכי רגל, נהגים צעירים), סוגי תאונות נבחרים (תאונות רכב יחיד), הרוגים ונפגעים בקרב הנוסעים ברכב קל. החתכים המפורטים יותר של מדדי הבטיחות נקבעו מתוך הצורך להתמקד בסוגי התאונות והנפגעים המושפעים יותר ע"י התערבויות בטיחות מסוימות.

מדדי החשיפה הם: נסועה שנתית, ק"מ-רכב, ותחליפיה כגון: מספר כלי רכב רשומים במדינה, מספר כלי רכב פרטיים במדינה, גודל האוכלוסיה[4]. כמו כן, הוכנו סדרות עיתיות של נסועה לא עירונית ועירונית אשר שימשו לניתוח התפתחויות במספר סוגים של הרוגים ותאונות הרלוונטיים לסוגי דרך אלה.

איסוף סדרות עתיות של מדדי הבטיחות ומדדי החשיפה נערך מתוך פרסומים שונים של הלמ"ס כגון: השנתונים הסטטיסטיים לישראל, פרסומים על תאונות דרכים עם נפגעים בישראל (חלקים א' ו-ב', משנים שונות), פרסומים על נסועה ומצבת כלי הרכב בישראל, ועוד.

אורך הסדרות לניתוח נקבע ע"י זמינות הנתונים. אומדני הנסועה בישראל קיימים החל משנת 1970, כאשר יתר הסדרות הכלליות (מדדי בטיחות כלליים, גודל האוכלוסיה, כלי רכב רשומים) קיימות החל משנת 1951. לעומת זאת, נתוני הנסועה הלא עירונית נאספים החל משנת 1980. לכן, במחקר תוכנן לבחון את סדרות הנתונים הכלליים מהשנים 1970-2008 ובסדרות המפורטות יותר להתמקד בשנים 1980-2008. עם זאת, משיקולים סטטיסטיים (הצורך לזהות את מגמות ההתפתחות "לפני") במהלך פיתוח מודלים עבור הסדרות הכלליות הוחלט להאריך את הסדרות, במידת האפשר. לכן, סדרות הנתונים הכלליים ביותר (סך ההרוגים, הנפגעים והתאונות במדינה ותחליפי הנסועה) נאספו ונותחו באורך המרבי הקיים, עבור השנים 1951-2008.

<u>נספח ג'</u> מציג נתונים שנאספו עבור הסדרות הכלליות, בשנים 1951-2008, ועבור הסדרות המפורטות יותר, בשנים 1980-2008. להלן רשימת סדרות הנתונים ושמותיהן המקוצרים ששימשו בפיתוח המודלים:

(א) מדדי חשיפה (בסוגריים סוג מדד חשיפה – ראה הערה):

KTT - Total, million km-travelled – הנסועה השנתית, מיליון ק"מ-רכב (A);

MVT - Motor vehicles-Total, thousands – סך כלי רכב רשומים במדינה, אלפים (A);

[4] כפי שצוין לעיל, שימוש בתחליפי נסועה, בצורת גודל אוכלוסיה או מספר כלי רכב רשומים במדינה, מקובל בפיתוח מודלים מסבירים או מודלי מאקרו להערכת התפתחויות הבטיחות – ראה, לדוגמא, את Lassarre (2001), Page (2001).

Private vehicles, thousands - PVT – סך כלי רכב פרטיים הרשומים במדינה, אלפים (A);

Population, thousands - Pop – גודל האוכלוסיה, אלפים (A);

Rural, million km travelled - KttRur - נסועה לא עירונית, מיליון ק"מ-רכב (B);

Urban, million km travelled - KttUrb - נסועה עירונית, מיליון ק"מ-רכב (C).

(ב) מדדי היפגעות כלליים:

Fatalities-Total – TotFat – סך מספר ההרוגים בתאונות;

All Injuries-Total – TotALLInj – סך מספר הנפגעים בתאונות (נתוני "ת"ד");

Slight and Serious injuries-Total – SSInj – סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל;

Injury accidents-Total - TotInj – סך מספר התאונות עם נפגעים (נתוני "ת"ד").

(ג) מדדי היפגעות מפורטים (בסוגריים סוג מדד חשיפה – ראה הערה למטה):

Rural fatalities - RurFat (B) – מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות;

Urban fatalities - UrbFat (C) – מספר הרוגים בדרכים עירוניות;

Pedestrian fatalities - PedFat (A ,C) – הרוגים הולכי רגל;

Young drivers 18-24 killed - YKill (A) – הרוגים נהגים צעירים;

Young drivers 18-24 seriously injured - YSInj (A) – נפגעים קשה נהגים צעירים;

Single vehicle fatal accidents on rural roads - SFatRur (B) – תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות;

Single vehicle serious accidents on rural roads - SSRur (B) - תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות;

Killed in light vehicles - KillLt (A) – הרוגים ברכב קל (נהגים ונוסעים);

Seriously injured in light vehicles - SInjLt (A) – נפגעים קשה ברכב קל (נהגים ונוסעים);

Total injuries in light vehicles - TotInjLt (A) – סך הנפגעים ברכב קל (נהגים ונוסעים).

<u>הערה</u>: עבור מדדי היפגעות מפורטים הניתוח נערך בהתייחס לסוגי חשיפה שונים שאלה או מדדי חשיפה כלליים (סוג A – כלל הנסועה, כלי רכב או אוכלוסיה) או מדדי חשיפה מפורטים יותר (סוגים B, C). בהצגת מדדי היפגעות כלליים צוין בסוגריים עם אילו מדדי חשיפה נבחן מדד היפגעות זה.

כאמור, לרמת החשיפה קיים ביטוי ישיר (נסועה) ומספר תחליפים. לכן, ניתוח התפתחות של מדדי הבטיחות (ההיפגעות) היה אפשרי בהתייחס למדדי חשיפה שונים. טבלה 3.1 מציגה את רשימת הסדרות שהיו בניתוח, כאשר כל סדרה מוגדרת ע"י שילוב של מדד היפגעות ומדד חשיפה; לכל סדרה מצוין אורכה על ציר הזמן שנותח במחקר.

בניתוח נכללו סה"כ 45 סדרות, מתוכן 16 סדרות בסיסיות ועוד 29 סדרות משלימות של נתונים, כאשר, כאמור, כל סדרה מוגדרת ע"י מדד בטיחות (היפגעות) מסוים ומדד חשיפה מסוים.

טבלה 3.1. סדרות שנותחו במחקר

מס'	שם הסדרה*	משמעות הסדרה: מדד היפגעות בהנתן מדד חשיפה	סוג סדרה	אורך הסדרה, שנים
1	LR_Fat_KTT	סך מספר ההרוגים בהינתן הנסועה השנתית	בסיסית	1970-2008
2	LR_ALLInj_KTT	סך מספר הנפגעים בתאונות בהינתן הנסועה השנתית	בסיסית	1970-2008
3	LR_SSInj_KTT	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל בהינתן הנסועה השנתית	בסיסית	1970-2008
4	LR_TotInj_KTT	סך מספר התאונות עם נפגעים בהינתן הנסועה השנתית	בסיסית	1970-2008
5	LR_Fat_MVT	סך מספר ההרוגים בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
6	LR_ALLInj_MVT	סך מספר הנפגעים בתאונות בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
7	LR_SSInj_MVT	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
8	LR_TotInj_MVT	סך מספר התאונות עם נפגעים בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
9	LR_Fat_PVT	סך מספר ההרוגים בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
10	LR_ALLInj_PVT	סך מספר הנפגעים בתאונות בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
11	LR_SSInj_PVT	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
12	LR_TotInj_PVT	סך מספר התאונות עם נפגעים בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	בסיסית	1951-2008
13	LR_Fat_Pop	סך מספר ההרוגים בהינתן גודל האוכלוסיה	בסיסית	1951-2008
14	LR_ALLInj_Pop	סך מספר הנפגעים בתאונות בהינתן גודל האוכלוסיה	בסיסית	1951-2008
15	LR_SSInj_Pop	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל בהינתן גודל האוכלוסיה	בסיסית	1951-2008
16	LR_TotInj_Pop	סך מספר התאונות עם נפגעים בהינתן גודל האוכלוסיה	בסיסית	1951-2008
17	LR_RurFat_KttRur	מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות בהינתן נסועה לא עירונית	משלימה	1980-2008
18	LR_UrbFat_KttUrb	מספר הרוגים בדרכים עירוניות בהינתן נסועה עירונית	משלימה	1980-2008
19	LR_PedFat_KttUrb	הרוגים הולכי רגל בהינתן נסועה עירונית	משלימה	1980-2008
20	LR_PedFat_KTT	הרוגים הולכי רגל בהינתן הנסועה השנתית	משלימה	1980-2008
21	LR_PedFat_MVT	הרוגים הולכי רגל בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	משלימה	1980-2008
22	LR_PedFat_PVT	הרוגים הולכי רגל בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	משלימה	1980-2008
23	LR_PedFat_Pop	הרוגים הולכי רגל בהינתן גודל האוכלוסיה	משלימה	1980-2008
24	LR_YKill_KTT	הרוגים נהגים צעירים בהינתן הנסועה השנתית	משלימה	1980-2008
25	LR_YKill_MVT	הרוגים נהגים צעירים בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	משלימה	1980-2008
26	LR_YKill_PVT	הרוגים נהגים צעירים בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	משלימה	1980-2008
27	LR_YKill_Pop	הרוגים נהגים צעירים בהינתן גודל האוכלוסיה	משלימה	1980-2008
28	LR_YSInj_KTT	נפגעים קשה נהגים צעירים בהינתן הנסועה השנתית	משלימה	1980-2008
29	LR_YSInj_MVT	נפגעים קשה נהגים צעירים בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	משלימה	1980-2008
30	LR_YSInj_PVT	נפגעים קשה נהגים צעירים בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	משלימה	1980-2008
31	LR_YSInj_Pop	נפגעים קשה נהגים צעירים בהינתן גודל האוכלוסיה	משלימה	1980-2008

מס'	שם הסדרה*	משמעות הסדרה: מדד היפגעות בהנתן מדד חשיפה	סוג סדרה	אורך הסדרה, שנים
32	LR_SFatRur_KttRur	תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות בהינתן נסועה לא עירונית	משלימה	1980-2008
33	LR_SSRur_KttRur	תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות בהינתן נסועה לא עירונית	משלימה	1980-2008
34	LR_KillLt_KTT	הרוגים ברכב קל בהינתן הנסועה השנתית	משלימה	1980-2008
35	LR_KillLt_MVT	הרוגים ברכב קל בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	משלימה	1980-2008
36	LR_KillLt_PVT	הרוגים ברכב קל בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	משלימה	1980-2008
37	LR_KillLt_Pop	הרוגים ברכב קל בהינתן גודל האוכלוסיה	משלימה	1980-2008
38	LR_SInjLt_KTT	נפגעים קשה ברכב קל בהינתן הנסועה השנתית	משלימה	1980-2008
39	LR_SInjLt_MVT	נפגעים קשה ברכב קל בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	משלימה	1980-2008
40	LR_SInjLt_PVT	נפגעים קשה ברכב קל בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	משלימה	1980-2008
41	LR_SInjLt_Pop	נפגעים קשה ברכב קל בהינתן גודל האוכלוסיה	משלימה	1980-2008
42	LR_TotInjLt_KTT	סך הנפגעים ברכב קל בהינתן הנסועה השנתית	משלימה	1980-2008
43	LR_TotInjLt_MVT	סך הנפגעים ברכב קל בהינתן סך כלי רכב רשומים במדינה	משלימה	1980-2008
44	LR_TotInjLt_PVT	סך הנפגעים ברכב קל בהינתן סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	משלימה	1980-2008
45	LR_TotInjLt_Pop	סך הנפגעים ברכב קל בהינתן גודל האוכלוסיה	משלימה	1980-2008

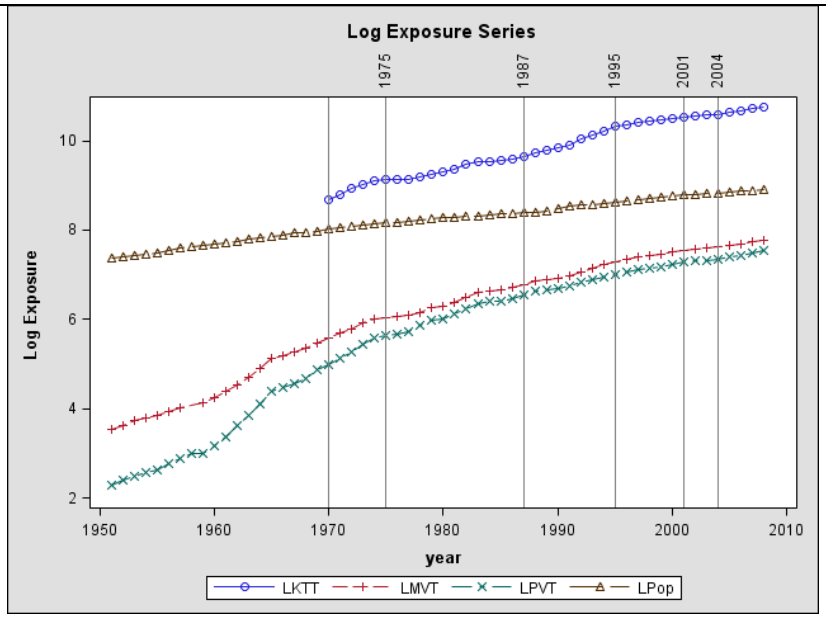
* שם כל סדרה מורכב משמות מדד ההיפגעות ומדד החשיפה שהיו בניתוח בתוספת LR מהמילה "לוגריתם"

3.2. התנהגות סדרות הנתונים

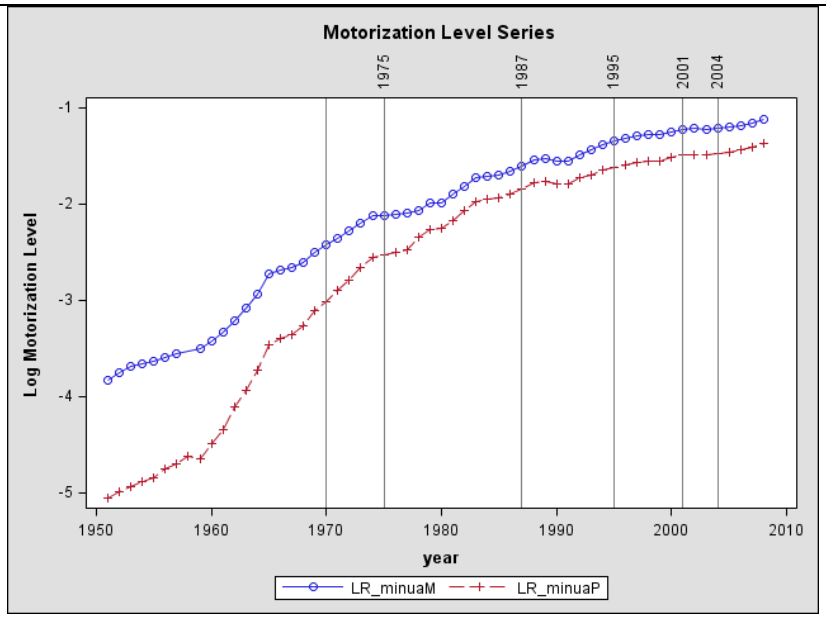
כשלב מקדים לניתוח, נבנו גרפים עם הצגה ויזואלית של התפתחות סדרות הנתונים - מדדי היפגעות ומדדי חשיפה וכמו כן, של סדרות שיעורי ההיפגעות, כיחס בין מדדי ההיפגעות (ההרוגים, הנפגעים או התאונות) לחשיפה, לאורך זמן.

הגרפים נבנו לצורכי ההמחשה הויזואלית של ההתפתחויות לאורך זמן, כאשר משיקולי אחידות ההצגה, הם נבנו בסקאלה לוגריתמית. איור 3.1 מציג, לדוגמא, את ההתפתחויות לאורך זמן של מדדי החשיפה ושל רמת המינוע.

בהמשך, איורים 3.2, 3.3 מציגים דוגמאות להתפתחות לאורך זמן של סדרות שיעורי ההיפגעות, כאשר איור 3.2 מציג את הסדרות הכלליות ואיור 3.3 - את הסדרות המשלימות. בעזרת הקווים האנכיים על ציר הזמן מסומנות השנים 1975, 1987, 1995, 2001, 2004 אשר, ע"פ מידע מקדים (ראה פרק 2), מזוהות עם התערבויות בטיחות מהותיות.



א - מדדי החשיפה, בשנים 1951-2008

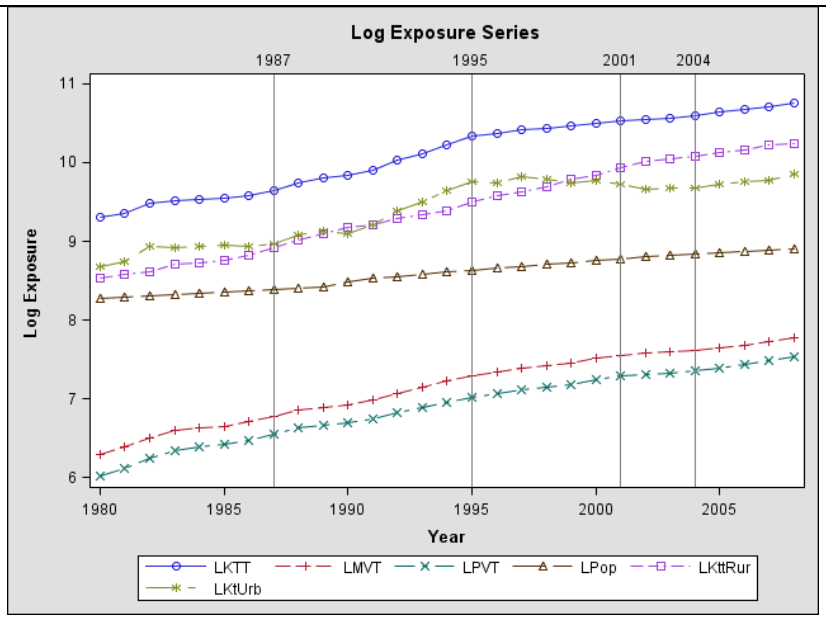


ב - רמת המינוע, בשנים 1951-2008, כאשר:

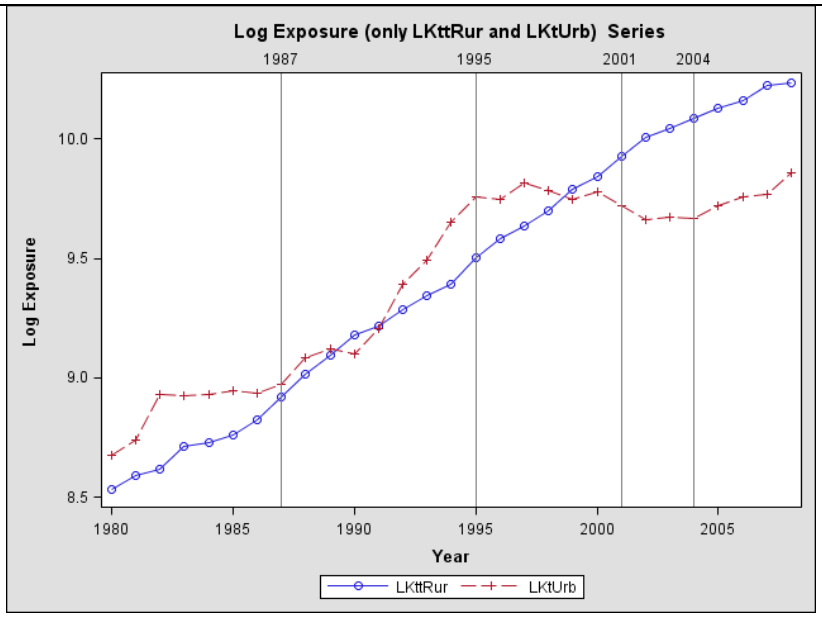
LR_minuaM - היחס בין סך כלי רכב הרשומים במדינה (MVT) לגודל האוכלוסיה;

LR_minuaP - היחס בין סך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה (PVT) לגודל האוכלוסיה.

ציור 3.1. התפתחויות לאורך זמן של מדדי החשיפה ושל רמת המינוע - דוגמאות (כל הערכים בסקאלה לוגריתמית).

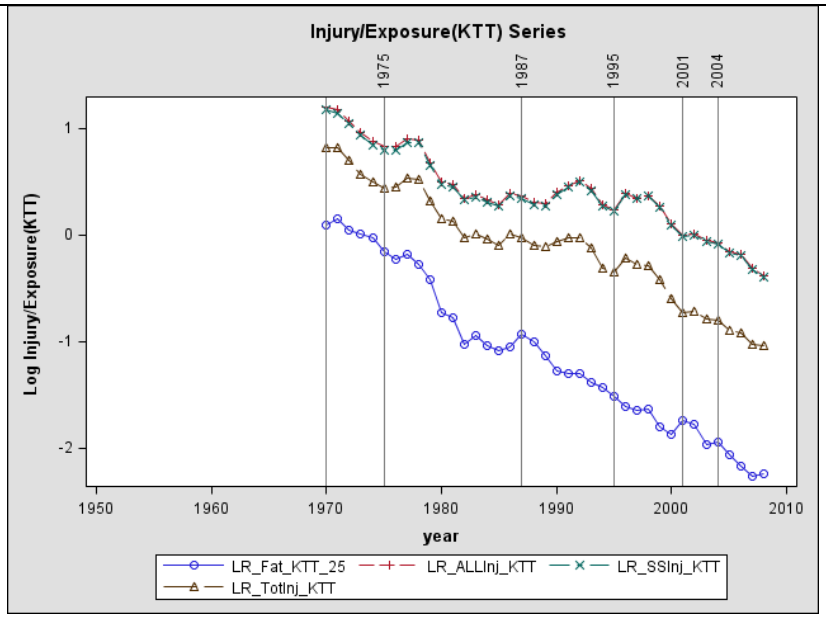


ג - מדדי החשיפה, בשנים 1980-2008

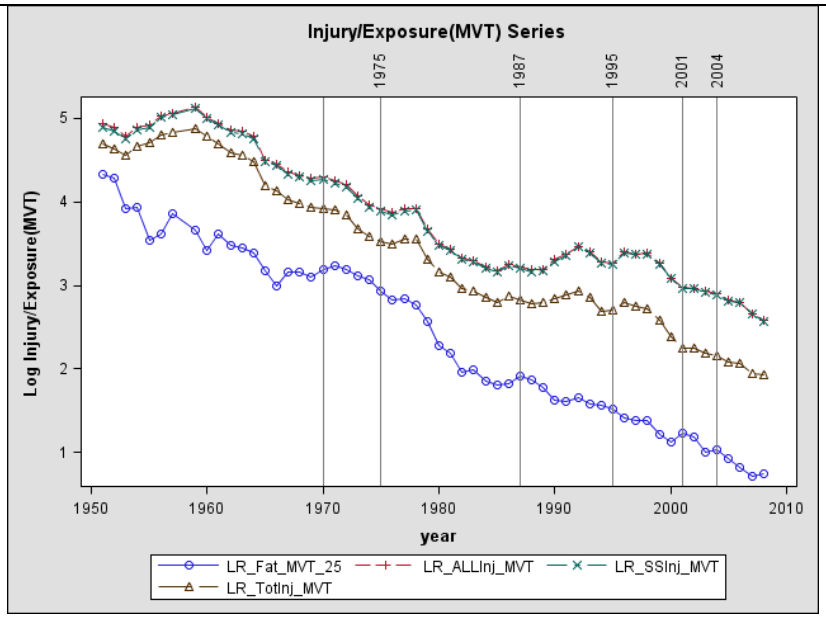


ד - אומדני נסועה לא עירונית ועירונית, בהגדלה, בשנים 1980-2008

ציור 3.1. התפתחויות לאורך זמן של מדדי החשיפה ושל רמת המינוע - דוגמאות (כל הערכים בסקאלה לוגריתמית) - המשך.



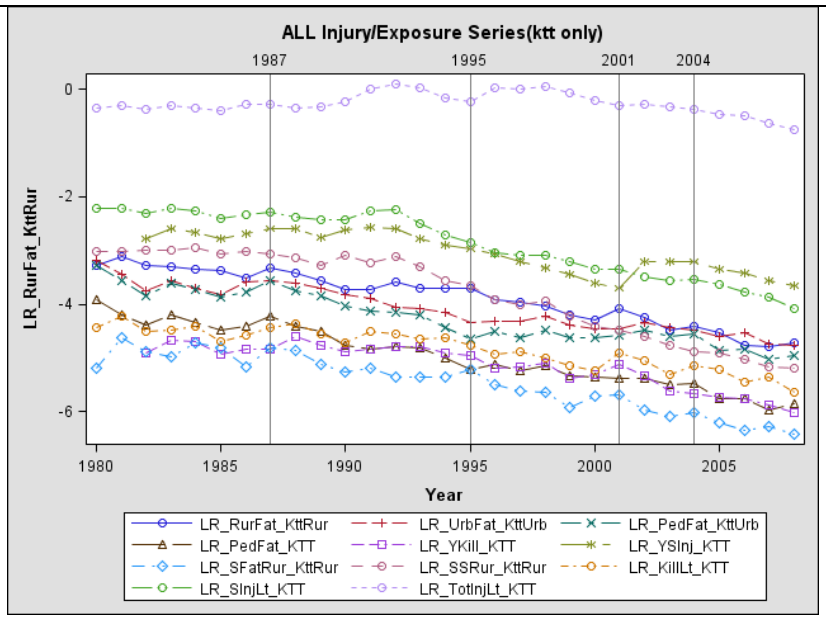
א - שיעורי היפגעות ביחס לנסועה, בשנים 1970-2008



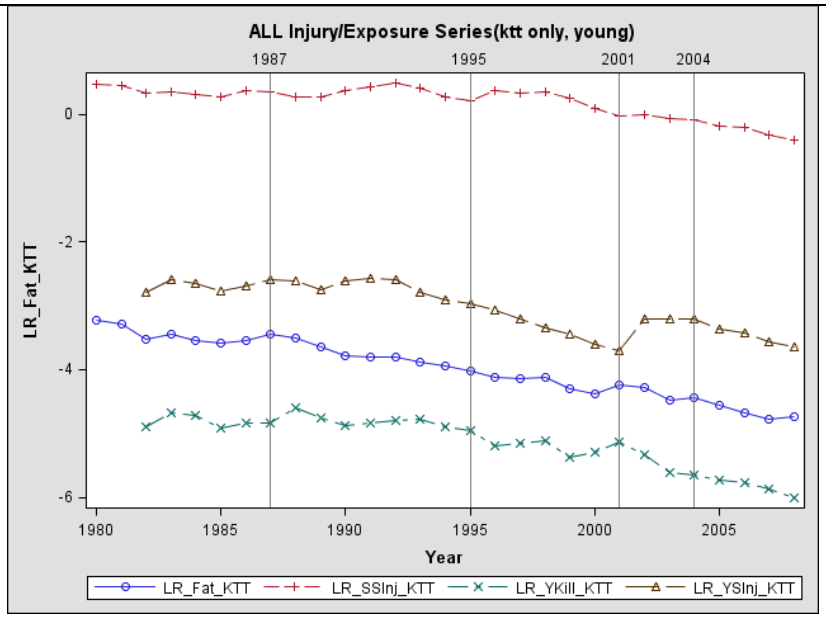
ב - שיעורי היפגעות ביחס לסך כלי רכב הרשומים במדינה (MVT)

איור 3.2. התפתחות לאורך זמן של שיעורי ההיפגעות[5] - דוגמאות לסדרות הכלליות (כל הערכים בסקאלה לוגריתמית).

[5] לצורכי ההצגה הויזואלית, נערכה הזזה של הגרפים עם שיעורי ההרוגים ביחס לחשיפה ב"+2.5" יחידות בסקאלה הלוגריתמית



א - שיעורי היפגעות ביחס לנסועה (כללית, לא עירונית, עירונית)



ב - שיעורי היפגעות לנסועה של נהגים צעירים לעומת שיעורי היפגעות לנסועה של כלל האוכלוסיה

איור 3.3. התפתחות לאורך זמן של שיעורי ההיפגעות - דוגמאות לסדרות המשלימות (כל הערכים בסקאלה לוגריתמית).

באיורים 3.1-3.3 ניתן להבחין, לדוגמא, כי:

- קיים דימיון ניכר בהתפתחות לאורך זמן של מדדי חשיפה אלה: הנסועה השנתית, סך כלי רכב רשומים במדינה, סך כלי רכב פרטיים הרשומים במדינה (בשנים 1970-2008). לעומת זאת, קיים שוני בין התפתחות אומדני הנסועה הלא עירונית לעומת הנסועה העירונית;
- קיים דימיון ניכר בהתפתחות לאורך זמן של שיעורי ההיפגעות של סך הנפגעים בתאונות, מספר הנפגעים קשה וקל, סך מספר התאונות עם נפגעים - ביחס לנסועה. לעומת זאת, התפתחות שיעור ההרוגים שונה;
- קיים דימיון מסוים בין התפתחות שיעורי ההפגעות ביחס לנסועה לעומת שיעורי ההפגעות ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה - בהתנהגות של שיעורי סך הנפגעים, התאונות וההרוגים;
- התנהגויות של הסדרות המשלימות שונות מההתנהגויות של הסדרות הכלליות;
- ע"פ הבדיקה הויזואלית נקודות הזמן של חמש השנים שנבחרו לסימון לא בהכרח מזוהות עם שינוי בסדרות שיעורי ההיפגעות. כלומר, הבדיקה הויזואלית, לרוב, אינה יכולה לזהות שינוי מהותי כלשהו בהתפתחות הסדרה. לזיהוי השינויים נדרש ניתוח סטטיסטי.

4. המודלים שפותחו במחקר וממצאיהם

4.1. כללי

במחקר זה אנו מנסים לתאר את התפתחות הבטיחות בתחבורה בישראל לאורך זמן. ההתפתחות נבחנת הן בנתונים האגרגטיביים (הסדרות הכלליות) והן בנתונים הדיס-אגרגטיביים (הסדרות המשלימות). השאיפה הינה לזהות נקודות שינוי בקשר בין רמת החשיפה לבין רמת ההיפגעות בתאונות, על מנת להבין, לאחר מכן, אילו התערבויות בטיחות גרמו לשינויים אלה.

הגישה המחקרית בעבודה זו מתבסת על המלצותיהם של Stipdonk and Berends (2008) אשר טענו שכדי להבין את השפעת התערבויות הבטיחות יש תחילה להבין כיצד החשיפה משפיעה על מספרי הנפגעים (ההרוגים, התאונות) בתתי הסדרות השונות. זאת מכיוון שההתערבות משפיעה בדרך כלל רק על חלק קטן (או מסוים) מהנפגעים או התאונות ואילו שינויי החשיפה יכולים להיות פתאומיים וניכרים.

בניתוח הנוכחי, אנו משתמשים בסדרות המודדות חשיפה באופן ישיר (כגון: נסועה) או בעזרת תחליפיה (כגון: מספר כלי רכב רשומים, גודל אוכלוסייה). ניתוח הסדרות הכלליות מבוצע עבור נתוני 1951-2008. החיסרון בשיטה של חישובי הסיכון ברמה הכללית הוא בכך שאין הבחנה בין רכיבי הניידות השונים, אשר מתאפיינים ברמות סיכון שונות, ובהתפתחות שונה של רכיביהן של חשיפה והיפגעות, לאורך זמן. ללא הבנת קשרים אלו בין חשיפה להיפגעות, הערכות התערבויות בטיחות תהיינה לא מדויקות, במובן ששינוי בנפגעים בשל שינוי בחשיפה עלול לערפל את האפקט של התערבויות בטיחות.

לכן, בנוסף לניתוח רמות סיכון בסדרות הכלליות נערך ניתוח סיכון (רמות היפגעות) עבור הסדרות המשלימות המהוות תתי סדרות של סך ההרוגים והנפגעים. עם זאת, המידע המפורט עבור תתי הסדרות נמצא רק משנת 1980.

בניתוח זה השתמשנו בהתמרת הלוג הן של סדרות הנפגעים/התאונות והן של מדדי החשיפה. התמרה זאת הינה ההתמרה המקובלת ביותר בניתוחי בטיחות בתחבורה (ראה לדוגמא את Dupont, Martensen, 2007). להתמרה זאת שני תפקידים: ייצוב שונויות והפיכת מודל כפלי למודל חיבורי.

לניתוח הנתונים ולהתאמת המודלים לביטוי הקשר בין חשיפה והיפגעות השתמשנו בשתי גישות. <u>הגישה הראשונה</u> הינה תאור התפתחות שיעורי ההיפגעות (נפגעים/ תאונות חלקי חשיפה) על פני הזמן תוך שימוש במודלים מקוטעים של רגרסיה (broken line regression models). נעשה שימוש בספריית *segmented* של R, המאפשרת התאמת מודלים מקוטעים, תוך חיפוש נקודות השבירה המתאימות. בתהליך פיתוח המודלים יש לאתר ולנקות שאריות הגורמות לתלות. לאחר התאמת המודלים אנו ננסה להבין את הסיבות לנקודות השבירה שנתגלו.

<u>הגישה השנייה</u> הינה התאמת *structural time series models*. בעזרת מודלים מסוג זה ניתן לאמוד את הרכיבים (unobserved components) הן של הרמה (level) והן של השיפוע (slope) של מודל מגמה לינארי לוקלי ושל שאריות המודל, כאשר כל זאת ניתן לעשות בניכוי משתנים מסבירים ידועים. החשיבות של רכיבים אלה היא בהתפתחות ערכיהם לאורך זמן. ניתן בעזרת

רכיבים אלה לזהות שינויים ברמה ובשיפוע הסדרה. לאחר הזיהוי ניתן לבחון את השפעת ההתערבות שזוהתה על ידי משתני התערבות (שינוי ברמה או בשיפוע). במחקר הנוכחי הותאמו מודלים חד-מימדיים (עם משתנה תלוי אחד).

נציין ששתי טכניקות אלה עדיין נמצאות בשלבי פיתוח הן בספרות הסטטיסטית הכללית והן זאת הייעודית לתחבורה (לדוגמא, בפיתוח החוקרים ממכון SWOV). בין היתר, בשלבי פיתוח נמצאים מודלים של שבירה עם התייחסות ישירה לתלות שאריות, מודלים מסוג *Unobserved Components* עבור נתונים ממשפחה אקספוננציאלית, יישום מודלים של *Unobserved Components* בתוכנות סטנדרטיות כמו SAS ו-R. עבודה זאת הינה עבודה ראשונית בטכניקות מתקדמות אלה על נתוני ישראל, והיא נועדה בעיקר לבדיקת היתכנות לביצוע ניתוחים מסוג זה.

4.2. ניתוח התפתחות של שיעורי היפגעות תוך שימוש במודלים מקוטעים של רגרסיה

בסעיף זה נציג את ממצאי הניתוח של שיעור היפגעות בעזרת מודלים מקוטעים של רגרסיה על פני הזמן. לפיתוח המודלים, כאמור, נעשה שימוש בספריית ה- *segmented* של R (Muggeo, 2003, 2008), המאפשרת התאמת מודלים מקוטעים, תוך חיפוש נקודות השבירה המתאימות.

4.2.1. מבחן Davis - בחינת קיום נקודת שבירה אחת

תחילה, לכל סדרה, בוצע מבחן Davis (Davis, 1987). 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. בעזרת המבחן, לכל סידרה מדווח על רמת מובהקות (p-value) של המבחן לשיפוע לא קבוע (כאשר p-value<0.05 מצביע על קיום שבירה מובהקת) ועל הנקודה המוצעת לשבירה.

עבור הסדרות הכלליות, זיהוי נקודת השבירה בוצע פעמיים, עבור השנים 1951-2008 ועבור השנים 1980-2008. טבלה 4.1 מסכמת את הממצאים מביצוע מבחן Davis.

ניתן לראות כי:

- למרבית הסדרות נמצאה נקודת שבירה, מה שמצביע על קיום שינוי במגמה לאורך השנים;

- מיקום נקודת השבירה המוצעת תלוי בתקופת הניתוח (בכל הסדרות הכלליות שנבחנו פעמיים, התקבלו נקודות שבירה שונות בתלות בשתי תקופות הניתוח);

- לא נמצאו נקודות שבירה (מובהקות) בסדרות כגון: במספר הרוגים כולל ביחס לנסועה השנתית (בתקופה 1980-2008); בשיעור הרוגים לסך כלי רכב רשומים במדינה (בשתי התקופות); במספר הרוגים בדרכים עירוניות ביחס לנסועה העירונית; במספר הרוגים הולכי רגל ביחס למדדי החשיפה השונים פרט לגודל האוכלוסיה; במספר נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית;

- נקודות השבירה השונות של שיעור היפגעות מסוים, לרוב, *אינן זהות* בחישוב עם מדדי החשיפה השונים (נסועה לעומת מספר כלי רכב ולעומת גודל האוכלוסיה). מאידך, נקודות השבירה, לרוב זהות כאשר שיעור ההיפגעות מחושב ביחס לסך כלי רכב רשומים או לסך כלי רכב פרטיים במדינה;

- סדרות הנפגעים עם עקביות גבוהה בנקודות השבירה, דהיינו עם אותה השנה של שינוי במגמה בכל הניתוחים עם מדדי החשיפה השונים, הן: סך מספר הנפגעים בתאונות (1998); סך מספר הנפגעים באורך קשה וקל (1998); הרוגים נהגים צעירים (1994); סך הנפגעים ברכב קל (1998). (ייתכן כי סדרות הנפגעים: סך מספר הנפגעים בתאונות, סך מספר הנפגעים באורך קשה וקל, סך הנפגעים ברכב קל - מאפיינות את אותה התופעה של כלל התאונות עם נפגעים ולכן, עבור שלוש הסדרות נמצאה אותה נקודת השבירה - שנת 1998. נקודת השבירה בשנת 1998 יכולה לנבוע, בין היתר, משינויי הדיווח על תאונות עם נפגעים שהונהגו באותה התקופה במשטרה).

טבלה 4.1. סיכום הממצאים מבחינת קיום נקודת שבירה **אחת** בסדרות שיעורי ההיפגעות

מס'	שם הסדרה	משמעות הסדרה	נקודת שבירה מוצעת בשנים 1951-2008	1951-2008: p-value	נקודת שבירה מוצעת בשנים 1980-2008	1980-2008: p-value
1	LR_Fat_KTT	סך מספר ההרוגים ביחס לנסועה השנתית	1983	< 0.01	1987	0.079 לא מובהק
2	LR_ALLInj_KTT	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לנסועה השנתית	1979	< 0.02	1998	< 0.01
3	LR_SSInj_KTT	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לנסועה השנתית	1979	< 0.03	1998	< 0.01
4	LR_TotInj_KTT	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לנסועה השנתית	1998	< 0.03	1993	< 0.01
5	LR_Fat_MVT	סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1971	0.776 לא מובהק	2001	0.077 לא מובהק
6	LR_ALLInj_MVT	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1982	< 0.01	1998	< 0.01
7	LR_SSInj_MVT	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1982	< 0.01	1998	< 0.01
8	LR_TotInj_MVT	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1982	< 0.02	1995	< 0.01
9	LR_Fat_PVT	סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1982	< 0.01	2001	< 0.05
10	LR_ALLInj_PVT	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1982	< 0.01	1998	< 0.01
11	LR_SSInj_PVT	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1982	< 0.01	1998	< 0.01
12	LR_TotInj_PVT	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1982	< 0.01	1995	< 0.01
13	LR_Fat_Pop	סך מספר ההרוגים ביחס לגודל האוכלוסיה	1971	< 0.01	1995	< 0.01
14	LR_ALLInj_Pop	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לגודל האוכלוסיה	1960	< 0.01	1998	< 0.01
15	LR_SSInj_Pop	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לגודל האוכלוסיה	1960	< 0.01	1998	< 0.01
16	LR_TotInj_Pop	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לגודל האוכלוסיה	1965	< 0.01	1995	< 0.01
17	LR_RurFat_KttRur	מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	--	--	1995	< 0.01
18	LR_UrbFat_KttUrb	מספר הרוגים בדרכים עירוניות ביחס לנסועה עירונית	--	--	1981	0.282 לא מובהק
19	LR_PedFat_KttUrb	הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה עירונית	--	--	1995	0.235 לא מובהק
20	LR_PedFat_KTT	הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה השנתית	--	--	1987	1 לא מובהק
21	LR_PedFat_MVT	הרוגים הולכי רגל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	--	--	1981	0.192 לא מובהק
22	LR_PedFat_PVT	הרוגים הולכי רגל ביסח לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	--	--	1981	0.096 לא מובהק
23	LR_PedFat_Pop	הרוגים הולכי רגל ביחס לגודל האוכלוסיה	--	--	2001	< 0.02

מס'	שם הסדרה	משמעות הסדרה	נקודת שבירה מוצעת בשנים 1951-2008	1951-2008: p-value	נקודת שבירה מוצעת בשנים 1980-2008	1980-2008: p-value
24	LR_YKill_KTT	הרוגים נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	--	--	1994	< 0.01
25	LR_YKill_MVT	הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	--	--	1994	< 0.01
26	LR_YKill_PVT	הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	--	--	1994	< 0.01
27	LR_YKill_Pop	הרוגים נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	--	--	1994	< 0.01
28	LR_YSInj_KTT	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	--	--	1988	0.081 לא מובהק
29	LR_YSInj_MVT	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	--	--	1991	< 0.05
30	LR_YSInj_PVT	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	--	--	1991	< 0.05
31	LR_YSInj_Pop	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	--	--	1991	< 0.01
32	LR_SFatRur_KttRur	תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	--	--	1981	< 0.01
33	LR_SSRur_KttRur	תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	--	--	1990	< 0.01
34	LR_KillLt_KTT	הרוגים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	--	--	1993	< 0.01
35	LR_KillLt_MVT	הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	--	--	1993	< 0.01
36	LR_KillLt_PVT	הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	--	--	1995	< 0.01
37	LR_KillLt_Pop	הרוגים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	--	--	1995	< 0.01
38	LR_SInjLt_KTT	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	--	--	1990	< 0.01
39	LR_SInjLt_MVT	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	--	--	1993	< 0.01
40	LR_SInjLt_PVT	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	--	--	1993	< 0.01
41	LR_SInjLt_Pop	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	--	--	1993	< 0.01
42	LR_TotInjLt_KTT	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	--	--	1998	< 0.01
43	LR_TotInjLt_MVT	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	--	--	1998	< 0.01
44	LR_TotInjLt_PVT	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	--	--	1998	< 0.01
45	LR_TotInjLt_Pop	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	--	--	1998	< 0.01

4.2.2. התאמת מודלים מקוטעים עם מספר נקודות שבירה

בשלב זה, לכל סידרה הותאם מודל עם מספר שבירות. המודלים הותאמו לתקופה של השנים 1980-2008. לכל סדרה הוצעו נקודות שבירה התחלתיות אפשריות בשנים 1987, 1995, 2001, 2004 (אלה השנים שבהן זוהו התערבויות בטיחות מהותיות - ראה פרק 2). האלגוריתם המופעל משתמש בנקודות השבירה ההתחלתיות ומתאים את נקודות השבירה האופטימליות. בחלק מהסדרות האלגוריתם נכשל, משום שהוא התאים נקודות שבירה מחוץ לתחום הנתונים. במקרים אלה הוצעה תת קבוצה של ערכי נקודות השבירה כך שהאלגוריתם נתן פתרונות סופיים בתחום הנתונים.

בפלטים מפיתוח המודלים, עבור כל סדרה, מוצגים[6]:

(1) "*Slope(o)*" - טבלה הכוללת את שיפועי הקטעים (est), שגיאת התקן של אמדי השיפועים, סטטיסטי t וגבול תחתון ועליון של רווח סמך ברמת סמך של 95% לשיפוע. ערך t של כ-"2" מצביע על שיפוע השונה במובהק מאפס במקטע. רווח סמך הנמצא כולו מעל אפס (גבול תחתון ועליון של רווח סמך מעל אפס), מצביע על מגמה חיובית מובהקת, כלומר עלייה מובהקת בסיכון לאורך התקופה המתאימה. מאידך, רווח סמך שכולו מתחת לאפס מצביעה על ירידה מובהקת בסיכון לאורך התקופה המתאימה.

(2) "*Confidence intervals for the breakpoints in the segmented model*" – רווח סמך לנקודות השבירה. Est הוא האמד, כאשר CI(95%).l CI(95%).u הם הגבול העליון והתחתון של רווח הסמך.

(3) "*Meaningful coefficients of the linear terms*" – ההפרש בין השיפוע בסגמנט הנוכחי פחות השיפוע בסגמנט שלפניו. ערך t של "2" או יותר מראה על הפרש מובהק. (לא הוצג נתון ה-Pvalue מפני שלא קיים מבחן מדוייק לסטטיסטי t).

(4) בהמשך הפלט מובאים מדדי טיב התאמת המודל: *R-squared* ו- *adjusted R-squared*; ערכים הקרובים ל-1 מצביעים על טיב התאמה גבוה. ערך האמד הראשון, ככלל, גבוה יותר מערך האמד השני מכיוון שאמד ה-*adjusted R-squared* כולל בתוכו גם קנס על כל פרמטר נוסף שנשאר במודל. כמו כן, מוצג מבחן לתלות שאריות זמן אחד אחורה. בהתאמת המודלים רצוי שמבחן התלות לא יהיה מובהק, כי אחרת יש ספק לגבי איכות התאמת המודל. (מבחן התלות היה מובהק ב-10 מתוך 45 המודלים - ראה טבלאות סיכום בהמשך) .

(5) החלק הגרפי של כל פלט מציג את הנתונים הגולמיים והמודל המותאם, לרבות סימון של נקודות השבירה (שנים) ורווח הסמך שלהן. כמו כן, מוצג גרף פונקציית האוטוקורלציה, המאפשר לעמוד יותר מקרוב על טיב התאמת המודל.

טבלות 4.2-4.7 בסוף פרק 4.2.2 מביאות את עיקר הממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה, ל-45 סדרות עם שיעורי ההיפגעות. לדוגמא, בסדרה 2 "סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לנסועה השנתית" (ראה שורה שניה בטבלה 4.2), בתקופת 1980-2008 היו ארבע נקודות שבירה, ביניהן רק נקודת השבירה האחרונה - בשנת 2004 - היתה מובהקת. בסדרה זו היתה מגמת ירידה בשנים 1980-1982 אשר נהפכה לקו כמעט אופקי בין השנים 1982-1998, כאשר משנת 1998 החלה מגמת ירידה (אם כי היתה התמתנות במגמת הירידה בין השנים 2000-2004). לנקודת השבירה בשנת 2004 נמצא רווח סמך רחב: בין השנים 2001-2008. מכאן ניתן להסיק שבאמצע שנות ה2000 חל שינוי חיובי בסדרה זו, אם כי ישנו חוסר ודאות לגבי שנת השינוי.

מטבלות 4.2-4.7 ניתן לראות כי:

- בסדרות של **סך ההרוגים** ביחס לחשיפה - הנסועה, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - לא נמצאו נקודות שבירה מעשיות בתקופה הנבחנת, 1980-2008: בשיעור הרוגים לנסועה כלל לא נמצאו

[6] ניתן לקבל דו"ח טכני של העיבודים הסטטיסטיים, עם הפלטים.

נקודות שבירה, כאשר ביתר הסדרות לאורך כל התקופה היו ירידות מובהקות. נקודות השבירה שנמצאו במודלים - 1994, 2003-2004 - היו עם רווח סמך רחב מאוד ומכאן, ברמה גבוהה של אי-ודאות במובן המעשי. לעומת זאת, בסדרה של שיעור הרוגים לאוכלוסיה, נצפתה התנהגות שונה: מגמת ירידה לא מובהקת בתחילת התקופה וירידה מובהקת החל מ-1996 אך עם רווח סמך רחב יחסית: 1993-1999. סה"כ, נראה כי בהתנהגות של סך ההרוגים ביחס לחשיפה ניתן לזהות שתי נקודות זמן שבהן חלו שינויים חיוביים (הגברת הירידה): הראשונה באמצע שנות התשעים (**1994-1996**) והשניה - בתחילת העשור האחרון (**2003-2004**).

- בסדרות של **סך הנפגעים בתאונות** ביחס לחשיפה - הנסועה, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - היתה ירידה או מגמת ירידה בתחילת שנות השמונים, לאחר מכן חלה הרעה במצב - עליה או מגמת עליה (החל מהשנים 1982-1984), כאשר משנת 1998 (בכל הסדרות) החלה ירידה ניכרת אשר התמתנה אך נשארה כמגמת ירידה בין השנים 2000-2004 (או 2001-2005) והתחזקה שוב החל משנת 2004 (או 2005). שינויים דומים נצפו גם בסדרה של סך הנפגעים לאוכלוסיה, כאשר נקודות השבירה החיוביות (התחלת ירידה או התחזקות בירידה) נצפו בשנים 1998 ו-2005. יצוין גם כי נקודת השבירה האחרונה, בכל הסדרות, היתה עם רווח סמך רחב, של שש-שמונה שנים, מה שמצביע על חוסר ודאות של שנת השינוי. סה"כ, בהתנהגות של סך הנפגעים בתאונות ביחס לחשיפה ניתן לזהות שתי נקודות זמן שבהן חלו שינויים חיוביים במגמה: הראשונה בסוף שנות התשעים (**1998**) והשניה - באמצע העשור האחרון (**2004-2005**).

- בסדרות של **סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל** ביחס לחשיפה נצפתה התנהגות דומה לזאת של סך הנפגעים בתאונות. כלומר, בסדרות של סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לנסועה, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - היתה ירידה או מגמת ירידה בתחילת שנות השמונים, לאחר מכן חלה הרעה במצב - עליה או מגמת עליה (החל מהשנים 1982-1985), כאשר משנת 1998 (בכל הסדרות) החלה ירידה ניכרת אשר התמתנה אך נשארה כמגמת ירידה החל משנת 2000-2001 והתחזקה שוב החל משנת 2004-2005. שינויים דומים נצפו גם בסדרה של סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל לאוכלוסיה, כאשר נקודות השבירה החיוביות (התחלת ירידה או התחזקות בירידה) נצפו בשנים 1998 ו-2005. נקודת השבירה האחרונה, בכל הסדרות, היתה עם רווח סמך רחב, של חמש-שמונה שנים, מה שמצביע על חוסר ודאות של שנת השינוי. סה"כ, בדומה לסך הנפגעים בתאונות, בהתנהגות של סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לחשיפה ניתן לזהות שתי נקודות זמן שבהן חלו שינויים חיוביים במגמה: הראשונה בסוף שנות התשעים (**1998**) והשניה - באמצע העשור האחרון (**2004-2005**).

- בסדרות של **סך מספר התאונות עם נפגעים** ביחס לחשיפה - הנסועה, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - היתה ירידה או מגמת ירידה מתחילת שנות השמונים עד סוף שנות התשעים (עם או ללא התמתנות החל משנת 1984), כאשר משנת 1998 (בכל הסדרות) החלה ירידה ניכרת אשר התמתנה אך נשארה כירידה החל משנת 2000-2001. לעומת זאת, בסדרה של סך התאונות עם נפגעים לאוכלוסיה, היתה עליה מתחילת התקופה אשר נשברה ונהפכה לירידה מובהקת החל משנת 1998 והתמתנה אך נשארה כירידה החל משנת 2001. מכאן, בהתנהגות של סך התאונות עם נפגעים ביחס לחשיפה ניתן לזהות נקודת זמן אחת שבה חל שינוי חיובי במגמה - שנת **1998**.

- בסדרה של **הרוגים בדרכים לא עירוניות** ביחס לנסועה לא עירונית היתה ירידה לאורך כל התקופה אשר התחזקה בשנת **1993**, אם כי נקודת שבירה זו התקבלה עם רווח סמך רחב של שמונה שנים.

- בסדרה של **הרוגים בדרכים העירוניות** ביחס לנסועה העירונית היתה ירידה או מגמת ירידה לאורך כל התקופה, אשר התחזקה בשנים **1989 ו-2004**. עם זאת, רווחי הסמך של נקודות השבירה היו רחבים מאוד (תשע שנים, כל אחד).

- בסדרות של **הרוגים הולכי רגל** ביחס לחשיפה - הנסועה השנתית, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - כלל לא נמצאו נקודות שבירה בתקופה הנבחנת. בסדרה של הרוגים הולכי רגל ביחס לאוכלוסיה נצפתה ירידה לאורך כל התקופה אשר התחזקה בשנת 2002, אם כי נקודת השבירה היתה עם רווח סמך רחב (שבע שנים). בסדרה של הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה העירונית נצפתה ירידה או מגמת ירידה לאורך כל התקופה, אשר התחזקה בשנים 1988 ו-2003 (רווחי הסמך של שתי הנקודות גדולים - שש שנים, כל אחד). מכאן, בהתנהגות הרוגים הולכי רגל ביחס לחשיפה ניתן לזהות שינויים חיוביים בשתי נקודות זמן: סוף שנות השמונים (**1988**) ותחילת שנות האלפיים (**2002-2003**).

- בסדרות של **הרוגים נהגים צעירים** ביחס לחשיפה - הנסועה השנתית, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - נצפה חוסר מגמה מתחילת התקופה עד תחילת שנות התשעים, כאשר החל מהשנים 1993-1994 חלה ירידה מובהקת (עם רווח סמך של ארבע-שש שנים לנקודת זמן השינוי). בסדרה של הרוגים נהגים צעירים ביחס לכלי רכב פרטיים היתה התחזקות בירידה החל משנת 2004, אם כי עם רווח סמך גדול מאוד (של עשרים וארבע שנים), מה שמוריד משמעות מעשית מנקודת שבירה זו. התנהגות הסדרה של הרוגים נהגים צעירים ביחס לאוכלוסיה היתה שונה: בסדרה זו נצפתה עליה מתחילת שנות השמונים עד אמצע שנות התשעים, נקודת השבירה כלפי מטה היתה בשנת 1994 אשר התחזקה ונהפכה לירידה מובהקת בשנת 1999 (אם כי, רווחי הסמך היו גדולים - שבע שנים לנקודה הראשונה וארבע-עשרה שנים לנקודה השניה). מכאן, בהתנהגות הרוגים נהגים צעירים ביחס לחשיפה ניתן לציין שינוי חיובי בשנת **1994** וייתכן כי - שינויים חיוביים נוספים בשנים *1999, 2004*, כאשר שתי נקודות הזמן האחרונות מתאפיינות ברמה גבוהה של אי ודאות מעשית.

- בניתוח **נפגעים קשה נהגים צעירים** ביחס לחשיפה הותאמו מודלים שונים לסדרות של נפגעים ביחס לנסועה ולכלי רכב רשומים לעומת הסדרות של נפגעים ביחס לכלי רכב פרטיים ולגודל האוכלוסיה. המודלים בקבוצה הראשונה - ביחס לנסועה ולכלי רכב רשומים - מתאפיינים ברמה נמוכה יותר של איכות ההתאמה: ערך נמוך יותר של גודל השונות המוסברת וגם מובהקות מבחן התלות. לכן, יש מקום לסמוך יותר על תוצאות המודלים מהקבוצה השניה - הנפגעים ביחס לכלי רכב פרטיים ולאוכלוסיה. במודלים אלה נצפתה עליה או מגמת עליה מתחילת התקופה עד תחילת שנות התשעים, ירידה או מגמת ירידה החל משנת 1992-1993, התחזקות הירידה (בסדרת הנפגעים לאוכלוסיה) החל משנת 1996, עליה מובהקת בשנת 2001 וירידה מובהקת החל משנת 2002-2003. מכאן, בהתנהגות נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לחשיפה ניתן לציין שינויים חיוביים בנקודות זמן אלה: **1993-1996, 2002-2003**.

- בסדרה של **תאונות קטלניות עם רכב יחיד** בדרכים הלא עירוניות ביחס לנסועה הלא עירונית נרשמה ירידה מובהקת החל משנת **1987** (אם כי, עם רווח סמך רחב, של תשע שנים).

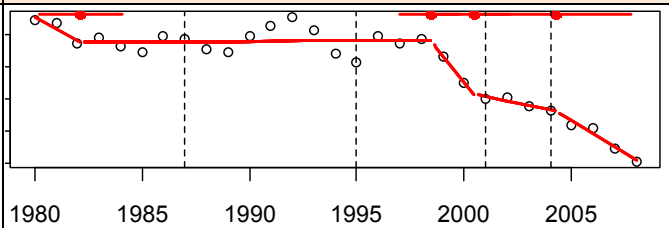
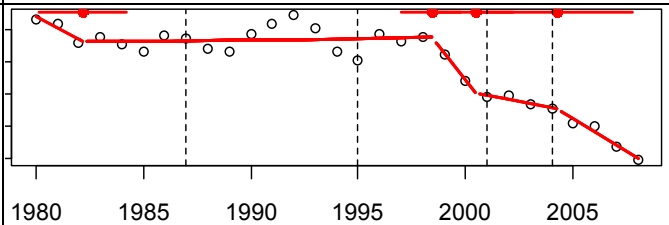
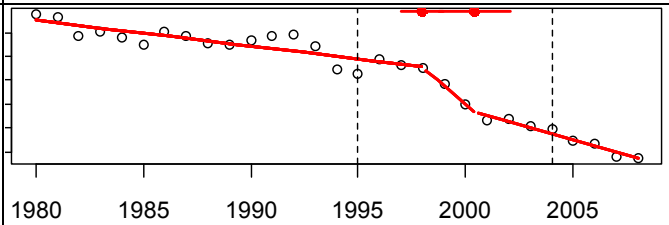
- בסדרה של **תאונות קשות עם רכב יחיד** בדרכים הלא עירוניות ביחס לנסועה הלא עירונית היתה ירידה מתחילת התקופה אשר התחזקה באופן מובהק החל משנת **1991**.

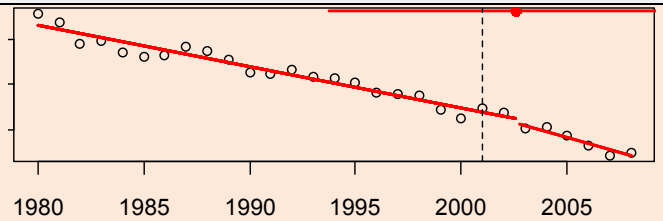
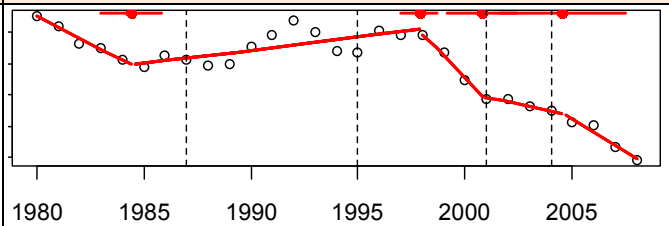
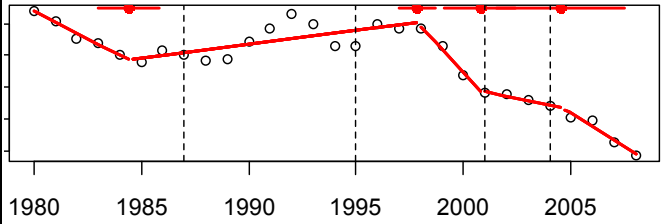
- בסדרות של **הרוגים ברכב קל** ביחס לחשיפה - הנסועה השנתית, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - נמצאו נקודות שבירה בנקודות זמן שונות. פרט למספר שנים עם מגמת עליה, באמצע שנות השמונים, מרבית התקופה הנבחנת התאפיינה בירידה או במגמת ירידה לאורך זמן. התחזקות במגמת הירידה נצפתה בשנים 1992-1993 (לפי הסדרות של הרוגים לנסועה ולכלי רכב פרטיים) או בשנת 1988 (לפי הסדרה של הרוגים לכלי רכב רשומים). בסדרה של הרוגים ברכב קל ביחס לאוכלוסיה העליה שנצפתה בתחילת התקופה השתנתה לירידה מובהקת החל משנת 1994. מכאן, בהתנהגות של הרוגים ברכב קל ביחס לחשיפה שינוי חיובי היה כפי הנראה בנקודת זמן זו: **1992-1994**.

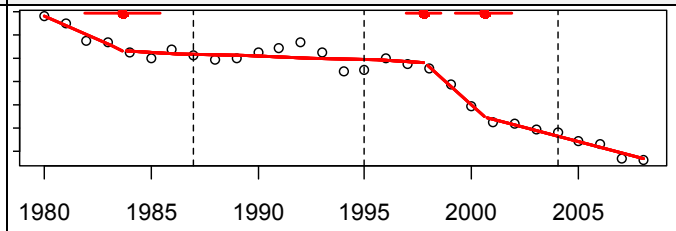
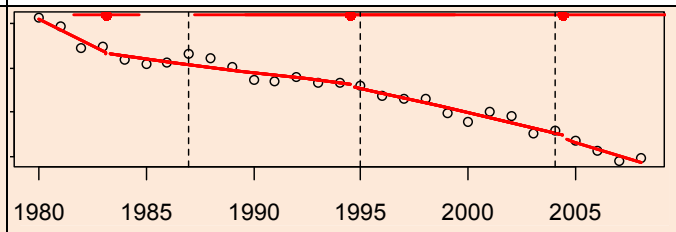
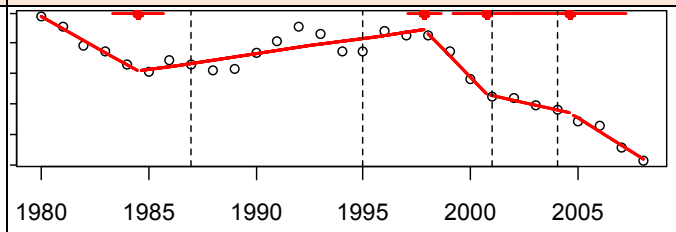
- בסדרות של **נפגעים קשה ברכב קל** ביחס לחשיפה - הנסועה השנתית, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - נמצאה נקודת שבירה זהה - שנת 1991 בה הירידה התחזקה באופן מובהק. בסדרה של נפגעים קשה ברכב קל ביחס לאוכלוסיה נמצאה עליה בתחילת התקופה וירידה מובהקת החל משנת 1993. בהתחשב באיכות גבוהה יותר של התאמת המודל האחרון (הנפגעים ביחס לאוכלוסיה) לעומת שלושת המודלים הקודמים (הנפגעים ביחס לנסועה, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים) שבהם מבחן התלות היה מובהק, יש מקום להסתמך יותר על תוצאות המודל ביחס לאוכלוסיה. כמו כן, במודל האחרון רווח הסמך של נקודת השבירה היה קטן יותר. מכאן, בהתנהגות סדרת הנפגעים קשה ברכב קל ניתן לציין נקודת שבירה עם שינוי חיובי בשנת **1993**.

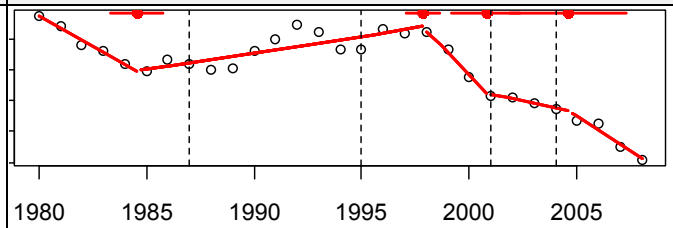
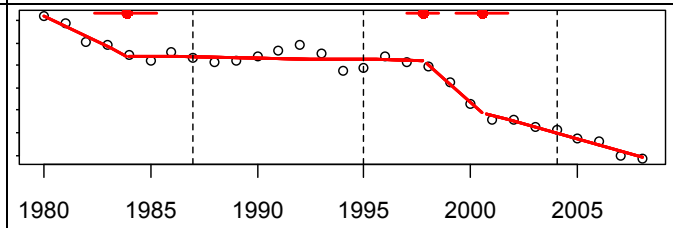
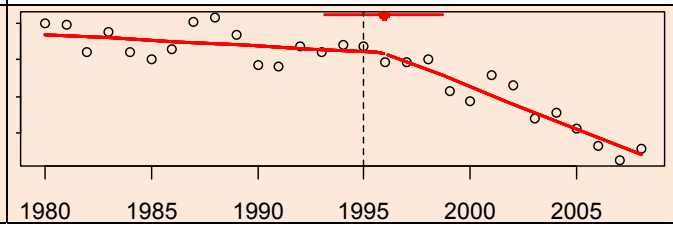
- בהתנהגות הסדרות של **סך הנפגעים ברכב קל** ביחס לחשיפה - הנסועה, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים, גודל האוכלוסיה - נצפה דימיון ניכר, כאשר שינויים חיוביים על ציר הזמן בצורת הופעת ירידה או מגמת ירידה והתחזקות בירידה נצפו בנקודות זמן אלה: בסוף שנות התשעים (1997-1998) ובאמצע שנות האלפיים (2004-2005). מכיוון שהמודל שהותאם לסדרת הנפגעים לאוכלוסיה מתאפיין באיכות גבוהה יותר לעומת יתר המודלים (שעבורם מבחן התלות היה מובהק וגם אמד השונות המוסברת היה נמוך יותר), יש מקום לסמוך יותר על תוצאות המודל של נפגעים לאוכלוסיה. מכאן, בהתנהגות סדרת סך הנפגעים ברכב קל ניתן לציין נקודות שבירה עם שינוי חיובי בשנים אלה: **1997, 2005**.

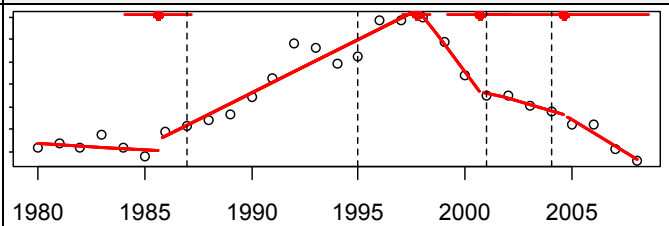
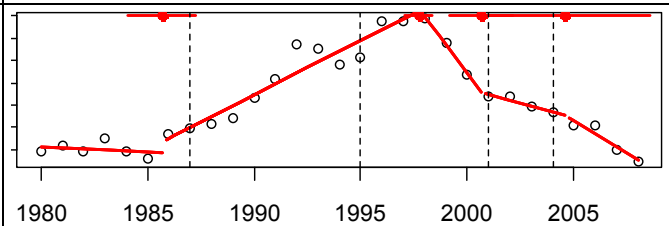
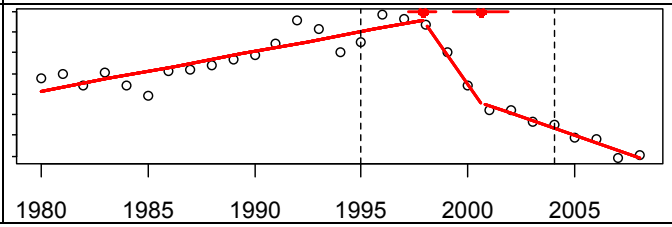
טבלה 4.2. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - הסדרות הבסיסיות של סך ההרוגים והנפגעים

מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
1	LR_Fat_KTT	סך מספר ההרוגים ביחס לנסועה השנתית	לא נמצאו נקודות שבירה	--	--	בין השנים 1980-2008 לא היו שינויים משמעותים בקו המגמה
2	LR_ALLInj_KTT (0.93)	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לנסועה השנתית	1982 (1980,1984) 1998 (1997,2000) 2000 (1999,2002) 2004 (2001,2008)	slope1 -0.073 slope2 0.0007 slope3 -0.16 slope4 -0.028 slope5* -0.081 הפרש שיפועים מובהק: אין		מגמת ירידה: מ-1998, ירידה: מ- 2004 אם כי נקודות השבירה בטווח של מספר שנים
3	LR_SSInj_KTT (0.93)	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לנסועה השנתית	1982 (1980, 1984) 1998 (1997, 2000) 2000 (1999, 2002) 2004 (2001, 2008)	slope1 -0.071 slope2 0.002 slope3 -0.166 slope4 -0.027 slope5* -0.082 הפרש שיפועים מובהק: אין		מגמת ירידה: מ-1998, ירידה: מ- 2004 אם כי נקודות השבירה בטווח של מספר שנים
4	LR_TotInj_KTT (0.97)	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לנסועה השנתית	1998 (1997, 1999) 2000 (1999, 2002)	slope1* -0.021 slope2* -0.154 slope3* -0.051 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3		ירידה לאורך כל השנים, התחזקות בירידה: מ-1998, התמתנות בירידה: מ-2000

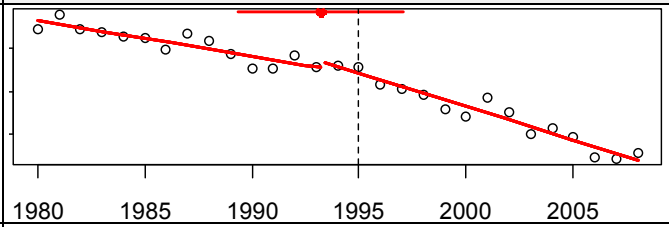
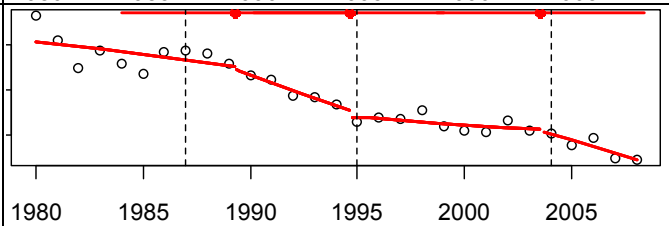
מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
5	LR_Fat_MVT (0.97)	סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	2003 (1994, 2011)	slope1* -0.046 slope2* -0.068 הפרש שיפועים מובהק: אין		ירידה לאורך כל השנים, התחזקות בירידה: מ-2003, אם כי נקודת השבירה בטווח של שנים רבות
6 ##	LR_ALLInj_MVT (0.94)	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1984 (1983, 1986) 1998 (1997, 1999) 2001 (1999, 2002) 2005 (2002, 2008)	slope1* -0.069 slope2* 0.016 slope3* -0.145 slope4 -0.028 slope5* -0.084 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ירידה מ-1980, עליה מ-1984, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001, התחזקות ירידה מ-2005, אם כי נקודת השבירה ב-2005 עם טווח רחב
7 ##	LR_SSInj_MVT (0.94)	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1984 (1983, 1986) 1998 (1997, 1999) 2001 (1999, 2002) 2005 (2002, 2008)	slope1* -0.068 slope2* 0.017 slope3* -0.146 slope4 -0.027 slope5* -0.084 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ירידה מ-1980, עליה מ-1984, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001, התחזקות ירידה מ-2005, אם כי נקודת השבירה ב-2005 עם טווח רחב

מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
8	LR_TotInj_MVT (0.98)	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1984 (1982, 1985) 1998 (1997, 1999) 2001 (1999, 2002)	slope1* -0.081 slope2 -0.007 slope3* -0.165 slope4* -0.049 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ירידה מ-1980, התמתנות מ-1984, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001
9	LR_Fat_PVT (0.98)	סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1983 (1982, 1985) 1994 (1990, 1999) 2004 (1987, 2021)	slope1* -0.123 slope2* -0.031 slope3* -0.054 slope4* -0.072 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3		ירידה לאורך כל התקופה, עם התמתנות ב-1983, התחזקות ב-1994, 2004. אם זאת, נקודות השבירה 1994, 2004 עם טווחים רחבים מאוד
10	LR_ALLInj_PVT (0.95)	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1985 (1983, 1986) 1998 (1997, 1999) 2001 (1999, 2002) 2005 (2002, 2007)	slope1* -0.079 slope2* 0.020 slope3* -0.147 slope4 -0.031 slope5* -0.090 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ירידה מ-1980, עליה מ-1985, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001, התחזקות ירידה מ-2005, אם כי נקודת השבירה ב-2005 עם טווח רחב

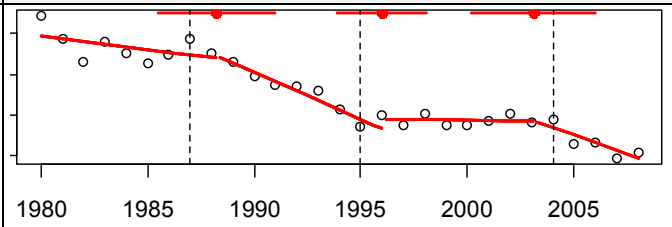
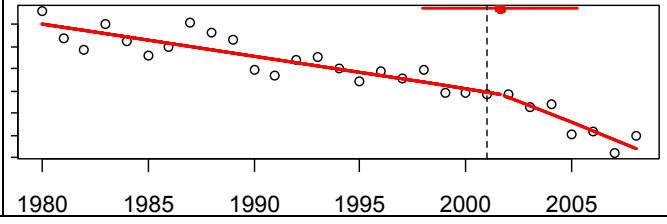
מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
11	LR_SSInj_PVT (0.95)	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1985 (1983, 1986) 1998 (1997, 1999) 2001 (1999, 2002) 2005 (2002, 2007)	slope1* -0.078 slope2* 0.021 slope3* -0.148 slope4 -0.030 slope5* -0.090 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ירידה מ-1980, עליה מ-1985, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001, התחזקות ירידה מ-2005, אם כי נקודת השבירה ב-2005 עם טווח רחב
12	LR_TotInj_PVT (0.98)	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1984 (1982, 1985) 1998 (1997, 1998) 2001 (1999, 2002)	slope1* -0.091 slope2 -0.003 slope3* -0.167 slope4* -0.053 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ירידה מ-1980, התמתנות מ-1984, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001
13	LR_Fat_Pop (0.88)	סך מספר ההרוגים ביחס לגודל האוכלוסיה	1996 (1993, 1999)	slope1 -0.006 slope2* -0.046 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		מגמת ירידה מתחילת התקופה, ירידה מובהקת מ-1996. אם כי נקודת השבירה עם טווח רחב

מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
14	LR_ALLInj_Pop (0.95)	סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לגודל האוכלוסיה	1986 (1984, 1987) 1998 (1997, 1998) 2001 (1999, 2002) 2005 (2001, 2009)	slope1 -0.006 slope2* 0.048 slope3* -0.127 slope4 -0.026 slope5* -0.059 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ללא מגמה בתחילת התקופה, עליה מ-1986, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001, התחזקות ירידה מ-2005. נקודת השבירה ב-2005 עם טווח רחב
15	LR_SSInj_Pop (0.95)	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לגודל האוכלוסיה	1986 (1984, 1987) 1998 (1997, 1998) 2001 (1999, 2002) 2005 (2001, 2009)	slope1 -0.005 slope2* 0.049 slope3* -0.128 slope4 -0.026 slope5* -0.060 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ללא מגמה בתחילת התקופה, עליה מ-1986, ירידה חזקה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001, התחזקות ירידה מ-2005. נקודת השבירה ב-2005 עם טווח רחב
16	LR_TotInj_Pop (0.94)	סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לגודל האוכלוסיה	1998 (1997, 1999) 2001 (1999, 2002)	slope1* 0.019 slope2* -0.147 slope3* -0.036 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3		עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001

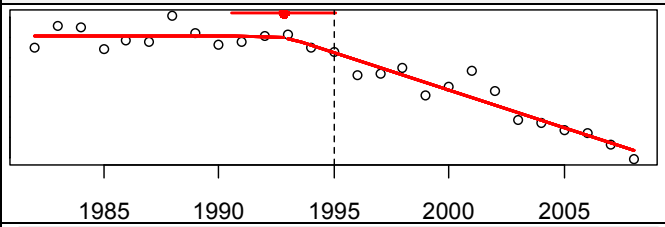
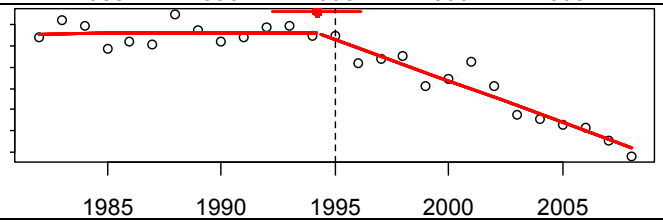
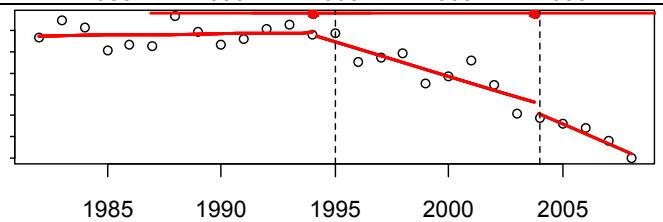
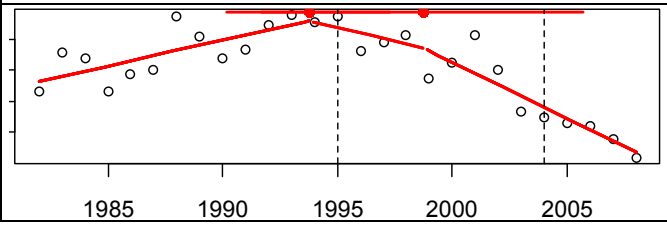
טבלה 4.3. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - הרוגים בשטח לא עירוני ועירוני

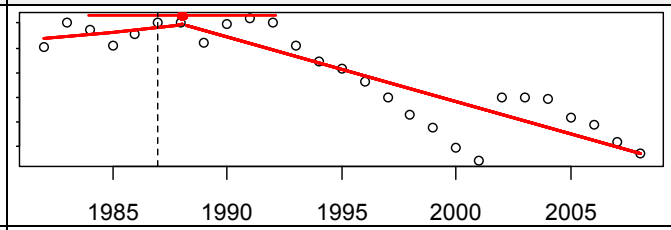
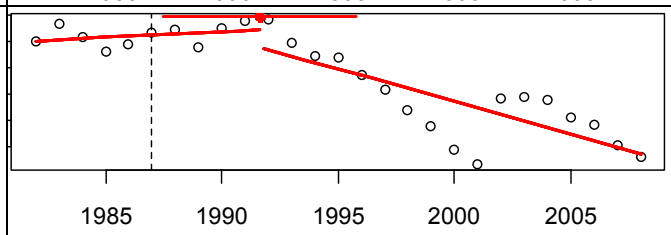
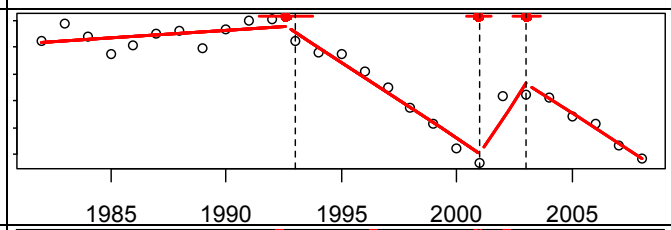
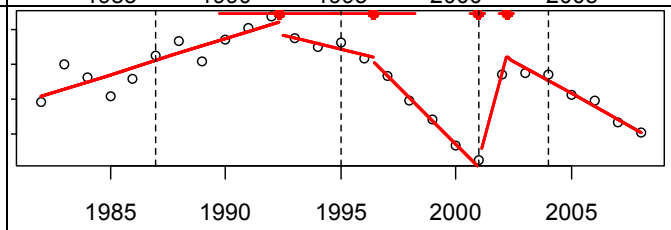
מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
17	LR_RurFat_KttRur (0.97)	מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	1993 (1989, 1997)	slope1* -0.041 slope2* -0.077 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ירידה מתחילת התקופה, התחזקות ירידה מ-1993, אם כי נקודת השבירה עם טווח רחב
18	LR_UrbFat_KttUrb (0.93)	מספר הרוגים בדרכים עירוניות ביחס לנסועה עירונית	1989 (1984, 1995) 1995 (1990, 1999) 2004 (1999, 2008)	slope1* -0.030 slope2* -0.085 slope3 -0.016 slope4 -0.071 הפרש שיפועים מובהק: אין		ירידה מתחילת התקופה, התחזקות ירידה מ-1989, התמתנות ירידה מ-1995, התחזקות ירידה מ-2004. כל נקודות השבירה עם טווח רחב

טבלה 4.4. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - הסדרות עם הרוגים הולכי רגל

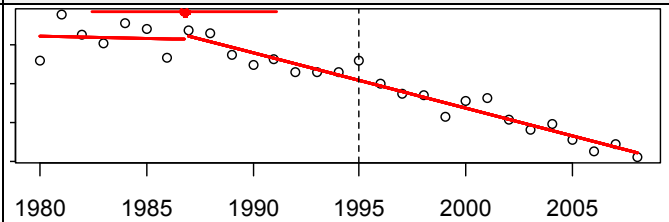
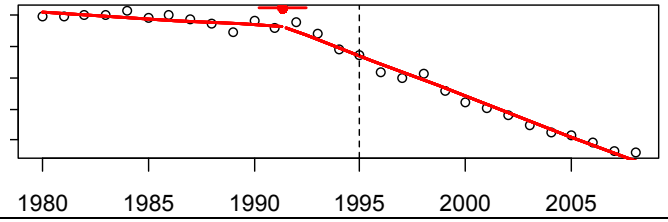
מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
19	LR_PedFat_KttUrb (0.94)	הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה עירונית	1988 (1985, 1991) 1996 (1994, 1998) 2003 (2000, 2006)	slope1* -0.032 slope2* -0.117 slope3 -0.003 slope4* -0.098 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		ירידה מתחילת התקופה, התחזקות ירידה מ-1988, התמתנות ירידה מ-1996, התחזקות ירידה מ-2003. כל נקודות השבירה עם טווח רחב
20	LR_PedFat_KTT	הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה השנתית	לא נמצאו נקודות שבירה	--	--	--
21	LR_PedFat_MVT	הרוגים הולכי רגל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	לא נמצאו נקודות שבירה	--	--	--
22	LR_PedFat_PVT	הרוגים הולכי רגל ביסח לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	לא נמצאו נקודות שבירה	--	--	--
23	LR_PedFat_Pop (0.90)	הרוגים הולכי רגל ביחס לגודל האוכלוסיה	2002 (1998, 2005)	slope1* -0.029 slope2* -0.078 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ירידה מתחילת התקופה, התחזקות ירידה מ-2002, אם כי נקודת השבירה עם טווח רחב

טבלה 4.5. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - הסדרות עם נהגים צעירים הרוגים ונפגעים קשה

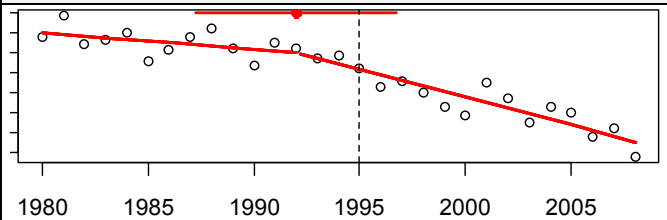
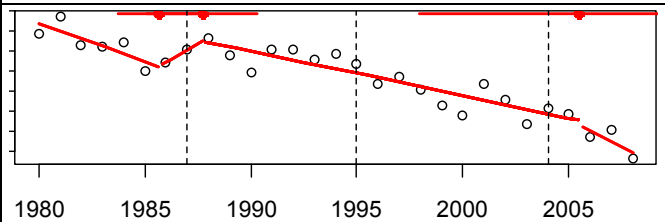
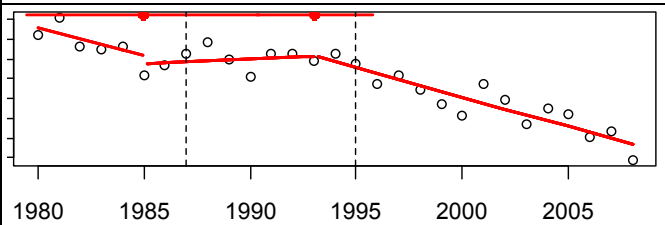
מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
24	LR_YKill_KTT (0.93)	הרוגים נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	1993 (1991, 1995)	slope1 -0.0002 slope2* -0.074 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ללא מגמה בתחילת התקופה, ירידה מ-1993.
25	LR_YKill_MVT (0.93)	הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1994 (1992, 1996)	slope1 0.001 slope2* -0.079 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ללא מגמה בתחילת התקופה, ירידה מ-1994.
26	LR_YKill_PVT (0.92)	הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1994 (1991, 1997) 2004 (1987, 2021)	slope1 0.003 slope2* -0.065 slope3* -0.090 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ללא מגמה בתחילת התקופה, ירידה מ-1994, התחזקות ירידה מ-2004. נקודות השבירה עם טווח רחב, בייחוד - 2004.
27	LR_YKill_Pop (0.79)	הרוגים נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	1994 (1990, 1997) 1999 (1992, 2006)	slope1* 0.033 slope2 -0.035 slope3* -0.072 הפרש שיפועים מובהק: אין		עליה בתחילת התקופה, מגמת ירידה מ-1994, ירידה מ-1999. נקודות השבירה עם טווח רחב, בייחוד - 1999.

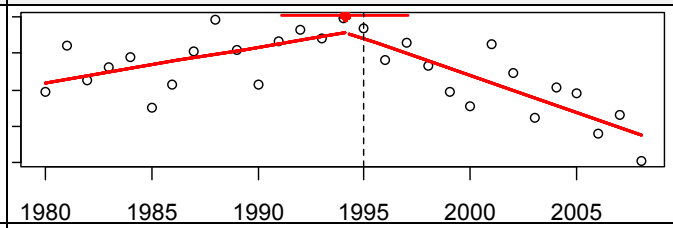
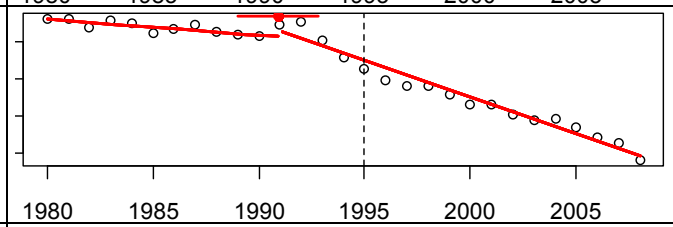
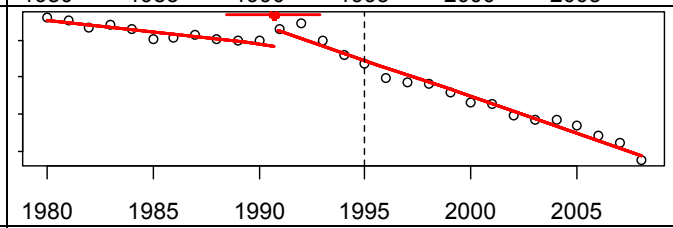
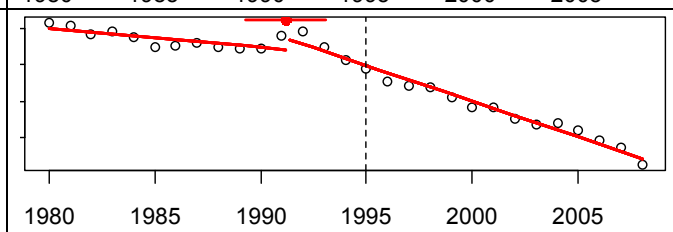
מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
28	LR_YSInj_KTT (0.78) ##	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	1988 (1984, 1992)	slope1 0.019 slope2* -0.052 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		מגמת עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1988, אם כי נקודת השבירה עם טווח רחב
29	LR_YSInj_MVT (0.77) ##	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1992 (1988, 1996)	slope1 0.009 slope2* -0.049 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		מגמת עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1992, אם כי נקודת השבירה עם טווח רחב
30	LR_YSInj_PVT (0.95)	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1993 (1991, 1994) 2001 (2000, 2001) 2003 (2002, 2004)	slope1 0.011 slope2* -0.113 slope3* 0.250 slope4* -0.112 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4		מגמת עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1993, עליה מ-2001, ירידה מ-2003
31	LR_YSInj_Pop (0.91)	נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	1992 (1990, 1995) 1996 (1995, 1998) 2001 (2001, 2001) 2002 (2002, 2003)	slope1* 0.042 slope2 -0.033 slope3* -0.132 slope4* 0.496 slope5* -0.075 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5		עליה בתחילת התקופה, מגמת ירידה מ-1992, ירידה מ-1996, עליה מ-2001, ירידה מ-2002

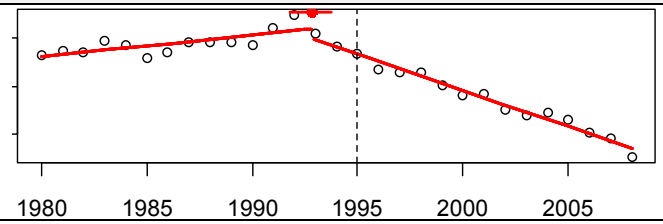
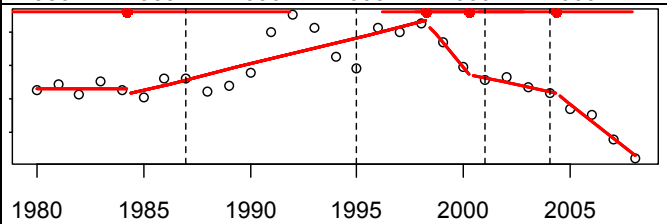
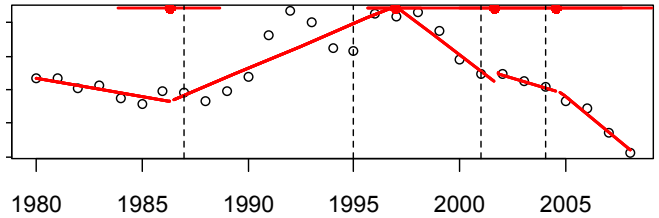
טבלה 4.6. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - תאונות רכב יחיד קטלניות וקשות, בדרכים לא עירוניות

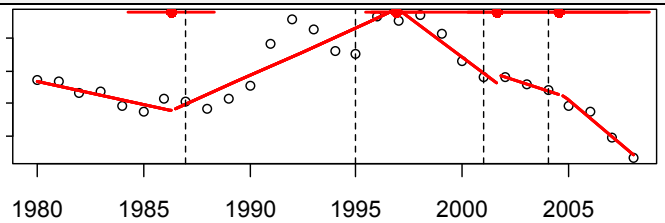
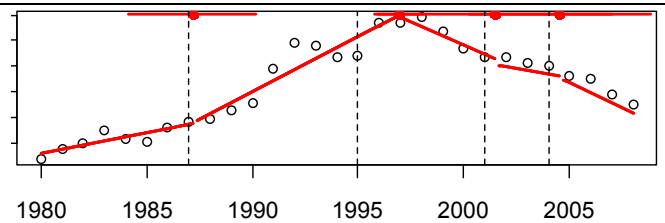
מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
32	LR_SFatRur_KttRur (0.92)	תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	1987 (1982, 1991)	slope1 -0.004 slope2* -0.071 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		מגמת ירידה מתחילת התקופה, ירידה מ-1987. נקודת השבירה עם טווח רחב
33	LR_SSRur_KttRur (0.99)	תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	1991 (1990, 1992)	slope1* -0.020 slope2* -0.129 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ירידה מתחילת התקופה, התחזקות ירידה ב-1991

טבלה 4.7. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - הרוגים ונפגעים ברכב קל

מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
34	LR_KillLt_KTT (0.89)	הרוגים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	1992 (1987, 1997)	slope1 -0.017 slope2* -0.056 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		מגמת ירידה מתחילת התקופה, ירידה מ-1992. נקודת השבירה עם טווח רחב
35	LR_KillLt_MVT (0.88)	הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1986 (1984, 1988) 1988 (1985, 1990) 2005 (1998, 2013)	slope1* -0.074 slope2 0.126 slope3* -0.044 slope4 -0.104 הפרש שיפועים מובהק: אין		ירידה מתחילת התקופה, מגמת עליה מ-1986, ירידה מ-1988, התחזקות מגמת ירידה ב-2005, נקודת השבירה ב-2005 עם טווח רחב מאוד
36	LR_KillLt_PVT (0.88)	הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1985 (1979, 1990) 1993 (1990, 1996)	slope1 -0.055 slope2 0.010 slope3* -0.060 הפרש שיפועים מובהק: 2-3		מגמת ירידה בתחילת התקופה, מגמת עליה מ-1985, ירידה מ-1993. נקודות השבירה עם טווח רחב

מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
37	LR_KillLt_Pop (0.59)	הרוגים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	1994 (1991, 1997)	slope1* 0.020 slope2* -0.041 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1994
38 ##	LR_SInjLt_KTT (0.98)	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	1991 (1989, 1993)	slope1* -0.021 slope2* -0.098 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ירידה בתחילת התקופה, התחזקות ירידה מ-1991
39 ##	LR_SInjLt_MVT (0.98)	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1991 (1988, 1993)	slope1* -0.032 slope2* -0.098 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ירידה בתחילת התקופה, התחזקות ירידה מ-1991
40 ##	LR_SInjLt_PVT (0.98)	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1991 (1989, 1993)	slope1* -0.026 slope2* -0.098 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		ירידה בתחילת התקופה, התחזקות ירידה מ-1991

מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
41	LR_SInjLt_Pop (0.97)	נפגעים קשה ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	1993 (1992, 1994)	slope1* 0.023 slope2* -0.075 הפרש שיפועים מובהק: 1-2		עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1993
42 ##	LR_TotInjLt_KTT (0.78)	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	1984 (1977, 1992) 1998 (1996, 2000) 2000 (1998, 2003) 2004 (2001, 2008)	slope1 0.0006 slope2* 0.031 slope3 -0.153 slope4 -0.028 slope5* -0.103 הפרש שיפועים מובהק: אין		ללא מגמה בתחילת התקופה, עליה מ-1984, מגמת ירידה מ-1998, התמתנות מגמת ירידה מ-2000, ירידה מ-2004. נקודות השבירה עם טווח רחב
43 ##	LR_TotInjLt_MVT (0.82)	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1986 (1984, 1989) 1997 (1996, 1998) 2002 (1996, 2008) 2005 (2000, 2009)	slope1 -0.021 slope2* 0.053 slope3* -0.097 slope4 -0.039 slope5* -0.106 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3		מגמת ירידה בתחילת התקופה, עליה מ-1986, ירידה מ-1997, התמתנות ירידה מ-2002, התחזקות ירידה מ-2005. שתי נקודות השבירה האחרונות עם טווח רחב מאוד

מס'	שם הסדרה (רמת התאמת המודל#)	משמעות הסדרה	נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%)	שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק)	גרף המודל המותאם **	משמעויות
44	LR_TotInjLt_PVT (0.84) ##	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1986 (1984, 1988) 1997 (1996, 1998) 2002 (1995, 2008) 2005 (2000, 2009)	slope1 -0.028 slope2* 0.058 slope3* -0.098 slope4 -0.043 slope5* -0.111 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3		מגמת ירידה בתחילת התקופה, עליה מ-1986, ירידה מ-1997, התמתנות ירידה מ-2002, התחזקות ירידה מ-2005. שתי נקודות השבירה האחרונות עם טווח רחב מאוד
45	LR_TotInjLt_Pop (0.94)	סך הנפגעים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	1987 (1984, 1990) 1997 (1996, 1998) 2001 (1996, 2007) 2005 (2000, 2009)	slope1* 0.034 slope2* 0.086 slope3 -0.072 slope4 -0.026 slope5* -0.081 הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3		עליה בתחילת התקופה, התחזקות עליה מ-1987, מגמת ירידה מ-1997, התמתנות ירידה מ-2001, התחזקות ירידה מ-2005. שתי נקודות השבירה האחרונות עם טווח רחב מאוד

<u>הערות לטבלות 4.2-4.7:</u>

adjusted R-squared

* מובהק (ברמת סמך 95%)

** מציג את הנתונים הגולמיים והמודל המותאם, לרבות סימון של נקודות השבירה (שנים) ורווח הסמך שלהן.

במקרים אלה מבחן התלות היה מובהק (מוריד מאיכות התאמת המודל).

4.3. פיתוח מודלים מתקדמים מסוג *structural time series models*

4.3.1. כללי

בשלב השני של הניתוח, אנו פנינו למודלים המתקדמים מסוג *structural time series models*. בעזרת מודלים מסוג זה ניתן לאמוד את הרכיבים (unobserved components) הן של הרמה (level) והן של השיפוע (slope) של מודל מגמה לינארי לוקלי ושל שאריות המודל, כאשר כל זאת ניתן לעשות בניכוי משתנים מסבירים ידועים (כגון: החשיפה). בעזרת הרכיבים שנאמדו ניתן לזהות שינויים ברמה ובשיפוע הסדרה לאורך זמן, כאשר לנקודות הזמן שבהן זוהו השינויים (ברמה או בשיפוע) ניתן לייחס השפעת התערבויות הבטיחות שיושמו בסמוך לנקודות זמן אלה.

לניתוח הנתונים אנו השתמשנו, כאמור, בהתמרת לוג. מודלים עבור התפלגויות לא נורמליות, אך מהמשפחה האקספוננציאלית (כמו מודל פואסוני או בינומי שלילי) נידונים ב- Koopman and Durbin (2001). אולם, את החישובים והתוכנות המלוות את הספר, החוקרים פרסמו לאחרונה בשימוש בתוכנת RATS ולא בתוכנת STAMP אליה הם התייחסו בספר. ישנה התייחסות מסוימת למודלים כאלה בספרם של Commandeur & Koopman (2007), אולם לא במידת פרוט המאפשרת יישום ישיר, אלא דורשת מחקר ופיתוח נוסף ליישום לנתונים במחקר זה. מאידך, הניתוח הנוכחי הינו בעיקר תאורי, ולכן גם התמרת לוג, ללא עיסוק ישיר במודלים של מנייה, עשויה לתת תמונה מספיק ברורה.

כפי שידוע בתחום הבטיחות בדרכים בכלל ומודגם בהרחבה במאמרו של Commandeur (2010), בפרט, לא ניתן "להוכיח" השפעה של התערבות מסוימת על ידי שימוש בנתונים תצפיתיים משום שאלה אינם נתונים שנבעו מניסוי מתוכנן אקראי ומבוקר (randomized controlled trial). אולם המסקנה לא צריכה להיות שעלינו להתייאש מניתוח התערבויות עבור נתונים תצפיתיים, אלא שעלינו להשתדל לחקות ניסוי אקראי מבוקר ככל האפשר עבור נתונים שהינם למעשה תצפיתיים. לדוגמא, עלינו לבקר את המשתנים המתערבים, למצוא קבוצת ביקורת (שעליה אנו מצפים שההתערבות לא תשפיע) ולבדוק שאכן בה לא חל שינוי בתקופת ההתערבות לעומת קבוצת הטיפול שעליה מצפים כי ההתערבות תשפיע, ולנתח את השינויים (בתאונות) בקבוצת הטיפול תוך כדי ניכוי השינויים שנצפו בקבוצת הביקורת.

Commandeur (2010) מדגים טכניקות לבדיקת השפעת חגירת חגורות הבטיחות, תוך כדי שימוש במודלים מסוג *structural time series models*. בסדרת הבדיקות היו:

- בדיקה מסוג *what if*: החוקר מתאים מודל לתקופה לפני ההתערבות (עם מחירי דלק כמשתנה חשיפה), חוזה את מהלך הסדרה "אחרי" ומציג את הסדרה החזויה מול האמיתית. כך ניתן לראות גרפית את תרומת חגורות הבטיחות;
- הוספת משתנה מתערב למסבירי הסידרה (מחירי דלק), כדי לאמוד נומרית את תרומת חגירת חגורות הבטיחות;
- השוואה לקבוצת ביקורת: התאמת מודל בו זמנית לסדרה הנבחנת ולסדרת הביקורת, עם אותם המשתנים המסבירים - משתנה חשיפה ומשתנה התערבות. אם אכן ההתערבות משפיעה, וסדרת הביקורת אכן מתאימה, נצפה שמקדם משתנה ההתערבות יהיה מובהק עבור הסדרה הנבדקת ולא מובהק עבור סדרת הביקורת, כך שיהיה יסוד סביר למסקנה שאכן ההתערבות גרמה לשינוי. בנוסף,

ניתן להשתמש בקשרים בין הרכיבים הלא נצפים (unobserved components) לקבלת הבנה נוספת של השפעה אפשרית של ההתערבות. כמובן שניתן להתאים מספר סדרות ביקורת שונות, וניתן לעשות ניתוחים בהשוואה לכל סדרת ביקורת בנפרד, כדי לתקף את הממצאים על פני מספר סדרות ביקורת.

הבדיקות המתוארות ע"י Commandeur (2010) הן מפורטות ונועדות לקביעת השפעת התערבות *בודדת* בסדרה מסוימת של נתוני התאונות. אולם, בסדרות בהן אנו עוסקים במחקר הנוכחי קרו מספר רב של התערבויות, כאשר לא ברור אלו מהן משפיעות ומתי. לכן, בהקשר הנוכחי, דרוש קודם כל מחקר גישוש, שמטרתו הינה למצוא את נקודות הזמן בהן חל שינוי ברמת סדרות התאונות, או בשיפוע שלהן, וזאת תוך כדי בקרת החשיפה. על ידי התבוננות בנקודות אלה בסדרות השונות ניתן יהיה לשער השערות ראשוניות לגבי השפעת התערבויות. בחינה מעמיקה יותר של סדרות מסוימות, כפי שמציג Commandeur (2010) דורשת התמקדות בשינוי אחד או במספר ידוע וקטן של שינויים והיא תתאפשר רק לאחר מחקר גישוש כמו שמתואר במחקר זה. ניתוח מעמיק יותר של נקודות ההתערבות, בכל הסדרות, דורש רמות השקעה ניכרות אשר מעבר למסגרת מחקר זה.

4.3.2. המודלים שהותאמו לנתונים

נגדיר:

1) משתנה ההרוגים/ הנפגעים/ התאונות

$$y_t = \mathbf{log(fatalities\ or\ accidents\ or\ injuries)}$$

2) משתנה החשיפה

$$x_t = \mathbf{log(exposure)}$$

המודל שמותאם לנתונים הינו מודל של *structural time series models*, כפי שמתואר לדוגמה ב- Commandeur and Koopman (2007). משוואת המדידה (observation measurement) תהיה כלהלן:

$$y_t = \mu_t + \beta x_t + \varepsilon_t \quad t = 1,\ldots,n$$
$$\textit{where}$$
$$\varepsilon_t \sim NID(0,\sigma_\varepsilon^2)$$

כאשר:

μ_t = מגמת הסדרה (trend);

ε_t = שאריות המודל;

NID – מסמן שהשאריות מתפלגות נורמלית והן בלתי תלויות.

משוואות המצב (state equations):

$$\mu_{t+1} = \mu_t + b_t + \xi_t \quad \xi_t \sim NID(0,\sigma_\xi^2)$$
$$b_{t+1} = b_t + \varsigma_t \quad \varsigma_t \sim NID(0,\sigma_\varsigma^2)$$

כאשר:

μ_t - חותך (level);

b_t - קבוע הרגרסיה או שיפוע (slope).

הן החותך והן השיפוע מורשים להשתנות בזמן. כאשר קובעים את ה- σ_ξ^2 להיות אפס, נקבל מודל עם חותך ללא אקראיות (בהינתן b_t) וכאשר קובעים את ה-σ_ς^2 להיות אפס מקבלים מודל עם שיפוע קבוע.

בפיתוח המודלים היו שלושה שלבים:

בשלב א', לכל סדרה הותאמו שלושה מודלים: מודל עם חותך ושיפוע אקראיים, מודל עם חותך אקראי ושיפוע קבוע ומודל עם חותך קבוע ושיפוע אקראי. לכל סדרה, נבחר המודל המתאים ביותר עבורה;

בשלב ב', לכל סדרה, עבור המודל שנבחר נבחנו רכיבי המודל וטיב התאמה;

בשלב ג', לאחר אימות המודלים, לכל סדרה נבנו תחזיות מנקודות התערבות מסוימות, דהיינו נבנו גרפים של תחזית מסוג מה היה קורה לו המצב לפני ההתערבות היה נמשך.

4.3.3. הממצאים

<u>נספח ד'</u> מציג תוצאות של שלב א' לפיתוח המודלים - התאמת שלושה מודלים לכל סדרה, דהיינו מודל עם חותך ושיפוע אקראיים, מודל עם חותך אקראי ושיפוע קבוע ומודל עם חותך קבוע ושיפוע אקראי, ובחירת המודל המתאים לכל סדרה. ניתן לראות שבכל שילובי החשיפה וסדרות הנפגעים התאים מודל *עם חותך אקראי ושיפוע קבוע* (הסתמכנו על אמד BIC שצריך לשאוף לערך מינימלי - ראה פלטים בנספח ד').

<u>נספח ה'</u> מציג ממצאים משלב ב' לפיתוח המודלים - הצגת רכיבי המודלים וטיב התאמה, לגבי כל סדרה, עבור המודל שנבחר. בפלטים אלה מוצגים:

(א) מובהקויות רכיבי המודל - מובהקות שונויות הרכיבים האקראיים ומקדמי הרגרסיה הקבועים (ראה: Final Estimates of the Free Parameters). בנוסף, מוצגות מובהקויות רכיבי המודל בהתבסס על סוף הסדרה (ראה: Significance Analysis of Components (Based on the Final State)).

(ב) טיב התאמה על פי שאריות (ראה: Fit Statistics Based on Residuals).

(ג) שאריות ודיאגנוסטיקה על שאריות (בחיזוי צעד אחד קדימה). במודל עם טיב התאמה גבוה השאריות צריכות להיות בקירוב נורמליות, בלתי מתואמות וחסרות מבנה. להדגמת תכונות אלה מובאים גרפים של השוואה להיסטוגרם נורמאלי, QQPLOT, ACF, PACF, CUSUM, Residual white noise test.

(ד) לכל סדרה חושבו שני גרפים: filtered (מסונן) ו-smoothed (מוחלק). האמד המסונן של רכיב בזמן t הינו אמד המתבסס על תצפיות מתחילת התקופה עד לזמן t-1. לעומת זאת, האמד המוחלק של רכיב בזמן t הינו אמד המתבסס על כל התצפיות - מהראשונה עד לאחרונה ולכן, הוא מדויק וחלק

יותר מהאמד המסונן. כאשר מבצעים תחזית, בטווח התחזית שני סוגי האמדים מתבססים על אותן התצפיות. עבור המודל שמותאם עם חותך אקראי מובא האמד המוחלק - Smoothed Level Plot.

(ה) לבדיקת התאמה כוללת של המודל מובאים שני גרפים: Forecasts Plot - גרף תחזית, ו- Smoothed Trend and Regression effects Plot - גרף של סכום שני רכיבי המודל (מגמה ואפקט רגרסיה של החשיפה). הגרף הראשון בונה חיזוי לנקודת זמן t+1 על סמך המצב עד נקודת הזמן t, כאשר הגרף השני כולל גם תיקון לפי העתיד ולכן, התחזית מדויקת יותר.

מהתבוננות בפלטים (ראה נספח ה') ניתן להסיק כי עבור רוב הסדרות המודל מתאים והנחותיו מתקיימות. כאשר ישנם חריגים, קיים צורך לבדוק את מהותם ולפי ממצאי הבדיקה לנתח שנית. המחקר הנוכחי הוגדר כמחקר גישוש ותוצאותיו כמקדמיות ולכן, נושא זה (של הגברת טיב התאמת המודלים) לא טופל.

בשלב ג' לפיתוח המודלים, נערך יישום ראשוני של המודלים שפותחו, כאשר נבנו תחזיות מנקודות התערבות מסוימות המאפשרות השוואה בין מה שהיה קורה לו המצב לפני ההתערבות היה נמשך לבין ההתפתחויות בפועל.

לכל סדרה, נבנו גרפים של תחזית מנקודות זמן אלה: 1974, 1987, 1994, 2000, 2003, 2004 (נקודות זמן אלה סמוכות להתערבויות בטיחות מהותיות שזוהו קודם – ראה פרק 2; נקודת הזמן 1974 נבדקה רק בסדרות הבסיסיות שכוללות נתונים לפני 1980).

נקודת התחלת התחזית הרב שלבית בכל גרף היא נקודת התערבות מסוימת. מטרת הגרפים היא לנסות ולתאר, באמצעות התחזית, מה היה קורה אילו לא הייתה התערבות, לצייר באותו גרף מה קרה בפועל ולהשוות. הגרפים נבנו בשיטת סכום שני רכיבי המודל (מגמה מוחלקת ואפקט רגרסיה של החשיפה) בתוספת תחזית מעבר לנקודת ההתערבות. לקו התחזית מוצג גם רווח סמך ברמת מובהקות 95%. עם זאת, מהגרפים אין הסקה פורמלית או טענה לסיבתיות, כאשר הניתוח הינו תיאורי בלבד.

טבלות 4.8-4.9 בסוף פרק 4.3.3 (עמ' 68-101) מביאות סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות והסדרות המשלימות, בהתאמה.

לדוגמא, בסדרה 1 "סך מספר ההרוגים ביחס לנסועה השנתית" (ראה שורה ראשונה בטבלה 4.8), קו התחזית משנת 1974 נמצא מעל כל הנקודות של ההתפתחות בפועל, מה שמצביע על שינוי חיובי בתהליך - ירידה בסיכון. בתחזיות שנבנו מנקודות הזמן 1987, 1994, קו התחזית עובר בין נקודות ההתפתחות בפועל, מה שמצביע על אי-שינוי בתהליך. לעומת זאת, קו התחזית משנת 2000 נמצא מתחת לכל הנקודות של ההתפתחות בפועל, דהיינו חלה הרעה בתהליך - עליה בסיכון. בתחזית משנת 2003 קו התחזית עובר בין הנקודות - אין שינוי בתהליך; בתחזית משנת 2004 כל הנקודות פרט לאחת היו מתחת לקו התחזית, דהיינו חל שיפור בתהליך - ירידה בסיכון.

על סמך בחינה ויזואלית של הבדלים בין התחזית ובין התפתחות התהליך בפועל, טבלות 4.10-4.11, בהמשך (עמ' 102-104), מסכמות את המשמעויות של נקודות הזמן שנבחנו בעזרת התחזיות. בהתאם להתפתחות התהליך לעומת התחזית, נקודות הזמן שנבחנו חולקו לשלוש קבוצות שהן:

(א) נקודות הזמן שמזוהות עם שינוי חיובי - ירידה בתהליך בפועל לעומת התחזית (קו התחזית נמצא מעל כל הנקודות של ההתפתחות בפועל, או כל הנקודות פרט לאחת - מקרים כאלה מסומנים ב-*);

(ב) נקודות הזמן שמזוהות עם תחזית אשר דומה להתפתחות בפועל (קו התחזית עובר בין נקודות ההתפתחות בפועל);

(ג) נקודות הזמן שמזוהות עם הרעה - עליה בתהליך בפועל לעומת התחזית (קו התחזית נמצא מתחת לכל הנקודות של ההתפתחות בפועל).

מבחינת חלוקת משמעויות נקודות הזמן שנבדקו בעזרת התחזיות, לגבי התפתחות התהליכים השונים שנבחנו (ראה טבלות 4.11-4.8) עולות המשמעויות כלהלן:

- **בסך ההרוגים** במדינה היו שתי נקודות זמן שבהן נצפה שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות: **1974 ו-2004**. לעומת זאת, שנת 2000 מזוהה, באופן עקבי, עם הרעה (עליה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות. לגבי יתר הנקודות בזמן שנבדקו: 1987, 1994, 2003 - ההתפתחות בהמשך לרוב היתה דומה לתחזית ההתפתחות, דהיינו בעקבות התערבויות הבטיחות שהיו בסמוך לנקודות זמן אלה לא היו שינויים מהותיים בתהליך.

- **בסך מספר הנפגעים** בתאונות היו שלוש נקודות זמן שבהן, באופן עקבי, נצפה שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות: **2000, 2003, 2004**. לעומת זאת, שנת 1987 מזוהה, באופן עקבי (על פני מספר מודלים עם אומדני חשיפה שונים), עם הרעה - עליה בסיכון לעומת תחזית ההתפתחות, כאשר בעקבות השנים 1974, 1994 לא נמצאו שינויים מהותיים בתהליך.

- **בסך מספר הנפגעים באורח קשה וקל** היו שלוש נקודות זמן שבהן, באופן עקבי, נצפה שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות: **2000, 2003, 2004**. לעומת זאת, שנת 1987 מזוהה, באופן עקבי, עם הרעה - עליה בסיכון לעומת תחזית ההתפתחות, כאשר בעקבות השנים 1974, 1994, לרוב, לא נמצאו שינויים מהותיים בתהליך. תוצאות אלה דומות לתוצאות שהתקבלו עבור סך מספר הנפגעים בתאונות.

- גם עבור **סך מספר התאונות עם נפגעים** התקבלו תוצאות דומות לאלה שהתקבלו עבור סך מספר הנפגעים ועבור סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל. כלומר, נמצאו שלוש נקודות זמן שבהן, באופן עקבי, נצפה שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות: **2000, 2003, 2004**, כאשר שנת 1987 מזוהה, באופן עקבי, עם הרעה - עליה בסיכון לעומת תחזית ההתפתחות ובעקבות השנים 1974, 1994, לרוב, לא נמצאו שינויים מהותיים בתהליך.

- במספר **הרוגים בדרכים לא עירוניות** נמצאו ארבע נקודות זמן שבהן נצפה שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות: **1987, 1994, 2003, 2004**. (עבור השנים 1994, 2003 ממצא זה נכון בקירוב, דהיינו פרט לנקודה אחת בתקופת אחרי הזמן הנבחן שנמצאה מעל לתחזית). לעומת זאת, אחרי שנת 2000 התפתחות התהליך היתה דומה לתחזית.

- במספר **הרוגים בדרכים עירוניות** נמצאו שלוש נקודות זמן שבהן נצפה שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות: **2000, 2003, 2004**. (עבור כל השנים האלה ממצא זה נכון בקירוב,

דהיינו פרט לנקודה אחת בתקופת אחרי הזמן הנבחן שנמצאה מעל לתחזית). לעומת זאת, שנת 1987 מזוהה עם הרעה - עליה בסיכון (הטענה נכונה בקירוב, דהיינו פרט לנקודה אחת בתקופת האחרי שנמצאה מתחת לתחזית), כאשר אחרי שנת 1994 התפתחות התהליך היתה דומה לתחזית.

- במספר **הרוגים הולכי רגל**, נמצאו שתי נקודות זמן שבהן נצפה שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות: **2003, 2004**. יצוין כי בכל הבחינות (בכל המודלים עם אומדני חשיפה שונים) היה קונסנסוס לגבי שנת 2004, בעוד ששנת 2003 היתה מזוהה עם שינוי חיובי ברוב הבחינות. ביתר השנים שנבחנו: 1987, 1994, 2000 - לרוב, נמצא כי התפתחות התהליך בעקבות נקודות זמן אלה היתה דומה לתחזית.

- במספר **הרוגים נהגים צעירים**, בכל הבחינות נמצא כי שנת **1994** מזוהה עם שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות. לעומת זאת, שינוי חיובי בהתפתחות הסדרה בתחילת שנות האלפיים נמצא רק בשתי בחינות (ביחס לנסועה ולאוכלוסיה) - בשנת ***2004***, כאשר לגבי שנת 2003 התקבלו תשובות סותרות: בחלק מהבחינות היא מזוהה עם שיפור או חוסר שינוי בתהליך, בעוד שבשתי בחינות (ביחס לסך כלי רכב רשומים ולכלי רכב פרטיים) שנה זו מזוהה עם הרעה בתהליך. כמו כן, שנת 1987, לרוב, מזוהה עם הרעה בתהליך ושנת 2000 - לרוב, עם חוסר שינוי בהתפתחות.

- במספר **נפגעים קשה נהגים צעירים**, בכל הבחינות, שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות נמצא בעקבות שנים אלה: **1994, 2003, 2004**. לעומת זאת, השנים 1987, 2000 מזוהות, ע"פ רוב, עם חוסר שינוי בתהליך.

- במספר **תאונות קטלניות עם רכב יחיד** בדרכים לא עירוניות שינוי חיובי (ירידה בסיכון) מזוהה עם שנים אלה: **1987, 2003, 2004**, כאשר בעקבות השנים 1994, 2000 לא נמצא שינוי בתהליך.

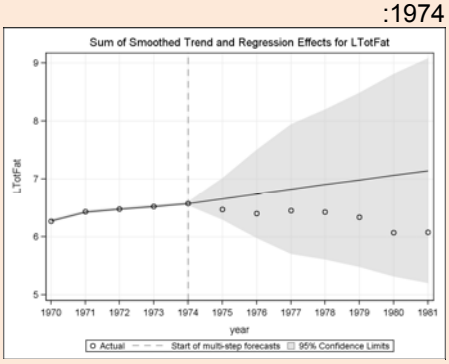
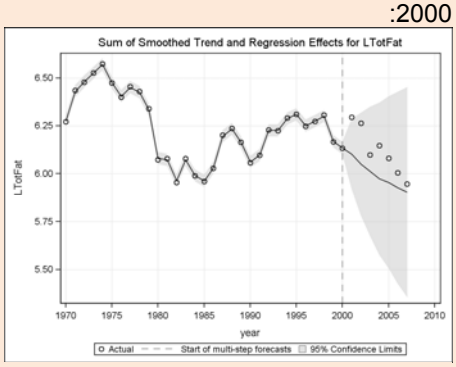
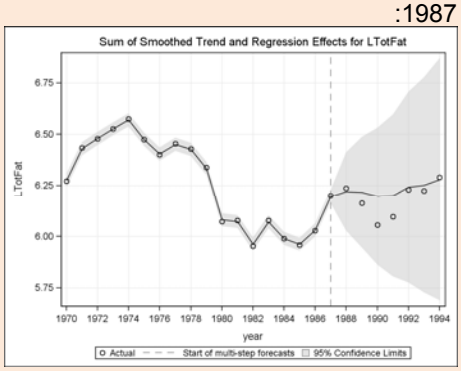
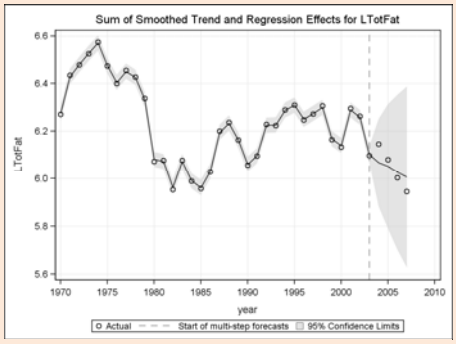
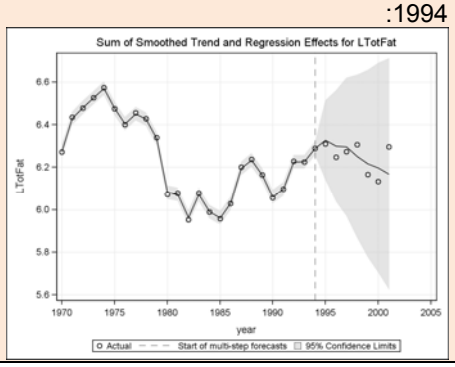
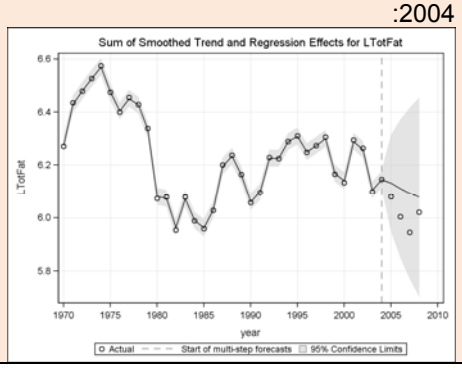
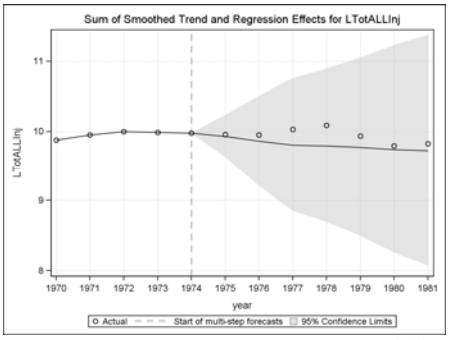
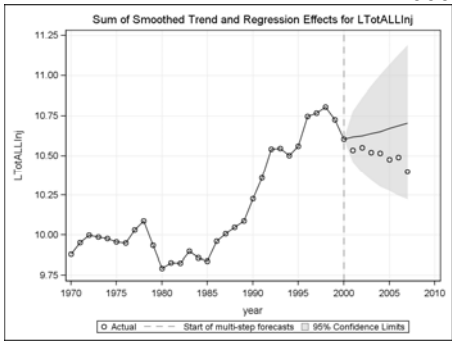
- במספר **תאונות קשות עם רכב יחיד** בדרכים לא עירוניות שינוי חיובי (ירידה בסיכון) מזוהה עם שנים אלה: **1987, 1994, 2000, 2003**, כאשר בעקבות שנת 2004 לא נמצא שינוי בתהליך.

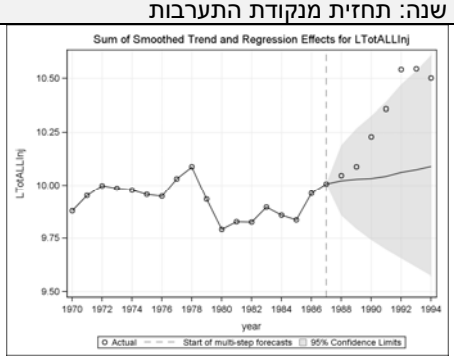
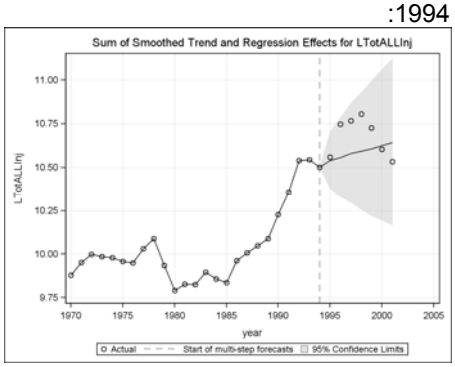
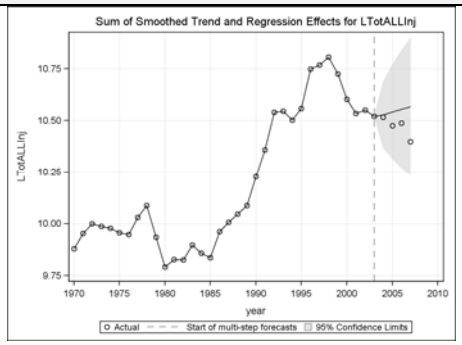
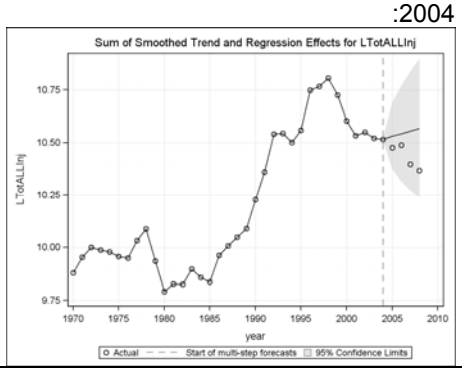
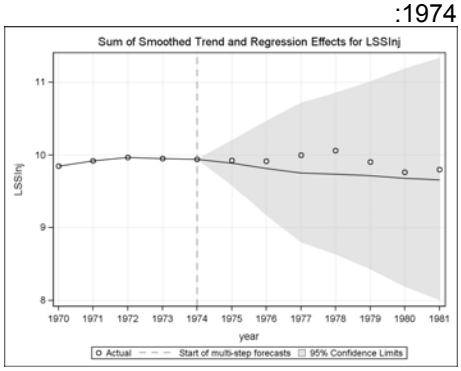
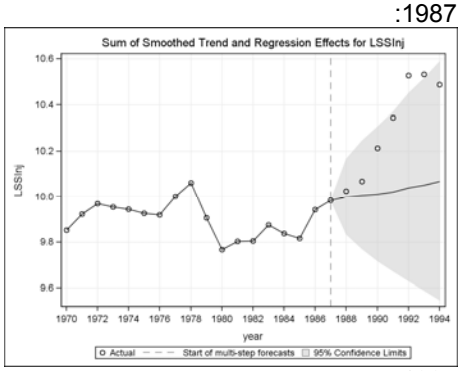
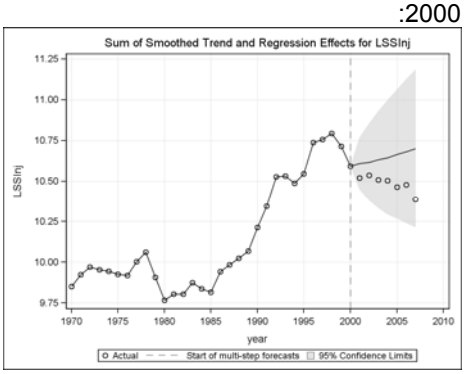
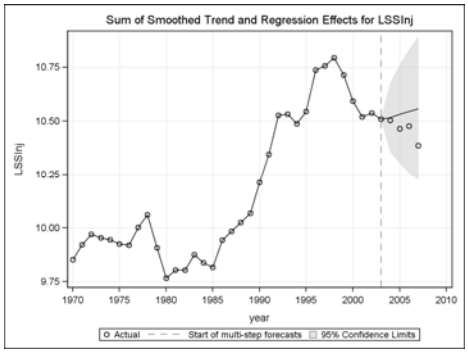
- במספר **הרוגים ברכב קל**, בכל הבחינות נמצא כי שנת **1994** מזוהה עם שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות. כמו כן, שינוי חיובי בהתפתחות הסדרה בתחילת שנות האלפיים נמצא בבחינה אחת (ביחס לאוכלוסיה) - בשנת *2004*. ע"פ רוב הבחינות, השנים 1987 ו-2000 מזוהות עם הרעה (עליה בסיכון) בהתפתחות התהליך, כאשר בעקבות שנת 2003, ע"פ כל הבחינות, לא נמצא שינוי בתהליך.

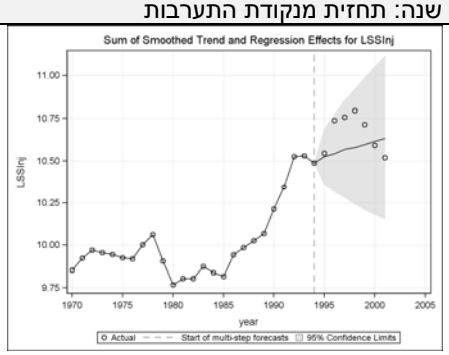
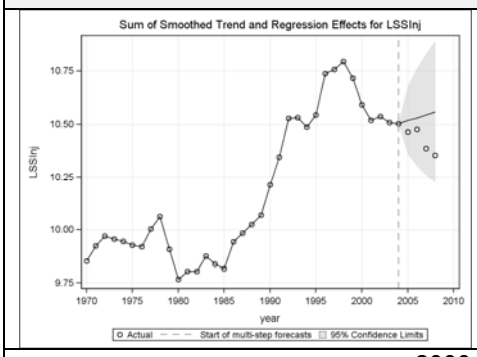
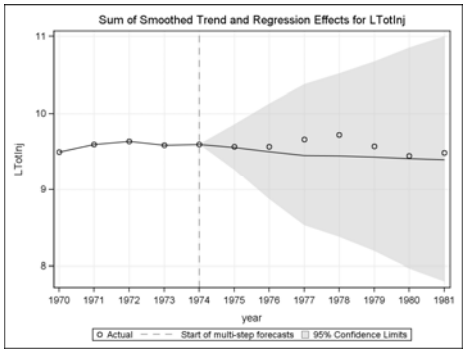
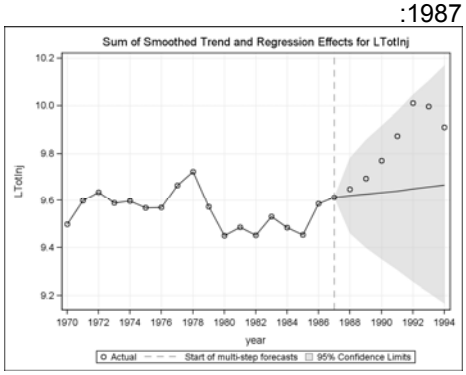
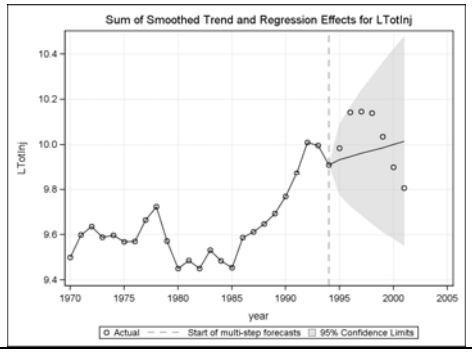
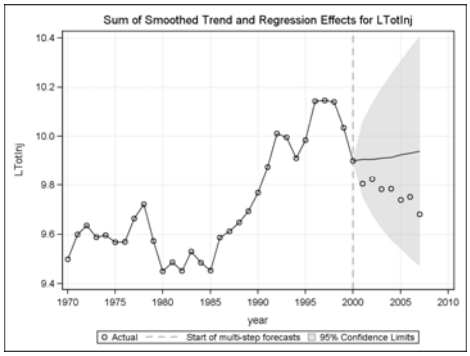
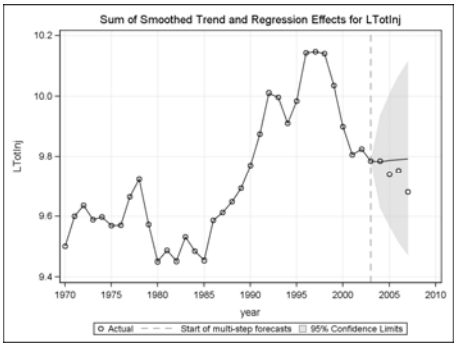
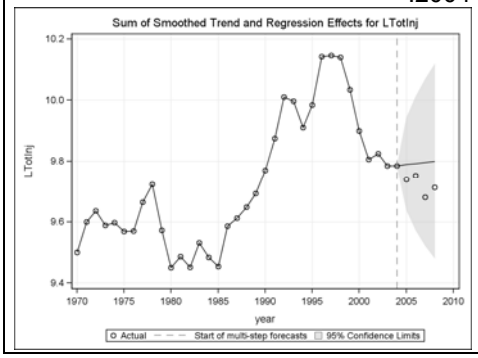
- במספר **נפגעים קשה ברכב קל**, בכל הבחינות נמצא כי שנים **1994, 2004** מזוהות עם שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות. כמו כן, שינוי חיובי בהתפתחות הסדרה בתחילת שנות האלפיים נמצא בשתי בחינות (ביחס לנסועה ולאוכלוסיה) - בשנת ***2000***. ע"פ כל הבחינות, שנת 2003 מזוהה עם אי שינוי בתהליך, כאשר שנת 1987 בשתי בחינות היתה מזוהה עם אי שינוי ובשתי בחינות אחרות - עם הרעה (עליה בסיכון).

- **בסך הנפגעים ברכב קל**, בכל הבחינות נמצא כי שנים **2000, 2003, 2004** מזוהות עם שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות. לעומת זאת, שנת 1994 מזוהה, לרוב, עם חוסר שינוי ושנת 1987 - עם הרעה (עליה בסיכון) בהתפתחות התהליך.

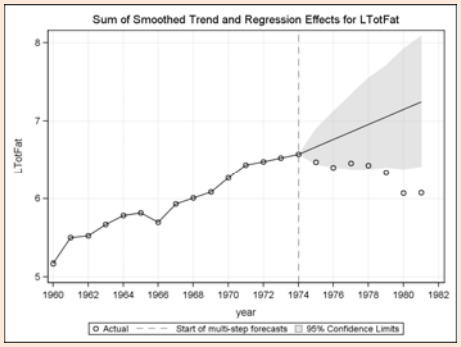
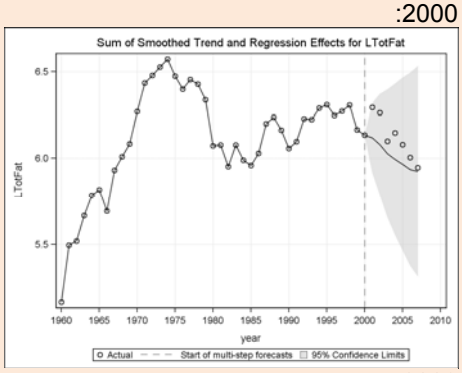
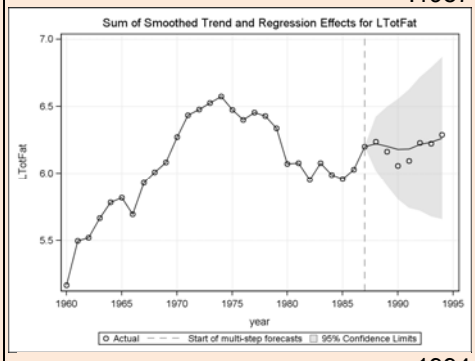
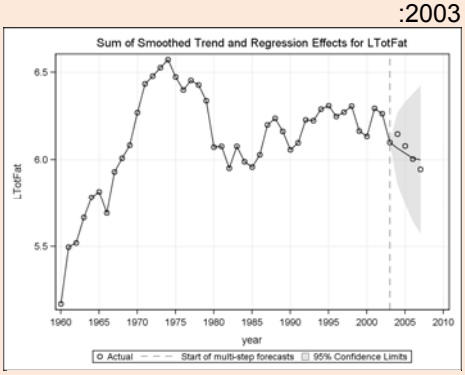
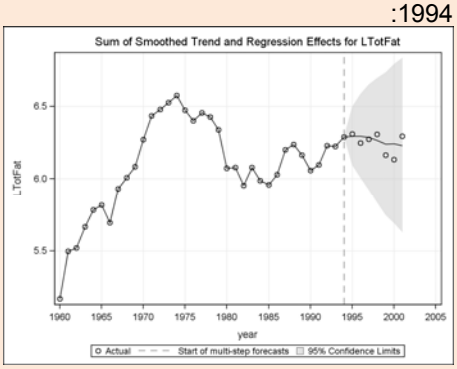
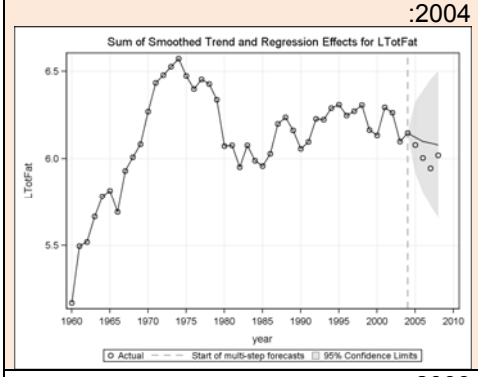
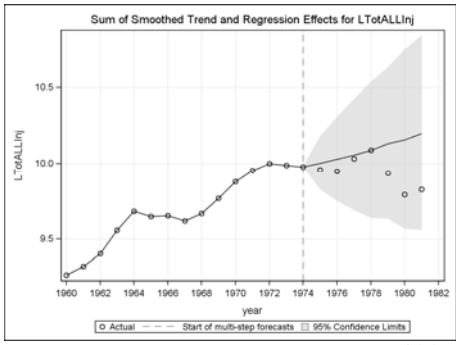
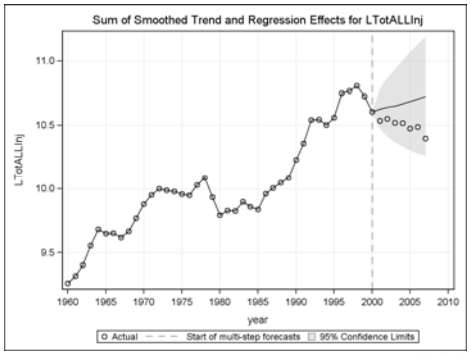
טבלה 4.8. תחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות

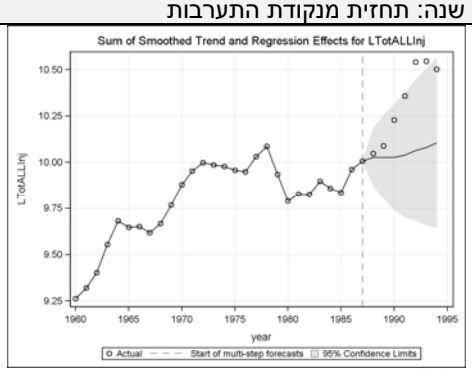
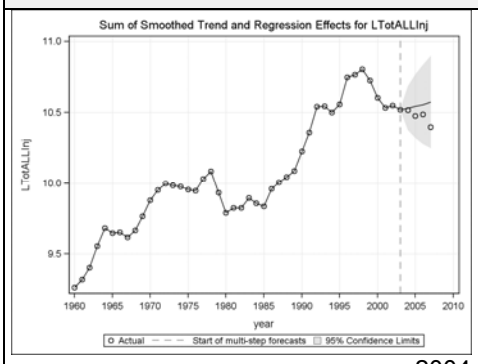
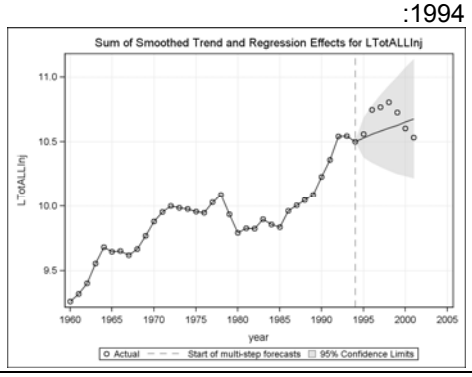
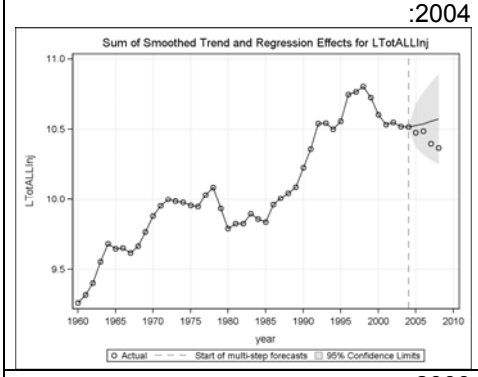
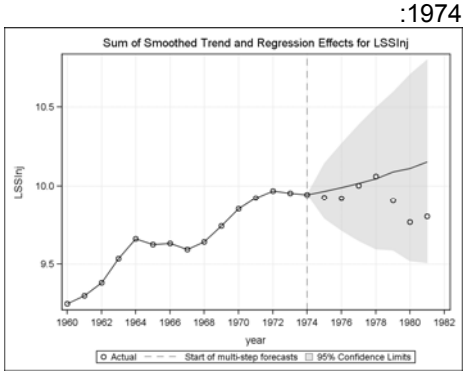
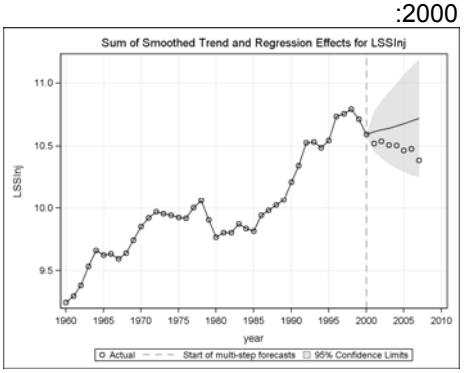
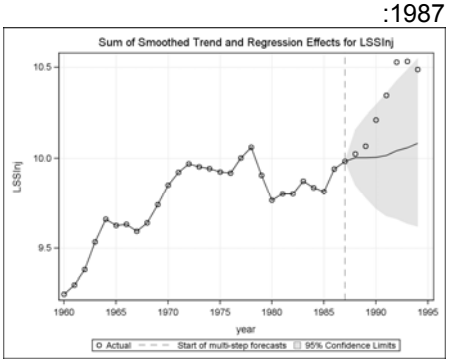
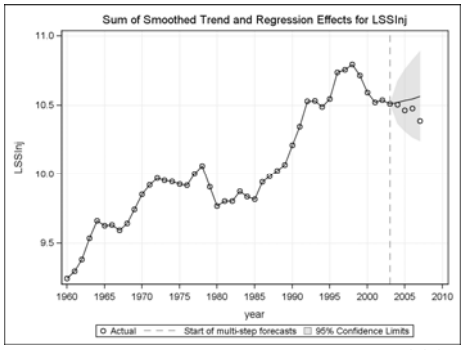
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
1. TotFat_KTT סך מספר ההרוגים ביחס לנסועה השנתית	:1974  	:2000 
	:1987  	:2003 
	:1994  	:2004 
2. TotALLInj_KTT סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לנסועה השנתית	:1974  	:2000 
	:1987	:2003

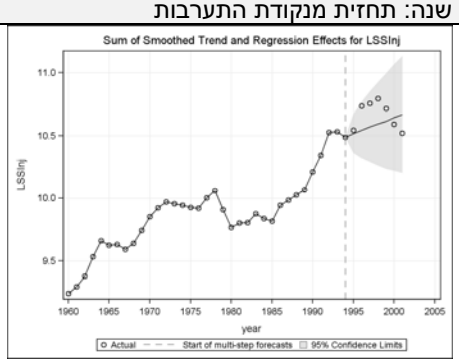
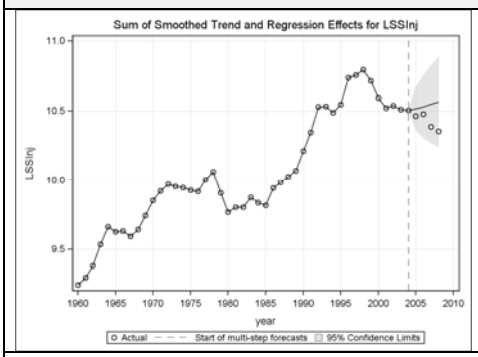
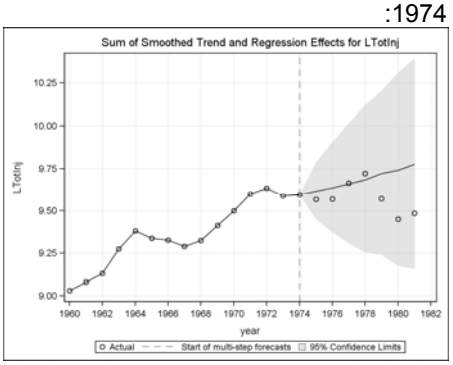
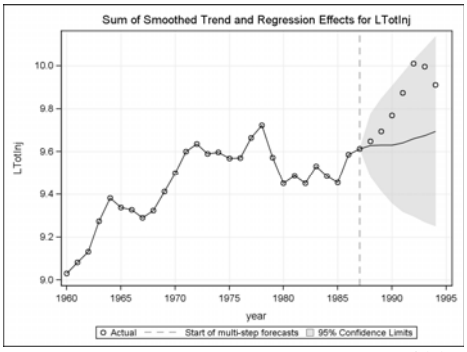
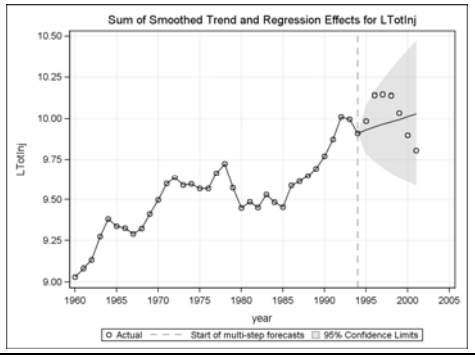
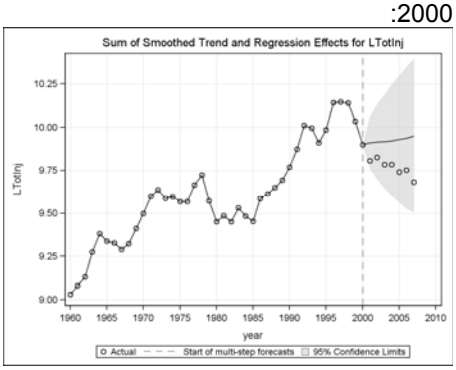
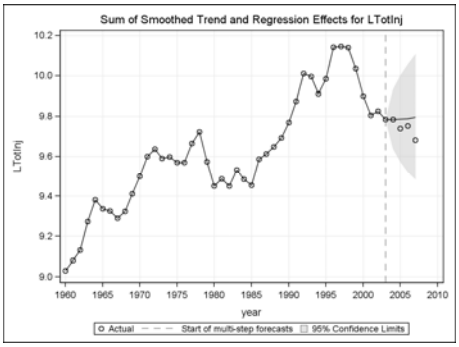
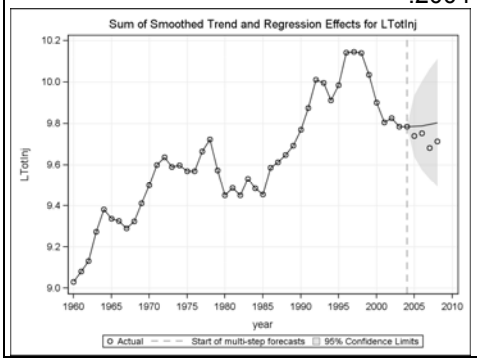
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	:1994   	:2004  
3. SSInj_KTT סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לנסועה השנתית	:1974  :1987  :1994	:2000  :2003  :2004

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
4. TotInj_KTT סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לנסועה השנתית	:1974  :1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 

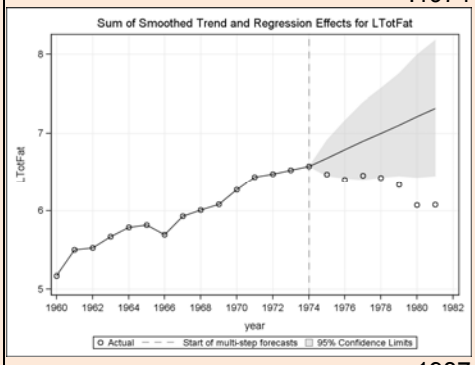
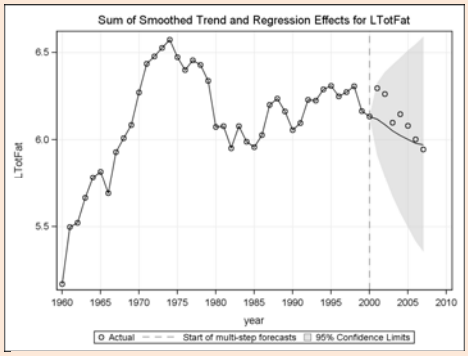
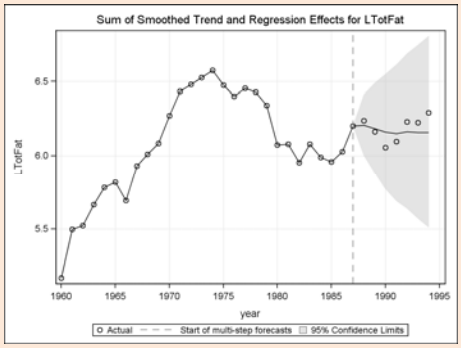
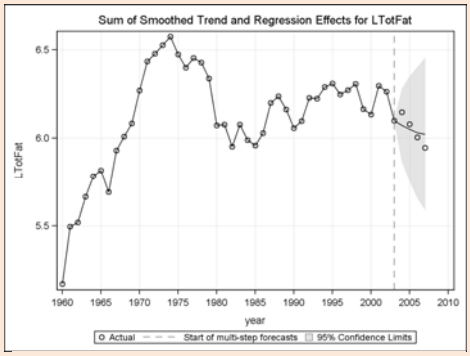
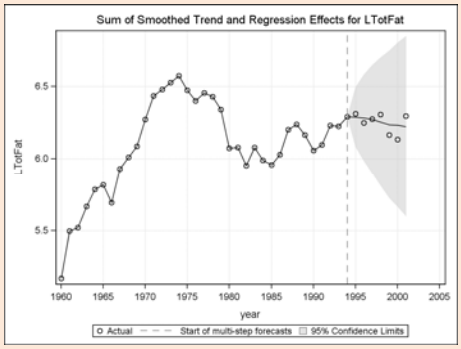
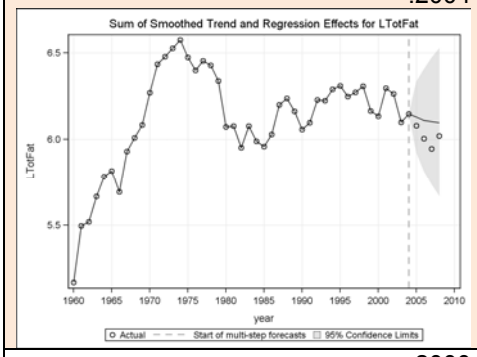
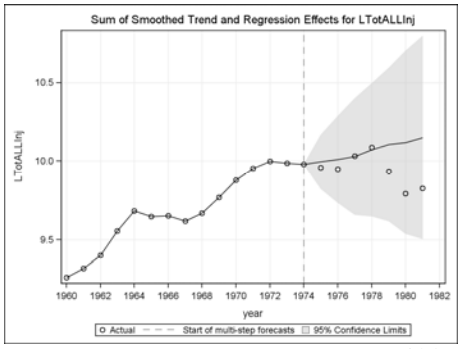
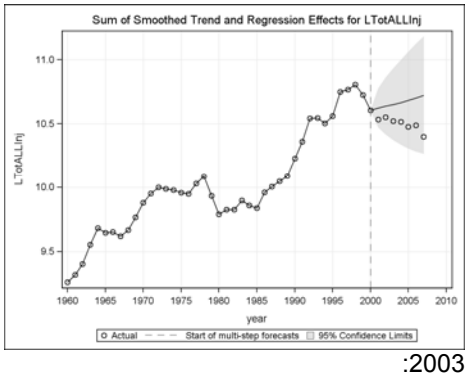
טבלה 4.8. סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות (המשך)

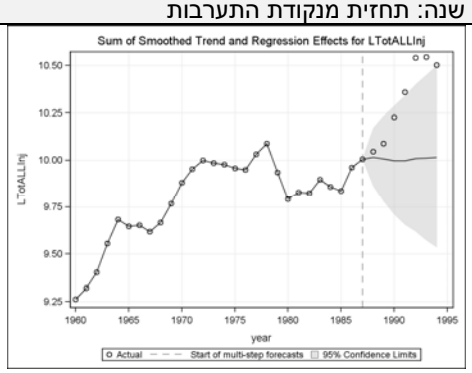
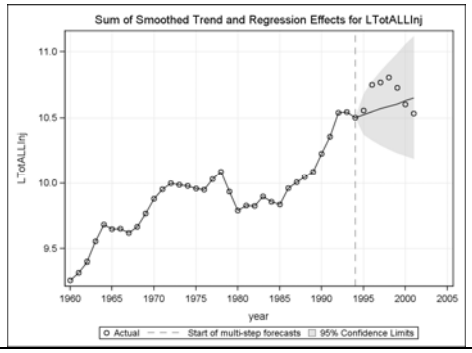
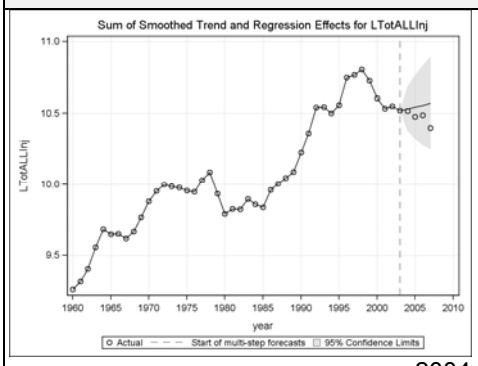
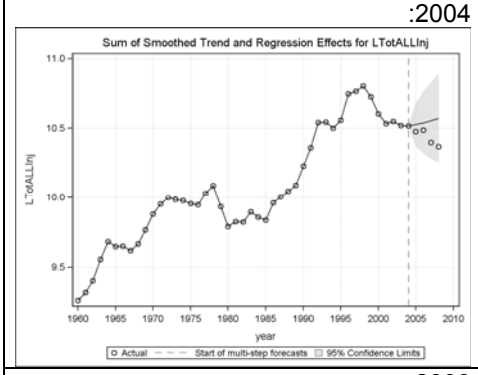
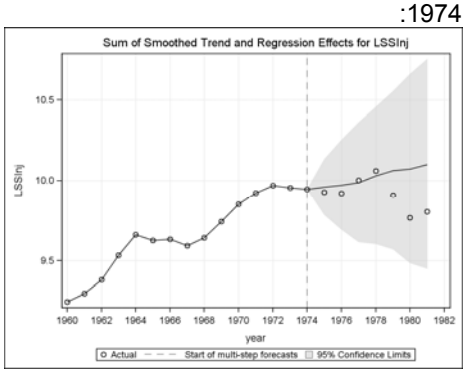
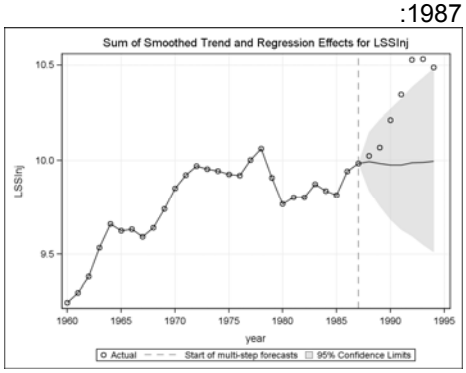
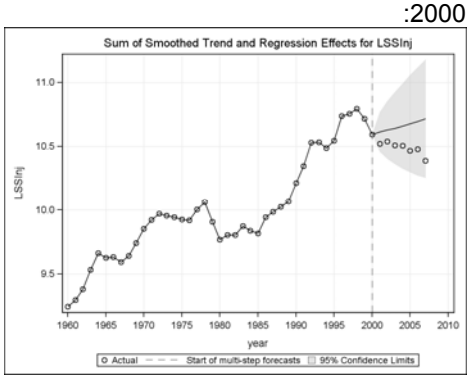
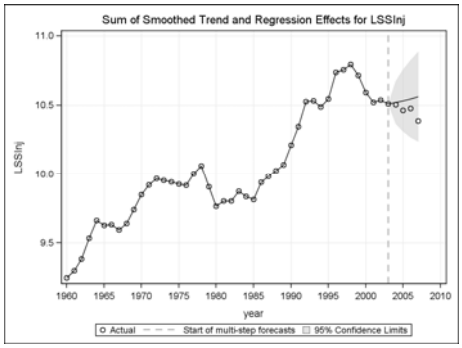
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
5. TotFat_MVT סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	:1974 	:2000 
	:1987 	:2003 
	:1994 	:2004 
6. TotALLInj_MVT סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	:1974 	:2000 
	:1987	:2003

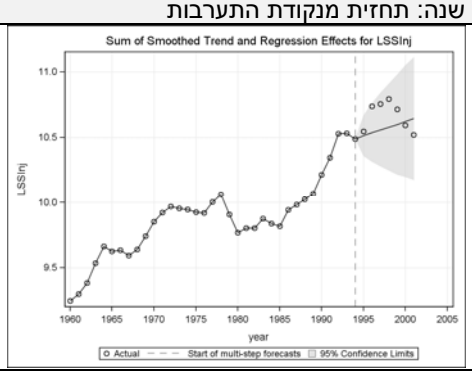
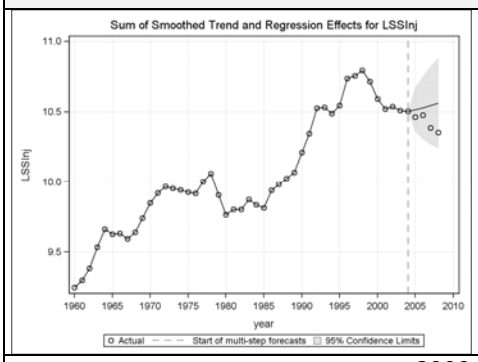
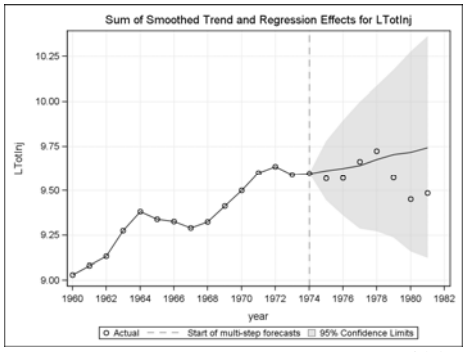
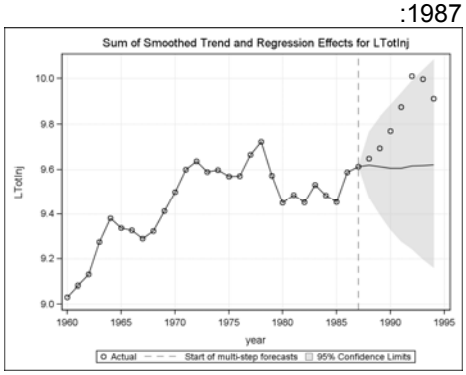
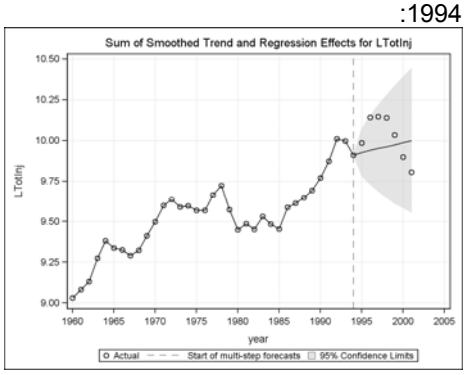
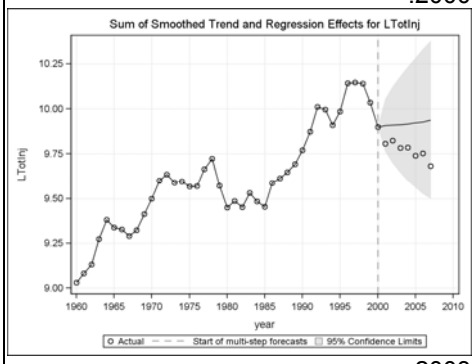
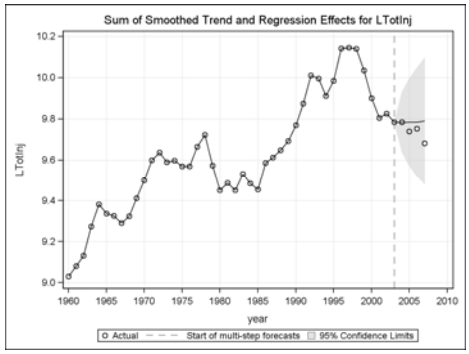
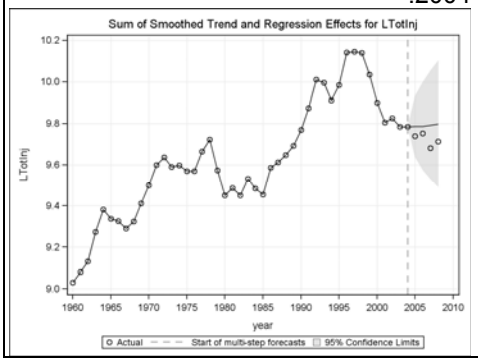
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	1994:  	2004: 
	1994:  	2004: 
7. SSInj_MVT סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1974:  	2000: 
	1987:  	2003: 
	1994: 	2004:

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
8. TotInj_MVT סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	:1974  :1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 

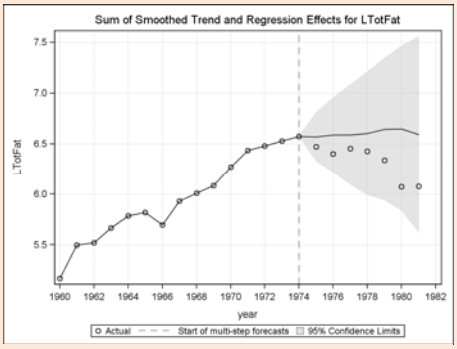
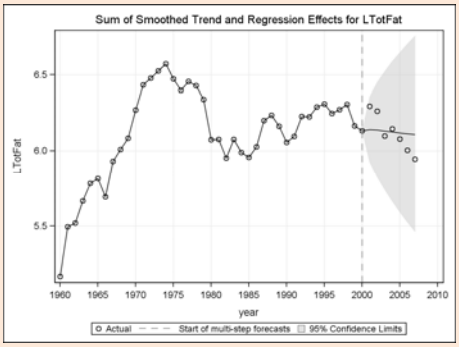
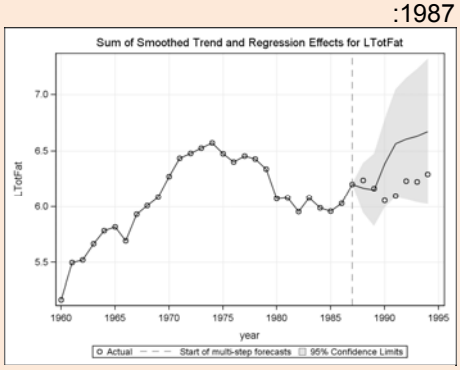
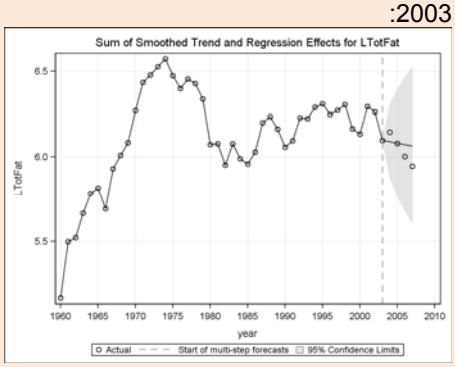
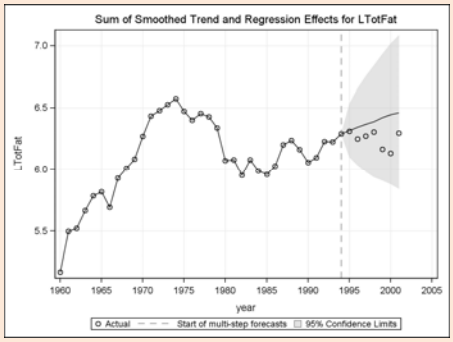
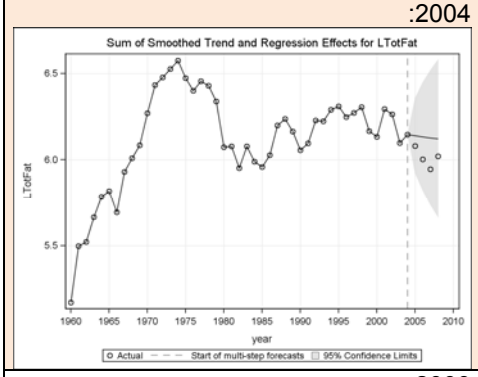
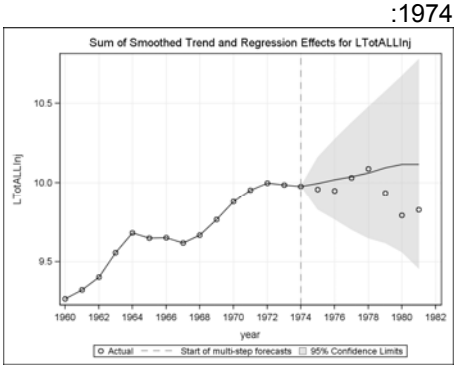
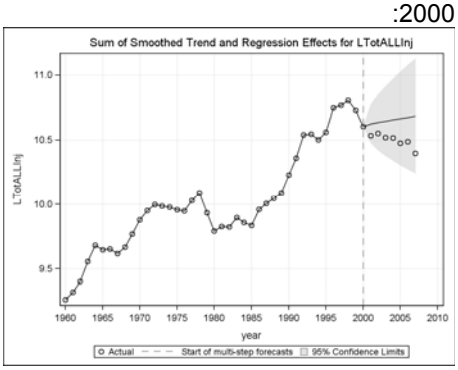
טבלה 4.8. סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות (המשך)

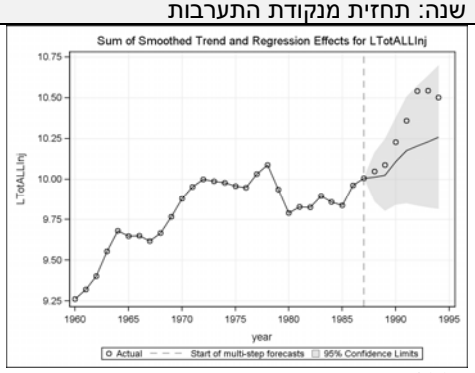
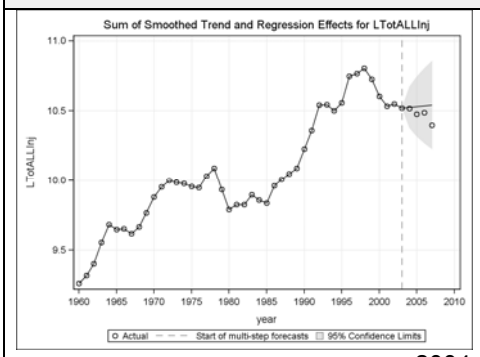
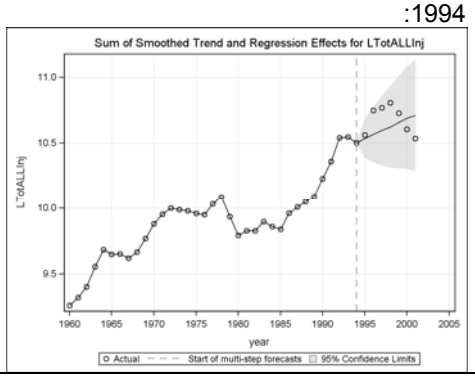
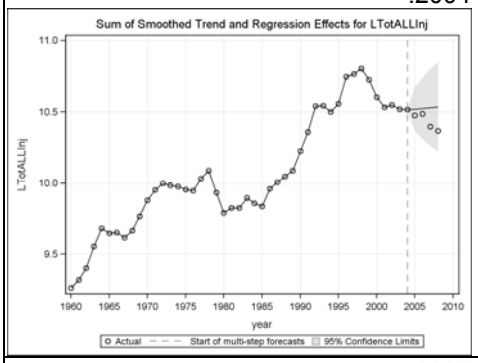
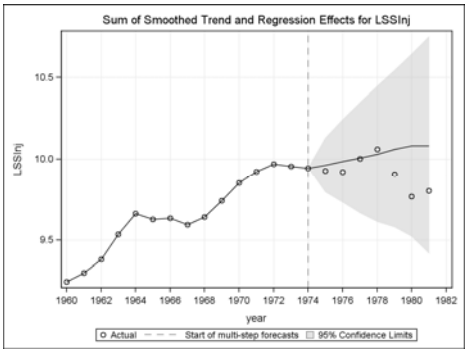
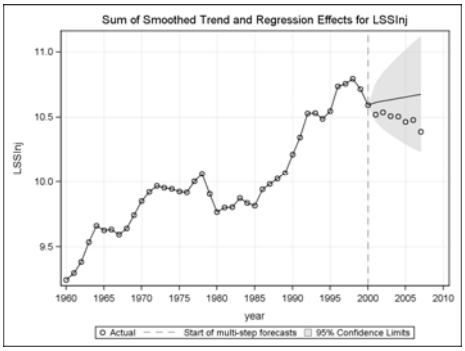
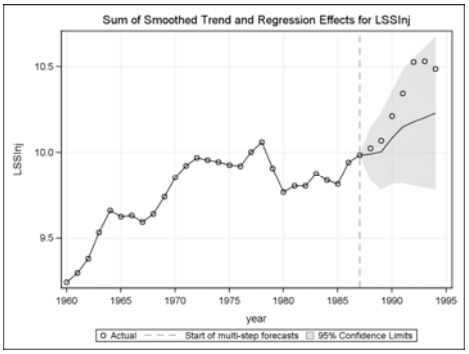
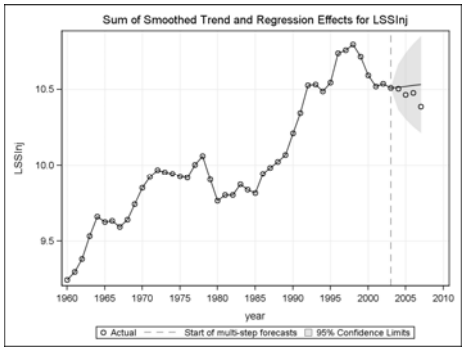
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
9. TotFat_PVT סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	:1974 	:2000 
	:1987 	:2003 
	:1994 	:2004 
.10 TotALLInj_PVT סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	:1974 	:2000 
	:1987	:2003

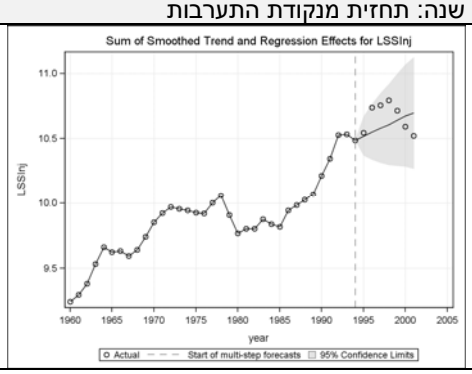
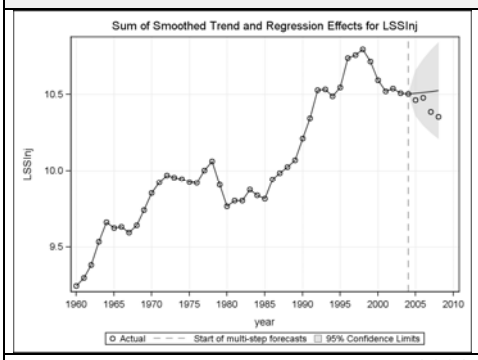
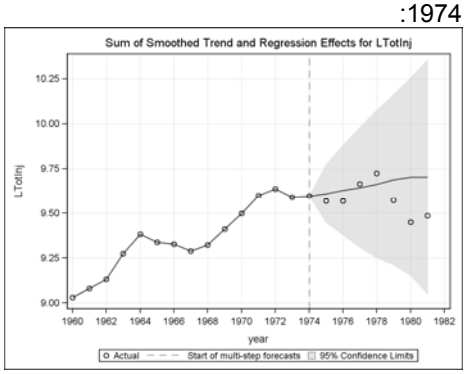
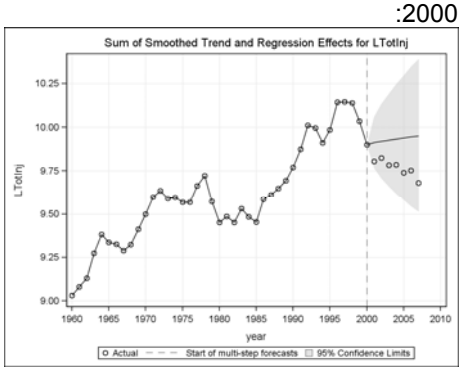
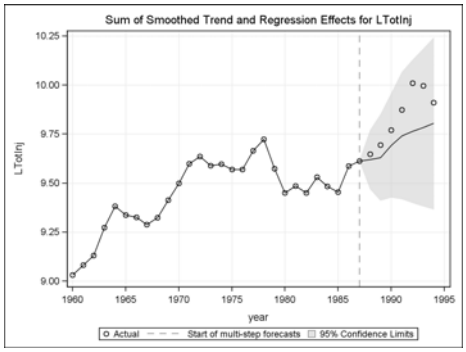
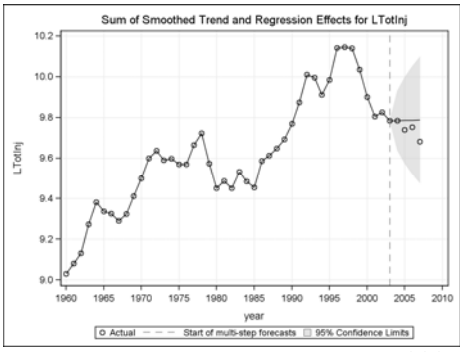
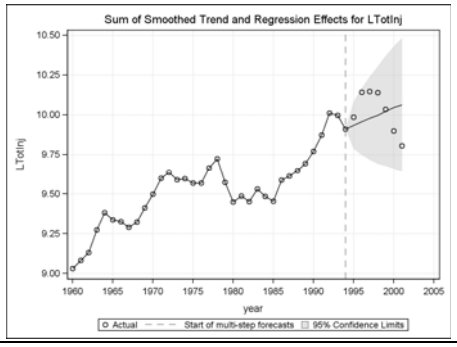
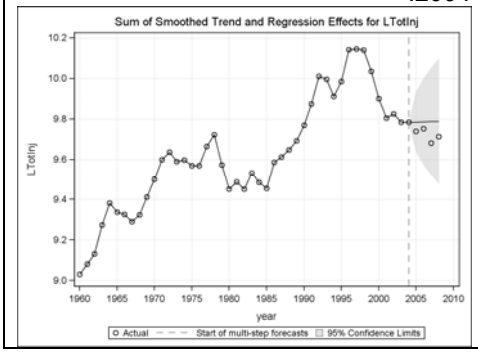
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	1994:   	2004:  
11. SSInj_PVT סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	1974:  1987:  1994:	2000:  2003:  2004:

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
12. TotInj_PVT סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה	:1974  :1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 

טבלה 4.8. סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות (המשך)

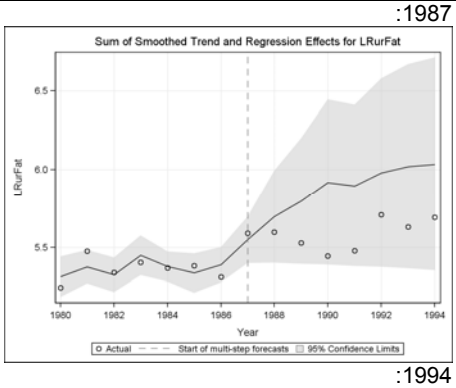
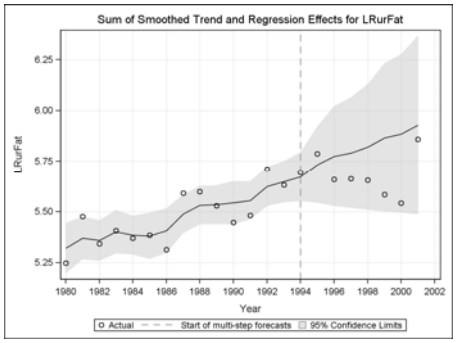
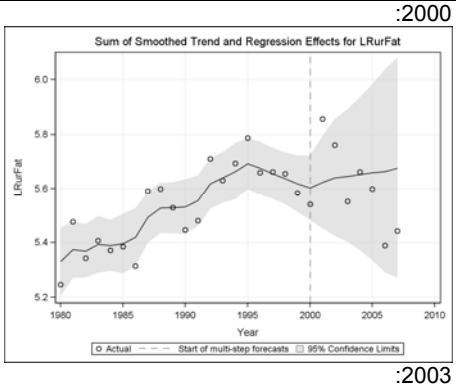
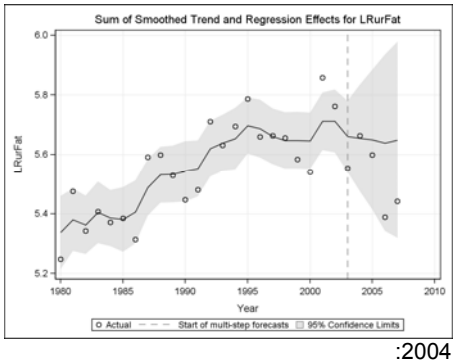
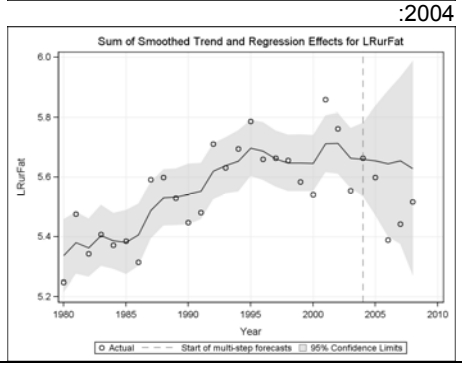
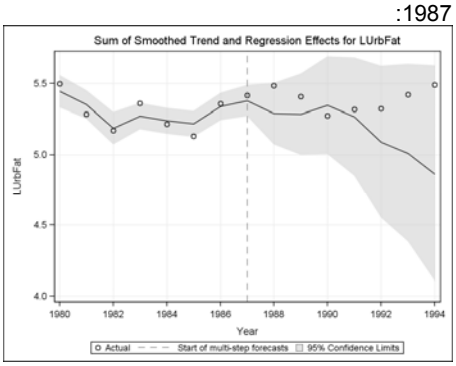
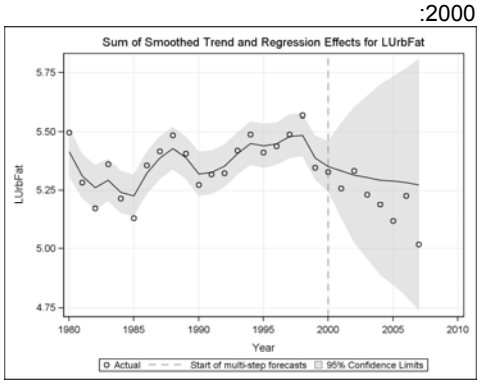
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
13. TotFat_Pop סך מספר ההרוגים ביחס לגודל האוכלוסיה	:1974  	:2000 
	:1987  	:2003 
	:1994  	:2004 
14. TotALLInj_Pop סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לגודל האוכלוסיה	:1974  	:2000 
	:1987	:2003

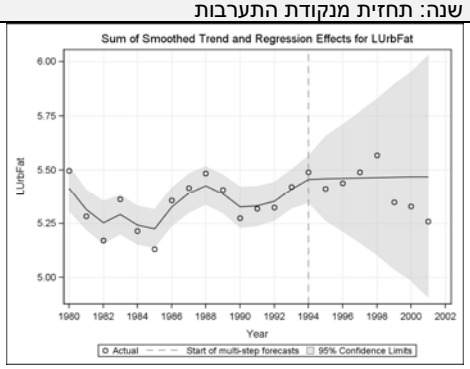
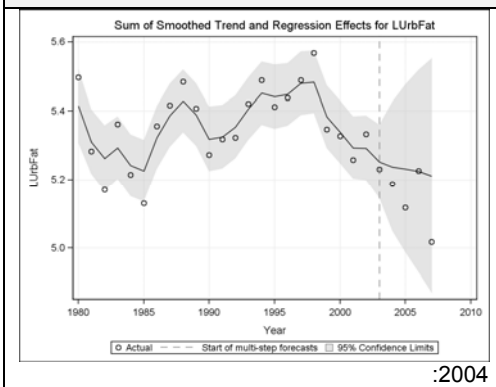
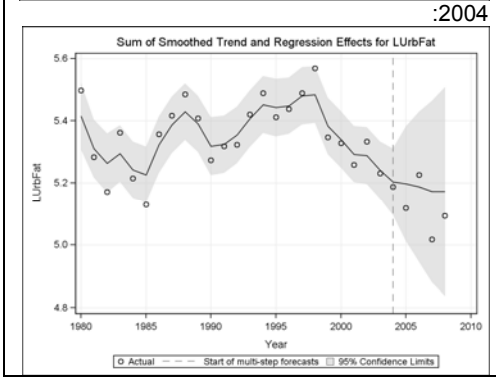
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
	:1994 	:2004 
15. SSInj_Pop סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לגודל האוכלוסיה	:1974 	:2000 
	:1987 	:2003 
	:1994	:2004

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
16. TotInj_Pop סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לגודל האוכלוסיה	:1974 	:2000 
	:1987 	:2003 
	:1994 	:2004 

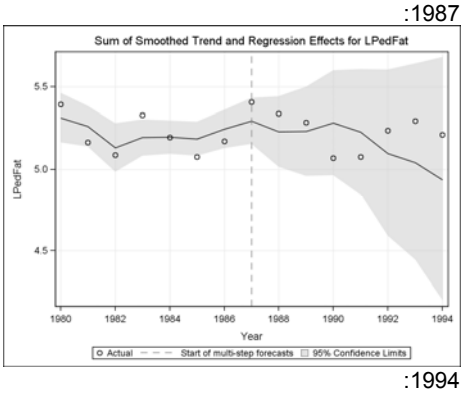
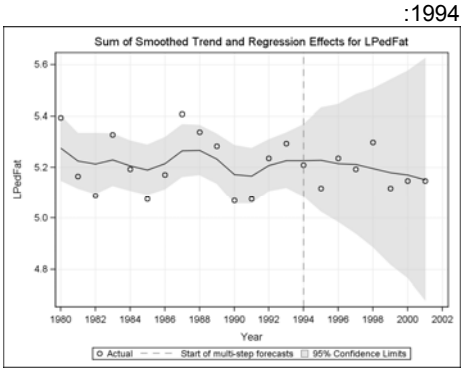
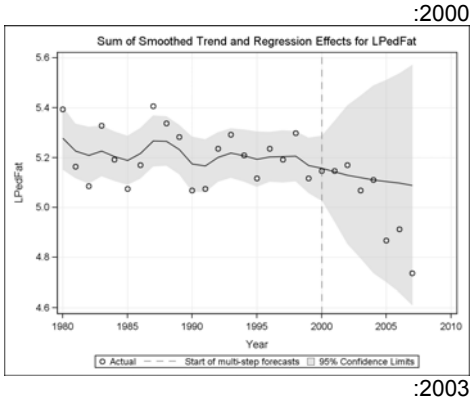
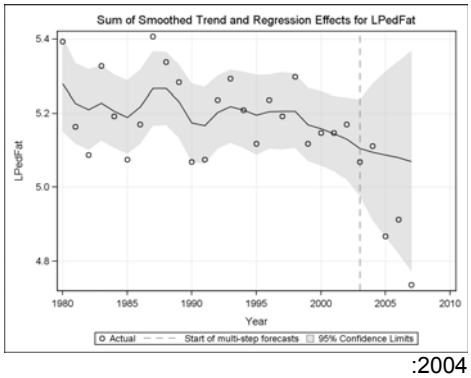
טבלה 4.9. סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות המשלימות

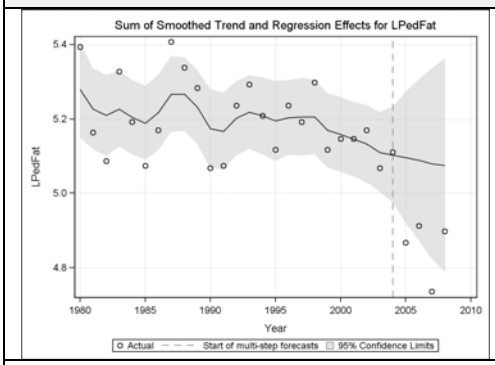
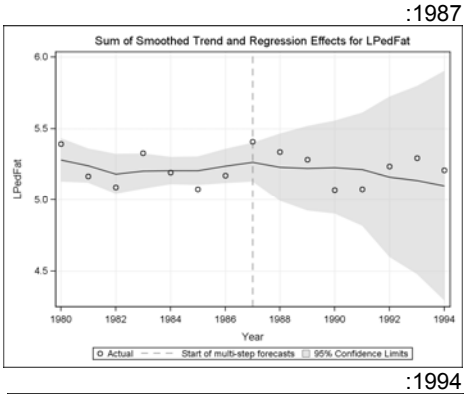
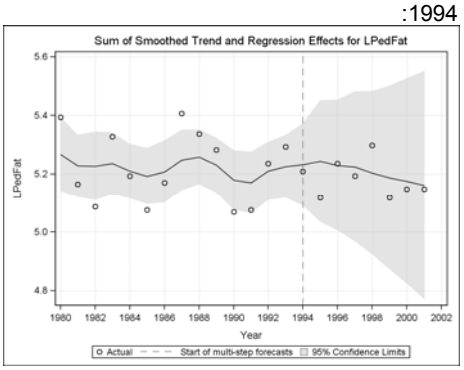
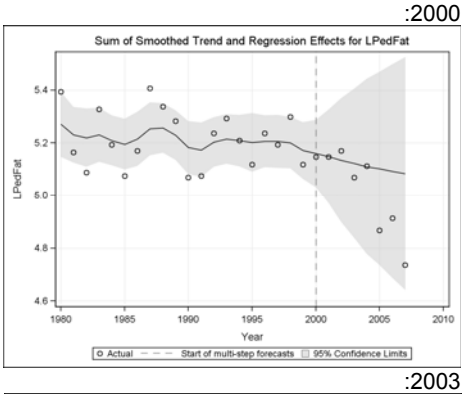
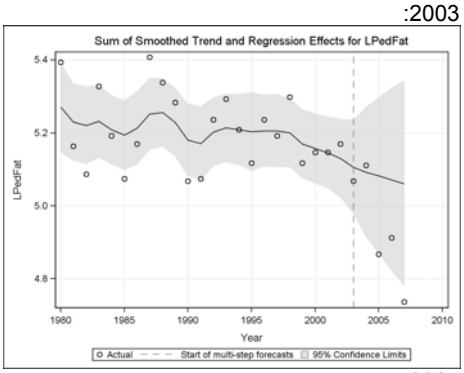
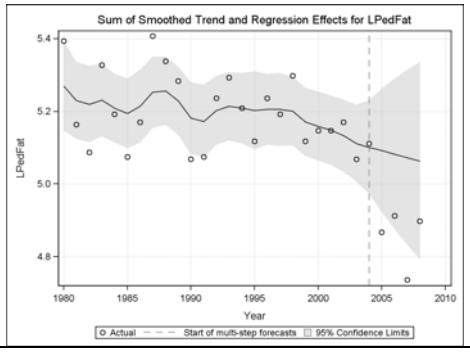
א - הרוגים בשטח לא עירוני ועירוני

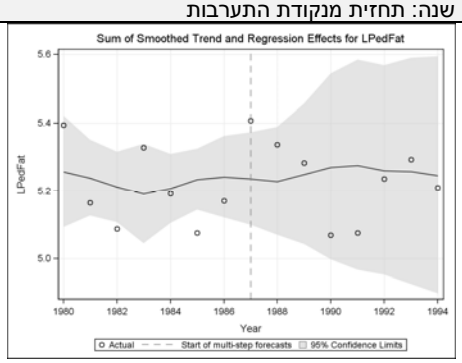
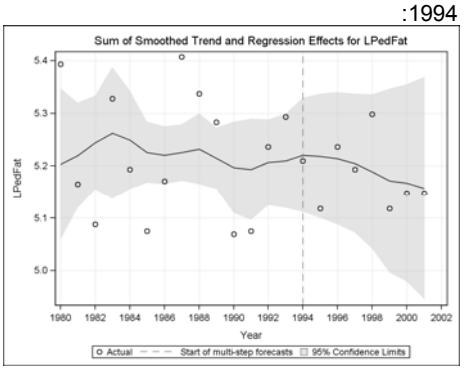
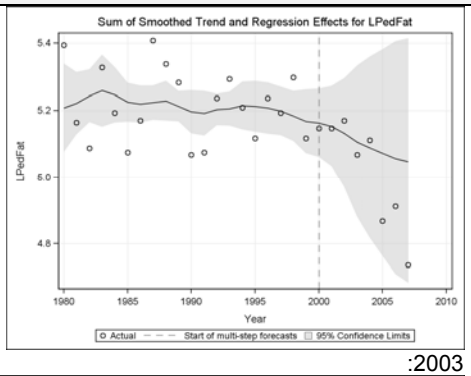
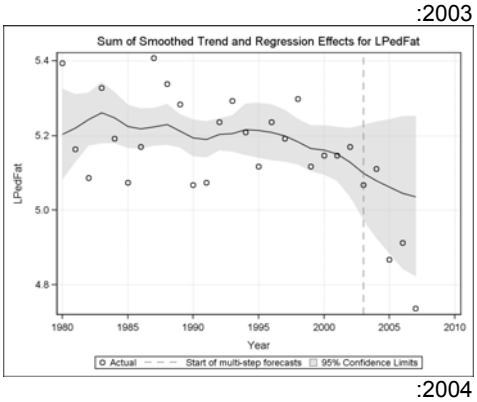
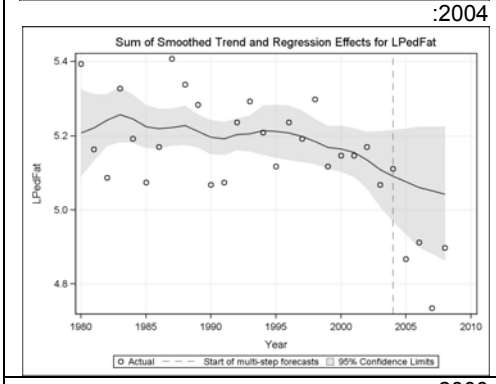
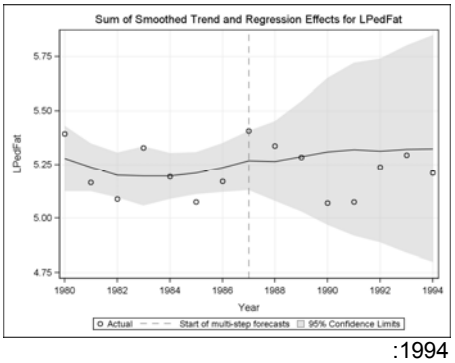
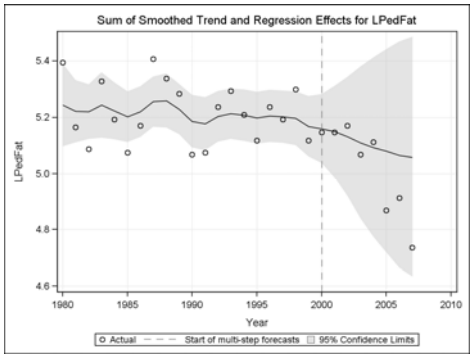
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
.17 RurFat_KttRur מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	:1987  :1994  	:2000  :2003  :2004 
.18 UrbFat_KttUrb מספר הרוגים בדרכים עירוניות ביחס לנסועה עירונית	:1987  :1994	:2000  :2003

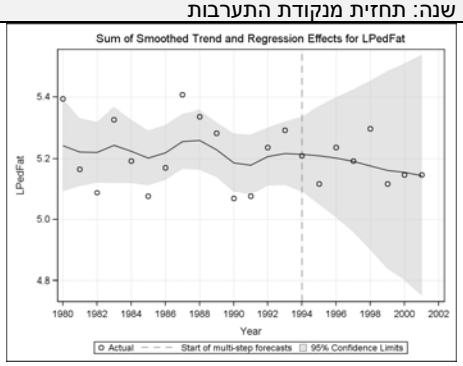
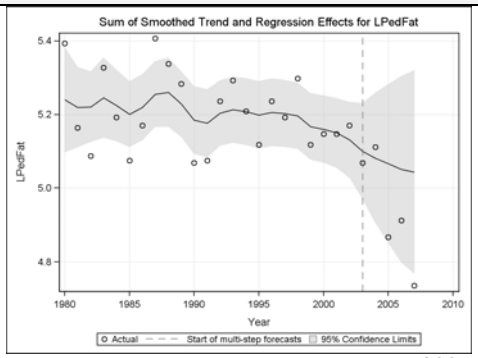
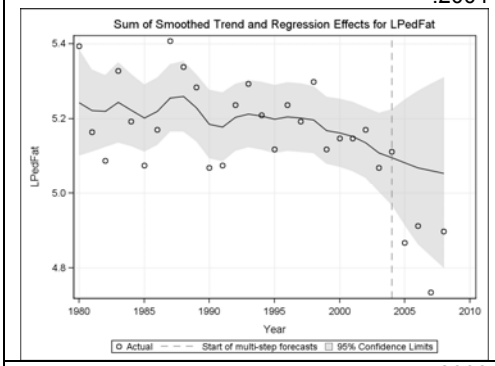
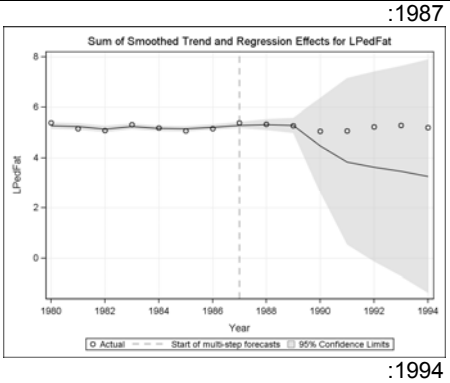
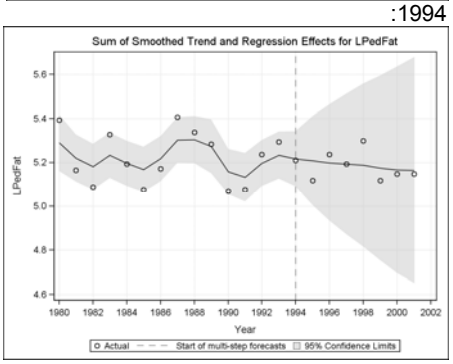
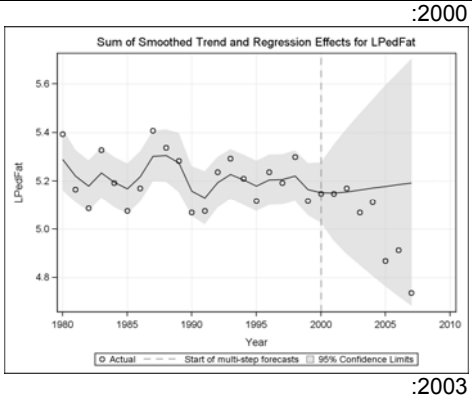
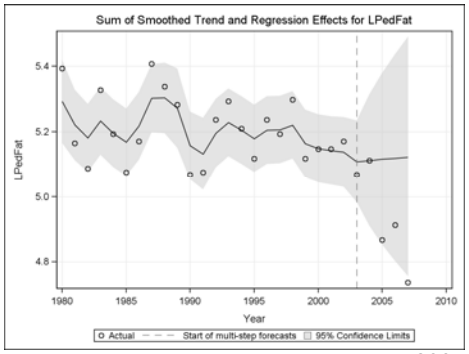
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		 :2004 

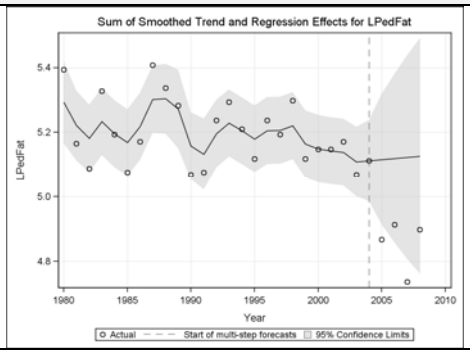
ב - הרוגים הולכי רגל

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
.19 PedFat_KttUrb הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה עירונית	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004

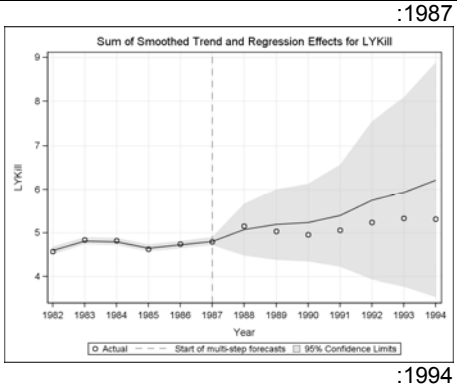
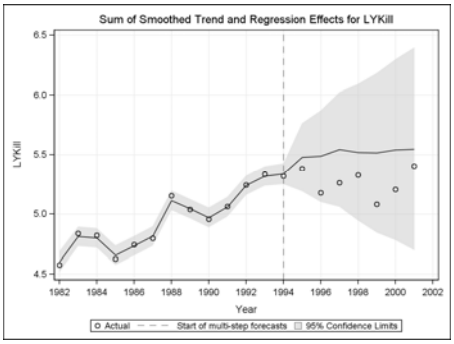
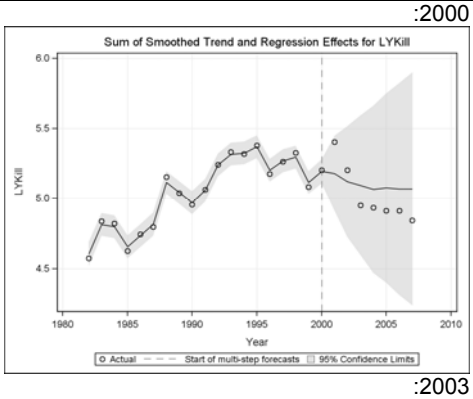
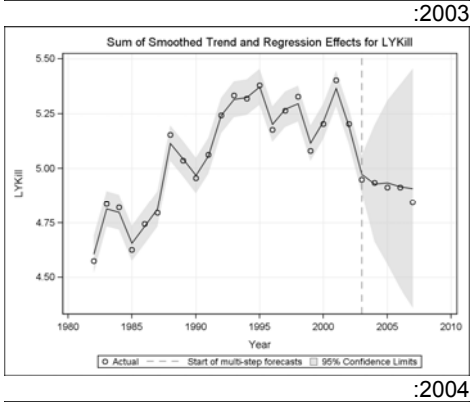
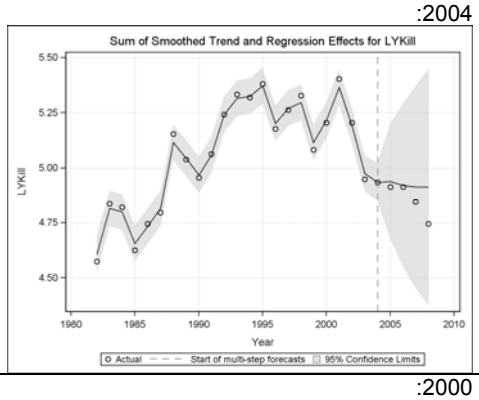
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
.20 PedFat_KTT הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה השנתית	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 
.21 PedFat_MVT הרוגים הולכי רגל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	:1987	:2000

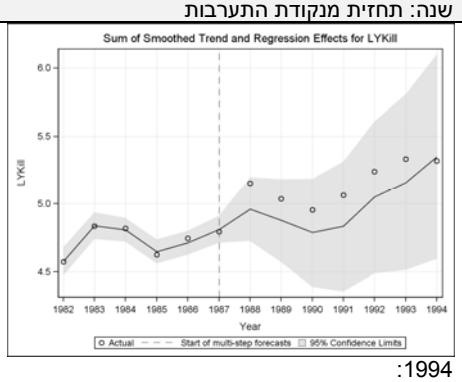
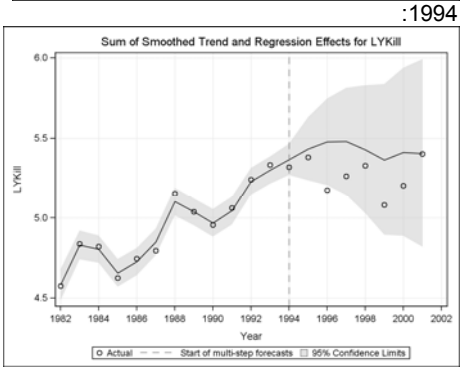
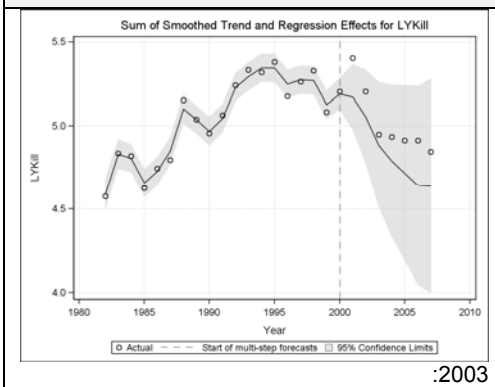
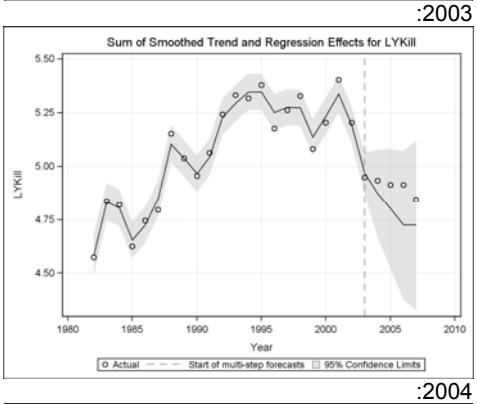
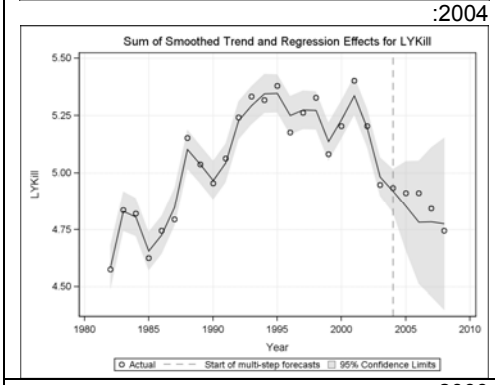
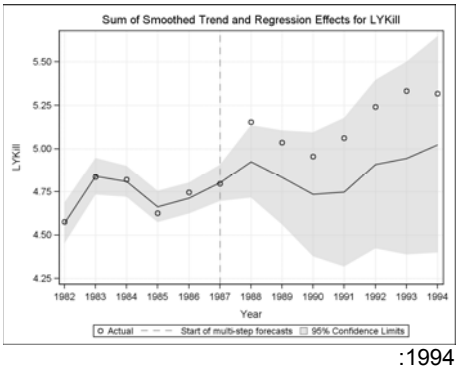
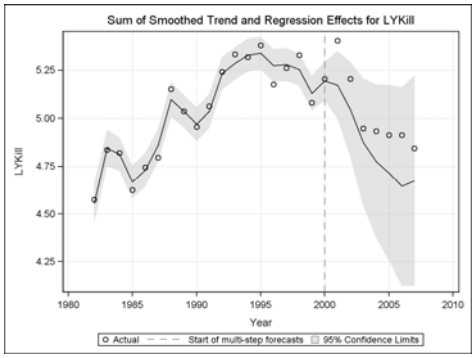
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	 :1994 	 :2003  :2004 
.22 PedFat_PVT הרוגים הולכי רגל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	:1987  :1994	:2000  :2003

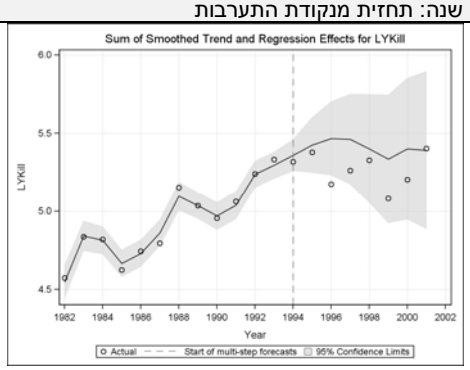
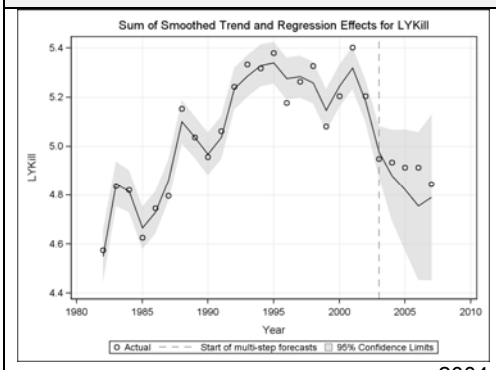
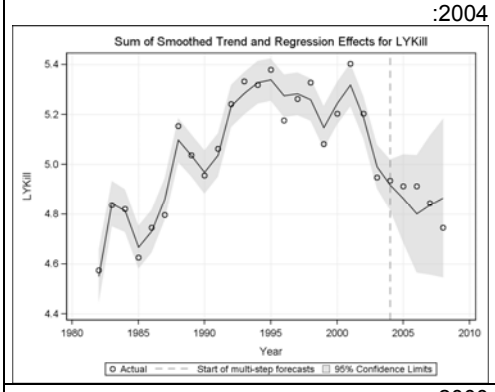
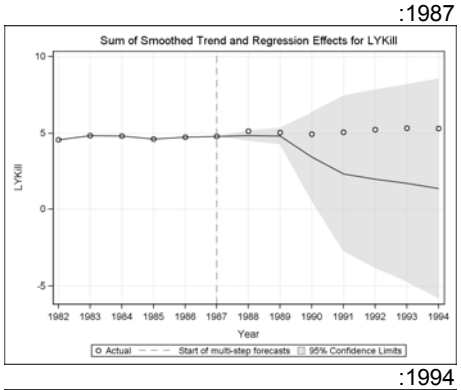
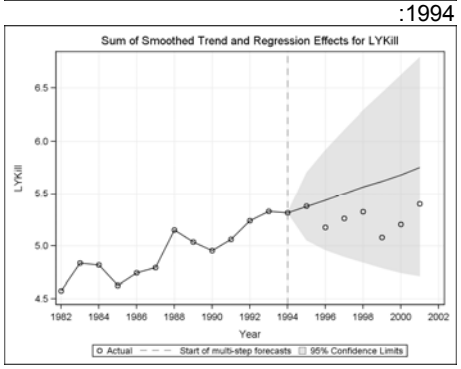
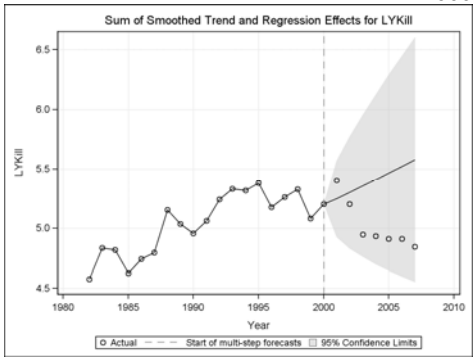
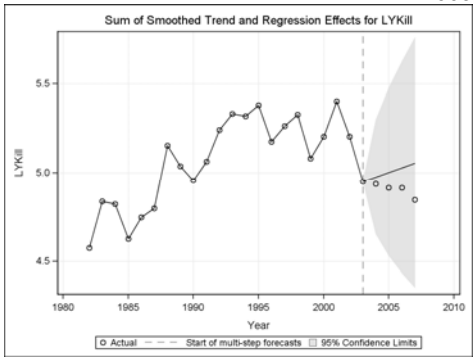
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		 :2004 
.23 PedFat_Pop הרוגים הולכי רגל ביחס לגודל האוכלוסיה	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004

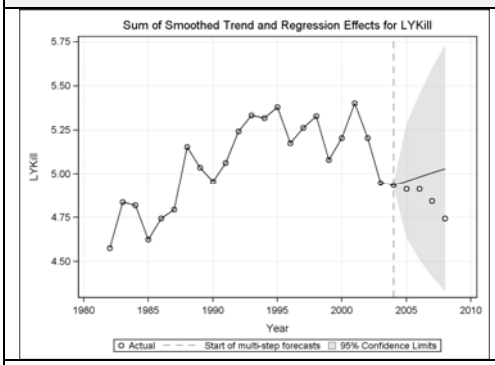
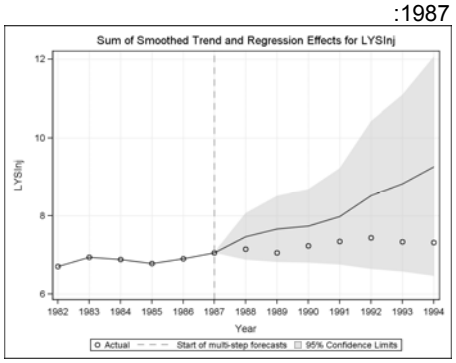
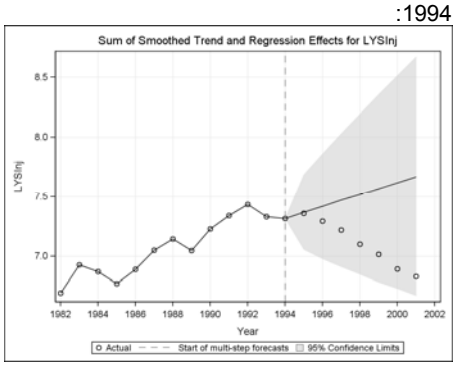
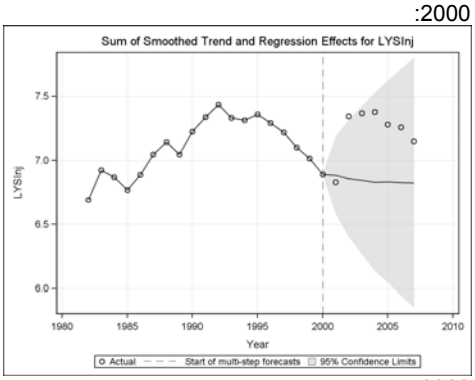
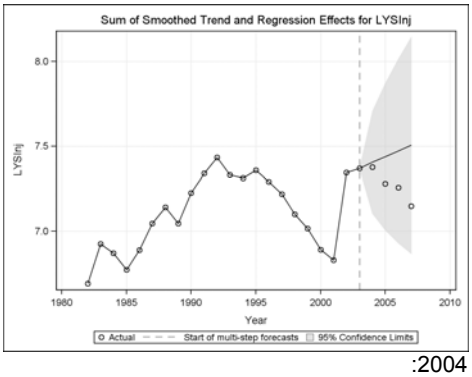
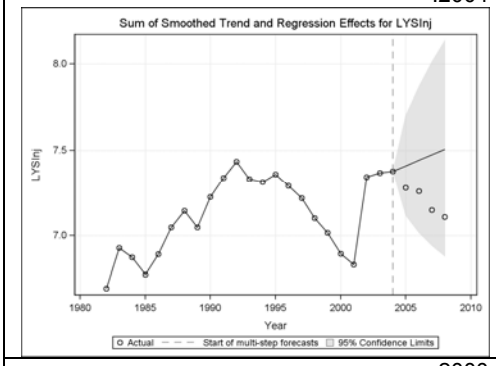
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		

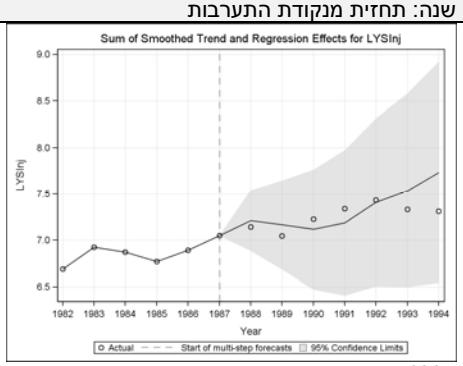
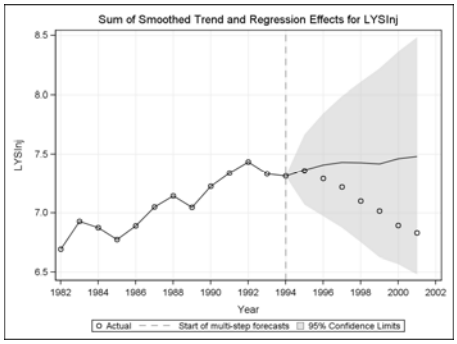
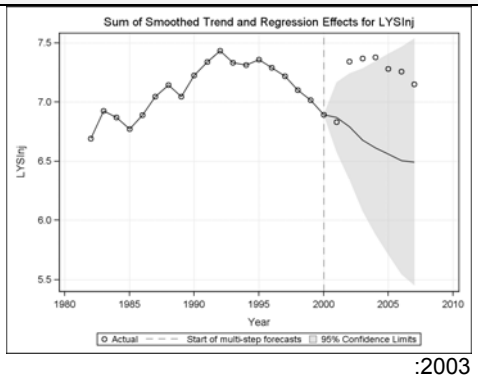
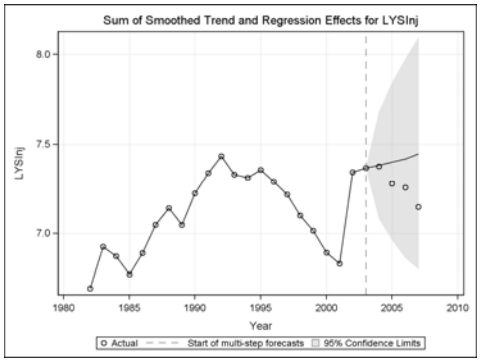
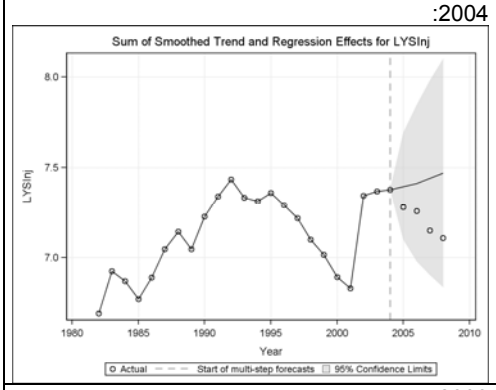
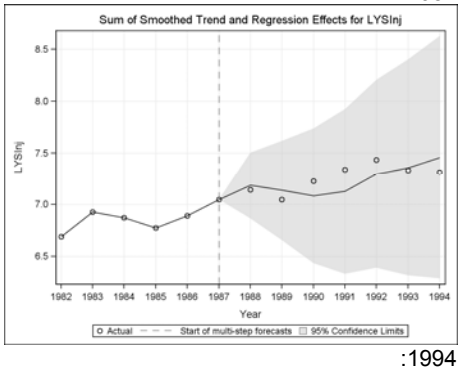
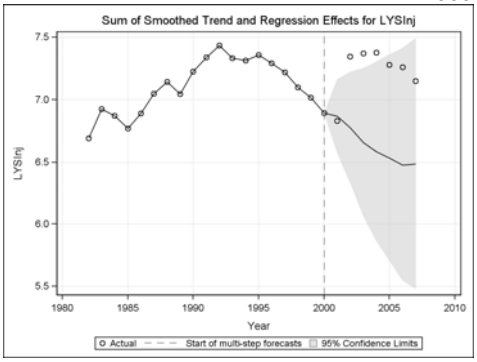
ג - נהגים צעירים הרוגים ופצועים קשה

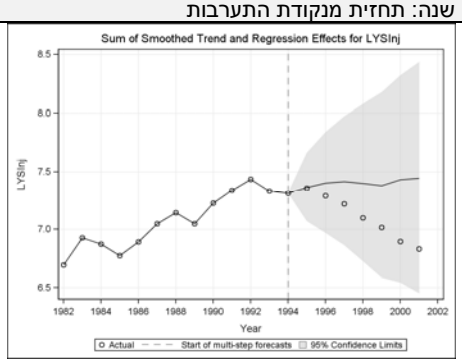
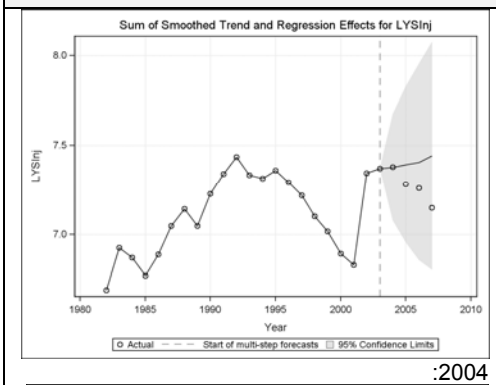
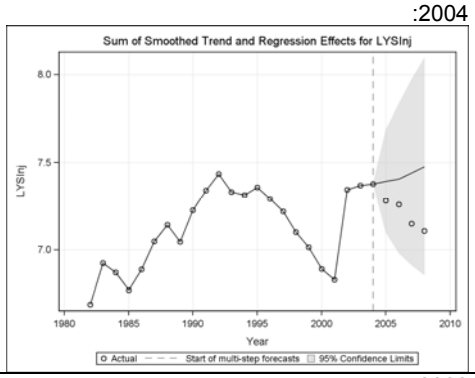
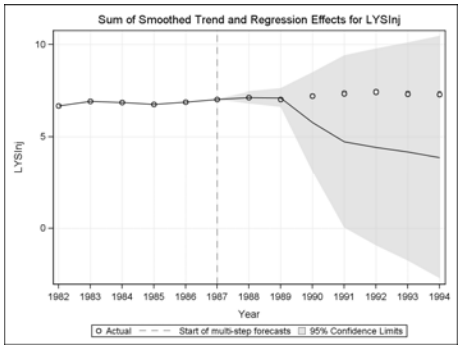
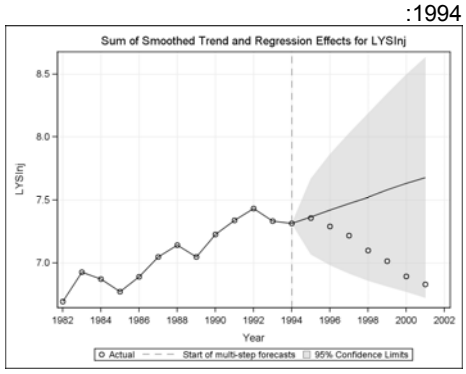
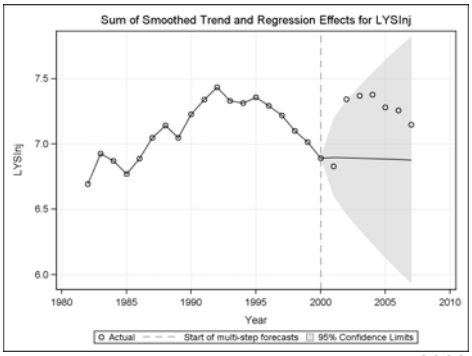
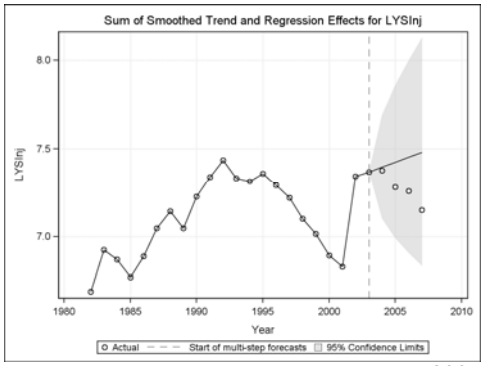
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
.24 YKill_KTT הרוגים נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 
.25 YKill_MVT הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים	:1987	:2000

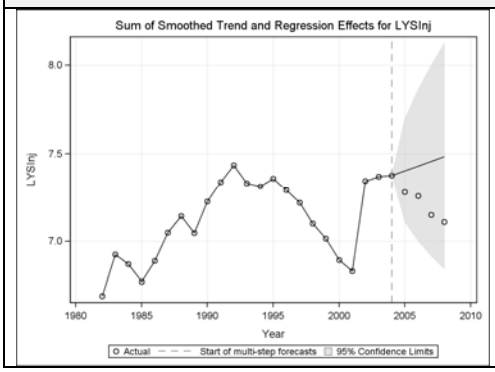
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	 :1994 	 :2003  :2004 
.26 YKill_PVT הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים	:1987  :1994	:2000  :2003

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		 :2004 
.27 YKill_Pop הרוגים נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004

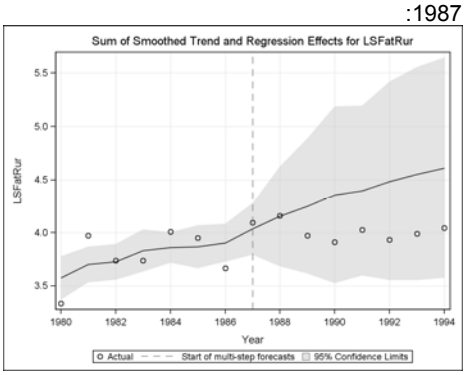
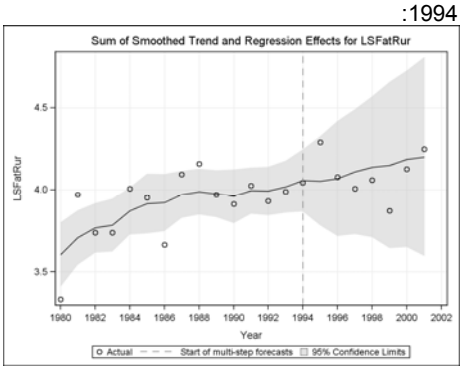
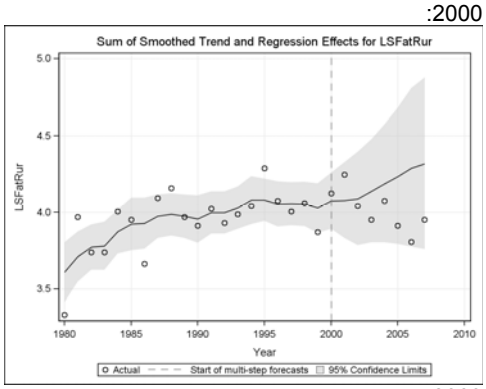
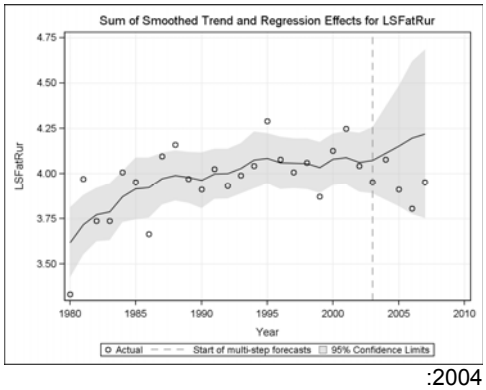
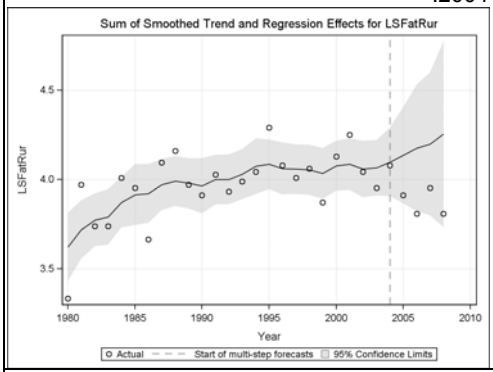
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
.28 YSInj_KTT נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 
.29 YSInj_MVT נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים	:1987	:2000

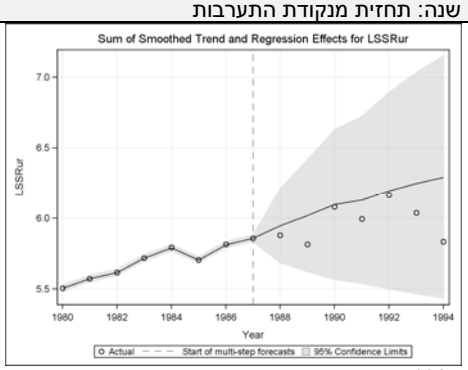
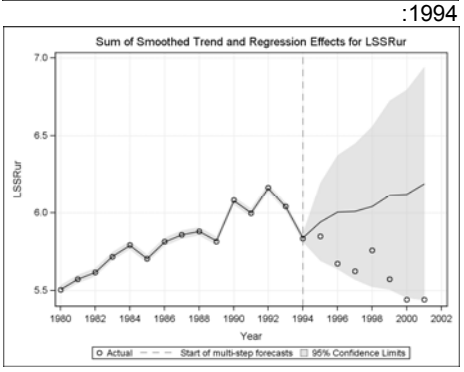
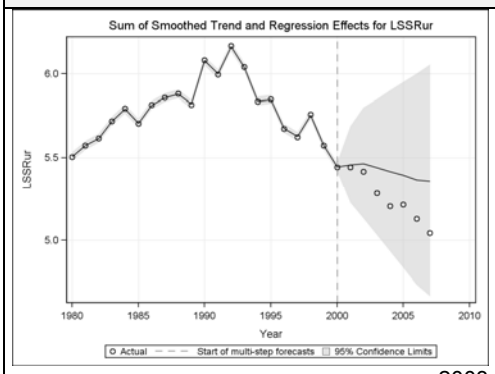
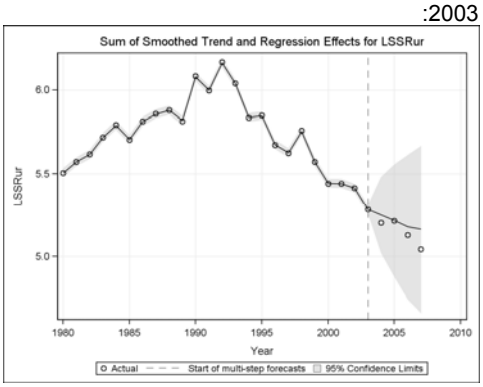
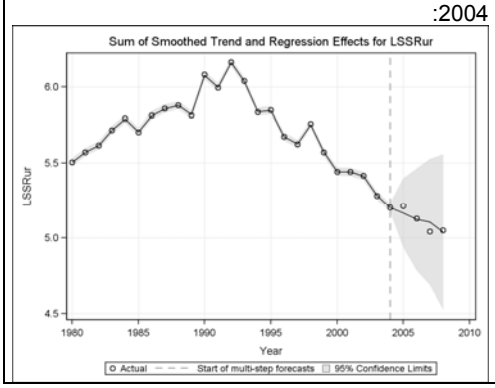
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	 :1994 	 :2003  :2004 
.30 YSInj_PVT נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים	:1987  :1994	:2000  :2003

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		 :2004 
.31 YSInj_Pop נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004

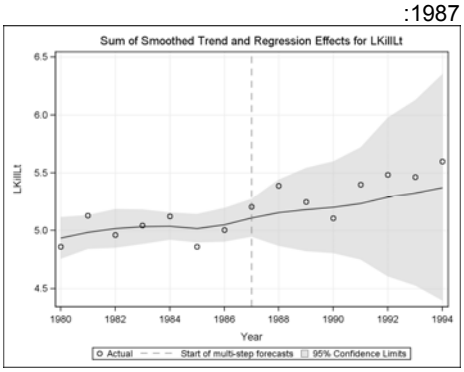
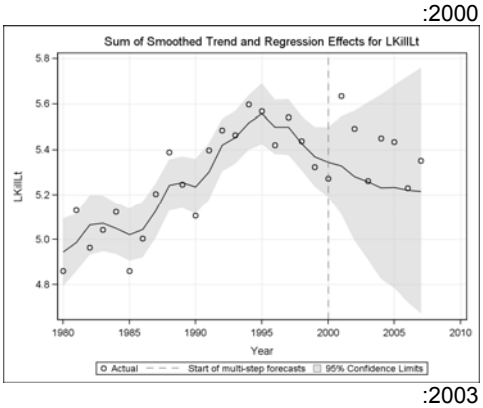
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		

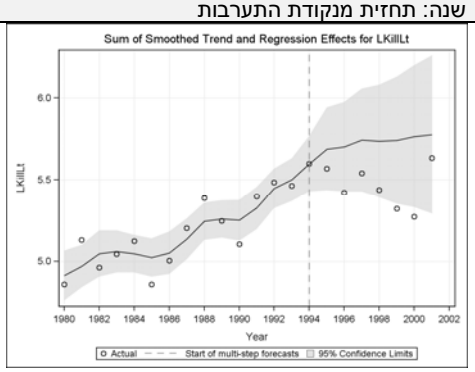
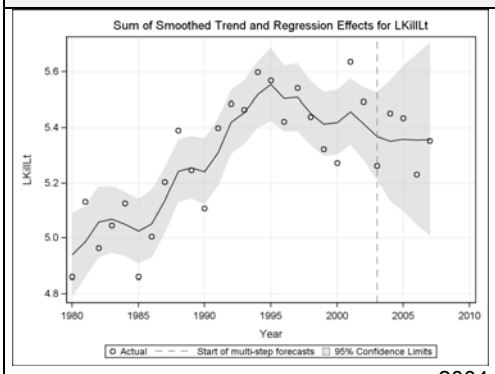
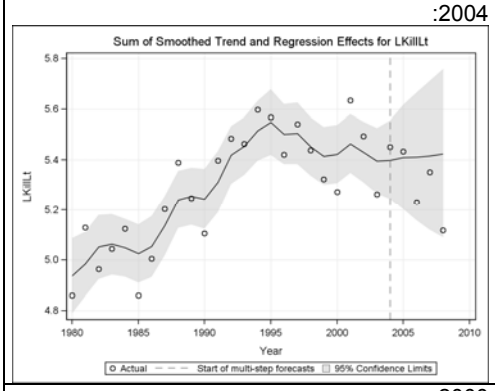
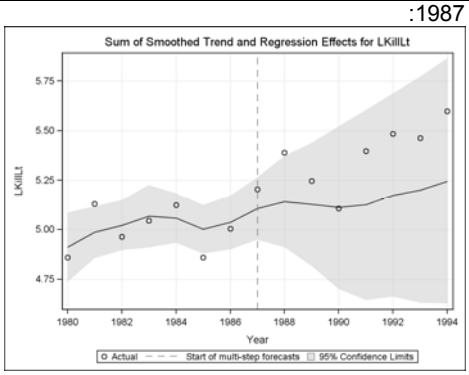
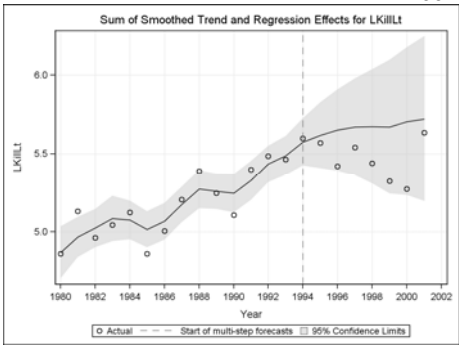
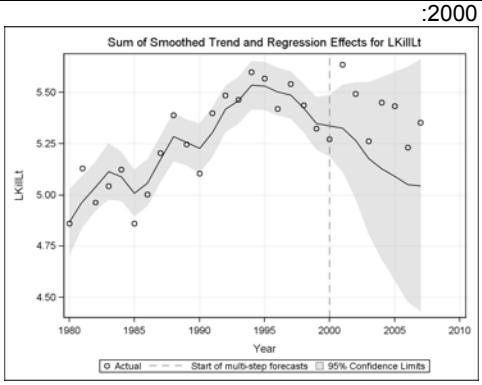
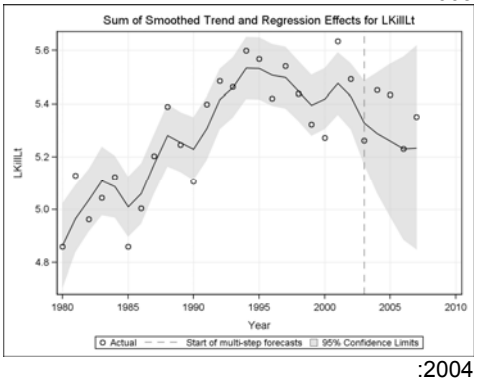
ד - תאונות רכב יחיד קטלניות וקשות, בדרכים לא עירוניות

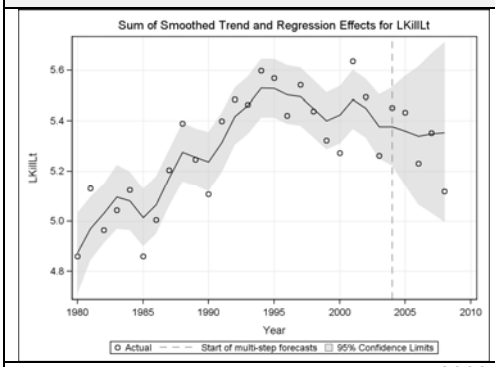
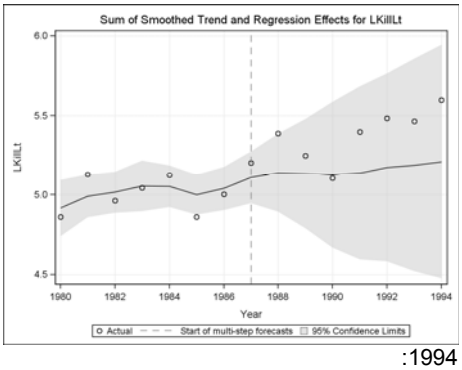
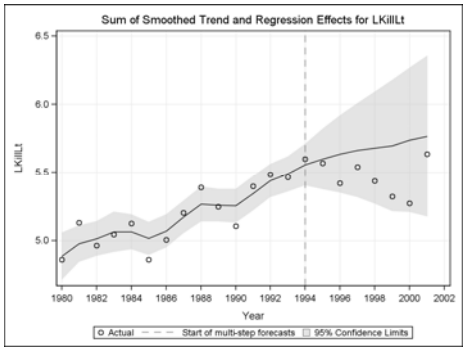
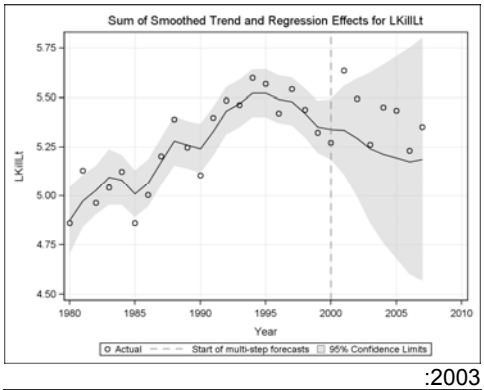
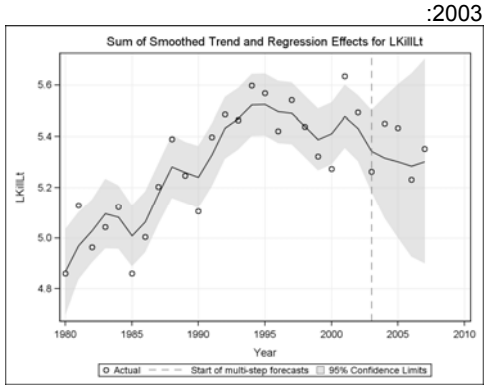
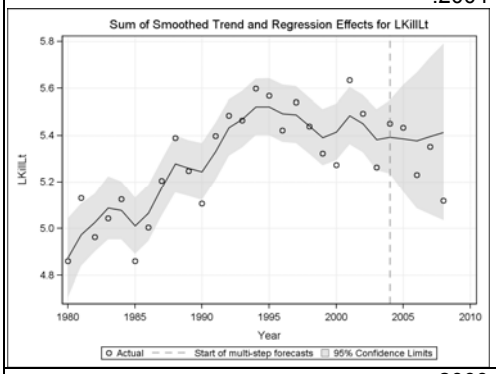
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
.32 SFatRur_KttRur תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 
.33 SSRur_KttRur תאונות קשות עם	:1987	:2000

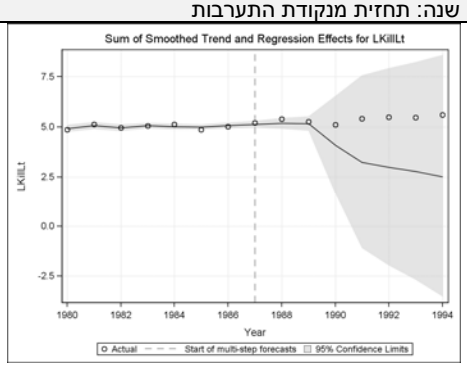
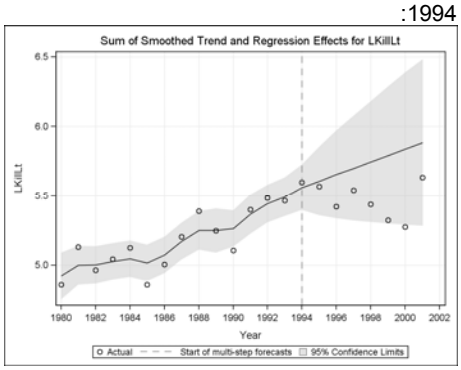
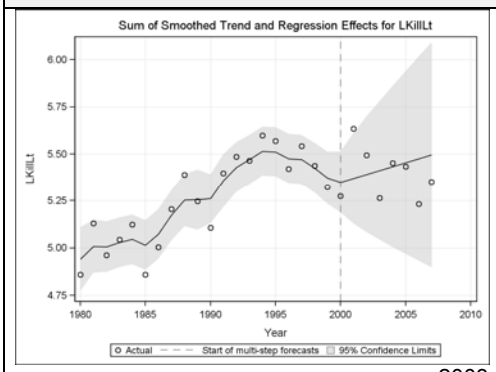
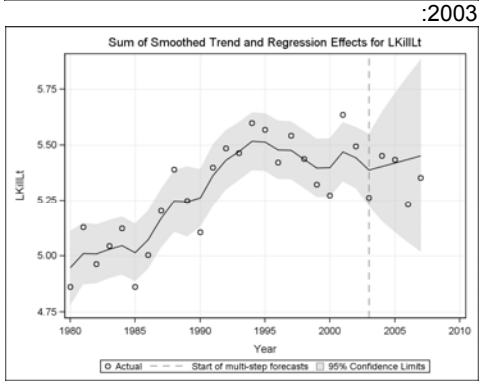
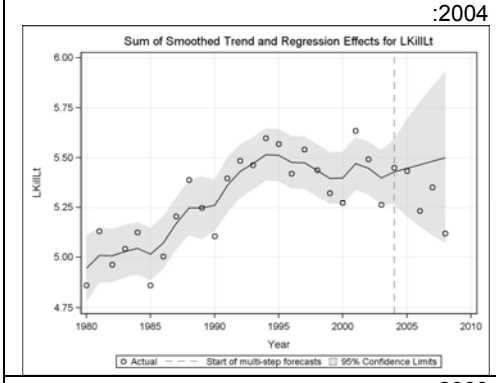
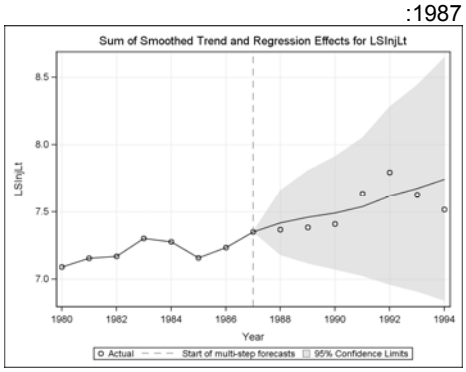
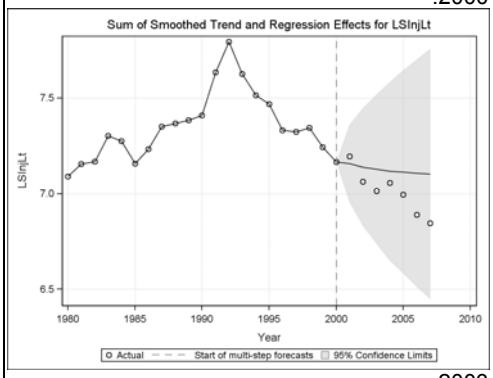
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	 :1994 	 :2003  :2004 

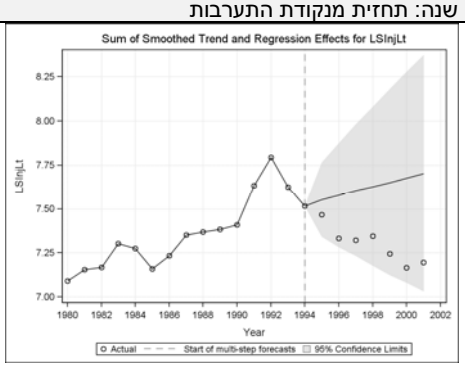
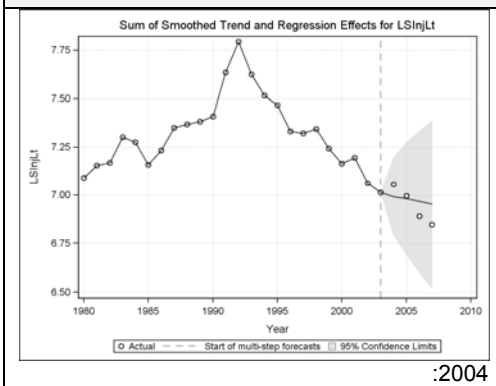
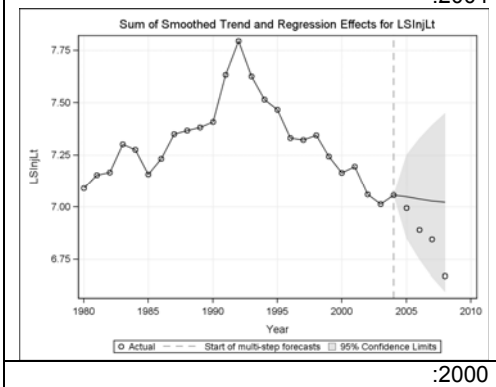
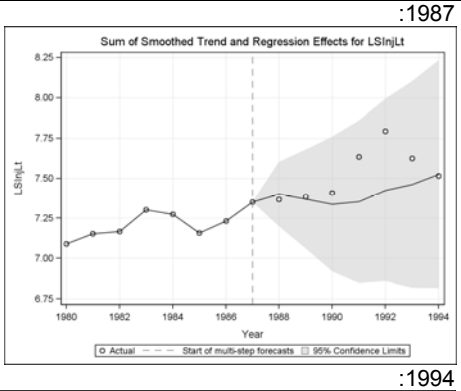
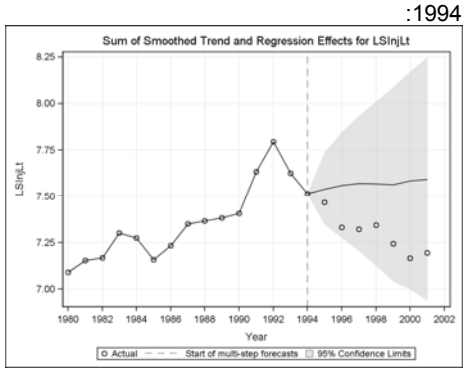
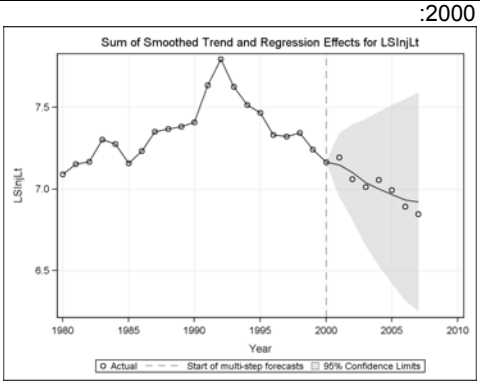
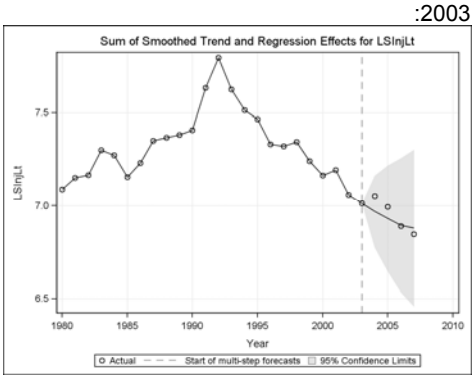
ה - הרוגים ונפגעים ברכב קל

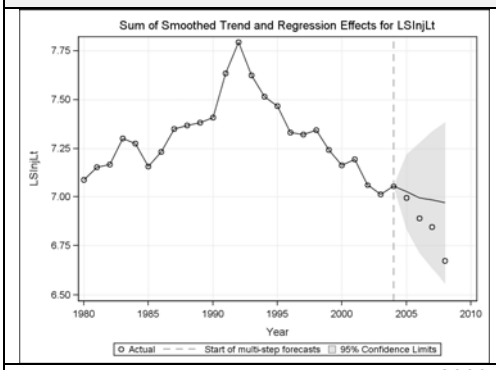
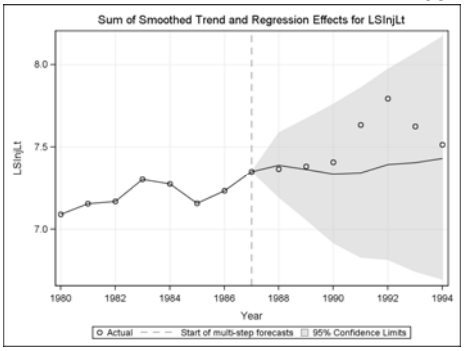
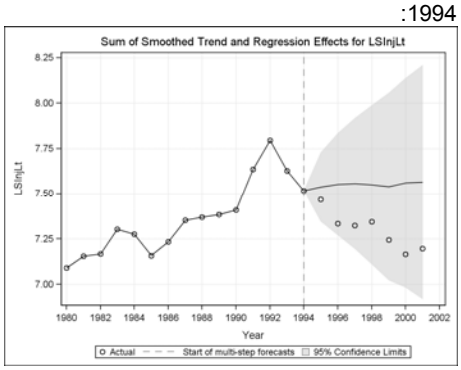
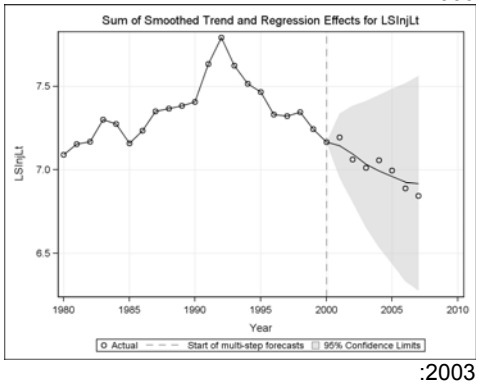
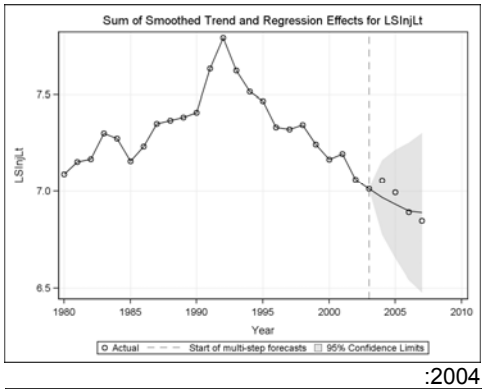
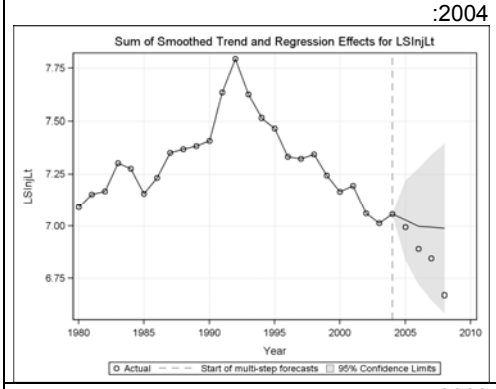
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
.34 KillLt_KTT הרוגים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	:1987  :1994	:2000  :2003

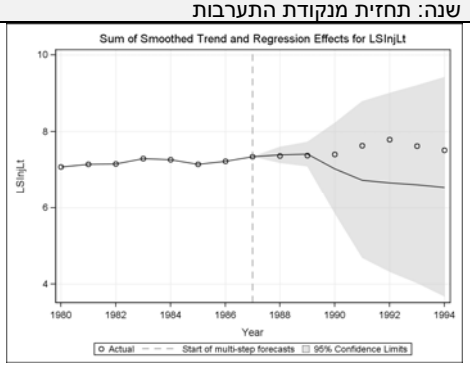
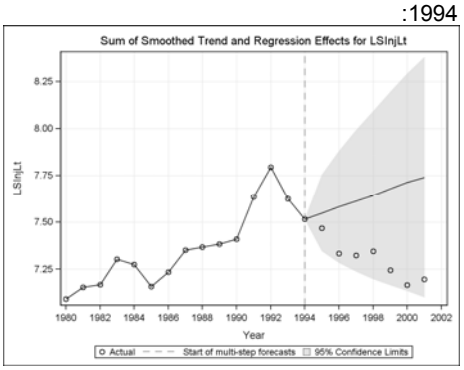
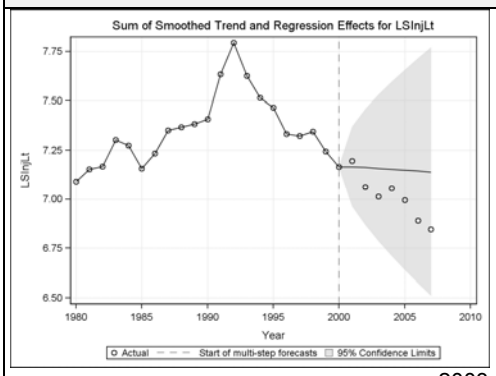
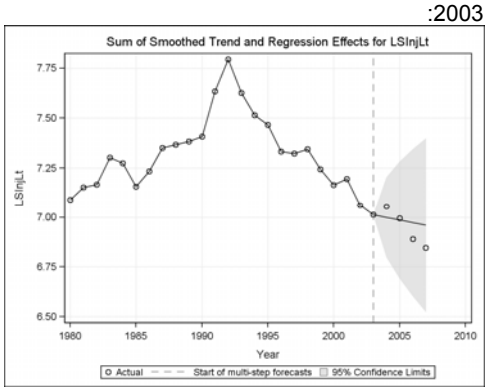
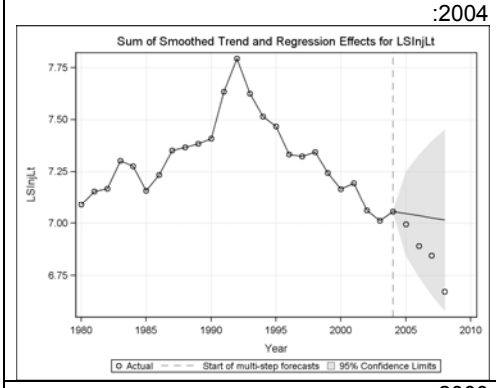
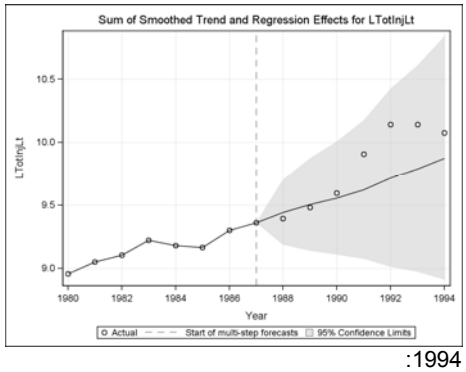
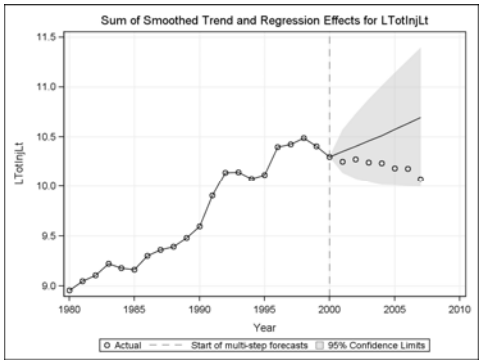
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		 :2004 
.35 KillLt_MVT הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004

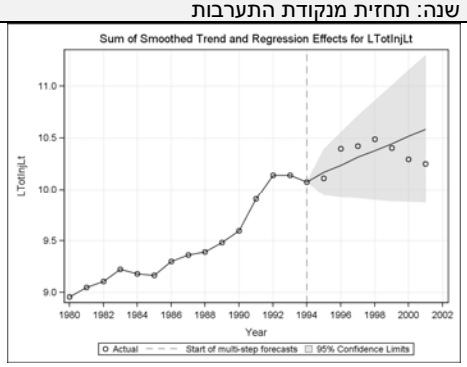
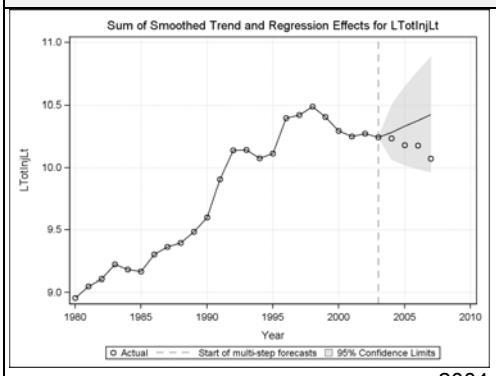
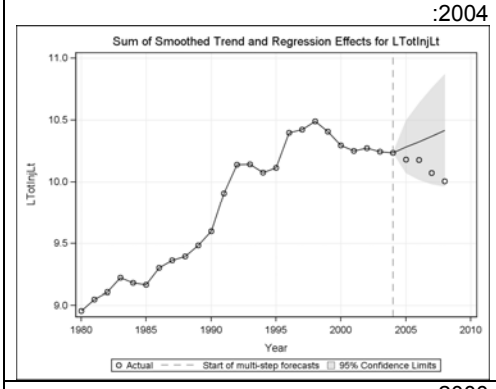
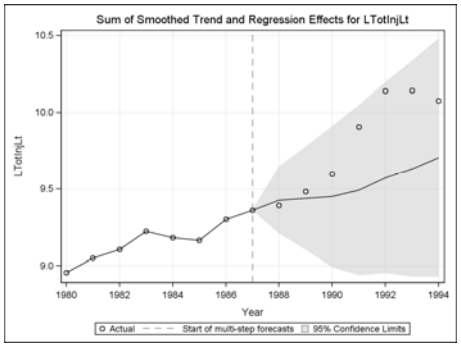
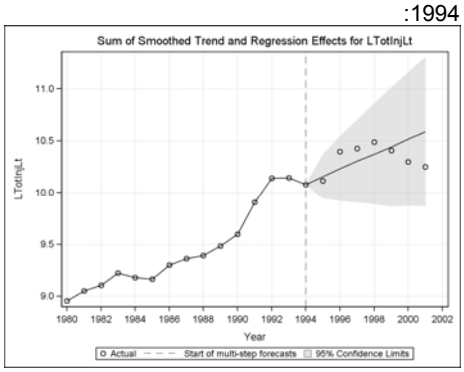
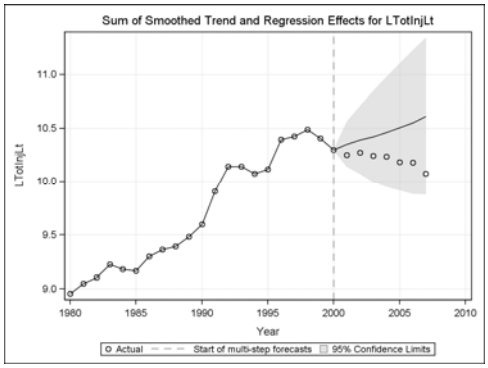
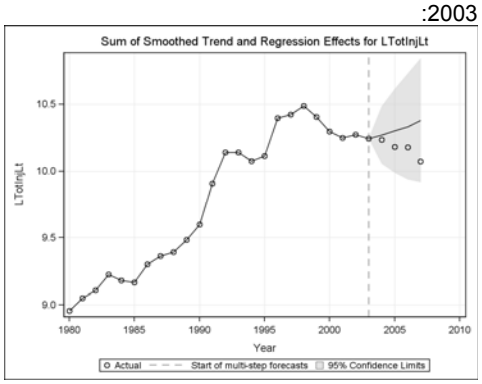
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
.36 KillLt_PVT הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 
.37 KillLt_Pop הרוגים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	:1987	:2000

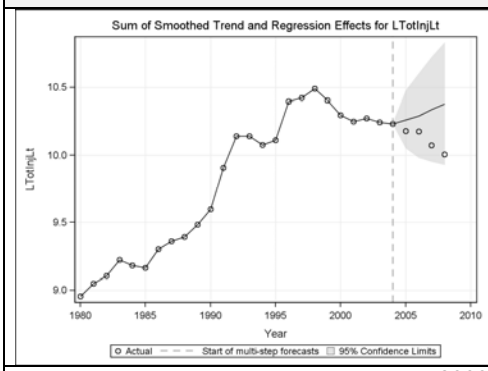
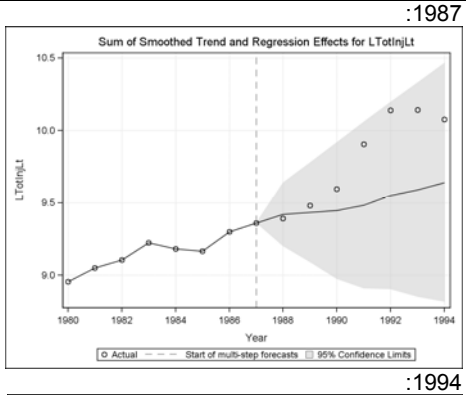
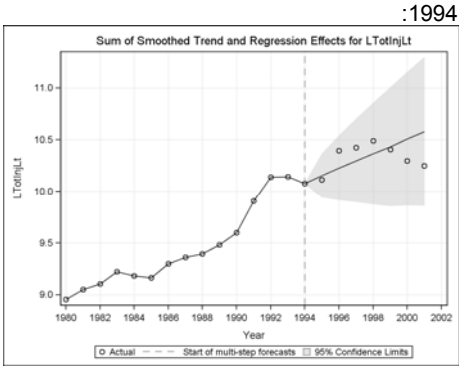
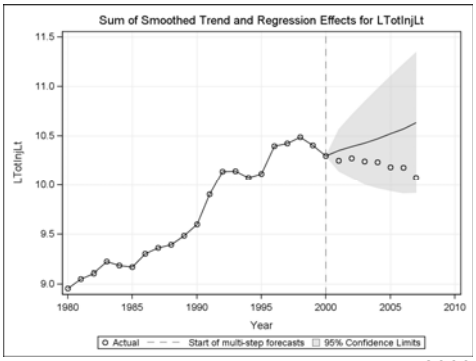
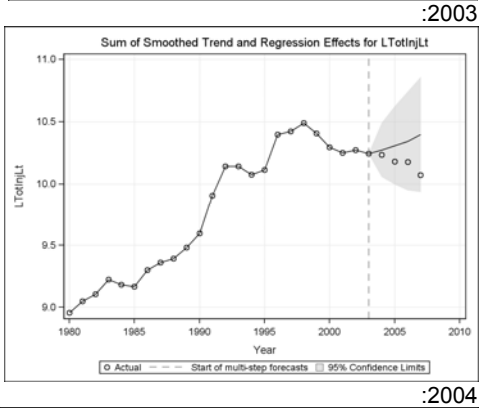
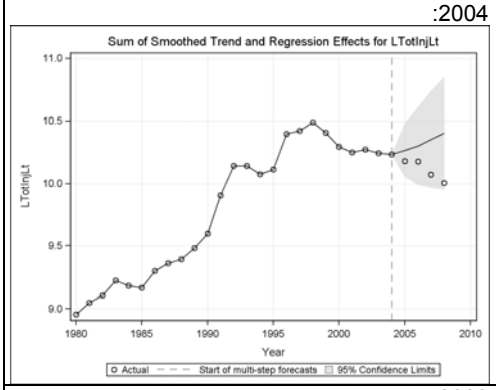
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	 :1994 	 :2003  :2004 
.38 SInjLt_KTT נפגעים קשה ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	:1987  :1994	:2000  :2003

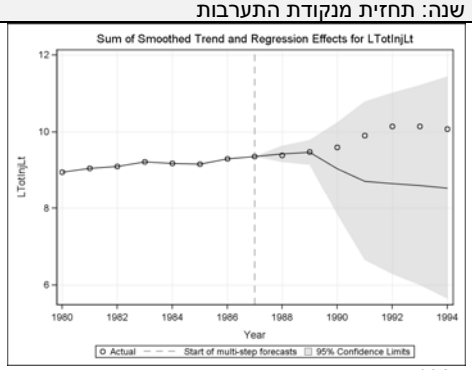
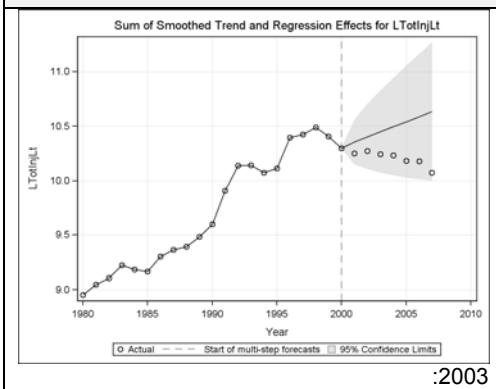
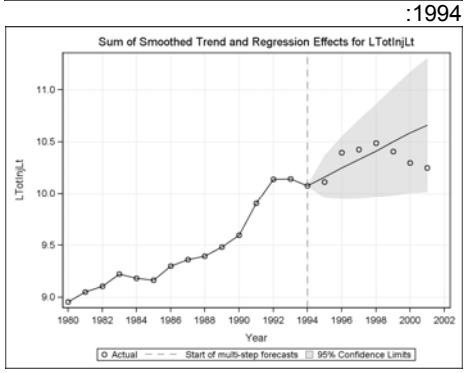
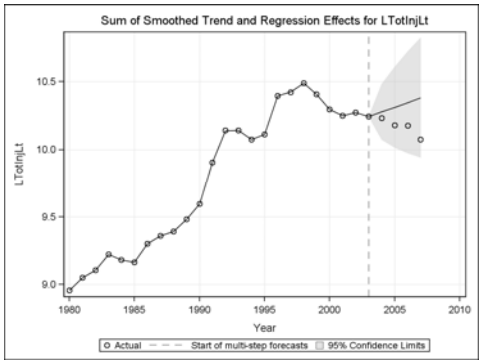
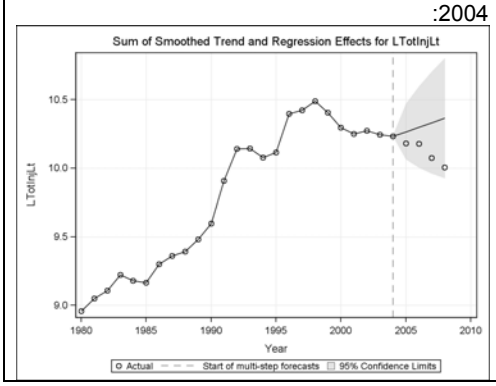
סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		 :2004 
.39 SInjLt_MVT נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
.40 SInjLt_PVT נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 
.41 SInjLt_Pop נפגעים קשה ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	:1987	:2000

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
	 :1994 	 :2003  :2004 
.42 TotInjLt_KTT סך הנפגעים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	:1987  :1994	:2000  :2003

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		 :2004 
.43 TotInjLt_MVT סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
.44 TotInjLt_PVT סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	:1987  :1994 	:2000  :2003  :2004 
.45 TotInjLt_Pop סך הנפגעים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	:1987	:2000

סדרה	שנה: תחזית מנקודת התערבות	
		
	:1994 	:2003 
		:2004 

טבלה 4.10. משמעויות של נקודות הזמן שנבחנו בעזרת התחזיות, עבור הסדרות הבסיסיות

סדרה	נקודות הזמן עם שינוי חיובי - ירידה לעומת התחזית	נקודות הזמן עם תחזית דומה להתפתחות בפועל	נקודות הזמן עם הרעה (עליה) לעומת התחזית	אורך הסדרה, שנים
1. TotFat_KTT סך מספר ההרוגים ביחס לנסועה השנתית	1974, 2004	1987, 1994, 2003	2000	1970-2008
2. TotALLInj_KTT סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לנסועה השנתית	2000, 2003, 2004	1994	1974, 1987	1970-2008
3. SSInj_KTT סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לנסועה השנתית	2000, 2003, 2004	1994	1974, 1987	1970-2008
4. TotInj_KTT סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לנסועה השנתית	2000, 2003, 2004	1994	1974, 1987	1970-2008
5. TotFat_MVT סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1974, 2004	1987, 1994, 2003	2000	1951-2008
6. TotALLInj_MVT סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	1974, 2000, 2003, 2004	1994	1987	1951-2008
7. SSInj_MVT סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008
8. TotInj_MVT סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008
9. TotFat_PVT סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב פרטיים	1974, 2004	1987, 1994, 2003	2000	1951-2008
10. TotALLInj_PVT סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב פרטיים	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008
11. SSInj_PVT סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008
12. TotInj_PVT סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב פרטיים	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008
13. TotFat_Pop סך מספר ההרוגים ביחס לגודל האוכלוסיה	1974, 1994, 2004	1987, 2000, 2003	--	1951-2008
14. TotALLInj_Pop סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לגודל האוכלוסיה	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008
15. SSInj_Pop סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לגודל האוכלוסיה	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008
16. TotInj_Pop סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לגודל האוכלוסיה	2000, 2003, 2004	1974, 1994	1987	1951-2008

טבלה 4.11. משמעויות של נקודות הזמן שנבחנו בעזרת התחזיות, עבור הסדרות המשלימות

סדרה	נקודות הזמן עם שינוי חיובי - ירידה לעומת התחזית	נקודות הזמן עם תחזית דומה להתפתחות בפועל	נקודות הזמן עם הרעה לעומת התחזית	אורך הסדרה, שנים
17. RurFat_KttRur מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	1987, 1994 (*), 2003 (*), 2004	2000	--	1980-2008
18. UrbFat_KttUrb מספר הרוגים בדרכים עירוניות ביחס לנסועה עירונית	2000 (*), 2003 (*), 2004 (*)	1994	1987 (*)	1980-2008
19. PedFat_KttUrb הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה עירונית	2003 (*), 2004 (*)	1987, 1994, 2000	--	1980-2008
20. PedFat_KTT הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה השנתית	2004	1987, 1994, 2000, 2003	--	1980-2008
21. PedFat_MVT הרוגים הולכי רגל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה	2004	1987, 1994, 2000, 2003	--	1980-2008
22. PedFat_PVT הרוגים הולכי רגל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	2004	1987, 1994, 2000, 2003	--	1980-2008
23. PedFat_Pop הרוגים הולכי רגל ביחס לגודל האוכלוסיה	2003, 2004	1994, 2000	1987	1980-2008
24. YKill_KTT הרוגים נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	1987 (*), 1994, 2004	2000, 2003	--	1980-2008
25. YKill_MVT הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים	1994	2004	1987, 2000, 2003	1980-2008
26. YKill_PVT הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים	1994	2004	1987, 2000, 2003	1980-2008
27. YKill_Pop הרוגים נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	1994, 2003, 2004	2000	1987	1980-2008
28. YSInj_KTT נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית	1987, 1994, 2003, 2004	2000 (**)	--	1980-2008
29. YSInj_MVT נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים	1994, 2003, 2004	1987, 2000 (**)	--	1980-2008
30. YSInj_PVT נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים	1994, 2003, 2004	1987, 2000 (**)	--	1980-2008
31. YSInj_Pop נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לגודל האוכלוסיה	1994, 2003, 2004	2000 (**)	1987	1980-2008

סדרה	נקודות הזמן עם שינוי חיובי - ירידה לעומת התחזית	נקודות הזמן עם תחזית דומה להתפתחות בפועל	נקודות הזמן עם הרעה לעומת התחזית	אורך הסדרה, שנים
32. SFatRur_KttRur תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	1987 (*), 2003, 2004	1994, 2000	--	1980-2008
33. SSRur_KttRur תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית	1987, 1994, 2000, 2003	2004	--	1980-2008
34. KillLt_KTT הרוגים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	1994	1987, 2003, 2004	2000	1980-2008
35. KillLt_MVT הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים	1994	2003, 2004	1987 (*), 2000	1980-2008
36. KillLt_PVT הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	1994	2003, 2004	1987 (*), 2000	1980-2008
37. KillLt_Pop הרוגים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	1994 (*), 2004 (*)	2000, 2003	1987	1980-2008
38. SInjLt_KTT נפגעים קשה ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	1994, 2000 (*), 2004	1987, 2003	--	1980-2008
39. SInjLt_MVT נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים	1994, 2004	1987, 2000, 2003	--	1980-2008
40. SInjLt_PVT נפגעים קשה ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	1994, 2004	2000, 2003	1987 (*)	1980-2008
41. SInjLt_Pop נפגעים קשה ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	1994, 2000 (*), 2004	2003	1987 (*)	1980-2008
42. TotInjLt_KTT סך הנפגעים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית	2000, 2003, 2004	1987, 1994	--	1980-2008
43. TotInjLt_MVT סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים	2000, 2003, 2004	1994	1987 (*)	1980-2008
44. TotInjLt_PVT סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב פרטיים	2000, 2003, 2004	1994	1987 (*)	1980-2008
45. TotInjLt_Pop סך הנפגעים ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה	2000, 2003, 2004	1994	1987 (*)	1980-2008

(*) פרט לנקודה אחת

(**) ללא נקודה אחת היתה הרעה

5. סיכום ובחינת משמעויות הממצאים מפיתוח המודלים

5.1. כללי

במחקר זה נבחנה התפתחות הבטיחות בתחבורה בישראל לאורך זמן, במטרה לזהות את נקודות הזמן שבהן חל שינוי חיובי - ירידה במספרי ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים ובמספר התאונות, בניכוי השינויים שחלו ברמת החשיפה. נקודות הזמן שנמצאו עם שינוי חיובי - ירידה ברמת סיכון (מספר הרוגים/ נפגעים/ תאונות ביחס לחשיפה) מאפשרות להצביע על התערבויות הבטיחות שיושמו בסמוך לנקודות זמן אלה ולכן, כפי הנראה, תרמו לשיפורים ברמת הבטיחות.

הבחינה התייחסה הן לסדרות הכלליות של סך ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים וסך התאונות והן לסדרות המפורטות יותר כגון: הרוגים בדרכים לא עירוניות ועירוניות, הרוגים הולכי רגל, הרוגים ונפגעים קשה נהגים צעירים, תאונות קטלניות וקשות עם רכב יחיד, הרוגים ונפגעים ברכב קל. תקופות הניתוח היו 1951-2008 עבור הסדרות הכלליות, עם התמקדות עיקרית בין השנים 1970-2008, ו-1980-2008 עבור הסדרות המפורטות.

הגישה המחקרית בעבודה זו התבססה על הנחה שכדי להבין את השפעת התערבויות הבטיחות יש תחילה להבין כיצד החשיפה משפיעה על מספרי הנפגעים (ההרוגים, התאונות) בסדרות הנתונים השונות. זאת מכיוון שההתערבות משפיעה בדרך כלל רק על חלק מסוים מהנפגעים או התאונות ואילו שינויי החשיפה יכולים להיות פתאומיים וניכרים.

עבור מרבית סדרות הנפגעים (ההרוגים, התאונות) נערכו מספר ניתוחים, תוך כדי שימוש באומדני חשיפה שונים, וביניהם אומדן הנסועה, מספר כלי רכב רשומים במדינה, מספר כלי רכב פרטיים וגודל האוכלוסיה. סה"כ נותחו 45 סדרות (של נפגעים /הרוגים /תאונות ביחס לחשיפה). שימוש בתחליפי הנסועה מקובל בעולם בניתוחי המאקרו משום שהסדרות העתיות של תחליפי הנסועה לרוב זמינות יותר לעומת הסדרות של אומדני הנסועה ולכן, הן משמשות יותר בניתוחים השונים ליצירת אומדני החשיפה. הבחינה ביחס למספר אומדני החשיפה נערכה, במחקר הנוכחי, כדי לבחון רגישות של תוצאות הניתוחים עבור סדרות מסוימות של הרוגים או נפגעים.

לניתוח הנתונים ולהתאמת המודלים לביטוי הקשר בין חשיפה והיפגעות ומכאן, לאיתור נקודות הזמן עם שינוי חיובי, השתמשנו בשתי שיטות. *השיטה א'* הינה תאור התפתחות שיעורי ההיפגעות (נפגעים /תאונות חלקי חשיפה) על פני הזמן תוך שימוש במודלים מקוטעים של רגרסיה. לאחר התאמת המודלים ניתן לבחון את המשמעויות לנקודות השבירה שנתגלו.

השיטה ב' הינה התאמת מודלים מסוג *structural time series models*. בעזרת מודלים אלה נאמדים הרכיבים של הרמה והשיפוע של מודל מגמה לינארי לוקלי ושל שאריות המודל, כאשר כל זאת ניתן לעשות בניכוי משתנים מסבירים ידועים (במחקר הנוכחי: החשיפה). במחקר זה המודלים מסוג זה הותאמו ל-45 סדרות של הנתונים. בעזרת המודלים נבחנו שינויים בהתפתחות הסדרות בנקודות זמן נבחרות, כאשר נקודות זמן אלה נקבעו על סמך ידע מוקדם לגבי עיתוי התערבויות בטיחות חשובות.

5.2. התערבויות בטיחות עיקריות שהיו בישראל

על סמך ממצאי הספרות וסקר משלים של מומחי בטיחות בישראל, טבלה 2.4 ותרשים 2.1 בפרק 2 מסכמים את כל סוגי המידע בנושא התערבויות הבטיחות ושינויים במערכת התחבורה אשר התרחשו בישראל במהלך ארבעת העשורים האחרונים (בשנים 1970-2008) ושייתכן כי השפיעו חיובית על מצב הבטיחות בדרכים.

בין התערבויות הבטיחות שנכללו בבסיס המידע של המחקר היו: שינויים בתקנות התעבורה בנוגע לאביזרי בטיחות בכלי רכב, הגבלות על נהגים צעירים חדשים, תגבור התקנות בנושא הנהיגה תחת השפעת אלכוהול ועוד, וכמו כן, שיפורים מהותיים בתשתיות הכבישים, מבצעי אכיפה רחבי היקף, שיפורים ברכב, שיפורים במערך פינוי והצלה של נפגעי תאונות דרכים וכו'. בשנים האחרונות, ייתכן אפקט מצטבר של מגוון התערבויות בטיחות, כאשר השנים 2001-2004 מזוהות עם מגוון התערבויות בטיחות בעוצמה מסוימת, והשנים 2005-2007 - עם מגוון נוסף של התערבויות בטיחות שונות בעוצמה גבוהה יותר.

בעקבות בחינת סוגי התערבויות הבטיחות שייושמו בישראל, עוצמת יישומן ו/או הפעילויות למען קידום ההתערבויות, וכמו כן, הפוטנציאל לשיפור הבטיחות שמזוהה עם סוג התערבות מסוים (על סמך הניסיון הבינלאומי או הערכות בישראל), הוסק כי בניתוח התפתחות מצב הבטיחות בישראל יש מקום לבחון שינויים במגמות בשנים אלה:

1975 - כניסת חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות;

1987 - חיזוק חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות;

1991 - הקמת משטרת תנועה ארצית;

1995 (או 1996, 1997) - תחילת עידן של שינויים בטיחותיים בתשתיות העירוניות (הפצת מעגלי תנועה, יישום מרכיבי מיתון תנועה בשכונות מגורים), ותחילת עידן של שיפורים בטיפול בנפגעי תאונות דרכים;

2001 (או בתקופת השנים 2001-2004) - הגברת הפעילויות בנושא נהג חדש; מ-2002 תחילת עדין השיפורים הטכנולוגיים ברכב (אמצעים להגברת בטיחות פאסיבית); מ-2003 התחלת מהפכת השימוש בהתקני בטיחות בצדי דרכים; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים;

2005 (או בתקופת השנים 2005-2007) - מינוף שיפורי תשתית בדרכים הלא עירוניות; מינוף פעילויות המשטרה בנושא אלכוהול בנהיגה; החמרת ענישה בגין עבירות חמורות; הקמת הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים; המשך הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים.

5.3. ממצאים מהניתוחים הסטטיסטיים - משמעויות של נקודות הזמן עם שינויים חיוביים במגמות הנפגעים והתאונות

טבלה 5.1 להלן מסכמת ממצאים מהניתוחים הסטטיסטיים, שנערכו בשתי השיטות:

א) התאמת המודלים עם מספר נקודת שבירה, ל-45 סדרות עם שיעורי ההיפגעות;

ב) בחינת תחזיות ההתפתחות לעומת התהליכים בפועל, בעקבות נקודות זמן נבחרות, שנבנו עבור 45 הסדרות בעזרת ה-*structural time series model*.

על סמך שני סוגי הניתוחים, טבלה 5.1 מסכמת את נקודות הזמן אשר מזוהות עם שינוי חיובי בהתפתחות הסדרות: התחלת ירידה או התחזקות בירידה - בשיעור הרוגים/נפגעים ביחס לחשיפה, בשיטה א', ו-ירידה בסיכון לעומת תחזית ההתפתחות, בשיטה ב'.

טבלה 5.1. סיכום לנקודות הזמן המזוהות עם שינוי חיובי בהתפתחות הסדרות

מס'	נושא הסדרה: הרוגים/ נפגעים/ תאונות (בניכוי השינויים בחשיפה)	בשיטה א': נקודות זמן עם שינוי חיובי - התחלת ירידה או התחזקות בירידה - בשיעור הרוגים/ נפגעים/ תאונות ביחס לחשיפה	בשיטה ב': נקודות זמן עם שינוי חיובי - ירידה בסיכון לעומת תחזית ההתפתחות
1	סך ההרוגים בתאונות	1994-1996, 2003-2004	1974, 2004
2	סך הנפגעים בתאונות	1998, 2004-2005	2000, 2003, 2004
3	סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל	1998, 2004-2005	2000, 2003, 2004
4	סך התאונות עם נפגעים	1998	2000, 2003, 2004
5	הרוגים בדרכים לא עירוניות	1993	1987, 1994, 2003, 2004
6	הרוגים בדרכים עירוניות	1989, 2004	2000, 2003, 2004
7	הרוגים הולכי רגל	1988, 2002-2003	2003, 2004
8	הרוגים נהגים צעירים	1994, *1999, 2004*	1994, *2004*
9	נפגעים קשה נהגים צעירים	1993-1996, 2002-2003	1994, 2003, 2004
10	תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות	1987	1987, 2003, 2004
11	תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות	1991	1987, 1994, 2000, 2003
12	הרוגים ברכב קל	1992-1994	1994
13	נפגעים קשה ברכב קל	1993	1994, *2000*, 2004
14	סך הנפגעים ברכב קל	1997, 2005	2000, 2003, 2004

מבחינת הממצאים בטבלה 5.1 עולה כי נקודות השינוי במגמה שזוהו בשני סוגי הניתוחים אינן זהות אם כי בהתייחס לרוב הנושאים שנותחו בין שתי רשימות השנים קיים דימיון ניכר - חפיפה חלקית או לעתים, מלאה. יש לזכור גם שאופן איתור של נקודות השינוי היה שונה בשתי השיטות: בשיטה א' אובחנו כל השינויים במגמה שנצפו לאורך מספר עשורים, בעוד שבשיטה ב' נערכה בחינת השינויים ב-5-6 נקודות זמן נבחרות (מה שמותיר אפשרות לנקודות שינוי נוספות שלא נבדקו).

על סמך טבלה 5.1, המשמעויות העיקריות לגבי השינויים החיוביים בסדרות הנתונים שנבחנו יהיו כלהלן:

א. **בסך ההרוגים בתאונות**, שינויים חיוביים במגמה נמצאו בשנים: 1974, 1994-1996, 2004. שינויים אלה יכולים להתקשר עם התערבויות בטיחות כגון:

- כניסת חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות (1975) וייתכן כי - עם מגבלות על היקף הנסיעות בשל משבר האנרגיה העולמי אשר שרר בעולם בעקבות מלחמת יום הכיפורים.

- תחילת עידן השינויים בתשתיות העירוניות ותחילת עידן השיפורים בטיפול בנפגעי תאונות דרכים (1995 ואילך).

- שיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת שימוש בהתקני הבטיחות; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש (2004).

ב. **בסך הנפגעים בתאונות**, שינויים חיוביים במגמה נמצאו בשנים: 1998-2000, 2003-2005. שינויים אלה יכולים להתקשר עם התערבויות בטיחות כגון:

- שיפורים בתשתיות הכבישים בכלל, לרבות הגברת שימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים (2003-2005).

- לעומת זאת, עבור נקודת השינוי בשנים 1998-2000 לא ניתן לציין התערבויות בטיחות שהחלו או תוגברו באותן השנים. כמו כן, השינוי בשנים אלה עשוי לנבוע גם משינויים בכללי הדיווח על תאונות הדרכים בתוך המשטרה[7].

ג. המסקנות לגבי השינויים שנצפו **בסך מספר הנפגעים באורח קשה וקל, ובסך התאונות עם נפגעים** דומות לאלה שהתקבלו עבור השינויים בסך הנפגעים בתאונות - ראה סעיף ב' לעיל.

ד. **במספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות** שינויים חיוביים במגמה נמצאו בשנים: 1987, 1993-1994, 2003-2004. שינויים אלה יכולים להתקשר עם התערבויות בטיחות כגון:

- חיזוק חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות (1987) אם כי התיקון התייחס לדרך עירונית.

- שיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת שימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים (2003-2004).

- לעומת זאת, עבור נקודת השינוי בשנים 1993-1994 לא ניתן לציין התערבויות בטיחות שהחלו או תוגברו באותן השנים.

ה. **במספר הרוגים בדרכים העירוניות** שינויים חיוביים במגמה נמצאו בשנים: 1989, 2000, 2003-2004. שינויים אלה יכולים להתקשר עם התערבויות בטיחות כגון:

- בשנת 1989 לא היו התערבויות בטיחות מהותיות. ייתכן כי מדובר בהשפעה מאוחרת (או מצטברת) של חיזוק חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות (1987) שהתייחס לדרך עירונית.

- באופן דומה, בשנת 2000 לא היו התערבויות בטיחות מהותיות. ייתכן כי מדובר בהשפעה מצטברת של שינויים בטיחותיים בתשתיות העירוניות (הפצת מעגלי תנועה, יישום מרכיבי מיתון תנועה בשכונות מגורים) שהחלו מאמצע שנות התשעים.

---

[7] שינוי במספר התאונות עם נפגעים המדווחות בסוף שנות התשעים אכן צוין ע"י מחקרי הערכה שונים שנערכו בישראל. מחקים אלה הצביעו, בין היתר, על פער הולך וגדל: (א) בין מספר תיקי "ת"ד" וכלל תיקי התאונות שנפתחים מדי שנה ע"י המשטרה, (ב) בין דיווחי המשטרה על מאושפזים בעקבות התאונות לבין הדיווחים מרישום הטראומה הלאומי.

- שיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת שימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים (2003-2004).

ו. **במספר הרוגים הולכי רגל** שינויים חיוביים במגמה נמצאו בשנים: 1988, 2002-2004. שינויים אלה יכולים להתקשר עם התערבויות בטיחות כגון:

- בשנת 1988 לא היו התערבויות בטיחות מהותיות. לא ניתן לציין השפעה מצטברת של התערבויות קודמות כי לא ידוע על כאלה בהתייחס לדרך עירונית באמצע שנות השמונים.

- גם בתחילת שנות האלפיים (2002-2004) לא ניתן להצביע על התערבויות בטיחות שנועדו לשיפור בטיחות הולכי הרגל. תיתכן השפעה מצטברת של שיפורים בתשתיות העירוניות (החל מאמצע שנות התשעים) ואולי - של הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים, בתחילת שנות האלפיים.

ז. **במספר הרוגים נהגים צעירים** שינוי חיובי במגמה נמצא בשנת 1994, כאשר בעשור האחרון שינויים חיוביים נצפו בשנים 1999, 2004 אם כי הממצא האחרון לא היה עקבי בין הניתוחים השונים. לגבי הקשר עם התערבויות הבטיחות ניתן לציין כלהלן:

- בשנת 1994 או בשנים הקודמות לא היו התערבויות בטיחות בנושא נהג חדש. ממצא זה (ועקביותו על פני הניתוחים השונים) מפתיע ובלתי מוסבר על סמך המידע הקיים על התערבויות הבטיחות. ייתכן כי שימוש באומדני החשיפה הכללית (במקום אומדני החשיפה לנהגים חדשים) יצר הטעיה בממצאים בנושא זה.

- השינויים החיוביים בשנים 1999, 2004 הינם "מוזמנים" כי בשנת 1999 התחילה בארץ התעוררות בנושא המגבלות לרישיון נהג חדש (תקנת ליווי נהג חדש - 1999), כאשר שנת 2004 מהווה "שיא הפעילות" מבחינת תקנות התעבורה ותשומת הלב לנושא מצד הממשלה והמשטרה (תקנת ליווי נהג חדש - 2004; הגברת אכיפה והמודעות לנושא; הגברת פעילויות "אור ירוק" בליווי הנהגים החדשים). עם זאת, זיהוי השינויים במגמה בשנים אלה לא היה עקבי, מה שמצביע כפי הנראה על בעייתיות של אומדני החשיפה ששימשו בניתוחים בנושא זה.

ח. **במספר נפגעים קשה נהגים צעירים** שינויים חיוביים במגמה נמצאו בתקופות אלה: 1993-1996, 2002-2004, כאשר הממצאים - שנות השינוי - היו עקביים למדיי על פני הניתוחים השונים. לגבי הקשר בין שנות השינוי לבין התערבויות הבטיחות המסקנות דומות לאלה שצוינו לעיל בסעיף ז'. כלומר:

- בשנים 1993-1996 לא ידוע על התערבויות בטיחות מיוחדות בנושא נהג חדש. ממצא זה אינו מוסבר על סמך המידע הקיים אם כי ייתכן כי שימוש באומדני החשיפה הכללית (במקום אומדני החשיפה לנהגים החדשים) יצר הטעיה בממצאים בנושא זה.

- השינויים החיוביים בשנים 2002-2004 מתקשרים היטב עם השינויים בתקנות התעבורה, הגברת המודעות, תגבור אכיפה ופעילויות נוספות אשר צברו תאוצה בשנים אלה בנושא נהג חדש צעיר.

ט. במספר **תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות** שינויים חיוביים נצפו בשנים אלה: 1987, 2003-2004. לגבי השפעת התערבויות הבטיחות ניתן לציין כלהלן:

- בשנת 1987 או לפני כן לא היו התערבויות בטיחות בנושא מניעת תאונות רכב יחיד. ייתכן קשר מסוים עם חיזוק חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות (1987) אם כי תיקון החוק התייחס לדרך עירונית.

- לעומת זאת, השינוי שנצפה בשנים 2003-2004 מתיישב היטב עם שיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת השימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים שהחלה בשנים אלה וכמו כן, עם הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים (2003-2004).

י. במספר **תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות** לא היתה הסכמה בין שני סוגי הניתוחים, אשר הצביעו ביחד על שינויים חיוביים בשנים אלה: 1987, 1991, 1994, 2000, 2003. לגבי השפעת התערבויות הבטיחות, בהקשר זה, ניתן לציין כלהלן:

- כאמור לעיל, בשנת 1987 או לפני כן לא היו התערבויות בטיחות בנושא מניעת תאונות רכב יחיד. ייתכן קשר מסוים עם חיזוק חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות (1987) אם כי התיקון התייחס לדרך עירונית.

- בשנים 1991, 1994 לא היו התערבויות בטיחות מהותיות שהיו יכולות להשפיע על תאונות רכב יחיד. דווח על הקמת משטרת תנועה ארצית (1991), כניסת תקנה על חובת הדלקת אורות יום (1993), תקנה על בדיקות שכרות (1994) אם כי לפעילויות אלה קשה לייחס השפעה מהותית על תאונות רכב יחיד, עקב היעדר מידע על עוצמת פעילויות אכיפה.

- גם בשנת 2000 או מספר שנים קודמות לא היו התערבויות בטיחות שלהן היה ניתן לייחס קשר סיבתי עם תאונות רכב יחיד. מאידך, בסוף שנות התשעים נתגלו פערים הולכים וגדלים בדיווח על התאונות הקשות במשטרה לעומת הנתונים מבתי החולים, מה שעשוי היה לתרום גם לשינוי חיובי זה במגמת התאונות הקשות עם רכב יחיד.

- לעומת זאת, השינוי במגמה שנצפה בשנת 2003 מתיישב עם השיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת השימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים שהחלה בתקופה זו וכמו כן, עם הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים (2003-2004).

יא. במספר **הרוגים ברכב קל** שינויים חיוביים נצפו בשנים 1992-1994. לגבי השפעת התערבויות הבטיחות ניתן לציין כלהלן:

- תקופת השינוי במגמה שנמצאה בניתוחים הסטטיסטיים אינה תואמת את כניסת חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות (1975) או תגבורו (1987). כמו כן, היא אינה תואמת את תקופת הגברת השיפורים בבטיחות הפאסיבית של הרכב הפרטי (משנת 2002).

- ממצא זה מפתיע ואינו מתיישב עם הדעה הרווחת כי בתחילת שנות התשעים, עם הגידול המהיר באוכלוסית המדינה ("העליה הגדולה") חלה החמרה במצב הבטיחות. ייתכן כי בשנים אלה (1992-1994), בעקבות גידול האוכלוסיה המבוגרת, היתה קפיצה ברמת המינוע ובהיקף הנסועה, מה שתרם לירידה בשיעור ההיפגעות ביחס לחשיפה. כלומר, לא התערבויות בטיחות ממוקדות אלא תהליכים חברתיים-כלכליים תרמו לשיפור ברמת הבטיחות של הנהגים והנוסעים ברכב קל.

יב. במספר **נפגעים קשה ברכב קל** שינויים חיוביים נצפו בשנים אלה: 1993-1994, 2000 (ממצא לא עקבי) ו-2004. לגבי השפעת התערבויות הבטיחות בהקשר זה ניתן לציין כלהלן:

- לשינוי החיובי בשנים 1993-1994 לא קיים הסבר מספק בקרב התערבויות הבטיחות - ראה סעיף יא' לעיל.

- השינוי בשנת 2000 עשוי להתקשר עם שינויים בכללי הדיווח על התאונות בתוך המשטרה.

- לעומת זאת, השינוי החיובי בשנת 2004 עשוי להתקשר עם התערבויות הבטיחות כגון: שיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת השימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים שהחלה בתקופה זו; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים (2003-2004)

יג. **בסך הנפגעים ברכב קל** שינויים חיוביים נצפו בשנים אלה: 1997, 2000, 2003-2005. לגבי השפעת התערבויות הבטיחות בהקשר זה ניתן לציין כלהלן:

- לשינוי החיובי בשנת 1997 מקרב התערבויות הבטיחות לא קיים הסבר מספק אחד. עם זאת, תיתכן השפעה מצטברת של השיפורים בתשתיות העירוניות ובטיפול בנפגעי תאונות דרכים (1995-1997).

- השינוי בשנת 2000 עשוי להתקשר עם שינויים בכללי הדיווח על התאונות בתוך המשטרה (ולא עם התערבויות הבטיחות).

- לעומת זאת, השינוי החיובי בשנים 2003-2005 עשוי להתקשר עם התערבויות הבטיחות כגון: שיפורים בתשתיות הכבישים, לרבות הגברת השימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים.

מכאן, לחלק ניכר מנקודות השינוי החיוביות שזוהו בתהליכים הנ"ל נמצא הסבר בקרב התערבויות הבטיחות. עם זאת, בחלק מהמקרים השינוי החיובי במגמה שנצפה בשנה או בתקופה מסוימת היה מפתיע ולכאורה, אינו קשור להתערבויות הבטיחות המוכרות משנה זו ומשנים קודמות.

5.4. השפעות התערבויות הבטיחות

בעקבות בחינת השינויים החיוביים בתהליכי הבטיחות נראה כי השיפורים במגמות ההרוגים/ הנפגעים/ התאונות (בניכוי שינויי החשיפה) מזוהים בעיקר עם התערבויות בטיחות אלה:

(1) **1975** - חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות - נמצא ביטוי להשפעה על סך ההרוגים בתאונות;

(2) **1987** - חיזוק חוק חובת השימוש בחגורות הבטיחות - נמצאו ביטויים להשפעה במספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות, במספר הרוגים בדרכים העירוניות (אם כי, השפעה מאוחרת - בשנת 1989), בתאונות הקטלניות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות, בתאונות הקשות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות.

(3) **1991** - הקמת משטרת תנועה ארצית - תיתכן השפעה בתאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים הלא עירוניות (אם כי הקשר לא ברור ועוצמת פעילות המשטרה אינה ידועה).

(4) **1995 ואילך** - תחילת עידן השינויים בתשתיות העירוניות ותחילת עידן השיפורים בטיפול בנפגעי תאונות דרכים - נמצאו ביטויים להשפעה בסך ההרוגים בתאונות, במספר הרוגים בדרכים העירוניות (אם כי השפעה מאוחרת, בשנת 2000), במספר הרוגים הולכי רגל (גם השפעה מאוחרת אם בכלל, בשנים 2002-2004), בסך הנפגעים ברכב קל (בשנת 1997).

(5) **2003-2005** - שיפורים בתשתיות הכבישים - הגברת השימוש בהתקני הבטיחות; הגברת השיפורים הטכנולוגיים ברכב (בטיחות פאסיבית); הגברת התקנות והפעילויות בנושא נהג חדש; הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים. למקבץ התערבויות בטיחות אלה נמצאו ביטויים להשפעה בתהליכים רבים וביניהם:

- סך ההרוגים בתאונות,
- סך הנפגעים בתאונות,
- סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל,
- סך התאונות עם נפגעים,
- מספר הרוגים בדרכים הלא עירוניות,
- מספר הרוגים בדרכים העירוניות,
- מספר הרוגים הולכי רגל (השפעה בשנים 2002-2004),
- מספר הרוגים נהגים צעירים (השפעה בשנת 2004),
- מספר נפגעים קשה נהגים צעירים (השפעה בשנים 2002-2004),
- תאונות קטלניות עם רכב יחידי בדרכים הלא עירוניות (השפעה בשנים 2003-2004),
- תאונות קשות עם רכב יחידי בדרכים הלא עירוניות (השפעה בשנת 2003),
- נפגעים קשה ברכב קל (השפעה בשנת 2004),
- סך הנפגעים ברכב קל.

כלומר, השנים 2003-2005 מזוהות עם ירידות ניכרות בהרוגים, נפגעים ותאונות הדרכים ולכן, למגוון התערבויות הבטיחות שיושמו בשנים אלה ניתן לייחס השפעה חיובית על רשימה ארוכה של תהליכי הבטיחות.

השפעת ההתערבויות בשנים האחרונות (2005 ואילך) כולל: מינוף שיפורי תשתית בדרכים הלא עירוניות; מינוף פעילויות המשטרה בנושא אלכוהול בנהיגה; החמרת ענישה בגין עבירות חמורות; הקמת הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים; המשך הגברת המודעות לנושא הבטיחות בדרכים - לא מצאה ביטוי בתוצאות הניתוחים הסטטיסטיים עקב המשך מגמות הירידה שהתחילו קודם, בשנים 2002-2004, גם בשנים האחרונות.

5.5. דיון

המחקר הנוכחי ניסה להתמודד עם המשימה המורכבת של מציאת ביטוי כמותי להשפעת התערבויות הבטיחות על מצב הבטיחות בישראל, לאורך זמן. לזיהוי השינויים במגמות של הרוגים/ נפגעים/ תאונות שימשו שיטות סטטיסטיות מתקדמות ממספר סוגים המאפשרות להצביע על שינוי מהותי בהתפתחות התהליך בניכוי השפעת המסביר העיקרי - רמת החשיפה. לביצוע המשימה, מחד, שימשו שיטות סטטיסטיות מוכרות (כגון: התאמת מודל רגרסיה עם מספר נקודת שבירה) ומאידך, נלמדו ויושמו מודלים מתקדמים מסוג *structural time series models*. שתי שיטות הניתוח השלימו זו את זו אך לא תמיד הניבו תוצאות זהות. כפי שצוין מספר פעמים לאורך הדו"ח, הכלים לניתוח בעזרת *structural time series models* עדיין נמצאים בפיתוח ע"י יוצריהם והם טרם הגיעו לרמה הנדרשת של גמישות ביישום המודלים לניתוח נתונים חדשים.

במחקר נערכו ניתוחים של סדרות רבות של נפגעים ותאונות כדי ליצור תמונה מקיפה של התפתחות הבטיחות בדרכים בישראל, הן בראיה הכוללת והן בבחינה הפרטנית יותר, לפי נושאים נבחרים. המודלים שנבנו במחקר הצביעו על שנים או תקופות של שינויים מהותיים במצב הבטיחות, כאשר לרוב השינויים החיוביים שזוהו במגמות ניתן להציע קשר עם התערבויות הבטיחות שיושמו בסמוך לנקודות שינוי אלה. לדוגמא, בחלק ניכר מהסדרות זוהתה השפעה של מקבצי התערבויות הבטיחות שהחלו ליישם בישראל באמצע שנות התשעים ובתחילת שנות האלפיים.

עם זאת, לא תמיד ממצאי הניתוחים "עמדו בצפיות". לדוגמא, לא נמצא הסבר לשינויים חיוביים מסוימים במספרי הרוגים ונפגעים קשה נהגים צעירים, הרוגים הולכי רגל, הרוגים ונפגעים ברכב קל. ייתכן כי ההסבר לשינויים חיוביים אלה טמון באפקט המצטבר של שיפורים בטיחותיים קודמים, אך מאידך, תיתכן גם הטעית הממצאים עקב שימוש במדדי חשיפה כלליים מדי בניתוח הסדרות הפרטניות (עקב היעדר נתוני חשיפה פרטניים יותר). כמו כן, על שינויי המגמות במספרי הנפגעים והתאונות (להבדיל מהרוגים) תיתכן השפעה של שינויים בכללי הדיווח שהונהגו, בתקופות השונות, ע"י המשטרה.

הממצאים של המחקר הנוכחי אינם חד-משמעיים ונוחים לפרשנות כפי שנמצא במחקרים שנעשה בחו"ל כגון: Lassarre (2001). מאידך, הבחינות שנעשו במחקר הנוכחי הן רבות ומגוונות יותר וכתוצאה, גם הממצאים פותחים אופקים רבים להבנות ופירושי השינויים שנתגלו.

סה"כ, המחקר הנוכחי סיפק הצצה ראשונה על השינויים ברמת הבטיחות בישראל לאורך זמן, בחתכים השונים של התמונה. לבחינה מעמיקה יותר של ההתפתחויות ניתן להתקדם בכיוונים אלה:

- להשלים את בדיקות טיב ההתאמה באופן יסודי יותר עבור סדרות הנתונים הנבחרות;
- לעבור עם מספר סדרות למודלים בעלי שלוש רמות סיכון (פיתוח מלא של ה- *structural time series models*);

- להתאים קבוצות ביקורת לסדרות נתונים מסוימות, לעבור למודלים בו זמניים של זוגות הסדרות (הטיפול והביקורת), ולהרוויח דיוק הערכה מאיחוד זה. אך ניתוח מסוג זה ישים בהתייחס להתערבויות בטיחות נבחרות בלבד.

בין התערבויות הבטיחות שמומלצות לבחינה מעמיקה יותר במחקרי ההמשך ניתן לציין: שינויים בתשתיות העירוניות (יישום הסדרי מיתון תנועה בשכונות המגורים) - החל מאמצע שנות ה-90; הגברת שימוש בהתקני הבטיחות בצדי דרכים - החל משנת 2003; הגברת שימוש באביזרי הבטיחות ובאמצעים הטכנולוגיים ברכב - מתחילה או מאמצע שנות ה-2000; העצמת פעילויות אכיפה בנושא הנהיגה תחת השפעת אלכוהול - החל משנת 2005.

מראי מקום

1. אור ירוק (2008). טכנולוגית בטיחות בכלי רכב. דו"ח ביקורת מס' 16. אור ירוק – העמותה לשינוי תרבות הנהיגה בישראל.
2. אזרחי, י., גזית, א., ענבר, א. ורוזינר, א. (1992). הדלקת אורות רכב בחורף 1992 - מחקר הערכה. מרטנס הופמן יועצים לניהול ומשרד התחבורה, המינהל לבטיחות בדרכים.
3. אזרחי, י., גזית, א. ורוזינר, א. (1994). הדלקת אורות רכב בחורף 1993/94 - מחקר הערכה. מרטנס הופמן יועצים לניהול ומשרד התחבורה, המינהל לבטיחות בדרכים.
4. בינסטוק מ., גולדין א., גפני ד. (1998) הקשר בין אכיפת תנועה ותאונות דרכים – ניתוח סטטיסטי. לשכת המדען הראשי, המשרד לבטחון פנים, ירושלים.
5. גיטלמן, ו., הקרט, ש., דובא, א. וכהן, א. (2004). משתנים מסבירים למגמות בתאונות הדרכים. דוח מס' 2004/0125, המכון לחקר התחבורה, טכניון.
6. גיטלמן, ו., הקרט, ש., דובא, א. וכהן, א. (2006). בחינת השינויים במעורבותם של נהגים צעירים בתאונות הדרכים. פרסום מס' 306/2006. המכון לחקר התחבורה, טכניון.
7. גיטלמן ו., דובא א. (2007). בחינת מגמות במספרי ההרוגים והנפגעים בתאונות הדרכים בשנים 2005-2006. דו"ח מחקר 309/2007, המכון לחקר התחבורה, טכניון.
8. הוכרמן, ע. והקרט, ש. (1991). הדלקת אורות מעבר ביום בחודשי החורף - מעקב והערכה. דו"ח מחקר מס' 91/160. המכון לחקר התחבורה, הטכניון ,המרכז לבטיחות בדרכים.
9. הנחיות (2005). הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין-עירוניות, מהדורה שנייה, מנהל יבשה/ אגף תכנון תחבורתי, משרד התחבורה ונתיבי איילון.
10. לוטן, צ. וגרימברג, ע. (2008). מעורבות נהגים צעירים בתאונות דרכים: נתונים, מגמות ומחקרים. הוצג במסגרת יום עיון בנושא: נהגים צעירים - בדרך אל הכביש. אור ירוק.
11. למ"ס (1980). ספירות תנועה בכבישים לא עירוניים 1967-1979, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים, מאי 1980.
12. למ"ס (1985). ספירות תנועה בדרכים בין-עירוניות 1975-1984, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים, מרץ 1985.
13. למ"ס (1996). ספירות תנועה בדרכים לא עירוניות 1985-1995, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים, מאי 1996.
14. למ"ס (2002). ספירות תנועה בדרכים לא עירוניות 1995-2001, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים, מרץ 2002.
15. למ"ס (2008). ספירות תנועה בדרכים לא עירוניות 2001-2007, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, פרסום מס' 1329, ירושלים, מרץ 2008.
16. הקרט, ש., זיידל, ד. ושראל א. (1983). דפוסי שימוש בחגורות בטיחות בעקבות חוק המחייב חגירה. דו"ח מחקר מס' 83/30. המכון לחקר התחבורה, הטכניון, המרכז לבטיחות בדרכים.
17. פקודת התעבורה ותקנותיה (2002). יצחק שוורץ, עו"ד, הוצאת אבי - ספרי משפט בע"מ, ירושלים, מהדורה 2002.

18. פקודת התעבורה ותקנותיה (2008). יצחק שוורץ, עו"ד, הוצאת אבי - ספרי משפט בע"מ, ירושלים, עדכון אחרון 12.12.2008.
http://www.rsa.gov.il/TeachingCenter/law/Pages/TrafficLaw.aspx

19. צדר, א., נמוז, ע. ושאקר, ה. (2007). חקירת ההשפעה של מגביל מהירות על שיעור וחומרת תאונות הדרכים בכבישים בין עירוניים. המכון לחקר התחבורה, טכניון.

20. רשות המסים בישראל (2009). מיסוי ונתונים נבחרים על ענף הרכב לשנת 2008. החטיבה לתכנון וכלכלה, סימוכין 501369, רשות המסים בישראל.

21. תומר- פישמן, ת. (2009). שיטת הניקוד בישראל. יחידת המדען הראשי, הרשות הלאומית לבטיחות.

22. Abdel-Aty, M., Abdelwahab, H. (2004). Analysis and prediction of traffic fatalities resulting from angle collisions including the effect of vehicles' configuration and compatibility. Accident Analysis and Prevention 36, 457-469.

23. Atkins, M.S. (1979). A case study on the use of intervention analysis applied to traffic accidents. The Journal of the Operational Research Society 30 (7), 651-659.

24. Bijleveld, F., Commander, J. (2006). The basic evaluation model. Report D-2006-2, SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands.

25. Bijleveld, F.D. (2008). Time series analysis in road safety research using state space methods. Leidschendam : Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

26. Box, G.E.P., Tiao, G.C. (1976). Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. Journal of the American Statistical Association 70, 70-79.

27. Chapelon, J. (2006). Safety trends in France. European Transport Conference.

28. Commandeur, J.F. and Koopman S.J. (2007). An Introduction to State Space Time Series Analysis. Publisher: Oxford University Press, USA.

29. Commandeur, J. (2010) Intervention analysis with time series data. FERSI Training Seminar on Evaluation, Bern, 19-21 May 2010.

30. Davies, R.B. (1987) Hypothesis testing when a nuisance parameter is present only under the alternative. Biometrika 74, 33–43.

31. Dupont, E, Martensen, H. (Eds.) (2007) Multilevel modelling and time series analysis in traffic research – Methodology. Deliverable D7.4 of the EUFP6 project SafetyNet.

32. Elvik, R. and Vaa, T. (2004). The Handbook of Road Safety Measures. Elsevier Science, Oxford.

33. Gruenewald, P.J., Ponicki, W.R. (1995). The relationship of the retail availability of alcohol and alcohol sales to alcohol-related traffic crashes. Accident Analysis and Prevention 27, 249-259.

34. Hakim S., Shefer D., Hakkert A.S., Hocherman I. (1991) A critical review of macro models for road accidents. Accident Analysis & Prevention, Vol 23, No 5, pp 379-400.

35. Hakkert, A.S., Gitelman V., Cohen, A., Doveh, E., Umansky, T. (2001). The evaluation of effects on driver behaviour and accidents of concentrated general enforcement on interurban roads in Israel. Accident Analysis and Prevention 33, pp. 43-63.

36. Hakkert, A.S., Gitelman, V., and Vis, M.A. (Eds.) (2007) Road Safety Performance Indicators: Theory. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet.

37. Hauer, E. (1997). Observational Before-After Studies in Road Safety. Pergamon.

38. Harvey, A.C. and Durbin, J. (1986). The effects of seat belt legislation on British road casualties: A case study in structural time series modeling. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), Vol. 149, No. 3, pp. 187-227.

39. Harvey, A.C. (1989). Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter. Cambridge University Press, Cambridge.

40. Koopman, S.J. and Durbin, J. (2001). Time Series Analysis by State Space Methods. Oxford: Oxford University Press.

41. Koopman, S.J., Shephard, N. and Doornik, J.A. (2008). Statistical Algorithms for Models in State Space Form: SsfPack 3.0, London: Timberlake Consultants Press.

42. Koopman, S.J., Harvey, A.C., Doornik, J.A. & Shephard N. (2009). STAMP 8.2: Structural Time Series Analyser, Modeller and Predictor. Publisher: Timberlake Consultants Press.

43. Langley, J.D., Wagenaar, A.C., Begg, D.J. (1996). An evaluation of the New Zealand graduated driver licensing system. Accident Analysis and Prevention 28, 139-146.

44. Lassarre, S. (2001). Analysis of progress in road safety in ten European countries. Accident Analysis and Prevention 33, 743-751.

45. Lassarre. S. et al. (2010). Time series models, traffic risk analysis and prediction. Draft paper, WP4, EU project DaCota, Version2.2 3/3/2010.

46. Mayhew, D.R., Simpson, H.M., Des Groseilliers, M., Williams, A.F. (2001). Impact of the Graduated Driver Licensing Program in Nova Scotia. Journal of Crash Prevention Injury and Control 2, 179-192.

47. McLeod, A.I., Vingilis, E.R. (2008). Power computations in time series analyses for traffic safety interventions. Accident Analysis and Prevention 40, 1244-1248.

48. Muggeo, V. M. R. (2003). Estimating regression models with unknown break-points. Statistics in Medicine, 22, 3055-3071.

49. 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/.

50. Nathens, A.B., Jurkovich, G.J., Cummings, P., Rivara, F.P., Maier, R.V. (2000). The effect of organized systems of trauma care on motor vehicle crash mortality. Journal of the American Medical Association 283, 1990-1994.

51. Noland, R.B., Quddus, M.A., Ochieng, W.Y. (2006). The effect of the London congestion charge on road casualties: an intervention analysis. Presented at the 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

52. OECD/ITF (2008). Country Reports on Road Safety Performance. Organisation for Economic Co-operation and Development/ International Transport Forum.

53. Page Y. (2001) A statistical model to compare road mortality in OECD countries. Accident Analysis and Prevention 33, 371-385.

54. RATS (Regression Analysis of Time Series), a leading econometrics and time-series analysis software package. Developed by Estima.

55. Peleg K, Aharonson-Daniel L, Stein M, et al. (2004) Increased survival among severe trauma patients: the impact of a national trauma system. Arch Surg, 139: 1231-1236.

56. Reeder, A.I., Alsop, J.C., Langley, J.D., Wagenaar, A.C. (1999). An evaluation of the general effect of the New Zealand graduated driver licensing system on motorcycle traffic crash hospitalisations. Accident Analysis and Prevention 31, 651-661.

57. Stipdonk, H. and Berends, E. (2008). Distinguishing traffic modes in analysing road safety development. Accident Analysis & Prevention, Vol. 40, Issue 4, pp. 1383-1393.

58. Vernon, D.D., Cook, L.J., Peterson, K.J., Dean, J.M. (2004). Effect of repeal of the national maximum speed limit on occurrence of crashes, injury crashes and fatal crashes on Utah highways. Accident Analysis and Prevention 36, 223–229.

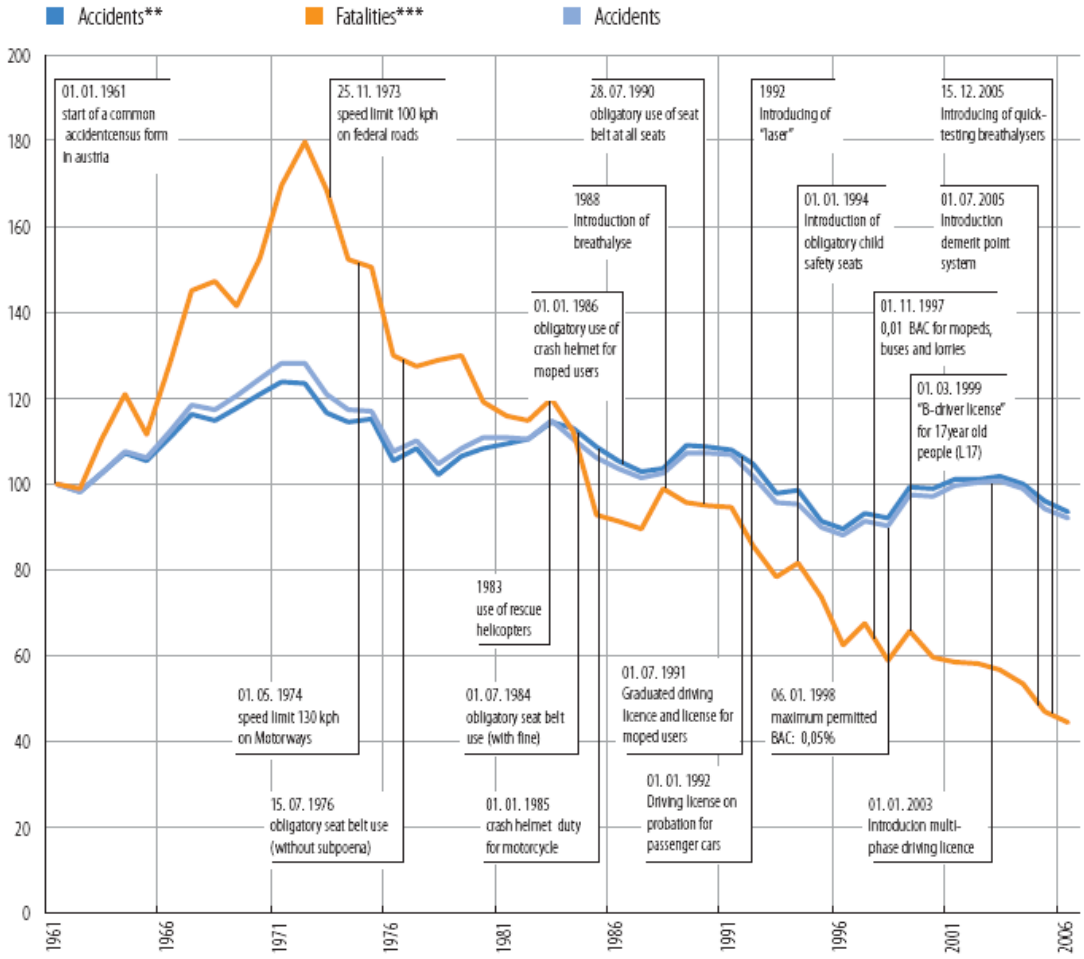
59. Voas, R.B., Fell, J.C., Tippetts, A.S., Blackman, K., Nichols, J.L. (2007). Impact of primary safety belt laws on alcohol-related front-seat occupant fatalities: five case studies. Traffic Injury Prevention 8 (3), 232-243.

נספח א': בחינת יעילות של התערבויות בטיחות – ממצאים מסקר ספרות

מהירות מותרת

באוסטריה (OECD/ITF, 2008), בתחילת שנות ה- 70 הייתה הפחתה במהירות המותרת בכבישים פדראליים ובכבישים מהירים ולאחריה ירד מספר ההרוגים (ראה גרף א-1). מבין התערבויות הבטיחות שיושמו, אכיפה אוטומטית של המהירות הממוצעת בקטעי דרך בכבישים מהירים באוסטריה עבור 100% מהנהגים (החל מ- 2003) הצביעה על ירידה של כ- 50% בתאונות באזורים אלה.

גרף א-1. מספר ההרוגים באוסטריה בין השנים 1961-2006 והתערבויות בטיחות עיקריות



בדנמרק (OECD/ITF, 2008), השינוי במהירות המותרת בדרכים מהירות מ-110 קמ"ש ל- 130 קמ"ש בשנת 2004 והצגת שיטת הניקוד לעבירות תנועה ב- 2005 (מרבית הנקודות ניתנו עבור מהירות מופרזת מה שהביא לירידה במהירות הממוצעת במספר סוגי דרכים לתקופה קצרה) ובנוסף חורף חזק ב- 2006 תרמו לירידה בהרוגים בשנים אלו. השינוי במהירות המותרת ב- 2004 לווה באכיפה משטרתית מוגברת ובקמפיינים. האפקט נעלם ב- 2007 עם עלייה של 33% במספר ההרוגים בהשוואה ל- 2006.

הדלקת אורות מעבר ביום בחודשי החורף

מספר מחקרי הערכה נערכו בארץ לבדיקת יעילות הדלקת אורות יום בחורף לפני חקיקת חוק המחייב הדלקת אורות מעבר ביום בחודשי החורף ולאחר חקיקה בתחום. בחורף 89/90 נערך מסע הסברה מרוכז בטלוויזיה ברדיו ובשלטי חוצות, לעידוד הדלקת אורות מעבר ביום בעיקר במזג אויר סגרירי (ללא חוק המחייב הדלקת אורות מעבר ביום בחודשי החורף). במקביל נערך מחקר הערכה לבדיקת שיעור הדלקת אורות מעבר ביום על פי תצפיות בדרכים עירוניות ובין עירוניות (הוכרמן והקרט, 1991). מבצע ההסברה הביא לעליה בשיעורי ההדלקה בכל התנאים, אולם העלייה הייתה בולטת במיוחד בתנאי מזג אוויר סגרירי. שיעור ההדלקה בתנאי עננות כבדה וגשם עלה מ- 23% ל- 51%, בעוד ששיעור המדליקים אורות ביום במזג אויר בהיר עלה מפחות אחוז אחד ל- 4%.

בחורף 1991/1992 הופעלה בחקיקה חובת הדלקת אורות מעבר ביום בחודשי החורף, מתחילת חודש נובמבר ועד סוף חודש מרץ, לאוטובוסים, מוניות, משאיות כבדות ורכב דו גלגלי. במקביל התנהל מבצע הסברה ופרסום לגבי קיום התקנה, והמלצה לכל הנהגים להדליק אורות בחורף. במחקר הערכה שערכה חברת מרטנס הופמן יועצים לניהול (1992) נבדקה ההפחתה בתאונות הדרכים כתוצאה מהחלת חוק זה. השינוי נבדק רק בסוג תאונות המושפע מהדלקת אורות יום: הולך רגל, חזית-חזית, חזית-צד. נמצא כי לחלק מכלי רכב תחת התקנה (מוניות ואוטובוסים בלבד), שיעור המעורבות בתאונות יום מהסוג המושפע נמוך יותר (44%) לעומת שיעור מעורבות של חלק מכלי הרכב שאינם תחת התקנה (פרטי ומסחרי), בתאונות יום מהסוג המושפע (56%). בהשוואה לחורפים קודמים בהם לא הייתה חובת הדלקת אורות יום, בכלי רכב תחת התקנה (מוניות ואוטובוסים) נמצאה ירידה של 8% בתאונות יום מהסוג המושפע, כאשר בתאונות לילה מסוג זה נמצאה עלייה. מחקר הערכה נוסף התבצע בחורף 1993/1994 בעקבות שינוי בחקיקה המחייבת הדלקת אורות מעבר ביום בחודשי החורף לכלל כלי הרכב בדרך בין עירונית. למוניות, אוטובוסים ורכב דו גלגלי, חלה חובת הדלקת אורות בכל דרך, גם בדרך עירונית. המחקר שערכה חברת מרטנס הופמן יועצים לניהול (1994) בחן את ההפחתה בתאונות הדרכים כתוצאה מהחלת חוק זה. לא נמצא בנתוני התאונות קשר בין הפעלת החוק לבין ירידה בשיעור תאונות המושפעות מחובת הדלקת אורות יום בחורף. תצפיות הראו כי יש היענות גבוהה לתקנה, אם כי נהגי מוניות ונהגי רכב פרטי ומסחרי מדליקים אורות בשיעור נמוך יותר, יחסית לנהגי רכבים אחרים.

Elvik and Vaa (2004) מציגים סיכום של 19 מחקרים שנערכו משנת 1964 עד 1995 (מארה"ב 6, מפינלנד 1, משבדיה 1, מקנדה וארה"ב 1, מנורבגיה 2, מקנדה 3, מישראל 1, מדנמרק 2, מאוסטריה 1, מהונגריה 1) הכוללים שני סוגי מחקרים. סוג אחד מתאר השפעה על שיעור תאונות לכל רכב המשתמש באורות ביום. הסוג השני חוקר את ההשפעה על סך כל התאונות במדינה כאשר מפעילים חובת שימוש באורות יום. מדינות שבהם חובת הדלקת אורות ביום הם: קנדה (רק רכב חדש), דנמרק, פינלנד, נורבגיה, שבדיה והונגריה. על בסיס המחקרים האומדן המיטבי מובא בטבלה א.1 שלהלן:

טבלה א.1. אחוז ההפחתה במספר הנפגעים כתוצאה מחובת הדלקת אורות יום

	אחוז הפחתה במספר		
חומרת תאונה	**סוג תאונה מושפע**	**אומדן מיטיבי**	**רמת ביטחון 95%**
השפעה על כלי רכב המדליק אורות יום			
כל רמות החומרה	**לא** תאונות רכב בודד	-13	(- 18;-8)
חובת הדלקת אורות יום (הגברת השימוש מ 35-40% ל 85-90%)			
תאונות עם נפגעים	פגיעה בהולך רגל	-15	(- 10;-3)
תאונות עם נפגעים	פגיעה ברוכב אופניים	-10	(- 15;-5)
תאונות עם נפגעים	תאונת חזית או צד	-10	(- 12;-8)
תאונות עם נפגעים	תאונת חזית אחור	+9	(+5;+14)
תאונות עם נפגעים	תאונה רבת משתתפים ביום	-8	(- 9;-7)

החלת חוק המחייב הדלקת אורות ביום במדינות סקנדינביה גרם להגברת השימוש מ 35%-40% ל-85%-90%.

מבין התערבויות הבטיחות שיושמו בקנדה (OECD/ITF, 2008), התקנה של הדלקת אורות יום שנכנסה בסוף 1989, ולוותה בדרישה ממשלתית שכל כלי הרכב החדשים בקנדה יצוידו בהדלקה אוטומטית של אורות יום, הביאה לירידה במעורבות של כלי רכב אלה בתאונות יום, בהשוואה לכלי רכב שלא צוידו באמצעי זה.

ברפובליקה הצ'כית (OECD/ITF, 2008), חובת הדלקת אורות יום במהלך החורף שנכנסה לתוקף ב- 2001 הובילה להתפתחות חיובית במספר התאונות הרלוונטיות בתקופת החורף בהשוואה לתקופת הקיץ בין השנים 2001-2006. החל מיולי 2006 חובת הדלקת אורות יום הורחבה לכל עונות השנה.

בשוויץ (OECD/ITF, 2008), במסגרת תוכנית ה "Via sicura" לשיפור הבטיחות בדרכים, הומלץ בשנת 2002 להדליק אורות יום. ניתוח מקדים של תאונות ב- 2003 הראה כי שימוש באורות יום הפחית את מספר התאונות הקשות במהלך היום בהם מעורבים רוכבי אופניים וכלי רכב. ישנה עדות גם להשפעה חיובית על תאונות בהם מעורבים הולכי רגל, במיוחד במעברי חצייה.

קסדות לרוכבי אופניים

5 מחקרים (Elvik and Vaa, 2004) משנת 1988 עד 1996 (אוסטרליה 4, ניו זילנד 1) בחנו את השפעת חובת חבישת קסדות אופניים על מספר רוכבי האופניים הנפגעים בתאונות. השפעה זו מחושבת באמצעות 3 גורמים היכולים למשוך לכיוונים שונים:

1. השפעת המיגון של קסדות האופניים ("השפעה על מיגון").
2. השפעת חבישת הקסדות על סיכון הרוכב המעורב בתאונות ("השפעה על התנהגות").
3. השפעה חובת החבישה על כמות רוכבי האופניים ("השפעה על חשיפה").

השפעת חובת חבישה של קסדות האופניים על מספר נפגעים רוכבי אופניים ניתן לתיאור במודל שהוא תוצר של 3 השפעות חלקיות:

שינוי רשת במספר רוכבי אופניים נפגעים = "השפעה על מיגון" X "השפעה על התנהגות" X "השפעה על חשיפה".

חובת חבישת קסדות הקטינה את מספר פגיעות הראש של רוכבי האופניים ב- 25% (ראה טבלה א.2). בממוצע, השימוש בקסדות עלה מכ- 25% לכ- 60%. ההשפעה על מספר פגיעות הראש כתוצאה מהגידול בשימוש בקסדות מתאים להשפעה האישית על כל רוכב עקב שימוש בקסדה. הסיכון של רוכב האופניים להיות מעורב בתאונות גדל בכ- 15% מאז חלה חובת חבישת קסדות. מספר רוכבי האופניים קטן בכ- 30%. השפעת השינויים על הרשת היא הפחתה של כ- 20% במספר רוכבי האופניים הנפגעים.

טבלה א.2. אחוז ההפחתה במספר רוכבי האופניים הנפגעים כתוצאה מחובת חבישת קסדות

השפעה חלקית	אחוז שינוי במספר רוכבי אופניים נפגעים		
	פגיעות מושפעות	אומדן מיטיבי	מרווח רמת ביטחון 95%
גידול בשימוש בקסדות	פגיעות ראש	-25	(-30;-19)
גידול בסיכון לק"מ רכיבה	כל הפגיעות	+14	(+10;+17)
הפחתה ברכיבה	כל הפגיעות	-29	(-30;-28)
השפעה על הרשת	כל הפגיעות ברוכבי האופניים	-22	(-23;-21)

ברפובליקה הצ'כית (OECD/ITF, 2008), מבין התערבויות הבטיחות שיושמו, התקנה של חובת חבישת קסדות לרוכבי אופניים עד גיל 15 ב- 2001 הובילה לירידה במספר ההרוגים של ילדים בגילאים אלו (לא היו הרוגים בקבוצה זו ב- 2004). שיעור חבישת הקסדות גדל בין השנים 2000-2004 באופן משמעותי (במחוז Kromeriz מ 3.5% ל- 57% לילדים עד גיל 10).

בניו זילנד (OECD/ITF, 2008), מספר ההרוגים בקרב רוכבי האופניים ירד משמעותית מאז 1980 ומיוחס לשיפור בשיעור חבישת קסדות האופניים וחקיקת החוק המחייב חבישת קסדות ב- 1994, כמו גם שינויים בשימוש באופניים (ירידה במספר השעות, הקילומטרים והטיולים) ושיפורים כלליים בבטיחות בדרכים באמצעות פעילויות בתחום החינוך, התשתיות והאכיפה. תוצאות סקר שנתי אחרון על רוכבי אופניים בכל הגילאים הראו ששיעור חבישת הקסדות הארצי הכללי עומד על 92%.

חגורות בטיחות

בישראל ביום 1.06.1975 נכנס לתוקף חוק המחייב חגירת חגורות בטיחות של נהג ונוסעים במושבים הקדמיים ברכב בדרכים לא עירוניות. במחקר שערכו הקרט, זיידל ושראל (1983) בחנו את השפעת החוק על השימוש בחגורות ועל ההפחתה בפגיעות. הממצאים הראו שכתוצאה מהחלת החוק חלה עלייה בחגירה בדרכים בין עירוניות מ- 4-15% לפני, ל- 70-83% אחרי. בדרכים עירוניות (בהם החוק לא חייב חגירה) לפני החלת החוק החגירה הייתה 3-8%, סמוך לאחר החלת החוק הייתה עלייה בחגירה ל- 32% (לפי סקר באתר אחד בלבד), ואחר כך חזרה לרמה של 3-6%. נעשה

אומדן למידת ההפחתה של הנפגעים בתאונות הדרכים כתוצאה מהחלת החוק בקרב נהגים ונוסעים במושב הקדמי. ההפחתה השנתית הממוצעת בהרוגים, בקרב הנהגים 43%, ובקרב הנוסעים במושב קדמי 29%. ההפחתה השנתית הממוצעת בנפגעים, בקרב הנהגים 22%, ובקרב הנוסעים במושב קדמי 17%.

בנורבגיה (Elvik and Vaa, 2004) החלת חוק המחייב חגירה ברכב קל (לא משאיות ואוטובוסים) במושבים הקדמיים בשנת 1975, לווה בעלייה בשיעור החגירה מ- 17% ל- 33% בתחום העירוני, ועלייה מ- 47% ל- 62% בתחום הבין-עירוני. לפני 1979 לא נענשו על אי חגירה. החלת קנסות על אי חגירה בשנת 1979 גרמה לגידול בשיעור החגירה מ- 35% ל- 75% בתחום העירוני ומ- 65% ל- 90% בתחום הבין-עירוני.

השפעת חובת חגירת חגורות בטיחות על מספר הנפגעים בתאונות (Elvik and Vaa, 2004) נבחנה ב- 25 מחקרים משנת 1974 עד שנת 1996 (אוסטרליה 4, שבדיה 1, דנמרק 4, ניו זילנד 1, ישראל 1, קנדה 1, בריטניה 4, ארה"ב 6, צרפת 1, נורבגיה 1, כווית 1). הממצאים מצביעים על מגמה שבה אחוז ההפחתה במספר ההרוגים גדול יותר כאשר יש עלייה גבוהה באחוז החגירה. בטבלה א.3 שלהלן תוצאות חובת חגירת חגורות בטיחות מרוכזות על פי קבוצות וניתן משקל לגודל בסיסי הנתונים של המחקרים השונים.

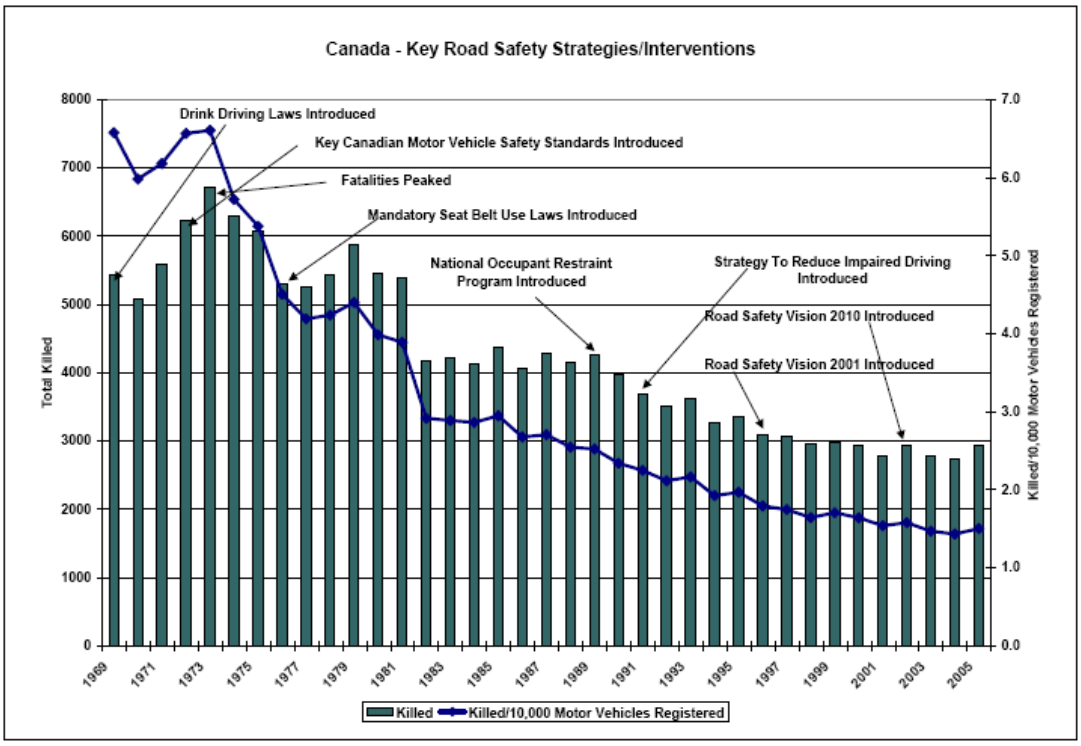
טבלה א.3. אחוז ההפחתה במספר הנפגעים כתוצאה מחובת חגירת חגורות בטיחות

חומרת הפגיעה	אחוז השינוי במספר הנפגעים		
	קבוצת משתמשי דרך	אומדן מיטיבי	מרווח רמת ביטחון 95%
חקיקה שגרמה לעלייה בשימוש בחגורות בטיחות בפחות מ-25%			
הרוגים	נוסעים ברכב קל	-7	(-9;-5)
כלל הנפגעים		+0.7	(+0.4;+1)
חקיקה שגרמה לעלייה בשימוש בחגורות בטיחות ב 25-49%			
הרוגים	נוסעים ברכב קל	-8	(-9;-7)
כלל הנפגעים	נוסעים ברכב קל	-14	(-15;-13)
חקיקה שגרמה לעלייה בשימוש בחגורות בטיחות ביותר מ- 50%			
הרוגים	נוסעים ברכב קל	-21	(-22;-20)
כלל הנפגעים	נוסעים ברכב קל	-16	(-16;-15)
השפעה ממוצעת של חקיקה המחייבת שימוש בחגורת בטיחות			
הרוגים	נוסעים ברכב קל	-11	(-12;-10)
נפגעים קשה	נוסעים ברכב קל	-18	(-19;-18)
נפגעים קל	נוסעים ברכב קל	-8	(-8;-7)
כלל הנפגעים	נוסעים ברכב קל	-12	(-15;-10)
השפעה חיוב שימוש בחגורת בטיחות ללא כיסוי בחקיקה			
הרוגים	נוסעים בכל סוגי רכב	+7	(+5;+8)
כלל הנפגעים	נוסעים בכל סוגי רכב	+7	(+6;+8)

באוסטריה (OECD/ITF, 2008), כאשר השימוש בחגורות בטיחות הפך לחובה בשנת 1984, מספר ההרוגים בשנה שלאחר מכן ירד ב- 17% (ראה גרף ג-1).

בקנדה (OECD/ITF, 2008), התוכנית הלאומית לשימוש בהתקני ריסון הוצגה ב- 1989 על מנת להגדיל את השימוש בחגורות בטיחות ובהתקני ריסון לילדים ל- 95%. תוכנית זו הייתה היוזמה הלאומית הראשונה לבטיחות בדרכים וכל המחוזות אמצו אותה. בתחילת יישומה, 74% מהאנשים באזורים עירוניים חגרו חגורות בטיחות. בשנת 1991, אחוז השימוש עלה לכמעט 82% וכעת עומד על 92.5% שימוש באזורים עירוניים וכפריים. למרות שהמטרה של 95% שימוש בחגורות ובהתקני ריסון טרם הושגה, תוכנית זו נחשבת להצלחה בשל העלייה המשמעותית בשיעור השימוש (עלייה של 18%) ובשל ירידה של 27% במספר הפצועים קטלני שאינם חגורים (ראה גרף א.2).

גרף א.2. מספר ההרוגים בקנדה בין השנים 1969-2005 והתערבויות בטיחות עיקריות



נהיגה בשכרות

ההשפעה של נהיגה בשכרות נבדקה ב- 17 מחקרים מהשנים 1975 עד 1996 (ארה"ב 10, אוסטרליה 5, יפן 1, שבדיה 1), באמצעות Meta-analysis (Elvik and Vaa, 2004). טבלה א.4 שלהלן מציגה את אחוז השינוי במספר התאונות כתוצאה ממספר התערבויות בתחום הנהיגה בשכרות: השפעת איסור נהיגה בשכרות על תאונות, חקיקה בנושא הגבלת ריכוז אלכוהול בדם לנהגים בכלל ולנהגים חדשים ושינוי בגיל מותר לשתיית אלכוהול.

טבלה א.4. אחוז השינוי במספר התאונות כתוצאה מהתערבויות בתחום הנהיגה בשכרות

חומרת תאונות	אחוז שינוי במספר התאונות		
	סוג התאונות המושפע	אומדן מיטיבי	מרווח רמת ביטחון 95%
חקיקת חוק האוסר לנהוג מעל ריכוז מוגדר של אלכוהול בדם			
תאונות קטלניות	כל סוגי התאונות	-26	(-28;-24)
תאונות עם נפגעים	כל סוגי התאונות	-3	(-4;-2)
קטלני/ עם נפגעים	לילה/ רכב בודד	-13	(-14;-11)
קטלני/ עם נפגעים	תאונות יום	-0	(-2;+1)
הפחתה ברמה המותרת של אלכוהול בדם לכל הנהגים			
תאונות קטלניות	כל סוגי התאונות	-8	(-12;-4)
תאונות עם נפגעים	כל סוגי התאונות	-4	(-5;-3)
תאונות נזק בלבד	כל סוגי התאונות	+3	(+1;+5)
קטלני/ עם נפגעים	לילה/ רכב בודד	-7	(-9;-6)
קטלני/ עם נפגעים	תאונות יום	+1	(-2;+3)
הפחתה ברמה המותרת של אלכוהול בדם לנהגים חדשים			
תאונות קטלניות	כל סוגי התאונות	+8	(-31;+68)
תאונות עם נפגעים	כל סוגי התאונות	-10	(-15;-5)
קטלני/ עם נפגעים	לילה/ רכב בודד	-3	(-7;+1)
קטלני/ עם נפגעים	תאונות יום	+5	(-10;+22)
הגדלה בגיל המותר לשתיית אלכוהול			
כל התאונות	קבוצת גיל מושפעת	-18	(-19;-17)
תאונות קטלניות	כל סוגי התאונות	-24	(-26;-23)
תאונות עם נפגעים	כל סוגי התאונות	-31	(-32;-30)
הפחתה בגיל המותר לשתיית אלכוהול			
כל התאונות	קבוצת גיל מושפעת	+18	(+8;+31)
תאונות קטלניות	כל סוגי התאונות	+17	(+4;+32)

השפעת חקיקת חוק כללי למניעת נהיגה בשכרות מפחיתה את שיעור התאונות הקטלניות ב- 26% (מובהק סטטיסטית). לעיתים קרובות תאונות רכב בודד ותאונות לילה מייצגות תאונות הקשורות לנהיגה בשכרות. ההשפעה על תאונות אלו היא הפחתה מובהקת סטטיסטית של 13%.

הפחתה ברמה מותרת של ריכוז אלכוהול בדם הונהגה באוסטרליה ושבדיה. ההשפעה היא הפחתה שולית אבל מובהקת סטטיסטית במספר התאונות (8% הפחתה בתאונות קטלניות ו- 4% הפחתה בתאונות עם נפגעים. בתאונות נזק בלבד היה גידול של 3%). הפחתה בריכוז אלכוהול מותר לנהגים חדשים הונהגה באוסטרליה. נמצאה ירידה מובהקת סטטיסטית של 10% בתאונות עם נפגעים. למספר התאונות הקטלניות הייתה נטייה לגדול אבל לא ניתן לסמוך על תוצאה זו (בכל 3 המחקרים על תוצאות הפחתת רמת ריכוז אלכוהול בדם מותרת לנהגים חדשים המחקר התייחס לתאונות בשנה הראשונה לאחר קבלת רישיון הנהיגה).

שינוי בגיל המותר לשתיית אלכוהול נבחן רק בארה"ב, בה הגיל בדרך כלל שונה מ- 18 ל- 20, אבל נמצא שהוגדל גם מ- 18 ל- 19, 18 ל- 21, 19 ל- 20 ו- 19 ל- 21. הפחתה נעשתה רק מ- 20 ל- 18. הפחתה ועלייה בגיל המותר לשתיית אלכוהול, גרמה לשינוי זהה באחוז התאונות, אבל בכיוונים הפוכים. הגדלה בגיל המותר מובילה משום מה להפחתה קטנה יותר בתאונות קטלניות בהשוואה להפחתה בתאונות עם נפגעים, 24% ו- 31% בהתאמה. הפחתה בגיל המותר לשתיית אלכוהול גרמה להגדלת שיעור התאונות הקטלניות ב- 17% אבל אין בסיס לאמוד את ההשפעה על שיעור תאונות עם נפגעים. כל השינויים הקשורים לשינוי הגיל המותר לשתיית אלכוהול מובהקים סטטיסטית.

באוסטריה (OECD/ITF, 2008), למרות היעילות של התערבויות בטיחות ומגמת הירידה בהרוגים ובפצועים באוסטריה, לא בוצעו הערכות על כניסת בדיקת האלכוהול המהירה בדצמבר 2005 ועל הירידה באחוז האלכוהול המותר ב- 1998. כמו כן, לא בוצעה הערכה לגבי החיוב לבצע בדיקת דם במקרה של חשד לנהיגה תחת השפעת סמים (ראה גרף א-1).

בקנדה (OECD/ITF, 2008), האסטרטגיה להפחתת נהיגה מזיקה היא יוזמה לאומית שהוצגה ב- 1990 כדי לטפל בבעיית הנהיגה בשכרות. במהלך אותה שנה, 45% מהנהגים שנפגעו קטלני היו תחת השפעת אלכוהול או סמים. במהלך 2005, 36% מהנהגים שנפגעו קטלני היו תחת השפעת אלכוהול או סמים. מאז כניסתה של התוכנית, יוזמות שננקטו בחסות תוכנית זו הביאו לירידה שנתית של 35% במספר הנהגים שנהרגו בתאונות בהן אלכוהול היה הגורם (ראה גרף א-2).

ריסון ילדים ברכב

השפעת חובת שימוש בהתקני ריסון לילדים (Elvik and Vaa, 2004) נחקרה בשתי מדינות ב- 7 מחקרים מהשנים 1984-1996 (ארה"ב 6, נורבגיה 1). על בסיס נתונים אלה האומדן המיטבי להקטנת מספר הילדים הנפגעים ברכב בקבוצת הגילאים אליהם התייחס החוק הוא 15% (1%-+)

באוסטריה (OECD/ITF, 2008), החיוב להשתמש במושבי בטיחות לילדים הצליח לשפר את הבטיחות ולהפחית את מספר ההרוגים, אך טרם נבדקה השפעתו במחקר הערכה (ראה גרף א-1).

בקנדה (OECD/ITF, 2008), התוכנית הלאומית לשימוש בהתקני ריסון הוצגה ב- 1989 על מנת להגדיל את השימוש בחגורות בטיחות ובהתקני ריסון לילדים ל- 95%. תוכנית זו הייתה היוזמה הלאומית הראשונה לבטיחות בדרכים וכל המחוזות אמצו אותה. בתחילת יישומה, 74% מהאנשים באזורים עירוניים חגרו חגורות בטיחות. בשנת 1991, אחוז השימוש עלה לכמעט 82% וכעת עומד על 92.5% שימוש באזורים עירוניים וכפריים. למרות שהמטרה של 95% שימוש בחגורות ובהתקני ריסון טרם הושגה, תוכנית זו נחשבת להצלחה בשל העלייה המשמעותית בשיעור השימוש (עלייה של 18%) ובשל ירידה של 27% במספר הפצועים קטלני שאינם חגורים (ראה גרף א-2).

שיטת הניקוד לעבירות תנועה

בסקר טלפוני בישראל שמטרתו הייתה לבחון את הידע ועמדות הציבור בנושא שיטת הניקוד ולקבל אינדיקציה על ההשפעה הרתעתית של השיטה, עולה כי לשיטה יש השפעה הרתעתית מסוימת על ציבור הנהגים (תומר- פישמן, 2009). כמחצית מהציבור ציין ששיטת הניקוד גורמת לו לציית יותר

לחוקי התנועה וכמעט שני שליש מהנהגים שצברו בעבר נקודות ציינו כי בעקבות קבלת הנקודות הקפידו יותר על חוקי התנועה. מהסקר עולה שהחמרה בענישה אינה יכולה להוות תחליף להגברת ההסתברות להיתפס ולהיענש. החמרה מסוימת של הענישה עשויה להגדיל את הרתעת החוק אך החמרה נוספת, לא תעזור כנראה.

באוסטריה (OECD/ITF, 2008), בשנת 2005 הוצגה שיטת הניקוד לעבירות תנועה שהצליחה לשפר את הבטיחות ולהפחית את מספר ההרוגים, אך טרם נבדקה במחקר הערכה (ראה גרף א-1).

ברפובליקה הצ'כית (OECD/ITF, 2008), שיטת הניקוד לעבירות תנועה שנכנסה לתוקף מיולי 2006 הביאה לתוצאות טובות מאוד במחצית השנייה של 2006 (ב- 140 הרוגים, כלומר 19% פחות מאשר במחצית השנייה של השנה שקדמה לה).

נהג חדש

בשנים 1999-2004 נחקקו בישראל תקנות חדשות בנוגע לנהגים חדשים ובעיקר, נהגים צעירים. התקנות חייבו את הנהגים בחודשי הנהיגה הראשונים בליווי נהג ותיק והחל מנובמבר 2004, גם הגבילו את מספר הנוסעים ברכב המותרים להסעה ע"י נהג צעיר. במחקר שערכו גיטלמן, הקרט, דובא וכהן (2006) נבחנו השינויים שחלו במעורבותם של נהגים צעירים בתאונות דרכים בשנים 1999-2005 בהן פעלו התקנות החדשות. מהממצאים עולה כי התקנות בנוגע למגבלות הנהיגה של הנהגים הצעירים תרמו לירידה במעורבותם של הנהגים בני 17 בתאונות הדרכים. כמו כן, בתקופה האחרונה במחקר, בה עלה משך הליווי ל- 3 חדשים והוצבה מגבלה ל- 2 נוסעים ברכב בו נוהג נהג חדש, נמצאה מגמת ירידה במעורבות בתאונות של נהגים בני 18, ו- 19-24.

השפעת מתן רישיון נהיגה מוגבל לנהגים חדשים על תאונות נבדקה ב- 7 מחקרים מהשנים 1983 עד 1996 רובם מארה"ב (6) ואחד מגרמניה (Elvik and Vaa, 2004). טבלה א.5 שלהלן מציגה אומדן מיטבי של השפעת אמצעי זה על תאונות.

טבלה א.5. אחוז השינוי במספר התאונות כתוצאה מהגבלות על רישיון נהיגה לנהג חדש

חומרת תאונות	אחוז שינוי במספר התאונות		
	סוג התאונות המושפע	אומדן מיטיבי	מרווח רמת ביטחון 95%
רישיון נהיגה זמני			
תאונות עם נפגעים	כל סוגי התאונות	-3	(-5;-1)
רישיון נהיגה מוגבל לנהג חדש			
לא מסווג	כל סוגי התאונות	-7	(-12;-1)
תאונות עם נפגעים	כל סוגי התאונות	-9	(-10;-7)
מניעת נהיגה בלילה			
תאונות עם נפגעים	תאונות כל שעות היממה	-6	(-17;+5)
תאונות עם נפגעים	תאונות בשעות המניעה	-36	(-43;-28)

רישיון נהיגה זמני לנהגים צעירים חדשים הפחית את התאונות לנהג ב- 3% (-5%;-1%) במשך השנה הראשונה אחרי הצלחה במבחן נהיגה. האומדן המיטבי להשפעת רישיון מוגבל לנהג חדש הוא

הפחתה של 7% בתאונות בכל רמות החומרה ו- 9% בתאונות עם נפגעים. שני השינויים הם מובהקים סטטיסטית. מניעת נהיגה בלילה מובילה לירידה לא מובהקת של 6%, כאשר לוקחים בחשבון את כל שעות היממה. במשך שעות המניעה יש הפחתה של 36% בתאונות עם נפגעים.

באוסטריה (OECD/ITF, 2008), רישיון הנהיגה המדורג הוצג ב- 2003 עבור קבוצת הסיכון של נהגים צעירים בגילאי 18-24 ותרם לירידה במספר ההרוגים והפצועים (ראה גרף א-1). רישיון נהיגה מדורג לאופנוענים יושם בשנת 1991 ועודכן ב- 1997 לפי תקנות ה- EU (תקף לשנתיים עבור צעירים בגילאי 18-21 ועבור אופנוע קל). הערכות שבוצעו הצביעו על ירידה של ⅔ במספר ההרוגים בקבוצת הגיל 18-19 וירידה של 75% במספר הפצועים. בקבוצת הגילאים 20-24, שהושפעה באופן חלקי מהתקנה, מספר ההרוגים והפצועים ירד בחצי. בשנת 1999, נכנסה לתוקף הנהיגה בליווי (L17) והערכה שבוצעה הצביעה על ירידה בתאונות של נהגי L17 (במיוחד בשנה השנייה והשלישית לנהיגה) ועל עמדות טובות יותר של נהגי L17 כלפי נהיגה והתנהגות חוקית (פחות נהיגה בשכרות ופחות עבירות מהירות).

בקנדה (OECD/ITF, 2008) רישיון נהיגה מדורג הוצג לראשונה ב- 1994 עבור כל הנהגים החדשים במחוז אחד בקנדה. מאז עוד 11 מחוזות המכסים יותר מ- 90% מאוכלוסיית הנהגים הקנדיים יישמו רישיון נהיגה מדורג ונמצאו כיעילים בהפחתת מספר ההרוגים והפצועים קשה.

קנסות על עבירות תנועה

לאחרונה לא נעשתה הערכה כמותית להשפעת הקנסות הקבועים על תאונות דרכים (Elvik and Vaa, 2004). הקשר בין מספר העונשים על עברות על פי שיטה זו לבין שיעור התאונות לא ידוע. ההשפעה של הפעלת חוק קנס על אי חגירת חגורות בטיחות לבין רמת החגירה נמצא בספירות שיטתיות בנורבגיה מאז 1972. אחרי 1 לאוקטובר 1979 הקנס על אי חגירת חגורות בטיחות הועלה פעמיים: ב- 50% ב- 1 בינואר 1987 ובעוד 67% ב- 1 בינואר 1993. עלייה זו לוותה בעלייה בשימוש בחגורות ב- 5%-15%.

ההשפעה המרתיעה של קנסות יכולה להילמד כאשר משנים את התעריף. בשבדיה, בשנת 1982 תעריף הקנס על נסיעה במהירות מופרזת הוכפל. בחינה של לפני-אחרי לא מצאה שום שינוי במהירות הממוצעת עקב הגדלת התעריף. אפילו הגדלה נוספת בתעריף הקנס ב- 1987 לא הביאה לשינוי בר הבחנה (Elvik and Vaa, 2004).

מתקן מגביל מהירות

בישראל, החל משנת 1996 חלה חובת התקנת מגביל מהירות ברכב חדש באוטובוסים שמשקלם הכולל המותר עולה על 10 טון ועל משאיות שמשקלן הכולל המותר עולה על 12 טון. במחקר שערכו צדר, נמוז ושאקר (2007) נבדקה ההשפעה של התקנת המגביל על שיעור המעורבות של המשאיות והאוטובוסים בתאונות דרכים הבינעירוניות בישראל. נמצא שמגביל המהירות בסוגי משאיות ואוטובוסים אלו מקטין שיעור מעורבות בתאונות קטלניות באופן מובהק סטטיסטי.

נספח ב': סיכום תגובות המומחים בנושא התערבויות בטיחות חשובות בישראל

טבלה ב-1: רשימת התערבויות בטיחות בישראל בשנים 1980-2008 שהוצגה בפני המומחים ותגובותיהם

		מומחה 1	מומחה 2	סיכום
שנת ביצוע/ כניסה לתוקף	**תיאור התערבויות בטיחות**	**ציין הסתייגויות לגבי חשיבות של התערבות זו (אם יש)**	**ציין הסתייגויות לגבי חשיבות של התערבות זו (אם יש)**	**חשיבות ההתערבות**
1982	תקנה בנושא בדיקת שכרות - קביעת ריכוז אלכוהול, איסור נהיגה תחת השפעת משקה או סם, בדיקת נשיפה/בדיקת דם.	תקנה חשובה אבל לא לוותה בהסברה ובאכיפה – ההשפעה לא ידועה שכן אין נתונים.	היישום רדום עד לאחרונה	ייתכן כי ללא השפעה
נובמבר 1987	חובת חגירת חגורות בטיחות בנסיעה בדרך עירונית, ליושבים במושב הקדמי של הרכב (*הערה*: התקנה על חובת חגירת חגורות בטיחות בנסיעה בדרכים בין-עירוניות בתוקף משנת 1975).			Y
יוני 1991	פתיחת דרך נתיבי איילון בשני הכיוונים לכל אורכה, ממחלף קיבוץ גלויות ועד צומת גלילות.			Y
ספטמבר 1991	תחילת פעולתה של משטרת התנועה הארצית: היחידה תפעל בדרכים לא-עירוניות במרכז ובצפון הארץ.			Y
נובמבר 1993	חובת הדלקת אורות בדרכים בינעירוניות בכל שעות היממה על כל כלי הרכב, בחודשי חורף, מ-1.11 עד 31.03. (הערה: בשנת 1996 חלו תוספות לתקנה זו בנוגע לרכב דו-גלגלי).	בדיקת התועלת לא הראתה שום הצדקה בטיחותית אך הציבור קיבל את החוק והוא נשאר.	לא חשוב	טוענים כי N
נובמבר 1993	שינויים בתקנות התעבורה בנוגע למהירות מרבית מותרת לפי סוגי דרכים, לרבות הגדלת המהירות המירבית המותרת ב-3 קטעי דרכים מהירות מ- 90 קמ"ש ל- 100 קמ"ש.	סביר להניח שהייתה השפעה שלילית אך לא ידוע לי על ניתוח שבודד את המשתנים המערפלים.	ממש לא התערבות בטיחותית	N
מאי 1995	מתקן מגביל מהירות - תקנת תעבורה, המחייבת התקנת מכשיר המגביל את המהירות ל-90 קמ"ש בכל האוטובוסים והמשאיות משנת יצור 1996 ומעלה.	לא ברור שכן אין אכיפה הרתעתית	הביצוע בפועל גורם לזה להיות לא חשוב	ייתכן כי ללא השפעה
1996	תקנה בנושא עבירת קנס: הגדלת גובה הקנסות על עבירות תנועה. שיעור הקנס לא יעלה על 2,000 שקלים חדשים לגבי עבירה ראשונה ועל 3,000 שקלים חדשים לגבי עבירה חוזרת או נוספת.	בדרך כלל לגובה הקנס אין כמעט ערך הרתעתי ללא אכיפה עקבית וודאית.	לא חשוב	ייתכן כי ללא השפעה
1999	תקנה על חובת ליווי נהג חדש במשך חודשיים מעת קבלת רישיון נהיגה.			Y
2002	תקנה בנושא שיטת הניקוד בעבירות תנועה - קביעת רשימה של עבירות ונקודות, וקביעת מסלולי תיקון ושלילת	כנראה לא השפיע שכן סקרים מראים שהציבור לא מכיר מספיק טוב את התקנות.	לא חשוב	N

		מומחה 1	מומחה 2	סיכום
שנת ביצוע/ כניסה לתוקף	**תיאור התערבויות בטיחות**	**ציין הסתייגויות לגבי חשיבות של התערבות זו (אם יש)**	**ציין הסתייגויות לגבי חשיבות של התערבות זו (אם יש)**	**חשיבות ההתערבות**
	רישיון.			
אוגוסט 2002	נפתח לתנועה הקטע הראשון בכביש "חוצה ישראל" - דרך מס' 6, בין קיבוץ אייל לנחשונים. לראשונה, יושמה מהירות מרבית מותרת בדרך מהירה – 110 קמ"ש.			Y
מרץ 2004	תקנה בנושא נהג חדש - *הוראת שעה*: הארכת תקופת חובת הליווי מחודשיים לשלושה חודשים והגבלה על מספר הנוסעים לנוהג חדש שטרם מלאו לו 21 שנים.		טעון החמרה ותיחכום	Y
נובמבר 2004	תיקון תקנת תעבורה 83 בנוגע לשימוש במושבי בטיחות לילדים בכלי רכב פרטיים			Y
ינואר 2006	חובת החזקה ושימוש באפוד זוהר, לאדם היוצא מהרכב, בדרך שאינה דרך עירונית.	מעניין לבדוק במחקר	טעון אכיפה. המשטרה מתעלמת	ייתכן כי Y
2007	חוק חובת שימוש בקסדות לרוכבי אופניים	עדיין לא מיושם	(החוק בסכנה)	ייתכן כי ללא השפעה
אוקטובר 2007	עדכון תעריפי הקנסות על חלק מעבירות התנועה	לדעתי ללא ערך	לא חשוב	N
2007	עדכון שיטת הניקוד בעבירות תנועה - נהג שלחובתו נרשמו בתקופת הצבירה 36 נקודות או יותר, ייפסל מלהחזיק ברישיון נהיגה למשך 3 חודשים, ורישיונו יחודש לאחר שיעמוד בבחינה העיונית.	חסר ערך כל עוד הנהג לא מודע למצבו מבחינת הניקוד.	השיטה (ניקוד) חשובה, היישום שלה שערורייתי, והיא טעונה חידוש והחמרה, ולא קורסים	ייתכן כי ללא השפעה

טבלה ב-2: אירועים חשובים נוספים אשר לדעת המומחים השפיעו על מצב הבטיחות בישראל ולא נכללו בטבלה ב-1 לעיל

	התערבויות בטיחות חשובות	**שנת ביצוע/ כניסה לתוקף**
		מומחה 1
1	הקמת הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים – עם תקציב ייעודי משמעותי	2007
2	החרפת האכיפה בגין שתייה ונהיגה	2007
		מומחה 2
3	פסי האטה	1988 +/- ניסוי בירושלים 1985
4	מעגלי תנועה - הפצתם	1995 +/-
5	החלטת השר מופז על מינוף הפרדות מפלסיות במפגשי רכבת	2005
6	תקנה על השבתת משאיות בגין עומס יתר חמור	2005 +/-
7	מינוף בדיקות אלכוהול אקראיות והגדלת תדירותן פי 100	2006

נספח ג': סדרות הנתונים שנאספו במחקר

א - הסדרות הכלליות

	4 series to be explained				Indices of exposure			
Year	**Fatalities-Total**	**All Injuries-Total**	**Slight and Serious injuries-Total**	**Injury accidents-Total**	**Kilometers travelled-Total, million**	**Motor vehicles-Total, thousands**	Private vehicles, thousands	Population, thousands
1951	212	4,751	4,539	3,732		34	10	1,577.8
1952	228	5,036	4,808	3,888		38	11	1,629.5
1953	174	5,056	4,882	4,035		42	12	1,669.4
1954	184	5,912	5,728	4,691		44	13	1,717.8
1955	134	6,432	6,298	5,192		47	14	1,789.1
1956	155	7,843	7,688	6,249		51	16	1,872.4
1957	219	8,873	8,654	7,067		56	18	1,976.0
1958	207	10,269	10,062	8,097		. .	20	2,031.7
1959	200	10,738	10,538	8,255		63	20	2,088.7
1960	176	10,542	10,366	8,356		70	24	2,150.4
1961	244	11,162	10,918	8,790		80	29	2,234.2
1962	250	12,123	11,873	9,239		94	38	2,331.8
1963	289	14,113	13,824	10,656		111	47	2,430.1
1964	325	16,025	15,700	11,869		134	61	2,525.6
1965	336	15,474	15,138	11,356		171	81	2,598.4
1966	297	15,545	15,248	11,234		181	89	2,657.4
1967	376	15,039	14,663	10,826		193	97	2,776.3
1968	407	15,784	15,377	11,197		210	108	2,841.1
1969	439	17,459	17,020	12,243		240	131	2,929.5
1970	529	19,526	18,997	13,355	5,892	266	148	3,022.1
1971	623	21,006	20,383	14,757	6,540	296	171	3,120.7
1972	651	22,011	21,360	15,303	7,580	328	197	3,225.0
1973	683	21,730	21,047	14,606	6,413	371	234	3,338.2
1974	716	21,555	20,839	14,719	9,006	408	267	3,421.6
1975	648	21,106	20,458	14,309	9,232	419	280	3,493.2
1976	602	20,920	20,318	14,322	9,197	433	292	3,575.4
1977	636	22,721	22,085	15,753	9,290	450	308	3,653.2
1978	619	24,044	23,425	16,695	9,916	474	356	3,737.6
1979	566	20,633	20,067	14,367	10,474	525	397	3,836.2
1980	434	17,881	17,447	12,716	10,943	539	410	3,921.7
1981	436	18,528	18,092	13,174	11,604	593	454	3,977.7
1982	385	18,489	18,104	12,727	13,093	662	513	4,063.6
1983	436	19,867	19,431	13,785	13,616	730	572	4,118.6
1984	399	19,116	18,717	13,152	13,745	760	599	4,199.7
1985	387	18,709	18,322	12,761	14,058	776	614	4,266.2
1986	415	21,206	20,791	14,568	14,410	819	649	4,331.3
1987	493	22,173	21,680	14,955	15,353	882	697	4,406.5
1988	511	23,088	22,577	15,497	17,046	953	753	4,476.8
1989	475	24,062	23,587	16,213	18,063	984	778	4,559.6
1990	427	27,668	27,241	17,496	18,668	1,015	803	4,821.7
1991	444	31,541	31,097	19,417	20,000	1,075	848	5,058.8
1992	507	37,838	37,331	22,259	22,795	1,176	923	5,195.9
1993	505	37,992	37,487	21,938	24,710	1,261	979	5,327.6
1994	539	36,397	35,858	20,152	27,551	1,373	1,048	5,471.5
1995	550	38,524	37,974	21,688	30,633	1,459	1,112	5,612.3
1996	517	46,534	46,017	25,405	31,656	1,543	1,174	5,757.9
1997	530	47,451	46,921	25,491	33,592	1,617	1,229	5,900.0
1998	548	49,290	48,742	25,337	34,075	1,675	1,273	6,041.4
1999	476	45,503	45,027	22,798	34,963	1,730	1,317	6,209.1
2000	461	40,278	39,817	19,925	36,482	1,831	1,397	6,369.3
2001	542	37,589	37,047	18,140	37,658	1,915	1,461	6,508.8
2002	525	38,204	37,679	18,490	37,960	1,960	1,497	6,631.1
2003	445	37,080	36,635	17,745	38,944	1,982	1,521	6,748.4
2004	467	36,919	36,452	17,762	39,869	2,038	1,567	6,869.5
2005	437	35,471	35,034	16,986	41,729	2,107	1,626	6,990.7
2006	405	35,898	35,493	17,190	43,242	2,176	1,685	7,116.7
2007	382	32,805	32,423	16,016	44,996	2,284	1,779	7,243.6
2008	412	31,811	31,399	16,531	47,000	2,391	1,876	7,374.0

ב – הסדרות המפורטיות

Series No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Indices of exposure					
Exposure	B	C	A,C	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	B	C
Year	Rural fatalities	Urban fatalities	Pedestrian fatalities	Young drivers 18-24 killed	Young drivers 18-24 seriously injured	Single vehicle fatal accidents on rural roads	Single vehicle serious accidents on rural roads	Killed in light vehicles	Seriously injured in light vehicles	Total injuries in light vehicles	**Kilometers travelled-Total, million**	**Motor vehicles-Total, thousands**	Private vehicles, thousands	Population, thousands	Kilometres -travelled Rural, million	Kilometres -travelled Urban, million
1980	190	244	220	no data	no data	28	246	129	1200	7757	10,943	539	410	3,921.7	5,083	5860
1981	239	197	175	no data	no data	53	263	169	1279	8518	11,604	593	454	3,977.7	5,374	6230
1982	209	176	162	97	805	42	275	143	1297	9012	13,093	662	513	4,063.6	5,535	7558
1983	223	213	206	126	1018	42	304	155	1483	10126	13,616	730	572	4,118.6	6,079	7537
1984	215	184	180	124	964	55	328	168	1444	9709	13,745	760	599	4,199.7	6,191	7554
1985	218	169	160	102	873	52	300	129	1284	9558	14,058	776	614	4,266.2	6,368	7690
1986	203	212	176	115	982	39	335	149	1385	10947	14,410	819	649	4,331.3	6,814	7596
1987	268	225	223	121	1150	60	350	182	1558	11628	15,353	882	697	4,406.5	7,480	7873
1988	270	241	208	173	1265	64	358	219	1584	12004	17,046	953	753	4,476.8	8,233	8813
1989	252	223	197	154	1149	53	335	190	1609	13123	18,063	984	778	4,559.6	8,907	9156
1990	232	195	159	142	1375	50	438	165	1650	14728	18,668	1,015	803	4,821.7	9,701	8967
1991	240	204	160	158	1540	56	402	221	2068	20052	20,000	1,075	848	5,058.8	10,054	9946
1992	302	205	188	189	1693	51	476	241	2427	25350	22,795	1,176	923	5,195.9	10,807	11988
1993	279	226	199	207	1528	54	420	236	2050	25378	24,710	1,261	979	5,327.6	11,447	13263
1994	297	242	183	204	1501	57	342	270	1836	23762	27,551	1,373	1,048	5,471.5	12,019	15532
1995	326	224	167	217	1569	73	347	262	1750	24681	30,633	1,459	1,112	5,612.3	13,375	17258
1996	287	230	188	177	1468	59	291	226	1529	32735	31,656	1,543	1,174	5,757.9	14,546	17110
1997	288	242	180	193	1365	55	277	255	1514	33641	33,592	1,617	1,229	5,900.0	15,296	18296
1998	286	262	200	206	1212	58	317	230	1548	35908	34,075	1,675	1,273	6,041.4	16,334	17741
1999	266	210	167	161	1114	48	263	205	1399	33070	34,963	1,730	1,317	6,209.1	17,871	17092
2000	255	206	172	182	985	62	231	195	1294	29624	36,482	1,831	1,397	6,369.3	18,846	17636
2001	350	192	172	222	925	70	231	280	1333	28276	37,658	1,915	1,461	6,508.8	..	..
2002	318	207	176	182	1547	57	225	243	1166	28955	37,960	1,960	1,497	6,631.1	22,219	15741
2003	258	187	159	141	1586	52	197	193	1111	28082	38,944	1,982	1,521	6,748.4	23,091	15853
2004	288	179	166	139	1600	59	182	233	1160	27825	39,869	2,038	1,567	6,869.5	24,044	15825
2005	270	167	130	136	1451	50	184	229	1091	26390	41,729	2,107	1,626	6,990.7	25,052	16677
2006	219	186	136	136	1420	45	169	187	983	26302	43,242	2,176	1,685	7,116.7	25,916	17326
2007	231	151	114	127	1273	52	155	211	940	23706	44,996	2,284	1,779	7,243.6	27,540	17456
2008	249	163	134	115	1222	45	156	167	790	22151	47,000	2,391	1,876	7,374.0	27,901	19099

נספח ד': פיתוח מודלים מתקדמים מסוג structural time series models:

שלב א' - התאמת שלושה מודלים לכל סדרה

בשלב א', לכל סדרה הותאמו שלושה מודלים: מודל עם חותך ושיפוע אקראיים, מודל עם חותך אקראי ושיפוע קבוע ומודל עם חותך קבוע ושיפוע אקראי, על מנת לבחור את המודל המתאים ביותר לכל סדרה.
להלן תוצאות מהתאמת המודלים עבור 16 הסדרות הבסיסיות. ניתן לראות שבכל שילובי החשיפה וסדרות הנפגעים התאים מודל עם חותך אקראי ושיפוע קבוע (הסתמכות על קריטריון BIC).

1: dep=LTotFat exposure=LKTT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	34.102	34.102	30.236
Diffuse Part of Log Likelihood	3.1411	3.1411	3.1411
Non-Missing Observations Used	39	39	39
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	36	36	36
AIC (smaller is better)	-62.2	-64.2	-56.47
BIC (smaller is better)	-57.45	-61.04	-53.3
AICC (smaller is better)	-61.45	-63.84	-56.11
HQIC (smaller is better)	-60.55	-63.1	-55.37
CAIC (smaller is better)	-54.45	-59.04	-51.3

2: dep=LTotALLInj exposure=LKTT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	40.7	39.836	38.037
Diffuse Part of Log Likelihood	3.1411	3.1411	3.1411
Non-Missing Observations Used	39	39	39
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	36	36.001	36
AIC (smaller is better)	-75.4	-75.67	-72.07
BIC (smaller is better)	-70.65	-72.51	-68.91
AICC (smaller is better)	-74.65	-75.31	-71.71
HQIC (smaller is better)	-73.74	-74.57	-70.97
CAIC (smaller is better)	-67.65	-70.51	-66.91

3: dep=LSSInj exposure=LKTT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	40.443	39.547	37.804
Diffuse Part of Log Likelihood	3.1411	3.1411	3.1411
Non-Missing Observations Used	39	39	39
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	36	36	36
AIC (smaller is better)	-74.89	-75.09	-71.61
BIC (smaller is better)	-70.14	-71.93	-68.44
AICC (smaller is better)	-74.14	-74.73	-71.24
HQIC (smaller is better)	-73.23	-73.99	-70.5
CAIC (smaller is better)	-67.14	-69.93	-66.44

4: dep=LTotInj exposure=LKTT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	40.972	40.972	37.14
Diffuse Part of Log Likelihood	3.1411	3.1411	3.1411
Non-Missing Observations Used	39	39	39
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	36.003	36	36
AIC (smaller is better)	-75.94	-77.94	-70.28
BIC (smaller is better)	-71.19	-74.78	-67.11
AICC (smaller is better)	-75.19	-77.58	-69.92
HQIC (smaller is better)	-74.29	-76.84	-69.17
CAIC (smaller is better)	-68.19	-72.78	-65.11

5: dep=LTotFat exposure=LMVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	39.461	39.461	35.471
Diffuse Part of Log Likelihood	3.585	3.585	3.585

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46	46	46
AIC (smaller is better)	-72.92	-74.92	-66.94
BIC (smaller is better)	-67.44	-71.26	-63.28
AICC (smaller is better)	-72.35	-74.64	-66.66
HQIC (smaller is better)	-70.87	-73.55	-65.57
CAIC (smaller is better)	-64.44	-69.26	-61.28

6: dep=LTotALLInj exposure=LMVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	51.876	51.875	49.811
Diffuse Part of Log Likelihood	3.585	3.585	3.585
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46.069	46	46
AIC (smaller is better)	-97.75	-99.75	-95.62
BIC (smaller is better)	-92.27	-96.09	-91.96
AICC (smaller is better)	-97.18	-99.47	-95.34
HQIC (smaller is better)	-95.7	-98.38	-94.25
CAIC (smaller is better)	-89.27	-94.09	-89.96

7: dep=LSSInj exposure=LMVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	52.476	51.484	49.376
Diffuse Part of Log Likelihood	3.585	3.585	3.585
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46.078	46	46
AIC (smaller is better)	-98.95	-98.97	-94.75
BIC (smaller is better)	-93.47	-95.31	-91.09
AICC (smaller is better)	-98.38	-98.69	-94.47
HQIC (smaller is better)	-96.9	-97.6	-93.38
CAIC (smaller is better)	-90.47	-93.31	-89.09

8: dep=LTotInj exposure=LMVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	53.703	53.703	48.963
Diffuse Part of Log Likelihood	3.585	3.585	3.585
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46	46	46
AIC (smaller is better)	-101.4	-103.4	-93.93
BIC (smaller is better)	-95.92	-99.75	-90.27
AICC (smaller is better)	-100.8	-103.1	-93.65
HQIC (smaller is better)	-99.35	-102	-92.56
CAIC (smaller is better)	-92.92	-97.75	-88.27

9: dep=LTotFat exposure=LPVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	38.156	38.156	35.054
Diffuse Part of Log Likelihood	2.5127	2.5127	2.5127
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46	46	46
AIC (smaller is better)	-70.31	-72.31	-66.11
BIC (smaller is better)	-64.83	-68.65	-62.45
AICC (smaller is better)	-69.74	-72.03	-65.83
HQIC (smaller is better)	-68.26	-70.94	-64.74
CAIC (smaller is better)	-61.83	-66.65	-60.45

10: dep=LTotALLInj exposure=LPVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	53.159	51.728	49.966
Diffuse Part of Log Likelihood	2.5127	2.5127	2.5127
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46	46.001	46
AIC (smaller is better)	-100.3	-99.46	-95.93
BIC (smaller is better)	-94.83	-95.8	-92.28
AICC (smaller is better)	-99.75	-99.18	-95.65
HQIC (smaller is better)	-98.26	-98.09	-94.56
CAIC (smaller is better)	-91.83	-93.8	-90.28

11: dep=LSSInj exposure=LPVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	52.741	51.352	49.505
Diffuse Part of Log Likelihood	2.5127	2.5127	2.5127
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46	46.001	46
AIC (smaller is better)	-99.48	-98.7	-95.01
BIC (smaller is better)	-94	-95.05	-91.35
AICC (smaller is better)	-98.91	-98.43	-94.73
HQIC (smaller is better)	-97.43	-97.33	-93.64
CAIC (smaller is better)	-91	-93.05	-89.35

12: dep=LTotInj exposure=LPVT

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	53.713	53.712	48.999
Diffuse Part of Log Likelihood	2.5127	2.5127	2.5127
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46.002	46	46
AIC (smaller is better)	-101.4	-103.4	-94
BIC (smaller is better)	-95.94	-99.77	-90.34
AICC (smaller is better)	-100.9	-103.1	-93.72
HQIC (smaller is better)	-99.37	-102.1	-92.63
CAIC (smaller is better)	-92.94	-97.77	-88.34

13: dep=LTotFat exposure=LPOP

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	38.007	37.515	35.815
Diffuse Part of Log Likelihood	5.3975	5.3975	5.3975
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46	46	46
AIC (smaller is better)	-70.01	-71.03	-67.63
BIC (smaller is better)	-64.53	-67.37	-63.97
AICC (smaller is better)	-69.44	-70.75	-67.35
HQIC (smaller is better)	-67.96	-69.66	-66.26
CAIC (smaller is better)	-61.53	-65.37	-61.97

14: dep=LTotALLInj exposure=LPOP

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	55.057	55.056	51.365
Diffuse Part of Log Likelihood	5.3975	5.3975	5.3975
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46.002	46	46
AIC (smaller is better)	-104.1	-106.1	-98.73
BIC (smaller is better)	-98.63	-102.5	-95.07
AICC (smaller is better)	-103.5	-105.8	-98.45
HQIC (smaller is better)	-102.1	-104.7	-97.36
CAIC (smaller is better)	-95.63	-100.5	-93.07

15: dep=LSSInj exposure=LPOP

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	54.705	54.706	50.929
Diffuse Part of Log Likelihood	5.3975	5.3975	5.3975
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46.002	46	46
AIC (smaller is better)	-103.4	-105.4	-97.86
BIC (smaller is better)	-97.92	-101.8	-94.2
AICC (smaller is better)	-102.8	-105.1	-97.58
HQIC (smaller is better)	-101.4	-104	-96.49
CAIC (smaller is better)	-94.92	-99.75	-92.2

16: dep=LTotInj exposure=LPOP

The UCM Procedure

Likelihood Based Fit Statistics			
Statistic	*A: varying level and slope*	***B: varying level+ fixed slope***	*C: Fixed level+ varying slope*
Full Log Likelihood	55.509	55.501	50.699
Diffuse Part of Log Likelihood	5.3975	5.3975	5.3975
Non-Missing Observations Used	49	49	49
Estimated Parameters	3	2	2
Initialized Diffuse State Elements	3	3	3
Normalized Residual Sum of Squares	46.002	46	46
AIC (smaller is better)	-105	-107	-97.4
BIC (smaller is better)	-99.53	-103.3	-93.74
AICC (smaller is better)	-104.4	-106.7	-97.12
HQIC (smaller is better)	-103	-105.6	-96.03
CAIC (smaller is better)	-96.53	-101.3	-91.74

נספח ה': פיתוח מודלים מתקדמים מסוג structural time series models:

שלב ב' - בחינת רכיבי המודל וטיב התאמה

להלן התוצאות עבור 16 הסדרות הבסיסיות.

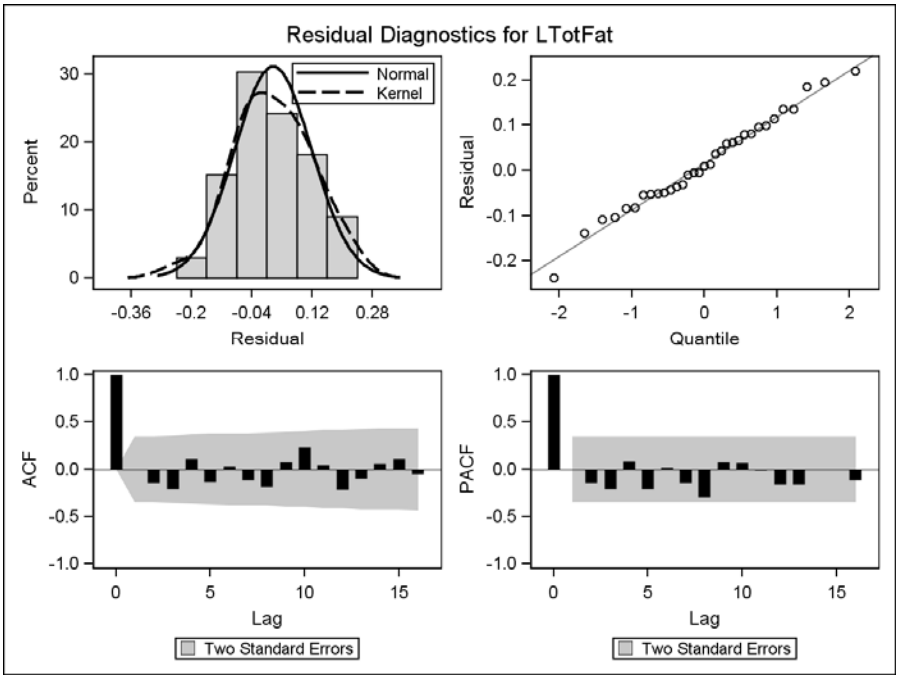
1: dep=LTotFat exposure=LKTT

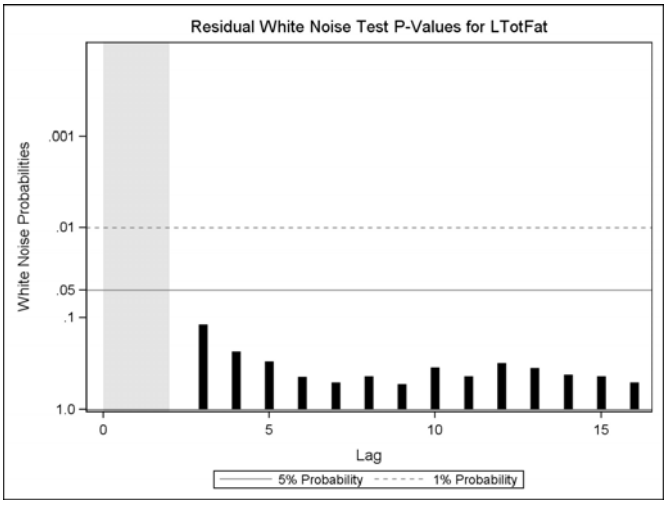
The UCM Procedure

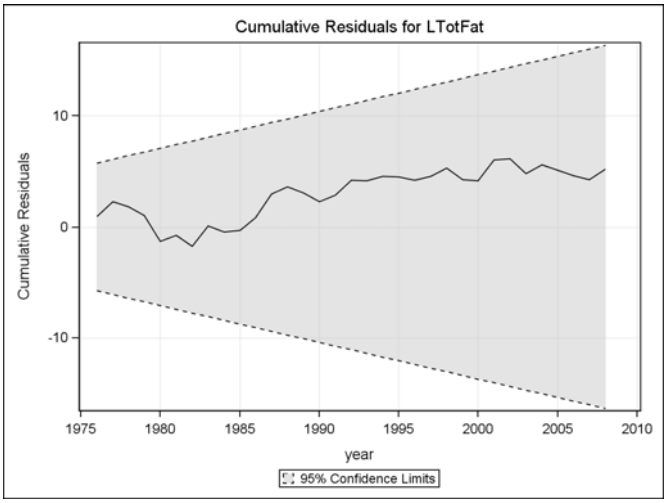
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	0.00028386	0.0016482	0.17	0.8633
Level	*Error Variance*	0.00806	0.0038321	2.10	0.0355
LKTT	*Coefficient*	0.85189	0.40034	2.13	0.0333

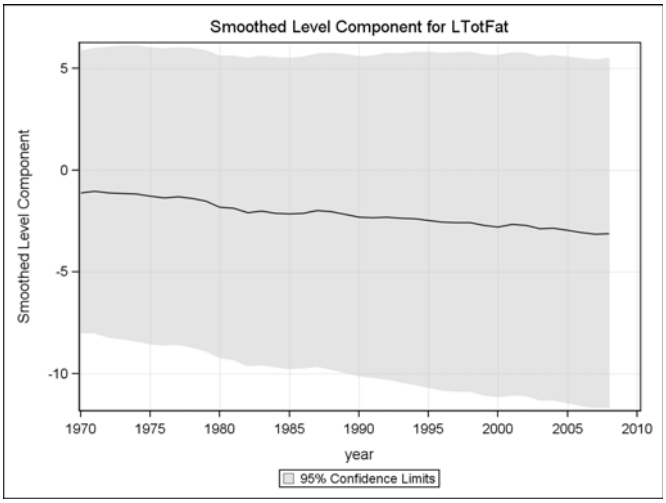
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.03	0.8573
Level	1	0.53	0.4651
Slope	1	4.12	0.0424

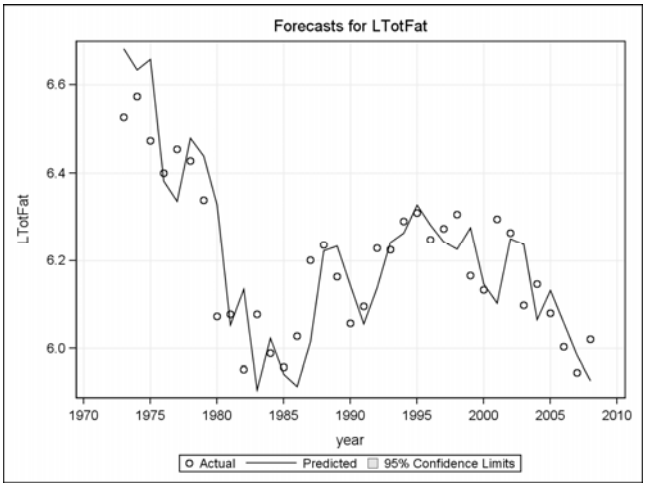
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.01076
Root Mean Squared Error	0.10375
Mean Absolute Percentage Error	1.32527
Maximum Percent Error	3.06387
R-Square	0.60981
Adjusted R-Square	0.59834
Random Walk R-Square	-0.22987
Amemiya's Adjusted R-Square	0.56391
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 36	

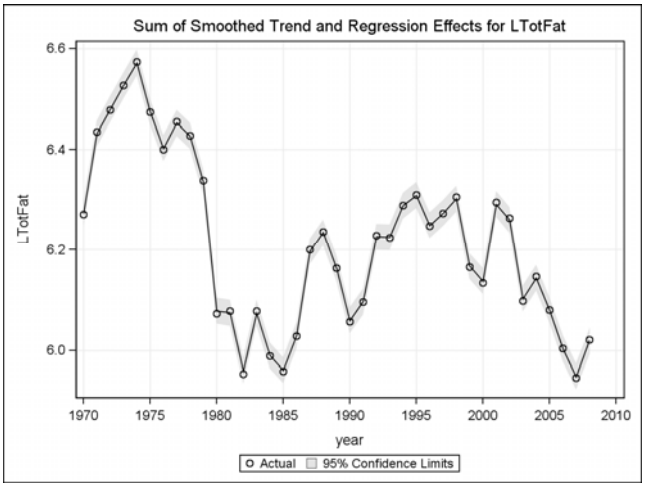

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotFat
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotFat
Cumulative Residuals
10
0
-10
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotFat
Smoothed Level Component
5
0
-5
-10
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotFat
LTotFat
6.6
6.4
6.2
6.0
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits



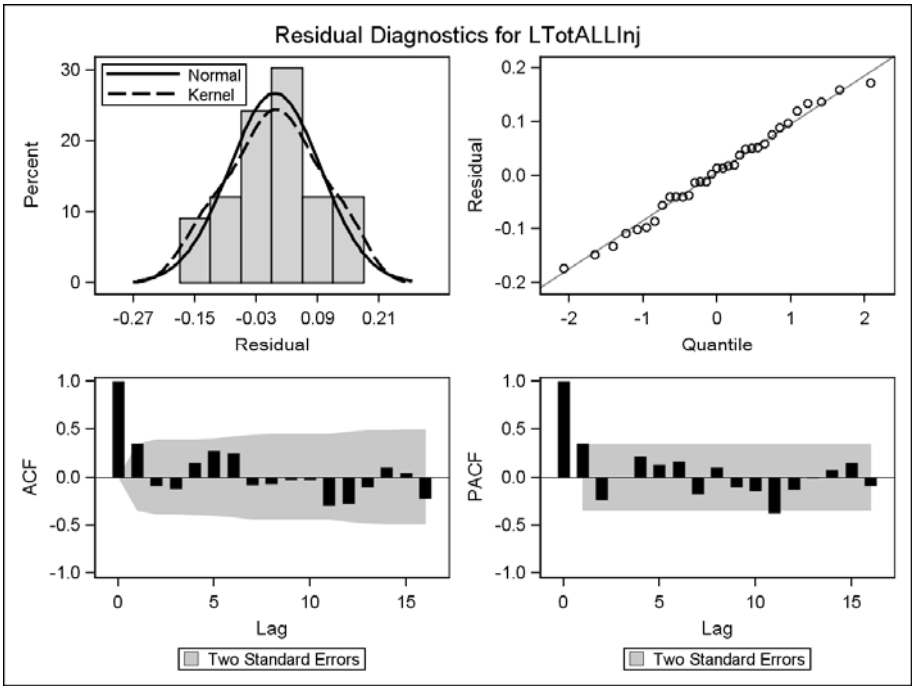
2: dep=LTotALLInj exposure=LKTT

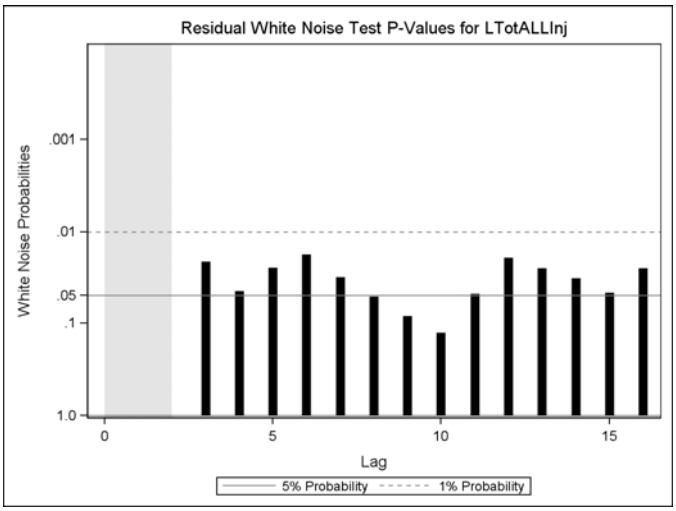
The UCM Procedure

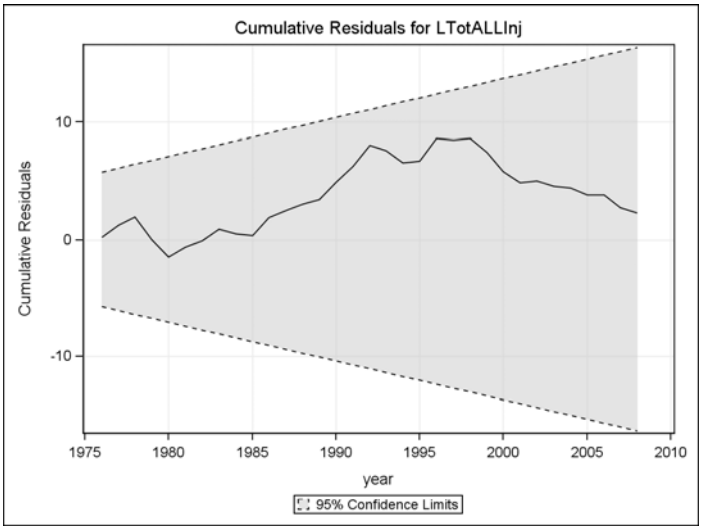
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	9.47769E-8	7.80268E-8	1.21	0.2245
Level	*Error Variance*	0.00628	0.0014809	4.24	<.0001
LKTT	*Coefficient*	0.42903	0.34769	1.23	0.2172

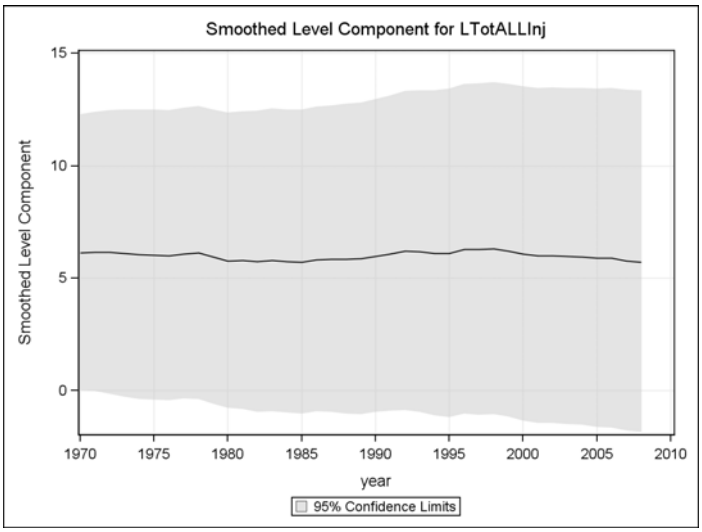
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9985
Level	1	2.36	0.1241
Slope	1	0.21	0.6440

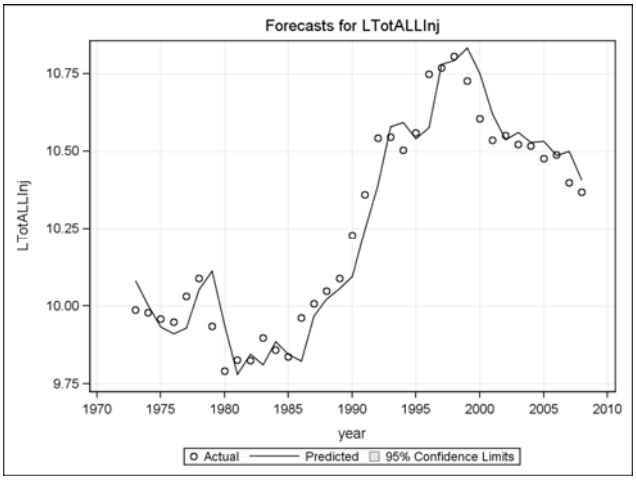
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00715
Root Mean Squared Error	0.08454
Mean Absolute Percentage Error	0.64927
Maximum Percent Error	1.60189
R-Square	0.93042
Adjusted R-Square	0.92838
Random Walk R-Square	-0.11500
Amemiya's Adjusted R-Square	0.92224
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 36	

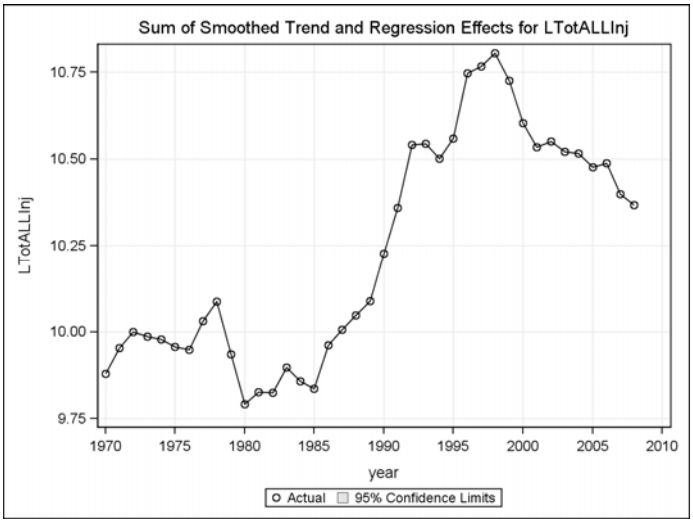

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotALLInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotALLInj
Cumulative Residuals
10
0
-10
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotALLInj
Smoothed Level Component
15
10
5
0
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotALLInj
LTotALLInj
10.75
10.50
10.25
10.00
9.75
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

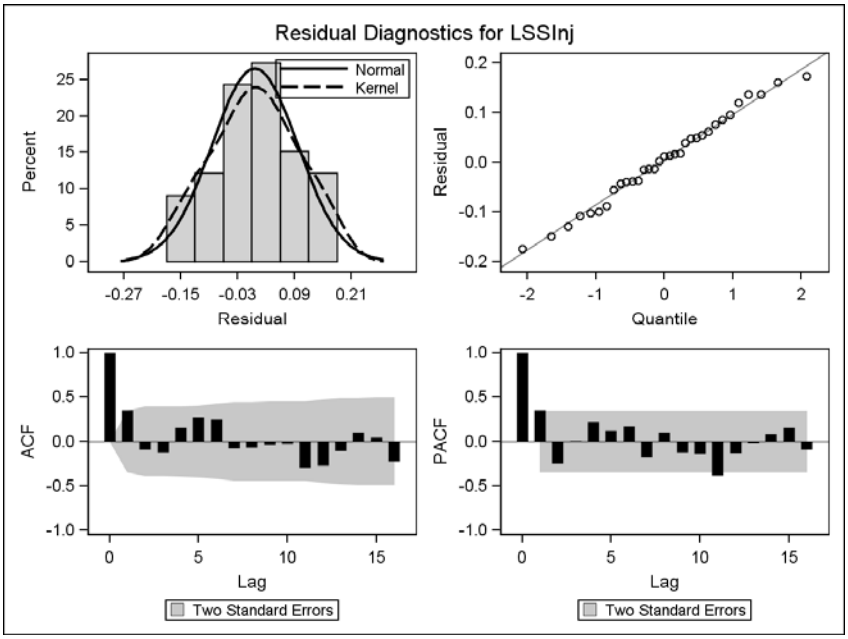


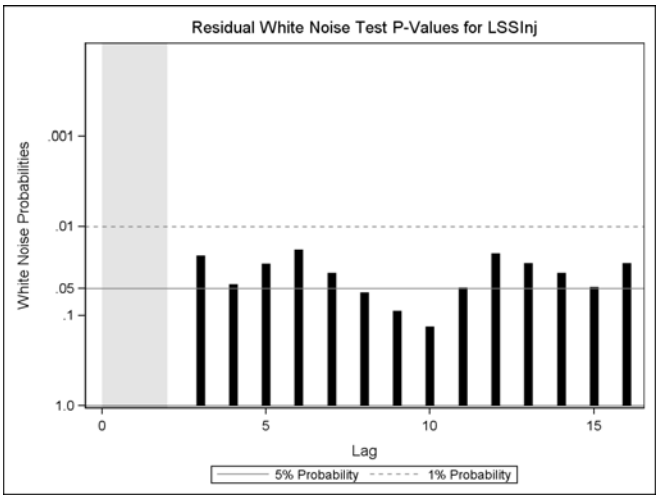
3: dep=LSSInj exposure=LKTT
The UCM Procedure

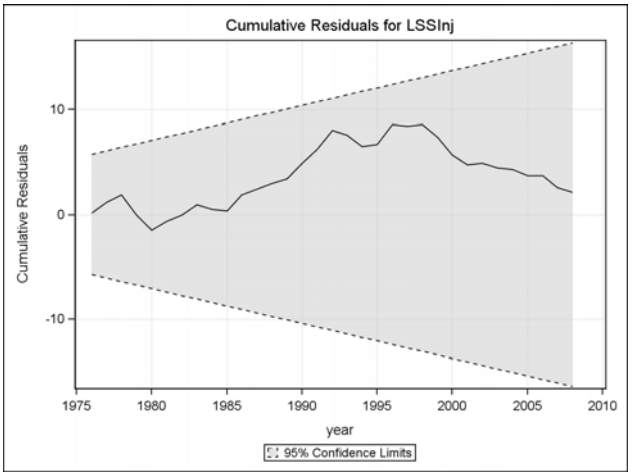
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	5.236051E-7	.	.	.
Level	*Error Variance*	0.00638	0.0015178	4.21	<.0001
LKTT	*Coefficient*	0.41885	0.35049	1.20	0.2321

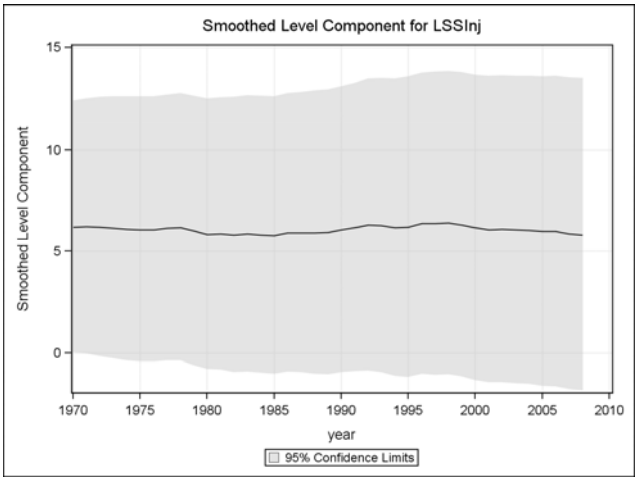
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9963
Level	1	2.41	0.1209
Slope	1	0.17	0.6760

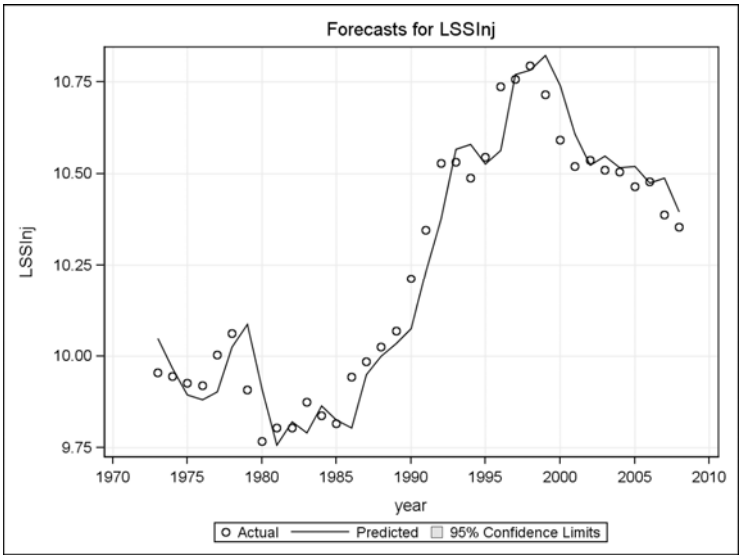
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00726
Root Mean Squared Error	0.08518
Mean Absolute Percentage Error	0.65593
Maximum Percent Error	1.62397
R-Square	0.93184
Adjusted R-Square	0.92984
Random Walk R-Square	-0.11480
Amemiya's Adjusted R-Square	0.92382
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 36	

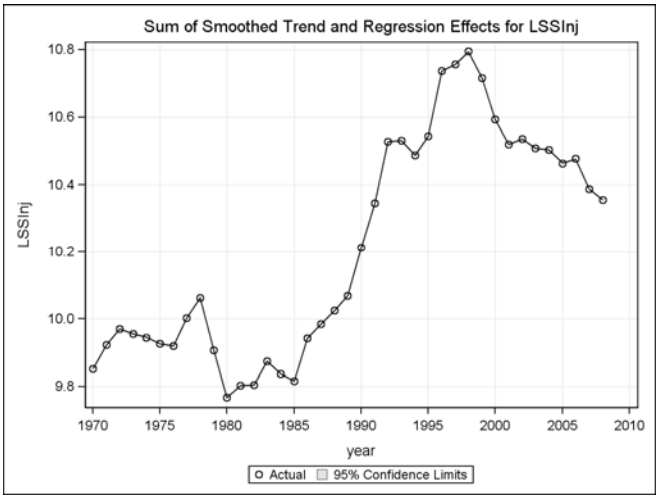

Residual Diagnostics for LSSInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LSSInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LSSInj
Cumulative Residuals
10
0
-10
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LSSInj
Smoothed Level Component
15
10
5
0
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LSSInj
LSSInj
10.75
10.50
10.25
10.00
9.75
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

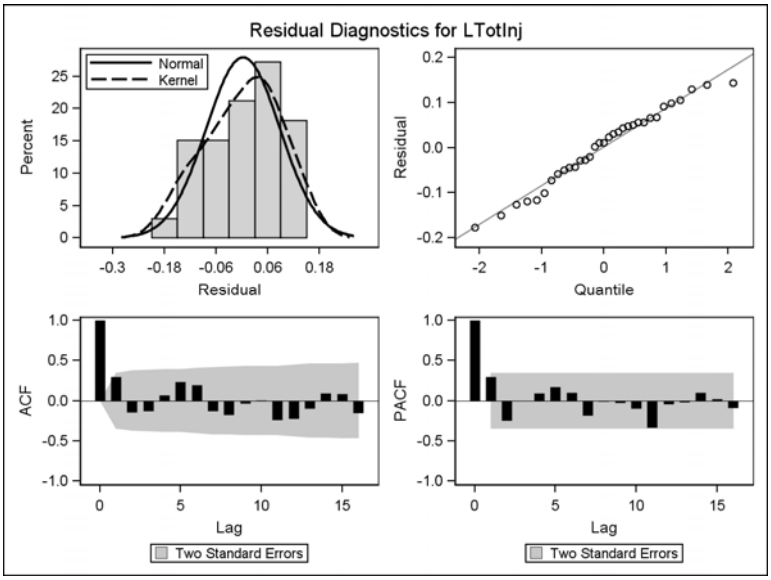


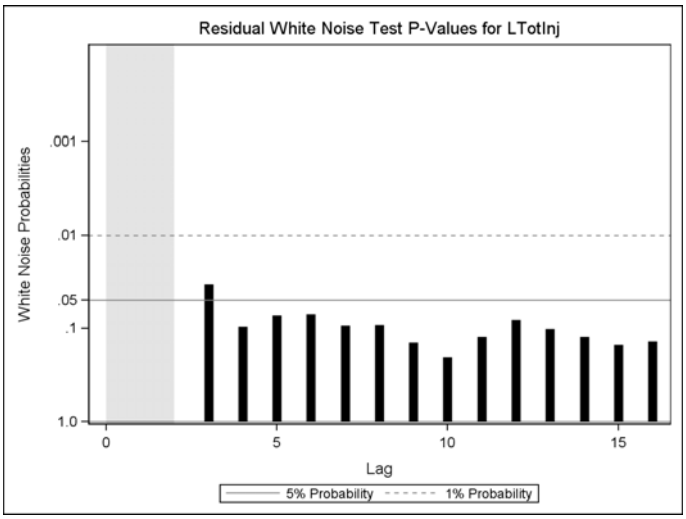
4: dep=LTotInj exposure=LKTT
The UCM Procedure

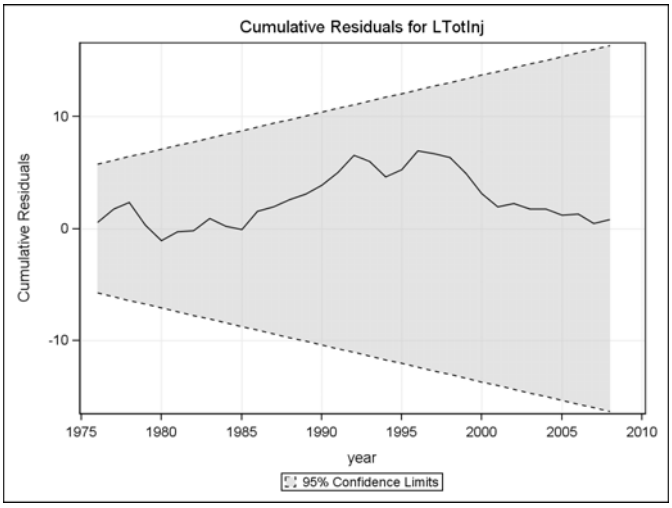
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	2.749747E-7	.	.	.
Level	*Error Variance*	0.00590	0.0014091	4.19	<.0001
LKTT	*Coefficient*	0.32957	0.33689	0.98	0.3279

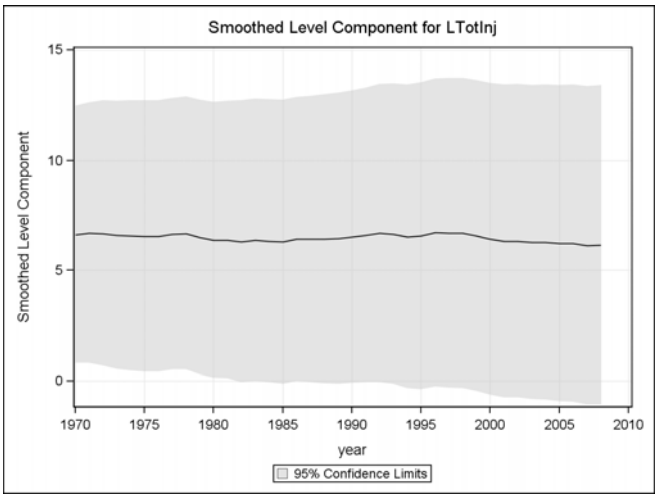
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9979
Level	1	2.90	0.0888
Slope	1	0.31	0.5771

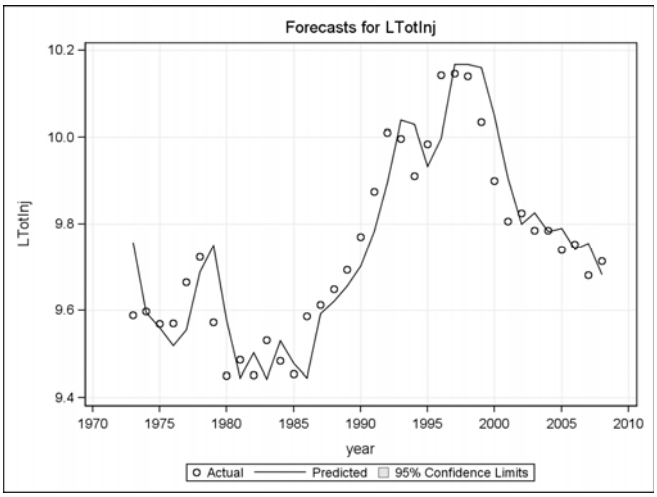
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00707
Root Mean Squared Error	0.08410
Mean Absolute Percentage Error	0.69530
Maximum Percent Error	1.48001
R-Square	0.82723
Adjusted R-Square	0.82215
Random Walk R-Square	-0.22552
Amemiya's Adjusted R-Square	0.80690
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 36	

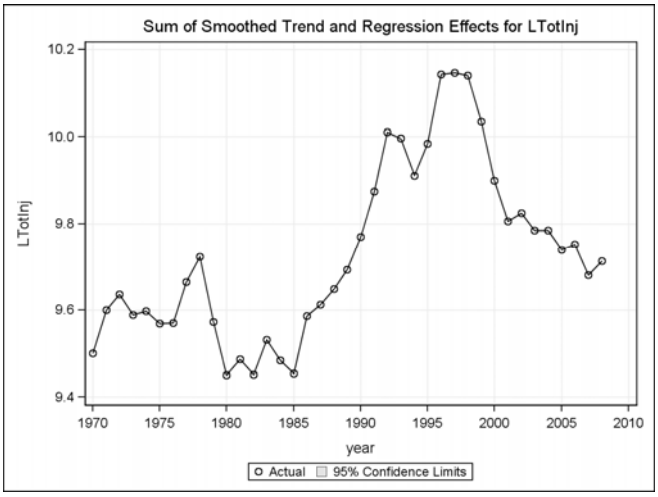

Residual Diagnostics for LTotInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotInj
Cumulative Residuals
10
0
-10
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotInj
Smoothed Level Component
15
10
5
0
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotInj
LTotInj
10.2
10.0
9.8
9.6
9.4
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

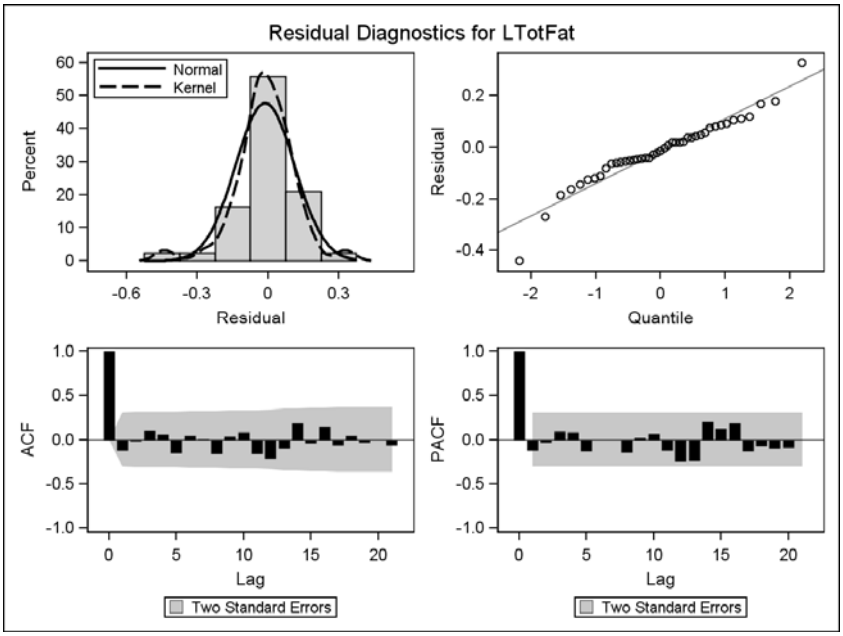


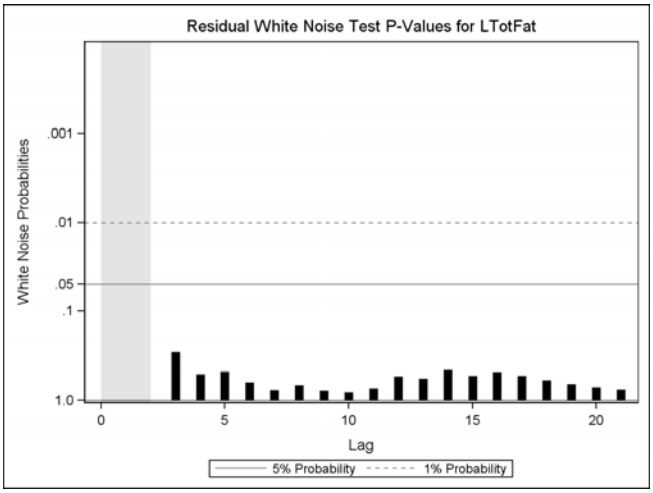
5: dep=LTotFat exposure=LMVT
The UCM Procedure

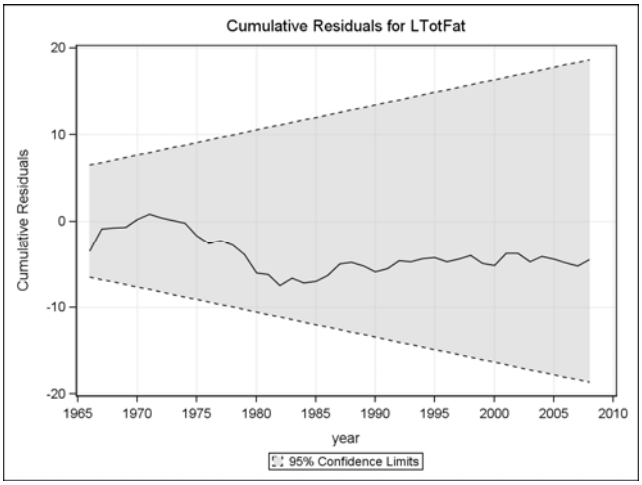
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	4.166951E-7	1.54862E-6	0.27	0.7879
Level	*Error Variance*	0.01015	0.0021174	4.80	<.0001
LMVT	*Coefficient*	1.07930	0.30374	3.55	0.0004

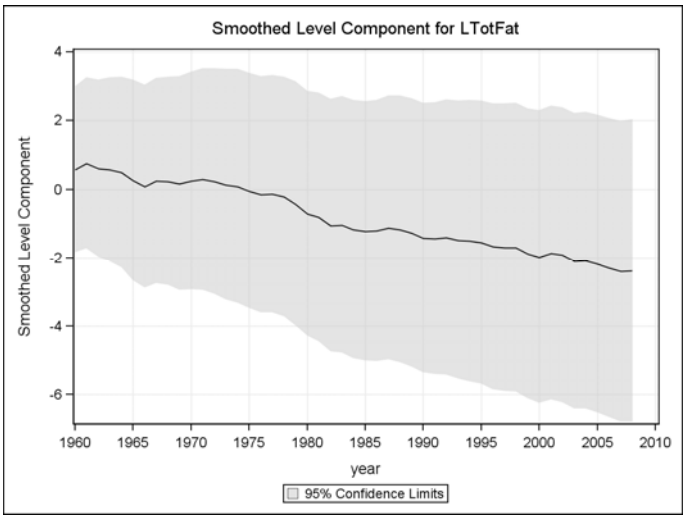
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9955
Level	1	1.01	0.3148
Slope	1	5.35	0.0207

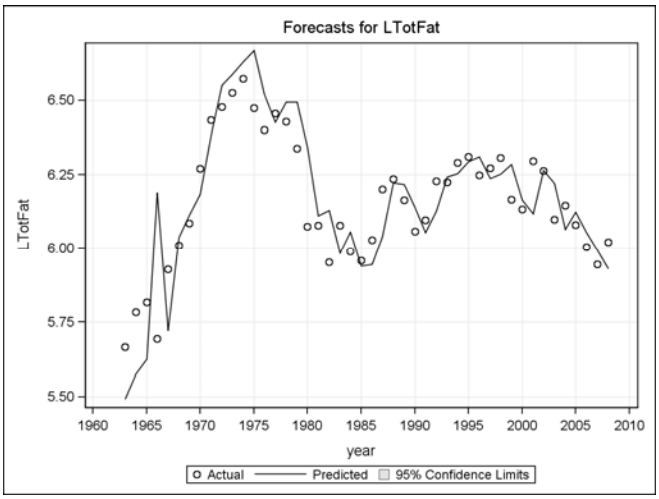
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.01678
Root Mean Squared Error	0.12952
Mean Absolute Percentage Error	1.58001
Maximum Percent Error	3.58331
R-Square	0.62112
Adjusted R-Square	0.61251
Random Walk R-Square	-0.55049
Amemiya's Adjusted R-Square	0.58668
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

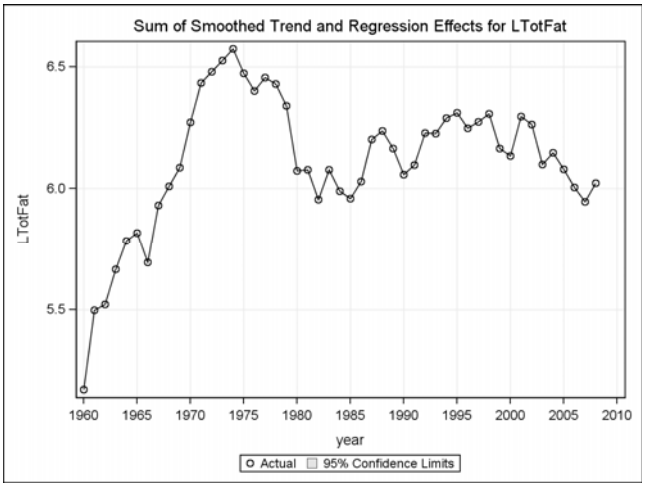

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Residual
Quantile
ACF
Lag
PACF
Lag
Two Standard Errors
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotFat
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotFat
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotFat
Smoothed Level Component
4
2
0
-2
-4
-6
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotFat
LTotFat
6.50
6.25
6.00
5.75
5.50
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

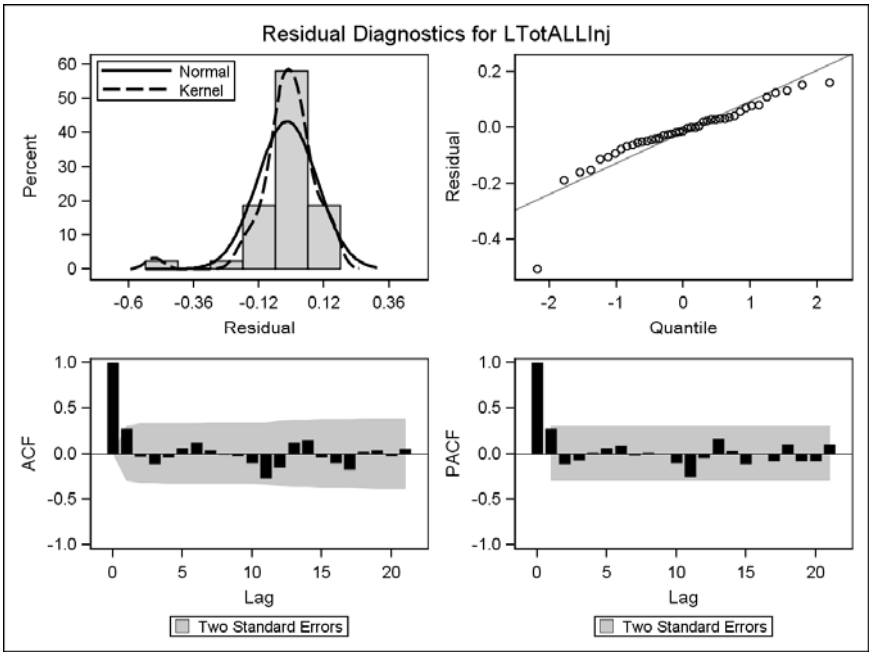


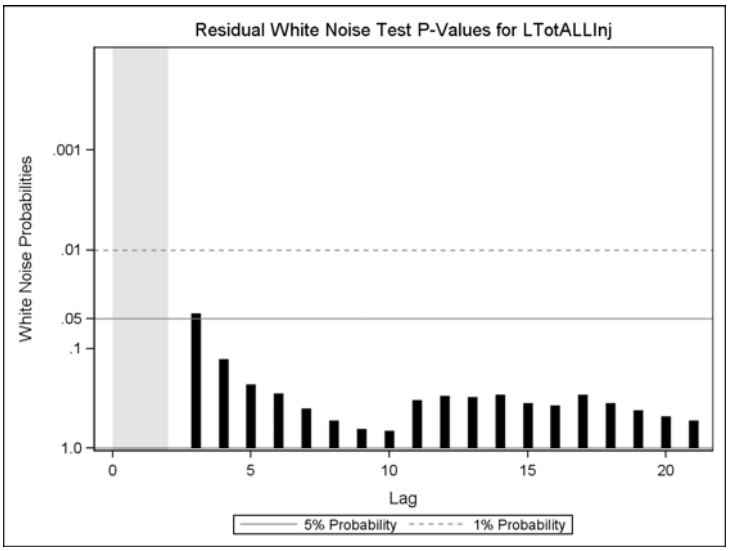
6: dep=LTotALLInj exposure=LMVT
The UCM Procedure

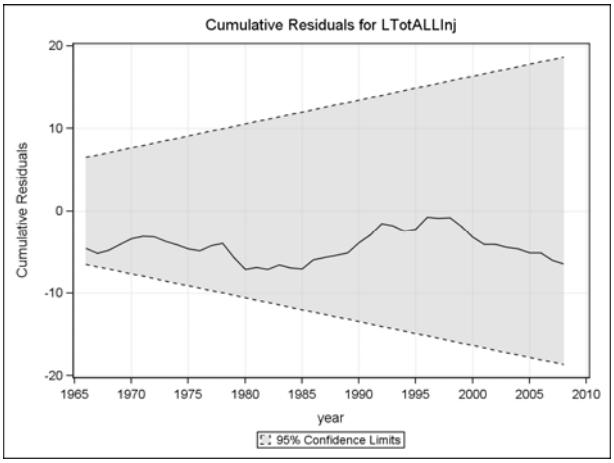
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	3.495756E-7	.	.	.
Level	*Error Variance*	0.00592	0.0012606	4.70	<.0001
LMVT	*Coefficient*	0.43701	0.23190	1.88	0.0595

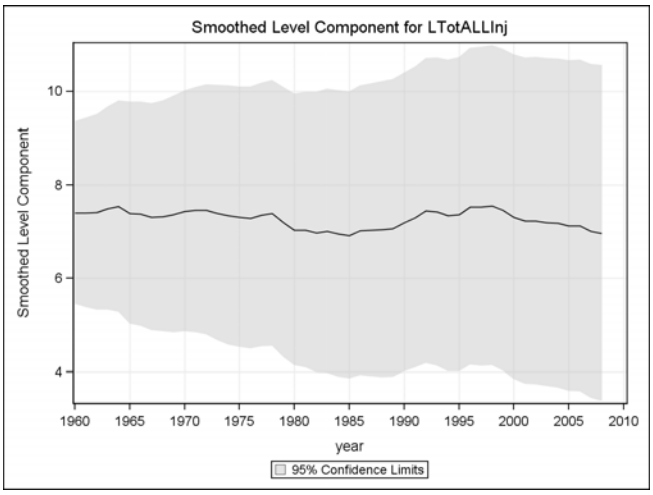
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9967
Level	1	14.92	0.0001
Slope	1	0.20	0.6535

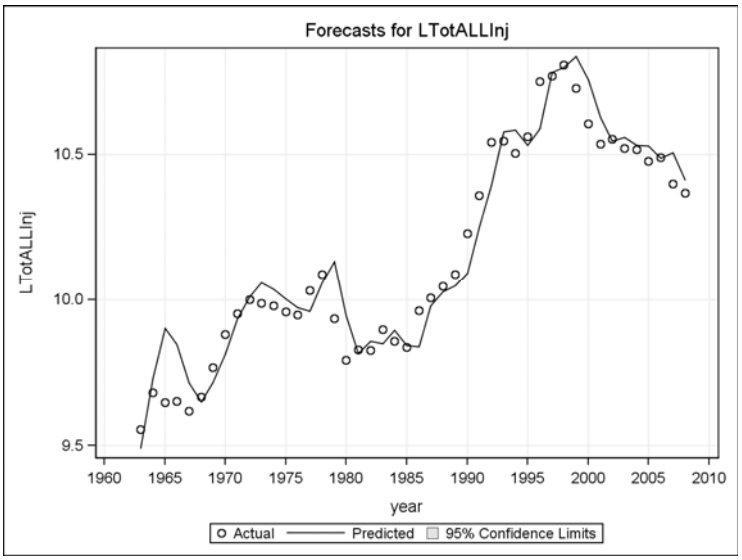
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00818
Root Mean Squared Error	0.09047
Mean Absolute Percentage Error	0.67657
Maximum Percent Error	1.49181
R-Square	0.93717
Adjusted R-Square	0.93574
Random Walk R-Square	-0.30543
Amemiya's Adjusted R-Square	0.93145
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

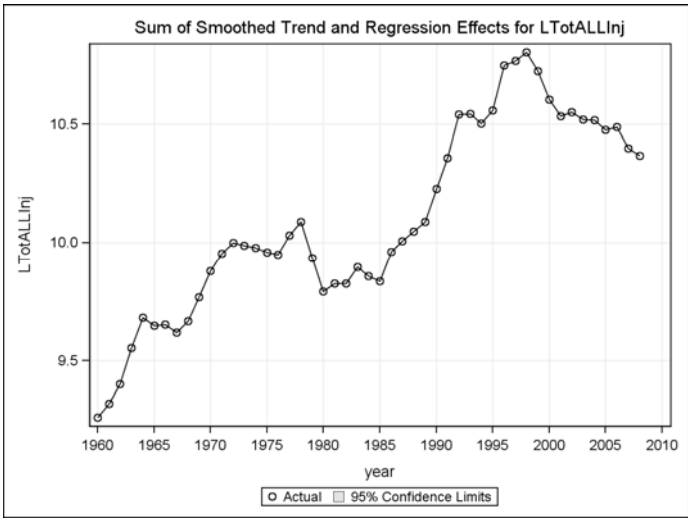

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotALLInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotALLInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotALLInj
Smoothed Level Component
10
8
6
4
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotALLInj
LTotALLInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

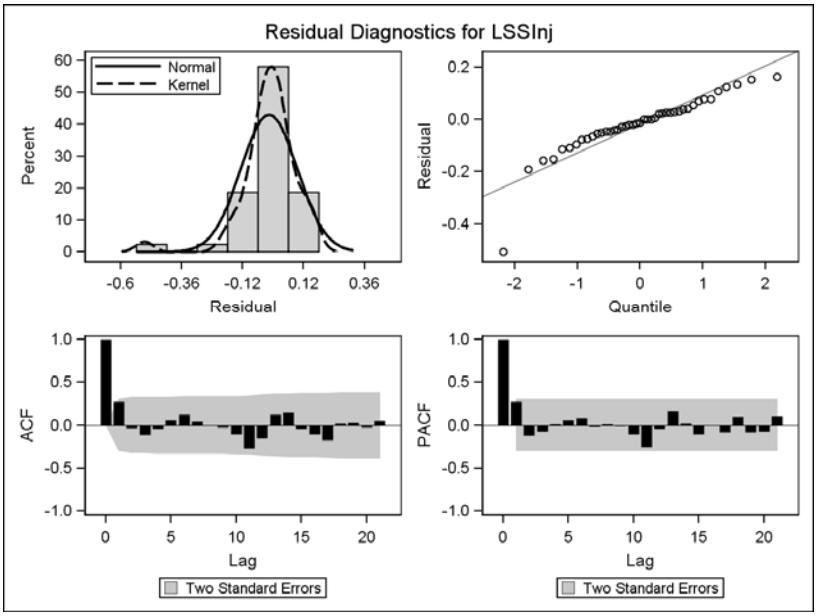


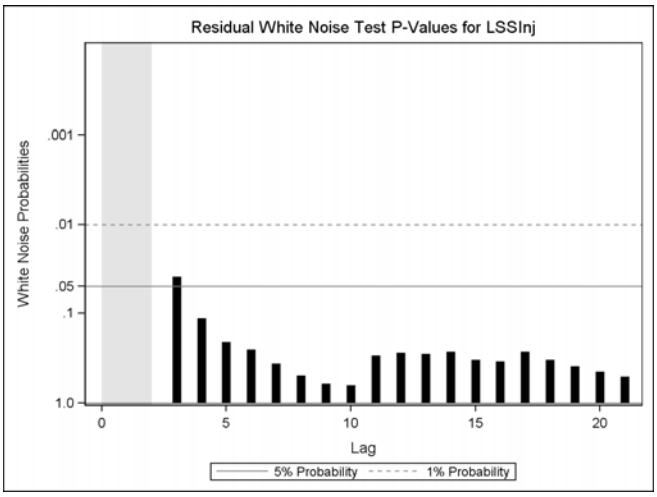
7: dep=LSSInj exposure=LMVT
The UCM Procedure

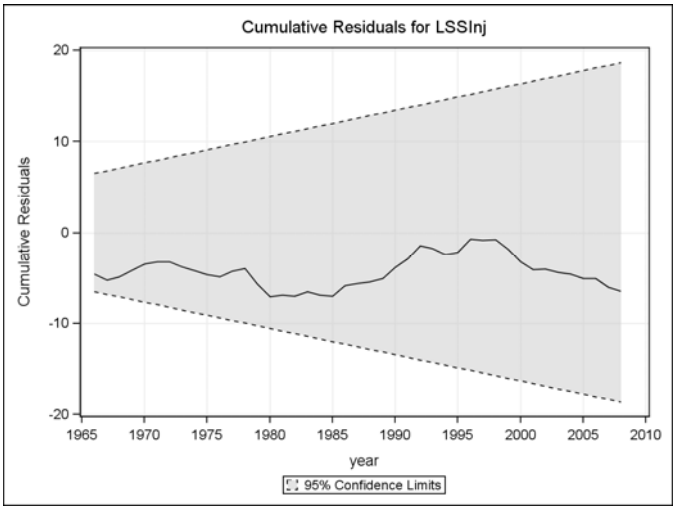
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	7.901974E-7	1.32107E-6	0.60	0.5497
Level	*Error Variance*	0.00602	0.0012551	4.80	<.0001
LMVT	*Coefficient*	0.42297	0.23386	1.81	0.0705

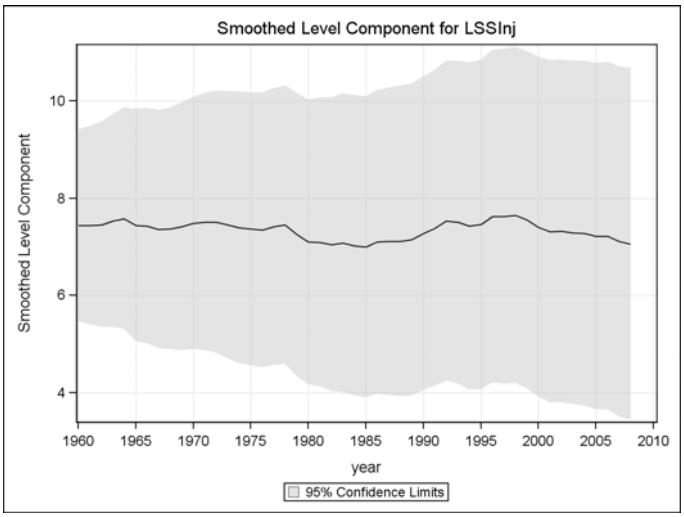
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9949
Level	1	15.08	0.0001
Slope	1	0.15	0.6958

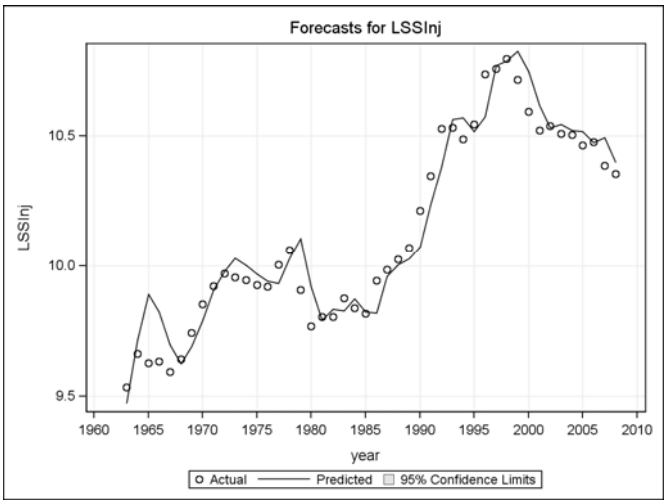
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00835
Root Mean Squared Error	0.09138
Mean Absolute Percentage Error	0.68297
Maximum Percent Error	1.51766
R-Square	0.93772
Adjusted R-Square	0.93631
Random Walk R-Square	-0.31574
Amemiya's Adjusted R-Square	0.93206
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

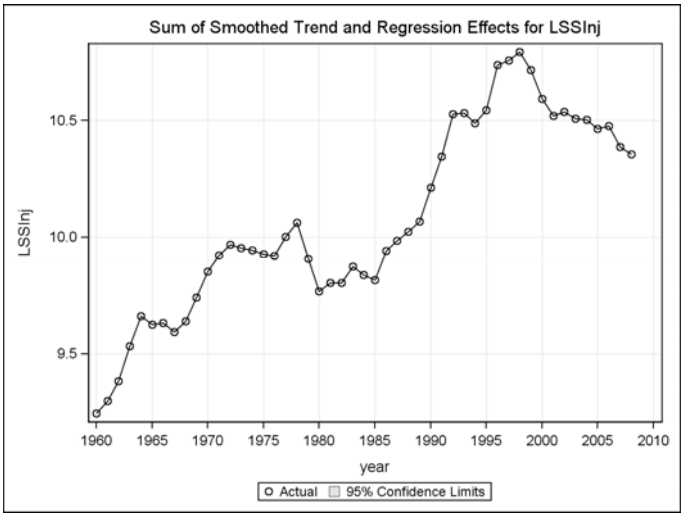

Residual Diagnostics for LSSInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LSSInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LSSInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LSSInj
Smoothed Level Component
10
8
6
4
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LSSInj
LSSInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

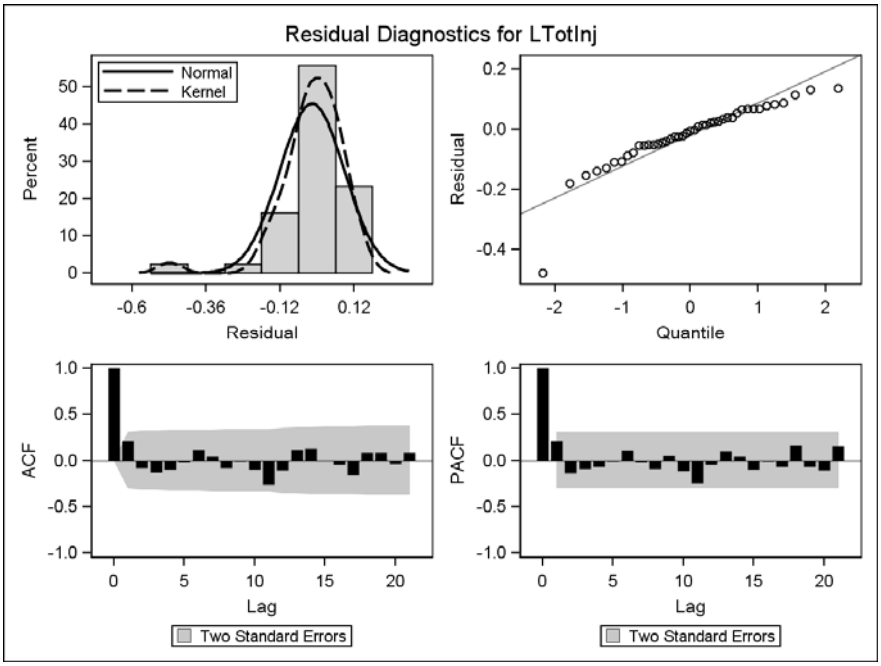


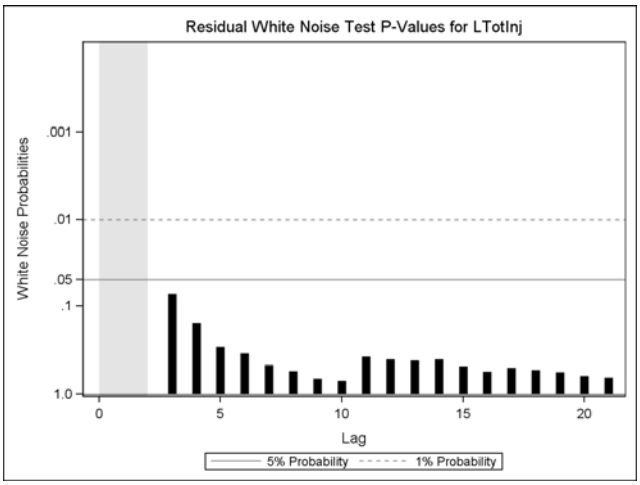
8: dep=LTotInj exposure=LMVT
The UCM Procedure

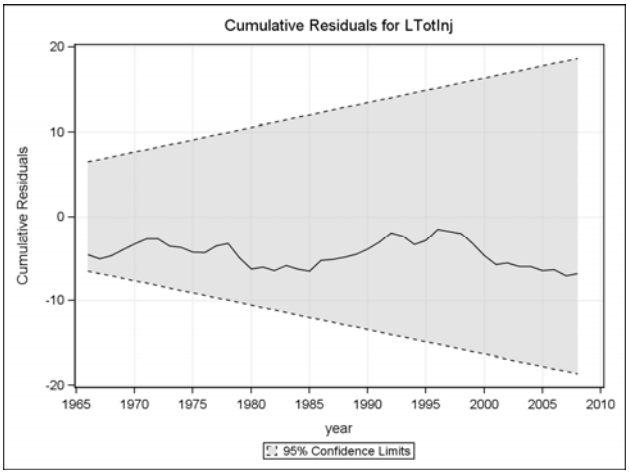
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	1.051035E-9	6.4179E-7	0.00	0.9987
Level	*Error Variance*	0.00547	0.0011400	4.80	<.0001
LMVT	*Coefficient*	0.37089	0.22287	1.66	0.0961

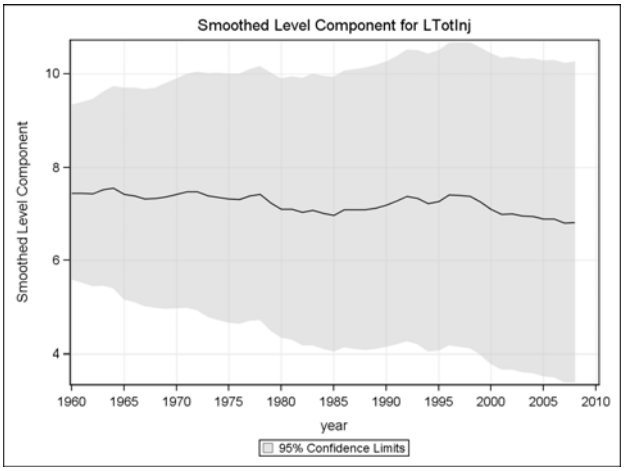
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9999
Level	1	15.51	<.0001
Slope	1	0.45	0.5041

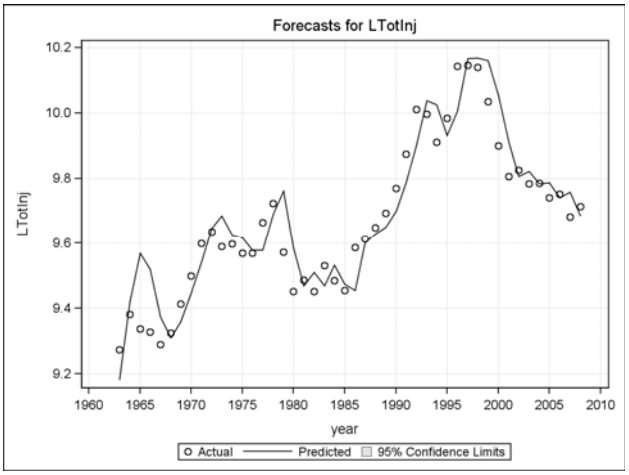
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00750
Root Mean Squared Error	0.08659
Mean Absolute Percentage Error	0.70542
Maximum Percent Error	1.38195
R-Square	0.86149
Adjusted R-Square	0.85834
Random Walk R-Square	-0.30675
Amemiya's Adjusted R-Square	0.84890
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

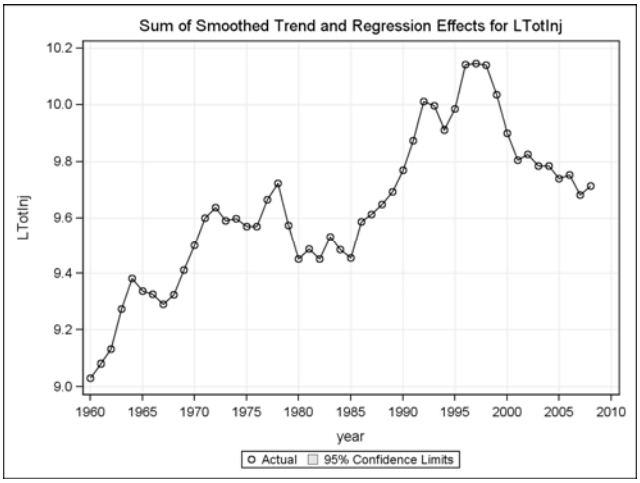

Residual Diagnostics for LTotInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotInj
Smoothed Level Component
10
8
6
4
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotInj
LTotInj
10.2
10.0
9.8
9.6
9.4
9.2
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

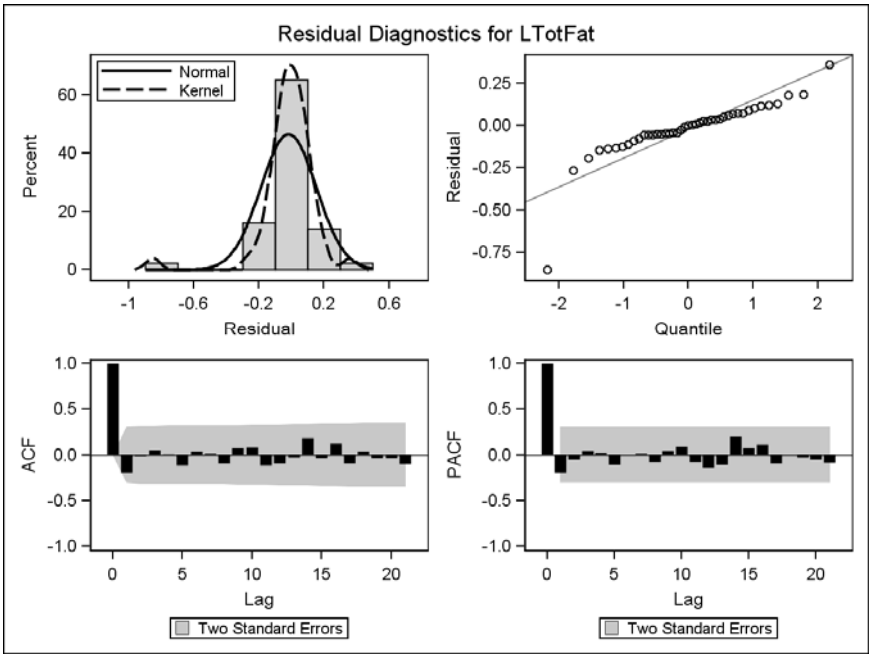


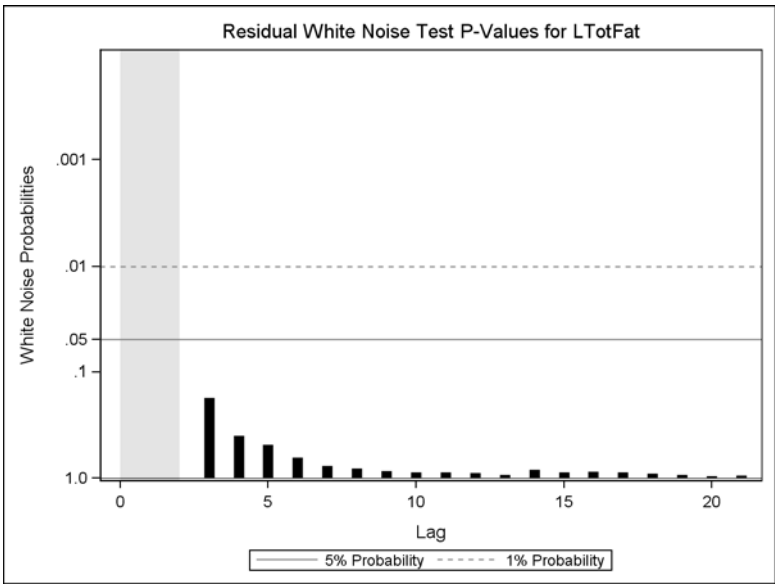
9: dep=LTotFat exposure=LPVT
The UCM Procedure

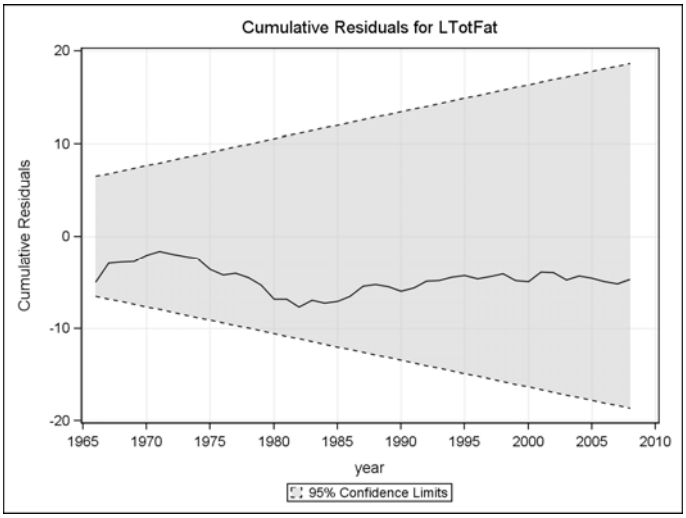
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	3.628671E-7	9.2346E-7	0.39	0.6944
Level	*Error Variance*	0.01059	0.0022084	4.80	<.0001
LPVT	*Coefficient*	0.70720	0.22131	3.20	0.0014

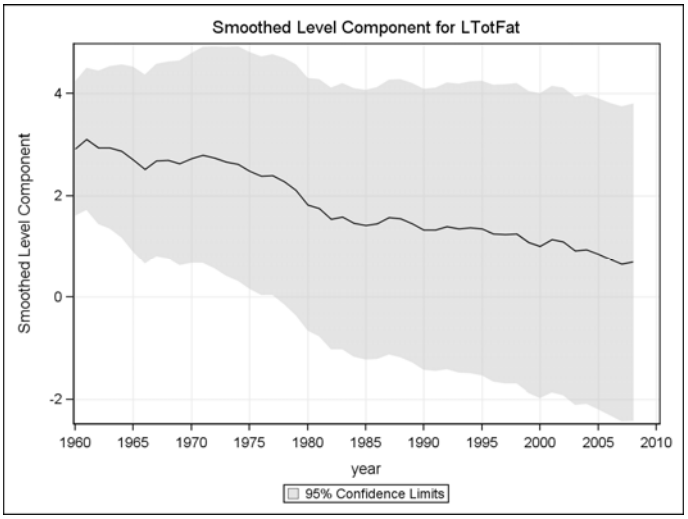
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9962
Level	1	0.17	0.6787
Slope	1	3.46	0.0628

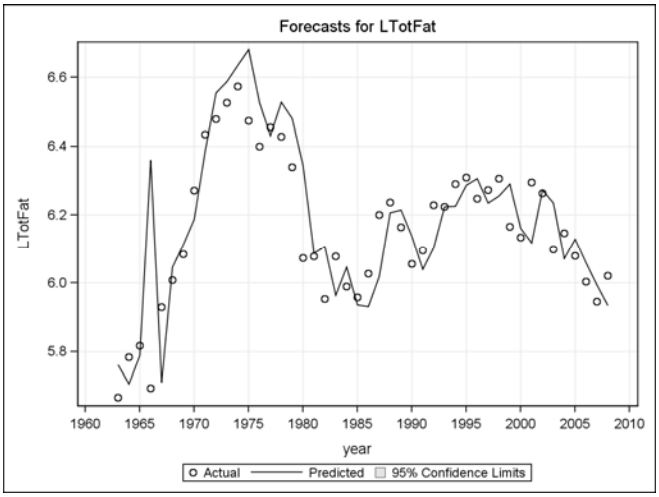
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.01967
Root Mean Squared Error	0.14026
Mean Absolute Percentage Error	1.55566
Maximum Percent Error	3.69550
R-Square	0.55571
Adjusted R-Square	0.54561
Random Walk R-Square	-0.81818
Amemiya's Adjusted R-Square	0.51532
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

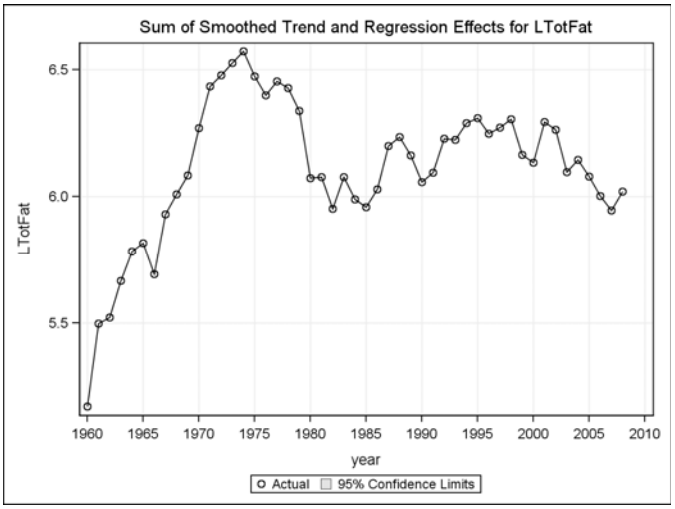

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotFat
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotFat
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotFat
Smoothed Level Component
4
2
0
-2
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotFat
LTotFat
6.6
6.4
6.2
6.0
5.8
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

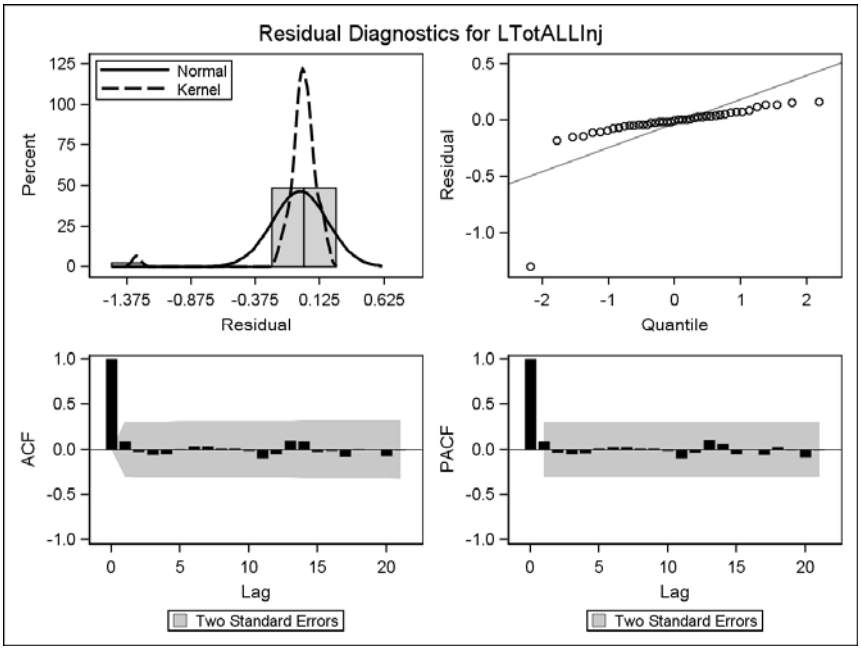


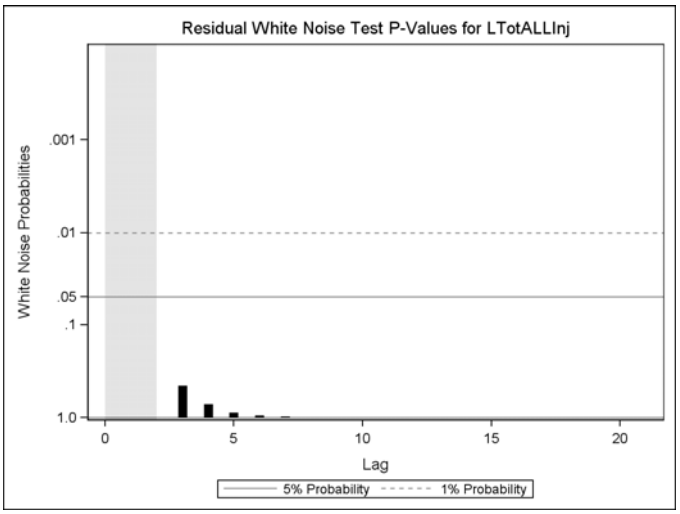
10: dep=LTotALLInj exposure=LPVT
The UCM Procedure

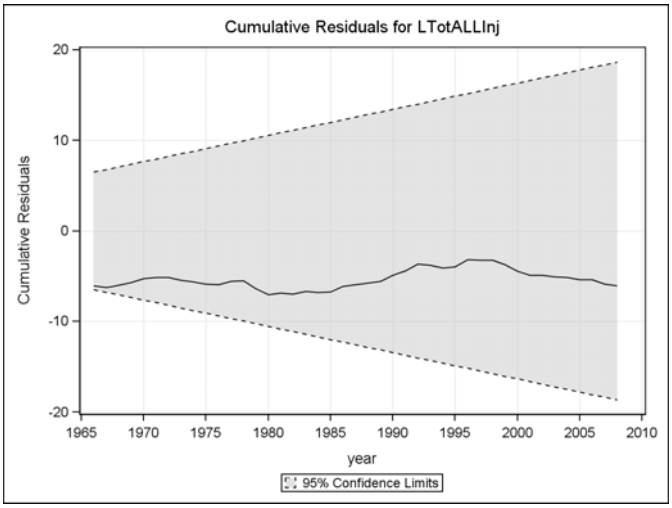
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	1.107305E-7	.	.	.
Level	*Error Variance*	0.00587	0.0013983	4.20	<.0001
LPVT	*Coefficient*	0.32803	0.16476	1.99	0.0465

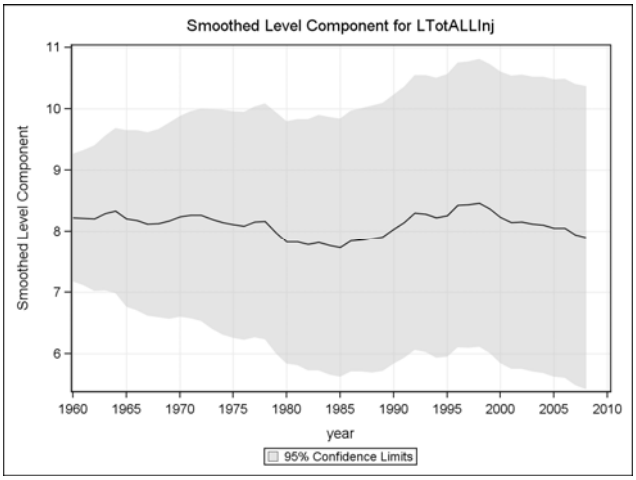
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9981
Level	1	40.42	<.0001
Slope	1	0.13	0.7156

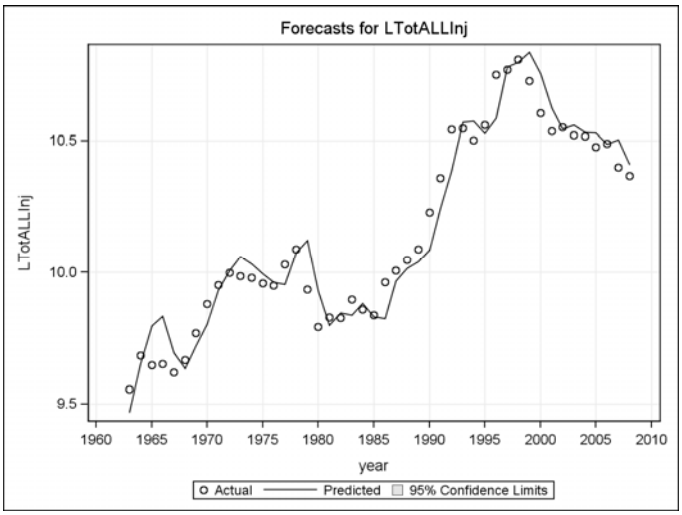
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00716
Root Mean Squared Error	0.08465
Mean Absolute Percentage Error	0.65201
Maximum Percent Error	1.52761
R-Square	0.94499
Adjusted R-Square	0.94374
Random Walk R-Square	-0.14279
Amemiya's Adjusted R-Square	0.93999
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

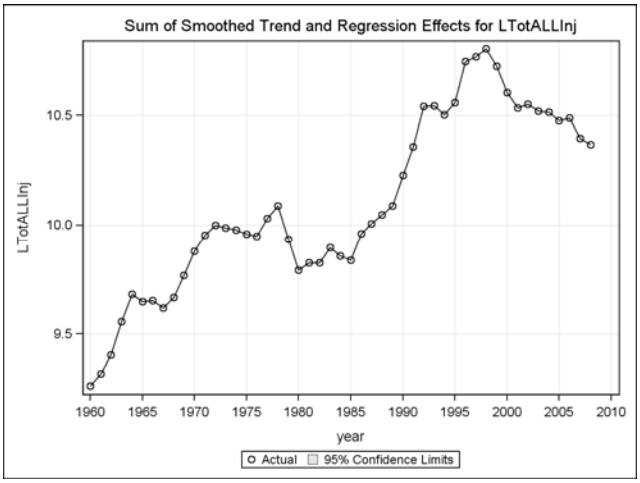

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotALLInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotALLInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotALLInj
Smoothed Level Component
11
10
9
8
7
6
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotALLInj
LTotALLInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

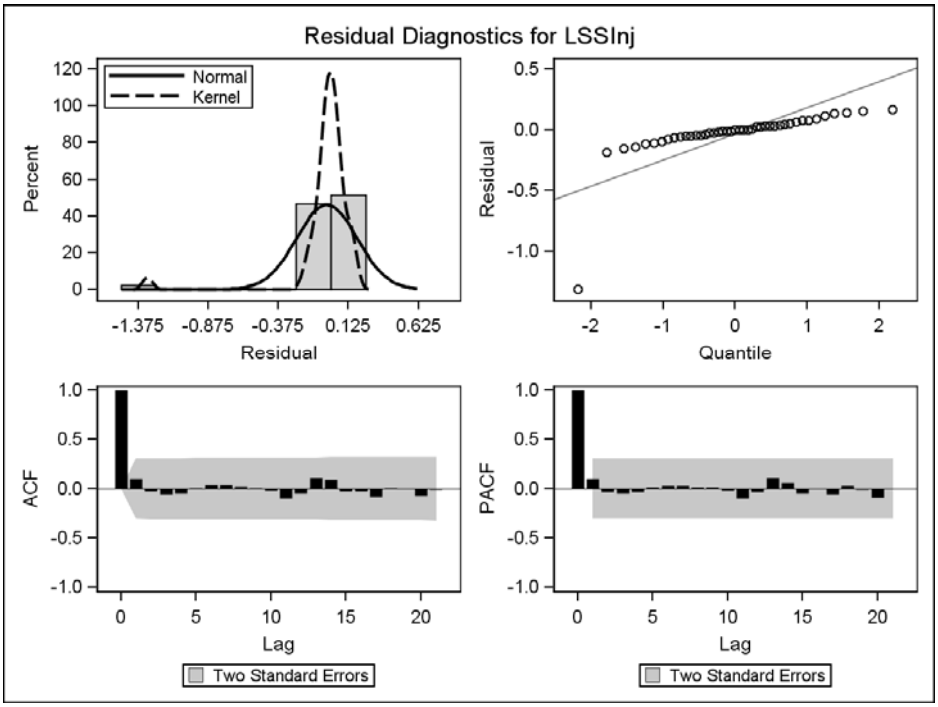


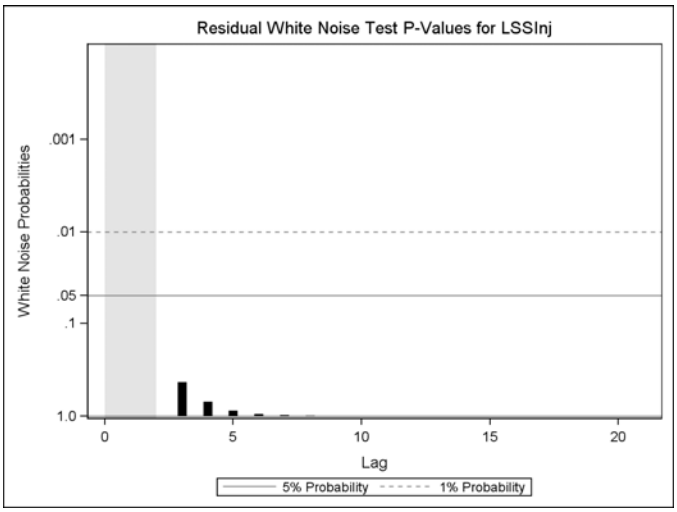
11: dep=LSSInj exposure=LPVT
The UCM Procedure

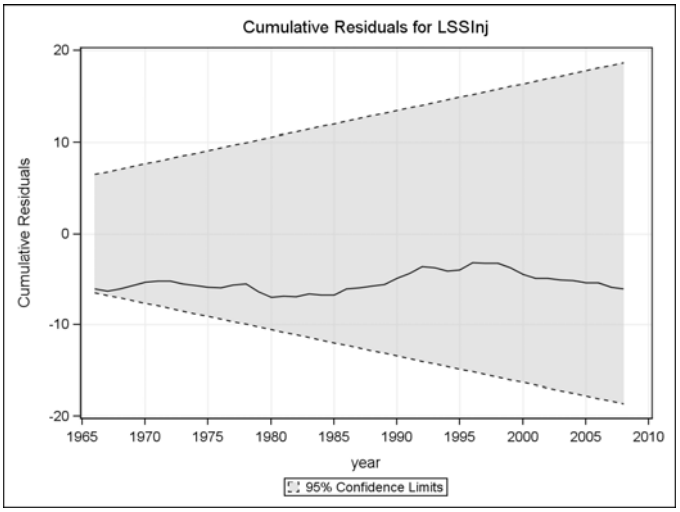
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	1.563891E-7	.	.	.
Level	*Error Variance*	0.00597	0.0013145	4.54	<.0001
LPVT	*Coefficient*	0.31994	0.16612	1.93	0.0541

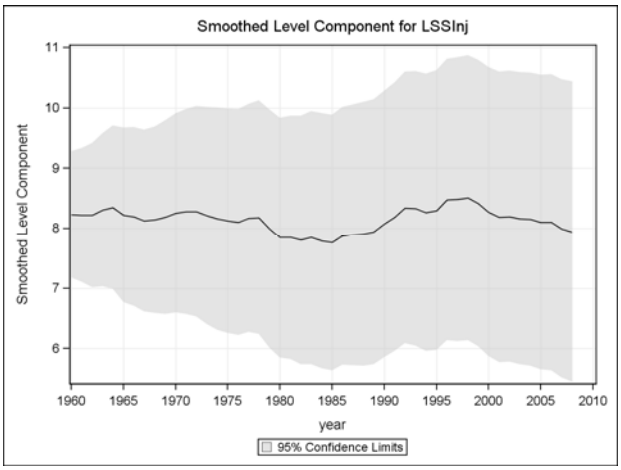
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9977
Level	1	40.25	<.0001
Slope	1	0.10	0.7505

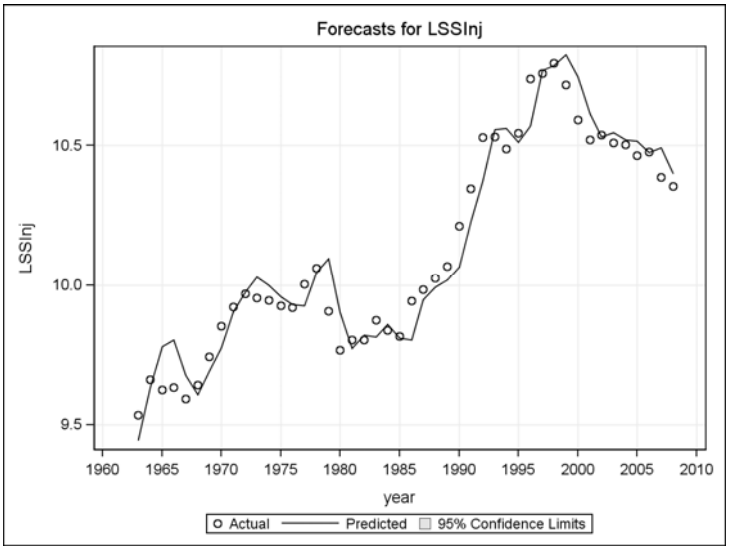
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00723
Root Mean Squared Error	0.08504
Mean Absolute Percentage Error	0.65587
Maximum Percent Error	1.55335
R-Square	0.94606
Adjusted R-Square	0.94484
Random Walk R-Square	-0.13954
Amemiya's Adjusted R-Square	0.94116
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

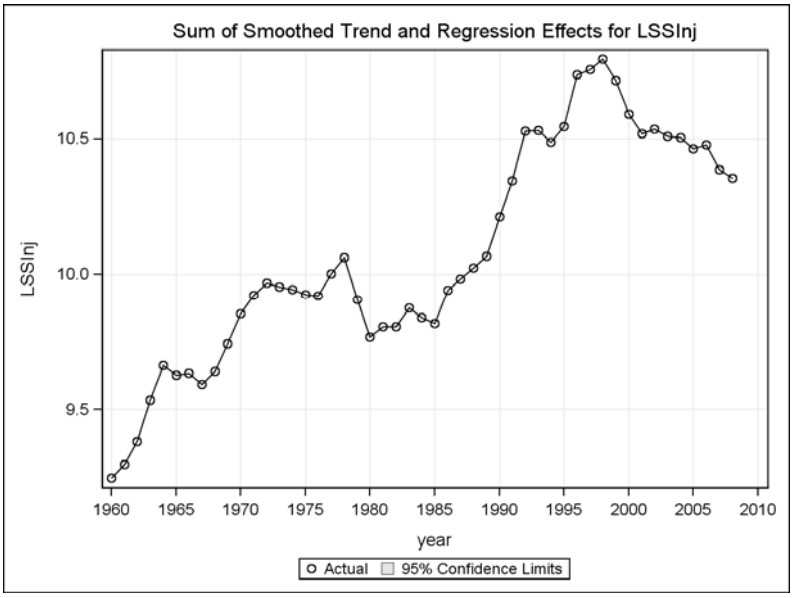

Residual Diagnostics for LSSInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LSSInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LSSInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LSSInj
Smoothed Level Component
11
10
9
8
7
6
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LSSInj
LSSInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

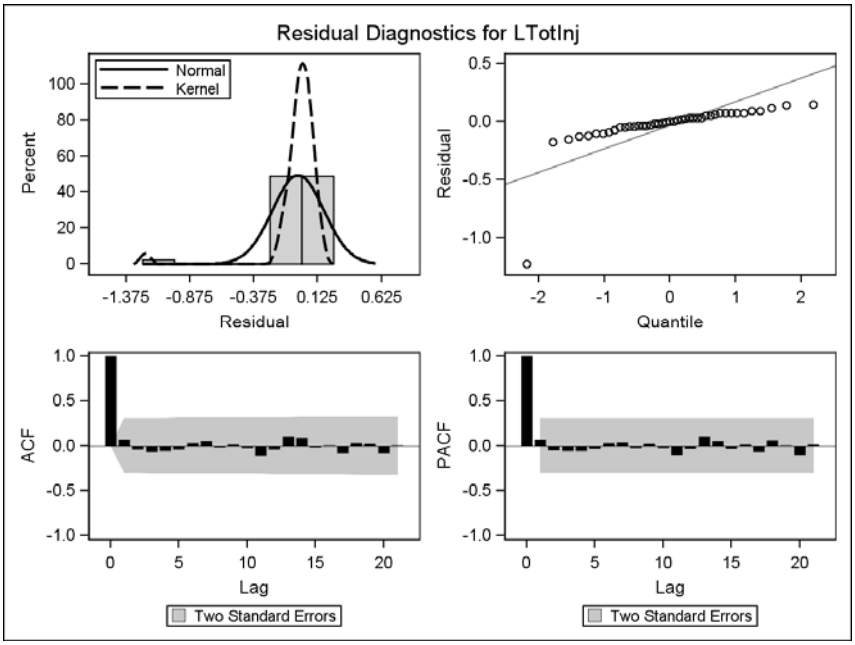


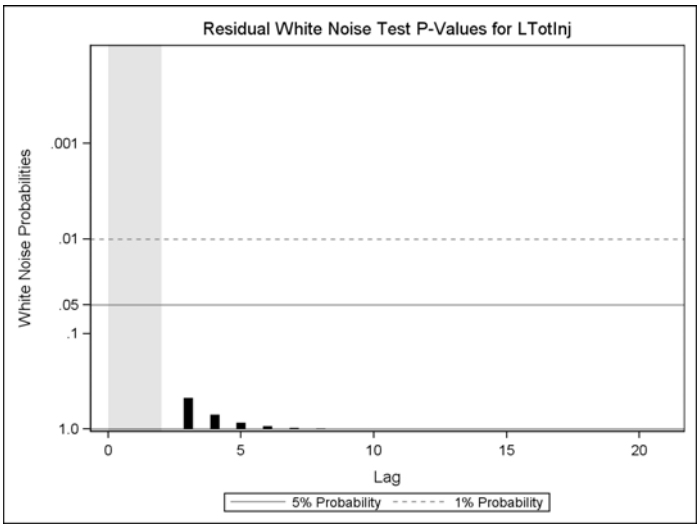
12: dep=LTotInj exposure=LPVT
The UCM Procedure

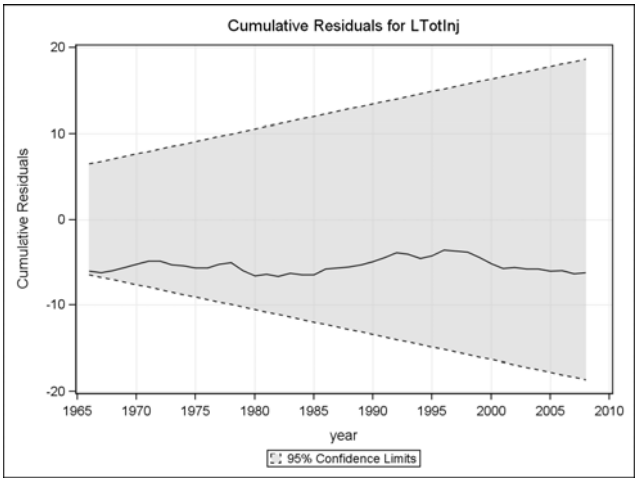
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	1.888015E-7	1.49789E-7	1.26	0.2075
Level	*Error Variance*	0.00538	0.0011228	4.80	<.0001
LPVT	*Coefficient*	0.29570	0.15781	1.87	0.0610

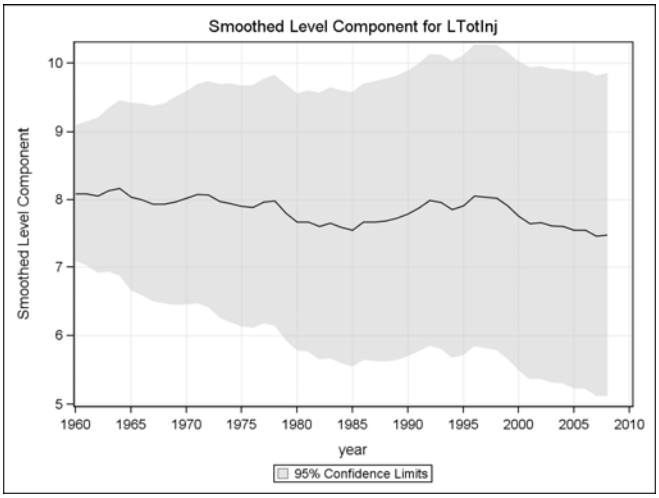
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9982
Level	1	39.60	<.0001
Slope	1	0.50	0.4782

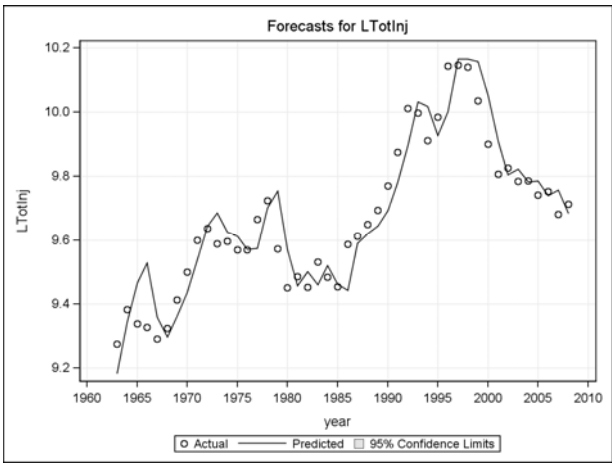
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00673
Root Mean Squared Error	0.08204
Mean Absolute Percentage Error	0.68305
Maximum Percent Error	1.50670
R-Square	0.87566
Adjusted R-Square	0.87283
Random Walk R-Square	-0.17307
Amemiya's Adjusted R-Square	0.86435
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

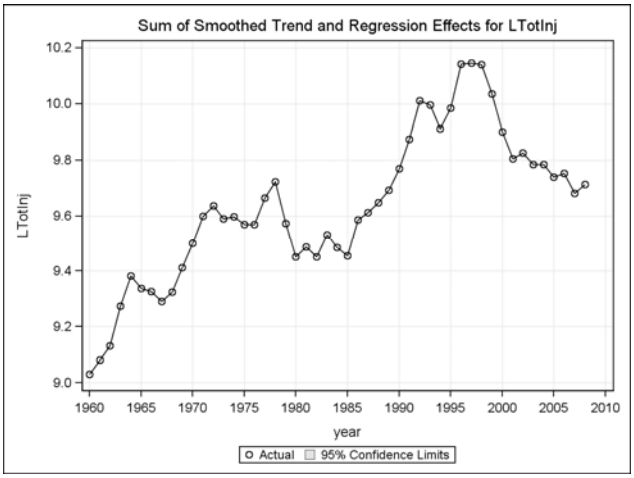

Residual Diagnostics for LTotInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotInj
Smoothed Level Component
10
9
8
7
6
5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotInj
LTotInj
10.2
10.0
9.8
9.6
9.4
9.2
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

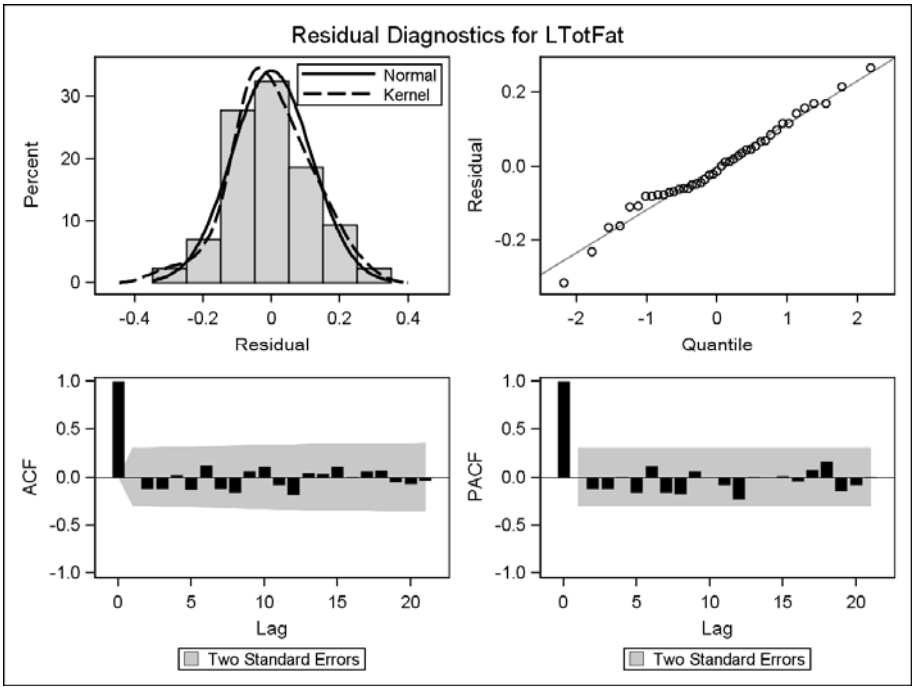


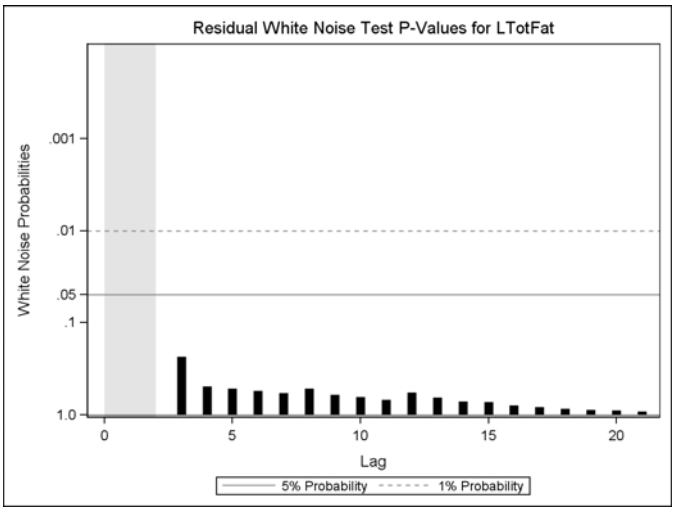
13: dep=LTotFat exposure=LPOP
The UCM Procedure

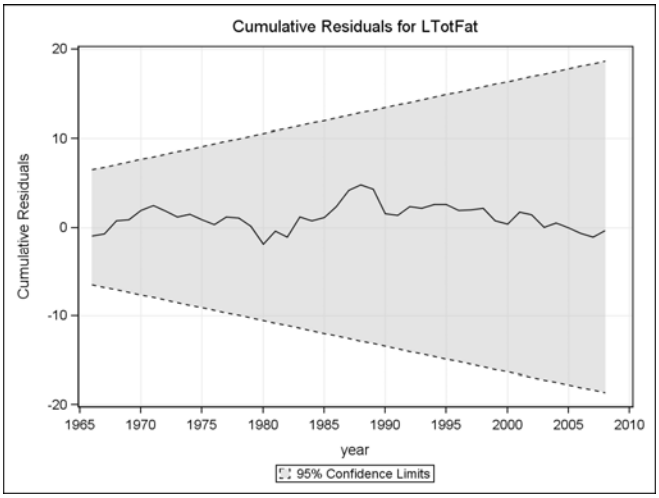
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	0.00000119	.	.	.
Level	*Error Variance*	0.01187	0.0024902	4.77	<.0001
LPop	*Coefficient*	3.45185	1.69136	2.04	0.0413

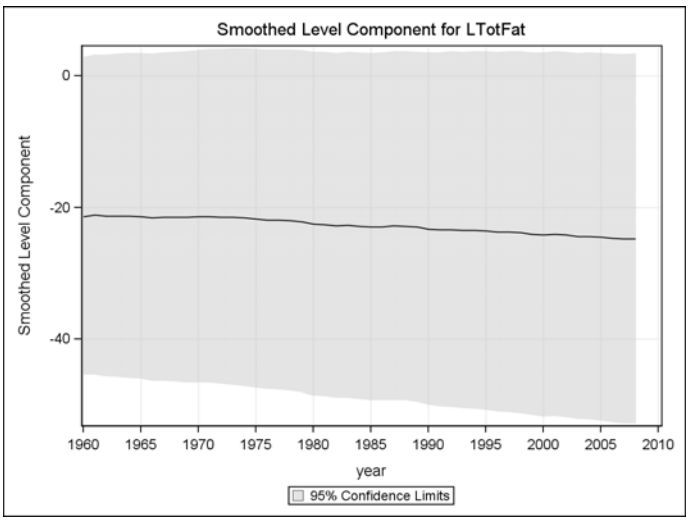
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9938
Level	1	2.69	0.1008
Slope	1	2.36	0.1247

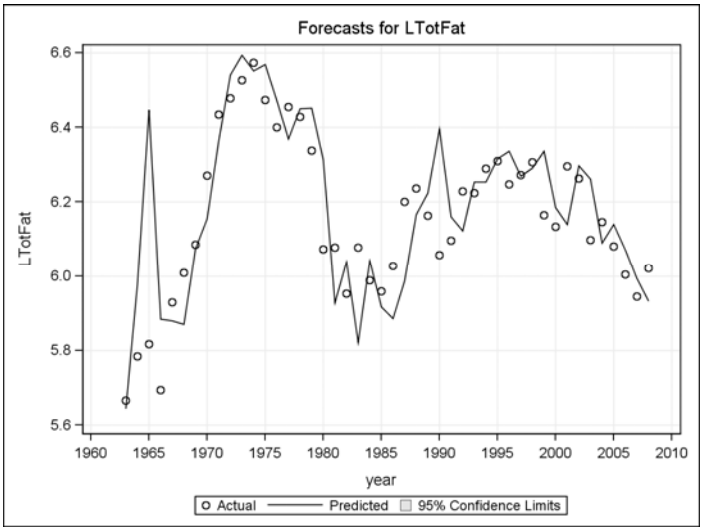
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.02246
Root Mean Squared Error	0.14988
Mean Absolute Percentage Error	1.73905
Maximum Percent Error	4.21011
R-Square	0.49263
Adjusted R-Square	0.48110
Random Walk R-Square	-1.07632
Amemiya's Adjusted R-Square	0.44651
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

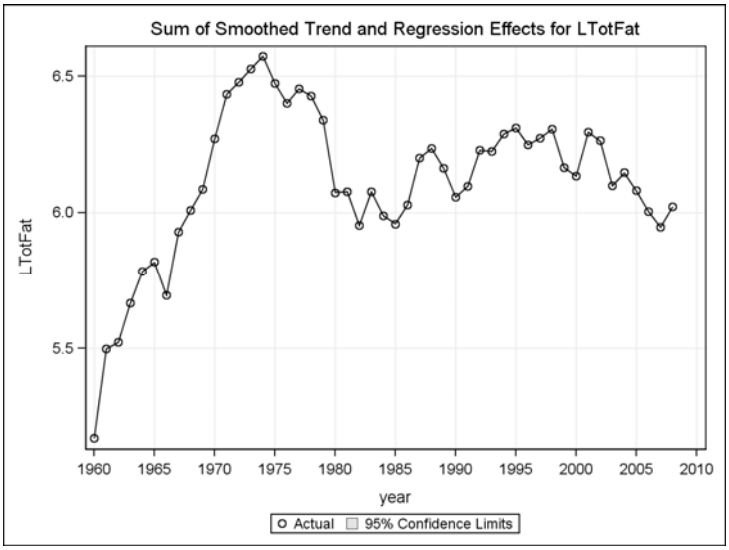

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotFat
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotFat
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotFat
Smoothed Level Component
0
-20
-40
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotFat
LTotFat
6.6
6.4
6.2
6.0
5.8
5.6
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

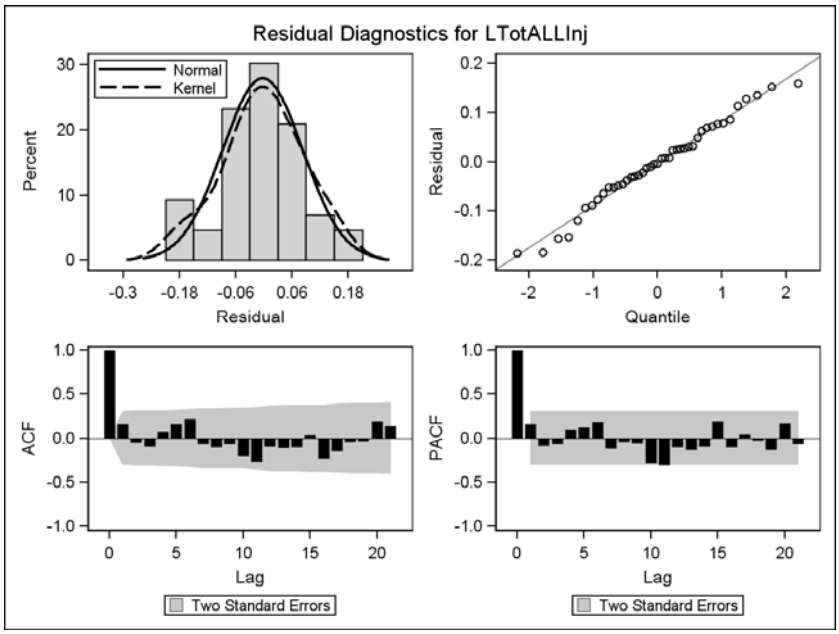


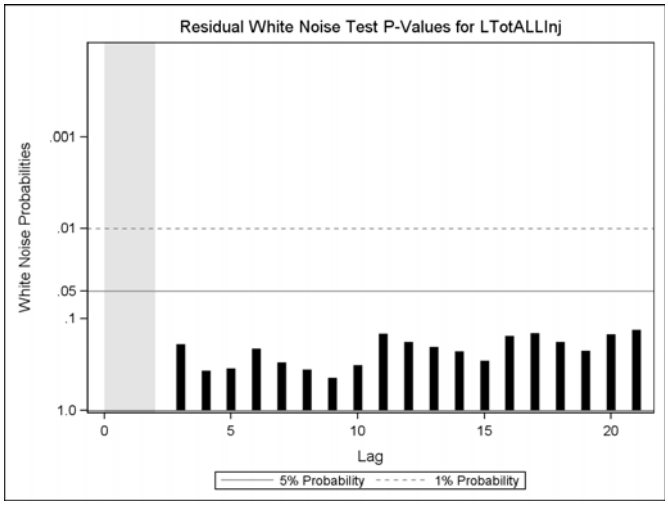
14: dep=LTotALLInj exposure=LPOP
The UCM Procedure

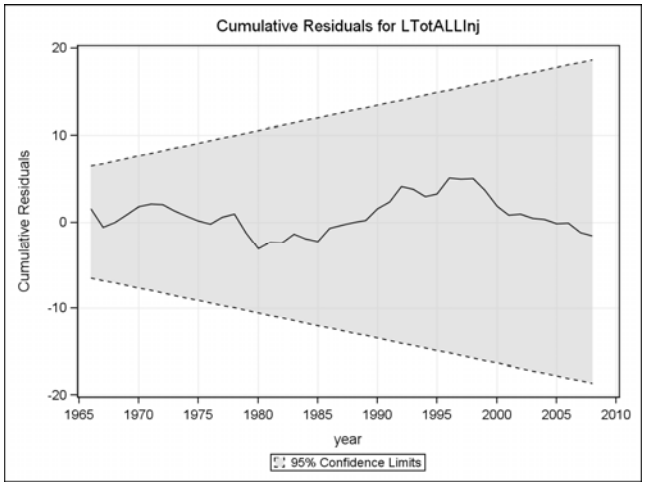
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	6.834897E-7	8.48834E-7	0.81	0.4207
Level	*Error Variance*	0.00553	0.0011540	4.80	<.0001
LPop	*Coefficient*	3.05407	1.15510	2.64	0.0082

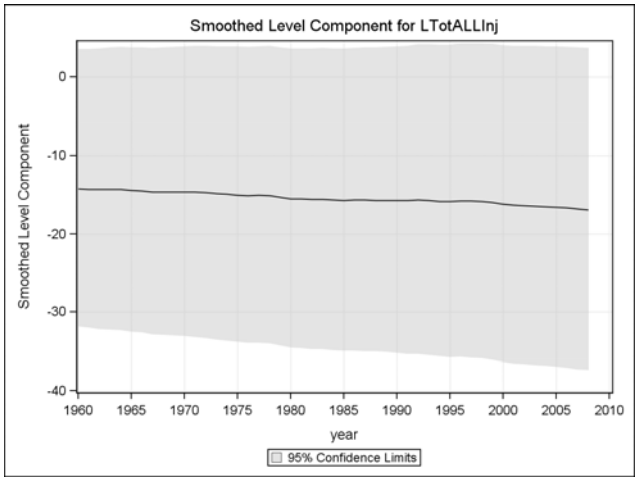
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9964
Level	1	2.68	0.1018
Slope	1	3.09	0.0790

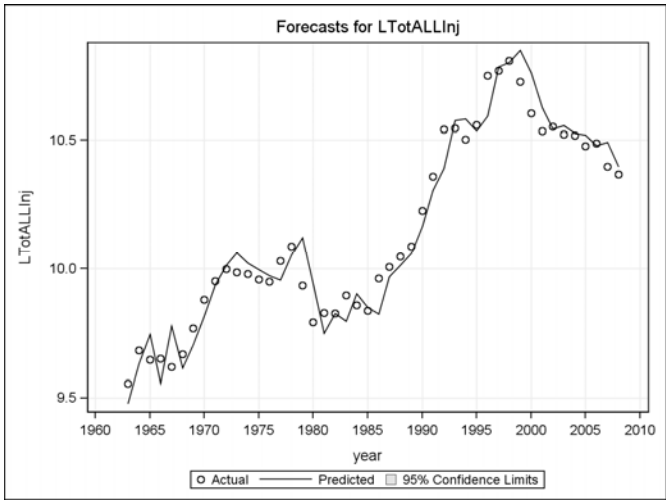
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00651
Root Mean Squared Error	0.08069
Mean Absolute Percentage Error	0.63728
Maximum Percent Error	1.45508
R-Square	0.95001
Adjusted R-Square	0.94888
Random Walk R-Square	-0.03855
Amemiya's Adjusted R-Square	0.94547
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

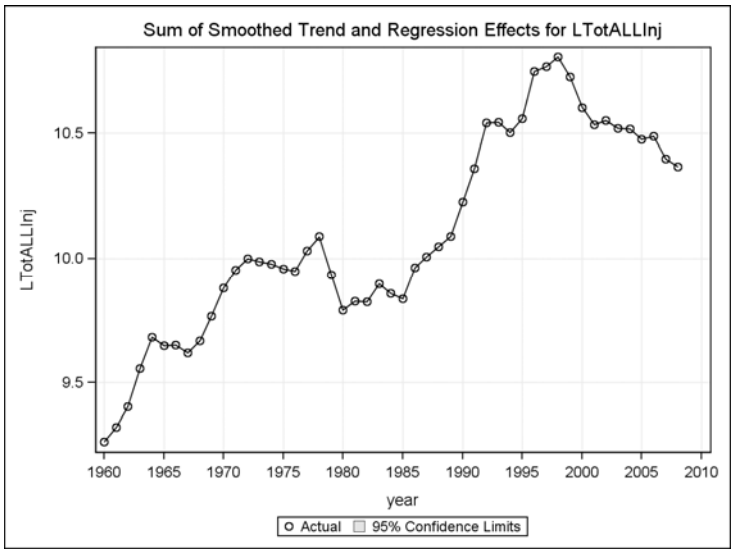

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LTotALLInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotALLInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotALLInj
Smoothed Level Component
0
-10
-20
-30
-40
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotALLInj
LTotALLInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

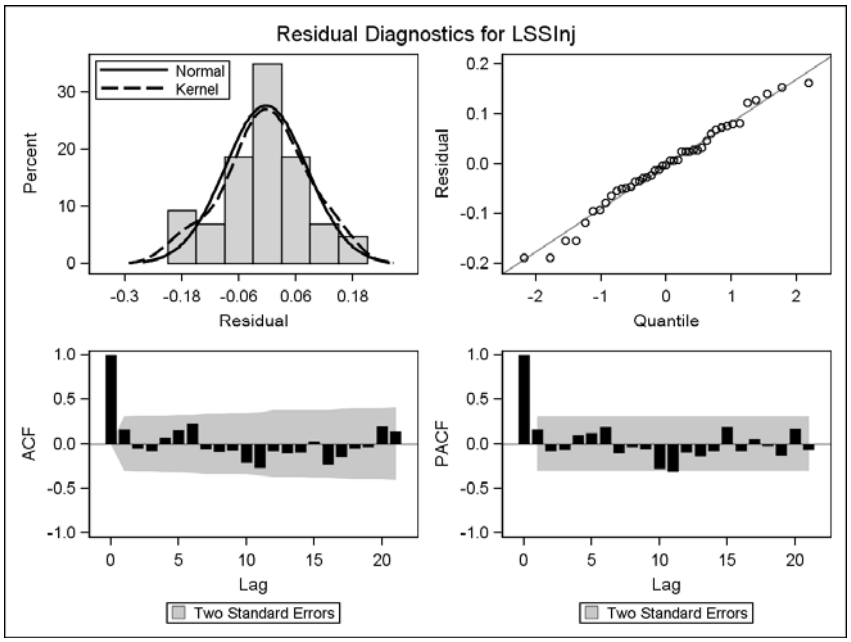


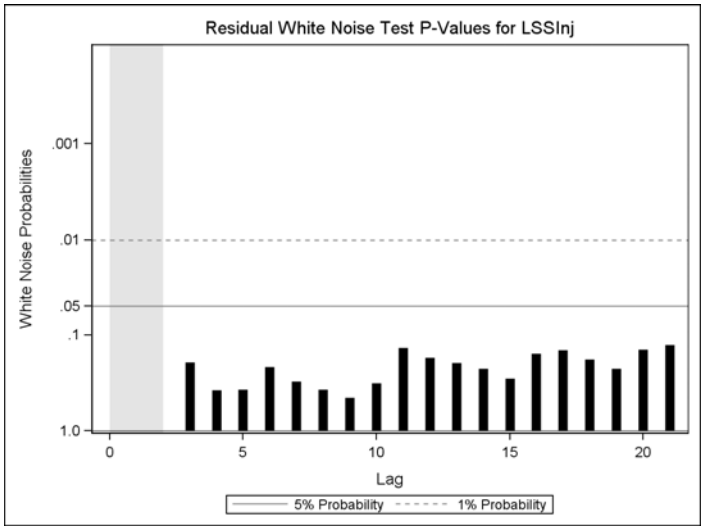
15: dep=LSSInj exposure=LPOP
The UCM Procedure

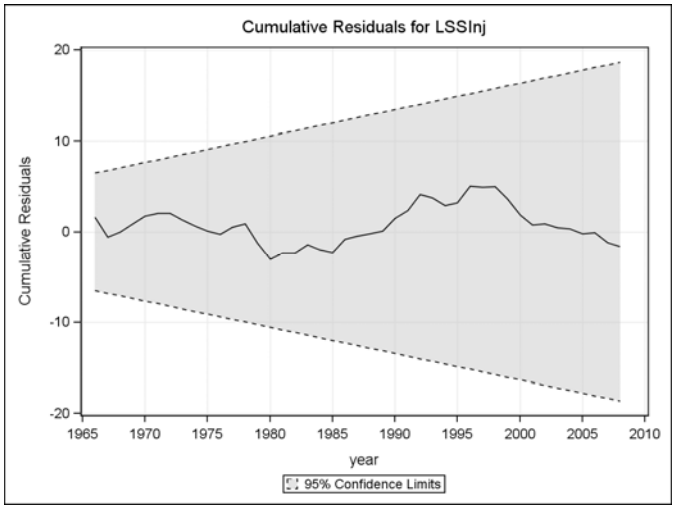
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	5.556277E-7	3.27966E-7	1.69	0.0902
Level	*Error Variance*	0.00562	0.0011718	4.80	<.0001
LPop	*Coefficient*	3.03044	1.16395	2.60	0.0092

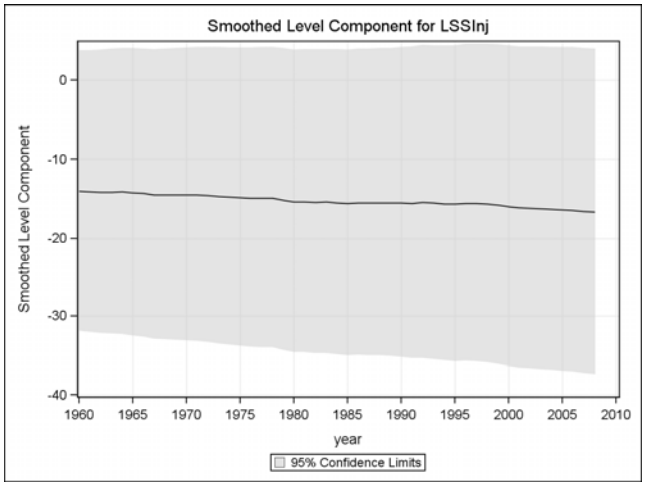
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9967
Level	1	2.57	0.1086
Slope	1	2.96	0.0852

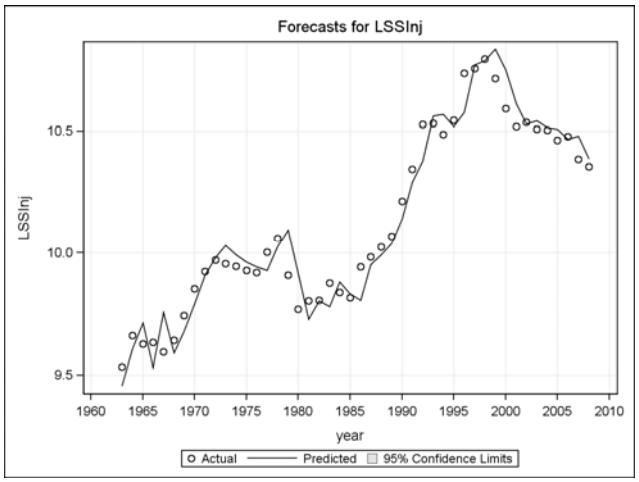
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00659
Root Mean Squared Error	0.08120
Mean Absolute Percentage Error	0.64171
Maximum Percent Error	1.48533
R-Square	0.95082
Adjusted R-Square	0.94971
Random Walk R-Square	-0.03890
Amemiya's Adjusted R-Square	0.94635
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

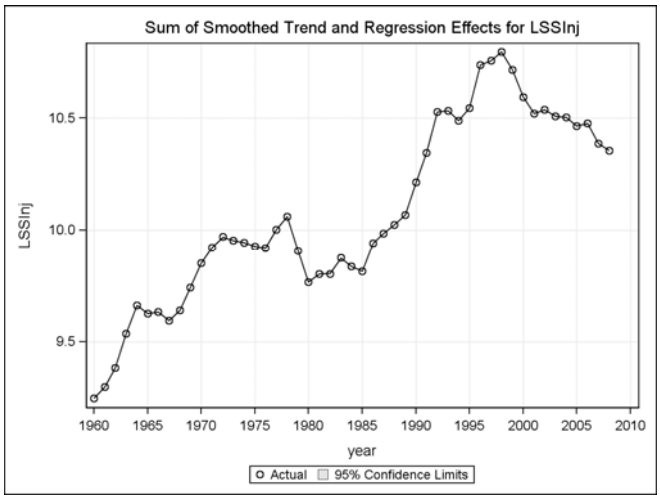

Residual Diagnostics for LSSInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


Residual White Noise Test P-Values for LSSInj
White Noise Probabilities
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LSSInj
Cumulative Residuals
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LSSInj
Smoothed Level Component
0
-10
-20
-30
-40
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LSSInj
LSSInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits

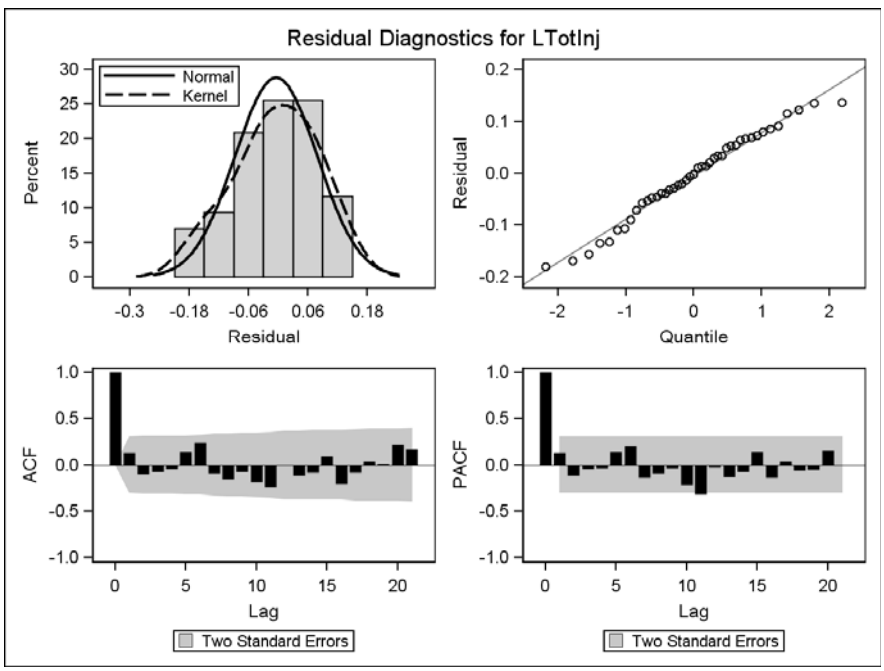

Sum of Smoothed Trend and Regression Effects for LSSInj
LSSInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
95% Confidence Limits

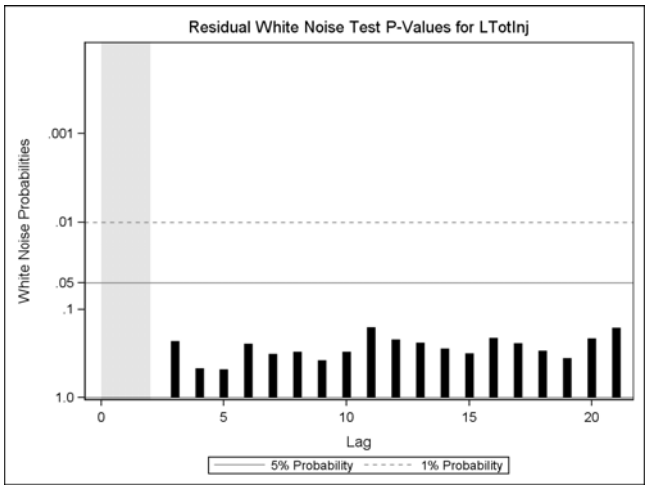
16: dep=LTotInj exposure=LPOP
The UCM Procedure

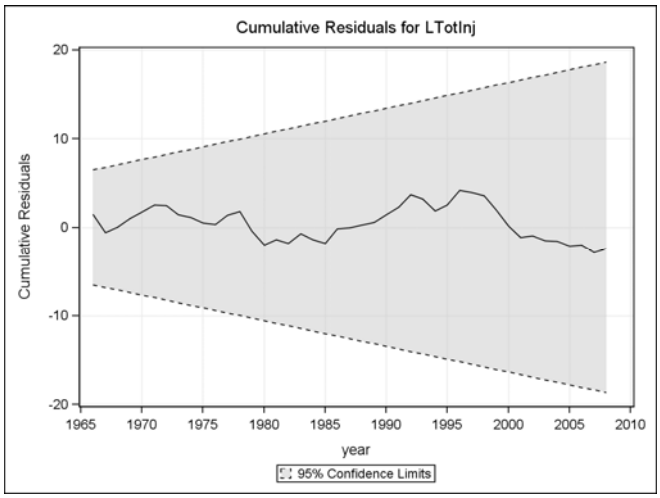
Final Estimates of the Free Parameters					
Component	*Parameter*	*Estimate*	*Approx Std Error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*
Irregular	*Error Variance*	7.28111E-7	.	.	.
Level	*Error Variance*	0.00543	0.0011639	4.66	<.0001
LPop	*Coefficient*	2.01806	1.14396	1.76	0.0777

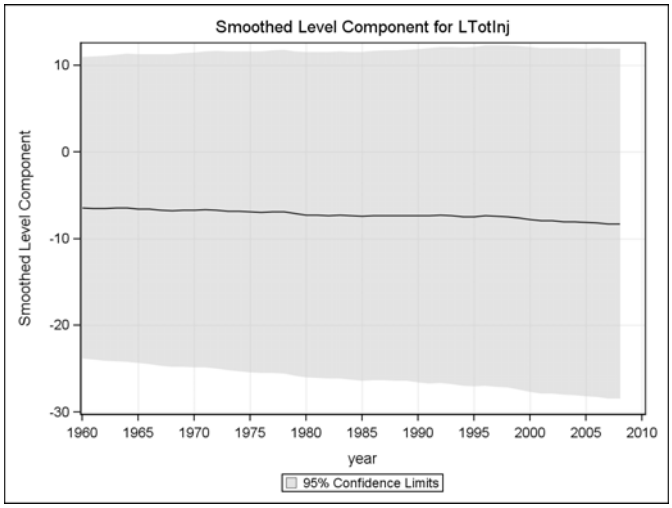
Significance Analysis of Components (Based on the Final State)			
Component	*DF*	*Chi-Square*	*Pr > ChiSq*
Irregular	1	0.00	0.9958
Level	1	0.66	0.4175
Slope	1	1.45	0.2287

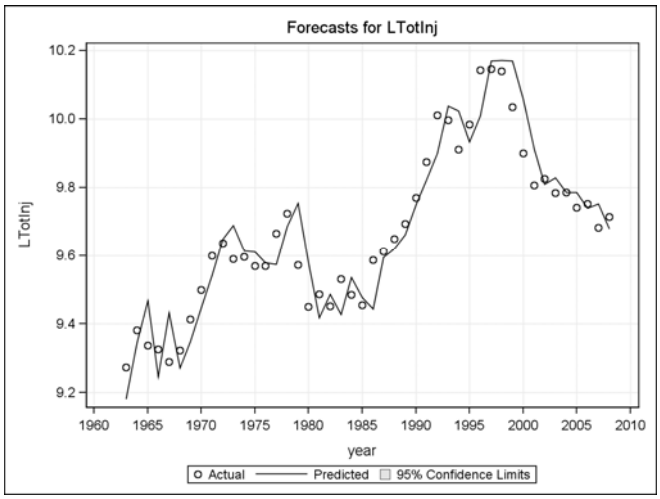
Fit Statistics Based on Residuals	
Mean Squared Error	0.00646
Root Mean Squared Error	0.08040
Mean Absolute Percentage Error	0.68250
Maximum Percent Error	1.49566
R-Square	0.88057
Adjusted R-Square	0.87785
Random Walk R-Square	-0.12677
Amemiya's Adjusted R-Square	0.86971
Number of non-missing residuals used for computing the fit statistics = 46	

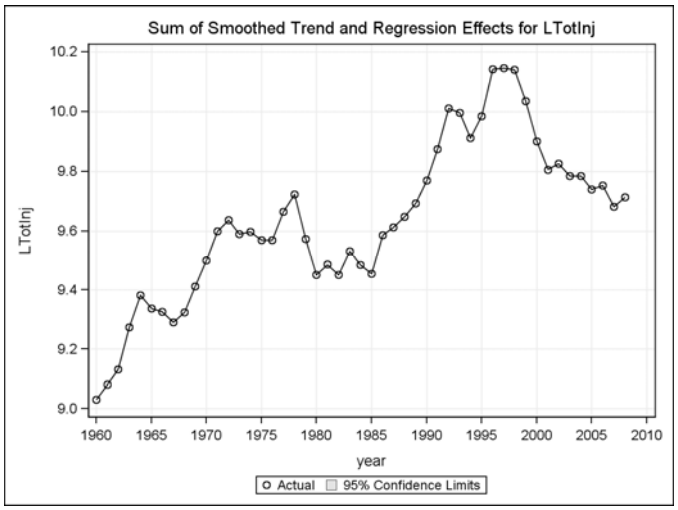



Residual White Noise Test P-Values for LTotInj
White Noise Probabilities
.001
.01
.05
.1
1.0
0
5
10
15
20
Lag
5% Probability
1% Probability


Cumulative Residuals for LTotInj
Cumulative Residuals
20
10
0
-10
-20
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Smoothed Level Component for LTotInj
Smoothed Level Component
10
0
-10
-20
-30
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
95% Confidence Limits


Forecasts for LTotInj
LTotInj
10.2
10.0
9.8
9.6
9.4
9.2
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
Predicted
95% Confidence Limits


Sum of Smoothed Trend and Regression Effects for LTotInj
LTotInj
10.2
10.0
9.8
9.6
9.4
9.2
9.0
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
95% Confidence Limits