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.

## תוכן עניינים


1. מבוא ..... 7
1.1. הרקע למחקר ..... 7
1.2. תוכן המחקר הנוכחי ..... 12
2. יצירת בסיס מידע על התערבויות הבטיחות שיושמו בישראל ..... 15
2.1. שיטת איסוף הנתונים ..... 15
2.2. ממצאים מאיסוף נתונים על התערבויות בטיחות בישראל ובחינת יעילותן ..... 16
2.2.1. ריכוז ממצאים מפרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ..... 16
2.2.2. ריכוז נתונים מאוגדנים לדיני התעבורה ..... 17
2.2.3. בחינת יעילות של התערבויות הבטיחות ..... 18
2.3. סיכום להתערבויות בטיחות חשובות שהיו בישראל ..... 21
3. סדרות הנתונים לניתוח ..... 27
3.1. הגדרת סדרות הנתונים והסדרות לניתוח ..... 27
3.2. התנהגות סדרות הנתונים ..... 30
4. המודלים שפותחו במחקר וממצאיהם ..... 36
4.1. כללי ..... 36
4.2. ניתוח התפתחות של שיעורי היפגעות תוך שימוש במודלים מקוטעים של רגרסיה ..... 37
4.2.1. מבחן Davis - בחינת קיום נקודת שבירה אחת ..... 37
4.2.2. התאמת מודלים מקוטעים עם מספר נקודות שבירה ..... 39
4.3. פיתוח מודלים מתקדמים מסוג *structural time series models* ..... 57
4.3.1. כללי ..... 57
4.3.2. המודלים שהותאמו לניתונים ..... 59
4.3.3. הממצאים ..... 60
5. סיכום ובחינת משמעויות הממצאים מפיתוח המודלים ..... 101
5.1. כללי ..... 101
5.2. התערבויות בטיחות עיקריות שהיו בישראל ..... 102
5.3. ממצאים מהניתוחים הסטטיסטיים - משמעויות של נקודות הזמן עם שינויים חיוביים במגמות הנפגעים והתאונות ..... 102
5.4. השפעות התערבויות הבטיחות ..... 107
5.5. דיון ..... 109
מראי מקום ..... 110
נספח א': בחינת יעילות של התערבויות בטיחות – ממצאים מסקר ספרות ..... 114
נספח ב': סיכום תגובות המומחים בנושא התערבויות בטיחות חשובות בישראל ..... 124
נספח ג': סדרות הנתונים שנאספו במחקר ..... 126
נספח ד': פיתוח מודלים מתקדמים מסוג structural time series models: שלב א' - התאמת שלושה מודלים לכל סדרה ..... 128

נספח ה': פיתוח מודלים מתקדמים מסוג structural time series models: שלב ב' - בחינת רכיבי המודל וטיב התאמה ..... 136

# 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 השינוי, 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 ייושמה 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 KoopmanCommandeur and (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 שיושמו 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)<br><br>ישראל (אזרחי ואחרים, 1992)<br><br>ישראל (אזרחי ואחרים, 1994) | לפני חקיקת החוק: מסע הסברה שלווה במחקר הערכה על שיעור הדלקה.<br><br>חקיקת החוק ב- 1991: חובת הדלקה למשאיות כבדות ואוטובוסים, לווה במחקר הערכה<br><br>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%.<br><br>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.<br><br>Meta-Analysis על 7 מחקרים בנושא חובת שימוש | ככל ששיעור החגירה גדול יותר, הירידה הממוצעת באחוז ההרוגים (11%-) והנפגעים (12%-) גדולה יותר.<br>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.

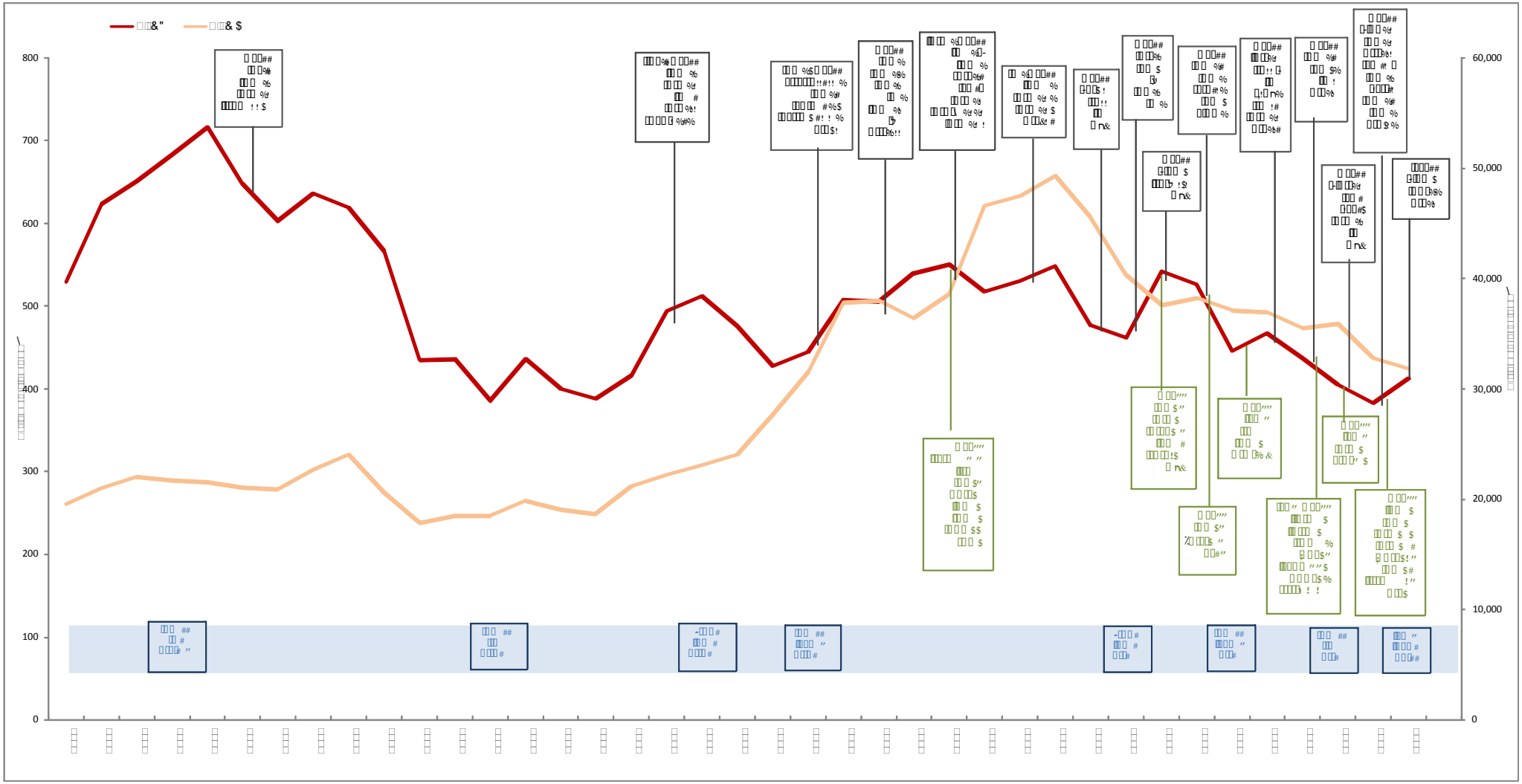
## טבלה 2.4. סיכום להתערבויות הבטיחות ואירועים נוספים שייתכן והשפיעו על מצב הבטיחות בישראל

| 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)

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

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 משתשמי דרך בעייתים (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).

PVT - Private vehicles, thousands – סך כלי רכב פרטיים הרשומים במדינה, אלפים (A);
Pop - Population, thousands – גודל האוכלוסיה, אלפים (A);
KttRur - Rural, million km travelled - נסועה לא עירונית, מיליון ק"מ-רכב (B);
KttUrb - Urban, million km travelled - נסועה עירונית, מיליון ק"מ-רכב (C).

**(ב) מדדי היפגעות כלליים:**

TotFat – Fatalities-Total – סך מספר ההרוגים בתאונות;
TotALLInj – All Injuries-Total – סך מספר הנפגעים בתאונות (נתוני "ת"ד");
SSInj – Slight and Serious injuries-Total – סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל;
TotInj - Injury accidents-Total – סך מספר התאונות עם נפגעים (נתוני "ת"ד").

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

RurFat - Rural fatalities (B) – מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות;
UrbFat - Urban fatalities (C) – מספר הרוגים בדרכים עירוניות;
PedFat - Pedestrian fatalities (A ,C) – הרוגים הולכי רגל;
YKill - Young drivers 18-24 killed (A) – הרוגים נהגים צעירים;
YSInj - Young drivers 18-24 seriously injured (A) – נפגעים קשה נהגים צעירים;
SFatRur - Single vehicle fatal accidents on rural roads (B) – תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות;
SSRur - Single vehicle serious accidents on rural roads (B) - תאונות קשות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות;
KillLt - Killed in light vehicles (A) – הרוגים ברכב קל (נהגים ונוסעים);
SInjLt - Seriously injured in light vehicles (A) – נפגעים קשה ברכב קל (נהגים ונוסעים);
TotInjLt - Total injuries in light vehicles (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:<br>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:<br>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 |

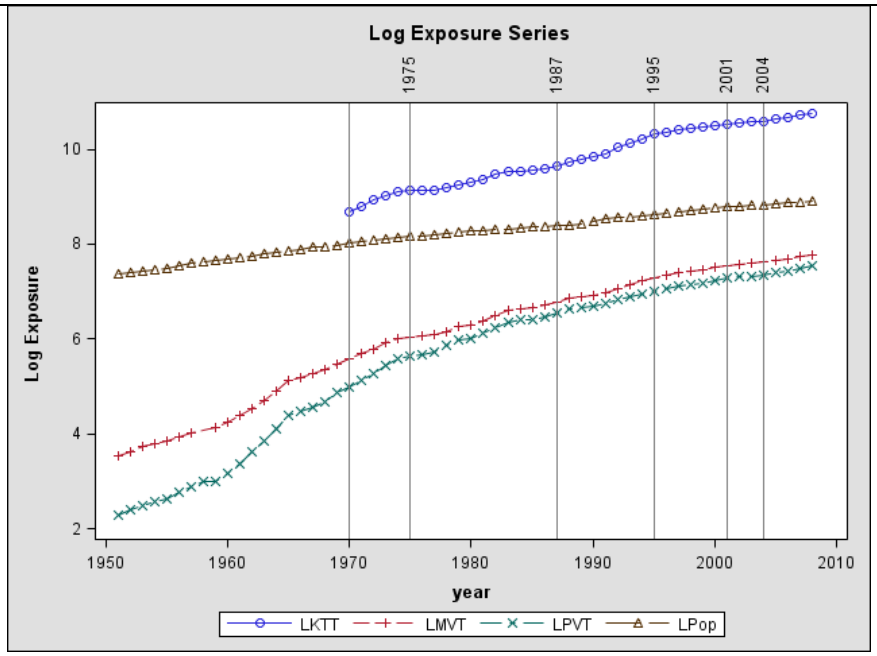
* שם כל סדרה מורכב משמות מדד ההיפגעות ומדד החשיפה שהיו בניתוח בתוספת LR מהמילה "לוגריתם"

## 3.2. התנהגות סדרות הנתונים

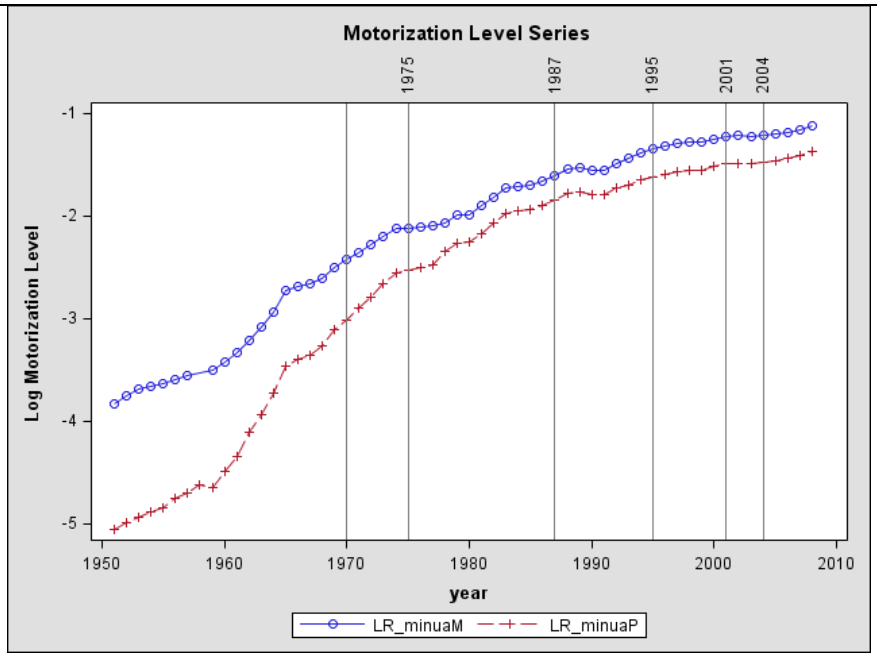
כשלב מקדים לניתוח, נבנו גרפים עם הצגה ויזואלית של התפתחות סדרות הנתונים - מדדי היפגעות ומדדי חשיפה וכמו כן, של סדרות שיעורי ההיפגעות, כיחס בין מדדי ההיפגעות (ההרוגים, הנפגעים או התאונות) לחשיפה, לאורך זמן.

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

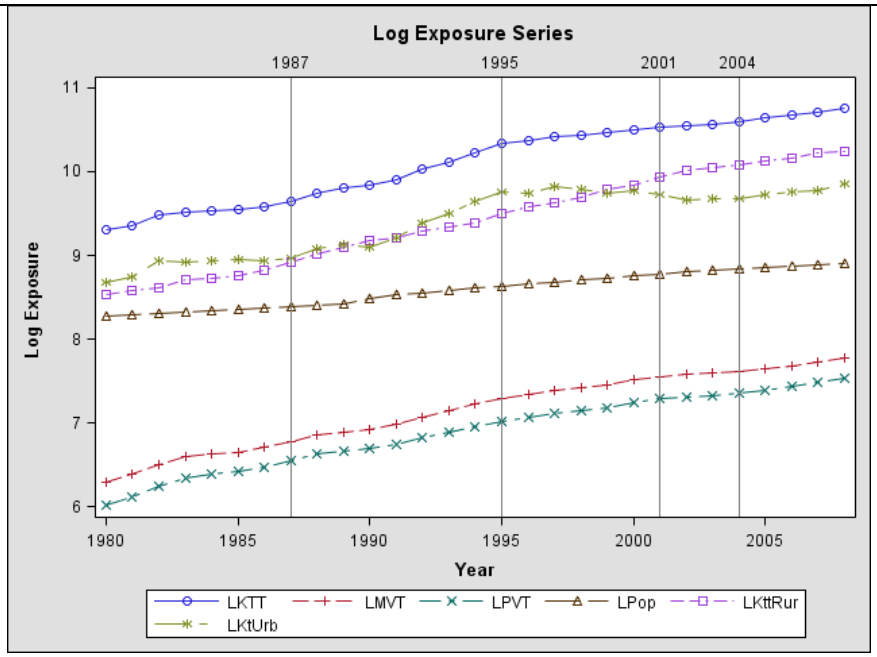



ב - רמת המינוע, בשנים 1951-2008, כאשר:

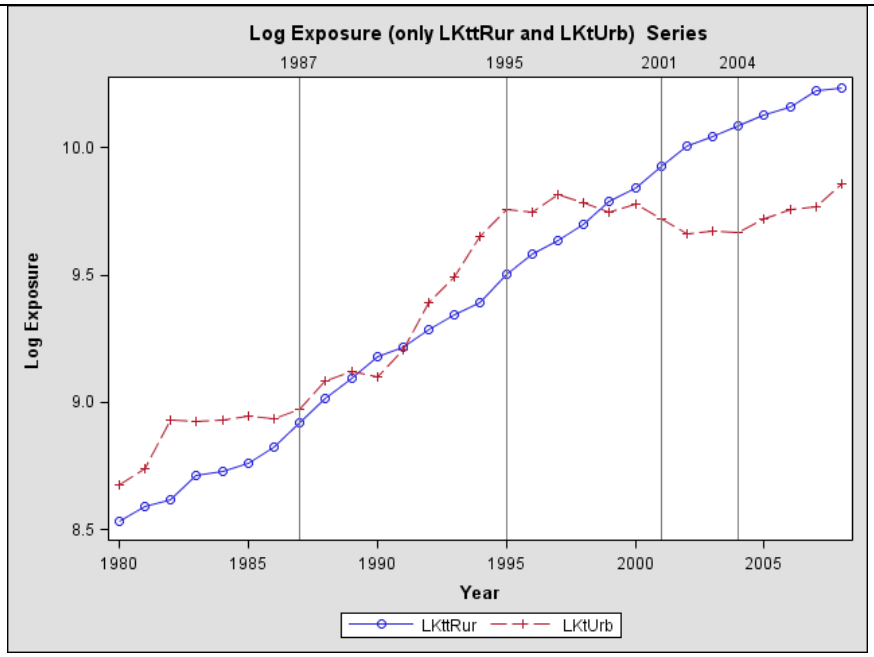
LR_minuaM - היחס בין סך כלי רכב הרשומים במדינה (MVT) לגודל האוכלוסיה;

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).

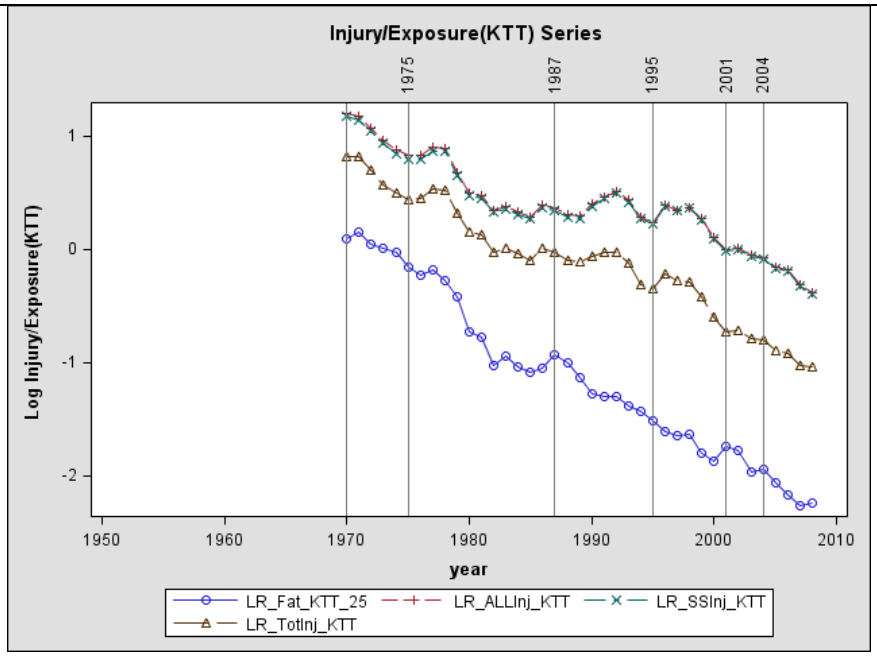



ג - מדדי החשיפה, בשנים 1980-2008

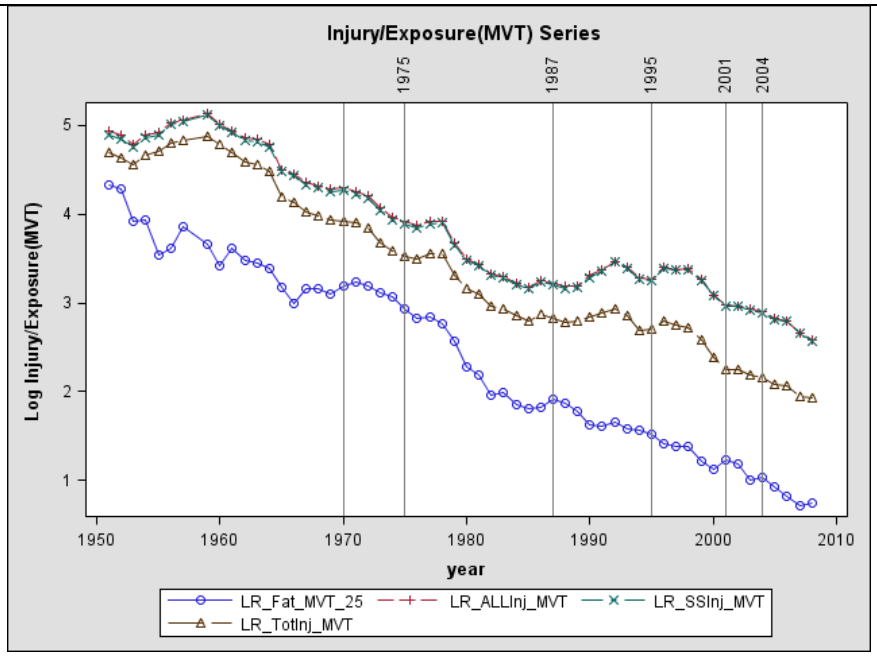



ד - אומדני נסועה לא עירונית ועירונית, בהגדלה, בשנים 1980-2008

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



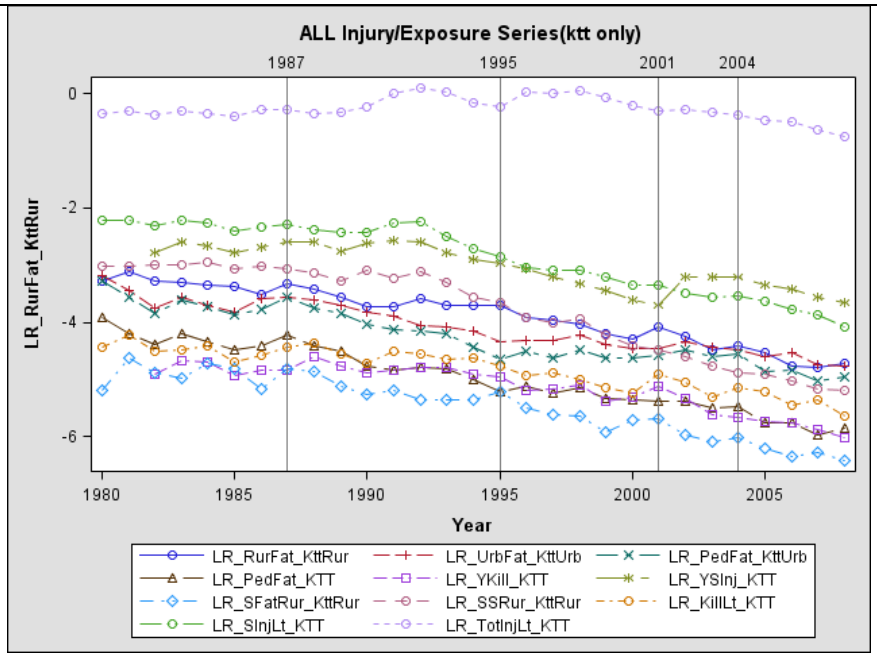

א - שיעורי היפגעות ביחס לנסועה, בשנים 1970-2008



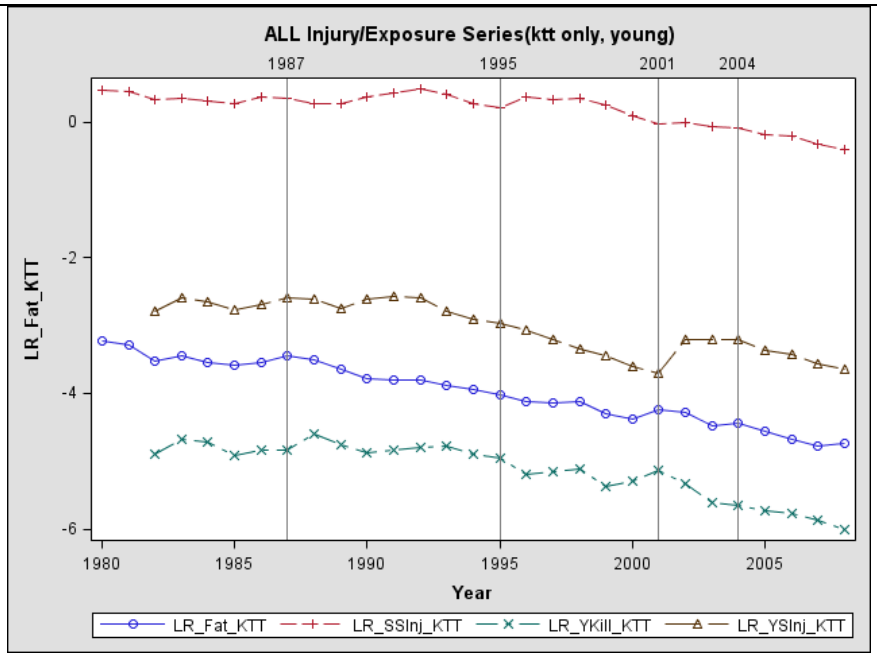

ב - שיעורי היפגעות ביחס לסך כלי רכב הרשומים במדינה (MVT)

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%).u CI(95%).l 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) .

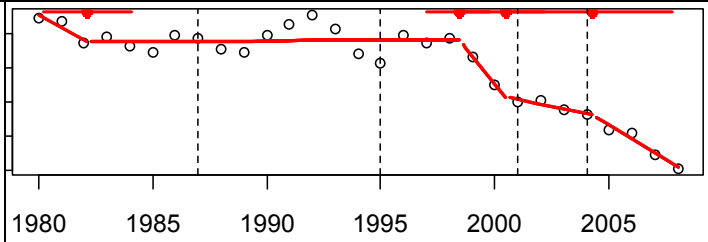
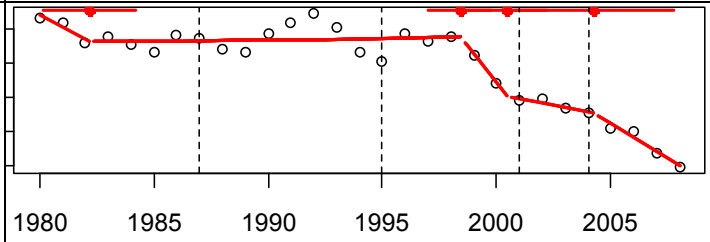
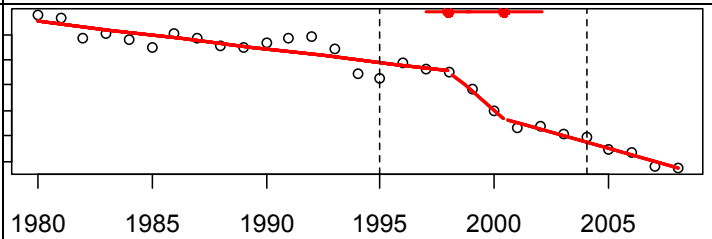
(5) החלק הגרפי של כל פלט מציג את הנתונים הגולמיים והמודל המותאם, לרבות סימון של נקודות השבירה (שנים) ורווח הסמך שלהן. כמו כן, מוצג גרף פונקציית האוטוקורלציה, המאפשר לעמוד יותר מקרוב על טיב התאמת המודל.

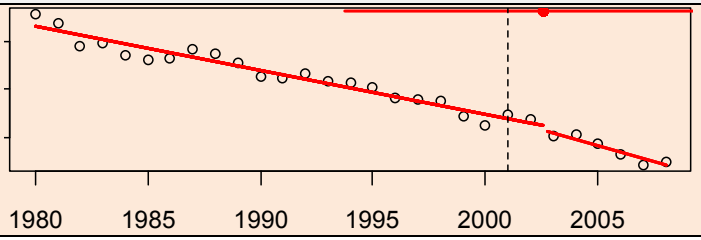
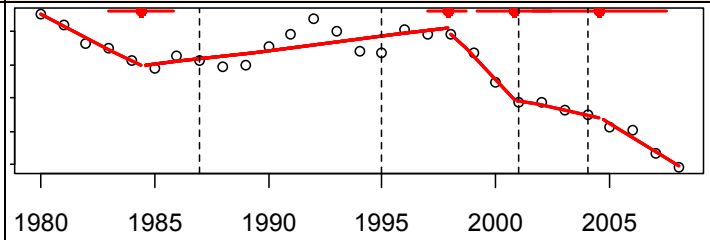
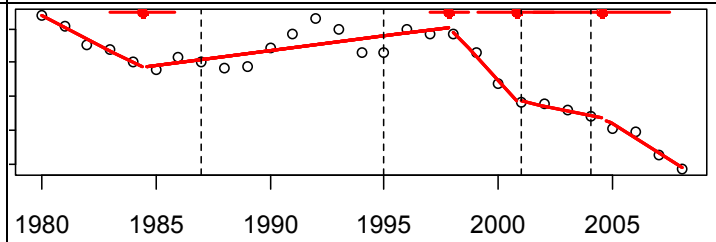
טבלות 4.2-4.7 להלן מביאות את עיקר הממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה, ל-45 סדרות עם שיעורי ההיפגעות. ניתן לראות כי:

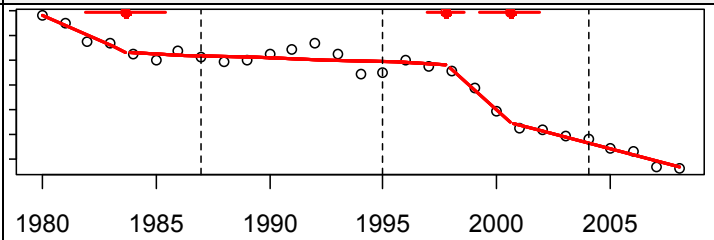
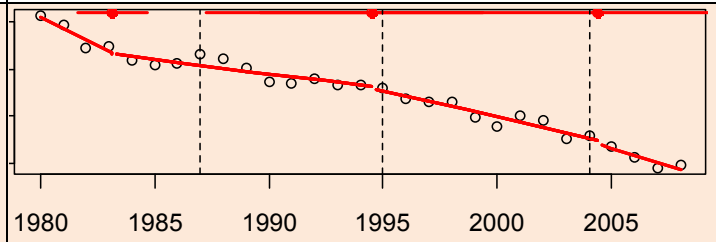
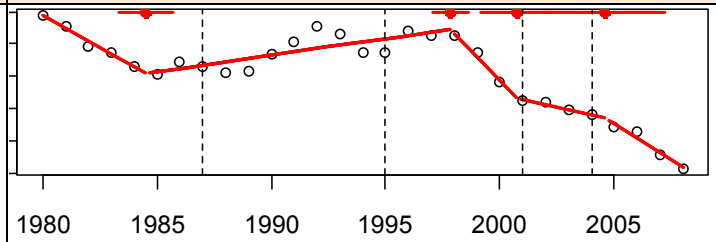
- בסדרות של **סך ההרוגים** ביחס לחשיפה - הנסועה, כלי רכב רשומים, כלי רכב פרטיים - לא נמצאו נקודות שבירה מעשיות בתקופה הנבחנת, 1980-2008: בשיעור הרוגים לנסועה כלל לא נמצאו נקודות שבירה, כאשר ביתר הסדרות לאורך כל התקופה היו ירידות מובהקות. נקודות השבירה שנמצאו במודלים - 1994, 2003-2004 - היו עם רווח סמך 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**).

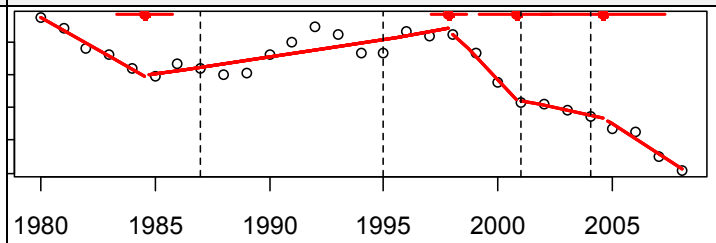
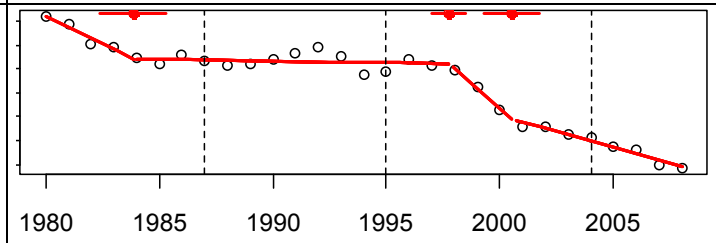
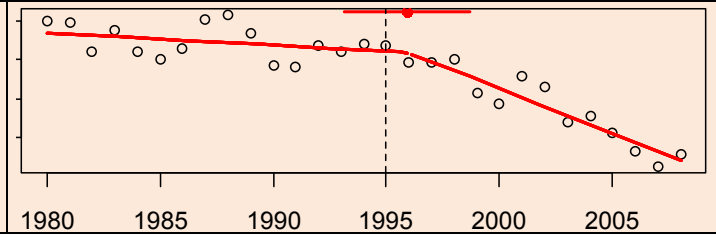
[6] ניתן לקבל דו"ח טכני של העיבודים הסטטיסטיים, עם הפלטים.

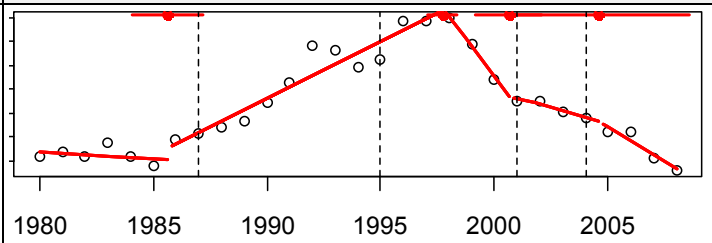
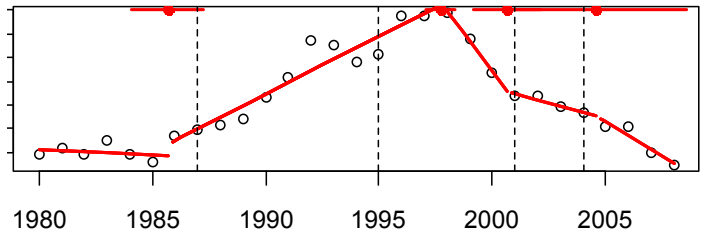
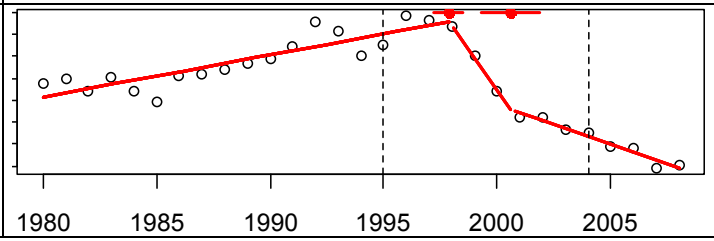
טבלה 4.2. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - הסדרות הבסיסיות של סך ההרוגים והנפגעים

| 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)<br>1998 (1997,2000)<br>2000 (1999,2002)<br>2004 (2001,2008) | slope1 -0.073<br>slope2 0.0007<br>slope3 -0.16<br>slope4 -0.028<br>slope5* -0.081<br>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)<br>1998 (1997, 2000)<br>2000 (1999, 2002)<br>2004 (2001, 2008) | slope1 -0.071<br>slope2 0.002<br>slope3 -0.166<br>slope4 -0.027<br>slope5* -0.082<br>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)<br>2000 (1999, 2002) | slope1* -0.021<br>slope2* -0.154<br>slope3* -0.051<br>הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3 |  | ירידה לאורך כל השנים, התחזקות בירידה: מ-1998, התמתנות בירידה: מ-2000 |

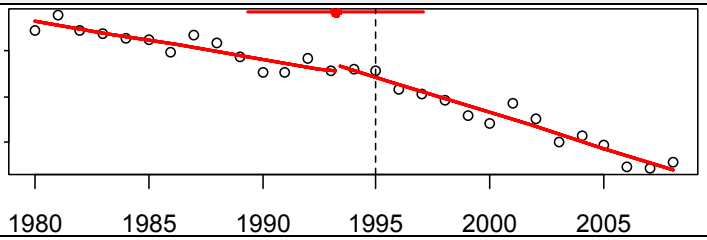
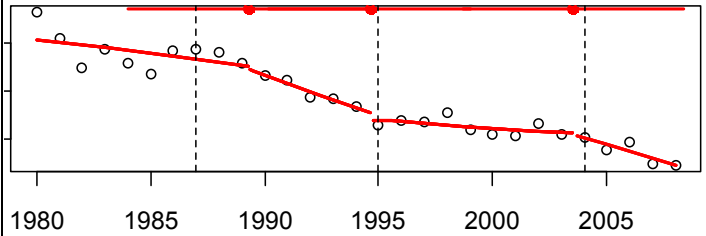
| מס' | שם הסדרה<br>(רמת התאמת המודל#) | משמעות הסדרה | נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%) | שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק) | גרף המודל המותאם ** | משמעויות |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | LR_Fat_MVT<br>(0.97) | סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 2003 (1994, 2011) | slope1* -0.046<br>slope2* -0.068<br>הפרש שיפועים מובהק: אין |  | ירידה לאורך כל השנים, התחזקות בירידה: מ-2003, אם כי נקודת השבירה בטווח של שנים רבות |
| 6<br>## | LR_ALLInj_MVT<br>(0.94) | סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 1984 (1983, 1986)<br>1998 (1997, 1999)<br>2001 (1999, 2002)<br>2005 (2002, 2008) | slope1* -0.069<br>slope2* 0.016<br>slope3* -0.145<br>slope4 -0.028<br>slope5* -0.084<br>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<br>## | LR_SSInj_MVT<br>(0.94) | סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 1984 (1983, 1986)<br>1998 (1997, 1999)<br>2001 (1999, 2002)<br>2005 (2002, 2008) | slope1* -0.068<br>slope2* 0.017<br>slope3* -0.146<br>slope4 -0.027<br>slope5* -0.084<br>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<br>(0.98) | סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 1984 (1982, 1985)<br>1998 (1997, 1999)<br>2001 (1999, 2002) | slope1* -0.081<br>slope2 -0.007<br>slope3* -0.165<br>slope4* -0.049<br>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<br>(0.98) | סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה | 1983 (1982, 1985)<br>1994 (1990, 1999)<br>2004 (1987, 2021) | slope1* -0.123<br>slope2* -0.031<br>slope3* -0.054<br>slope4* -0.072<br>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<br>(0.95) | סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה | 1985 (1983, 1986)<br>1998 (1997, 1999)<br>2001 (1999, 2002)<br>2005 (2002, 2007) | slope1* -0.079<br>slope2* 0.020<br>slope3* -0.147<br>slope4 -0.031<br>slope5* -0.090<br>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 |

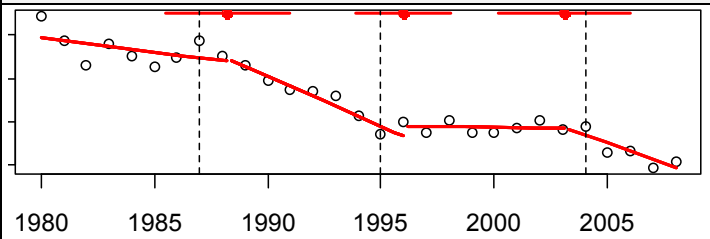
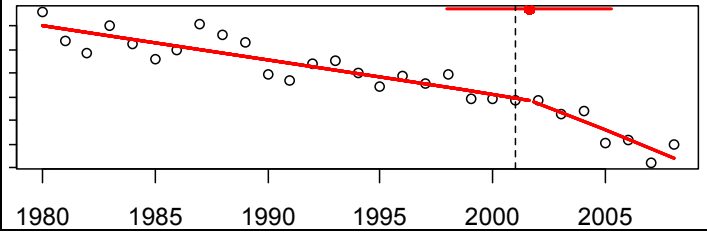
| מס' | שם הסדרה<br>(רמת התאמת המודל#) | משמעות הסדרה | נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%) | שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק) | גרף המודל המותאם ** | משמעויות |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | LR_SSInj_PVT<br>(0.95) | סך מספר הנפגעים באורח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

| מס' | שם הסדרה<br>(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<br>(0.95) | סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לגודל האוכלוסיה | 1986 (1984, 1987)<br>1998 (1997, 1998)<br>2001 (1999, 2002)<br>2005 (2001, 2009) | slope1 -0.006<br>slope2* 0.048<br>slope3* -0.127<br>slope4 -0.026<br>slope5* -0.059<br>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<br>(0.95) | סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לגודל האוכלוסיה | 1986 (1984, 1987)<br>1998 (1997, 1998)<br>2001 (1999, 2002)<br>2005 (2001, 2009) | slope1 -0.005<br>slope2* 0.049<br>slope3* -0.128<br>slope4 -0.026<br>slope5* -0.060<br>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<br>(0.94) | סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לגודל האוכלוסיה | 1998 (1997, 1999)<br>2001 (1999, 2002) | slope1* 0.019<br>slope2* -0.147<br>slope3* -0.036<br>הפרש שיפועים מובהק: 1-2, 2-3 |  | עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1998, התמתנות ירידה מ-2001 |

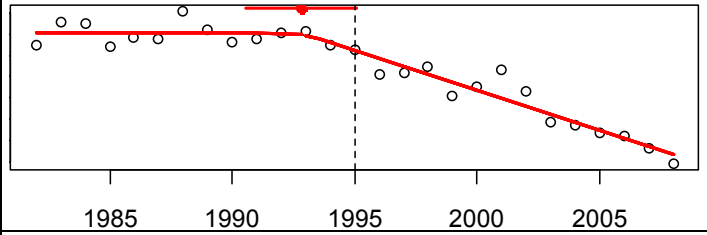
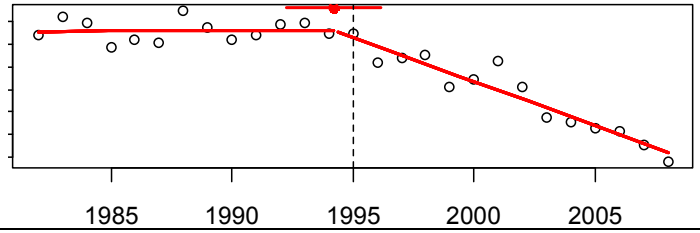
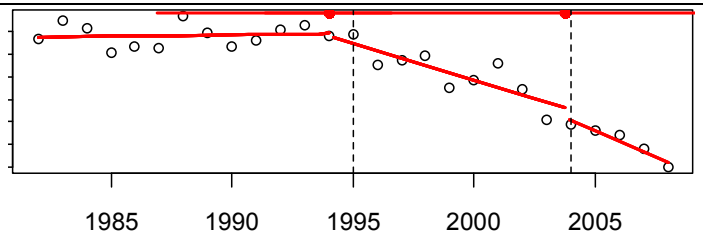
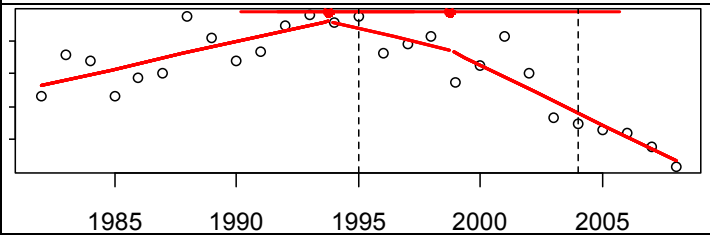
טבלה 4.3. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - הרוגים בשטח לא עירוני ועירוני

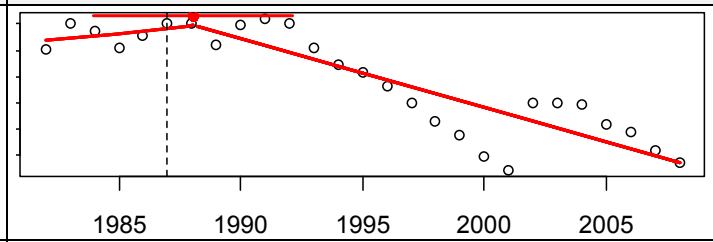
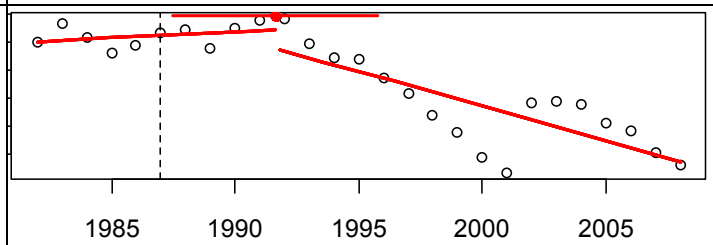
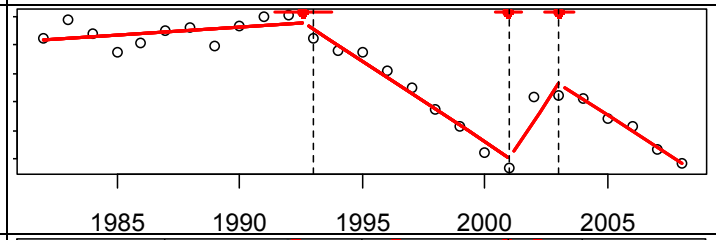
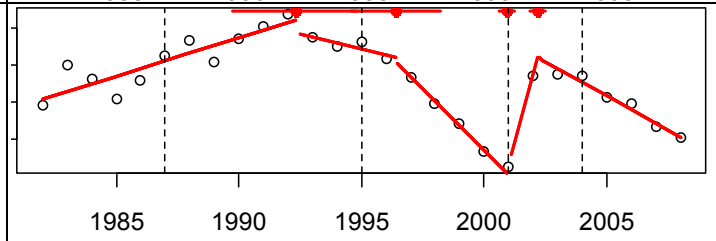
| מס' | שם הסדרה (רמת התאמת המודל#) | משמעות הסדרה | נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%) | שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק) | גרף המודל המותאם ** | משמעויות |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | LR_RurFat_KttRur<br>(0.97) | מספר הרוגים בדרכים לא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

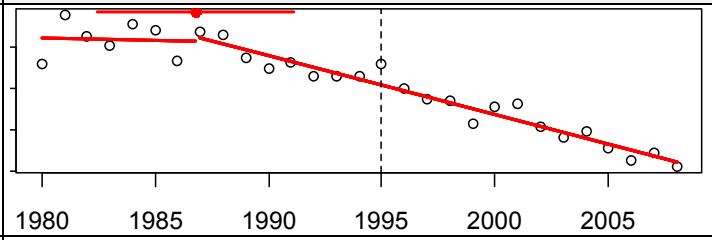
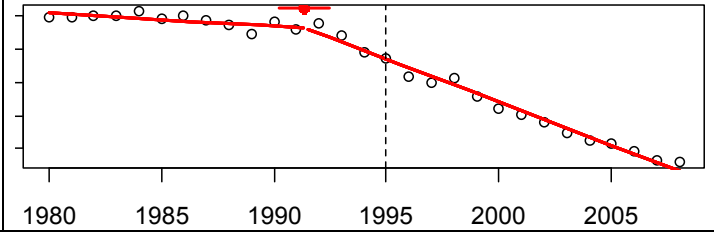
| מס' | שם הסדרה (רמת התאמת המודל#) | משמעות הסדרה | נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%) | שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק) | גרף המודל המותאם ** | משמעויות |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | LR_PedFat_KttUrb (0.94) | הרוגים הולכי רגל ביחס לנסועה עירונית | 1988 (1985, 1991)<br>1996 (1994, 1998)<br>2003 (2000, 2006) | slope1* -0.032<br>slope2* -0.117<br>slope3 -0.003<br>slope4* -0.098<br>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<br>slope2* -0.078<br>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

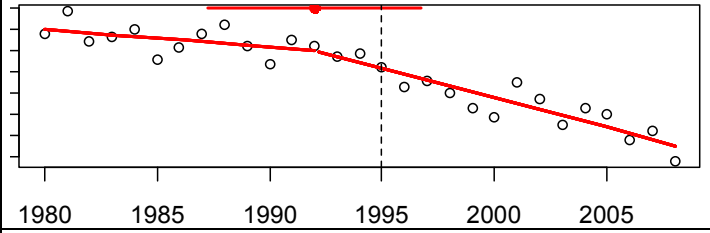
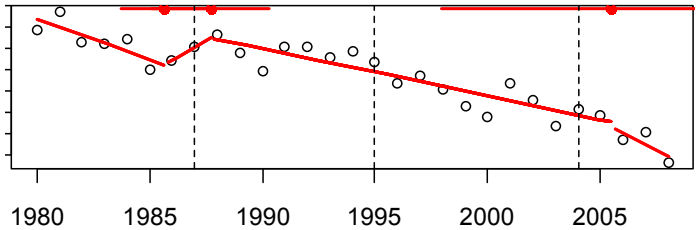
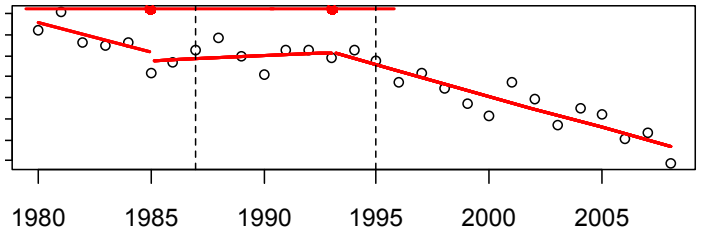
| מס' | שם הסדרה (רמת התאמת המודל#) | משמעות הסדרה | נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%) | שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק) | גרף המודל המותאם ** | משמעויות |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | LR_YKill_KTT (0.93) | הרוגים נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית | 1993 (1991, 1995) | slope1 -0.0002<br>slope2* -0.074<br>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<br>slope2* -0.079<br>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)<br>2004 (1987, 2021) | slope1 0.003<br>slope2* -0.065<br>slope3* -0.090<br>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)<br>1999 (1992, 2006) | slope1* 0.033<br>slope2 -0.035<br>slope3* -0.072<br>הפרש שיפועים מובהק: אין |  | עליה בתחילת התקופה, מגמת ירידה מ-1994, ירידה מ-1999. נקודות השבירה עם טווח רחב, בייחוד - 1999. |

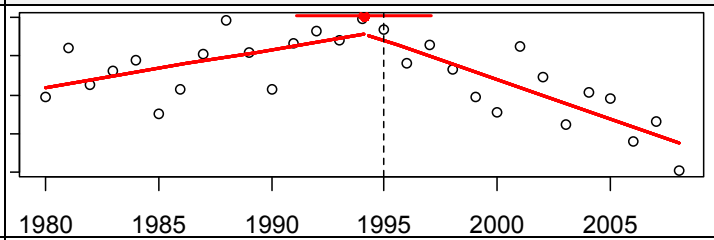
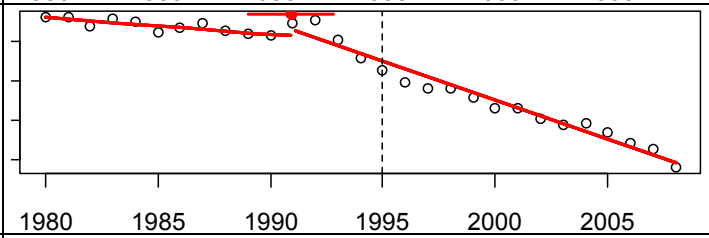
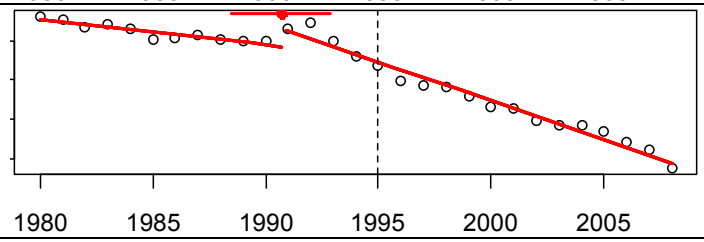
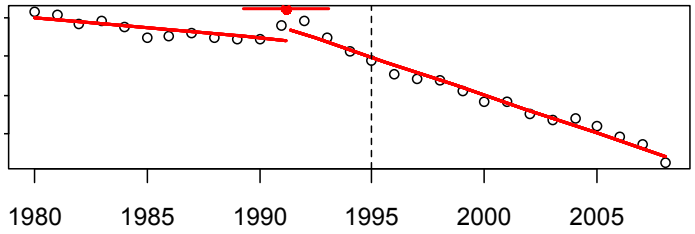
| מס' | שם הסדרה (רמת התאמת המודל#) | משמעות הסדרה | נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%) | שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק) | גרף המודל המותאם ** | משמעויות |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 ## | LR_YSInj_KTT (0.78) | נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית | 1988 (1984, 1992) | slope1 0.019<br>slope2* -0.052<br>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<br>slope2* -0.049<br>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)<br>2001 (2000, 2001)<br>2003 (2002, 2004) | slope1 0.011<br>slope2* -0.113<br>slope3* 0.250<br>slope4* -0.112<br>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)<br>1996 (1995, 1998)<br>2001 (2001, 2001)<br>2002 (2002, 2003) | slope1* 0.042<br>slope2 -0.033<br>slope3* -0.132<br>slope4* 0.496<br>slope5* -0.075<br>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 |

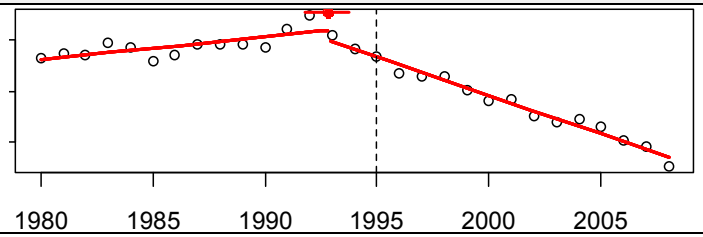
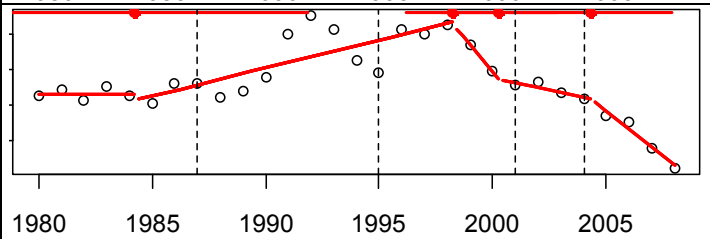
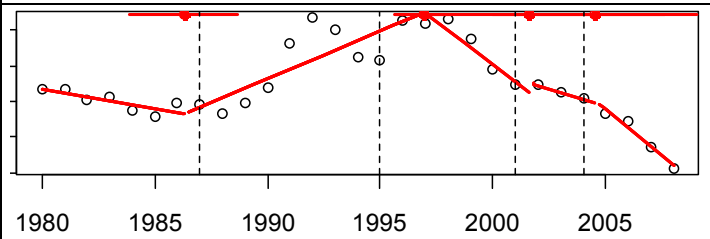
טבלה 4.6. סיכום ממצאים מהתאמת המודלים עם מספר נקודות שבירה בשיעורי היפגעות - תאונות רכב יחיד קטלניות וקשות, בדרכים לא עירוניות

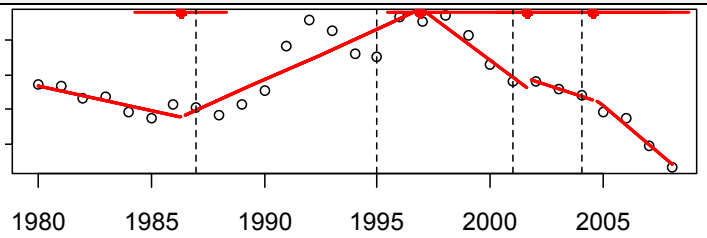
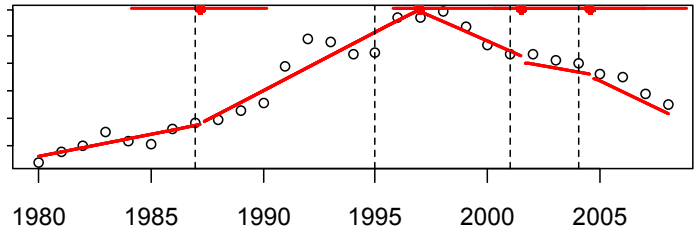
| מס' | שם הסדרה (רמת התאמת המודל#) | משמעות הסדרה | נקודות שבירה שנמצאו בשנים 1980-2008, עם רווח סמך (ברמת מובהקות 95%) | שיפועי הקו בתקופות בין נקודות השבירה ומובהקותם (*-מובהק) | גרף המודל המותאם ** | משמעויות |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | LR_SFatRur_KttRur (0.92) | תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית | 1987 (1982, 1991) | slope1 -0.004<br>slope2* -0.071<br>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<br>slope2* -0.129<br>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<br>slope2* -0.056<br>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)<br>1988 (1985, 1990)<br>2005 (1998, 2013) | slope1* -0.074<br>slope2 0.126<br>slope3* -0.044<br>slope4 -0.104<br>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)<br>1993 (1990, 1996) | slope1 -0.055<br>slope2 0.010<br>slope3* -0.060<br>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<br>slope2* -0.041<br>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<br>slope2* -0.098<br>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<br>slope2* -0.098<br>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<br>slope2* -0.098<br>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<br>(0.97) | נפגעים קשה ברכב קל ביחס לגודל האוכלוסיה | 1993 (1992, 1994) | slope1* 0.023<br>slope2* -0.075<br>הפרש שיפועים מובהק: 1-2 |  | עליה בתחילת התקופה, ירידה מ-1993 |
| 42<br>## | LR_TotInjLt_KTT<br>(0.78) | סך הנפגעים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית | 1984 (1977, 1992)<br>1998 (1996, 2000)<br>2000 (1998, 2003)<br>2004 (2001, 2008) | slope1 0.0006<br>slope2* 0.031<br>slope3 -0.153<br>slope4 -0.028<br>slope5* -0.103<br>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<br>## | LR_TotInjLt_MVT<br>(0.82) | סך הנפגעים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 1986 (1984, 1989)<br>1997 (1996, 1998)<br>2002 (1996, 2008)<br>2005 (2000, 2009) | slope1 -0.021<br>slope2* 0.053<br>slope3* -0.097<br>slope4 -0.039<br>slope5* -0.106<br>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)<br>1997 (1996, 1998)<br>2002 (1995, 2008)<br>2005 (2000, 2009) | slope1 -0.028<br>slope2* 0.058<br>slope3* -0.098<br>slope4 -0.043<br>slope5* -0.111<br>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)<br>1997 (1996, 1998)<br>2001 (1996, 2007)<br>2005 (2000, 2009) | slope1* 0.034<br>slope2* 0.086<br>slope3 -0.072<br>slope4 -0.026<br>slope5* -0.081<br>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).

- 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**.

## 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

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

2) משתנה החשיפה

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

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:

$\mu_t$ = מגמת הסדרה (trend);

$\varepsilon_t$ = 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:

$\mu_t$ - חותך (level);

$b_t$ - קבוע הרגרסיה או שיפוע (slope).

הן החותך והן השיפוע מורשים להשתנות בזמן. כאשר קובעים את ה- $\sigma_\xi^2$ להיות אפס, נקבל מודל עם חותך ללא אקראיות (בהינתן $b_t$) וכאשר קובעים את ה-$\sigma_\varsigma^2$ 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

נספח ד' 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').

נספח הי 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 מסויימת. 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 מוחקלת 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 תאורי בלבד.

טבלות 4.8-4.9 להלן מביאות סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות והסדרות המשלימות, בהתאמה. על סמך בחינה ויזואלית של הבדלים בין התחזית ובין התפתחות התהליך בפועל, טבלות 4.10-4.11, בהמשך, 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 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.

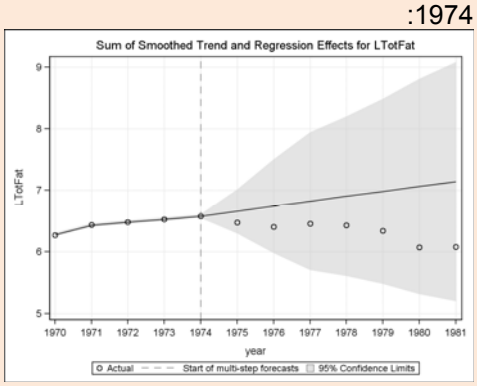
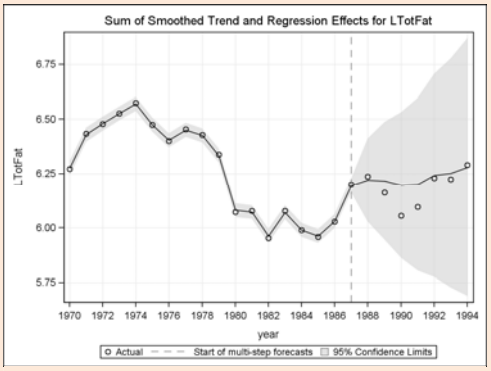
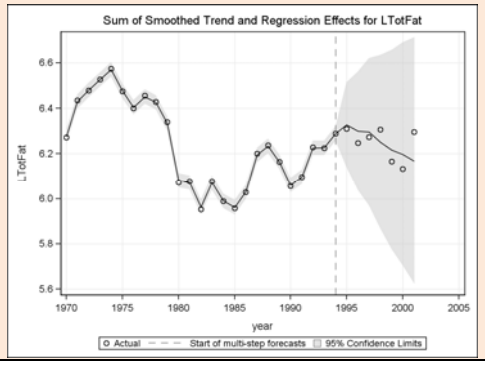
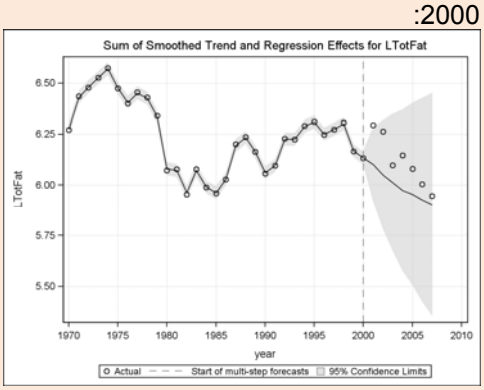
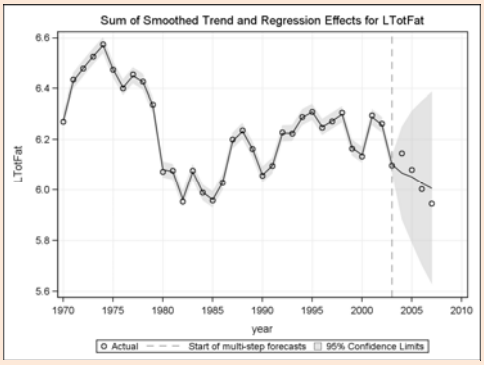
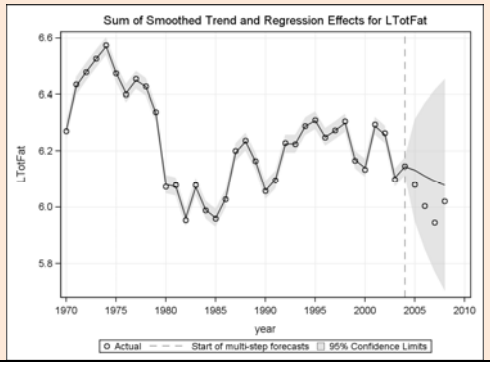
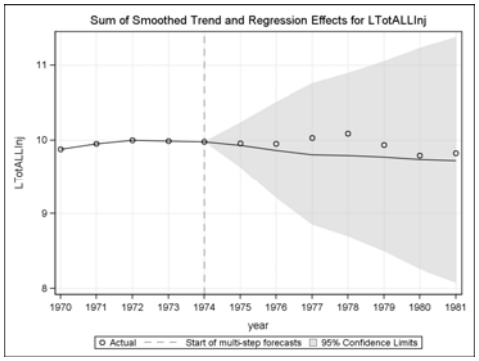
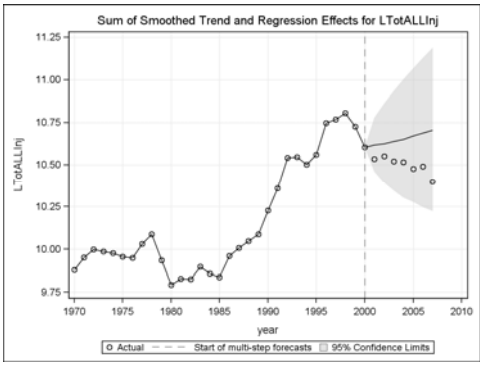
- במספר **תאונות קשות עם רכב יחיד** בדרכים לא עירוניות שינוי חיובי (ירידה בסיכון) מזוהה עם שנים אלה: **1987, 1994, 2000, 2003**, כאשר בעקבות שנת 2004 לא נמצא שינוי בתהליך.

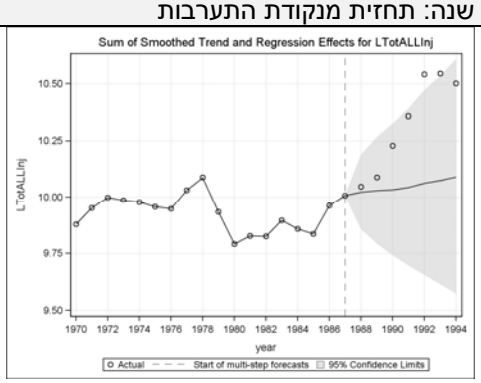
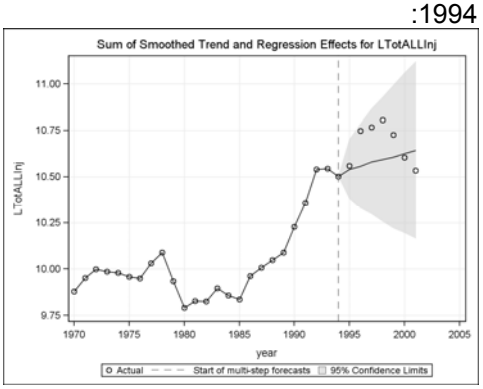
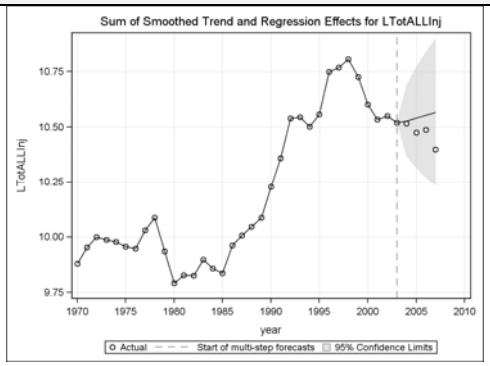
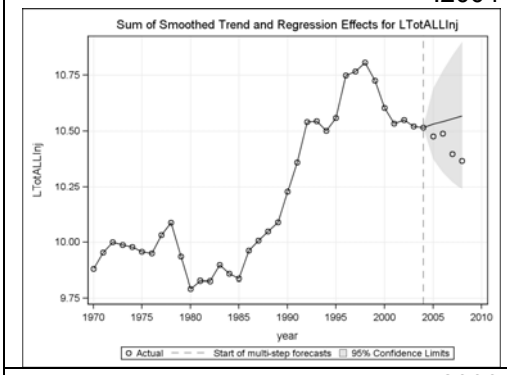
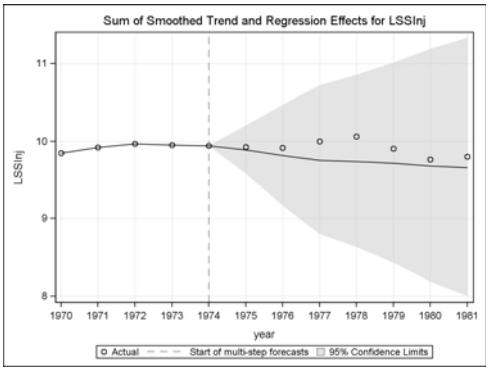
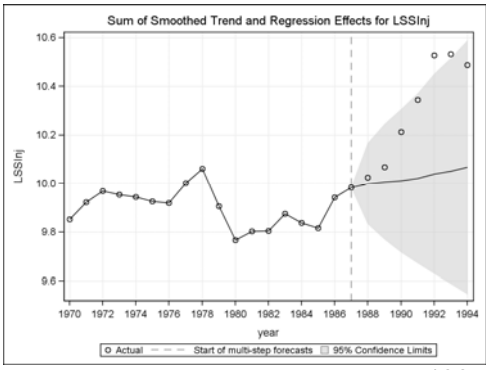
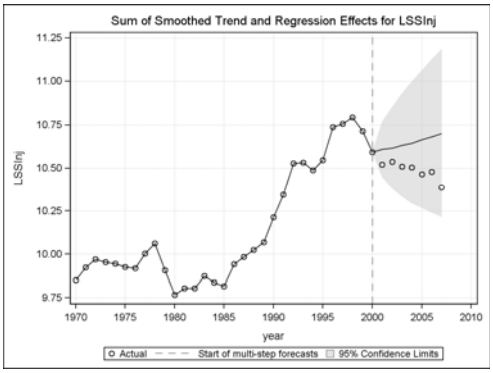
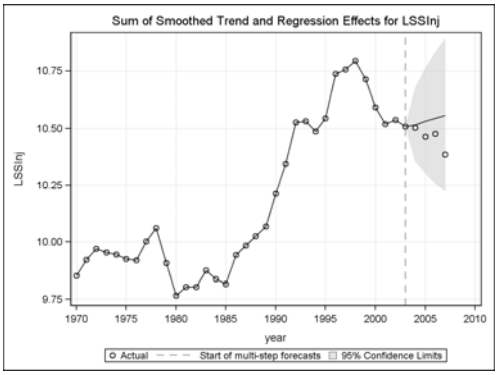
- במספר **הרוגים ברכב קל**, בכל הבחינות נמצא כי שנת **1994** מזוהה עם שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות. כמו כן, שינוי חיובי בהתפתחות הסדרה בתחילת שנות האלפיים נמצא בבחינה אחת (ביחס לאוכלוסיה) - בשנת *2004*. ע"פ רוב הבחינות, השנים 1987 ו-2000 מזוהות עם הרעה (עליה בסיכון) בהתפתחות התהליך,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

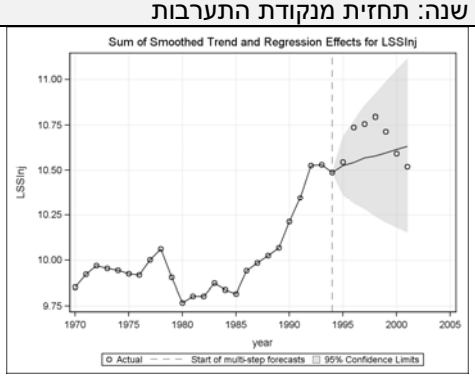
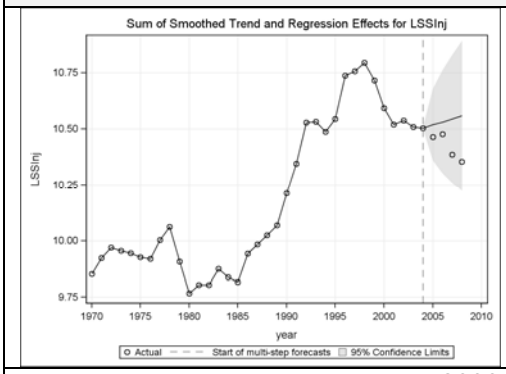
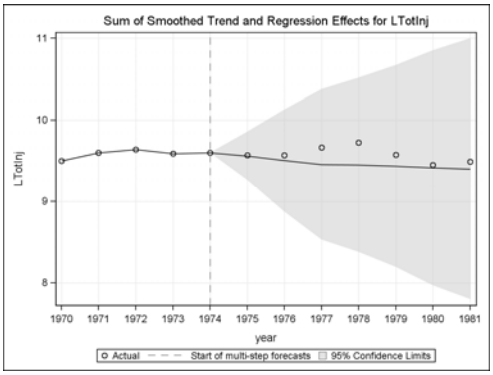
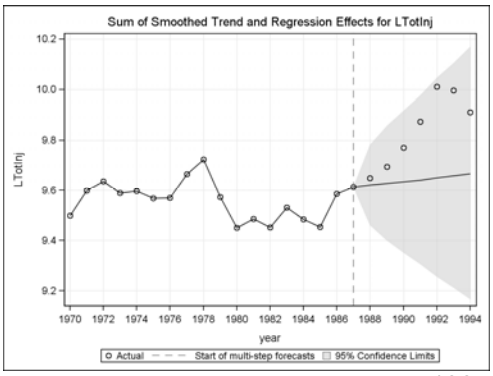
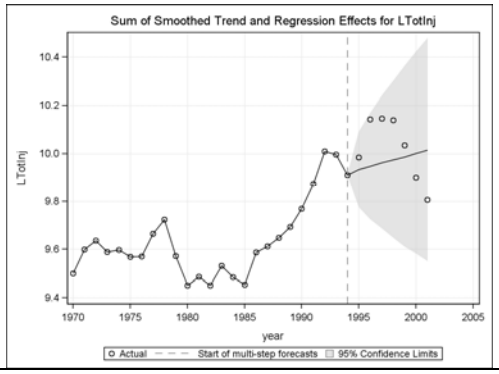
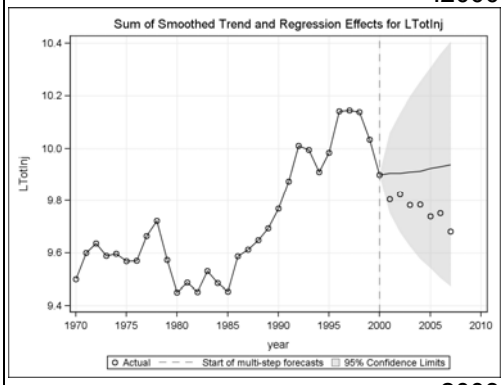
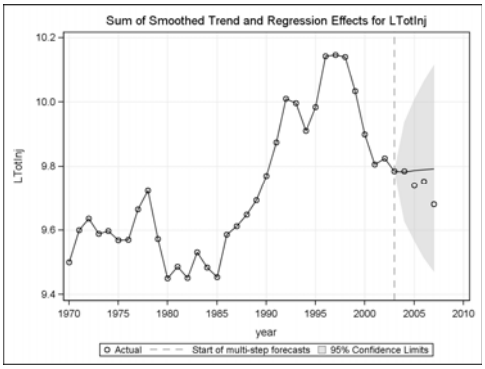
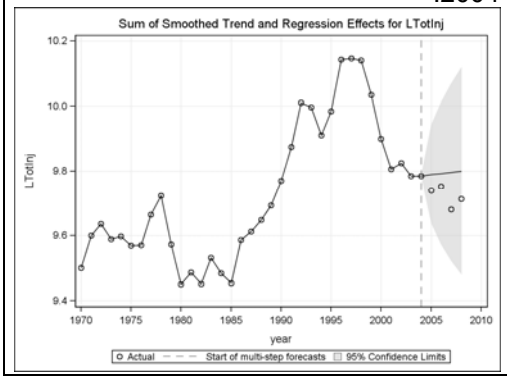
- במספר **נפגעים קשה ברכב קל**, בכל הבחינות נמצא כי שנים **1994, 2004** מזוהות עם שינוי חיובי (ירידה בסיכון) לעומת תחזית ההתפתחות. כמו כן, שינוי חיובי בהתפתחות הסדרה בתחילת שנות האלפיים נמצא בשתי בחינות (ביחס לנסועה ולאוכלוסיה) - בשנת ***2000***. ע"פ כל הבחינות, שנת 2003 מזוהה עם אי שינוי בתהליך, כאשר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

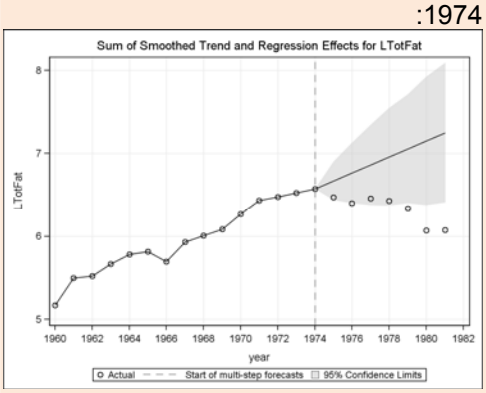
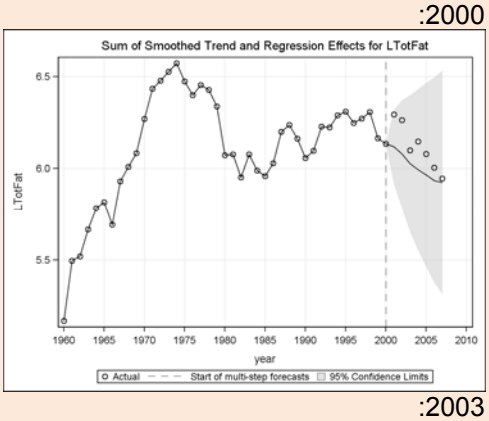
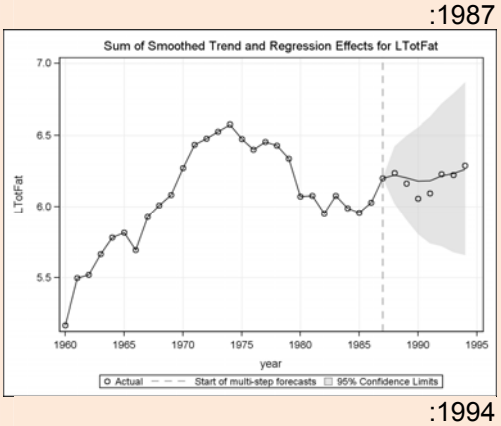
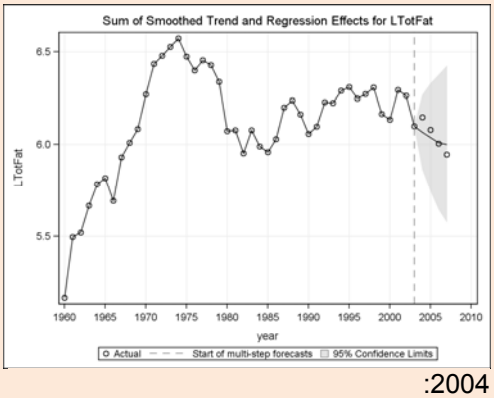
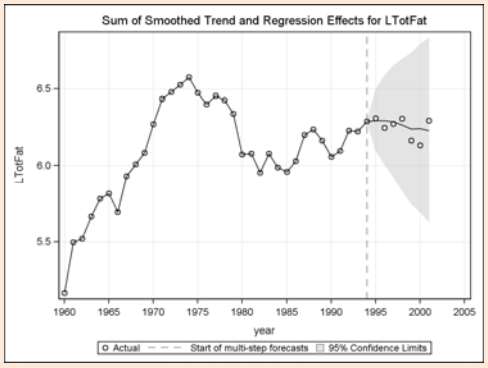
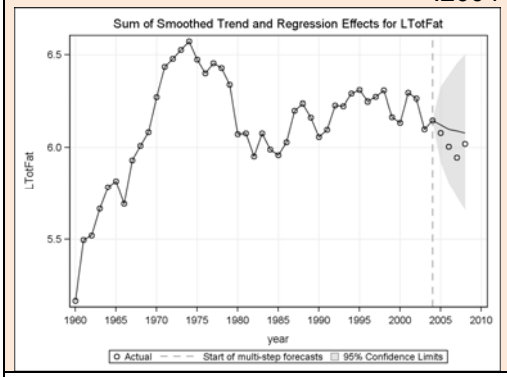
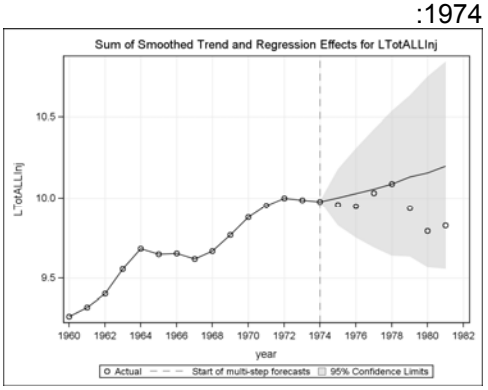
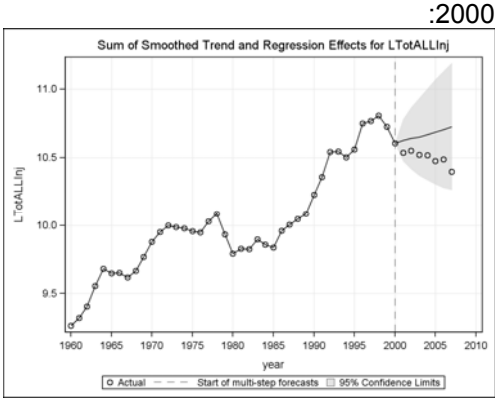
טבלות 4.8. תחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות

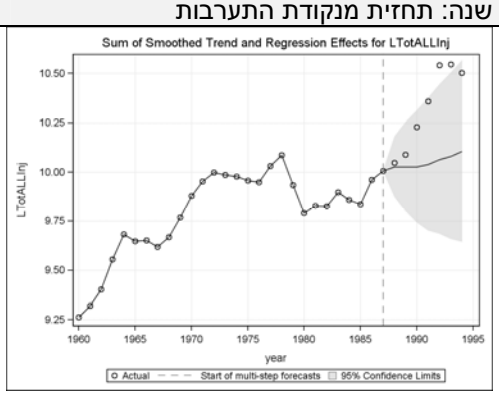
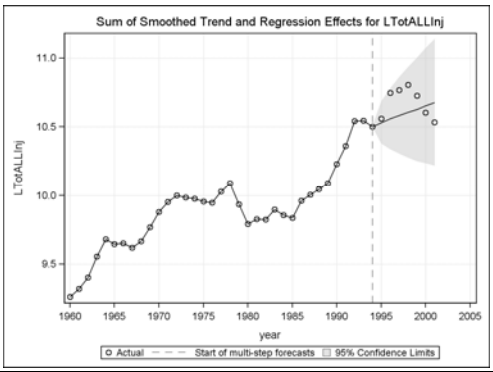
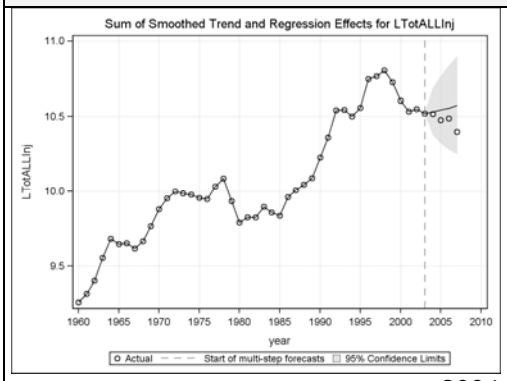
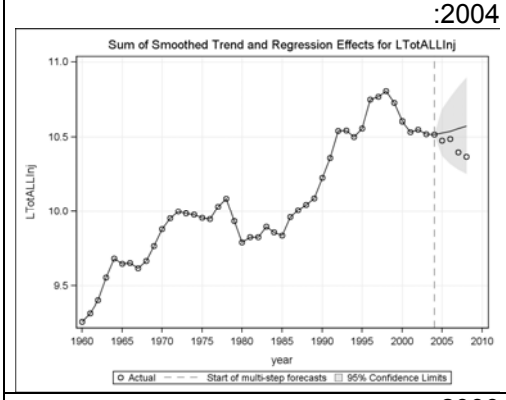
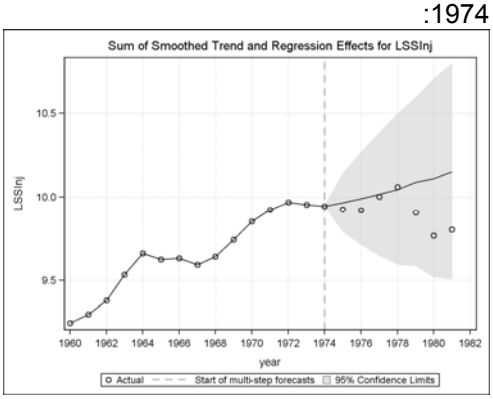
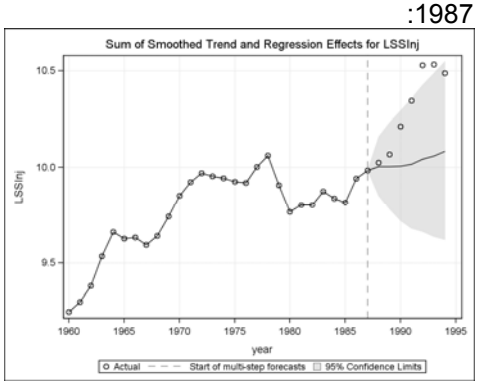
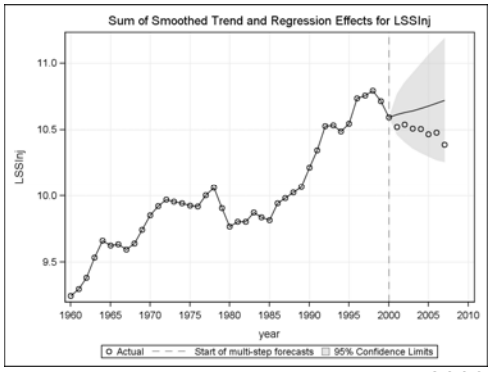
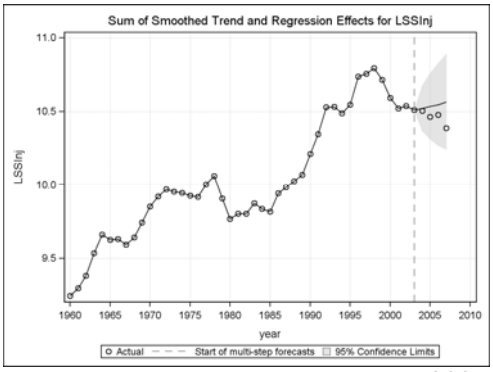
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| 1. TotFat_KTT<br><br>סך מספר ההרוגים ביחס לנסועה השנתית | :1974<br>  <br><br>:1987<br>  <br><br>:1994<br>  <br> | :2000<br>  <br><br>:2003<br>  <br><br>:2004<br>  <br> |
| .2 TotALLInj_KTT<br><br>סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לנסועה השנתית | :1974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

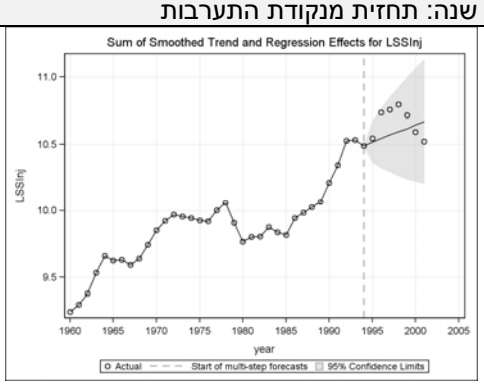
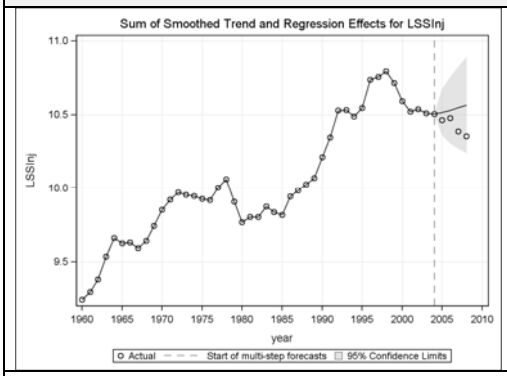
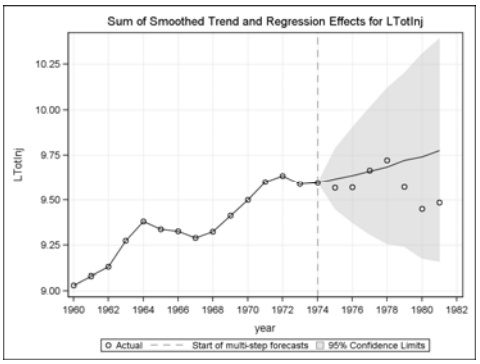
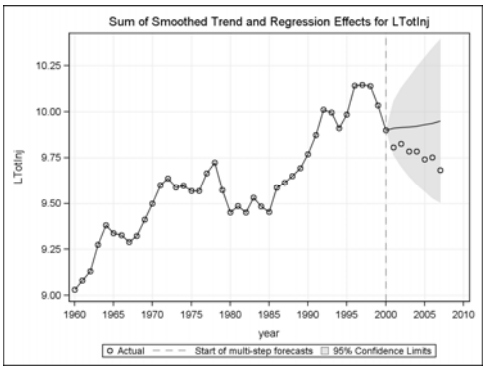
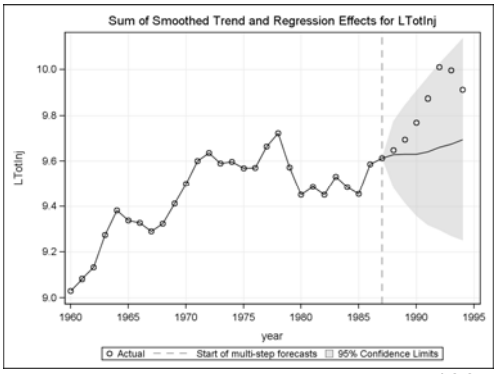
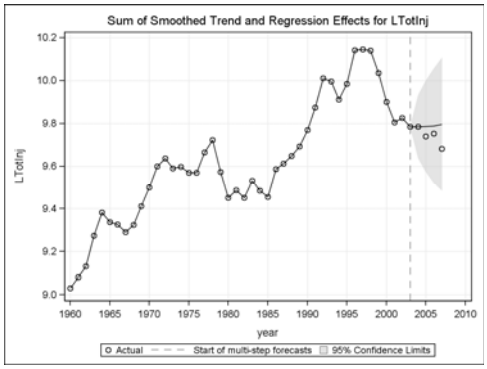
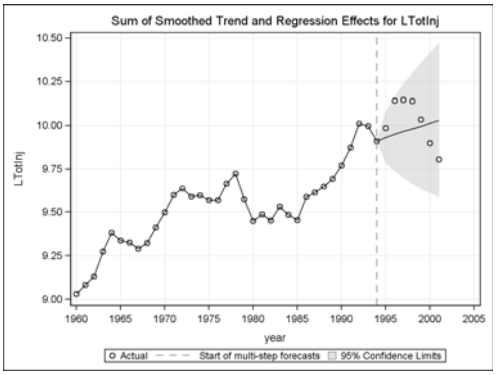
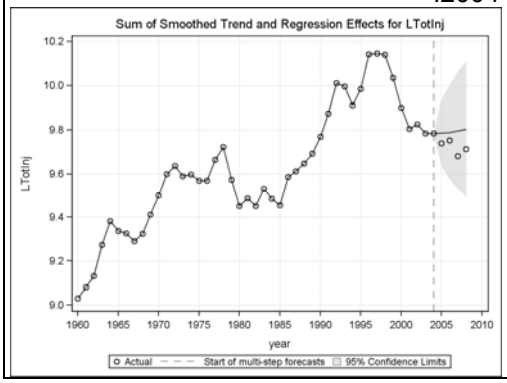
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  <br>:1994<br>  |  <br>:2004<br>  |
| 3. SSInj_KTT<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לנסועה השנתית | :1974<br>  <br>:1987<br>  <br>:1994 | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004 |

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

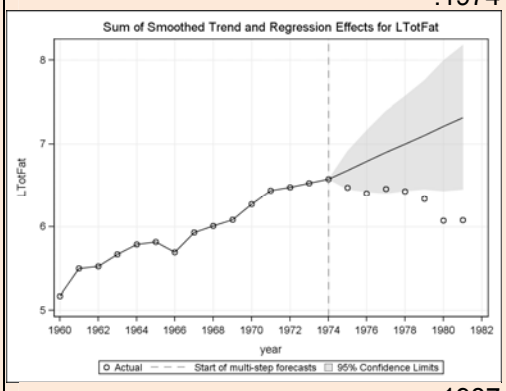
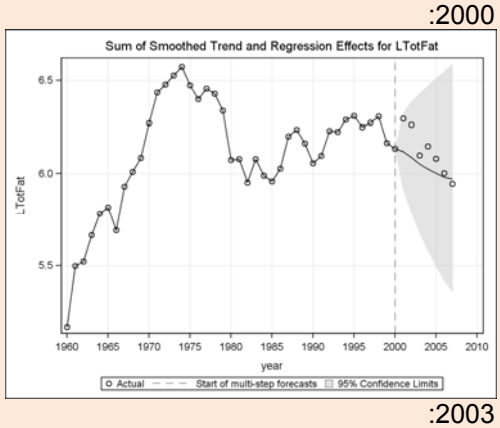
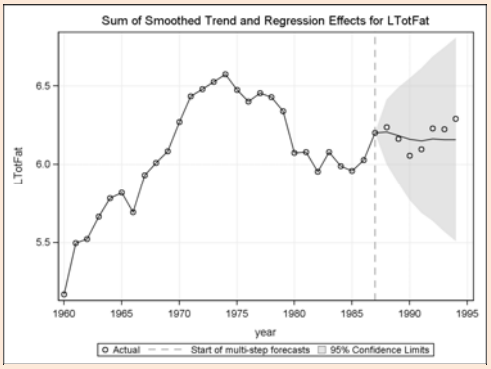
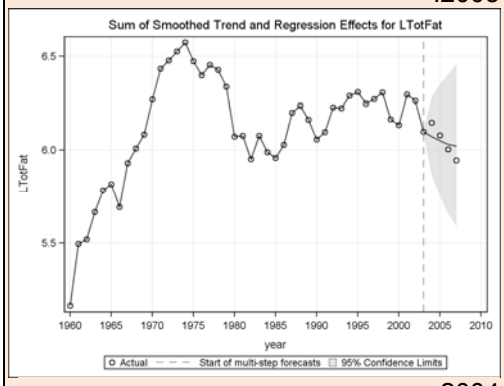
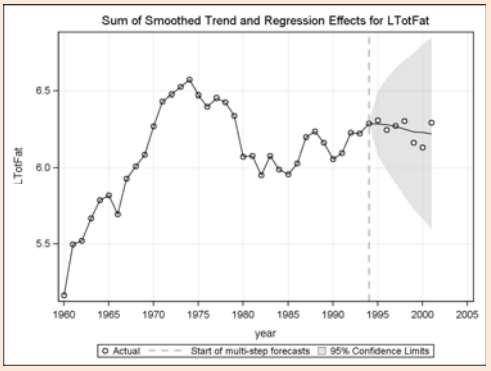
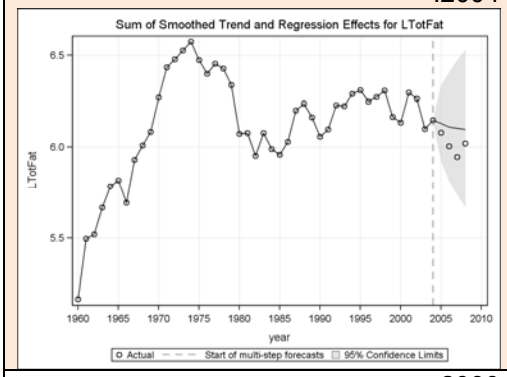
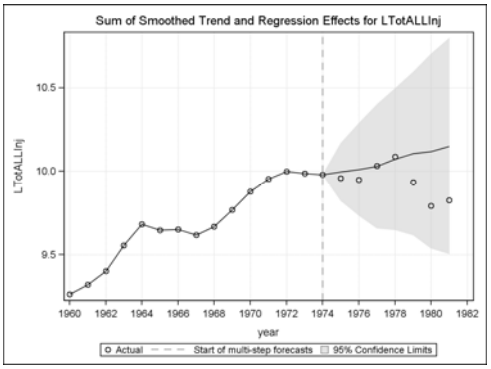
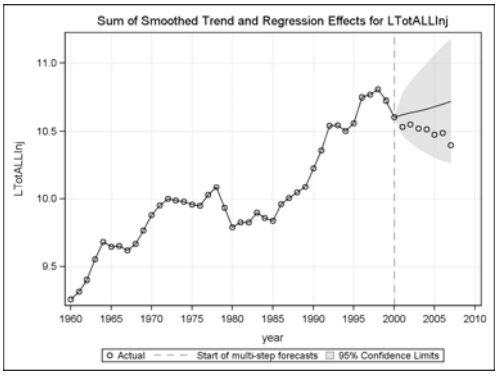
טבלות 4.8. סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות (המשך)

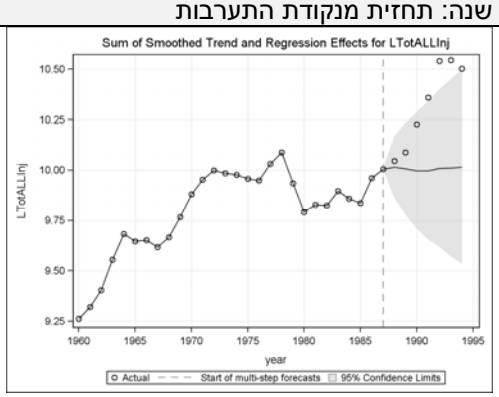
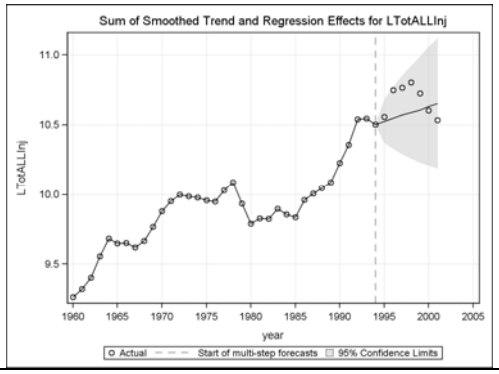
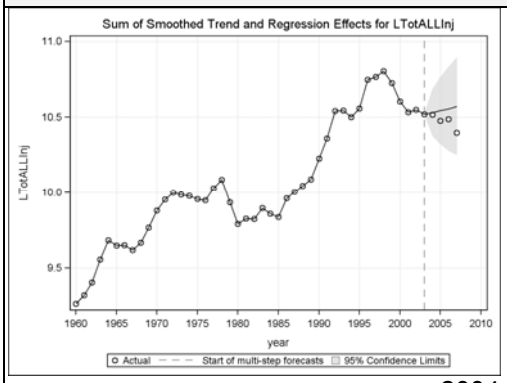
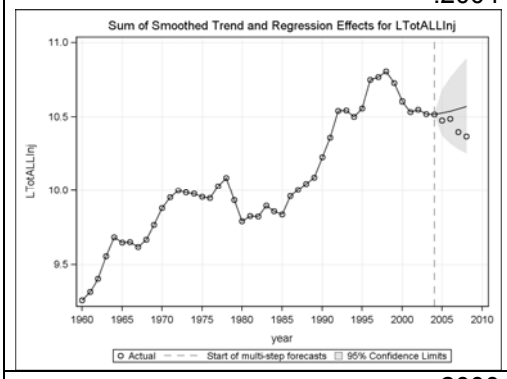
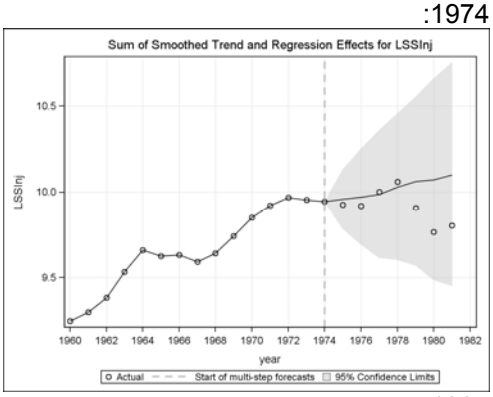
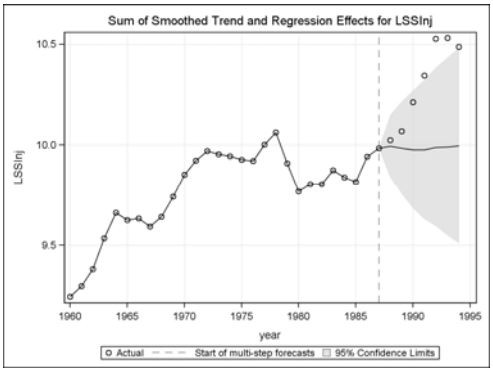
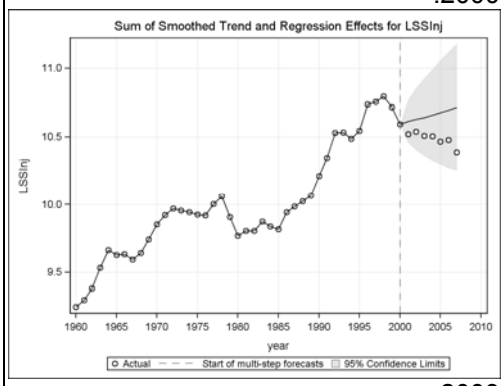
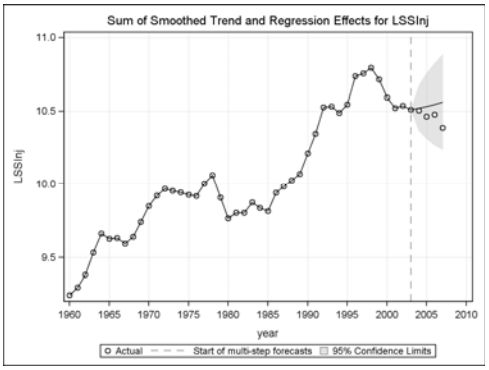
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| 5. TotFat_MVT סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | :1974<br>  <br> | :2000<br>  <br> |
| | :1987<br>  <br> | :2003<br>  <br> |
| | :1994<br>  <br> | :2004<br>  <br> |
| 6. TotALLInj_MVT סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב רשומים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

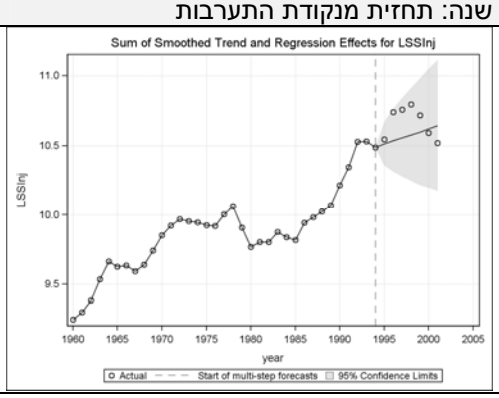
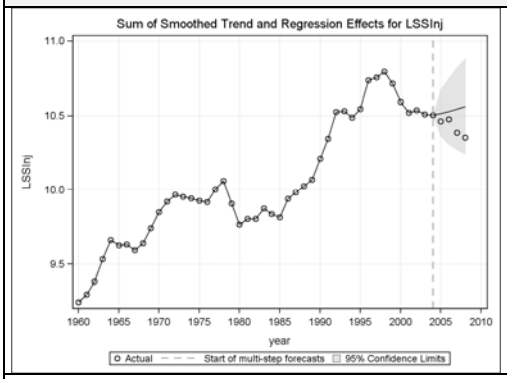
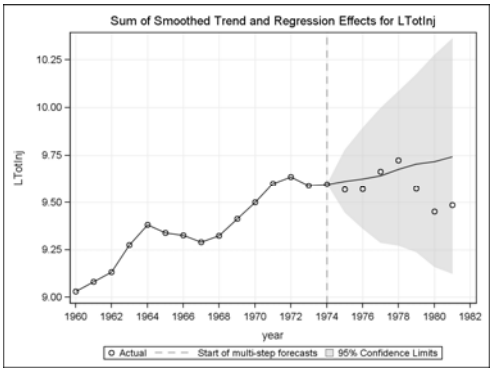
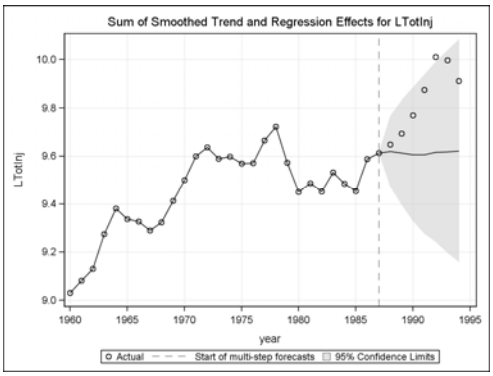
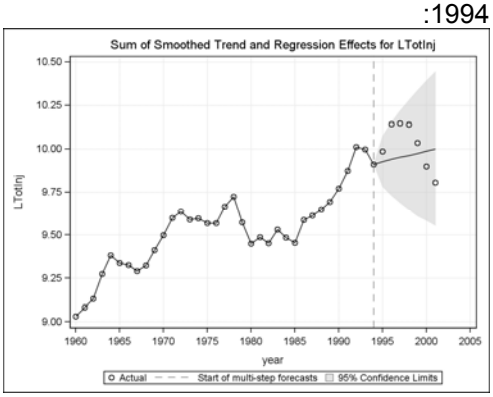
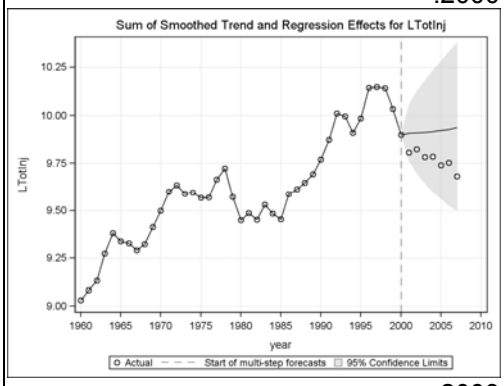
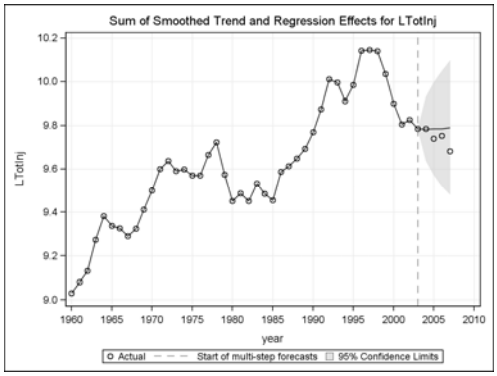
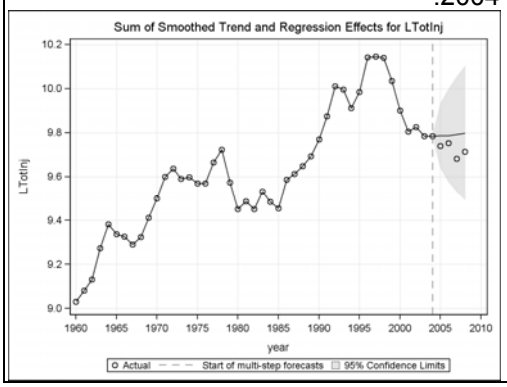
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | :1994<br>  <br><br>  <br> | :2004<br>  <br><br>  <br> |
| 7. SSInj_MVT<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | :1974<br>  <br><br>:1987<br>  <br><br>:1994 | :2000<br>  <br><br>:2003<br>  <br><br>:2004 |

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

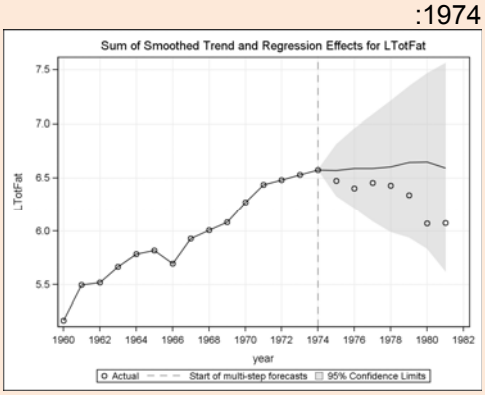
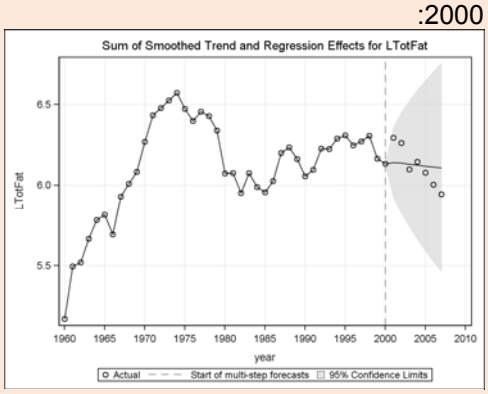
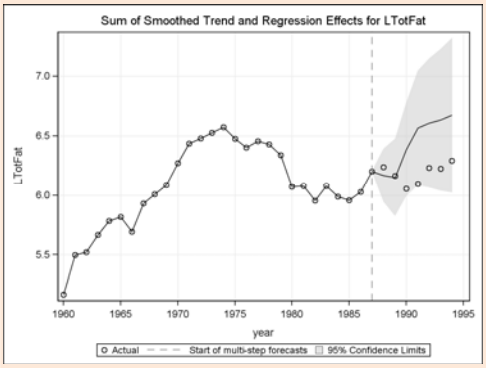
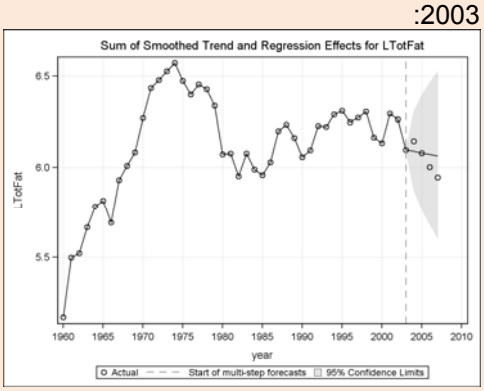
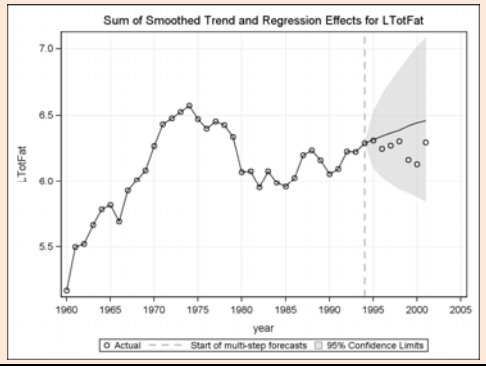
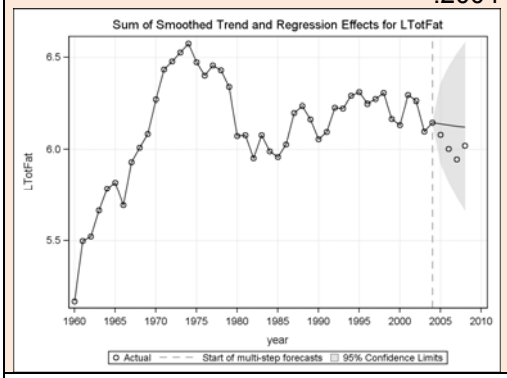
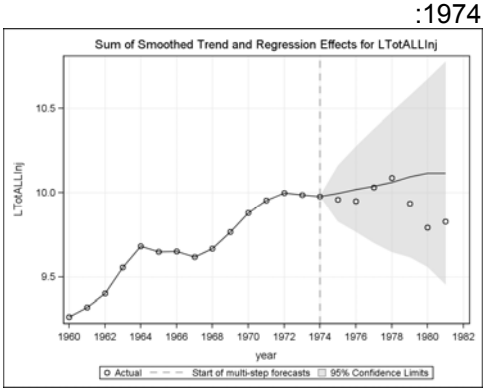
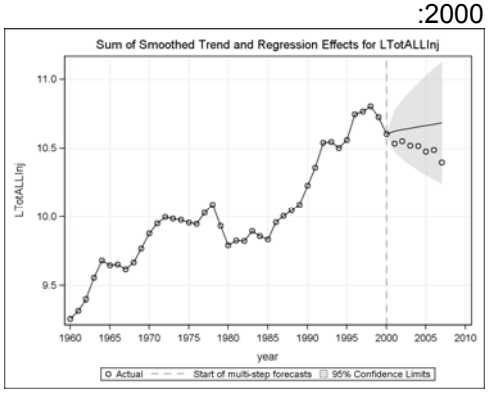
טבלות 4.8. סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות הבסיסיות (המשך)

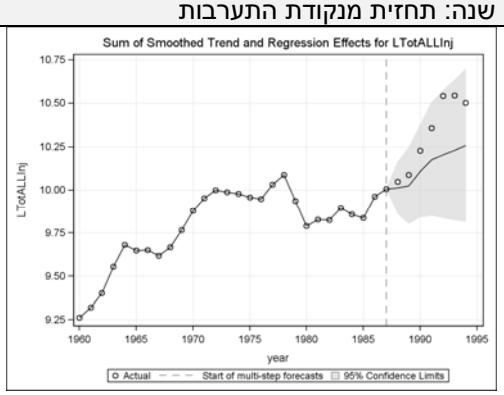
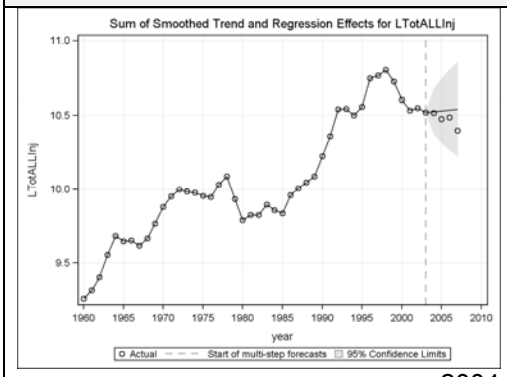
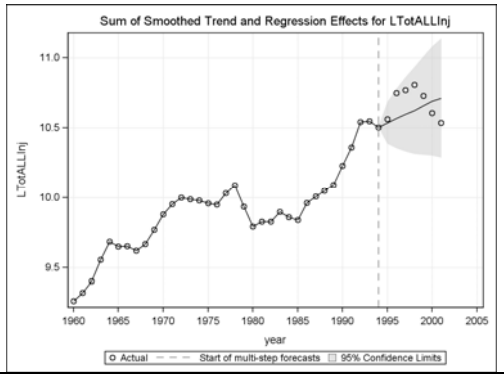
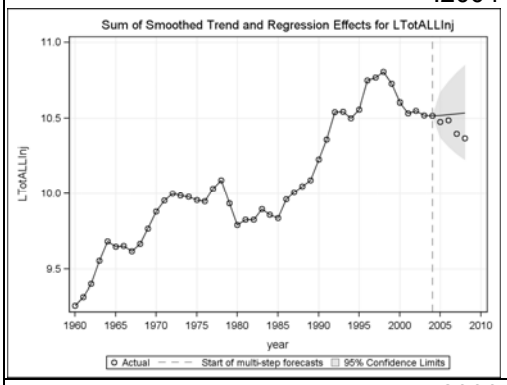
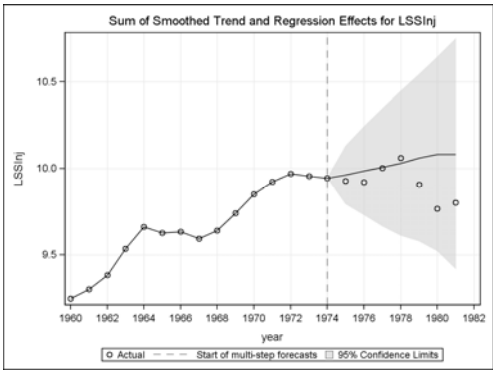
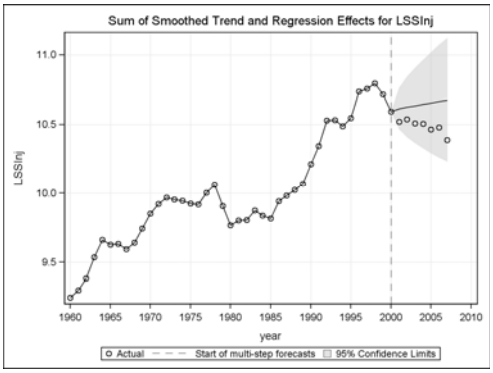
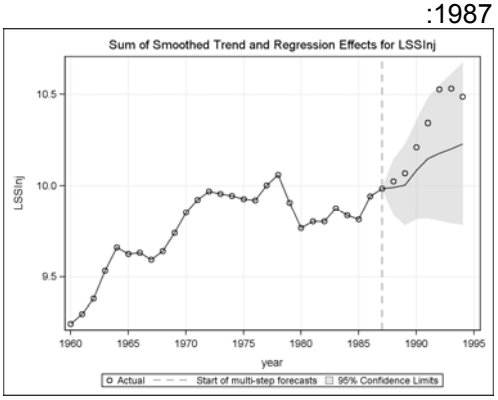
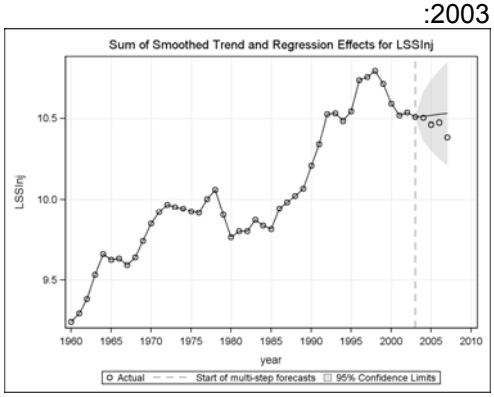
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| 9. TotFat_PVT<br>סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה | :1974<br>  <br> | :2000<br>  <br> |
| | :1987<br>  <br> | :2003<br>  <br> |
| | :1994<br>  <br> | :2004<br>  <br> |
| .10<br>TotALLInj_PVT<br>סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך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

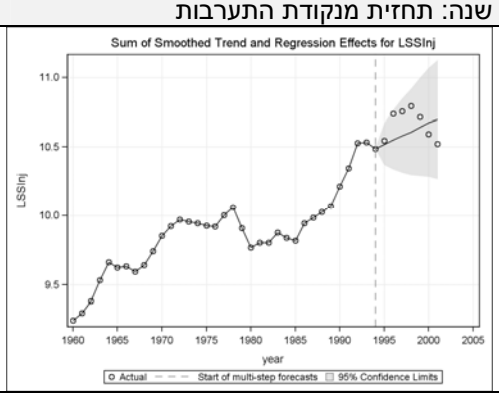
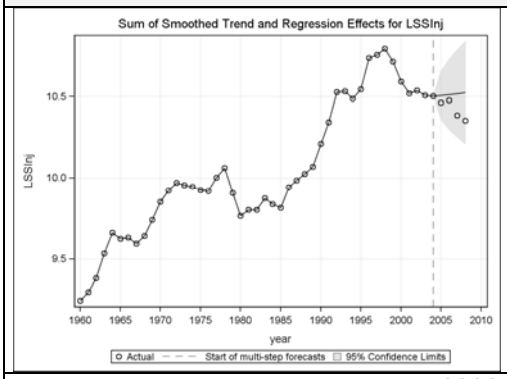
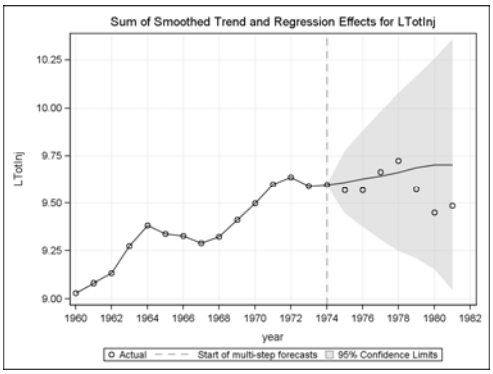
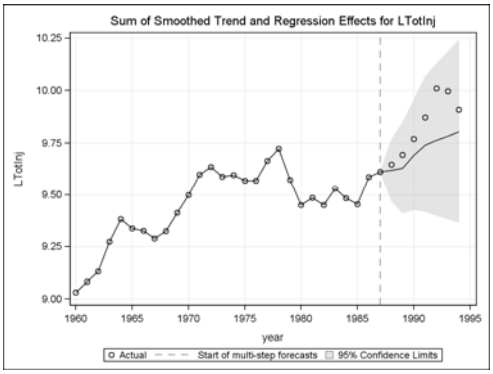
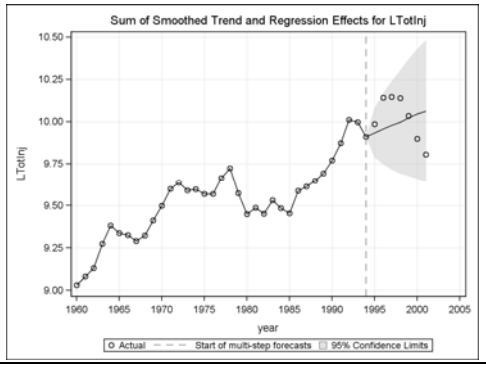
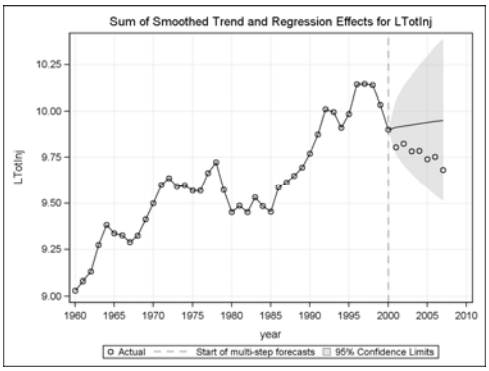
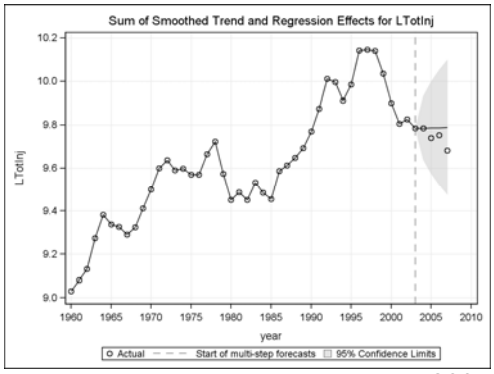
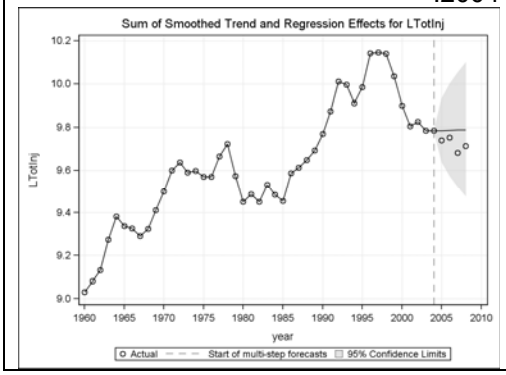
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | :1994<br>  <br><br>  <br> | :2004<br>  <br><br>  <br> |
| 11. SSInj_PVT<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב פרטיים שרשומים במדינה | :1974<br>  <br><br>:1987<br>  <br><br>:1994 | :2000<br>  <br><br>:2003<br>  <br><br>:2004 |

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

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

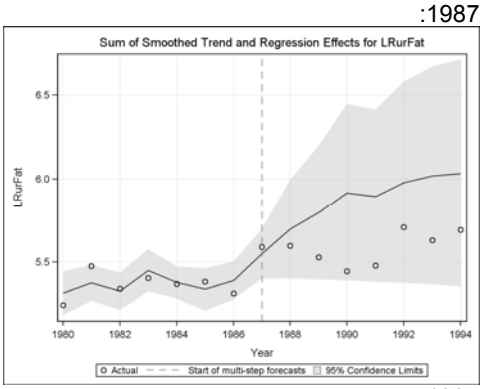
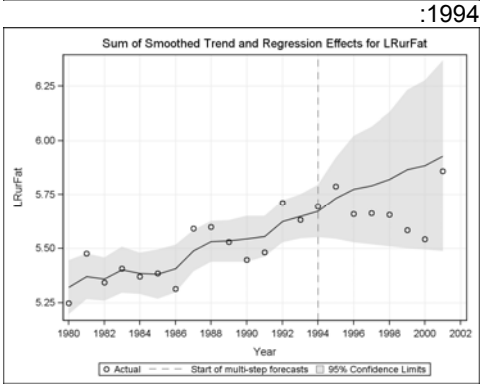
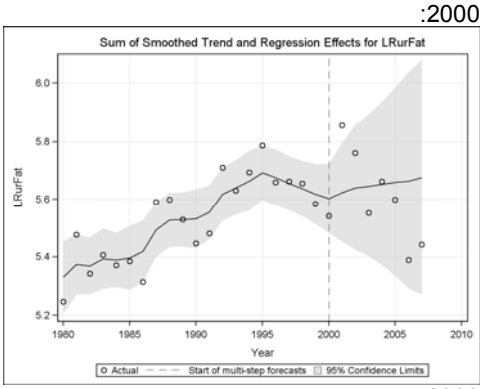
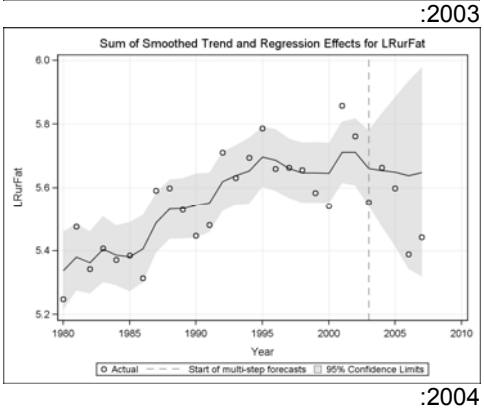
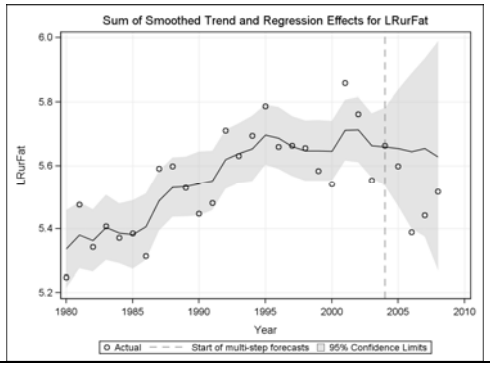
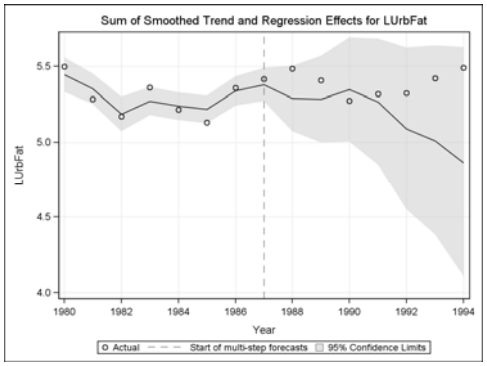
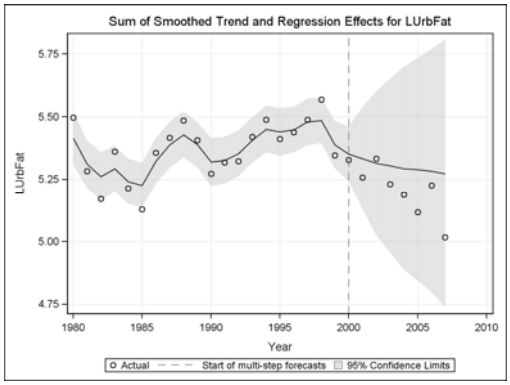
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| 13. TotFat_Pop<br>סך מספר ההרוגים ביחס לגודל האוכלוסיה | :1974<br>  <br> | :2000<br>  <br> |
| | :1987<br>  <br> | :2003<br>  <br> |
| | :1994<br>  <br> | :2004<br>  <br> |
| 14. TotALLInj_Pop<br>סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לגודל האוכלוסיה | :1974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

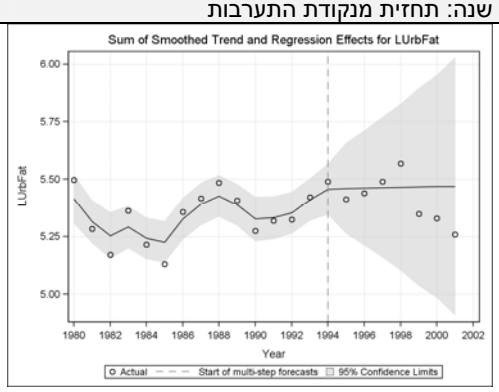
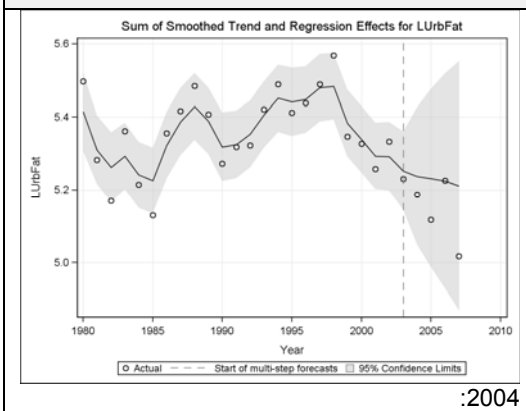
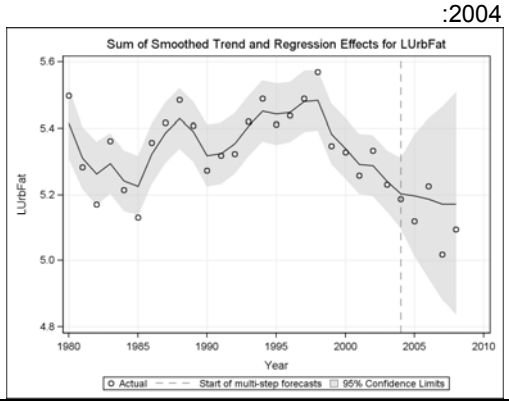
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | :1994<br>  <br> | :2004<br>  <br> |
| |  <br> |  <br> |
| 15. SSInj_Pop<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לגודל האוכלוסיה | :1974<br>  <br> | :2000<br>  <br> |
| | :1987<br>  <br> | :2003<br>  <br> |
| | :1994 | :2004 |

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

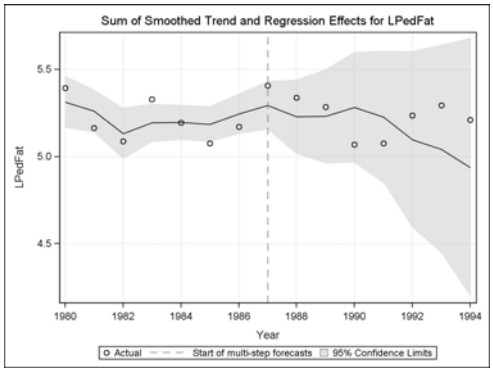
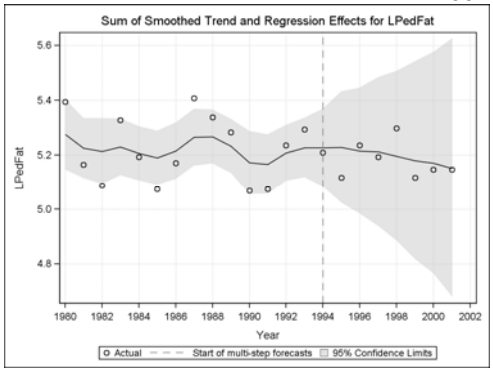
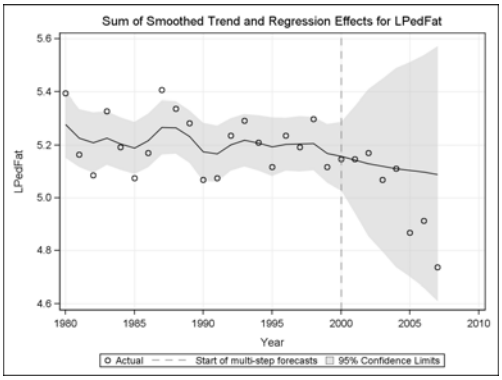
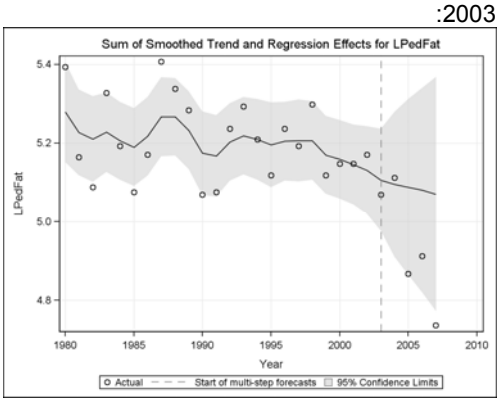
טבלות 4.9. סיכום לתחזיות שנבנו מנקודות הזמן הנבחרות, עבור הסדרות המשלימות

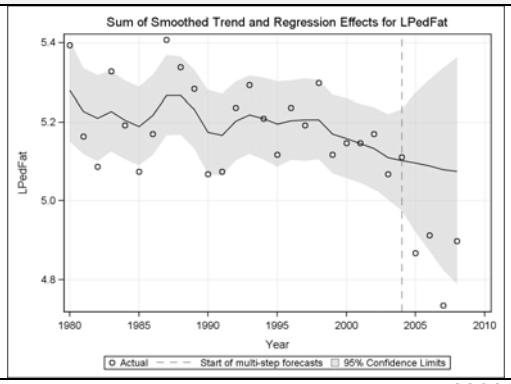
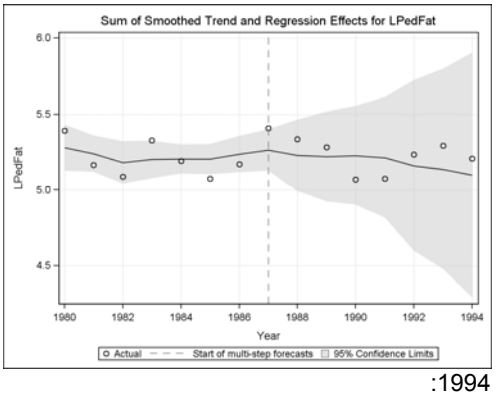
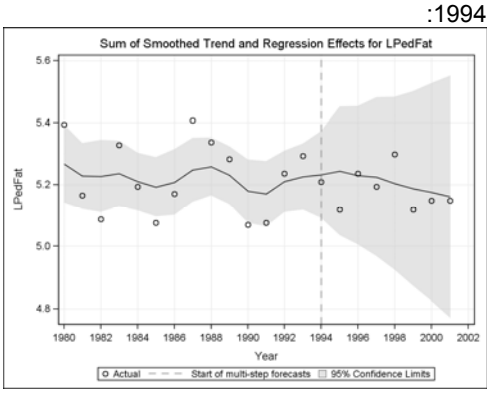
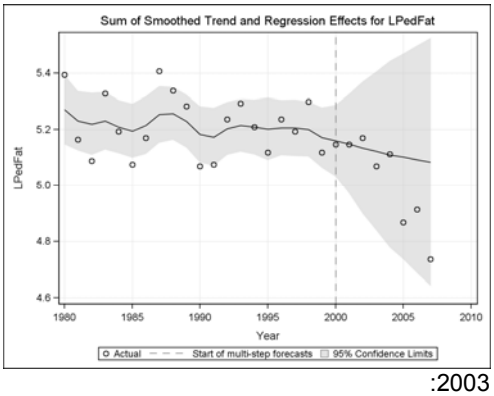
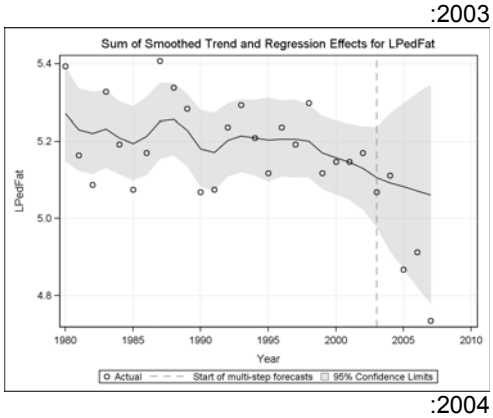
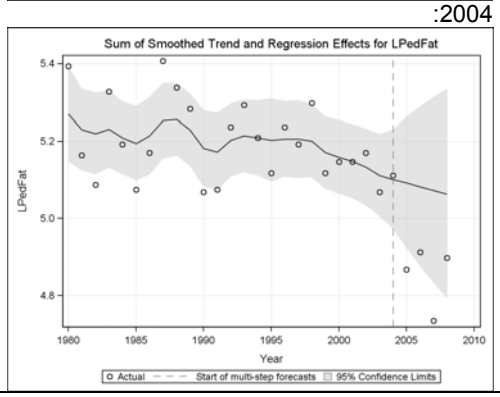
א - הרוגים בשטח לא עירוני ועירוני

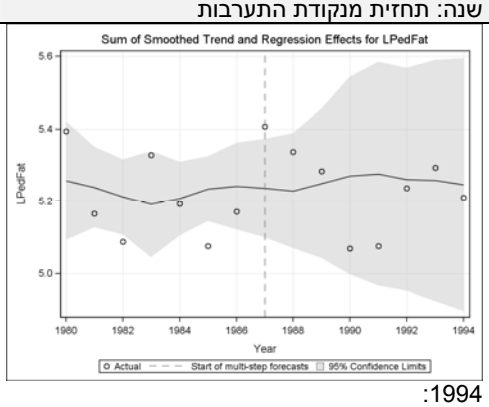
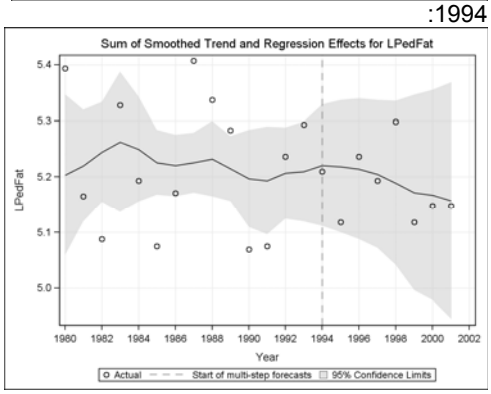
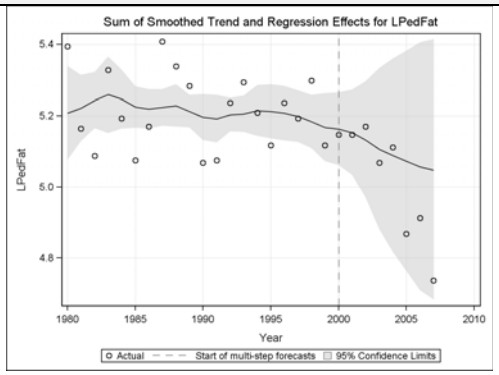
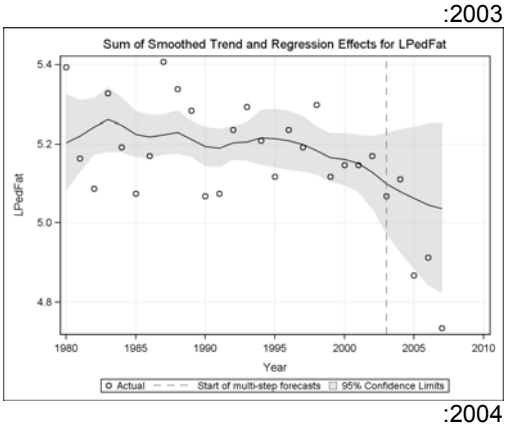
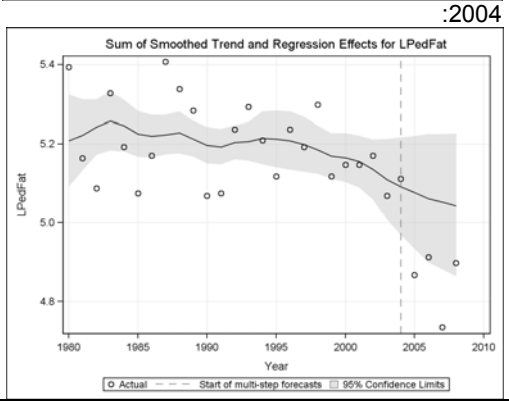
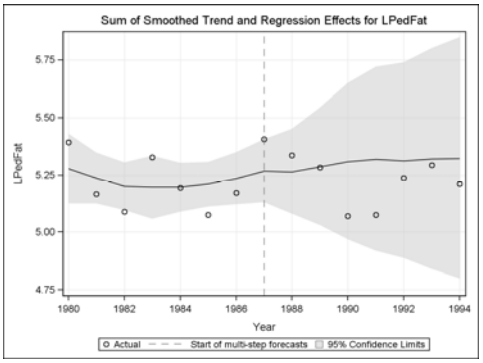
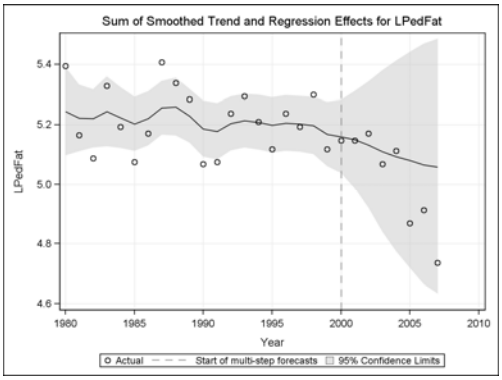
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| .17<br>RurFat_KttRur<br>מספר הרוגים בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית | :1987<br>  <br><br>:1994<br>  <br> | :2000<br>  <br><br>:2003<br>  <br><br>:2004<br>  <br> |
| .18<br>UrbFat_KttUrb<br>מספר הרוגים בדרכים עירוניות ביחס לנסועה עירונית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

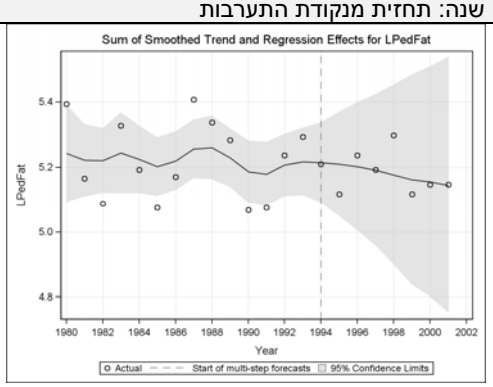
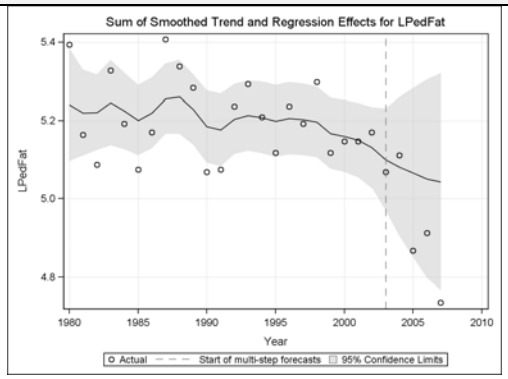
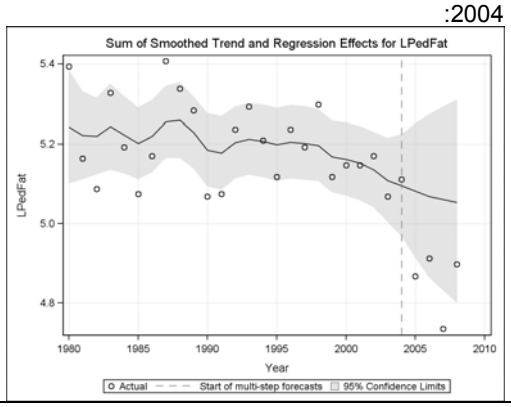
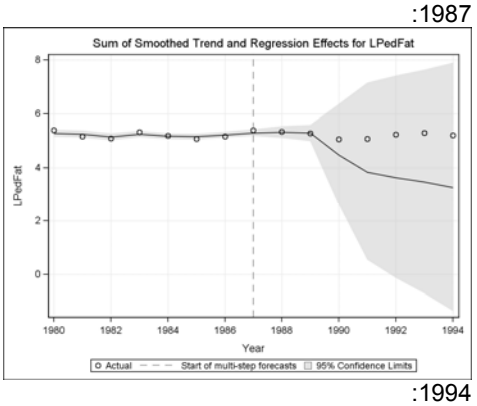
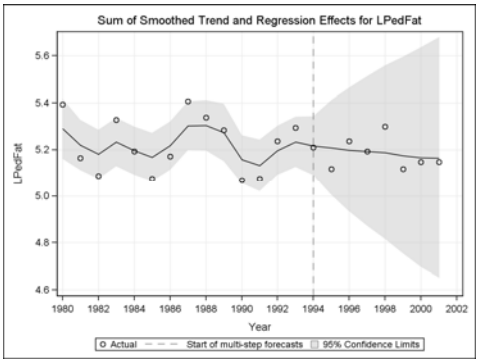
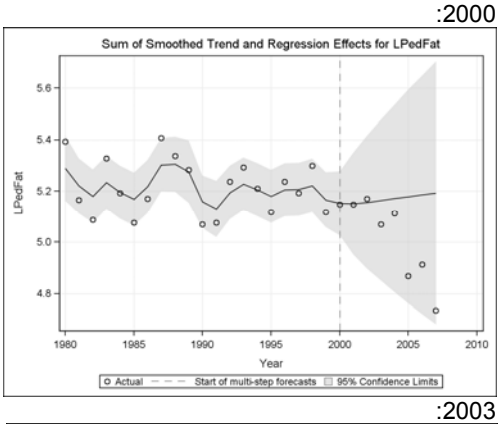
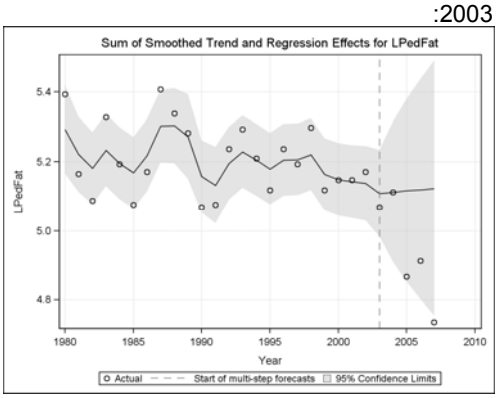
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  |  <br>:2004<br>  |

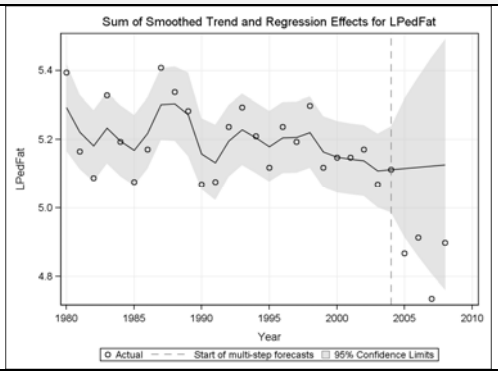
## ב - הרוגים הולכי רגל

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

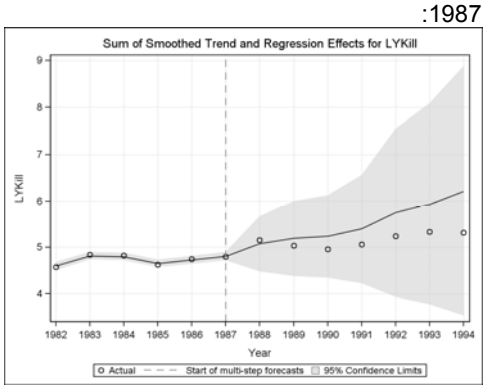
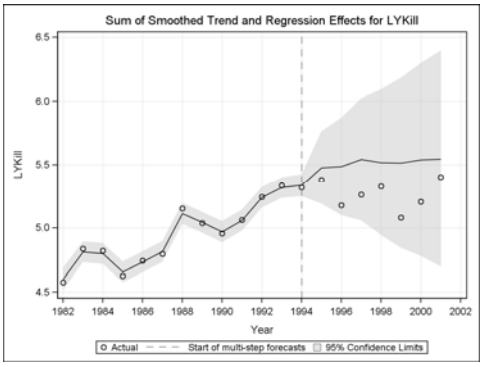
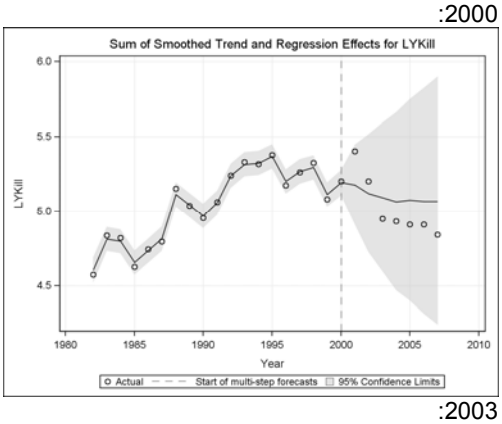
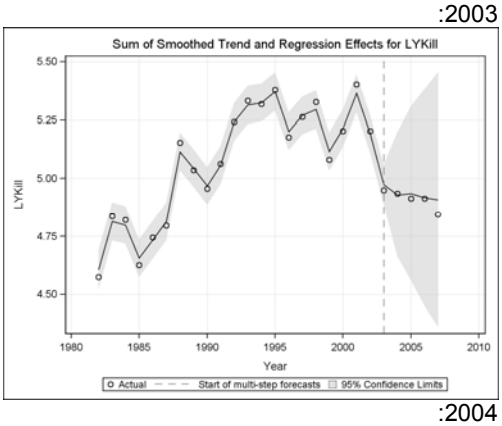
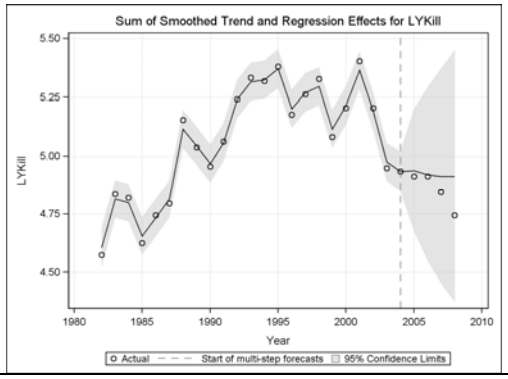
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | |  |
| .20<br>PedFat_KTT<br>הרוגים הולכי רגל<br>ביחס לנסועה<br>השנתית | :1987<br>  <br>:1994<br>  | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .21<br>PedFat_MVT<br>הרוגים הולכי רגל<br>ביחס לסך כלי רכב<br>רשומים במדינה | :1987 | :2000 |

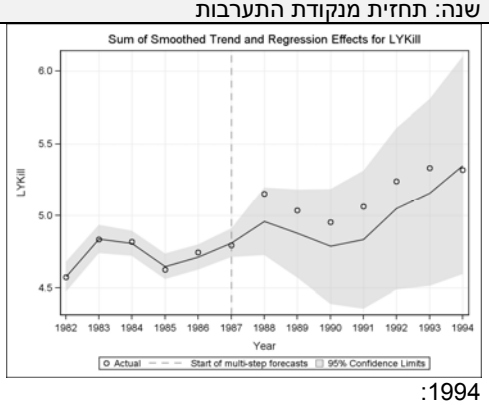
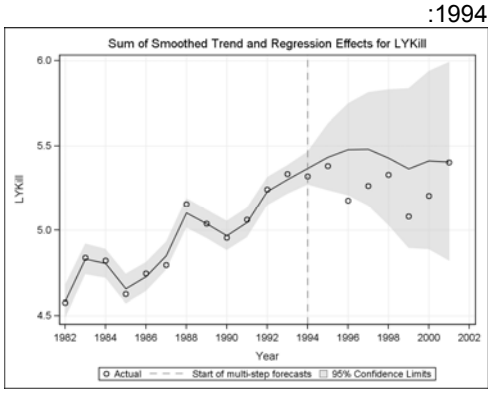
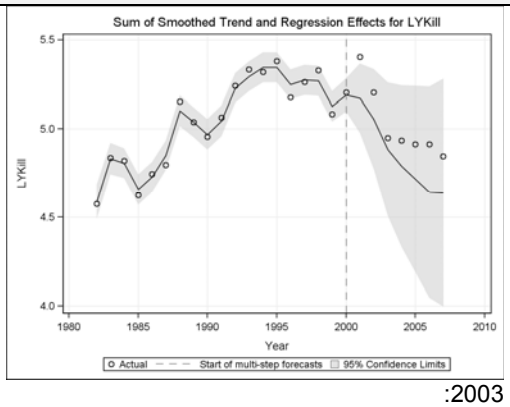
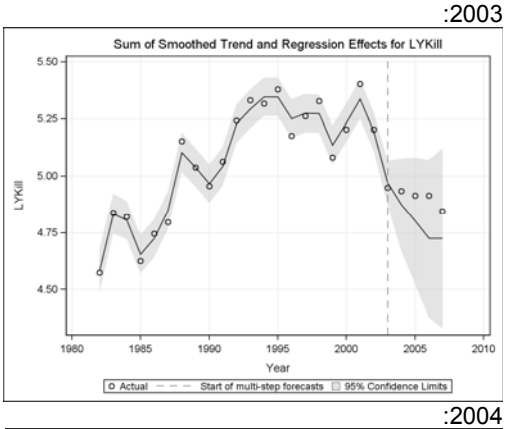
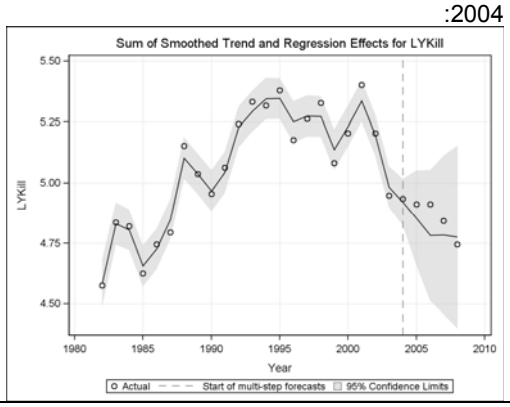
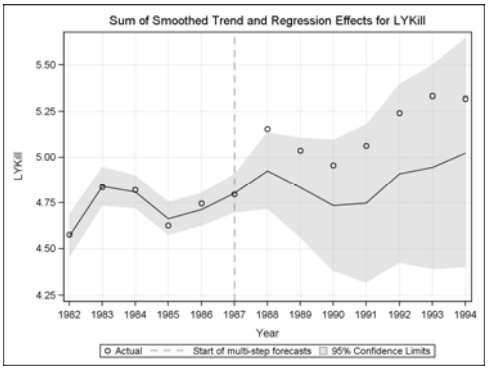
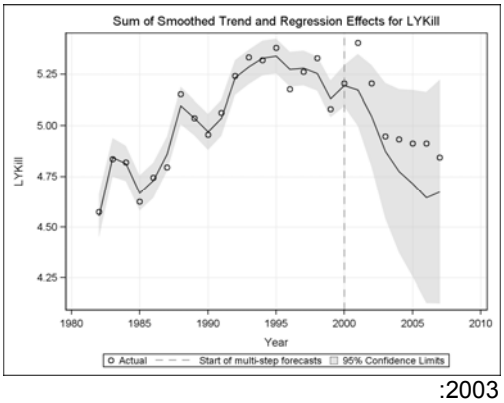
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  <br>:1994<br>  |  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .22<br>PedFat_PVT<br>הרוגים הולכי רגל ביחס לסך כלי רכב פרטיים | :1987<br>  <br>:1994 | :2000<br>  <br>:2003 |

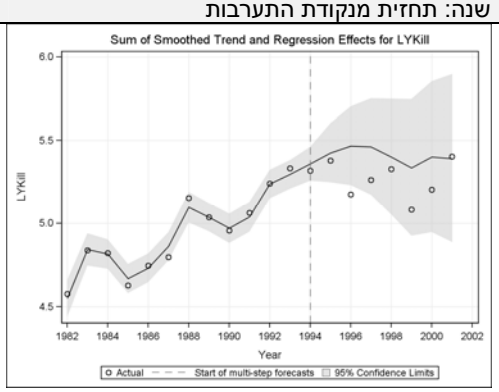
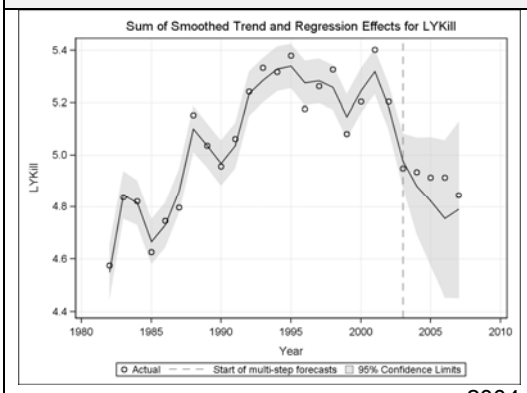
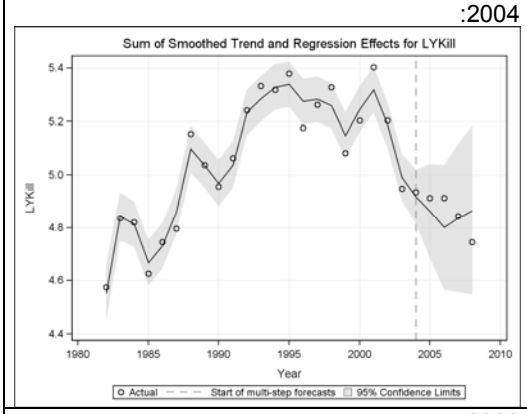
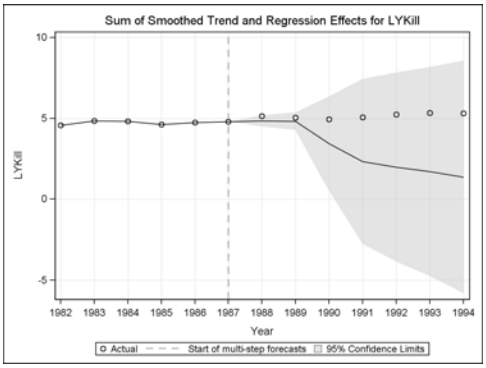
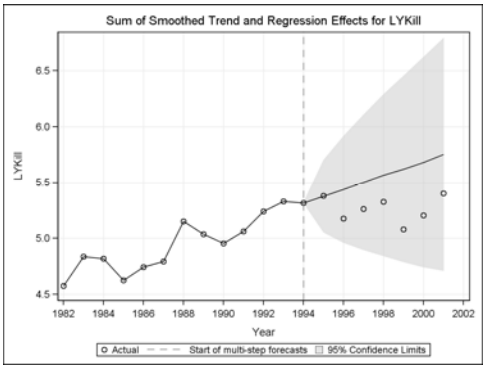
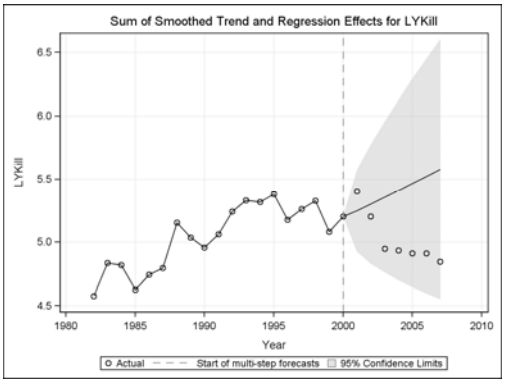
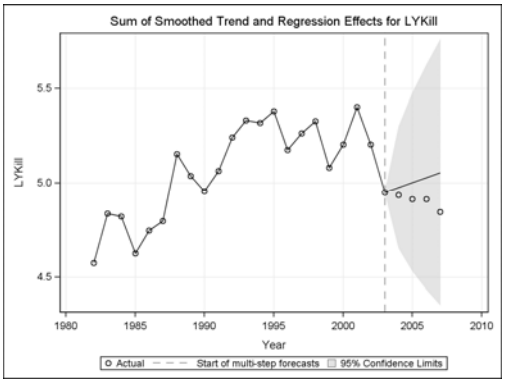
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  |  <br>:2004<br>  |
| .23<br>PedFat_Pop<br>הרוגים הולכי רגל<br>ביחס לגודל<br>האוכלוסיה | :1987<br>  <br>:1994<br>  | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004 |

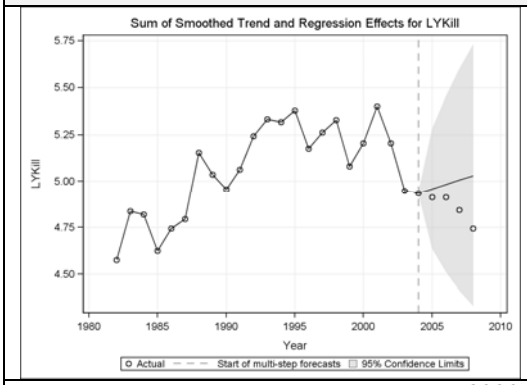
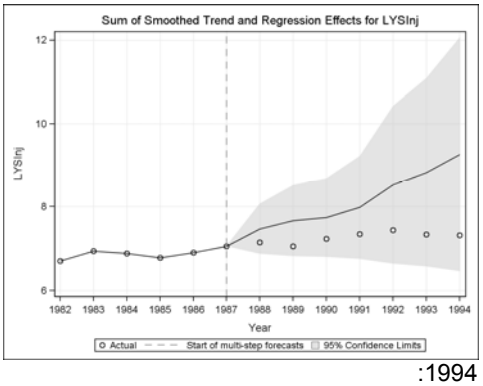
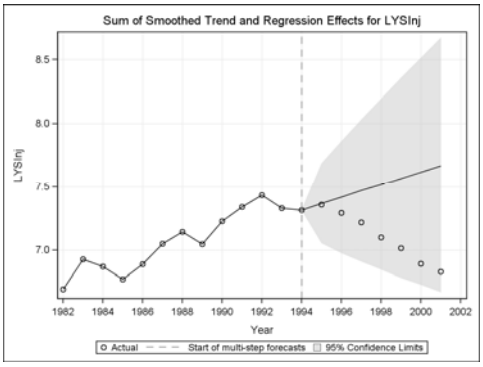
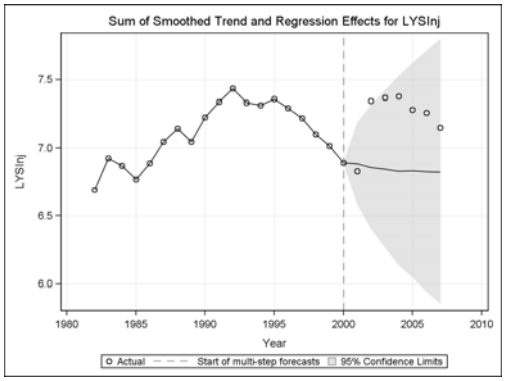
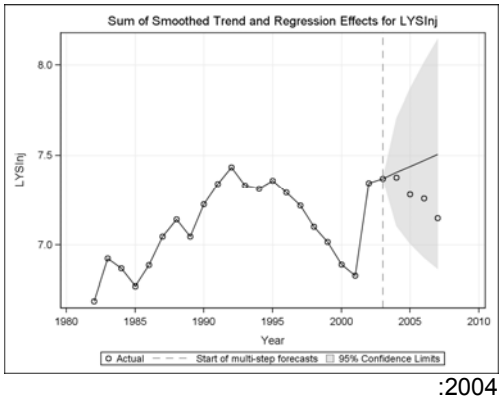
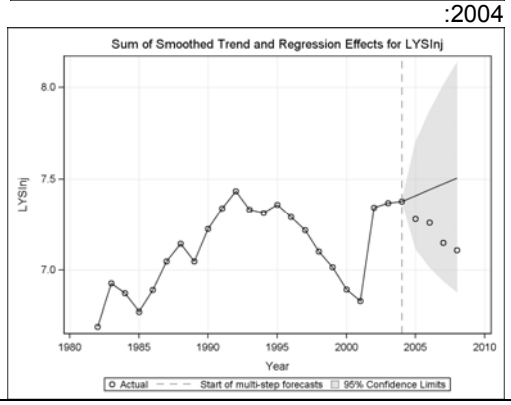
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | |  |

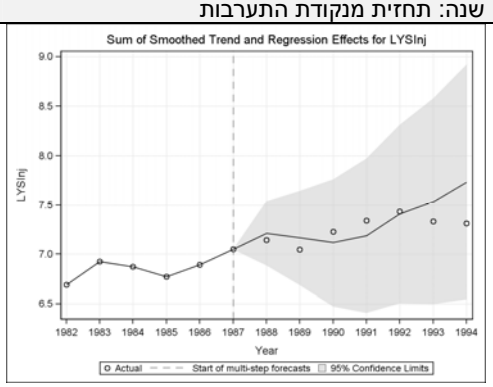
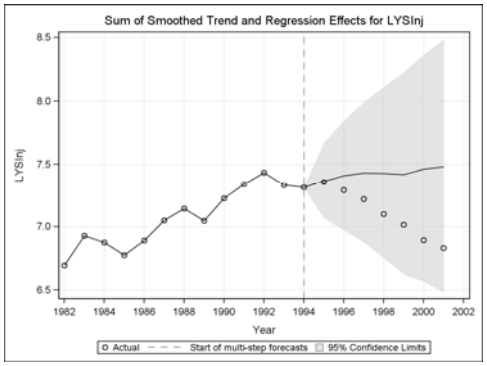
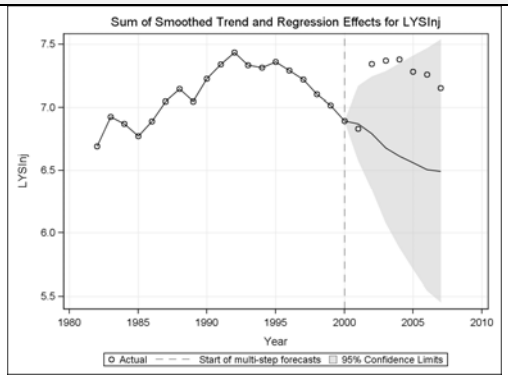
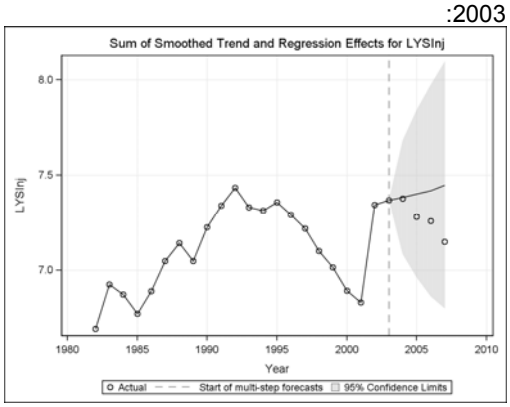
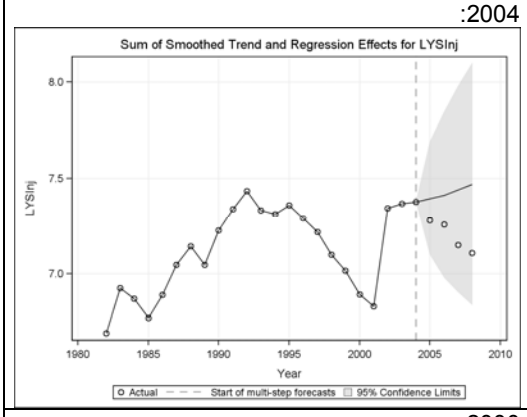
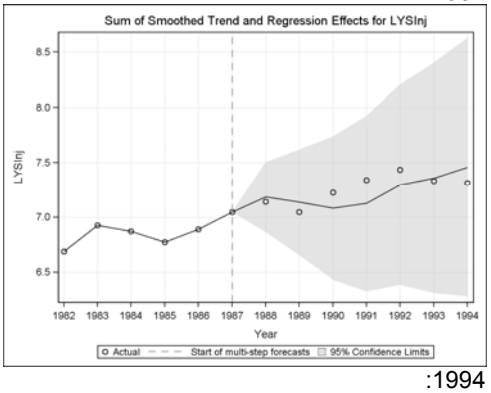
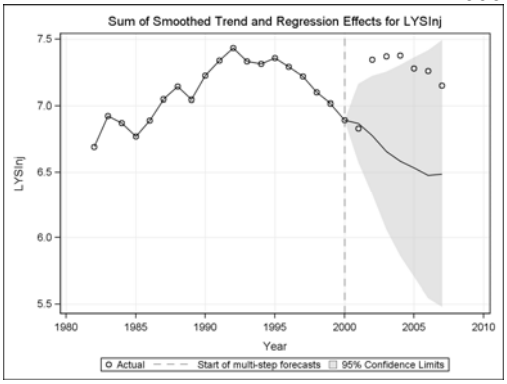
## ג - נהגים צעירים הרוגים ופצועים קשה

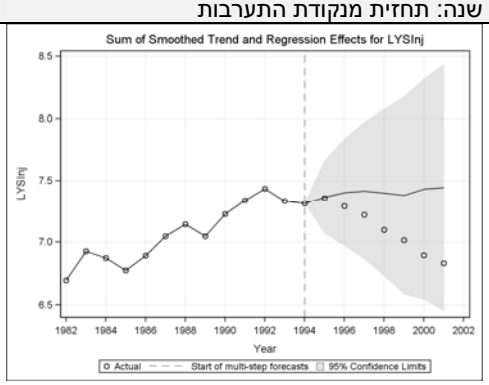
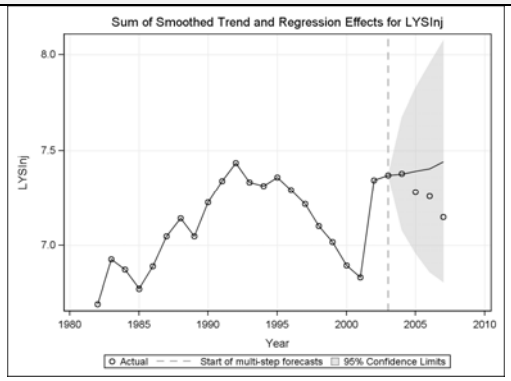
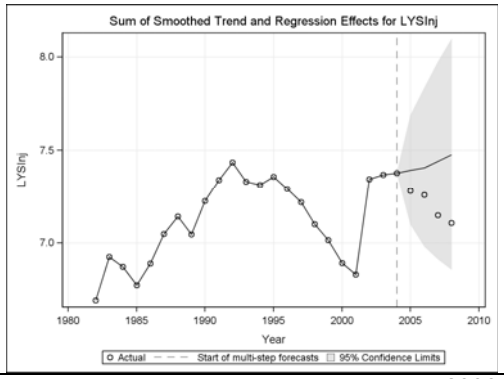
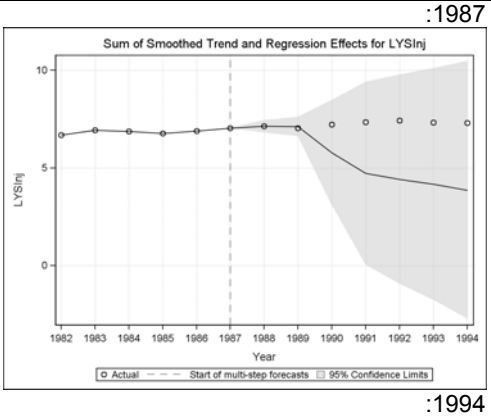
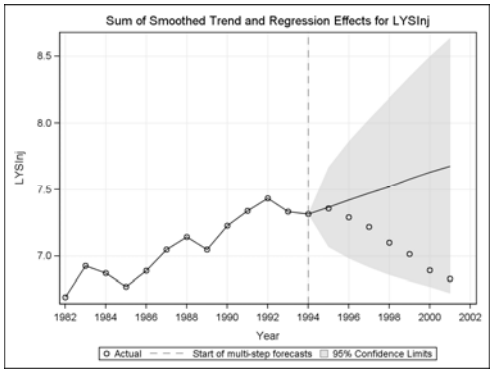
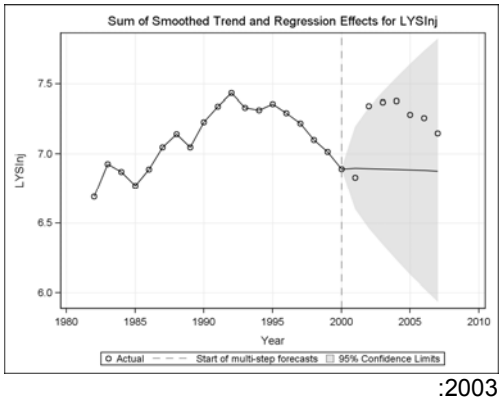
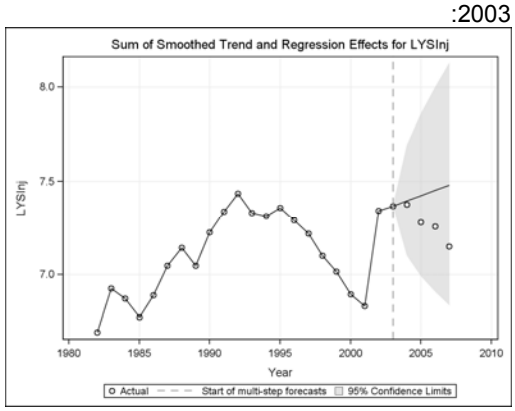
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| .24<br>YKill_KTT<br>הרוגים נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית | :1987<br>  <br>:1994<br>  | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .25<br>YKill_MVT<br>הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים | :1987 | :2000 |

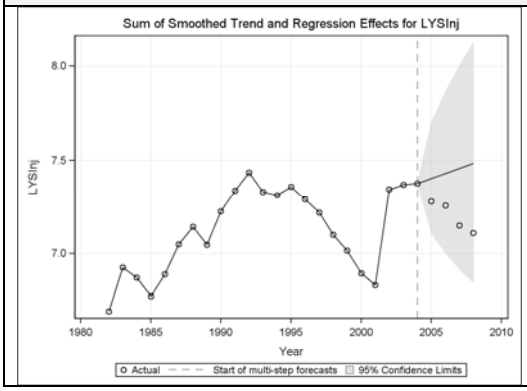
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  <br>:1994<br>  |  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .26<br>YKill_PVT<br>הרוגים נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים | :1987<br>  <br>:1994 | :2000<br>  <br>:2003 |

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

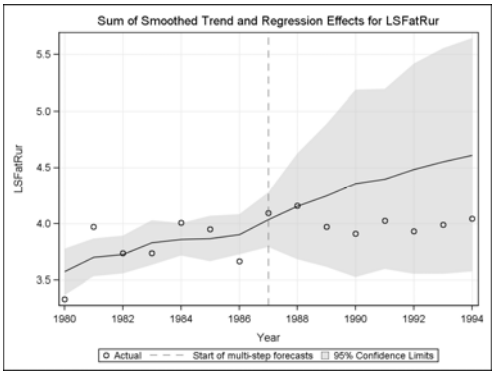
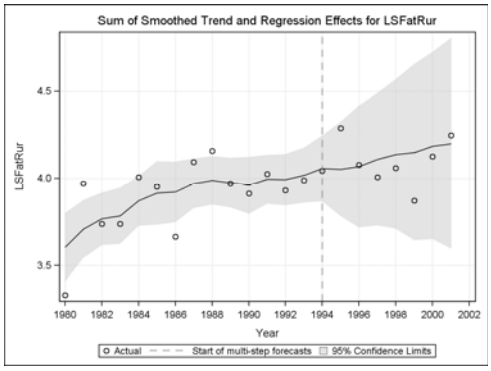
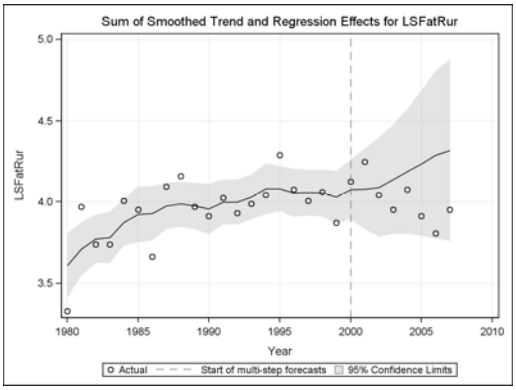
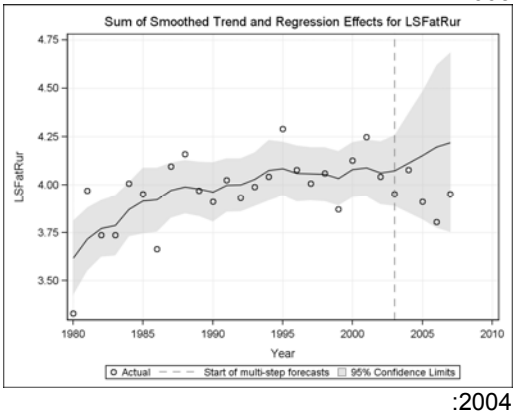
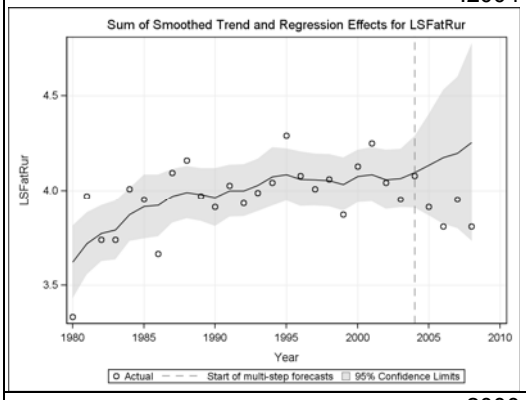
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | |  |
| .28<br>YSInj_KTT<br>נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לנסועה השנתית | :1987<br>  <br>:1994<br>  | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .29<br>YSInj_MVT<br>נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב רשומים | :1987 | :2000 |

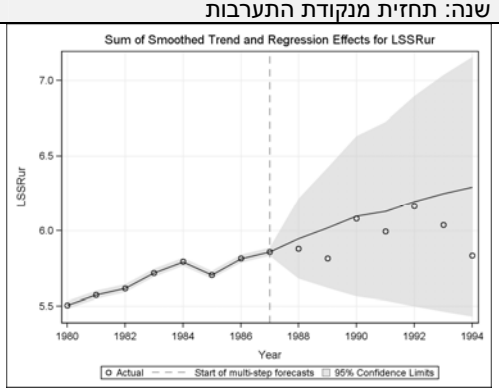
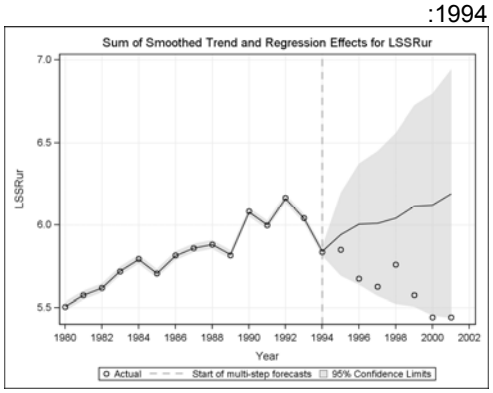
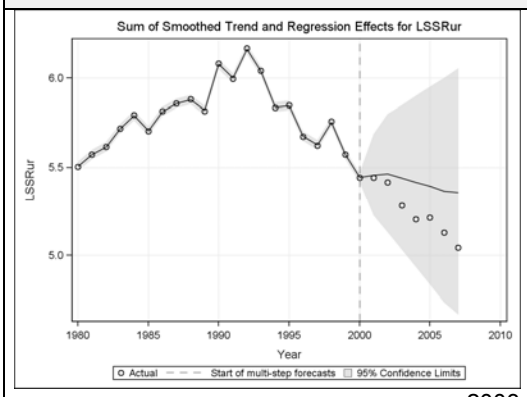
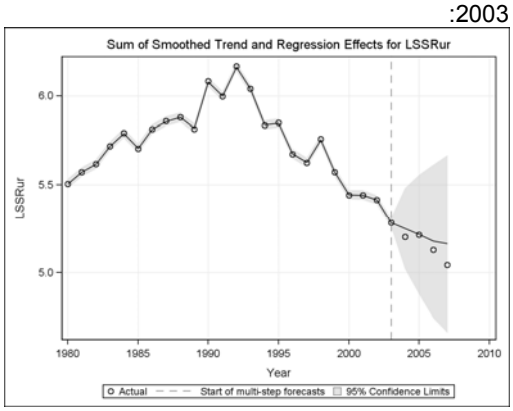
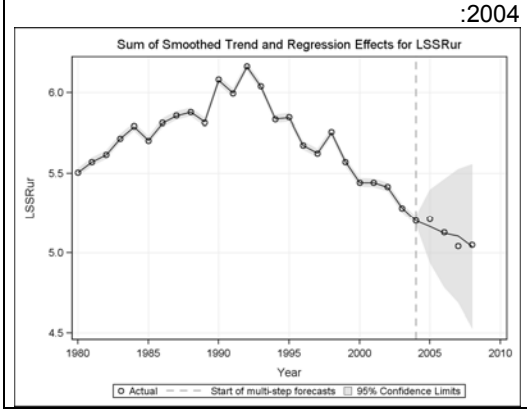
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  <br>:1994<br>  |  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .30<br>YSInj_PVT<br>נפגעים קשה נהגים צעירים ביחס לסך כלי רכב פרטיים | :1987<br>  <br>:1994 | :2000<br>  <br>:2003 |

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

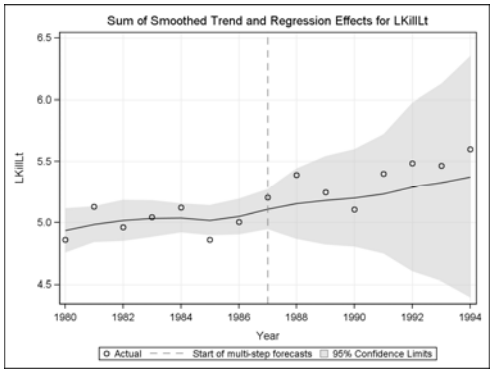
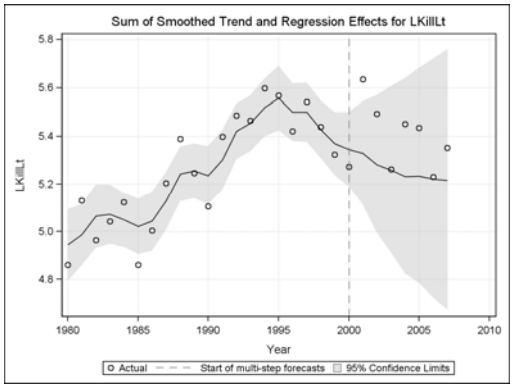
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | |  |

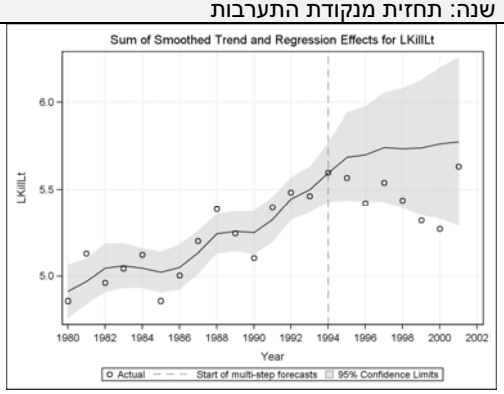
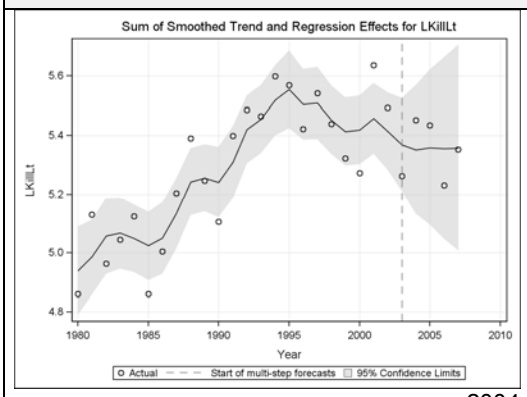
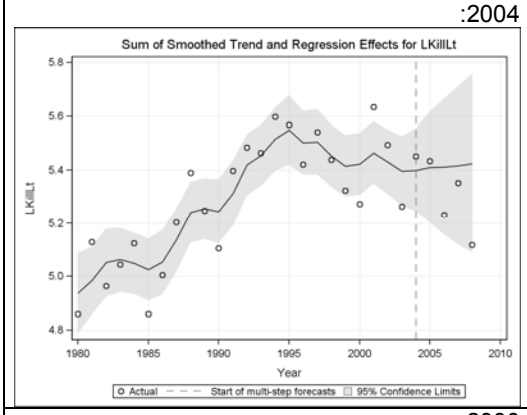
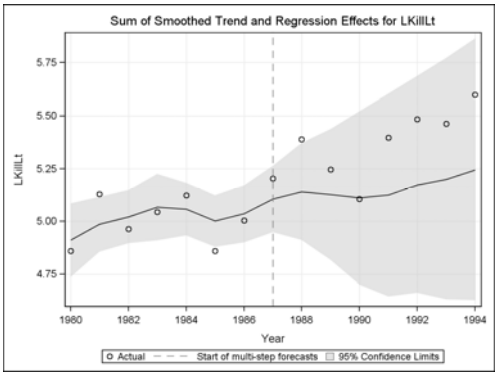
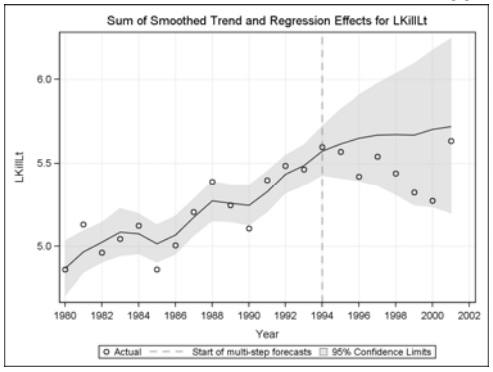
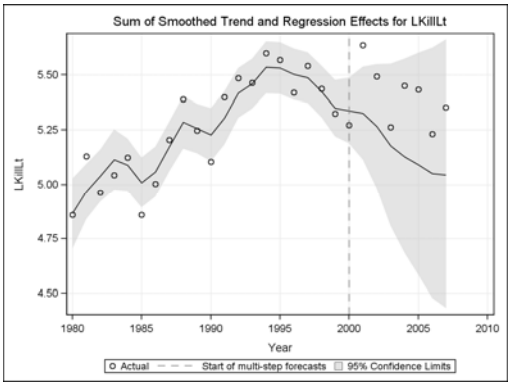
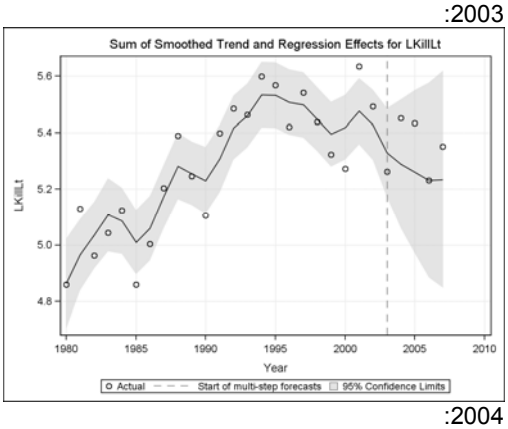
## ד - תאונות רכב יחיד קטלניות וקשות, בדרכים לא עירוניות

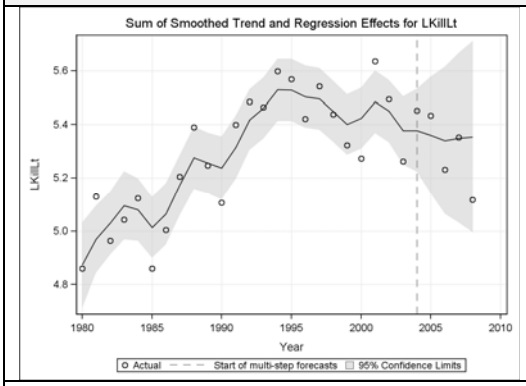
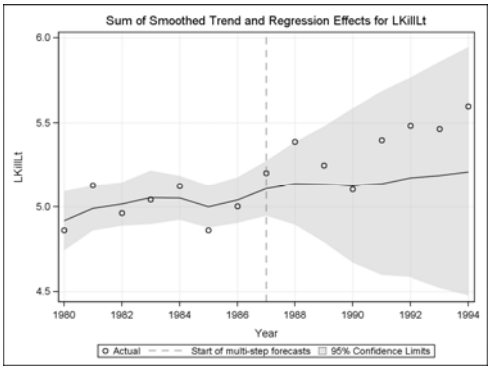
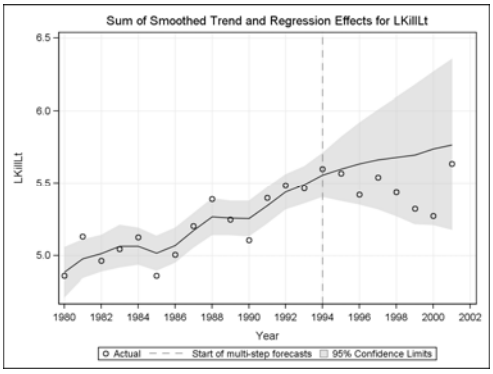
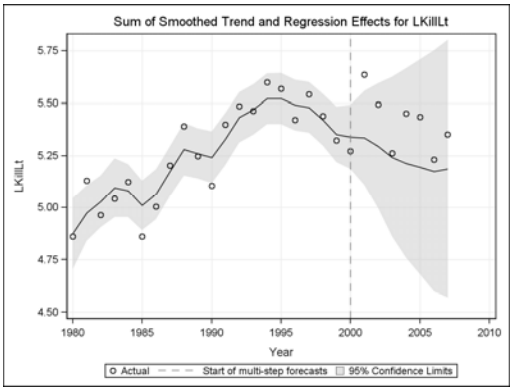
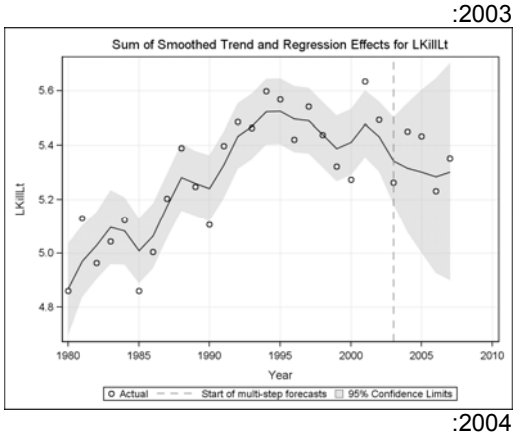
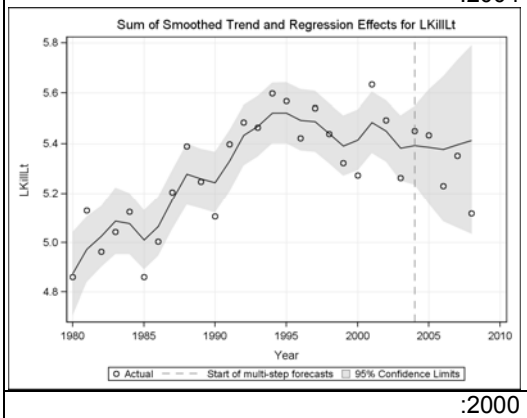
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| .32 SFatRur_KttRur תאונות קטלניות עם רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית | :1987  :1994  | :2000  :2003  :2004  |
| .33 SSRur_KttRur תאונות קשות עם | :1987 | :2000 |

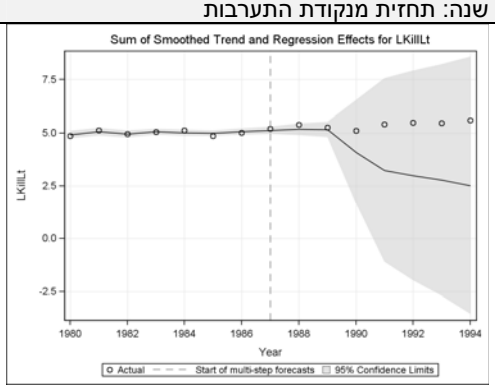
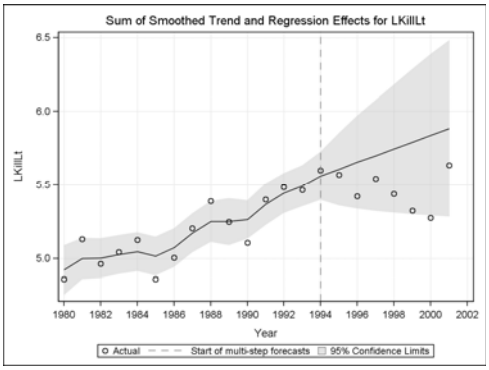
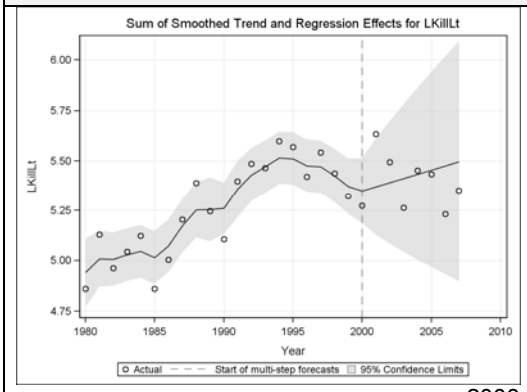
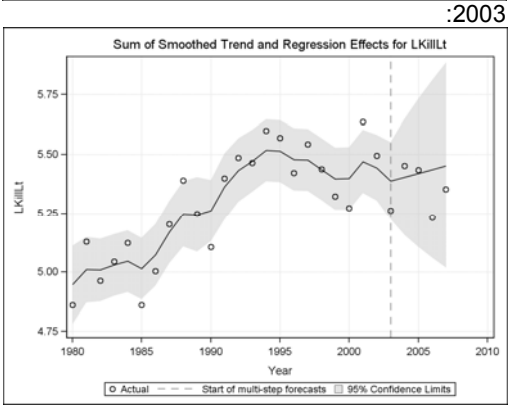
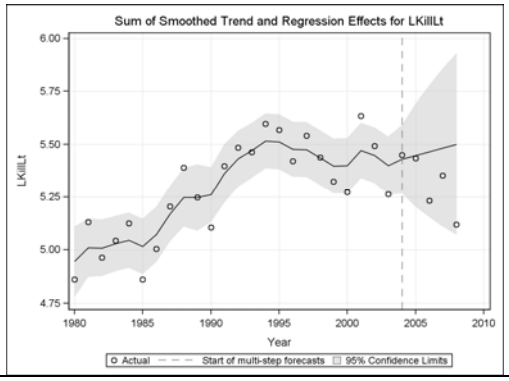
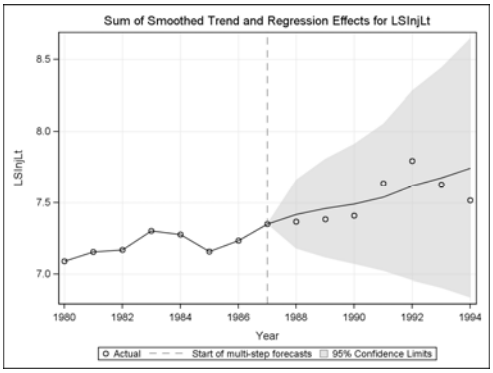
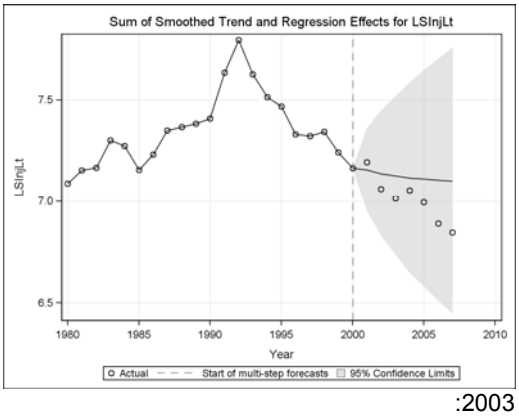
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| רכב יחיד בדרכים לא עירוניות ביחס לנסועה לא עירונית |  <br>:1994<br>  |  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |

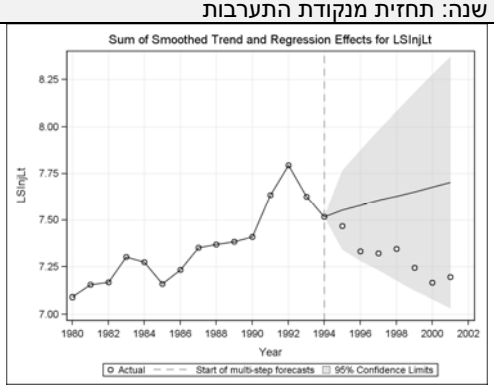
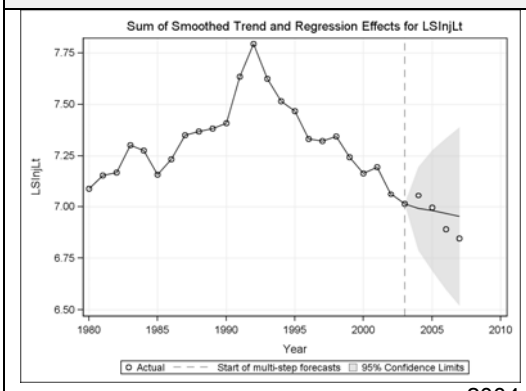
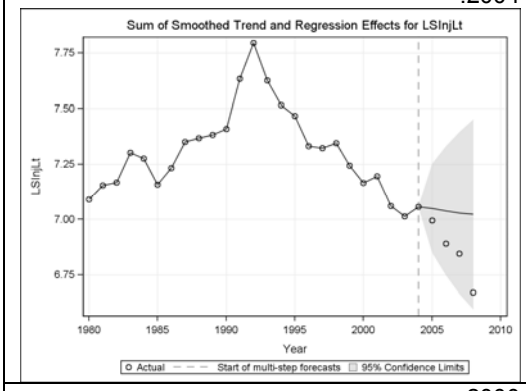
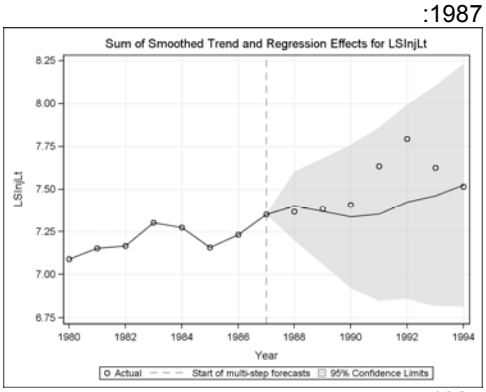
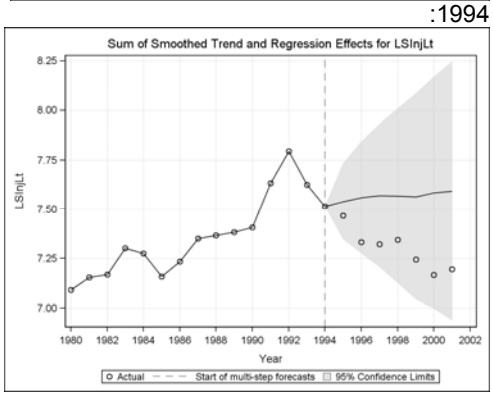
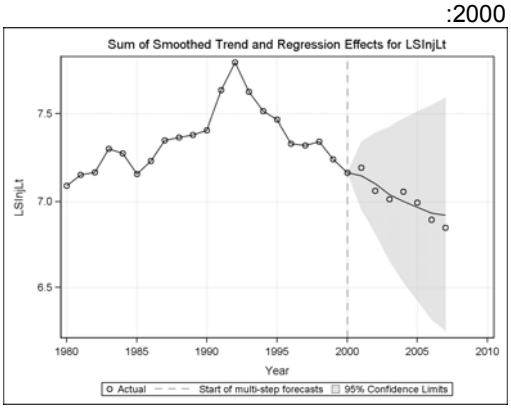
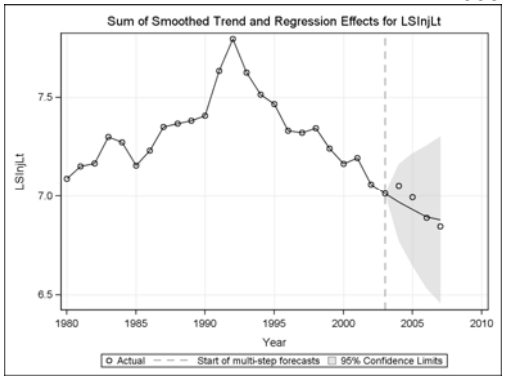
## ה - הרוגים ונפגעים ברכב קל

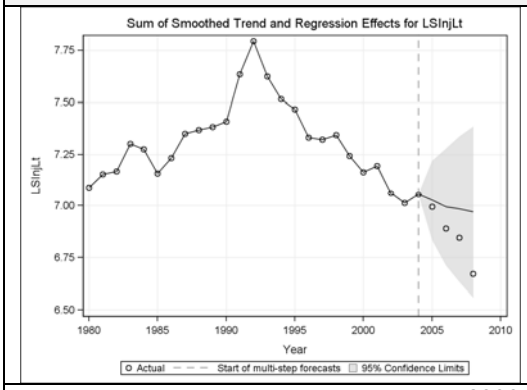
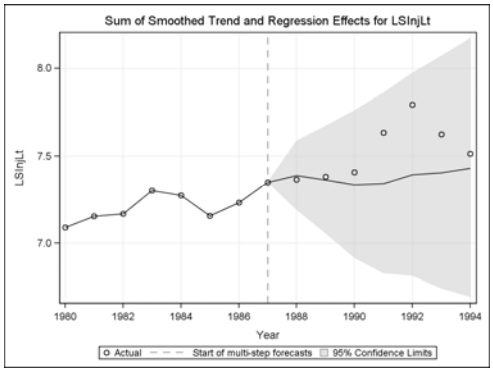
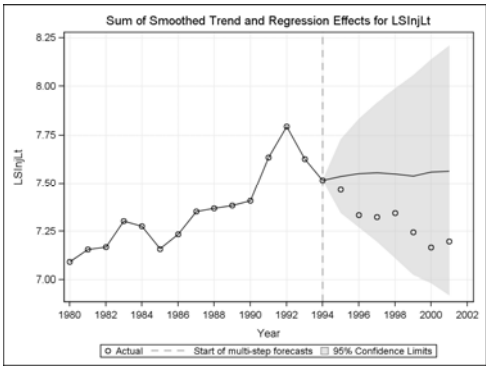
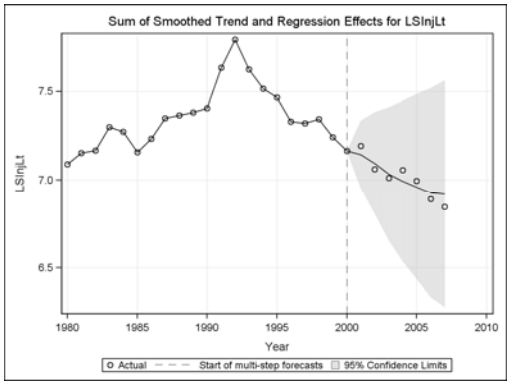
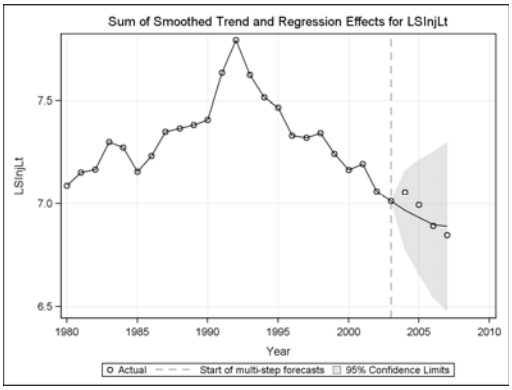
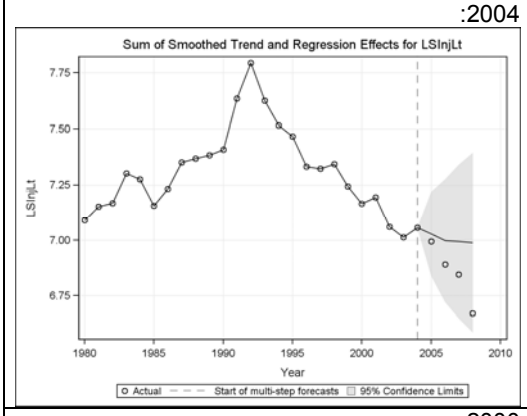
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| .34 KillLt_KTT הרוגים ברכב קל ביחס לנסועה השנתית | :1987<br>  <br>:1994 | :2000<br>  <br>:2003 |

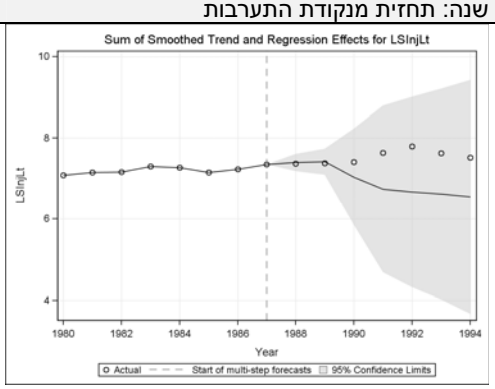
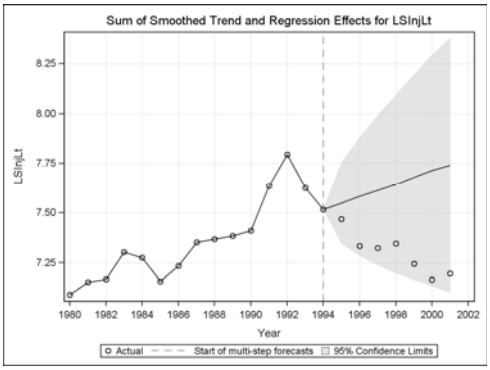
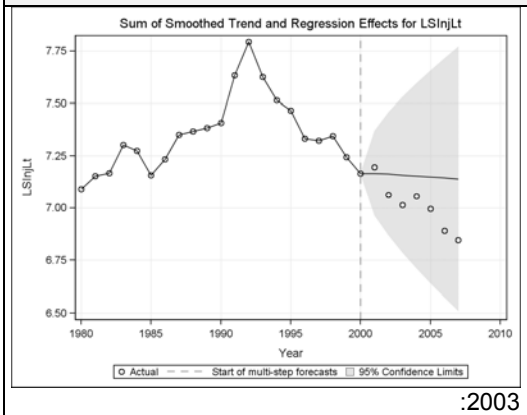
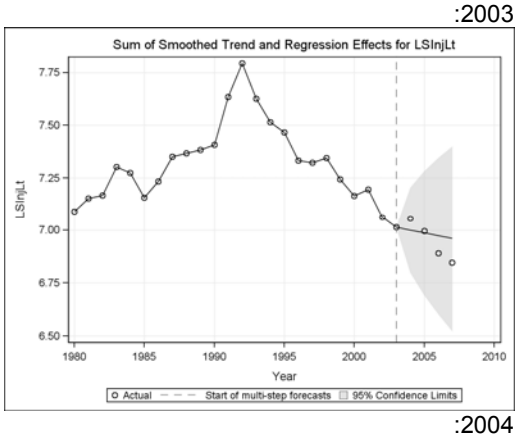
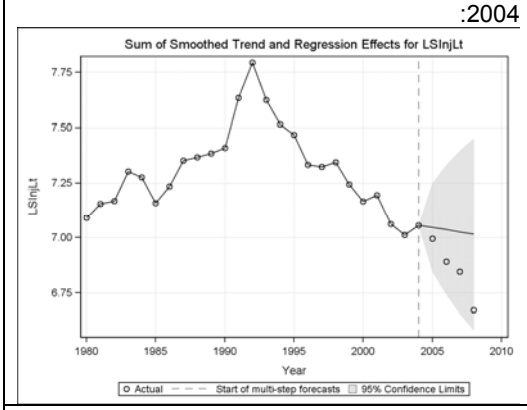
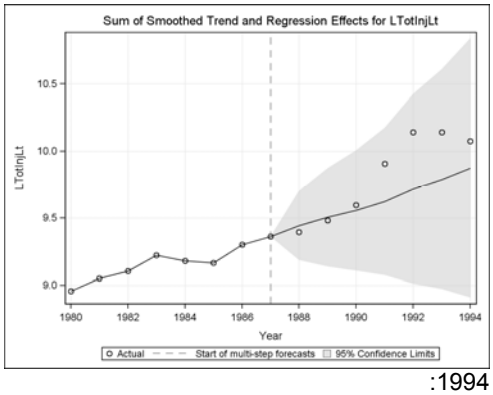
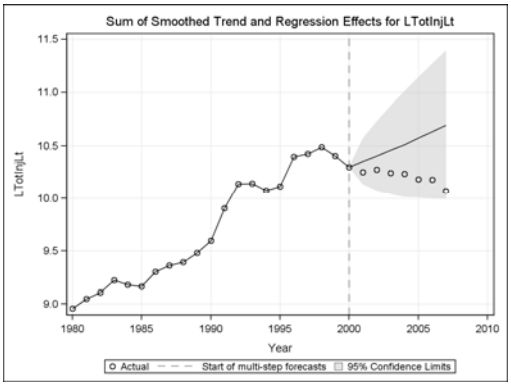
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  |  <br>:2004<br>  |
| .35<br>KillLt_MVT<br>הרוגים ברכב קל ביחס לסך כלי רכב רשומים | :1987<br>  <br>:1994<br>  | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004 |

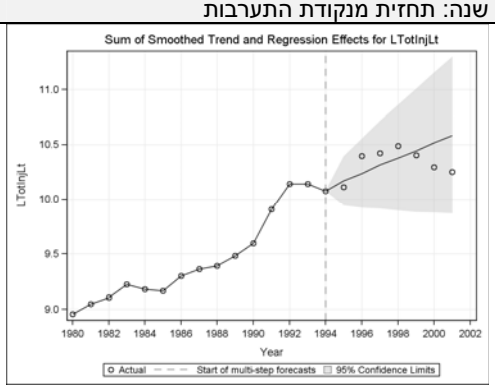
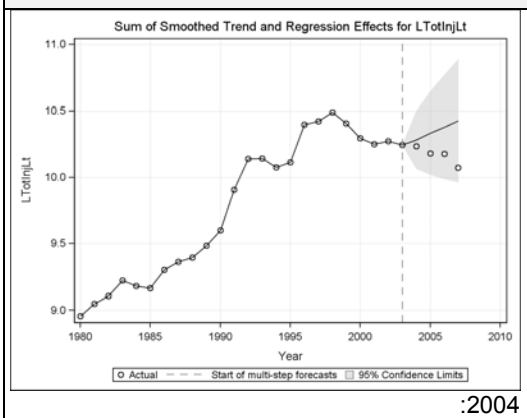
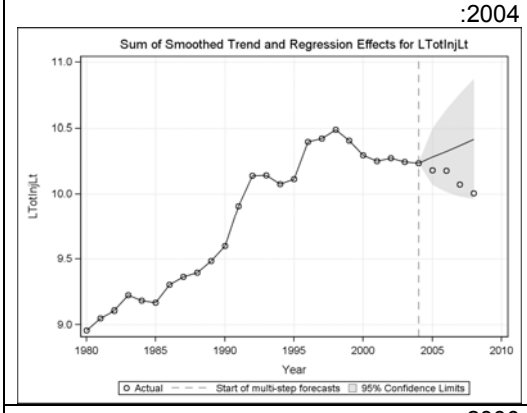
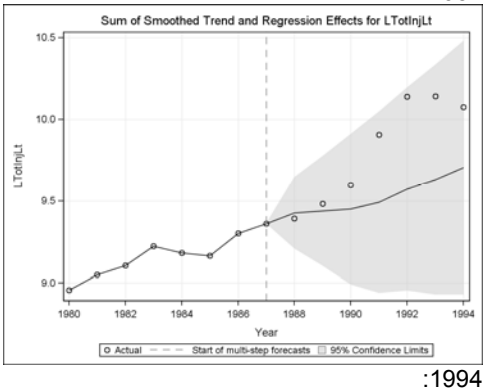
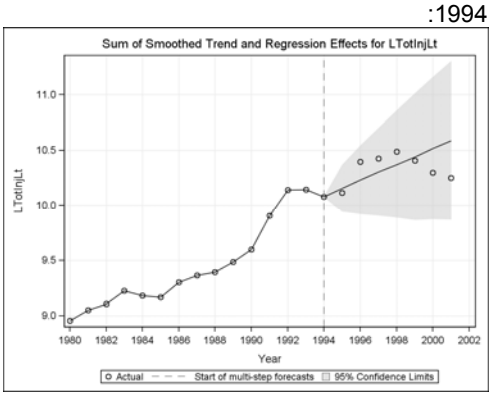
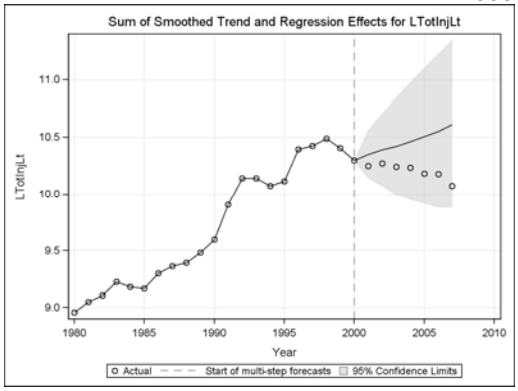
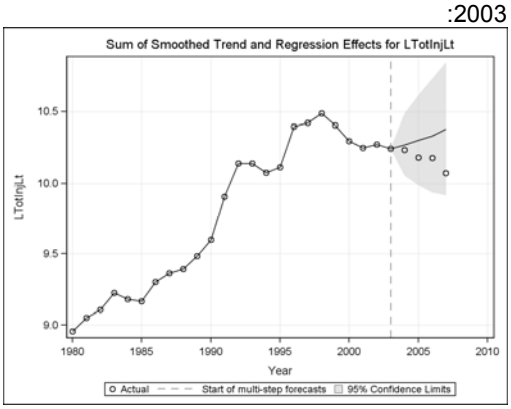
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| | |  |
| .36<br>KillLt_PVT<br>הרוגים ברכב קל<br>ביחס לסך כלי רכב<br>פרטיים | :1987<br>  <br>:1994<br>  | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .37<br>KillLt_Pop<br>הרוגים ברכב קל<br>ביחס לגודל<br>האוכלוסיה | :1987 | :2000 |

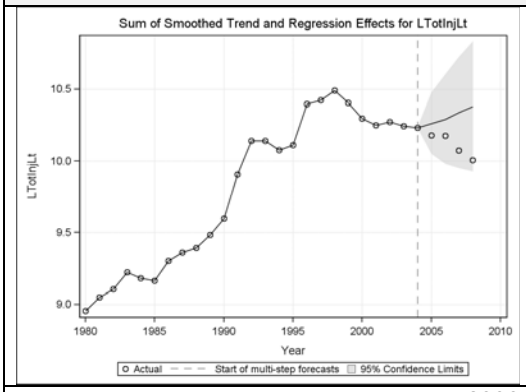
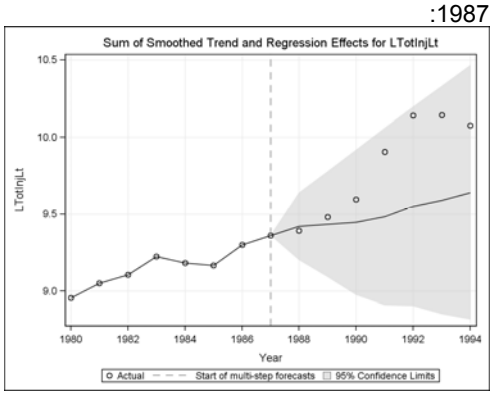
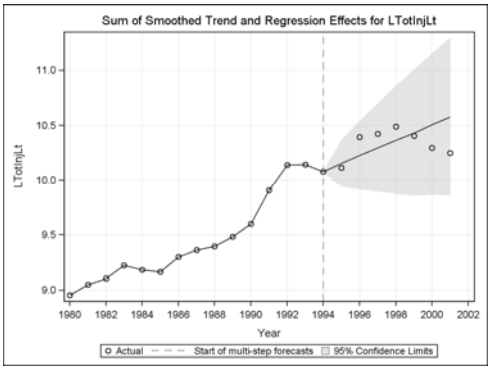
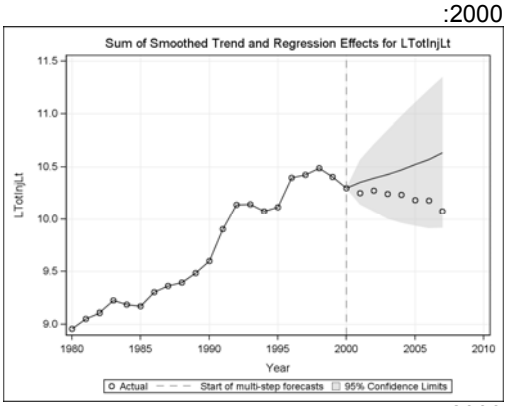
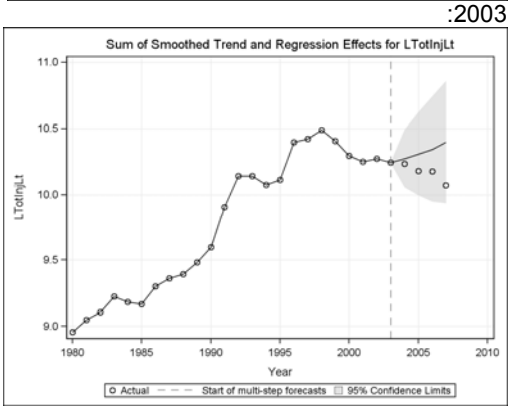
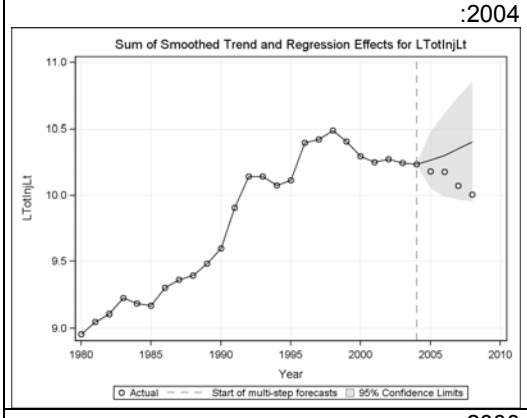
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  <br>:1994<br>  |  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |
| .38<br>SInjLt_KTT<br>נפגעים קשה ברכב<br>קל ביחס לנסועה<br>השנתית | :1987<br>  <br>:1994 | :2000<br>  <br>:2003 |

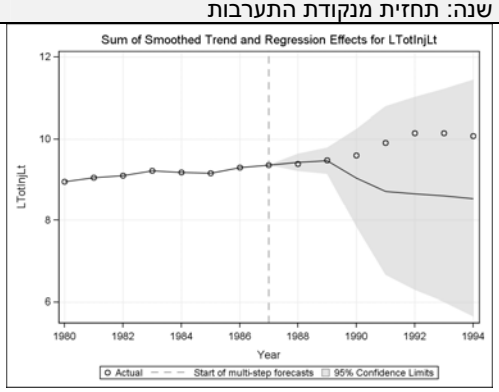
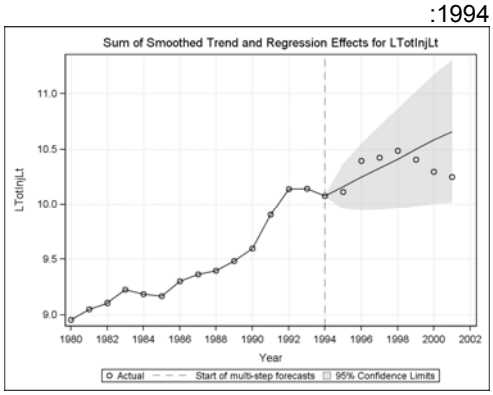
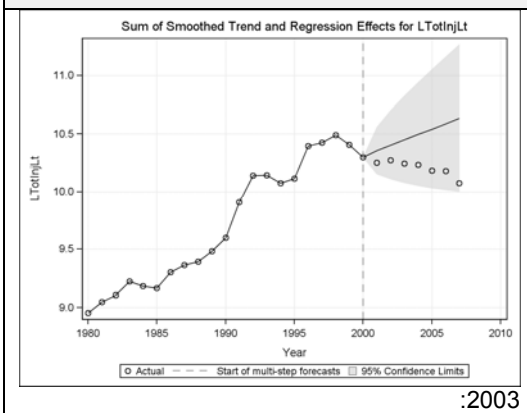
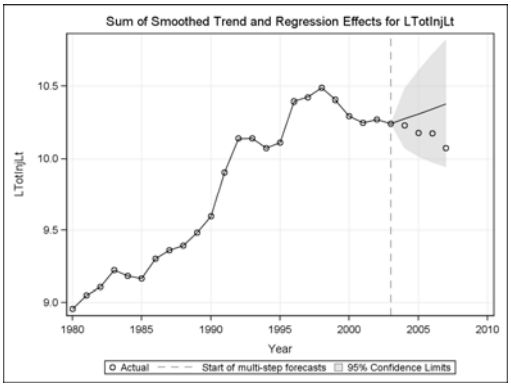
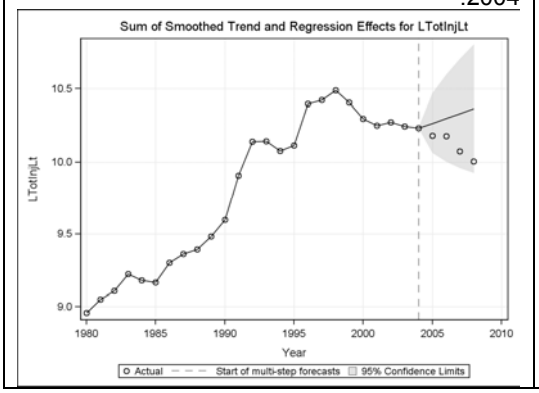
| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  |  <br>:2004<br>  |
| .39<br>SInjLt_MVT<br>נפגעים קשה ברכב<br>קל ביחס לסך כלי<br>רכב רשומים | :1987<br>  <br>:1994<br>  | :2000<br>  <br>:2003<br>  <br>:2004 |

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

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

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

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

| סדרה | שנה: תחזית מנקודת התערבות | |
|---|---|---|
| |  <br>:1994<br>  |  <br>:2003<br>  <br>:2004<br>  |

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<br>סך מספר ההרוגים ביחס לנסועה השנתית | 1974, 2004 | 1987, 1994, 2003 | 2000 | 1970-2008 |
| 2. TotALLInj_KTT<br>סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לנסועה השנתית | 2000, 2003, 2004 | 1994 | 1974, 1987 | 1970-2008 |
| 3. SSInj_KTT<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לנסועה השנתית | 2000, 2003, 2004 | 1994 | 1974, 1987 | 1970-2008 |
| 4. TotInj_KTT<br>סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לנסועה השנתית | 2000, 2003, 2004 | 1994 | 1974, 1987 | 1970-2008 |
| 5. TotFat_MVT<br>סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 1974, 2004 | 1987, 1994, 2003 | 2000 | 1951-2008 |
| 6. TotALLInj_MVT<br>סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 1974, 2000, 2003, 2004 | 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 7. SSInj_MVT<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 2000, 2003, 2004 | 1974, 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 8. TotInj_MVT<br>סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב רשומים במדינה | 2000, 2003, 2004 | 1974, 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 9. TotFat_PVT<br>סך מספר ההרוגים ביחס לסך כלי רכב פרטיים | 1974, 2004 | 1987, 1994, 2003 | 2000 | 1951-2008 |
| 10. TotALLInj_PVT<br>סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לסך כלי רכב פרטיים | 2000, 2003, 2004 | 1974, 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 11. SSInj_PVT<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לסך כלי רכב פרטיים | 2000, 2003, 2004 | 1974, 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 12. TotInj_PVT<br>סך מספר התאונות עם נפגעים ביחס לסך כלי רכב פרטיים | 2000, 2003, 2004 | 1974, 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 13. TotFat_Pop<br>סך מספר ההרוגים ביחס לגודל האוכלוסיה | 1974, 1994, 2004 | 1987, 2000, 2003 | -- | 1951-2008 |
| 14. TotALLInj_Pop<br>סך מספר הנפגעים בתאונות ביחס לגודל האוכלוסיה | 2000, 2003, 2004 | 1974, 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 15. SSInj_Pop<br>סך מספר הנפגעים באורח קשה וקל ביחס לגודל האוכלוסיה | 2000, 2003, 2004 | 1974, 1994 | 1987 | 1951-2008 |
| 16. TotInj_Pop<br>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.

## 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.

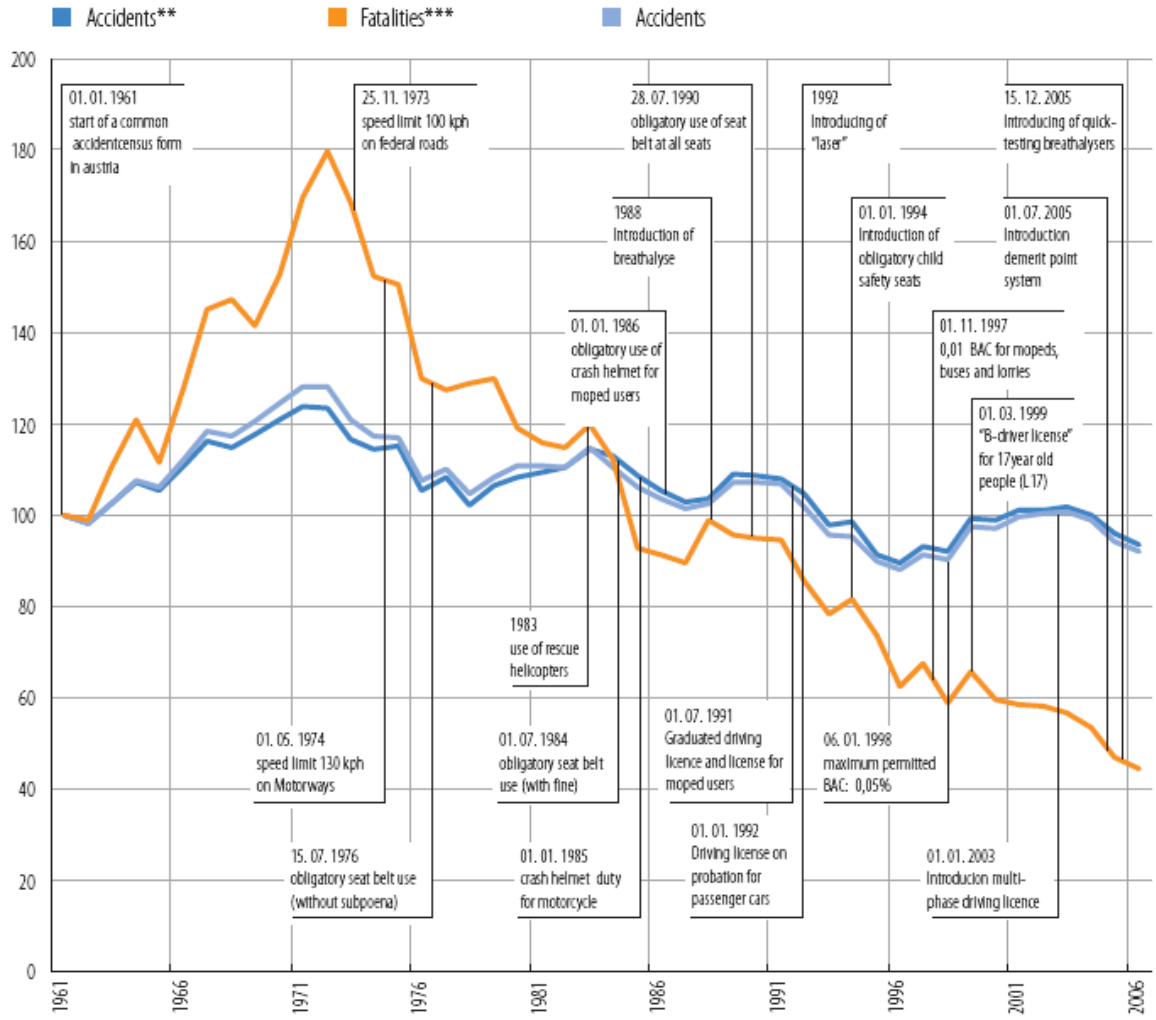
59. Voas, R.B., Fell, J.C., Tippetts, A.S., Blackman, K., Nichols, J.L. (2007). Impact of primary safety belt laws on alcohol-related front-seat occupant fatalities: five case studies. Traffic Injury Prevention 8 (3), 232-243.

## 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.

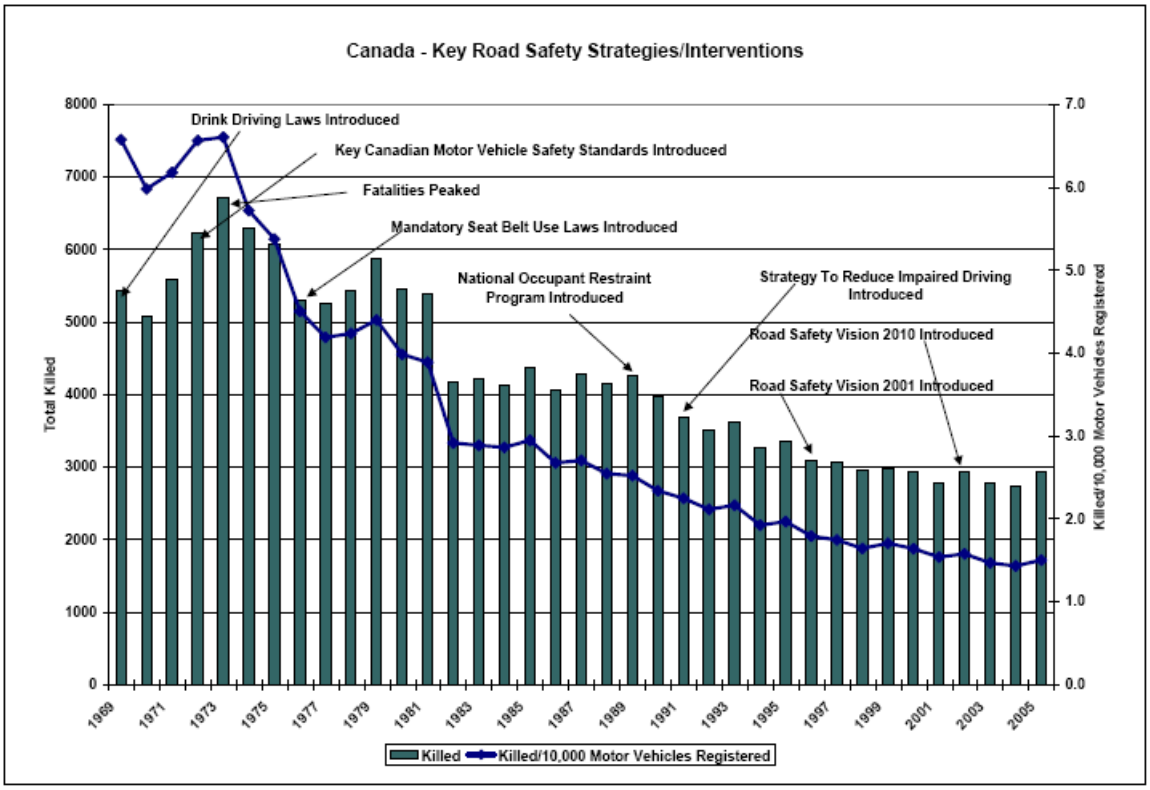
טבלה א.3. אחוז ההפחתה במספר הנפגעים כתוצאה מחובת חגירת חגורות בטיחות

| 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

| | | דוד שנער | דן לינק | 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 |

| | | דוד שנער | דן לינק | 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** |
|---|---|---|
| | | **דוד שנער** |
| 1 | הקמת הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים – עם תקציב ייעודי משמעותי | 2007 |
| 2 | החרפת האכיפה בגין שתייה ונהיגה | 2007 |
| | | **דן לינק** |
| 3 | פסי האטה | 1988 +/-<br>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

| Year | 4 series to be explained | | | | Indices of exposure | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **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.

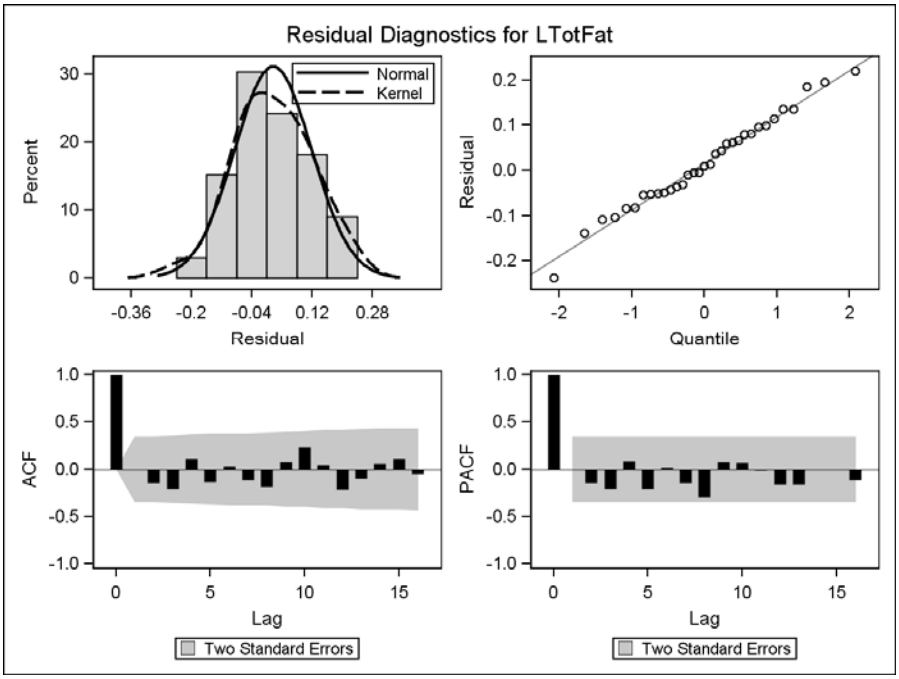
***1: dep=LTotFat  exposure=LKTT***

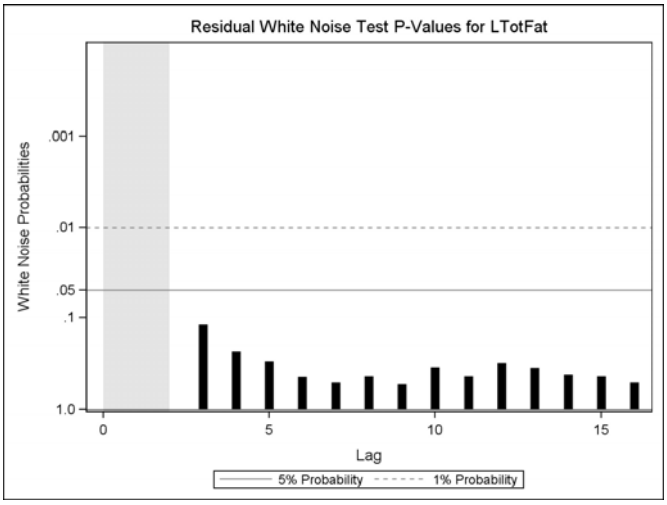
***The UCM Procedure***

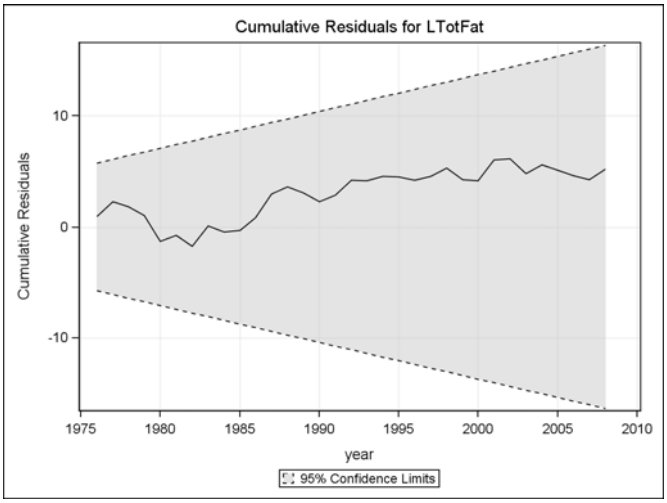
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 0.00028386 | 0.0016482 | 0.17 | 0.8633 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00806 | 0.0038321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

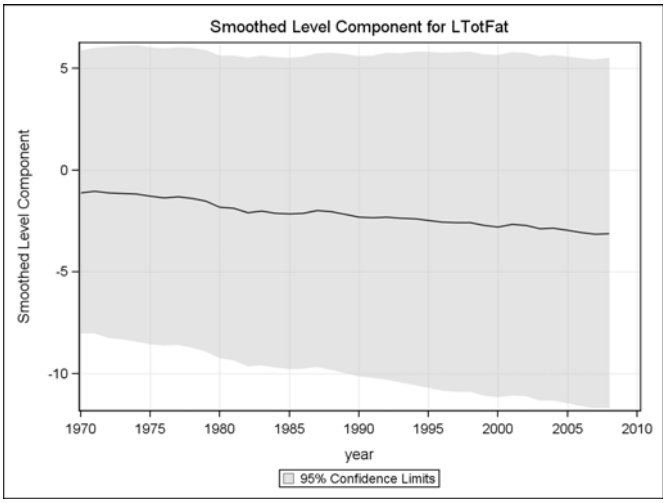
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.03 | 0.8573 |
| *Level* | 1 | 0.53 | 0.4651 |
| *Slope* | 1 | 4.12 | 0.0424 |

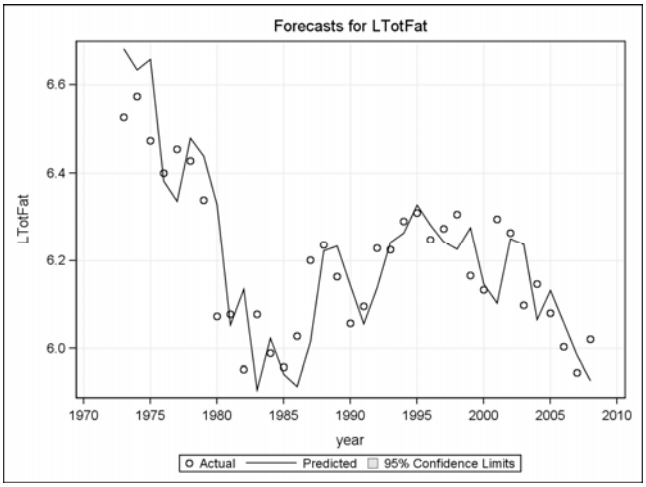
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.01076 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.10375 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 1.32527 |
| *Maximum Percent Error* | 3.06387 |
| *R-Square* | 0.60981 |
| *Adjusted R-Square* | 0.59834 |
| *Random Walk R-Square* | -0.22987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

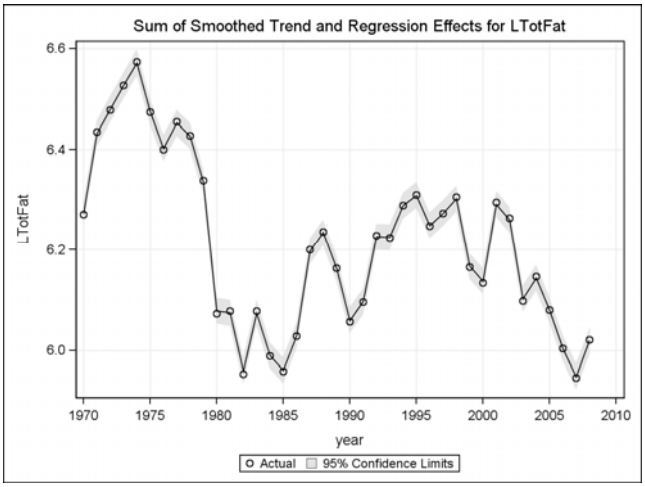

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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



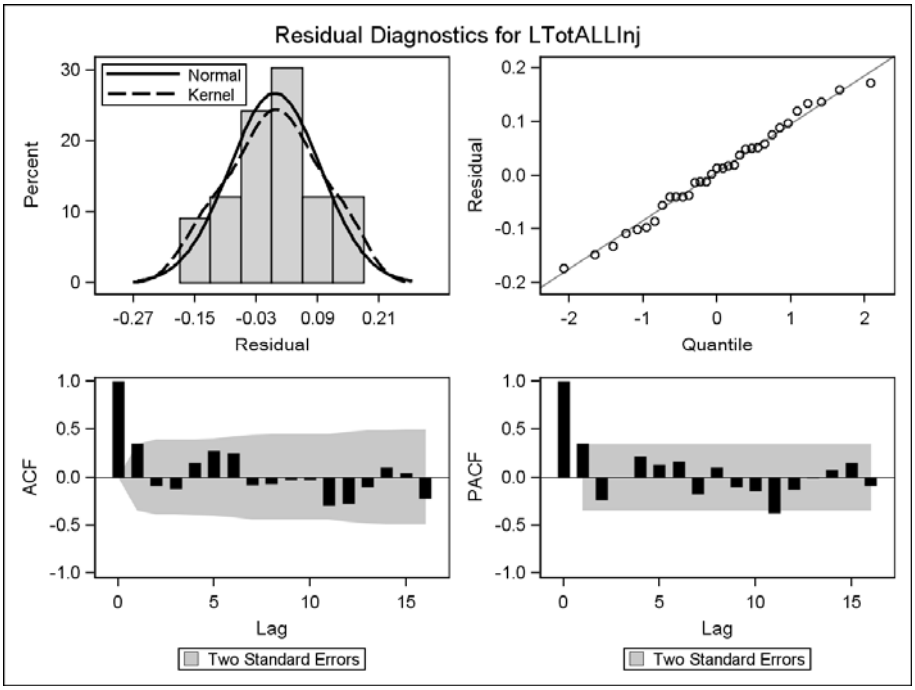

***2: dep=LTotALLInj exposure=LKTT***

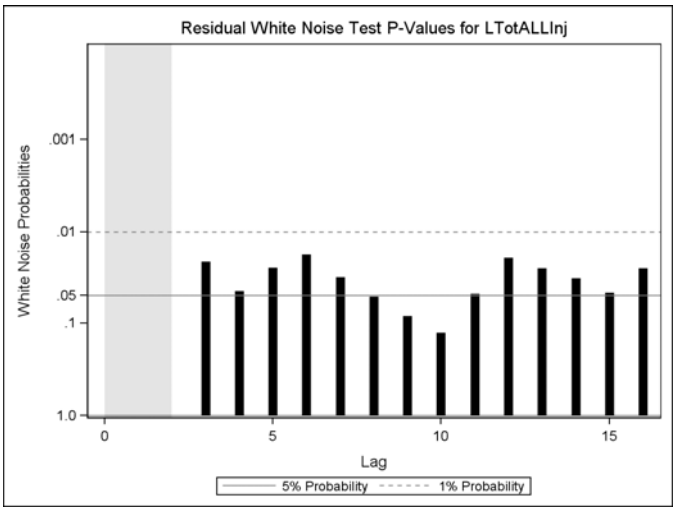
***The UCM Procedure***

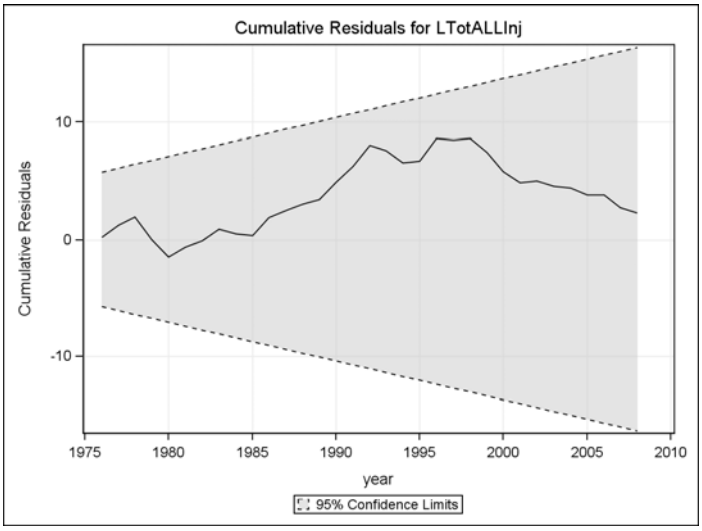
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 9.47769E-8 | 7.80268E-8 | 1.21 | 0.2245 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00628 | 0.0014809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

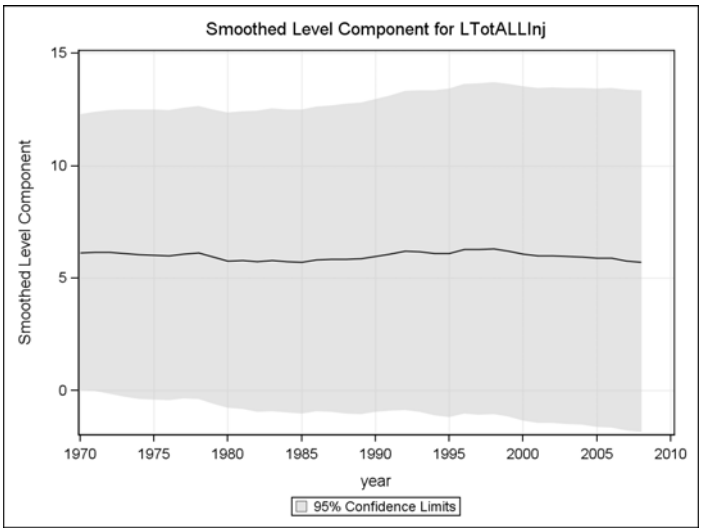
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9985 |
| *Level* | 1 | 2.36 | 0.1241 |
| *Slope* | 1 | 0.21 | 0.6440 |

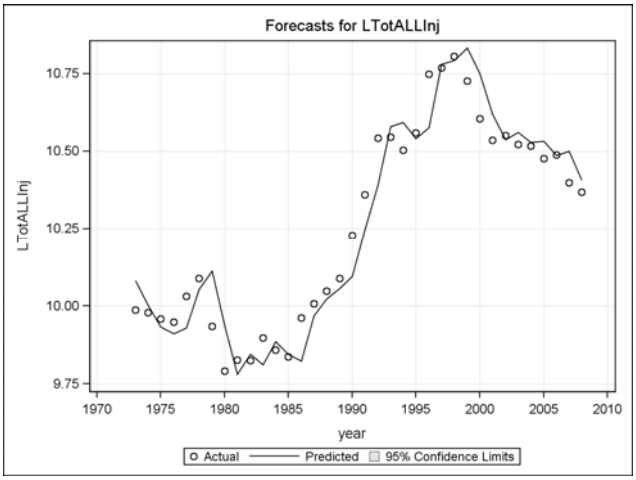
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00715 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08454 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.64927 |
| *Maximum Percent Error* | 1.60189 |
| *R-Square* | 0.93042 |
| *Adjusted R-Square* | 0.92838 |
| *Random Walk R-Square* | -0.11500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

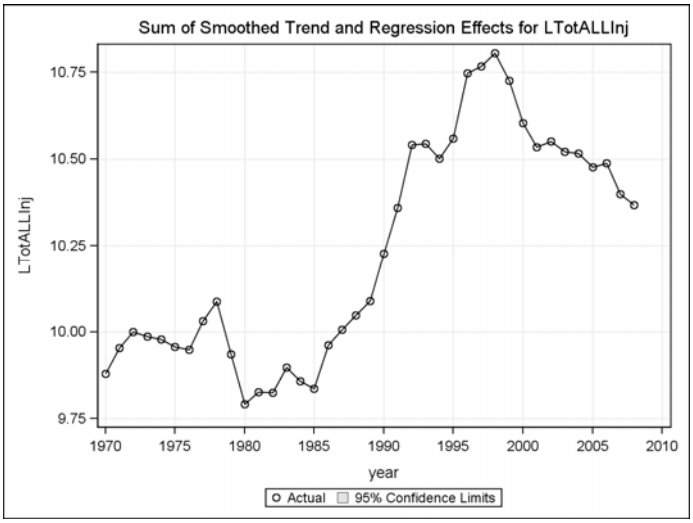

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

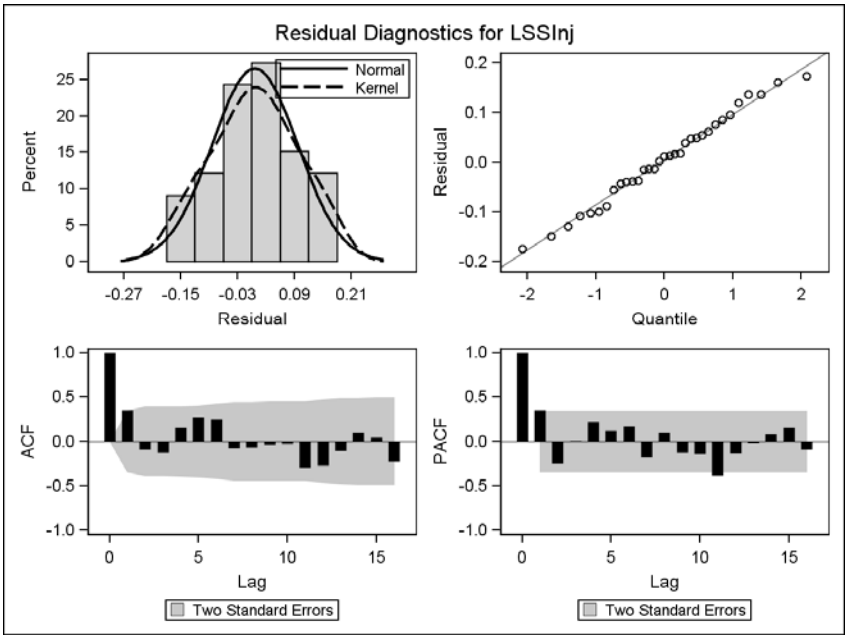


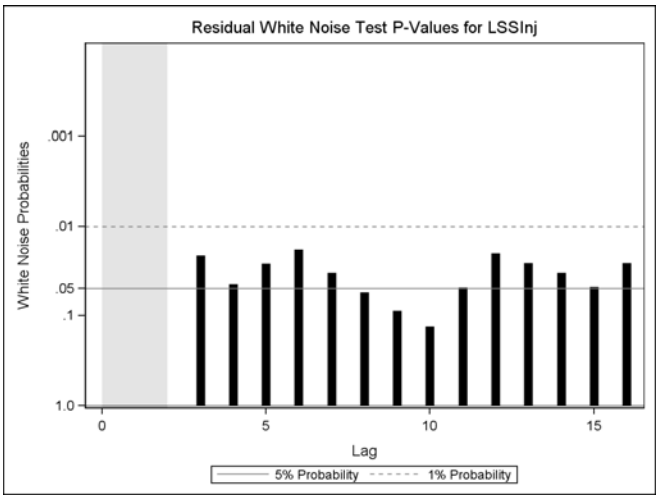

***3: dep=LSSInj exposure=LKTT***
***The UCM Procedure***

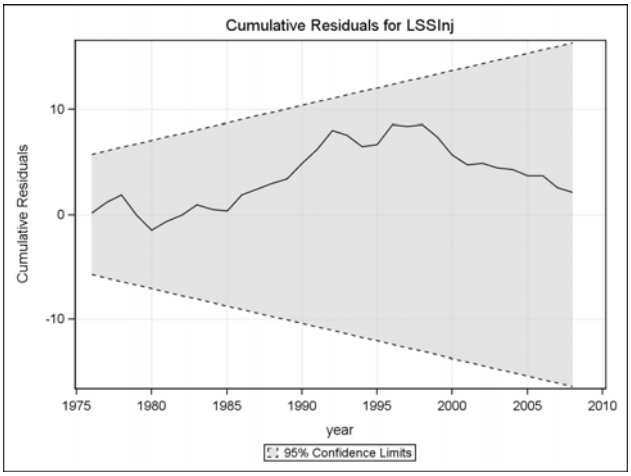
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 5.236051E-7 | . | . | . |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00638 | 0.0015178 | 4.21 | 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

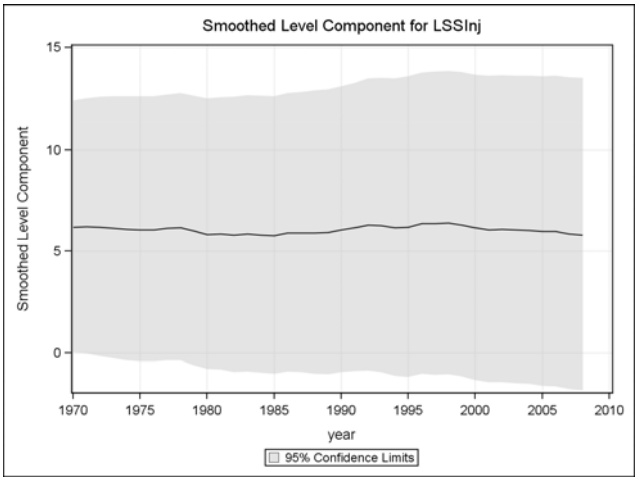
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9963 |
| *Level* | 1 | 2.41 | 0.1209 |
| *Slope* | 1 | 0.17 | 0.6760 |

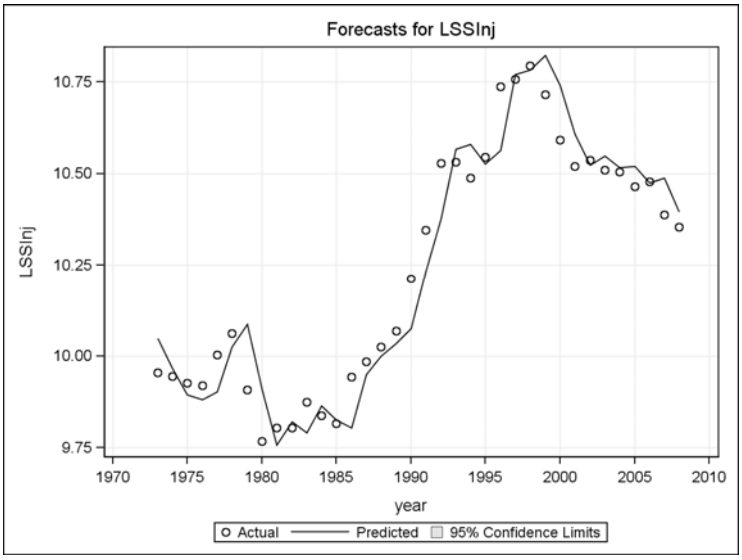
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00726 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08518 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.65593 |
| *Maximum Percent Error* | 1.62397 |
| *R-Square* | 0.93184 |
| *Adjusted R-Square* | 0.92984 |
| *Random Walk R-Square* | -0.11480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

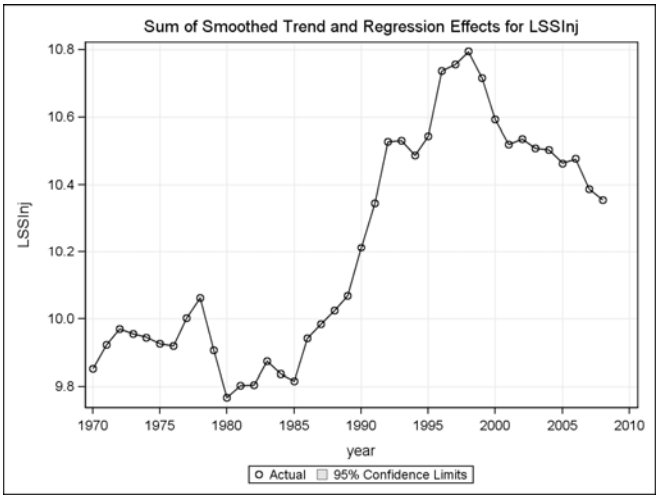

Residual Diagnostics for LSSInj
Percent
Normal
Kernel
Residual
Residual
Quantile
ACF
Lag
Two Standard Errors
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

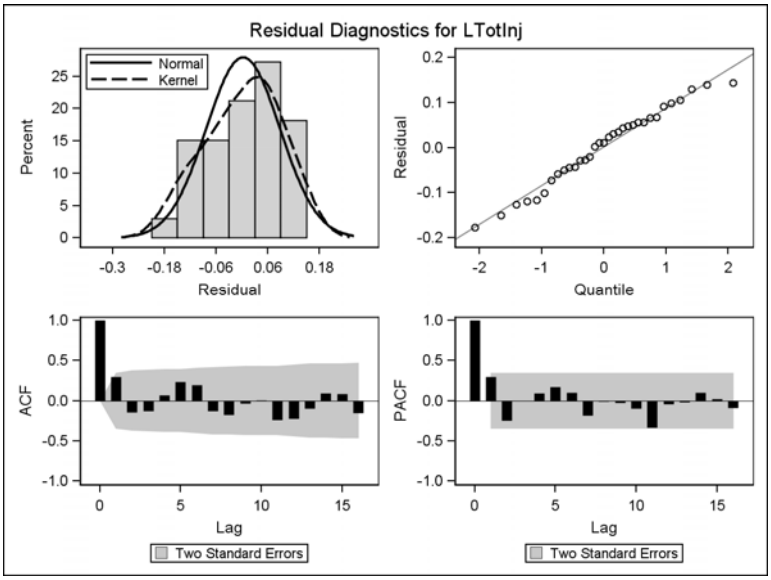


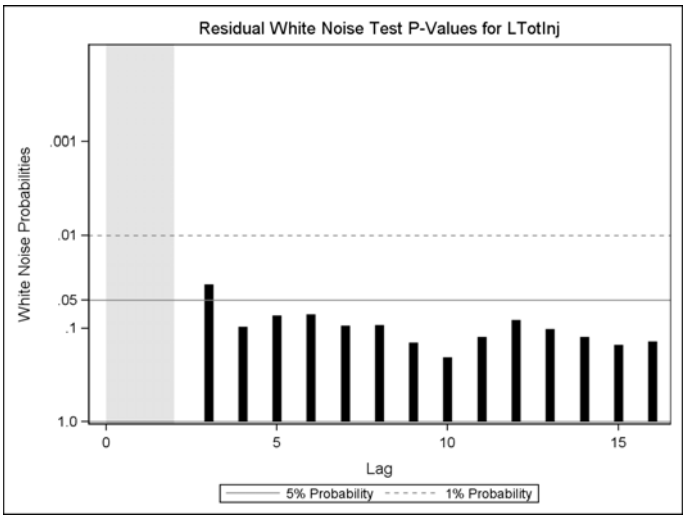

***4: dep=LTotInj exposure=LKTT***
***The UCM Procedure***

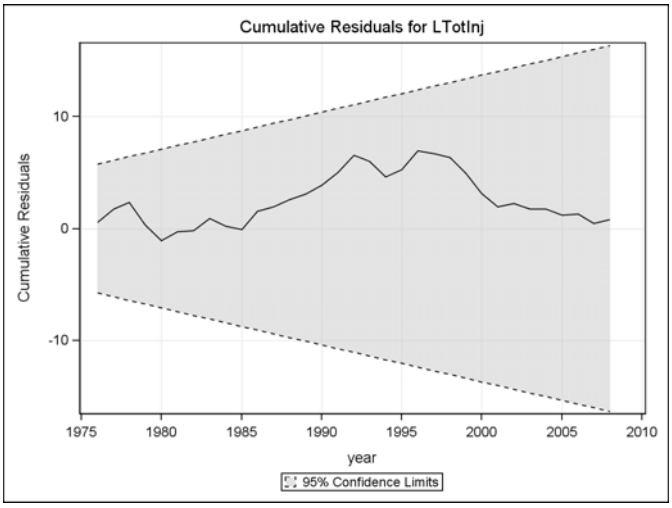
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 2.749747E-7 | . | . | . |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00590 | 0.0014091 | 4.19 | 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

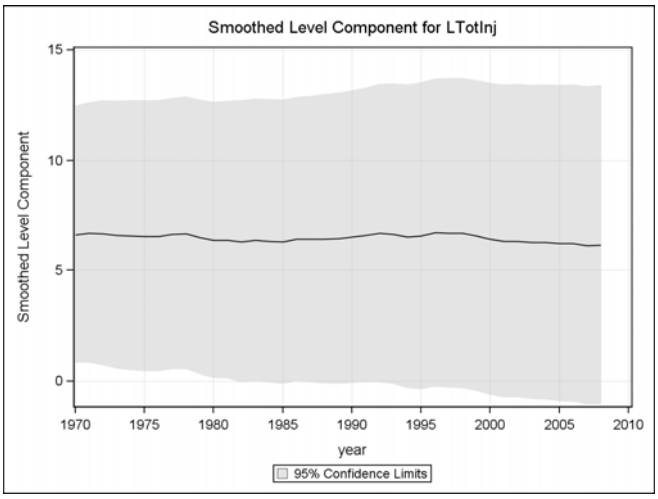
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9979 |
| *Level* | 1 | 2.90 | 0.0888 |
| *Slope* | 1 | 0.31 | 0.5771 |

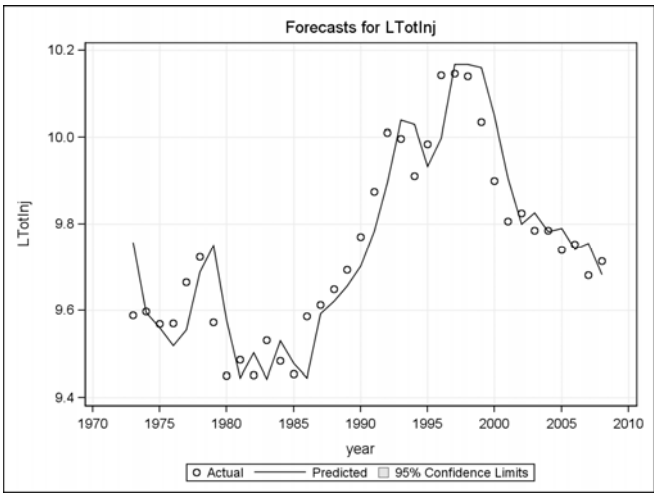
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00707 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08410 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.69530 |
| *Maximum Percent Error* | 1.48001 |
| *R-Square* | 0.82723 |
| *Adjusted R-Square* | 0.82215 |
| *Random Walk R-Square* | -0.22552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

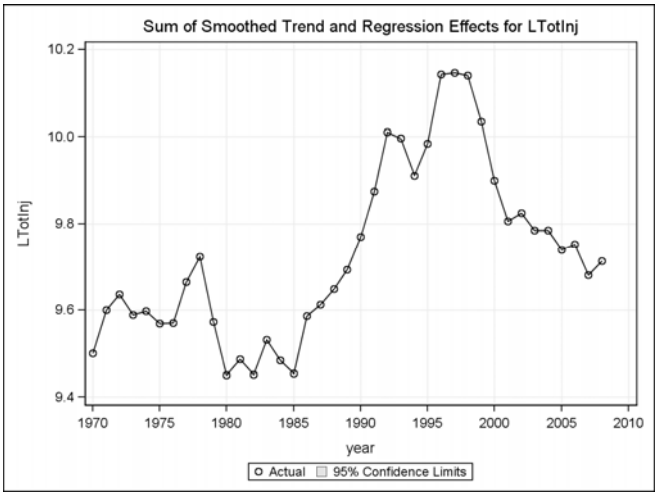

Residual Diagnostics for LTotInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

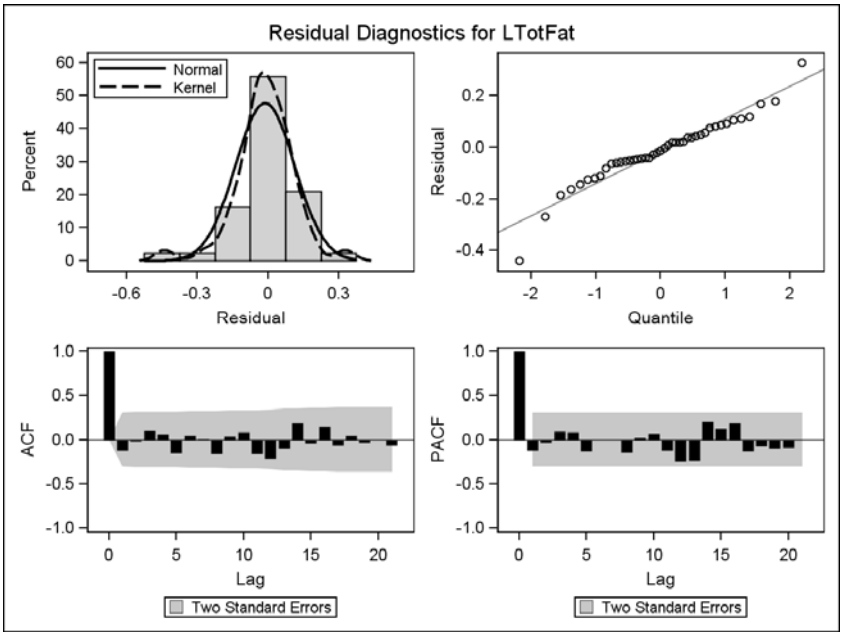


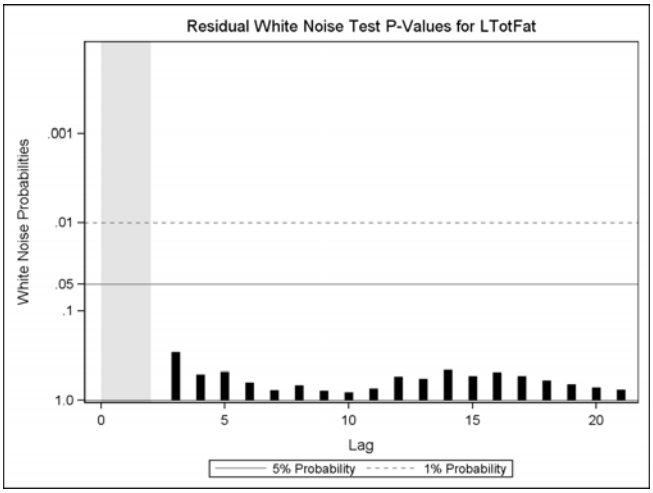

***5: dep=LTotFat exposure=LMVT***
***The UCM Procedure***

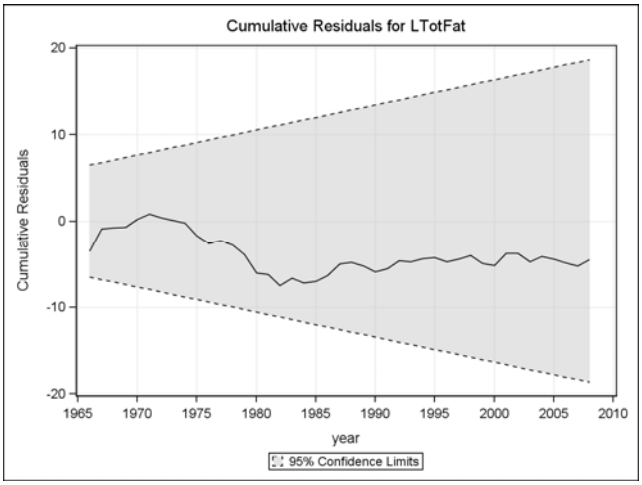
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 4.166951E-7 | 1.54862E-6 | 0.27 | 0.7879 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.01015 | 0.0021174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

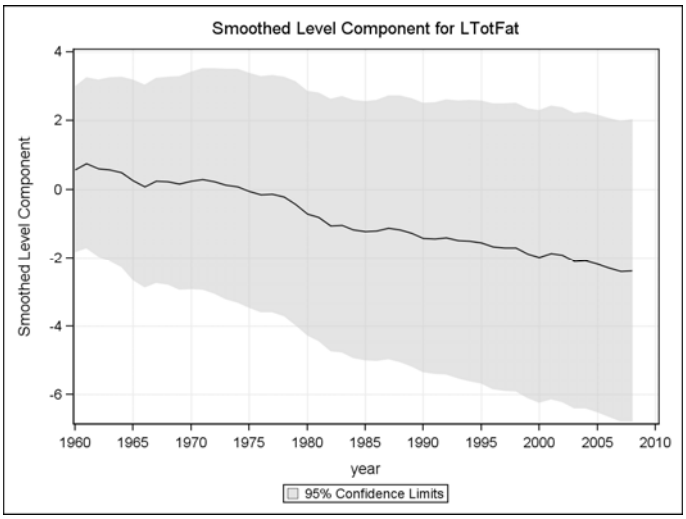
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9955 |
| *Level* | 1 | 1.01 | 0.3148 |
| *Slope* | 1 | 5.35 | 0.0207 |

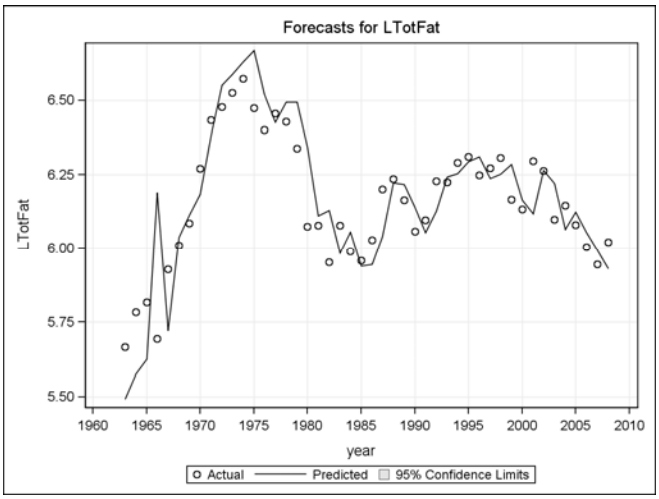
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.01678 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.12952 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 1.58001 |
| *Maximum Percent Error* | 3.58331 |
| *R-Square* | 0.62112 |
| *Adjusted R-Square* | 0.61251 |
| *Random Walk R-Square* | -0.55049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

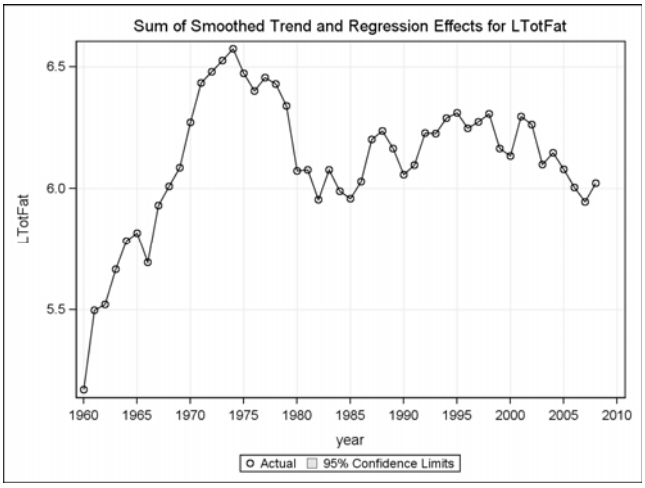

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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
-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

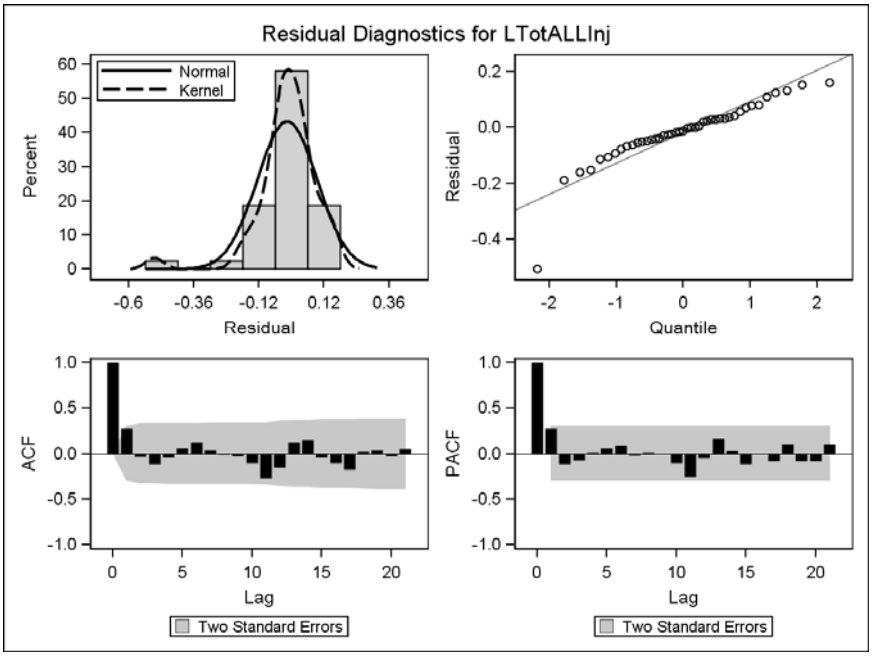


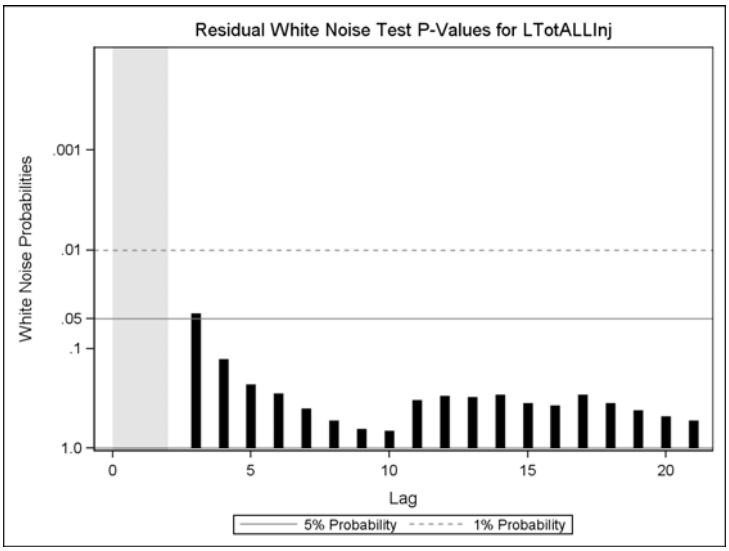

***6: dep=LTotALLInj exposure=LMVT***
***The UCM Procedure***

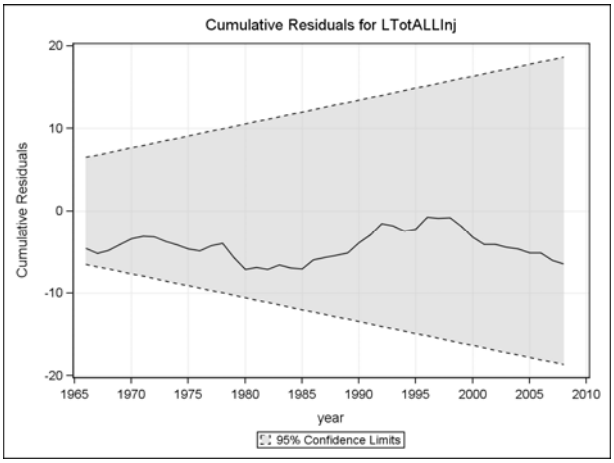
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 3.495756E-7 | . | . | . |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00592 | 0.0012606 | 4.70 | 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

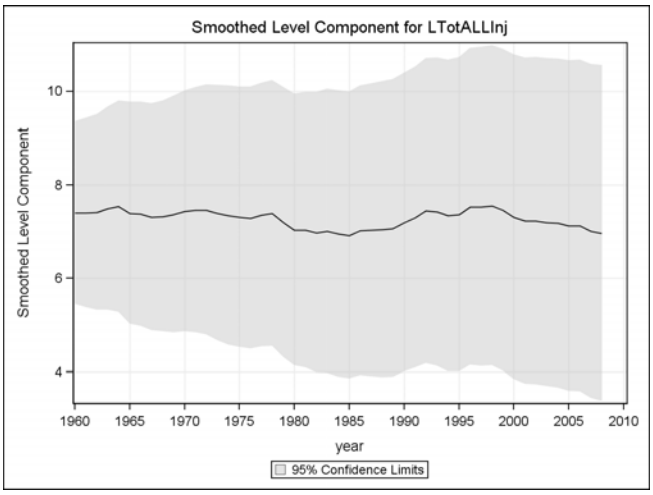
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9967 |
| *Level* | 1 | 14.92 | 0.0001 |
| *Slope* | 1 | 0.20 | 0.6535 |

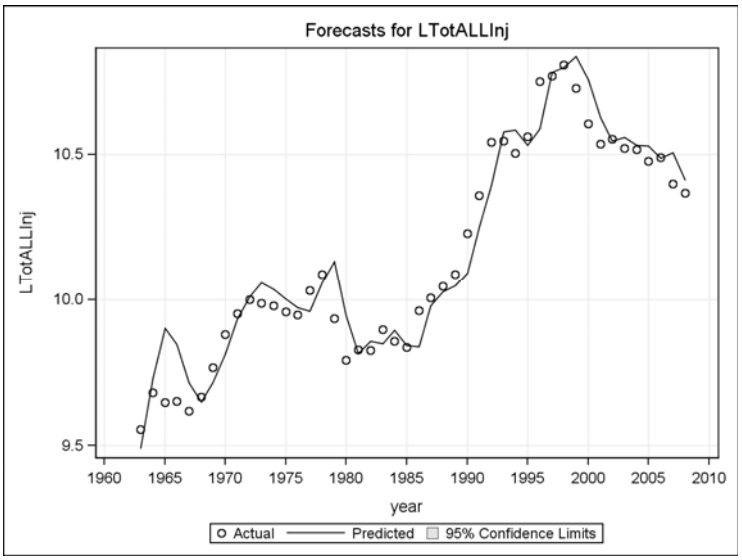
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00818 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.09047 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.67657 |
| *Maximum Percent Error* | 1.49181 |
| *R-Square* | 0.93717 |
| *Adjusted R-Square* | 0.93574 |
| *Random Walk R-Square* | -0.30543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

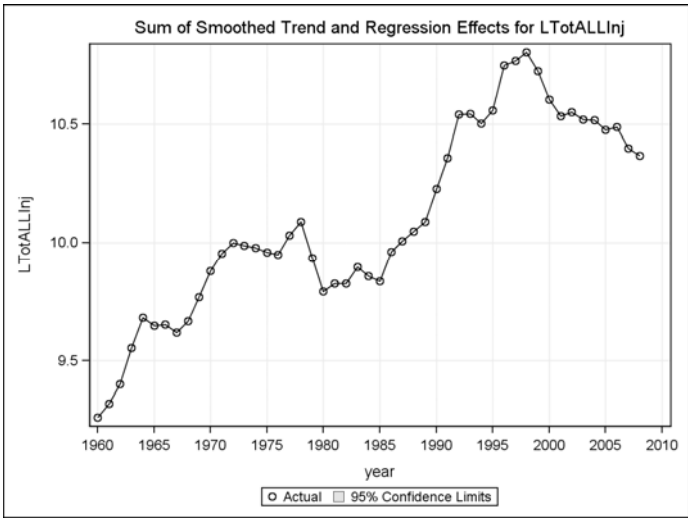

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

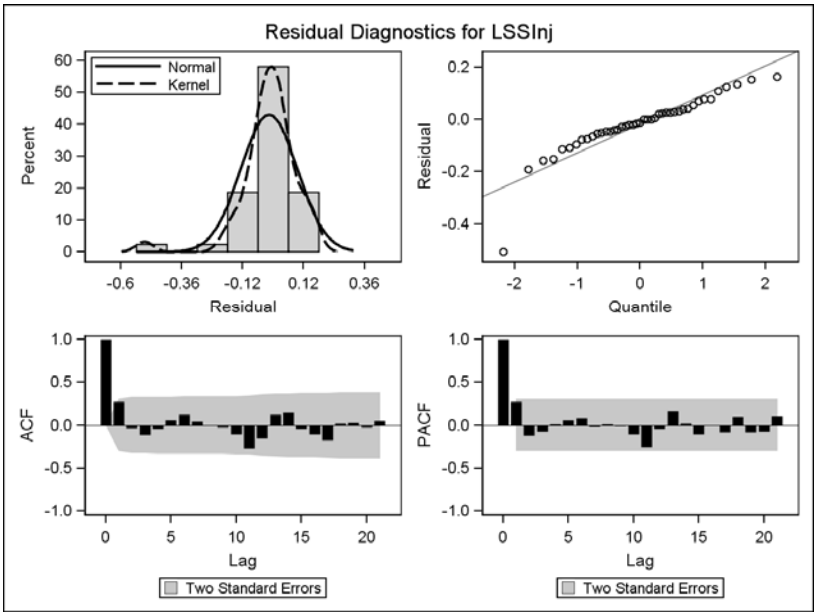


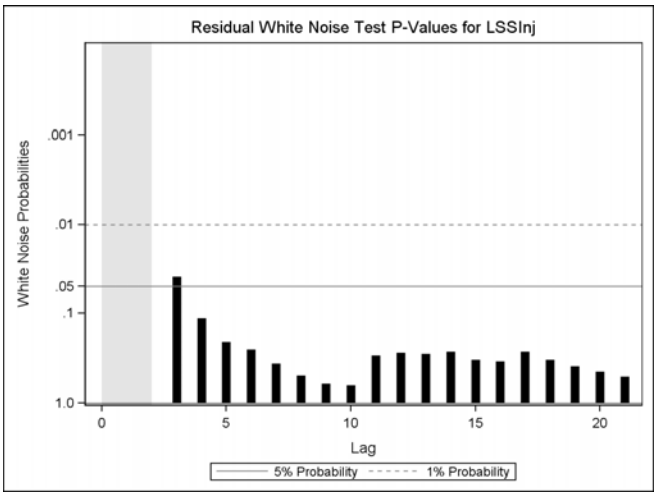

***7: dep=LSSInj exposure=LMVT***
***The UCM Procedure***

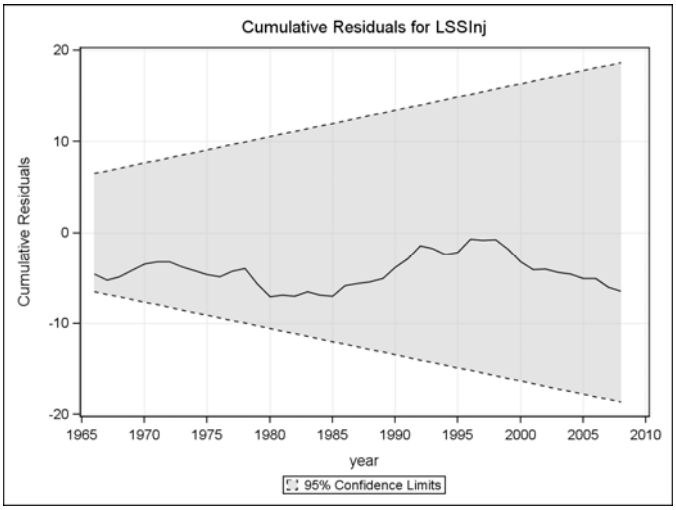
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 7.901974E-7 | 1.32107E-6 | 0.60 | 0.5497 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00602 | 0.0012551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

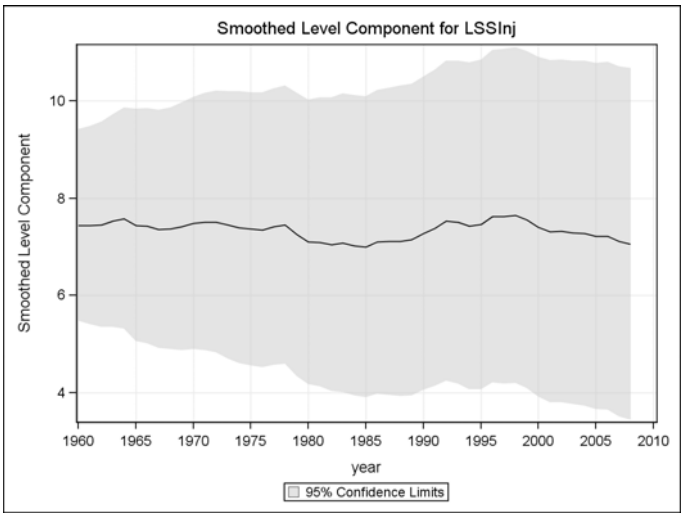
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9949 |
| *Level* | 1 | 15.08 | 0.0001 |
| *Slope* | 1 | 0.15 | 0.6958 |

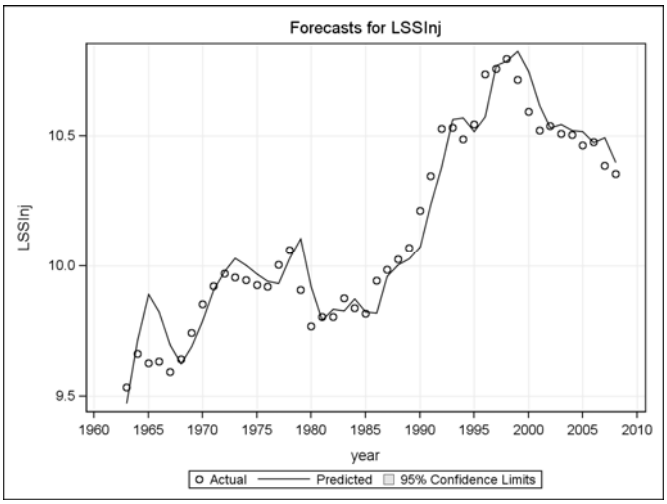
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00835 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.09138 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.68297 |
| *Maximum Percent Error* | 1.51766 |
| *R-Square* | 0.93772 |
| *Adjusted R-Square* | 0.93631 |
| *Random Walk R-Square* | -0.31574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

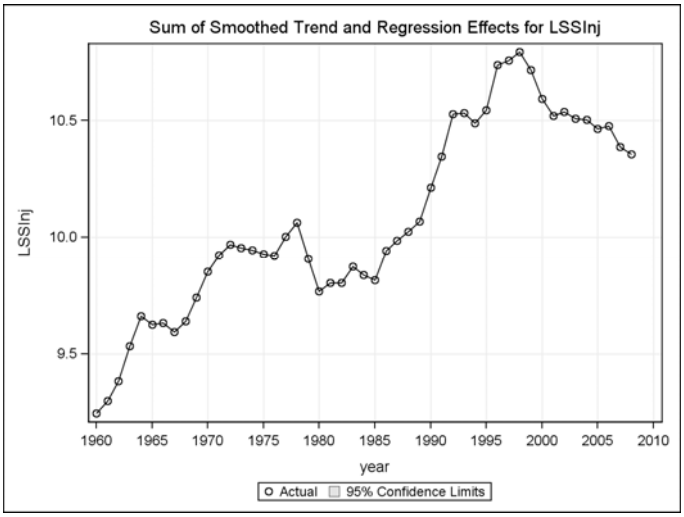

Residual Diagnostics for LSSInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

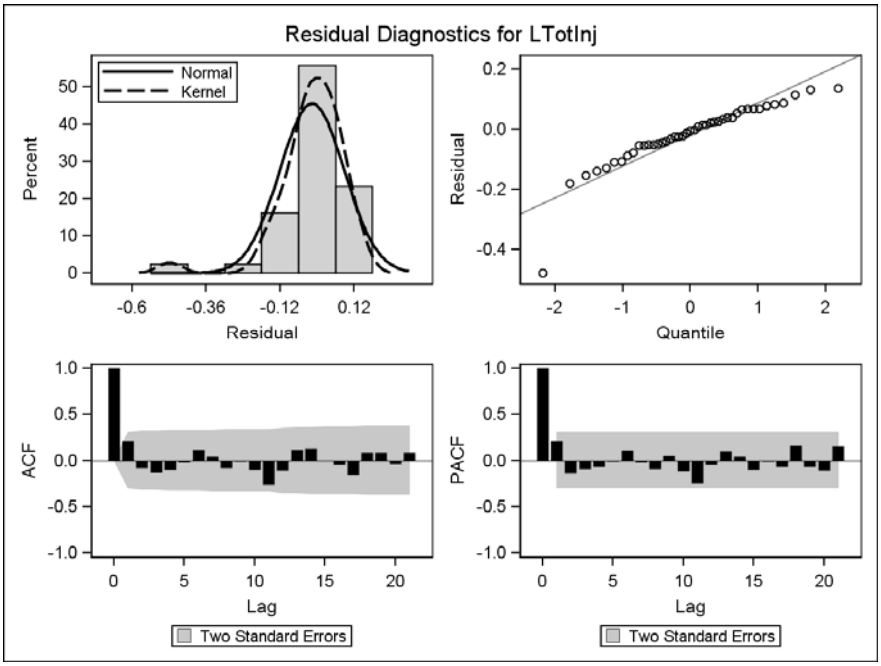


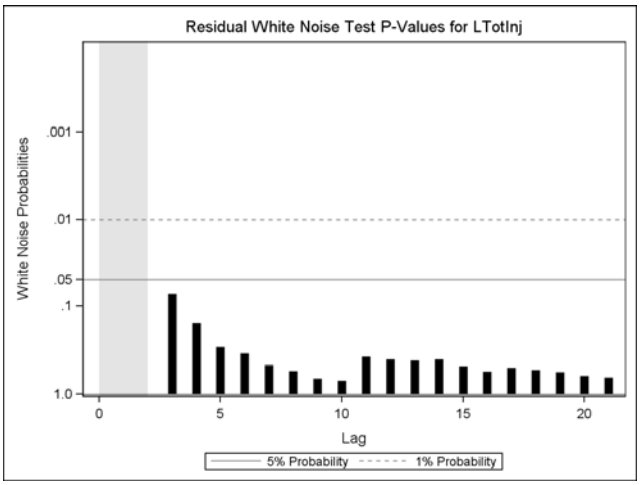

***8: dep=LTotInj exposure=LMVT***
***The UCM Procedure***

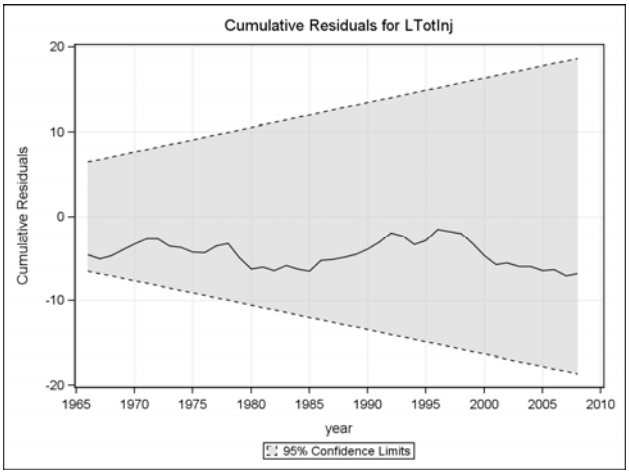
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 1.051035E-9 | 6.4179E-7 | 0.00 | 0.9987 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00547 | 0.0011400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

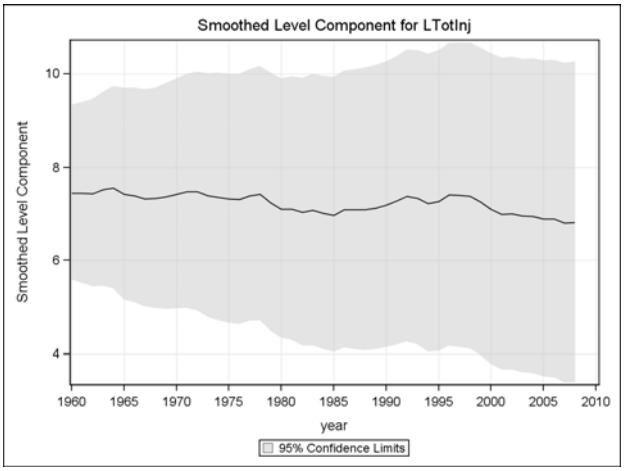
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9999 |
| *Level* | 1 | 15.51 | <.0001 |
| *Slope* | 1 | 0.45 | 0.5041 |

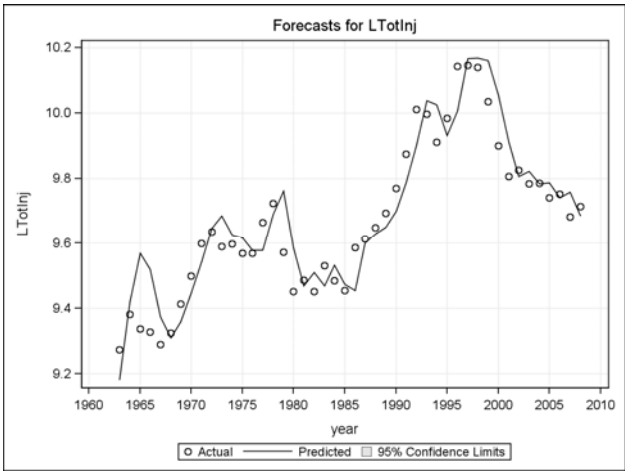
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00750 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08659 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.70542 |
| *Maximum Percent Error* | 1.38195 |
| *R-Square* | 0.86149 |
| *Adjusted R-Square* | 0.85834 |
| *Random Walk R-Square* | -0.30675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

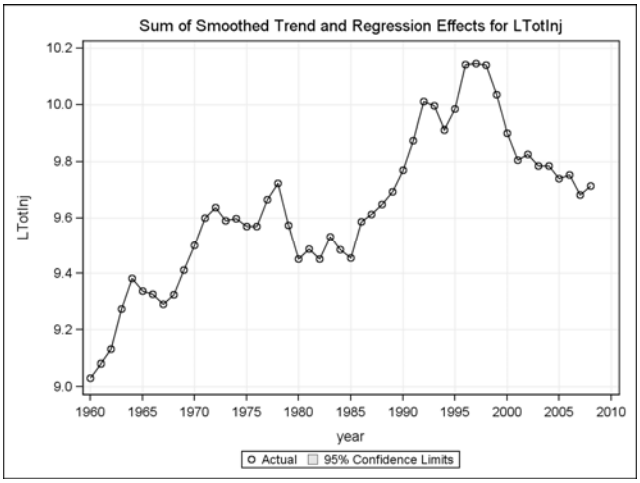

Residual Diagnostics for LTotInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

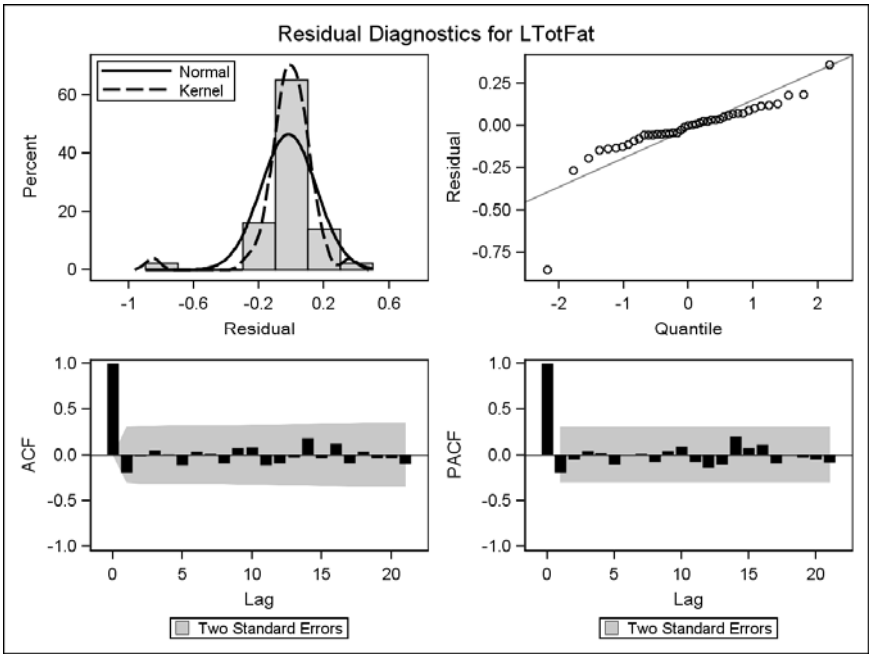


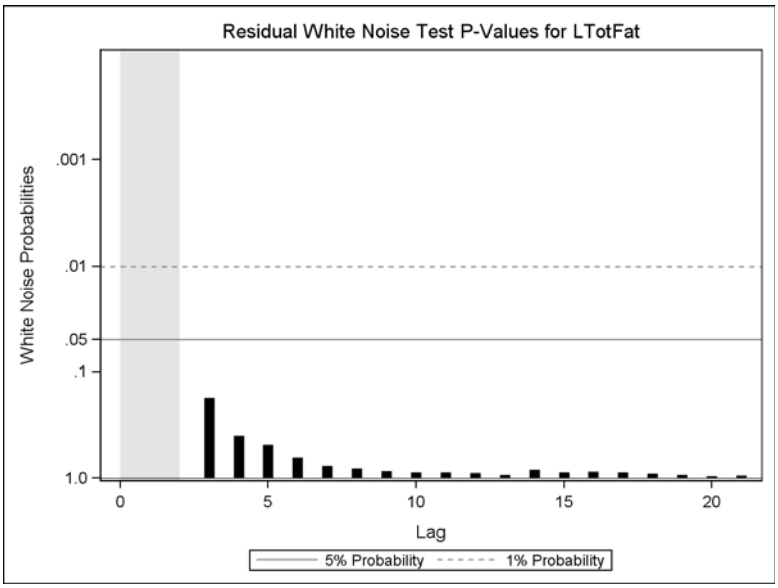

***9: dep=LTotFat exposure=LPVT***
***The UCM Procedure***

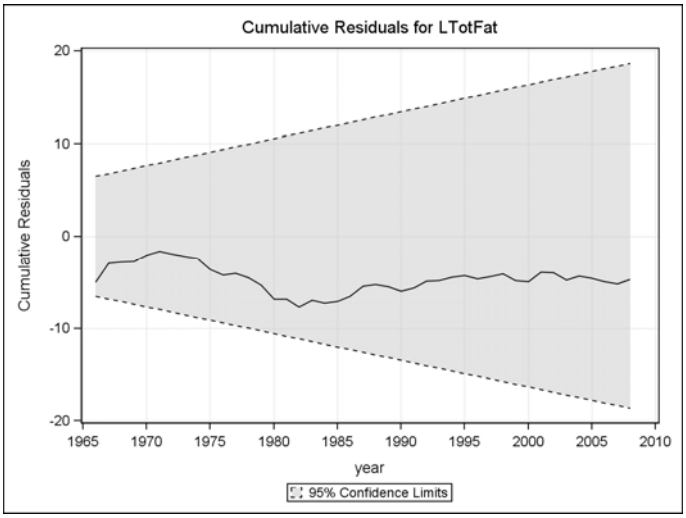
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 3.628671E-7 | 9.2346E-7 | 0.39 | 0.6944 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.01059 | 0.0022084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

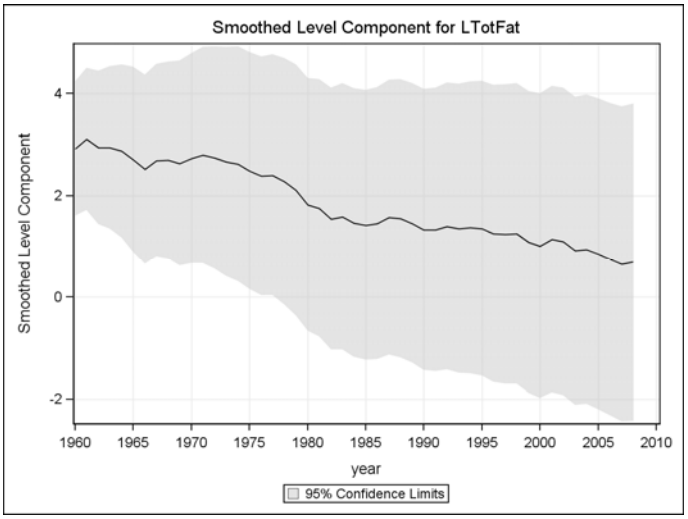
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9962 |
| *Level* | 1 | 0.17 | 0.6787 |
| *Slope* | 1 | 3.46 | 0.0628 |

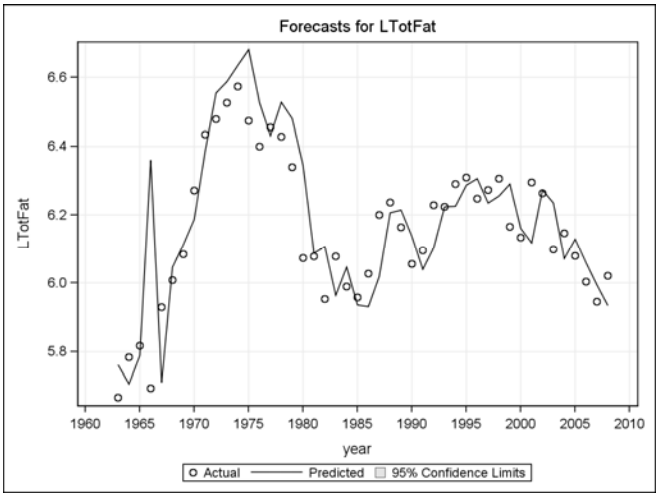
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.01967 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.14026 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 1.55566 |
| *Maximum Percent Error* | 3.69550 |
| *R-Square* | 0.55571 |
| *Adjusted R-Square* | 0.54561 |
| *Random Walk R-Square* | -0.81818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

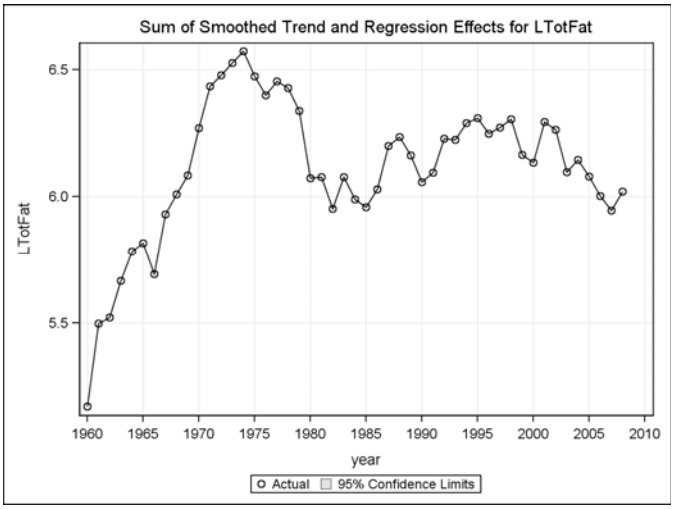

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

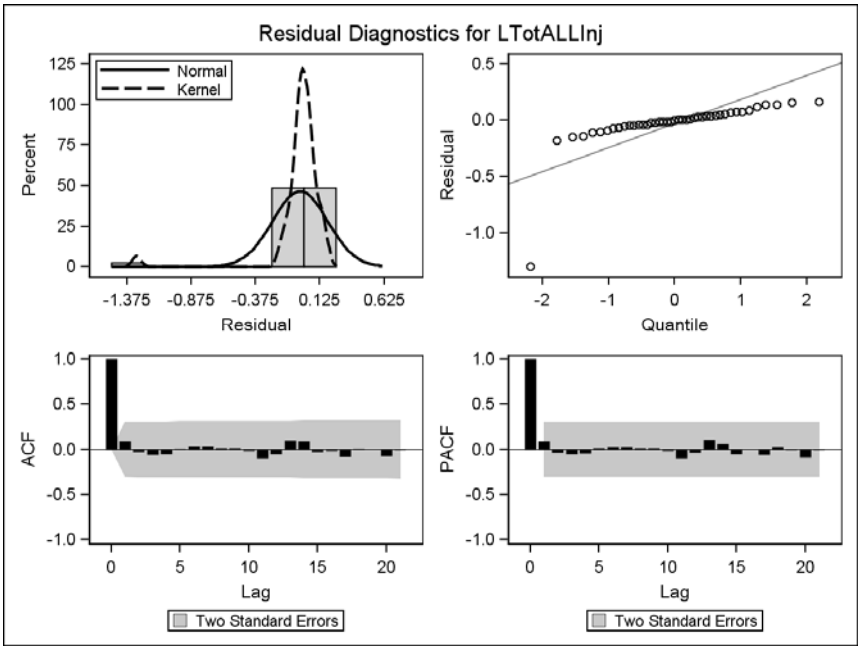


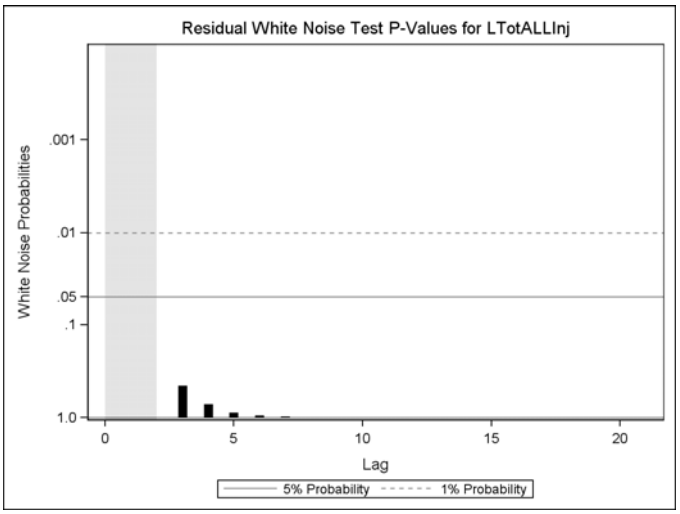

***10: dep=LTotALLInj exposure=LPVT***
***The UCM Procedure***

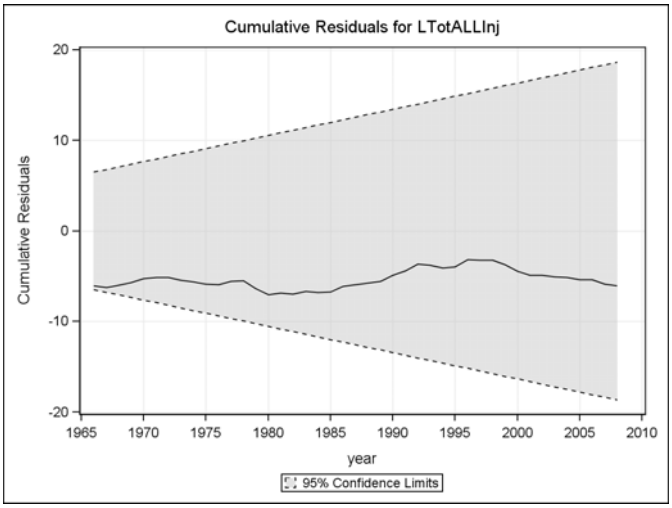
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 1.107305E-7 | . | . | . |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00587 | 0.0013983 | 4.20 | 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

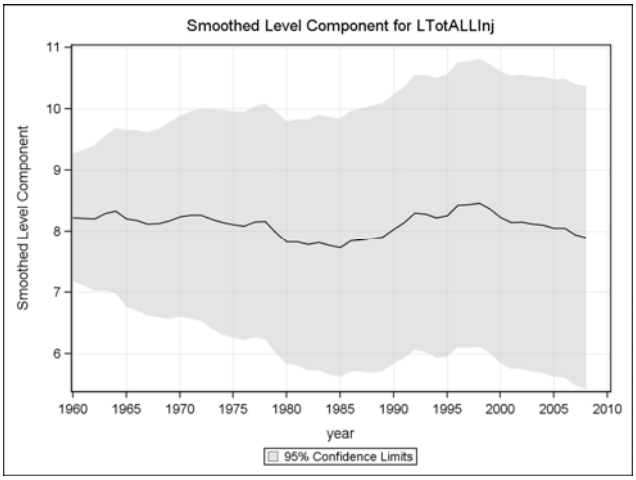
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9981 |
| *Level* | 1 | 40.42 | <.0001 |
| *Slope* | 1 | 0.13 | 0.7156 |

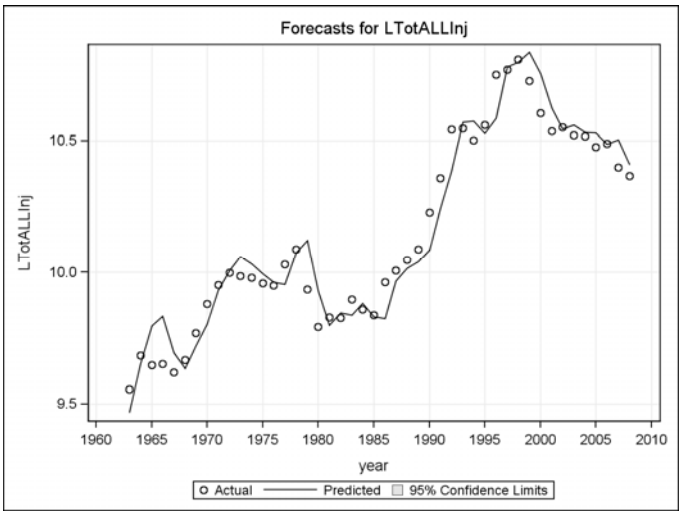
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00716 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08465 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.65201 |
| *Maximum Percent Error* | 1.52761 |
| *R-Square* | 0.94499 |
| *Adjusted R-Square* | 0.94374 |
| *Random Walk R-Square* | -0.14279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

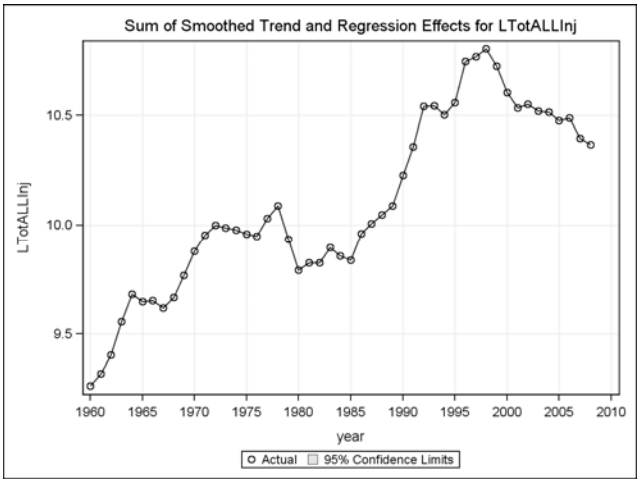

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

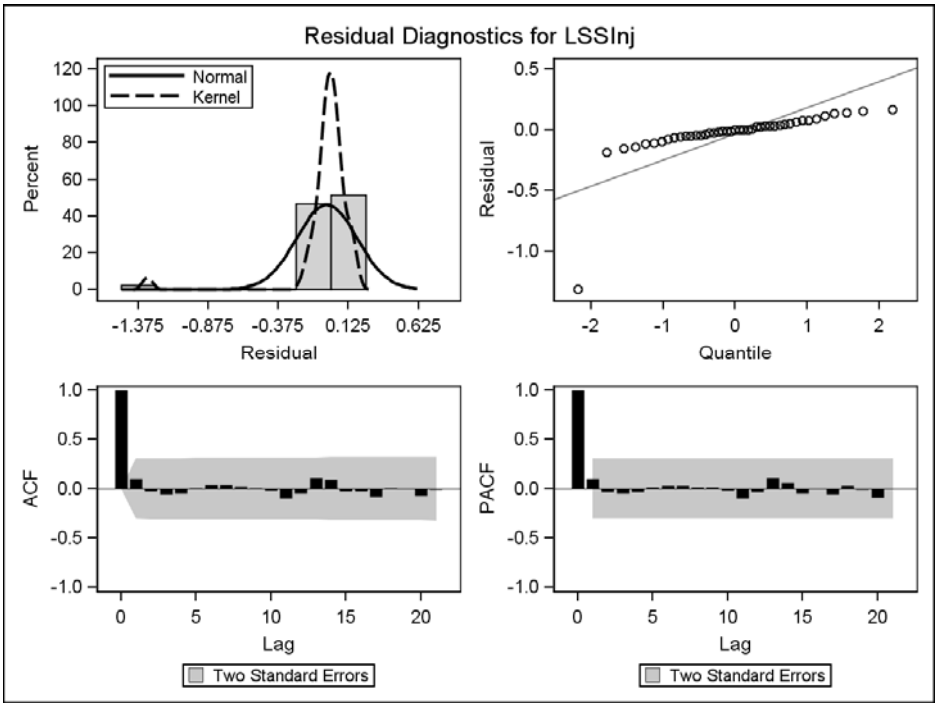


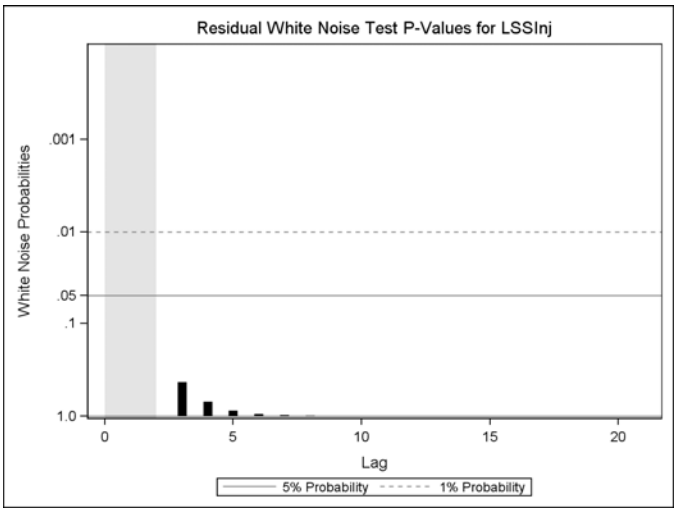

***11: dep=LSSInj exposure=LPVT***
***The UCM Procedure***

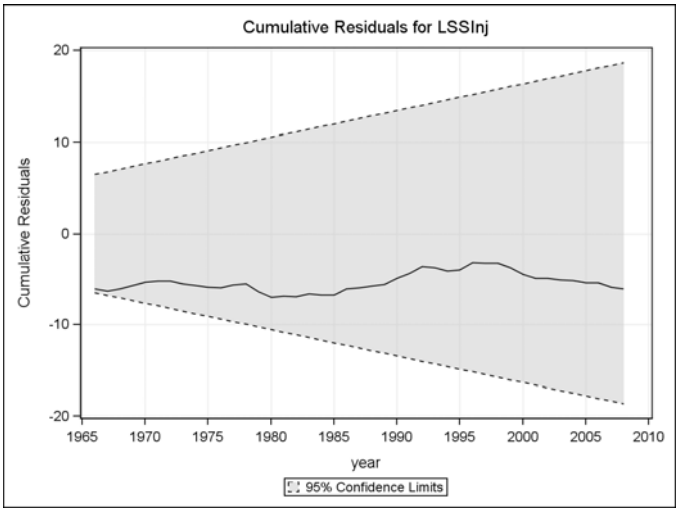
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 1.563891E-7 | . | . | . |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00597 | 0.0013145 | 4.54 | 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

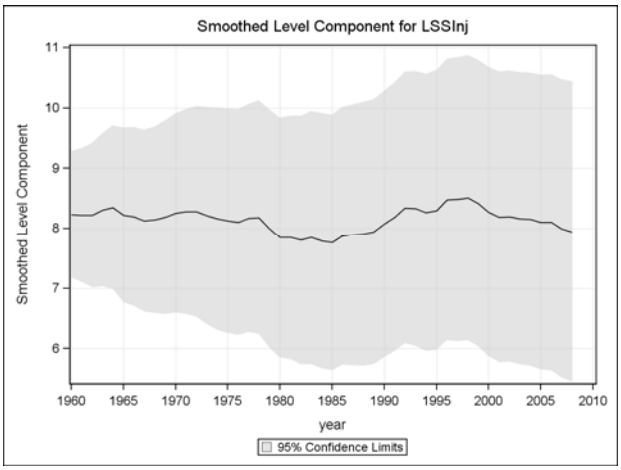
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9977 |
| *Level* | 1 | 40.25 | <.0001 |
| *Slope* | 1 | 0.10 | 0.7505 |

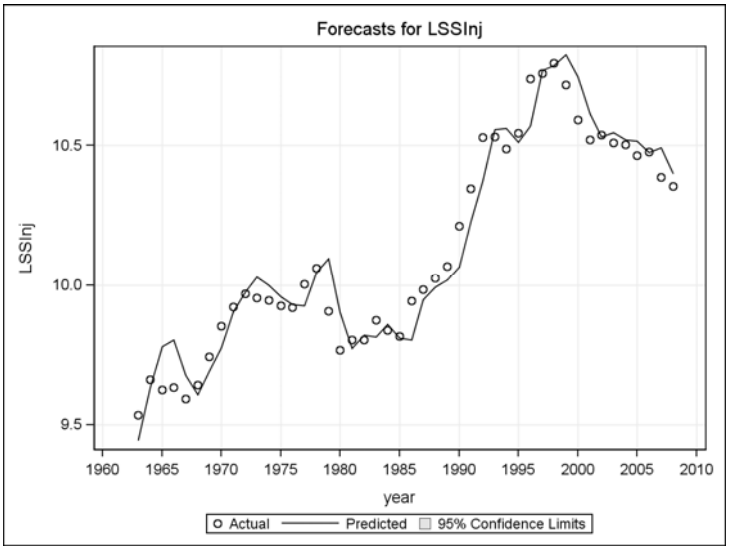
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00723 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08504 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.65587 |
| *Maximum Percent Error* | 1.55335 |
| *R-Square* | 0.94606 |
| *Adjusted R-Square* | 0.94484 |
| *Random Walk R-Square* | -0.13954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

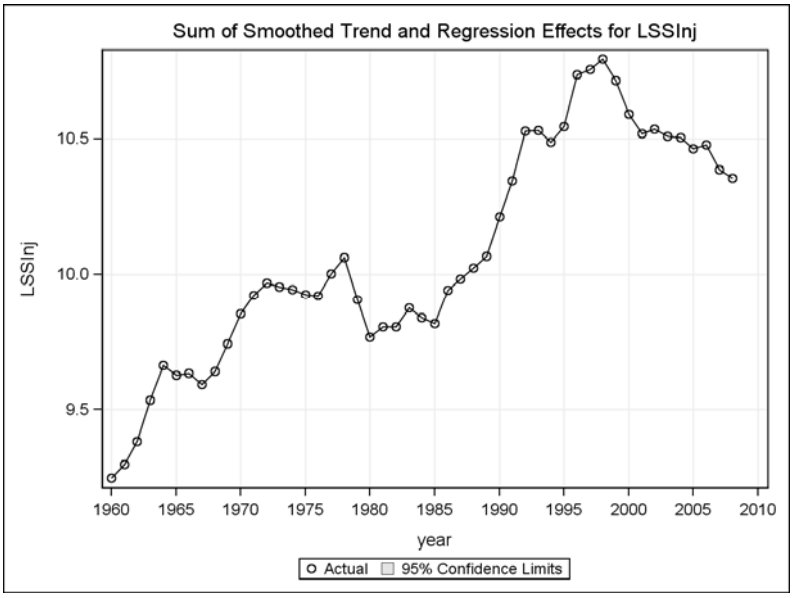

Residual Diagnostics for LSSInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

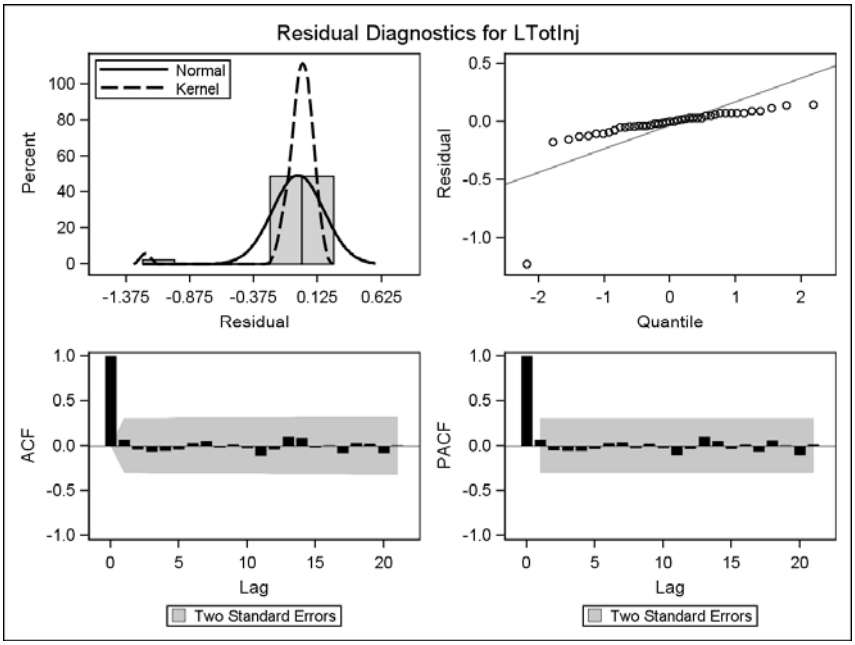


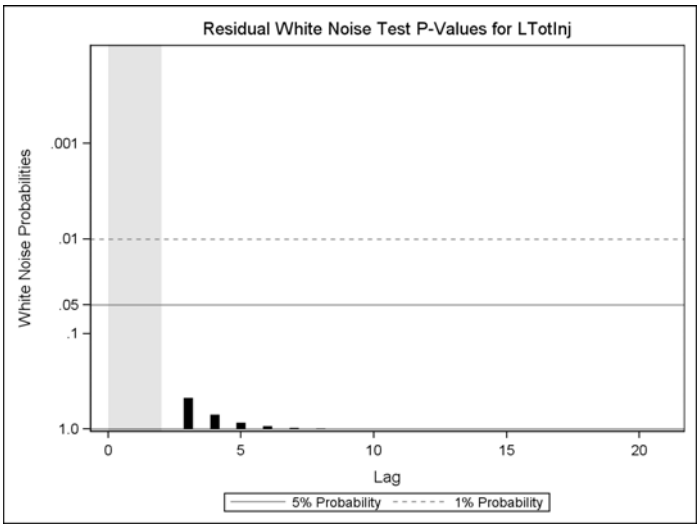

***12: dep=LTotInj exposure=LPVT***
***The UCM Procedure***

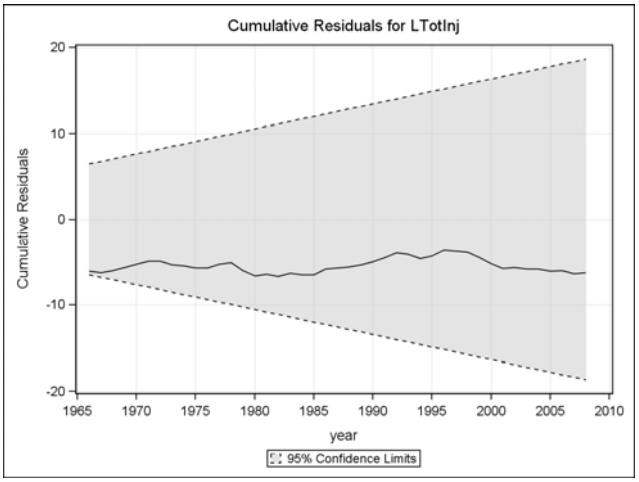
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 1.888015E-7 | 1.49789E-7 | 1.26 | 0.2075 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00538 | 0.0011228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

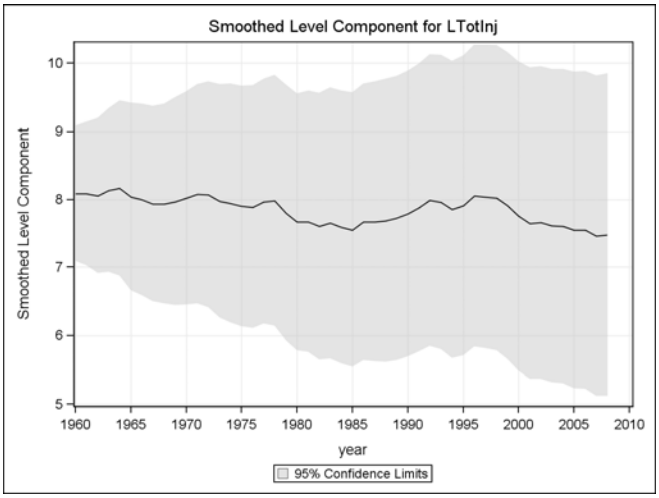
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9982 |
| *Level* | 1 | 39.60 | <.0001 |
| *Slope* | 1 | 0.50 | 0.4782 |

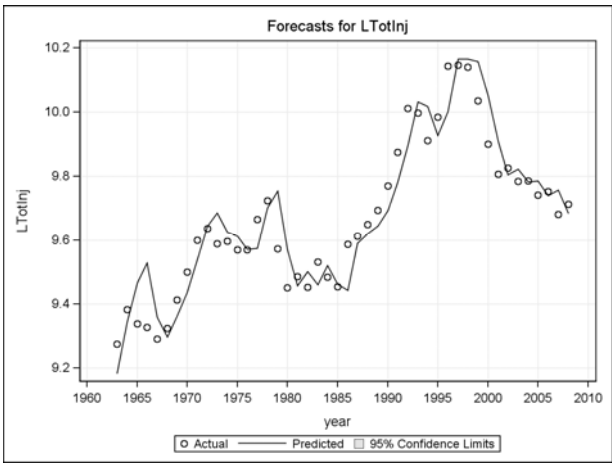
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00673 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08204 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.68305 |
| *Maximum Percent Error* | 1.50670 |
| *R-Square* | 0.87566 |
| *Adjusted R-Square* | 0.87283 |
| *Random Walk R-Square* | -0.17307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

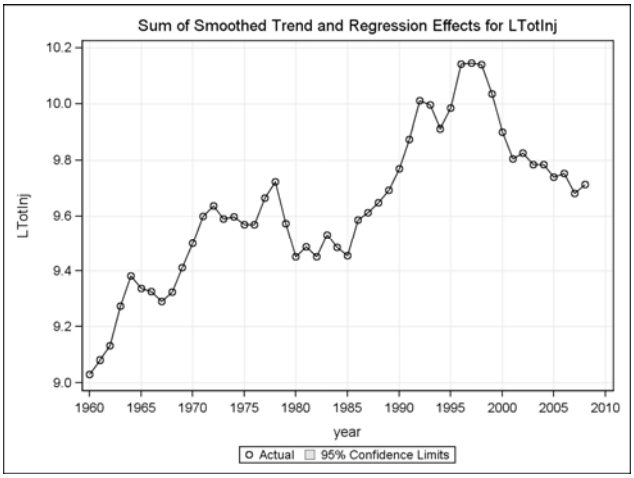

Residual Diagnostics for LTotInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

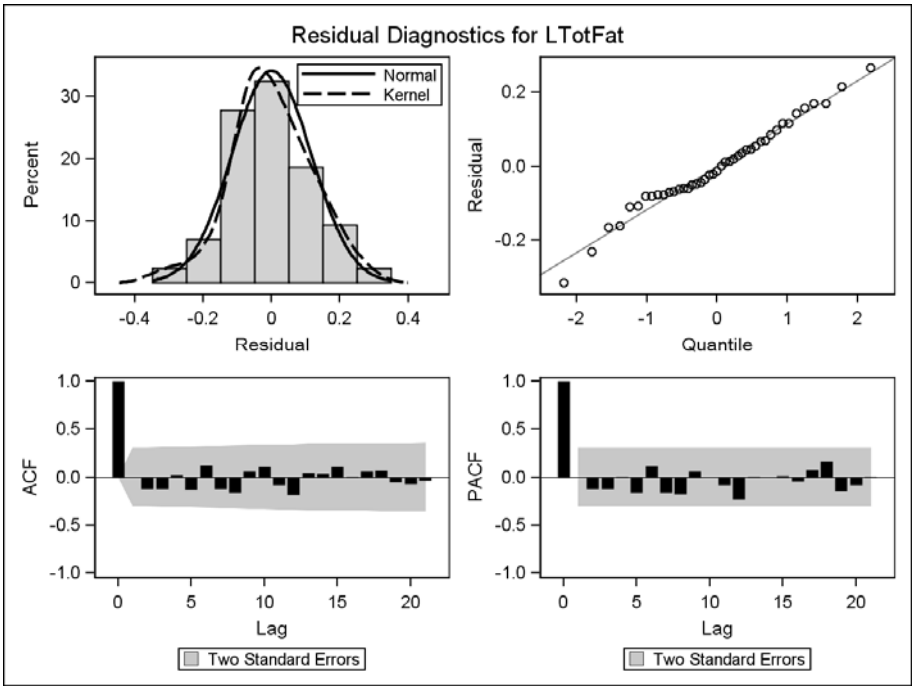


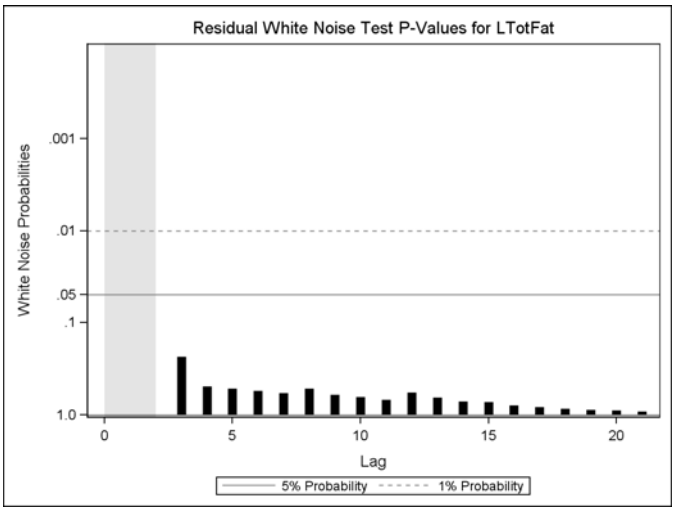

***13: dep=LTotFat exposure=LPOP***
***The UCM Procedure***

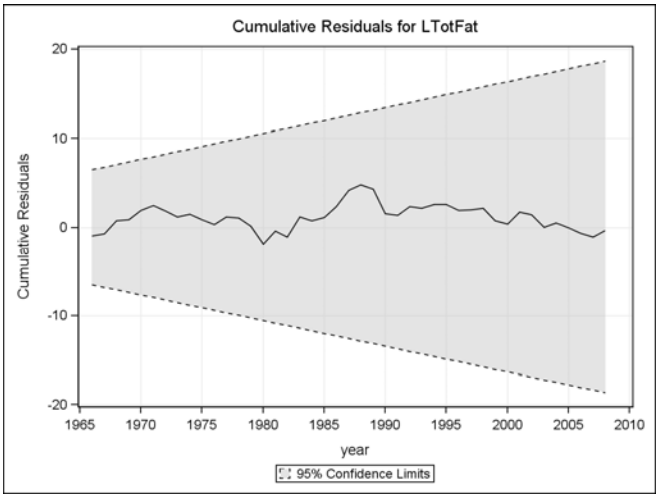
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 0.00000119 | . | . | . |
| *Level* | *Error Variance* | 0.01187 | 0.0024902 | 4.77 | <.0001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

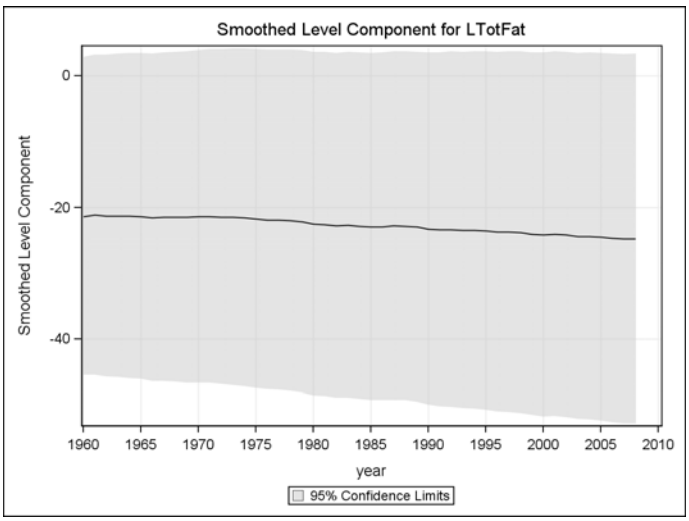
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9938 |
| *Level* | 1 | 2.69 | 0.1008 |
| *Slope* | 1 | 2.36 | 0.1247 |

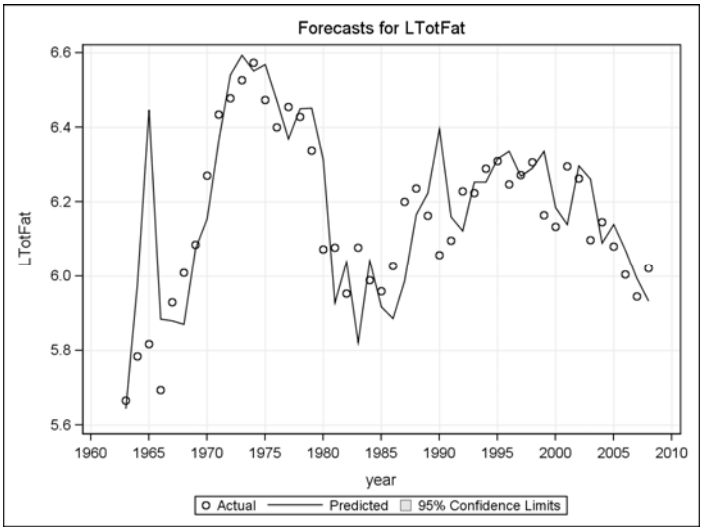
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.02246 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.14988 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 1.73905 |
| *Maximum Percent Error* | 4.21011 |
| *R-Square* | 0.49263 |
| *Adjusted R-Square* | 0.48110 |
| *Random Walk R-Square* | -1.07632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

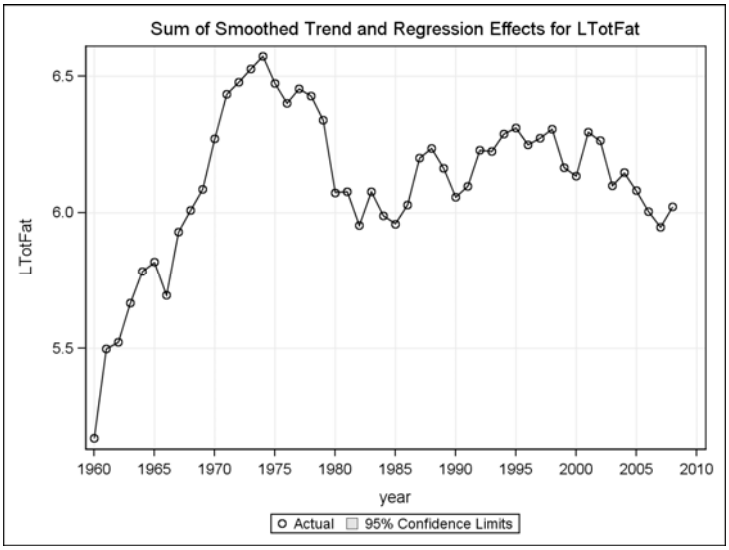

Residual Diagnostics for LTotFat
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

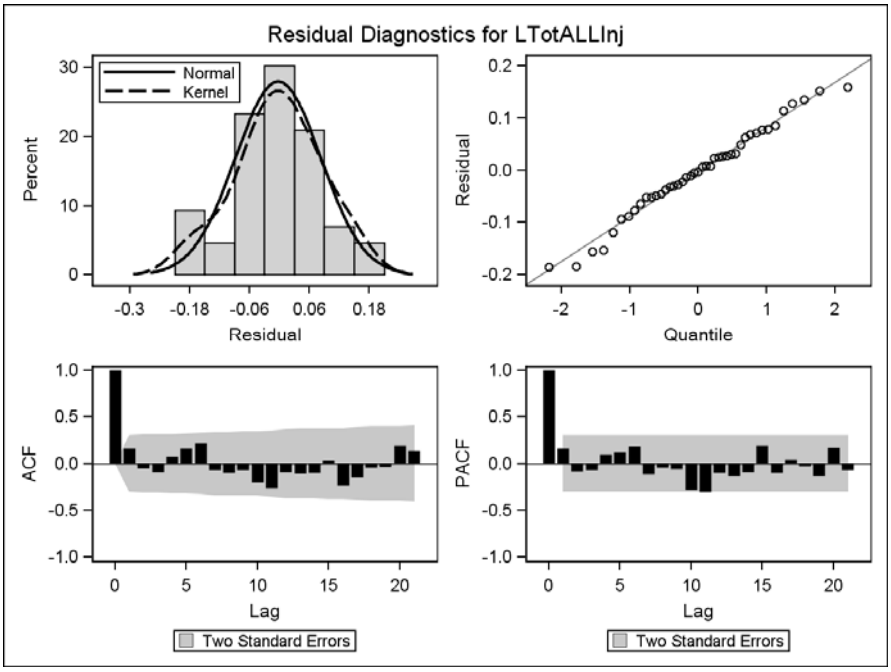


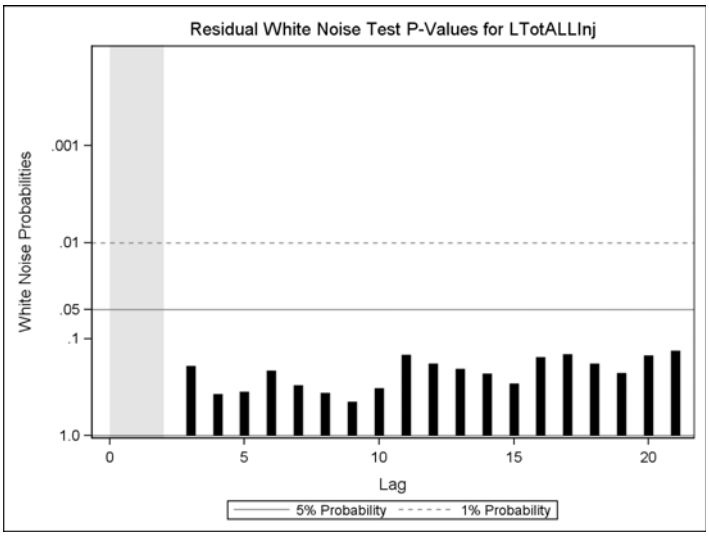

***14: dep=LTotALLInj exposure=LPOP***
***The UCM Procedure***

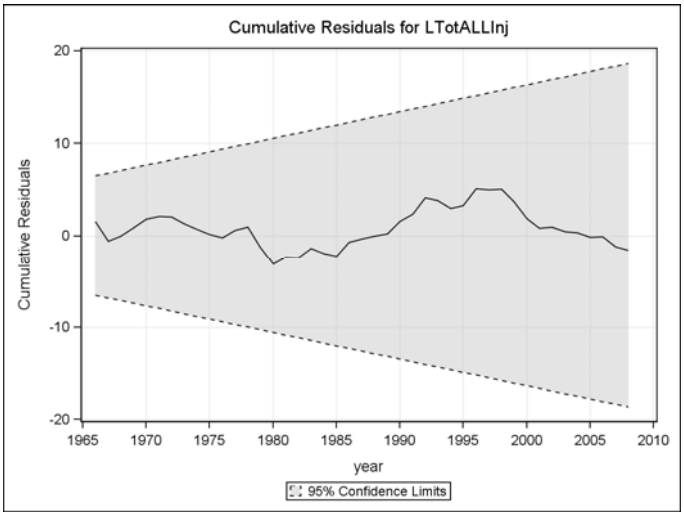
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 6.834897E-7 | 8.48834E-7 | 0.81 | 0.4207 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00553 | 0.0011540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

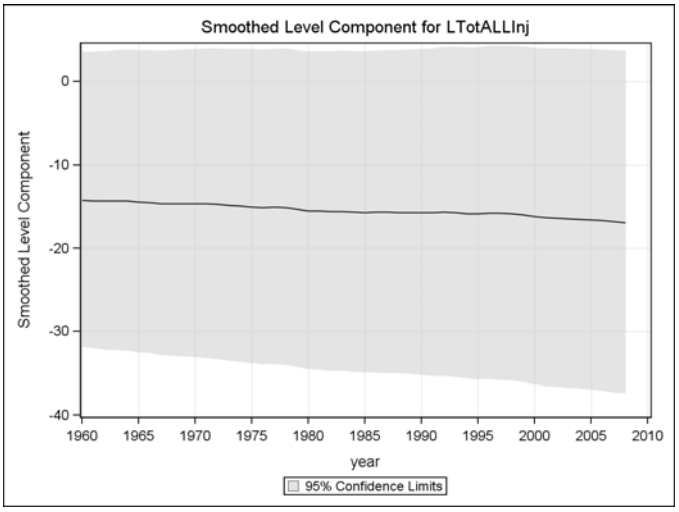
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9964 |
| *Level* | 1 | 2.68 | 0.1018 |
| *Slope* | 1 | 3.09 | 0.0790 |

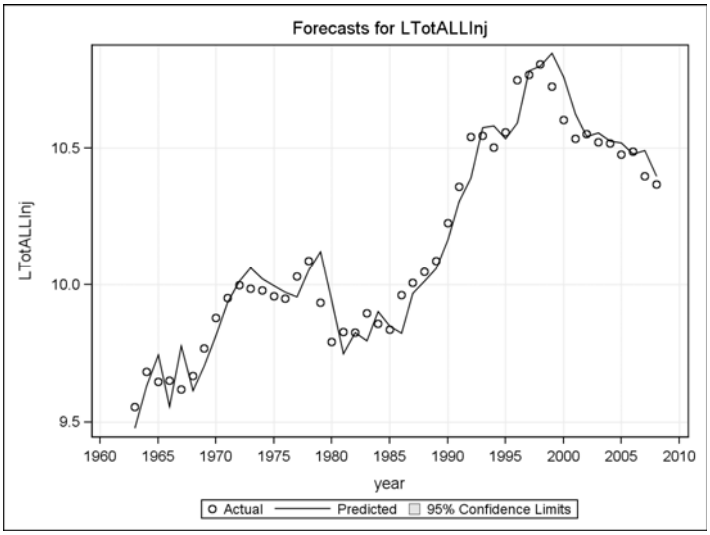
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00651 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08069 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.63728 |
| *Maximum Percent Error* | 1.45508 |
| *R-Square* | 0.95001 |
| *Adjusted R-Square* | 0.94888 |
| *Random Walk R-Square* | -0.03855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

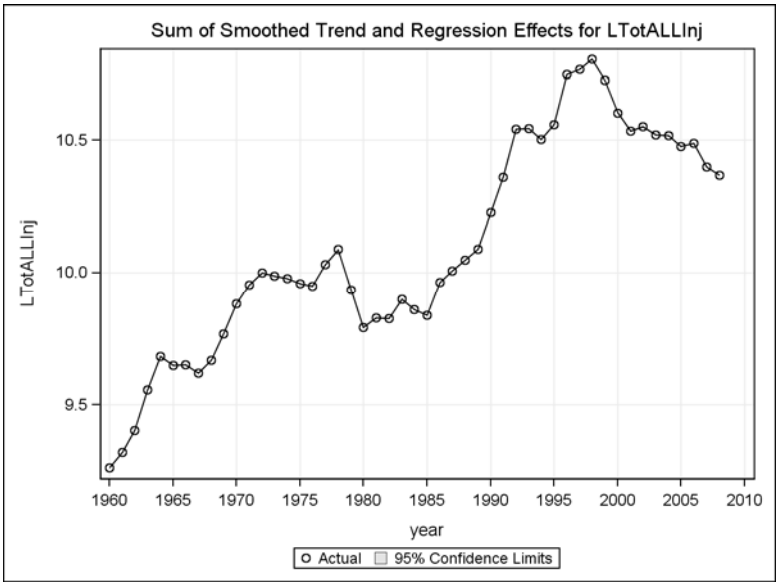

Residual Diagnostics for LTotALLInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

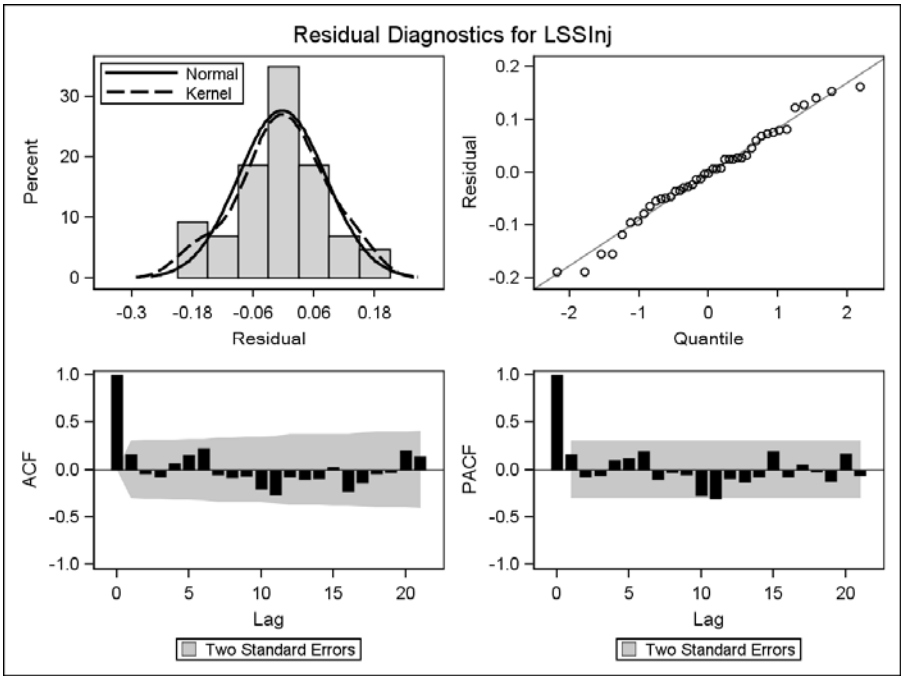


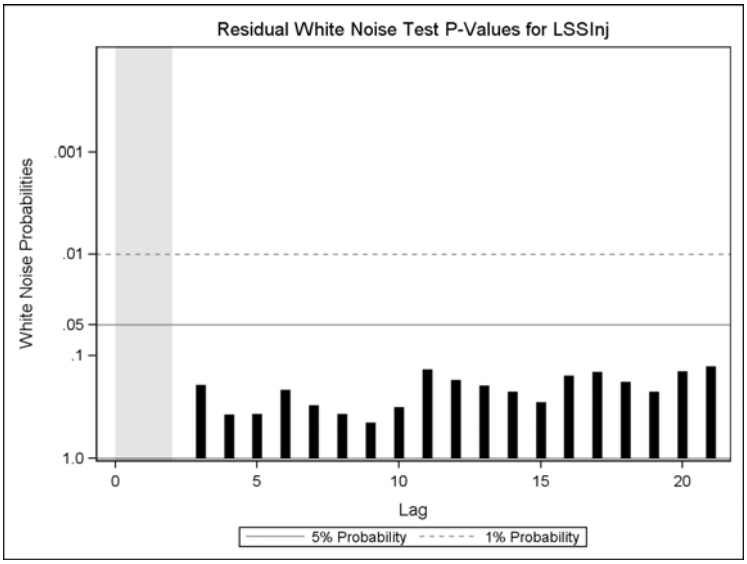

***15: dep=LSSInj exposure=LPOP***
***The UCM Procedure***

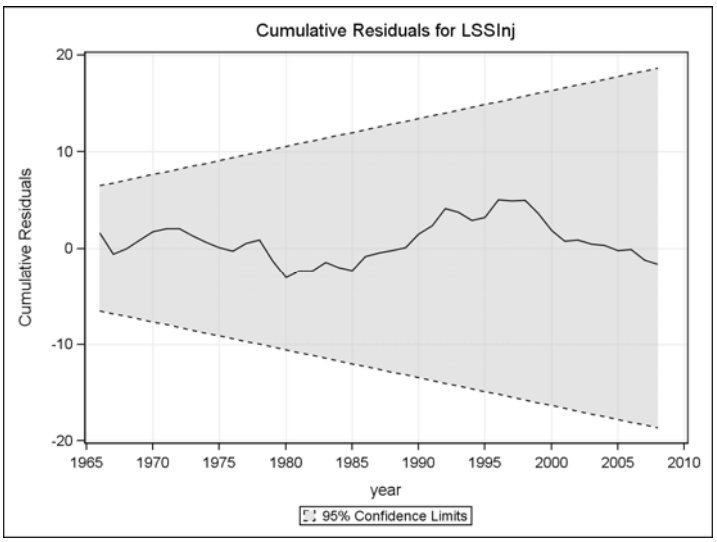
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 5.556277E-7 | 3.27966E-7 | 1.69 | 0.0902 |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00562 | 0.0011718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

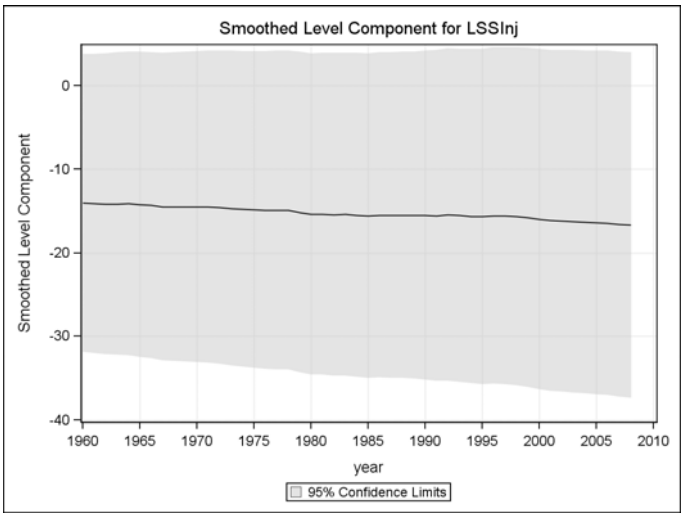
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9967 |
| *Level* | 1 | 2.57 | 0.1086 |
| *Slope* | 1 | 2.96 | 0.0852 |

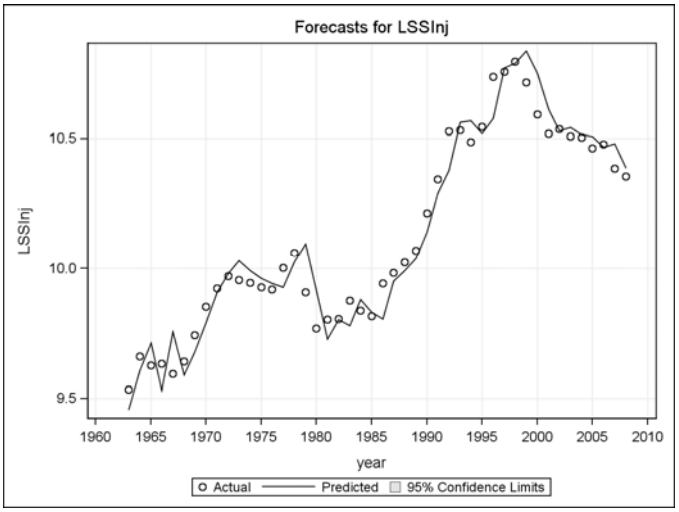
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00659 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08120 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.64171 |
| *Maximum Percent Error* | 1.48533 |
| *R-Square* | 0.95082 |
| *Adjusted R-Square* | 0.94971 |
| *Random Walk R-Square* | -0.03890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

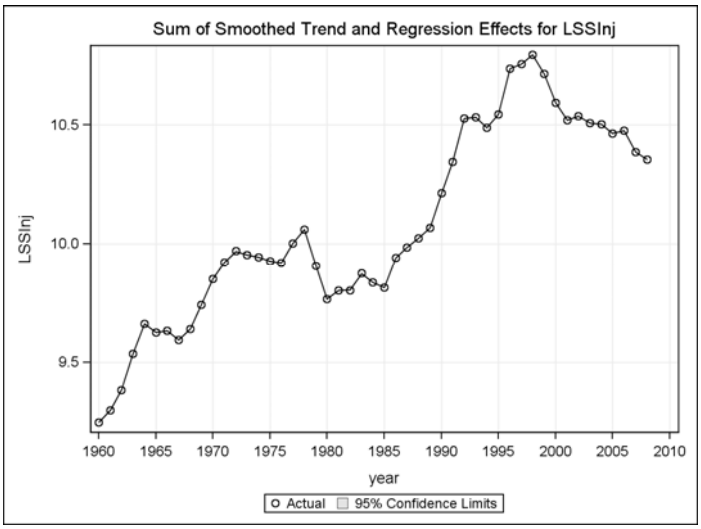

Residual Diagnostics for LSSInj
Normal
Kernel
Percent
Residual
Quantile
ACF
PACF
Lag
Two Standard Errors


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

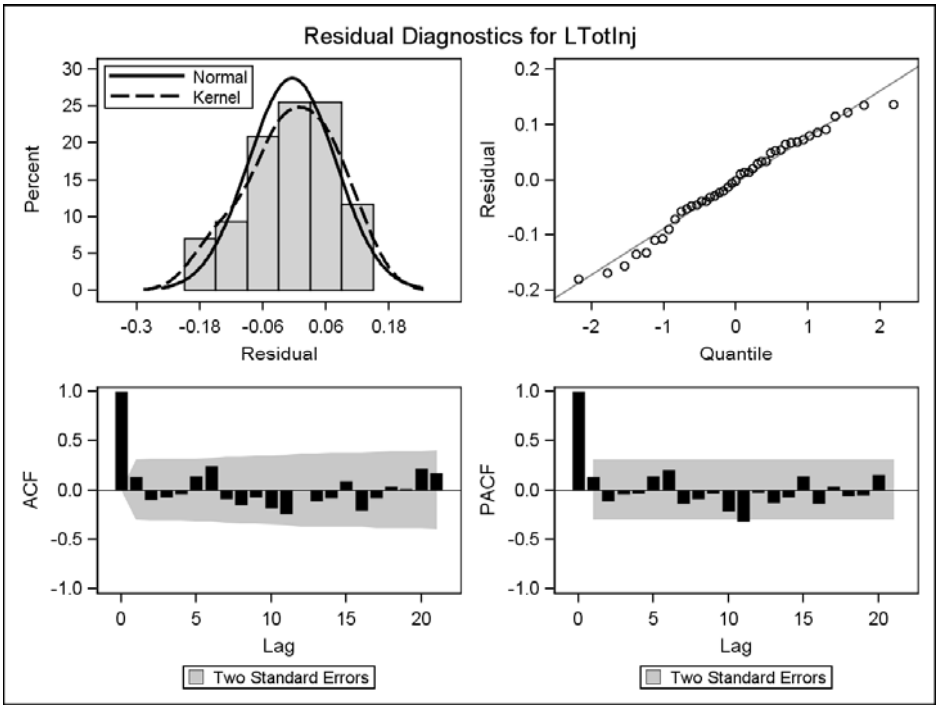

Sum of Smoothed Trend and Regression Effects for LSSInj
LSSInj
10.5
10.0
9.5
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
year
Actual
95% Confidence Limits

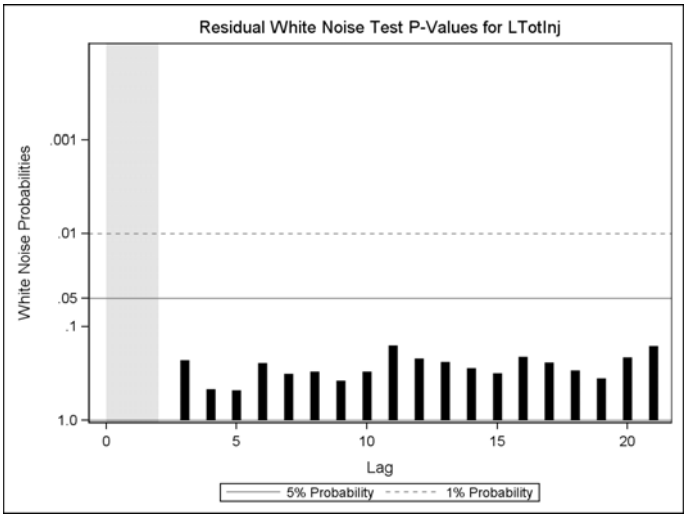
***16: dep=LTotInj exposure=LPOP***
***The UCM Procedure***

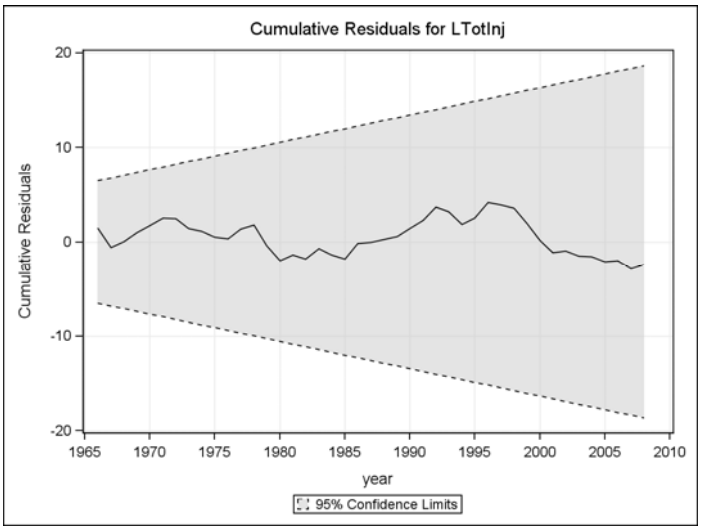
| *Final Estimates of the Free Parameters* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Component* | *Parameter* | *Estimate* | *Approx Std Error* | *t Value* | *Approx Pr > \|t\|* |
| *Irregular* | *Error Variance* | 7.28111E-7 | . | . | . |
| *Level* | *Error Variance* | 0.00543 | 0.0011639 | 4.66 | <.0001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

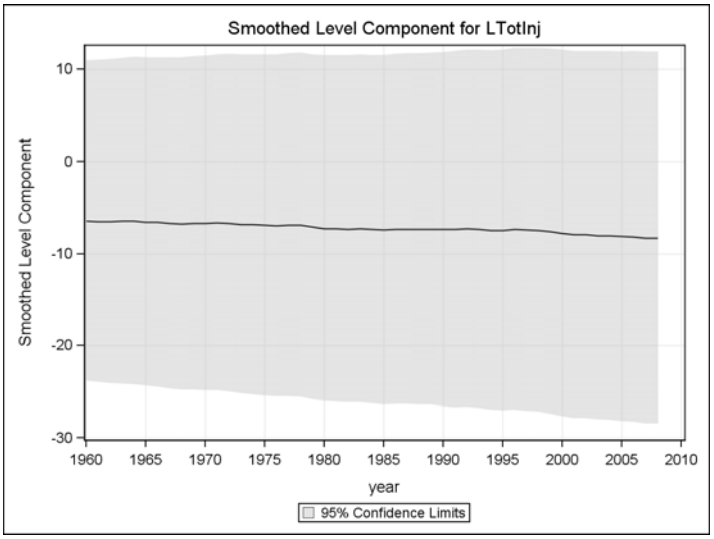
| *Significance Analysis of Components (Based on the Final State)* | | | |
|---|---|---|---|
| *Component* | *DF* | *Chi-Square* | *Pr > ChiSq* |
| *Irregular* | 1 | 0.00 | 0.9958 |
| *Level* | 1 | 0.66 | 0.4175 |
| *Slope* | 1 | 1.45 | 0.2287 |

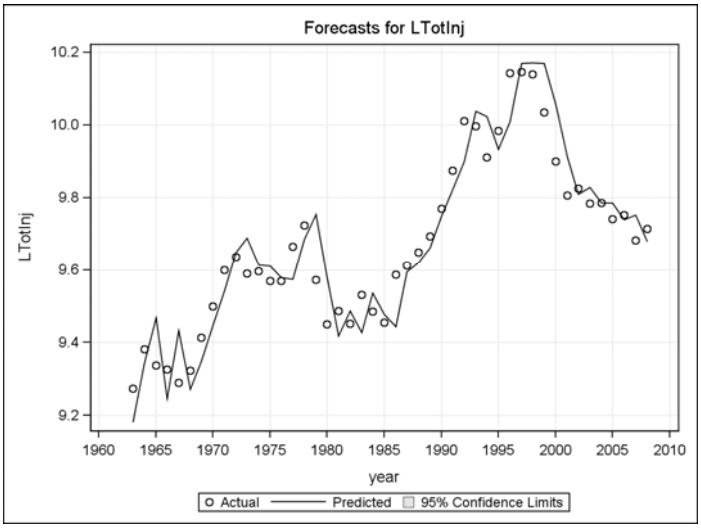
| *Fit Statistics Based on Residuals* | |
|---|---|
| *Mean Squared Error* | 0.00646 |
| *Root Mean Squared Error* | 0.08040 |
| *Mean Absolute Percentage Error* | 0.68250 |
| *Maximum Percent Error* | 1.49566 |
| *R-Square* | 0.88057 |
| *Adjusted R-Square* | 0.87785 |
| *Random Walk R-Square* | -0.12677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

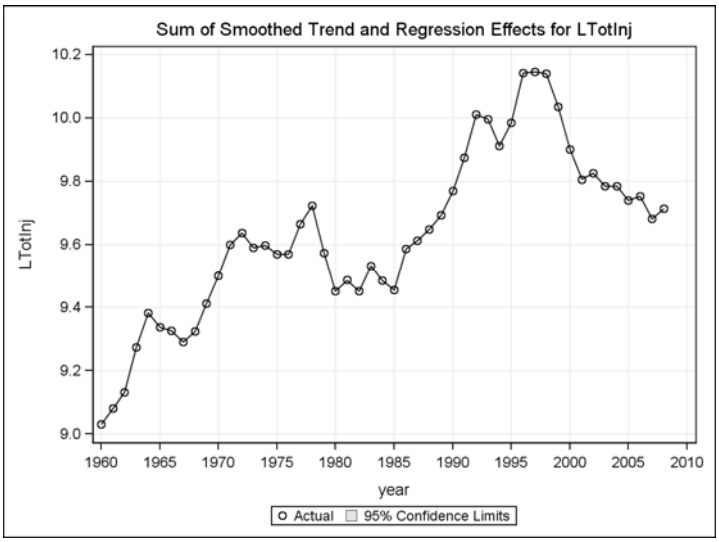



Residual White Noise Test P-Values for LTotInj
White Noise Probabilities
.001
.01
.05
.1
1.0
0
5
10
15
20
Lag
5% Probability
1% Probability


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