

עיונים מוניטריים  
Monetary Studies

כלל ריבית אופטימלי למשק הישראלי במסגרת  
מודל של ציפיות רציונליות

גיא סגל

2007.05

אוגוסט 2007

מאמרים לדיון Discussion Papers

Bank of Israel  
Monetary  
Department



בנק ישראל  
המחלקה  
המוניטרית

# כלל ריבית אופטימלי למשק הישראלי במסגרת מודל של ציפיות רציונליות

גיא סגל

2007.05

אוגוסט 2007

הדעות המובעות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדת בנק ישראל.

דואר אלקטרוני: [guysegal@boi.gov.il](mailto:guysegal@boi.gov.il)

© זכויות היצרים בפרסום זה שמורות לבנק ישראל.  
הרוצה לצטט רשאי לעשות כן בתנאי שיציין את המקור.  
מחלקה מוניטרית, בנק ישראל ת"ד 780 ירושלים 91007  
מס' קטלוגי 3111507005/9

<http://www.bankisrael.gov.il>

# כלל ריבית אופטימלי למשק הישראלי במסגרת מודל של ציפיות רציונליות

גיא סגל<sup>1</sup>

## תמצית

בעבודה זו מוצג כלל אופטימלי לריבית המוניטרית, הנגזר ממודל ניאו-קיינסיאני למשק הישראלי במסגרת ציפיות רציונליות. תוואי הריבית המתקבל מחושב במסגרת של discretion – שיקול דעת, דהיינו בהנחה שהציפיות של השחקנים במשק אקסוגניות לבנק המרכזי. השוואה של הכלל האופטימלי לכלל טיילור מורחב צופה לעתיד במסגרת המודל המוצע, מראה כי לכלל טיילור המורחב ולכלל האופטימלי תגובות דומות על זעזוע באינפלציה ועל זעזוע בשער החליפין הנומינלי, אולם תגובת הכלל האופטימלי על זעזוע בפער התוצר מתונה מזו הנגזרת מהכלל. הכלל האופטימלי המוצג יכול לשמש אחד האינדיקטורים בגיבוש ההחלטה על הריבית ובאפיון העדפותיה של הרשות המוניטרית.

## An Optimal Discretionary Policy Rule Under Rational Expectations Applied to Israel

Guy Segal

### Abstract

This paper presents an optimal discretionary policy rule, which is derived from a hybrid New-Keynesian model with rational expectations, and applies it to Israel. Comparison of the optimal rule to a forecast-based expanded Taylor rule under the same model results in a similar impulse-response function of a shock to inflation and a shock to the exchange rate; however, the impulse-response function to the output gap is more moderate when the monetary policy rule is optimal.

The introduced optimal monetary policy rule may be one of the indicators in the monetary policy discussions, and may help to characterize the preferences of the monetary authority.

---

<sup>1</sup> אני מודה לדוד אלקיים, לאיל ארגוב, לאלון בנימיני, לאלכס אילק, לעיריית רוזנשטרום ולמשתתפי הסמינר של המחלקה המוניטרית על הערותיהם המועילות.

## הקדמה

בעבודה זו מוצג כלל אופטימלי לריבית המוניטרית, הנגזר ממודל ניאו-קיינסיאני – מודל הכולל את משוואת פיליפס, משוואה של פער התוצר ומשוואה לשער החליפין (UIP), למשק הישראלי במסגרת של ציפיות רציונליות<sup>2</sup>. הכלל מחושב באמצעות אלגוריתם, Dennis (2007), שהחידוש בו הוא בניסוח המודל בצורתו המבנית במקום state-space. בניגוד לכלל טיילור, Taylor (1993) שלפיו הריבית היא פונקציה של סטיות האינפלציה מיעדה ושל פער התוצר, כלל הריבית האופטימלי הוא פונקציה של כל המשתנים הרלבנטיים הכלולים במודל. השוואה של הכלל האופטימלי לכלל טיילור המורחב צופה לעתיד במסגרת המודל המוצע, מראה, כי לשניהם תגובות דומות על זעזוע באינפלציה ועל זעזוע בשער החליפין הנומינלי, אולם תגובת הכלל האופטימלי על זעזוע בפער התוצר מתונה מזו הנגזרת מהכלל. ההסבר לכך נעוץ במקדם פער התוצר הנמוך במשוואת פיליפס והמשקל הגבוה של פער התוצר הצפוי בתקופה הבאה במשוואת פער התוצר במודל; אלה מתבטאים בהתכנסות מהירה של פער התוצר לאחר זעזוע בו. זאת לעומת כלל טיילור, שבו הפרמטרים אינם תלויים במודל.

בשנות התשעים של המאה הקודמת אימצו יותר ויותר מדינות מסגרת מדיניות מוניטרית של יעד אינפלציה - ביניהן ניו-זילנד, אנגליה, צ'כיה, ברזיל, שוודיה, וישראל, שבה הוגדר טווח יעד אינפלציה החל מ-1992. במסגרת זו מבחינים בין משטר קשוח של יעד אינפלציה (strict inflation targeting), שבו המטרה היחידה של הבנק המרכזי היא שמירה על יציבות מחירים, לבין משטר גמיש של יעד אינפלציה (flexible inflation targeting), הכולל יעדים נוספים כגון מיתון התנודות בפעילות הריאלית ו/או יציבות פיננסית.

מדיניות מוניטרית במסגרת של יעד אינפלציה מחייבת ניתוח של מצב המשק והערכת סיכונים לאי עמידה ביעדים השונים. המודלים, המתארים את קשרי הגומלין בין המשתנים השונים, מספקים מסגרת מובנית לניתוח מצב המשק. לשם חיזוי התפתחות המשתנים השונים והערכת הסיכונים, על המודל לכלול משוואה לכלי המדיניות המוניטרית. מבחינים בין כלל אופטימלי או כלל יעד ספציפי (*optimal<sup>3</sup> or specific<sup>4</sup> targeting rule*) ובין כלל תפקודי גרידא (*instrument rule*): הראשון הוא תוצאה של אופטימיזציה, ואילו בשני אין אופטימיזציה. *instrument rule* הוא נוסחה לשימוש בכלי המדיניות המוניטרית, כפונקציה של משתנים נצפים. הדוגמה השכיחה ביותר ל-*instrument rule* היא כלל טיילור. לפי כלל אופטימלי, השימוש בכלי המדיניות של הבנק המרכזי נקבע לפי תנאי סדר ראשון בבעיית אופטימיזציה של הבנק המרכזי,

<sup>2</sup> ארגוב (2005) מצא כלל ריבית אופטימלי למשק הישראלי הנגזר ממודל ללא ציפיות רציונליות.

<sup>3</sup> Svensson (1997, 2005). גישה זו מכונה אצל Walsh (2003) *targeting regime*.

<sup>4</sup> McCallum and Nelson (2005).

הנגזרים מהגדרת פונקציית המטרה של הבנק, בהינתן המודל של הכלכלה. כלל הריבית האופטימלי הנגזר, יכול להיות מנוסח כ- *instrument rule* בהנחות מסוימות.<sup>5</sup>

היתרונות של *optimal targeting rule* להשגת היעד, כפי שהוא מוגדר בפונקציית המטרה, נובעים מעצם הגדרתו וגזירתו: אלה תואמים את מסגרת המודלים המקובלים היום מסוג DSGE, בהם משוואות המודל - משוואת פיליפס ומשוואת הביקוש המצרפית, מתקבלות מאופטימיזציה של הפירמות ומשקי הבית במשק. לעומתו, כלל מסוג *instrument rule* נאמד או מכויל כך שהוא מתאר את המדיניות המוניטרית בעבר, גם אם לא הייתה אופטימלית. הביקורת של Svensson (2000) על כלל טיילור היא, שאם מלבד האינפלציה ופער התוצר יש משתני מצב נוספים המתארים את הכלכלה, כלל טיילור אינו יעיל.

מאחר שכל מודל, מורכב ככל שיהיה, הוא תיאור פשטני של המציאות, המושפעת גם מזעזועים לא צפויים, הביקורת העיקרית על הכלל האופטימלי נובעת מהיותו תלוי במודל שממנו הוא נגזר. Levin and Williams (2003) הראו בשלוש מסגרות מודל שונות<sup>6</sup>, כי כלל אופטימלי הנגזר ממודל מסוים ופועל בו להתכנסות של האינפלציה ושל שאר המשתנים, כפי שהם מוגדרים בפונקציית המטרה של הבנק המרכזי, ליעדים, לא בהכרח יפעל כך במודל אחר, שלו אותה פונקציית מטרה. הם הראו גם כי רק אם המדיניות המוניטרית פועלת במשטר גמיש של יעד אינפלציה ניתן למצוא כלל עמיד (robust), כלל שאינו תלוי במודל של הכלכלה, מסוג *instrument rule*. כלל טיילור הוא כלל עמיד, אבל לאו דווקא אופטימלי. חסרון נוסף עולה מכך שפונקציית המטרה של הבנק המרכזי במדיניות גמישה של יעד אינפלציה, המתארת את המדיניות המוניטרית בפועל, אינה מוגדרת.

במודל עם ציפיות רציונליות יש להבחין בין פתרון מחויבות - *commitment*, לפתרון שיקול דעת - *discretion*. במסגרת של מחויבות, הבנק המרכזי מבצע אופטימיזציה פעם אחת בזמן  $t_0$ , ומתחייב לפעול לפי הכלל המתקבל ממנה גם בעתיד. התחייבות הבנק לפעול כך, בהנחה של אמינות מוחלטת, מאפשרת לו להשפיע ישירות על ציפיות השחקנים במשק. במסגרת של שיקול דעת, הבנק המרכזי פותר את בעיית האופטימיזציה בכל תקופה מחדש, והציפיות מבחינתו אקסוגניות. הפתרון המתקבל בשיקול דעת הוא כלל תגובה לכל דבר - מרשם לדרך הפעולה האופטימלית של הבנק המרכזי, שבו כלל התגובה הוא פונקציה של משתני המצב, בהינתן פונקציית המטרה<sup>7</sup>. שיקול הדעת משמעותו שבכל תקופה בעיית האופטימיזציה נפתרת מחדש.

<sup>5</sup> כלל התגובה המתקבל בפתרון של שיקול דעת, המוגדר בהמשך, מבוטא כ- *instrument rule* בהינתן זעזוע בזמן  $t$ , לעומת פתרון של מחויבות, שבו כלל התגובה אינו פונקציה רק של משתנים נצפים, אלא גם של מחיר הצל של התחייבות קובעי המדיניות למסלול העתידי של הריבית.

<sup>6</sup> מודל צופה לעתיד, מודל צופה לעבר - אדפטיבי, ומודל היברידי.

<sup>7</sup> Bernake (2003) מכנה זאת *constrained discretion*.

מדיניות מוגדרת עקיבה בזמן (time-consistent) אם פעולה שתוכננה בזמן  $t$  עבור זמן  $t+i$  נשארת אופטימלית בזמן  $t+i$ , אם בין זמן  $t$  לבין  $t+i$  לא היה שינוי באינפורמציה. במסגרת פתרון של מחויבות, הציפיות לפני מועד ביצוע האופטימיזציה,  $t_0$ , הן ציפיות אקסוגניות. ההשפעה הישירה של פעולות הבנק על הציפיות של השחקנים במשק באה לידי ביטוי החל מזמן  $t_0 + 1$  ואילך, וכתוצאה מכך הפתרון המתקבל הוא פתרון התלוי בנקודת המוצא  $t_0$ ; בתקופות הבאות לאחר ביצוע האופטימיזציה הפתרון אינו זהה לפתרון בתקופה  $t_0$ , והפתרון במסגרת מחויבות אינו time-consistent. Woodford (1999) הציע פתרון של מחויבות מסוג *Timeless Perspective* לבעיית האופטימיזציה, שבו הבנק מתחשב בהשפעה של המדיניות המוניטרית על הציפיות גם לפני מועד האופטימיזציה,  $t_0$ , והפתרון המתקבל הוא פתרון שאינו תלוי בזמן. הפתרון המתקבל במסגרת שיקול דעת אף הוא פתרון time-consistent, מפני האקסוגניות של הציפיות. במסגרת פתרון שיקול דעת, הציפיות נפתרות על ידי השחקנים במשק בהינתן פעולת הבנק והמודל, הידועים להם, בהנחת ציפיות רציונליות. אף שאמינות הבנק והשפעתו הישירה על הציפיות, במסגרת של מחויבות, מביאות להפסד רווחה נמוך יותר מזה של מסגרת שיקול דעת, התחייבות של הרשות המוניטרית לתוואי עתידי של כלי המדיניות בעייתית בשל זעזועים הבלתי צפויים בכלכלה, אי-וודאות ומגבלות המודל שממנו נגזר הפתרון. בעבודה זו מחושב פתרון שיקול דעת, הקרוב יותר לפעולת הבנקים המרכזיים בפועל.<sup>8</sup>

הכלל האופטימלי המוצג יכול לשמש אחד האינדיקטורים בגיבוש ההחלטה על המדיניות המוניטרית ואפיון ההעדפות של הרשות המוניטרית, כפי שנעשה במספר בנקים מרכזיים ובהם הבנק האמריקאי, Svensson and Tetlow (2005), הבנק המרכזי של ניו זילנד והבנק המרכזי של נורבגיה, Svensson (2006).

הפרק הבא מתאר את בעיית האופטימיזציה ואת האלגוריתם שבאמצעותו חושב הכלל האופטימלי; הפרק השלישי מתאר את המודל של הכלכלה; הפרק הרביעי דן בפונקציית המטרה, הפרק החמישי מציג את הכלל האופטימלי ואת הגמישויות הדינמיות של המשתנים המרכזיים, והפרק השישי מסכם.

## 1. בעיית האופטימיזציה

נגדיר את  $y_t$  וקטור מסדר  $(n \times 1)$  של המשתנים האנדוגניים, ו- $x_t$ , וקטור מסדר  $(p \times 1)$  של כלי המדיניות, במונחי הפערים מערכי שיווי המשקל שלהם. הבעיה הניצבת בפני הבנק

<sup>8</sup> הבנק המרכזי של יפן נקט מדיניות של מחויבות בהצהרתו באפריל 1999 כי הריבית המוניטרית תיקבע ברמה 0% ותישאר כך לאורך זמן. במארס 2001 הצהיר הבנק כי הריבית תישאר 0% כל עוד שיעור האינפלציה השנתית לא יהיה חיובי.

המרכזי היא מהו תוואי כלי המדיניות,  $x_t$ , שממזער את פונקציית ההפסד של הבנק בהינתן מבנה הכלכלה. פונקציית ההפסד הרב-זמנית<sup>9</sup> מנוסחת:

$$Loss(t, \infty) = E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j [y_{t+j}' W y_{t+j} + x_{t+j}' Q x_{t+j}]$$

כך ש- $\beta$  היא מקדם ההיוון,  $W$  ו- $Q$  הן מטריצות סימטריות, המוגדרות כחיוביות למחצה, מסדר  $(n \times n)$  ו- $(p \times p)$  בהתאמה.  $E_t$  הוא תוחלת הציפיות בהינתן קבוצת האינפורמציה בזמן  $t$ . פונקציית הפסד ריבועית מקובלת ביותר במידול פונקציית המטרה של הבנק המרכזי ומשקפת סימטרייה בסטייה של משתנה מיעדו כלפי מטה וכלפי מעלה. בהינתן אילוצים ליניאריים, תוצאה של קירוב טיילור מסדר ראשון סביב שיווי המשקל של משוואות המודל של הכלכלה, מתקבלים תנאי סדר ראשון ליניאריים מפונקציית מטרה ריבועית.

כדי להשלים את ניסוח בעיית האופטימיזציה יש להוסיף את ניסוח הקשרים הכלכליים במשק, מודל המשק, כאילוץ. השיטה המקובלת לתיאור המשק במודלים עם ציפיות היא ניסוח המודל באמצעות state-space. ניסוח זה דורש הבחנה בין משתנים predetermined לבין משתני jump, הבחנה לא קלה, במיוחד ככל שהמודל מורכב יותר.

האלגוריתם שבאמצעותו חושב הכלל האופטימלי פותח על ידי Dennis (2007). החידוש והיתרון באלגוריתם זה הוא שהמודל של המשק מנוסח בצורה מבנית ולא נדרשת הבחנה בין המשתנים השונים, אלא רק בין המשתנים האנדוגניים למשתני המדיניות. המודל מנוסח:

$$A_0 y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 E_t y_{t+1} + A_3 x_t + A_4 E_t x_{t+1} + A_5 v_t$$

כך ש- $v_t \sim iid[0, \Omega]$  הוא וקטור מסדר  $(s \times 1, s \leq n)$  של הזעזועים, והמטריצות,  $A_1, A_0, A_5, A_4, A_3, A_2$  מייצגות את הפרמטרים המבניים של המודל. נגדיר כי  $y_{t-1}$  ידוע בתחילת זמן  $t$ . האלגוריתם מחפש פתרון מהצורה:

$$y_t = H_1 y_{t-1} + H_2 v_t$$

$$x_t = F_1 y_{t-1} + F_2 v_t$$

מאחר ש- $y_{t-1}$  ו- $v_t$  הם משתני המצב בזמן  $t$ , והמטריצות שמחפשים הן  $H_2, H_1, F_2, F_1$  - משמע מחפשים פתרון בו כלי המדיניות והמשתנים האנדוגניים בזמן  $t$  הם פונקציה של המשתנים

<sup>9</sup> ניסוח פונקציית הפסד רב-זמנית ב-discretion מופיע אצל Svensson and Woodford (2003), בניגוד לפונקציית הפסד חד זמנית אצל Clarida et al. (1999) ואצל Walsh (2003).

האנדוגנטיים בזמן  $t-1$  ושל הזעזועים בזמן  $t$ . נשים לב כי מטריצות המקדמים  $H_2, H_1, F_2, F_1$  אינן תלויות זמן, והמשמעות היא שהתוואי האופטימלי המתקבל הוא כלל תגובה לכל דבר. על ידי שימוש בתכונות התכנסות טור גיאומטרי וניסוח מערכת משוואות המודל תחת פתרון מהצורה שמניחים, Dennis (2007) מראה, שמתקבל הפתרון:

$$\begin{aligned} x_t &= -(Q + A_3' D^{-1} P D^{-1} A_3)^{-1} A_3' D^{-1} P D^{-1} (A_1 y_{t-1} + A_5 v_t) \\ &\equiv F_1 y_{t-1} + F_2 v_t \\ y_t &= D^{-1} (A_1 + A_3 F_1) y_{t-1} + D^{-1} (A_5 + A_3 F_2) v_t \\ &\equiv H_1 y_{t-1} + H_2 v_t \end{aligned}$$

כך ש:

$$\begin{aligned} P &\equiv W + \beta F_1' Q F_1 + \beta H_1' P H_1 \\ D &\equiv A_0 - A_2 H_1 - A_4 F_1 \end{aligned}$$

נשים לב כי  $P$  ו- $D$  הן פונקציות סתומות של  $H_2, H_1, F_2, F_1$ .  $D$  היא פונקציה של  $F_1$  ושל  $H_1$ , שהיא פונקציה של  $F_1$  ושל  $D$ . נספח 1 מציג פתרון אנליטי למטריצה  $P$ , המנוסחת כמשוואת Sylvester<sup>10</sup>. שאר חמש המטריצות חושבו בתהליך נומרי.

## 2. המודל

המודל המתאר את מבנה הכלכלה, שלפיו מחושב הכלל האופטימלי, הוא המודל של אלקיים וארגוב (2006). מודל זה הוא מודל ניאוקיינסיאני למשק קטן ופתוח, המיושם למשק הישראלי. במודל שלוש משוואות מבניות – לאינפלציה, לפער התוצר ולשער החליפין (המודל נסגר באמצעות כלל ריבית צופה לעתיד המבוסס על כלל טיילור). המשוואות המבניות במודל מתקבלות מפתרון בעיית אופטימיזציה של השחקנים השונים במשק, באופן שמתיישב עם התיאוריה הכלכלית. משוואת האינפלציה מתקבלת מפתרון בעיית מירוב רווחי הפירמות, בהנחה של קשיחיות מחירים, ובמסגרת של תחרות מונופוליסטית. משוואת פער התוצר נגזרת ממירוב פונקציית התועלת של הצרכנים בהינתן מגבלת התקציב, וכך גם משוואת שער החליפין, המתקבלת מהרחבת עקרון שקילות הריבית, UIP. המודל נאמד על נתונים רבעוניים של המשק הישראלי בשנים 1992 עד 2005.

שלוש המשוואות בצורתן הכללית הן:

$$\begin{aligned} (1) \quad \pi_t^c &= a_1 E_t \pi_{t+1}^c + (1 - a_1) \pi_{t-1}^c + (1 - a_2) a_y (0.5 u y_t + 0.5 u y_{t-1}) \\ &+ a_{zf} (1 - a_2) u p_t^* + a_{zf} q_t + a_2 d \hat{e} p_t \end{aligned}$$

<sup>10</sup> Dennis (2007) מחשב את מטריצה  $P$  בתהליך נומרי.



$$(2) \quad uy_t = b_1 E_t uy_{t+1} + (1 - b_1) uy_{t-1} - b_2 (ur_t + ur_{t-1}) + b_3 (q_t - E_t q_{t+1}) + b_4 (wt_t^* - E_t wt_{t+1}^*) \\ + b_5 (g_t - E_t g_{t+1}) + b_6 (inv_t - E_t inv_{t+1})$$

$$(3) \quad e_t = c_1 E_t e_{t+1} + (1 - c_1) e_{t-1} + 0.25 [(i_t^* + \phi_t - i_t) - (1 - c_1)(i_{t-1}^* + \phi_{t-1} - i_{t-1})]$$

$\pi^c$  הוא קצב השינוי במדד המחירים לצרכן,  $uy$  הוא פער התוצר,  $up^*$  הוא הפער בין המחיר העולמי של התשומות מיבוא לזה של מוצרי הצריכה מיבוא, ו- $q$  הוא פער שער החליפין הריאלי.  $d\hat{e}p_t$  הוא השינוי במחירי היבוא העולמיים במונחי שקלים. בהנחת תמסורת הדרגתית משער החליפין למחירים, משתנה זה הוא פונקציה של השינוי בשערי החליפין והשינוי במחירים הדולריים של מוצרי הצריכה מיבוא החל משתי תקופות קודמות ( $t-2$ ) ועד שתי תקופות קדימה  $^{11}(t+2)$ .

$ur$  הוא הפער בין הריבית הריאלית לטווח קצר לבין הריבית הטבעית,  $wt^*$  הוא פער הסחר העולמי, המשפיע על הביקוש ליצוא הישראלי,  $g$  הוא פער הביקושים של הממשלה לתוצר של המגזר העסקי,  $inv$  הוא פער ההשקעות,  $e$  הוא שער החליפין הנומינלי,  $\phi$  היא פרמיית הסיכון של המטבע המקומי<sup>12</sup>,  $i$  הוא הריבית המוניטרית ו- $i^*$  הוא הריבית המוניטרית בחו"ל. המגמה של המשתנים, המשמשת לחישוב הפערים (בין המשתנה לבין מגמתו), מחושבת באמצעות מסן Hodrick-Prescott<sup>13</sup>.

במודל חמישה משתנים אקסוגניים<sup>14</sup>, אולם באלגוריתם שבו אני משתמש לחישוב הכלל האופטימלי כל המשתנים אנדוגניים. כדי להתאים את המודל לאלגוריתם ניתן לקבוע ערך קבוע למשתנה אקסוגני, או לאפיין את התהליך שבו הוא נקבע.

הכלל האופטימלי המחושב נועד לשמש אחד האינדיקטורים בגיבוש ההחלטה על הריבית המוניטרית, שכן כל מודל, מורכב ככל שיהיה, הוא תיאור פשטני של המציאות, המושפעת בין היתר מזעזועים בלתי צפויים. לכן בחרתי להגדיר את יעד האינפלציה במהלך 12 החודשים האחרונים בערך קבוע של 2 אחוזים, מרכז תחום היעד, המוגדר החל משנת 2003 בין 1 ל-3 אחוזים. לשאר המשתנים האקסוגניים נאמד תהליך אוטורגרסיבי, המתכנס לערך שיווי משקל. עבור  $wt^*$ ,  $up^*$  ו- $i^*$  בחרתי תהליך  $AR(2)$ , המתאר התכנסות בצורת גבנון, hump-shaped, של המשתנה לערכו בשיווי משקל, כפי שרואים בנתונים. התקבלו האומדנים הבאים:

<sup>11</sup> לפירוט ראו אלקיים וארגוב (2006).

<sup>12</sup> מחושבת לפי הכט ופומפושקו (2006).

<sup>13</sup> למעט חישוב הריבית הטבעית; ראו להלן.

<sup>14</sup> משתנים שאינם ממודלים ונקבעים מחוץ למודל.

פער הסחר העולמי, סך היבוא של המדינות המתועשות במחירים קבועים,  $wt^*$  :

$$wt_t^* = 0.79wt_{t-1}^* + 0.36(\Delta wt_{t-1}^*)$$

(14.3)      (3.5)

$R^2=0.76$        $DW=2.07$       Sample 1986Q1 2007Q1

הפער בין המחיר העולמי של התשומות מיבוא לבין המחיר העולמי של מוצרי הצריכה מיבוא,  
 $up^*$  :

$$up_t^* = 0.83up_{t-1}^* + 0.31(\Delta up_{t-1}^*)$$

(12.4)      (2.4)

$R^2=0.78$        $DW=2.14$       Sample 1993Q1 2007Q1

הריבית המוניטרית בארה"ב,  $i^*$  :

$$i_t^* = (1 - 0.95)\bar{i}^* + 0.95i_{t-1}^* + 0.73(\Delta i_{t-1}^*)$$

(42.8)      (8.1)

$R^2=0.97$        $DW=2.17$       Sample 1993Q1 2007Q1

$\bar{i}$  הוא ערך שיווי המשקל של הריבית המוניטרית בארה"ב. הערך שבחרתי הוא 4.5 אחוזים, ממוצע של הערך הנאמד, 4.2 אחוזים, ושל הערך המתקבל מעקום התשואות של שטרות האוצר האמריקאי לטווח של 5 שנים, 4.8 אחוזים.<sup>15</sup> תקופת האמידה מאופיינת באמינות גבוהה של המדיניות המוניטרית בארה"ב, עם היציאה מהמיתון ששרר ב-1990 עד 1991, על רקע המפולת בוול-סטריט ב-1987 ומלחמת המפרץ הראשונה, Goodfriend (2005).

הריבית הטבעית, הריבית הריאלית המתישבת עם גמישות מחירים, שהיא משתנה בלתי נצפה - אינה ממודלת. התשואה הריאלית על איגרות החוב הממשלתיות הצמודות למדד, הנגזרת לטווח בין 5 שנים לבין 10 שנים, יכולה לשמש קירוב לריבית הטבעית<sup>16</sup>. עבור הריבית הטבעית,  $r_t^n$ , אני מניח תהליך :

$$r_t^n = (1 - 0.85)\bar{r}^n + 0.85r_{t-1}^n$$

### 3. פונקציית המטרה של הבנק המרכזי

לאחר הצגת מסגרת המודל ניתן לחשב את כלל התגובה האופטימלי. רוב הבנקים המרכזיים, אם לא כולם, נוקטים מדיניות מוניטרית גמישה, שבה מלבד השמירה על יציבות מחירים יש יעדים נוספים, כמיתון התנודות בפעילות הריאלית ו/או יציבות פיננסית. בהתאם,

<sup>15</sup> בסוף 2006.

<sup>16</sup> Argov et al. (2007) and Beenstock and Ilek (2005) השתמשו בתשואה הריאלית הנגזרת בין 3 שנים לבין 10 שנים כקירוב לריבית הטבעית.

בחרתי להכניס לפונקציית המטרה של הבנק המרכזי, לבד מסטיות של האינפלציה מיעדה, גם את הסטיות של פער התוצר ואת השינויים בריבית המוניטרית:

$$Loss(t, \infty) = E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j [(\pi_{t+j}^c - \bar{\pi})^2 + \lambda_y (uy_{t+j})^2 + \lambda_i (i_{t+j} - i_{t+j-1})^2]$$

כך ש- $\bar{\pi}$  הוא מרכז תחום יעד האינפלציה.

כדי לחשב את כלל התגובה האופטימלי יש להגדיר את העדפות הבנק, כפי שהן באות לידי ביטוי במקדם סטיות פער התוצר,  $\lambda_y$ , ובמקדם השינוי בריבית המוניטרית,  $\lambda_i$ , המנורמלים ביחס לסטיות האינפלציה מיעדה. יש שלוש שיטות למצוא את המקדמים. שיטה ראשונה היא לגזור את פונקציית המטרה מפונקציית התועלת של משקי הבית ולמצוא את המקדמים, המורכבים מהפרמטרים המבניים של המודל, תוך שימוש בקירוב טיילור מסדר שני. שיטה זו היא המיטיבה להתיישב עם התיאוריה והמודלים מסוג DSGE, אולם זאת גם בעייתה: המקדמים המתקבלים הם תלויי מודל, ולכן הימנעות משיטה זו מצמצמת את הביקורת מכיוון זה. Levin and Williams (2003) מפנים לשני מודלים שבהם פונקציית המטרה נגזרת אנליטית, וערך  $\lambda_y$  המתקבל במודל אחד הוא 0.01 לעומת ערך של 1.0 במודל האחר. נוסף על כך, גזירת פונקציית המטרה בשיטה זו במודלים מורכבים קשה מאד. שיטה שנייה היא לאמוד את המקדמים בפונקציית המטרה, אולם תקופת יציבות המחירים הקצרה המאפיינת את ישראל, שהחלה בשנת 1999, מקשה על אמידת המקדמים בפונקציית המטרה של הבנק המרכזי. שיטה שלישית היא להגדיר את ערכי המקדמים באמצעות העדפות ניגלות במשך הזמן, כדלקמן, כפי שמציע Svensson (2007): ניתן למפות את טווח המקדמים המשקפים את העדפות הבנק המרכזי באמצעות הצגת מספר תרחישים של התפתחויות האינפלציה, פער התוצר והריבית, הנגזרים מהצבת ערכי מקדמים שונים בפונקציית המטרה, ובחירה בתוואי התואם לתחזית הרשות המוניטרית.

Svensson (2000) השתמש ב- $\lambda_i = 0.01$ ,  $\lambda_y = 0.5$ , Cayen, Corbett and Perrier

(2006) השתמשו ב- $\lambda_i = 0.5$ ,  $\lambda_y = 1$ , עבור מודל של הכלכלה הקנדית, Kam, Lees and Liu

(2006) אמדו את המקדמים עבור אוסטרליה, קנדה וניו-זילנד, ומצאו

כי  $\lambda_i = 0.5, 0.7, 0.7$ ,  $\lambda_y = 0.4, 0.15, 0.2$ , בהתאמה, ו-Dennis (2007) אמד מודל עבור

המשק של ארה"ב ומצא את המקדמים  $\lambda_i = 2.5, 2.8$ ,  $\lambda_y = 0$ , עבור תקופות הנגידות של

וולקר ושל גרינספאן בהתאמה<sup>17</sup>. ארגוב (2005) מצא כי  $\lambda_i = 4$  מיטיב לתאר את התפתחות הריבית המוניטרית בישראל בשנים 2005-2002 עבור פונקציית מטרה המכילה את הסטיות של האינפלציה מיעדה והשינויים בריבית המוניטרית, במסגרת מודל ללא ציפיות רציונליות<sup>18</sup>. בהנחה שהמדיניות המוניטרית הייתה בממוצע מדיניות אופטימלית, ומאחר שהריבית המוניטרית משקפת את העדפות הבנק המרכזי, חיפשתי את המקדמים בפונקציית המטרה שעבורם מתקבל תוואי ריבית אופטימלית, בכפיפות למודל המתאר את הכלכלה, הקרוב לריבית המוניטרית בפועל. באמצעות תרגיל זה ניתן למצוא את טווח המקדמים, התלויים אף הם במודל, שמספקים אומדן טוב להעדפות של הבנק המרכזי בפועל.

איורים 1-3 מציגים את הריבית המוניטרית בפועל (בכחול) וסימולציה סטטית של הריבית האופטימלית כתלות בערכי  $\lambda_y$  ו- $\lambda_i$  (באדום). ההבדל בין האיורים הוא בערכי  $\lambda_i$ :

- איור 1-  $\lambda_i = \{0, \dots, 1.5\}$ ,  $by = 0.5$

- איור 2-  $\lambda_i = \{2, \dots, 5\}$ ,  $by = 0.5$

- איור 3-  $\lambda_i = \{5.5, \dots, 16\}$ ,  $by = 0.5$

בכל הסימולציות  $\lambda_y = \{0, \dots, 1.5\}$ ,  $by = 0.25$ .

תקופת האמידה היא מ-1999Q1 עד 2007Q2, המאופיינת ביציבות מחירים, לאחר סיום תהליך הדיסאינפלציה בישראל. מהסימולציות עולה כי מקדם החלקת הריבית בפונקציית המטרה,  $\lambda_i$ , דומיננטי בהשוואה למקדם פער התוצר,  $\lambda_y$ , בהשפעתו על הכלל האופטימלי הנגזר. ככל שמשקל ריבועי השינוי בריבית,  $\lambda_i$ , עולה, וככל שמשקל ריבועי פער התוצר,  $\lambda_y$ , קטן<sup>19</sup>, כך תוואי הריבית האופטימלית קרוב יותר לתוואי הריבית בפועל. עבור  $\lambda_i = \{0, \dots, 1.5\}$ ,  $by = 0.5$ , ממוצע הסטייה (בערך מוחלט) של התפתחות הריבית המוניטרית בפועל מהתפתחות הריבית האופטימלית בשנים 1999 עד 2007 הוא 1.47 נקודת אחוז (איור 1), ועבור  $\lambda_i = \{2, \dots, 16\}$ ,  $by = 0.5$ , ממוצע הסטייה (בערך מוחלט) הוא 0.85 נקודת אחוז (איור 2 ואיור 3). המשמעות היא שהטווח  $\lambda_i = \{0, \dots, 1.5\}$ ,  $by = 0.5$  לא משקף את העדפות הבנק המרכזי בשנים 1999-2007.

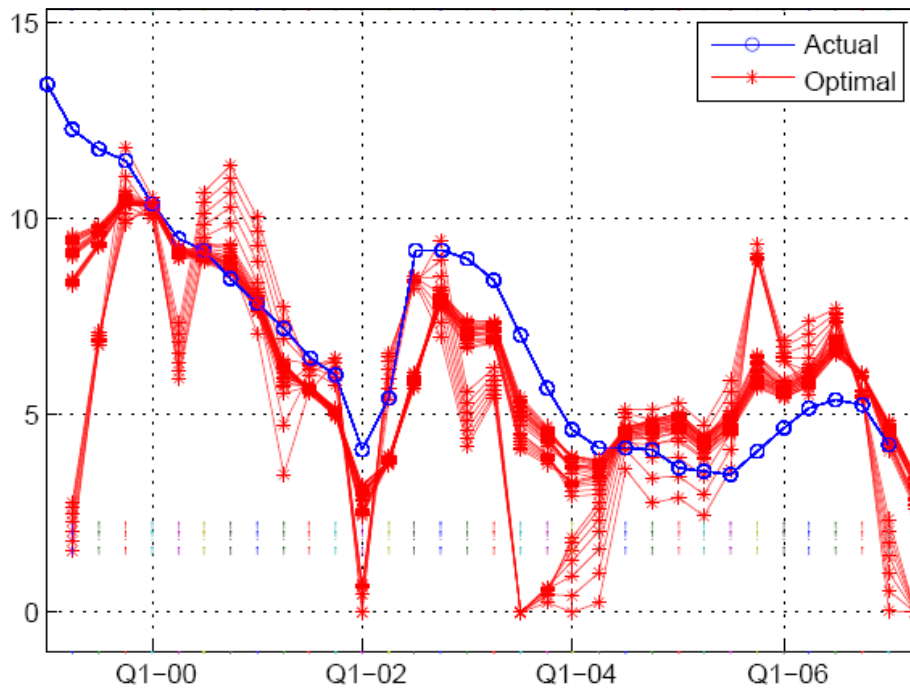
<sup>17</sup>  $\lambda_y$  בפונקציית המטרה אצל Dennis (2007) מתייחס לפער הצריכה הפרטית ולא לפער התוצר.

<sup>18</sup> עבור השנים 1993-2005 ארגוב (2005) מצא את הערך  $\lambda_i = 64$ .

<sup>19</sup> למעט עבור  $\lambda_i = 0$ .

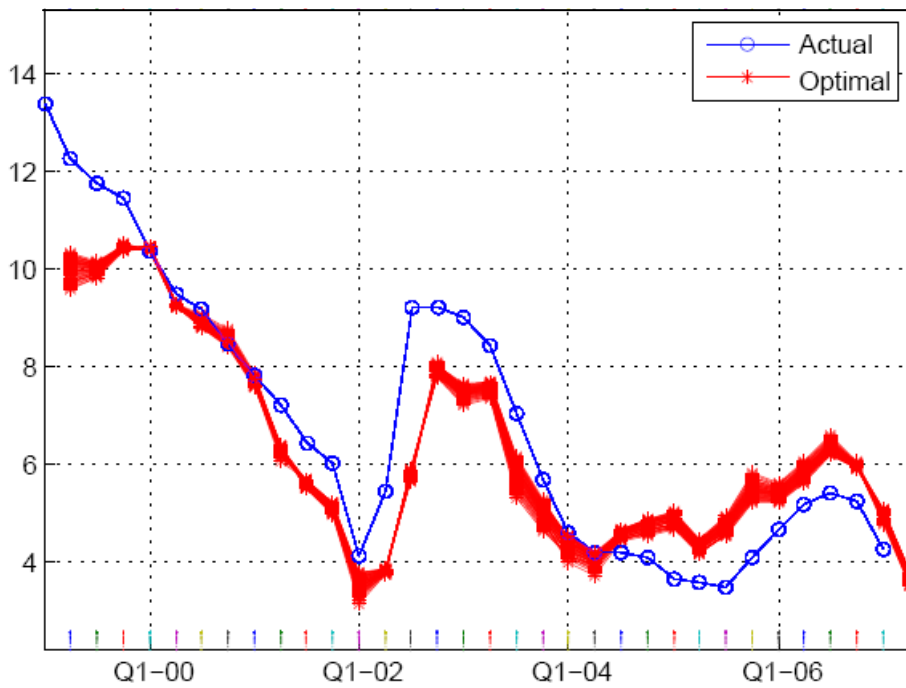
איור 1

הריבית האופטימלית והריבית בפועל כתלות בפונקציית המטרה -  $\lambda_y \in [0,1.5]$  ,  $\lambda_i \in [0,1.5]$

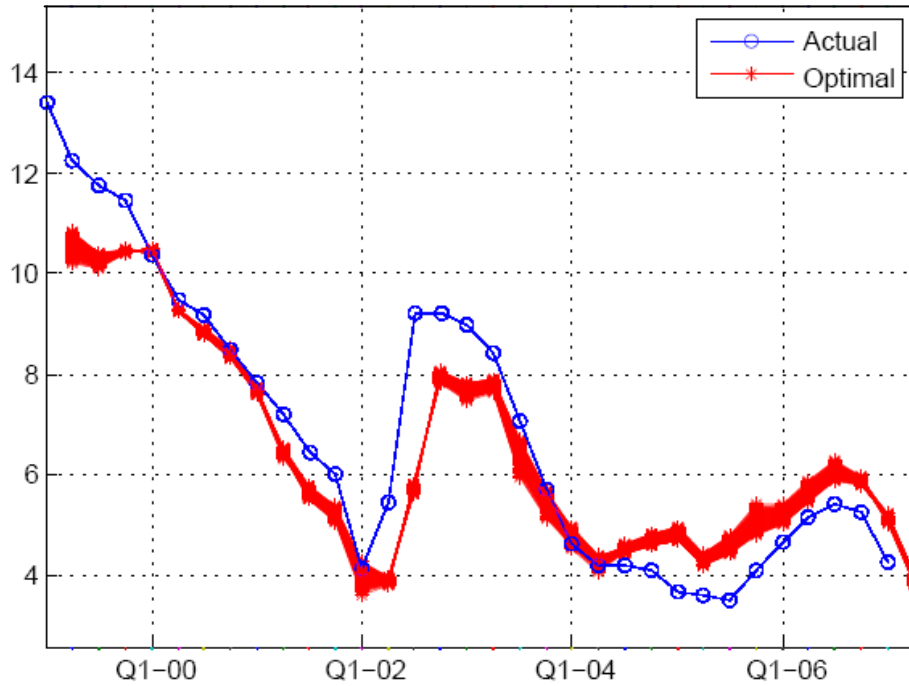


איור 2

הריבית האופטימלית והריבית בפועל כתלות בפונקציית המטרה -  $\lambda_y \in [0,1.5]$  ,  $\lambda_i \in [2,5]$



הריבית האופטימלית והריבית בפועל כתלות בפונקציית המטרה -  $\lambda_y \in [0,1.5]$  ,  $\lambda_i \in [5.5,16]$



מאיורים 2 ו-3 עולה כי ניתן לחלק את התקופה מ-1999Q1 עד 2007Q1 לשלוש תת תקופות:

- I. במהלך שנת 1999 ומ-2001Q2 עד 2004Q2 הריבית האופטימלית נמוכה מהריבית בפועל.
- II. מ-2004Q3 עד 2007Q1 הריבית האופטימלית גבוהה מהריבית בפועל.
- III. במהלך שנת 2000 וב-2001Q1 הריבית האופטימלית מתלכדת עם הריבית בפועל.

נסביר מהי המשמעות של הערכים השונים של  $\lambda_i$ . לשם כך נסתכל על פונקציית המטרה בזמן  $t$ , ונתרכז בריבוע הסטיות של האינפלציה מהיעד שלה ובריבוע השינוי בריבית המוניטרית:

$$\Lambda_t = (\pi_t^c - \bar{\pi})^2 + \lambda_i (i_t - i_{t-1})^2$$

נתייחס למקרה שבו האינפלציה סוטה מהיעד ב-1 נקודת אחוז ונציב  $\lambda_i = 4$ : מתקבל כי שינוי ריבית בשיעור של 0.5 נקודת אחוז ברביע יתרום לפונקציית המטרה תרומה שווה לזו של פער האינפלציה, הפער בין האינפלציה ליעדה. כלומר, עבור  $\lambda_i = 4$ , אינפלציה שנתית הסוטה מהיעד ב-1 נקודת אחוז מזיקה באותה מידה שמזיק שינוי ריבית ב-2 נקודות אחוז במהלך השנה. חשוב לציין כי העדפות המדיניות המוניטריות, כפי שהן משתקפות בפונקציית המטרה, עשויות

להשתנות מתקופה לתקופה. לוח 1 מציג ערכי  $\lambda_i$  נוספים ואת השינוי בריבית במהלך השנה, המזיק באותה מידה שמזיקה סטייה בשיעור של 1 אחוז בפער האינפלציה.

לוח 1

השינוי השנתי בריבית המזיק כסטייה של פער האינפלציה בשיעור 1 נקודת אחוז כתלות ב-  $\lambda_i$

$\lambda_i$	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	7.0	10.0	16.0
$\Delta i$	4.0%	3.3%	2.8%	2.5%	2.3%	2.1%	2.0%	1.5%	1.3%	1.0%

בפרק החמישי נבחן את הכלל האופטימלי ונשווה אותו לכלל טיילור מורחב צופה לעתיד.

#### 4. הכלל האופטימלי

פתרון בעיית האופטימיזציה של הבנק המרכזי במסגרת של שיקול דעת הוא כלל תגובה, המבטא את כלי המדיניות, הריבית, והמשתנים האנדוגניים בזמן  $t$  כפונקציה של המשתנים האנדוגניים בזמן  $t-1$  ושל הזעזועים בזמן  $t$ :

$$x_t = F_1 y_{t-1} + F_2 v_t$$

$$y_t = H_1 y_{t-1} + H_2 v_t$$

מודל הכלכלה כולל 12 משתנים אנדוגניים. נוסף לכך, בגלל רכיב החלקת הריבית, הנכנס לפונקציית המטרה, הריבית האופטימלית היא פונקציה גם של הריבית בפיגור; לכן יש להכניס את הריבית בפיגור לקבוצת המשתנים האנדוגניים כך שהיא תופיע בכלל התגובה<sup>20</sup>.

הכלל האופטימלי המתקבל עבור  $\lambda_i = 4$  ו-  $\lambda_y = 0.5$  הוא:

$$i_t = 0.83 + 0.09\pi_{t-1}^c + 0.04uy_{t-1} - 0.03up_{t-2}^* + 0.10up_{t-1}^* + 0.17q_{t-1} - 0.01d\hat{e}p_{t-2} - 0.02d\hat{e}p_{t-1} - 0.01ur_{t-1} - 0.02wt_{t-2}^* + 0.05wt_{t-1}^* - 0.46i_{t-2}^* + 0.66i_{t-1}^* - 0.06\phi_{t-1} + 0.63i_{t-1} + F_2 v_t$$

ניתן להציג את הריבית, באמצעות חישוב אלגברי פשוט, כממוצע משוקלל של הריבית בפיגור ושל שאר משתני המצב:

<sup>20</sup> ראו Dennis (2007) הערת שוליים 6.

$$i_t = 0.37 (2.24 + 0.24\pi_{t-1}^c + 0.11uy_{t-1} - 0.08up_{t-2}^* + 0.27up_{t-1}^* + 0.46q_{t-1} - 0.03d\hat{e}p_{t-2} - 0.05d\hat{e}p_{t-1} - 0.27ur_{t-1} - 0.05wt_{t-2}^* + 0.14wt_{t-1}^* - 1.24i_{t-2}^* + 1.78i_{t-1}^* - 0.16\phi_{t-1}) + (1 - 0.37) i_{t-1} + F_2 v_t$$

## 5. א. גמישויות דינמיות – Impulse Response Function

מאחר שכלל הריבית האופטימלי מוצג בצורה מצומצמת, המקדמים של המשתנים השונים אינם אינפורמטיביים; לכן נבחן את תפקודו דרך הגמישויות הדינמיות, Impulse Response Function, של המשתנים האנדוגניים המרכזיים במודל. נבחן את התגובה של האינפלציה, הריבית, שער החליפין ופער התוצר על זעזוע חד-פעמי חיובי של נקודת אחוז באינפלציה, בפער התוצר ובשער החליפין הנומינלי. נשווה בין שתי העדפות של הבנק המרכזי:  $\lambda_i^1 = 4$ ,  $\lambda_i^2 = 16$ . את  $\lambda_y$  נקבע על 0.5. ארגוב (2005) מצא שהביטוי  $\lambda_i = 4$  מתאר את התפתחות הריבית המוניטרית בישראל בשנים 2002-2005 ו- $\lambda_i = 16$  מבטא העדפה של החלקת ריבית חזקה יותר. מאחר שהכלל האופטימלי תלוי במודל המתאר את הכלכלה, נשווה את הגמישויות הדינמיות המתקבלות לאלו של מודל שבו כלל הריבית נקבע לפי כלל טיילור מורחב צופה לעתיד, יחד עם גורם החלקה, שאינו תלוי במודל<sup>21</sup>:

$$i_t = 0.4[r_t + \bar{\pi}_t + 1.5(E_t\pi_{t+3}^c - \bar{\pi}_t) + 0.5uy_t] + (1 - 0.4)i_{t-1}$$

כך ש:

$$E_t\pi_{t+3}^c \equiv 0.25(\pi_t^c + E_t\pi_{t+1}^c + E_t\pi_{t+2}^c + E_t\pi_{t+3}^c)$$

נשים לב כי יש מקדם דומה של החלקת ריבית בכלל האופטימלי ובכלל טיילור המורחב צופה לעתיד.

## 5. א. I. גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז באינפלציה<sup>22</sup>

זעזוע באינפלציה משקף זעזוע בעלויות הייצור ו/או בכוח המונופוליסטי של החברות. איורים 4 ( $\lambda_i^1 = 4$ ) ו-5 ( $\lambda_i^2 = 16$ ) מציגים את הגמישות הדינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז באינפלציה. הזעזוע מעלה את האינפלציה מעבר לגודלו של הזעזוע, דרך האינפלציה הצפויה<sup>23</sup>. בתגובה לעלייה באינפלציה, הריבית המוניטרית עולה ומביאה לייסוף בשער החליפין

<sup>21</sup> ראו Argov et al. (2007).

<sup>22</sup> אינפלציה לרביע, במונחים שנתיים.

<sup>23</sup> במודל, האינפלציה הנוכחית תלויה באינפלציה בתקופה הבאה ובאינפלציה בפיגור; לכן זעזוע באינפלציה בתקופה הנוכחית משפיע על האינפלציה הצפויה.

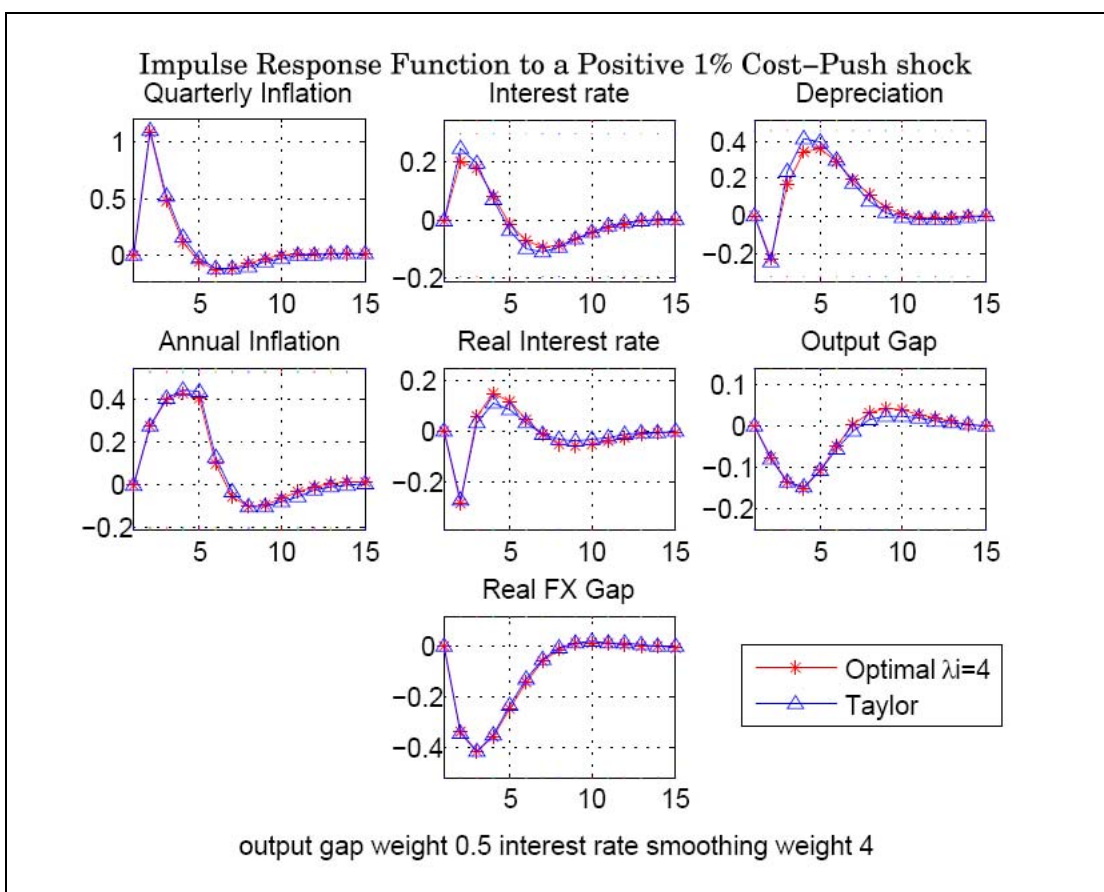


הנומינלי. הייסוף הנומינלי ועליית האינפלציה מתבטאים בייסוף ריאלי. עקב החלקת הריבית, הריבית הריאלית יורדת ברביע הראשון, אולם לאחר מכן היא עולה, ויחד עם הייסוף הריאלי, פער התוצר יורד. לאחר התגובה החזקה ברביע הראשון מתחילה הריבית המוניטרית לרדת, ואיתה חוזרים כל המשתנים בהדרגה לשיווי משקל.

איור 4 ולוחות נ-1 ו-ני-3 מראים כי עבור  $\lambda_i^1 = 4$ , וכאשר כלל הריבית הוא צופה לעתיד מסוג טיילור, הגמישויות הדינמיות קרובות מאד.

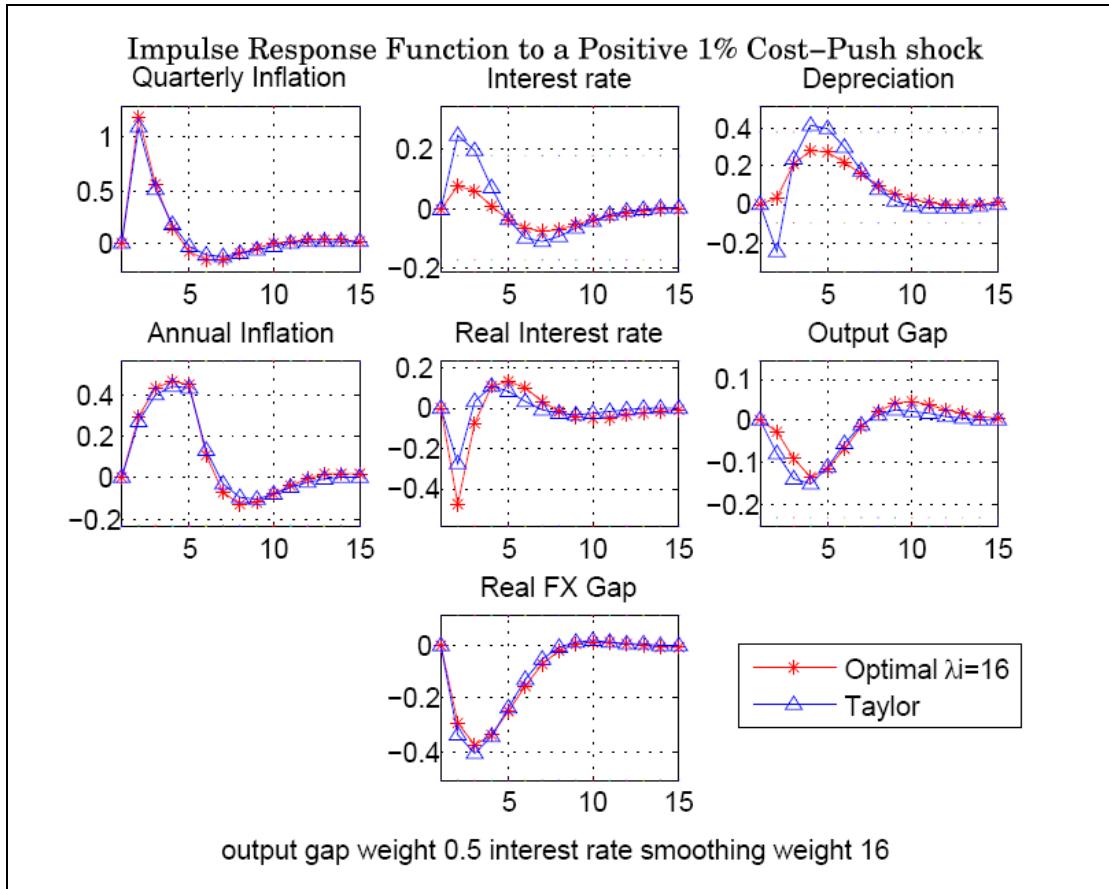
איור 4

גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז באינפלציה,  $\lambda_i^1 = 4$



עבור  $\lambda_i^2 = 16$  (איור 5 ולוח נ-2) הריבית הנומינלית עולה ב-0.1 נקודת אחוז, לעומת עלייה של 0.2 נקודת אחוז עבור  $\lambda_i^1 = 4$  וכלל טיילור. בשל החלקת הריבית הגבוהה (יחסית), אין שינוי בשער החליפין הנומינלי ברביע הראשון, בניגוד לייסוף בשאר החלופות. הריבית הנומינלית גבוהה ב-0.4 נקודת אחוז מזו המתקבלת לפי כלל טיילור, הריבית הריאלית גבוהה ב-0.3 נקודת אחוז, ופער התוצר נמוך ב-0.1 נקודת אחוז מאשר לפי כלל טיילור, במהלך השנה הראשונה.

גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז באינפלציה,  $\lambda_i^2 = 16$



5. א. II. גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בפער התוצר

זעזוע חיובי בפער התוצר משקף עלייה בביקושים לתוצר או לאחד מרכיביו. בעקבות הזעזוע עולה פער התוצר מעבר לגודלו של הזעזוע, דרך פער התוצר הצפוי<sup>24</sup>. העלייה בפער התוצר, הנמשכת שני רבעים, מעלה את האינפלציה. בתגובה על העליות בפער התוצר ובאינפלציה עולה הריבית הנומינלית, ומביאה לייסוף בשער החליפין הנומינלי.

איורים 6 ו-7 ולוחות נ-4, נ-5 ו-נ-6 מראים כי הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע חיובי בפער התוצר כאשר כלל הריבית אופטימלי, הן עבור  $\lambda_i^1 = 4$  והן עבור  $\lambda_i^2 = 16$ , מתונות יותר מאשר המקרה שכלל הריבית צופה לעתיד מסוג טיילור; זאת מפני מקדם פער התוצר הנמוך במשוואת האינפלציה והמשקל הגבוה של פער התוצר בתקופה הבאה במשוואת פער התוצר, המתבטאים בהתכנסות מהירה של פער התוצר בעקבות זעזוע בו<sup>25</sup>. הריבית הנומינלית נמוכה בכ- 0.25 נקודת אחוז ובכ- 0.4 נקודת אחוז מן הריבית הנגזרת מכלל טיילור, עבור  $\lambda_i^1 = 4$  ו-  $\lambda_i^2 = 16$

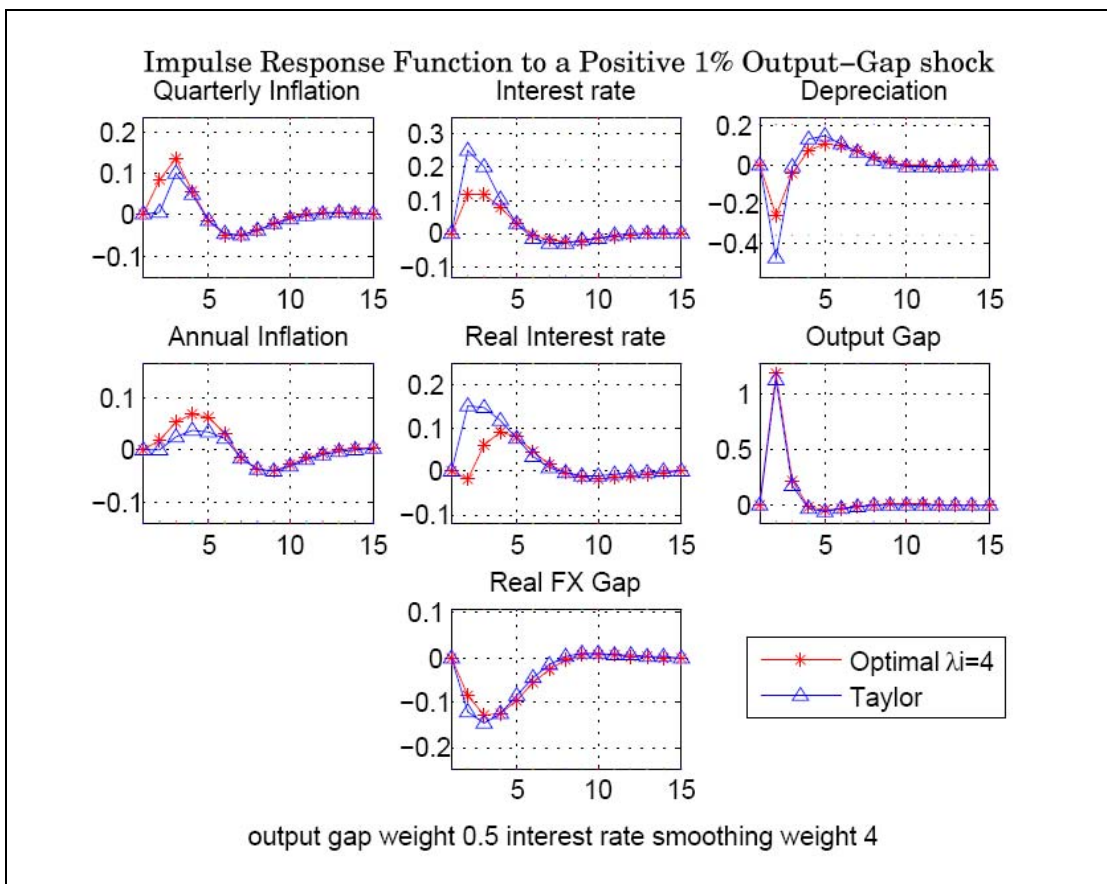
<sup>24</sup> כמו הזעזוע באינפלציה והשפעתו על האינפלציה, ראו הערה 21.

<sup>25</sup> המקדם הנמוך של פער התוצר במשוואת פיליפס נמצא עמיד, ראו אלקיים וארגוב (2006) הערות 21, 22, 23.

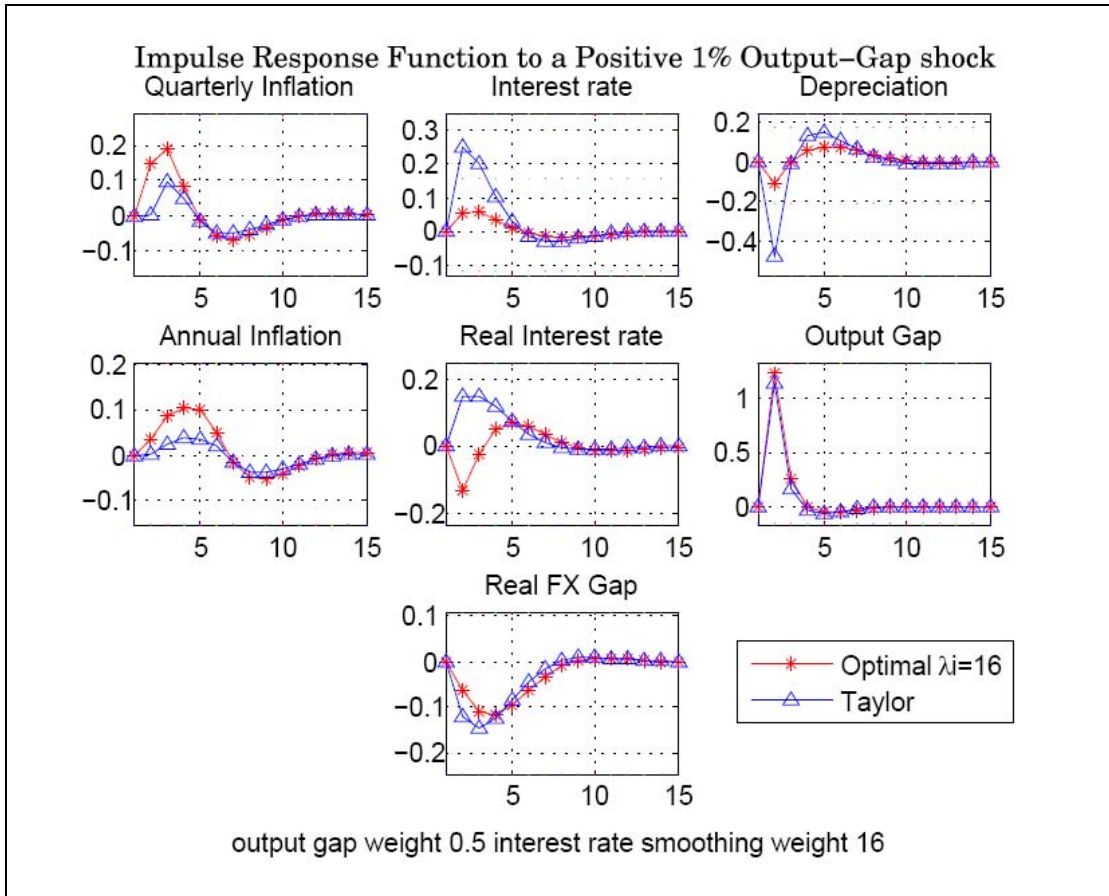
בהתאמה, במהלך השנה הראשונה. התגובה הממותנת בריבית, הנגזרת מהכלל האופטימלי, מביאה ברביע הראשון לייסוף נמוך יותר ולירידה בריבית הריאלית, לעומת עלייה בריבית הריאלית כאשר כלל הריבית צופה לעתיד מסוג טיילור. שער החליפין הנומינלי גבוה ב-0.2 נקודת אחוז וב-0.4 נקודת אחוז ברביע הראשון, עבור  $\lambda_i^1 = 4$  ועבור  $\lambda_i^2 = 16$  בהתאמה, משער החליפין במקרה שהריבית נקבעת לפי כלל טיילור, ובהמשך הפער בין החלופות מצטמצם. האינפלציה במהלך השנה הראשונה גבוהה בכ-0.1 נקודת אחוז בחלופות הכלל האופטימלי, ואין הבדל בין שלוש החלופות בהתפתחות פער התוצר.

איור 6

גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בפער התוצר,  $\lambda_i^1 = 4$



גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בפער התוצר,  $\lambda_i^2 = 16$



5. א.III. גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בשער החליפין<sup>26</sup>

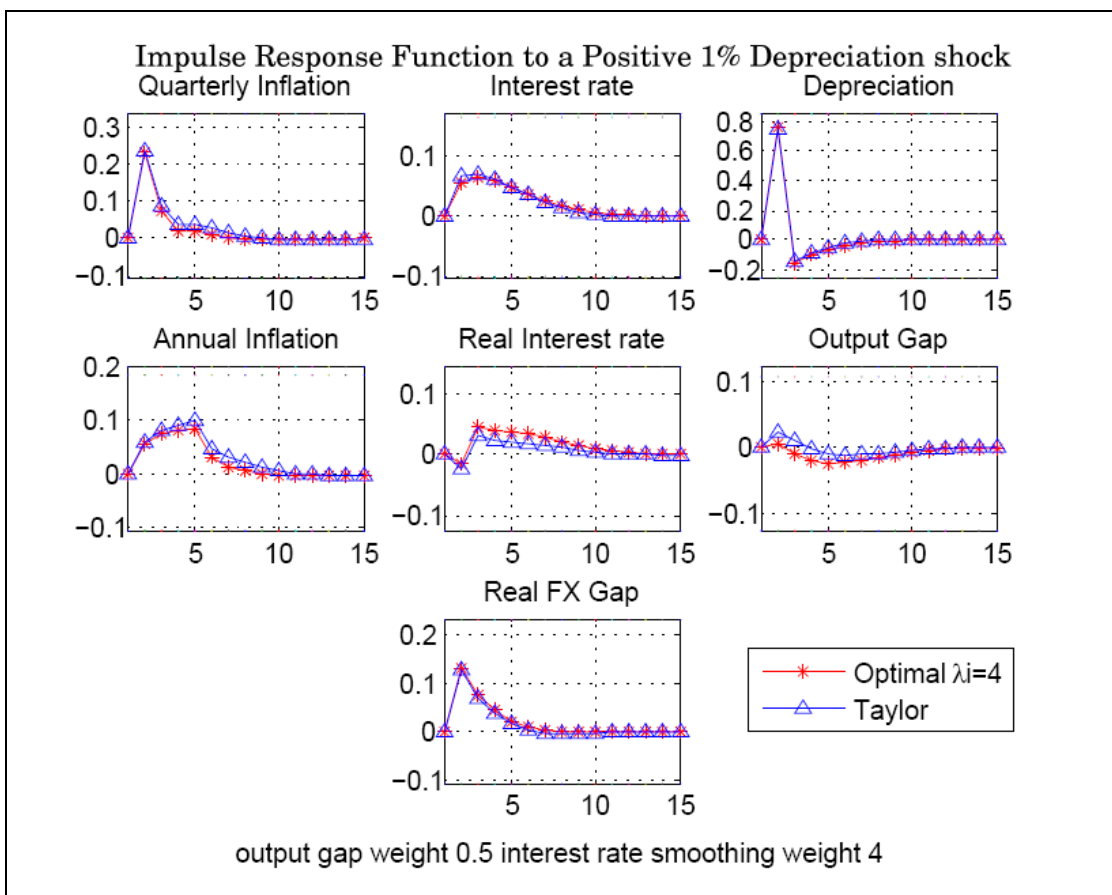
זעזוע בשער החליפין הנומינלי נובע מזעזוע בפרמיית הסיכון של שער החליפין או משקף סטייה מתנאי UIP, הנובעת מתנועות הון ריאליות ו/או מזעזוע בתנועות הון פיננסיות. בעקבות הזעזוע, שער החליפין הנומינלי עולה ומעלה מייד את האינפלציה בשיעור של כשליש משיעור הזעזוע – שיעור התמסורת המיידית משער החליפין למחירים. בתגובה על עליות האינפלציה והאינפלציה הצפויה, עולה הריבית המוניטרית, ומקזזת חלק מהשפעת הזעזוע בשער החליפין. הפיחות בשער החליפין הנומינלי ועליות האינפלציה בשיעור מתון יותר מתבטאים בפיחות של שער החליפין הריאלי ובעלייה בפער התוצר. מפני גורם החלקת הריבית, הריבית הריאלית עולה החל מהרביע השני עבור כלל טיילור ועבור  $\lambda_i^1 = 4$ , או החל מהרביע השלישי, עבור  $\lambda_i^2 = 16$ . סטיות הריבית המוניטרית מעל המגמה שלה נמשכות כשנתיים, ופועלות, החל מהרביע השני, לייסוף נומינלי, המביא להתכנסות המשתנים לשוויו משקל.

<sup>26</sup> במונחים שנתיים.

הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע חיובי בשער החליפין עבור  $\lambda_i^1 = 4$  קרובות  
 מאד לגמישויות המתקבלות כאשר כלל הריבית צופה לעתיד מסוג טיילור (איור 8 ולוחות 7-  
 ו-9). זאת בדומה לממצא לגבי התגובה על זעזוע באינפלציה.

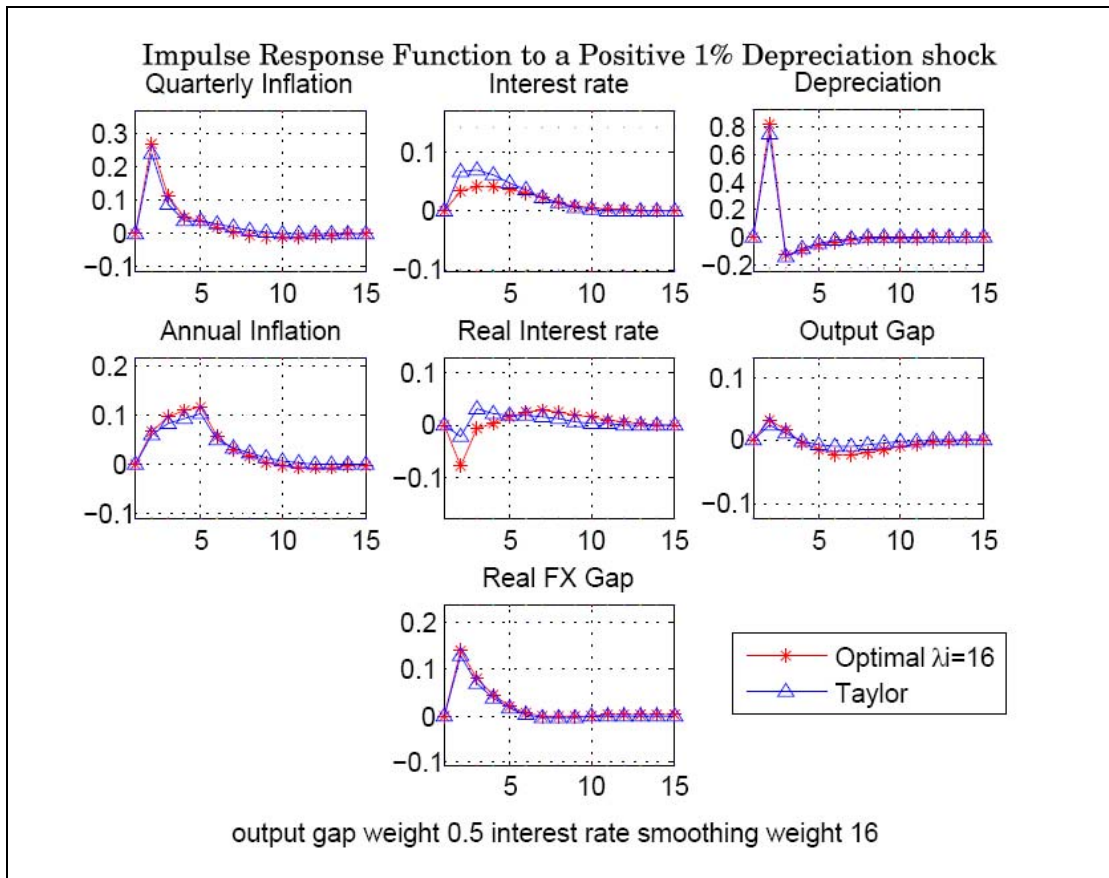
איור 8

גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בשער החליפין,  $\lambda_i^1 = 4$



עבור  $\lambda_i^2 = 16$  (איור 9 ולוח 8-), בשל החלקת הריבית החזקה יותר, הריבית  
 הנומינלית עולה ב-0.03 נקודות אחוז, כמחצית מהעלייה הנגזרת בשאר החלופות, והריבית  
 הריאלית יורדת ב-0.08 נקודות אחוז, ברביע הראשון. בעקבות הזעזוע עולה האינפלציה  
 במהלך השנה הראשונה ב-0.12 נקודות אחוז.

גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בשער החליפין,  $\lambda_i^2 = 16$



**5. סיכום**

בעבודה זו מוצג כלל אופטימלי לריבית המוניטרית, הנגזר ממודל ניאו-קיינסיאני למשק הישראלי במסגרת של ציפיות רציונליות. בחישוב הכלל בחרתי בפתרון במסגרת שיקול דעת, שלפיו הציפיות של משקי הבית ושל החברות אקסוגניות לבנק המרכזי. חיפשתי את המקדמים בפונקציית המטרה שעבורם מתקבל תוואי ריבית אופטימלית הקרוב לתוואי הריבית המוניטרית בפועל, בכפיפות למודל המתאר את הכלכלה. באמצעות תרגיל זה מצאתי טווח של מקדמים, התלויים אף הם במודל, שמספקים אומדן טוב להעדפות הבנק המרכזי בפועל. השוואה של הכלל האופטימלי, התלוי במודל שממנו הוא נגזר, לכלל ריבית טיילור מורחב צופה לעתיד, שאינו תלוי-מודל, מראה כי לשניהם תגובות דומות על זעזוע באינפלציה ועל זעזוע בשער החליפין הנומינלי, אולם תגובת הכלל האופטימלי הנגזרת מזעזוע בפער התוצר מתונה מזו בכלל טיילור. ההסבר לכך נעוץ במקדם פער התוצר הנמוך במשוואת פיליפס, ובמשקל הגבוה של פער התוצר הצפוי בתקופה הבאה במשוואת פער התוצר; אלה מתבטאים בהתכנסות מהירה של פער התוצר לאחר זעזוע בו.

הכלל האופטימלי המוצג יכול לשמש אחד האינדיקטורים בניתוח מצב המשק ובגיבוש ההחלטה על המדיניות המוניטרית, וניתן לאפיין באמצעותו את העדפות הבנק המרכזי, העשויות להשתנות על פני זמן, כפי שנעשה במספר בנקים מרכזיים - ביניהם של ארה"ב, של ניו זילנד ושל נורבגיה. ניתן למצוא את טווח המקדמים בפונקציית המטרה של הבנק המרכזי, ולמפות את העדפותיו באמצעות הצגת מספר תרחישים, המותנים במצב העתידי של המשק, בחינת התפתחויות האינפלציה, פער התוצר ומשתנים נוספים, הנגזרים מתוואי הריבית המתקבל מהכלל האופטימלי, ובחירה בתוואי התואם את תחזית הרשות המוניטרית.

ממספר הנחות וחסרונות של הכלל המוצג עולים כיוונים אפשריים למחקר עתידי:

- התלות של הכלל האופטימלי במודל שממנו הוא נגזר היא החסרון הבולט של הכלל. מציאת כלל אופטימלי עמיד, שאינו תלוי במודל, עשויה לחזק את המסקנות העולות מניתוח מצב המשק ומהתחזיות הנגזרות מהמודל.
- ההנחה שלפיה הציפיות של משקי הבית ושל החברות אקסוגניות לבנק המרכזי – ההנחה שבבסיס הפתרון במסגרת שיקול דעת היא הנחה בעייתית. פתרון כלל אופטימלי במסגרת מחויבות מסוג *Timeless Perspective* יאפשר ביטול הנחה זו וקבלת פתרון שאינו תלוי בזמן, פתרון מסוג time-consistent.
- האלגוריתם ששימש לחישוב הכלל האופטימלי עושה שימוש במשתנים אנדוגניים בלבד. הרחבת האלגוריתם באמצעות הוספת משתנים אקסוגניים, שמסלולם נקבע מחוץ למודל, תשפר את הטיפול בקבוצת האינפורמציה הרלבנטית ותוואי הריבית המתקבל ממנה.

**נספח 1 – חישוב מטריצה P**

נסתכל על הגדרת מטריצה P:

$$P \equiv W + \beta F_1' Q F_1 + \beta H_1' P H_1$$

נגדיר:

$$\tilde{W} \equiv W + \beta F_1' Q F_1$$

$$\tilde{S} \equiv \beta H_1'$$

$$\tilde{T} \equiv H_1$$

נציב ונקבל:

$$P \equiv \tilde{W} + \tilde{S} P \tilde{T}$$

קיבלנו משוואת Sylvester עבור P. בהינתן  $\tilde{W}, \tilde{S}, \tilde{T}$ , המתקבלים מחישוב נומרי, ניתן לפתור את P בצורה אנליטית.

$$P \equiv \tilde{W} + \tilde{S} P \tilde{T}$$

↓

$$\text{vec}(P) \equiv \text{vec}(\tilde{W}) + \text{vec}(\tilde{S} P \tilde{T})^{27}$$

לפי הזהות<sup>28</sup>:

$$\text{vec}(ABC) \equiv [C' \otimes A] \text{vec}(B)$$

מתקבל:

$$\text{vec}(P) \equiv \text{vec}(\tilde{W}) + [\tilde{T}' \otimes \tilde{S}] \text{vec}(P)$$

↓

$$[I - \tilde{T}' \otimes \tilde{S}] \text{vec}(P) \equiv \text{vec}(\tilde{W})$$

↓

$$\text{vec}(P) \equiv [I - \tilde{T}' \otimes \tilde{S}]^{-1} \text{vec}(\tilde{W})$$

<sup>27</sup> vec – מעבר ממטריצה  $n \times k$  לוקטור  $nk \times 1$ . איבר  $a_{ij}$  במטריצה הוא האיבר  $b_{k(i-1)+j}$  בוקטור.  
<sup>28</sup> Hamilton (1994).



I. גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז באינפלציה

לוח נ-1 כלל אופטימלי,  $\lambda_i^1 = 4$

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.0	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	הריבית הנומינלית
0.0	0.0	-0.1	0.1	0.5	1.1	האינפלציה ברביע
0.0	-0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.0	0.0	0.4	0.3	0.2	-0.2	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.0	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.3	הריבית הריאלית
0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	פער התוצר
0.0	0.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3	פער שער החליפין הריאלי

לוח נ-2 כלל אופטימלי,  $\lambda_i^2 = 16$

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.0	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	הריבית הנומינלית
0.0	-0.1	-0.1	0.1	0.6	1.2	האינפלציה ברביע
0.0	-0.1	0.4	0.5	0.4	0.3	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.0	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.0	0.0	0.1	0.1	-0.1	-0.5	הריבית הריאלית
0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	פער התוצר
0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	פער שער החליפין הריאלי

לוח נ-3 כלל טיילור

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.0	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	הריבית הנומינלית
0.0	-0.1	0.0	0.2	0.5	1.1	האינפלציה ברביע
0.0	-0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.0	0.0	0.4	0.4	0.2	-0.3	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	-0.3	הריבית הריאלית
0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	פער התוצר
0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	פער שער החליפין הריאלי

II. גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בפער התוצר

לוח נ-4 כלל אופטימלי,  $\lambda_i^1 = 4$

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.00	-0.02	0.03	0.08	0.12	0.12	הריבית הנומינלית
0.00	-0.02	-0.02	0.06	0.14	0.08	האינפלציה ברביע
0.00	-0.04	0.06	0.07	0.05	0.02	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.00	0.02	0.11	0.07	-0.04	-0.26	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.00	-0.01	0.08	0.09	0.06	-0.02	הריבית הריאלית
0.00	0.01	-0.05	-0.01	0.22	1.19	פער התוצר
0.00	0.00	-0.09	-0.13	-0.13	-0.09	פער שער החליפין הריאלי

לוח נ-5 כלל אופטימלי,  $\lambda_i^2 = 16$

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.00	-0.02	0.01	0.04	0.06	0.06	הריבית הנומינלית
0.01	-0.03	-0.01	0.08	0.19	0.15	האינפלציה ברביע
0.01	-0.05	0.10	0.10	0.08	0.04	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.00	0.02	0.08	0.06	0.00	-0.11	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.00	0.00	0.07	0.05	-0.02	-0.13	הריבית הריאלית
0.00	0.01	-0.05	0.01	0.26	1.23	פער התוצר
0.00	0.00	-0.10	-0.12	-0.11	-0.06	פער שער החליפין הריאלי

לוח נ-6 - כלל טיילור

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.00	-0.02	0.03	0.10	0.20	0.25	הריבית הנומינלית
0.00	-0.02	-0.01	0.05	0.10	0.00	האינפלציה ברביע
0.00	-0.04	0.03	0.04	0.03	0.00	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.00	0.01	0.15	0.13	-0.01	-0.47	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.00	-0.01	0.08	0.12	0.15	0.15	הריבית הריאלית
0.00	0.01	-0.05	-0.03	0.18	1.14	פער התוצר
0.00	0.01	-0.08	-0.12	-0.15	-0.12	פער שער החליפין הריאלי

III. גמישות דינמית בתגובה על זעזוע חיובי של נקודת אחוז בשער החליפין

לוח נ-7 - כלל אופטימלי,  $\lambda_1^1 = 4$

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.00	0.01	0.05	0.06	0.06	0.06	הריבית הנומינלית
0.00	0.00	0.02	0.02	0.07	0.23	האינפלציה ברביע
0.00	0.00	0.09	0.08	0.08	0.06	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.00	-0.01	-0.07	-0.10	-0.15	0.76	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.00	0.02	0.04	0.04	0.04	-0.02	הריבית הריאלית
0.00	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.01	פער התוצר
0.00	0.00	0.02	0.04	0.07	0.13	פער שער החליפין הריאלי

לוח נ-8 - כלל אופטימלי,  $\lambda_1^2 = 16$

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.00	0.01	0.04	0.04	0.04	0.03	הריבית הנומינלית
0.00	-0.01	0.04	0.05	0.11	0.27	האינפלציה ברביע
0.00	0.00	0.12	0.11	0.09	0.07	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.00	-0.01	-0.06	-0.09	-0.13	0.83	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.00	0.02	0.02	0.00	-0.01	-0.08	הריבית הריאלית
0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.02	0.03	פער התוצר
0.00	0.00	0.02	0.05	0.08	0.14	פער שער החליפין הריאלי

לוח נ-9 - כלל טיילור

ההתכנסות	8	4	3	2	1	הרביע
0.00	0.01	0.05	0.06	0.07	0.07	הריבית הנומינלית
0.00	0.00	0.04	0.04	0.09	0.24	האינפלציה ברביע
0.00	0.01	0.10	0.09	0.08	0.06	האינפלציה בארבעת הרביעים האחרונים
0.00	0.01	-0.05	-0.09	-0.14	0.75	שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי
0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	-0.02	הריבית הריאלית
0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02	פער התוצר
0.00	0.00	0.02	0.04	0.07	0.13	פער שער החליפין הריאלי

אלקיים, ד., א. ארגוב (2006). "ניסוח ואמידה של מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח, יישום למשק הישראלי", עיונים מוניטריים, בנק ישראל.

ארגוב, א. (2005). "כלל ריבית אופטימלי למודל מוניטרי של המשק הישראלי", עיונים מוניטריים, בנק ישראל.

הכט, י., ה. פומפושקו (2006). "RND", עיונים מוניטריים, בנק ישראל.

Argov, E., A. Binyamini, D. Elkayam and I. Rozenshtrom, (2007). *A Small Macroeconomic Model to Support Inflation Targeting in Israel*, Bank of Israel, Monetary Department.

Beenstock, M. and A. Ilek (2005). "Wicksell's Classical Dichotomy: is the Natural Rate of Interest Independent of the Money Rate of Interest", Monetary Studies, Bank of Israel.

Bernanke, B.S. (2003). "Constrained Discretion" and Monetary Policy", Remarks by Governor Ben S. Bernanke Before the Money Marketeers of New York University, New York, New York, (February).

Cayen, J.P., A. Corbett and P. Perrier (2006). "An Optimized Monetary Policy Rule for ToTEM", Bank of Canada Working Paper 2006-41.

Clarida, R, J. Gali and M. Gertler (1999). "The Science of Monetary Policy: a new Keynesian perspective", Journal of Economic Literature 37, 1661-1707.

Dennis, R. (2004). "Inferring Policy Objectives from Economic Outcomes", Oxford Bulletin of Economics and Statistics 66, supplement, 735-764.

\_\_\_\_\_ (2007). "Optimal Policy in Rational Expectations Models: New Solution Algorithms", Macroeconomic Dynamics 11, 31-55.

Goodfriend, M. (2005) "The Monetary Policy Debate Since October 1979: Lessons for Theory and Practice", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 87(2, Part 2), 243-262, March/April.

Hamilton, J. (1994) *Time Series Analysis*, Princeton: Princeton University Press.

Kam, T., K. Lees and P. Liu (2006) "Uncovering the Hit-List for Small Inflation Targeters: A Bayesian Structural Analysis", Centre for Applied Macroeconomic Analysis Working Paper 24/2006.

Levin, A.T. and J.C. Williams (2003). "Robust Monetary Policy with Competing Reference Models", *Journal of Monetary Economics* 50, 945—975.

McCallum, B.T. and E. Nelson (2005). "Targeting versus Instrument Rules for Monetary Policy", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 87(5), 597-611, September/October.

Svensson, L.E.O. (1997). "Inflation Forecast Targeting: Implementing and Monitoring Inflation Targets", *European Economic Review* 41(6), 1111-1146.

\_\_\_\_\_ (2000). "Open-Economy Inflation Targeting", *Journal of International Economics* 50, 155-183.

\_\_\_\_\_ (2005). "Targeting versus Instrument Rules for Monetary Policy: What Is Wrong with McCallum and Nelson?", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 87(5), 613-625, September/October.

\_\_\_\_\_ (2007). "Optimal Inflation Targeting: Further Developments of Inflation Targeting", in Mishkin, Frederic, and Klaus Schmidt-Hebbel (eds.), *Monetary Policy under Inflation Targeting*, Banco Central de Chile, 187-225.

Svensson, L.E.O. and M.D. Woodford (2003). "Implementing Optimal Policy through Inflation-forecast Targeting", NBER Working Paper 9747.

Svensson, L.E.O. and R.J. Tetlow (2005). "Optimal Policy Projections", *International Journal of Central Banking*, 1(3), 177-207.

\_\_\_\_\_ (2006). "The Instrument-Rate Projection under Inflation Targeting: The Norwegian Example," *Stability and Economic Growth: The Role of Central Banks*, Banco de Mexico 175-198.

Taylor, J.B. (1993). "Discretion versus Policy Rules in Practice", *Carnegie-Rochester conference series on public policy* 39, 195-214.

Walsh, C. (2003). *Monetary Theory and Policy*, MIT Press, Cambridge MA, Second edition.

Woodford, M. (1999). "Commentary: How Should Monetary Policy Be Conducted in an Era of Price Stability?", in *New Challenges for Monetary Policy*, Kansas City: Federal Reserve Bank of Kansas City.

## Monetary Studies

## עיונים מוניטריים

א' אזולאי, ד' אלקיים – מודל לבחינת ההשפעה של המדיניות המוניטרית על האינפלציה בישראל, 1988 עד 1996	1999.01
ד' אלקיים, מ' סוקולר – השערת הניטרליות של שיעור האבטלה ביחס לאינפלציה בישראל – בחינה אמפירית, 1990 עד 1998	1999.02
The Shekel's Fundamental Real Value–M. Beenstock, O. Sulla	2000.01
Analysis of Casual Relations and Long and Short-term Correspondence between Share Indices in Israel and the United States –O. Sulla, M. Ben-Horin	2000.02
Y. Elashvili, M. Sokoler, Z. Wiener, D. Yariv – A Guaranteed-return Contract for Pension Funds' Investments in the Capital Market	2000.03
י' אלאשווילי, צ' וינר, ד' יריב, מ' סוקולר – חוזה להבטחת תשואת רצפה לקופות פנסיה תוך כדי הפנייתן להשקעות בשוק ההון	2000.04
ד' אלקיים – יעד האינפלציה והמדיניות המוניטרית – מודל לניתוח ולחיזוי	2001.01
ע' אופנבר, ס' ברק – דיסאינפלציה ויחס ההקרבה : מדינות מפותחות מול מדינות מתעוררות	2001.02
A Model for Monetary Policy Under Inflation Targeting: –D. Elkayam The Case of Israel	2001.03
ד' אלקיים, מ' רגב, י' אלאשווילי – אמידת פער התוצר ובחינת השפעתו על האינפלציה בישראל בשנים האחרונות	2002.01
ר' שטיין – אמידת שער החליפין הצפוי באמצעות אופציות Call על שער Forward-ה	2002.02
ר' אלדור, ש' האוזר, מ' קהן, א' קמרה – מחיר אי-הסחירות של חוזים עתידיים (בשיתוף הרשות לניירות ערך)	2003.01
R. Stein - Estimation of Expected Exchange-Rate Change Using Forward Call Options	2003.02
ר' שטיין, י' הכט – אמידת ההתפלגות הצפויה של שער החליפין שקל-דולר הגלומה במחירי האופציות	2003.03
D. Elkayam – The Long Road from Adjustable Peg to Flexible Exchange Rate Regimes: The Case of Israel	2003.04
R. Stein, Y. Hecht – Distribution of the Exchange Rate Implicit in Option Prices: Application to TASE	2003.05
א' ארגוב – מודל לחיזוי הגירעון המקומי של הממשלה	2004.01
י' הכט, וה' פומפושקו – נורמליות, רמת סיכון שכיחה ושינוי חריג בשער החליפין	2004.02
D.Elkayam ,A.Ilek – The Information Content of Inflationary Expectations Derived from Bond Prices in Israel	2004.03

ר. שטיין – ההתפלגות הצפויה של שער החליפין שקל-דולר, התפלגות א-פרמטרית הגלומה באופציות מטבע חוץ	2004.04
Y. Hecht, H. Pompushko – Normality, Modal Risk Level, and Exchange-Rate Jumps	2005.01
י' אלאשווילי, מ' רגב – גזירת הציפיות לאינפלציה משוק ההון	2005.02
א' ארגוב – כלל ריבית אופטימלי למודל מוניטרי של המשק הישראלי	2005.03
M.Beenstock, A.Ilek – Wicksell's Classical Dichotomy: Is the Natural Rate of Interest Independent of the Money Rate of Interest ?	2005.04
י' הכט וה' פומפושקו- RND	2006.01
ד' אלקיים, א' ארגוב – ניסוח ואמידה של מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח, יישום למשק הישראלי	2006.02
Z.Wiener, H.Pompushko- The Estimation of Nominal and Real Yield Curves from Government Bonds in Israel	2006.03
א' אילק – המודל החודשי להערכת האינפלציה והמדיניות המוניטרית בישראל	2006.04
E.Azoulay, M.Brenner, Y.Landskroner –Inflation Expectations Derived from Foreign Exchange Options	2007.01
A.Ilek -Aggregation versus Disaggregation- What can we learn from it?	2007.02
ר' שטיין -אמידת עקום תשואות המק"ם וגזירת ריביות הפורוורד	2007.03
ע' אופנבר, ט' קמל - הביקוש לאמצעי התשלום בישראל : 1990-2006	2007.04
ג' סגל - כלל ריבית אופטימלי למשק הישראלי במסגרת מודל של ציפיות רציונליות	2007.05

**Bank of Israel – Monetary Department**  
**POB 780 91007 Jerusalem, Israel**

**בנק ישראל – המחלקה המוניטרית**  
**ת"ד 780 ירושלים 91007**