

עיונים מוניטריים  
**Monetary Studies**

מודל חודשי להערכת האינפלציה  
והמדיניות המוניטרית בישראל

אילק אלכס

2006.04

דצמבר 2006

מאמרים לדיון **Discussion Papers**

Bank of Israel  
**Monetary  
Department**



בנק ישראל  
**המחלקה  
המוניטרית**

# מודל חודשי להערכת האינפלציה והמדיניות המוניטרית בישראל

אלכס אילק

2006.04

דצמבר 2006

הדעות המובעות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדת בנק ישראל.  
דואר אלקטרוני: [alexilek@boi.gov.il](mailto:alexilek@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 3111506004/3  
<http://www.bankisrael.gov.il>

# **A Monthly Model for Evaluation of Inflation and Monetary Policy in Israel**

**Alex Ilek**

## **Abstract:**

This paper presents a monthly structural model for evaluation of inflation and monetary policy in Israel. This model includes some structural equations based on New-Keynesian theory, however the main emphasis is on the empirical side. The CPI inflation process in this model is constructed by three components modeled separately: the equation for housing - behavior of this component is unique, because measured housing prices are linked almost completely to the exchange rate of shekel against dollar; the equation for apparel and footwear – this component characterized by large fluctuations because of seasonal factors; and the rest of the components of the CPI.

The model presented below may be useful for two purposes: first - forecasting of inflation and other related variables, mainly in the short run; second – derivation of the key policy interest rate consistent with achieving the inflation target.

# מודל חודשי להערכת האינפלציה

## והמדיניות המוניטרית בישראל

אלכס אילק<sup>1</sup>

### תקציר

במאמר זה מוצג מודל מבני חודשי להערכת האינפלציה והמדיניות המוניטרית בישראל. המודל מכיל מספר משוואות מבניות המתבססות על עקרונות ניאו-קיינסיאניים, אולם הדגש הוא בצד האמפירי. בתיאור התפתחות האינפלציה ניסחנו שלוש משוואות: משוואת הדיור, מפני התנהגותו הייחודית של רכיב זה, שרובו צמוד לשער החליפין, את משוואות ההלבשה וההנעלה, רכיב המאופיין בתנודתיות רבה בשל גורמים עונתיים, ושאר רכיבי המדד.

המודל שיוצג בעבודה זו יכול לשמש לשתי מטרות: תחזית של האינפלציה ושל המשתנים האחרים, בעיקר לטווחים הקצרים, וניתוח של המדיניות המוניטרית - גזירת הריבית הנדרשת להשגת יעד האינפלציה.

---

<sup>1</sup> תודה לגיא סגל ולאלון בנימיני על עזרתם הרבה בהכנת עבודה זו. תודה לעקיבא אופנבכר, לדוד אלקיים, לאדי אזולאי ולצוות המודלים של המחלקה המוניטרית על הערותיהם החשובות והמועילות.

## מבוא

בעבודה זו מוצג מודל מקרו-כלכלי קטן המתבסס על התיאוריה הניאו-קיינסיאנית של משק קטן ופתוח. המודל מתאר קשרים מבניים בין המשתנים המרכזיים בכלכלה שהם חלק ממנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית. אומנם בישראל כבר פותח מודל רבעוני ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח (אלקיים וארגוב 2006), אך יש מקום לבניית מודל כזה בתדירות חודשית, משתי סיבות עיקריות: (1) המודל החודשי מאפשר לגזור תחזיות למדד המחירים לצרכן לחודשים הקרובים, ובמקביל- לגזור תחזיות לריבית המוניטרית (המתיישבת עם השגת יעד האינפלציה) בכל חודש וחודש, כפי שהחלטות הריבית בבנק ישראל מתקבלות בתדירות חודשית. (2) ניתן להשתמש במודל החודשי לצורך ניתוח של המדיניות המוניטרית בעיקר לטווחים הקצרים, למשל בחינת רגישויות של האינפלציה, הריבית והמשתנים האחרים לזעזועים שונים במשק, בחינת ההשלכות של קביעת מסלול אקסוגני של הריבית לפרק זמן מסוים על האינפלציה וכו'.

המודלים הניאו-קיינסיאני הרבעוני והחודשי למעשה משלימים זה את זה, ובכך מספקים לקובעי המדיניות המוניטרית את כל מרווח הזמן לצורך תחזית וניתוח: היתרון של המודל הרבעוני הוא בעיקר בטווחים הבינוניים והארוכים; לעומת זאת, היתרון של המודל החודשי בא לידי ביטוי בעיקר בטווחים הקצרים. המודל החודשי כולל חמש משוואות מבוניות המתארות את התפתחות האינפלציה, ציפיות האינפלציה משוק ההון, פער התוצר, קצב הפיחות של שער החליפין של השקל מול הדולר. המודל נסגר עם כלל הריבית של הבנק המרכזי. משוואות המודל נאמדו בשיטות אמידה קלסיות- להוציא את משוואת פער התוצר, שהפרמטרים שלה כוילו לפי הנחות של משק קטן ופתוח. המודל החודשי, כאמור, מתבסס על העקרונות הניאו-קיינסיאניים, אולם עיקר הדגש הוא בצד האמפירי: דיוק בספציפיקציה של המשוואות תוך ניצול יעיל של האינפורמציה הטמונה בנתונים.

למדיניות המוניטרית יש במודל שלושה ערוצי השפעה. העיקרי הוא שער החליפין, שקובע את המחיר השקלי של המוצרים הסחירים והלא סחירים (בעיקר דיור). הערוץ השני הוא דרך קביעת הריבית הריאלית הקצרה המשפיעה על הביקושים המקומיים לצריכה. ערוץ האחרון הוא דרך ההשפעה על הציפיות של הציבור- לאינפלציה, לשער החליפין ולפער התוצר. פירוט ממנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית יתואר בהמשך העבודה.

בנסגרת תיאור התפתחות האינפלציה במודל, אמדנו בנפרד את משוואת הדיור ואת משוואת ההלבשה וההנעלה. מדד הדיור מאופיין בספציפיקציה ייחודית המשקפת את ההרגלים הישנים של הציבור בישראל שנוצרו בתקופות שיעורי אינפלציה גבוהים. כתוצאה מכך רוב מחירי השכירות צמודים לשער החליפין של השקל מול הדולר, אף ששירותי הדיור הם בלתי סחירים.

מדד ההנעלה וההלבשה מאופיין בתנודתיות בין-חודשית רבה בשל גורמים עונתיים המשתנים על פני זמן. התפתחות המדד ללא דיור, ללא הלבשה והנעלה וללא פירות וירקות<sup>2</sup> מתבססת על העקרונות הניאו-קיינסיאניים, שבו האינפלציה נקבעת על ידי פער התוצר והאינפלציה הצפויה בעתיד (ראה למשל Calvo, (1997) Clarida, Gali & Gertler, (1983)). נוסף על לכך, התפתחות המחירים בהווה מושפעת מהאינפלציה שהתרחשה בעבר (אינרציה אינפלציונית Fuhrer and Moore (1995); במשק קטן ופתוח, נוסף על

---

<sup>2</sup> סעיף של הפירות והירקות לא נכלל במסגרת הניתוח כאן, בשל אי סדירות רבה.

המשתנים שהוזכרו לעיל, המחירים מושפעים גם משער החליפין והמחירים העולמיים (ראו למשל (2000)) Svensson. הספציפיקציה של משוואות המודל תתואר בגוף העבודה. הדיון בהמשך יהיה בסדר הבא: בחלק א' נתאר את המודל החודשי. בחלק ב' נבחן את טיב המודל באמצעות סימולציה סטוכסטית, בחלק ג' נבחן את התגובות של המשתנים לזעזועים שונים בכלכלה ( Impulse Response Function). לבסוף נסכם את הממצאים העיקריים של העבודה.

### חלק א' – הצגת המודל

בחלק זה נציג מודל חודשי להערכת האינפלציה והמדיניות המוניטרית בישראל. המסגרת הכללית של המודל החודשי (מבני למחצה) מורכבת מחמש משוואות הבאות:

(א) משוואת האינפלציה;

(ב) משוואת הציפיות לאינפלציה (משוק ההון);

(ג) משוואת כלל הריבית של הבנק המרכזי;

(ד) משוואת שער החליפין;

(ה) משוואת פער התוצר.

מסגרת זו של המודל מאפשרת לעקוב אחרי ההתפתחות הנגזרת של האינפלציה בתקופת התחזית, אך גם של שאר המשתנים האנדוגניים-ביניהם ריבית בנק ישראל, פער התוצר, שער החליפין של השקל מול הדולר וציפיות האינפלציה לשנה<sup>3</sup>.

מידלנו את האינפלציה באמצעות שלושת הרכיבים הבאים: מדד הדיור, מדד ההנעלה וההלבשה והמדד ללא פירות והירקות, ללא דיור וללא הלבשה והנעלה. כתוצאה מכך תורכב התחזית למדד הכללי מתחזית אגרגטיבית של שלוש משוואות אלה, ומשקל של כל רכיב בתחזית יהיה בהתאם למשקלו במדד הכללי. משוואת האינפלציה (ללא פירות וירקות, ללא דיור, וללא הלבשה והנעלה), משוואת הציפיות לאינפלציה לשנה ומשוואת שער החליפין נאמדו בשיטת GMM, משוואת הריבית ומשוואת הדיור שנאמדו בשיטת OLS. משוואת ההלבשה וההנעלה נאמדה בשיטת מסנן קלמן<sup>4</sup>, הפרמטרים במשוואות פער התוצר כוילו לפי הנחות מסוימות של משק קטן ופתוח המתבססות על ספרות ענפה בתחום זה. תקופת המדגם שנבחרה לצורך האמידה מתחילה מינואר 1998<sup>5</sup>, שבה עבר המשק הישראלי ליציבות מחירים, לאחר תהליך דיסאינפלציה בשנות התשעים.

כעת נתאר באופן מפורט את מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית במודל, ולאחר מכן נציג את משוואות המודל וכן נסביר סיבות לבחירת שיטות האמידה השונות של משוואות המודל. תיאור הנתונים ששימשו לצורך האמידה ניתן לראות בנספח א'.

<sup>3</sup> כאן קיים מידול מפורש של ציפיות האינפלציה, והן מוסברות על ידי מספר משתנים המתוארים בהמשך. זאת בניגוד לעבודתם של אלקיים וארגוב (2005), שבה ציפיות האינפלציה הן רציונליות ונפתרות על ידי המודל.

<sup>4</sup> התייחסו לעונתיות במדד ההלבשה וההנעלה כמשתנה בלתי נצפה.

<sup>5</sup> אמידת משוואת הדיור מתחילה מינואר 1999, בשל שינוי בשיטת החישוב של רכיב זה.

## 1. מנגנון התמסורת של המודל

במודל זה המדיניות המוניטרית משפיעה על האינפלציה ועל שאר המשתנים האנדוגניים בשלושה ערוצים. **הערוץ הראשון**, שהוא המשמעותי ביותר במודל, הוא ערוץ **שער החליפין**. עלייה בריבית המקומית פועלת לעליית הכדאיות של השקעה בנכסים מקומיים לעומת נכסים בחו"ל, ולכן שער החליפין יורד. ירידת שער החליפין פועלת לירידת המחירים בשלושה ערוצים:

(א) מחירי היבוא העולמיים - מחירים אלו מורכבים ממחירי הצריכה מיבוא וממחירי התשומות לייצור. ירידה של שער החליפין פועלת להוזלת המחיר המקומי לצרכן (במונחים שקליים).

(ב) מחירי המוצרים הצמודים לדולר (לרבות הלא סחירים, בעיקר מדד הדיור). כיוון שרוב חוזי השכירות בארץ נקובים בדולרים, ירידה בשער החליפין מוזילה את המחיר השקלי של שירותי דיור, ובכך פועלת לירידה במדד הכללי.

(ג) שער החליפין הריאלי - ירידה בשער החליפין הנומינלי גורמת בטווח הקצר לייסוף ריאלי, דבר שפועל לעליית הביקוש ליבוא מחו"ל על חשבון הביקוש לתוצרת המקומית, ובמקביל יורד הביקוש ליצוא הישראלי על ידי תושבי חו"ל. שני הכוחות יחד פועלים לירידת פער התוצר ודרכו לירידת האינפלציה.

**הערוץ השני הוא עקיף - ערוץ הריבית הריאלית** - עלייה בריבית הנומינלית מעלה בטווח קצר את הריבית הריאלית הקצרה יחסית לריבית הטבעית, דבר הגורם לירידה בפער התוצר (דרך ירידת הביקושים, בעיקר לצריכה, מפני אפקט התחלופה בין עתיד להווה). ירידה בפער התוצר פועלת לריסון האינפלציה.

**הערוץ השלישי הוא ערוץ ציפיות** - במודל שלושה סוגי ציפיות, וכולם משפיעים באופן ישיר או עקיף על האינפלציה בהווה ובעתיד: ציפיות האינפלציה, הציפיות לפער התוצר והציפיות לשינויים בשער החליפין.

(א) ציפיות האינפלציה במודל הן אדפטיביות: השפעת המדיניות על הציפיות לאינפלציה מתבטאת בחלקה מייד, דרך פער התוצר ושינויים בשער החליפין, אך חלק זה קטן מאוד; עיקר ההשפעה מתבטא בפיגור, ומשתקף בהתפתחות האינפלציה, פער התוצר והשינויים בשער החליפין.

השפעת המדיניות המוניטרית על הציפיות לגבי פער התוצר ושער החליפין הנומינלי במודל מהירה יותר:

(ב) הציפיות לגבי פער התוצר בעתיד משפיעות על פער התוצר בהווה ומשקפות, בין היתר, את הציפיות לגבי הפער בין הריבית הריאלית הקצרה לריבית הטבעית ופער שער החליפין הריאלי הצפויים בעתיד.

(ג) הציפיות לגבי השינויים בשער החליפין בעתיד קובעות את השינויים בשער החליפין בהווה. ציפיות אלה משקפות פערים צפויים בין הריבית המקומית לבין הריבית בחו"ל.

בחלק ג' נבחן לעומק את התמסורת מהמדיניות המוניטרית למחירים במודל.

## 2. משוואות המודל

א. משוואת האינפלציה (ללא דיור, הלבשה והנעלה, פירות וירקות)

$$dp_t^{w\_pir\_diur\_halb} = seas_t + \beta_1 deimp_{-2_t} + \beta_2 Exp12_t + (1 - \beta_1 - \beta_2)(dp_{t-1}^{w\_pir\_diur\_halb} - seas_{t-1}) + \beta_3 ygap_{-3_{t-1}} + \beta_4 rii_{-3_{t-1}} + \varepsilon_t^{dp-w}$$

$$deimp = de + dp\_imp$$

כאשר

$dp^{w\_pir\_diur\_halb}$  - השינוי במדד המחירים לצרכן (ללא דיור, הלבשה והנעלה ופירות וירקות);

$seas$  - גורמי עונתיות (מוצגים כמשתני דמי).

$de$  - השינוי בשער החליפין של השקל מול הדולר; משתנה זה משפיע על הרכיבים הסחירים במדד וכן על חלק מהרכיבים הלא סחירים, למשל הדיור.

$dp\_imp$  - עליית מחירי היבוא העולמיים (בדולרים). משתנה זה משקף עלייה במחירי היבוא על מוצרי צריכה ותשומות לייצור; שניהם מתבטאים במישרין ובעקיפין במדד המחירים לצרכן.

$Exp12$  - ציפיות האינפלציה לשנה הנגזרות משוק ההון; משתנה זה מבטא את ההשפעה של קשיחות מחירים בטווח הקצר. לנוכח קשיחות מחירים, כשיצרנים או ספקי שירותים מעלים מחיר הם מביאים בחשבון שבעתיד הם יאלצו להימנע מהתאמה שוטפת של המחיר, ולכן מידת העלאת המחיר מושפעת מהציפיות לעליית המחירים הכללית בעתיד.

$ygap_{-3}$  - פער התוצר במהלך שלושת החודשים האחרונים<sup>6</sup>; פער זה מבטא את ההשפעה של עלייה/ירידה בביקושים על האינפלציה. השתמשנו במדד "מלניק" כמדד חודשי להערכת הפעילות הריאלית במשק. כיוון שמדד זה אינו מייצג במלואו את פער התוצר הרלוונטי להערכת לחצים אינפלציוניים, הוספנו למשוואות האינפלציה גם את הפער בין הריבית הריאלית הקצרה לבין הריבית הטבעית במהלך שלושת החודשים האחרונים ( $rigap_{-3}$ ). משתנה זה מייצג את השפעת המדיניות המוניטרית על פער התוצר האמיתי ודרכו-על האינפלציה.

$\varepsilon^{dp-w}$  - שארית.

ניתן לראות, כי בגלל מגבלה על הפרמטרים של המשתנים המסבירים, האינפלציה ללא פירות וירקות, דיור, הלבשה והנעלה תתכנס ליעד האינפלציה – בהנחה שבטווח הארוך הציפיות לאינפלציה תתכנסנה ליעד, וקצב עליית המחירים בעולם יהיה 2 אחוזים, פער התוצר, פער הריביות וקצב הפיחות בשער החליפין יתאפסו (בהמשך מציג את הפתרון עבור שאר המשתנים במודל).

משוואה א) נאמדה בשיטת GMM בשל אנדוגניות של חלק מהמשתנים המסבירים (שער החליפין, ציפיות האינפלציה לשנה ופער התוצר). בשל התפלגות לא נורמלית של שאריות (מיתאם סדרתי והטרוסקדסטיות)<sup>7</sup> השימוש ב-GMM עדיף על השימוש ב-TSLS.

<sup>6</sup> את פער התוצר חישובנו בשיטת מסמן Hodrick-Prescott

<sup>7</sup> בדיקה למיתאם סדרתי התבססה על מבחן LM ובדיקה להטרוסקדסטיות- על מבחן WHITE.



**ב. משוואת הדיור**

$$dp\_diur_t = seas_t + \beta_1(de_t + de_{t-1})/2 + \beta_2(dbaald_{t-2} + dbaald_{t-3})/2 + \beta_3 ygap\_3_{t-1} + \beta_4 rigap\_3_{t-1} + (1 - \beta_2) dpx_{t-1}^{w\_pir\_diur} + \varepsilon_t^{diur}$$

$$dbaald = dbaal - de$$

כאשר

$dp\_diur$  - השינוי במדד הדיור.

$seas$  - גורמי העונתיות (מוצגים כמשתני דמי).

$de$  - קצב הפיחות של השקל מול הדולר; מאחר שמדד הדיור נבנה כמעט במלואו ממחירי דמי השכירות, שחלק ניכר בהם צמוד לדולר, לשינויים בשער החליפין שקל-דולר תפקיד עיקרי בהסבר התפתחותו של מדד זה.

$dbaal$  - השינוי במחיר השקלי של דירות בבעלות הדיירים.<sup>8</sup>

$dbaald$  - השינוי במחיר הדולרי של דירות בבעלות הדיירים. לפי ספציפיקציה זו, דמי השכירות במונחים דולריים מותאמים למחירים הדולריים של הדירות.

$ygap\_3$  - פער התוצר במהלך שלושת החודשים האחרונים; משתנה זה מייצג את צד הביקוש לדירות להשכרה.

$rigap\_3$  - הפער בין הריבית הריאלית הקצרה לבין הריבית הטבעית במהלך שלושת החודשים האחרונים. המניע להכללת משתנה זה זהה למניע במשוואת האינפלציה (ללא פירות וירקות, ללא דיור, ללא הלבשה והנעלה).

$dpx^{w\_pir\_diur}$  - השינוי במדד (ללא דיור וללא פירות וירקות) במהלך 12 החודשים האחרונים - למשתנה זה שני תפקידים עיקריים במשוואה: הראשון הוא ייצוג עליית המחירים הכללית במשק, כך שבטווח ארוך המחיר היחסי של הדיור לא ישתנה; השני, הנגזר מהראשון, הוא היותו הכרחי להתכנסות האינפלציה הכללית ליעדה. לפי ספציפיקציה זו, מחירי הדיור מותאמים רק במקרה של עלייה במגמת האינפלציה (של המדד הכללי ללא דיור).

$\varepsilon_t^{diur}$  - שארית.

משוואות הדיור נאמדה בשיטת OLS. משקלו של רכיב הדיור במדד הוא כ-23 אחוזים; לכן סביר להתייחס למשתנים המסבירים את השינויים במדד הדיור כאל אקסוגניים (קשה לתאר מצב שבו זעזוע במדד הדיור ישפיע על שער החליפין או על פער התוצר).

**ג. משוואת ההלבשה וההנעלה**

להלן תיאור המשוואה:

$$dp\_halb_t = seas_t + \beta_1(dehalb_t^f + dehalb_{t-1}^f)/2 + (1 - \beta_1) dpx_{t-1}^{w\_pir\_halb} + \varepsilon_t^{halb}$$

$$dehalb^f = de + dp\_halb^f$$

כאשר

$seas$  - גורם עונתיות (משתנה בלתי נצפה המשתנה על פני זמן).

<sup>8</sup> את מחירי הדירות בבעלות הדיירים מפרסמת הלמ"ס.

$dp\_halb$  - השינוי במדד ההנעלה וההלבשה.

$de$  - קצב הפיחות של השקל מול הדולר; משתנה זה מבטא את השינויים במחיר השקלי במדד ההלבשה וההנעלה כתוצאה משינויים בשער החליפין שקל-דולר.

$dp\_halb^f$  - השינוי במדד הלבשה וההנעלה בחו"ל (במונחים דולריים).

$dpx^{w\_pir\_halb}$  - השינוי במדד הכללי (ללא הלבשה והנעלה וללא פירות וירקות) במהלך 12 החודשים האחרונים. למשתנה זה חשיבות דומה לזה שבמדד הדיור (ראה משוואה ב.).

$\varepsilon_t^{halb}$  - שארית.

בגלל קיום תנאי הומוגניות של הפרמטרים, השינוי במדד ההלבשה וההנעלה (מנוכה עונתיות) בטווח הארוך יהיה שווה לשינוי במדד המחירים הכללי במשק (בהנחה שקצב העלייה של מחירי ההלבשה וההנעלה בעולם יהיה שווה לקצב עליית מחירים הכללית בחו"ל - 2 אחוזים).

באמידת המשוואה המתארת את התפתחות מדד ההלבשה וההנעלה התייחסנו לעונתיות כאל משתנה בלתי נצפה. לשם כך השתמשנו בשיטת מסנן קלמן (Kalman filter), האומדת את הפרמטרים של המשוואה באמצעות נראות המכסימלית (maximum likelihood).

מתוך שלוש המשוואות דלעיל ניתן לגזור את התחזית לאינפלציה של המדד הכללי (ללא פירות וירקות) על סמך הזהות הבאה<sup>9</sup>:

$$dp_t^{w\_pir} = \frac{m_{diur}}{(1000 - m_{pir})} dp\_diur_t + \frac{m_{halb}}{(1000 - m_{pir})} dp\_halb_t + \left(1 - \frac{m_{diur} + m_{halb}}{1000 - m_{pir}}\right) dp_t^{w\_pir\_diur\_halb}$$

כאשר

1000 - סכום המשקלות של כל הרכיבים במדד המחירים הכללי.

$m_{diur}$  - משקל רכיב הדיור במדד הכללי.

$m_{halb}$  - משקל רכיב ההלבשה וההנעלה במדד הכללי.

$m_{pir}$  - משקל רכיב הפירות והירקות.

חשוב לציין, כי המודל מבטיח התכנסות של האינפלציה ליעדה וגוזר את מסלול הריבית המוניטרית הנדרשת לשם כך. לכן המודל יכול לשמש לא רק לתחזיות של האינפלציה ושאר המשתנים המרכזיים אלא גם לניתוח המדיניות המוניטרית.

את תוצאות האמידה של המודל ניתן לראות בנספח ד'.

<sup>9</sup> פירוט של בניית תחזית המצרפית לאינפלציה ראו בנספח ב'.

ד. משוואת הציפיות לאינפלציה ל-12 החודשים הבאים

$$Exp12_t = \beta_1 Exp12_{t-1} + \beta_2 deimp_t + \beta_3 ygap_t + (1 - \beta_1 - \beta_2) dp_t^{w-pir} + \varepsilon_t^{exp12}$$

*Exp12* - הציפיות לאינפלציה משוק ההון.

*deimp* - קצב הפיחות של שער החליפין בתוספת השינוי במחירי היבוא העולמי.

*ygap* - פער התוצר.

$dp_t^{w-pir}$  - השינוי במדד המחירים ללא פירות וירקות (מנוכה עונתיות) בחודש השוטף.

$\varepsilon_t^{exp12}$  - שארית.

ציפיות האינפלציה לשנה, לפי ספציפיקציה זו, הן אדפטיביות. את האדפטיביות ניתן לראות בהסתכלות על הציפיות לאינפלציה בתקופה הקודמת, המבטאות את האינפלציה ושאר המשתנים המסבירים בעבר. הציפיות מגיבות גם על אינפורמציה חדשה, שלא נכללה בציפיות בתקופה הקודמת-השינויים בשער החליפין של השקל מול הדולר בתוספת השינויים במחירי היבוא העולמי, שכוללים גם את רכיב האנרגיה, את פער התוצר ואת המדד לחודש השוטף. משתנים אלה עשויים ליצור לחצים אינפלציוניים/דיפלציוניים בעתיד. בטווח הארוך, ציפיות האינפלציה תתכנסנה ליעד האינפלציה (בהנחה שפער התוצר יתאפס, והאינפלציה בחו"ל תהיה שווה לאינפלציה בארץ).

משוואה זו נאמדה בשיטת GMM בשל אנדוגניות של מרבית המשתנים המסבירים והטרוסקדסטיות בשאריות.

ה. משוואת כלל הריבית של הבנק המרכזי

$$i_t = \beta_1 (r_t^n + dpt + \beta_2 (Exp12_{t-1} - dpt) + \beta_3 ygap_{-3_{t-1}}) + (1 - \beta_1) i_{t-1} + \beta_4 (i_{t-1} - i_{t-2}) + \varepsilon_t^{ima}$$

*i* - ריבית בנק ישראל במונחים אפקטיביים.

$r^n$  - הריבית הריאלית של שיווי משקל (הריבית הטבעית)<sup>10</sup>.

*Exp12* - הציפיות לאינפלציה לשנה משוק ההון.

*dpt* - יעד האינפלציה במהלך 12 החודשים הבאים.

*ygap* - פער התוצר במהלך שלושה חודשים אחרונים.

ניתן לראות, שכלל הריבית (כלל טיילור) מתאר מדיניות מוניטרית גמישה (flexible inflation targeting). הריבית מגיבה על הסטיות של האינפלציה מיעדה וגם על פער התוצר. שני רכיבים נוספים בכלל הריבית הם: שיעור הריבית המוניטרית והשינויים בה בתקופה הקודמת. שני אלה מבטאים מדיניות החלקת הריבית (smoothing). בטווח הארוך (כאשר פער התוצר שווה לאפס והאינפלציה מתכנסת ליעדה), הריבית המוניטרית מתכנסת לשיעורה בשיווי משקל – הריבית הריאלית הטבעית בתוספת יעד האינפלציה (2 אחוזים).

<sup>10</sup> Beenstock and Ilek (2005) הציעו לייצג את הריבית הטבעית על ידי התשואה העתידית על אג"ח צמודות למדד, הנגזרת משוק ההון.

משוואת הריבית נאמדה בשיטת OLS, זאת משום שלפי הספציפיקציה, כל המשתנים המשמשים את המדיניות לצורך קביעת הריבית כבר התרחשו (predetermined) (או שהם אקסוגניים), כך בהנחה שאין מיתאם סדרתי, לא תיתכן השפעה חוזרת של הריבית על המשתנים המסבירים באותה תקופה.

ו. **משוואת שער החליפין** (פיתוח ואמידת המשוואה ניתן לראות בנספח ג):

$$de_t = \frac{1 - \beta_1}{\beta_1} de_{t+1/t} + \frac{idolar_t - ima_t + prem_t}{\beta_1} - (idolar_{t-1} - ima_{t-1} + prem_{t-1}) + \varepsilon_t^{de}$$

$de_{t+1/t}$  - הציפיות לשינויים בשער החליפין בתקופה  $t$  לתקופה  $t + 1$ .

$idolar$  - הריבית על הדולר בעולם.

$prem$  - פרמיית הסיכון.

$ima$  - ריבית בנק ישראל (במונחים אפקטיביים).

$\beta_1$  - חלקו של הציבור בעל הציפיות האדפטיביות לגבי התפתחותו של שער החליפין בציבור כולו.

$\varepsilon_t^{de}$  - שארית.

ניתן לראות, שבהנחה כי בטווח הארוך פער בין הריבית בארץ לבין הריבית בחו"ל בתוספת פרמיית הסיכון יתאפס, הפתרון המתקבל מהמשוואה ו' עבור קצב הפיחות של שער החליפין יהיה שווה לאפס ( $de = 0$ ).

ז. **משוואות פער התוצר**

$$ygap_t = \beta_1 ygap_{t+1/t} + \beta_2 ygap_{t-1} + \beta_3 regap_{-3}_{t-1} + \beta_4 rigap_{-3}_{t-1} + \beta_5 ygapf_{-3}_{t-1} + \varepsilon_t^{ygap}$$

כאשר

$ygap$  - פער התוצר.

$ygap_{t+1/t}$  - פער התוצר הצפוי לתקופה  $t + 1$ .

$ygapf_{-3}$  - פער הסחר העולמי במהלך שלושת החודשים האחרונים.

$regap_{-3}$  - פער שער החליפין הריאלי משיווי משקל ( $re - re^n$ ) במהלך שלושת החודשים האחרונים.

$rigap_{-3}$  - פער הריבית (בין הריבית הריאלית הקצרה לבין הריבית הטבעית ( $ri - r^n$ )) במהלך שלושה

חודשים אחרונים.

לפי הספציפיקציה של המשוואה, פער התוצר מושפע, בין היתר, משינויים בפער הריביות, מפער שער החליפין הריאלי ומפער הסחר העולמי. תהליך התמסורת של שלושת המשתנים על פער התוצר אינו מיידי אלא הדרגתי. חשוב לציין, כי עידון זה בספציפיקציה נובע מתדירות חודשית של נתונים. בנתונים שנתיים למשל בעיה זו כמעט ולא קיימת. כפי שניתן לראות, בטווח הארוך כשהריבית הריאלית, שער החליפין הריאלי וסחר העולמי יתכנסו למגמותיהם (הפערים שלהם יתאפסו), התוצר בארץ יתכנס לרמתו הפוטנציאלית, כך שפער התוצר יתאפס. הפרמטרים במשוואות פער התוצר כוילו לפי העקרונות של משק קטן ופתוח<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Laxton et al (2005) טענו כי במשק קטן ופתוח כמו ישראל סכום הפרמטרים של פער הריביות ופער התוצר (בערך המוחלט) צריך להיות נמוך יותר מפרמטר של פער התוצר בפיגור.

## חלק ב' – בדיקת טיב המודל

אחת השיטות המקובלות לבחינת טיב המודל היא סימולציה דינמית דטרמיניסטית, המאפשרת להשוות בין התחזית של המודל לבין הנתונים שהיו בפועל בתוך תקופת מדגם. אולם כיוון שבמודל אשר הוצג לעיל חלק מהמשתנים צופים לעתיד (forward looking), סימולציה דטרמיניסטית פשוטה אינה מתאימה, זאת משום שהפתרון למשתנים צופים לעתיד מניח שאין זעזועים בעתיד - שלא כמו במציאות. אחת הדרכים להתגבר על קושי זה היא לבצע סימולציה סטוכסטית עם זעזועים למשתנים האנדוגניים והאקסוגניים גם יחד<sup>12</sup>. (ראו למשל Rotemberg and Woodford (1998); Smets and Wouters (2003)). מתוך סימולציה סטוכסטית ניתן לחלץ את המומנטים התיאורטיים שהתקבלו מתוך מדגם אסימפטוטי אשר נגזרו מתוך המודל ולהשוות אותם לאלה שהיו בתקופת המדגם<sup>13</sup>. סביר להניח, כי המיתאמים התיאורטיים ובפועל לא יהיו זהים משום שהמומנטים בפועל התקבלו על סמך מדגם מקרי קטן של כ-100 תצפיות. לפיכך, השאלה הנכונה צריכה להיות אם המומנטים שהתקבלו על סמך מדגם מקרי אינם רחוקים באופן מובהק מהמומנטים התיאורטיים, כלומר אם הם נמצאים בתוך רווח בר-סמך<sup>14</sup>. אם התשובה היא חיובית, אזי כנראה שהמודל הוא יעיל וניתן להשתמש בו לצורך תחזיות וניתוח.

בנספח ה' ניתן לראות גרפית רווח בר-סמך שחושב על פי העקרונות דלעיל ואת המומנטים הנצפים מתוך המדגם עבור המשתנים העיקריים במודל – האינפלציה ללא פירות וירקות (בניכוי עונתיות), הציפיות לאינפלציה, שער החליפין של השקל מול הדולר והריבית המוניטרית. אם נתייחס למערכת הגרפים בנספח ה' כאל מטריצה, שבה כל אחד מהעקומים הוא איבר, על האלכסון מתוארים המיתאמים האוטורגרסיביים (autocorrelation) של המשתנים (עד פיגור של 5 חודשים) ומחוץ לאלכסון מתוארים המתאמים הצולבים (cross-correlation) עד פיגור של 5 חודשים. לשם המחשה,  $dp & de(-t)$  מייצג את המיתאם בין האינפלציה לבין קצב הפיחות הבו זמני, בפיגור ראשון, שני, ..., חמישי. כפי שניתן לראות, רוב המומנטים האוטורגרסיביים והמומנטים הצולבים שנצפו בתקופת המדגם אינם רחוקים באופן מובהק מהמומנטים התיאורטיים, ממצא המספק אישור משמעותי למודל שהוצג לעיל.

## חלק ג' – בחינת התגובות לזעזועים שונים

### 1. הצגת הגמישויות הדינמיות במודל (IRF)

בחלק זה של העבודה נציג את הגמישויות הדינמיות של המשתנים האנדוגניים לזעזועים שונים עבור המודל החודשי. המטרה היא לבחון את התגובות של המשתנים לזעזועים שונים במשך כדי לנתח את הכיוון ואת העוצמה של התמסורת מהמדיניות המוניטרית. לשם כך נכניס שלושה זעזועים:

(1) זעזוע בשער החליפין.

(2) זעזוע בריבית הנומינלית.

(3) זעזוע בפער התוצר.

<sup>12</sup> הזעזועים למשוואות במודל בכל תקופה הוכנסו באופן מקרי, על סמך התפלגות עם תוחלת אפס ושוונות מסוימת שנגזרה מתוך האמידה של המשוואות. התפתחות של המשתנים האקסוגניים מתוארת באמצעות משוואות אוטורגרסיביות שנאמדו עבור משתנים אלה בכפיפות לתנאי שבטוח הארוך הם מתכנסים לשיווי המשקל.

<sup>13</sup> הסימולציות בוצעו בתוכנת MATLAB.

<sup>14</sup> לשם גזירת המומנטים התיאורטיים והרווח בר-הסמך ביצענו 1,000 סימולציות סטוכסטיות שאורכה של כל אחת מהן 100 תצפיות (בדומה למספר התצפיות בתקופת המדגם).

התגובות של המשתתפים לשלושת סוגי הזעזועים מופיעות בנספח ו'.

**זעזוע בשער החליפין** - כתוצאה מזעזוע של 10 אחוזים<sup>15</sup> בשער החליפין האינפלציה עולה ב-1.5-1.7 אחוזים בחודשיים הראשונים לאחר הזעזוע. התרומה החשובה לעליית האינפלציה בחודשיים הראשונים נובעת ממדד הדיור, המושפע מאוד מהתפתחויות בשער החליפין (ניתן להבחין בכך מתוך התפתחות האינפלציה ללא דיור בנספח ו'). הגורמים העיקריים התומכים בעליית האינפלציה, מלבד הפיחות, הם הציפיות לאינפלציה (שעולות בעקבות עלייה בשער החליפין, באינפלציה ובפער התוצר), ופער התוצר (שעולה בגלל הפיחות הריאלי וירידת הריבית הריאלית יחסית לטבעית). אחרי חודשיים מדד הדיור כמעט אינו תורם להתפתחות המדד הכללי. האינפלציה ללא פירות וירקות והאינפלציה ללא פירות וירקות וללא דיור הן כמעט זהות. ואולם, ההשפעה של הפיחות על האינפלציה נמשכת גם בחודשים הבאים - זאת עקב אינרציה אינפלציונית ורמה גבוהה יחסית של הציפיות לאינפלציה, שמגלמות בתוכן את הפיחותים שהיו בחודשים הקודמים. חשוב לציין, כי תחת ספציפיקציה של המודל, קיימת תמסורת לא מיידית אך מלאה משער החליפין למחירים; זאת משום שבטווח הארוך שער החליפין הריאלי חוזר לרמתו שהיה לפני הזעזוע (רמת שיווי המשקל).

**זעזוע של 1% בריבית המוניטרית** פועל לירידת האינפלציה (עד שנה) דרך ירידה בשער החליפין, בציפיות לאינפלציה ובפער התוצר. ניתן לראות, כי התרומה המשמעותית לירידת האינפלציה בתקופות הראשונות נובעת מירידתו של מדד הדיור בעקבות הייסוף של השקל מול הדולר, וכן מעלייה בריבית הריאלית הקצרה יחסית לריבית הטבעית, עלייה המשפיעה באופן ישיר ועקיף (דרך פער התוצר) על מדד הדיור. ניתן לראות, שהשפעת מדד הדיור על האינפלציה היא ממושכת יחסית (כ-8 חודשים), שלא כהשפעת זעזוע בשער החליפין. הסיבה לכך נעוצה בהשפעה הממושכת יחסית של הריבית המוניטרית על מדד הדיור, בניגוד להשפעה קצרת טווח של שער החליפין. פער התוצר, כאמור, יורד בטווח הקצר בעקבות הייסוף הריאלי ועלייה בריבית הריאלית הקצרה, אך בעקבות חזרתם של משתתפים אלה לרמות שיווי המשקל, הוא עולה ובהדרגה מתאפס. הציפיות לאינפלציה יורדות בטווח הקצר, בעקבות הייסוף, הירידה בפער התוצר והירידה באינפלציה, אך בד בבד עם חזרתם של משתתפים אלו לרמות שיווי המשקל הן עולות ומתכנסות בהדרגה ליעד האינפלציה.

**לזעזוע בפער התוצר של 1%** השפעה קטנה יחסית על כל המשתתפים במודל: האינפלציה, הציפיות לאינפלציה והריבית המוניטרית עולות עלייה מתונה יחסית בעקבות עלייה בפער התוצר, אך לאחר מכן הן מתכנסות בהדרגה לשיווי המשקל. ניתן לראות, כי פער התוצר מתכנס מהר לאפס, מה שמונע לחצים אינפלציוניים ממושכים.

<sup>15</sup> הזעזוע הוא במונחים שנתיים. במונחים חודשיים הזעזוע הוא בשיעור של כ-0.8 אחוזים.

## חלק ד' - ממצאים עיקריים

בעבודה זו הוצג מודל חודשי להערכת האינפלציה והמדיניות המוניטרית בישראל. הייחודיות של עבודה זו היא בהצגת מודל של שיווי משקל כללי שבמסגרתו משוואת האינפלציה של המדד הכללי מתוארת בשלוש משוואות למדד הדיור, למדד ההלבשה וההנעלה, ולמדד ללא דיור, וללא הלבשה והנעלה וללא פירקות וירקות שמהן נגזרות תחזיות עבור האינפלציה של המדד הכללי<sup>16</sup>.

המודל שהוצג בעבודה זו הוא מבני למחצה; משמע שהספציפיקציה והמגבלות של הטווח הארוך בו מתבססות על עקרונות תיאורטיים ניאוקיינסיאניים. אולם עיקר הדגש כאן הוא בצד האמפירי, המאפשר לנקוט גמישות בבחירת הספציפיקציה של המשוואות, ובכך להטיב ולנצל את המידע הגלום בנתונים – מה שבסופו של דבר מתבטא בטיב התחזית של האינפלציה ושל משתנים אחרים.

נוסף על תחזית האינפלציה, המודל גוזר את הריבית הנדרשת להשגת יעד האינפלציה וכן תוואי של משתנים חשובים אחרים, ביניהם הציפיות לאינפלציה, פער התוצר וקצב הפיחות של שער החליפין. לפיכך, המודל יכול לשמש הן לצורך תחזיות והן לצורך ניתוח של המדיניות המוניטרית בעיקר לטווחים הקצרים.

ישנם כיוונים נוספים שניתן להעמיק בהם בהמשך: מידול של סעיפים אחרים במדד הכללי, ביניהם רכיב האנרגיה. הנושא השני נגזר מהקודם - מידול אינפלציית הליבה בישראל. כמו כן, ראוי להעמיק בשאלה אם הפירוק עדיף לא רק מבחינת טיב התחזית של האינפלציה אלא גם מבחינת השלכות על המדיניות המוניטרית.

---

<sup>16</sup> ללא פירות וירקות.

## ביבליוגרפיה

- אלקיים, ד'. וא' ארגוב (2006), "ניסוח ואמידה של מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח, יישום למשק הישראלי", עיונים מוניטריים, בנק ישראל, מס' 2.
- אלקיים, ד' וא' אזולאי (1997), "השפעת טווח קצר של הריבית ושער החליפין על האינפלציה בישראל 1990 עד 1996", רבעון לכלכלה, 97 (ינואר).
- פומפושקו, ה' ו'י הכט (2006), "RND", עיונים מוניטריים, בנק ישראל, מס' 1.
- Barker, T. and M.H. Pesaran (1990). *Disaggregation in econometric modelling*, Routledge, London and New-York.
- 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, No. 4.
- Benalal, N. J.L., Diaz del Hoyo Landau, M. Roma, F. Skudelny (2004). "To aggregate or not aggregate ? Euro area inflation forecasting , *Working Paper 374*, European Central Bank.
- Bruno, M. and Z. Sussman (1979). "Exchange Rate Flexibility Inflation and Structural Change: Israel Under Alternative Regimes", *Journal of Development Economics* 6, No.4, 483-514.
- Calvo, G.A. (1983). "Staggered pricing in a utility –maximizing framework", *Journal of Monetary Economics* 12, 383-398.
- Chinn, M.D. and G. Meredith (2004). "Monetary Policy and Long-Horizon Uncovered Interest Parity ", *IMF Staff Papers*, 51, No.3.
- Clarida, R.J., J. Gali, M. Gertler (1999). "The science of monetary policy – A New Keynesian perspective", *Journal of Economic Literature* 37, 1661-1707.
- Demers, F. and A. Champlain (2005). "Forecasting Core Inflation in Canada: Should We forecast the Aggregate or the Components ?", *Working Paper 44*, Bank of Canada.
- Diebold, F. and R.S. Mariano (1995). "Comparing Predictive Accuracy", *Journal of Business and Economic Statistics*, 13, No.3
- Elkayam, D. (2001). "A model for monetary policy under inflation targeting :the case of Israel, *Monetary Studies*, Bank of Israel.
- Fuhrer, J.C. and G.R. Moore (1995). "Inflation persistence", *Quarterly Journal of Economics* 110, 127-159.
- Grunfeld, Y. and Z. Griliches (1960). "Is aggregation necessarily bad ?", *The Review of Economics and Statistics* (1), 1-13.



- Harvey, D., S. Leybourne and P. Newbold (1997). "Testing the equality of prediction mean squared errors", *International Journal of Forecasting* 13, 281-291.
- Hendry, D.F. and K. Hubrich (2006). "Forecasting economic aggregates by disaggregates", *working paper* 589, European Central Bank.
- Hubrich, K. (2005) "Forecasting Euro area inflation: Does aggregating forecasts by HICP component improve forecast accuracy ?", *International Journal of Forecasting* 21, 119-36.
- Laxton, D., N.Epstein, P. Karam and D.Rose (2006). "A simple forecasting and policy analysis for Israel: Structure and Applications", *IMF publications*.
- Laxton D., P.Karam and A. Berg (2006). "Practical Model-Based Monetary Policy Analysis – A How- To Guide", *IMF Working Paper*, wp/06/81.
- Lutkepohl, H. (1984). "Forecasting contemporaneously aggregated vector ARMA processes", *Journal of Business and Economic Statistics* 2 (3), 201-214.
- Marcellino, M., J.H. Stock and M.W.Watson (2001). "Macroeconomic forecasting in the euro area: country specific versus area-wide information, *European Economic Review* 47, 1-18.
- Melnick, R. (2005). "A Peek into the Governor's Chamber: the Israeli Case", *Israeli Economic Review*, 3, No.1.
- Reijer, A.H.J. and P.J.G.Vlaar (2003). Forecasting Inflation : An art as well as a science !, *Dutch Central Bank, mimeo*.
- Rotemberg, J. and M.Woodford (1998). "An optimization-based econometric framework for the evaluation of monetary policy: expanded version", *Working Paper* 223, NBER.
- Smets, F. and R.Wouters (2003). "An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the euro area", *Journal of European Economic Association*, 1, 1123-1175.
- Stock, J. and M.Watson (1999). "Forecasting Inflation", *Working Paper* 7023, NBER..
- Svensson, L.E.O. (2000). "Open-economy inflation targeting", *Journal of International Economics* 50, 155-183.
- Theil, H. (1954). *Linear aggregation of economic relations*, North Holland, Amsterdam.
- Wallis, K.F. (2004). "Comparing empirical models of the euro economy", *Economic Modeling* 21, 735-758.

Woodford, M.(2003). *Interest and Prices Foundations of a Theory of Monetary Policy*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Zelner, A. and J. Tobias (2000). “A note on Aggregation, Disaggregation and Forecasting Performance”, *Journal of Forecasting* 19, 457-69.

## נספח א' - הנתונים ששימשו לאמידה

באמידת המודל השתמשנו בשלושה סוגי נתונים: שינויים, פערים וריביות. בנספח זה נתאר כיצד חושבו כל הנתונים, באילו מונחים מדובר באמידה ומה מקורם של אותם הנתונים.

### השינויים

אחוז השינוי במשתנה  $X$  המסומן ב- $dx$  ומחושב על ידי:

$$dx = (x - x_{-1}) * 100 * 12$$

כאשר

$$x = \log(X)$$

ההכפלה ב-100 מעבירה את שיעור השינוי לאחוזים וההכפלה ב-12 נועדה להעביר את השינוי החודשי למונחים חודשיים.

להלן פירוט משתני השינויים הכלולים במודל בשתי הגרסאות:

$dp_{-pir}^w$  - האינפלציה במדד המחירים לצרכן ללא פירות וירקות, מבוסס על נתוני הלמ"ס.

$dp_{-diur\_halb}^{w\_pir}$  - האינפלציה ללא פירות וירקות, ללא דיור, ללא הלבשה והנעלה, מבוסס על נתוני הלמ"ס.

$dp_{-diur}^{w\_pir}$  - האינפלציה ללא פירות וירקות וללא דיור, מבוסס על נתוני הלמ"ס.

$dp_{-halb}^{w\_pir}$  - האינפלציה ללא פירות וירקות וללא הלבשה והנעלה, מבוסס על נתוני הלמ"ס.

$dp_{-diur}$  - השינוי במחירי הדיור, מבוסס על נתוני הלמ"ס.

$dp_{-halb}$  - השינוי במחירי ההלבשה והנעלה, מבוסס על נתוני הלמ"ס.

$dp_{-halb}^f$  - השינוי במחירי ההלבשה והנעלה בארה"ב, מקור הנתונים: B.L.S.

$de$  - הפיחות בשער החליפין הנומינלי, מבוסס על שער החליפין הנומינלי של השקל מול הדולר.

$dp_{-imp}$  - קצב השינוי במחירי היבוא העולמיים, מבוסס על מחירי היבוא של המדינות המתועשות. מקור

נתונים – מאגר IMF.

$dbaald$  - קצב השינוי במחיר השקלי של הדירות בבעלות הדיירים, מתוך סקר המבוסס על נתוני הלמ"ס

(לפי השיטה הישנה לחישוב מדד הדיור).

$dpx^{w\_pir}$  - קצב האינפלציה של מדד המחירים לצרכן ללא פירות וירקות במהלך 12 החודשים האחרונים:

$$dpx^{w\_pir} = \frac{dp_{-pir}^w + dp_{-i}^{w\_pir} + \dots + dp_{-11}^{w\_pir}}{12}$$

באופן זהה מחושבים גם המשתנים הבאים:

$$dpx^{w\_pir\_halb}, dpx^{w\_pir\_diur}$$

### הפערים (ב)

כל הפערים (למעט הפער בין הריבית הריאלית הקצרה לבין הריבית הטבעית) חושבו באמצעות מסנן Hodrick-Prescott עם מקדם החלקה  $\lambda = 14,400$ . להלן נסמן את ההחלקה של סדרה  $X$  באמצעות המסנן  $HP(X)$ . את הפער של הסדרה  $X$  (לדוגמה שער החליפין הריאלי), נסמן ב- $xgap$  (פער שער החליפין הריאלי), והוא חושב כך:

$$x\_gap = [\log(X) - HP(\log(X))] * 100$$

הגורם בסוגריים הוא הסטייה של  $X$  מהמגמה. הכפלה ב-100 מעבירה את הפער באחוזים. להלן פירוט משתני הפערים במודל בשתי גרסאותיו:

$ygap$  - פער התוצר, מבוסס על המדד החודשי של מלניק, המגמה חושבה מינואר 1994, המקור: בנק ישראל.

$regap$  - פער שער חליפין הריאלי של מחירי היבוא, מבוסס על שער החליפין הריאלי במונחי מחירי היבוא העולמיים ( $RE$ ) המחושב כך:

$$RE = \frac{PIM * E}{P^W_{PIR}}$$

כאשר  $PIM$  הוא מדד היבוא העולמי (במחירים דולריים),  $E$  הוא שער החליפין הנומינלי של השקל מול הדולר,  $P^W_{PIR}$  מדד המחירים לצרכן המקומי ללא פירות וירקות. המגמה של שער החליפין הריאלי חושבה מינואר 1994.

$ygapf$  - פער הסחר העולמי, מבוסס על היבוא של המדינות המתועשות במחירים קבועים. המגמה חושבה מינואר 1994, מקור הנתונים – IMF.

$rigap$  - הפער בין הריבית הריאלית הקצרה ( $ri$ ) לבין הריבית הטבעית ( $r^n$ ). מקור הנתונים: בנק ישראל.  
 $ygap\_3$  - פער התוצר במהלך שלושת החודשים האחרונים, מחושב בצורה הבאה:

$$ygap\_3 = \frac{ygap + ygap_{-1} + ygap_{-2}}{3}$$

באופן זה מחושבים המשתנים הבאים:  $regap\_3, rigap\_3$ .

### הריביות (ג)

הריביות הן במונחים שנתיים.  $ima$  - הריבית המוניטרית של בנק ישראל;  $ima - Exp12$  - הריבית הריאלית הקצרה,  $r^n$  - הריבית הטבעית; כאומדן לריבית הטבעית השתמשנו בתשואה העתידית בין 3 ל-10 שנים המחושבת מתוך התשואות הריאליות לפדיון על אג"ח ממשלתיות ("גליל") הנסחרות שוק ההון.  
 $idolar$  - הריבית הדולרית בחו"ל.

## נספח ב' – חישוב רכיבים שונים במדד הכללי

המודל מורכב כאמור, משלושת הרכיבים הבאים:

(1) מדד ללא פירות וירקות ללא הלבשה והנעלה וללא דיור ( $dp_t^{w-pir}$ );

(2) מדד הדיור ( $dp\_diur$ );

(3) מדד ההלבשה וההנעלה ( $dp\_halb$ ).

גזירת תחזית מצרפית עבור המדד הכללי (ללא פירות וירקות) מתבצעת כדלקמן:

$$dp_t^{w-pir} = \frac{m_{diur}}{(1000 - m_{pir})} dp\_diur_t + \frac{m_{halb}}{(1000 - m_{pir})} dp\_halb_t + \left(1 - \frac{m_{diur} + m_{halb}}{1000 - m_{pir}}\right) dp_t^{w-pir-diur-half}$$

כאשר

1000 - סכום המשקלות של כל הרכיבים במדד המחירים הכללי;

$m_{pir}$  - המשקל של מדד פירות וירקות;

$m_{diur}$  - המשקל של מדד הדיור;

$m_{halb}$  - המשקל של מדד ההלבשה וההנעלה.

בספציפיקציה של משוואת הדיור ומשוואת הלבשה והנעלה מופיע המדד הכללי בניכוי אותו הרכיב: הוא מחושב בצורה הבאה:

(א) השינוי במדד הכללי ללא פירות וירקות וללא דיור:

$$dp_t^{w-pir-diur} = \frac{dp_t^{w-pir} - \frac{m_{diur}}{1000 - m_{pir}} dp\_diur_t}{1 - \frac{m_{diur}}{1000 - m_{pir}}}$$

(ב) השינוי במדד הכללי ללא פירות וירקות וללא הלבשה והנעלה:

$$dp_t^{w-pir-half} = \frac{dp_t^{w-pir} - \frac{m_{halb}}{1000 - m_{pir}} dp\_halb_t}{1 - \frac{m_{halb}}{1000 - m_{pir}}}$$

## נספח ג' - פיתוח ואמידה של משוואת שער החליפין

משוואת שער החליפין במודל מתבססת על תיאוריית UIP (ראו למשל (Chinn and Meredith (2004) שבה השינוי הצפוי בשער החליפין נקבע על ידי פער הריביות בין ישראל לבין חו"ל בתוספת פרמיית הסיכון, דהיינו:

$$(1) e_t = e_{t+1/t} + (i_t^f - i_t + prem_t) + u_t$$

כאשר:

$e_t$  - שער החליפין של השקל מול הדולר בתקופה  $t$  (בלוגים);

$e_{t+1/t}$  - שער החליפין הצפוי בתקופה  $t+1$  (בלוגים);

$i_t^f$  - הריבית בעולמית;

$i_t$  - הריבית המקומית;

$prem$  - פרמיית הסיכון של המשק המקומי;

$u_t$  - גורמים אחרים (רעש לבן);

נניח כעת כי הציפיות של הציבור לגבי התפתחותו של שער החליפין נקבעות באופן הבא:

$$(2) e_{t+1/t} = \alpha e_{t/t-1} + (1-\alpha)e_{t+1/t}^*$$

$\alpha$  - מייצגת אחוז הפרטים בעלי ציפיות אדפטיביות, כך ש  $1-\alpha$  - אחוז הפרטים בעלי ציפיות רציונליות

(המיוצגות על ידי  $e_{t+1/t}^*$ , כאשר  $e_{t+1/t} = e_{t+1/t}^* + v_{t+1}$ ).

אחרי הצבת (2) ב-(1) נקבל:

$$(3) e_t = \alpha e_{t/t-1} + (1-\alpha)e_{t+1/t}^* + (i_t^f - i_t + prem_t) + u_t$$

כעת נגלגל את ביטוי (1) תקופה אחת אחורה, נחלץ משם את  $e_{t/t-1}$  ונציב אותו ב-(3):

$$(4) e_t = \alpha(e_{t-1} - (i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1}) - u_{t-1}) + (1-\alpha)e_{t+1/t}^* + (i_t^f - i_t + prem_t)$$

כעת נחסיר  $e_{t+1/t}^*$  משני הצדדים של (4) ואחרי סידור איברים נקבל:

$$(5) e_t - e_{t+1/t}^* = \alpha(e_{t-1} - e_{t+1/t}^*) + (i_t^f - i_t + prem_t) - \alpha(i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1}) + u_t - \alpha u_{t-1}$$

כעת נציב במקום  $e_{t+1/t}^* = e_{t+1} - v_{t+1}$  ונקבל:

$$(6) e_t - e_{t+1} = \alpha(e_{t-1} - e_{t+1}) + (i_t^f - i_t + prem_t) - \alpha(i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1}) + \varepsilon_t$$

$$(\varepsilon_t = (1+\alpha)v_{t+1} + u_t - \alpha u_{t-1})$$

(1) שלב האמידה

ניתן לראות מייד כי חלק מהמשתנים המסבירים במשוואה (6) מתואמים עם השאריות  $\varepsilon_t$ . נוסף על כך, במשוואות שער החליפין שונות השארית אינה קבועה (הומסקדסטיות), אלא משתנה בהתאם לרמת אי-הוודאות בשוק המט"ח (הטרסקדסטיות). לפיכך, אמדנו את המשוואה בשיטת GMM עם משתני עזר המפורטים בנספח ד'.

בלוח 3 מוצגות תוצאות האמידה של משוואה (6) בשתי חלופות: בחלופה הראשונה הפרמיה משתנה על פני זמן<sup>17</sup>, ובחלופה השנייה הפרמיה קבועה ומיוצגת על ידי קבוע (ראו ביטוי (6')). ספציפיקציה עם הפרמיה המשתנה:

$$(6') e_t - e_{t+1} = \beta_1(e_{t-1} - e_{t+1}) + \beta_2(i_t^f - i_t + prem_t) - \beta_1(i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1}) + \varepsilon_t$$

ספציפיקציה עם הפרמיה הקבועה:

$$(6'') e_t - e_{t+1} = \beta_1(e_{t-1} - e_{t+1}) + \beta_2(i_t^f - i_t + \beta_3) - \beta_1(i_{t-1}^f - i_{t-1} + \beta_3) + \varepsilon_t$$

לוח 3 – תוצאות האמידה של משוואת שער החליפין

תקופת המדגם 10:1997–04:2006

$R_{adj}^2$	$\beta_3$	$\beta_2$	$\beta_1$	
0.62	-	0.72* (0.25)	0.61 (0.04)	פרמיה משתנה
0.63	-	1	0.58 (0.03)	פרמיה משתנה ( $\beta_2 = 1$ )
0.64	4.04 (1.22)	1	0.59 (0.03)	פרמיה קבועה ( $\beta_2 = 1$ )

הערה: בסוגריים מוצגות סטיות התקן של המקדמים לפי תיקון N.W.

\* לא ניתן לדחות את ההשערה ש- $1 = \beta_2$  ברה"מ של 26%.

מתוך תוצאות האמידה של לוח 3 ניתן להסיק מספר מסקנות: ראשית, ניתן לראות, כי המקדם התיאורטי  $c2$  אינו שונה מ-1 באופן מובהק. כאשר מטילים על מקדם זה להיות 1, כפי שנגזר מהנחות תיאורטיות, המקדם המייצג את פרופורציית הציבור בעלי ציפיות אדפטיביות לגבי התפתחות שער החליפין כמעט אינו משתנה ועומד על כ-60 אחוזים. תחת חלופה של פרמיית סיכון קבועה, המקדם  $c1$  נותר כמעט ללא שינוי, כאשר רמת הפרמיה הממוצעת עומדת על כ-4 אחוזים, בדומה לשיעור הפרמיה הממוצעת (2.3 אחוזים) הנגזרת מתוך אופציות שקל-דולר. (ראו עבודתם של פומפושקו והכט (2006)).

<sup>17</sup>פרמיה זו נגזרת מתוך אופציות שקל-דולר; ראו עבודתם של פומפושקו והכט (2006).

(2) הצגת משוואת שער החליפין במודל

בשלב הסופי יש להעביר את הספציפיקציה של שער החליפין המופיעה ב-(5) לצורה אופרטיבית כך ששער

החליפין במודל יוצג במונחים של שינויים בין תקופה לתקופה, דהיינו  $de_t = e_t - e_{t-1}$ .

לשם כך נעביר את  $e_{t+1}$  לאגף הימני ונחסיר משני הצדדים את  $e_{t-1}$ . אחרי סידור איברים נקבל<sup>18</sup>:

$$(7) e_t - e_{t-1} = (1 - \alpha)e_{t+1} - (1 - \alpha)e_{t-1} + (i_t^f - i_t + prem_t) - \alpha(i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1})$$

כעת נוסיף ונחסיר  $(1 - \alpha)e_t$  לאגף הימני של ביטוי (6) ונקבל:

$$(7') e_t - e_{t-1} = (1 - \alpha)e_{t+1} - (1 - \alpha)e_t + (1 - \alpha)e_t - (1 - \alpha)e_{t-1} + (i_t^f - i_t + prem_t) - \alpha(i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1})$$

אחרי סידור איברים נקבל:

$$(8) e_t - e_{t-1} = (1 - \alpha)(e_{t+1} - e_t) + (1 - \alpha)(e_t - e_{t-1}) + (i_t^f - i_t + prem_t) - \alpha(i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1})$$

ולבסוף נקבל ביטוי כאשר שער החליפין מוצג במונחים של שינויים בין תקופה לתקופה:

$$(9) de_t = \frac{1 - \alpha}{\alpha} de_{t+1} + \frac{i_t^f - i_t + prem_t}{\alpha} - (i_{t-1}^f - i_{t-1} + prem_{t-1})$$

---

<sup>18</sup> לשם פשטות ההצגה נתעלם משאריות.



נספח ד' - תוצאות האמידה של המודל<sup>19</sup>

משוואת פער התוצר	משוואת כלל הריבית	משוואת שער החליפין	משוואת הציפיות לאינפלציה משוק ההון	משוואת ההלבשה וההנעלה	משוואת הדיור	משוואת האינפלציה ללא פירות וירקות, דיור, הלבשה והנעלה	
קליברציה	OLS	GMM	GMM	מסנן קלמן	OLS	GMM	שיטת האמידה
	-1998: 01 2006: 10	-1998: 01 2006: 07	-1998: 01 2006: 06	-1998: 01 2006: 09	-1999: 01 2006: 09	-1998: 01 2006: 06	תקופת המדגם
0.60	0.08 (0.02)	0.61 (0.03)	0.96 (0.00)	0.21 (0.10)	0.88 (0.04)	0.12 (0.02)	$\beta_1$
0.30	2.65 (0.73)	1.0	0.01 (0.00)	-	0.15 (0.05)	0.62 (0.07)	$\beta_2$
0.10	0.50 (0.29)	4.16 (1.33)	0.04 (0.00)	-	0.79 (0.32)	0.22 (0.12)	$\beta_3$
-0.15	0.34 (0.08)	-	-	-	-0.61 (0.25)	-0.22 (0.17)	$\beta_4$
0.10	-	-	-	-	-	-	$\beta_5$
	0.99	0.62	0.86	0.90	0.83	0.69	$R_{adj}^2$
	1.60	2.20	1.72	1.31	1.64	2.09	D.W.

בסוגריים מסומנות סטיות התקן של המקדמים.

**משתני העזר ששימשו לאמידת משוואות האינפלציה של המדד הכללי ללא פירות וירקות ומשוואות**

**האינפלציה ללא פירות וירקות, ללא דיור, הלבשה והנעלה:**

יעד האינפלציה לשנה האחרונה ולשנה קדימה, משתני דמי של עונתיות, שלושה פיגורים של הריבית הטבעית, שניים עשר פיגורים של המשתנים הבאים: השינויים בריבית על הדולר, השינויים בסחר העולמי, השינוי במחירי היבוא הדולרי, השינויים בשער הדולר מול האירו.

**משתני עזר ששימשו לאמידת משוואת הציפיות לאינפלציה:**

יעד האינפלציה לשנה האחרונה ולשנה קדימה, שנים עשר פיגורים של המשתנים הבאים: השינויים בריבית על הדולר, השינויים בסחר העולמי, השינוי במחירי היבוא הדולרי, השינויים בשער של הדולר מול האירו.

**משתני עזר ששימשו לאמידת משוואות שער החליפין:**

שנים עשר פיגורים של האינפלציה בארה"ב, שלושה פיגורים למשתנים נוספים: השינויים בריבית הדולרית, השינויים במחירי היבוא העולמי והשינויים בשער החליפין של הדולר מול האירו.

<sup>19</sup> לא הוצגו תוצאות האמידה של גורמים עונתיים.

**נספח ה' – השוואת מומנטים תיאורטיים למומנטים במדגם למשתנים עיקריים**

בנספח זה מתוארים המומנטים בפועל מתוך תקופת המדגם והמומנטים התיאורטיים יחד עם רווחי הבר-סמך. על הציר האנכי מוצגים מקדמי המיתאם בין המשתנים ועל הציר האופקי - הפיגורים של המשתנה (עד הפיגור החמישי).

להלן המשתנים העיקריים המוצגים:

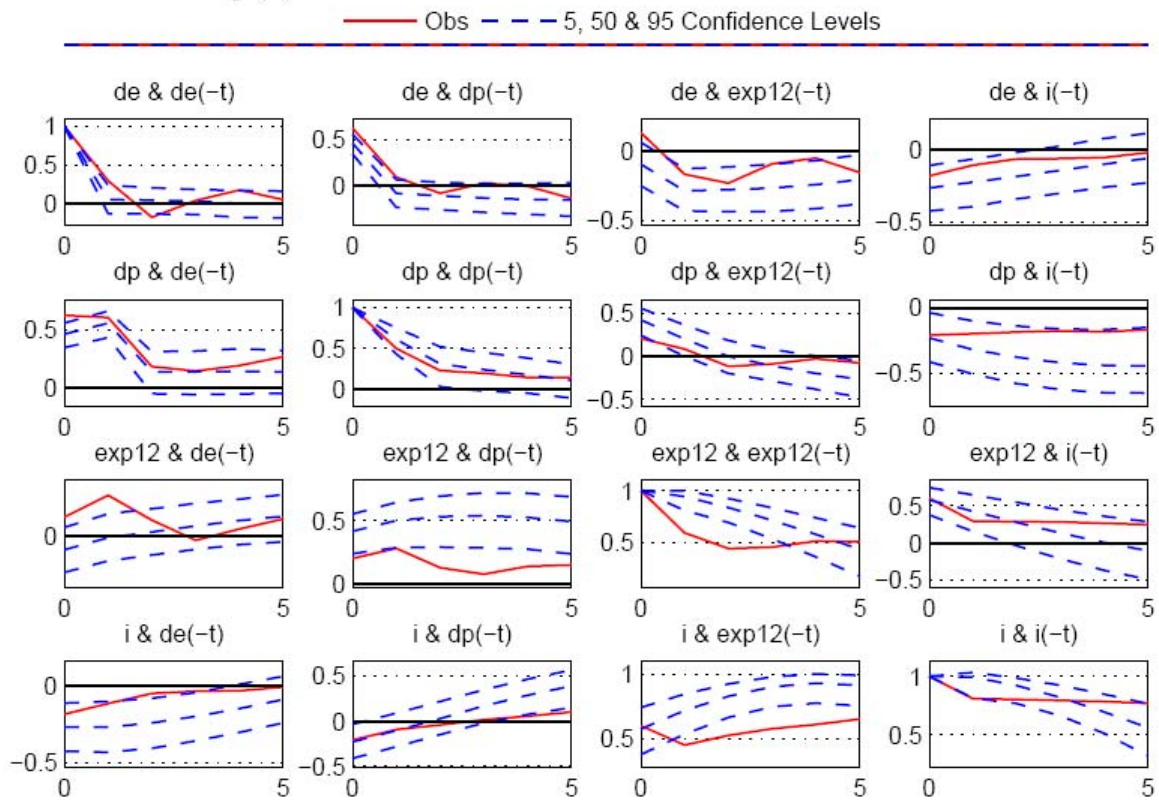
$dp$  - האינפלציה ללא פירות וירקות (מנוכה עונתיות);

$de$  - קצב הפיחות של השקל מול הדולר;

$exp12$  - ציפיות לאינפלציה לשנה;

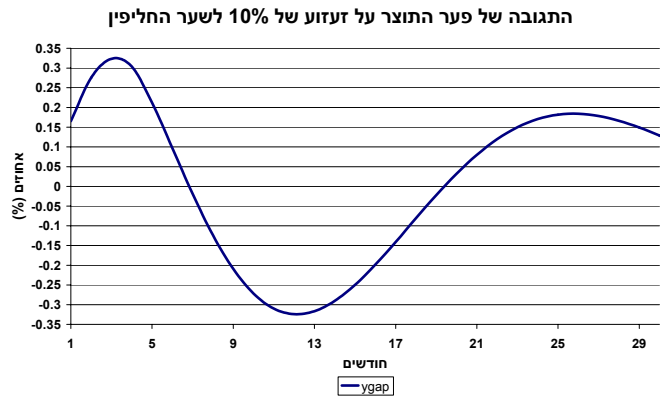
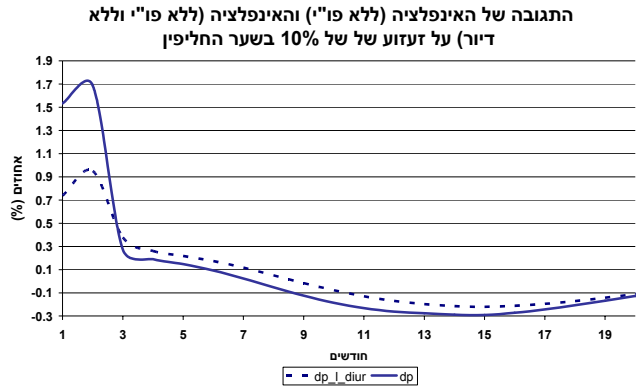
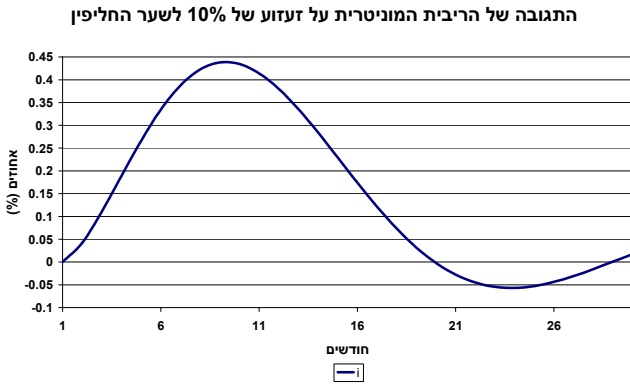
$i$  - ריבית בנק ישראל.

fig (x). Observed Cross Corr vs. Confidence Intervals

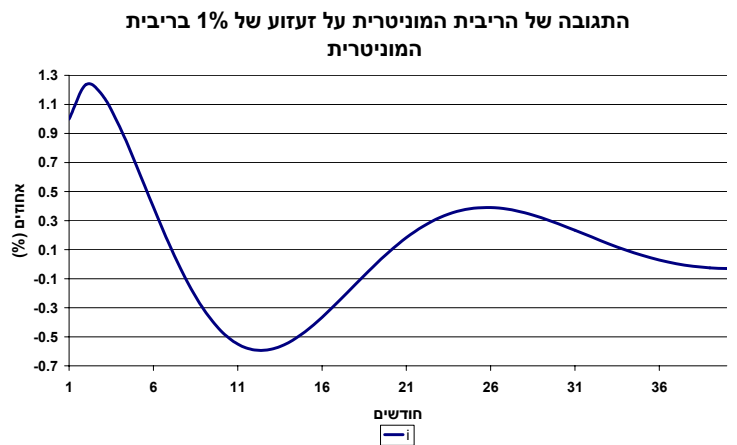
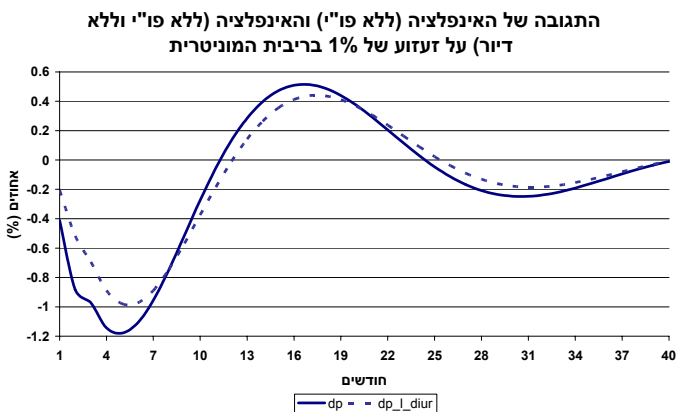


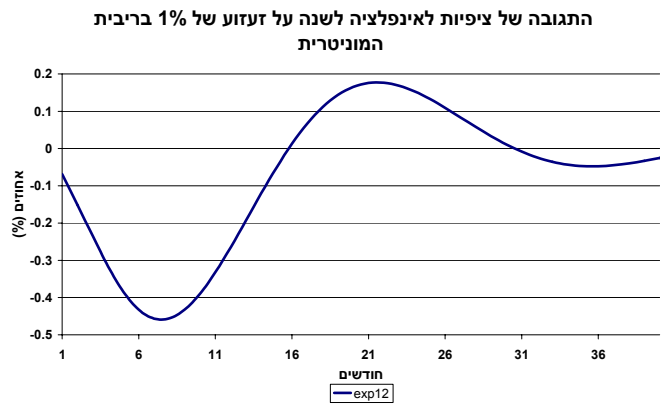
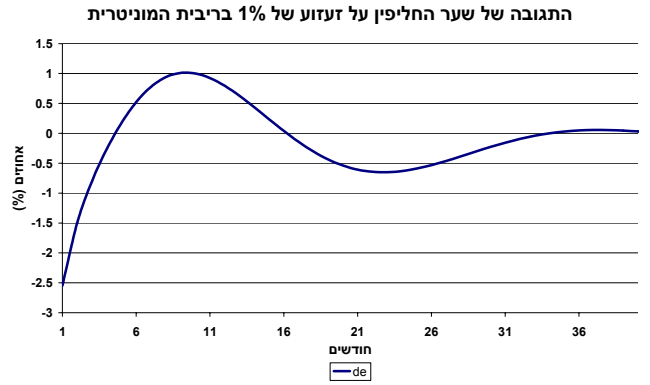
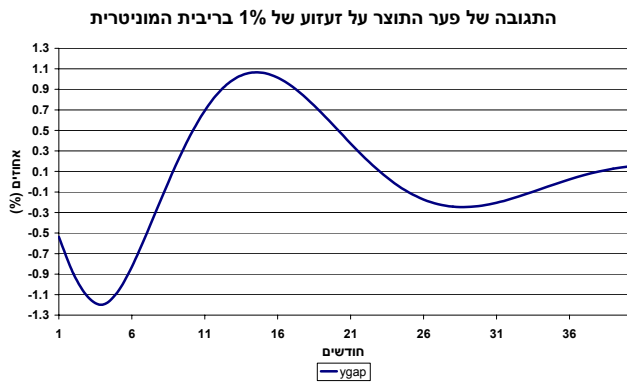
## נספח ו' – תגובות המשתנים האנדוגניים על זעזועים שונים

### (1) זעזוע של 10% בשער החליפין

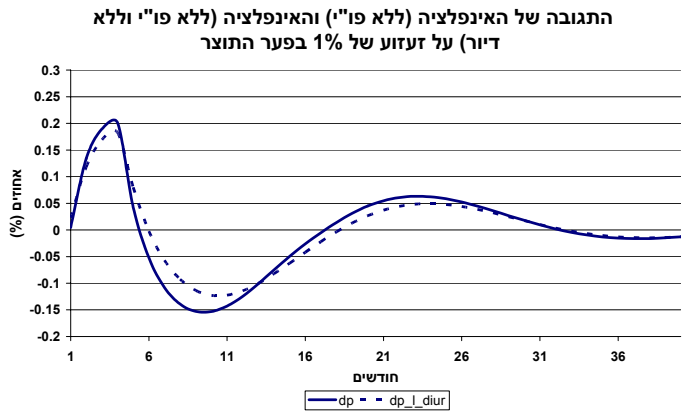


### (2) זעזוע של 1 נקודת אחוז בריבית בנק ישראל

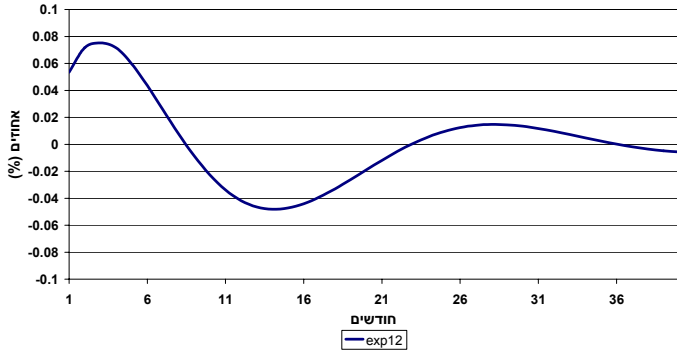




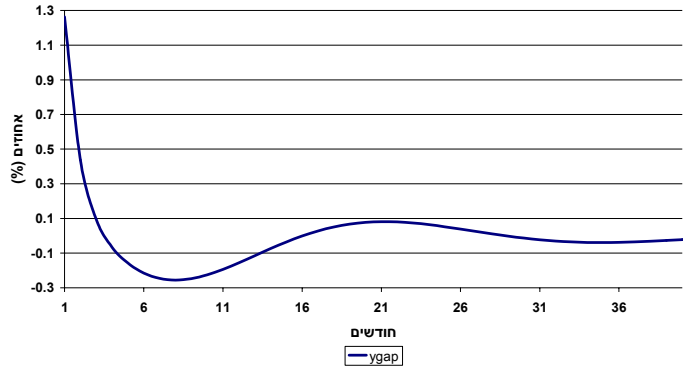
**(3) זעזוע של 1% בפער התוצר**



התגובה של ציפיות לאינפלציה לשנה על זעזוע של 1% בפער התוצר



התגובה של פער התוצר על זעזוע של 1% בפער התוצר



## 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
M. Beenstock, O. Sulla – The Shekel's Fundamental Real Value	2000.01
O. Sulla, M. Ben-Horin – Analysis of Casual Relations and Long and Short-term Correspondence between Share Indices in Israel and the United States	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' אופנבכר, ס' ברק – דיסאינפלציה ויחס ההקרבה: מדינות מפותחות מול מדינות מתעוררות	2001.02
D. Elkayam – A Model for Monetary Policy Under Inflation Targeting: 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 Forward על שער ה-Call	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

2004.02	י"י הכט, וה' פומפושקו – נורמליות, רמת סיכון שכיחה ושינוי חריג בשער החליפין
2004.03	D.Elkayam, A.Ilek – The Information Content of Inflationary Expectations Derived from Bond Prices in Israel
2004.04	ר. שטיין – ההתפלגות הצפויה של שער החליפין שקל-דולר, התפלגות א-פרמטרית הגלומה באופציות מטבע חוץ
2005.01	Y. Hecht, H. Pompushko – Normality, Modal Risk Level, and Exchange-Rate Jumps
2005.02	י"י אלאשווילי, מ' רגב – גזירת הציפיות לאינפלציה משוק ההון
2005.03	א' ארגוב – כלל ריבית אופטימלי למודל מוניטרי של המשק הישראלי
2005.04	M.Beenstock, A.Ilek – Wicksell's Classical Dichotomy: Is the Natural Rate of Interest Independent of the Money Rate of Interest ?
2006.01	י"י הכט וה' פומפושקו - RND
2006.02	ד' אלקיים, א' ארגוב – ניסוח ואמידה של מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח, יישום למשק הישראלי
2006.03	Z.Wiener, H.Pompushko- The Estimation of Nominal and Real Yield Curves from Government Bonds in Israel
2006.04	א' אילק – המודל החודשי להערכת האינפלציה והמדיניות המוניטרית בישראל