

ע י ו נ י ם מ ו נ י ט ר י י ם
M o n e t a r y S t u d i e s

ניסוח ואמידה של מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח,
יישום למשק הישראלי

דוד אלקיים ואיל ארגוב

2006.02

פברואר 2006

מאמרים לדיון Discussion Papers

Bank of Israel
Monetary
Department



ב נ ק י ש ר א ל
ה מ ח ל ק ה
ה מ ו נ י ט ר י ת

**ניסוח ואמידה של מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח,
יישום למשק הישראלי**

דוד אלקיים ואיל ארגוב

2006.02

פברואר 2006

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

דואר אלקטרוני: dvdelkay@bankisrael.gov.il

eyala@bankisrael.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 3111506002/7

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

ניסוח ואמידה של מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח,

יישום למשק הישראלי

דוד אלקיים ואיל ארגוב

תמצית

בעבודה זו אנו מנסחים ואומדים מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח. המודל מורכב משלוש משוואות מבניות - לאינפלציה, לפער התוצר ולשער החליפין – והוא נסגר באמצעות ניסוח כלל ריבית. המטרה היא להגיע למודל ריאליסטי שיהיה ניתן להשתמש בו לחיזוי כמותי של ההתפתחות העתידית במשתנים הרלוונטיים, לרבות תוואי הריבית הנדרש להשגת יעד האינפלציה. בנוסף המודל יכול לשמש לבחינת ההשלכות של חלופות מדיניות ושל זעזועים שונים על המשתנים הרלוונטיים. לפיכך, בניסוחו השתדלנו לאזן ולשלב בין הצורך לשמור על ההיגיון הכלכלי ובין הצורך להגיע לתיאור אמפירי מוצלח של הקשר שבין המשתנים הרלוונטיים. הפרמטרים של המודל נאמדו באמצעות נתונים רבעוניים של המשק הישראלי לשנים 1992 עד 2004.

ממצאי העבודה מאשרים את הגישה שלפיה במשק קטן ופתוח יש לשער החליפין תפקיד חשוב במנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית. שינויים בריבית משפיעים על שער החליפין וזה משפיע על האינפלציה הן ישירות והן דרך השפעתו על פער התוצר. כן נמצא כי התמסורת משער החליפין למחירים המקומיים היא בסופו של דבר, מלאה, אך אינה מיידית אלא הדרגתית. בדומה למשקים אחרים גם כאן נמצאה מידה לא מבוטלת של אינרציה הן באינפלציה והן בפער התוצר. בעקבות זעזועים שונים האינפלציה חוזרת לשיווי משקל בתוך שלושה עד חמישה רבעים ופער התוצר בתוך כשמונה רבעים.

An Estimated New-Keynesian Model for a Small Open Economy: an Application for Israel.

David Elkayam and Eyal Argov

Abstract

We formulate and estimate a New-Keynesian model for a small open economy. The model consists of three structural equations: for inflation, the output gap and the exchange rate – and is closed with an interest-rate reaction function. Our goal is to construct a realistic model that can be used to forecast the future path of the relevant variables, including the interest-rate path that is needed to achieve the inflation target. In addition the model can be used for evaluating the effect of different policies and exogenous shocks on the relevant variables. For this end, we tried to satisfy economic theory while achieving good empirical dynamics among the relevant variables. The model parameters were estimated using Israel quarterly data between 1992 – 2004.

The results confirm the view that in a small open economy the exchange rate has an important role in the monetary transmission mechanism. Changes in the interest rate affect the exchange rate, which is one of the determinants of inflation and the output gap. In addition we find that the pass-through from the exchange rate to the local prices is gradual rather than immediate, although complete. In line with other economies, we also find inertia in the inflation and output gap processes. Following various shocks hitting the economy, inflation returns to equilibrium within three to five quarters, and the output gap within eight quarters.

1. הקדמה

בעבודה זו אנו מנסחים ואומדים מודל מקרו-כלכלי קטן, המיועד, בין היתר, לסייע למעצבי המדיניות המוניטרית בקביעת הריבית הדרושה להשגת יעד האינפלציה. המודל הוא רבעוני ומתאר את הקשרים בין המשתנים העיקריים והחיוניים לתיאור מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית במשק קטן ופתוח. עבודה זו היא שלב ראשון בתכנית רחבה יותר. בעתיד יהיה ניתן להרחיב את המודל במספר כיוונים, כפי שיפורט בהמשך.

את המודל הניאו-קיינסיאני של משק סגור ניתן לתאר באמצעות שלוש משוואות המתארות את היקבעות פער התוצר, האינפלציה והריבית. (המשוואה הראשונה מתארת את הקשר שבין הריבית לפער התוצר. המשוואה השנייה מתארת את הקשר שבין פער התוצר לאינפלציה, והשלישית - את כלל הריבית). במשק קטן ופתוח לשער החליפין הנומינלי (והריאלי) יש תפקיד מרכזי, נוסף על הריבית, במנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית. לכן, לצורך ניתוח המדיניות המוניטרית במשק כזה יש להרחיב את המודל הבסיסי בכמה היבטים. בצד הביקוש יש להבחין בין הביקוש לייצור המקומי של התושבים המקומיים, הביקוש ליבוא של התושבים המקומיים והביקוש של תושבי העולם לייצור המקומי (יצוא). בצד המחירים יש להבדיל בין המחירים המקומיים למחירים העולמיים הרלוונטיים (מחירי התשומות לייצור המקומי, מחירי היבוא של מוצרי צריכה ומחירי היצוא). המעבר מניתוח של משק סגור לניתוח של משק קטן ופתוח מסבך את הדיון, אך כמובן גם מעשיר אותו. אנו נבצע את ההרחבה המינימלית הנדרשת לתיאורם של רוב הערוצים שבאמצעותם משפיעה המדיניות המוניטרית על האינפלציה.

המודל המנוסח בעבודה זו שייך לסוג המודלים שבהם מושם דגש מיוחד לפרמטרים ה"עמוקים" של הכלכלה. במילים אחרות: נקודת המוצא למשוואות המודל היא אופטימיזציה של היחידות הכלכליות, המתבצעת בהינתן פונקציות תועלת וייצור. היתרון בגישה כזאת הוא שבמודל נשמרת עקביות תיאורטית, והוא גם מאפשר לבחון חלופות של מדיניות. החיסרון של מודלים כאלה הוא בדרך כלל בהיבט של ההתאמה האמפירית. בעניין זה נדון בהרחבה כאשר נתאר את האמידה האמפירית. שם נעסוק בבחירה בין חלופות של אפיונים אמפיריים ונצביע במפורש על השלבים שבהם נסטה מהתיאוריה הצרופה.

בעבודה זו אנו כמובן נשענים על מספר מודלים שפותחו ונוסחו למשקים אחרים. הדגש כאן הוא במתן תשומת לב מיוחדת למאפיינים של המשק הישראלי, ולטיב הנתונים הקיימים בישראל. כמו כן, בניגוד לרוב העבודות בתחום שנעשו בעולם, כאן ניתן דגש מיוחד לאמידה אמפירית (קלאסית) של הפרמטרים של המודל.

בפרק הבא, השני, נביא תיאור מילולי תמציתי של משוואות המודל, ושל מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית על פיו (כלומר נפרט את הערוצים שדרכם משפיעים הריבית ושער החליפין על המחירים). הפרק השלישי יתאר בצורה מפורטת את הבסיס התיאורטי שממנו נגזרות משוואות המודל. בפרק הרביעי נתאר את האמידה האמפירית, בפרק החמישי נבחן את תכונותיו של המודל, ובפרק השישי נסכם את עיקר הממצאים ונצביע על כיוונים להמשך המחקר.

2. תיאור תמציתי של המודל

כל המשתתפים הריאליים במודל הם במונחי סטיות ממגמה (להלן "פערים"). ניסוח כזה נשען על ההנחה שלמשתתפים נומינליים בכלל ולמדיניות המוניטרית בפרט אין השפעה על המגמות של המשתתפים הריאליים. עם זאת שינויים בריבית פועלים ליצירת סטיות של המשתתפים הריאליים מהמגמה, וסטיות אלה משפיעות על קצב עליית המחירים.

המודל, בסופו של דבר, מכיל ארבע משוואות התנהגותיות דינאמיות. דיאגרמה 1 מתארת בצורה סכמטית את הקשרים הכלכליים המתבטאים במודל. **המשוואה הראשונה** מתארת את הסטיות מהמגמה של פער התוצר. סטיות אלה מושפעות מהפער שבין הריבית הריאלית השוטפת (הצפויה) והריבית הריאלית הטבעית, מהסטיות של שער החליפין הריאלי, מהסטיות של הסחר העולמי המשפיע על הביקוש העולמי ליצוא הישראלי, מהסטיות של הצריכה הציבורית המקומית ומהסטיות של ההשקעה המקומית. עלייה בריבית הנומינלית פועלת, בשלב הראשון, בהנחת קשיחות זמנית של המחירים, לעלייה בריבית הריאלית, וזו פועלת להקטנת הביקוש לצריכה בהווה (השפעת תחלופה), דהיינו לסטייה כלפי מטה של הצריכה מהמגמה, ועמה לסטייה כלפי מטה מהמגמה של התוצר העסקי. עלייה בריבית הנומינלית פועלת גם לירידה בשער החליפין הנומינלי. (ראו להלן.) ירידה זו מתבטאת בשלב הראשון גם בסטייה כלפי מטה מהמגמה של שער החליפין הריאלי. הירידה בשער החליפין הריאלי מייקרת את המחיר הדולרי של היצוא ומוזילה את מחירו היחסי של היבוא, ובכך פועלת לירידת הביקוש העולמי והמקומי לתוצרת מקומית¹ (הכול במונחי סטיות).

לעליה בריבית יש כמובן גם השלכה על ההשקעה. במודל הנוכחי חסרה משוואה להשקעות, נושא שאנו מתכוונים לטפל בו בעתיד.

המשוואה השנייה מתארת את קצב עליית המחירים לצרכן כפונקציה של האינפלציה הצפויה, פער התוצר, הסטיות של שער החליפין הריאלי במונחי מחירי התשומות מיבוא והשינוי במחיר (בשקלים) של המוצרים המיובאים. האינפלציה הצפויה מבטאת את ההשפעה של קשיחות מחירים בטווח הקצר. בעטייה של קשיחות זו, כשיצרן מעלה מחיר הוא מביא בחשבון את העובדה שבעתיד הוא יאלץ להימנע מהתאמה שוטפת של המחיר, ולכן מידת העלאת המחיר בהווה מושפעת מהציפיות לעליית המחירים הכללית בעתיד. פער התוצר משקף את השפעת הביקוש המצרפי על המחירים. עליה בביקוש המצרפי פועלת לעליית המחירים הן כתוצאה מהעלאה של שיעור הרווח מצד היצרנים והן כתוצאה מעליה בעלויות הייצור הנובעות מגידול בביקוש לגורמי ייצור (עבודה, הון ותשומות לייצור). עלייה בשער החליפין הנומינלי או במחירים העולמיים של התשומות מיבוא לייצור המקומי מייקרת את המחיר השקלי של תשומות אלה, יחסית למחיר של התשומות מייצור מקומי. בהנחה שהתחלופה בין גורמי הייצור מייצור מקומי ומיבוא אינה מלאה, הדבר מייקר את עלויות הייצור והיצרנים מנסים לפצות על כך בהעלאת המחירים המקומיים. לבסוף - שינויים במחירי המוצרים המיובאים לישראל או בשער החליפין הנומינלי משפיעים ישירות על מחירים של המוצרים המיובאים בסל התצרוכה.

¹ מניחים שבשלב הראשון המחיר של היצוא הישראלי במונחי שקלים נותר בעינו. אם שער החליפין הנומינלי יורד אזי במונחי דולרים המחיר עולה. עליית המחיר מביאה, מנקודת הראות של העולם, לתחלופה עם סחורות אחרות שהעולם מייבא, ולכן לירידת הביקוש לסחורות מישראל.

המשוואה השלישית מתארת את היקבעות שער החליפין הנומינלי של השקל ביחס לדולר כפונקציה של השער הצפוי, השער בפיגור, והפער, בהווה ובפיגור, שבין הריבית הקצרה בארצות הברית לריבית המקומית. עלייה בריבית המקומית מעלה את האטרקטיביות היחסית של השקל ביחס לדולר, הציבור ירצה להמיר דולרים לשקלים, ושער החליפין יורד.

המשוואה הרביעית מתארת את האופן שבו הבנק המרכזי מתאים את הריבית הנומינלית כדי להשיג את יעד האינפלציה. במשוואה זו מופיעים גורמים ארוכי טווח: יעד האינפלציה והריבית הטבעית, וגורמים קצרי טווח: הפער שבין האינפלציה הצפויה ליעד האינפלציה ופער התוצר.

מנגנון התמסורת על פי המודל

נניח שמתרחשת עלייה בלתי צפויה בריבית בנק ישראל. התפתחות כזאת תביא לירידה באינפלציה, באמצעות מספר ערוצים:

1. **הערוץ הישיר של הצריכה הפרטית.** עליית הריבית מביאה לירידת הביקוש לצריכה הפרטית בהווה, בגלל תחלופה בין-זמנית, ועמה לירידת הביקוש לתוצר העסקי ולירידת מחירים.
2. **ערוץ שער החליפין.** העלייה בריבית מעלה את הכדאיות היחסית של החזקת נכסים בשקלים לעומת נכסים בדולרים. הציבור יטה אפוא להמיר דולרים לשקלים, ושער החליפין ירד. ירידת שער החליפין פועלת לירידת המחירים בארבעה ערוצים:

א. המחיר של הצריכה מיבוא יורד. מחיר זה מהווה חלק ממדד המחירים לצרכן, ולכן המדד לצרכן יורד.

ב. ירידת המחיר של הצריכה מיבוא משמעותה ירידה במחיר היחסי של היבוא (יחסית למחיר של המוצרים מייצור מקומי). הדבר פועל להגברת הביקוש לצריכה מיבוא ולירידת הביקוש לצריכה מייצור מקומי, עקב תחלופה בין הביקוש לצריכה מייצור מקומי ובין הצריכה מיבוא, וירידת הביקוש המקומי פועלת לירידת הרכיב המקומי של המחירים לצרכן ועמה - לירידת המדד לצרכן.

ג. ירידת שער החליפין מוזילה את המחיר היחסי של התשומות המיובאות. הדבר מוזיל את עלות הייצור המקומי, ועמה יורד המחיר של הרכיב המקומי של המחירים לצרכן.

ד. נניח שבשלב הראשון מחיר היצוא הישראלי במונחי שקלים נותר בעינו. עקב ירידת שער החליפין, במונחי דולרים הוא עולה. עלייתו יחסית למחיר הדולרי של היבוא העולמי פועלת לירידת הביקוש העולמי ליצוא הישראלי. הביקוש לתוצר המקומי יורד, ועמו יורד המחיר של הרכיב המקומי במחירים לצרכן.

ערוץ נוסף וחשוב ביותר שדרכו משפיעה הריבית על המחירים הוא **ערוץ הציפיות**. המהירות והעוצמה של ההשפעה דרך ערוץ זה תלויים בטיבן של הציפיות: אם הציפיות הן רציונליות, ואם אמינותה של המדיניות המוניטרית מלאה, הציפיות לאינפלציה ייטו להיות קרובות ליעד האינפלציה ופחות רגישות לזעזועים מקריים ובלתי צפויים. בעבודה זו נניח, בדרך כלל, כי הציפיות לאינפלציה הן רציונליות וכי המדיניות המוניטרית זוכה לאמון מלא של הציבור.

עניין נוסף שראוי לציון בשלב זה הוא שבניסוח המודל אנו מניחים שהתמסורת משער החליפין למחירים המקומיים של מוצרי היבוא והיצוא היא מלאה בטווח הארוך, אך אינה מיידית אלא הדרגתית. העובדה שאין בידנו נתונים על המחירים בשוק המקומי של מוצרי היבוא הרלוונטיים מקשה על הטיפול בעניין זה. בהמשך נפרט את האופן שבו אנו מתמודדים עם קשיים אלה.

3. ניסוח משוואות המודל

בניסוח המודל אנו מסתמכים על מודלים דומים שפותחו בעבודות אחרות. במספר שלבים אנו סוטים מהניסוחים האחרים כדי להתאים את המודל לתנאים, למאפיינים ולטיב הנתונים של המשק הישראלי. לפיכך נציג בפירוט את כל השלבים של הפיתוח וזאת גם במחיר חזרה על פיתוחים בעבודות אחרות.

3.1 משקי הבית (הביקוש לתוצר)

הדיון שלהלן נסמך בעיקרו על הקווים של Linde et al. (2004). מניחים קיומם של מספר רב של משקי בית שחיים לעד. משקי הבית צורכים מצרפי מוצרים מייצור מקומי ומיבוא המסומנים ב- C_t^f ו- C_t^h בהתאמה. מצרף הצריכה הכולל מוגדר על ידי המשוואה:

$$(1) \quad C_t = \left[(1 - w_f^c)^{\frac{1}{\eta}} (C_t^h)^{\frac{\eta-1}{\eta}} + (w_f^c)^{\frac{1}{\eta}} (C_t^f)^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}}$$

כאשר w_f^c הוא משקל היבוא בצריכה בשיווי משקל, ו- η היא גמישות התחלופה בין צריכה מיבוא לצריכה מקומית.

התועלת החד תקופתית מצריכה, של משק בית מייצג j היא יחסית לצריכה האגרסיבית בתקופה הקודמת:

$$(2) \quad u(C_t^j) = \frac{(C_t^j - hC_{t-1}^j)^{1-\sigma}}{1-\sigma}$$

כאשר הפרמטר h מבטא את מידת ההישענות על העבר (נטייה להתמדה) וההופכי של σ את גמישות התחלופה הבין-זמנית.

משק הבית המייצג מקצה את מקורותיו בכל תקופה בין צריכה, חיסכון באג"ח מקומיות וחיסכון באג"ח נקובות במט"ח, כדי למכסם את פונקציית התועלת הרב זמנית מצריכה:

$$(3) \quad \max_{C_t^j, B_t^j, B_t^{f,j}} \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k u(C_{t+k}^j)$$

בהינתן מגבלת התקציב:

$$(4) \quad s.t. \quad C_t^j + \frac{B_t^j}{(1+i_t)P_t^c} + \frac{E_t B_t^{f,j}}{(1+i_t^f)\Phi_t P_t^c} = \frac{B_{t-1}^j}{P_t^c} + \frac{E_t B_{t-1}^{f,j}}{P_t^c} + X_t^j$$

כאשר B_t היא כמות איגרות החוב המקומיות (השקליות) המשלמות 1 ש"ח ב- $t+1$, ו- B_t^f היא הכמות של מקבילתה הדולרית. i_t ו- i_t^f הן הריביות הנומינליות חסרות הסיכון במונחי שקלים ודולרים בהתאמה. Φ_t היא פרמיית הסיכון המשולמת עבור החזקה של נכסים הנקובים במט"ח. E_t הוא שער החליפין הנומינלי. P_t^c הוא המחיר הממוצע של הצריכה הפרטית. X_t^j הוא הרווח של משק בית j מהפירמות שבבעלותו. β הוא גורם ההיוון הרבעוני. נציין כי אינדקס תחתון $t+1$ מסמן את הציפיות הרציונליות למשתנה, בתקופה $t+1$ על סמך המידע הנתון עד t .² מתנאי סדר ראשון של בעיית הצרכנים מתקבלות ארבע המשוואות הבאות (תנאי אוילר, שקילות הריבית UIP, והקצאת צריכה בין יבוא לייצור מקומי):

$$(5) \quad \left(\frac{C_t^j - hC_{t-1}^j}{C_{t+1}^j - hC_t^j} \right)^{-\sigma} = \beta \frac{(1+i_t)}{(1+\pi_{t+1}^c)}$$

$$(6) \quad \frac{1+i_t}{1+i_t^f} = \frac{E_{t+1}}{E_t} \Phi_t$$

$$(7) \quad C_t^h = (1-w_f^c) \left[\frac{P_t^{ch}}{P_t^c} \right]^{-\eta} C_t$$

$$(8) \quad C_t^f = w_f^c \left[\frac{P_t^{cf}}{P_t^c} \right]^{-\eta} C_t$$

כאשר $\pi_t^c = \frac{P_t^c}{P_{t-1}^c} - 1$ הוא שיעור האינפלציה החד תקופתי במחירי הצריכה הפרטית. P_t^{ch} הוא

מחיר הצריכה מייצור מקומי, ו- P_t^{cf} הוא מחיר הצריכה מיבוא – בשקלים בשוק המקומי. כבר כאן נציין כי אנו מניחים שהתמסורת מהמחירים העולמיים, המוכפלים בשער החליפין, אל המחירים של אותם מוצרים בשוק המקומי אינה בהכרח מיידי. דהיינו, בטווח הקצר תיתכן האפשרות ש- $P_t^{cf} \neq E_t \cdot P_t^{*,c}$, כאשר $P_t^{*,c}$ הם המחירים של מוצרי הצריכה המיובאים בחו"ל. בהמשך נדון בצורת התמסורת.

מלוג-לינאריות של תנאי הסדר הראשון שלעיל סביב שיווי המשקל, מתקבלות ארבע המשוואות הבאות. להלן נסמן באותיות קטנות את הסטייה-באחוזים של המשתנים משיווי משקל (הסטייה של שעורי הריבית והאינפלציה היא - בנקודות אחוז):

$$(9) \quad c_t = \frac{1}{1+h} c_{t+1} + \frac{h}{1+h} c_{t-1} - \frac{1-h}{(1+h)\sigma} (i_t - \pi_{t+1}^c)$$

$$(10) \quad e_t = e_{t+1} + i_t^f - i_t + \phi_t$$

$$(11) \quad c_t^h = c_t - \eta(p_t^{ch} - p_t^c)$$

$$(12) \quad c_t^f = c_t - \eta(p_t^{cf} - p_t^c)$$

² למעשה מקובל בספרות לסמן ציפיות למשתנה עתידי ב- $E_t x_{t+1}$, אולם על מנת לחסוך בסימונים הסתפקנו ב- x_{t+1} .

כאשר המדד הכללי של המחירים לצרכן, לאחר לוג-לינאריזציה, הוא ממוצע משוקלל של מחירי היבוא והמחירים המקומיים של הצריכה:

$$(13) \quad p_t^c = (1 - w_f^c) p_t^{ch} + w_f^c p_t^{cf}$$

נגדיר מדד תנאי סחר פנימי (יחס מחירים לצרכן):

$$(14) \quad \tilde{\tau}_t^c = p_t^{cf} - p_t^{ch}$$

מהצבה של (13) ו-(14) במשוואה (11) נקבל את הביקוש התוך תקופתי למוצרי צריכה מייצור מקומי:

$$(15) \quad c_t^h = c_t + \eta w_f^c \tilde{\tau}_t^c$$

המקבילה של משוואה (12) בחו"ל היא משוואה (16) דלהלן, המתארת את הביקוש של העולם ליצוא של המשק המקומי, x_t^h , ביחס לכלל היבוא העולמי, m_t^* . p_t^x הוא המחיר בחו"ל של מוצרי היצוא של המשק המקומי, ו- $p_t^{*,im}$ הוא המחיר הכללי של מוצרי היבוא בעולם.

$$(16) \quad x_t^h = m_t^* - \eta^* (p_t^x - p_t^{*,im})$$

כדי לפשט את בעיית האופטימיזציה של היצרנים (שאותה נראה בהמשך) נניח, בעקבות (2001) Adolfson ו-(2004) Linde et al., כי גמישות התחלופה של היבוא העולמי זהה לגמישות התחלופה המקומית, כלומר כי $\eta^* = \eta$. מכאן נובע, כפי שנראה, כי מתקיים כלל המחיר האחיד - $p_t^x = p_t^{ch} - e_t$. בנוסף, מניחים כי מחירי היבוא העולמיים זהים למחירי יבוא הצריכה שרואים היבואנים המקומיים $p_t^{*,c} = p_t^{*,im}$. בהנחות אלה, תנאי הסחר העומדים בפני תושבי חו"ל הם:

$$(17) \quad p_t^x - p_t^{*,im} = p_t^{ch} - e_t - p_t^{*,c} = -\tau_t^c$$

כאשר τ_t^c הוא שער החליפין הריאלי במונחי מחירי הצריכה מייצור מקומי.

מהצבה של (17) ב-(16) נקבל את הביקוש ליצוא מהמשק המקומי:

$$(18) \quad x_t^h = m_t^* + \eta \tau_t^c$$

מלוג-לינאריזציה של זהות משוואת הביקוש לתוצר המקומי (הערך המוסף) מקבלים:

$$(19) \quad y_t = \gamma_c c_t^h + \gamma_g g_t^h + \gamma_{inv} inv_t^h + \gamma_x x_t^h$$

$$(20) \quad \gamma_c + \gamma_g + \gamma_{inv} + \gamma_x = 1$$

כאשר y_t הוא פער התוצר. g_t^h ו- inv_t^h הן הסטיות של הצריכה הציבורית ושל ההשקעות משווי משקל. γ_i הוא משקלו של רכיב i של התוצר בטווח הארוך. נציין כי ברוב העבודות בתחום זה, מקובל להתייחס אל התוצר כצריכה ויצוא בלבד; אנו ראינו לנכון שלא להשמיט את שני הרכיבים הנוספים, אולם במסגרת עבודה זו נתייחס אליהם כאל אקסוגניים (במובן זה שאנו מתעלמים מהשפעה אפשרית של הריבית על ההשקעות ובאמצעותן על הביקושים). בניסוח משוואות

למשתנים אלה, ובעיקר לרכיב ההשקעות, אנו מתכוונים לטפל בעתיד. (נדגיש שבאמידת משוואת פער התוצר התייחסנו אל ההשקעות, מבחינה אקונומטרית, כאל משתנה אנדוגני, ואל הצריכה הציבורית המקומית כאל משתנה – אקסוגני.)
 מהצבה של הביקוש לצריכה המקומית (15) והביקוש ליצוא מהמשק המקומי (18) בזהות התוצר (19), נקבל:

$$(21) \quad c_t = \frac{1}{\gamma_c} y_t - \eta w_f^c \tilde{\tau}_t^c - \frac{\gamma_g}{\gamma_c} g_t^h - \frac{\gamma_{inv}}{\gamma_c} inv_t^h - \frac{\gamma_x}{\gamma_c} m_t^* - \frac{\gamma_x}{\gamma_c} \eta \tau_t^c$$

נציב את (21) בתנאי אויילר (9) ונקבל משוואה לפער התוצר:

$$(22) \quad y_t = \frac{1}{1+h} y_{t+1} + \frac{h}{1+h} y_{t-1} - \frac{(1-h)\gamma_c}{(1+h)\sigma} (i_t - \pi_{t+1}^c) + \gamma_c \eta w_f^c \left(\tilde{\tau}_t^c - \frac{h}{1+h} \tilde{\tau}_{t-1}^c - \frac{1}{1+h} \tilde{\tau}_{t+1}^c \right) \\
 + \gamma_g \left(g_t^h - \frac{h}{1+h} g_{t-1}^h - \frac{1}{1+h} g_{t+1}^h \right) + (1 - \gamma_c - \gamma_g - \gamma_x) \left(inv_t^h - \frac{h}{1+h} inv_{t-1}^h - \frac{1}{1+h} inv_{t+1}^h \right) \\
 + \gamma_x \left(m_t^* - \frac{h}{1+h} m_{t-1}^* - \frac{1}{1+h} m_{t+1}^* \right) + \gamma_x \eta \left(\tau_t^c - \frac{h}{1+h} \tau_{t-1}^c - \frac{1}{1+h} \tau_{t+1}^c \right)$$

כבר כאן ניתן לראות מהם הגורמים המשפיעים על הביקוש לתוצר: מתנאי אויילר מקבלים את השפעת הפער שבין הריבית הריאלית לריבית הטבעית, המעלה את מחיר הצריכה בהווה, ואת השפעת פער התוצר הצפוי, המבטא את הרצון להחליק צריכה. בגלל הנטייה להתמדה מקבלים השפעה חיובית של פער התוצר בתקופה הקודמת. פער תנאי הסחר הפנימיים מייקר את הצריכה מיבוא ביחס לצריכה מייצור מקומי, ולכן פועל להגדלת התוצר בהווה. פער הצריכה הציבורית, פער ההשקעות ופער הסחר העולמי הם השפעות ישירות המגדילות את הביקוש לתוצר מקומי. לבסוף - פער שער החליפין הריאלי (במונחי המחירים המקומיים) מוזיל את מחירה של התוצרת המקומית ביחס לעולם, ולכן פועל להגדלת הביקוש העולמי ליצוא של המשק המקומי.

בעקבות (2001) Adolfson, (2004) Leitemo ו-(2004) Linde et al., נניח כי התמסורת

מהמחירים בחו"ל למחירים המקומיים של היבוא אינה מלאה, ולכן בטווח הקצר:

$$p_t^{cf} \neq p_t^{*,c} + e_t$$

נסמן ב- ψ_t^c את המירווח הקיים בטווח הקצר בין מחירי היבוא בשוק המקומי למחיר העולמי (במונחי שקלים). משמע ש- ψ_t^c מקיים:

$$(23) \quad p_t^{cf} = p_t^{*,c} + e_t + \psi_t^c$$

מהצבה של (23) ו-(17) ב-(14) נקבל קשר בין מדד תנאי הסחר הפנימי לשער החליפין הריאלי במונחי מחירי הצריכה המקומית:

$$(24) \quad \tilde{\tau}_t^c = \tau_t^c + \psi_t^c$$

כדי להעביר את משוואת פער התוצר למשתנים נצפים, נגדיר שער חליפין ריאלי: $q_t^c = p_t^{*,c} + e_t - p_t^c$. נציב הגדרה זו יחד עם משוואות (14) ו-(17) ב-(13), ונשתמש במשוואה (24) כדי להגיע ל-

$$(25) \quad \tau_t^c = \frac{1}{(1-w_f^c)} q_t^c + \frac{w_f^c}{(1-w_f^c)} \psi_t^c$$

נציב את (24) ו-(25) ב- (22) ונקבל את המשוואה הבאה של הביקוש לתוצר:

$$(26) \quad y_t = \frac{1}{1+h} y_{t+1} + \frac{h}{1+h} y_{t-1} - \frac{(1-h)\gamma_c}{(1+h)\sigma} (i_t - \pi_{t+1}^c) + \frac{\eta(\gamma_c w_f^c + \gamma_x)}{(1-w_f^c)} \left(q_t^c - \frac{h}{1+h} q_{t-1}^c - \frac{1}{1+h} q_{t+1}^c \right) \\ + \frac{\eta w_f^c (\gamma_c + \gamma_x)}{(1-w_f^c)} \left(\psi_t^c - \frac{h}{1+h} \psi_{t-1}^c - \frac{1}{1+h} \psi_{t+1}^c \right) + \gamma_g \left(g_t^h - \frac{h}{1+h} g_{t-1}^h - \frac{1}{1+h} g_{t+1}^h \right) \\ + (1-\gamma_c - \gamma_g - \gamma_x) \left(inv_t^h - \frac{h}{1+h} inv_{t-1}^h - \frac{1}{1+h} inv_{t+1}^h \right) + \gamma_x \left(m_t^* - \frac{h}{1+h} m_{t-1}^* - \frac{1}{1+h} m_{t+1}^* \right)$$

ביחס למשוואה (22) שתוארה לעיל, כאן תנאי הסחר הפנימיים ושער החליפין הריאלי במונחי מחירי הצריכה המקומית באים לידי ביטוי יחד דרך השער הריאלי q_t^c . למשוואה נוספה השפעת המירווח, ככל שזה גדול יותר מחירי מוצרי הצריכה המיובאים גבוהים יותר ממחיר מקביליהם בעולם, ובכך מקטינים את הביקוש של המשק המקומי ליבוא, ומגדילים את ביקושו לתוצר המקומי.

את משוואת התוצר הסופית (26) ניתן להציג בצורה פשוטה יותר: נגדיר

$$\hat{x} = x_t - \frac{h}{1+h} x_{t-1} - \frac{1}{1+h} x_{t+1}$$

במילים: משתנה \hat{x} מייצג את הפער בין x בתקופה t לממוצע

משוקלל של הפיגור והעתיד של המשתנה. נשים לב שככל שההתמדה בצריכה גבוהה יותר (h קרוב יותר ל-1) לפיגור משקל גבוה יותר במוצע. תחת סימון זה ניתן את (26) לרשום כך:

$$(26)' \quad \hat{y}_t = -\frac{(1-h)\gamma_c}{(1+h)\sigma} (i_t - \pi_{t+1}^c) + \frac{\eta(\gamma_c w_f^c + \gamma_x)}{(1-w_f^c)} \hat{q}_t^c + \frac{\eta w_f^c (\gamma_c + \gamma_x)}{(1-w_f^c)} \hat{\psi}_t^c \\ + \gamma_g \hat{g}_t^h + (1-\gamma_c - \gamma_g - \gamma_x) \hat{inv}_t^h + \gamma_x \hat{m}_t^*$$

במשוואה זו קל לראות את הגורמים הבסיסיים הקובעים את פער התוצר: הריבית הריאלית, שער החליפין הריאלי של הצריכה, המירווח, במחירים המקומיים של היבוא, הצריכה הממשלתית, ההשקעות והסחר העולמי.

3.2 היצרנים המקומיים (משוואת המחירים)

הדיון שלהלן נשען בעיקרו על (Adolfson 2001). מניחים כי שינוי המחיר על ידי היצרנים המקומיים כרוך בעלות מסוימת (menu cost). לפיכך, בשינוי המחיר מובאים בחשבון שני שיקולים: העלות של שינוי המחיר (מניחים שהיא עולה לינארית עם השינוי) והמרחק של המחיר שנקבע מהמחיר שהיה נקבע בגמישות מחירים (כלומר, בהעדר עלויות התאמה).

ביתר פירוט, היצרנים פותרים את בעיית האופטימיזציה הבאה :

$$(27) \quad \min_{\{p_{t+\tau}^{ch}\}_{\tau=0}^{\infty}} \sum_{\tau=0}^{\infty} \delta^{\tau} \left[(p_{t+\tau}^{ch} - \hat{p}_{t+\tau}^{ch})^2 + c(p_{t+\tau}^{ch} - p_{t+\tau-1}^{ch})^2 \right]$$

כאשר :

p_t^{ch} - הוא המחיר הנקבע על ידי היצרנים המקומיים.

\hat{p}_t^{ch} - הוא המחיר שהיה נקבע בגמישות מחירים.

הפרמטר c מודד את העלות של שינוי מחיר (menu cost) ביחס להפסד הנובע מהפער שבין המחיר בפועל לזה שהיה נקבע בגמישות מחירים. δ הוא גורם היוון. בהמשך נניח, לשם הפשטות, כי הוא יחידתי.

תנאי סדר ראשון של בעיית היצרנים הוא :

$$(28) \quad p_t^{ch} - p_{t-1}^{ch} = \delta(p_{t+1}^{ch} - p_t^{ch}) - \frac{1}{c}(p_t^{ch} - \hat{p}_t^{ch})$$

נבחן מהו המחיר שהיה נקבע בהעדר קיומה של קשיחות מחירים. פונקציית הייצור של

המשק משתמשת בתשומות מייצור מקומי, Z_t^h , ותשומות מיבוא, Z_t^f , כדלקמן :

$$(29) \quad Y_t = Z_t^{1-\theta} = \left[(Z_t^h)^{1-w_f^z} (Z_t^f)^{w_f^z} \right]^{1-\theta}$$

כאשר w_f^z הוא משקל התשומות המיובאות בשיווי משקל. היצרנים ממקסמים רווח, כאשר המחיר והכמות של הביקוש להשקעה והביקוש של הממשלה הם אקסוגניים. בעיית מיקסום הרווח של היצרנים היא :

$$(30) \quad \max_{\hat{p}_t^{ch}, \hat{p}_t^x, Z_t} \hat{P}_t^{ch} C_t^h + \hat{P}_t^x E_t X_t^h + P_t^g G_t^h + P_t^{inv} INV_t^h - P_t^z Z_t$$

$$(31) \quad s.t. \quad Y_t = Z_t^{1-\theta} = C_t^h + X_t^h + G_t^h + INV_t^h$$

כאשר המחיר הכולל של התשומות לייצור הוא :

$$(32) \quad P_t^z = \frac{(P_t^{zh})^{1-w_f^z} (P_t^{zf})^{w_f^z}}{(1-w_f^z)^{1-w_f^z} (w_f^z)^{w_f^z}}$$

שלבי פתרון האופטימיזציה מפורטים בנספח 1. מקסום רווחים על ידי היצרנים בגמישות מחירים מוביל לפתרון :

$$(33) \quad \hat{P}_t^{ch} = \frac{\eta}{\eta-1} \frac{P_t^z}{(1-\theta)Y_t^{-\frac{\theta}{1-\theta}}} = \frac{\eta}{\eta-1} MC(Y_t, P_t^z) = \frac{\hat{P}_t^x}{E_t}$$

מהחלק השני של משוואה (33) עולה צורה מסוימת של כלל המחיר האחד : מחיר התוצרת לשוק המקומי שווה למחיר התוצרת לייצוא במונחי שקלים.

לוג לינאריזציה של (32) וחלקה הראשון של (33) סביב שיווי משקל נותן:

$$(34) \quad \hat{p}_t^{ch} = p_t^z + \frac{\theta}{1-\theta} y_t$$

$$(35) \quad p_t^z = (1-w_f^z) p_t^{zh} + w_f^z p_t^{zf}$$

בדומה ל-Adolfson (2001) ו-Linde et al. (2004) נניח כי מחירי התשומות המקומיות מתפתחים בהתאם למחירי הצריכה המקומית³:

$$(36) \quad p_t^{zh} = p_t^{ch}$$

נגדיר תנאי סחר פנימי של התשומות:

$$(37) \quad \tilde{\tau}_t^z = p_t^{zf} - p_t^{zh}$$

נציב את (34) ב-(28), ונשתמש ב-(35)-(37) לקבל:

$$(38) \quad \pi_t^{ch} = \delta \pi_{t+1}^{ch} + \frac{w_f^z}{c} \tilde{\tau}_t^z + \frac{1}{c} \frac{\theta}{1-\theta} y_t$$

קעת נניח כי לא כל היצרנים המקומיים מתאימים את מחיריהם בהתאם לאופטימיזציה שתוארה. שיעור λ מהם פועל כפי שתואר קודם ושיעור $(1-\lambda)$ פועל לפי כלל פשוט – הצמדת המחיר לאינפלציה שהייתה בפועל⁴. נוסף על כך נפשט ונניח כי $\delta=1$. בהנחות אלה משוואה (38) הופכת למשוואה (39):

$$(39) \quad \pi_t^{ch} = \lambda \pi_{t+1}^{ch} + (1-\lambda) \pi_{t-1}^{ch} + \frac{w_f^z}{c} \tilde{\tau}_t^z + \frac{1}{c} \frac{\theta}{1-\theta} y_t$$

האינפלציה במחירי הצרכן היא ממוצע משוקלל של האינפלציה המקומית וזו של מחירי המוצרים המיובאים:

$$(40) \quad \pi_t^c = (1-w_f^c) \pi_t^{ch} + w_f^c \pi_t^{cf}$$

הצבה של (40) בתוך (39) מביאה למשוואה (41):

$$(41) \quad \pi_t^c = \lambda \pi_{t+1}^c + (1-\lambda) \pi_{t-1}^c + \frac{w_f^z}{c} (1-w_f^c) \tilde{\tau}_t^z + \frac{1}{c} \frac{\theta}{1-\theta} (1-w_f^c) y_t + w_f^c [\pi_t^{cf} - \lambda \pi_{t+1}^{cf} - (1-\lambda) \pi_{t-1}^{cf}]$$

גם ביבוא התשומות נניח תמסורת לא-מיידי, כאשר $p_t^{*,z}$ הוא מחיר התשומות המיובאות בחו"ל:

$$(42) \quad p_t^{zf} = p_t^{*,z} + e_t + \psi_t^z$$

³ למעשה (2001) Adolfson ו-(2004) Linde et al. מניחים שמחירי התשומות המיובאות מתפתחים בדומה למחירי יתר המוצרים המיובאים. אנו מסתפקים רק בהנחה לעיל ובכך מפרידים את ההתייחסות בין מחירי המוצרים המיובאים למחירי התשומות מיבוא.
4 ראו למשל (1999) Gali and Gertler וכן (2003) Woodford.

נגדיר את שער החליפין הריאלי במונחים של מחירי התשומות לייצור כ: $q_t^z = p_t^{*,z} + e_t - p_t^c$. בהגדרה זו נשתמש יחד עם משוואות (13), (14), (23), (24), (25) ו-(37) על מנת להגיע למשוואת ההיצע שבה כל המשתנים נצפים, פרט למירווחים בתמסורת המחירים ψ_t^c, ψ_t^z :

$$(43) \quad \pi_t^c = \lambda \pi_{t+1}^c + (1-\lambda) \pi_{t-1}^c + \frac{w_f^z}{c} (1-w_f^c) \left[q_t^z + \psi_t^z + \frac{w_f^c}{(1-w_f^c)} (q_t^c + \psi_t^c) \right] + \frac{1}{c} \frac{\theta}{1-\theta} (1-w_f^c) y_t + w_f^c \left[\Delta ec_t + \Delta \psi_t^c - \lambda (\Delta ec_{t+1} + \Delta \psi_{t+1}^c) - (1-\lambda) (\Delta ec_{t-1} + \Delta \psi_{t-1}^c) \right]$$

כאשר $\Delta ec_t = \Delta p_t^{*,c} + \Delta e_t$.

ממשוואה זו עולות ההשפעות הבאות על האינפלציה:

בשל העלויות של התאמת המחירים, היצרנים המקומיים מביאים בחשבון את האינפלציה הצפויה בקביעת המחירים בהווה. מאחר שחלק מהיצרנים מתבססים על האינפלציה בעבר גם זו מופיעה כגורם המשפיע על האינפלציה השוטפת. עלייה של שער החליפין הריאלי, במונחי מחירי התשומות, מייקרת את עלויות הייצור וגוררת העלאה של מחירי המוצרים המקומיים. בדומה לכך, עליה במירווח – כלומר, בפער שבין העלות של התשומות המיובאות בשוק המקומי לעלות של מקביליהן בחו"ל – פועלת לעליית המחירים המקומיים. פער התוצר משקף את ההשפעה של עודף הביקוש לתוצר המקומי, המסופק על ידי ייצור בעלויות שוליות עולות, המחייבות העלאה מקבילה במחיר. לבסוף – שער החליפין ומחיריהם של מוצרי הצריכה המיובאים משפיעים ישירות (אם כי באופן הדרגתי) על מחירי המוצרים מיבוא, ובאמצעותם על המחירים לצרכן.

3.3 שוק מטבע חוץ (משוואת שער החליפין)

נצא ממשוואה (10) המתארת את שקילות הריבית (UIP) הנובעת מאופטימיזציה של משקי הבית בהקצאת נכסיהם בין נכסים שקליים ונכסים במטבע חוץ. על פי משוואה זו שער החליפין הנוכחי תלוי בערכו הצפוי בעתיד, e_{t+1}^{exp} , ובפער הריביות המתואם לסיכון המטבע המקומי.

$$(10)' \quad e_t = e_{t+1}^{\text{exp}} + i_t^f - i_t + \phi_t$$

נניח כי הציפיות לגבי שער החליפין העתידי הן בחלקן רציונליות ובחלקן אדפטיביות כלהלן⁵. (ניתן לחשוב על כך כעל מצב שבו בכל תקופה רק חלק ממשקי הבית משנים את התחזית ביחס לשער החליפין):

$$(44) \quad e_{t+1}^{\text{exp}} = \omega e_t^{\text{exp}} + (1-\omega) e_{t+1}$$

מחיבור של משוואות (10) ו-(44) נקבל שהרמה הנוכחית של שער החליפין תלויה ברמתו בעבר, בציפיות הרציונליות לרמתו בעתיד, וכן בפערי הריביות ובפרמיית הסיכון בהווה ובעבר:

$$(45) \quad e_t = (1-\omega) e_{t+1} + \omega e_{t-1} + (i_t^f - i_t) - \omega (i_{t-1}^f - i_{t-1}) + \phi_t - \omega \phi_{t-1}$$

⁵ ראו למשל (Leitemo and Soderstrom (2001)).

3.4 המדיניות המוניטרית (כלל התגובה של הריבית)

כדי לסגור את המודל נדרשת משוואה המתארת את דרך קביעת הריבית הנומינלית. נניח כי מטרת המדיניות המוניטרית היא ייצוב האינפלציה בשנה הקרובה (4 רביעים) ברמת היעד שנקבע, π^T , ומזעור התנודות בתוצר. מניע נוסף של בנקים מרכזים הוא החלקת הריבית במטרה למנוע זעזועים בשווקים הפיננסיים. את דפוס הפעולה של בנק מרכזי המעוניין במטרות אלה ניתן לבטא בעזרת כלל טיילור מורחב:

$$(46) \quad i = \kappa_1[r + \pi^T + \kappa_2(E\ddot{\pi}_i^c - \pi^T) + \kappa_3 y_i] + (1 - \kappa_1)i_{i-1}$$

כאשר: $E\ddot{\pi}_i^c = Ep_{i+4}^c - p_i^c$, r היא הריבית הריאלית של שיווי משקל (הריבית הטבעית). לשם הבהרה נציין כי במשוואה זו כל המשתנים, מלבד התוצר, אינם במונחי סטייה משיווי משקל. כלל כזה מאופיין בריבית מטרה הנמצאת בסוגריים המרובעים של משוואה (46). ריבית זו גבוהה משיעורה בטווח הארוך (הריבית הריאלית של שיווי משקל בתוספת יעד האינפלציה) אם האינפלציה הצפויה לשנה הקרובה גבוהה מהיעד או אם קיים פער תוצר חיובי. כל זאת בהתאם לפרמטרים κ_2 ו- κ_3 . לנוכח מניע החלקת הריבית, שתואר לעיל, ההתכנסות של הריבית השוטפת לריבית המטרה היא הדרגתית.

4. אמידת משוואות המודל

לאמידה השתמשנו בנתונים רבעוניים לתקופה 1992.1 עד 2004.2 (50 תצפיות רבעוניות). כל הפערים (הסטיות משיווי משקל) חושבו באמצעות הפילטר של Hodrick–Prescott. פער התוצר, למשל, חושב כך:

$$y = (\log(Y) - \text{HP}(\log(Y))) * 100 * 4$$

כאשר Y הוא התוצר המקומי הגולמי של המגזר העסקי במחירים קבועים. ההכפלה ב-100 מעבירה את הפער למונחי אחוזים, וההכפלה ב-4 נועדה להעביר את הפער למונחים שנתיים, ובמילים אחרות: הפער y ברביע מסוים הוא באחוזים במונחים שנתיים. כל קצבי הגידול הם לרביע במונחים שנתיים, וכן גם שיעורי הריבית.

להלן רשימת המשתנים ששמשו לאמידת המשוואות. (הסבר נוסף לגבי הגדרות המשתנים

השונים מובא בנספח 2.)

y – פער התוצר של המגזר העסקי.

g^h – פער הצריכה הציבורית המקומית (רכיב הקניות).

inv^h – פער ההשקעות.

m^* – פער היבוא של המדינות המתועשות (להלן: פער הסחר העולמי)

q^c – פער שער החליפין הריאלי, במונחי מחירי הצריכה.

q^z – פער שער החליפין הריאלי, במונחי המחיר של יבוא תשומות לייצור המקומי ויבוא נכסי השקעה.

π^c – האינפלציה במדד המחירים לצרכן.

Δe – הפיחות בשער החליפין הנומינלי של השקל ביחס לדולר.

Δp^{*c} – קצב השינוי במחירים העולמיים של יבוא מוצרי צריכה.

Δp^{*z} – קצב השינוי במחירים העולמיים של יבוא תשומות ומוצרי השקעה.

i – ריבית בנק ישראל (האפקטיבית).

i^f – ריבית הליביד על הדולר לחודש.

4.1. אמידת משוואת המחירים

לצורך האמידה נרשום תחילה את משוואה (43) במונחי הפרמטרים הניתנים לזיהוי (ולאמידה) באופן הבא:

$$(46) \quad \pi_t^c = \lambda \pi_{t+1}^c + (1-\lambda) \pi_{t-1}^c + b_y * (1-w_f^c) y_t + b_q * (1-w_f^c) \left[q_t^z + \psi_t^z + \frac{w_f^c}{(1-w_f^c)} (q_t^c + \psi_t^c) \right] + w_f^c [\Delta ec_t + \Delta \psi_t^c - \lambda (\Delta ec_{t+1} + \Delta \psi_{t+1}^c) - (1-\lambda) (\Delta ec_{t-1} + \Delta \psi_{t-1}^c)]$$

כאשר:

$$b_y = \frac{1}{c} \frac{\theta}{1-\theta}$$

$$b_q = \frac{w_f^z}{c}$$

כפי שצוין קודם, אין בידנו נתונים על המחירים בשוק המקומי של יבוא מוצרי צריכה ושל יבוא התשומות לייצור. לפיכך אין ביכולתנו לחשב את המירווח ψ . נניח תחילה שהתמסורת משער החליפין והמחירים העולמיים למחירים המקומיים היא מיידית. כלומר: $\psi = 0$.

למשוואה הנאמדת הוספנו קבוע (שיצא בלתי מובהק) ומשתני דמה לרביעים השונים. האמידה נעשתה בשיטת GMM עם משתני העזר כלהלן (נוסף על הקבוע ועל משתני הדמה). קצב השינוי של המחירים העולמיים של יבוא מוצרי הצריכה ושל יבוא התשומות לייצור המקומי, ושל השינוי במחירי הסחר העולמי. כל אלה בהווה ובפיגורים הראשון והשני. כן נעזרנו בפיגורים הראשון והשני של קצב עליית המחירים לצרכן, פער התוצר, הסטיות של שער החליפין הריאלי במונחי מחירי הצריכה מיבוא ובמונחי המחיר של יבוא התשומות לייצור המקומי, קצב פיחות שער החליפין, וריבית בנק ישראל (עם הקבוע ומשתני הדמה מתקבלים 25 משתני עזר).

האומדנים של משוואה (46) בהנחת תמסורת מיידית, מוצגים בעמודה השנייה בלוח 1 (משוואה 46א'). כפי שניתן לראות, למשוואה רמת הסבר טובה, לכל האומדנים יש את הסימן הנכון, וכולם מובהקים (ברמת מובהקות של 5 אחוזים). עם זאת לגבי הפרמטר של משקל היבוא של מוצרי הצריכה מתקבל ערך של 0.14, שנראה נמוך מדי. היינו מצפים לקבל מקדם קרוב יותר ל-0.5. גם המקדם שהתקבל להשפעת פער התוצר נראה נמוך מדי. (ראו להלן). ניסיונות מוקדמים עם אפיונים חלופיים העלו את האפשרות שההטיה באומדן זה קשורה להנחה, שכנראה שגויה, כי התמסורת היא מיידית. כדי לבחון עניין זה אפשרנו מצב שבו התמסורת במחירי המוצרים המייבאים היא הדרגתית ובעלת הצורה הבאה:

$$(47) \quad p_t^{cf} = \alpha_1 (p_{t+1}^{*c} + e_{t+1}) + \alpha_2 (p_t^{*c} + e_t) + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) (p_{t-1}^{*c} + e_{t-1})$$

בהתאם נניח כי מחירי התשומות המיובאות מתנהגים לפי :

$$(48) \quad p_t^{zf} = \alpha_1(p_{t+1}^{*,z} + e_{t+1}) + \alpha_2(p_t^{*,z} + e_t) + (1 - \alpha_1 - \alpha_2)(p_{t-1}^{*,z} + e_{t-1})$$

מהנחות אלה ניתן לאפיין את המירווח בשוקי מוצרי הצריכה והתשומות המיובאות :

$$(49) \quad \psi_t^c = \alpha_1 \Delta ec_{t+1} - (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \Delta ec_t$$

$$(50) \quad \psi_t^z = \alpha_1 \Delta ez_{t+1} - (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \Delta ez_t$$

$$\text{כאשר } \Delta ez_t = \Delta p_t^{*,z} + \Delta e_t \text{ ו- } \Delta ec_t = \Delta p_t^{*,c} + \Delta e_t$$

מהצבה של משוואות (49) ו-(50) ב-(46) וקיבוץ אברים מתקבלת המשוואה הבאה :

$$(51) \quad \begin{aligned} \pi_t^c = & \lambda \pi_{t+1}^c + (1 - \lambda) \pi_{t-1}^c + b_y (1 - w_f^c) y_t + b_q (1 - w_f^c) \left[q_t^z + \frac{w_f^c}{(1 - w_f^c)} q_t^c \right] \\ & + b_q (1 - w_f^c) \left\{ \alpha_1 \left[\Delta ez_{t+1} + \frac{w_f^c}{(1 - w_f^c)} \Delta ec_{t+1} \right] - (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \left[\Delta ez_t + \frac{w_f^c}{(1 - w_f^c)} \Delta ec_t \right] \right\} \\ & + w_f^c \alpha_1 \Delta \bar{e} c_{t+1} + w_f^c \alpha_2 \Delta \bar{e} c_t + w_f^c (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \Delta \bar{e} c_{t-1} \end{aligned}$$

$$\text{כאשר } \Delta \bar{e} c_t = \Delta ec_t - \lambda \Delta ec_{t+1} - (1 - \lambda) \Delta ec_{t-1}$$

האומדנים של משוואה זו מוצגים בעמודה השלישית בלוח 1 (משוואה 51א'). כפי שניתן לראות הפרמטרים α_1 ו- α_2 מובהקים, ממצא התומך בהנחה שהתמסורת היא אכן הדרגתית. זאת ועוד, הן משקל היבוא בצריכה והן המקדם של פער התוצר גדולים יותר. המקדם של משקל היבוא הוא 0.48, כפי שהיינו מצפים. לעומת זאת נראה שהמקדם של פער התוצר, שהוא 0.1, עדיין נמוך במקצת מהגודל הצפוי, או מזה שהתקבל בעבודות אחרות (ראו להלן).

לוח 1

אומדני משוואת המחירים

אמידה לתקופה 2004.2 – 1992.1, 50 תצפיות*

	תמסורת מיידית א'46	תמסורת הדרגתית א'51	תמסורת הדרגתית פער תוצר דינאמי ב'51
λ	0.522 (16.4)	0.563 (12.2)	0.595 (10.6)
w_f^e	0.143 (9.9)	0.480 (6.2)	0.456 (5.7)
b_y	0.028 (2.1)	0.100 (3.6)	$0.206 \cdot (y_{t-1} - y_{t-2})$ (4.0) $+0.157 \cdot 0.5 \cdot (y_{t-3} + y_{t-4})$ (3.5)
b_q	0.059 (4.6)	0.053 (1.9)	0.091 (2.7)
α_1	-	0.195 (5.5)	0.251 (10.9)
α_2	-	0.621 (21.7)	0.617 (22.0)
R^2	0.805	0.778	0.780
S.E.	2.95	3.22	3.25
DW	2.64	2.55	2.36
Jstat**	0.213	0.215	0.216

* המספרים בסוגריים הם ערכי t.

** $T \cdot J \sim \chi_{20}^2$, הערך הקריטי ברמת מובהקות 5% הוא כ-31.4.

ראוי לציין כי ההשוואה עם עבודות אחרות אינה פשוטה, כי האפיון של המשוואות כאן אינו זהה לאלה שבעבודות אחרות, אשר גם בינן לבין עצמן יש הבדלים באפיון. אולם בכל זאת ראוי להתייחס אל התוצאות שנתקבלו במספר עבודות אחרות כדי לקבל הערכה לגבי סדר הגודל, או הטווח הסביר, המצופה, של המקדם של פער התוצר במשוואת המחירים. לשם השוואה בחרנו

ארבע עבודות על משקים אחרים, שבשלוש מהן האומדנים התקבלו באמידה ובאחת באמצעות קליברציה. העבודות הן: Lopez (2004) שאמד מודל לקולומביה, Caputo (2004) שאמד מודל לציילי, Leitemo (2004) שאמד מודל למשק האנגלי ו-Husebo et al. (2004) שניסחו מודל קליברציה למשק הנורווגי. בלוח 1א' מוצגים האומדנים שהתקבלו בכל אחת מהעבודות. כפי שניתן לראות המקדם שקיבלנו בעבודתנו, להשפעה של פער התוצר על ה-CPI, נמוך מאשר בעבודות האחרות, אך אינו חורג מהן מאוד.

אשר למקדם של פער שער החליפין - הניסוח היחידי שניתן להשוואה הוא זה של Caputo (2004), שקיבל ערך של 0.035, לעומת 0.053 כאן.

לוח 1א'

אומדני המקדמים של פער התוצר ופער שער החליפין, במשוואת המחירים, לעומת אלה שנתקבלו במשקים אחרים

פרמטר	משוואה 1א' ישראל אמידה CPI	Lopez קולומביה אמידה CPI	Caputo ציילי אמידה CPI	Leitemo אנגליה אמידה מחירי תוצר	Husebo נורווגיה קליברציה CPI
המקדם של האינפלציה העתידית	0.563	0.352	0.562	0.580	0.350
המקדם של פער התוצר ביחס ל-CPI	$0.1 * 0.52 = 0.052$	0.106	0.067		0.07
המקדם של פער התוצר ביחס למחירים המקומיים b_y	0.100			0.28	
המקדם של פער שער החליפין b_q	0.053	-	0.035	-	-

בחינה של יציבות המשוואה מלמדת שהפרמטרים אינם יציבים דיים. כך, למשל, כאשר מתחילים את האמידה בשנת 1994, או בשנת 1996, מתקבל שינוי גדול יחסית במקדם של פער התוצר. אחת האפשרויות שבחנו היא שקיימת דינמיקה נוספת במשתנה של פער התוצר. כאשר הוספנו פיגורים של פער התוצר התקבל לגבי פער התוצר האפיון הבא:

$$(52) \quad y_t^* = b_y^1 \cdot (y_{t-1} - y_{t-2}) + b_y^2 \cdot 0.5 \cdot (y_{t-3} + y_{t-4})$$

כאשר מציבים את y_t^* , המוגדר ב-(52) במקום $b_y y_t$ במשוואה (51), ואומדים את המשוואה, מקבלים את התוצאות המוצגות בעמודה הרביעית של לוח 1 (משוואה ב'51). כפי שניתן לראות, ההשפעה של פער התוצר על המחירים חזקה יותר (המקדם האנלוגי הוא 0.16) ומתבטאת בפיגור. ביחס למשתנים האחרים, האומדנים של משוואה ב'51 דומים לאלה של א'51, ומשוואה זו נמצאה יציבה יותר מהאחרות. ראוי לציין שהמקדמים של האינפלציה העתידית ופער שער החליפין עלו יחסית לאלה שבמשוואה א'51.

4.2. אמידת המשוואה של פער התוצר

לצורך האמידה נרשום תחילה את משוואה (26) במונחי הפרמטרים הניתנים לזיהוי (ולאמידה) כדלקמן⁶:

$$(26) \quad \hat{y}_t = -a_i(i_t - \pi_{t+1}^c) + a_q \hat{q}_t^c + a_\psi \hat{\psi}_t^c + a_g \hat{g}_t^h + a_{inv} \hat{inv}_t^h + a_x \hat{m}_t^*$$

כאשר:

$$\begin{aligned} a_i &= -\frac{(1-h)\gamma_c}{(1+h)\sigma} & a_g &= \gamma_g \\ a_q &= \frac{\eta(\gamma_c w_f^c + \gamma_x)}{(1-w_f^c)} & a_{inv} &= (1-\gamma_c - \gamma_g - \gamma_x) \\ a_\psi &= \frac{\eta w_f^c (\gamma_c + \gamma_x)}{(1-w_f^c)} & a_x &= \gamma_x \end{aligned}$$

נניח תחילה תמסורת מיידית למחירים המקומיים של היבוא. את משוואה (26) אמדנו בשיטת GMM עם משתני העזר הבאים: קבוע, משתני דמה לעונתיות, הריבית ה"טבעית", קצב עלייתם של המחירים העולמיים של יבוא מוצרי הצריכה, קצב עלייתם של המחירים העולמיים של יבוא התשומות לייצור, פער הסחר העולמי, הריבית בארצות הברית, האינפלציה בארצות הברית ופער הצריכה הציבורית המקומית – בהווה ובשני פיגורים. כן השתמשנו בפיגור הראשון והשני של קצב האינפלציה, קצב הפיחות ביחס לדולר, ריבית בנק ישראל, ההשקעה המקומית, פער שער החליפין הריאלי במונחי מחירי הצריכה ופער התוצר. (בסך הכול השתמשנו ב-35 משתני עזר).

תוצאות האמידה של משוואה זו מוצגות בטור השני של לוח 2 (משוואה א'26). כפי שניתן לראות, רמת ההסבר של המשוואה גבוהה, לכל המקדמים יש את הסימן הצפוי, וכולם, פרט למקדם של משקל היצוא, מובהקים. הפרמטר h , המיצג את השפעת האינרציה, מקבל את הערך 0.65. המשמעות היא שהמקדם של פער התוצר העתידי הוא 0.61. המקדם של פער הריביות מקבל את הערך -0.47, השפעה חזקה מזו שהתקבלה במקומות אחרים. (ראו להלן.) גם לגבי השפעת שער החליפין התקבל מקדם גדול יחסית, 0.35.

⁶ נזכיר, כי עבור כל משתנה x הגדרנו: $\hat{x}_t = x_t - \frac{h}{1+h}x_{t-1} - \frac{1}{1+h}x_{t+1}$.

כדי לחלץ את הפרמטרים ה"עמוקים" עלינו להניח את משקלו של היבוא בצריכה. ניקח את האומדן שהתקבל במשוואת המחירים, 0.46 (משוואה 51ב). מכאן מתקבל אומדן של 0.18 עבור ההופכי של גמישות התחלופה הבין-זמנית, ומשמע שהאומדן של גמישות התחלופה הבין-זמנית הוא 5.43. לעומת זאת, עבור גמישות התחלופה הבין-זמנית, בין צריכה מיבוא לצריכה מייצור מקומי מתקבל אומדן קטן מ-1, 0.56. האומדן של משקל הצריכה בתוצר הוא 0.41, סדר גודל הקרוב לצפוי.

עם זאת, כאמור, האומדן הנגזר למשקל היצוא בתוצר, 0.16, נמוך מהצפוי ולא מובהק, ואילו האומדן למשקל רכיב הקניות המקומיות של הצריכה הציבורית, 0.27, גדול מהצפוי. לפיכך אמדנו את המשוואה שוב והפעם כפינו מראש את המשקלות של רכיבי התוצר. לצורך זה הנחנו שמשקל הערך המוסף של כל אחד מהרכיבים בתוצר שווה למשקלו בסך השימושים המקומיים. האומדנים המתקבלים מוצגים בעמודה השלישית של לוח 2, משוואה 26ב'. כפי שניתן לראות, האומדן של הפרמטר h עלה מעט, השפעת הריבית נחלשה מעט, והשפעת שער החליפין הריאלי פחתה מ-0.35 ל-0.24. בפרמטרים ה"עמוקים", האומדן להופכי של גמישות התחלופה הבין-זמנית ירד (הגמישות עלתה ל-11.2), וזה של גמישות התחלופה הבין-זמנית של יבוא הצריכה ירד (מ-0.56 ל-0.28).

לוח 2

אומדני משוואת פער התוצר

אמידה עם פרמטר h

אמידה לתקופה 2004.2 - 1992.1, 50 תצפיות*

	תמסורת מיידיית בלי מגבלות א'26	תמסורת מיידיית עם מגבלות ב'26	תמסורת הדרגתית בלי מגבלות א'53	תמסורת הדרגתית עם מגבלות ב'53
h	0.650 (18.1)	0.849 (8.4)	0.672 (7.2)	0.817 (9.1)
a _i	-0.471 (6.0)	-0.438 (10.9)	-0.517 (5.7)	-0.530 (8.4)
a _q	0.346 (6.2)	0.238 (5.9)	-0.156 (2.2)	-0.247 (8.2)
a _ψ	-	-	-0.154 (5.1)	-0.171 (7.7)
a _x	0.157 (1.1)	0.300 (-)	0.010 (0.0)	0.300 (-)
a _g	0.267 (8.3)	0.060 (-)	0.251 (8.9)	0.060 (-)
a _{inv}	0.166 (8.5)	0.16 (-)	0.147 (14.7)	0.160 (-)
חילוץ פרמטרים עמוקים על ידי הצבת $w_f^c = 0.46$.				
σ	0.184 (2.2)	0.089 (10.6)	0.225 (3.3)	0.091 (8.3)
η	0.561 (3.9)	0.247 (5.9)	-0.300 (4.8)	-0.257 (7.5)
γ _c	0.410 (2.8)	0.480 (-)	0.594 (5.0)	0.480 (-)
R ²	0.777	0.773	0.791	0.791
S.E.	2.063	2.001	2.000	1.928
DW	2.61	2.72	2.62	2.65
Jstat**	0.226	0.239	0.243	0.248

* המספרים בסוגריים הם ערכי t.

** $T \cdot J \sim \chi_{30}^2$, הערך הקריטי ברמת מובהקות 5% הוא כ-43.

כדי לקבל תחושה לגבי הסבירות של האומדנים נשווה את התוצאות שקיבלנו עם אלה שהתקבלו בעבודות שצוינו לעיל. ההשוואה מוצגת בלוח 2א' להלן. לצורך ההשוואה השתמשנו במשוואה שנאמדה ללא כפיית המשקלות, משוואה 26א'.

ראוי להדגיש שוב, כי השוואה זו היא בעייתית, שכן הספציפיקציה של המשוואות שונה. במיוחד יש להסתייג מהשוואה של מקדמי פער שער החליפין ופער התוצר העולמי. בכל זאת, עם כל ההסתייגויות, ניתן לומר כמה דברים:

א. השפעת פער התוצר על המחירים בישראל ככל הנראה נמוכה במקצת מאשר במקומות אחרים. לעומת זאת ההשפעה של הריבית על פער התוצר חזקה יותר.

ב. ההשפעה של פער שער החליפין על הפעילות ככל הנראה חזקה יותר מאשר במקומות אחרים.

ג. ההשפעה של המחירים העתידיים על המחירים ושל פער התוצר העתידי על פער התוצר ככל הנראה חזקה יותר מאשר במקומות אחרים.

לוח 2א'

השוואת הפרמטרים של משוואת פער התוצר עם עבודות אחרות

פרמטר	משוואה 26א' ישראל אמידה	Lopez קולומביה אמידה	Caputo צ'ילי אמידה	Leitemo אנגליה אמידה	Husebo נורווגיה קליברציה
$1/(1+h)^*$	0.606	0.109	0.453	0.53	0
a_i	-0.471	-0.167	-	-0.07	-0.15
a_q	0.346	0.002	0.016	0.11	0.03
a_x	0.157	0.092	0.026	0.25	0.10

*באחרים נלקח המקדם של פער התוצר העתידי.

אשר למקדם של הריבית הריאלית. המשתנה המייצג את האינפלציה הצפויה במשוואה הוא עליית המחירים העתידיים, המחושבת באמצעות מדד המחירים לצרכן למעט פירות וירקות, בניכוי עונתיות. משתנה זה פחות תנודתי מהמדד הכללי, ושימוש בו הניב מקדם גדול יותר, בערכו המוחלט, עם סטיית תקן קטנה מזו שהתקבלה משימוש במדד הכללי. אפשרות אחרת שנבחנה היא שימוש בציפיות משוק ההון. כאן התקבלו תוצאות טובות יותר (במונחי גודל המקדם וסטיית התקן), אך בסופו של דבר החלטנו שלא להשתמש במשתנה זה - מפני שהנתון של הציפיות משוק ההון מתייחס לאינפלציה הצפויה בארבעת הרבעים הבאים, ואילו הציפיות הרלוונטיות על פי

המודל הן לרביע אחד קדימה. לכן שימוש כזה מעלה גם קושי תיאורטי וגם קושי אקונומטרי (בעיית חפיפה). עם זאת ראוי לשוב ולבדוק עניין זה בעתיד.

עד כה הנחנו, במשוואת פער התוצר, תמסורת מיידיית ממחירי הצריכה המיובאים למחירים המקומיים. עתה נניח תמסורת הדרגתית, כלומר שהתנהגותם היא בהתאם למשוואה (47), ולכן המירווח הוא מהצורה של משוואה (49):

$$(49) \quad \psi_t^c = \alpha_1 \Delta ec_{t+1} - (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \Delta ec_t$$

מהצבה בתוך "(26)", תוך שימוש בהגדרה $\hat{x}_t = x_t - \frac{h}{1+h}x_{t-1} - \frac{1}{1+h}x_{t+1}$, מתקבלת המשוואה

הבאה:

$$(53) \quad \hat{y}_t = -a_i(i_t - \pi_{t+1}^c) + a_q \hat{q}_t^c + a_\psi [\alpha_1 \Delta \hat{e}c_{t+1} - (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \Delta \hat{e}c_t] + a_g \hat{g}_t^h + a_{inv} i \hat{m} v_t^h + a_x \hat{m}_t^*$$

תוצאות האמידה של משוואה 53 מוצגות בעמודה הרביעית של לוח 2, משוואה 53א'. כפי שניתן לראות מתקבלים אומדנים דומים לאלה שבמשוואה 26א'. זאת פרט למקדם של פער שער החליפין הריאלי, שהפך שלילי, המקדם של משקל הייצוא התאפס, ומקדם המירווח יצא שלילי. תוצאות דומות מתקבלות גם כאשר כופים את המשקלות של רכיבי הביקושים (היצוא, הצריכה הציבורית המקומית וההשקעות), ראו משוואה 53ב' בלוח 2. לעומת זאת, כאשר מניחים שהפרמטר h שווה ל-0 התוצאות משתפרות (ראו להלן).

בלוח 3 מוצגות תוצאות האמידה של משוואות 26 ו-53 כאשר כופים כי הפרמטר h יהיה 0, כלומר מניחים שאין אינרציה בצריכה. תוצאות יפות במיוחד מתקבלות במשוואות 26ד' ו-53ד'. במשוואה 53ד' אנו כופים את המגבלות של משקלות השימושים ואומדים בהנחה של תמסורת הדרגתית. כאן גם המקדם של פער שער החליפין וגם המקדם של המירווח מקבלים סימן חיובי ומובהק.

לוח 3

אומדני משוואת פער התוצר

אמידה ללא פרמטר h

אמידה לתקופה 2004.2 - 1992.1, 50 תצפיות*

	תמסורת מיידיית בלי מגבלות ג'26	תמסורת מיידיית עם מגבלות ד'26	תמסורת הדרגתית בלי מגבלות ג'53	תמסורת הדרגתית עם מגבלות ד'53
a_i	-0.773 (6.9)	-0.653 (9.7)	-0.650 (5.0)	-0.528 (6.6)
a_q	0.299 (4.7)	0.134 (4.2)	0.310 (4.8)	0.153 (6.1)
a_ψ	-	-	0.132 (6.3)	0.105 (6.2)
a_x	0.547 (6.2)	0.300 (-)	0.627 (9.1)	0.300 (-)
a_g	0.320 (7.4)	0.060 (-)	0.292 (6.0)	0.060 (-)
a_{inv}	0.152 (6.8)	0.16 (-)	0.162 (8.7)	0.160 (-)
חילוץ פרמטרים עמוקים על ידי הצבת $w_f^c = 0.46$.				
σ	0.024 (0.00)	0.735 (9.8)	-0.123 (0.9)	0.909 (6.5)
η	0.300 (3.8)	0.139 (4.2)	0.284 (5.0)	0.159 (6.0)
γ_c	-0.019 (0.2)	0.480 (-)	-0.080 (0.8)	0.480 (-)
R^2	0.566	0.586	0.526	0.564
S.E.	2.848	2.685	2.974	2.754
DW	2.27	2.38	2.32	2.40
Jstat**	0.232	0.257	0.225	0.267

* המספרים בסוגריים הם ערכי t.

** $T \cdot J \sim \chi_{30}^2$, הערך הקריטי ברמת מובהקות 5% הוא כ-43.

במשוואת המחירים מגולמת תמסורת הדרגתית מהמחירים העולמיים למחירי המוצרים המיובאים, וכן דינמיקה בפער התוצר. דינמיקה זו היא תוצאה אמפירית חזקה ולכן העדפנו אותה על פני הניסוח התיאורטי הצרוף.

במשוואת התוצר המשמשת אותנו קיימת דינמיקה מובנית, משום שהנחנו כי קיים הרגל בצריכה (h חיובי). עם זאת הגבלנו את עצמנו לתמסורת מיידית מהמחירים העולמיים למוצרי היבוא וכן כפינו את משקלם בטווח הארוך של רכיבי התוצר השונים. במשוואת שער החליפין כפינו מגבלות על הפרמטרים וקיבלנו כי $(1-\omega) = 0.45$, משמע שכמחצית מהציבור צופה את שער החליפין בצורה רציונלית. כדי לסגור את המודל הנחנו כי הפרמטרים של כלל הריבית הם:

$$(54) \quad i = 0.4 \cdot [r + \pi^T + 1.5 \cdot (E\tilde{\pi}_t^c - \pi^T) + 0.5 \cdot y_t] + (1-0.4)i_{t-1}$$

תחילה נבחן את ההשפעה של זעזוע חיצוני, חד פעמי, בכל אחד מהמשתנים האנדוגניים: האינפלציה, פער התוצר, הפיחות והריבית הנומינלית. דיאגרמות 2 עד 5 מתארות את תגובת המשתנים הרלוונטיים על זעזוע לא צפוי של אחוז בכל אחד ממשתנים אלה. לאחר מכן נבחן את השפעתם של זעזועים במשתנים אקסוגניים: זעזוע חד-פעמי של אחוז במחירי מוצרי הצריכה המיובאים ועלייה מתמשכת של הריבית העולמית. כדי לשמור על פשטות, כל המשתנים המבטאים קצב שינוי (לדוגמה פיחות ואינפלציה) הם במונחים רבעוניים, כל המשתנים המבטאים פער הם במונחי הסטייה של המשתנה מרמת שיווי משקל באחוזים (במונחים רבעוניים), וכל הריביות מובאות במונחים שנתיים.

זעזוע באינפלציה

זעזועים באינפלציה מבטאים גידול בעלויות הייצור שאינם מקבלים ביטוי במודל - לדוגמה, עלייה זמנית של מחיר חומר גלם מקומי או תוספת חד-פעמית לשכר העובדים. נניח זעזוע של נקודת אחוז באינפלציה.

מדיאגרמה 2 עולה כי בד בבד עם הזעזוע באינפלציה הריבית עולה ב-0.7 נקודת האחוז. מניע החלקת הריבית מונע שינוי חד יותר, כך שבאותה תקופה הריבית הריאלית יורדת מעט ועולה, החל מהרביע השני, ב-0.3 נקודת אחוז למשך כשני רביעים. עליית הריבית הנומינלית מביאה גם לירידת שער החליפין הנומינלי, ועימה - לירידה בשער החליפין הריאלי (גם במונחי צריכה וגם במונחי מחירי תשומות), המביאה להוזלת היבוא ביחס לתוצר המקומי. כתוצאה מכך יורדת מעט הפעילות הכלכלית, ירידה המתבטאת בפער תוצר שלילי. כל אלה, אך בעיקר הייסוף הריאלי, מקזזים חלק מההשפעה המתמשכת של הזעזוע במחירים. כעבור כארבעה רביעים חוזרים מרבית המשתנים, ובפרט האינפלציה, לשיווי משקל, וזאת לאחר שהמשק ספג באותה שנה אינפלציה עודפת של 1.3 נקודות אחוז.

זעזוע בפער התוצר

זעזועים במשוואת התוצר מבטאים לחצי ביקוש שאינם מקבלים ביטוי במודל. דיאגרמה 3 מתארת את התפתחות הכלכלה לאחר שוק המעלה את פער התוצר בנקודת אחוז.

פער התוצר שנפתח לאחר הזעזוע מביא ללחצים עתידיים על האינפלציה, בעיקר לאחר רביע אחד, ובשנה השנייה של הסימולציה. כתוצאה מכך הריבית הנומינלית עולה וצפויה להיות גבוהה מרמת משיווי המשקל במשך כשלוש שנים, דבר היוצר ייסוף נומינלי וריאלי בשער החליפין. השפעת הייסוף על האינפלציה חזקה מזו של פער התוצר, ולכן האינפלציה בארבעת הרביעים הראשונים נמוכה מזו של שיווי משקל. ירידת האינפלציה יחד עם עליית הריבית גוררת עלייה בריבית הריאלית, אשר תומכת, יחד עם הייסוף הריאלי, בחזרת הפעילות הכלכלית לרמת שיווי המשקל.

הבחינה של גמישות דינמית זו מעלה את שאלת הצורך ומידת התגובה של המדיניות המוניטרית לעלייה בפער התוצר. לכאורה, הבנק המרכזי מעלה את הריבית בתגובה על זעזוע חיובי בתוצר, כדי למנוע לחצים אינפלציוניים. אך מפני עוצמת השפעתו של שער החליפין במנגנון התמסורת האינפלציה יורדת. ייתכן כי פרמטרים שונים בכלל התגובה של המדיניות המוניטרית, ובפרט משקל נמוך יותר לפער התוצר, ימנעו מצב זה. נגד זאת, אם קובעי המדיניות שואפים לייצב את הפעילות הריאלית סביב רמת שיווי המשקל, הם יהיו מוכנים לספוג ירידה ברמת האינפלציה מתחת ליעד כדי למנוע גידול עודף של התוצר. גזירתם של כללי ריבית אופטימליים, עבור מטרות שונות של קובעי המדיניות, היא מעבר למטרת עבודה זו, אולם זהו נושא חשוב להמשך מחקר.

זעזוע בשער חליפין

פיחות חד-עמי בלתי צפוי מבטא בעיקר תנודות בפרמיית הסיכון של המשק המקומי, המביאות לתנועות הון. תנודות כאלה יכולות לנבוע משינויים במצב הגיאו-פוליטי - לדוגמה בחירות מתקרבות - או התפתחויות כלכליות כהכרזה על רפורמות משמעותיות. בסעיף זה נבחן את השפעת זעזוע של אחוז בפיחות הנומינלי (במונחים רבעוניים). התוצאות מובאות בדיאגרמה 4. הפיחות שנוצר מעלה תחילה את שער החליפין הריאלי. בעקבות זאת מתייקר היבוא של מוצרי הצריכה והתשומות, האינפלציה עולה מייד ב-0.3 נקודת אחוז, הן בשל עליית מחירי המוצרים המקומיים והן בשל עליית מחירי המוצרים המיובאים. בשנה הקרובה נצברת אינפלציה עודפת של 0.4 נקודת אחוז, הגוררת עליית ריבית לרמה גבוהה מזו שיווי משקל למשך ארבעה רביעים. (ברביע הראשון היא עולה ב-0.3 נקודת האחוז). מאחר שלפי המודל אין אינרציה בפיחות של שער החליפין, חוזר השער לשיווי משקל לאחר כרביע (כלומר מתאפס), ובכך תורם לחזרת האינפלציה אל היעד, כעבור ארבעה רביעים.

זעזוע בריבית הנומינלית

נניח שברביע מסוים מתרחשת עלייה בלתי צפויה של נקודת אחוז בריבית הנומינלית, ואחריו הבנק המרכזי חוזר להתאים את הריבית לפי הכלל של משוואה (54). כפי שעולה מדיאגרמה 5, עלייה של נקודת אחוז בריבית גוררת ייסוף מיידי וחד-פעמי של 0.3 אחוז. נוסף על כך הריבית הריאלית ממתנת את הפעילות הכלכלית כך שנוצר פער תוצר שלילי של 0.4 אחוז בשני הרביעים הראשונים. הייסוף הנומינלי (והריאלי) יחד עם הירידה בתוצר מורידים את מחירי המוצרים המיובאים במדד המחירים לצרכן ומרסנים את הביקושים לתוצרת מקומית. כתוצאה מכך האינפלציה יורדת ב-0.2 וב-0.1 נקודת האחוז ברביעים הראשון והשני,

בהתאמה. החל מהרביע השלישי האינפלציה חוזרת לשיווי משקל, ואילו הריבית הנומינלית חוזרת לרמת שיווי משקל רק כעבור שנה.

זעזוע במחיריהם של מוצרי הצריכה המיובאים

זעזוע לא צפוי במחירים של מוצרי הצריכה המיובאים יכול לבטא תנודות באינפלציה העולמית. דיאגרמה 6 מציגה את תגובת המשתנים האנדוגניים על זעזוע של אחוז (במונחים רבעוניים) במחירים אלה. האינפלציה המקומית עולה מייד ב-0.2 נקודת אחוז, דרך השפעתם הישירה של מוצרי הצריכה המיובאים על מדד המחירים לצרכן (שכן חלק מסל המוצרים במדד הוא מיבוא). במקביל הריבית הנומינלית מועלית ב-0.15 נקודת אחוז ונשארת גבוהה משיווי משקל במשך כשלושה עד ארבעה רבעים, דבר הפועל לייסוף קל בשער החליפין. לאחר רביעי, כאשר קצב הגידול במחירים של מוצרי הצריכה מיבוא חוזר לשיווי משקל, אין כמעט כוחות הלוחצים על האינפלציה, ובתוך שני רבעים היא חוזרת למרכז תחום היעד.

זעזוע בריבית העולמית

בסעיף זה נבחן את השפעתה של העלאת הריבית העולמית בנקודת אחוז, הותרתה ברמה הגבוהה למשך 4 רבעים ואז הפחתתה בחזרה לרמה של שיווי משקל. דיאגרמה 7 מציגה את התפתחות המשתנים האנדוגניים במהלך שנתיים.

עליית הריבית העולמית, המלווה בעלייה קטנה יותר של הריבית המקומית, מביאה לפיחות מיידי של חצי אחוז. מאחר שקצב הפיחות הגבוה משיווי משקל צפוי להימשך גם בעתיד, האינפלציה עולה כבר ברביעי הראשון ב-0.25 נקודת אחוז. האינפלציה צפויה להיות גבוהה משיווי משקל גם בארבעת הרבעים הבאים, כך שהאינפלציה הצפויה לשנה הקרובה גבוהה ב-0.7 נקודת האחוז מהיעד. על כן נדרשת העלאת ריבית המקוזזת רק חלק מהשפעתה של עליית הריבית העולמית על הפיחות. אמנם מניע החלקת הריבית מאפשר בתחילה לריבית הריאלית לרדת, אולם זו הופכת גבוהה משיווי משקל החל מהרביע השלישי, ויוצרת פער תוצר שלילי, ששיאו בשנה השנייה לסימולציה. פער תוצר זה עוזר לרסן חלק מהאינפלציה החל מהרביע הרביעי של הסימולציה. עוד ניתן לראות בדיאגרמה כי קצב הפיחות גבוה מהאינפלציה כך ששער החליפין הריאלי עולה. עלייה זו תורמת בעצמה, דרך השפעתם של מחירי התשומות המיובאות על המחירים המקומיים, לעלייה באינפלציה במהלך השנתיים שבהן המשק יצא משיווי משקל.

תוצאה חזקה הנובעת ממרבית הסימולציות היא מרכזיותו של שער החליפין במנגנון התמסורת במשק פתוח. בניגוד למשק סגור, שבו המדיניות המוניטרית משפיעה על המחירים באמצעות השפעתה על פער התוצר, במודל המשק הפתוח, השפעת הריבית על המחירים דרך שער החליפין חזקה מהשפעתה דרך הפעילות. נוסף על כך - הממצא האמפירי שלפיו פער התוצר משפיע על המחירים בפיגור מלמד כי ההשפעה על המחירים דרך שער החליפין יעילה יותר, שכן זה מושפע ומשפיע מייד. לשם המחשה: ראינו כי אם פער התוצר מופיע במשוואת התגובה של הריבית, זעזוע חיובי בתוצר יכול להביא דווקא לירידת מחירים, בשל ההשפעה החזקה והמיידי של העלאת הריבית על שער החליפין ומשם על המחירים. עוד ראינו כי במרבית הסימולציות המשק חוזר לשיווי משקל כעבור ארבעה רבעים.

6. סיכום, מסקנות וכיוונים להמשך

בעבודה זו ניסחנו מודל ניאו-קיינסיאני למשק קטן ופתוח, וניסנו להתאים את המסגרת לנתוני המשק הישראלי. תוצאות האמידה האמפירית דומות לאלה שהתקבלו במשקים אחרים. מהאמידה האמפירית של משוואת המודל ומבחינת תכונותיו עלו, בין היתר, המסקנות האלה:

א. כמו במרבית המשקים גם כאן נמצאה מידה לא מבוטלת של אינרציה אינפלציונית. כפי שראינו, לאחר זעזועים שונים האינפלציה חוזרת לשיווי משקל בתוך שלושה עד חמישה רבעים.

ב. ההשפעה הישירה של פער התוצר על האינפלציה אינה מתמצה ברביע השוטף אלא נפרסת על פני ארבעה רבעים. עוד נמצא כי גם השינוי בפער התוצר וגם הרמה של הפער משפיעים על האינפלציה, תופעה המכונה בספרות "speed-limit effect".

ג. התמסורת משער החליפין ומהמחירים בעולם למחיריהם של מוצרי היבוא בשוק המקומי היא, בסופו של דבר, מלאה, אך אינה מיידית אלא הדרגתית.

ד. גם משוואת פער התוצר מכילה מרכיב משמעותי של אינרציה. מהגמישויות הדינמיות של המודל עולה, כי לאחר מרבית הזעזועים התוצר נותר מחוץ לשיווי משקל במשך כשנתיים.

ה. כצפוי, שער החליפין הנומינלי והריאלי ממלאים תפקיד מרכזי במנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית. שינויים בריבית משפיעים על שער החליפין, וזה משפיע על המחירים הן ישירות והן דרך השפעתו על פער התוצר. השפעה חזקה זו באה לידי ביטוי גם בתכונות המודל, ויש בה אפילו כדי להפוך את הקשרים הכלכליים האינטואיטיביים: לאחר זעזוע חיובי בתוצר האינפלציה יורדת, זאת מפני שהעלאת הריבית הנלווית גוררת ייסוף בשער החליפין אשר השפעתו על המחירים חזקה מההשפעה הישירה של הזעזוע בתוצר. תכונה זו מלמדת על צורך בתגובה מוניטרית מתונה על זעזועים בתוצר.

ניסוח מודל זה מהווה בסיס להרחבות אפשריות. כך למשל, יש מקום לנסח משוואה לרכיב ההשקעות של התוצר כדי לבטא את השפעת הריבית על ההשקעות, ודרכן על פער התוצר. ניתן גם לנסח ולאמוד משוואות ליתר הרכיבים של הביקוש המצרפי.

הן באמידה, והן בסימולציות התייחסנו אל פרמיית הסיכון בשוק מטבע החוץ כקבועה ואולם, כפי שצינו בשלב האמידה, ישנם ממצאים המעידים כי היא השתנתה על פני זמן. מספר עבודות מקומיות ניסו לאמוד את ערכה של הפרמיה באמצעות נתונים משוק ניירות הערך⁷. שילוב אומדנים שונים לפרמיית הסיכון בשלב האמידה, ומעבר לכך - ניסוח משוואה מפורשת לפרמיה יעשירו וישפרו את המודל.

באמידת המודל השתמשנו באינפלציה העתידית בפועל כאינדיקציה לזו החזויה. בישראל ישנם נתונים ייחודיים על ציפיות הציבור לאינפלציה הנגזרים משוק ההון. גזירת נתונים אלה מתאפשר בזכות קיומן של איגרות חוב צמודות למדד הנסחרות בבורסה. מחד גיסא ציפיות אלה הן לשנה בעוד שהציפיות הדרושות למודל הן לרביע; מאידך הן נקיות מזעזועים עתידיים, שקיימים באינפלציה העתידית אך אינם אמורים להשתקף בציפיות הציבור. כפי שצינו בגוף העבודה ראוי לבחון את אמידת המודל עם הציפיות לאינפלציה משוק ההון.

⁷ ראה למשל שטיין (2003).

נושא נוסף הראוי לטיפול הוא חישוב כלל ריבית אופטימלי הנגזר ממזעור פונקציית הפסד במגבלות משוואות המודל.

שטיין ר', (2003). "אמידת שער החליפין הצפוי באמצעות אופציות Call על שער ה-Forward",
סוגיות בבנקאות 16, (אדר ב') התשס"ג, 199-216.

Adolfson, M.(2001). *Optimal monetary policy with incomplete exchange rate pass-through*. Working Paper No. 127, Sveriges Riksbank.

Adolfson, M.(2002). *Incomplete exchange rate pass-through and simple monetary policy rules*. Working Paper No. 136, Sveriges Riksbank.

Batini, N. and A. Haldane (1999). "Forward-looking rules for monetary policy". In: John B.T. (Editor), *Monetary Policy Rules*, The University of Chicago Press, (Chapter 4), pp. 157–201.

Batini, N., R. Harrison and S.P. Millard (2003). Monetary policy rules for an open economy, *Journal of Economic Dynamics and Control* 27 (11–12), pp. 2059–2094.

Calvo, G.A. (1983). "Staggered pricing in a utility-maximizing framework", *Journal of Monetary Economics* 12, 383–398.

Caputo, R (2004). *External shocks and monetary policy: does it pay to respond to exchange rate deviations?*. Central Bank of Chile.

Clarida, R., J. Gali and M. Gertler (1999). "The science of monetary policy a new Keynesian perspective", *Journal of Economic Literature* 37, 1661–1707.

Clarida, R., J. Gali and M. Gertler (2001). "Optimal monetary policy in open versus closed economies: An integrated approach", *American Economic Review Papers and Proceedings* 91 (2), 248–252.

Clarida, R., J. Gali and M. Gertler (2002). "A simple framework for international monetary policy analysis", *Journal of Monetary Economics* 49, 879–904.

- Corsetti, G. and P. Pesenti (2004). "International dimensions of optimal monetary policy". European University Institute, *Journal of Monetary Economics* (in press).
- Fuhrer, J.C. (2000). "Habit formation in consumption and its implications for monetary-policy models", *American Economic Review* 90 (3), 367–390.
- Fuhrer, J.C. and G.R. Moore (1995). "Inflation persistence", *Quarterly Journal of Economics* 110, 127–159.
- Galí, J. and T. Monacelli (2002). *Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy*. National Bureau of Economic Research Working Paper 8905.
- Galí, J. and M. Gertler (1999). "Inflation dynamics a structural econometric analysis", *Journal of Monetary Economics* 44, 195–222.
- Ghironi, F. and A. Rebucci (2002). *Monetary rules for emerging market economies*. International Monetary Fund Working Paper 02/34.
- Guender, A (2003). *Optimal discretionary monetary policy in open economy: Choosing between CPI and domestic inflation as target variables*. Bank Of Finland Discussion Papers 12/2003.
- Husebo, T, S. Maccaw, K. Olsen and O. Roisland (2004). *a small calibrated macromodel to support inflation targeting at Norges Bank*. Staff Memo. Economics Department/Monetary Policy Department.
- Leitemo, K. and Ø. Røisland (2000). *The choice of monetary policy regime for small open economies*. Working Paper No. 5/2000, Norges Bank.
- Leitemo, K. and U. Söderström (2001). *Simple monetary policy rules and exchange rate uncertainty*. Working Paper No. 122, Sveriges Riksbank.
- Leitemo, K. and U. Söderström (2005). *Robust monetary policy in a small open economy*. Manuscript, Norwegian School of Management and Università Bocconi.

- Leitemo, K. (2004). *Targeting inflation by forecast feedback rules in small open economies*. Norwegian School of Management (BI).
- Leitemo, K. (2006). "Open-economy inflation forecast targeting". *German Economic Review*, 1/2006 (forthcoming).
- Linde, J., M. Nessen and U. Soderstrom (2004). *Monetary policy in an estimated open-economy model with imperfect pass-through*. Working Paper No. 167, Sveriges Riksbank.
- Levin, A., V. Wieland and J. Williams (2001). *The performance of forecast-based monetary policy rules under model uncertainty*. Board of Governors of the Federal Reserve, Finance and Economics Discussion Series 2001-39.
- Lopez, P. (2004). *Efficient policy rule for Inflation targeting in Columbia*. Central bank of Columbia.
- Monacelli, T. (2003). *Monetary policy in a low pass-through environment*. European Central Bank, Working Paper Series: 227.
- McCallum, B.T. and E. Nelson (1999). "Nominal income targeting in an open-economy optimizing model", *Journal of Monetary Economics* 43 (3), 553–578.
- McCallum, B.T. and E. Nelson (2000). "Monetary policy for an open economy: an alternative framework with optimizing agents and sticky prices", *Oxford Review of Economic Policy* 16 (4), 74–91.
- Parrado, E. (2004). *Inflation targeting and exchange rate rules in an open economy*. IMF working paper wp/04/21.
- Smets, F. and R. Wouters (2002). "Openness, imperfect exchange rate pass-through and monetary policy". *Journal of Monetary Economics* 49, 947–981.
- Smets, F. and R. Wouters (2003). "An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the euro area", *Journal of the European Economic Association* 1.

Svensson, L.E.O. (2000). "Open-economy inflation targeting", *Journal of International Economics* 50, 155–183.

Svensson, L.E.O. (2003). "What is wrong with Taylor rules? Using judgement in monetary policy through targeting rules", *Journal of Economic Literature* 41, 426–477.

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

נספח 1 - פתרון בעיית האופטימיזציה של היצרנים בגמישות מחירים

היצרנים ממקסמים רווח, כאשר המחיר והביקוש להשקעה ושל הממשלה הם אקסוגניים. בעיית מקסימום הרווח של היצרנים היא:

$$(A.1) \quad \max_{\hat{P}_t^{ch}, \hat{P}_t^x, Z_t} \hat{P}_t^{ch} C_t^h + \hat{P}_t^x E_t X_t^h + P_t^g G_t^h + P_t^{inv} INV_t^h - P_t^z Z_t$$

$$(A.2) \quad s.t. \quad Y_t = Z_t^{1-\theta} = C_t^h + X_t^h + G_t^h + INV_t^h$$

נזכיר כי הביקוש לצריכה מקומית נתון ע"י:

$$(A.3) \quad C_t^h = (1 - w_f^c) \left[\frac{P_t^{ch}}{P_t^c} \right]^{-\eta} C_t$$

ובצורה דומה הביקוש ליצוא מהמשק המקומי נתון ע"י:

$$(A.4) \quad X_t^h = w_h^* \left[\frac{P_t^x}{P_t^{*,im}} \right]^{-\eta} M_t^*$$

ננסח את הלגרנגיאן של הבעיה:

$$(A.5) \quad L = \hat{P}_t^{ch} C_t^h + \hat{P}_t^x E_t X_t^h + P_t^g G_t^h + P_t^{inv} INV_t^h - P_t^z Z_t + \lambda_0 (Z_t^{1-\theta} - C_t^h - X_t^h - G_t^h - INV_t^h)$$

גזירה לפי משתני האופטימיזציה:

$$(A.6) \quad \frac{\partial L}{\partial \hat{P}_t^{ch}} : C_t^h + \hat{P}_t^{ch} \frac{\partial C_t^h}{\partial \hat{P}_t^{ch}} - \lambda_0 \frac{\partial C_t^h}{\partial \hat{P}_t^{ch}} = 0$$

$$(A.7) \quad \frac{\partial L}{\partial \hat{P}_t^x} : E_t X_t^h + \hat{P}_t^x E_t \frac{\partial X_t^h}{\partial \hat{P}_t^x} - \lambda_0 \frac{\partial X_t^h}{\partial \hat{P}_t^x} = 0$$

$$(A.8) \quad \frac{\partial L}{\partial Z_t} : P_t^z - (1-\theta)\lambda_0 Z_t^{-\theta} = 0$$

נשתמש בתוצאה כי:

$$(A.9) \quad \frac{\partial C_t^h}{\partial \hat{P}_t^{ch}} = -\eta \frac{C_t^h}{\hat{P}_t^{ch}}$$

$$(A.10) \quad \frac{\partial X_t^h}{\partial \hat{P}_t^x} = -\eta \frac{X_t^h}{\hat{P}_t^x}$$

נציב את (A.9) ו-(A.8) ב-(A.6), וכן את (A.10) ו-(A.8) ב-(A.7) כדי לקבל את המחירים האופטימליים בהיעדר עלות לשינוי המחיר:

$$(A.11) \quad \hat{P}_t^{ch} = \frac{\eta}{\eta-1} \frac{P_t^z}{(1-\theta)Y_t^{\frac{\theta}{1-\theta}}} = \frac{\eta}{\eta-1} MC(Y_t, P_t^z)$$

$$(A.12) \quad \hat{P}_t^x / E_t = \frac{\eta}{\eta-1} \frac{P_t^z}{(1-\theta)Y_t^{\frac{\theta}{1-\theta}}} = \frac{\eta}{\eta-1} MC(Y_t, P_t^z)$$

ניתן לראות כי מאחר שהנחנו כי גמישות התחלופה של חו"ל זהה לזו של המשק המקומי, נגזר מחיר אחיד לייצור לצריכה מקומית ולייצור ליצוא:

$$(A.13) \quad \hat{P}_t^{ch} = \hat{P}_t^x / E_t$$

נספח 2 – הנתונים ששימשו לאמידה

באמידת המודל השתמשנו בנתונים משלושה סוגים: "פערים", שינויים וריביות. בנספח זה נתאר כיצד חושב כל נתון ומהו מקורו. כדי לשמור על אחידות בשלב האמידה, הותאמו כל הנתונים למונחים שנתיים (כפי שיובהר בהמשך).

א. פערים

כל הפערים חושבו באמצעות הפילטר של Hodrick – Prescott. להלן נסמן את ההחלקה של סדרה X באמצעות הפילטר ב- $HP(X)$. את הפער של הסדרה המקורית Z (לדוגמה התוצר העסקי) נסמן ב- z (פער התוצר), והוא חושב כך:

$$(B.1) \quad z = [\log(Z) - HP(\log(Z))] * 100 * 4$$

הגורם בסוגריים המרובעים הוא שיעור הסטייה של Z מהמגמה. ההכפלה ב-100 מעבירה את הפער לאחוזים, וההכפלה ב-4 נועדה להעביר את הפער "למונחים שנתיים". להלן פירוט משתני הפערים הכלולים במודל:

y , פער התוצר - מבוסס על התוצר הגולמי של הסקטור העסקי במחירים קבועים (Y).

המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1: 1968.

g^h , פער הצריכה הציבורית - מבוסס על רכיב הקניות של הצריכה הציבורית במחירים קבועים (G^h). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1: 1964.

inv^h , פער ההשקעות - מבוסס על סך ההשקעה המקומית במחירים קבועים (INV^h).

המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1: 1964.

m^* , פער הסחר העולמי - מבוסס על היבוא של המדינות המתועשות במחירים קבועים

(M^*). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1: 1960. מקור הנתונים הוא מאגר ה-IFS.

q^c , פער שער החליפין הריאלי של הצריכה - מבוסס על שער החליפין הריאלי של הצריכה

(Q^c) המחושב כך:

$$(B.2) \quad Q^c = \frac{P^{*,c} \cdot E}{P^c}$$

כאשר P^c הוא מדד המחירים לצרכן, E הוא שער החליפין הנומינלי ו- $P^{*,c}$ הוא מדד פישר למחירי היבוא של מוצרי הצריכה (במונחי דולרים). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1: 1991.

q^f , פער שער החליפין הריאלי של התשומות - מבוסס על שער החליפין הריאלי של

התשומות (Q^f) המחושב כך:

$$(B.3) \quad Q^z = \frac{P^{*,z} \cdot E}{P^c}$$

כאשר P^c הוא מדד המחירים לצרכן, E הוא שער החליפין הנומינלי ו- $P^{*,z}$ הוא ממוצע משוקלל של מדד פישר למחירי היבוא של התשומות לייצור ושל מוצרי ההשקעה (במונחי דולרים). המשקולות מבוססות על משקלם היחסי של כמות היבוא של תשומות לייצור ומוצרי ההשקעה (משקל התשומות לייצור הוא 0.75). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1991:1.

ב. שינויים

אחוז השינוי במשתנה X המסומן ב- Δx ומחושב ע"י:

$$(B.4) \quad \Delta x = (x - x_{-1}) * 100 * 4$$

כאשר

$$(B.5) \quad x = \log(X)$$

ההכפלה ב-100 מעבירה את שיעור השינוי לאחוזים וההכפלה ב-4 נועדה להעביר את השינוי למונחים שנתיים.

להלן פירוט משתני השינויים הכלולים במודל:

π^c - האינפלציה במדד המחירים לצרכן, מבוסס על מדד המחירים לצרכן.

Δe - הפיחות בשער החליפין הנומינלי, מבוסס על שער החליפין הנומינלי של שקל מול הדולר.

Δp^{*c} - קצב השינוי במחירי היבוא של מוצרי הצריכה, מבוסס על מדד פישר של מחירי יבוא מוצרי הצריכה (במונחי דולרים).

Δp^{*z} - קצב השינוי במחירי היבוא של התשומות, מבוסס על ממוצע משוקלל של מדד פישר למחירי היבוא של תשומות לייצור ושל מוצרי השקעה (במונחי דולרים). המשקולות מבוססות על המשקל היחסי של כמות יבוא התשומות לייצור ומוצרי ההשקעה (משקל התשומות לייצור הוא 0.75).

Δp^{*m} - קצב השינוי של מחירי הסחר העולמי (משמש כמשתנה עזר בלבד), מבוסס על מדד מחירי היבוא של המדינות המתועשות. מקור הנתונים: מאגר ה-IFS.

$\pi^{*,us}$ - האינפלציה בארה"ב (משמש כמשתנה עזר בלבד), מבוסס על מדד המחירים לצרכן בארה"ב. מקור הנתונים: מאגר ה-IFS.

ג. הריביות

הריביות הן במונחים שנתיים. i היא הריבית האפקטיבית של בנק ישראל ו- i^f היא ריבית הליביד לחודש על הדולר. $i^{*,us}$ היא הריבית בארה"ב והיא משמשת כמשתנה עזר בלבד.

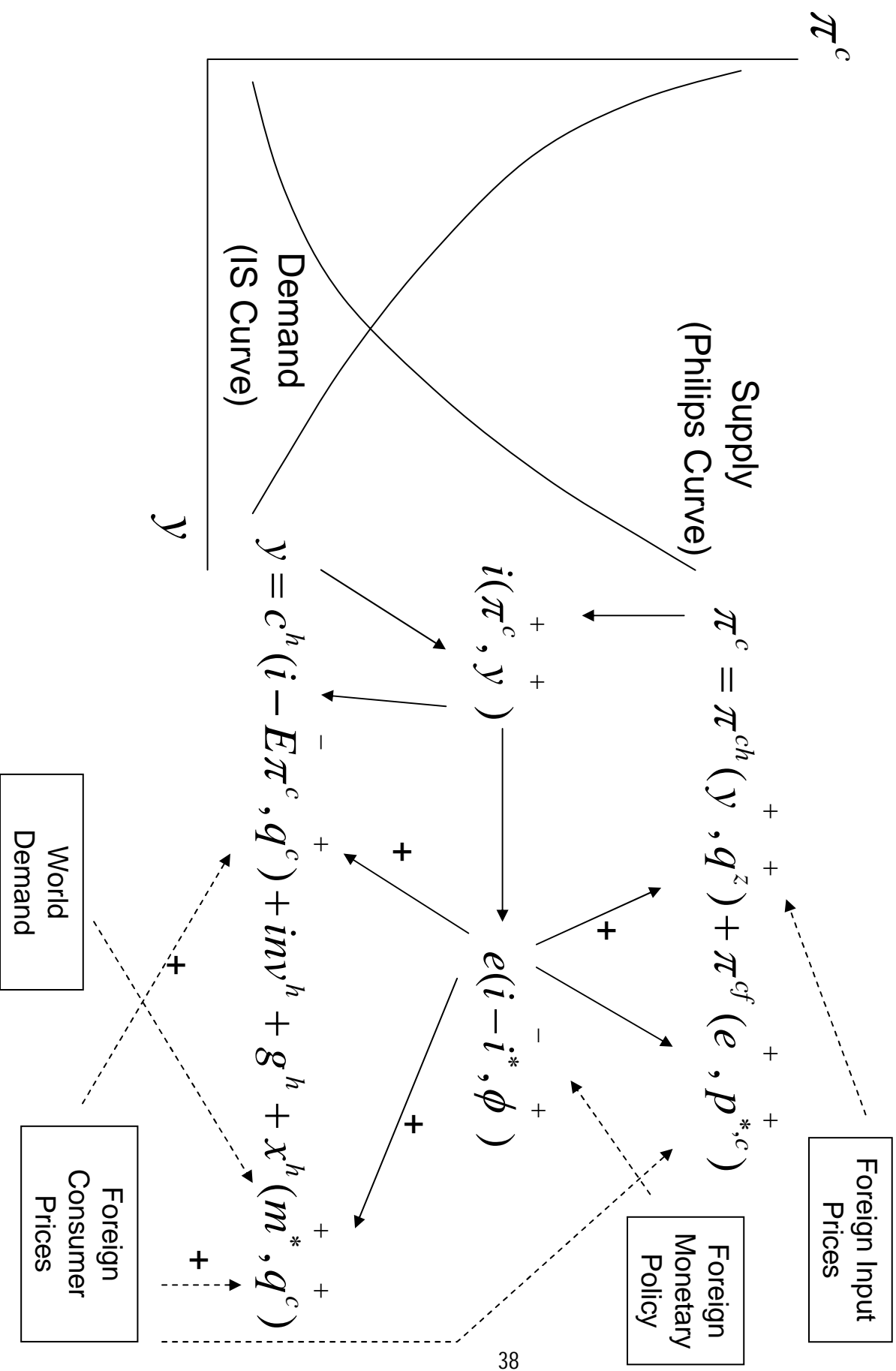
במשוואת פער התוצר מופיע הביטוי $i_t - \pi_{t+1}^c$, המבטא את הפער בין הריבית הריאלית הצפויה לריבית של שיווי משקל. כאומדן לריבית שיווי המשקל, המסומנת במשוואת הריבית ב- r ,

השתמשנו בריבית ה-forward הממוצעת ל-5 עד 10 שנים, הנגזרת מהמסחר באג"ח צמודות למדד בריבית קבועה ("גלילי").

משתנה נוסף המופיעה במשוואת שער החליפין הוא e המחושב כ- $\log(E) * 4 * 100$, כאשר E הוא שער החליפין הנומינלי של השקל מול הדולר. ההכפלה ב-100 נועדה לבטא את המשתנה באחוזים, וההכפלה ב-4 - להעביר את המשתנה למונחים שנתיים. סוגיה נוספת שנבהיר כאן היא משתני הציפיות. בכל מקום, במשוואות הנאמדות, שמשתנה מופיע עם אינדקס תחתון $t+1$ או $t+2$, שאמור לבטא את הציפיות הרציונלית לגביו על סמך האינפורמציה עד תקופה t , השתמשנו במשתנה בפועל בתקופה $t+1$ או $t+2$. מקרה חריג הוא האינפלציה הצפויה המופיעה במשוואת פער התוצר (כחלק מהריבית הריאלית): כאן השתמשנו באינפלציה בפועל בתקופה $t+1$ **ללא פירות וירקות**. זאת משום שנתון זה נקי יותר מסך האינפלציה, מזעזועים לא-צפויים שאינם ידועים בתקופה t .

דיאגרמה 1

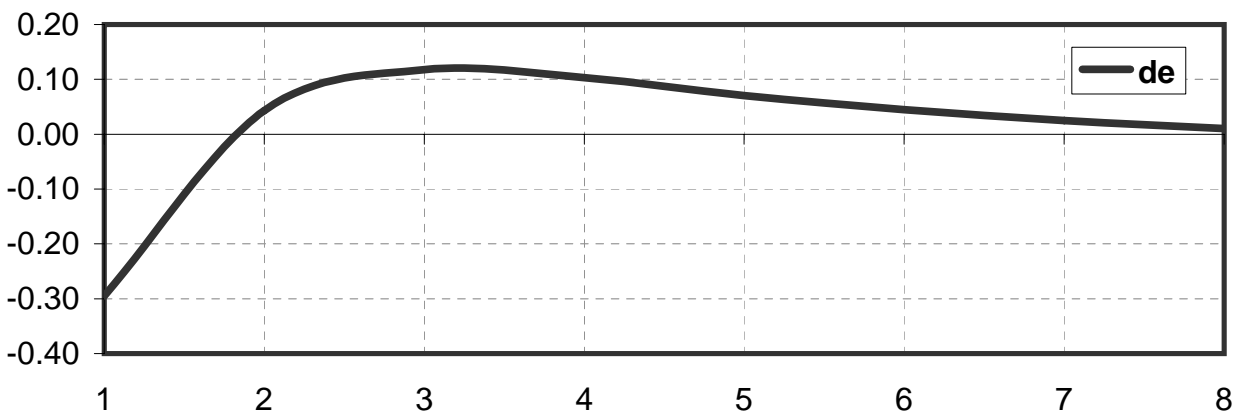
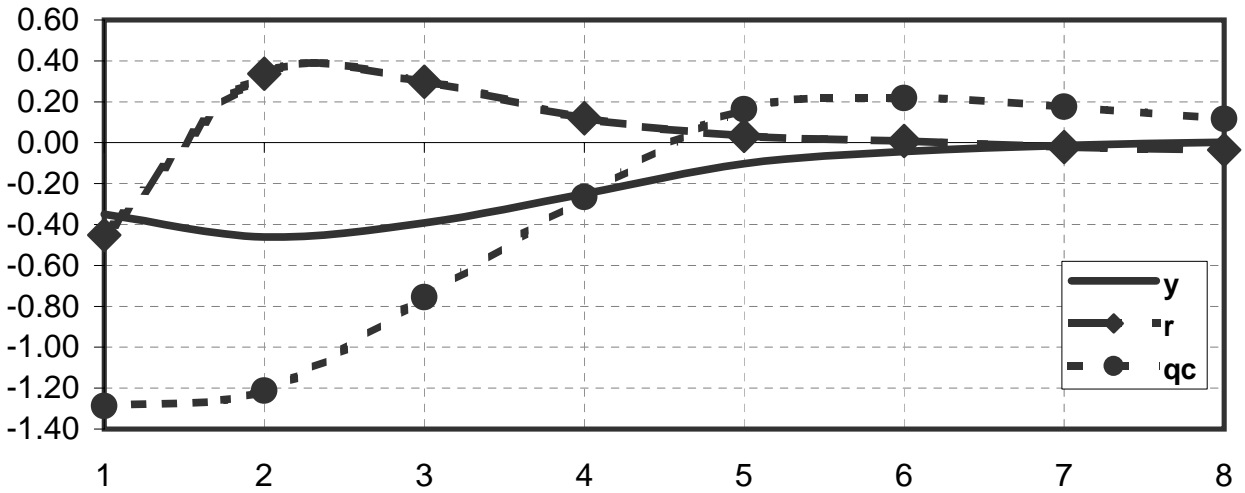
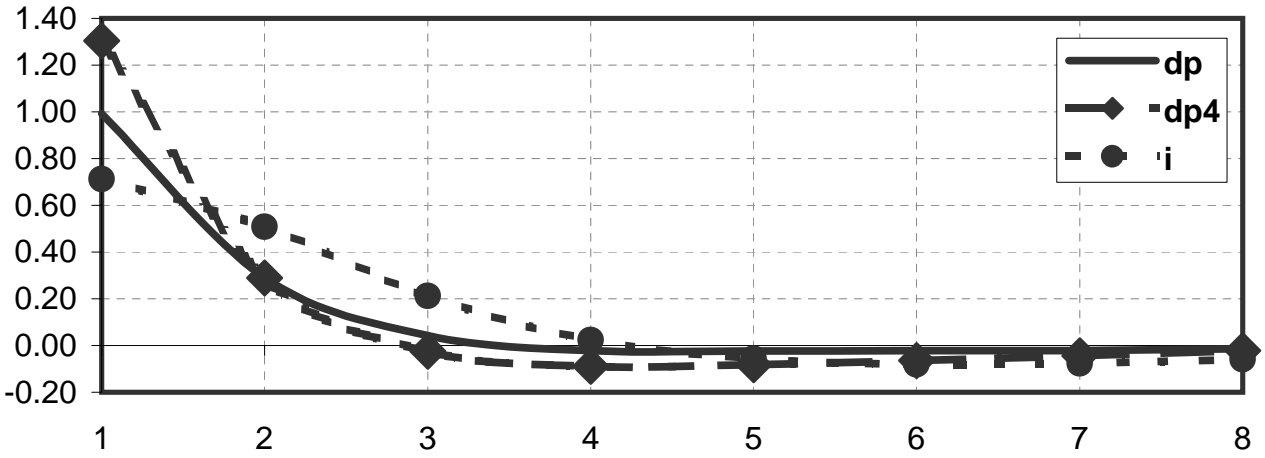
פריסה סכמטית של המודל



דיאגרמה 2

הגמישות הדינמית לזעזוע של אחוז באינפלציה

נקודות
אחוז

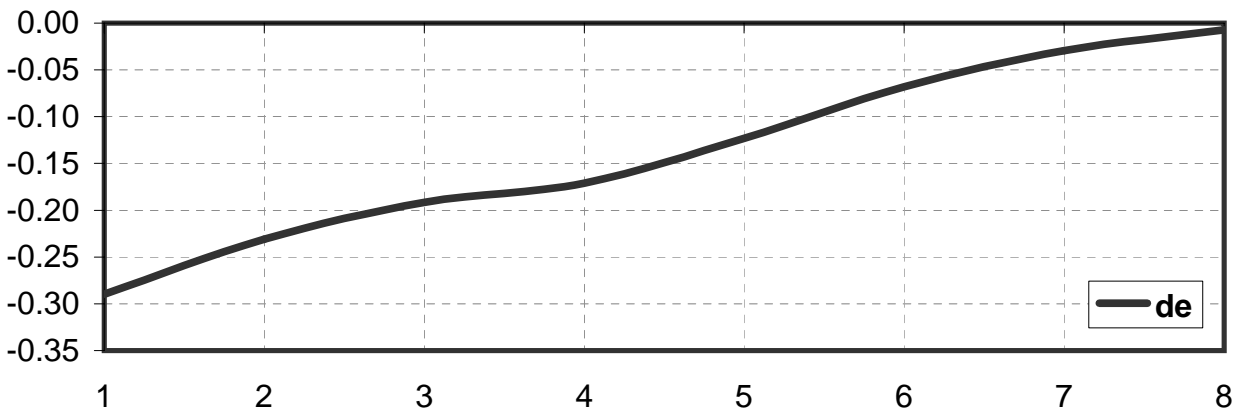
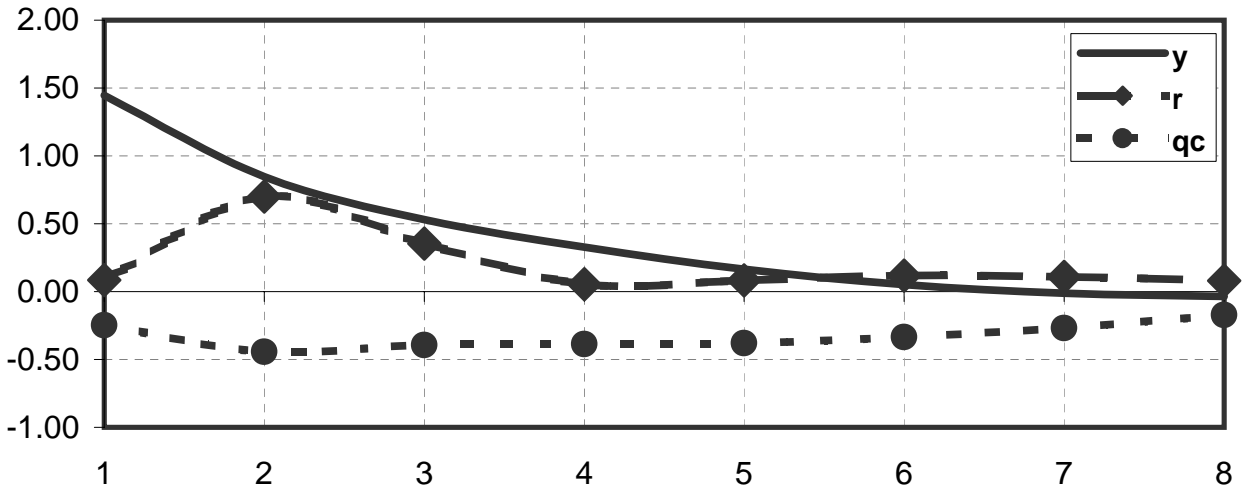
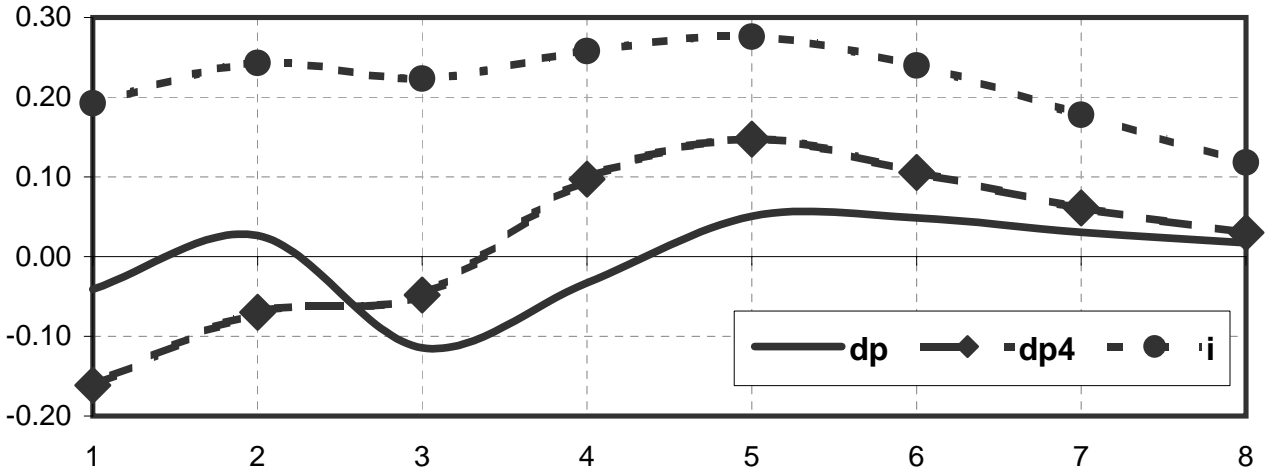


r - הריבית הריאלית
qc - פער שער החליפין הריאלי במונחי צריכה
de - הפיחות הנומינלי בשער החליפין

dp - האינפלציה לרביע
dp4 - האינפלציה בארבעת הרבעים הבאים
y - פער התוצר
i - ריבית בנק ישראל

דיאגרמה 3 הגמישות הדינמית לזעזוע של בפער התוצר

נקודות
אחוז

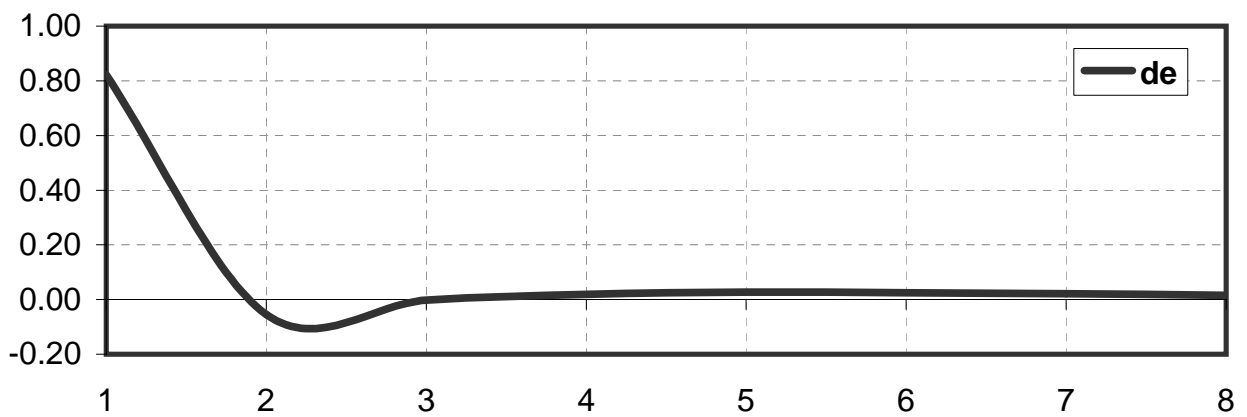
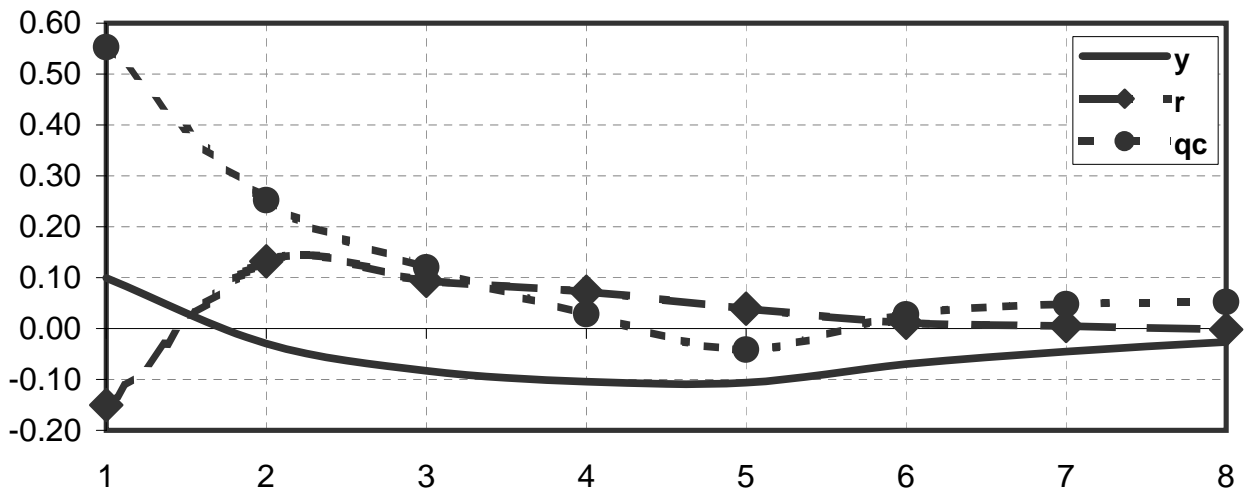
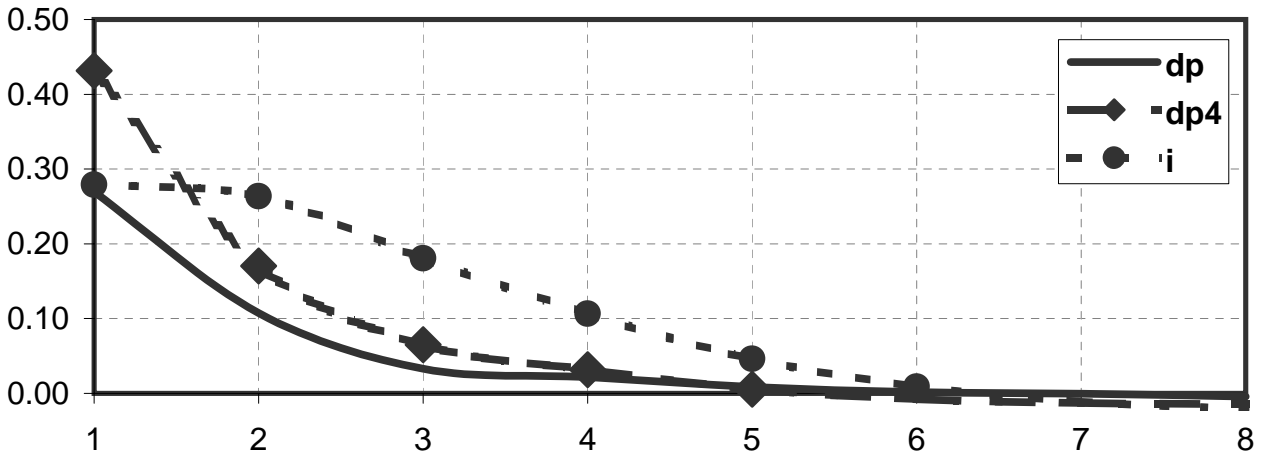


dp - האינפלציה לרביע
 dp4 - האינפלציה בארבעת הרבעים הבאים
 y - פער התוצר
 i - ריבית בנק ישראל
 r - הריבית הריאלית
 qc - פער שער החליפין הריאלי במונחי צריכה
 de - הפיחות הנומינלי בשער החליפין

דיאגרמה 4

הגמישות הדינמית לזעזוע של אחוז בשער החליפין הנומינלי

נקודות אחוז

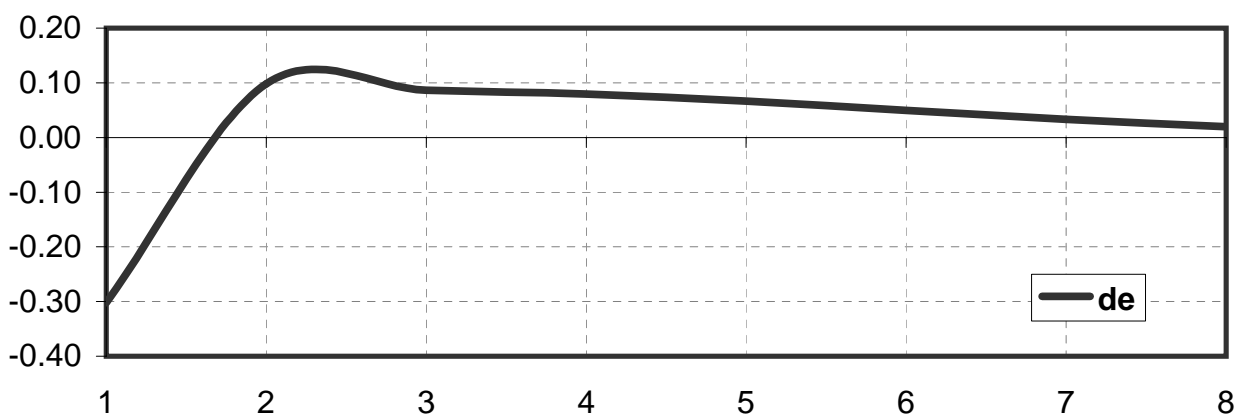
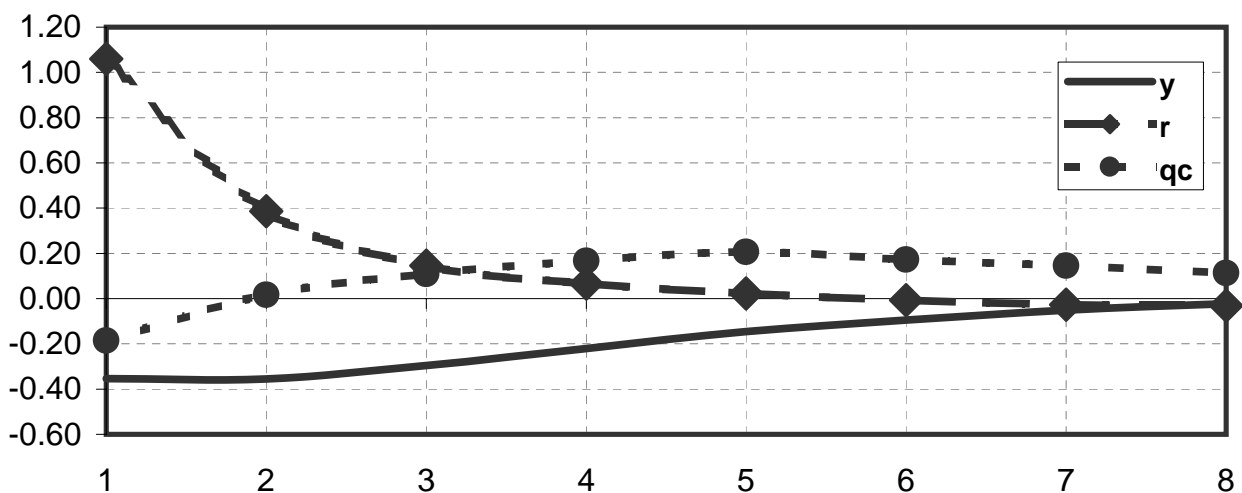
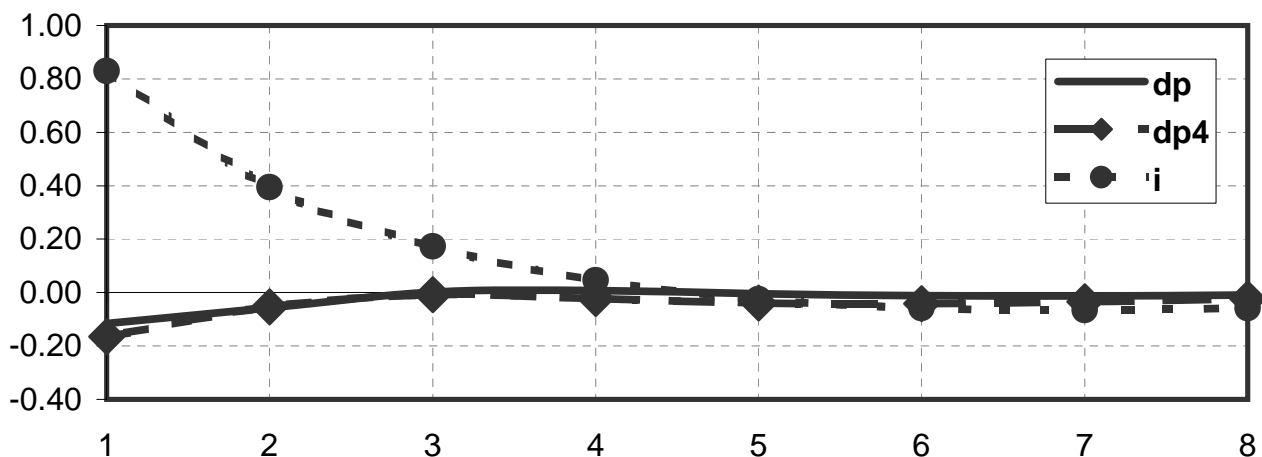


dp - האינפלציה לרביע
 dp4 - האינפלציה בארבעת הרבעים הבאים
 y - פער התוצר
 i - ריבית בנק ישראל
 r - הריבית הריאלית
 qc - פער שער החליפין הריאלי במונחי צריכה
 de - הפיחות הנומינלי בשער החליפין

דיאגרמה 5

הגמישות הדינמית לזעזוע של אחוז בריבית הנומינלית

נקודות
אחוז

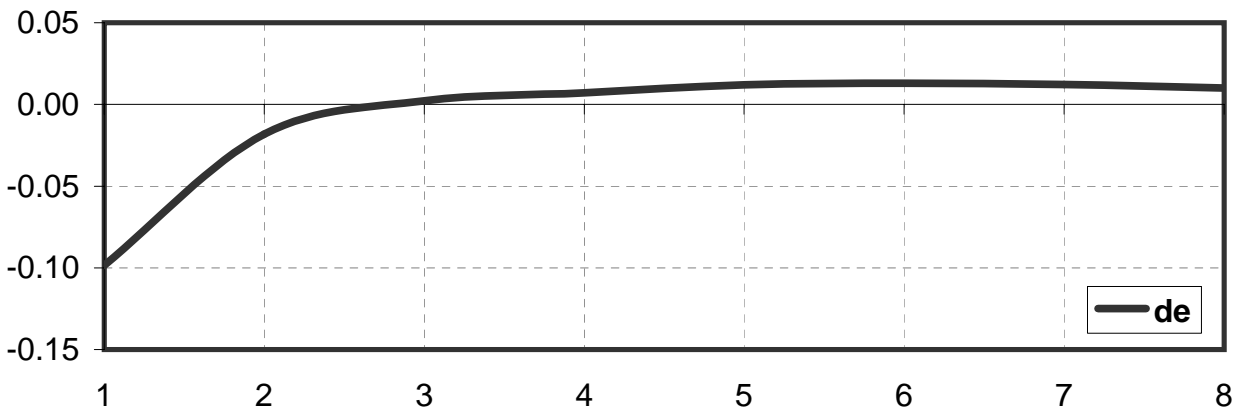
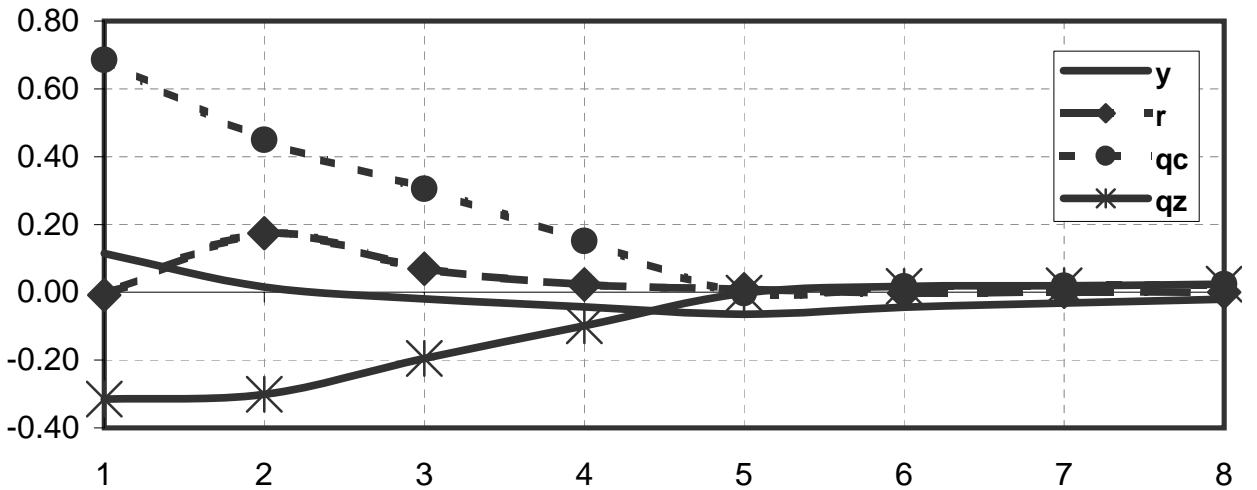
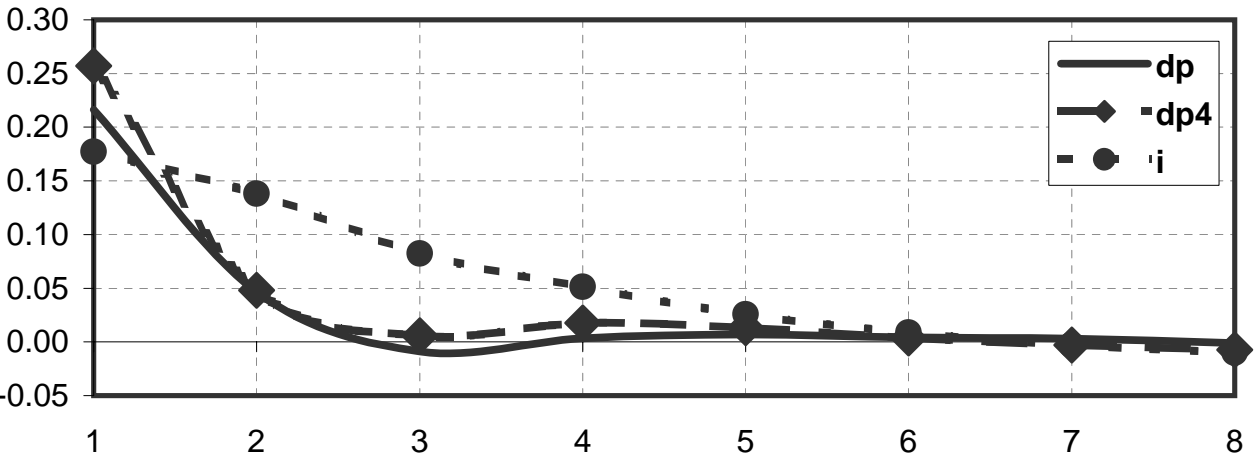


r - הריבית הריאלית
qc - פער שער החליפין הריאלי במונחי צריכה
de - הפיחות הנומינלי בשער החליפין

dp - האינפלציה לרביע
dp4 - האינפלציה בארבעת הרביעים הבאים
y - פער התוצר
i - ריבית בנק ישראל

דיאגרמה 6

הגמישות הדינמית לזעזוע של אחוז במחיר העולמי של מוצרי הצריכה מיבוא

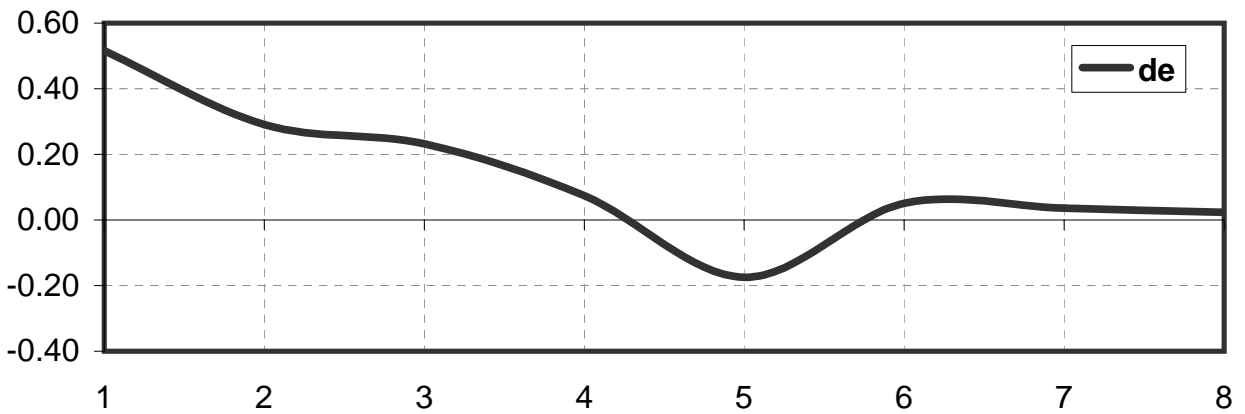
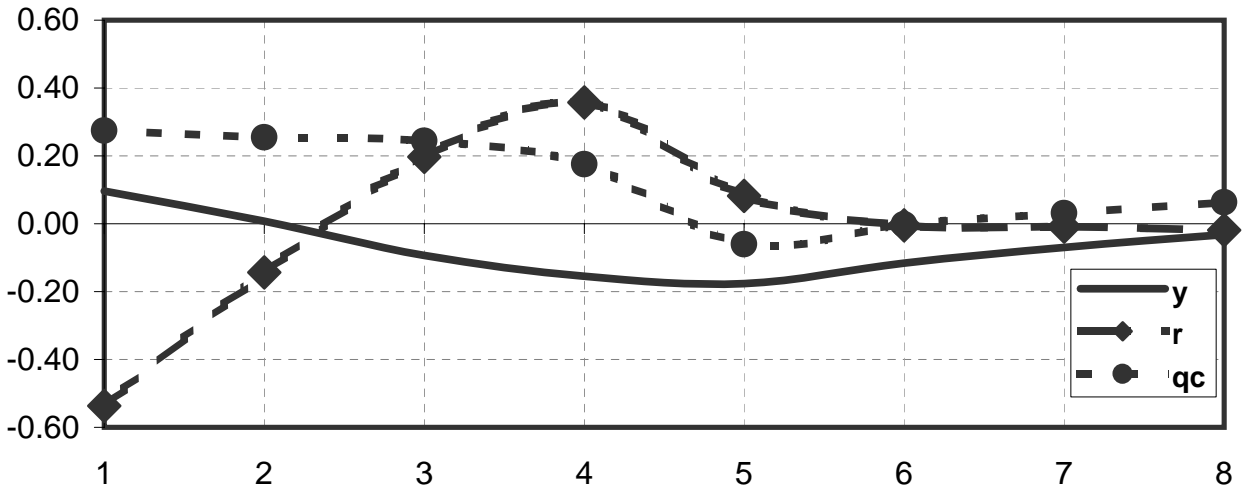
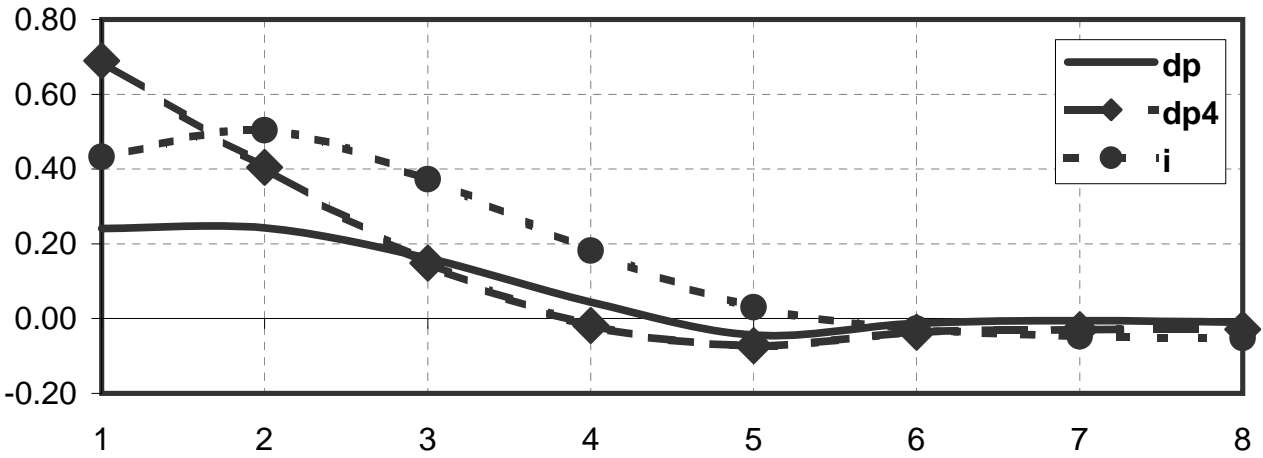


dp - האינפלציה לרביע
 dp4 - האינפלציה בארבעת הרבעים הבאים
 y - פער התוצר לייצור
 i - ריבית בנק ישראל
 r - הריבית הריאלית
 qc - פער שער החליפין הריאלי במונחי צריכה
 qz - פער שער החליפין הריאלי במונחי תשומות
 de - הפיחות הנומינלי בשער החליפין

דיאגרמה 7

הגמישות הדינמית לזעזוע מתמשך בריבית חו"ל

נקודות אחוז



- r הריבית הריאלית
- dp האינפלציה לרביע
- qc פער שער החליפין הריאלי במונחי צריכה
- dp4 האינפלציה בארבעת הרבעים הבאים
- de הפיחות הנומינלי בשער החליפין
- y פער התוצר
- i ריבית בנק ישראל

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' אופנבר, 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

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