

בנק ישראל
המחלקה המוניתרית



מודל מקרו-כלכלי

לסיוע בתכנון

המדיניות המוניתרית בישראל

דוד אלקיים
איל ארגוב
אלון בנימיני
עירית רוזנשטרם

כסלו התשס"ז - דצמבר 2006

9 ינואר, 2007

מודל מקרו-כלכלי לסיוע בתכנון המדיניות המוניטרית בישראל

המודל המוניטרי הוכן במחלקה המוניטרית ומיועד לסייע לבנק בגיבוש הערכתו לגבי המדיניות המוניטרית הרצויה. המודל הוכן על ידי צוות בראשות דוד אלקיים וכולל גם את הכלכלנים: איל ארגוב, אלון בנימיני ועירית רוזנשטרום.

התיאוריה העומדת ברקע המודל תואמת בעיקרון את הזרם המרכזי של התיאוריה המוניטרית המקובלת כיום באקדמיה ובבנקים המרכזיים בעולם המערבי (התיאוריה הניאו-קיינסיאנית). בניסוח המודל הכותבים נשענים על מספר מודלים שפותחו ונוסחו למשקים אחרים. הדגש כאן הוא בתשומת לב מיוחדת למאפיינים של המשק הישראלי, ולטיב הנתונים הקיימים בישראל.

המודל המוצג הוא קטן, אך מכיל את הערוצים העיקריים שדרכם ריבית הבנק המרכזי משפיעה על האינפלציה. המודל מכיל ארבע משוואות, המתארות את היקבעות האינפלציה, פער התוצר, שער החליפין הנומינלי והריבית.

יתרון חשוב של מודל קטן הוא יכולתו לתאר בבהירות ובפשטות, את קשרי הגומלין בין המשתנים העיקריים הקשורים למנגנון התמסורת, תוך שמירה על עקביות תיאורטית.

המודל המוצע מיועד לשמש כלי אופרטיבי שיסייע לבנק המרכזי בהערכת תוואי הריבית הדרוש להשגת יעד האינפלציה, זאת, כמובן, בנוסף למגוון רחב של כלים ואינדיקטורים, בכלל זה מודלים אחרים, המשמשים את בנק ישראל. המודל המוצג כאן, עשוי לשמש גם גורמים אחרים המעוניינים לעקוב אחר ההתפתחויות המוניטריות ו/או לחזות את ההתפתחות העתידית במשתנים הרלוונטיים.

שימוש נוסף וחשוב של המודל הוא מיקוד הדיון סביב המדיניות המוניטרית והגברת התקשורת שבין הגורמים השונים הקשורים למדיניות המוניטרית ולתוצאותיה (הן בתוך הבנק המרכזי והן מחוץ לו).

כדי לחזק את יכולת החיזוי של המודל, השתדלו הכותבים, בניסוח המודל, לאזן ולשלב בין הצורך לשמור על ההיגיון הכלכלי הצרוף ובין הצורך להגיע לתיאור אמפירי מוצלח של הקשר שבין המשתנים הרלוונטיים. התאמה טובה של המודל לנתונים היא תנאי חשוב לשימוש אופרטיבי בו – ביצוע תחזיות לטווחים הקצר והבינוני (עד שלוש שנים), בחינת חלופות מדיניות והערכת סיכונים. הפרמטרים של המודל נאמדו באמצעות נתונים רבעוניים של המשק הישראלי לשנים 1992 עד 2005.

עם זאת, הכותבים מדגישים שמודל זה, כמו כל מודל אחר, הוא תיאור פשטני של מציאות מורכבת, ולפיכך אין הוא יכול לשמש אלא אחד מהכלים המסייעים בהערכת המצב העכשווי

והעתידי של הכלכלה. תמיד יהיו גורמים מיוחדים המשפיעים על הכלכלה, ושאינם באים לידי ביטוי במודל. בהקשר זה מציינים הכותבים כי אחד האתגרים החשובים בשימוש במודל הוא שילוב אינפורמציה חיצונית בסימולציות של המודל.

תוכן העניינים

5	תמצית
6	1. הקדמה
7	2. התפקידים של מודל מוניטרי במסגרת משטר של יעד אינפלציה
9	3. תיאור תמציתי של המודל (מנגנון התמסורת)
15	4. משוואות המודל
29	5. תכונות המודל – גמישויות דינמיות
42	6. השימוש במודל לחיזוי ולסימולציות
54	7. בדיקות טיב ההתאמה של המודל לנתונים
68	8. מסקנות וכיוונים להמשך
72	נספח א': גזירת משוואת האינפלציה
75	נספח ב': אמידת משוואות המודל
79	נספח ג': העקרונות של סימולציה דינמית במודל עם ציפיות רציונליות
82	נספח ד': תיאור הנתונים
85	ביבליוגרפיה

תמצית*

בעבודה זו אנו מציגים מודל ניאו - קיינסיאני קטן למשק הישראלי, המתאר את קשרי הגומלין בין המשתנים העיקריים הרלוונטיים לקשר שבין המדיניות המוניטרית לאינפלציה. המודל מורכב משלוש משוואות מבוניות – לאינפלציה, לפער התוצר ולשער החליפין. הוא נסגר באמצעות כלל ריבית, המתאר כיצד יש להתאים את הריבית כדי לייצב את קצב עליית המחירים ולמזער את הסטיות של הפעילות מהמגמה. התיאוריה שעליה נשען המודל תואמת בעיקרון את הזרם המרכזי של התיאוריה המוניטרית המקובלת כיום באקדמיה ובבנקים המרכזיים בעולם המערבי. המודל המוצג הוא קטן, אך מכיל את הערוצים העיקריים שדרכם ריבית הבנק המרכזי משפיעה על האינפלציה. יתרון חשוב של מודל קטן הוא יכולתו לתאר בבהירות ובפשטות, את קשרי הגומלין בין המשתנים העיקריים הקשורים למנגנון התמסורת, תוך שמירה על עקביות תיאורטית. המודל המוצע מיועד לשמש כלי אופרטיבי שיסייע לקובעי המדיניות המוניטרית בהערכת תוואי הריבית הדרוש להשגת יעד האינפלציה, אולם הוא עשוי לשמש גם גורמים אחרים המעוניינים לעקוב אחר ההתפתחויות המוניטריות ו/או לחזות את ההתפתחות העתידית במשתנים הרלוונטיים. שימוש נוסף וחשוב של המודל הוא מיקוד הדיון סביב המדיניות המוניטרית והגברת התקשורת שבין הגורמים השונים הקשורים למדיניות המוניטרית ולתוצאותיה (הן בתוך הבנק המרכזי והן מחוץ לו). כדי לחזק את יכולת החיזוי של המודל, השתדלנו, בניסוח המשוואות, לאזן ולשלב בין הצורך לשמור על ההיגיון הכלכלי הצרוף ובין הצורך להגיע לתיאור אמפירי מוצלח של הקשר שבין המשתנים הרלוונטיים. הפרמטרים של המודל נאמדו באמצעות נתונים רבעוניים של המשק הישראלי לשנים 1992 עד 2005.

* ברצוננו להודות לעקיבא אופנבכר, לדאגלס לקסטון, למייקל בינשטוק, לאלכס אילק, לגיא סגל ולמשתתפי הסמינר במחלקה המוניטרית ובמחלקת המחקר, שהעירויותם תרמו לפיתוח המודל.

1. הקדמה

בעבודה זו אנו מנסחים ואומדים מודל מקרו-כלכלי קטן, המיועד, בין היתר, לסייע לבנק המרכזי בקביעת הריבית הדרושה להשגת יעד האינפלציה. המודל הוא רבעוני והוא המודל הקטן ביותר האפשרי לתיאור מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית במשק קטן ופתוח. המודל מכיל ארבע משוואות, המתארות את היקבעות האינפלציה, פער התוצר, שער החליפין הנומינלי והריבית.

יתרון חשוב של מודל קטן הוא יכולתו לתאר בבהירות ובפשטות את קשרי הגומלין בין המשתנים העיקריים הקשורים למנגנון התמסורת, תוך שמירה על עקביות תיאורטית. הפשטות והבהירות מסייעות למקד את הדיון ולהגביר את התקשורת שבין הגורמים השונים הקשורים למדיניות המוניטרית ולתוצאותיה (הן בתוך הבנק המרכזי והן מחוץ לו).

בניסוח המודל האמפירי ובאמידת הפרמטרים השתדלנו לאזן בין הרצון להיצמד לתיאוריה הכלכלית הצרופה ובין הרצון להגיע לתיאור אמפירי טוב של הקשרים שבין המשתנים הרלוונטיים. התאמה טובה של המודל לנתונים היא תנאי חשוב לשימוש אופרטיבי בו – עריכת תחזיות לטווחים הקצר והבינוני (עד שלוש שנים), בחינת חלופות מדיניות והערכת סיכונים. עם זאת חשוב להדגיש, שכל מודל הוא תיאור פשטני של מציאות מורכבת, ולפיכך אין הוא יכול לשמש אלא אחד מהכלים המסייעים בהערכת המצב העכשווי והעתיד של הכלכלה. תמיד יהיו גורמים מיוחדים המשפיעים על הכלכלה שאינם באים לידי ביטוי במודל. לפיכך אחד האתגרים החשובים בשימוש במודל הוא שילוב אינפורמציה חיצונית בסימולציות של המודל.

בעבודה זו אנו נשענים, כמובן, על מספר מודלים שפותחו ונוסחו למשקים אחרים. הדגש כאן הוא בתשומת לב מיוחדת למאפיינים של המשק הישראלי ולטיב הנתונים הישראליים. בניגוד לרוב העבודות שנעשו בתחום בעולם, מודגשת כאן אמידה אמפירית (קלאסית) של הפרמטרים של המודל.

בפרק הבא, השני, נתאר בקצרה את התפקידים של מודל מוניטרי במסגרת משטר של יעד אינפלציה. בפרק השלישי נביא תיאור מילולי תמציתי של משוואות המודל ושל מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית על פיו (כלומר נפרט את הערוצים שדרכם הריבית ושער החליפין משפיעים על המחירים). הפרק הרביעי יתאר בפירוט את משוואות המודל ואת החשיבה הכלכלית העומדת ברקע ניסוחן. בפרק החמישי נבחן את תכונותיו של המודל (הגמישויות הדינמיות), ובשישי נדגים את השימוש בו לבניית תחזית. בפרק השביעי נבחן את טיב ההתאמה של המודל לנתונים (סימולציה דינמית בתוך תקופת

האמידה והשוואת מומנטים באמצעות סימולציית (Monte-Carlo), ובפרק השמיני נסכם את עיקר הממצאים ונצביע על כיוונים להמשך.

2. התפקידים של מודל מוניטרי במסגרת משטר של יעד אינפלציה

המטלה המרכזית של המדיניות המוניטרית היא לספק עוגן לאינפלציה. כלי המדיניות המשמש את הבנק המרכזי להשגת מטרה זו הוא הריבית¹. הבעיה המרכזית של המדיניות המוניטרית היא להעריך מהו שיעור הריבית התואם את השגת יעד האינפלציה, במגבלות שתפורטנה להלן. זוהי למעשה המטלה של רוב הבנקים המרכזיים בעולם המערבי.

עצם העובדה שהוטלה על הבנקים המרכזיים המטלה להשיג את יעד האינפלציה באמצעות כלי הריבית משמעותה שהממשלות בעולם המערבי מעריכות כי באמצעות התאמות של הריבית, ניתן לייצב את האינפלציה. הערכה זו היא תולדת פיתוחה של מסגרת תיאורטית שהתגבשה במהלך 20 השנים האחרונות. מסגרת זו, התיאוריה הניאו-קיינסיאנית, מתארת את הקשרים המרכזיים המאפיינים את מנגנון התמסורת של המדינות המוניטריות – המנגנון המקשר בין שינויים בריבית לבין שיעור האינפלציה².

מודל מוניטרי הוא מערכת משוואות המתארות את מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית. ברוב הבנקים המרכזיים שבעולם המערבי פותחו בעשור האחרון מודלים מוניטריים הנשענים על התיאוריה הניאו-קיינסיאנית. המודלים נבדלים במידת מורכבותם, אולם לכולם משותפים מספר מאפיינים:

1. המשתנים המרכזיים החיוניים לתיאור והבנה של מנגנון התמסורת במשק קטן ופתוח הם האינפלציה, פער התוצר³, שער החליפין והריבית.
2. בגלל קשיחות זמנית של המחירים והשכר, שינויים בריבית הנומינלית מתבטאים בטווח הקצר בשינויים בריבית הריאלית, ואלה מחוללים סטייה זמנית של משתנים ריאליים ממגמותיהם. אולם לשינויים בריבית אין השלכה על המגמה של המשתנים הריאליים, כגון הריבית הריאלית, שער החליפין הריאלי, הפעילות והתעסוקה.

¹ הריבית על ההלוואה המוניטרית לבנקים או על פיקדונות הבנקים בבנק ישראל.

² להצגה מפורטת של תיאוריה זו ראו: (2000) Svensson, (2003) Walsh, (2003) Woodford.

³ פער התוצר הוא הפער באחוזים בין התוצר בפועל ובין התוצר הפוטנציאלי. התוצר הפוטנציאלי בהקשר הנוכחי הוא מושג תיאורטי: התוצר שהיה נקבע במצב של גמישות מחירים. בעבודה זו הוא נאמד בשיטת מסנן HP (כפי שמפורט בהמשך).

3. הכלכלה (והאינפלציה בפרט) נתונה לזעזועים בלתי צפויים. באמצעות התאמה מתמדת של הריבית, בתגובה על זעזועים אלה, ניתן להשיג ייצוב יחסי של קצב האינפלציה (כלומר, להקטין את הסטיות של האינפלציה מהיעד, לאורך זמן).

4. המדיניות המוניטרית היא הגורם הבלעדי הקובע בסופו של דבר את קצב האינפלציה⁴. נניח למשל שקובעי המדיניות רוצים להפחית את קצב האינפלציה. במקרה כזה העלאה של הריבית הנומינלית תביא לעליה **זמנית** של הריבית הריאלית ולירידה **זמנית** של הפעילות הריאלית ושל שער החליפין הריאלי, ואלה פועלים לירידה **פרמננטית** של האינפלציה (ושל הריבית הנומינלית). במילים אחרות: להפחתת האינפלציה יש, בטווח הקצר, מחיר ריאלי במונחי הפעילות והתעסוקה: אלה יהיו, לזמן מה, נמוכים מרמתם הפוטנציאלית. אולם הפגיעה בפעילות ובתעסוקה היא זמנית, ואילו הירידה באינפלציה היא פרמננטית.

בשל התחלופה, בטווח הקצר, בין סטיות של האינפלציה מהיעד וסטיות של התוצר מרמתו הפוטנציאלית, נוקטת המדיניות המוניטרית, ברוב המקומות, מדיניות גמישה של יעד אינפלציה. ב"מדיניות גמישה" הכוונה לשאיפתם של קובעי המדיניות לשלב ולאזן בין המטרה של הקטנת סטיות האינפלציה מהיעד למטרה של הקטנת הסטיות של התוצר מרמתו הפוטנציאלית. לרוב יש לקובעי המדיניות מטרה נוספת – למתן את התנודות בריבית, מחשש לפגיעה ביציבות הפיננסית. ההשלכה של איזון בין המטרות (או המגבלות) דלעיל היא שהתגובה של הריבית על זעזועים באינפלציה תהיה הדרגתית, וגם החזרה של האינפלציה לתוואי תהיה הדרגתית. זאת כדי למתן את התנודות בתוצר ובריבית.

בהינתן מודל המתאר את מנגנון התמסורת, ערכים מספריים לפרמטרים של המודל, ומטרות המדיניות המוניטרית (השגת יעד האינפלציה תוך הקטנת הסטיות של התוצר מהמגמה ומיתון התנודות בריבית) – ניתן לחשב את שיעור הריבית הנדרש בהווה ובעתיד כדי שהאינפלציה תהיה קרובה ככל האפשר ליעד, בכפיפות למגבלות דלעיל. זהו תפקידו העיקרי של מודל מוניטרי, אולם לא תפקידו היחיד.

מודל מוניטרי מסייע לנתח ולהבין את מצבו העכשווי של המשק ולזהות את אופי הזעזועים המשפיעים עליו. בהינתן ההערכה לגבי המצב העכשווי, השלב הבא הוא חיזוי,

⁴ זאת בתנאי שלא מתפתח מצב של דומיננטיות פיסקלית; במקרה זה העלאת הריבית עלולה לפעול דווקא לעלייה באינפלציה. מצב כזה, שמבטא למעשה אובדן שליטה של המדיניות המוניטרית, עלול להיווצר כאשר יחס החוב הממשלתי לתוצר ו/או משקל החוב במט"ח בסך החוב עולה במידה משמעותית (ראו למשל Blanchard, 2004). בישראל, מאז תוכנית הייצוב של שנת 1985, והודות לחקיקת חוק אי-ההדפסה והפחתה משמעותית (ומתמדת) של גירעון הממשלה, הסבירות של התפתחות כזאת נמוכה. (ראו למשל Liviatan, 2003).

באמצעות המודל, של ההתפתחות העתידית במשתנים הרלוונטיים, כגון הריבית, האינפלציה, שער החליפין ופער התוצר. כל זאת בצורה מובנית ועקבית.

שימוש נוסף וחשוב הוא בחינה של חלופות מדיניות וניתוח סיכונים. המודל מאפשר להעריך מהי המדיניות הנכונה שתידרש לגבי סוגי זעזועים שונים העלולים לפקוד את המשק.

ולבסוף, מודל מוניטרי מסייע למקד את הדיון ולהגביר את התקשורת שבין הגורמים השונים הקשורים למדיניות המוניטרית ולתוצאותיה (הן בתוך הבנק המרכזי והן מחוץ לו). כך למשל, הבנק המרכזי מחויב לפרסם אחת למחצית שנה דוח אינפלציה, ובו להסביר את הסיבות למדיניות שנקט במהלך החודשים הקודמים. מודל מוניטרי עשוי לשמש כלי חשוב, שיסייע לנתח את ההתפתחויות בכלכלה בבהירות ובעקביות, ובכך לתרום להגברת התקשורת והאמינות.

3. תיאור תמציתי של המודל (מנגנון התמסורת)

המודל דלהלן שייך למשפחת המודלים הניאו-קיינסיאניים. במודלים אלה, ובמסגרת של יעד אינפלציה, תפקיד המדיניות המוניטרית מוגדר ביותר: לספק למשק עוגן לאינפלציה ולציפיות האינפלציה. במודלים אלה, אם המדיניות המוניטרית ממלאת את תפקידה כיאות (כפי שיוגדר להלן ביתר פירוט), הכלכלה מתכנסת לשיווי משקל, שבו הגדלים הריאליים מתכנסים לערכם הטבעי (כמפורט להלן), האינפלציה מתכנסת ליעדה, ויתר הגדלים הנומינליים "מתיישרים" עם יעד האינפלציה⁵.

עוד מניחים שבכלכלה קיימות קשיחויות נומינליות, שבעטיין לשוניים בריבית הנומינלית יש בטווח הקצר השלכות ריאליות. שינויים בריבית הנומינלית מתבטאים, בטווח הקצר, בשינויים בריבית הריאלית, ואלה משליכים על שער החליפין הריאלי (והנומינלי), על הפעילות הריאלית ועל התעסוקה. אולם השפעות אלה הן רק בטווח הקצר. בטווחים הבינוניים (בין שנה לשלוש) והארוך ההשפעה של קשיחויות אלה באה לידי מיצוי, והגדלים הריאליים חוזרים לשיעוריהם הטבעיים, הנקבעים על ידי גורמי היצע, שלמדיניות המוניטרית אין כל השפעה עליהם.

מסיבות אלה כל המשתנים הריאליים במודל הם במונחי סטיות ממגמה (להלן "פערים"). ניסוח כזה נשען, כאמור, על התפיסה שלמשתנים נומינליים בכלל ולמדיניות המוניטרית בפרט אין השפעה על המגמות של המשתנים הריאליים. חשוב להדגיש

⁵ זאת, כאמור, בתנאי שלא מתפתח מצב של דומיננטיות פיסקלית.

שהמודל הנוכחי אינו מיועד לספק הסבר למגמות של המשתנים הריאליים. כך, למשל, אין המודל מסביר את קצב הגידול של התוצר הפוטנציאלי, שיעור הריבית הטבעית ומגמת שער החליפין הריאלי; גדלים אלה נקבעים מחוץ למודל. עם זאת, שינויים בריבית הנומינלית פועלים, כאמור, ליצירת סטיות של המשתנים הריאליים מהמגמה, וסטיות אלה משפיעות על קצב עליית המחירים (כפי שמפורט בהמשך).

לפני שנציג את משוואות המודל נקדים מספר מילים לגבי אופי הכלכלה שאליה המודל מתייחס. אנו מניחים משק קטן ופתוח (ישראל), שבו ארבע קבוצות שחקנים מרכזיות: משקי בית, פירמות, חו"ל (משקי בית ופירמות) ובנק מרכזי.⁶ משקי הבית (שהם זהים) מפיקים תועלת משני סוגי מוצרים – מוצרים המיוצרים בשוק המקומי, שמחירים נקבעו על ידי הפירמות המקומיות, ומוצרים מיובאים, שמחירים נקבעו בחו"ל. משקי הבית חוסכים כדי להחליק צריכה על פני זמן. את רכושם הם יכולים להשקיע בנכסים מקומיים, נושאי ריבית שקלית, או בנכסים בחו"ל הנושאים ריבית דולרית. הקצאת הרכוש בין נכסים אלה תיקבע בהתאם לשיעורי הריבית בארץ ובחו"ל, לפיחות הצפוי בשער החליפין ולסיכון היחסי של הנכסים המקומיים.

משקי חו"ל מייבאים מוצרים ממדינות שונות. המוצרים המיובאים מכל מדינה, ובפרט מישראל, אינם זהים. למדינה המייצאת יש השפעה על מחיר היצוא שלה, והביקוש של חו"ל ליצוא מישראל תלוי במחיר היצוא הישראלי, הקשור למחירי המוצרים המיוצרים בישראל, ביחס לשאר המדינות.

הפירמות במודל מייצרות בתנאים של תחרות מונופוליסטית; משמע שישנן פירמות רבות שכל אחת מהן מייצרת מוצר ייחודי מעט, כך שהיא יכולה לקבוע את מחיר המוצר שלה.⁷ כל פירמה עושה שימוש בתשומות מקומיות ובתשומות מיובאות ומציעה את מוצריה לשוק המקומי (למשקי הבית) ולחו"ל (יצוא).

המודל הוא אגרסיבי ומכיל ארבע משוואות התנהגותיות דינמיות הנגזרות מפיתרון בעיות אופטימיזציה של משקי הבית והפירמות לצד כלל ריבית של הבנק המרכזי. באיור 3.1 מוצגת פריסה סכמטית של המודל.

⁶ הממשלה אינה נמנית כאן כי תפקידה במודל המתאר את האינפלציה הוא מוגבל. עקב קיום חוק אי-ההדפסה, לממשלה אין השפעה ישירה על כמות הכסף במשק, שנקבעת בלעדית על ידי הבנק המרכזי. הממשלה יכולה לממן את גירעונה אך ורק באמצעות הלוואות מתושבי ישראל או מתושבי חוץ. הגדלת הגירעון והחוב הממשלתי יבואו לידי ביטוי בריבית ריאלית גבוהה יותר, והדבר ישפיע על המגמה של גדלים ריאליים נוספים, כגון ההשקעות וקצב הצמיחה. הדבר גם יכול להשפיע על הרמה של שיעור הריבית (הנומינלי והריאלי) שיידרש להשגת יעד האינפלציה, אולם לא על קצב האינפלציה שישורו בסופו של דבר. הביקושים של הממשלה המופנים לסקטור העסקי, באים לידי ביטוי במודל במשוואת פער התוצר. (ראו בהמשך.)

⁷ מידת הביקוש למוצר של פירמה בודדת, נקבע בהתאם למחירו ביחס למחיר של יתר הפירמות.

המשוואה הראשונה מתארת את קצב עליית המחירים לצרכן כפונקציה של האינפלציה הצפויה, פער התוצר, פער שער החליפין הריאלי 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 בעתיד. פער התוצר משקף את השפעת הביקוש המצרפי על המחירים. עלייה בביקוש המצרפי פועלת לעליית המחירים הן כתוצאה מעלייה בעלויות הייצור הנובעות מגידול הביקוש לגורמי ייצור (עבודה, הון וחומרי גלם), והן כתוצאה מהנטייה של הפירמות (המונופוליסטיות) לנצל את גידול הביקוש להעלאת שיעור הרווח. עלייה בשער החליפין הנומינלי או במחירים העולמיים פועלת ישירות לייקור המוצרים המיובאים בסל התצרוכת. לעלייה כזאת יש גם השפעה עקיפה על מחירי המוצרים המיוצרים בשוק המקומי, שכן הדבר מגדיל את הביקוש לסחורות מקומיות ולגורמי ייצור מקומיים (השפעת תחלופה) וגורר את ייקורם (כפי שמפורט בפרק הבא).

המשוואה השנייה מתארת את הסטיות של התוצר ממגמתו (פער התוצר). פער התוצר מושפע מפער הריבית הריאלית, שהוא הפער שבין הריבית הריאלית השוטפת⁸ (הצפויה) לריבית הריאלית הטבעית, מפער שער החליפין הריאלי⁹, מפער הסחר העולמי, המייצג את הביקוש העולמי, מפער הצריכה הציבורית המקומית ומפער ההשקעה המקומית.

עלייה בריבית הנומינלית פועלת, בשלב הראשון, בהנחת קשיחות זמנית של המחירים, לעלייה בריבית הריאלית, וזו פועלת להקטנת הביקוש לצריכה בהווה (השפעת תחלופה בין תקופות), 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 של שער החליפין הריאלי ממגמתו. הירידה בשער החליפין הריאלי מייקרת את המחיר הדולרי של היצוא ומוזילה את מחירו היחסי של היבוא, ובכך פועלת לירידת הביקוש העולמי והמקומי לתוצרת מקומית¹⁰ (הכול במונחי סטיות).

⁸ ריבית בנק ישראל בניכוי הציפיות לאינפלציה.

⁹ הסטיות של שער החליפין הריאלי ממגמתו.

¹⁰ מניחים שבשלב הראשון המחיר של היצוא הישראלי במונחי שקלים נותר בעינו. אם שער החליפין הנומינלי יורד – במונחי דולרים המחיר עולה. עליית המחיר מביאה, מנקודת הראות של העולם, לתחלופה עם סחורות אחרות שהעולם מייבא, ולכן – לירידת הביקוש לסחורות מישראל.

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

המשוואה השלישית מתארת את הקשר הדינמי שבין שער החליפין הנומינלי של השקל (ביחס לדולר) לבין הפער 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 ירד.

המשוואה הרביעית מתארת את האופן שבו הבנק המרכזי מתאים את הריבית הנומינלית במטרה להשיג, בסופו של דבר את יעד האינפלציה. במשוואה זו מופיעים גורמים ארוכי טווח – יעד האינפלציה והריבית הטבעית – וגורמים קצרי טווח: הפער שבין האינפלציה הצפויה ליעד האינפלציה ופער התוצר. ההתאמה של הריבית לתנאים המשתנים (לפער האינפלציה ולפער התוצר) במשוואת הריבית היא הדרגתית (לא מיידית); משמע שהתאמת הריבית מתבצעת כך שבתגובה על זעזועים הגורמים לסטיות, החזרה של האינפלציה ליעד ושל התוצר השוטף לתוצר הפוטנציאלי תהיה הדרגתית¹¹.

לפני שנתאר את מנגנון התמסורת, ראוי לציין שכמות הכסף אינה מופיעה במפורש במודל, אך היא קיימת ברקעו¹². הבנק המרכזי, בהיותו הספק הבלעדי של בסיס הכסף למשק, יכול לקבוע או את כמותו או את מחירו (שיעור הריבית הנומינלית). מסיבות חשובות, שהדיון בהן הוא מחוץ למסגרת עבודה זו¹³, בחרו רוב הבנקים המרכזיים בעולם המערבי להשתמש במחיר הכסף כמשתנה המדיניות. קביעת הריבית, בשיעור מסוים, משמעותה שהבנק המרכזי מוכן לספק לציבור (בדרך כלל באמצעות הבנקים) את כל כמות הכסף שהציבור חפץ להחזיק בשיעור ריבית מסוים זה. במילים אחרות: במשטר שבו שיעור הריבית הוא כלי המדיניות, כמות הכסף נקבעת על ידי הביקוש של הציבור. בעיקרון, מההיבט התיאורטי, ובהנחה שמתקיים קשר יציב בין שיעור הריבית ובין הביקוש לכסף, היה ניתן לבחור בכמות הכסף כמשתנה מדיניות, ולנסח כלל תגובה לכמות הכסף שיביא להתכנסות האינפלציה ליעדה. במקרה כזה כמות הכסף הייתה מופיעה במפורש במודל, והריבית הייתה נותרת ברקע.

¹¹ אופן התאמת הריבית הוא כזה שבדרך כלל בטווח של שנתיים פער התוצר מתאפס, והאינפלציה צפויה לחזור ליעד. מסיבה זו הדבר המעניין בדרך כלל בתכנון המוניטרי אינו התחזית ביחס לאינפלציה או לפער התוצר, שכן אלה אמורים לחזור לתוואי בתוך תקופה מסוימת. התוצר המרכזי המעניין בתכנון המוניטרי הוא התחזית או ההערכה לגבי התוואי העתידי של ריבית בנק ישראל שיידרש להשגת יעד האינפלציה ולהשבת התוצר למגמתו.

¹² ליתר דיוק, הכסף (ולאו דווקא כמות ספציפית שלו) קיים ברקע. לדיון בתפקידים של מצרפים מוניטרים במנגנון התמסורת במודל הניאו-קיינסיאני ראו למשל (Woodford (2006).

¹³ ראו למשל (Clarida et al. (1999).

מנגנון התמסורת על פי המודל

עלייה של הריבית הנומינלית פועלת במודל לירידה של שיעור האינפלציה במספר ערוצים:

1. **הערוץ הישיר של הצריכה הפרטית.** עליית הריבית הנומינלית, בהנחת קשיחות זמנית של המחירים, מתבטאת בעלייה של הריבית הריאלית. זו מביאה לירידת הביקוש לצריכה פרטית בהווה, בגלל תחלופה בין-זמנית, ועמה – לירידת הביקוש לתוצר העסקי ולירידת מחירים.

2. **ערוץ שער החליפין.** עליית הריבית 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 הוא חלק ממדד המחירים לצרכן, ולכן המדד לצרכן ירד.

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; ירידת הביקוש המקומי פועלת לירידת הרכיב המקומי של המחירים לצרכן, ועמה – לירידת המדד לצרכן.

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

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

עליית הריבית הביאה לירידה באינפלציה, בפער התוצר ובשער החליפין. נניח שבנקודת המוצא פער האינפלציה ופער התוצר היו מאופסים. כעת פערים אלה הם שליליים, ועל פי כלל הריבית יש להפחית את הריבית. בשלב הבא הריבית תופחת בהדרגה, והאינפלציה, פער התוצר ושער החליפין הריאלי יחזרו בהדרגה לשיעוריהם בנקודת המוצא.

ערוץ נוסף וחשוב שדרכו משפיעה הריבית על המחירים הוא ערוץ הציפיות. אנו מניחים שהציפיות הן רציונליות¹⁴, כלומר מתפתחות באופן עקבי עם המודל. כפי שיובהר בהמשך, השפעתן של הציפיות במודל מתבטאת בהחשת ההשפעה של המדיניות המוניטרית על המחירים.

עניין נוסף שראוי לציון בשלב זה הוא שבניסוח המודל איננו כופים תמסורת מיידית משער החליפין בעולם למחירי היבוא בשוק המקומי. העובדה שאין בידינו נתונים על המחירים בשוק המקומי של מוצרי היבוא הרלוונטיים מקשה על הטיפול בעניין זה. בהמשך נתאר כיצד אנו מתמודדים עם קשיים אלה.

4. משוואות המודל

דיון מפורט במסגרת התיאורטית של משוואות המודל מוצג בעבודה קודמת – אלקיים וארגוב (2006), שם יש גם הפניה למקורות רלוונטיים. כאן אנו משתמשים במשוואות שפותחו שם, עם התאמות מסוימות שנועדו לפשט את המשוואות ולשפר את התאמתן לנתוני המשק הישראלי; כל זאת בלי לאבד את הבסיס התיאורטי שעליו נשען המודל. להלן נציג את המשוואות ואת המקדמים שנאמדו. הסבר נוסף לספציפיקציה המסוימת שנבחרה והצגה של האומדנים מובאים בנספחים א' ו-ב'.

4.א. משוואת האינפלציה

מדד המחירים שביחס אליו נקבע יעד האינפלציה בישראל הוא מדד המחירים לצרכן. לצורך ניתוח המחירים לצרכן במשק פתוח נהוג להסתכל על מדד המחירים לצרכן כמורכב משני רכיבים עיקריים: מדד המחירים של מוצרים ושירותים המיוצרים בשוק המקומי (p^h) ומדד המחירים של מוצרים ושירותים מיבוא (p^f). המדד לצרכן (p^c) הוא ממוצע משוקלל של שני רכיבים אלה, כלומר¹⁵:

$$(4.1) \quad p^c_t = w^f p^f_t + (1 - w^f) p^h_t$$

כאשר w^f הוא משקל רכיב היבוא במדד המחירים לצרכן.

¹⁴ ליתר דיוק, כפי שיפורט בהמשך, אנו מניחים שלפחות חלק מהציבור הוא בעל ציפיות רציונליות.

¹⁵ כל המשתנים במשוואה (4.1) הם במונחי log.

חשוב להדגיש כי יש, כמובן, נתונים על המדד הכללי (p^c), אולם אין נתונים על שני הרכיבים דלעיל, שהם משתנים בלתי נצפים. בהמשך נפרט בהרחבה כיצד אנו מנסים להתגבר על קושי זה. כאן נציין שהאומדן אשר התקבל למשקל המוצרים והשירותים מיבוא במדד הכללי (w^f) הוא 0.45. אומדן זה נגזר מההשפעה של השינויים בשער החליפין על השינוי במחירים לצרכן (כמפורט בהמשך). במבט ראשון משקל זה נראה גבוה. כך, למשל, המשקל של היבוא הישיר של סחורות צריכה בסך הצריכה הפרטית הוא רק כ-10 אחוזים; אולם ישנם רכיבי יבוא נוספים שאינם נכללים במדידה זו – רכיבי אנרגיה מסוימים, נסיעות לחוץ לארץ ועוד¹⁶. כך גם רכיב הדיור (המהווה כ-20 אחוזים מהמדד) מושפע חזק משער השקל ביחס לדולר, ולכן, בחלוקה דלעיל, סביר להניח שהוא משתייך לקבוצה של מוצרי היבוא¹⁷.

למחירים המקומיים אנו מניחים את המשוואה הבאה:

$$(4.2) \quad \pi_t^h = a_{id} \pi_{t+1}^h + (1 - a_{id}) \pi_{t-1}^h + a_y (0.5 y_t + 0.5 y_{t-1}) + a_{zf} (p_t^{zf} - p_t^h)$$

האומדנים שהתקבלו לפרמטרים הם:

$$a_{id} = 0.53 \quad a_y = 0.06 \quad a_{zf} = 0.06$$

כאשר $\pi_t^h = p_t^h - p_{t-1}^h$ היא האינפלציה במחירי המוצרים המקומיים, y_t הוא פער התוצר העסקי, ו- $p_t^{zf} = p_t^h - p_{t-1}^h$ הם מחירי התשומות המיובאות המשמשות לייצור מקומי¹⁸. המשתנה π_{t+1}^h מייצג את הציפיות בזמן t לאינפלציה בזמן $t+1$.

גזירה מפורטת של משוואה דומה לזו, הנשענת על יסודות מיקרו-כלכליים, מוצגת בעבודה קודמת – אלקיים וארגוב (2006). התיאוריה של משוואות מסוג זה עבור משק סגור מוצגת למשל אצל Woodford (2003), ועבור משק פתוח אצל Svensson (2000). הרעיון הבסיסי העומד מאחורי ההשפעה של האינפלציה הצפויה על האינפלציה בהווה הוא ההנחה (שכיום מקובל לראות בה עובדה) שלשינוי המחיר על ידי היצרנים יש

¹⁶ ישנם מספר רכיבי אנרגיה מיובאים שנכללים בקטגוריה של יבוא התשומות לייצור, אולם, לגבי חלקם, הערך המוסף המתווסף אליהם במעבר מהיבואן לצרכן הסופי הוא מועט ביותר. כך, למשל, הרכיב של דלק ושמנים לרכב (שמשקלו במדד 4.7 אחוזים) הוא למעשה מוצר יבוא. כך גם נפט וסולר להסקה (שמשקלו 0.4 אחוז) וחלק ניכר מגז ודמי שרות (שמשקלו 0.6 אחוז). רכיב אחר שהוא למעשה יבוא שירותים הוא רכיב ההוצאות על נסיעות לחר"ל (שמשקלו כ-4.2 אחוזים). סביר להניח שקיימים רכיבים נוספים שהם למעשה ייבוא ישיר, ובניכוי סעיף הדיור (ראו להלן) אנו מעריכים את משקלם במדד בכ-6 אחוזים.

¹⁷ הואיל ורכיב הדיור אינו רכיב יבוא, ולמעשה גם אינו מוצר סחיר, ומפני המיתאם הגבוה שבינו ובין שער החליפין ביחס לדולר, היה רצוי לנסח לו משוואה נפרדת. אנו מקווים לעשות זאת בעתיד.

¹⁸ $(p_t^{zf} - p_t^h)$ מייצג יחס מחירים. כמו פער התוצר, גם ביטוי זה הוא במונחי הסטייה ממגמתו ה"טבעית".

עלות. לכן, כאשר היצרנים מחליטים לשנות את המחיר הם מביאים בחשבון שבעתיד, למשך תקופה מסוימת, הם יאלצו להימנע מלשנות מחיר. לכן, מידת השינוי, בעת השינוי, מושפעת גם מהעלייה הצפויה במחירים בתקופות שבהן היצרן מעריך כי יאלץ להימנע משינוי המחיר. שיקולים אלה מובילים למשוואה שבה האינפלציה היא פונקציה של האינפלציה הצפויה, ולאחרונה מתקבל מקדם של 1 ($a_{id} = 1$).

ברוב העבודות האמפיריות בעולם נמצא כי האינפלציה בהווה מושפעת גם מהאינפלציה בפיגורים. תופעה זו יכולה לשקף הסדרי הצמדה, קיומם של אלמנטים אדפטיביים, או תהליך למידה בהיווצרות הציפיות. במקרים כאלה המקדם של האינפלציה בפיגור ($1 - a_{id}$) משקף את מידת ההצמדה לאינפלציה או את חלקם של בעלי הציפיות האדפטיביות בציבור. למגבלה האומרת שהמקדמים של האינפלציה הצפויה ושל הפיגור מסתכמים ל-1 יש משמעות מיוחדת: משמעותה שבשינוי משקל (כלומר, במצב שבו, בין היתר, פער התוצר והפער ביחס המחירים מתאפסים) כל שיעור אינפלציה מקיים את דרישות המשוואה. קצב האינפלציה המסוים שישורר בפועל תלוי, כמובן, ביעד האינפלציה. בהינתן יעד האינפלציה הבנק המרכזי מתאים את הריבית (ראה להלן), ובאמצעותה משפיע על פער התוצר ועל שער החליפין (הנומינלי והריאלי) כך שיושג היעד הרצוי. באמידת המשוואה ללא מגבלות התקבל סכום מקדמים שקרוב מאוד ל-1, כפי שצפוי מהתיאוריה.

ככל שהמקדם של הציפיות לאינפלציה (a_{id}) גדול יותר, תגובת האינפלציה לשינויים במדיניות המוניטרית¹⁹ תהיה מהירה יותר. ככל שהאמינות של המדיניות המוניטרית גבוהה יותר נצפה לקבל מקדם גדול יותר. ערך נמוך מ-0.5 אינו בלתי נפוץ. אצלנו התקבל ערך של 0.53, המלמד על תגובה מהירה יחסית של המחירים.

מידת השינוי של המחירים היא גם פונקציה של עוצמת הביקושים לתוצר ביחס למגמתו (פער התוצר). מניחים שהיצרנים פועלים בשוק של תחרות מונופוליסטית, ולכן לכל אחד מהם יכולת להשפיע על המחיר שהוא דורש מהצרכנים. עלייה של הביקושים פועלת לגידול הביקוש של הפירמות לגורמי ייצור (עבודה, הון ותשומות ביניים), ועמו – לגידול של עלותם (כלומר, של ההוצאה השולית), והעלייה בהוצאה השולית מביאה מצדה לעלייה במחיר. כמו כן, כשהביקושים עולים היצרנים מנצלים זאת ומעלים את המחיר, ועמו את שיעור הרווח – הפער שבין המחיר וההוצאה השולית (ה-markup). המקדם של פער התוצר (a_y) מבטא השפעות אלה על המחירים. באמידה האמפירית

¹⁹ באמצעות השפעתם על פער התוצר ופער יחס המחירים ($p_t^z - p_t^h$).

מצאנו שפער התוצר משפיע על המחירים גם בהווה וגם בפיגור של רביעי²⁰.
 (2003) Walsh²¹ מציין מספר מחקרים שנעשו בארצות הברית ושם נאמד מקדם שבין 0.01 ל-0.1. Leitemo (2006b) אמד משוואה למשק האנגלי וקיבל מקדם של 0.07. בעבודה זו התקבל מקדם של 0.06 שהוא בהחלט ב"מקום טוב באמצע"²².
 גורם נוסף בעל השלכה על המחירים המקומיים במשק פתוח הוא המחיר של יבוא תשומות לייצור יחסית למחירי התוצרת המקומית $(p_t^f - p_t^h)$. עלייה במחירי התשומות מיבוא משמעותה ייקור עלויות הייצור – הן ישירות והן באמצעות השפעת תחלופה, המייקרת את התשומות שלא מיבוא – הפועל לעליית מחירי התוצרת המקומית. גודל המקדם של המחיר היחסי של התשומות מיבוא (a_{zf}) הוא בין היתר פונקציה של משקל היבוא בתשומות. באמידת המשוואה כאן התקבל למקדם זה ערך של 0.06. בעבודות בעולם מתקבל בדרך כלל מקדם קטן מ-0.1²³, אולם ההשוואה היא לא פשוטה, בין היתר, מפני ששם, באמידה האמפירית, לרוב לא מבחינים בין המחיר של יבוא תשומות למחיר של יבוא מוצרי צריכה.

את המחיר היחסי של התשומות לייצור $(p_t^f - p_t^h)$ ניתן לרשום כסכום של שני ביטויים: המחיר של תשומות מיבוא ביחס למחירי הצריכה מיבוא $(p_t^f - p_t^f)$ והמחיר של הצריכה מיבוא ביחס למחירים המקומיים $(p_t^f - p_t^h)$. לפירוק כזה יש יתרון בבניית תחזית ובעריכת סימולציות, שכן הביטוי הראשון הוא משתנה אקסוגני²⁴ (יחס מחירים שנקבע בעולם), והביטוי השני הוא משתנה אנדוגני מרכזי במודל, המופיע גם במשוואת פער התוצר (ראה בהמשך).

נניח לרגע ש- p^f (ולכן גם π^f) ידועים. באמצעות מספר פעולות אלגבריות עם משוואות (4.1) ו-(4.2), המפורטות בנספח א', ניתן לרשום את משוואת האינפלציה של המחירים לצרכן באמצעות משתנים נמדדים כדלהלן:

²⁰ באמידה האמפירית נמצא כי המקדם של פער התוצר על המחירים אינו יציב. לעיתים ההשפעה בהווה חזקה יותר ולעיתים ההשפעה בפיגור חזקה יותר. למשוואה הסופית לקחנו את ההשפעה הממוצעת.

²¹ פרק 11, עמוד 527.

²² ההשוואה עם עבודות אחרות אינה פשוטה, שכן אפיון המשוואות שונה מעבודה לעבודה. בכל זאת נציין שאצל Caputo (2004) התקבל מקדם של 0.067 בנתוני המשק של צ'לי, ואצל Lopez (2003) – מקדם של 0.027 בנתוני המשק הקולומביאני. שני האחרונים אמדו את המקדם ביחס לאינפלציה של ה-CPI. אצלנו המקדם האנלוגי הוא 0.033 (0.06*0.55).

²³ Leitemo (2006b) ו-Caputo (2004), למשל, קיבלו מקדם קטן מ-0.05. Svensson (2000) הניח מקדם של 0.3, אולם זו הנחה, לא אמידה ולא קליברציה.

²⁴ זאת אם מניחים קצבי תמסורת דומים במחירי היבוא של הצריכה ושל התשומות.

$$(4.2') \quad \pi_t^c = a_{ld} \pi_{t+1}^c + (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^c + (1 - w^f) a_y (0.5 y_t + 0.5 y_{t-1}) \\ + a_{zf} [(1 - w^f) (p_{t-1}^{zf} - p_t^f) + (p_t^f - p_t^c)] \\ + w^f [\pi_t^f - a_{ld} \pi_{t+1}^f - (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^f]$$

כאמור, אין בידינו נתונים על המחיר שמשלם הצרכן בשוק המקומי על מוצרי הצריכה המיובאים (p_t^f), אולם יש בידינו נתונים על המחיר הדולרי שמשלם היבואן. נסמן מחיר זה ב- p^{*f} ונסמן ב- e את שער החליפין של השקל ביחס לדולר (שניהם ב- $\log$). ההנחה של תמסורת מיידית למחירים המקומיים משמעותה שמתקיים $p_t^f = e_t + p_t^{*f}$. בדרך כלל סביר להניח שהתמסורת אינה מיידית אלא הדרגתית. אנו הנחנו תמסורת הדרגתית מהצורה הבאה:

$$(4.3) \quad p_t^f = \alpha_1 (e_{t+1} + p_{t+1}^{*f}) + \alpha_2 (e_t + p_t^{*f}) + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) (e_{t-1} + p_{t-1}^{*f})$$

האומדנים שהתקבלו לפרמטרים הם:

$$\alpha_1 = 0.20 \quad \alpha_2 = 0.63$$

לפי משוואה (4.3), המחיר של יבוא מוצרי צריכה בשוק המקומי מותאם (על ידי היבואן) בחלקו לעלות הצפויה בעתיד, בחלקו לעלות השוטפת, ובחלקו לעלות ברביע הקודם.

מהצבה של משוואה (4.3), ברמות ובהפרשים, במשוואה (4.2'), ולאחר מספר פעולות אלגבריות המפורטות בנספח א', מקבלים את המשוואה הבאה עבור האינפלציה במדד המחירים לצרכן, וזאת במונחי משתנים הניתנים למדידה:

$$(4.4) \quad \pi_t^c = a_{ld} \pi_{t+1}^c + (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^c + (1 - w^f) a_y (0.5 y_t + 0.5 y_{t-1}) \\ + a_{zf} [(1 - w^f) up_t^{*zf} + q_t] \\ + w^f [\alpha_1 dep_{t+1}^{*f} + \alpha_2 dep_t^{*f} + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) dep_{t-1}^{*f}]$$

כאשר:

$$dep_t^{*f} = (\Delta e_t + \Delta p_t^{*f}) - a_{ld} (\Delta e_{t+1} + \Delta p_{t+1}^{*f}) - (1 - a_{ld}) (\Delta e_{t-1} + \Delta p_{t-1}^{*f})$$

$\pi_t^c = p_t^c - p_{t-1}^c$ היא האינפלציה במדד המחירים לצרכן, $q_t = e_t + p_t^{*f} - p_t^c$ הוא פער שער החליפין הריאלי, $up_t^{*zf} = p_t^{*zf} - p_t^{*f}$ הוא הפער בין המחיר העולמי של התשומות

המיובאות (p^{zf}) לבין המחיר העולמי של מוצרי הצריכה מיבוא (p^{*f}), ו- Δ הוא אופרטור ההפרש²⁵. בדיקות מוקדמות הראו שלגבי יחסי המחירים ($p_t^f - p_t^c$) ו- $(p_t^{zf} - p_t^f)$, אין הבדל בתוצאות אם מניחים תמסורת הדרגתית או מיידית, ולכן לצורך הפשטות הנחנו תמסורת מיידית. לגבי קצב עליית המחירים (π_t^f) הנחנו כמובן תמסורת הדרגתית. משוואה (4.4) היא משוואת האינפלציה של המודל. האומדנים מוצגים בנספח ב'.

4.ב. משוואת פער התוצר

משוואת פער התוצר מתארת את עודף הביקוש של הגורמים הרלוונטיים (הציבור, הממשלה וח"ל) לתוצר של המגזר העסקי. נזכיר כי "פער התוצר" (y_t) הוא הפער שבין התוצר השוטף ובין התוצר הפוטנציאלי, האחרון מוגדר כתוצר שהיה נקבע אלמלא היו קשיחויות מחירים ושכר. בפועל התוצר הפוטנציאלי נאמד באמצעות המגמה של התוצר השוטף.

ברקע למשוואת פער התוצר עומדות משוואות הנגזרות מאופטימיזציה של משקי בית מקומיים ומשקי בית זרים, וכן זהות התוצר²⁶. משקי הבית המקומיים צורכים מוצרים מייצור מקומי ומיבוא. את חסכוניותיהם הם יכולים להשקיע בנכסים הנושאים ריבית שקלית או נכסים הנושאים ריבית דולרית. משוואת אוילר (4.5) להלן מתארת כיצד משקי הבית המקומיים מחלקים את סך הצריכה (c_t) על פני זמן כפונקציה של שיעור הריבית הריאלית:

$$(4.5) \quad c_t = c_{t+1} - (1/\sigma) 0.25 (r_t - r_t^n)$$

כאשר ($r_t = i_t - 4\pi_{t+1}^c$) היא הריבית הריאלית השוטפת (במונחים שנתיים), (r_t^n) היא הריבית הריאלית הטבעית²⁷, ו- σ היא ההופכי של גמישות התחלופה הבין-זמנית בצריכה. לפי משוואה זו, ככל שהריבית השוטפת גבוהה יותר, הצריכה היום (c_t) תהיה נמוכה יותר יחסית לתקופה הבאה (c_{t+1}). זאת משום שככל שהריבית השוטפת גבוהה יותר, ויתור על

²⁵ נדגיש כי ערכי המקדמים שהוצגו לעיל מתייחסים לכל המשתנים באותם מונחים (רבעוניים או שנתיים).

²⁶ כאן נציג את המשוואות העומדות בבסיס משוואת פער התוצר. לגזירה מדויקת של משוואות אלה ראו אלקיים וארגוב (2006).

²⁷ הריבית הטבעית הוא מושג אנלוגי לתוצר הפוטנציאלי – הריבית הריאלית שהייתה שוררת בגמישות מחירים ושכר. בעבודה זו אומדנו אותה באמצעות שיעור התשואה הריאלי לפדיון על איגרות חוב צמודות לתקופה שבין 5 ל-10 שנים.

צריכה בהווה (קרי הגדלת החיסכון) מניב תשואה עתידית גבוהה יותר, המאפשרת להגדיל את הצריכה העתידית בשיעור גדול יותר.

משוואה (4.6) מתארת את הקצאת הצריכה בין ייצור מקומי ליבוא כפונקציה של המחיר היחסי (הקשור לשער החליפין הריאלי):

$$(4.6) \quad c_t^h = c_t - \eta (p_t^h - p_t^c)$$

כאשר, c_t^h היא הצריכה מייצור מקומי ו- η היא גמישות התחלופה בין צריכה מיבוא לצריכה מייצור מקומי. ההיגיון במשוואה זו פשוט למדי: חלקה של הצריכה מייצור מקומי (מתוך סך הצריכה) יהיה נמוך ככל שמחירה (יחסית למחיר הכללי של הצריכה) יהיה גבוה יותר.

בדומה להקצאת הצריכה של משקי הבית בין ייצור מקומי ליבוא, משקי חו"ל מקצים את היבוא שלהם בין ישראל לשאר המדינות. משוואה (4.7) מתארת זאת כפונקציה של המחיר היחסי של היצוא הישראלי:²⁸

$$(4.7) \quad x_t^h = y_t^* - \eta [(p_t^h - e_t) - p_t^{*f}] = y_t^* + \eta (e_t + p_t^{*f} - p_t^h)$$

כאשר x_t^h הוא היצוא הישראלי ו- y_t^* הוא הסחר העולמי.²⁹

זהות התוצר מקשרת בין הצריכה מייצור מקומי (c^h), הצריכה הציבורית (g^h), ההשקעות (inv^h) והיצוא (x^h) לבין התוצר (כל אלה במונחי ערך מוסף, ובצורת פערם):

$$(4.8) \quad y_t = \gamma_c c_t^h + \gamma_g g_t^h + \gamma_{inv} inv_t^h + \gamma_x x_t^h$$

כאשר γ_i הוא המשקל בתוצר של רכיב i ($i = c, g, inv, x$).

נציב את (4.8) – (4.6) במשוואה (4.5) תוך שימוש בזהות מדד המחירים לצרכן (4.1). נניח תמסורת מיידיית במחירי הצריכה ($p_t^f = e_t + p_t^{*f}$) ונקבל³⁰:

$$(4.9) \quad y_t = y_{t+1} + b'_r 0.25 (r_t - r_t^n) + b'_q (q_t - q_{t+1}) + b'_{y^*} (y_t^* - y_{t+1}^*) + b'_{inv} (inv_t^h - inv_{t+1}^h) + b'_g (g_t^h - g_{t+1}^h)$$

²⁸ $p_t^h - e_t$ הוא מחיר היצוא הישראלי, קרי מחירי המוצרים מייצור מקומי, במונחי דולרים, ו- p_t^{*f} הוא מחיר היבוא העולמי. נשים לב כי זה גם המחיר הרלוונטי ליבוא מוצרי צריכה לישראל.

²⁹ לשם הפשטות, אנו מניחים שגמישות התחלופה במדינות העולם, בין היצוא הישראלי ובין שאר המוצרים בעולם, שווה לגמישות התחלופה שב-(4.6).

³⁰ באמידה התברר שבמשוואת פער התוצר, בדומה למשוואת המחירים, לכפייה של תמסורת מיידיית במחירים היחסיים אין השלכה על התוצאות.

כאשר:

$$b'_r = \gamma_c / \sigma \quad b'_q = \eta (\gamma_c w^f + \gamma_x) / (1 - w^f) \quad b'_{y^*} = \gamma_x \quad b'_{inv} = \gamma_{inv} \quad b'_g = \gamma_g$$

משוואה זו מתארת את ההתפתחות של פער התוצר כפונקציה של פער התוצר הצפוי ומשתנים נוספים המשפיעים דרך ערכיהם בהווה וערכיהם הצפויים. ברוב המחקרים האמפיריים בעולם נמצא כי פער התוצר מושפע גם מפגורים שלו ושל משתנים נוספים. השפעה כזאת ניתן להסביר בהרגלי צריכה ו/או בקיומן של עלויות התאמה, ו/או בציפיות אדפטיביות לפחות אצל חלק מהציבור. אחת הדרכים לשלב פיגור של התוצר במשוואה היא להניח שהמשוואה דלעיל נכונה עבור פער התוצר הרצוי³¹ (שנסמנו y'_t). נניח כי פער התוצר בפועל מתכנס לפער הרצוי בהדרגה לפי המשוואה³²:

$$(4.10) \quad y_t = b_{yld} y'_t + (1 - b_{yld}) y_{t-1}$$

מהצבה של (4.9) ב-(4.10) מקבלים משוואה לפער התוצר שבה מופיע, נוסף על הגורמים המופיעים במשוואה (4.9), גם פער התוצר בפיגור. באמידה מוקדמת נמצא כי נוסף על הפיגור בפער התוצר גם הפיגור של הריבית משפיע. לפיכך משוואת פער התוצר הסופית היא:

$$(4.11) \quad y_t = b_{yld} y_{t+1} + (1 - b_{yld}) y_{t-1} - b_r 0.25 [0.5 (r_t - r_t^n) + 0.5 (r_{t-1} - r_{t-1}^n)] \\ + b_q (q_t - q_{t+1}) + b_{y^*} (y^*_t - y^*_{t+1}) + b_{inv} (inv^h_t - inv^h_{t+1}) \\ + b_g (g^h_t - g^h_{t+1})$$

כאשר:

$$b_r = b_{yld} * b'_r \quad b_q = b_{yld} * b'_q \quad b_{y^*} = b_{yld} * b'_{y^*} \quad b_{inv} = b_{yld} * b'_{inv} \quad b_g = b_{yld} * b'_g$$

האומדנים שהתקבלו לפרמטרים הם:

$$b_{yld} = 0.80 \quad b_r = 0.45 \quad b_q = 0.24 \quad b_{y^*} = 0.22 \quad b_{inv} = 0.12 \quad b_g = 0.22$$

לפי המשוואה, פער התוצר מושפע שלילית מפער הריבית הריאלית $(r - r^n)$ בהווה ובפיגור וחיובית מפער שער החליפין הריאלי (q) . עלייה בריבית הריאלית פועלת לירידת

³¹ דהיינו פער התוצר שהיה מתקבל בהיעדר אחד או יותר מהגורמים המעכבים שנמנו לעיל.

³² גישה זו ננקטת למשל אצל (Svensson (2000).

הביקוש לתוצר העסקי בהווה יחסית לתקופה הבאה ולתקופה הקודמת. (זאת מטעמי תחלופה בין-זמנית בצריכה). עלייה בשער החליפין הריאלי מוזילה את המחיר היחסי של היצוא הישראלי בעולם (כפי שרואים אותו הקונים בעולם) ומייקרת את מחירו היחסי של היבוא, ובכך פועלת לעליית הביקוש העולמי והמקומי לתוצרת מקומית. גורמים נוספים המשפיעים על פער התוצר הם פער התוצר הצפוי (מטעמי החלקת תצרוכת), פער התוצר בפיגור, פער הביקוש העולמי (y^*), המשפיע על הביקוש ליצוא המקומי, פער הביקושים של הממשלה לתוצר של המגזר העסקי (g^h) ופער ההשקעות (inv^h).

ברוב המשקים מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית מאופיין בפיגור, המתבטא בין היתר במקדם חיובי (ולרוב גדול מ-0.5) לפיגור של פער התוצר³³. כאן התקבל מקדם של 0.20, המלמד שאצלנו השפעת המדיניות מהירה יחסית למקומות אחרים. המקדם של פער הריבית³⁴ (שהוא בעיקרו פונקציה של גמישות התחלופה הבין-זמנית בצריכה) דומה בגודלו לזה שבמשקים אחרים³⁵. לגבי המקדם של שער החליפין הריאלי השונות בין המחקרים גדולה³⁶. המקדמים של הסחר העולמי, רכיב הקניות של הצריכה הציבורית המקומית וההשקעות הם בעיקר פונקציה של משקל הגורמים האלה בתוצר³⁷. ראוי לציין שההשקעות מושפעות מהריבית, ולכן היה ראוי לנסח עבורן משוואה נפרדת, נושא שאנו מתכוונים לטפל בו בעתיד.

ג.4. משוואת שער החליפין הנומינלי

נקודת המוצא למשוואת שער החליפין היא משוואת שקילות הריבית (UIP), שלפיה שער החליפין (e_t) הוא פונקציה של השער הצפוי בתקופה הבאה (e_{t+1}^{exp}) בתוספת הפער שבין הריבית בחו"ל לריבית בשוק המקומי, מתואם לסיכון המטבע המקומי, דהיינו:

$$(4.12) \quad e_t = e_{t+1}^{exp} + 0.25 (i_t^* - i_t + rp_t)$$

³³ כך, למשל, קיבל Lopez (2003) 0.89 לקולומביה, Caputo (2004) קיבל 0.55 לצ'ילי ו-Leitemo (2006b) קיבל 0.47 לאנגליה.

³⁴ הריבית במשוואה היא במונחים שנתיים, ואילו שאר המשתנים הם במונחים רבעוניים. לכן כחלק מהמקדם פער הריבית מוכפל ב-0.25.

³⁵ אצלנו התקבל ערך של 0.45, Leitemo (2006b) קיבל ערך של 0.28 לאנגליה, Lopez (2003) קיבל ערך של 0.67 לקולומביה. Svensson (2000) העריך גודל זה ב-0.35.

³⁶ אצלנו מתקבל מקדם של 0.24 לעומת 0.11 אצל Leitemo (2006b), 0.016 אצל Caputo (2004) ו-0.002 אצל Lopez (2003). Svensson (2000) העריך גודל זה ב-0.30.

³⁷ המקדם של הסחר העולמי קשור למשקל היצוא בתוצר. מהצריכה הציבורית המקומית לקחנו רק את רכיב הקניות – המייצג ביקושים ביחס למגזר הפרטי.

כאשר i_t היא הריבית השקלית, i_t^* הריבית הדולרית, ו- rp_t היא פרמיית הסיכון בשער החליפין. (מאחר שהריביות הן במונחים שנתיים, מקדם פער הריביות הנומינליות הוא 0.25). נציין שמשוואה זו מתקבלת למעשה יחד עם משוואה (4.5), ומבטאת תנאי סדר ראשון בפתרון בעיית האופטימיזציה של הקצאת החיסכון של משקי הבית בין נכסים מקומיים לזרים³⁸.

מחקרים רבים בעולם מלמדים כי מידת ההתאמה של משוואה זו לנתונים נמוכה³⁹. אחת הסיבות האפשריות שהועלו בספרות היא קיומם של שינויים גדולים בפרמיית הסיכון, שהיא כמובן משתנה בלתי נצפה. אפשרות אחרת שהועלתה היא שהציפיות לגבי שער החליפין העתידי אינן רציונליות. נניח כי הציפיות הן רציונליות עם התאמה חלקית⁴⁰ כלהלן:

$$(4.13) \quad e^{\exp}_{t+1} = c_{ld} e_{t+1} + (1 - c_{ld}) e^{\exp}_t$$

נציב את (4.12) ב-(4.13) ונקבל:

$$(4.14) \quad e_t = c_{ld} e_{t+1} + (1 - c_{ld}) e_{t-1} + 0.25 [(i_t^* - i_t) - (1 - c_{ld}) (i_{t-1}^* - i_{t-1}) + (rp_t - (1 - c_{ld}) rp_{t-1})]$$

באמידה התקבל כי $c_{ld} = 0.45$, משמע שלמעט פחות ממחצית הציבור ציפיות רציונליות. (לגבי האינפלציה קיבלנו שמעט יותר ממחצית (0.55) הם בעלי ציפיות רציונליות). תוצאות האמידה של המשוואה מפורטות בנספח ב'.

4.4. המדיניות המוניטרית (כלל התגובה של הריבית)

מטרת המדיניות המוניטרית היא למזער את הסטיות של האינפלציה מהיעד ואת הסטיות של התוצר מהפוטנציאל שלו. כלי המדיניות המשמש לכך הוא ריבית הבנק המרכזי. בכל נקודת זמן מתרחשים זעזועים שגורמים לאינפלציה לסטות מהיעד ולתוצר לסטות מהתוצר הפוטנציאלי, ולכן כדי להשיג את המטרה של המדיניות המוניטרית מתחייבת התאמה מתמדת של ריבית הבנק המרכזי בתגובה על זעזועים אלה. עם זאת, שינויים

³⁸ ראו, למשל, אלקים וארגוב (2006).

³⁹ במשק קטן ופתוח שער החליפין נתון לזעזועים רבים. זו אחת הסיבות שהביאו למשטר של התערבות שאפיין מדינות רבות בעבר.

⁴⁰ ראו, למשל, Leitimo and Soderstorm (2005b).

חדים ותכופים בריבית עלולים לפגום ביציבות הפיננסית, ולכן תת-מטרה נוספת (או אולי מגבלה נוספת) של המדיניות המוניטרית היא למתן את השינויים בריבית.

בעיקרון היה רצוי לנסח פונקציית הפסד, ובאמצעותה לגזור, על סמך המודל, את כלל הריבית האופטימלי. פרקטיקה זו אינה פעולה פשוטה, ואנו מקווים לבצע אותה בעתיד. בשלב זה בחרנו לנסח כלל ריבית דומה לזה שמקובל במקומות רבים אחרים⁴¹. אנו מניחים כלל טיילור (מורחב) צופה עתיד כלהלן:

$$(4.15) \quad i_t = (1 - d_{lag}) \{r_t^n + \pi_t^{target} + d_\pi (E\pi_t^c - \pi_t^{target}) + d_y y_t\} + d_{lag} i_{t-1}$$

כאשר:

$$E\pi_t^c = p_{t+3}^c - p_{t-1}^c$$

$$d_{lag} = 0.6 \quad d_\pi = 1.5 \quad d_y = 0.5$$

לפי כלל זה הריבית (i_t) מותאמת לפי שלושה גורמים: הפער שבין האינפלציה הצפויה לארבעת הרביעים הבאים ($E\pi_t^c$) ובין יעד האינפלציה (π_t^{target}), המוגדר במונחים שנתיים, פער התוצר ורמת הריבית ברביע הקודם.

כלל כזה מכונה בספרות "Forecast Based Rule", והוא הרחבה של כלל טיילור המקורי – Taylor (1993). בכלל המקורי הריבית מותאמת להתפתחות האינפלציה בדיעבד, ואילו כאן הריבית מותאמת לאינפלציה הצפויה בשנה הקרובה. מתברר ששימוש בכלל כזה נותן תוצאות קרובות לאלה שהיו מתקבלות בכלל האופטימלי⁴². זאת משום שהאינפלציה הצפויה הנגזרת מהמודל מכילה את כל האינפורמציה הרלוונטית להתפתחות העתידית של האינפלציה (כמובן, בהנחת ציפיות רציונליות). השימוש בכלל זה נפוץ גם מפני שעצם התגובה לסטייה של האינפלציה הצפויה מהיעד מסייעת לעגן את הציפיות לאינפלציה, ובכך גם לשפר את האמינות של המדיניות המוניטרית. עם זאת ראוי להדגיש ששימוש בכלל כזה מחייב ערנות, כי ייתכנו מקרים שבהם השימוש עלול לפגום ביציבות הכלכלית⁴³.

מאחר שהאינפלציה הצפויה היא, בין היתר, פונקציה של הריבית בהווה, הכלל דלעיל הוא למעשה משוואה סתומה הנפתרת יחד עם יתר משוואות המודל. מסיבה זו

⁴¹ הכלל דלהלן דומה מאוד לזה שניסחו לישראל Epstein et al. (2006). כלל כזה מקובל ברוב המודלים המשמשים בנקים מרכזיים בעולם המערבי.

⁴² ראו, למשל, Batini and Haldane (1999), Batini et al. (2003) וכן Leitmo (2006b).

⁴³ ראו, למשל, Levin et al. (2006) ו-Leitmo (2006b).

המשוואה אינה יכולה לשקף במפורש את פעולות הבנק המרכזי, אלא מהווה רק ניסיון להתחקות אחר פעולותיו. שאלה מעניינת, בהקשר זה, היא באיזו מידה אכן ניתן לאפיין את פעולות בנק ישראל בעבר באמצעות משוואה כזאת. כאשר ניסינו לאמוד משוואה זו עם נתוני האינפלציה העתידית בפועל (ex-post) כקירוב לציפיות, לא התקבלו תוצאות טובות.⁴⁴ ייתכן שהדבר נובע מהקושי לזהות, במדגם קטן יחסית, את ההשפעה של הציפיות לאינפלציה, שאמורות להיכלל בנתוני האינפלציה העתידית (בדיעבד). חיזוק להשערה זו ניתן לקבל מכך שכאשר משתמשים בציפיות הנגזרות מנתוני שוק ההון כאומדן לאינפלציה הצפויה מתקבלים אומדנים מובהקים עם סימנים נכונים ובסדרי גודל קרובים לצפוי. (ראו נספח ב'). כנגד זאת, גם כשמשתמשים באינפלציה בארבעת הרבעים הקודמים (במקום בציפיות) מקבלים תוצאות מובהקות. תוצאות אלה מעלות שאלות חשובות ומעניינות הן לגבי אופיין של הציפיות לאינפלציה מהמקורות השונים והן לגבי דפוס ההתנהגות שאפיין את התנהלות הבנק המרכזי. התשובות לשאלות אלה הן מחוץ למטרות עבודה זו.

המשוואה דלעיל היא, כאמור, משוואת התגובה שבחרנו לסגור איתה את המודל לצורך בניית תחזיות ובחינת חלופות. לעומת זאת, לשם בחינת מידת ההתאמה של המודל לנתונים (פרק 7) נשתמש במשוואת תגובה אמפירית, משוואה דומה לאפיין דלעיל פרט לדבר אחד: במקום האינפלציה הצפויה בארבעת הרבעים הבאים הצבנו את האינפלציה בדיעבד בארבעת הרבעים הקודמים. (לפירוט ראו נספח ב'). המקדמים שהתקבלו למשוואה זו הם:

$$d_{lag} = 0.80 \quad d_{\pi} = 1.70 \quad d_y = 0.36$$

כאשר משתמשים בציפיות משוק ההון מקבלים לפיגור של הריבית מקדם נמוך במעט (0.73), לפער הציפיות מקדם גדול במעט (2.04), ולפער התוצר מקדם נמוך של 0.12. (ראו נספח ב'). עבור כלל הפעולה לחיזוי (דהיינו משוואה (4.15) דלעיל) בחרנו במקדמים המקובלים המומלצים על ידי טיילור בכלל המקורי: לפער האינפלציה בחרנו מקדם של 1.5, ולפער התוצר מקדם של 0.5. הואיל והמקדם של פער האינפלציה שנבחר נמוך מאלה שנתקבלו באמידה, הקטנו את מידת החלקת הריבית ובחרנו לפיגור של הריבית מקדם של 0.6.

⁴⁴ המקדמים הן של פער האינפלציה והן של פער התוצר נמצאו לא מובהקים.

4.ה. המודל השלם

להלן נרכז את משוואות המודל עם הפרמטרים הנאמדים. בהמשך, לצורך הקלה, נרכז גם את רשימת המשתנים:

משוואת האינפלציה:

$$(F.1) \quad \pi_t^c = a_{ld} \pi_{t+1}^c + (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^c \\ + (1 - w^f) a_y (0.5 y_t + 0.5 y_{t-1}) + a_{zf} [q_t + (1 - w^f) up^{*zf}_t] \\ + w^f [\alpha_1 dep^{*f}_{t+1} + \alpha_2 dep^{*f}_t + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) dep^{*f}_{t-1}]$$

כאשר:

$$dep^{*f}_t = (\Delta e_t + \Delta p^{*f}_t) - a_{ld} (\Delta e_{t+1} + \Delta p^{*f}_{t+1}) - (1 - a_{ld}) (\Delta e_{t-1} + \Delta p^{*f}_{t-1})$$

משוואת פער התוצר:

$$(F.2) \quad y_t = b_{yld} y_{t+1} + (1 - b_{yld}) y_{t-1} - b_r 0.25 [0.5 (r_t - r^n_t) + 0.5 (r_{t-1} - r^n_{t-1})] \\ + b_q (q_t - q_{t+1}) + b_{y*} (y^*_t - y^*_{t+1}) + b_{inv} (inv^h_t - inv^h_{t+1}) \\ + b_g (g^h_t - g^h_{t+1})$$

משוואת שער החליפין:

$$(F.3) \quad e_t = c_{ld} e_{t+1} + (1 - c_{ld}) e_{t-1} \\ + 0.25 [(i^*_t - i_t) - (1 - c_{ld}) (i^*_{t-1} - i_{t-1}) + (rp_t - (1 - c_{ld}) rp_{t-1})]$$

משוואת הריבית הנומינלית:

$$(F.4) \quad i_t = (1 - d_{lag}) \{r^n_t + \pi_t^{target} + d_\pi (E\pi_t^c - \pi_t^{target}) + d_y y_t\} + d_{lag} i_{t-1}$$

כאשר:

$$E\pi_t^c = (\pi_t^c + \pi_{t+1}^c + \pi_{t+2}^c + \pi_{t+3}^c)$$

המודל נסגר באמצעות זהות לפער שער החליפין הריאלי (F.5), בהנחה כי שער

החליפין הריאלי של שיווי משקל קבוע, והגדרת הפיחות הנומינלי (F.6) והריבית

הריאלית (F.7):

$$(F.5) \quad q_t = q_{t-1} + \Delta p_t^{*f} + \Delta e_t - \pi_t^c$$

$$(F.6) \quad \Delta e_t = e_t - e_{t-1}$$

$$(F.7) \quad r_t = i_t - 4 * \pi_{t+1}^c$$

לוח 4.1: ריכוז ערכי הפרמטרים במודל

(F.1) משוואה	$a_{ld} = 0.53$	$a_y = 0.06$	$a_{zf} = 0.06$	$w^f = 0.45$	$\alpha_1 = 0.20$	$\alpha_2 = 0.63$
(F.2) משוואה	$b_{yld} = 0.80$	$b_r = 0.45$	$b_q = 0.24$	$b_{y*} = 0.22$	$b_{inv} = 0.12$	$b_g = 0.22$
(F.3) משוואה	$c_{ld} = 0.45$					
(F.4) משוואה	$d_{lag} = 0.6$	$d_\pi = 1.5$	$d_y = 0.5$			

רשימת המשתנים

א. המשתנים האנדוגניים:

- π_t^c – שיעור השינוי במדד המחירים לצרכן.
- y_t – פער התוצר.
- e_t – לוג שער החליפין הנומינלי.
- i_t – שיעור הריבית הנומינלית (במונחים שנתיים).

ב. הזהויות:

- q_t – פער שער החליפין הריאלי.
- Δe_t – הפיחות בשער החליפין הנומינלי.
- r_t – הריבית הריאלית הצפויה (במונחים שנתיים).

ג. המשתנים האקסוגניים:

- Δp_t^{*f} – שיעור השינוי במחיר העולמי של מוצרי תצרוכת מיובאים.
- y_t^* – פער הסחר העולמי.
- inv_t^h – פער ההשקעות.
- g_t^h – פער הצריכה ציבורית.
- i_t^* – שיעור הריבית על הדולר (במונחים שנתיים).
- rp_t – פרמיית הסיכון בשער החליפין (במונחים שנתיים).
- r_t^n – שיעור הריבית הטבעית (במונחים שנתיים).
- π_t^{target} – יעד האינפלציה (במונחים שנתיים).
- up_t^{*zf} – פער המחיר העולמי של התשומות המיובאות ביחס למחיריהם של מוצרי הצריכה המיובאים.

5. תכונות המודל – גמישויות דינמיות

בפרק זה אנו מתארים את הגמישויות הדינמיות (impulse response functions) של המשתנים האנדוגניים העיקריים של המודל – דהיינו את ההתפתחות של משתנים אלה על פני זמן בתגובה על זעזועים שונים הפוקדים את המשק. זוהי דרך מקובלת לבחינת התכונות של מודלים מקרו-כלכליים. אנו בוחנים את התגובות של שיעור האינפלציה, שיעור הריבית, התוצר, שער החליפין הנומינלי ושער החליפין הריאלי (כולם במונחי סטיות מערכי שיווי המשקל של הטווח הארוך) על זעזוע אקסוגני חד-פעמי המשפיע על כל אחד מן המשתנים הבאים: זעזוע למדיניות המוניטרית (ריבית בנק ישראל), לשער החליפין, לפער התוצר, לשיעור האינפלציה, למחירי התשומות המיובאות (למשל מחירי הנפט) ולריבית על הדולר (או לחלופין לפרמיית הסיכון)⁴⁵. בכל אחד מן המקרים אנו יוצאים משיווי המשקל של הטווח הארוך, כדי לבודד את השפעת הזעזוע שאנו מתעניינים בו. בתחילת הסימולציה המשתנה הרלוונטי סופג זעזוע חד-פעמי (כלומר רביע אחד בלבד) בגודל של נקודת אחוז אחת, ואנו בוחנים את ההתפתחות המשתנים האנדוגניים מתקופה זו ואילך – עד להתכנסות בחזרה לשיווי המשקל של הטווח הארוך⁴⁶. הבחינה היא גם איכותית (צורת התגובה) וגם כמותית (עוצמת התגובה ומשך הזמן עד להתכנסות בחזרה).

הגמישויות הדינמיות מתוארות באיורים 5.1 עד 5.6. בלוחות המתאימים לאיורים מוצגים ערכי התגובות במהלך השנה שלאחר הזעזוע ושנתיים אחרי הזעזוע. המשתנים השונים באיורים ובלוחות מופיעים במונחי סטיות מערכיהם בשיווי המשקל של הטווח הארוך. הסטיות של שיעורי הריבית, שיעור האינפלציה ושיעור הפיחות הן בנקודות אחוז במונחים שנתיים. הפערים של התוצר, שער החליפין הריאלי והיחס בין מחירי התשומות המיובאות למחירי הצריכה המיובאת הם באחוזים (במונחים רגילים).

התוצאות המתוארות להלן הן לגבי זעזועים בגודל של נקודת אחוז⁴⁷. כיוון שהמודל הוא ליניארי, התגובות על זעזוע בעוצמה של x נקודות אחוז הן פשוט הכפלה של התגובות על זעזוע בגודל של נקודת אחוז אחת ב- x . עם זאת יש לזכור כי הואיל והמודל הליניארי מתקבל מקירוב לוג-ליניארי של משוואות המודל התיאורטי המקורי סביב שיווי

⁴⁵ לכל אורך המאמר אנו משתמשים בלשון "זעזוע ל" במשמעות של "זעזוע המשפיע על".

⁴⁶ זעזוע לאחד מן המשתנים האנדוגניים במודל (ריבית בנק ישראל, שער החליפין, האינפלציה או פער התוצר) בא לידי ביטוי בשארית של המשוואה המתאימה לאותו משתנה. השארית מקבלת ערך של 1 נקודת אחוז בתקופת הזעזוע בלבד ואפס בשאר התקופות. כאשר מדובר במשתנה אקסוגני (הריבית על הדולר או יחס מחירי היבוא) הזעזוע מתבטא בסטייה של אותו משתנה מערכו בשיווי המשקל בתקופת הזעזוע בלבד.

⁴⁷ אפשרות מקובלת אחרת היא להסתכל בכל אחד מהמקרים על זעזוע בגודל של סטיית תקן (נאמדת) אחת.

המשקל של הטווח הארוך, הוא תקף רק בסביבה קרובה לשיווי המשקל, ולכן אינו מיועד לתאר תגובות על זעזועים גדולים.

5.א. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע של נקודת אחוז לריבית בנק ישראל

איור 5.1 ולוח 5.1 מתארים את התפתחות המשתנים השונים בתגובה על זעזוע חד-פעמי בגודל של נקודת אחוז המשפיע על ריבית בנק ישראל. זעזועים המשפיעים על החלטות המדיניות המוניטרית יכולים לנבוע מגורמים מקריים שונים שאינם מתבטאים בכלל הריבית, או מטעויות במדידת משתנים המשפיעים על המדיניות.

כפי שניתן לראות באיורים, הריבית הנומינלית עולה כתוצאה מהזעזוע (ב-0.8 נקודת אחוז: הירידה של פער התוצר ושל הציפיות לאינפלציה ממתנת את הזעזוע המקורי). עלייה זו של הריבית גורמת לירידה מיידית וחד-פעמית של שער החליפין של השקל כנגד הדולר (בשיעור של 1.2 אחוזים במונחים שנתיים), שמתבטאת גם בייסוס ריאלי, וכן לעלייה של הריבית הריאלית. כתוצאה מעליית הריבית הריאלית ומהייסוס הריאלי יורד פער התוצר (בכ-3 עשיריות אחוז)⁴⁸. הירידות של שער החליפין ושל פער התוצר גורמות לירידת האינפלציה (בכחצי אחוז במונחים שנתיים).

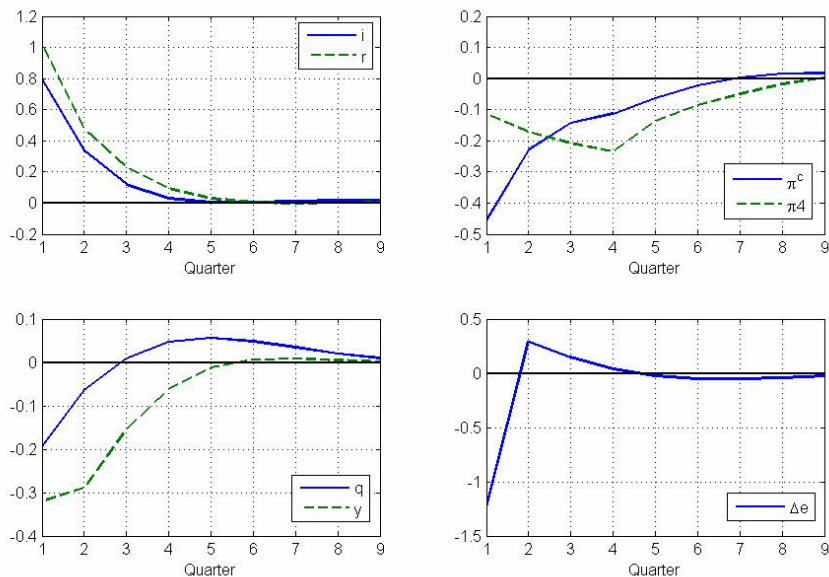
קיום התמד (אינרציה) בכלל הריבית (המשקף את מניע החלקת הריבית של הבנק המרכזי) מתבטא בירידה הדרגתית של סטיית הריבית, שנשארת חיובית במשך כשנה, למרות הסטיות השליליות של האינפלציה ושל פער התוצר באותה תקופה. כפי שניתן לראות באיורים, האינפלציה ופער התוצר מתכנסים בהדרגה לאחר ירידתם בתקופת הזעזוע האמור לריבית, כך שסטיותיהם נשארות שליליות עד להתכנסות כשנה וחצי אחרי הזעזוע. בהתפתחות שער החליפין ניתן לראות שלאחר הייסוס בתקופה של הזעזוע, נוצרים, החל מהרביע הבא אחריו פחותים קלים, תוצאת המסלול היורד של הריבית⁴⁹. הזעזוע לריבית מביא להפסד מצטבר של 0.2 אחוז תוצר בשנה שלאחר הזעזוע, והאינפלציה יורדת במהלך אותה השנה ב-0.25 נקודת אחוז.

בבחינת ההתפתחות של האינפלציה ושל פער התוצר אנו רואים שהתגובה הגדולה ביותר (בערך מוחלט) של האינפלציה ושל פער התוצר מתרחשת בתקופת הזעזוע לריבית. מחקרים בעולם מצאו שהתגובות של האינפלציה ושל התוצר על זעזועים הן "בצורת דבשת" (hump-shaped): התגובה החזקה ביותר (בערך מוחלט) מתרחשת מספר רביעים

⁴⁸ עיקר הירידה של פער התוצר בתקופת הזעזוע (מעל שני שלישים ממנה) נובע מהשפעת פער התוצר בתקופה הבאה (הציפיות).

⁴⁹ במשוואת שער החליפין, שער החליפין הוא פונקציה חיובית של פער הריביות (ההפרש בין הריבית הדולרית בתוספת פרמיית הסיכון לריבית השקלית) ושל השינוי בפער זה (וכן של שער החליפין בפיגור והשער הצפוי בתקופה הבאה). כתוצאה מכך, מסלול יורד של הריבית השקלית פועל לפיחות.

איור 5.1: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז לריבית בנק ישראל



i – הריבית הנומינלית
 r – הריבית הריאלית
 q – פער שער החליפין הריאלי
 y – פער התוצר

π^c – האינפלציה לרביע
 π^4 – האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים
 Δe – שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי

המשתנים במונחי סטיות מערכי שיווי משקל. שיעורי האינפלציה, שיעורי הריבית ושיעורי השינוי בשער החליפין הנומינלי – בנקודות אחוז, במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

לוח 5.1: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז לריבית בנק ישראל

סטייה משיווי משקל*

התכנסות	8	4	3	2	1	רביע
הריבית הנומינלית	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	
האינפלציה לרביע	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.5	
האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	
שיעור השינוי בשע"ח הנומינלי	0.0	0.0	0.1	0.3	-1.2	
הריבית הריאלית	0.0	0.1	0.2	0.5	1.0	
פער התוצר	0.0	0.0	-0.1	-0.3	-0.3	
פער שע"ח הריאלי	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	

* הסטייה – בנקודות אחוז. שיעורי הריבית, האינפלציה והשינוי בשער החליפין הנומינלי – במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

לאחר הזעזוע, לא מייד. בהתאם לכך מנסים לנסח מודלים שמייצרים תגובות דומות – ראו, למשל (Christiano, Eichenbaum and Evans (2005) (להלן CEE)⁵⁰. עם זאת נציין כי העבודה של CEE נסבה על משק סגור, וייתכן שבמשק קטן ופתוח כמו המשק הישראלי, עם השפעה ניכרת של שער החליפין, התורמת לתמסורת מהירה מן הריבית לאינפלציה, תגובה מיידית גדולה, לפחות של האינפלציה, סבירה יותר. אכן, הירידה המיידית הגדולה של שיעור האינפלציה, הנראית באיור העליון מימין, נובעת בחלקה הגדול מן הירידה המיידית של שער החליפין כתוצאה מעליית הריבית. עוד נציין שהתמסורת המהירה של המדיניות המוניטרית נובעת גם מהמקדמים הגבוהים של משתני הציפיות במשוואות האינפלציה ופער התוצר.

5.2. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע של אחוז (במונחים שנתיים) לשער החליפין הנומינלי

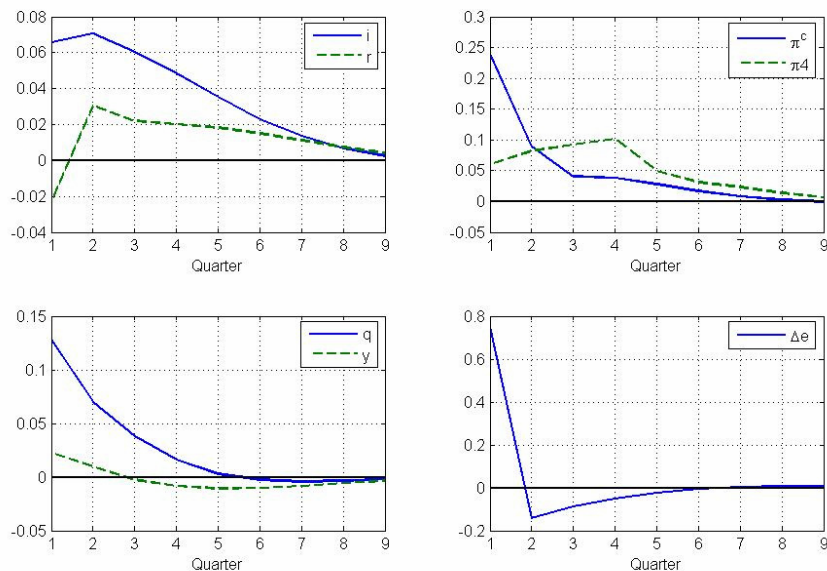
התפתחויות המשתנים השונים בעקבות זעזוע חד-פעמי בגודל של אחוז לשער החליפין הנומינלי מוצגות באיור 5.2 ובלוח 5.2⁵¹.

כפי שניתן לראות באיור 5.2, הזעזוע לשער החליפין מתבטא בפיחות של 0.75 אחוז במונחים שנתיים. (התגובה המיידית של הריבית ממתנת את הזעזוע המקורי.) הפיחות גורם לעלייה מיידית של האינפלציה ב-0.25 נקודת אחוז, משמע שקיימת תמסורת מיידית של שליש משיעור הפיחות לאינפלציה. המדיניות המוניטרית מגיבה על עליית הציפיות לאינפלציה בשנה הקרובה בהעלאת הריבית (ב-0.07 נקודת אחוז, דהיינו עלייה של 0.7 נקודת אחוז בתגובה על זעזוע של 10 אחוזי פיחות במונחים שנתיים). תגובת המדיניות המוניטרית, המונעת על ידי הרצון להימנע משינויים חדים בריבית, מאפשרת לריבית הריאלית לרדת זמנית (ב-0.02 נקודת אחוז בתקופת הזעזוע), אך ברביע העוקב הריבית הריאלית עולה, והסטייה שלה נשארת חיובית עד להתכנסות כשנתיים לאחר הזעזוע. הפיחות הנומינלי מתבטא גם בפיחות ריאלי, אמנם בשיעור קטן מזה של הפיחות הנומינלי (0.5 אחוז במונחים שנתיים) – תוצאה מעליית האינפלציה. פער התוצר עולה (0.02 אחוז), בעיקר עקב העלייה של שער החליפין הריאלי.

⁵⁰ כדי לקבל התמד (אינרציה) באינפלציה נוהגים להניח הצמדה לאינפלציה בעבר, וכדי לקבל התמד בתוצר מניחים הרגל בצריכה ועלויות התאמה לשינוי רמת ההשקעות במלאי ההון.

⁵¹ התיאור כאן נסב על זעזוע של אחוז במונחים שנתיים לשער החליפין (כלומר עליית שער החליפין הממוצע ברביע בכ-0.25 אחוז). כדי להתרשם מן הסבירות של עוצמת התגובות נוח יותר להסתכל על פיחות של 10 אחוזים במונחים שנתיים – קרוב לסטיית התקן של השאריות במשוואת שער החליפין הנאמדת. כיוון שהמודל הוא ליניארי, ניתן, כאמור, לקבל את התגובות לזעזוע של 10 אחוזים על ידי הכפלת התגובות לזעזוע של 1 אחוז ב-10. עבור שער דולר של כ-4.5 שקלים, פיחות של אחוז אחד במונחים שנתיים מבטא עלייה של כאגורה אחת בשער הדולר הממוצע לרביע.

איור 5.2: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של אחוז (במונחים שנתיים) לשער החליפין של הדולר



i – הריבית הנומינלית
 r – הריבית הריאלית
 q – פער שער החליפין הריאלי
 y – פער התוצר

π^c – האינפלציה לרביע
 π_4 – האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים
 Δe – שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי

המשתנים במונחי סטיות מערכי שיווי משקל. שיעורי האינפלציה, שיעורי הריבית ושיעורי השינוי בשער החליפין הנומינלי – בנקודות אחוז, במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

לוח 5.2: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של אחוז (במונחים שנתיים) לשער החליפין של הדולר

סטייה משיווי משקל*

התכנסות	8	4	3	2	1	רביע
הריבית הנומינלית	0.01	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07
האינפלציה לרביע	0.00	0.04	0.04	0.09	0.24	0.24
האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	0.01	0.10	0.09	0.08	0.06	0.06
שיעור השינוי בשער הנומינלי	0.01	-0.05	-0.09	-0.14	0.75	0.75
הריבית הריאלית	0.01	0.02	0.02	0.03	-0.02	-0.02
פער התוצר	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02	0.02
פער שער הריאלי	0.00	0.02	0.04	0.07	0.13	0.13

* הסטייה – בנקודות אחוז. שיעורי הריבית, האינפלציה ושיעורי השינוי בשער החליפין הנומינלי – במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

הסטייה של האינפלציה נשארת חיובית, משמע ששיעור האינפלציה נמצא מעל ליעד של 2 אחוזים, במשך כשנתיים. גם הריבית הנומינלית והריבית הריאלית נמצאות מעל לרמות שיווי המשקל שלהן במשך שנתיים אחרי הזעזוע. הסטיות החיוביות של הריבית גורמות לייסוף של השקל. ייסוף נומינלי יחד עם סטיות חיוביות של שיעור האינפלציה גורמים לירידה של שער החליפין הריאלי, כך שהוא מתכנס בחזרה לרמת שיווי המשקל שלו 5 רבעים לאחר הזעזוע לשער החליפין.

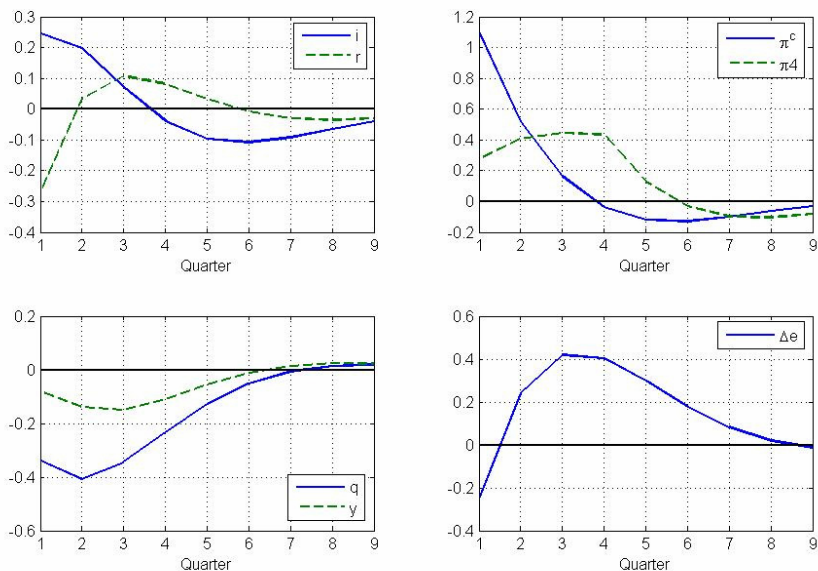
5.ג. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע של נקודת אחוז לאינפלציה (לרביע, במונחים שנתיים)

זעזוע לשיעור האינפלציה מבטא עליות (או ירידות) מחירים כתוצאה מזעזועים לעלויות הייצור של החברות או לכוח המונופוליסטי שלהן. (ככל שהכוח המונופוליסטי גדול יותר המחיר שהיצרן גובה מעבר לעלות הייצור – ה-markup – גבוה יותר.)

כפי שניתן לראות באיור 5.3, האינפלציה עולה כתוצאה מן הזעזוע ב-1.1 נקודות אחוז (מעט מעל לזעזוע המקורי, בשל גורם הציפיות לאינפלציה ברביע העוקב). בתגובה לעליית הציפיות לאינפלציה, הריבית הנומינלית עולה (ב-0.25 נקודות אחוז). הריבית הריאלית הקצרה דווקא יורדת, משום שמניע החלקת הריבית ממתן את העלייה של הריבית הנומינלית, אך היא עולה אל מעל לרמת שיווי המשקל שלה כבר ברביע העוקב. עליית הריבית הנומינלית גורמת לייסוף (בשיעור 0.25 אחוז במונחים שנתיים), והייסוף הנומינלי יחד עם העלייה של האינפלציה גורמים לייסוף ריאלי של 0.35 אחוז (או 1.4 אחוזים במונחים שנתיים). שער חליפין ריאלי נמוך וסטיות חיוביות של הריבית הריאלית (החל ברביע השני) גורמים לפער תוצר שלילי.

בעקבות הזעזוע לאינפלציה, שיעור האינפלציה נשאר מעל ליעד במשך שלושה רבעים, אך החל משנה לאחר הזעזוע ועד להתכנסות חזרה ליעד, הסטיות של האינפלציה דווקא שליליות, כתוצאה מהסטיות השליליות של התוצר ושל שער החליפין הריאלי. גם הריבית הנומינלית, שעלתה בתגובה על הזעזוע לאינפלציה, יורדת אל מתחת לרמת שיווי המשקל שלה שנה מאוחר יותר ונשארת נמוכה מרמתה בשיווי משקל עד להתכנסות חזרה, כשנתיים וחצי לאחר הזעזוע. סטיות שליליות של הריבית הנומינלית (וכן ירידת הריבית לאחר עלייתה הראשונית) גורמות לפיחות של השקל החל ברביע השני שלאחר הזעזוע. (בסיכום התהליך – פיחות מצטבר של 0.3 אחוז.) פיחות נומינלי נדרש כדי להחזיר את שער החליפין הריאלי לרמת שיווי המשקל שלו אחרי ירידתו כתוצאה מהזעזוע למחירים. לעלייה של שער החליפין הריאלי תורמות גם הסטיות השליליות של שיעור האינפלציה החל משנה אחרי הזעזוע.

איור 5.3: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז (במונחים שנתיים) לשיעור האינפלציה



i – הריבית הנומינלית
 r – הריבית הריאלית
 q – פער שער החליפין הריאלי
 y – פער התוצר

π^c – האינפלציה לרביע
 $\pi4$ – האינפלציה בארבעת הרבועים האחרונים
 Δe – שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי

המשתנים במונחי סטיות מערכי שיווי משקל. שיעורי האינפלציה, שיעורי הריבית ושיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי – בנקודות אחוז, במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

לוח 5.3 הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז (במונחים שנתיים) לשיעור האינפלציה

סטייה משיווי משקל*

התכנסות	8	4	3	2	1	רביע
הריבית הנומינלית	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2
האינפלציה לרביע	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.5	1.1
האינפלציה בארבעת הרבועים האחרונים	0.0	-0.1	0.4	0.4	0.4	0.3
שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי	0.0	0.0	0.4	0.2	-0.3	-0.3
הריבית הריאלית	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.3	-0.3
פער התוצר	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1
פער שער החליפין הריאלי	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3

* הסטייה – בנקודות אחוז. שיעורי הריבית, האינפלציה והשינוי בשער החליפין הנומינלי – במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

5.7. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע של נקודת אחוז לפער התוצר

זעזוע חיובי לפער התוצר מבטא עלייה בביקושים לתוצר, שיכולה לנבוע מגידול של הצריכה הציבורית, או מגידול אקסוגני של הביקוש ליצוא או של הביקוש לצריכה פרטית⁵².

כפי שניתן לראות באיור 5.4 ובלוח 5.4, **פער התוצר** עולה בתקופת הזעזוע בכ-1.1 אחוזים. (העלייה מעבר לזעזוע המקורי נובעת מגורם הציפיות לפער התוצר בתקופה הבאה⁵³). **הריבית הנומינלית** עולה ב-0.25 נקודת אחוז בתגובה לפער התוצר החיובי, וכתוצאה מכך עולה גם **הריבית הריאלית** (ב-0.15 נקודת אחוז). עליית הריבית גורמת ל**ייסוף** של השקל (ירידת שער החליפין) בשיעור של קרוב לחצי אחוז במונחים שנתיים. הייסוף הנומינלי מתבטא גם ב**ייסוף ריאלי** בשיעור דומה. הסטייה של **האינפלציה** נשארת קרובה לאפס בתקופת הזעזוע, כתוצאה מהשפעות מנוגדות – של פער התוצר החיובי מצד אחד ושל ייסוף השקל בעקבות תגובת המדיניות המוניטרית מהצד האחר.

ניתן לראות כי ההתכנסות של פער התוצר בעקבות הזעזוע שספג היא מהירה, תוצאת המקדם הנמוך יחסית של פער התוצר בפיגור במשוואת פער התוצר⁵⁴. נזכיר שלעומת זאת, בתגובה על זעזועים לריבית או לאינפלציה קיבלנו התכנסות הדרגתית יותר של פער התוצר.

הריבית הנומינלית נשארת מעל לרמת שיווי המשקל שלה למשך כשנה (תוצאה מהחלקת הריבית), ואילו בשנה העוקבת היא נמצאת מעט מתחת לרמת שיווי המשקל. המסלול היורד של הריבית וסטיותיה השליליות בהמשך גורמים לפיחותים של השקל עד לחזרה לאי שינוי של שער החליפין כשנתיים אחרי הזעזוע לפער התוצר.

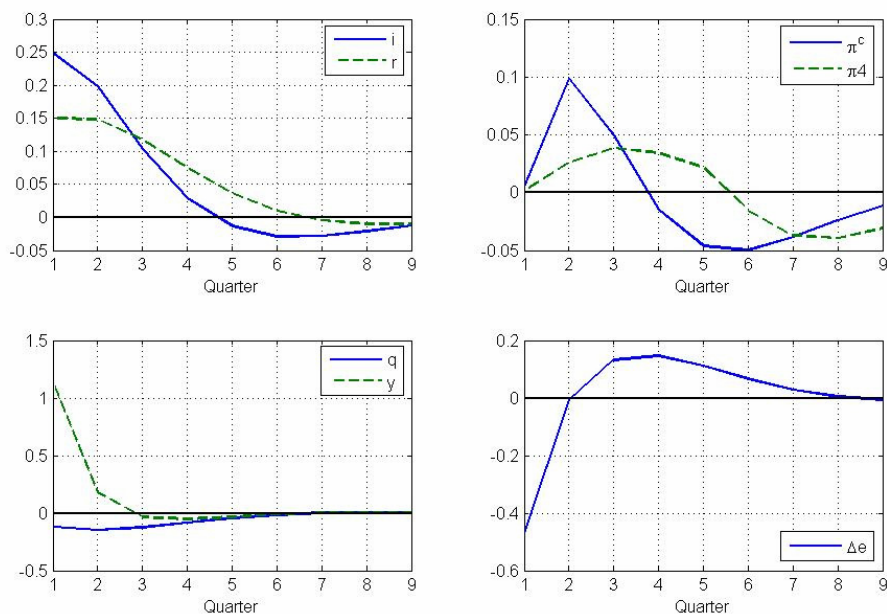
עד כאן בחנו את הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזועים למשתנים האנדוגניים של המודל: הריבית, שער החליפין, האינפלציה ופער התוצר. כעת נבחן את תגובות המשתנים האנדוגניים לשינויים במשתנים שהם אקסוגניים למודל – מחירי התשומות המיובאות (למשל מחירי הנפט) והריבית בארה"ב (או פרמיית הסיכון של המשק).

⁵² דרך מקובלת למדל את האחרון היא הכנסת זעזוע לטעמים של הפרטים, כלומר לפונקציית התועלת שלהם.

⁵³ עליית פער התוצר מעבר לזעזוע המקורי נובעת מגורם הציפיות לפער התוצר בתקופה הבאה, ואילו פער התוצר בתקופה הבאה עולה בהשפעת הזעזוע בתקופה הנוכחית – דרך גורם הפער בפיגור. במילים אחרות: העובדה שפער התוצר בהווה מושפע חיובית הן מפער התוצר בפיגור והן מפער התוצר הצפוי ברביע הבא מהווה מנגנון המעצים את הזעזוע המקורי לפער התוצר. מנגנון זה מתקיים גם במשוואת האינפלציה. הואיל וסכום המקדמים של המשתנה בפיגור והמשתנה הצפוי הוא 1, אפקט זה מתחזק ככל שהמקדמים קרובים יותר ל-1/2.

⁵⁴ בחינה של הגורמים העיקריים המשפיעים על התפתחות פער התוצר מראה שההתפתחויות המשמעותיות של פער התוצר נובעות מההשפעה הישירה של הזעזוע האקסוגני, ואילו ההשפעה של המדיניות המוניטרית, דרך הריבית הריאלית ושער החליפין הריאלי, קטנה. במילים אחרות: ההתכנסות המהירה של פער התוצר אינה תוצאה של מדיניות מוניטרית אגרסיבית הפועלת לייצוב פער התוצר, אלא תוצאה דינמיקה העצמית של פער התוצר בתגובה לזעזוע.

איור 5.4: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז לפער התוצר



i – הריבית הנומינלית
 r – הריבית הריאלית
 q – פער שער החליפין הריאלי
 y – פער התוצר

π^c – האינפלציה לרביע
 π_4 – האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים
 Δe – שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי

המשתנים במונחי סטיות מערכי שיווי משקל. שיעורי האינפלציה, שיעורי הריבית ושיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי – בנקודות אחוז, במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

לוח 5.4: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז לפער התוצר

סטייה משיווי משקל*

התכנסות	1	2	3	4	8	רביע
הריבית הנומינלית	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
האינפלציה לרביע	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
שיעור השינוי בשע"ח הנומינלי	-0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
הריבית הריאלית	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
פער התוצר	1.1	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0
פער שע"ח הריאלי	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0

* הסטייה – בנקודות אחוז. שיעורי הריבית, האינפלציה והשינוי בשער החליפין הנומינלי – במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

5.ה. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע של אחוז למחירי התשומות המיובאות

זעזוע של אחוז (במונחים רבעוניים) למחירי התשומות המיובאות (למשל למחירי הנפט) מתבטא במודל בזעזוע של נקודת אחוז לפער היחס בין מחירי התשומות המיובאות למחירי הצריכה מיבוא (במונחים רבעוניים)⁵⁵. בדומה לתרגילים הקודמים, אנו מניחים זעזוע חד-פעמי, כך שהיחס בין מחירי התשומות המיובאות למחירי הצריכה המיובאות חוזר לערך שיווי המשקל שלו ברביע העוקב.

היחס בין מחירי התשומות המיובאות למחירי הצריכה מיבוא מופיע כגורם במשוואת האינפלציה. מכאן שההשפעה הישירה של הזעזוע היא על האינפלציה, וממנה נובעות ההשפעות על שאר המשתנים. זעזוע של נקודת אחוז (במונחים רבעוניים) למשתנה זה גורם לעלייה של שיעור האינפלציה ב-0.15 נקודת אחוז במונחים שנתיים באותו רביע. מכאן שהגמישויות הדינמיות של המשתנים השונים זהות לאלו שמתקבלות עבור זעזוע לאינפלציה, הגורם לשיעור האינפלציה לעלות ב-0.15 נקודת אחוז במונחים שנתיים. (ראו לעיל – הגמישויות הדינמיות ביחס לאינפלציה.)

5.ו. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע של נקודת אחוז לריבית על הדולר (או, לחלופין לפרמיית הסיכון)⁵⁶

כעת נבחן את תגובת המשק לזעזוע בריבית על הדולר. נשים לב שכאשר בחנו זעזוע למשתנה אנדוגני במודל, הנחנו זעזוע חד-פעמי ללא כל התמד, אך המשתנה שספג את הזעזוע התפתח בתקופות הבאות כפי שנגזר מן המודל, ובפרט – לא חזר מייד לערך שיווי המשקל שלו. לעומת זאת, אם מניחים זעזוע חד-פעמי לריבית על הדולר, שהיא משתנה אקסוגני במודל, המשמעות היא שאנו מניחים כי הריבית על הדולר חוזרת כבר ברביע הבא לערכה המקורי. הנחה כזאת אינה סבירה: אנו יודעים שקיים התמד מסוים במדיניות המוניטרית⁵⁷; לכן קשה לתת לתרגיל כזה פרשנות כלכלית. לפיכך, נבחן, בתת סעיף ב' גם מקרה של זעזוע לריבית על הדולר בהנחה שבהתפתחותה של ריבית זו קיים התמד מסוים.

ההנחה של זעזוע חד פעמי אולי סבירה יותר כשמפרשים את האירוע כזעזוע לפרמיית הסיכון⁵⁸, אולם לפי פרשנות כזאת, אנו מניחים למעשה כי ציבור המשקיעים

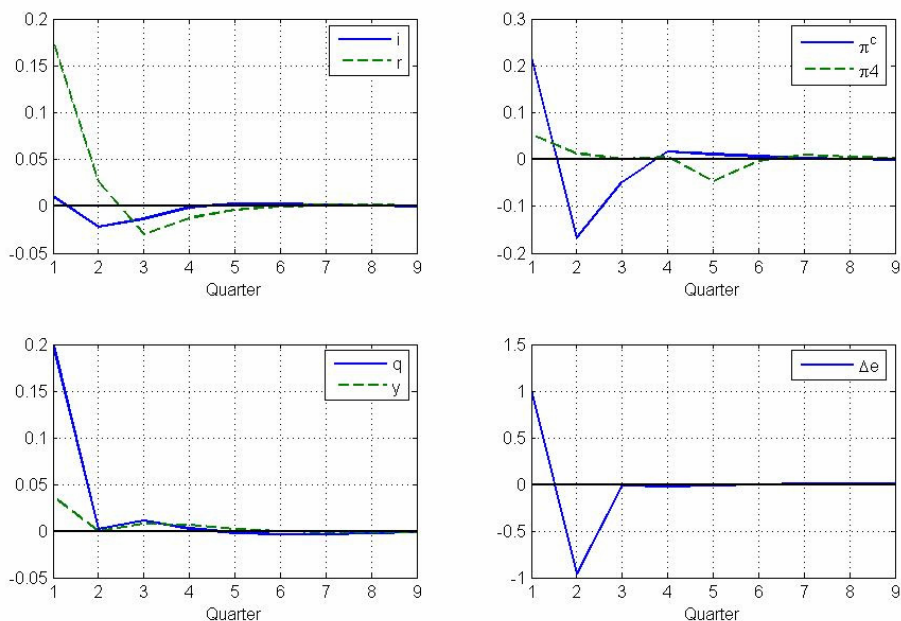
⁵⁵ נשים לב שפער שער החליפין הריאלי (המתייחס למחירי הצריכה בארץ ובח"ל) אינו סופג זעזוע במקביל, כך שהפרשנות היא זעזוע למחירי התשומות המיובאות והעדר זעזוע למחירי הצריכה המיובאות.

⁵⁶ שני הזעזועים שקולים מפני שהריבית על הדולר ופרמיית הסיכון מופיעות רק בצורת הסכום של שתיהן.

⁵⁷ לרבות במדיניות המוניטרית של ארצות הברית.

⁵⁸ במובן זה זעזוע לריבית הדולרית אינו שקול לזעזוע לפרמיית הסיכון – אם מניחים שמידת ההתמד שלהם שונה. עד כה הנחנו שאין התמד בזעזועים.

איור 5.5: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז לריבית על הדולר



i – הריבית הנומינלית
 r – הריבית הריאלית
 q – פער שער החליפין הריאלי
 y – פער התוצר

π^c – האינפלציה לרביע
 π – האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים
 Δe – שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי

המשתנים במונחי סטיות מערכי שיווי משקל. שיעורי האינפלציה, שיעורי הריבית ושיעורי השינוי בשער החליפין הנומינלי – בנקודות אחוז, במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

לוח 5.5: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע של נקודת אחוז לריבית על הדולר

סטייה משיווי משקל*

התנסות	1	2	3	4	8	רביע
הריבית הנומינלית	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
האינפלציה לרביע	0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי	1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
הריבית הריאלית	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
פער התוצר	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
פער שער החליפין הריאלי	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

* הסטייה – בנקודות אחוז. שיעורי הריבית, האינפלציה והשינוי בשער החליפין הנומינלי – במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

מצפה שפרמיית הסיכון תחזור לקדמותה כבר ברביע הבא. בהתאם לכך, ההשפעה של זעזוע כזה קטנה יחסית, כפי שנראה להלן.

א. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע חד-פעמי של נקודת אחוז לריבית על הדולר או לפרמיית הסיכון

עלייה של הריבית על הדולר או של פרמיית הסיכון משפיעה ישירות על שער החליפין של השקל כנגד הדולר, ודרכו על שאר המשתנים. בתיאור המילולי להלן נתייחס לזעזוע כאל זעזוע לריבית.

כפי שניתן לראות באיור 5.5, הזעזוע החד-פעמי גורר התפתחות חדה של **שער החליפין (הנומינלי)**: פחות של כאחוז (במונחים שנתיים) בתקופת הזעזוע, ייסוף של קרוב לאחוז ברביע העוקב וחזרה לאי שינוי של שער החליפין ברביע הבא. משמע ששער החליפין עולה באחוז (במונחים שנתיים) בתקופת הזעזוע לריבית הדולרית, בגלל הפער בין הריבית הדולרית לריבית השקלית באותו רביע, וחוזר לרמתו המקורית ברביע העוקב, כאשר פער הריביות נסגר.⁵⁹

ההתפתחות של **האינפלציה** נובעת בעיקרה מן ההתפתחות של השינוי בשער החליפין, כך שהסטייה של האינפלציה חיובית בתקופת הזעזוע (0.2 נקודת אחוז) ושליטת ברביע העוקב. הסטיות במונחי האינפלציה במהלך ארבעת הרביעים האחרונים הן זעירות בלבד (בפרט האינפלציה במהלך השנה שלאחר הזעזוע ללא שינוי).

כתוצאה מההשפעות הזעירות של הזעזוע לריבית על הדולר על האינפלציה בשנה הקרובה ועל פער התוצר, **הריבית המקומית** כמעט לא משתנה בעקבות הזעזוע החד פעמי לריבית הדולרית.

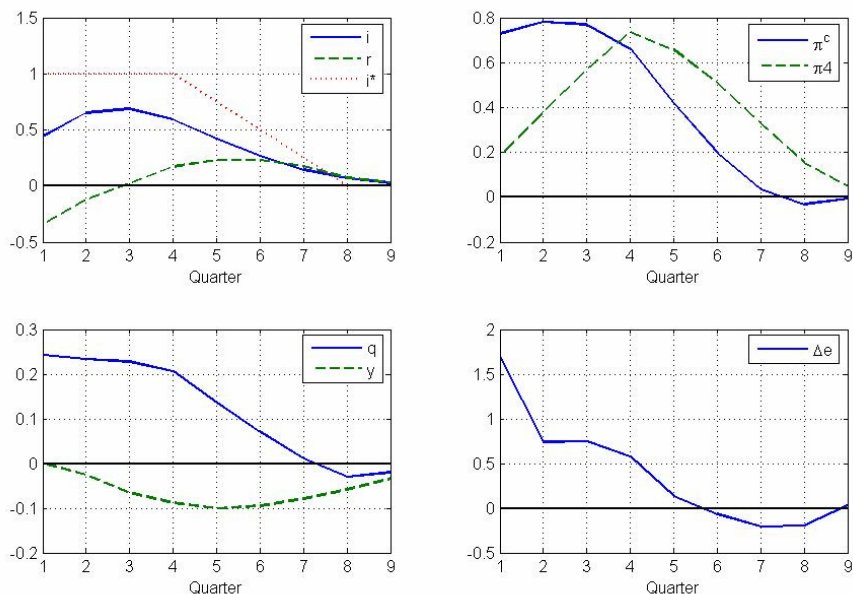
עליית שער החליפין הריאלי בתקופת הזעזוע ועליית הריבית הריאלית משפיעות בכיוונים מנוגדים על **פער התוצר**: הוא עולה עלייה זעירה בתקופת הזעזוע, וחוזר לסביבת האפס ברביע העוקב.

ב. הגמישויות הדינמיות ביחס לזעזוע מתמשך לריבית על הדולר

הדינמיקה החדה של השינוי בשער החליפין נובעת, כאמור, מכך שהזעזוע לריבית הדולרית הוא לתקופה אחת בלבד. אנו יודעים שבפועל קיימת אינרציה בהתפתחות הריבית על הדולר. לכן בחנו גם כיצד מושפעת הכלכלה מזעזוע מתמשך לריבית הדולרית, כאשר ריבית זו גבוהה בנקודת אחוז מערכה בשיווי משקל במשך ארבעה רביעים, ולאחר

⁵⁹ שער החליפין מושפע גם משער החליפין הצפוי ברביע הבא. (ראו משוואת שער החליפין (4.14)). הסטייה של שער החליפין ברביע שאחרי הזעזוע לריבית הדולרית היא אפס כתוצאה מן ההשפעות המקזזות של הריבית הדולרית בפיגור ושל שער החליפין בפיגור. נציין שבמשוואת שער החליפין הנגזרת מתנאי UIP הסטנדרטי (בהנחה של ציפיות רציונליות טהורות) הרכיבים בפיגור אינם מופיעים, והסטייה של שער החליפין ברביע העוקב, כאשר פער הריביות נסגר, היא אפס.

איור 5.6: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע מתמשך לריבית על הדולר



i – הריבית הנומינלית
 r – הריבית הריאלית
 i^* – הריבית על הדולר
 q – פער שער החליפין הריאלי
 y – פער התוצר

π^c – האינפלציה לרביע
 π_4 – האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים
 Δe – שיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי

המשתנים במונחי סטיות מערכי שיווי משקל. שיעורי האינפלציה, שיעורי הריבית ושיעור השינוי בשער החליפין הנומינלי – בנקודות אחוז, במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

לוח 5.6: הגמישויות הדינמיות בתגובה על זעזוע מתמשך לריבית על הדולר**

סטייה משיווי משקל*

התכנסות	8	4	3	2	1	רביע
הריבית הנומינלית	0.0	0.1	0.6	0.7	0.4	
האינפלציה לרביע	0.0	0.0	0.7	0.8	0.7	
האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	0.0	0.2	0.7	0.6	0.4	
שיעור השינוי בשע"ח הנומינלי	0.0	-0.2	0.6	0.7	1.7	
הריבית הריאלית	0.0	0.1	0.2	0.0	-0.1	
פער התוצר	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	
פער שע"ח הריאלי	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	
הריבית על הדולר	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	

* הסטייה – בנקודות אחוז. שיעורי הריבית, האינפלציה והשינוי בשער החליפין הנומינלי – במונחים שנתיים. פער התוצר ופער שער החליפין הריאלי – באחוזים, במונחים רגילים.

** זעזוע של נקודת אחוז לריבית על הדולר במשך ארבעה רבעים והתכנסות הדרגתית (לאורך שנה נוספת).

מכן חוזרת בהדרגה לרמת שיווי המשקל שלה. התפתחות המשתנים בעקבות זעזועים אלו לריבית הדולרית מוצגת באיור 5.6.

בתגובה על הזעזועים לריבית הדולרית, **הריבית הנומינלית** המקומית עולה בהדרגה (כתוצאה ממניע החלקת הריבית) כך שהיא עולה מייד ב-0.4 נקודת אחוז וממשיכה לעלות גם בשני הרביעים הבאים. עליית הריבית המקומית בשיעור קטן מזה של עליית הריבית הדולרית גורמת לפיחות מידי של השקל ב-1.7 אחוזים במונחים שנתיים. שער החליפין ממשיך לעלות במהלך השנה הקרובה כתוצאה מפער הריביות המתמשך. הפיחות הנומינלי מתבטא גם **בפיחות ריאלי**. כתוצאה מעליית שער החליפין, **האינפלציה** עולה ב-0.7 עד 0.8 נקודת אחוז במונחים שנתיים לאורך שנה. בהמשך שיעורי האינפלציה יורדים בהדרגה עד להתכנסות. עליית הריבית הנומינלית בשיעור מתון מזה של עליית האינפלציה מתבטאת בסטיות שליליות של **הריבית הריאלית** בשני הרביעים הראשונים, אך בהמשך הריבית הריאלית גבוהה מרמתה בשיווי משקל במשך יותר משנה. כתוצאה מכך **פער התוצר** שלילי במשך כשנתיים.

6. השימוש במודל לחיזוי ולסימולציות

להלן נסביר בפירוט ונדגים כיצד ניתן להשתמש במודל לצורך בניית תחזית ולביצוע סימולציות. הסימולציות יכולות לסייע בהערכת עוצמתם של הלחצים האינפלציוניים במשך ובאפיון מקורם. על סמך ההתפתחויות בעבר וההתפתחויות החזויות במשתנים האקסוגניים המודל גוזר תוואי ריבית המבטיח את השגת יעד האינפלציה בתוך שנה עד שנתיים.

מובן שהמודל אינו תיאור מדויק של המציאות, אלא הפשטה המתארת חלק מהקשרים החשובים במנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית. לכן החיזוי והסימולציות של המודל אינם מבטאים ניתוח מלא של הכלכלה ואינם מספקים מרשם חד-משמעי לניהול מדיניות. עם זאת יש למודל תכונה ייחודית (ביחס לכלים או אינדיקטורים אחרים) – התייחסות ישירה, שקופה ועקבית לגורמים הבסיסיים הקובעים (להערכתנו) את האינפלציה. לפיכך תוצאות הסימולציה ניתנות לניתוח. כך, למשל, ניתן לשאול: מדוע האינפלציה צפויה לעלות או לרדת?, מדוע נדרשת העלאה או הורדה של הריבית? וכן הלאה. יתר על כן, המודל – בניגוד לכלים אחרים – מאפשר לבחון תרחישים וחלופות. כך, לדוגמה, הציפיות לאינפלציה הנגזרות משוק ההון הן אינדיקטור

חשוב שבנק ישראל בודק לקראת החלטות הריבית⁶⁰. אמנם את הריבית המתיישבת עם ציפיות אלה ניתן לגזור – למשל מתוך המבנה העיתי של תשואות המק"ם – אך לא ניתן לדעת בברור מהם הגורמים הבסיסיים שחוללו ציפיות אלה בשוק ההון. יתירה מזאת, לא ניתן לגזור ציפיות לאינפלציה בהינתן תוואי ריבית חלופי או בהינתן זעזוע כלשהו שישפיע על הכלכלה (לדוגמה עלייה במחירי הנפט). הייחוד של המודל הוא ביכולתו לענות על שאלות אלה.

עריכת התחזית והסימולציות מורכבת ממספר שלבים: תחילה יש לאסוף ולרכז את הנתונים העדכניים שהתפרסמו (עדכון הנתונים) ולקבוע את ההנחות שיעמדו בבסיס הסימולציה (שלבים א' ו-ב' דלהלן). השלב הבא הוא עריכת התרחיש הבסיסי על סמך ההנחות מהשלבים הקודמים (שלב ג'), והשלב האחרון – בחינת מספר חלופות (שלב ד'). להלן נתאר שלבים אלה בפירוט. לשם המחשה נשלב בכל שלב, כדוגמה, סימולציה שנערכה באמצע חודש ספטמבר 2006 (לאחר פרסום מדד אוגוסט). תיאור הדוגמה מובא בכתב קטן ונטוי, כדי להבדילו מהתיאור העקרוני של אופן עריכת התחזית. בסעיף זה, כמו בקודם, לא רק נתוני הריבית אלא גם נתוני האינפלציה והפיחות הם במונחים שנתיים.

שלב א': עדכון הנתונים של המשתנים האנדוגניים

בשלב הראשון, לקראת עריכת סימולציה של המודל, יש לאסוף נתונים על המשתנים האנדוגניים והאקסוגניים עד לרביע שלפני תחילת הסימולציה. נתונים אלה מכונים נקודת המוצא של הסימולציה. את תפקידם ניתן להבין מתוך הסתכלות, לדוגמה, על משוואה (4.4) לאינפלציה. אחד הגורמים במשוואה הוא האינפלציה בפיגור (π_{t-1}^c) . מכאן ששיעור האינפלציה בנקודת המוצא משפיע על האינפלציה שתיגזר לרביע הראשון של הסימולציה.

בתחילת שלב זה יש לקבוע את הרביע שבו מתחילה הסימולציה. בחירה זו אינה טריוויאלית, משום שבעת עריכת התחזית חלק מהנתונים ידועים בזמן אמת (למשל, שער החליפין הנומינלי והריבית הנומינלית), וחלקם ידועים בפיגור של מספר חודשים. (התוצר, למשל, מתפרסם בפיגור של חודשיים). על פי רוב נערוך את הסימולציה החל

⁶⁰ הציפיות לאינפלציה לשנה משוק ההון מחושבות באמצעות ההפרש בין התשואה (הנומינלית) לפדיון על איגרת חוב לא צמודה לשנה (מק"ם) ובין התשואה הריאלית לפדיון על איגרת חוב צמודה לשנה.

מהרביע הבא. על כן בעדכון הנתונים, הן האנדוגניים והן האקסוגניים, נזדקק להנחות, המאפשרות לנו "לסגור" את הרביע שלפני תחילת הסימולציה⁶¹.

בדוגמה המובאת בהמשך הסימולציה נערכה באמצע חודש ספטמבר. מאחר שהריבית כבר ידועה לכל הרביע השלישי, בחרנו להתחיל את הסימולציה ברביע הרביעי של 2006.

להלן נתאר את מקור הנתונים לארבעת המשתנים האנדוגניים של המודל:
האינפלציה (π^e) – אחוז השינוי הרבעוני במדד המחירים לצרכן (במונחים שנתיים). ניכוי העונתיות נעשה על סמך גורמי העונתיות שנאמדו במשוואת האינפלציה. מדד המחירים לצרכן מתפרסם בפיגור של שבועיים. לסגירת הרביע שלפני תחילת הסימולציה אנו נדרשים להשלים עד שני מדדים שלא פורסמו. לשם כך אנו נעזרים בתחזיותיהם של חזאים מקצועיים, וכן במודל חודשי שפותח במחלקה המוניטרית⁶².

בדוגמה הנחנו כי מדד ספטמבר (שטרם פורסם בעת עריכת התחזית) ירד ב-0.2 אחוז. זאת על סמך מודל בתדירות חודשית שפותח במחלקה המוניטרית של בנק ישראל. בהנחה זו מתקבל כי ברביע השלישי הייתה אינפלציה של 1.1 אחוזים (במונחים שנתיים, בניכוי עונתיות), רמה נמוכה יחסית.

שער החליפין הנומינלי שקל-דולר (e_t) – ממנו נגזר גם הפיחות הנומינלי (במונחים שנתיים). אנו מניחים כי אין עונתיות בהתפתחות השער. שער החליפין מתפרסם בזמן אמת. כדי "לסגור" רביע נדרשת הנחה לגבי התפתחות השער עד חודש וחצי קדימה. על פי רוב נניח כי הוא יישאר ברמה הממוצעת שבה היה בשבועות האחרונים.

בדוגמה הנחנו כי במחצית השנייה של ספטמבר 2006 שער הדולר יעמוד, במוצא, על 4.39 שקלים לדולר. (במחצית הראשונה של ספטמבר הוא נע בתחום שבין 4.36 ל-4.40 שקלים). לפי זה מתקבל כי ברביע השלישי של 2006 נמשך הייסוף שאפיין את הרביע השני (9.6 אחוזים ברביע השלישי, בהמשך ל-13.2 אחוזים בשני, במונחים שנתיים). ייסופים אלה מסבירים את האינפלציה הנמוכה יחסית ברביע השלישי של 2006.

⁶¹ כך לדוגמה, אם בסוף ספטמבר 2006 אנו מעוניינים לערוך סימולציה המתחילה ברביע הרביעי של 2006, אנו זקוקים להנחה לגבי מדד המחירים לצרכן בחודש ספטמבר (נתון המתפרסם רק ב-15 באוקטובר); זאת אם אנו רוצים שהאינפלציה של הרביע השלישי תוכל לשמש נקודת מוצא לסימולציה.

⁶² ראו אילק (2006).

פער התוצר (y_t) – מבוסס על התוצר המקומי הגולמי של המגזר העסקי במחירים קבועים. נתוני תוצר ראשוניים מתפרסמים בפיגור של חודשיים. לפיכך, סגירת רביע לנקודת המוצא מתבססת על תחזיות הצמיחה של בנק ישראל. את הפער אנו מחשבים בעזרת מסנן HP^{63} בצורה הבאה:

$$y_t = [\log(Y_t) - HP(\log(Y_t))] * 100$$

כאשר Y_t הוא התוצר העסקי במחירים קבועים.

כדי להתגבר על בעיית נתוני הקצה של מסנן HP , אנו מאריכים את סדרת התוצר, לפני חישובו, על סמך תחזית של ההתפתחויות הריאליות הנערכת על ידי מחלקת המחקר בבנק ישראל והנחות שיפוטיות. על ידי כך אנו מצמצמים את השפעת הנתונים האחרונים של התוצר על אומדן פער התוצר בנקודת המוצא לסימולציה.

בדוגמה: עד חודש ספטמבר פורסמו נתוני החשבונאות הלאומית למחצית הראשונה של 2006 בלבד. את סדרת התוצר "הארכנו" בהנחה כי בשנה כולה התוצר העסקי יצמח ב-4.5 אחוזים, ובשנים שאחריו – ב-4.0 אחוזים. משימוש במסנן HP מתקבל כי ברביע השלישי של 2006 פער התוצר היה שלילי ברמה של -0.3 אחוז⁶⁴.

הריבית הנומינלית (i_t) – אנו משתמשים בריבית הנומינלית (האפקטיבית) של בנק ישראל. הריבית ידועה בזמן אמת. לעיתים, כדי לסגור רביע לפני תחילת הסימולציה, אנו נדרשים להנחה שיפוטית בדבר הריבית לחודש הבא.

הריבית הנומינלית ידועה, כאמור, לכל הרביע השלישי של 2006, והיא הייתה, בממוצע, 5.4 אחוזים.

שלב ב': עדכון הנתונים ביחס למשתנים האקסוגניים וקביעת התוואי העתידי שלהם

בדומה למשתנים האנדוגניים יש לאסוף נתונים על המשתנים האקסוגניים עד נקודת המוצא. נוסף על כך יש להניח תוואי עתידי שלהם לכל תקופת הסימולציה. כך, כל תחזית מותנית למעשה בתוואי התפתחות מסוים של המשתנים האקסוגניים.

⁶³ Hodrick-Prescott filter.

⁶⁴ משמע שהתוצר העסקי ברביע זה היה נמוך מרמתו הפוטנציאלית ב-0.3 אחוז.

להלן נתאר את מקור הנתונים של עשרת המשתנים האקסוגניים שבמודל, ואת דרך עריכת התוואי העתידי עבורם:

השינוי במחיר העולמי של יבוא מוצרי צריכה (Δp_t^{*f}) – מתבסס על השינוי במדד מחירי היבוא של מוצרי צריכה (במונחי דולר), המתפרסם על ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה כחלק מנתוני סחר החוץ של ישראל. המדד מתפרסם בפיגור ממוצע של חמישה חודשים! על כן עלינו להתבסס על הנחות (ולא על נתונים שהתפרסמו) כבר בקביעת נקודת המוצא של הסימולציה. לשם כך אנו נעזרים במשוואות עזר המסייעות בחיזוי השינוי במדד על סמך נתונים המתפרסמים באופן שוטף, ביניהם התפתחות שערי חליפין עולמיים (דולר-יורו ודולר-יין).

המסחר בחוזים עתידיים בחו"ל על מטבעות זרים מאפשר לנו לגזור את הציפיות של השווקים שם לגבי התפתחות שערי החליפין הצולבים בעתיד. בעזרת ציפיות אלה ומשוואת העזר אנו בונים תחזית למספר רביעים קדימה של השינוי במחיר העולמי של יבוא הצריכה. בהמשך אנו מניחים כי שיעור השינוי במחירי היבוא יתכנס לרמת האינפלציה ארוכת הטווח בחו"ל (להערכתנו – 2.0 אחוזים).

מחירי היבוא האחרונים שפורסמו הם לרביע הראשון של 2006. מתוך משוואות העזר עלה כי מפני היחלשות הדולר מול מטבעות רבים ברביע השני של 2006, מחירי מוצרים רבים עלו במונחי דולר. (מחיריהם של מוצרי היבוא נקובים על פי רוב במטבע של הארץ שממנה המוצרים מיובאים. היחלשות הדולר מול מטבעות אלה מעלה את מחיר המוצר בדולרים). על כן הנחנו כי מדד מחירי היבוא של הצריכה עלה ברביע השני של 2006 בשיעור ניכר של 6.0 אחוזים (במונחים שנתיים). משוואת העזר משמשת אותנו לגזירת השינוי הצפוי במדד עד לרביע השני של שנת 2007. החל מהרביע השלישי של 2007 הנחנו קצב שינוי שנתי של 2 אחוזים לרביע.

הפער (הסטייה מהמגמה) של המחיר היחסי של יבוא התשומות לייצור המקומי (up_t^{*zf}) – תחילה מחשבים את היחס בין ממוצע משוקלל של מדד מחירי היבוא של תשומות לייצור ומוצרי השקעה לבין מדד מחירי היבוא של מוצרי צריכה (מתוך דיווחי סחר החוץ של הלמ"ס). בגזירת הפער עושים שימוש במסנן HP, בדומה לפער התוצר שתואר לעיל.

בעיית הפיגור בפרסום נתוני סחר החוץ קיימת גם במשתנה זה. על כן, בדומה למחירי היבוא של הצריכה, אנו עושים שימוש במשוואות עזר לחיזוי השינוי במדד מחירי היבוא של תשומות ונכסי השקעה. משוואות אלה עושות שימוש, נוסף על שערי החליפין

בח"ל, גם במחירי סחורות המתפרסמים באופן שוטף, בפרט במחירי הנפט, ולגביהם מתנהל מסחר בחוזים עתידיים.

המשוואות משמשות אותנו בעיקר לקבלת אומדן לנתון בנקודת המוצא של התחזית, וכן להערכת תוואי התפתחותו בטווח של מספר רביעים קדימה. לאחר מספר רביעים אנו קובעים באופן שיפוטי את קצב סגירת הפער.

בדוגמה פורסמו מחירי היבוא של התשומות עד הרביע הראשון של 2006. ברביע השני של 2006 עלו מחירי הנפט בשיעור חד של 60 אחוזים (במונחים שנתיים). נוסף על כך הביאה היחלשות הדולר בעולם באותו רביע לעליית המחיר הדולרי של מוצרים מיובאים. בהתאם לכך, נגזר ממשוואת העזר כי מחירי התשומות ברביע השני של 2006 עלו ב-12.6 אחוזים (במונחים שנתיים). ניתוח דומה נעשה לגבי הרביעים הנותרים עד אמצע 2007. ממסנן HP, בהנחות אלה, נגזר כי הפער במחיר היחסי של התשומות מיבוא (ביחס למחירי הצריכה מיבוא) היה ברביע השלישי 2.7 אחוזים. באופן שיפוטי הנחנו כי פער זה יצטמצם ברביע הרביעי ל-1.4 אחוזים (לאור הצפי בשווקים הפיננסיים בח"ל להתמתנות מחירי הנפט) ויתאפס ברביע הראשון של 2007. משמע שהנחנו כי ברמתם הגבוהה של מחירי התשומות גלום עדיין לחץ מסוים על המחירים המקומיים. בבדיקה נמצא כי לחץ זה תורם 0.2 אחוז לאינפלציה בארבעת הרביעים הראשונים של התחזית.

פער הסחר העולמי (y^*_t) – מתבסס על נתוני היבוא הריאליים של המדינות המתועשות, כפי שהם מתפרסמים על ידי קרן המטבע הבין-לאומית (מאגר ה-IFS). את הפער גוזרים בעזרת מסנן HP בדומה לפער התוצר. נתוני הסחר העולמי מתפרסמים בפיגור ממוצע של חצי שנה! כדי לבנות את נקודת המוצא של הסימולציה ולהעריך את התוואי העתידי של הפער אנו נעזרים במשוואות עזר, בתחזיות קרן המטבע ובהערכות שיפוטיות.

בדוגמה נתוני הסחר העולמי ידועים עד הרביע הראשון של 2006. על פי תחזיות של קרן המטבע ומשוואות עזר המשמשות אותנו, הסחר העולמי צפוי לצמוח ב-2006 בשיעור ניכר של 5.6 עד 6.4 אחוזים. מכאן נגזר פער סחר עולמי חיובי של 0.4 אחוז בנקודת המוצא, שצפוי לגדול עד 0.9 אחוז בתחילת 2007. לאחר מכן הוא מתכנס בהדרגה לאפס.

הריבית העולמית על הדולר (i^*_t) – אנו משתמשים בריבית ה-LIBID לחודש על הדולר. הריבית מתפרסמת באופן שוטף. את התוואי הצפוי של הריבית על הדולר, אנו גוזרים מתוך עקום התשואות על אג"ח של ממשלת ארה"ב. לאחר ארבעה עד שמונה

רביעים אנו מכנסים באופן שיפוטי את הריבית לערכה בטווח הארוך (כיום אנו מעריכים אותו ב-4.5 אחוזים: ריבית ריאלית טבעית של 2.5 אחוזים בתוספת אינפלציה ארוכת טווח של 2.0 אחוזים).

הריבית על הדולר עמדה ברביע השלישי של 2006 בממוצע על 5.2 אחוזים. מהמסחר בשוקי ההון בחו"ל עלה כי הריבית על הדולר צפויה להתחיל לרדת בהדרגה ברביע הראשון של 2007 ולהגיע ל- 4.7 אחוזים באמצע 2008. בהמשך הנחנו התכנסות ל-4.5 אחוזים – רמתה בטווח הארוך.

הריבית הריאלית של שיווי משקל (r^*) – כקירוב לריבית הטבעית, לצורך אמידת משוואת פער התוצר, השתמשנו בתשואה הריאלית לפדיון על איגרות חוב צמודות מסוג "גליל", לתקופה שבין 5 עד 10 שנים. אולם מאחר שיש יסוד אמפירי להניח כי בשנים האחרונות הריבית הטבעית נמוכה יותר, אנו משלבים שיפוט בהנחת נקודת המוצא והתוואי העתידי של הריבית הטבעית.

בדוגמה הנחנו כי הריבית הטבעית היא 3.0 אחוזים לכל אורך הסימולציה.

פרמיית הסיכון בשער החליפין (rp_i) – באמידת משוואת שער החליפין הנחנו פרמיית סיכון קבועה. התקבל כי שיעורה הממוצע בשנים 1997 עד 2005 היה 5.8 אחוזים, ובשנים 1999 עד 2005 – 3.6 אחוזים; אולם יש יסוד אמפירי להניח כי כעת היא נמוכה יותר, ועל כן אנו משלבים שיפוט בהנחת נקודת המוצא והתוואי העתידי של פרמיית הסיכון.

בדוגמה הנחנו כי פרמיית סיכון שער החליפין היא 0.5 אחוז לכל אורך הסימולציה. תמיכה בהנחה זו ניתן למצוא בחישוב של הכט ופומפושקו (2006), שלפיו פרמיית הסיכון הייתה מחודש אפריל 2006 בין 0.5 אחוז ל-1.0 אחוז.

יעד האינפלציה (π_t^{target}) – החל משנת 2003 מרכז תחום יעד האינפלציה הוא 2.0 אחוזים.

הגדלים של הריבית על הדולר, הריבית הריאלית הטבעית, פרמיית הסיכון ויעד האינפלציה בטווח הארוך קובעים את שיעורי האינפלציה, הריבית הנומינלית והפיחות בטווח הארוך. כדי להבטיח התכנסות של המודל יש להניח כי בטווח הארוך הריבית על הדולר בתוספת פרמיית הסיכון שווה לריבית הריאלית הטבעית בתוספת יעד האינפלציה:

$$\dot{i}^* + \pi = r^n + \pi^{\text{target}}$$

הנחה זו מבטאת את העיקרון התיאורטי שלפיו בטווח הארוך, בהעדר פערי אינפלציה, פער הריביות הנומינליות בטווח הארוך מבטא את פרמיית הסיכון.

פער ההשקעות (inv^h) – מבוסס על רכיב ההשקעה הגולמית בנתוני החשבונאות הלאומית. נקודת המוצא של פער ההשקעות נגזרת באמצעות מסנן HP בדומה לפער התוצר. התוואי העתידי שלו נקבע באופן שיפוטי, בסיוע תחזיות קצרות טווח לגבי ההתפתחויות הריאליות במשק הנעשות במחלקת המחקר של בנק ישראל.

בדוגמה, ממסנן HP עלה כי בנקודת המוצא הפער עמד על 8.5 אחוזים. מאחר שפער זה אינו יציב הנחנו כי הוא יהיה אפס מתחילת הסימולציה.

פער הצריכה הציבורית (g^h) – מאחר שענייננו הוא בתוצר של המגזר העסקי, אנו מתבססים על רכיב הקניות המקומיות של הצריכה הציבורית בנתוני החשבונאות הלאומית. נקודת המוצא של פער הצריכה הציבורית נגזרת באמצעות מסנן HP, בדומה לפער התוצר. התוואי העתידי שלו נקבע באופן שיפוטי, בסיוע תחזיות קצרות טווח לגבי ההתפתחויות הריאליות במשק הנעשות במחלקת המחקר של בנק ישראל.

בדוגמה, ממסנן HP עלה כי בנקודת המוצא (הרביע השלישי של 2006) הפער עמד על 1.6 אחוזים. הנחנו כי הוא יישאר חיובי מעט ברביעים הראשונים של הסימולציה, בגלל הוצאות הממשלה על שיקום הצפון. החל ברביע השני של 2007 הוא יתאפס.

שער החליפין הריאלי של שיווי משקל – נגזר באמצעות מסנן HP, בדומה לפער התוצר. שער החליפין הריאלי⁶⁵ של שיווי משקל דרוש כדי לקבל את פער שער החליפין הריאלי בנקודת המוצא. בעת עריכת התחזית אנו מניחים כי שער החליפין הריאלי של שיווי משקל יישאר קבוע.

⁶⁵ שער החליפין הריאלי במודל ($e_t + p_t^{*f} - p_t^c$) מבוסס על מדד מחירי היבוא של מוצרי הצריכה, שער החליפין הנומינלי של השקל מול הדולר ומדד המחירים לצרכן.

בדוגמה, בשל הייסוף הנומינלי שהתרחש בשער הדולר, ירד גם שער החליפין הריאלי. משימוש במסנן HP עלה כי פער שער החליפין הריאלי ברביע השלישי של 2006 הוא 2.4 אחוזים – השער נמוך ממגמתו.

שלב ג': עריכת התחזית

לאחר השלמת כל נתוני נקודת המוצא (הרביעים שטרם תחילת הסימולציה) והנחת התוואי העתידי של המשתנים האקסוגניים ניתן לערוך תחזית. תחזית זו מכונה "התרחיש הבסיסי", והיא נסמכת על ההנחות הסבירות ביותר לגבי התפתחות המשתנים האקסוגניים.

במודל מספר משתנים צופי עתיד (ציפיות). כך, לדוגמה, במשוואת שער החליפין (4.14) השער ברביע הנוכחי מוסבר (בין היתר) על ידי השער הצפוי לרביע הבא. בעיקרון קיימות מספר גישות לטיפול במשתנים אלה כשעורכים סימולציה. אפשרות אחת היא להניח כי הציפיות הן אדפטיביות: שער החליפין הצפוי שווה לשער שהיה בעבר. אפשרות אחרת היא לנסח משוואה המתארת כיצד הציפיות נבנות, כלומר להסביר את התפתחות הציפיות באמצעות משתנים אחרים במודל. בחרנו בגישה הציפיות הרציונליות. לפי גישה זו השער העתידי שווה לשער הצפוי בתוספת טעות מקרית. אם מניחים שהטעות היא אפס (דהיינו שאין זעזועים חדשים), המודל נפתר באמצעות הוספת תנאי – שהשער הצפוי לתקופה הבאה יהיה זהה לשער שנגזר על ידי המודל לרביע הבא. (הנחה זו מכונה בספרות: model consistent expectations). כאן עולה קושי נוסף: משתנה אקסוגני המשפיע על שער החליפין הוא הריבית הדולרית באותו רביע. לכן, על שער החליפין ברביע הבא תשפיע הריבית הדולרית שתשורר ברביע הבא. כדי לגזור את הציפיות (הרציונליות) לשער החליפין ברביע הבא יש להניח מהן הציפיות היום לגבי הריבית הדולרית ברביע הבא. כך גם לגבי שאר המשתנים האקסוגניים. בעריכת התחזית אנו מניחים כי הציפיות להתפתחות המשתנים האקסוגניים הן בהתאם לתוואי שתיארנו בפרק הקודם – כלומר שהתפתחות המשתנים האקסוגניים, בהתאם להנחות דלעיל, ידועה מראש ובאה לידי ביטוי בבניית הציפיות (הרציונליות) למשתנים האנדוגניים.

בעריכת התרחיש הבסיסי אנו מתמקדים בהתפתחות הנגזרת של המשתנים האנדוגניים: הריבית הנומינלית, האינפלציה, שער החליפין ופער התוצר. מאחר שהמודל נסגר באמצעות כלל ריבית המבטיח התכנסות של האינפלציה ליעד, המשתנה החשוב ביותר בתחזית הוא הריבית הנומינלית הנגזרת. להמחשה נניח כי ישנם לחצים אינפלציוניים. ייתכן כי העלאת הריבית שתיגזר במודל תשאיר את האינפלציה הנגזרת קרובה ליעד. הסתכלות על האינפלציה הנגזרת בלבד עלולה להשאיר את הרושם המוטעה

כי אין לחצים אינפלציוניים. לעומת זאת, בחינת התוואי הנגזר של הריבית תגלה כי ישנו לחץ אינפלציוני, המרוסן על ידי התוואי העולה של הריבית.

לאחר בחינת התוצאות המספריות של הסימולציה, ובפרט תוואי הריבית והאינפלציה, אנו מנתחים את הגורמים הבסיסיים בעלי ההשפעה המרכזית על תוצאות הסימולציה. גורמים בסיסיים יכולים להיות בנקודת המוצא של המשתנים או בתוואי העתידי של המשתנים האקסוגניים.

לוח 6.1 מתאר את התפתחות המשתנים הרלוונטיים בפועל ואת זו שנגזרה מהסימולציה לדוגמה. נבחר שהאינפלציה, הפיחות והריביות הם במונחים שנתיים, והפערים הם באחוזים.

לוח 6.1: ההנחות והמסלול הנגזר של המשתנים המרכזיים בתרחיש הבסיסי (התאים באפור הם הנתונים בפועל)

	הריבית על הדולר	ריבית בנק ישראל	הריבית הריאלית הצפויה	פער התוצר העסקי	יחס מחירי היבוא (תשומות - צריכה)	פער שער החליפין הריאלי	שער החליפין שקל - דולר	הפיחות הנומינלי בשער האחרונים	האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	האינפלציה ברבע, ממוצעת עונתית
	i^*	i	r	y	up^z	q	e	Δe	π^4	π^c
2005:4	4.1	4.1		2.2	2.1	1.5	4.65	10.4	2.6	3.4
2006:1	4.4	4.7		3.9	2.8	1.7	4.67	1.8	3.2	1.9
2006:2	5.0	5.2		4.1	2.7	0.0	4.51	-13.2	3.6	2.3
2006:3	5.2	5.4	3.7	-0.3	2.7	-2.4	4.40	-9.6	2.2	1.1
2006:4	5.3	5.2	2.9	-0.4	1.4	-2.0	4.43	2.8	2.0	2.7
2007:1	5.2	5.0	3.3	-0.2	0.9	-1.6	4.45	2.6	2.2	2.5
2007:2	5.1	4.7	3.2	-0.2	0.8	-1.2	4.48	2.2	2.1	1.8
2007:3	5.0	4.6	3.1	0.0	0.4	-0.7	4.50	1.7	2.2	1.7
2007:4	4.9	4.6	3.0	0.1	0.2	-0.3	4.51	1.1	1.9	1.6
2008:1	4.8	4.6	3.0	0.1	0.0	-0.1	4.52	0.6	1.7	1.7
2008:2	4.7	4.7	2.9	0.1	0.0	0.0	4.52	0.2	1.7	1.7
2008:3	4.6	4.7	2.9	0.1	0.0	0.0	4.52	0.0	1.7	1.8
2008:4	4.5	4.8	2.9	0.1	0.0	0.0	4.52	-0.1	1.8	1.9

מתוצאות הסימולציה עולה כי לרביע הרביעי של 2006 נגזרת ירידת ריבית מתונה ל-5.2 אחוזים, ולרביע הראשון של 2007 – 5.0 אחוזים. במקביל לארבעת הרבעים הבאים נגזרת אינפלציה של 2.2 אחוזים. שער החליפין של השקל מול הדולר צפוי לעלות בהדרגה ל-4.5 שקלים בעוד שנה.

לכאורה, כיוון שהאינפלציה קרובה לאמצע היעד והריבית מתכנסת בהדרגה לערכה בשיווי משקל (5.0 אחוזים), ניתן להסיק כי אין לחצים מרחיבים או מרסנים – אך לא כך הדבר. מניתוח הסימולציה עולה כי פועלים כוחות מנוגדים: מחד גיסא, הייסוף הנומינלי והריאלי שהיה ברבעים השני והשלישי של 2006, ובעקבותיו פער שער החליפין הריאלי השלילי בנקודת המוצא הוא הגורם המרסן המרכזי במודל, שממנו נגזרת הירידה בריבית הנומינלית. מאידך, ישנם מספר גורמים מרחיבים המונעים את ירידת האינפלציה מתחת למרכז תחום היעד:

א. אמנם, בהנחות התרחיש הבסיסי הריבית על הדולר אינה עולה עוד (לאחר שנתיים של עלייה רצופה), אולם היא מתכנסת באיטיות לרמת שיווי המשקל, כך שלאורך רוב הסימולציה היא מעל לרמת הטווח הארוך שלה. מאחר שמהסימולציה נגזרת ירידה בריבית הנומינלית המקומית, צפוי פיחות מתון בשער החליפין, התורם לעליית האינפלציה.

ב. כפי שצינו בפירוט ההנחות לגבי מחירי התשומות המיובאות, עדיין גלום במחירים אלו לחץ מתון לעליית המחירים המקומיים.

ג. בנקודת המוצא (הרביע השלישי של 2006) הייתה אינפלציה של 1.1 אחוזים. בעזרת משוואות (4.1) (זהות המדד) ו-(4.3) (האינפלציה מיבוא) ניתן לפרק אותה לרכיב המקומי (π^h) ולרכיב מיבוא (π^f). מכאן עולה כי בעוד שהאינפלציה מיבוא הייתה שלילית ובשיעור ניכר (6.7- אחוזים), עקב הייסוף שהתרחש, האינפלציה המקומית הייתה גבוהה (7.4 אחוזים). כפי שעולה ממשוואה (4.2) (משוואת האינפלציה המקומית), לאינפלציה המקומית בפיגור יש השפעה על האינפלציה המקומית בהווה. על כן האינפלציה המקומית הגבוהה שמתקבלת ברביע השלישי של 2006 היא גורם מרחיב בהתפתחות האינפלציה מהרביע הרביעי ואילך.

שלב ד': בחינת חלופות

כוחם העיקרי של מודלים אינו בבניית תחזיות, אלא באפשרות לבחון באמצעותם את ההשלכות של התפתחויות אקסוגניות אפשריות על הכלכלה (המשתנים האנדוגניים). לכן חשוב להציג, לצד התרחיש הבסיסי, מספר חלופות שיבטאו את מידת אי הוודאות (או הסיכונים) להתממשותו.

חלופות יכולות להיות לגבי התוואי העתידי של המשתנים האקסוגניים (לדוגמה, תוואי שונה של הריבית על הדולר) או לגבי זעזועים במשתנים האנדוגניים (לדוגמה, זעזוע הגורם לפיחות בשער החליפין).

להמחשה נבחר שתי חלופות לתרחיש הבסיסי שהובא.

בחלופה א' הנחנו כי הריבית על הדולר תמשיך לעלות ב-2007 עד 5.75 אחוזים. זוהי אפוא חלופה לגבי התוואי העתידי של משתנה אקסוגני. יתר ההנחות ונקודת המוצא זהים לתרחיש הבסיסי. תוצאות הסימולציה מובאות בלוח 6.2.

בחלופה זו, מפני התוואי הגבוה יותר של הריבית הדולרית, לא נגזרת ירידת ריבית עד הרביע השני של 2007, הפיחותים גדולים יותר, והאינפלציה גבוהה יותר (בארבעת הרבעים הבאים - 2.7 אחוזים במקום 2.2 אחוזים בתרחיש הבסיסי).

מתרחיש זה אנו למדים כי המשך עליית הריבית הדולרית ידחה את מועד תחילתה של הורדת ריבית בנק ישראל ויתרום לעליית האינפלציה.

לוח 6.2: ההנחות והמסלול הנגזר של המשתנים המרכזיים בחלופה א' (התאים באפור הם הנתונים בפועל)

	הריבית על הדולר	ריבית בנק ישראל	הריבית הריאלית הצפויה	פער התוצר העסקי	יחס מחירי היבוא (תשומות - צריכה)	פער שער החליפין הריאלי	שער שער החליפין שקל - דולר	הפיחות הנומינלי בשער החליפין	האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	האינפלציה ברביע, ממוצעת עונתיות
	i^*	i	r	y	up^z	q	e	Δe	π_4	π^c
2005:4	4.1	4.1		2.2	2.1	1.5	4.65	10.4	2.6	3.4
2006:1	4.4	4.7		3.9	2.8	1.7	4.67	1.8	3.2	1.9
2006:2	5.0	5.2		4.1	2.7	0.0	4.51	-13.2	3.6	2.3
2006:3	5.2	5.4	3.7	-0.3	2.7	-2.4	4.40	-9.6	2.2	1.1
2006:4	5.5	5.5	2.6	-0.4	1.4	-2.0	4.43	3.4	2.1	3.1
2007:1	5.8	5.5	3.2	-0.3	0.9	-1.5	4.47	3.4	2.4	3.0
2007:2	5.8	5.3	3.2	-0.3	0.8	-1.1	4.50	2.9	2.4	2.4
2007:3	5.8	5.1	3.2	-0.1	0.4	-0.6	4.53	2.2	2.7	2.2
2007:4	5.5	5.0	3.1	0.0	0.2	-0.2	4.54	1.3	2.4	2.0
2008:1	5.3	5.0	3.1	0.1	0.0	0.0	4.55	0.8	2.2	2.0
2008:2	5.1	4.9	3.1	0.1	0.0	0.1	4.55	0.4	2.1	2.0
2008:3	4.9	4.9	3.1	0.0	0.0	0.1	4.55	0.0	2.0	2.0
2008:4	4.7	4.9	3.0	0.0	0.0	0.1	4.55	-0.2	2.0	1.9

בחלופה ב' בחנו את ההשלכות של זעזוע אקסוגני בשער החליפין הנומינלי: נניח שברביע הרביעי מתרחש זעזוע אקסוגני המוריד את שער החליפין של השקל מול הדולר ל-4.3 שקלים לדולר (ייסוף של 8.4 אחוזים במונחים שנתיים). בחלופה זו אנו בוחנים השלכה של זעזוע במשתנה אנדוגני.

תוצאות הסימולציה מובאות בלוח 6.3.

לוח 6.3: ההנחות והמסלול הנגזר של המשתנים המרכזיים בחלופה ב' (התאים באפור הם הנתונים בפועל)

	הריבית על הדולר	ריבית בנק ישראל	הריבית הריאלית הצפויה	פער התוצר העסקי	יחס מחירי היבוא (תשומות - צריכה)	פער שער החליפין הריאלי	שער שער החליפין שקל - דולר	הפיחות הנומינלי בשער החליפין	האינפלציה בארבעת הרבעים האחרונים	האינפלציה ברביע, ממוצעת עונתיות
	i^*	i	r	y	up^z	q	e	Δe	π_4	π^c
2005:4	4.1	4.1		2.2	2.1	1.5	4.65	10.4	2.6	3.4
2006:1	4.4	4.7		3.9	2.8	1.7	4.67	1.8	3.2	1.9
2006:2	5.0	5.2		4.1	2.7	0.0	4.51	-13.2	3.6	2.3
2006:3	5.2	5.4	3.7	-0.3	2.7	-2.4	4.40	-9.6	2.2	1.1
2006:4	5.3	4.3	3.2	-0.7	1.4	-3.9	4.30	-8.4	1.1	-0.8
2007:1	5.2	4.0	2.8	-0.4	0.9	-2.7	4.35	4.7	1.0	1.2
2007:2	5.1	3.9	2.9	-0.2	0.8	-1.8	4.39	3.5	0.7	1.2
2007:3	5.0	3.9	2.8	0.1	0.4	-0.9	4.41	2.4	0.7	1.1
2007:4	4.9	4.1	2.7	0.3	0.2	-0.4	4.43	1.5	1.2	1.2
2008:1	4.8	4.3	2.7	0.3	0.0	-0.1	4.44	0.7	1.2	1.4
2008:2	4.7	4.5	2.8	0.3	0.0	0.1	4.44	0.2	1.3	1.6
2008:3	4.6	4.6	2.8	0.2	0.0	0.1	4.44	-0.1	1.5	1.8
2008:4	4.5	4.7	2.9	0.1	0.0	0.1	4.44	-0.2	1.7	1.9

הייסוף הנומינלי מוזיל את מחירי היבוא במדד המחירים לצרכן וכן מרחיב (בערך המוחלט) את פער שער החליפין הריאלי השלילי. מהלוח עולה כי ייסוף זה עלול להביא את

האינפלציה אל מתחת לגבול התחתון של היעד. זאת במקביל לירידת ריבית עד 3.9 אחוזים באמצע 2007.

נדרשת הבהרה לגבי עוצמת תגובתם של המשתנים בחלופה זו. הזעזוע שהנחנו הוא זעזוע נומינלי; משמע שאין בכוחו לשנות לאורך זמן את שער החליפין הריאלי. על כן בטווח הארוך מלוא הייסוף צריך להתגלגל אל מדד המחירים לצרכן. (נשים לב שירידת הריבית מביאה לפיחות בשער החליפין החל מ-2007, ובכך מרסנת מעט את הלחץ לירידת האינפלציה).

7. בדיקות טיב ההתאמה של המודל לנתונים

בפרק הקודם תואר השימוש העיקרי במודל ככלי מסייע בניהול המדיניות המוניטרית – בניית תרחיש בסיסי של תחזיות למשתנים האנדוגניים ובחינת תרחישים חלופיים לשם ניתוח והערכה של סיכונים. בפרק זה נערוך בדיקות משני סוגים לטיב ההתאמה של המודל לנתונים, וזאת במטרה לאתר נקודות חולשה שטעונויות שיפור, וראוי להתחשב בהן במהלך השימוש השוטף במודל. בבדיקה הראשונה נערוך סימולציה דינמית של המודל בתוך תקופת המדגם. הסימולציה בוחנת את יכולתו של המודל לשחזר את ההתפתחות שאפיינה את המשתנים האנדוגניים (האינפלציה, הפיחות, פער התוצר והריבית) בהינתן ההתפתחות בדיעבד של המשתנים האקסוגניים. בבדיקה השנייה נשווה את המומנטים הנגזרים באמצעות סימולציות Monte-Carlo (להלן MC)⁶⁶ של המודל לאלו המופיעים בנתונים (כמפורט בהמשך). הסימולציה בשתי הבדיקות תתייחס לנתוני התקופה המתחילה ברביע הראשון של 1999 – לאחר ייצוב האינפלציה. לפני הצגת המתודולוגיה והממצאים של שתי הבדיקות, נציג שלוש התאמות שנדרשו לשם ביצוען – טיפול במשתנים האקסוגניים, שימוש בכלל ריבית אמפירי והנחות לגבי ההתכנסות.

ניסוח מסלול ההתפתחות של המשתנים האקסוגניים

בשתי הבדיקות נדרש לפתור מודל עם ציפיות רציונליות. לשם כך יש להעביר את המודל מצורתו המבנית (כפי שהוצגה בפרק 4) לצורתו המצומצמת, שבה כל משתנה תלוי רק במשתני מצב, כלומר במשתנים בפיגור ובזעזועים המתרחשים באותה תקופה. לגבי

⁶⁶ סימולציות Monte-Carlo היא שיטה להדמיית התנהגות מערכות עם משתנים סטוכסטיים. ערכים רנדומליים למשתנים הסטוכסטיים נדגמים על ידי המחשב מתוך התפלגות שהשתמש מגדיר מראש.

המשתנים האקסוגניים עלינו להניח שהתפתחותם העתידית אינה ידועה מראש (כמו במציאות), שכן אחרת התפתחותם העתידית תשפיע על הפתרון של המודל בהווה. הנחה זו מחייבת לנסות ולהפריד, ביחס לכל משתנה אקסוגני, בין החלק הצפוי ובין החלק הלא צפוי. לצורך הפרדה כזאת יש להניח ולנסח את תהליך ההתפתחות של המשתנים האקסוגניים, לרבות הזעזועים. לגבי המשתנים האקסוגניים הנחנו משוואות אוטו-רגרסיביות, המאפשרות לחשב עבורם ציפיות על סמך המידע הקיים עד נקודת הזמן שבה נערכת התחזית.

הצורה הכללית של מודל מבני (וליניארי) עם ציפיות רציונליות היא:

$$(7.1) \quad Y_t = E_t \sum_{i=-L}^F H_i * Y_{t+i} + U_t$$

כאשר Y_t הוא וקטור של n משתני המודל (האנדוגניים, האקסוגניים והזהויות), U_t הוא וקטור של זעזועים מבניים, H_i הן מטריצות מסדר $n \times n$, E_t היא התוחלת המותנית במידע הקיים עד (וכולל) תקופה t . כפי שעולה ממשוואה (7.1), כל אחד מהמשתנים יכול להיות מושפע הן מפיגורים והן מציפיות לערכים עתידיים של כלל משתני המערכת (כאשר L הוא הפיגור הארוך ביותר ו- F הוא ה-lead הארוך ביותר).

בצורה המצומצמת כל המשתנים בזמן t (Y_t) הם פונקציה של פיגורים של Y_t וזעזועים (U_t):

$$(7.2) \quad Y_t = \sum_{i=1}^L A_i * Y_{t-i} + B U_t$$

כדי לקבל את הצורה המצומצמת יש למצוא את A_i ו- B כך שהמודל ב-(7.2) יהיה שקול למודל ב-(7.1). המתודולוגיה להעברת מודל מבני (וליניארי) עם ציפיות רציונליות להצגה בצורה המצומצמת, מתוארת אצל Blanchard and Kahn (1980). כדי לפתור את המודל נדרש להרחיבו באמצעות ניסוח משוואות גם עבור המשתנים האקסוגניים. (יש לשים לב שבוקטור המשתנים Y_t כלולים כל משתני המערכת, לרבות המשתנים האקסוגניים). לכל משתנה אקסוגני נאמדה, כאמור, משוואה אוטו-רגרסיבית בשיטת OLS לתקופה 1994-2005. להלן תוצאות האמידה⁶⁷:

⁶⁷ בפרק זה שיעורי הריבית, האינפלציה והפיחות הם במונחים שנתיים.

הפער (הסטייה מהמגמה) של היחס בין המחיר העולמי של תשומות מיובאות לבין מחירים של מוצרי צריכה מיובאים (נתוני סחר החוץ):

$$(7.3) \quad up_t^{*z} = \underset{(0.08)}{0.77} \cdot up_{t-1}^{*z} + \underset{(0.14)}{0.27} \cdot (up_{t-1}^{*z} - up_{t-2}^{*z}) + \varepsilon_t^z$$

$$R^2 = 0.73 \quad S.E. = 1.54 \quad D.W. = 2.09 \quad \text{Sample: } 94q1 - 05q4$$

בקירוב לדינמיקה של הריבית הטבעית (אך לא לרמתה!) נאמדה משוואה לכלל התנועה של התשואה הריאלית לפדיון על איגרות חוב צמודות למדד מסוג "גליל", לתקופה שבין 5 עד 10 שנים:

$$(7.4) \quad r_t^n = \underset{(0.08)}{0.78} \cdot r_{t-1}^n + (1 - 0.78) \cdot \underset{(0.22)}{4.5} + \varepsilon_t^n$$

$$R^2 = 0.64 \quad S.E. = 0.36 \quad D.W. = 1.91 \quad \text{Sample: } 94q1 - 05q4$$

לשם ניסוח כלל התנועה של שיעור הריבית על הדולר נאמדה המשוואה הבאה עבור ריבית ה-Libid לטווח קצר על הדולר:

$$(7.5) \quad i_t^* = (1 - 0.95) \cdot \underset{(0.85)}{4.3} + \underset{(0.03)}{0.95} \cdot i_{t-1}^* + \underset{(0.10)}{0.74} \cdot (i_{t-1}^* - i_{t-2}^*) + \varepsilon_t^i$$

$$R^2 = 0.97 \quad S.E. = 0.32 \quad D.W. = 2.17 \quad \text{Sample: } 94q1 - 05q4$$

עבור פרמיית הסיכון בשער החליפין נאמדה המשוואה הבאה (פרמיית הסיכון באמידה זו חושבה על פי המוצע בעבודתם של הכט ופומפושקו (2006):

$$(7.6) \quad rp_t = \underset{(0.09)}{0.81} \cdot rp_{t-1} + (1 - 0.81) \cdot \underset{(0.45)}{2.14} + \varepsilon_t^{rp}$$

$$R^2 = 0.67 \quad S.E. = 0.58 \quad D.W. = 1.65 \quad \text{Sample: } 94q3 - 05q4$$

פער הסחר העולמי (היבוא של המדינות המתועשות, נתוני IFS):

$$(7.7) \quad y_t^* = \underset{(0.08)}{0.75} \cdot y_{t-1}^* + \underset{(0.14)}{0.38} \cdot (y_{t-1}^* - y_{t-2}^*) + \varepsilon_t^{y^*}$$

$$R^2 = 0.72 \quad S.E. = 1.58 \quad D.W. = 2.18 \quad \text{Sample: } 94q2 - 05q4$$

פער ההשקעות:

$$(7.8) \quad \text{inv}_t^h = 0.25 \cdot \text{inv}_{t-1}^h + \varepsilon_t^{\text{inv}}$$

(0.14)

$$R^2 = 0.06 \quad \text{S.E.} = 9.08 \quad \text{D.W.} = 1.98 \quad \text{Sample : } 94q2 - 05q4$$

פער רכיב הקניות של הצריכה הציבורית:

$$(7.9) \quad g_t^h = 0.23 \cdot g_{t-1}^h + 0.23 \cdot g_{t-2}^h + \varepsilon_t^g$$

(0.12) (0.11)

$$R^2 = 0.18 \quad \text{S.E.} = 2.87 \quad \text{D.W.} = 2.32 \quad \text{Sample : } 94q2 - 05q4$$

המערכת כוללת שתי משוואות אקסוגניות נוספות, שלא נאמדו: **השינוי במחירים הדולריים (במונחים שנתיים) של יבוא מוצרי צריכה ויעד האינפלציה**⁶⁸. עבורם נוסחו משוואות (7.10) ו-(7.11) בהתאמה:

$$(7.10) \quad \Delta p_t^{*f} = 2 + \varepsilon_t^{\Delta p^{*f}}$$

$$(7.11) \quad \pi_t^{\text{target}} = 0.85 \cdot \pi_{t-1}^{\text{target}} + (1 - 0.85) \cdot 2 + \varepsilon_t^{\pi^{\text{target}}}$$

לבסוף, זהות **פער שער החליפין הריאלי** (F.5) הורחבה כדי לכלול זעזוע המבטא שינויים בשער החליפין הריאלי של שיווי משקל:

$$(7.12) \quad q_t = q_{t-1} + 0.25 \cdot (\Delta p_t^{*f} + \Delta e_t - \pi_t^c) - \varepsilon_t^q$$

שימוש בכלל ריבית נאמד:

בעבודה השוטפת עם המודל אנו משתמשים בכלל ריבית צופה לעתיד (forecast based rule), וזאת מהטעמים שפורטו בסעיף 7.4. כפי שצוין שם, הניסיון לאמוד כלל כזה לא עלה יפה. מאחר שהמטרה כאן היא לבחון את מידת ההתאמה של המודל לנתונים, כיחידה אינטגרטיבית, עלינו להשתמש בכלל הפעולה שהבנק המרכזי השתמש בו למעשה, לא בכלל שבו היה רצוי כי ישתמש. הבדיקות שיתוארו בהמשך בוצעו עם הכלל הנאמד הבא:

⁶⁸ המשוואה עבור יעד האינפלציה רלוונטית רק לסימולציה הדינמית בתוך תקופת המדגם. היא מבטאת את העובדה שב-1999 מרכז יעד האינפלציה עמד על 4.0% והתכנס בהדרגה ל-2.0% החל מ-2003. בהשוואת המומנטים באמצעות סימולציות MC אנו מניחים כי יעד האינפלציה קבוע.

$$(7.13) \quad i_t = 0.2 \cdot \{r_t^n + \pi_t^{\text{target}} + 1.7 \cdot (\pi_{4t} - \pi_t^{\text{target}}) + 0.4 \cdot 0.5 \cdot (y_t + y_{t-1})\} \\ + (1 - 0.2) \cdot i_{t-1} + \varepsilon_t^i$$

כאשר π_{4t} היא האינפלציה הממוצעת במהלך ארבעת הרבעים האחרונים. בשונה מכלל הריבית המשמש לשימוש שוטף במודל – כלל המגיב לאינפלציה **הצפויה** – כאן הריבית מגיבה לאינפלציה שהתרחשה **בדיעבד**. (לפירוט נוסף, כולל פרטים על האמידה, ראו סעיף 7.4. בגוף העבודה וסעיף 4 בנספח ב').

הנחות נוספות הנדרשות לצורך התכנסות הסימולציה:

המשוואות הנאמדות (7.3)-(7.9) הותאמו כך שהתכנסות המשתנים האקסוגניים בטווח הארוך תהיה כדלקמן:

- קצב השינוי של מחירי היבוא מתכנס לשיעור של 2.0 אחוזים;
- הריבית הטבעית לשיעור של 3.0 אחוזים;
- הריבית על הדולר לשיעור של 4.5 אחוזים;
- יעד האינפלציה לשיעור של 2.0 אחוזים;
- פרמיית הסיכון לשיעור של 0.5 אחוזים.

הוספת המשוואות האקסוגניות למשוואות האנדוגניות ולזהויות הנכללות במודל, מאפשרת לנסח את הפתרון עבור הציפיות הרציונליות, כלומר להעביר את המודל מהייצוג המבני – בצורת משוואה (7.1) – לייצוג כמערכת פונקציות של משתני מצב, בצורת משוואה (7.2).

עתה, לאחר הצגת ההרחבות המשותפות לשתי הבדיקות, נעבור להצגת המתודולוגיה והממצאים של כל אחת מהבדיקות בנפרד.

7.א. סימולציה דינמית בתוך תקופת האמידה

בסעיף זה תוצג השוואה בין מסלול ההתפתחות של המשתנים האנדוגניים, כפי שנגזר מסימולציה דינמית של המודל, לבין ערכם בפועל בתקופת האמידה. המטרה היא לבחון את היכולת של המודל לשחזר את תוואי המשתנים האנדוגניים, בהינתן התהליך הדינמי והעזועים המאפיינים את מסלול התפתחותם של המשתנים האקסוגניים.

המתודולוגיה

לצורך סימולציה במודל שמכיל ציפיות רציונליות נדרש להפריד בין החלק הצפוי של המשתנים האקסוגניים (שמשפיע על המערכת עוד לפני התרחשותו) לבין החלק הלא צפוי (שמשפיע על המערכת רק לאחר התרחשותו). לשם כך נוסח התהליך הדינמי של המשתנים האקסוגניים כפי שתואר לעיל. לדוגמה, מחירי האנרגיה מיבוא הם משתנה אקסוגני במודל. אילו התייחסנו בסימולציה אל מחירי האנרגיה כאל משתנה שהתוואי שלו ידוע מראש, אזי עליית מחירי האנרגיה שהתרחשה בשנת 2005 הייתה משפיעה על התחזית כבר החל משנת 1999 (השנה שבה מתחילה הסימולציה); אולם לא סביר להניח כי בשנת 1999 השוק צפה את העלייה הניכרת של מחירי האנרגיה ב-2005. לכן, בביצוע הסימולציה עלינו להתחשב רק בחלק הצפוי של ההתפתחות העתידית במשתנים האקסוגניים. כאמור, את החלק הצפוי אנו אומדים באמצעות התחזית הנגזרת ממשוואה אוטו-רגרסיבית של כל אחד מהמשתנים האקסוגניים. אם השאריות של המשוואה הנאמדת נקיות ממיטאם סדרתי, האומדן לחלק הצפוי הוא חסר הטייה.

לגבי המשתנים האנדוגניים הסימולציה היא דינמית. משמע, שתוצאות התחזית אשר התקבלו בכל תקופה לגבי משתנים אלה משמשת תשומה לתחזית לתקופה הבאה. לעומת זאת, לגבי המשתנים האקסוגניים הסימולציה היא סטטית: בכל נקודת זמן משתמשים כתשומה לתקופה הבאה, בנתון בפועל באותה תקופה. (לא בתוצאות התחזית שהתקבלה עבור אותו משתנה).

בניסוח פורמלי – העברת המודל לצורת הייצוג של משוואה (7.2) מאפשרת לבצע את הסימולציה הדינמית כאשר מתייחסים אל וקטור המשתנים האקסוגניים y_t , כסכום של שני רכיבים: $y_t = E_{t-1}(y_t) + u_t$. כאשר $E_{t-1}(y_t)$ הוא הרכיב שהיה צפוי בתקופה $t-1$ ו- u_t הוא וקטור של זעזועים שידועים רק מרגע שהתרחשו בפועל. אל המשתנים האנדוגניים אנו מתייחסים באופן דומה, בהבדל אחד: אנו מניחים שהזעזועים בהם הם אפס גם לאחר שהם התרחשו בפועל⁶⁹.

לפני שנציג את הממצאים חשוב להדגיש מגבלה הקיימת בבחינה מסוג זה, אשר מסייגת את המהימנות של תוצאותיה: מהימנות הבדיקה מותנית בזיהוי סביר של החלק הצפוי והלא צפוי של כל אחד מהמשתנים האקסוגניים בכל נקודת זמן. ההנחה שהתהליך היוצר משתנים אלה הוא אוטו-רגרסיבי היא הנחת עבודה; לעיתים היא סבירה ולעיתים אינה סבירה. אמידה מהימנה של החלק הצפוי והלא צפוי מחייבת התייחסות פרטנית

⁶⁹ להסבר מפורט יותר של הרעיון ואופן הביצוע של הסימולציה ראו נספח ג'.

לכל משתנה אקסוגני בכל אחת מהתקופות של הסימולציה⁷⁰. כאן, כמו גם במקרים רבים בספרות, הנחנו הנחה שרירותית, שכל המשתנים האקסוגניים מאופיינים בתהליך אוטו-רגרסיבי.

הממצאים

איור 7.1 מציג את התוואי בפועל של המשתנים האנדוגניים, לעומת התוואי החזוי על ידי הסימולציה הדינמית (מסומן ב-F₋), עבור התקופה 1999.1-2006.2. העקומים מראים כי **המגמה של כלל המשתנים משוחזרת היטב**, אולם עיקר **התנודתיות בהם אינו מוסבר ברמה מספקת**. כך, למשל, המודל אינו משחזר את עליית האינפלציה והריבית בשנת 2002. עוד עולה בבירור, כי משוואת שער החליפין מספקת את ההסבר הנמוך ביותר: המודל גוזר תוואי חלק של הפיחות הנומינלי, אולם בפועל התנודתיות בו הייתה גדולה מאוד.

שער החליפין הנומינלי מוסבר במודל באמצעות השער הצפוי והפער שבין הריבית הנומינלית בארץ לבין זו השוררת בארה"ב (בתוספת פרמיית סיכון). ההסבר הנמוך של שיעורי הפיחות הנומינלי, העולה מהסימולציה הדינמית, מדגיש שפערי הריביות מספקים הסבר חלקי וקטן יחסית לסך התנודתיות של שער החליפין. הפיחות החד שאירע בתחילת שנת 2002 אינו נחזה על ידי המודל, ולכן לא נחזים גם שיעורי האינפלציה הגבוהים ששררו בשנת 2002 וכן עליות הריבית שחלו באותה השנה⁷¹.

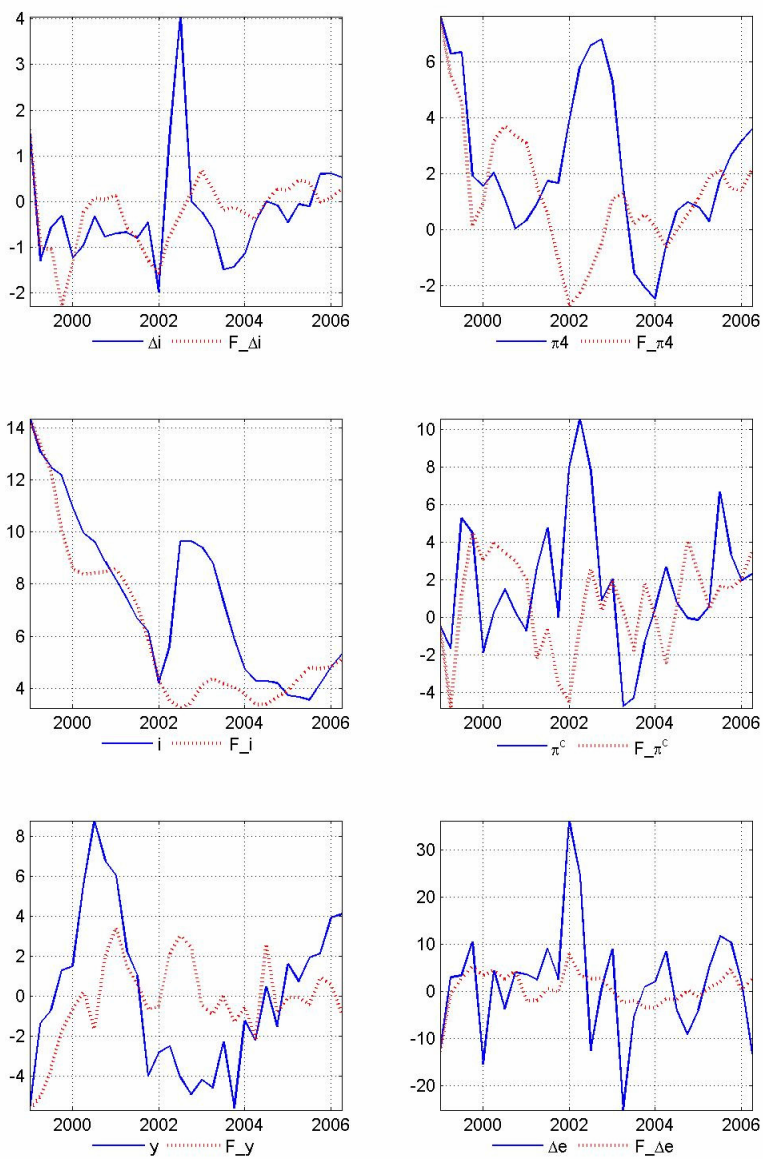
בסימולציה הבאה נתייחס לשער החליפין כאל משתנה אקסוגני. התייחסות מתודולוגית זו היא רק במובן מסוים: אנו מניחים כי בדומה למשתנים האקסוגניים, הזעזועים במשוואת הפיחות ידועים (החל מהתקופה בה הם מתרחשים); המסלול **הצפוי** של שער החליפין (המשפיע על שאר המשתנים האנדוגניים דרך ערוץ הציפיות) ממשיך להיות אנדוגני, כלומר, נגזר ממשוואת שער החליפין. תוצאות סימולציה זו מוצגות באיור 7.2.

ניתן לראות בבירור את השיפור ברמת ההסבר של כל משתני המודל: מרבית התנודות באינפלציה, בריבית ובפער התוצר "נתפסות" עתה בסימולציה הדינמית. השיפור בסימולציה זו מדגיש את ההשפעה הניכרת של שער החליפין הנומינלי על האינפלציה והריבית בישראל, במיוחד בשנים 2002 ו-2003, שבהן התחוללו בו שינויים משמעותיים.

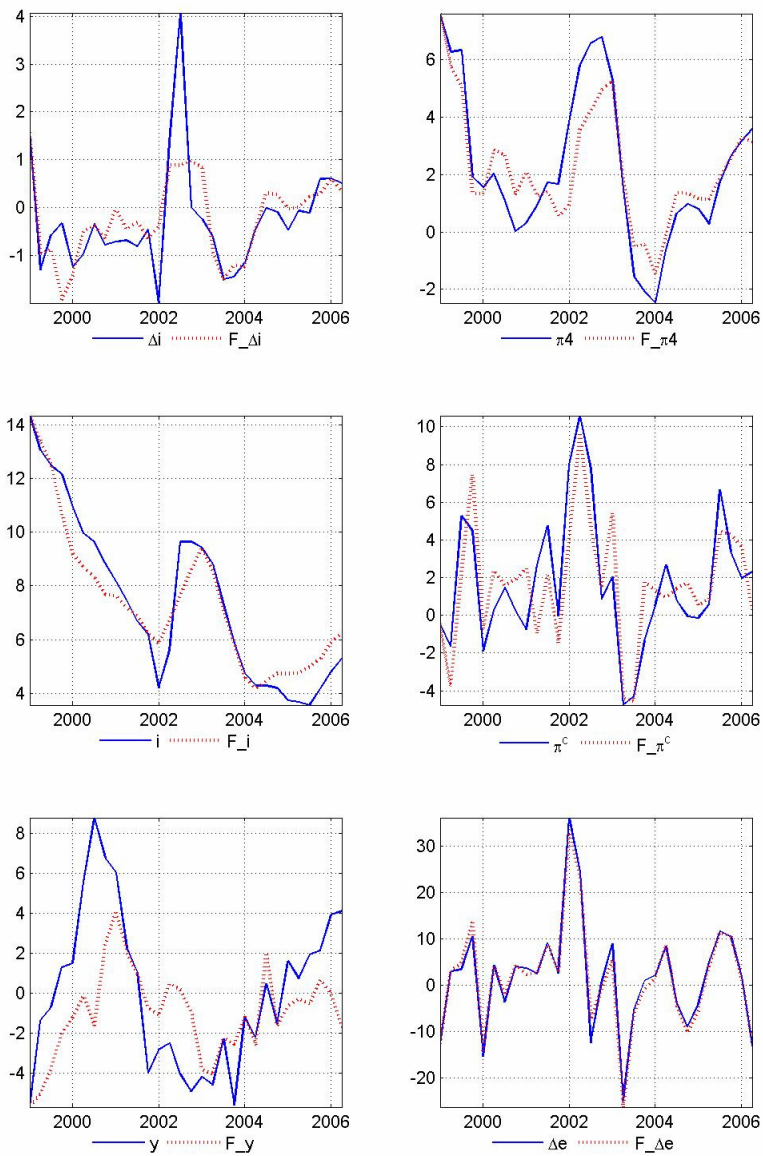
⁷⁰ או לפחות מידול עשיר יותר של תהליך היווצרות המשתנים האקסוגניים.

⁷¹ ראוי לציין שהפיחות שהתרחש באותה עת נבע בעיקרו מהסטייה החדה במדיניות הריבית שארעה בדצמבר 2001, שהתבטאה בהפחתה בלתי צפויה של 2 נקודות אחוז בריבית בנק ישראל.

איור 7.1: סימולציה דינמית של המודל לתקופה 1999.1 עד 2006.2
 המשתנים האנדוגניים: האינפלציה, הפיחות, פער התוצר והריבית



איור 7.2: סימולציה דינמית של המודל לתקופה 1999.1 עד 2006.2
 המשתנים האנדוגניים: האינפלציה, פער התוצר והריבית



ב.7. סימולציות סטוכסטיות – השוואת מומנטים שניים

אחת הדרכים לבדיקת טיב ההתאמה של מודל דינמי היא בדיקת המידה שבה סדרות נתונים המופקות באמצעות סימולציית MC משחזרות את ההתפלגות המשותפת של המשתנים ובמיוחד את מקדמי המיתאם, העצמיים והצולבים, המופיעים בנתונים. שיטה זו משמשת גם לביצוע קליברציה ואף לאמידה – Simulated Method of Moments (SMM). השוואת המומנטים הנצפים לאלו המשוחזרים באמצעות סימולציית MC מעניינת במיוחד אם האמידה בוצעה על פי קריטריון שונה מזה הממזער את המרחק בין שני סוגי המומנטים⁷².

בדרך כלל, המומנטים הרלבנטיים לבדיקה משתנים בהתאם למודל ובהתאם ליישום הנדרש ממנו. כשמדובר במודלים דינמיים מעניין לבחון מומנטים המבטאים קשרים דינמיים, כדוגמת מקדמי מיתאם "צולבים", דהיינו מקדמי מיתאם בין משתנים בשתי נקודות זמן שונות (cross correlations); לדוגמה – מקדם המיתאם בין שיעור האינפלציה לבין שיעור הריבית בפיגור של ארבעה רבעים. מהות הבדיקה היא בחינה של הקשרים הדינמיים בין משתנים על פני תקופות ארוכות מרביע בודד, ושל הדרך שבה המודל מצליח לשחזר קשרים אלו. בדיקה זו מוסיפה על ההתרשמות המתקבלת מהסימולציה הדינמית שהוצגה בסעיף הקודם, שם ניתן לבחון את איכות החיזוי של המודל בהינתן מסלול מסוים עבור המשתנים האקסוגניים (זה שהתממש בפועל, ועל פיו גם בוצעה האמידה). לעומת זאת, הבדיקה הנוכחית משחזרת את ההתפלגויות המשותפות של הנתונים, לא בהינתן המסלול של המשתנים האקסוגניים, אלא בהינתן התכונות הדינמיות שלהם.

הבדיקה דומה לזו המוצגת בעבודה של Smets and Wouters (2003) על המשק האירופי⁷³. במסגרת בדיקה זו מושוות התכונות של נתונים המופקים בעזרת סימולציה של המודל לתכונות המופיעות בנתונים רבעוניים של המשק הישראלי לתקופה 1999.1 עד 2006.2 (להלן תקופת ההשוואה)⁷⁴. הבדיקה נועדה לבחון אם המומנטים הקיימים

⁷² משוואות המודל נאמדו בשיטת GMM, ובה הקריטריון לאמידה שונה.

⁷³ המציגים פיתוח ואמידה של מודל DSGE (Dynamic Stochastic General Equilibrium) מוניטרי לכלכלת אירופה.

⁷⁴ המומנטים הנצפים בנתונים חושבו לתקופה המתחילה לאחר ריסון האינפלציה. הסיבה לכך היא הרצון להימנע מהטיות של מקדמי המיתאם כלפי מעלה, כתוצאה מקיומן של מגמות ירידה בסדרות בתקופת הדיסאינפלציה.

בנתונים שונים באופן מובהק מהמומנטים התיאורטיים הנגזרים מן המודל. זאת באמצעות חישוב רווח בר-סמך עבור המומנטים הנגזרים מהמודל⁷⁵.

המתודולוגיה

הרווח בר-הסמך מחושב במספר שלבים:

- א. אומדים את סטיית התקן של השאריות של משוואות המודל בתקופת ההשוואה⁷⁶.
- ב. דוגמים 30 ערכים לכל שארית, כמספר הרביעים של תקופת הסימולציה, מתוך התפלגות נורמלית עם סטיית התקן שנאמדה.
- ג. בעזרת השאריות שנדגמו מייצרים סדרות נתונים מלאכותיות, על ידי סימולציה של המודל בצורתו המצומצמת. משלב זה מתקבלת עבור כל אחד ממשתני המודל סדרת נתונים באורך של 30 תקופות (כאורך תקופת ההשוואה).
- ד. עבור הסדרות שהתקבלו מחשבים את האומדים של המומנטים הרלוונטיים.
- ה. חוזרים על שלבים ב'-ד' 1,000 פעמים, כך שעבור כל מומנט נאספים 1,000 אומדים.
- ו. הרווח בר-הסמך, (90%) לכל מומנט, מחושב על ידי השמטת 50 האומדים הנמוכים ביותר וה-50 הגבוהים ביותר.

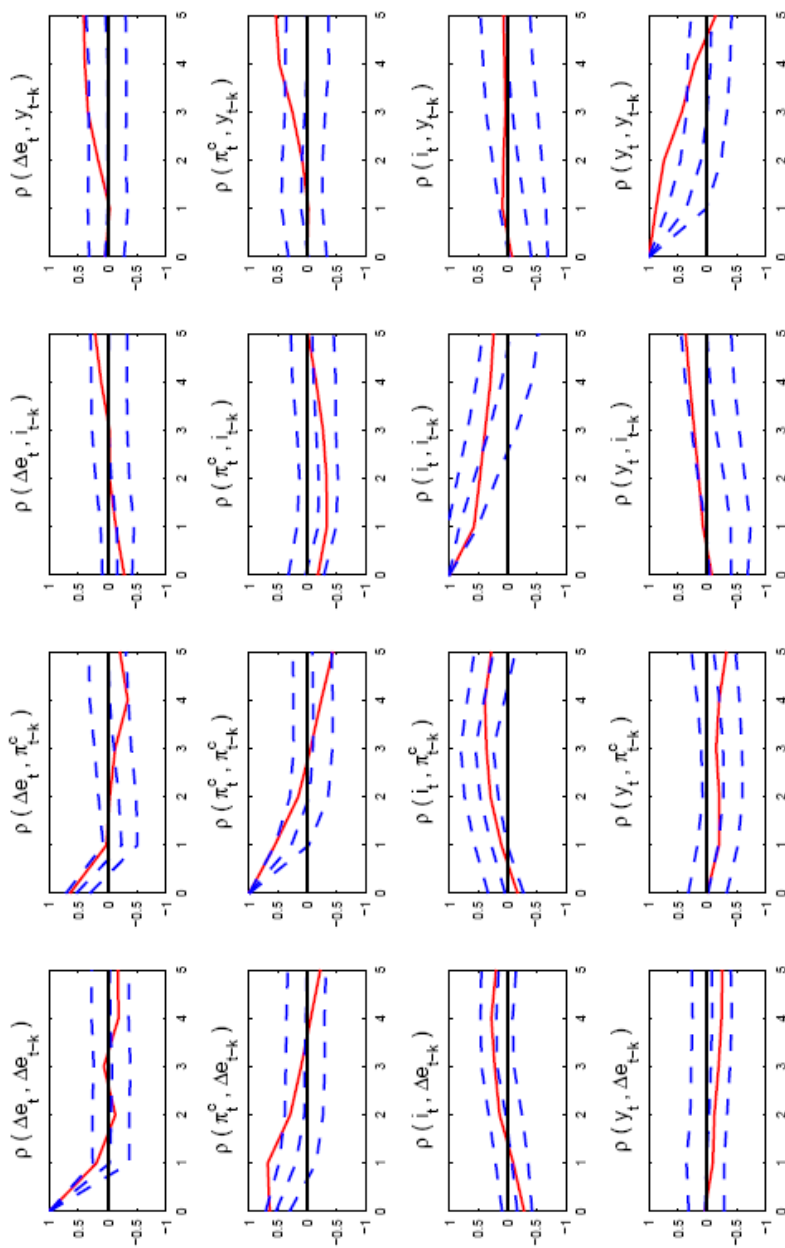
הממצאים

התוצאות המתקבלות מוצגות באיור 7.3. המומנטים המוצגים הם מקדמי מיתאם סדרתי, עצמיים וצולבים, עד הפיגור החמישי. זאת עבור כל אחד מהמשתנים האנדוגניים: הפיחות (Δe), האינפלציה (π^c), הריבית הנומינלית (i) ופער התוצר (y). על הציר האנכי של כל עקום, מופיע סולם ערכים, המציין את מקדם המיתאם בין המשתנה x_t לבין המשתנה z_{t-k} , כלומר בין כל שני משתנים (אנדוגניים) במרחק k תקופות זה מזה. הציר האופקי מציין את k. כך, למשל, בעקום השמאלי ביותר של השורה השנייה, שכותרתו ($\rho(\pi^c_t, \Delta e_{t-k})$), מוצגים מקדמי המיתאם שבין קצב האינפלציה (π^c) ובין כל אחד מחמשת הפיגורים הראשונים של קצב הפיחות (Δe), נוסף על הפיחות הבו-זמני.

⁷⁵ לעומת זאת Rotemberg and Woodford (1998) הציגו השוואה ויזואלית של המומנטים המופיעים בנתונים, למומנטים התיאורטיים הנגזרים מהמודל (ולא לרווח בר-סמך של אומדים למומנטים אלו). המומנטים התיאורטיים לא חושבו באופן אנליטי, אלא על פי נתוני סימולציה סטוכסטית אסימפטוטית (בת 5,000 תקופות). המומנטים התיאורטיים של Rotemberg and Woodford (1998) אנלוגיים למרכז רווח בר-הסמך בגישת Smets and Wouters (2003) הננקטת כאן.

⁷⁶ לרבות המשוואות עבור המשתנים האקסוגניים, שהוצגו בראשית הפרק.

איור 7.3: מקדמי המיתאם בפועל, והרווח בר הסמך מן המודל
 בקו רציף: מקדמי המיתאם האמפיריים
 במקווקו: הרווח בר-הסמך (90%) לאומדני המודל



מהאיור עולה כי ברוב המקרים המומנטים הנצפים נמצאים בתחומי הרווח בר-הסמך. משמע שבאופן כללי המודל מצליח לשחזר את פונקציות המיתאם הסדרתי (העצמי) והצולב המאפיין את נתוני המשתנים האנדוגניים שבמודל.

בשורה הראשונה של האיור מופיעים מקדמי המיתאם בין קצב הפיחות ובין כל אחד מהמשתנים, בו זמנית ובחמישה פיגורים. ראוי לציין שהמודל "תופס" בצורה יפה את אופי הקשר – הן הבו-זמני והן בפיגור – שבין הפיחות לבין האינפלציה. בין הפיחות לאינפלציה המיתאם הבו-זמני גבוה, ובין הפיחות והאינפלציה בפיגור המיתאם שלילי. ההסבר לכך, על פי המודל הוא, שפיחות פועל לעליית מחירים, ומכאן המיתאם הבו-זמני החיובי. בהמשך הריבית עולה, על פי כלל הריבית, ופועלת לירידת שער החליפין, המתבטאת במיתאם השלילי שבין הפיחות לאינפלציה בפיגור. גם הקשר שבין הפיחות והריבית, בו-זמנית ובפיגור, נתפס יפה. לעומת זאת המודל אינו משחזר את המיתאם החיובי הקיים בנתונים בין פיגורים (החל מהפיגור השני) של פער התוצר ובין קצב הפיחות. אין לנו הסבר למיתאם זה. (ייתכן מאוד שזו תופעה מקרית).

בשורה השנייה מופיעים מקדמי המיתאם שבין האינפלציה, לבין יתר המשתנים, בו-זמנית ובחמישה פיגורים. כפי שניתן לראות, בנתונים קיים מיתאם חיובי וגבוה בין האינפלציה, לבין הפיחות הבו-זמני ובפיגור. המודל משחזר קשרים אלה, אולם בעוצמה פחותה מאשר בנתונים. במילים אחרות: המודל משחזר יפה את כיוון התמסורת מקצב הפיחות למחירים, אולם בנתונים מידת התמסורת חזקה ומתמשכת יותר מאשר במודל. אין לנו הסבר מלא לתופעה. אחת האפשרויות היא שהאומדן של השפעת שער החליפין על סעיף הדיור, ודרכו על המדד הכללי, הוא אומדן חסר⁷⁷. כפי שניתן לראות, המודל משחזר יפה את המיתאם הסדרתי של האינפלציה (דהיינו את האינרציה באינפלציה), וכן את טיב הקשר שבין האינפלציה ובין פיגורים של הריבית. לעומת זאת המודל אינו משחזר את המיתאם החיובי שקיים בנתונים בין האינפלציה ובין הפיגורים השלישי עד החמישי של פער התוצר. ראוי לציין שבשלב האמידה הבחנו בקשר זה, אולם בניסוח הסופי של משוואת האינפלציה החלטנו להתעלם ממנו⁷⁸.

בשורה השלישית מופיעים מקדמי המיתאם שבין הריבית לבין יתר המשתנים, בו-זמנית ובחמישה פיגורים. כפי שניתן לראות, המודל משחזר יפה גם את טיב המיתאם שבין הריבית לבין פיגורים של האינפלציה ושל הפיחות: הריבית מתואמת שלילית עם

⁷⁷ סעיף הדיור, במיוחד החל משנת 1999, אז שונתה שיטת מדידתו, מושפע מאוד משער החליפין ביחס לדולר. אף על פי כן אין במודל התייחסות נפרדת לסעיף זה. בעתיד הקרוב ננסח משוואה נפרדת לרכיב הדיור.

⁷⁸ אנו מעריכים, בשלב זה ללא ביסוס מספק, שהדבר נובע מאי יכולתנו לקבל אומדן מהימן די הצורך לפער התוצר. תופעה מוכרת בספרות היא שאמידת התוצר הפוטנציאלי בשיטת מסנן HP עלולה ליצור דינמיקה של פיגורים בהשפעה של פער התוצר הנאמד על האינפלציה.

האינפלציה והפיחות הבו-זמניים, ואילו המיתאם של הריבית עם הפיגורים של שני המשתנים הוא חיובי. תופעה זו, והעובדה שהמודל משחזר אותה, תואמת את האפשרות כי בתקופת ההשוואה, המדיניות המוניטרית נהגה להגיב לאינפלציה שהתרחשה⁷⁹. המודל גם משחזר בצורה סבירה את האינרציה בריבית, ואת טיב הקשר שבין פער התוצר ופיגוריו לבין הריבית.

בשורה הרביעית מופיעים מקדמי המיתאם שבין פער התוצר לבין יתר המשתנים, בו-זמנית ובחמישה פיגורים. כפי שניתן לראות, המודל משחזר יפה את המיתאם השלילי שבין הפיגורים של האינפלציה ובין פער התוצר. לעומת זאת אין הוא משחזר את המיתאם בין פער התוצר ובין הריבית והפיגורים שלה. על פי המודל יש מיתאם שלילי בין פער התוצר לבין הריבית ופיגוריה, ואילו בנתונים אין מיתאם בו-זמני, והמיתאם מול הפיגורים הוא חיובי. (הנתונים בפועל מצויים על הגבול העליון של הרווח בר הסמך). עוד ראוי לציין שהמודל משחזר את האינרציה בפער התוצר, אף כי בעוצמה נמוכה מאשר בנתונים.

נדגיש כי השוואת מומנטים באופן המוצג כאן, מצביעה רק על קשרים, לא על סיבתיות. יש להיזהר בהסקת מסקנות מהמיתאמים באשר לכוון הסיבתיות – בין השאר עקב קיומו של ערוץ הציפיות. עם זאת אי אפשר להתעלם מהקשרים החזקים בין שיעור האינפלציה לבין פיגוריו העצמיים וכן בינו לבין שער החליפין הנומינלי (בו-זמנית ובפיגור), קשרים המופיעים בנתונים ו"נתפסים" גם על ידי המודל (כפי שניתן לראות מצפייה בשורה השנייה של העקומים באיור 7.3). אולם בעוד שאת האינפלציה ניתן לחזות באמצעות פיגורים שלה או של משתנים אחרים (למשל הריבית), הרי את הגורם השני – שער החליפין הנומינלי – קשה יותר לחזות, שכן הוא אינו מתואם עם פיגורים של עצמו או של המשתנים האנדוגניים האחרים. (השורה הראשונה של העקומים באיור 7.3). **מההצגה הגרפית ניתן להתרשם, שאת מעט ההסבר (באשר לשע"ח) שניתן להפיק מתוך ההתפלגויות המשותפות של המשתנים האנדוגניים (הן הבו-זמניות והן בפיגור), המודל אכן מפיץ. כך, למשל, ניתן לזהות קשר בין שער החליפין בהווה לבין שיעור הריבית, בו-זמנית ובפיגור של רביע.**

ראוי להצביע על נקודת תורפה בבדיקה המתוארת: ככל שרמת אי הוודאות לגבי המומנטים עולה, כך מתרחב הרווח בר-הסמך של האומדן למומנט, וכך גדלים הסיכויים שהמומנט הנצפה יהיה בגבולות הרווח. לפיכך יש להקדיש תשומת לב גם לרוחבו של הרווח, וכן לתוואי שלו. לדוגמה: הקשר הבו-זמני בין הריבית לבין הפיחות (שאינו מופיע

⁷⁹ כאשר עורכים סימולציות MC עם כלל ריבית צופה לעתיד מצורת משוואה (9) מקבלים כי עיקר המיתאם החיובי הוא בין הריבית לאינפלציה הבו-זמנית, לא לאינפלציה ברביעים קודמים.

בכלל הריבית) הוא קשר שלילי, אולם הקשר בין הריבית לפיחות בפיגור הולך ומתחזק ומגיע לשיאו בפיגור השלישי (שם הוא כבר חיובי). תוואי זה מאפיין הן את הרווח בר-הסמך והן את המומנט הנצפה בפועל, ולכן ניתן לייחס לו מהימנות רבה יחסית. לעומת זאת התוואי בנתונים של מקדמי המיתאם הסדרתי של האינפלציה אינו דומה לתוואי הנגזר מהמודל, ולכן המסקנות כאן פחות חזקות. (כך גם לגבי מקדמי המיתאם הסדרתי של הריבית).

בסיכום, משתי הבדיקות המוצגות כאן עולה השפעה ניכרת של שער החליפין על המחירים, אך גם קושי להסביר ולחזות את התפתחותו. כאשר מתייחסים אל שער החליפין כאל משתנה אקסוגני, המודל מיטיב לשחזר את ההתפתחות ההיסטורית של יתר המשתנים האנדוגניים. אחת ההשלכות של ממצא זה היא, שבתכנון השוטף של המדיניות המוניטרית חשוב לבחון מספר תרחישים חלופיים באשר להתפתחות שער החליפין הנומינלי.

8. מסקנות וכיוונים להמשך

בעבודה זו ניסחנו ואמדנו מודל ניאו-קיינסיאני למשק הישראלי. במקרים רבים אמידה קלסית⁸⁰ של מודלים כאלה אינה עולה יפה. כאן באמידה קלסית התקבלו תוצאות טובות, המתישבות עם תוצאותיהן של עבודות על משקים אחרים.

ממצא עיקרי בעבודה זו הוא חשיבותו הרבה של שער החליפין במנגנון התמסורת במשק הישראלי. שער החליפין משפיע על האינפלציה הן ישירות והן דרך השפעתו על פער התוצר. גם ההשפעה הישירה של שער החליפין על האינפלציה וגם השפעתו על פער התוצר חזקות יותר מאשר במשקים אחרים. הרגישות הרבה של האינפלציה ושל פער התוצר לשער החליפין והעזושים האקסוגניים המאפיינים אותו, מתבטאים בתנודות גדולות יחסית באינפלציה ובפער התוצר, וכתוצאה מכך גם בריבית הנומינלית (באמצעות כלל הריבית) והריאלית⁸¹.

עם זאת, עוצמתו של ערוץ שער החליפין מגבירה את השפעתה של המדיניות המוניטרית על האינפלציה: שינויים בריבית מתבטאים מהר יחסית במחירים, באמצעות ערוץ שער החליפין.

⁸⁰ באמידה קלסית הכוונה כאן לשיטות כגון: נראות מקסימלית, OLS, 2SLS ו-GMM; זאת בניגוד לקליברציה או אמידה בייסאנית.

⁸¹ ראוי להדגיש שרגישות של שער החליפין להתפתחויות שונות, ותנודות חזקות בו, אינם תופעה ייחודית למשק הישראלי. השונות של שער החליפין בישראל אינה גבוהה מזו שמאפיינת משקים אחרים – אולם השפעתם של שינויים בשער החליפין על המשק הישראלי חזקה יותר.

באמידת משוואת האינפלציה נמצא שהתמסורת מן המחירים בחו"ל ומשער החליפין למחירי היבוא בשוק המקומי היא מהירה. כ-20 אחוזים מהפיחות הצפוי⁸² ברביע הבא מתבטאים במחירי היבוא בשוק המקומי כבר ברביע הנוכחי. משהתרחש הפיחות, כ-60 אחוזים ממנו מתבטאים במחירי היבוא באותו רביע וכ-20 אחוזים ברביע העוקב. סימולציית מונטה-קרלו מלמדת שהמודל משחזר היטב, אף כי בחסר קל, את המיתאם הגבוה שבין האינפלציה בהווה ובין פיגורים של קצב הפיחות.

באמידה נמצא שמשקלם של המוצרים והשירותים מיבוא במדד המחירים לצרכן הוא כ-0.45. אומדן זה גבוה מהאומדן במשקים פתוחים אחרים (כ-0.3) ומשקף את ההשפעה החזקה של שער החליפין על רכיב הדיור, שמשקלו במדד כ-20 אחוזים. תופעה זו, שבה המחיר של רכיב שאינו מיבוא (ואף אינו סחיר) צמוד במידה כמעט מלאה לשער החליפין של הדולר, היא למיטב ידיעתנו ייחודית למשק הישראלי – מורשת של עידן האינפלציה הגבוהה ששררה בשנים 1978 עד 1985. כדי להיטיב להבין ולחזות את האינפלציה ולאמוד במהימנות את רכיב היבוא במדד, ראוי להפריד את רכיב הדיור מהמדד ולאמוד עבורו משוואה נפרדת.

גם במשוואת פער התוצר נמצא שלשער החליפין (הריאלי) יש השפעה גבוהה מזו שמתקבלת בעבודות דומות במקומות אחרים – ממצא המדגיש את פתיחות המשק ורגישותו לזעזועים חיצוניים.

לשער החליפין יש, כאמור, השפעה ניכרת על המערכת, אך הוא נתון לזעזועים ניכרים שלא ניתנים לחיזוי. כך, למשל, סימולציה דינמית של המודל מראה שהוא אינו משחזר את מרבית התנודות בהתפתחותו של שער החליפין, וכתוצאה מכך נפגמת גם היכולת לשחזר את התפתחות יתר המשתנים. לעומת זאת, בסימולציה המביאה בחשבון את התפתחות שער החליפין בפועל, המודל מצליח לשחזר היטב את ההתפתחויות של האינפלציה ושל הריבית בתקופה הנבחנת.

מאמידת משוואת האינפלציה עולה שקיימת אינרציה באינפלציה, אך מידתה פחותה מזו שמאפיינת בדרך כלל משקים אחרים. מקדם גבוה יחסית לציפיות האינפלציה (במשוואת האינפלציה) מלמד על השפעה מהירה יחסית של המדיניות המוניטרית על האינפלציה, דרך ערוץ הציפיות.

ההשפעה של פער התוצר על האינפלציה נמצאה קרובה לזו שהתקבלה במדינות אחרות. עם זאת נמצא שהמקדם של פער התוצר, ועיתוי השפעתו, רגישים לשינוי תקופת האמידה. בניסוח הסופי של משוואת האינפלציה בחרנו לשלב את פער התוצר כממוצע נע של הפער בהווה ובפיגור של רביע.

⁸² או עליית המחירים בעולם.

באמידת משוואת פער התוצר נמצא מקדם גבוה לפער התוצר הצפוי, תוצאה המלמדת על אינרציה נמוכה בפער התוצר, גם בהשוואה לממצאים ממדינות אחרות וגם בהשוואה לאינרציה באינפלציה. העיתוי של השפעת הריבית על פער התוצר נמצא רגיש במידה מסוימת לתקופת האמידה, ובמשוואה הסופית בחרנו לשלב ממוצע נע של הריבית בהווה ובפיגור של רביע. האומדן של השפעת הריבית על פער התוצר מתיישב עם אומדנים המתקבלים במקומות אחרים.

בדרך כלל, ברוב המשקים, נמצא פיגור ארוך יחסית בהשפעה של הריבית על האינפלציה. לעומת זאת נמצא בעבודה זאת כי במשק הישראלי התמסורת מהריבית לאינפלציה מהירה ביותר, גם ביחס למשקים קטנים ופתוחים אחרים. תוצאה זו היא תולדה של שני גורמים: האחד הוא ההשפעה המיידית של הריבית על שער החליפין וההשפעה החזקה והמהירה של קצב הפיחות על האינפלציה; השני הוא המקדם הגבוה המתקבל למשתני הציפיות במשוואות האינפלציה ופער התוצר. ההשפעה החזקה של הציפיות בשתי משוואות אלה תואמת את התיאוריה הניאו-קיינסיאנית, המדגישה את החשיבות של ציפיות הציבור במנגנון התמסורת.

הפערים של התוצר והמחירים היחסיים חושבו בעבודה זו באמצעות מסנן HP – שיטה סטטיסטית מקובלת, בעיקר מטעמי נוחות וחוסר שיטות חלופיות פשוטות. סביר כי טעויות מדידה בפערים אלה, בעיקר אם אינן שיטתיות, אינן פוגמות משמעותית באיכות האומדנים של הפרמטרים. אולם פערים אלה משמשים גם נקודת מוצא בתחזית. כאן נמצא שתוצאות התחזית רגישות לאומדן פער שער החליפין הריאלי בנקודת המוצא. בעת עריכת תחזית, במיוחד בתקופות שבהן חל שינוי משמעותי בשער החליפין הנומינלי, קשה להעריך את המגמה של שער החליפין הריאלי, ולכן – את הפער הרלוונטי. לכן חשוב לפתח כלים שיסייעו להעריך את המגמה של שער החליפין הריאלי. ראוי לשפר גם את אומדן המגמה של התוצר, אף כי כאן התחזית פחות רגיש לאומדן בנקודת המוצא. המודל בניסוחו הנוכחי הוא, כאמור, מודל קטן, הכולל את המשתנים החיוניים לתיאור מנגנון התמסורת של המדיניות המוניטרית במשק קטן ופתוח. שיפור והרחבה של המודל אפשרי בכמה כיוונים:

- ניסוח משוואה נפרדת לסעיף הדיוור, המושפע במידה מכרעת משער החליפין של השקל ביחס לדולר. משוואת האינפלציה העיקרית תהיה ביחס למדד ללא דיוור (שמשקלו במדד כ-80 אחוזים).⁸³

⁸³ יש לשקול גם להפריד מהמדד את הרכיב של דלק ושמינים לרכב (שמשקלו במדד כ-5 אחוזים). רכיב זה הוא למעשה מוצר יבוא, אך מחירו אינו מופיע במחיר העולמי של יבוא מוצרי הצריכה (אלא במחיר יבוא התשומות לייצור). לחלופין יש לתקן את המחיר העולמי של יבוא מוצרי הצריכה.

- אמידה של כלל ריבית אופטימלי, הנגזר ממזעור פונקציית הפסד בכפיפות למודל.
- אמידה של התוצר הפוטנציאלי, הריבית הטבעית ומגמת שער החליפין הריאלי, באמצעות מודל מבני או משוואות עזר.
- טיפול בשוק העבודה במסגרת המודל עם אפשרות לכלול קשיחויות שכר נוסף על קשיחויות המחירים. הדבר מחייב, בין היתר, לנסח משוואה לשכר ולשנות את האפיון של משוואת המחירים.
- אנדוגניזציה של רכיב ההשקעות. האפשרות הפשוטה יחסית היא להשמיט רכיב זה מהצד הימני של משוואת פער התוצר, ולנסות לשפר את האפיון של המשוואה (על ידי הוספת משתנים ו/או פיגורים). אפשרות אחרת, מורכבת קצת יותר, היא לנסח משוואה עבור הערך המוסף של ההשקעות. כאן אחד הקשיים הוא אמידת מלאי ההון הרלוונטי.

נספח א': גזירת משוואת האינפלציה

לצורך הדיון נרשום את מדד המחירים לצרכן כמורכב משני רכיבים עיקריים: מדד המחירים של מוצרים ושירותים המיוצרים בשוק המקומי ומדד המחירים של מוצרים ושירותים מיבוא, כלהלן:

$$(A.1) \quad p_t^c = w^f p_t^f + (1 - w^f) p_t^h$$

כאשר:

p^c – (לוג) מדד המחירים לצרכן;

p^f – (לוג) מדד המחירים של המוצרים והשירותים מיבוא;

p^h – (לוג) מדד המחירים של המוצרים והשירותים המיוצרים בשוק המקומי.

הפרש ראשון של משוואה זו נותן:

$$(A.2) \quad \pi_t^c = w^f \pi_t^f + (1 - w^f) \pi_t^h$$

כאשר:

π^c – האינפלציה במדד המחירים לצרכן;

π^f – האינפלציה במדד המחירים של המוצרים והשירותים מיבוא;

π^h – האינפלציה במדד המחירים של המוצרים והשירותים המיוצרים בשוק המקומי.

להלן נטפל בכל רכיב בנפרד.

משוואת המחירים המקומיים (π^h)

מניחים מספר גדול של פירמות המצויות בתחרות מונופוליסטית. כל פירמה מייצרת מוצר ששונה במידה מסוימת מהמוצרים האחרים, ולכן יש לה אפשרות להשפיע על קביעת המחיר של אותו מוצר. כמו כן מניחים כי שינוי המחיר על ידי היצרן כרוך בעלות מסוימת, ולכן השינוי במחיר אינו תהליך רציף. על ההחלטה אם לשנות את המחיר ובכמה משפיעים שני שיקולים: העלות של השינוי והמרחק מהמחיר הרצוי (דהיינו המחיר שהיה נקבע בהעדר אותה עלות).

בתהליך הייצור הפירמה משתמשת בתשומות מקומיות (עבודה ותשומות ביניים) ובתשומות מיבוא. התחלופה בין תשומות אלה אינה מלאה, ולכן שיקול נוסף של הפירמה

הוא בחירת צירוף התשומות המתאים. עלייה של מחיר התשומות מיבוא בשוק המקומי פועלת לייקור עלויות הייצור, ולכן משפיעה על המחירים המקומיים, הן ישירות והן באמצעות השפעת תחלופה המייקרת את התשומות המקומיות. ממכלול השיקולים דלעיל מתקבלת המשוואה הבאה עבור קצב עליית המחירים המקומיים:

$$(A.3) \quad \pi_t^h = \pi_{t+1}^h + a_y y_t + a_{zf} (p_t^{zf} - p_t^h)$$

כאשר:

$$y_t - \text{פער התוצר העסקי};$$

$$p_t^{zf} - \text{מחירי התשומות מיבוא.}$$

משוואה זו היא המשוואה המקובלת לניתוח המחירים המקומיים במשק פתוח.⁸⁴ זוהי הרחבה של הגישה המקובלת למשק סגור. במשק פתוח נכנס גורם נוסף – המחיר היחסי של התשומות מיבוא.

את יחס המחירים $(p_t^{zf} - p_t^h)$ ניתן לרשום כסכום של שני ביטויים כלהלן:

$$(A.4) \quad (p_t^{zf} - p_t^h) = (p_t^{zf} - p_t^f) + (p_t^f - p_t^h)$$

לכתיבה כזאת יש יתרון בסימולציות, שכן הביטוי הראשון הוא אקסוגני,⁸⁵ והשני הוא משתנה אנדוגני מרכזי המופיע גם במשוואת פער התוצר. את יחס המחירים $(p_t^f - p_t^h)$ ניתן לכתוב גם במונחי מדד המחירים לצרכן (p^c) (שלגביו יש נתונים), על ידי שימוש במשוואה (A.1), כלהלן:

$$(A.5) \quad (p_t^f - p_t^h) = p_t^f - (p_t^c - w^f p_t^f) / (1 - w^f) = (p_t^f - p_t^c) / (1 - w^f)$$

מהצבה של (A.4) ו-(A.5) ב-(A.3) נקבל:

$$(A.6) \quad \pi_t^h = \pi_{t+1}^h + a_y y_t + a_{zf} [(p_t^{zf} - p_t^f) + (p_t^f - p_t^c) / (1 - w^f)]$$

כעת נניח שלחלק מהציבור ציפיות רציונליות ולחלק ציפיות אדפטיביות. משמע שבמקום π_{t+1}^h נציב את הביטוי $a_{ld} \pi_{t+1}^h + (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^h$. הואיל ומצאנו באמידה שגם

⁸⁴ לפיתוח מפורט ראו למשל הנספח אצל (Svensson 1998).

⁸⁵ זאת אם מניחים תמסורת מיידית משער החליפין ומהמחירים בעולם למחירים בשוק המקומי, או לפחות אותו קצב תמסורת בשני הרכיבים.

פער התוצר בפיגור משפיע על האינפלציה, נוסף את הפיגור של פער התוצר ונקבל את המשוואה הבאה עבור קצב האינפלציה של הרכיב המקומי במדד המחירים לצרכן⁸⁶:

$$(A.7) \quad \pi_t^h = a_{ld} \pi_{t+1}^h + (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^h + a_y (0.5 y_t + 0.5 y_{t-1}) \\ + a_{zf} [(p_t^{zf} - p_t^f) + (p_t^f - p_t^c) / (1 - w^f)]$$

נזכיר כי הן p^h והן p^f הם בלתי נצפים. מכאן נתקדם בשני שלבים. תחילה נניח ש- p^f נצפה. נחלץ את π_t^h ממשוואה (A.2), נציב ב-(A.7), ולאחר מספר פעולות אלגבריות נקבל משוואה במונחי קצב האינפלציה של מדד המחירים לצרכן:

$$(A.8) \quad \pi_t^c = a_{ld} \pi_{t+1}^c + (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^c + (1 - w^f) a_y (0.5 y_t + 0.5 y_{t-1}) \\ + a_{zf} [(1 - w^f) (p_t^{zf} - p_t^f) + (p_t^f - p_t^c)] \\ + w^f [\pi_t^f - a_{ld} \pi_{t+1}^f - (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^f]$$

משוואת המחירים המיובאים (π^f)

כאמור, אין בידינו נתונים על המחיר שמשלם הצרכן בשוק המקומי על מוצרי הצריכה המיובאים (p^f). אולם יש בידינו נתונים על המחיר הדולרי שמשלם היבואן. נסמן מחיר זה ב- p^{*f} ונסמן ב- e את שער החליפין של השקל ביחס לדולר (שניהם ב-log). אם נניח תמסורת מיידיית למחירים המקומיים, נקבל $p_t^f = e_t + p_t^{*f}$. בדרך כלל סביר להניח שהתמסורת אינה מיידיית אלא הדרגתית. הנחנו אפוא תמסורת הדרגתית מהצורה הבאה:

$$(A.9) \quad p_t^f = \alpha_1 (e_{t+1} + p_{t+1}^{*f}) + \alpha_2 (e_t + p_t^{*f}) + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) (e_{t-1} + p_{t-1}^{*f})$$

כאשר:

p_t^{*f} – (לוג) המחיר העולמי של מחירי היבוא (בדולרים);

e_t – (לוג) שער החליפין הנומינלי שקל-דולר.

הפרש ראשון של משוואה זו הוא האינפלציה מיבוא:

$$(A.10) \quad \pi_t^f = \alpha_1 (\Delta e_{t+1} + \Delta p_{t+1}^{*f}) + \alpha_2 (\Delta e_t + \Delta p_t^{*f}) + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) (\Delta e_{t-1} + \Delta p_{t-1}^{*f})$$

⁸⁶ נבהיר, שמעתי, בכל מקום שמופיע משתנה x_{t+i} הכוונה היא לציפיות הרציונליות למשתנה x בתקופה $t+i$, על סמך האינפורמציה הידועה עד (וכולל) t .

כאשר:

Δ - אופרטור ההפרש.

גזירת משוואת האינפלציה במדד המחירים לצרכן (π^c)

בשלב האחרון נציב את (A.10) בסוגריים המרובעים השניים של משוואה (A.8). מטעמים אמפיריים⁸⁷ נכפה תמסורת מיידית ביחסי המחירים $(p_t^f - p_t^c)$ ו- $(p_t^{zf} - p_t^f)$, כלומר נציב בחלקים אלו $p_t^f = e_t + p_t^{*f}$ ו- $p_t^{zf} = e_t + p_t^{*zf}$. לאחר פעולות אלה נקבל את משוואת האינפלציה של המחירים לצרכן במונחי משתנים נמדדים:

$$(A.11) \quad \pi_t^c = a_{ld} \pi_{t+1}^c + (1 - a_{ld}) \pi_{t-1}^c + (1 - w^f) a_y (0.5 y_t + 0.5 y_{t-1}) \\ + a_{zf} [(1 - w^f) up_t^{*z} + q_t] \\ + w^f [\alpha_1 dep_{t+1}^{*f} + \alpha_2 dep_t^{*f} + (1 - \alpha_1 - \alpha_2) dep_{t-1}^{*f}]$$

כאשר:

$$dep_t^{*f} = (\Delta e_t + \Delta p_t^{*f}) - a_{ld} (\Delta e_{t+1} + \Delta p_{t+1}^{*f}) - (1 - a_{ld}) (\Delta e_{t-1} + \Delta p_{t-1}^{*f})$$

$$q_t - \text{הוא פער שער החליפין הריאלי } (p_t^{*f} + e_t - p_t^c); \\ up_t^{*z} - \text{הוא פער מחירי התשומות } (p_t^{*zf} - p_t^{*f}).$$

נספח ב': אמידת משוואות המודל

1. משוואת האינפלציה

המשוואה הסופית שנאמדה לצורך המודל היא משוואה (A.11) שבנספח א'. המשוואה נאמדה בשיטת GMM. תוצאות האמידה מובאות בלוח ב.1 להלן:

⁸⁷ בחינה מוקדמת העלתה שלגבי יחסי המחירים דלעיל אין הבדל בתוצאות בין הנחת תמסורת הדרגתית למיידית.

לוח ב.1 – אומדני משוואת האינפלציה (משוואה A.11)

Parameter	Value	t-statistic	Parameter	Value	t-statistic
a_{ld}	0.527	12.3	w^f	0.445	5.9
a_y	0.063	1.9	α_1	0.203	4.8
a_{zf}	0.058	2.6	α_2	0.630	16.8
$R^2 = 0.799$ S.E. = 3.007 Jstat = 0.20 D.W. = 2.58 Sample = 1992Q1-2005Q3					

הערות:

- א. משתני הפערים חושבו בעזרת מסנן HP. לפרטים ראו נספח ד'.
- ב. כל המשתנים הוכפלו ב-4 כדי לבטאם במונחים שנתיים.
- ג. מהמשתנים נוכחה עונתיות. המשוואה נאמדה עם משתני דמה לעונתיות של האינפלציה (שאינם מדווחים).
- ד. לצורך האמידה השתמשנו (בנוסף על הקבוע ומשתני דמה) במשתני העזר הבאים: שני פיגורים של האינפלציה, של פער התוצר, של הפיחות הנומינלי, של הריבית הנומינלית ושל פער שע"ח הריאלי; וכן פער יחס מחירי התשומות; השינוי במחיר העולמי של יבוא התשומות לייצור; השינוי במחיר העולמי של יבוא מוצרי הצריכה והשינוי במחיר של הסחר העולמי, כל אלה בהווה ובשני פיגורים.

2. משוואת פער התוצר

$$(4.11) \quad y_t = b_{yld} y_{t+1} + (1 - b_{yld}) y_{t-1} - b_r 0.25 [0.5 (r_t - r_t^n) + 0.5 (r_{t-1} - r_{t-1}^n)] \\ + b_q (q_t - q_{t+1}) + b_{y^*} (y_t^* - y_{t+1}^*) + b_{inv} (inv_t^h - inv_{t+1}^h) \\ + b_g (g_t^h - g_{t+1}^h)$$

את משוואת פער התוצר אמדנו בשיטת GMM. תוצאות האמידה מתוארות בלוח

ב.2 שלהלן:

לוח ב.2 – אומדני משוואת פער תוצר (משוואה 4.11)

Parameter	Value	t-statistic	Parameter	Value	t-statistic
b_{yld}	0.802	21.1	b_{y^*}	0.223	2.6
b_r	0.448	5.7	b_{inv}	0.121	6.1
b_q	0.238	6.3	b_g	0.221	8.8
$R^2 = 0.642$ S.E. = 2.318 Jstat = 0.249 D.W. = 2.51 Sample = 1992Q1-2005Q3					

הערות:

- א. משתני הפערים חושבו בעזרת מסנן HP. לפרטים ראו נספח ד'.
- ב. פער הריבית הריאלית הוכפל ב-0.25 משום שהריביות הן במונחים שנתיים ואילו כל המשתנים האחרים הם במונחים רבעוניים.
- ג. מכל המשתנים המסבירים למעט הריבית הריאלית נוכתה עונתיות. המשוואה נאמדה עם משתני דמה לעונתיות (שאינם מדווחים).
- ד. כקירוב לריבית הטבעית, i_t^n , השתמשנו בריבית הריאלית הצפויה הנגזרת מפער התשואות שבין 5 ל-10 שנים.
- ה. כקירוב לאינפלציה הצפויה (שהיא חלק מהריבית הריאלית) השתמשנו באינפלציה במדד המחירים לצרכן ללא פירות וירקות.
- ו. השתמשנו (בנוסף על הקבוע ומשתני דמה לעונתיות) במשתני העזר הבאים: שני פיגורים של פער התוצר, של פער שע"ח הריאלי, של האינפלציה במדד המחירים לצרכן ללא פירות וירקות, של פער ההשקעות, של הפיחות הנומינלי ושל הריבית הנומינלית; וכן פער הסחר העולמי; השינוי במחיר העולמי של יבוא מוצרי צריכה; פער רכיב הקניות של המגזר הציבורי; התשואה הריאלית ל-5 עד 10 שנים; השינוי במחירי העולמי של יבוא תשומות ליצור; הריבית על הדולר והאינפלציה בארה"ב, כל אלה בהווה ובשני פיגורים.

3. משוואת שער החליפין

לצורך אמידת משוואת שער החליפין (4.14) נניח כי פרמיית הסיכון קבועה:

$$(B.1) \quad e_t = c_{ld} 0.25 r_p + c_{ld} e_{t+1} + (1 - c_{ld}) e_{t-1} \\ + 0.25 (i_t^* - i_t) - (1 - c_{ld}) 0.25 (i_{t-1}^* - i_{t-1})$$

משוואה זו נאמדה בשיטת GMM. תוצאות האמידה מוצגות להלן בלוח ב.3:

לוח ב.3 – אומדני משוואת השער החליפין (משוואה B.1)

Parameter	Value	t-statistic	Parameter	Value	t-statistic
r_p	5.845	5.47	c_{ld}	0.452	11.82
$R^2 = 0.453$ S.E. = 2.488 Jstat = 0.240 D.W. = 2.837 Sample = 1997Q3-2005Q4					

הערות:

- א. פער הריבית הנומינליות והפרמטר המבטא את פרמיית הסיכון הממוצעת הוכפלו ב-0.25 כדי לבטא את כל המשוואה במונחים רבעוניים.

ב. לצורך אמידה, e_{t-1} , הועבר לצד שמאל של המשוואה, כך שהמשתנה המוסבר הוא למעשה הפיחות הרבעוני בשער החליפין הנומינלי.

ג. לצורך אמידה השתמשנו (נוסף על הקבוע) במשתני העזר הבאים: ארבעה פיגורים של שער החליפין, הריבית הנומינלית, הריבית הדולרית והאינפלציה במדד המחירים לצרכן.

4. משוואת הריבית

משוואת הריבית שנאמדה לצורך הסימולציות היא:

$$(7.13) \quad i_t = (1 - d_{lag}) \{ r_t^n + \pi_t^{target} + d_\pi (\pi_{4t} - \pi_t^{target}) + d_y 0.5 (y_t + y_{t-1}) \} + d_{lag} i_{t-1}$$

$$\pi_{4t} = (\pi_t^c + \pi_{t-1}^c + \pi_{t-2}^c + \pi_{t-3}^c) \quad \text{כאשר:}$$

משוואה זו נאמדה בשיטת GMM. תוצאות האמידה מוצגות להלן בלוח ב.4:

לוח ב.4 – אומדני משוואת הריבית (משוואה 7.13)

Parameter	Value	t-statistic	Parameter	Value	t-statistic
d_π	1.706	3.2	d_{lag}	0.794	8.2
d_y	0.359	8.2			
R ² = 0.956 S.E. = 0.962 Jstat = 0.198 D.W. = 1.87 Sample = 1994Q3-2005Q3					

הערות:

השתמשנו במשתני העזר הבאים: הקבוע, התשואה הריאלית על אג"ח צמודות בין 5 ל-10 שנים, יעד האינפלציה, שני פיגורים של פער התוצר, הריבית הנומינלית ושער החליפין. כן השתמשנו בשינוי במחיר העולמי של יבוא מוצרי הצריכה ובשינוי במחיר של כלל הסחר העולמי – בהווה ובשני פיגורים.

כאשר מחליפים את האינפלציה בדיעבד (π_{4t}) בציפיות משוק ההון מתקבלים

האומדנים הבאים:

לוח ב.5 – אומדני משוואת הריבית (משוואה 7.13) עם ציפיות משוק ההון

Parameter	Value	t-statistic	Parameter	Value	t-statistic
d_π	2.039	9.9	d_{lag}	0.726	13.5
d_y	0.125	1.6			
R ² = 0.949 S.E. = 1.036 Jstat = 0.223 D.W. = 1.78 Sample = 1994Q3-2005Q3					

נספח ג': העקרונות של סימולציה דינמית במודל עם ציפיות רציונליות

בנספח זה נתאר את המתודולוגיה שמאחורי עריכת הסימולציה הדינאמית בסעיף 7.7. לשם המחשה, וללא הגבלת הכלליות, נבחר את המתודולוגיה בעזרת מודל פשוט ביותר. במודל נניח שני משתנים – אנדוגני ואקסוגני. המשתנה האנדוגני הוא האינפלציה בשוק המקומי (π_t), והמשתנה האקסוגני הוא האינפלציה בעולם (π_t^*). משוואת האינפלציה היא:

$$(C.1) \quad \pi_t = a \cdot E_t \pi_{t+1} + b \cdot \pi_{t-1} + c \cdot \pi_t^* + \varepsilon_t^\pi$$

במילים: האינפלציה תלויה בזו הצפויה בתקופה הבאה⁸⁸, בזו שהתרחשה בתקופה הקודמת ובאינפלציה בחו"ל. נוסף על כך המשוואה כוללת זעזוע מבני באינפלציה (ε_t^π). נבחר כי איננו טוענים למשמעות כלכלית מסוימת של משוואה זו. זוהי משוואה פשוטה להמחשה.

אילו a היה שווה אפס, ולכן לא היו ציפיות במשוואה, השיטה לעריכת סימולציה דינמית בתוך תקופת המדגם הייתה ברורה: בהינתן π_0 ו- π_t^* לכל $t = 1 \dots T$ האינפלציה הנגזרת מהסימולציה הדינמית ($\hat{\pi}_t$) היא פונקציה של האינפלציה שנגזרה לרביע הקודם והאינפלציה בחו"ל באותה תקופה:

$$(C.2) \quad \hat{\pi}_t = b \cdot \hat{\pi}_{t-1} + c \cdot \pi_t^*$$

אולם כאשר המודל כולל ציפיות ($a > 0$), ובפרט ציפיות רציונליות, נוצר קושי ייחודי משום שהציפיות אינן ניתנות למדידה. אפשרות אחת היא לערוך סימולציה

⁸⁸ $E_t x_{t+i}$ הוא הציפיות למשתנה x בתקופה $t+i$ על סמך האינפורמציה הידועה עד תקופה t .

דטרמיניסטית שבה הערכים בפועל של האינפלציה בחר"ל ידועים מראש. במקרה כזה נפתור את T המשוואות הבאות עבור $\hat{\pi}_1 \dots \hat{\pi}_t \dots \hat{\pi}_T$:

$$\begin{aligned}\hat{\pi}_1 &= a \cdot \hat{\pi}_2 + b \cdot \pi_0 + c \cdot \pi_1^* \\ \hat{\pi}_2 &= a \cdot \hat{\pi}_3 + b \cdot \hat{\pi}_1 + c \cdot \pi_2^* \\ &\vdots \\ \hat{\pi}_{T-1} &= a \cdot \hat{\pi}_T + b \cdot \hat{\pi}_{T-2} + c \cdot \pi_{T-1}^* \\ \hat{\pi}_T &= a \cdot \bar{\pi} + b \cdot \hat{\pi}_{T-1} + c \cdot \pi_T^*\end{aligned}$$

בהינתן האינפלציה בנקודת המוצא (π_0) והאינפלציה של הטווח הארוך ($\bar{\pi}$) למשוואות אלה פתרון יחיד⁸⁹. סימולציה זו מניחה כי מלוא התואי של המשתנה האקסוגני (π^*) ידוע מראש, ולכן הוא מגולם בציפיות לאינפלציה החל מהרביע הראשון של הסימולציה. הנחה זו היא בעייתית. במונחי המודל שלנו איננו יכולים להניח שהזעזועים האקסוגניים במחירי הנפט שהתרחשו בשנת 2005 היו מגולמים בציפיות לאינפלציה כבר בשנת 1999.

הפתרון המתבקש הוא לערוך סימולציה לא-דטרמיניסטית, שבה המשתנים האקסוגניים אינם ידועים בוודאות מראש. לשם כך יש לפתור את הציפיות הרציונליות – קרי לעבור לצורה המצומצמת של המודל, אשר בה כל משתנה תלוי רק בפיגורים של משתני המודל ובזעזועים (ε) שהתרחשו באותה תקופה. המעבר לצורה המצומצמת דורש משוואה לכל משתנה במודל, גם למשתנים האקסוגניים.

ננסח עבור המשתנה האקסוגני (π^*) משוואה אוטו-רגרסיבית מהצורה הבאה:

$$(C.3) \quad \pi_t^* = d \cdot \pi_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\pi^*}$$

תפקידה של משוואה זו, שאותה ניתן לאמוד בשיטות סטנדרטיות, הוא לחשב את הציפיות עבור המשתנה האקסוגני בתקופות עתידיות. כך, לדוגמה, הציפיות למשתנה האקסוגני בתקופה העוקבת הן:

$$E_t \pi_{t+1}^* = E_t (d \cdot \pi_t^* + \varepsilon_{t+1}^{\pi^*}) = d \cdot \pi_t^*$$

⁸⁹ לחלופין, במקום ב- $\bar{\pi}$ ניתן גם להשתמש באינפלציה בפועל ב- $T+1$. זאת בתנאי שהיא ידועה.

משוואות (C.1) ו-(C.3) מאפשרות לפתור את הציפיות הרציונליות ולבטא את המודל בצורה המצומצמת כאשר הסקלרים A, B, C ו- D הם פונקציה של הפרמטרים המבניים a, b, c ו- d :

$$(C.4) \quad \pi_t = A\pi_{t-1} + B\pi_{t-1}^* + C\varepsilon_t^\pi + D\varepsilon_t^{\pi*}$$

$$(C.5) \quad \pi_t^* = d \cdot \pi_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\pi*}$$

המתודולוגיה לפתרון מודל עם ציפיות רציונליות ומעבר לצורה המצומצמת מוצגת אצל Blanchard and Kahn (1980).

קעת אנו מעוניינים לערוך סימולציה של המשתנים האנדוגניים בהינתן התפתחותם הבו-זמנית של המשתנים האקסוגניים. לכן, בשלב ראשון, נשתמש בנתונים של האינפלציה המקומית (π_t) והאינפלציה בחו"ל (π_t^*) כדי לגזור את הזעזועים המבניים (ε_t^π) ו- ($\varepsilon_t^{\pi*}$) ממשוואות (C.4) ו-(C.5) בתוך תקופת המדגם. בשלב שני נערוך סימולציה דינמית של הצורה המצומצמת תוך שימוש בזעזועים של משוואות המשתנים האקסוגניים בלבד. משמע שלכל $t = 1 \dots T$ נגזור את ($\hat{\pi}_t$) ו- ($\hat{\pi}_t^*$) כדלקמן:

$$(C.6) \quad \hat{\pi}_t = A\hat{\pi}_{t-1} + B\hat{\pi}_{t-1}^* + 0 \cdot \varepsilon_t^\pi + D\varepsilon_t^{\pi*}$$

$$(C.7) \quad \hat{\pi}_t^* = d \cdot \hat{\pi}_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\pi*}$$

נשים לב כי המשתנה האקסוגני הנגזר זהה לזה שהיה בפועל ($\hat{\pi}_t^* = \pi_t^*$), כך שניתן לרשום את המערכת גם בצורה הבאה:

$$(C.8) \quad \hat{\pi}_t = A\hat{\pi}_{t-1} + B\pi_{t-1}^* + 0 \cdot \varepsilon_t^\pi + D\varepsilon_t^{\pi*}$$

$$(C.9) \quad \pi_t^* = d \cdot \pi_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\pi*}$$

בסימולציה הדינמית שאנו עורכים האינפלציה בכל תקופה מושפעת מהמשתנה האקסוגני בפועל. נוסף על כך האינפלציה תלויה בזו הצפויה (כאשר הזעזועים העתידיים אינם ידועים). אם נוסיף את הזעזוע המבני באינפלציה (ε_t^π), הסימולציה הדינמית תגזור בדיוק את האינפלציה שהייתה בפועל. מכאן שהשוואת תוצאות הסימולציה לעיל (ללא ε_t^π) עם האינפלציה בפועל מלמדת מה משקלו של החלק הלא מוסבר במשוואת

האינפלציה (C.1). ככל שהאינפלציה הנגזרת מהסימולציה קרובה יותר לזו שהייתה בפועל, ובפרט אינה מתבדרת ממנה, ניתן להסיק כי למשתנים המסבירים (האינפלציה בפיגור, האינפלציה הצפויה והאינפלציה בחו"ל) יש חלק משמעותי יותר בהסבר האינפלציה.

נספח ד': תיאור הנתונים

באמידת המודל השתמשנו בשלושה סוגי נתונים – פערים, שיעורי שינוי וריביות. בנספח זה נתאר כיצד חושב כל נתון ומהו מקורו. באופן כללי, אנו מתייחסים אל שיעורי השינוי והריביות במונחים שנתיים, ואל הפערים במונחים רבעוניים רגילים. כך באמידה, בסימולציות, בחישוב הגמישויות הדינמיות ובבדיקות טיב ההתאמה של המודל. מקרה חריג הוא בהצגת אומדני משוואת האינפלציה (4.4). שם הפרמטרים המדווחים מתייחסים לאמידה שבה כל המשתנים הם במונחים שנתיים (דהיינו פער התוצר ופער המחירים היחסיים מוכפלים ב-4).

1. פערים

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

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

הגורם בסוגריים המרובעים הוא שיעור הסטייה של Z מהמגמה. ההכפלה ב-100 מעבירה את הפער לאחוזים.⁹⁰

להלן פירוט משתני הפערים הכלולים במודל:

y – פער התוצר; מבוסס על התוצר הגולמי של המגזר העסקי במחירים קבועים (Y). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1968.1.

⁹⁰ באמידת משוואת האינפלציה הוכפל גורם זה ב-4 כדי לבטאו במונחים שנתיים.

g^h – פער הצריכה הציבורית; מבוסס על רכיב הקניות של הצריכה הציבורית במחירים קבועים (G^h). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1964.1.

inv^h – פער ההשקעות; מבוסס על סך ההשקעות במחירים קבועים (INV^h). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1964.1.

y^* – פער הסחר העולמי; מבוסס על היבוא של המדינות המתועשות במחירים קבועים (Y^*). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1960.1. מקור הנתונים הוא מאגר ה-IFS.

q – פער שער החליפין הריאלי; מבוסס על שער החליפין הריאלי (Q), המחושב כך:

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

כאשר P^c הוא מדד המחירים לצרכן, E הוא שער החליפין נומינלי, ו- P^{*f} הוא מדד פישר למחירי היבוא של מוצרי הצריכה (במונחי דולרים). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1991.1.

up^{*zf} – פער המחיר העולמי של התשומות מיבוא ביחס למחיר מוצרי הצריכה מיבוא; מבוסס על יחס המחירים המחושב כך:

$$(D.3) \quad UP^{*zf} = \frac{P^{*zf}}{P^{*f}}$$

כאשר P^{*zf} הוא ממוצע משוקלל של מדד פישר למחירי היבוא של התשומות לייצור ושל מוצרי ההשקעה (במונחי דולרים). המשקלות מבוססים על המשקל היחסי של יבוא התשומות לייצור ומוצרי ההשקעה. (משקל התשומות לייצור הוא 0.75) P^{*f} הוא מדד פישר למחירי היבוא של מוצרי הצריכה (במונחי דולרים). המגמה חושבה על סמך נתונים מ-1991.1.

2. שיעורי שינוי

אחוז השינוי במשתנה X , המסומן ב- Δx (או π), מחושב על ידי:

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

כאשר:

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

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^f – קצב השינוי במחיר העולמי של יבוא מוצרי הצריכה; מבוסס על מדד פישר של מחירי יבוא של מוצרי הצריכה (במונחי דולרים).

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

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

3. הריביות

הריביות הן במונחים שנתיים. i היא הריבית האפקטיבית של בנק ישראל, ו- i^* היא ריבית הליביד לחודש על הדולר. i^{*us} היא הריבית בארה"ב והיא משמשת כמשתנה עזר בלבד. כאומדן לריבית שיווי המשקל, המסומנת במשוואות ב- r^n , השתמשנו בריבית ה-forward הממוצעת ל-5 עד 10 שנים, הנגזרת מהמסחר באג"ח צמודות למדד בריבית קבועה ("גליל").

סוגיה נוספת שנבהיר כאן היא משתני הציפיות. בכל מקום במשוואות הנאמדות שבו מופיע משתנה עם אינדקס תחתון $t+1$ או $t+2$, אשר אמור לבטא את הציפיות הרציונליות למשתנה על סמך האינפורמציה עד תקופה t , השתמשנו במשתנה בפועל בתקופה $t+1$ או $t+2$, בהתאמה. מקרה חריג הוא האינפלציה הצפויה כפי שהיא מופיעה במשוואת פער התוצר (כחלק מהריבית הריאלית). כאן השתמשנו באינפלציה בפועל בתקופה $t+1$ במדד המחירים לצרכן ללא פירות וידקות; זאת משום שהיא נקייה יותר מזעזועים לא צפויים אשר אינם ידועים בתקופה t .

ביבליוגרפיה

- אילק, אלכס (2006). *מודל חודשי להערכת האינפלציה והמדיניות המוניטרית בישראל*, עיונים מוניטריים 2006.4, בנק ישראל, המחלקה המוניטרית.
- אלקיים, דוד (2002). "יעד האינפלציה והמדיניות המוניטרית", *רבעון לכלכלה* 49, (מארס), עמ' 30-45.
- אלקיים, דוד ואיל ארגוב (2006). *ניסוח ואמידה של מודל ניאוקיינסיאני למשק קטן ופתוח, יישום למשק הישראלי*, עיונים מוניטריים 2006.02, בנק ישראל, המחלקה המוניטרית.
- הכט, יואל והלנה פומפושקו (2006). *RND*, עיונים מונטריים 2006.01, בנק ישראל, המחלקה המוניטרית.
- שטיין, רועי (2003). "אמידת שער החליפין הצפוי באמצעות אופציות Call", *סוגיות בבנקאות* 16, (מארס), 53-71.
- Adolfson, M. (2001). *Monetary policy with incomplete exchange rate pass-through*, Sveriges Riksbank Working Paper No. 127.
- Adolfson, M. (2002). *Incomplete exchange rate pass-through and simple monetary policy rules*, Sveriges Riksbank Working Paper No. 136.
- Batini, N. and A. Haldane (1999). "Forward-looking rules for monetary policy", In: Taylor, J.B. (ed.), *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), 2059-2094.
- Blanchard, O. and C. Kahn (1980). "The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations", *Econometrica* 48, No.5, 1305-1312.
- Blanchard, O. (2004). *Fiscal dominance and inflation targeting: lessons from Brazil*, NBER Working paper No. 10389 (March).
- 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.

- Christiano J., M. Eichenbaum and C. Evans (2005). "Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy", *Journal of Political Economy* 113 (1), 1-45.
- 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* 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 (2005). "International dimensions of optimal monetary policy", *Journal of Monetary Economics* 52, 281-305.
- Epstein, N., P. Karam, D. Laxton and D. Rose (2006). "A simple forecasting and policy analysis system for Israel: structure and applications", In: Haas, R. (ed.), *Israel: Selected Issues*, IMF Country Report No. 06/121.
- 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.
- Gali, J. and T. Monacelli (2005). "Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy" *Review of Economic Studies* 72 (3), 707-734.
- Gali, 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*, IMF Working Paper wp/02/34.
- Guender, A. (2003). *Optimal discretionary monetary policy in the open economy: Choosing between CPI and domestic inflation as target variables*, Bank of Finland Discussion Papers 12/2003.
- Husebo, T.A., S. McCaw, K. Olsen and O. Roisland (2004). *A small calibrated macromodel to support inflation targeting at Norges Bank*, Norges Bank Staff Memo 3/2004.
- Leitemo, K. and Ø. Røisland (2000). *The choice of monetary policy regime for small open economies*, Norges Bank Working Paper No. 5/2000.

- Leitemo, K. and U. Söderström (2005a). *Robust monetary policy in a small open economy*, CEPR Discussion Paper 5071.
- Leitemo, K. and U. Söderström (2005b). "Simple monetary policy rules and exchange rate uncertainty", *Journal of International Money and Finance* 24 (3), 481-507.
- Leitemo, K. (2006a). "Open-economy inflation forecast targeting", *German Economic Review* 7 (1), 35-64.
- Leitemo, K. (2006b). "Targeting inflation by forecast feedback rules in small open economies", *Journal of Economic Dynamics and Control* 30 (3), 393-413.
- Levin, A., V. Wieland and J. Williams (2003). "The performance of forecast-based monetary policy rules under model uncertainty", *American Economic Review* 93 (3), 622-645.
- Levine, P., P. McAdam and J. Pearlman (2006). *Inflation forecast-based-rules and indeterminacy, a puzzle and a resolution*, European Central Bank Working Paper No. 643.
- Linde, J., M. Nessen and U. Söderström (2004). *Monetary policy in an estimated open-economy model with imperfect pass-through*, Sveriges Riksbank Working Paper No. 167.
- Liviatan, N. (2003). *Fiscal dominance and monetary policy dominance in the Israeli monetary experience*, Bank of Israel, Research Department Discussion paper 03.17 (November).
- Lopez, P. (2003). *Efficient policy rule for Inflation targeting in Columbia*, Central bank of Columbia.
- 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.
- Monacelli, T. (2005). "Monetary policy in a low pass-through environment", *Journal of Money, Credit and Banking* 37 (6), 1047-1066.
- Parrado, E. (2004). *Inflation targeting and exchange rate rules in an open economy*, IMF working paper wp/04/21.

- Rotemberg, J. and M. Woodford (1998). *An Optimization-Based Econometric Framework for the Evaluation of Monetary Policy: Expanded Version*, NBER Technical Working Paper 233.
- 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 (5), 1123-1175.
- Svensson, L.E.O. (1999). *Open-economy inflation targeting*, NBER Working Paper 6545 (May).
- 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.
- Taylor, J.B. (1993). "Discretion versus policy rules in practice", *Carnegie-Rochester conference series on public policy* 39, 195-214.
- Walsh, C. (2003). *Monetary theory and policy*, MIT Press, Cambridge MA, Second edition.
- Woodford, M. (2003). *Interest and Prices Foundations of a Theory of Monetary Policy*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Woodford, M. (2006). How important is money in the conduct of monetary policy? Presented at the ECB central banking conference: *The role of money: money and monetary policy in the twenty-first century*, (November).