

**השפעות ריאליות של איתותים פיננסיים
והפתעות פיננסיות**

אביחי שורצקי*

סדרת מאמרים לדיון 2010.02

מאי 2010

* בנק ישראל, <http://www.boi.org.il>,
חטיבת המחקר ובית הספר לכלכלה ע"ש איתן ברגלס באוניברסיטת תל-אביב,
אביחי שורצקי – avihay.sorezcky@boi.org.il, טלפון – 02-5662616
מאמר זה מבוסס על עבודת הגמר שלי לתואר M.A. בבית הספר לכלכלה ע"ש איתן ברגלס,
אוניברסיטת תל-אביב. תודתי נתונה לפרופ' צבי הרקוביץ על הנחייתו. אני מודה גם ליוסי יכון,
לאיל ארגוב ולעיריית רוזנשטרומ מלבנק ישראל וכן למשתתפי הסמינר בבנק על הערותיהם המועילות.

הדעות המובאות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדת בנק ישראל

תקציר

המשבר הפיננסי האחרון בארצות הברית הביא להתעניינות רבה בקשר שבין המגזר הפיננסי למגזר הריאלי. המודל המנוסח בעבודה זו מציג השפעה של המגזר הפיננסי על תנודות מחזורי העסקים, וזאת במסגרת המשלבת מחזורי עסקים ריאליים עם מאיץ פיננסי. המודל מפריד בין איתותים פיננסיים להפתעות פיננסיות, כלומר בין ציפיות פיננסיות להתרחשות לא-צפויה. הדבר מאפשר לבדד את ההשפעה הריאלית של זעזועים אלה. על פי המודל, שנאמד בדרך של יישום טכניקה בייסיאנית על נתוני ארצות הברית, נמצא שלזעזועים הפיננסיים תפקיד משמעותי בתנודות של מחזורי העסקים. כן נמצא כי השפעתם של איתותים פיננסיים על המגזר הריאלי זהה להשפעתן של הפתעות פיננסיות.

Real Effects of Financial Signals and Surprises

Avihay Sorezcky

Abstract

The recent financial crisis in the US economy drew considerable interest in understanding the interaction between the financial and the real sectors. In this paper I develop a model with financial effects on business cycle fluctuations, based on Real Business Cycle and Financial Accelerator frameworks. In the model I distinguish between financial signals and surprises, i.e., between financial expectations and unexpected realizations. This allows me to decompose the real effects of those shocks. By estimating the model, using Bayesian methods on US data, I find that financial shocks have an important role in business cycle fluctuations. I also find that financial signals and financial surprises have similar effects on the real sector.

1. הקדמה

כלכלת ארצות הברית צללה בסוף 2007 למיתון עמוק. ראיות רבות מלמדות כי ראשיתו של משבר זה הייתה במשבר פיננסי, ששורשיו נעוצים בקריסת מחירי הנכסים ובירידה החדה של פעילות ההלוואות¹. פרק זה בכלכלת ארצות הברית ממקד את תשומת הלב בזיקה שבין המגזר הפיננסי למגזר הריאלי. היות שהמגזר הפיננסי צופה לעתיד, מעניין להבין כיצד מידע פיננסי הנסב על העתיד עשוי להשפיע על המגזר הריאלי היום, ועד כמה איתותים פיננסיים חשובים להסבר התנודות במחזורי העסקים.

בעבודה זו מוצג מודל של מחזור עסקים ריאלי (Real Business Cycle - RBC) עם חיכוכים פיננסיים, כדי להציע מנגנון תיאורטי המסביר כיצד הציפיות הפיננסיות משפיעות על המגזר הריאלי. לשם כך אפריד, בהשפעות הפיננסיות על המגזר הריאלי, בין איתותים פיננסיים להפתעות פיננסיות.

המודל בעבודה זו מבוסס על המסגרת של Jermann and Quadrini (2006), עם מספר הבדלים חשובים. במודל פירמות מממנות הון חוזר והשקעות באמצעות חוב ומניות. חווי החוב אינם אכיפים במלואם, משום שהפירמות חשופות לאפשרות של חדלות פירעון (default). לפיכך היכולת ללוות מוגבלת, והחברות יכולות ללוות רק עד לשיעור מסוים מערך, המשמש כעירבון, וכאשר ערך הפירמות פוחת, פוחת גם יכולתן ללוות. כתוצאה מכך הן נאלצות להקטין את הייצור ואת ההשקעה, דבר הגורם לירידה נוספת בערך. תהליך זה קשור למנגנון "המאיץ הפיננסי", שפיתחו Bernanke and Gertler (1989) ו-Kiyotaki and Moore (1997).

התנודתיות של מחזורי העסקים מונעת על ידי שני מקורות של זעזועים: האחד הוא זעזוע פריון, בדומה למתואר אצל Kydland and Prescott (1982) ובמודלים סטנדרטיים של מחזורי עסקים ריאליים; השני הוא זעזוע להסתברות של הפירמות לשרוד. כאשר ההסתברות של הפירמות לשרוד פוחתת, ערך פוחת וכן פוחתת יכולתן ללוות. כיוון שזעזוע זה משפיע על המשק באמצעות ערוץ פיננסי, אתיחס אליו כאל "זעזוע פיננסי".

על פי הספרות הפיננסית, מחירו של נכס אמור לשקף את ערכו הנוכחי של תזרים המזומנים הצפוי ממנו (Gordon, 1962). כדי לתת ביטוי לתכונה זו במודל, הזעזוע הפיננסי הופרד ל"איתות פיננסי" ול"הפתעה פיננסית". הראשון הוא זעזוע לתשלומים הצפויים, והשני הוא זעזוע לתשלום הנוכחי. כאשר מתקבל איתות הנוגע לתשלומים עתידיים של הפירמות, ערךן של הפירמות מגיב היום. זוהי תרומת העיקרית לספרות בתחום זה, והיא מאפשרת לי להפריד את ההשפעה הפיננסית על המגזר הריאלי להשפעות של האיתותים ולהשפעות של ההפתעות. היא גם מסייעת לי להפיק את הממצא

¹ לפרטים נוספים על המשבר הפיננסי בשנים 2007-2008, ראו Brunnermeier (2008), וכן Gilchrist and Zakrajsek (2008).

העולה מן הנתונים, שלפיו המיתאם הגבוה ביותר של התמ"ג עם מחירי המניות מתקבל כאשר משתמשים בפיגורים של מחירי המניות.

בניסוח המודל מוצע מנגנון תיאורטי שבאמצעותו איתותים פיננסיים לגבי העתיד משפיעים על המגזר הריאלי היום. כדי לתת אומדן כמותי של תרומת האיתותים הפיננסיים וההפתעות הפיננסיות לתנודות של מחזורי העסקים, המודל נאמד באמצעות שיטות בייסיאניות ומיושם על נתונים פיננסיים וריאליים של ארה"ב. מתוצאות האמידה עולה כי זעזועים פיננסיים מסבירים 22% מהתנודות בתמ"ג. עוד התברר, כי המיתון האחרון בארה"ב החל בעקבות זעזועים פיננסיים.

הזיקה בין השוק הריאלי לשוק הפיננסי נחקרה באופן נרחב. (Bernanke and Gertler (1989 בנו מודל עם מידע אסימטרי ללווים ולמלווים, שבו קיים מחיר לאימות מצב הלווים. בשל המידע האסימטרי, המלווים מבקשים פרמיית סיכון. במודל זה זעזוע פריזון שלילי מקטין את השווי הנקי של הלווים, מעלה את פרמיית הסיכון, ועל כן מקטין את החוב ואת הפעילות הכלכלית. Kiyotaki and Moore (1997 מציעים ערוץ אחר שבאמצעותו חיכוכים פיננסיים מגבירים את תנודות מחזורי העסקים: הם מניחים, כי ההון של הפירמות (הקרקע בעבודה המקורית) משמש הן לייצור והן כעירבון להלוואות. כתוצאה מכך זעזוע במשק הזה מקטין את העירבון (collateral) של הפירמות ומפחית את יכולתן ללוות. הדבר מוביל לירידה בתפוקה, ומכאן – להתכווצות ערך העירבון. (BGG) Bernanke, Gertler and Gilchrist (1999 כללו את שני ערוצי המאץ הפיננסי במודל של שיווי-משקל כללי. (Nolan and Christiano, Motto and Rostagno (2003, 2007, 2009 Thoenissen (2009 השתמשו במסגרת של BGG כדי לחקור את השפעותיהם של זעזועים פיננסיים על מחזור העסקים. (Jermann and Quadrini (2006, 2008² חקרו את תפקידם של חיכוכים פיננסיים בהפחתת תנודות מחזורי העסקים, על ידי בניית מודל הכולל את מנגנון המאץ הפיננסי. העבודה הנוכחית מוסיפה למחקרים אלה, כאמור, את ההפרדה בין איתותים פיננסיים להפתעות פיננסיות ואת בדיקת השפעתם של איתותים פיננסיים על הכלכלה בהווה.

העבודה בנויה כדלקמן: פרק 2 מציג את המודל המנותח בעבודה; פרק 3 מתאר את תהליך קביעת הפרמטרים; פרק 4 מציג את התוצאות התיאורטיות והאמפיריות, ופרק 5 מסכם.

2. המודל

המודל מורכב מפירמות המייצרות מוצרי ביניים, מפירמות המייצרות מוצרים מוגמרים וממשקי בית. הפירמות המייצרות מוצרי ביניים משקיעות בהון חדש, לוות, משלמות דיבידנדים לבעלי המניות, ומייצרות מוצרי ביניים באמצעות כוח עבודה שכיר בשילוב עם הון. הפירמות המייצרות מוצרים מוגמרים רוכשות מוצרי ביניים, מייצרות את המוצר המוגמר ומוכרות אותו בשוק תחרותי.

² Jermann and Quadrini פרסמו את אותו מאמר בשתי גרסאות, האחת בשנת 2006 והשנייה ב-2008. מאחר שיש הבדלים חשובים בין שתי הגרסאות, אתייחס אליהן בנפרד.

משקי הבית צורכים, מחזיקים בבעלותם את הפירמות, ועל כן מקבלים דיבידנדים, מספקים כוח עבודה ומלווים לפירמות המייצרות מוצרי ביניים. בחלק זה אציג את פונקציות המטרה של השחקנים במשק, את האילוצים שלהם ואת התנאים מסדר ראשון. אפתח בפירמות המייצרות מוצרי ביניים, הכוללות את החיכוכים הפיננסיים במודל. אחר כך אדון בשחקנים הנוספים ואתאר את שיווי המשקל הכללי.

הפירמות המייצרות מוצרי ביניים

קיים רצף של פירמות המנורמל לטווח של $[0,1]$. פירמה i מייצרת את מוצר הביניים x_i תוך שימוש בטכנולוגיה:

$$(1) \quad x_{i,t} = f(z_t, k_{i,t-1}, l_{i,t-1}) = z_t k_{i,t-1}^\theta l_{i,t-1}^{1-\theta}, \quad 0 < \theta < 1,$$

כאשר k_t ו- l_t מייצגים הון ועבודה בהתאמה, ו- z_t הוא תהליך $AR(1)$ סטוכסטי:

$$(2) \quad z_t = z_{t-1}^\xi \exp[\psi_t], \quad \psi_t \sim wn,$$

כאשר ψ_t הוא זעזוע אקסוגני מצרפי בפריון.

פונקציית הפדיון של הפירמה i היא:

$$(3) \quad \pi(k_{i,t-1}, l_{i,t-1}; S_t) = v_{i,t} x_{i,t},$$

כאשר $S_t = [z_t, Y_t]$ מייצג את משתני המצב המצרפיים של הפירמה, Y_t הוא מוצר המוגמר, ו- $v_{i,t}$ מייצג את מחירו של מוצר הביניים i במונחי המוצר המוגמר. שימו לב שקיים פיגור של תקופה אחת בתהליך הייצור; משמע שהשימוש בהון ובעבודה בזמן t מייצר תפוקה והכנסה בזמן $t+1$.³ לפיכך הפירמה זקוקה להון חוזר. הפירמה יכולה לממן את ההון החוזר על ידי לקיחת הלוואה או על ידי הנפקת מניות חדשות. חוב מועדף תמיד על מניות, כי כפי שהראו (Hennessy and Whited (2005) ובדומה ל- (Jermann and Quadrini (2006), לפירמה יש יתרון מס. בהינתן ש- $(1+r_{t-1})$ הוא תשואת המלווה על ההלוואה b_t , הפירמה משלמת $R_{t-1} = 1 + r_{t-1}(1-\tau)$, כאשר τ הוא שיעור הסובסידיה. בדומה לאמור אצל (Kiyotaki and Moore (1997) ואצל (Jermann and Quadrini (2006), הפירמה ניצבת בפני מגבלת האשראי הבאה⁴:

³ השימוש בפיגורים בתהליך הייצור נתמך על ידי (Kydland and Prescott (1982). הם הציגו מודל RBC הכולל פיגורים בתהליך הייצור, ומצאו כי הוא מביא לשיפור בהתאמת המודל לנתונים.

⁴ ניתן לפרש את מגבלת האשראי כתהליך של מו"מ חוזר בין המלווה ללווה. להרחבה ראו (Jermann and Quadrini (2006).

$$(4) \quad b_{t+1} \leq \phi E_t m_{t+1} [p_{t+1} V_{t+1} + (1 - p_{t+1}) L_{t+1}], \quad 0 < \phi < 1,$$

כאשר V_{t+1} הוא השווי הנקי של הפירמה, m_{t+1} הוא מקדם היוון סטוכסטי של השוק, p_{t+1} היא ההסתברות של הפירמה לשרוד ולהמשיך את פעילותה לתקופה נוספת, ו- L_{t+1} הוא ערך הנוילות של הפירמה במקרה של חדלות פירעון (default). ביטויים אלה יוגדרו בהמשך. הפרמטר ϕ מייצג את החלק בערכה של הפירמה שיכול לשמש עירבון. משוואה זו, המגדירה את הקשרים בין חוב הפירמה לשווי הנקי, היא משוואת מפתח במודל, וכן בכל מודל אחר הכולל את מנגנון המאיץ הפיננסי⁵.

בדומה למה שהראו Jermann and Quadrini (2006), כדי לייצר את מנגנון המאיץ הפיננסי, שולב במודל חיכוך בהנפקת מניות על ידי הפירמות. חיכוך זה חשוב, משום שהוא מונע מן הפירמה להחליף במהירות חוב במניות. החיכוך בהנפקת המניות מנוסח בצורה של עלות התאמה ריבועית באופן הבא:

$$(5) \quad \varphi(d_t) = d_t + \kappa(d_t - \hat{d})^2,$$

כאשר d_t הוא תשלום הדיבידנד (הנפקת מניות שלילית), $\hat{d}$ הוא תשלום דיבידנד לטווח הארוך, ו- κ הוא פרמטר הקובע את עוצמת החיכוך.

כמו אצל Gordon (1962), ערך הפירמה שווה לערך הנוכחי של כל התקבולים הנוכחיים והצפויים.

$$(6) \quad V_t = d_t + E_t m_{t+1} \bar{d}_{t+1} + E_t \sum_{j=2}^{\infty} \left(\prod_{\ell=1}^{j-1} p_{t+\ell} \right) m_{t+j} \bar{d}_{t+j},$$

כאשר $\bar{d}_t$ מייצג את התקבול הממוצע של הפירמה עבור בעלי המניות, המביא בחשבון את הסתברות הפירמה לשרוד. המשתנה $\bar{d}_t$ מוגדר כדלקמן:

$$(7) \quad \bar{d}_t \equiv p_t d_t + (1 - p_t) L_t,$$

ננסח מחדש את ערך הפירמה במשוואה (6) על ידי הצבה רקורסיבית, ונקבל:

$$(8) \quad V(b_t, \pi_t, k_t; S_t) = d_t + E_t m_{t+1} [p_{t+1} V(b_{t+1}, \pi_{t+1}, k_{t+1}; S_{t+1}) + (1 - p_{t+1}) L_{t+1}]$$

פירמה שאינה שורדת נרכשת מחדש על ידי פירמה חדשה ויוצאת מהשוק. כתוצאה מכך נוצר עודף

⁵ בעבודות מסוימות הקשר בין החוב לשווי הנקי עולה מפורשות ממגבלת האשראי, כמו אצל Kiyotaki and Moore (1997) ו-Jermann and Quadrini (2006). בעבודות אחרות השווי הנקי משפיע על המירווח בין הריבית על ההלוואה שלוקחת הפירמה לבין שיעור הריבית נטול הסיכון, וכתוצאה מכך – על החוב. להרחבה ראו BGG, Bernanke and Gertler (1989), ו-Christianity, Motto and Rostagno (2003, 2007, 2009).

פוטנציאלי. העודף הפוטנציאלי, L_t^p , מוגדר כהפרש שבין ערך הפירמה החדשה לפי משתני המצב של הפירמה הישנה לבין ערך הפירמה החדשה לפי משתני המצב של הפירמה החדשה:

$$(9) \quad L_t^p \equiv V(b_t, \pi_t, k_t; S_t).$$

נניח כי כתוצאה מחדלות פירעון של הפירמה אובדים משאבים⁶, ועל כן העודף בפועל מתהליך הרכישה-מחדש נמוך מן העודף הפוטנציאלי. נניח עוד, כי הפירמה הישנה נהנית מהעודף בכללותו⁷. העודף בפועל, שהוא ערך הנוילות של הפירמה, מוגדר כדלקמן:

$$(10) \quad L_t \equiv \sigma[V(b_t, \pi_t, k_t; S_t)]$$

כאשר $(1 - \sigma)$ מגדיר את אובדן המשאבים במקרה של חדלות פירעון.

היות שקיימות פירמות רבות, המנומרות לטווח $[0, 1]$, עולה מחוק המספרים הגדולים כי בכל אחת מן התקופות שיעור של $(1 - p_{t+1})$ מהפירמות יוצאות מן השוק ונרכשות על ידי פירמות חדשות. הסתברות זו של יציאה מהשוק מיוחסת לשינויים בשוק ההון שאינם קשורים לשינויים בהעדפות או בטכנולוגיה. ניתן לפרשה כצורה מצומצמת (reduced form) של "בועת מחירי הנכסים", או כאופטימיות לא רציונלית⁸, כפי שעשו (Christiano Motto and Rostagno (2007)). הדינמיקה של שיעור היציאה מוגדרת כדלקמן:

$$(11) \quad p_t = \gamma u_t, \quad u_t = u_{t-1}^p \exp(\varepsilon_{t-1}) \exp(e_t),$$

כאשר $\varepsilon_t, e_t \sim wn$, $\varepsilon_t \perp e_t$, ו- γ הוא שיעור ההישרדות של הפירמה במצב עמיד.

משוואה (11) לוכדת את המאפיין העיקרי של המודל. ניתן לראות ש- ε_t הוא איתות בדבר ההסתברות שהפירמה לא תוכל לפרוע את החוב בתקופה הבאה. מתוך משוואה (8) נוכל לראות כי ערכה של הפירמה מגיב לשיעור חדלות הפירעון הצפוי בתקופה הבאה. לפיכך, ε_t שלילי מפחית את ההסתברות של הפירמה לשרוד בזמן $t+1$, ועל כן מפחית את ערכה של הפירמה היום. דבר זה יוביל להשפעות על

⁶ ניתן לפרש את אובדן המשאבים כעלות של אימות מצב הפירמה הישנה. עניין זה נותח לראשונה על ידי Townsend (1979), ולאחר מכן שימש את BGG ו-(Christiano, Motto and Rostagno (2007, 2009)).

⁷ הנחה זו נועדה לשם נוחות הניתוח בלבד, ולא תשפיע על תוצאותיו העיקריות של המודל.

⁸ השימוש הראשון בהסתברות של פירמה לצאת מהשוק היה של BGG. השימוש הראשון בהסתברות זו כזעזוע היה על ידי (Christiano, Motto and Rostagno (2003)), ושימש גם את (Christiano, Motto and Rostagno (2007, 2009)) ואת (Jermann and Quadrini (2006)).

המגזר הריאלי⁹. הזעזוע e_t הוא הפתעה לגבי שיעור חדלות הפירעון בפועל בזמן t , כלומר התרחשות לא-צפויה. לפיכך e_t חיובי משקף התרחשות טובה מן הצפוי. היות שזעזוע ב- p_t משפיע על המשק דרך ערוץ פיננסי, נתייחס אליו כאל "זעזוע פיננסי".

הפירמה ממרבת את ערכה:

$$V(b_t, \pi_t, k_t; S_t) = \max_{d_t, l_t, b_{t+1}, k_{t+1}} \{d_t + E_t m_{t+1} [p_{t+1} V(b_{t+1}, \pi_{t+1}, k_{t+1}; S_{t+1}) + (1 - p_{t+1}) L_{t+1}]\},$$

בכפיפות למגבלת האשראי:

$$b_{t+1} \leq \phi E_t m_{t+1} [p_{t+1} V_{t+1} + (1 - p_{t+1}) L_{t+1}]$$

ולמגבלת התקציב:

$$(12) \quad \pi(k_{t-1}, l_{t-1}; S_t) - w_t l_t + b_{t+1} - b_t R_{t-1} - \phi(d_t) + (1 - \delta)k_t - k_{t+1} = 0,$$

כאשר δ הוא שיעור הפחתת על ההון.

מפתרון בעיית הפירמה עולים התנאים מסדר ראשון כדלקמן (גזירה מפורטת של התנאים מובאת בנספח ב'):

$$(13) \quad d_t : 1 - \lambda_t \phi(d_t) = 0,$$

$$(14) \quad l_t : (1 + \mu_t \phi) E_t m_{t+1} [p_{t+1} + (1 - p_{t+1}) \sigma] \lambda_{t+1} \pi_t(k_t, l_t; S_{t+1}) - \lambda_t w_t = 0,$$

$$(15) \quad b_{t+1} : -(1 + \mu_t \phi) E_t m_{t+1} [p_{t+1} + (1 - p_{t+1}) \sigma] \lambda_{t+1} R_t + \lambda_t - \mu_t = 0,$$

$$(16) \quad k_{t+1} : (1 + \mu_t \phi) E_t m_{t+1} [p_{t+1} + (1 - p_{t+1}) \sigma] \left\{ \begin{aligned} & (1 + \mu_{t+1} \phi) m_{t+2} [p_{t+2} + (1 - p_{t+2}) \sigma] \times \\ & \lambda_{t+2} \pi_k(k_{t+1}, l_{t+1}; S_{t+2}) + \lambda_{t+1} (1 - \delta) \end{aligned} \right\} - \lambda_t = 0,$$

כאשר μ ו- λ הם כופלי לגראנז' עבור מגבלת האשראי ומגבלת התקציב, בהתאמה.

תנאי הסדר הראשון הנייל מבטאים במודל זה את מנגנון המאיץ הפיננסי. זעזוע פריון חיובי מוביל להכנסה גבוהה יותר, המפחיתה את הרמה של λ_t . מתוך משוואה (13) מתקבל כי ירידה של λ_t מובילה לעלייה של תשלומי דיבידנדים בזמן t . תשלומי דיבידנדים גבוהים יותר מגדילים את ערך

⁹ זעזועי האיתותים שנחקרו בספרות המקצועית עיקרם זעזועי טכנולוגיה; ראו לדוגמה: Beaudry and Portier (2000), Davis (2008) ו-Blanchard, L'huillier and Lorenzoni (2009). איתותים לזעזועים פיננסיים מופיעים אצל Christiano, Motto and Rostagno (2009).

הפירמה, דבר המקטין את μ_t . כאשר μ_t נמוך יותר, הדבר מאפשר לפירמה להגדיל את חובה, וזה מוביל לגידול הביקוש שלה לעבודה ולהון. גידול הביקוש לתשומות מוביל לעליית הפיריון וההכנסות בעתיד. זה יוביל, לתשלומי דיבידנדים גבוהים יותר, המעלים את ערך הפירמה היום, וחוזר חלילה. אפשר גם שתהליך זה יונע על ידי זעזוע פיננסי. הסתברות גבוהה יותר להישרדות בזמן $t+1$ תגדיל את ערך הפירמה היום, והתפתחות זו תייצר את התהליך המתואר לעיל. שימו לב שמנגנון המאיץ הפיננסי פועל לנוכח שינויים בכופלי לגראנז'. זהו המניע להכללת יתרון המס של הפירמה והחיכוך בחלוקת הדיבידנד במודל. יתרון המס של הפירמה גורם למגבלת האשראי להיות אפקטיבית (to bind) סביב המצב העמיד, והעלות של התאמת ההון העצמי מאפשרת שינויים ב- λ_t . לפיכך, כדי ללכוד את מנגנון המאיץ הפיננסי במודל, הכרחי שיתקיים: $\tau, \kappa > 0$ ¹⁰.

הפירמות המייצרות מוצרים מוגמרים

הפירמות המייצרות מוצרים מוגמרים משתמשות במוצרי ביניים כדי לייצר את המוצר המוגמר Y בהתאם לפונקציית ייצור בעלת גמישות תחלופה קבועה (CES):

$$(17) \quad Y_t = \left(\int_{i=0}^1 x_{i,t}^\eta di \right)^{\frac{1}{\eta}},$$

כאשר $x_{i,t}$ הם מוצרי ביניים הנרכשים במחיר $v_{i,t}$, ו- η הוא פרמטר הקובע את גמישות התחלופה בין מוצרי הביניים. הפירמות המייצרות מוצרים מוגמרים ממרבית את רווחיהן באופן הבא:

$$(18) \quad \max_{x_{i,t}} \left\{ \left(\int_{i=0}^1 x_{i,t}^\eta di \right)^{\frac{1}{\eta}} - \left(\int_{i=0}^1 v_{i,t} x_{i,t} di \right) \right\}.$$

התנאי מסדר ראשון של הבעיה הוא:

$$(19) \quad v_{i,t} = Y_t^{1-\eta} x_i,$$

ביטוי זה מתאר את הביקוש למוצר הביניים x_i בזמן t . בהצבת משוואות (19) ו-(1) במשוואה (3) נקבל את הביטוי המפורש הבא עבור פונקציית הפדיון של הפירמה המייצרת מוצר ביניים:

$$(20) \quad \pi(k_{i,t-1}, l_{i,t-1}; S_t) = Y_t^{1-\eta} (z_t k_{i,t-1}^\theta l_{i,t-1}^{1-\theta})^\eta.$$

¹⁰ $\kappa = 0$ מוביל ל- $\lambda_t = 1 \forall t$. במקרה זה λ_t קבוע על פני זמן, ואין במודל השפעות של מאיץ פיננסי.

משקי הבית

קיים רצף של משקי בית הומוגניים המעוניינים למרב את התועלת שלהם לאורך החיים:

$$(21) \quad \max_{c_t, l_t, b_{t+1}, s_{t+1}} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t, l_t),$$

כאשר β הוא מקדם ההיוון הסובייקטיבי של משק הבית, ו- c_t היא הצריכה. פונקציית התועלת התקופתית היא:

$$(22) \quad U(c_t, l_t) = (1 - \alpha) \ln(c_t) + \alpha \ln(1 - l_t).$$

משקי הבית ממרבים את התועלת שלהם בכפיפות למגבלת התקציב הבאה:

$$(23) \quad w_t l_t + b_t(1 + r_{t-1}) + s_t(\bar{d}_t + p_t q_t) = b_{t+1} + s_{t+1} q_t + c_t + T_t,$$

כאשר:

s_t : הוא חלקם של משקי הבית בפירמות המייצרות מוצרי בניינים.

$q_t = V_t - d_t$: הוא מחיר השוק של פירמות המייצרות מוצרי בניינים ששרדו לאחר ששילמו את הדיבידנד בזמן t .

$T_t = b_t r_{t-1} \tau$: הוא מס בסכום קבוע למימון הסובסידיה עבור הפירמה המייצרת מוצר בניינים.

משקי הבית מחזיקים שני נכסים – אג"ח חסרות סיכון b_t , המשלמות את שיעור הריבית r_{t-1} , ומניות. פירמות השורדות עד זמן t משלמות לבעלי המניות את התשלום התקופתי הממוצע (ערך הנזילות L_t , בהסתברות $(1 - p_t)$, ודיבידנד d_t , בהסתברות p_t), ואם הן שורדות בזמן $t+1$, מחיר השוק שלהן הוא q_t .

בפתרון בעיית משקי הבית נקבל את התנאים הבאים מסדר ראשון עבור היצע העבודה, שיעור הריבית חסר הסיכון ומחיר המניות:

$$(24) \quad l_t : U_l(c_t, l_t) + U_c(c_t, l_t) w_t = 0,$$

$$(25) \quad b_{t+1} : \beta E_t U_c(c_{t+1}, l_{t+1})(1 + r_t) - U_c(c_t, l_t) = 0,$$

$$(26) \quad s_{t+1} : \beta E_t U_c(c_{t+1}, l_{t+1}) (\bar{d}_{t+1} + p_{t+1} q_{t+1}) - U_c(c_t, l_t) q_t = 0,$$

מסידור מחדש של משוואה (26) נקבל:

$$q_t = \beta E_t \frac{U_c(c_{t+1}, l_{t+1})}{U_c(c_t, l_t)} (\bar{d}_{t+1} + p_{t+1} q_{t+1}).$$

לאחר הצבה עתידית, אם נניח $\lim_{j \rightarrow \infty} \beta^j E_t \left(\prod_{\ell=1}^j p_{t+\ell} \right) \frac{U_c(c_{t+j}, l_{t+j})}{U_c(c_{t+j-1}, l_{t+j-1})} q_{t+j} = 0$ נקבל:

$$(27) \quad q_t = \beta E_t \frac{U_c(c_{t+1}, l_{t+1})}{U_c(c_t, l_t)} \bar{d}_{t+1} + E_t \sum_{j=2}^{\infty} \beta^j \frac{U_c(c_{t+j}, l_{t+j})}{U_c(c_t, l_t)} \left(\prod_{\ell=1}^{j-1} p_{t+\ell} \right) \bar{d}_{t+j}.$$

ניתן לראות כי משוואה (27) קשורה למשוואה (6) המבטאת את ערך השוק של הפירמות. הקשר הוא $q_t = V_t - d_t$. התוצאה היא שהאופטימיזציה של הפירמות עולה בקנה אחד עם האופטימיזציה של משקי הבית. לפיכך ניתן לנסח מחדש את מקדם ההיוון הסטוכסטי m_t כדלקמן:

$$m_{t+j} = \beta^j \frac{U_c(c_{t+j}, l_{t+j})}{U_c(c_t, l_t)}.$$

בפרט, ממשוואה (25) נקבל:

$$Em_{t+1} = \frac{1}{1+r_t}.$$

שיווי משקל כללי ופתרון המודל

בחלק זה אציג את תנאי שיווי המשקל הכללי הנאמדים מן המודל ואתאר את הטכניקה לפתרון המודל.

משוואות של שיווי משקל כללי

לאחר הצגת בעיות המקסימיזציה של השחקנים במשק וגזירת תנאי הסדר הראשון, ניתן להציג את משוואות שיווי המשקל הכללי. בשיווי משקל כללי כל האילוצים של השחקנים ותנאי הסדר הראשון חייבים להתקיים.

שוק העבודה:

המשוואות שצריכות להתקיים בשיווי משקל בשוק העבודה הן תנאי הסדר הראשון של משקי הבית עבור היצע העבודה, משוואה (24), ותנאי הסדר הראשון של הפירמות עבור הביקוש לעבודה, משוואה (14).

שוק המוצרים:

היות שכל הפירמות המייצרות מוצרי ביניים הן זהות, בשיווי משקל סימטרי כולן מייצרות את אותה הכמות. לפיכך נקבל $Y_t = x_t \left(\int_{i=0}^1 di \right)^{\frac{1}{\eta}} = x_t$. תנאים נוספים הם אילוצי התקציב של משקי הבית ושל הפירמות המייצרות מוצרי ביניים, משוואות (23) ו- (12).

השוק הפיננסי:

שיווי משקל בשוק הפיננסי חייב לקיים את מגבלת האשראי של הפירמות, משוואה (4), ואת תנאי הסדר הראשון של הפירמות ושל משקי הבית עבור חוב, משוואות (15) ו- (25). תנאים נוספים לשיווי משקל בשוק הפיננסי הם משוואת הערך של הפירמות (8), ותנאי הסדר הראשון של הפירמות לדיבידנד ולהון בתקופה הבאה, משוואות 13 ו-16¹².

משוואה נוספת הקובעת את שיווי המשקל הכללי היא משוואת הדינמיקה של הסתברות ההישרדות של הפירמות המייצרות מוצרי ביניים, משוואה (11).

פתרון המודל

במודל 11 משוואות של שיווי משקל כללי ו-11 משתנים. פתרון המודל מוגדר כמצאת פונקציית ההתנהגות הדינמית של השחקנים בתגובה למשתני המצב $[k_{t-1}, k_t, b_t, r_{t-1}, l_{t-1}]$ ולזעזועים האקסוגניים $[\psi_t, \varepsilon_t, e_t]$. הפתרון חושב לאחר ביצוע קירוב לוג ליניארי של המודל סביב המצב העמיד^{13,14}.

¹¹ מאחר שמשקי הבית הם בעלי המניות היחידים של הפירמות, וכל משקי הבית זהים, שיווי משקל סימטרי חייב לקיים את $s_t = s_{t+1} = 1$.

¹² כפי שהוצג, התנאי מסדר ראשון של משקי הבית עבור החלק שלהם בפירמות המייצרות מוצרי ביניים זהה למשוואת הערך של הפירמות. לפיכך משוואה זו מתבטלת, יחד עם המשתנה q .

¹³ פתרון והמודל חושב תוך שימוש ב-Dynare toolbox for Matlab.

¹⁴ בביצוע קירוב לוג ליניארי של המודל קיימת אפשרות ל- $\mu_t \leq 0$ (משמע שמגבלת האשראי אינה אפקטיבית), ו- $p_t > 1$. נתוני הסימולציות נבדקו, ונמצא כי μ_t נשאר חיובי תמיד, ו- p_t קטן מ-1 ב-99.5% מהזמן.

3. קביעת ערכי הפרמטרים

בחלק זה אתאר את קביעת ערכי הפרמטרים של המודל. בדומה לדרך שנקטו Christiano, Motto and Rostagno (2009), הפרמטרים במודל חולקו לשתי קבוצות. הקבוצה הראשונה כוללת את הפרמטרים המשפיעים על רמת המצב העמיד. הערכים של רוב הפרמטרים האלה נקבעו באמצעות כיול (calibration). הפרמטר קובע את ההפסדים הנגרמים כתוצאה מחדלות פירעון של פירמות, σ , נאמד, היות שלא היו בידי ערכים מדויקים דיים לפרמטר זה. קבוצת הפרמטרים השנייה מכילה את הפרמטרים הקובעים את הדינמיקה של המודל. קבוצת פרמטרים זו נאמדה באמצעות טכניקות בייסאניות לנתוני ארצות הברית, בדומה למתואר בעבודותיהם של An and Schorfheide (2007) ו-¹⁵and Smets and Wouters (2003).

כיול

המודל כויל למונחים רבעוניים. הפרמטרים הקשורים לפירמות המייצרות מוצרי ביניים נבחרו באופן המתואר להלן. הפרמטר לשיעור הפחת על ההון נקבע ל- $\delta = 0.025$, ערך סביר כאשר משתמשים בתדירות רבעונית. שיעור הסובסידיה עבור החוב של הפירמות נקבע על $\tau = 0.3$, כפי שעשו Jermann and Quadrini (2006). חלקו של ההון בפונקציית הייצור נבחר ל- $\theta = 0.4$, ערך שכיח בספרות הרלוונטית. פרמטר העירבון ממגבלת האשראי נקבע כ- $\phi = 0.45$, כדי לשחזר במצב העמיד את שיעור המינוף הממוצע העולה מהנתונים¹⁶. לבסוף – הסתברות ההישרדות של הפירמות במצב עמיד, הנקבעת על ידי הפרמטר γ , קיבלה את הערך $\gamma = 0.975$. מכאן עולה שיעור יציאה שנתי של 10%. שיעור הדומה לזה ממחקרם של Jermann and Quadrini (2006), והוא מוצא תמיכה בפרסומי OECD (2001).

ישנם שני פרמטרים הקשורים למשקי הבית: מקדם ההיוון הסובייקטיבי, הנקבע על $\beta = 0.987$, ערך מקובל בספרות; הפרמטר מפונקציית התועלת, הנקבע על $\alpha = 0.6$, כדי לקבל שערך העבודה במצב עמיד הוא 0.34.

¹⁵ ליישומים נוספים של טכניקת האמידה הבייסאנית במודלים מסוג DSGE ראו Christiano, Motto and Rostagno (2003, 2007, 2009), Jermann and Quadrini (2008) ו-Gilchrist and Zakrajsek (2008).

¹⁶ במונחי המודל שיעור המינוף הוא יחס החוב לשווי הנקי, $\frac{V}{b}$. מקורן של סדרות אלו הוא Flow of Funds Accounts, שפרסם הבנק הפדרלי של ארצות הברית (Federal Reserve Board). חוב הוא "מכשירי שוק האשראי" (Credit Market Instruments) של עסקים לא-חקלאיים (Nonfarm), עסקים תאגידיים שאינם פיננסיים (Nonfinancial Corporate Business), ועסקים שאינם חקלאיים ואינם תאגידיים (Nonfarm, Noncorporate Business). ערך הפירמות הוא "השווי הנקי" (Net Worth) שעליו מדווחים עסקים תאגידיים שלא-פיננסיים ועסקים לא-תאגידיים (Noncorporate Business).

גמישות התחלופה מפונקציית הייצור של הפירמות המייצרות מוצרים מוגמרים קובעת את המירווח המונופוליסטי של הפירמות המייצרות מוצרי ביניים. גמישות זו נקבעת כ- $\eta = 0.85$, ומכאן עולה מירווח בשיעור של 15%, ערך נפוץ במחקרי מקרו בנושא. סיכום של ערכי הכיול מוצג בלוח 1.

לוח 1: ערכי הכיול

פרמטר	תיאור	ערך
פירמה המייצרת מוצר ביניים		
δ	שיעור הפחתה על ההון	0.025
τ	שיעור הסובסידיה	0.3
θ	פרמטר פונקציית הייצור	0.4
ϕ	פרמטר מגבלת האשראי	0.45
γ	הסתברות לשרוד במצב עמיד	0.975
פירמה המייצרת מוצר מוגמר		
η	גמישות התחלופה בפונקציית הייצור	0.85
משקי בית		
β	מקדם ההיוון	0.987
α	פרמטר פונקציית התועלת	0.6

אמידה

לאחר ביצוע הכיול, נותר לאמוד שבעה פרמטרים נוספים. פרמטרים אלה הם: תנודתיות הזעזועים האקסוגניים $[std_\psi, std_e, std_\varepsilon]$, התמדתם של תהליכים סטוכסטיים $[\xi, \rho]$, ההפסדים הנובעים מחדלות פירעון $[\sigma]$ והפרמטר של עלות התאמת ההון העצמי $[\kappa]$. פרמטרים אלו נאמדו, כאמור, בשיטות בייסיאניות על נתונים של ארה"ב¹⁷. עבור תהליך האמידה בחרתי בנתוני התמ"ג והחוב¹⁸. סדרות אלו נבחרו משום שהן לוכדות את המאפיין העיקרי של המודל – הזיקה בין השוק הפיננסי לשוק הריאלי. השתמשתי בסטיות ממסן HP של הלוג של סדרות אלו¹⁹, ובמונחים מנוכי עונתיות, ריאליים ולנפש. המדגם ששימש לאמידה היה מהרביע הראשון של 1985 עד הרביע השני של 2008²⁰.

¹⁷ האמידה בוצעה באמצעות Dynare toolbox for Matlab.

¹⁸ במודל קיים פיגור של תקופה אחת בייצור. השימוש בתשומות בזמן t מייצר תפוקה בזמן $t+1$. לפיכך, במונחי המודל, התמ"ג מייצר את התפוקה בזמן $t+1$.

¹⁹ מסנן HP חושב תוך שימוש בפרמטר החלקה 1600.

²⁰ התצפית הראשונה במדגם נבחרה לרביע הראשון של 1985, משום שעל פי (Jermann and Quadrini, 2008), בתקופה זו חל שינוי מבני במגזר הפיננסי בארה"ב. התקופה האחרונה במדגם נקבעה לרביע השני של 2008; שלוש התצפיות האחרונות הושמטו עקב השימוש במסנן HP. התצפית הזמינה האחרונה הייתה לרביע הראשון של 2009.

עבור המשתנים שאינם נצפים נוצרו סדרות המוחלקות בצורה מלאכותית באמצעות משוואות המודל, המתוארות בפרק 2, וכן באמצעות פילטר קלמן. סדרות אלו, יחד עם הסדרות בפועל, מוצגות בנספח ג'. המקורות של סדרות הנתונים מדווחים בנספח א'. נספח ג' מראה כי עבור רוב המשתנים, הסדרות המוחלקות די קרובות לנתונים בפועל. באשר להשקעה הסדרה המוחלקת תנודתית יותר מן הסדרה בפועל. הסיבה לכך היא, ככל הנראה, שהמודל אינו כולל עלויות של התאמת ההשקעה, כפי שנעשה במודלים דומים²¹.

ההערכות המוקדמות לתהליך האמידה (priors) נבחרו כדלקמן: לגבי סטיית התקן של הזעזועים האקסוגניים והתמדת התהליכים הסטוכסטיים האקסוגניים נהגתי על פי Christiano, Motto and Rostagno (2009). קבעתי התפלגות גמא הפוכה (Inverse Gamma) לסטיית התקן של הזעזועים, והתפלגות ביתא להתמדת התהליכים הסטוכסטיים. היות שהפרמטר להפסדים הנובעים מחדלות פירעון חייב להיכלל בטווח $[0, 1]$, השתמשתי בהתפלגות ביתא כ-prior. מהעבודה של Jerermann and Quadriini (2008) עולה כי הפרמטר של עלות התאמת ההון העצמי היה בתקופה הנדונה קטן יחסית. על כן השתמשתי בהתפלגות גמא הפוכה כ-prior. הפרטים המלאים על ההערכות המוקדמות ותוצאות האמידה מוצגים בלוח 2.

לוח 2: אומדני האפריורי והתוצאות

הפרמטר	האפריורי	השכיח הפוסטריורי	סטיית התקן
std_x	Inv. Gamma $[0.01, 5]$	0.0038	0.0003
std_e	Inv. Gamma $[0.01, 5]$	0.0034	0.0008
std_{ξ}	Inv. Gamma $[0.01, 5]$	0.0033	0.0008
ξ	Beta $[0.5, 0.2]$	0.8655	0.0419
ρ	Beta $[0.5, 0.2]$	0.8377	0.0443
σ	Beta $[0.5, 0.2]$	0.5755	0.1299
κ	Inv. Gamma $[0.01, 5]$	0.0043	0.0016

²¹ העלויות של התאמת ההשקעה אינן נכללות במודל כדי לא להוסיף רכיב שעשוי להסב את תשומת הלב מהמוקד של עבודה זו - הקשר בין השוק הריאלי לשוק הפיננסי.

4. תוצאות המודל

אפתח בהצגת התוצאות התיאורטיות, ואתמקד בהשפעות האיתותים הפיננסיים וההפתעות הפיננסיות הנגזרים מן המודל. לאחר מכן אדון בכמה מהתוצאות האמפיריות העולות מן האמידה. כל התוצאות המדווחות להלן התקבלו על ידי שימוש בערכי ה-Posterior Mode עבור הפרמטרים הנאמדים.

התגובות הדינמיות

אדון כעת בתגובות הדינמיות (impulse responses) של משתני המשק לזעזועים פיננסיים. התגובה הדינמית לזעזוע הפריון דומה לזו שבמודלים אחרים מסוג RBC, ומוצגת בנספח ד'.

איור 1 מציג את התגובה הדינמית לזעזוע שלילי של סטיית תקן אחת באיתות פיננסי (ε_t) , ובהפתעה פיננסית (e_t) .

תחילה אדגיש שני ממצאים: הראשון שבהם – זעזוע איתות וזעזוע הפתעה מייצרים במשק את אותן תנודות בקירוב, וזאת מפני שסטיות התקן הנאמדות של זעזועים אלה די קרובות זו לזו; הממצא השני – שהמודל מייצר תגובה דינמית בצורת גבנון (hump shaped), ממצא העולה בקנה אחד עם רוב הממצאים האמפיריים. תוצאה זו תואמת את הממצא של BBG, שלפיו מודל בעל חיכוכים פיננסיים מייצר תגובה דינמית בצורת גבנון עבור המשתנים העיקריים של הכלכלה.

אפנה עתה להסבר האינטואיציה הכלכלית שמאחורי פונקציות הגמישויות הדינמיות. כיוון שצורות התגובה לזעזוע איתות ולזעזוע הפתעה דומות זו לזו, אדון בתגובה הכללית לזעזוע פיננסי שלילי.

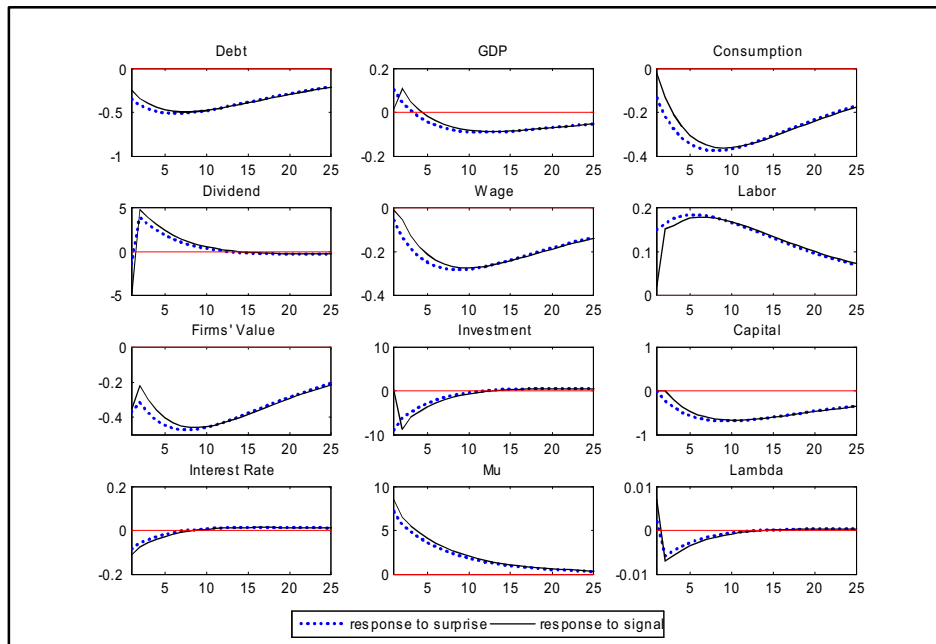
כאשר מתרחש זעזוע פיננסי, ערך הפירמות יורד, והדבר משפיע על החלטות משקי הבית והפירמות. מנקודת המבט של משקי הבית קיים אפקט עושר שלילי. כיוון שמשקי הבית הם בעלי המניות של הפירמות, ירידה של ערך הפירמות מקטינה את עושרם. כתוצאה מן ההשפעה השלילית על העושר משקי הבית צורכים פחות ומגדילים את היצע העבודה שלהם. מצד הפירמות, כאשר ערכן יורד, כופל הלגראנז' של מגבלת האשראי, μ_t , גדל, והפירמות נאלצות להקטין את חובן. הירידה בחוב הפירמות מובילה לעלייה בכופל הלגראנז' של מגבלת התקציב, λ_t , וזה מוביל לתשלום דיבידנד נמוך יותר²². ממשוואת ערך הפירמות (משוואה 8), עולה כי הקטנת תשלומי הדיבידנד מובילה להקטנה נוספת של ערך הפירמות. זו, בתמורה, תוביל לירידה נוספת בחוב הפירמות, וכן הלאה. הירידה בחוב הפירמות מובילה גם לירידה בהשקעה ובביקוש לעבודה. (בתגובה לזעזוע האיתות, ההשקעה עולה במתינות בתקופה t בשל הירידה בשיעור הריבית, ומתקופה $t+1$ היא מתחילה לרדת.) התהליך המתואר לעיל

²² על פי תנאי הסדר הראשון של הפירמות עבור דיבידנדים - משוואה (13) - עלייה ב- λ_t מביאה לירידה ב- d_t .

הוא מנגנון "המאיץ הפיננסי" במודל.

בזמן t העבודה גדלה (זו התוצאה נטו של עליית ההיצע ושל ירידת הביקוש) בעוד שההון נותר ברמתו במצב עמיד (מפני שהוא נקבע מראש). כתוצאה מכך עולה רמת התמ"ג. בתגובה לעזווע הפתעה, השפעת הירידה בהון מנקודת הזמן $t+1$ ואילך חזקה מזו של העלייה בעבודה, ולפיכך מתקבלת ירידה בייצור. בתגובה לעזווע איתות נוצרת בנקודת הזמן $t+1$ עלייה נוספת בייצור, משום שהתממשות האיתות מביאה לעלייה נוספת בהיצע העבודה. מנקודת הזמן $t+2$ הירידה בהון נעשית משפיעה יותר, והייצור פוחת²³. הירידה המאוחרת ברמת התמ"ג בתגובה לעזווע הפיננסי השלילי משחזרת את המאפיין המוזכר בהקדמה, אשר לפיו מחירי שוק המניות (ערך הפירמות במונחי המודל) יכולים לשמש אינדיקטור מוביל להתפתחות התמ"ג²⁴.

איור 1: תגובה לאיתות פיננסי שלילי ולהפתעה פיננסית שלילית



²³ מאחר שההשפעה של הקטנת ההיצע העבודה גדולה מזו של הקטנת הביקוש, מתקבל גידול בעבודה לצד ירידה בייצור. כתוצאה מכך, בביצוע סימולציה למודל מתקבל מתאם שלילי בין העבודה לתוצר. תוצאה זו נוגדת את הממצאים מהנתונים (counter-factual). חיכוכים בשוק העבודה, בחירת קבוצות פרמטרים אחרות לכיול או הוספה של זעזועים מבניים אקסוגניים למודל עשויים להוביל לתוצאות הרצויות. היות ששוק העבודה אינו ענייני העיקרי בעבודה זו, הותרתי אותו ללא שינוי.

²⁴ נספח ה' מציג את תגובת התמ"ג לצד תגובות ערך הפירמות לאיתות פיננסי ולהפתעה פיננסית. הנספח מראה כי בתגובה לעזווע פיננסי יורד ערך הפירמות מייד, ואילו התמ"ג מתחיל לרדת רק כעבור מספר תקופות.

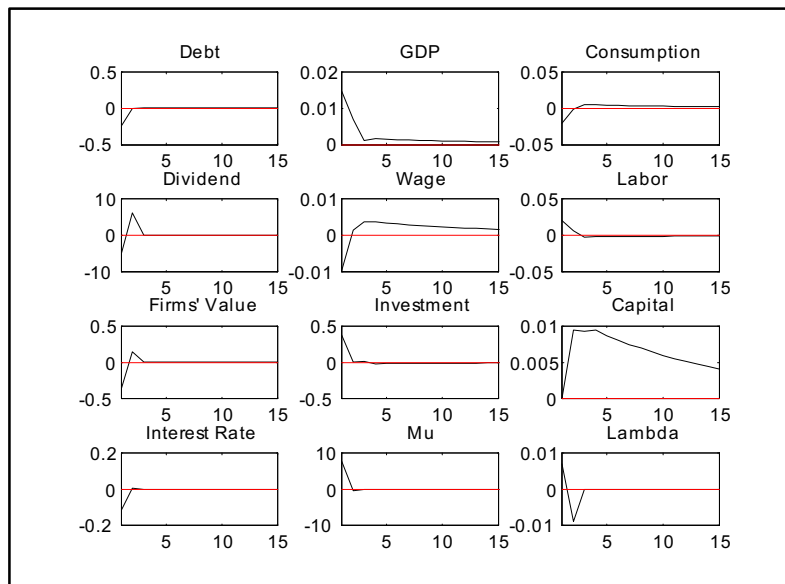
תגובות דינמיות ל"רעש" פיננסי

בחלק זה אבחן את התגובה לתרחיש של זעזוע איתות שלילי בסטיית תקן אחת, ואחריו, בתקופה הבאה, זעזוע הפתעה חיובי זהה. במקרה זה שיעור חדלות הפירעון (default rate) בפועל נשאר בערכו במצב עמיד. הואיל וזעזוע האיתות אינו מתממש, ניתן לפרשו כ"רעש". איור 2 מציג את התגובה הדינמית לזעזוע הרעש.

כפי שניתן לראות, אף כי שיעור חדלות הפירעון אינו משתנה בפועל, זעזוע הרעש מייצר תנודות במשתני המשק. תגובת משתני המשק לתרחיש הרעש קטנה, יחסית לזעזוע האיתות או ההפתעה, אך היא מבליטה את אחת התוצאות העיקריות של המודל: איתותים פיננסיים לגבי התקופה הבאה משפיעים השפעות ריאליות על המשק היום.

זעזוע האיתות השלילי המתקבל בזמן t מתחיל את התהליך המתואר בסעיף דלעיל. הסוכנים הכלכליים נערכים לזעזוע שלילי (הדבר יוביל, כאמור, לעלייה בעבודה ולעלייה מתונה בהשקעה). בנקודת הזמן $t+1$ הסוכנים צופים בהתממשות שיעור חדלות הפירעון, ומבינים כי הציפיות השליליות לא התממשו. כתוצאה מכך המשתנים הפיננסיים חוזרים לערכם במצב העמיד במהירות, אך המשתנים הריאליים נשארים גבוהים מרמותיהם במצב עמיד למשך זמן מה.

איור 2 : תגובה ל"רעש" פיננסי



התוצאות האמפיריות

בחלק זה אדון בשתי תוצאות אמפיריות עיקריות הנוגעות להשפעות של זעזועים פיננסיים בעבר, תוך שימוש בתוצאות האמידה. תוצאות אלו הן פירוק התרומה של כל אחד מהזעזועים לתנודות ההיסטוריות בתמ"ג ובחוב (historical variance decomposition), ואומדני הזעזועים ההיסטוריים בתקופות המיתון האחרונות (historical estimated shocks).

פירוק השונות ההיסטורית

במודל יש שני זעזועים – זעזוע פיננסי וזעזוע לפירון. מעניין לבחון מהי התרומה של כל זעזוע לתנודות מחזורי העסקים. פירוק השונות עבור התמ"ג והחוב מוצג בלוח 3.

מהלוח עולה כי תרומת האיתותים הפיננסיים ותרומת ההפתעות הפיננסיות קרובות זו לזו.

ממצא נוסף הוא שהזעזועים הפיננסיים ממלאים תפקיד חשוב בתנודות של מחזורי העסקים: הם הגורמים ל-22% ול-93% מתנודות התמ"ג והחוב, בהתאמה. תוצאה זו תואמת את ממצאיהם של *Jermann and Quadrini* (2009) *Christiano, Motto and Rostagno*, אך מנוגדת לממצאים של *Christiano, Motto and Rostagno* (2009). אצל *Christiano, Motto and Rostagno* (2009) יש שני סוגים של זעזועים פיננסיים. אחד מהם זהה לזעזוע הפיננסי במודל המתואר בעבודה זו. (הביטוי המשמש לזעזוע זה אצלם הוא זעזוע "עושר" – wealth). הזעזוע הפיננסי אצל *Jermann and Quadrini* (2008) הוא זעזוע של פרמטר העירבון במגבלת האשראי. מאחר שהזעזוע הפיננסי במודל המוצג בעבודה זו זהה לזעזוע במודל של *Christiano, Motto and Rostagno* (2009), אני מקבל תוצאות דומות לשלהם. מסקנה הגיונית שניתן להפיק מן התוצאות השונות שהתקבלו מהמודל המוצג כאן ומהמודל של *Christiano, Motto and Rostagno* (2009), מחד גיסא, ומתוצאות המודל של *Jermann and Quadrini* (2008), מאידך, היא שהזעזועים בהסתברויות של הפירמות לשרוד חשובים יותר לתנודות הכלכליות מאשר זעזועים בפרמטר העירבון.

לוח 3: פירוק השונות ההיסטורית (באחוזים)

הפתעה פיננסית	איתות פיננסי	פירון	
11	11	78	תמ"ג
47	46	7	חוב

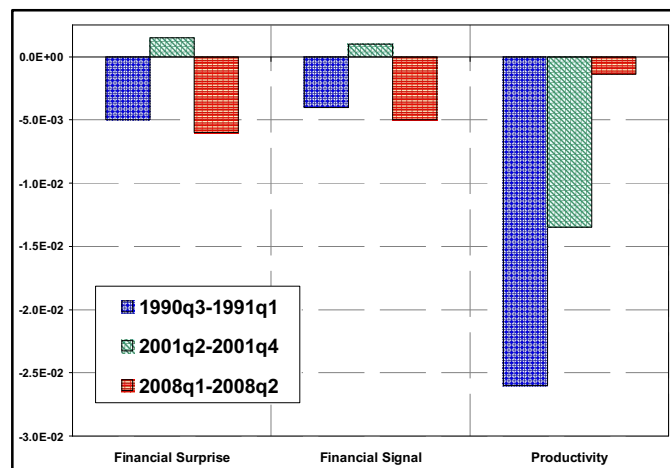
אומדן הזעזועים ההיסטוריים

בסוף 2007 נקלעה הכלכלה בארה"ב למיתון קשה, שכלכלנים אחדים ראו בו את המשבר החמור ביותר מאז השפל הגדול. כן מסכימים רוב הכלכלנים כי מקורותיו של מיתון זה מצויים במגזר הפיננסי. הואיל ובמודל יש זעזועים במגזר הפיננסי ובמגזר הריאלי, ניתן לבדוק אם תוצאות המודל תואמות את הנחות הכלכלנים בדבר המקור שהוביל למיתון האחרון. באמידת המודל ניתן לחשב את הזעזועים הכלכליים ההיסטוריים הנאמדים ולראות אם על פי אמידת המודל, המשבר האחרון הונע על ידי זעזועים פיננסיים²⁵.

איור 3 מציג את סכום הזעזועים הנאמדים במשק בתקופות המיתון האחרונות²⁶. (הסדרה המלאה של הזעזועים ההיסטוריים הנאמדים מובאת בנספח ו'). סכום הזעזועים מוצג כדי לראות איזה זעזוע היה המשפיע ביותר בתקופות האחרונות של ההאטה הכלכלית. חשוב לציין שבמיתון של 1990 ובמיתון של 2001 נכללים שלושה רבעים, ואילו במיתון של 2008 נכללים שני רבעים בלבד (שכן התצפית האחרונה עבור האמידה היא הרביע השני של 2008).

ניכר מן הלוח, כי על פי אמידת המודל, המיתון האחרון הונע על ידי זעזועים פיננסיים. הזעזועים הפיננסיים המצרפיים שנאמדו עבור המיתון האחרון גדולים מאלה שנאמדו עבור המיתון של 1990 ועבור המיתון של 2001. זעזועי הפריזון המצרפיים, שהיו המשפיעים ביותר בתקופות המיתון האחרונות, זניחים במיתון של 2008. כאמור לעיל, ממצאים אלה תואמים את ההנחה הראשונית.

איור 3 : זעזועים נאמדים בתקופות מיתון קודמות



²⁵ לפרטים נוספים אודות אמידת זעזועים היסטוריים, ראו (2003) Smets and Wouters וכן Christianiano, Motto and Rostagno (2009).

²⁶ רביע נכלל כתקופת מיתון אם לפחות חודשיים מתוכו מוגדרים על ידי ה-National Bureau of Economic Research כתקופת מיתון.

5. סיכום ומסקנות

בסוף 2007 נקלע המשק של ארה"ב למיתון חמור. רבים מאמינים כי ראשית המיתון הייתה נעוצה במשבר פיננסי. בעבודה זו הצגתי מודל תיאורטי של מחזור עסקים ריאלי עם חיכוכים פיננסיים, הכולל את מנגנון המאיץ הפיננסי. החיכוכים הפיננסיים אפשרו לי לבחון את ההשפעות הריאליות של זעזועים פיננסיים, להבין את המנגנון התיאורטי של השפעות אלו, ולהעריך את תרומתם של השווקים הפיננסיים לתנודות מחזורי העסקים. בפרט – המודל איפשר לי לבחון את השפעות הציפיות והאיתותים של השוק הפיננסי על השוק הריאלי ולהפריד השפעות אלו מן ההשפעות הריאליות של הפתעות פיננסיות.

לאחר הגדרת המודל ביצעתי אמידה בשיטה בייסיאנית. זו איפשרה לי לגזור מספר תוצאות אמפיריות. מצאתי כי תרומת האיתותים הפיננסיים ותרומת ההפתעות הפיננסיות לתנודות של מחזורי העסקים דומות למדי. נוסף על כך מצאתי כי זעזועים פיננסיים ממלאים תפקיד חשוב בתנודתיות התמ"ג. ולבסוף, מתוצאות האמידה עולה כי המיתון האחרון הונע על ידי זעזועים פיננסיים, ממצא העולה בקנה אחד עם ההנחה האפריורית האמורה.

המוקד בעבודה זו היה הזיקה בין המגזר הריאלי למגזר הפיננסי. לפיכך, אף שהתקבלו מאפיינים מתאימים בתחום זה, קיבלתי תוצאות המנוגדות לממצאים שנתקבלו מנתונים בתחומים אחרים. בפרט – קיבלתי מיתאם שלילי בין התמ"ג לעבודה ותנודתיות גבוהה בהשקעה. לפיכך יהיה מועיל לכלול את המנגנון הפיננסי המוצע בעבודה זו במסגרת רחבה יותר – במודל הכולל חיכוכים בשוק העבודה ועלויות של התאמת ההשקעה. יש מקום גם לכלול מנגנון זה במודל של משק קטן ופתוח; הדבר יאפשר ללמוד על התמסורת מזעזועים פיננסיים חיצוניים אל המשק המקומי.

נספחים

א. מקורות הנתונים

מקורות הנתונים ששימשו לתהליכי הכיול והאמידה הם: עבור החוב, ערך הפירמות, שעות העבודה והשכר של משקי הבית, השתמשתי בנתונים ממחקרם של Christiano, Motto and Rostagno (2009). החוב נמדד כ"מכשירי שוק האשראי" של עסקים שאינם חקלאיים, עסקים תאגידיים שאינם פיננסיים, ועסקים לא-תאגידיים ולא-חקלאיים ('Credit Market Instruments' of Nonfarm, Nonfinancial Corporate Business and Nonfarm, Noncorporate Business), הלקוחים מנתוני ה- Flow of Funds. ערך הפירמות נמדד כממוצע ענף התעשייה בדאו ג'ונס (Dow Jones Industrial average), שתוקן על ידי מחירי התוצר העסקי (GDP deflator). עבור שעות העבודה של משקי הבית השתמשתי במדד המגזר העסקי הלא-חקלאי (Nonfarm Business Sector Index) "שעות כל

האנשים" (Hours of All Persons), המסופק על ידי הלשכה לסטטיסטיקה של עבודה (Bureau of Labor Statistics). עבור השכר השתמשתי בשכר לשעה (Compensation Per Hour) במגזר העסקי הלא-חקלאי (Nonfarm Business Sector) מהלשכה לסטטיסטיקה של עבודה. עבור התמ"ג, הצריכה וההשקעה, השתמשתי בנתונים הזמינים בלשכה לניתוח כלכלי (Bureau of Economic Analysis). הצריכה נמדדה כהוצאות הצריכה האישיות (Personal Consumption Expenditures), ועבור ההשקעה השתמשתי בהשקעה המקומית הפרטית הגולמית (Gross Private Domestic Investment).

כל סדרות הנתונים הומרו למונחים מותאמים עונתית ולנפש, והשתמשתי בסטיות הלוג של סדרות אלו ממסנן HP (תוך שימוש בפרמטר החלקה 1600).

ב. תנאי סדר ראשון של פירמות המייצרות מוצרי ביניים

הפירמות המייצרות מוצרי ביניים מעוניינות למרב את ערכן (משוואה 8), בכפיפות למגבלת האשראי (משוואה 4), ומגבלת התקציב (משוואה 12). נגזור את תנאי הסדר הראשון ונקבל:

$$d_t : 1 - \lambda_t \phi(d_t) = 0$$

$$l_t : (1 + \mu_t \phi) Em_{t+1} [p_{t+1} + (1 - p_{t+1}) \sigma] V_\pi(b_{t+1}, \pi_{t+1}, k_{t+1}; S_{t+1}) \pi_l(k_t, l_t; S_{t+1}) - \lambda_t w_t = 0$$

$$b_{t+1} : (1 + \mu_t \phi) Em_{t+1} [p_{t+1} + (1 - p_{t+1}) \sigma] V_b(b_{t+1}, \pi_{t+1}, k_{t+1}; S_{t+1}) + \lambda_t - \mu_t = 0$$

$$k_{t+1} : (1 + \mu_t \phi) Em_{t+1} [p_{t+1} + (1 - p_{t+1}) \sigma] V_k(b_{t+1}, \pi_{t+1}, k_{t+1}; S_{t+1}) - \lambda_t = 0$$

תנאי המעטפת הם:

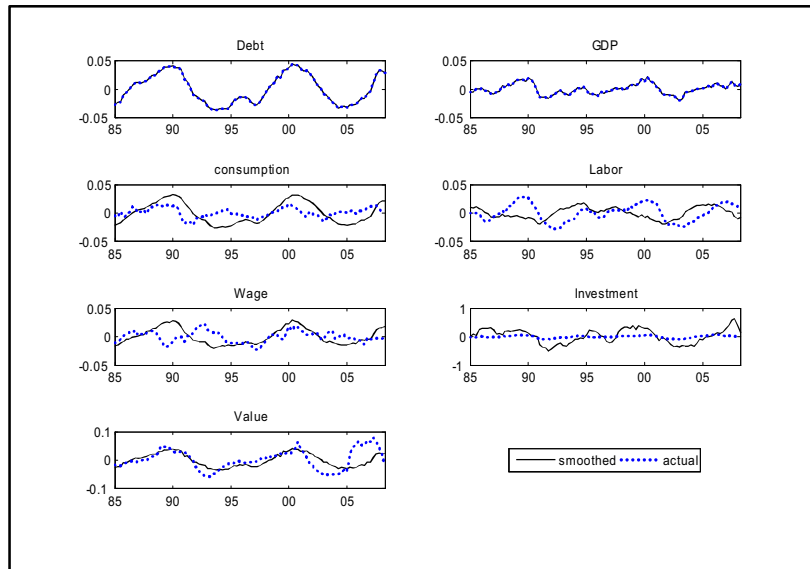
$$V_\pi(b_t, \pi_t, k_t; S_t) = \lambda_t$$

$$V_b(b_t, \pi_t, k_t; S_t) = -\lambda_t R_{t-1}$$

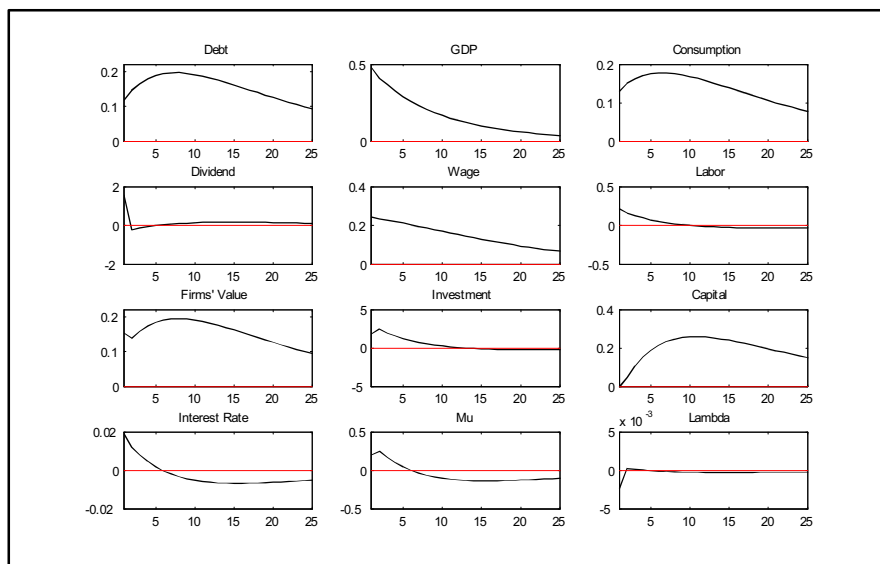
$$V_k(b_t, \pi_t, k_t; S_t) = (1 + \mu_t \phi) Em_{t+1} [p_{t+1} + (1 - p_{t+1}) \sigma] V_\pi(b_{t+1}, \pi_{t+1}, k_{t+1}; S_{t+1}) \pi_k(k_t, l_t; S_{t+1}) + \lambda_t (1 - \delta)$$

נציב את תנאי המעטפת בתנאי הסדר הראשון, ונקבל את משוואות (13)-(16).

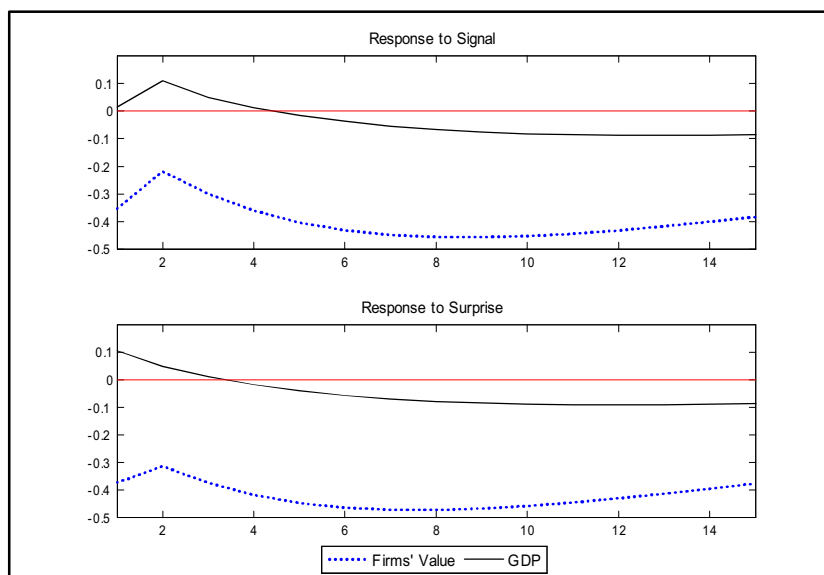
ג. סדרות הנתונים בפועל והסדרות המוחלקות



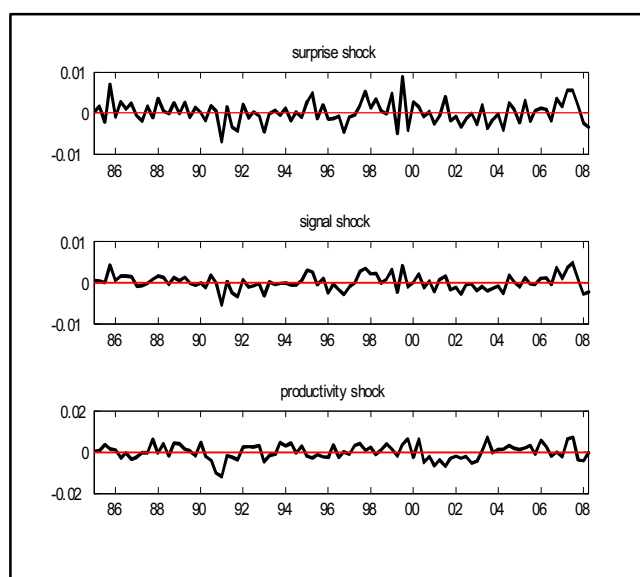
ד. תגובה דינמית לזעזוע פריון



ה. תגובת התמ"ג וערך הפירמות לאיתות פיננסי ולהפתעה פיננסית



ו. זעזועים היסטוריים נאמדים



- An, S. and Schorfheide, F. (2007). Bayesian Analysis of DSGE Models, *Economic Reviews*, 26(2), 113-172.
- Beaudry, P. and Portier, F. (2000). An Exploration into Pigou's Theory of Cycles, manuscript, University of British Columbia.
- Bernanke, B. and Gertler, M. (1989). Agency Costs, Net Worth, and Business Cycle Fluctuations, *American Economic Review*, 79(1), 14-31.
- Bernanke, B., Gertler, M. and Gilchrist, S. (1999). The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework, in: Taylor, J. B. and Woodford, M. (editors), *Handbook of Macroeconomics*, Volume 1C, Chapter 21, Amsterdam: Elsevier Science.
- Blanchard, O. J., L'huillier J. P. and Lorenzoni, G. (2009). News, Noise, and Fluctuations: An Empirical Exploration. National Bureau of Economic Research, Working Paper 15015.
- Brunnermeier, M. K. (2009). Deciphering the Liquidity and Credit Crunch 2007-08, *Journal of Economic Perspectives*, 23(1), 77-100.
- Christiano, L. J., Motto, R. and Rostagno, M. (2003). The Great Depression and the Friedman-Schwartz Hypothesis, *Journal of Money, Credit and Banking*, 35(6), 1119-1198.
- Christiano, L. J., Motto, R. and Rostagno, M. (2007). Shocks, Structures or Policies? The Euro Area and the US After 2001, *Journal of Economic Dynamics and control*, 32(8), 2476-2506.
- Christiano, L. J., Motto, R. and Rostagno, M. (2009). Financial Factors in Economic Fluctuations, National Bank of Belgium, Working Paper 151.
- Davis, J. (2008). On the Presence of News in a Hybrid Model of the Yield Curve, manuscript, Northwestern University.
- Gilchrist, M., Yankov, V. and Zakrajsek, E. (2009). Credit Market Shocks and Economic Fluctuations: Evidence from Corporate Bond and Stock Markets, National Bureau of Economic Research, Working Paper 14863.
- Gilchrist, M. and Zakrajsek, E. (2008). Linkage Between the Financial and Real Sectors: An Overview, mimeo, Boston University.

- Gordon, M. J. (1962). The Investment, Financing, and Valuation of the Corporation, Homewood, IL: Irwin R.D.
- Greenwald, B. C. and Stiglitz, J. E. (1993). Financial Market Imperfections and Business Cycles, *The Quarterly Journal of Economics*, 108(1), 77-114.
- Hennessy, C. A. and Whited, T. M. (2005). Debt Dynamics, *Journal of Finance*, 60(3), 1129-1165.
- Jermann, U. and Quadrini, V. (2006,2008). Financial Innovations and Macroeconomic Volatility, mimeo, University of Southern California.
- Kiyotaki, N. and Moore, J. (1997) Credit Cycles, *Journal of Political Economy*, 105, 211-248.
- Kydland, F. E. and Prescott, E. C. (1982). Time to Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, 50(6), 1345-1370.
- Nolan, C. and Thoenissen, C. (2009). Financial Shocks and the US Business cycle, *Journal of Monetary Economics*, 56, 596-604.
- OECD .(2001). Productivity and Firm Dynamics: Evidence From Micro data. *Economic Outlook*, 69(1), 209-223.
- Smets, F. and Wouters, R. (2003). An Estimated Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area, *Journal of the European Economic Association*, 1, 1123-1175.
- Townsend, R. (1979). Optimal Contracts and Competitive Markets with Costly State Verification, *Journal of Economic Theory*, 21, 265-293.