

# Analysing the Amplification Mechanisms of Debt Deleveraging

## ניתוח מנגנוני ההגבר בתהליך הורדת מינון

נמרוד כהן<sup>1</sup>

18.1.2022

### תקציר

מחקר זה בוחן מודל של משבר כלכלי-פיננסי הנגרם בעקבות הורדת מינון פיתאומית במשק. במשבר מסוג זה הביקושים נפגעים והריבית המוניטרית עלולה לרדת למגבלת התחתונה – תופעה שנקראת **"מלכודת הנזילות"** – כך שהמדיניות המוניטרית מוגבלת בתגובתה (Eggertsson and Woodford, 2003). במקביל, ישנם מנגנונים נוספים שעלולים להעצים את המשבר, כמנגנון **"המאיץ הפיננסי"** (Bernanke et al., 1999), ומנגנון **"דיפלציה של החוב"** (Eggertsson and Krugman, 2012). נשאל אם כן, מהי **"תרומתם"** של המנגנונים השונים למשבר, ובפרט – מהי האינטרקציה ביניהם.

לצורך כך נבנה מודל של שיווי משקל כללי במסגרת ניאוקלאסיקאית עם שני סוגי פרטים מייצגים – לווה וחוסך, כאשר המרווח הפיננסי של הלווה תלוי ברמת המינון שלו (יחס החוב לשווי הנכסים). המודל נפתר ללא לינאריזציה, בדגש על כלל המדיניות המוניטרית, אשר כולל מגבלת תחתונה לריבית. זאת כדי לאפשר ניתוח של האינטרקציות בין המנגנונים השונים.

מניתוח תגובת הכלכלה להורדת מינון במקרים השונים, נמצא כי האינטרקציה של המנגנונים השונים משמעותית ביותר. לדוגמה, כאשר הכלכלה נכנסת ל**"מלכודת הנזילות"**, האפקט של **"המאיץ הפיננסי"** מעצים משבר עד מאוד, הרבה מעבר למקרה שבו הריבית אינה מוגבלת. למעשה, הניתוח ממחיש את החשיבות של מדיניות מוניטרית אפקטיבית בשעת משבר פיננסי, כיוון שהרחבה מוניטרית במצב זה היא קריטית ומונעת משבר חריף בהרבה.

*מילות מפתח: מלכודת נזילות; מגבלת הריבית התחתונה; חיכוך פיננסי; מדיניות מוניטרית; משבר פיננסי; משבר כלכלי; הורדת מינון; שוק אשראי; מאיץ פיננסי; דיפלציה חוב*

---

<sup>1</sup> [nimrod.cohen@boi.org.il](mailto:nimrod.cohen@boi.org.il), בנק ישראל, חטיבת המחקר. מחבר המאמר מודה לאליעזר ברנשטיין, לאלון בנימיני ולמשתתפי סמינר חטיבת המחקר על ההערות המועילות. כמו כן, יצוין כי חלקים מהמאמר מבוססים על עבודת התיזה של המחבר באוניברסיטת תל אביב בהנחיית אסף פתיר, ועל כך – תודתי לו.

## 1. הקדמה

משברים כלכליים רבים התעצמו או נגרמו בעקבות מינוף יתר של לוויים, אשר בשעת משבר נאלצו להקטין חוב בפיתאומיות (Mendoza, 2010; Uribe, 2006a). למעשה, מגבלה על מינוף של לוויים נועדה להטיל עליהם משמעת, כך שלא יחמקו מהחזר חוב. אולם, ברמת המקור, מגבלה כזו בשעת משבר עלולה דווקא להוות מנגנון שמעצים אותו. זאת משום שביכולתה לאלץ לוויים להקטין הוצאות באופן דרסטי, כך שהביקוש המצפף ייפגע. יתרה מכך, זעזוע ישיר למגבלת המינוף יכולה כשלעצמה לגרור הורדת מינוף פיתאומית וליצור משבר פיננסי, כפי שניווכח במחקר זה.

זעזוע במגבלת המינוף מייצג סיטואציה, שבה המלווים חוששים כי המצב הפיננסי גרוע משחשבו ונכסים תומחרו בייתר, וקיים חשש לגבי החזר חובות, כך שמגבלת המינוף רפויה מדי, ולכן הם מחליטים להדק אותה. זעזוע כזה בא לידי ביטוי בהקטנת היצע האשראי ובעליית המרווח, אשר גוררים הורדת מינוף פיתאומית מצד הלווים.

הלווים אשר צריכים להחזיר חובות במהירות, נאלצים לצורך כך להקטין שימושים. במקרה שהזעזוע הינו רוחבי ועוצמתי, הוא עלול לגרור ירידה בביקוש המצרפי, אשר מתבטא בקיטון בתוצר ובאינפלציה, ובהתאם לכך הבנק המרכזי עשוי להוריד ריבית במטרה לתמרץ את משקי הבית (בפרט את החוסכים), להגדיל צריכה, כך שיפצו על הרפיון בביקוש מצד הלווים.

עבור זעזוע חזק מספיק, הריבית המוניטרית עלולה להיתקע במגבלת התחתונה, מצב שנקרא "מלכודת הנזילות" (Eggertsson and Woodford, 2003). אז הבנק המרכזי מוגבל, ואינו יכול להוריד את הריבית המוניטרית, והריבית הראלית לא יורדת דיה. לכן משקי הבית החוסכים לא מפצים על הרפיון מצד הלווים, ואילו הביקוש המצרפי יורד עוד, וכך גם התוצר והאינפלציה.

במצב זה הכנסות הלווים נפגעות, כך שהם מתקשים אף יותר מבעבר בהחזר החובות. יתרה מכך, ירידת האינפלציה מגדילה את השווי הריאלי של החוב (הנומינלי) ומכבידה עוד יותר על הלווים, מנגנון שנקרא "דפלציית חוב" (Mendoza, 2010). למעשה, כאשר הריבית הנומינלית נעצרת במגבלה, אז ירידת האינפלציה מביאה לעלייה בריבית הריאלית אשר מעצימה את המשבר.

מנגנון נוסף שיכול להעצים משבר הוא "המאיץ הפיננסי" (Bernanke et al., 1999), שנובע מכך שמגבלת החוב תלויה בשווי הביטחונות. כאשר שווי הנכסים של הלווים המשמשים כביטחון קטן, אזי המינוף גדל, ובהתאם לכך גדל מרווח הסיכון, המכביד עוד יותר על הלווים ומעצים את המשבר. אומנם, זהו מנגנון מוכר מאוד, אך הוא טרם נחקר לעומק במודלים של הורדת מינוף בהם הכלכלה נכנסת ל"מלכודת הנזילות".

כמו כן, "המאיץ הפיננסי" נחקר בעיקר במודלים של פרט מייצג, שהינם תחת הנחה כי קיים ביטוח צריכה מושלם. לעומת זאת, מחקר זה ידון במודל של שני פרטים – לווה וחוסך – כאשר אין ביטוח צריכה (וגם שווקים לא מלאים). הנקודה הזו משמעותית באופן כללי כאשר בוחנים תגובה לזעזוע אסימטרי, וספציפית כאשר בוחנים זעזוע שגורם להורדת מינוף, אשר פוגע באופן ישיר בהוצאות הלווים בלבד. כיוון שהם שואפים "להחליק צריכה" (ככל שהם יכולים, משקי הבית נמנעים מלהקטין צריכה באופן דרסטי), אך אין להם כאמור ביטוח צריכה, ולכן הם מקטינים הוצאה על השקעות באופן דרסטי. הירידה החדה בביקוש להשקעה, מקטינה את מחיר ההון, ולכן את שווי הנכסים (ההון הפיזי), כך ש"המאיץ הפיננסי" מביא לתגובה מוגברת ביחס למקרה של פרט מייצג.

לסיכום, מחקר זה יבחן, בהינתן זעזוע הורדת מינוף, מהי תרומתם של המנגנונים השונים – מלכודת הנזילות, דיפלציית חוב והמאיץ הפיננסי – להיווצרות המשבר ולהעמקתו ומהי האינטראקציה ביניהם. החידוש העיקרי במחקר זה הוא באינטגרציה של שלושת מנגנוני הֶגְפֶּר אלו, ללא לינאריות, ובפרט במסגרת מודל עם הטרוגניות לווים-חוסכים (ללא ביטוח צריכה) תחת השפעתו של זעזוע הורדת מינוף.

נמצא כי לאחר זעזוע הורדת מינוף, כאשר מתעלמים ממגבלת הריבית התחתונה, כלומר מחוץ ל"מלכודת הנזילות", יש ל"מאיץ הפיננסי" אפקט הגברה מתון יחסית. כלומר, אם משווים את התגובה של מודל בו מגבלת החוב היא אקסוגנית (ללא "מאיץ פיננסי"), מול מודל בו מגבלת החוב היא אנדוגנית (בנוכחות "מאיץ פיננסי"), נמצא כי כאשר הריבית המוניטרית חופשית לרדת ללא הגבלה, היא מצליחה למתן מאוד את המשבר בשני המקרים. ההסבר לכך הוא כי אומנם בנוכחות "מאיץ פיננסי", כאשר פרמיית הסיכון עולה מאוד, היא עלולה לדחוף לווים להקטנת חוב מהירה. אבל תגובה חדה של הריבית המוניטרית מצליחה להוריד בחדות את הריבית הריאלית חסרת הסיכון וכך להוריד את הריביות על האשראי. כלומר, המדיניות מצליחה למתן את תגובת הלווים, ובנוסף מעודדת חוסכים להגדיל צריכה, כך שיש פצוי כמעט מלא על הירידה בצריכת הלווים.

אולם, כאשר הכלכלה נכנסת ל"מלכודת הנזילות" והמדיניות המוניטרית מוגבלת, מתקבל אפקט של "מאיץ פיננסי" מוגבר מאוד, קרי – התגובה לזעזוע הורדת מינוף מוגברת מאוד ומשך הזמן ב"מלכודת הנזילות" מתארך (במידה מתונה). במקרה זה, הריבית הריאלית עולה, וכך מחמירה מאוד את המשבר, כיוון שהיא דוחפת לווים להקטין חוב מהיר יותר, ולכן להקטין שימושים שלהם בחדות, ומנגד – אינה דוחפת חוסכים לפצות על הריפיון בביקושים מצד הלווים. הירידה בביקוש להשקעות, שבאה לידי ביטוי בירידה בשווי ההון, מקטינה את שווי הביטחונות, ולכן מגבירה מאוד את ההשפעות הנובעות מזעזוע הורדת המינוף. כמו כן, הירידה בביקושים מביאה לירידה בתוצר ולפגיעה בהכנסות הלווים, אשר מתקשים עוד יותר בתהליך הורדת המינוף.

מתווה המחקר הוא כדלקמן: לאחר ההקדמה וסקירת ספרות, יוצג המודל בפירוט, תוך התמקדות בחלקים הפחות סטנדרטים שבו. לאחר מכן, ינותח מקרה תגובה לזעזוע הורדת מינוף. בסיומו של מחקר זה יוצגו מסקנות עיקריות והרחבות אפשריות.

### 1.1 סקירת ספרות

#### 1.2 סקירת ספרות

הספרות בנושא משברים כלכליים ופיננסיים היא רחבה ביותר, ולכן נתמקד בספרות שדנה במודלים בהם המשבר כולל כניסה ל"מלכודת הנזילות" וישנו מנגנון של "מאיץ פיננסי". סוגיית האינטראקציה בין "המאיץ הפיננסי" לבין המדיניות המוניטרית, כבר נדונה קודם לכן (Bernanke et al., 1999), ונטען כי ככל שהמדיניות יכולה לייצב את התוצר, כך קטן יותר התפקיד של "המאיץ הפיננסי" בהגבר מחזור העסקים (נכון הדבר עבור כל מנגנון הגבר). אולם, בנוכחות "המאיץ הפיננסי" דרושה תגובה אנטי-מחזורית קלה בלבד לצורך ריסון תנודתיות בתוצר.

חוקרים נוספים מחזקים טענה זו במחקרם (Gertler et al., 2007) בטיעונם כי מדיניות מוניטארית אנטי-מחזורית יכולה פוטנציאלית למנוע משבר פיננסי. הורדת ריביות במהלך מיתון, לדוגמה, זהו צעד המסייע לייצב שינויים במחירי נכסים, ולכן מייצב מאזן של לווים. הגבלות חיצוניות על המדיניות המוניטארית, לעומת זאת, מגבילות אפשרות זו לייצוב המחזור.

המודלים הפורמליים הראשונים שדנו ב"מלכודת הנזילות", לדוגמה (Eggertsson and Woodford, 2003), הם מודלים ניאוקלאסיים סטנדרטים של פרט מייצג. במסגרתם זעזוע להעדפות הזמן (העדפות צריכה בין זמניות) של הפרטים, מגדיל רצון שלהם לחסוך, ובהתאם ישנה פגיעה בביקוש המצרפי ונוצר משבר כלכלי. באופן טיפוסי הבנק המרכזי מגיב בהורדת ריבית, שדוחפת ריבית ריאלית מטה ומקטינה רצון לחיסכון. אבל כאשר הזעזוע גדול מספיק, הריבית המוניטרית מגיעה למגבלת התחתונה, והבנק המרכזי מוגבל בתגובתו. כך שהירידה בביקושים, גוררת ירידה באינפלציה המביאה לריבית ריאלית גבוהה יותר המעודדת עוד יותר חיסכון של משקי בית. והתוצאה כאמור – "מלכודת נזילות" שבה התוצר נופל במידה ניכרת.

אולם, כפי שנידון במחקרם של (Eggertsson and Krugman, 2012), אפשר להתייחס לזעזוע להעדפות כהפשטה של זעזוע ריאליסטי יותר בשוק החוב. הזעזוע מקטין את מגבלת החוב של הלווים ומאלצם להקטין מינוף במהירות, זאת על ידי הקטנת צריכה; תהליך שעלול לגרום פגיעה בביקוש המצרפי ולהכניס את המשק למיתון, תוך ירידת תוצר ואינפלציה. בתוך כך, הריבית הנומינלית עלולה להגיע למגבלת התחתונה. ירידת האינפלציה מגדילה את השווי

הריאלי של החוב (הנומינלי) ומכבידה עוד יותר על הלווים, מנגנון שנקרא "דפלציית חוב". החוקרים מדגישים כי רמת החוב, המינוף והחיכוך הפיננסי משמעותיים כאשר יש חשיבות לחלוקה של חוב בין פרטים שונים. ובמקרה זה, חשוב לבחון מודל עם הטרוגניות, כזה שמפריד בין סוגי הפרטים השונים, ולא להסתפק במודל של פרט מייצג אחד. בהקשר זה, על רקע כשל המסגרת הסטנדרטית של המודל הניאו-קניסיאני להסביר את "המיתון הגדול" – משבר 2008 – ובפרט לחזות את ההתרסקות במחירי הנכסים, עלה הצורך לשלב בתוכו חיכוכים פיננסיים.

במחקר נוסף שבוחן את ההשלכות של "מלכודת הנזילות" בקו דומה (Guerrieri and Lorenzoni, 2017), כאשר החלוקה בין לווה לחוסך היא על בסיס זעזועי הכנסה אידיאליזציוניים, ולכן מקבלים התפלגות הכנסות, ובהתאם לכך מתקבלת התפלגות של פוזיציות החוב (חיסכון) והדינמיקה שלה. בולט אצלם האפקט של חיסכון כאמצעי ביטוחי לעת צרה (precautionary effect). במחקר נוסף (Korinek and Simsek, 2016) מנתחים מדיניות מקריציבותית של שוק חוב, במסגרת דומה.

מחקרם של (Benigno et al., 2020) מרחיב את המודלים שבהם ישנה מגבלת חוב, כך שבמסגרתו לווה יכול לחרוג ממגבלת החוב אך נאלץ לשלם פרמיית סיכון הגדלה עם המינוף. במקרה כזה, התגובה לזעזוע היא הורדת מינוף דינמית, כיוון שהיא מתבצעת על פני תקופה, ולא באופן מיידי. החוקרים מראים כי בארצות הברית החל משנת 2009 ישנה ירידה ברמת המינוף, וכי באותה תקופה אפשר להבחין בירידה חדה בפעילות ובאינפלציה המלווה בירידה של ריבית חסרת סיכון, לצד פתיחה של מרווח הסיכון. המודל שלהם אומנם מצליח לשחזר את המשבר, אולם, משך הזמן ב"מלכודת הנזילות" קצר בהרבה ביחס למשך הזמן במציאות. לכן, סביר כי למודל הבסיסי חסרים מנגנוני התמדה פנימית, כגון: הרגלי צריכה, השקעות (כולל עלויות התאמה), "מאיץ פיננסי" וחיכוך בשוק העבודה.

המחקר הנוכחי נוקט בגישה דומה, אך עושה הרחבה נוספת וכולל הון פיזי המשמש הן כגורם ייצור והן כבטיחה לצורך נטילת אשראי. בהתאם לכך, במודל שנציג במחקר זה, המינוף של הלווים הוא ביחס לשווי הנכסים שלהם אשר נקבע באופן אנדוגנית במודל (ולא מינוף ביחס לערך קבוע של מצב עמיד), כלומר, קיבולת החוב תלויה בשווי ההון הפיזי המצוי בידי הלווה, ואינה אקסוגנית כמו ב־(Benigno et al., 2020). באופן זה נוסף למודל מנגנון חשוב ביותר – "מאיץ פיננסי", שגורם להתמדה ולהגבר של המשבר, וכאמור הוא מצוי בלב שאלת המחקר. בהתאם לכך, האשראי במודל כולל אשראי של משקי הבית (צרכני ולדיר), כמו אצל (Benigno et al., 2020), אבל גם אשראי עסקי לצורך מימון הון (השקעות).

נקודה חשובה אשר כמעט שאינה נידונה בספרות בנושא ה"מאיץ פיננסי" היא לגבי הנחה של ביטוח צריכה מושלם ושימוש במודל הפרט המייצג. על פי טענת המחקר הנוכחי ישנה

השפעה משמעותית לקיומו או לאי קיומו של ביטוח צריכה, בעיקר תחת **זעזוע אסימטרי**<sup>2</sup>; זעזוע שמשפיע בצורה שונה (ואף הפוכה), על תוואי הצריכה של הפרטים.

דוגמה לכך הוא זעזוע שמעביר מקורות מפרטים לוויס לפרטים חוסכים, שהוא זעזוע פיננסי, וללא נוכחות של חיכוך פיננסי הוא חסר השפעה, משום שמדובר בהעברת מקורות "בתוך המשפחה". זעזוע Net Worth וזעזוע "הורדת מינוף" הם כאלו בפרט. באחרון, הזעזוע גורם לפרטים הלוויס להיות במצוקה ולווחץ אותם להקטין הוצאות, אך מכיוון שאין להם ביטוח צריכה והם רוצים "להחליק צריכה", אז הם מקטינים בעיקר השקעות. לעומת זאת, כאשר יש ביטוח צריכה, הפרטים הלוויס מקבלים עזרה (מקורות), שמאפשרת להם "להחליק צריכה", וכך הפגיעה בהשקעות מתונה יותר. לסיכום, בכלכלה ללא ביטוח צריכה התגובה לזעזועים אסימטריים מוגברת ביחס למקרה עם ביטוח צריכה (מודל פרט מייצג).

מאמרם של (Mertens and Ravn, 2011) חוקר גם הוא משבר של "מלכודת נזילות" במודל עם שני פרטים מייצגים – חוסך ולווה, ומנגנון של "מאיץ פיננסי". אולם, במודל שלהם הכלכלה עוברת בין מצב של "מלכודת נזילות" ( $i = 0$ ) למצב רגיל (כאשר  $i > 0$ ) לפי כלל טיילור) לפי משתנה מצב אקסוגני, כך שאפקטיבית משך הזמן במלכודת הנזילות נקבע כרצוננו (מכוייל להתאים למאמרים אחרים). לעומת זאת, במודל שנציג בעבודה זו משך הזמן במלכודת הנזילות הוא אנדוגני ונקבע בשיווי משקל כללי בהתאם לכלל טיילור שכולל מגבלה תחתונה.

כמו כן, במסגרת המודל שלהם לא ניתן לבחון עד כמה תורמת המגבלה התחתונה של הריבית למשבר, כיוון שאין אצלם משמעות למשבר ללא "מלכודת הנזילות". זאת משום שהמשבר נוצר מעצם החשש של הסוכנים (החוסך והלווה), שהכלכלה תכנס ל"מלכודת הנזילות", והיא אכן נכנסת לשם. עוד יצוין כי הזעזוע אצלם הוא סימטרי, כך ששני הטיפוסים הופכים להיות פסימיים ומקטינים ביקושים בהתאם. לכן אין חשיבות גדולה לכך שאין ביטוח צריכה, והתוצאה דומה ל"מודל פרט מייצג".

במודלים שתוארו לעיל המיקוד הוא **על מינוף של משקי בית** ועל אפקט הורדת המינוף על צריכתם. כך שלרוב, אלו מודלים של שני פרטים מייצגים (חוסך ולווה, ללא ביטוח צריכה). הם אינם כוללים השקעות ומגבלת המינוף היא אקסוגנית. בנוסף, קיימת ספרות משלימה ונרחבת המתמקדת דווקא **במינוף של פירמות** (או מוסדות פיננסיים), ועל אפקט הורדת מינוף על השקעות (Del Negro et al., 2017a). בספרות זו מנגנון "המאיץ הפיננסי" נמצא בלב הדיון, אך מנגד, מטעמי פשטות לרוב מניחים קיומו של ביטוח צריכה מושלם בין לוויס לחוסכים,

<sup>2</sup> (Debortoli and Galí, 2018), מראים במחקרם כי במסגרת פשוטה (כלכלה סגורה ללא השקעות), כאשר כל שאר התנאים זהים, ההשפעה המצרפית של זעזוע תלוייה במידה שהזעזוע מביא להעברת מקורות (redistribution) בין משקי הבית שתחת אילוץ (לוויס), לאלו שאינם תחת אילוץ (חוסכים).

ולכן לרוב משתמשים ב"מודל הפרט המייצג", שמייצר תגובה חלשה יחסית לזעזוע אסימטרי, כפי שנדון לעיל. יצוין כי כאשר הזעזוע הפיננסי הוא בצד הפירמות גרידא, והפגיעה הדומיננטית היא בצד ההיצע (בשוק המוצרים), אז אין ירידה של אינפלציה וכניסה ל"מלכודת הנזילות".

לדוגמה, ב-(Gertler and Karadi, 2011), המיקוד הוא במשבר הנגרם כתוצאה מזעזוע באיכות ההון של הפירמות ומועצם דרך מאזן הבנקים (מאיץ פיננסי)<sup>3</sup>. במודל שלהם (והפיוול שלו), האפקט של "המאיץ הפיננסי" מושפע במידה מועטה מקיומה של המגבלה התחתונה של הריבית (ביחס למקרה ללא מגבלה).

מחקר אחר במסגרת מודל פרט מייצג עם "מאיץ פיננסי" (Carrillo and Poilly, 2014) מראה שההשפעה של זעזוע Net Worth היא חלשה מאוד, ולכן הסיכוי שזעזוע זה יכניס כלכלה ל"מלכודת הנזילות" הוא אפסי. לטענתם, צריכתם של משקי הבית (הפרט המייצג) מפצה על הירידה בהשקעות של הפירמות (היזמים, שאינם צורכים). לעומת זאת, במודל עם הטרוגניות לווה־חוסך ללא ביטוח צריכה, היזמים גם צורכים ובמקרה זה הם מקטינים צריכה ולכן הצריכה המצרפית יורדת.

גם (Merola, 2012) בוחן מודל פרט מייצג עם "מאיץ פיננסי" תחת תגובה לזעזוע פיננסי. ממצאיו הם שהשפעה חלשה מאוד של "מלכודת הנזילות" (הפער בין מקרה עם מגבלה תחתונה לריבית למקרה ללא מגבלה).

עוד זעזוע נפוץ בספרות העוסקת ב"מאיץ הפיננסי" הוא זעזוע Risk Premium אשר מגדיל מרווח בין הריבית המוניטרית לבין ריבית משקי הבית ומתבטא גם בעליית התשואה הנדרשת להון (Smets and Wouters, 2007). בתגובה מתקבלת ירידה בו זמנית בהשקעות ובצריכה. זאת בניגוד לתגובה לזעזוע Net Worth בה ההשקעות יורדות, אך הצריכה עולה. (Carrillo and Poilly, 2014) מראים כי במקרה זה הריבית יורדת והמשק נכנס למלכודת הנזילות. גם (Merola, 2012) מראה שהתגובה במקרה זה היא אכן יותר משמעותית מהתגובה ל-Net Worth, ובפרט ההשפעה של "מלכודת הנזילות" על התגובה. נשים לב כי זהו זעזוע סימטרי, משום שהוא משפיע בצורה דומה על משקי בית ועל הפירמות. לכן אין חשיבות רבה להטרוגניות לווה־חוסך.

<sup>3</sup> יצוין כי מחקר זה בוחן גם זעזוע "חדשות", לפיו איכות ההון צפויה לרדת בעתיד, אבל בסופו של דבר זה לא מתממש. במקרה כזה ה"חדשות" פוגעות בשווי הנכסים, אבל בגלל שהזעזוע לא פוגע בפועל, אז אין אפקט ישיר על רמת ההון האפקטיבי. כך החוקרים מצליחים להפריד אפקט "שווי נכסים" (אפקט פיננסי) מאפקט רגיל של זעזוע לאיכות ההון (אפקט ראלי של מחיקת מקורות).

ישנה ספרות ענפה החוקרת משברים פיננסיים מהפן האמפירי, ובפרט זו הכוללת מחקרים העוסקים בתהליכי הורדת מינוף ובמשברים פיננסיים, לדוגמה: (Mian et al., 2013, 2014, 2017; Mian and Sufi, 2010a, 2010b).

## 2. המודל

המודל שינוח בעבודה זו הוא מודל מקרו-כלכלי של שיווי משקל כללי במסגרת ניאוקיינסיאנית עם שני פרטים – לווה וחוסך. הנחת המחקר – הרציונל להטרוגניות של משקי הבית הוא כי רק ללווה יש גישה לאפשרויות השקעה (לכן נקרא לו גם ייזם), ולכן צריך מימון של אשראי<sup>4</sup> (מהחוסכים שהם חסרי גישה להשקעות). כמו כן, לעומת מודל פרט מייצג, כאן ההנחה היא כי אין ביטוח צריכה. נוסף על כך, מניח המחקר כי קיימת מגבלה על כמות חוב שלוה יכול ליטול ביחס לביטחונות שברשותו; מגבלה שנועדה למנוע ממנו לברוח עם האשראי. יצוין שהביטחונות כאן הם ההון הפיזי, ולכן המגבלה תלוייה בשווי ההון שבבעלות הלווה. טכנולוגיית הייצור של הפירמות תהיה סטנדרטית, ותדרוש הון ועבודה.

בהתאם לשאלת המחקר, יבדקו השפעות המנגנונים השונים, ובפרט ההשפעה של מגבלת הריבית התחתונה, ולכן יפתר מודל לאלינארי<sup>5</sup>. נתחיל במודל ריאלי עם מוצר יחיד (הומוגני), ובהמשך נרחיב למסגרת ניאוקיינסיאנית עם קשיחות מחירים. המודל מכיל את החיכוכים והפרעות הבאתו: חיכוך פיננסי שמתבטא במגבלה על חוב; חיכוך נומינלי שמתבטא בקשיחות מחירים, ובנוסף הפרעה לריבית הנומינלית שחסומה מלמטה ב- $ELB$ ; והחיכוך האחרון הוא ריאלי – ומתבטא בעלויות התאמה לשינוי בהשקעות.

### 2.1. משקי הבית

כאמור, נניח כי קיימים שני טיפוסים של משקי בית, הראשון הוא "חוסך" והשני הוא "לווה" – משק בית ממנוף שהוא ייזם ולו בלבד יש גישה להשקעה בהון פיזי. כמו כן, נניח כי אלו שני פרטים מייצגים, כלומר כל החוסכים במשק הינם זהים ומיוצגים על ידי פרט מייצג בעל אינדקס  $S$ , וגם הלווים זהים ומיוצגים על ידי פרט מייצג בעל אינדקס  $B$ . משקל הלווים

<sup>4</sup> פירמות לא יכולות לממן את עצמן (self finance), בטווח הארוך, כיוון שיש להן אופק זמן סופי. זה אקוויולנטי להנחה לפיה יזם הוא סבלני פחות, וכי קיים הבדל בשיעור העדפת הזמן בין חוסך לבין לווה, ראו (Eggertsson and Krugman, 2012). ניתן להסביר חלוקה ללווה ולחוסך גם בגין זעזועים אידיוסINKרטיים שאינם מבוטחים (שווקים לא מלאים), אז חוב משמש כביטוח חלקי (Guerrieri and Lorenzoni, 2017); הבדל בשנאת סיכון ועוד.

<sup>5</sup> יפתר תחת ודאות מלאה (סימולציה דטרמיניסטית). לצורך כך מגדירים מצב עמיד התחלתי שמדמה את מצב הכלכלה לפני הזעזוע, ומגדירים מצב עמיד סופי אליו מתכנסת הכלכלה. נוסף על כך, מגדירים זעזועים אחרים שמתגלים בזמן  $t = 0$  (תהליך אקסוגני). כך שהתגובה היא למעשה תוואי ההתכנסות למצב העמיד הסופי בהינתן התהליך האקסוגני הידוע מראש.



בכלכלה הוא  $\chi^B$ , ומשקל החוסכים הוא  $\chi^S$ , וכל המשתנים במודל יהיו פר משק בית. נתאר את ההתנהגות של משקי הבית השונים,  $j \in \{S, B\}$ , כמיקסום התועלת הרב־תקופתית הבאה:

$$V_{t=0}^j = \max_{\{c_t^j, L_t^j, K_t^j\}} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} (\beta^j)^t U(c_t^j, c_{t-1}^j, L_t^j)$$

עבור שני הטיפוסים נניח תועלת תקופתית ספרבילית בין תצרוכת לעבודה וצורה פונקציונלית CRRA (שנאת סיכון יחסית קבועה), כולל הרגלי צריכה.

$$U(c_t^j, c_{t-1}^j, L_t^j) = \frac{(c_t^j - h^j c_{t-1}^j)^{1-\sigma^j}}{1-\sigma^j} - \vartheta^j \frac{L_t^{1+\omega^j}}{1+\omega^j}$$

עבור  $\sigma^j \in [0, 1)$  ובמקרה הפרטי  $\sigma^j = 1$ ,  $\ln(c_t^j - h^j c_{t-1}^j)$ , מגבלת התקציב הבינ־תקופתית של הפרטים המייצגים היא:

$$w_t L_t^j + q_t K_t^j + \frac{b_t^j}{R_t^j} + T^j = c_t^j + Q_t I_t^j + b_{t-1}^j$$

נסמן ב- $b_t^j$  את החוב לתשלום תקופה הבאה, עם הריביות הריאלית  $R_t^j$ . נסמן ב- $T_t^j$  תשלום (lump-sum) שמשק בית מקבל מפירמות או מבנקים שבבעלותו אשר אינם בשליטתו. בפרט נניח כי החוסך בלבד הוא בעל הבנק, ולכן הרווחים נכנסים (כדיבידנד) במגבלת התקציב שלו  $T^S = \Pi_t^{Bank}$ . היזם הוא הבעלים של כל הפירמות. תהליך צבירת הון מוגדר באופן הבא:

$$K_{t+1}^j = I_t^j + (1 - \delta) K_t^j \quad (1)$$

אנו מניחים כאמור כי רק ללווה (יזם) יש גישה להשקעות בהון פיזי, כך שהוא צובר הון ומשכיר את מלאי ההון כל תקופה לפירמה ייצרנית, במחיר  $q_t$ . הוא יכול למכור את ההון מהתקופה הקודמת לאחר פְּחָת,  $(1 - \delta) K_t^j$ , ולקנות הון חדש,  $K_{t+1}^j$ , שניהם במחיר השוק העדכני  $Q_t$ . כלומר, הביקוש נטו להון הוא  $Q_t I_t = Q_t K_{t+1}^j - (1 - \delta) K_t^j$ . כפי שנראה בהמשך, היצע ההשקעות מגיע מייצרניות הון.

פיתוח תנאי הסדר הראשון של משקי הבית מפורטים בנספח. כאן נציג את המשוואות העיקריות. תנאי סדר ראשון לפי צריכה :

$$\lambda_t^j = (C_t^j - h^j C_{t-1}^j)^{-\sigma^j} - \beta^j h^j E_t \left[ (C_{t+1}^j - h^j C_t^j)^{-\sigma^j} \right] \quad (2)$$

וגורם הקיוון הסטוכסטי (SDF) הוא :

$$m_{t+1}^j = \beta^j \frac{\lambda_{t+1}^j}{\lambda_t^j} \quad (3)$$

תנאי סדר ראשון לפי עבודה :

$$\vartheta^j L_t^{j\omega^j} = \lambda_t^j w_t \quad (4)$$

מבטא את היצע העבודה האופטימלי, והוא מגלם בתוכו את העובדה כי שיעור התחלופה השולי בין עבודה לצריכה משתווה לשכר הריאלי (לכל טיפוס).

תנאי סדר ראשון לפי הון (רק ללוויים גישה לשוק ההון, כלומר  $j = B$ ) :

$$1 = E_t[m_{t+1}^B \cdot \tilde{R}_{t+1}^K] \quad (5)$$

והתשואה להשקעה בהון (ex ante) היא

$$\tilde{R}_{t+1}^K = \frac{q_{t+1} + (1 - \delta)Q_{t+1}}{Q_t} \quad (6)$$

נשים לב כי מחיר ההון,  $Q_t$ , נקבע בהתאם לציפיות. למשל, במקרה בו התשואה להון עולה (גידול בעלויות המימון עבור היזם), בהינתן שכל השאר קבוע, אז הביקוש להשקעות יורד ומחיר ההון יורד.

## 2.2. שוק האשראי עם חיכוך פיננסי (מגבלת אשראי אנדוגנית)

ראשית, החוסך יכול להפקיד בפיקדון בריבית חסרת סיכון,  $R_t^S$ . תנאי סדר ראשון לפי חוב (חיסכון) נותן את תנאי אוילר לצריכה :

$$1 = E_t[m_{t+1}^S R_t^S] \quad (7)$$

לעומתו, הלווה ניצב בפני היצע האשראי של הבנקים מהצורה:

$$R_t^B = R_t^S \cdot \Phi(b_t^B / \bar{b}_t^B) \quad (8)$$

כאשר  $\Phi(\cdot)$  היא פונקציית המרווח שהבנק מציע, אשר מייצגת את ניהול הסיכונים של הבנק, ובפרט פרמיה בגין סיכון פשיטת רגל (ראו נספח). הפרמייה היא פונקציה של הערך הנקוב (קרן וריבית), כיוון שזהו הסכום שהלווה צריך להחזיר (כך מקובל במודלים מימוניים כדוגמת מודל מרטון).  $\bar{b}_t^B$  מייצג את **קיבולת החוב** של הלווה, שהיא שווי הנכסים שבבעלותו אשר יכולים להיחשב כבטוחה. כאשר שאר הדברים קבועים, המרווח עולה ככל **שרמת המינוף**  $-b_t^B / \bar{b}_t^B$  עולה.

יצוין כי ב־(Benigno et al., 2020; Eggertsson and Krugman, 2012) המינוף הוא ביחס לערך אקסוגני לחלוטין, בעוד שבמודל הנוכחי המינוף הוא ביחס לשווי הנכסים שנקבעים אנדוגנית במודל, ולכן יכול להיווצר "מאיץ פיננסי", כפי שייפורט בהמשך. הנחת המחקר היא שברשות הלווה מלאי של הון פיזי, ולכן המלאי הצפוי בתקופה הבאה משמש כבטוחה לחוב, בדומה למצוין במחקרם של (Iacoviello and Minetti, 2006). אזי נגדיר את קיבולת החוב כך:

$$\bar{b}_t = \theta_t^B E_t Q_{t+1} K_{t+1}^B \quad (9)$$

מחיר ההון,  $Q_{t+1}$ , נקבע בשוק משוכלל, ולכן הוא אקסוגני מבחינת המלווה, אך אנדוגני במשק<sup>6</sup>. מקדם המרה של ההון לביטחונות  $\theta_t^B$  הוא אקסוגני ומבטא את החלק מההון שהמלווה מעריך שיצליח להשתלט ולמכור במקרה של חדלות פירעון. כמו כן, הוא מגלם בתוכו הפנמה של עלויות הנזלה גבוהות בזמן "לחץ". כלומר, חלק  $\theta_t^B$  מהנכסים מחולט במקרה של אי תשלום חוב.

**זעזוע הורדת מינוף יבוסט** כזעזוע שלילי ל־ $\theta_t^B$ , שמגלם סיפור בו הלווים משנים הערכות לשווי צפוי להנזלה של ביטחונות. סיפור הרקע – תקופה מתמשכת של צמיחה כלכלית יציבה

<sup>6</sup> לכן יכולה להיווצר השפעה חיובית כתוצאה משינויים במחיר ההון, באופן הבא: במהלך צמיחה גבוהה (booms), מחיר ההון עולה כתוצאה מהחלטה קולקטיבית של הפרטים. לכן מסגרות האשראי גדלות וזה מתמרץ פרטים לקחת הלוואות ולהגדיל מינוף יתר על המידה (overborrowing). אומנם זה מאפשר להגדיל צריכה, דבר שלעצמו מגביר את פאזת ההתרחבות, אולם כאשר הצמיחה מתמתנת ומחיר ההון יורד, זה מאלץ לוויים להוריד מינוף שלהם ולהקטין צריכה, דבר שתורם להעמקת המיתון. אזי מקבלים דינמיקת שיווי משקל לא יעילה של צמיחה וצמצום חדים מאוד. אף על פי שכל פרט מבין שהעלייה במחיר ההון אינה יעילה ומביאה למינוף יתר, הפרט אינו יכול למנוע זאת, כיוון שהוא זניח ביחס לכלכלה. ראו גם (Uribe and Schmitt-Grohé, 2017).

ועליה במחירי נכסים אשר מעודדים הקלה ביחס המינוף (תקופה של אופטימיות ושאננות). בתקופה זו לווים לוקחים הלוואות ומגדילים הוצאות דרך תהליך של מינוף. אבל בנקודת זמן מסוימת תיתכן הקשחה **פתאומית** ביחס למינוף – אירוע שנקרא "המומנט של מינסקי" (Minsky Moment). מלווים רבים מבינים כי נכסים שהיו מתומחרים ביתר ומגבלת הביטחונות של הלווים היא "רפויה" מדי, ולכן דרישת הביטחונות מתהדקת. ולכן ישנו מעבר מתהליך של הגדלת מינוף להורדת מינוף – והאשראי הזמין ללוים קטן, דבר שעלול להוביל למשבר<sup>7,8</sup>.

כאמור, החידוש במחקר הנוכחי לעומת (Benigno et al., 2020) הוא ההנחה כי המינוף הוא ביחס לשווי מלאי ההון של הלווה, שהוא אנדוגני במודל. במקרה זה – ככל שהלווה מחזיק ביותר הון, כך זה משפר (מקטין) את המינוף, ומאפשר להגדיל חוב, ולכן להגדיל השקעות עוד יותר.

אבל בכיוון השני, כאשר הביקוש להשקעות קטן, ובהתאם לכך – שווי ההון קטן, זה מגדיל את יחס המינוף ומייקר את עלויות המימון. כך הביקוש להשקעות קטן עוד יותר, וכך הלאה, נוצר הגבר שלילי – שנקרא "**מאיץ פיננסי**". כדי לבחון מקרה **ללא מאיץ** נסתכל על מודל בו

$$\bar{b}_t = \theta_t^B \bar{Q} \bar{K}^B$$

נניח כי פונקציית המרווח היא קמורה, וצורתה:

$$R_t^B = R_t^S \exp(\phi \cdot \hat{b}_t^B) \quad (10)$$

עבור  $\phi > 0$ . מקרה הקצה בו  $\phi \rightarrow 0$  מתאר את הגבול בו אין חיכוך פיננסי, והריבית על הלוואות שווה לריבית הפיקדונות. כאשר  $\hat{b}_t^B$  הוא הפער של החוב מקיבולת החוב (באחוזים):

$$\hat{b}_t^B = b_t^B / \bar{b}_t^B - 1$$

<sup>7</sup> סיפור דומה יכול להיות משבר בנקאות בו יש גידול בעלויות המימון של בנקים או זעזוע להון הבנקים, ראו (Gertler and Karadi, 2011). כך שהבנקים נאלצים להקטין אשראי וזה גורר אחריו מיתון.

<sup>8</sup> הדרישה להורדת מינוף מתואמת מכיוון שהמלווים רואים שאחרים מקטינים מינוף וזה מעודד גם אותם לדרוש זאת. בנוסף, כאשר שווי נכסים (ביטחונות) נופל אז יש אפקט רוחבי. נציין כי כאשר הרבה מלווים יקטינו מינוף יחדיו, תהיה לזה השפעה מצרפית. הם אינם מפנימים השפעות חיצוניות שהורדת המינוף עלולה לייצור, כדוגמת משבר כלכלי, שבסופו של דבר עלול לפגוע בהם בצורה קשה יותר. כפי שתיארה זאת (Yellen, 2009):

"...A process of balance sheet deleveraging has spread to Nearly every corner of the economy. ... Minsky understood this dynamic. He spoke of the *Paradox of deleveraging*, in which precautions that may be smart for individuals and firms—And indeed essential to return the economy to a normal state—nevertheless magnify the distress of the economy as a whole".

תנאי סדר ראשון של הלווה לפי חוב (תנאי אוילר) :

$$1 = E_t[m_{t+1}^B R_t^{B\_Euler}(\hat{b}_t^B)] \quad (11)$$

כאשר הריבית האפקטיבית כפי שהלווה תופס היא :

$$R_t^{B\_Euler} = R_t^S \exp((\phi + \nu)\hat{b}_t^B) \quad (12)$$

גידול ברמת החוב מביא לגידול במרווח, כפי שמשתקף בנוסחה (11), וזה בתורו מתמרץ את הלווה להקטין חוב, כפי שמשתקף בנוסחה (12) המייצגת את הביקוש לאשראי. כיוון שהלווה מפנים השפעה של רמת חוב שלו על מרווח שהוא משלם<sup>9</sup> אז מתווסף איבר שמגלם גמישות של המרווח ביחס לחוב,  $\nu$  (התלוי בפרמטרים מבניים כפי שמפורט בנספח). כאשר  $\nu \rightarrow 0$  מתקרבים למקרה בו לווה לא מפנים השפעה של רמת החוב על הריבית שמשלמים. לווה המפנים שרמת חוב משפיעה על מרווח יטה לקחת פחות חוב לעומת כזה שאינו מפנים.

נשים לב שתנאי חוסר אֶרְפִּיטָאז' מבחינת הלווה, נותן  $R_t^{B\_Euler}(\hat{b}_t^B) = \tilde{R}_{t,t+1}^K$ .

### 2.3. פירמות, שוק ההון ושוק העבודה

פירמה מייצרת מוצר סופי בעזרת עבודה והון בטכנולוגיה הבאה :

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (13)$$

כאשר  $A_t$  הוא המקדם הטכנולוגי. נניח תחרות משוכללת בשוק אמצעי הייצור (הון ועבודה), ולכן הפירמה מקבלת כנתון את השכר  $w_t$ , ואת מחיר השכרת ההון  $q_t$ . בכל תקופה, בהינתן השכר ומחיר השכרת הון, הפירמה ממקסמת רווח (קובעת הון ועבודה אופטימליים):

$$\Pi_t = Y_t - w_t L_t - q_t K_t \quad (14)$$

תנאי סדר ראשון לפי הון (הביקוש להון) :

$$q_t = (Y_t)'_K = \alpha A_t (K_t/L_t)^{\alpha-1} \quad (15)$$

<sup>9</sup> נקרא Internal Debt-Elastic Interest Rate, לעומת מודל ללא הפנמה שנקרא External Debt-Elastic Interest Rate, ראו (Schmitt-Grohé and Uribe, 2003).

תנאי סדר ראשון לפי עבודה (ביקוש לעבודה) :

$$w_t = (Y_t)'_L = (1 - \alpha)A_t(K_t/L_t)^\alpha \quad (16)$$

הפירמה משווה את התוצר השולי לפי גורם ייצור (MPK ו-MPL), למחירו של גורם הייצור ( $w_t$  ו- $q_t$  בהתאמה).

נחלק את המשוואות, ונקבל את יחס ההון לעבודה האופטימלית מבחינת הפירמה :

$$\frac{K_t}{L_t} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{w_t}{q_t} \quad (17)$$

#### 2.4. ייצרנית הון

ייצרנית ההון מייצרת הון חדש,  $I_t$ , באמצעות תשומה של מוצר סופי (במחיר קבוע 1), וצריכה לכסות עלויות התאמה. כלומר, מספקת לייזמים את הביקוש להשקעות  $I_t$ , במחיר  $Q_t$ . מאופטימיזציה מקבלים (ראו נספח) :

$$Q_t = 1 + f(I_t/I_{t-1}) + f'(I_t/I_{t-1}) I_t/I_{t-1} - E_t m_{t+1}^B f'(I_{t+1}/I_t) (I_{t+1}/I_t)^2$$

כאשר נניח עלויות התאמה מהצורה :

$$f(I_t/I_{t-1}) = (\gamma_{II}/2)(I_t/I_{t-1} - 1)^2$$

כאשר המקדם,  $\gamma_{II}$ , גדול מאוד חוזרים למצב הבסיסי בו ההון קבוע.

#### 2.5. ערכים מצרפיים וניכוי שווקים

כאמור אחוז הלווים (חוסכים) מסך האוכלוסייה הוא  $\chi^B$  ( $\chi^S$ ) בהתאם לכך, הצריכה המצרפית (לנפש) היא  $C_t = \chi^B C_t^B + \chi^S C_t^S$ . ובאופן דומה – עבור סך תשומת העבודה, ההון הכולל, ההשקעה הכוללת ועלויות ההתאמה הכוללת. נשים לב כי סך כל האשראי והחיסכון הוא אפס:  $\chi^B b_t^B + \chi^S b_t^S = 0$ . מכאן ביטוי שימושי לקשר בין החוב לבין חיסכון פר משק בית:  $b_t^B = -b_t^S \chi^S / \chi^B$ .

אם נחבר את מגבלת התקציב של הלווה והחוסך המקומיים בשקלול חלקם באוכלוסייה, ואם נציב הגדרות של ערכים מצרפיים, נקבל את מגבלת התקציב המקומית המצרפית :

$$w_t L_t + q_t K_t + \chi^B T_t^B + \chi^S T_t^S = C_t + Q_t I_t - \chi^S \frac{b_t^S}{R_t^S} - \chi^B \frac{b_t^B}{R_t^B}$$

כאמור, החוסך הוא בעל הבנקים, ואילו הלווה הוא בעל הפירמות. אזי החוסך מקבל את הרווח (המצרפי) הנובע מפערי התיווך :

$$\chi^S T_t^S = \Pi_t^{Bank} = -\chi^S \frac{b_t^S}{R_t^S} - \chi^B \frac{b_t^B}{R_t^B}$$

נשתמש בביטוי שמצאנו מעלה לקשר בין החוב לחיסכון (לנפש) ונקבל ביטוי לרווח של בנקים :

$$T_t^S = \Pi_t^{Bank} / \chi^S = -b_t^S \left( \frac{1}{R_t^S} - \frac{1}{R_t^B} \right) \quad (18)$$

כעת, מגבלת התקציב המצרפית :

$$w_t L_t + q_t K_t + \chi^B T_t^B = C_t + Q_t I_t$$

רווחי הפירמות יצרניות המוצרים ויצרניות ההון (המצרפי) הולכים ללווה (בלבד), והם מוגדרים כך :

$$\chi^B T_t^B = \Pi_t^{Firm} = Y_t - (w_t L_t + q_t K_t) + Q_t I_t - I_t (1 + f(I_t/I_{t-1}))$$

כלומר,

$$T_t^B = \Pi_t^{Firm} / \chi^B$$

ולכן, כאשר מציבים את רווחי הפירמות במגבלת התקציב המצרפית יש קיזוז עם ההכנסות של משקי הבית מעבודה ומהשכרת הון, ומקבלים בצד המקורות :

$$Y_t = C_t + I_t (1 + f(I_t/I_{t-1})) \quad (19)$$

## 2.6. הרחבה למסגרת הניאורקיינסיאנית

המודל לעיל ריאלי לחלוטין עם מוצר הומוגני ועם מחירים גמישים לחלוטין, וכידוע, במודל כזה המדיניות המוניטרית אינה רלוונטית. אבל אנו מתעניינים בהשפעת המדיניות כאשר הריבית הנומינלית מגיעה למגבלה התחתונה. על כן, נעבור למודל בו "המחירים דביקים" (ישנה קשיחות מחירים), כך שרמת המחירים תשתנה לאט, וכך חלק מהמשתנים הראליים

יהיו תלויים באינפלציה, דבר הכרחי כדי "להרוס" את הדיכוטומיה הקלאסית<sup>10</sup>. כלומר, כך יהיה לאינפלציה אפקט ריאלי, ולכן תהיה למדיניות המוניטרית השפעה ריאלית. כדי לקבל מודל עם "מחירים דביקים", ראשית, יש לשנות את המודל כך שיאפשר קיום של "קובעי מחירים". זאת על ידי הנחה של תחרות מונופוליסטית, ושנית, יש להוסיף חיכוך לתהליך ההחלטה של קביעת המחיר, כך שלא כל המחירים נקבעים כל תקופה. אבל נתחיל בשלב מקדים – נגדיר חוב נומינלי, נשלב אותו במגבלת התקציב ונקבל את "כלל פישר" (פיתוח מפורט בנספח).

### 2.6.1. חוב נומינלי וכלל פישר

בהנחה שהחוב המקומי הוא נומינלי  $b_t^{nom,j}$ , מגבלת התקציב תעודכן בהתאם:

$$w_t L_t^j + q_t K_t^j + T_t^j + \frac{b_t^j}{R_t^{nom,j}} = C_t^j + Q_t I_t^j + b_{t-1}^j \frac{1}{\Pi_t} \quad (20)$$

כאשר נגדיר חוב נומינלי **במונחים ריאליים** באופן הבא:  $b_t^j = b_t^{nom,j} / P_t$ . נשים לב כי כעת הרווח של בנקים שהולך לחוסך הוא:

$$\Pi_t^{Bank} = -b_t^S \left( \frac{1}{R_t^{S,nom}} - \frac{1}{R_t^{B,nom}} \right) \quad (21)$$

כעת, בהנחה שפרמיית הסיכון היא פונקציה של החוב הריאלי (מגבלות החוב היא ביחס לחוב הריאלי), מקבלים מתנאי סדר ראשון של הלווה את "כלל פישר", שקושר בין הריבית הנומינלית, לבין הריבית הריאלית והציפיות לאינפלציה:

$$R_t^{nom,j} = R_t^j E_t[\Pi_{t+1}] \quad (22)$$

זהו למעשה תנאי חוסר אפשרות לארביטרוז' – ואם כן, השקעה באפיק הנומינלי ובאפיק הריאלי צפויים להניב תשואה זהה.

<sup>10</sup> זוהי קונספציה שהגה דן פטינקין. כאשר הדיכוטומיה הקלאסית קיימת, הכלכלה הריאלית תקבע משתנים ריאליים והמערכת המוניטרית תקבע משתנים נומינליים בלבד. זה מתרחש כאשר מכניסים למודל ריאלי משתנים חדשים של ריבית נומינלית ואינפלציה בצורה כזו, שאינם נכנסים במשוואות המודל הקיים (פשוט מוסיפים "כלל פישר" ו"כלל טיילור").



## 2.6.2. תחרות מונופוליסטית (מחירים גמישים לחלוטין)

על פי הנחה של תחרות מונופוליסטית כפי שניסחו Dixit-Stiglitz, כאשר נקודת המפתח היא שכל פירמה מייצרת מוצר מובדל ועבורו היא זו שקובעת את המחיר. הפתרון הוא סטנדרטי, ולכן יצינו רק הנקודות החשובות לעדכון המודל (פיתוח מפורט מופיע בנספח).

נניח רצף של פירמות זהות, כאשר כל אחת מייצרת מוצר ביניים שונה, מה שמעניק לה כוח מונופוליסטי ומאפשר לה לקבוע מחיר. מוצרי הביניים השונים "נארזים" לכדי מוצר סופי יחיד המשמש לצריכה ולהשקעה, בדומה למודל הריאלי. האריזה מתבצעת על ידי פירמה תחרותית, ומתוך האופטימיזציה של האריזה נגזרת פונקציית הביקוש היחסי לכל מוצר ביניים.

נחזור לפירמות מוצרי הביניים. כל הפירמות שוכרות הון ועבודה משוק משוכלל וניצבות בפני אותם מחירי שכירות להון ושכר. כמו כן, לכלן פונקציית ייצור זהה – "קוב דאגלס". אבל כל פירמה מייצרת מוצר ביניים שונה, ולכן יכולה לקבוע מחיר בעצמה, כאשר היא יודעת מה הביקוש שעומד מולה. עבור כל מחיר  $p_i$  שתקבע, היא יודעת מראש מה יהיה הביקוש למוצר  $y_i(p_i)$ . ולכן, הפירמות מבצעות אופטימיזציה בשני חלקים.

בשלב ראשון הפירמה ממזערת עלות ריאלית. ומקבלים כי כל הפירמות ישכרו הון ועבודה באותו יחס אופטימלי, כיוון שמחיר גורמי הייצור זהים. כמו כן, היחס אינו תלוי בבחירה של הכמות שהפירמה תייצר:

$$\frac{K_t}{L_t} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{w_t}{q_t} \quad (23)$$

כמו כן, העלות השולית הריאלית של פירמה היא:

$$MC_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{w_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{q_t}{\alpha} \right)^\alpha \quad (24)$$

גם העלות השולית זהה עבור כל הפירמות ותלויה רק במחירים של גורמי הייצור, ולא בכמות שהפירמה תבחר לייצר.

נציין כי משוואת הביקוש לעבודה היא:

$$w_t = MC_t \cdot (1-\alpha) A_t \left( \frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha$$

ומשוואת הביקוש להון היא:

$$q_t = MC_t \cdot \alpha A_t \left( \frac{K_t}{L_t} \right)^{\alpha-1}$$

בדומה למודל של תחרות משוכללת, מחיר גורם ייצור קשור לתוצר השולי לפי גורם הייצור, אולם כאן ישנה גם הכפלה בעלות השולית הריאלית.

בשלב שני הפירמות מבצעות מקסימיזציה לפי המחיר, ומקבלים כי כל הפירמות קובעות מחיר זהה, שהוא מרווח קבוע באחוזים (markup) מעל העלות השולית הנומינלית. על כן, המחיר שהפירמה קובעת זהה לרמת המחירים הכללית, ועל כן, העלות השולית הריאלית קבועה ושווה להופכי של ה־markup:  $MC_t = \mu^{-1}$ . זהו התנאי המתאים למקרה של מחירים גמישים לחלוטין. להוספת תחרות מונופוליסטית כשלעצמה אין אפקט חשוב אם רמת המחירים נשארת גמישה לחלוטין. כיוון שה־markup קבוע, אזי ההשפעה תהיה על ערך המצב העמיד, ולא על הדינמיקה. לכן בסעיף הבא יוכנס מרכיב של קשיחות מחירים.

### 2.6.3. קשיחות מחירים

כעת נוסף למודל מרכיב קשיחות מחירים, בהתאם להנחות קלבו (Calvo 1983). בכל תקופה, פירמה הנמצאת בתחרות מונופוליסטית מקבלת הזדמנות לשנות את המחיר בהסתברות  $\theta$  (כאשר  $\theta \rightarrow 0$  אנו חוזרים לעולם של מחירים גמישים לחלוטין). לכן, כאשר פירמה ממקסמת תזרים רווח מהוון היא לוקחת בחשבון הסתברות לעדכון מחיר. ובעיית האופטימיזציה היא:

$$\max_{p_t^j} \left\{ E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \theta^\tau Q_{t,t+\tau} \cdot (p_t^j - p_{t+\tau} MC_{t+\tau}) (p_t^j / p_{t+\tau})^{-\nu} Y_{t+\tau} \right\}$$

כאשר  $Q_{t,t+\tau}$  הוא "מקדם ההיוון" (SDF) של בעלי הפירמות. מקבלים כי הפירמה קובעת מחיר בהתאם לכלל התמחור האופטימלי (לאחר לוג'אניריזציה, כאשר נגדיר  $\widehat{mc}_t = (\hat{\pi}_t = \pi_t - \bar{\pi}, MC_t/MC - 1$

$$\hat{\pi}_t = \beta E_t \hat{\pi}_{t+1} + \kappa \widehat{mc}_t \quad (25)$$

זוהי "עקומת פיליפס", כאשר הגמישות של האינפלציה ביחס לעלות השולית הריאלית היא  $\kappa = (1 - \theta)(1 - \beta\theta)/\theta$ . הפרמטר  $\beta$  הוא "מקדם ההיוון" הסובייקטיבי (האפקטיבי) של בעלי הפירמות (הלווה). המשוואה הזו מחליפה את התנאי לפיו העלות השולית הריאלית היא קבועה עבור כלכלה עם מחירים גמישים ועם תמחור מונופוליסטי (הסעיף הקודם). כלומר, למודל, הוכנסה קשיחות מחירים על ידי החלפת המשוואה של עלות שולית קבועה (23) במשוואה של "עקומת פיליפס" ניאו-קיינסיאנית (25).

המשוואה הנוכחית מגלמת מצב שבו קביעת המחיר הוא תהליך צופה פני עתיד, וגם את העובדה שאינפלציה מגיבה חזק יותר לשינויים בעלות השולית כאשר המחירים הם גמישים מאוד. בגבול של מחירים גמישים  $\theta \rightarrow 0$ , אומנם  $\kappa \rightarrow \infty$ , אך במקביל  $\widehat{mc}_t \rightarrow 0$ , כלומר עקומת פיליפס (AS) אנכית, והעלות השולית (~פער תוצר) קשיחה לחלוטין. וכמו כן, אין כבר תמסורת בין ציפיות לאינפלציה והאינפלציה בפועל, משום שפירמות יכולות לעדכן מחירים ללא שום מגבלה.

אפשר לרשום את "עקומת פיליפס" כסכום:

$$\hat{\pi}_t = \kappa \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^\tau E_t \widehat{mc}_{t+\tau} \quad (26)$$

כלומר, האינפלציה היא סכום מהוון של הסטייה של העלות השולית. יש לשים לב לכך כי בצד שמאל ישנו משתנה נומינלי, ואילו בצד ימין משתנה ריאלי. במקרה של מחירים גמישים לחלוטין, העלות השולית היא קבועה, ולכן אין בה סטיות, ומקבלים אינפלציה אפס. אפשר להבין כיצד ישנה השפעה של הצד הנומינלי על משתנים ריאליים, אם נניח כי מסיבה כלשהי יש שינוי בריבית הנומינלית. במודל של מחירים גמישים זה משנה את האינפלציה בלבד ("כלל פישר"), ללא אפקטים אחרים. לעומת זאת, במודל ניאוקניסיאני יכול להתרחש שינוי מעין זה באינפלציה בשיווי משקל רק אם העלות השולית הריאלית השתנתה (ראו משוואה 25 לעיל). כלומר, כאשר הוספנו את "עקומת פיליפס", הוספנו למודל קשר בין משתנה נומינלי (אינפלציה), לבין משתנה ריאלי (העלות השולית הריאלית). קרי, שברנו את הדיכוטומיה הקלאסית.

#### 2.6.4. מדיניות מוניטארית

נניח מדיניות מונחת יעד אינפלציה, אשר לוקחת בחשבון את מגבלת הריבית התחתונה (נניח 0%<sup>11</sup>) באופן הבא:

$$r_t^{s,nom} = \max(0, (\rho^S + \pi) + \phi_\pi(\pi_t - \pi) + \phi_y \hat{Y}_t) \quad (27)$$

כאשר נגדיר:  $\hat{Y}_t = Y_t/\bar{Y} - 1$ ,  $\rho^S = 1 + \rho^S$ . ונניח כי  $\phi_\pi > 1$  כדי לקיים את "תנאי טיילור". כאשר האינפלציה והתוצר ביעד:  $r_t^{s,nom} = \rho^S + \pi$ .

<sup>11</sup> ריבית נומינלית קטנה מאפס תגרום לפרטים לשמור מזומן "מתחת לבלטות", כלומר, הריבית הנומינלית הנמוכה ביותר צריכה להיות שווה לדמי שמירה על מזומן. אבל יתרה מכך, היסטורית ישנם לרוב שיקולים שמונעים מהריבית לרדת מתחת לסף אפקטיבי כלשהו, בעיקר משיקולי יציבות פיננסית.

נניח שהבנק המרכזי מצליח לשמור על יעד האינפלציה במדויק ( $\pi_t = \pi$ ) והמגבלה התחתונה של הריבית אינה קיימת (אפשר להוריד ריבית נומינלית שתהיה שלילית). אפשר לפרש כזה עולם כאקוויולנטי להקצאת שיווי משקל בעולם בו כל המחירים גמישים. מכאנית, אם מדיניות מצליחה לשמור על יעד האינפלציה במדויק, אז "משוואת פיליפס" הופכת להיות מנוונת, במובן שמתקבל כי העלות השולית הריאלית היא קבועה  $0 = \widehat{MC}_t$ , אזי  $MC_t = \mu^{-1}$ . כלומר, זה אקוויולנטי בהחלפה של "משוואת פיליפס" חזרה למשוואה של תנאי למחירים גמישים לחלוטין, ראו (Eggertsson and Krugman, 2012).

הסיבה לכך שפרשנות זו עובדת היא, שזעזוע הורדת מינוף – כפי שאפשר לבחון במשוואות (2) ו-(25) – אינו מייצר תחלופה (tradeoff) בין אינפלציה לתוצר במקרה שאין מגבלה על הריבית הנומינלית.

לסיכום, בנק מרכזי שמצליח לשמור על יעד האינפלציה מייצר הקצאה כמו בעולם עם מחירים גמישים.

## 2.7. מצב עמיד ופרמטריזציה

המצב העמיד חושב עבור רמת המינוף הגבוהה, שמהווה תנאי התחלה לסימולציה ועבור רמת המינוף הנמוכה אליה הסימולציה צריכה להתכנס לאחר זעזוע הורדת המינוף (פירוט בנספח). תרומתו העיקרית של המחקר הנוכחי היא בניתוח תיאורתי, ולכן פרמטריזציה של המודל מאפשרת לקבל תוצאות בעלות היגיון כלכלי וקשורות למציאות<sup>12</sup>. המקור הראשי עליו נתבסס בבחירת הפרמטרים הוא מאמרם של (Benigno et al., 2020), אשר התבססו גם הם על פרמטרים מקובלים בספרות, למעט הפרמטרים הייחודיים למודל האשראי, עבורם הם ביצעו פיול. הפרמטרים הייחודיים הם: גודל הזעזוע, הורדת המינוף ופרמטרים של קשיחות המרווח ביחס לחוב. נבחנו גם פרמטרים מתוך מחקרם של (Gertler and Karadi, 2011), והתוצאות נותרו דומות מאוד.

<sup>12</sup> "The point is that if you have a conceptual model of some aspect of the world, which you know is at best an approximation, it's ok to see what that model would say if you tried to make it numerically realistic in some dimensions." (Eggertsson and Krugman, 2012)

להלן רשימת הפרמטרים והערכים שלהם במרבית סימולציות שביצעתי :

Parameter	Value	Reference
$\omega$	0.5	נבחנו גם $\{0.276, 0.8\}$
$\bar{L}$	0.25	
$\gamma$	0.5	נבחנו גם $\{0.3, 1.7\}$
$\chi^B$	0.61	(Benigno et al., 2020)
$h$	0	נבחן גם 0.8 (כולל הרגלים)
$\theta_t^B$	$0.64 \rightarrow 0.56$	$\bar{b}_t/Y_{yearly} = 1.08 \rightarrow 0.9$
תואם ירידת אשראי צרכני ועסקי (לא פיננסי) לתוצר בארה"ב		
$\beta^S, \beta^B$	0.9963	(Benigno et al., 2020)
$\sigma$	0.66	(Benigno et al., 2020)
$\phi$	0.055	(Benigno et al., 2020)
$\nu$	0.159	(Benigno et al., 2020)
$\alpha$	0.3	
$\delta$	0.025	
$\kappa$	0.02	
$\phi_\pi$	1.5	
$\phi_Y$	1	
$\bar{\pi}$	0.005	במונחים רבעוניים

בהמשך תיבחן תגובת המודל תחת סט פרמטרים ספציפיים. אולם, במקביל בוצעו ניתוחי דגישות של התגובות לפרמטרים שונים (בעיקר בסביבת הפרמטרים הנבחרים), ונבדק האם יש שינוי משמעותי בתוצאות אם משנים את הפרמטרים. זעזוע הורדת מינוף כויל מבחינת עוצמה והתמדה, כך שיתאים לירידת האשראי הצרכני והעסקי (לא הפיננסי) ביחס לתוצר עבור ארצות הברית.

### 3. ניתוח – משבר פיננסי

מחקר זה מטרתו, כאמור, לבחון משבר פיננסי שמתחיל כתגובה לזעזוע הורדת מינוף, ושבמהלכו הכלכלה נכנסת ל"מלכודת הנזילות", בפרט כאשר המשבר מתעצם עקב מנגנונים כמו "המאיץ הפיננסי" ו"דיפלציה של חוב". כיוון שכוונת המחקר לבדוק תרומתם של מנגנונים שונים, יחולק ניתוח הנתונים למספר שלבים.

ראשית, כדי לפשט את הנושא, ננסה להבין את ההשפעה של "המאיץ הפיננסי" במקרה בו מתעלמים ממגבלת הריבית התחתונה. החוב הוא ריאלי, כך שאין "דיפלציה של החוב", וכמו כן, ההנחה היא כי מלאי ההון קבוע. מקרה הייחוס כאן יהיה מקרה ללא "מאיץ פיננסי" (כאשר קיבולת החוב אקסוגנית, כפי שדנו בעניין בסעיף 2.2). בחינה זו תאפשר להבין את המנגנון הבסיסי של המאיץ באופן נקי.

בשלב השני, תתווסף מגבלה תחתונה לריבית, וזה יאפשר לבחון מנגנון של "מאיץ פיננסי" כאשר הורדת המינוף דוחפת את הכלכלה ל"מלכודת הנזילות". בשלב השלישי, תתאפשר גמישות במלאי ההון. ובשלב האחרון, ייבחן מקרה של חוב נומינלי, כך שנוסף מנגנון מעצים של "דיפלציה של החוב", ואפשר יהיה להשוואת בין התרומה של "המאיץ הפיננסי" לבין זו של מנגנון "דיפלציית החוב". רק אז תתקבל תמונה מלאה של התרומות למשבר פיננסי בסביבה בה הפרמטרים במודל הם באיזור הכיול הסטנדרטי שפָּחְנו.

### 3.1. התעלמות ממגבלת הריבית התחתונה

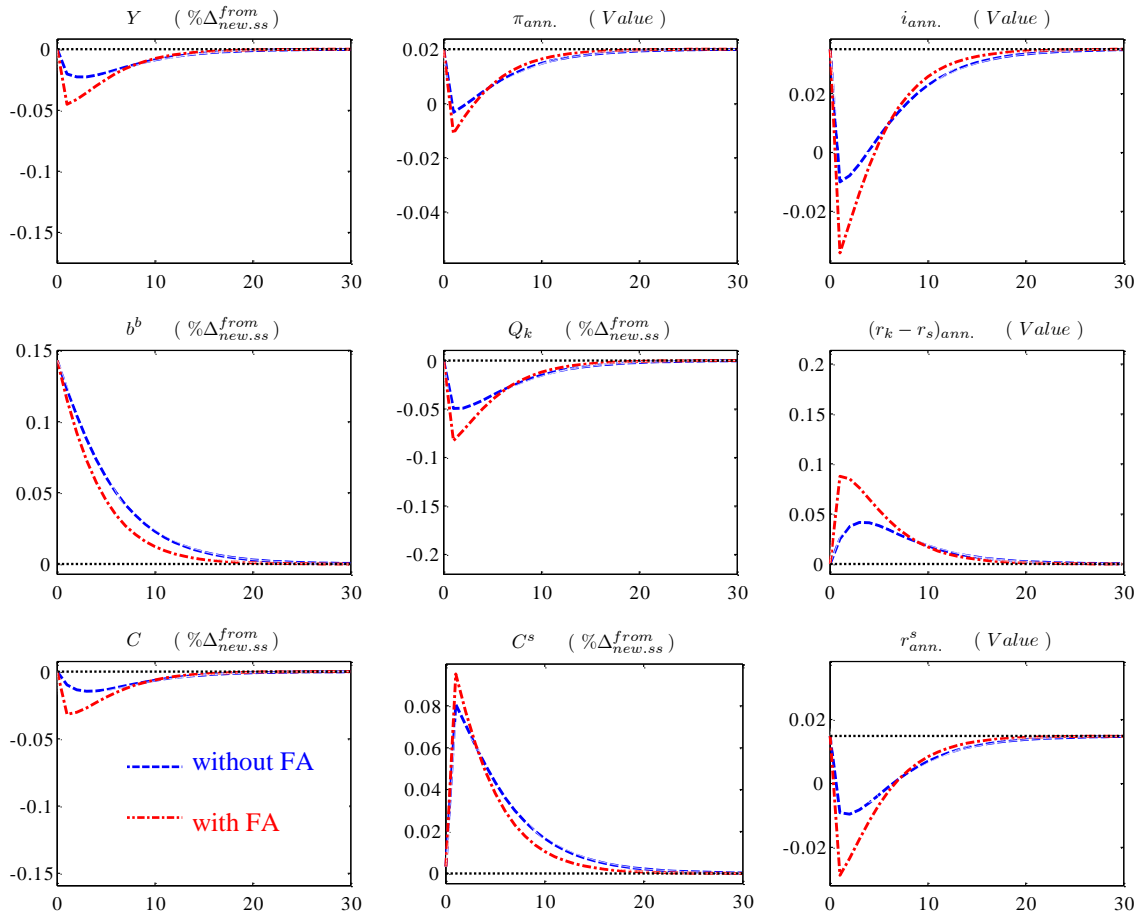
נתחיל כאמור ממקרה שבו אנו מתעלמים ממגבלת הריבית התחתונה, ושהחוב הוא ריאלי, כך שאין "דיפלציה של חוב". כמו כן, נניח כי מלאי ההון קבוע, זאת תחת הנחה של היצע השקעות קשיח לחלוטין. לצורך כך, עלויות ההתאמה לשינוי רמת ההשקעות נקבעו כגבוהות מאוד, כך שרמת ההשקעות נשארת קבועה במצב העמיד, ובהתאם לכך, גם מלאי ההון.

באיור 1 מוצגת תגובה לזעזוע הורדת מינוף בשני מקרים – עם "מאיץ פיננסי" (קו אדום), וללא "מאיץ פיננסי" (קו כחול). בשני המקרים הזעזוע גורם להקטנת היצע האשראי ולעליה במרווח האשראי. שני אלה "דוחפים" לוויס להקטין חוב באמצעות הקטנה בהוצאות – צריכה והשקעות. הריפיון בביקוש של הלווים משליך על הביקוש המצרפי, ולכן ישנה ירידה בתוצר ובאינפלציה. הבנק המרכזי מוריד ריבית לטרטוריה שלילית (כרגע אנו מתעלמים ממגבלה), וכך מצליח להוריד ריבית ריאלית דיה כדי "לדחוף" את החוסכים להגדיל צריכה, ובכך לקזז באופן חלקי את הריפיון מצד הלווים. כלומר, המדיניות המוניטרית מצליחה לבצע הרחבה וממתנת מאוד את המשבר.

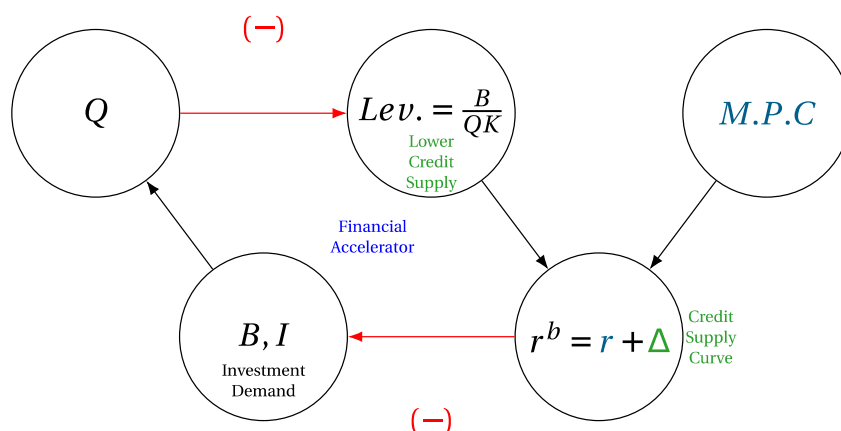
הירידה בביקוש להשקעות גורמת לירידה במחיר ההון ולקיטון בשווי הנכסים שבבעלות הלווה (מלאי ההון הפיזי), שמשמשים כבטוחות. במקרה שקיבולת החוב של הלווה היא אנדוגנית (קו כחול), יש קיטון בקיבולת החוב שלו, כלומר הוא נתפס כמסוכן יותר. זה מתבטא בגידול במינוף של הלווה, ולכן מרווח האשראי שלו גדל, דבר שבעצמו מקטין עוד יותר ביקוש להשקעות, וכך נוצרת ספירלה. כלומר, כאשר קיבולת החוב היא אנדוגנית ותלויה בשווי הנכסים אז מקבלים מנגנון מעצים של "מאיץ פיננסי" (ראו איור 2), ביחס למקרה שבו קיבולת החוב היא קבוע ואין מאיץ פיננסי.

כמותית, אפשר להבחין באיור 1, בכך שבמקרה של "מאיץ פיננסי" התוצר קטן בסדר גודל של פי שתיים ביחס למקרה ללא מאיץ (קו כחול לעומת קו אדום). נעיר כי במודל ללא מאיץ, כאשר כל שאר הנתונים קבועים (כולל מקדם המרה  $\theta$ ), אז ירידה זמנית במחיר ההון לא תשפיע על הביקוש להון, בעוד שבמודל עם "מאיץ פיננסי" תהיה השפעה זמנית על הביקוש להון וכן השלכות הנובעות מכך.

נדגיש כי המדיניות המוניטרית מצליחה "לרכך" את "המאיץ הפיננסי", כיוון שהריבית המוניטרית יורדת בחדות לטרטוריה שלילית ו"דוחפת" את הריבית הריאלית לרדת מאוד (ירידה של כ-4 נקודות אחוז), שמקזזת חלק מעליית המרווח (ירידה של כ-9 נקודות אחוז).



איור 1: תגובה לזעזוע הורדת מינוף, כאשר מלאי הון קבוע, וכאשר מתעלמים ממגבלת הריבית התחתונה. בצבע כחול: מקרה ללא מאיץ פיננסי, ובצבע אדום: נוכחות מנגנון של מאיץ פיננסי. (FA abbr. for Financial Accelerator)



איור 2: סכמה של ה"מאיץ הפיננסי".

### 3.2. התייחסות למגבלת הריבית התחתונה

כעת נבחן משבר של הורדת מינוף, כאשר קיימת מגבלה תחתונה לריבית. כמו בבחינה הקודמת, עדיין קיימת ההנחה שהחוב הוא ריאלי כך שאין "דיפלציה של החוב", וההנחה היא כי מלאי ההון קבוע. התגובה מוצגת באיור 3.

הסיפור הכללי לא השתנה ביחס למקרה הקודם. במודל **ללא מאיץ פיננסי** (קו כחול עם עיגולים) ראינו במקרה הקודם כי הריבית המוניטרית ירדה רק מעט מתחת לאפס. כעת, הריבית המוניטרית "נתקעת" במגבלת הריבית התחתונה, וכתוצאה מכך הריבית הריאלית יורדת פחות מהמקרה ללא מגבלה על הריבית. כלומר, המדיניות מרחיבה פחות, ובהתאם לכך, המיתון גדול במעט.

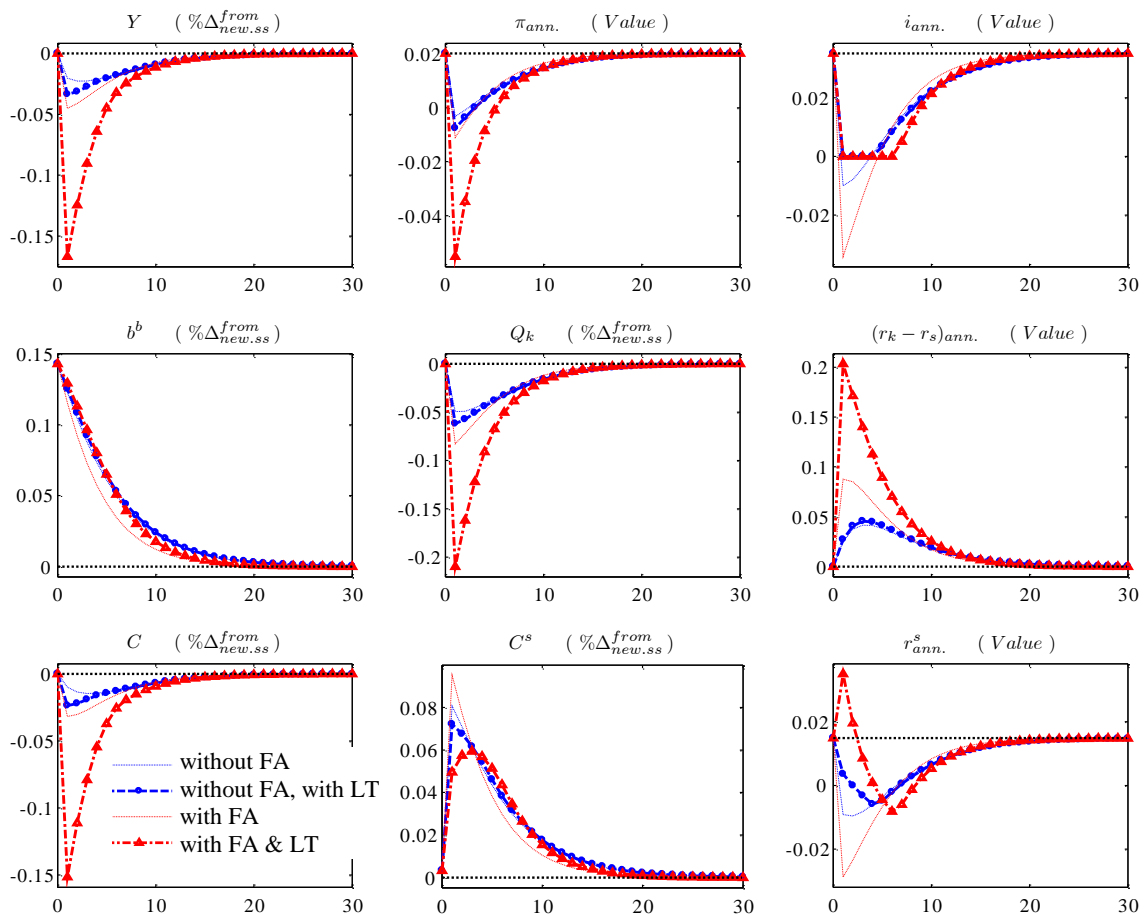
כעת, נדון במקרה עם **"המאיץ הפיננסי"** (קו אדום עם משולשים) כאשר ראינו קודם את המנגנון של "המאיץ הפיננסי" שגורם לעלייה במרווח הסיכון, ודנו במדיניות המוניטרית שמצליח לקזז חלק מעליה זו באמצעות ירדה חדה בריבית. אולם, כאשר יש מגבלה על הריבית המוניטרית היא אינה מצליחה "לדחוף" את הריבית הריאלית מטה, ולמעשה הריבית הריאלית אפילו עולה בתגובה ראשונית על רקע הירידה החדה באינפלציה. התגובה של הלווים מושפעת מחיבור בין ריבית ריאלית (חסרת הסיכון) לבן מרווח סיכון, כך שהריבית האפקטיבית שלהם מרקיעה שחקים. במקביל, הכנסתם נפגעת מאוד, ועל אף שיש להם תמריץ גדול מאוד להוריד מינוף, הם לא מסוגלים לעשות זאת מהר יותר, ועל כן נאלצים להקטין הוצאות צריכה בצורה קיצונית מאוד.

המקרה לעיל, ממחיש היטב במסגרת מודל של פרטים הטרוגניים את המשמעות של חוסר ביטוח צריכה (או הנחה של שווקים לא מלאים), שמביא להתנהגות מאוד קיצונית של משקי הבית הלווים, ובעקבות זאת מתקבל משבר כלכלי חריף. סיפור כזה לא מתקבל במודלים



סטנדרטים של פרט מייצג אשר מניחים למעשה ביטוח צריכה של משקי הבית השונים, ומייצרים תגובות מתונות בהרבה.

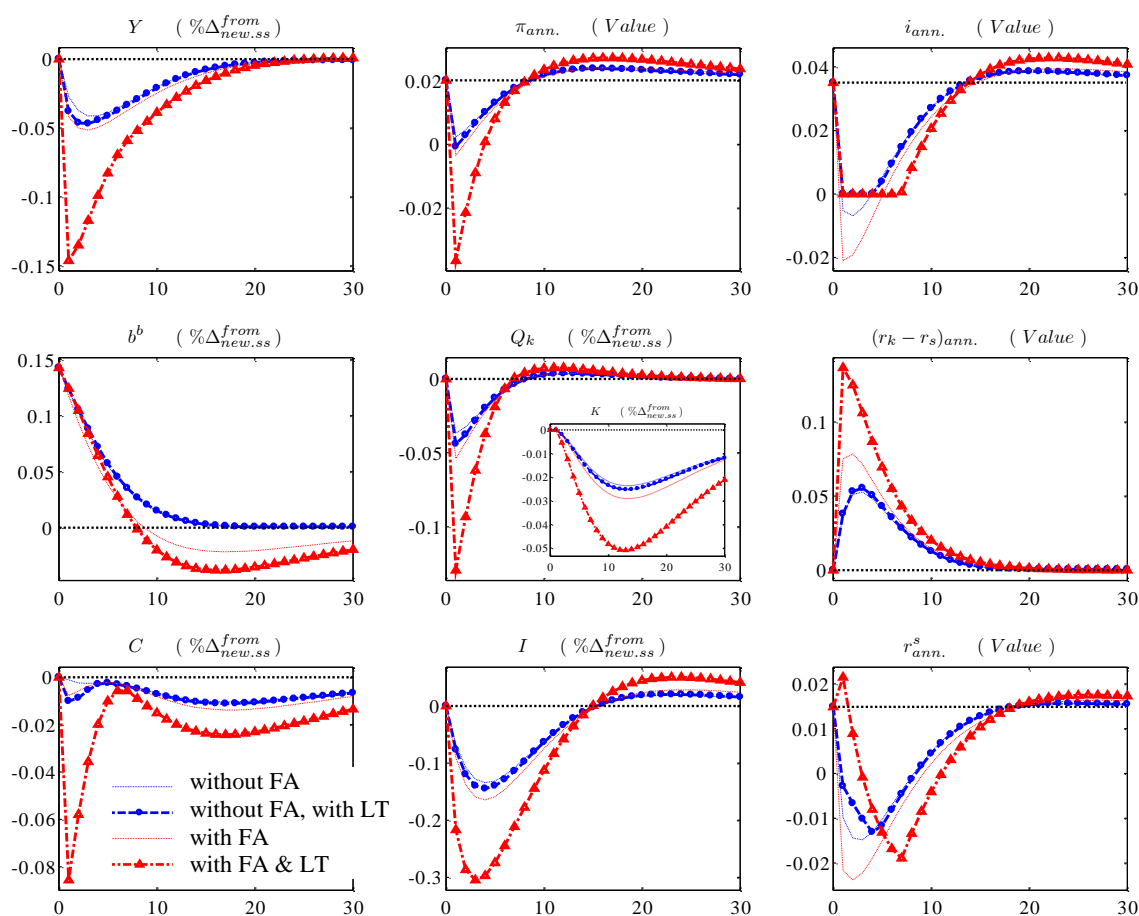
לסיכום – כאשר הכלכלה נכנסת ל"מלכודת הנזילות" והמדיניות המוניטרית מוגבלת מאוד, מנגנון "המאיץ הפיננסי" – המשוב שבין ירידה במחיר ההון לבין העלייה במרווח הסיכון – מגביר משבר באופן משמעותי ביותר. למעשה, אפשר לראות כי בתגובה להורדת מינוף, הנזק שנובע מקיום "מלכודת הנזילות" בלבד, ללא "מאיץ פיננסי" (כ-4 נקודות בסיס), והנזק מקיום "המאיץ הפיננסי", ללא "מלכודת הנזילות" (כ-5 נקודות בסיס), שניהם יחד קטנים משמעותית מהנזק במקרה של כניסה ל"מלכודת הנזילות" בנוכחות "המאיץ הפיננסי" (כ-16 נקודות בסיס). זה מעיד על כך שיש אינטרקציה חשובה בין המנגנונים. מנגד, "מלכודת הנזילות" ללא "מאיץ פיננסי" נמשכת 4 רבעונים, לעומת 6 רבעונים כאשר ישנו "מאיץ פיננסי", כלומר גידול מתון במשך הזמן ב"מלכודת הנזילות".



איור 3: תגובה לזעזוע הורדת מינוף בכלכלה בה מלאי הון קבוע, כאשר לוקחים בחשבון את ממגבלת הריבית התחתונה (LT abbr. for Liquidity Trap).

### 3.3. מלאי הון גמיש

כעת נבחן את המקרה הריאליסטי בו ישנו מלאי הון גמיש ומשתנה במהלך המשבר, כפי שאפשר להיווכח באיור מספר 4. התמונה דומה למה שראינו קודם לכן, ובפרט אפשר לראות שכאשר המשק נכנס ל"מלכודת הנזילות" ו"המאיץ הפיננסי" פועל (קו אדום עם משולשים), אז מקבלים משבר חריף בהרבה ביחס לשאר המקרים (ללא מאיץ או ללא מגבלה על הריבית). ביחס למקרה של הון קבוע, כאשר מוסיפים גמישות להיצע האשראי, אז בסיטואציה שבה הלווים צריכים להקטין מינוף, הם מקטינים הוצאות גם על ידי צמצום השקעות, ובהתאם לכך אנו עדים לירידה חדה בהשקעות, שהיא אכן תופעה אופיינית במשברי העבר. הם גם מצמצמים הוצאות צריכה, אך הצמצום בהשקעות מאפשר להם "החלקה" טובה יותר של תוואי הצריכה, וכך הצריכה המצרפית יורדת בכ-9% לעומת 15% במקרה הקודם. אך מנגד, הירידה בהשקעות פוגעת כמובן במלאי ההון ובהתפתחות התוצר בהמשך המשבר. כלומר, מתקבל משבר מתון במעט מבחינת העוצמה, אך מתמיד הרבה יותר.



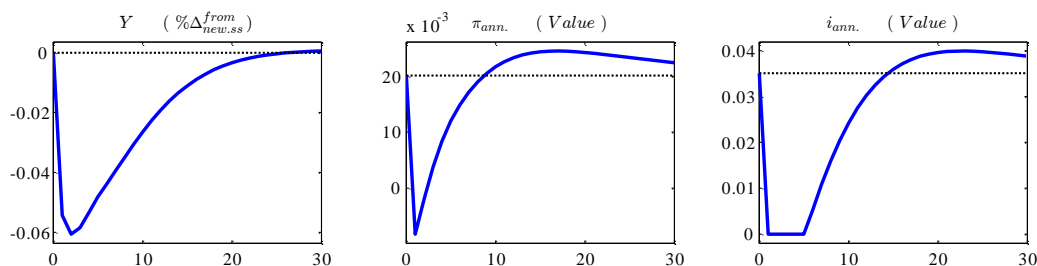
איור 4: תגובה לעזווע הורדת מינוף בכלכלה בה מלאי הון גמיש.

הדינמיקה של קיבולת האשראי של הלווים תלויה ישירות בשווי מלאי ההון המְשָׁמֵש בטוחה, ואפשר לחלקו לשני חלקים: חלק אחד הוא מחיר ההון אשר מגיב במהירות ויורד בצורה דרסטית בתחילת המשבר, אך מתקן עצמו במהירות וחוזר לרמתו כשנה וחצי מתחילת המשבר. ואילו החלק השני, מנגד, הוא מלאי ההון המגיב בצורה איטית מאוד ומגיע למינימום אחרי כשנתיים, ולוקח לו הרבה זמן לחזור לרמתו טרום המשבר. זו גם הסיבה שבמקרה זה במהלך המשבר רמת החוב יורדת מתחת לרמת החוב החדשה (overshooting), שכן הפגיעה המתמידה במלאי ההון הפיזי פוגעת בקיבולת החוב לאורך זמן, בעוד שהפגיעה במחיר ההון היא זמנית מאוד.

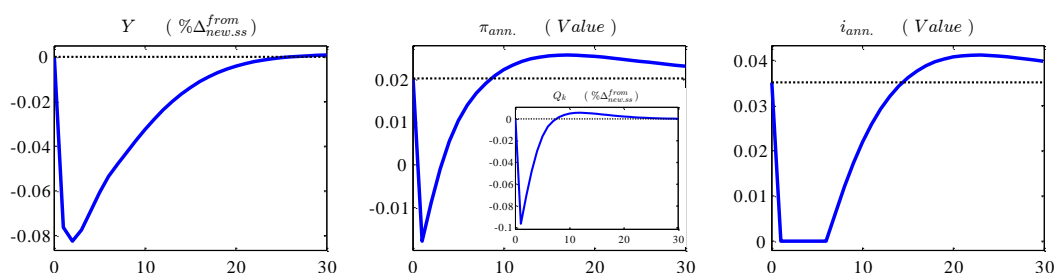
### 3.4. חוב נומינלי ו"דיפלציית חוב"

עד עתה ההנחה היא שהחוב הוא ריאלי (צמוד), כך שאינו חשוף לסיכון של ירידה באינפלציה. כעת, יבחן מקרה של חוב נומינלי – הנפוץ יותר בשוק וחשוף לסיכון של ירידה באינפלציה. כלומר, בעת משבר בו ישנה ירידה מפתיעה באינפלציה, כיוון שהחוב נומינלי, אזי ירידת האינפלציה מגדילה שווי חוב במונחים ריאליים – אפקט "דיפלציית חוב של פישר". כיוון שנטל החוב במונחים ריאליים גדל, זה מקשה עוד יותר על הלווים, נוצרת ספירלה דפילציונית, וכך המשבר מתעצם, כפי שמנתחים זאת (Eggertsson and Krugman, 2012). בסעיף זה תבוצע השוואה בין התרומה של "המאיץ הפיננסי" לבין זו של מנגנון של "דיפלציית החוב".

באיור 5 שלהלן נראים מְשִׁתְּנֵי המקור העיקריים בִּמשבר של הורדת מינוף, כאשר החוב הוא ריאלי, ולכן אין "דיפלציה של חוב". זאת לעומת איור 6 שמופיע מיד לאחר מכן, המתאר חוב נומינלי ולכן ישנו אפקט של "דיפלציית חוב". בשני האיורים, הכלכלה נכנסת ל"מלכודת הנזילות", ואילו "המאיץ הפיננסי" בפעולה. אפשר לראות כי כאשר יש גם "דיפלציה של חוב" המשבר עמוק יותר בכ־2 נקודות אחוז (התכווצות של 8% במקום 6%).



איור 5: תגובה לזעזוע הורדת מינוף בכלכלה בה החוב ריאלי (בנוכחות מאיץ פיננסי ומגבלת ריבית תחתונה).



איור 6: תגובה לזעזוע הורדת מינוף בכלכלה בה החוב נומינלי לכן ישנה "דיפלציה של החוב" (בנוכחות מאיץ פיננסי ומגבלת ריבית תחתונה).

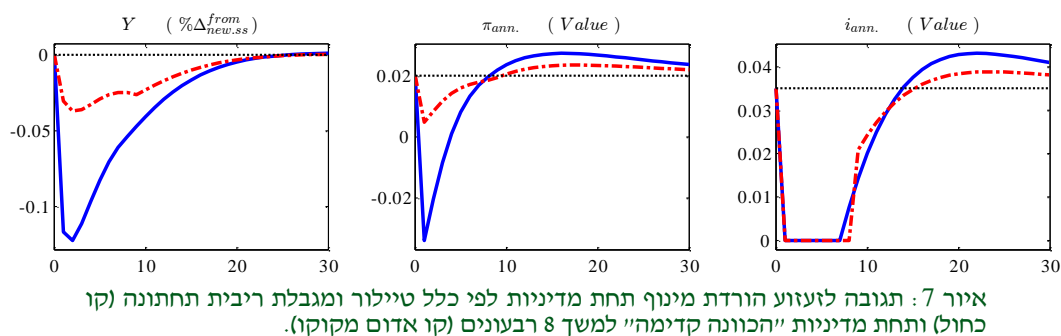
מניתוח כמותי עבור פיול שנבדק וסביבתו, עולה כי המנגנון של "המאיץ הפיננסי" הוא משמעותי יותר ממנגנון "דיפלציית החוב". נשים לב כי באיור מספר 6 שלהלן האינפלציה יורדת בכ־4 נקודות אחוז, לכן אפקט "הדיפלציה של החוב" מגדיל מינוף של הלווים בכ־4 נקודות אחוז בקירוב. לעומת זאת, מחיר ההון יורד בכ־10 נקודות אחוז, ולכן המינוף גדל בהתאמה בכ־10 נקודות אחוז. מכאן, כאמור, האפקט של "המאיץ הפיננסי" הוא הדומיננטי.

### 3.5. ניתוחים והרחבות נוספות

בדיקה נוספת שבוצעה היא בחינת "**הכוונה קדימה**" (Forward Guidance), במסגרתה השארנו את הריבית במגבלה התחתונה תקופה ארוכה יותר ממה שנגזר מ"כלל טיילור"<sup>13</sup>. כאמור, בפתרון המודל קיימת הנחה של ודאות מלאה (סימולציה דטרמיניסטית), כלומר, מעבר לנקודת הפתיחה שמגלמת הפתעה בקיבולת האשראי, אין שום הפתעות בעתיד, והפרטים יודעים את תוואי הריבית מראש. לכן, כאשר מגדירים שהריבית תישאר במגבלה מספר מוגדר של רבעונים, זה מגלם הכוונה של הבנק המרכזי לגבי הריבית העתידית.

כפי שניתן לראו באיור 7, נמצא כי במסגרת המודל "**הכוונה קדימה**" היא בעלת השפעה גדולה מאוד, וכי אם מאריכים את משך הזמן שהריבית נמצאת במגבלה התחתונה (באיור מוצגת מדיניות שמכריזה על ריבית אפס למשך שנתיים), זה מביא לריסון המשבר. התוצאה הזו לפיה במודל הניאוקינסיאני ישנו אפקט חזק מאוד של "הכוונה קדימה", כאשר מנגד במציאות ההשפעה היא מתונה הרבה יותר, מוכרת בשם The Forward Guidance Puzzle (Del Negro et al., 2017b; Kutai, 2020). והביקורת הזו רלוונטית, כמובן, למחקרים נוספים בנושא (Benigno et al., 2020).

<sup>13</sup> כזו הכוונה נקראת Odyssean F.G. שכן הבנק מכריז מראש על תקופה ולא מתנה בהתפתחויות; בניגוד לכוונה מסוג Delphic F.G. אשר תלוייה בהתפתחויות ומתאימה למדיניות Discretionary policy.



למעשה, בסימולציה לעיל אנו מגלמים הנחה של "אמינות מלאה", כלומר כל הפרטים בכלכלה מאמינים לחלוטין להצהרת הבנק בנוגע לתוואי הריבית העתידי. אולם, במציאות אנו לרוב במצב של "אמינות חלקית", כלומר, ישנם פרטים בכלכלה שאינם מאמינים להכוונה, וכפועל יוצא מתנהגים באופן שהינו פחות מרחיב. בגבול בו אין אמון בהצהרת הבנק, תוואי הריבית אומנם ישאר במגבלה התחתונה, אך נצפה לאפקט חלש הרבה יותר של המדיניות המוניטרית<sup>14</sup>, כך שהמשבר יהיה חמור בהרבה.

עוד בעניין "הכוונה קדימה", יצוין כי התחייבות להחזיק ריבית נמוכה לתקופה ארוכה (או רכישה גדולה של אג"ח ארוך), יכולה אולי לרסן משבר בטווח קצר, שכן היא תומכת בשווי הנכסים, וזה עוצר את מנגנון "המאיץ הפיננסי". אולם, מדיניות מעין זו עלולה לייצור הרחבה עתידית גדולה (מינוף יתר), וסיכון עתידי ליציבות (דהיינו, לזרוע זרעים של המשבר הבא).

שאלה נוספת שלא נבחנה כאן ישירות, אך אפשר לקבל מהמודל אינטואיציה לגביה: מה הסיכון שעלול להיגרם מעליית המינוף במשק? על פניו, ככל שהמינוף במשק עולה מעבר לרמה מסויימת (כאשר אין שיפור מִבְּנִי במשק), אפשר לשער כי הסיכוי לזעזוע הורדת מינוף גדל. כמו כן, בהינתן זעזוע, גם עוצמת הזעזוע יכולה להיות גדולה יותר, והסיכוי להיקלע ל"מלכודת הנזילות" גדל. למעשה, כאשר במסגרת המודל הגדלנו את עוצמת הזעזוע, הנזק גדל בצורה משמעותית מאוד (עד כדי איפּתרון). לפיכך, עליה במינוף מגדילה סיכון למשבר הורדת מינוף. לסיום נציין שתי הרחבות שיכולות להיות מעניינות למחקר נוסף. ראשית, העבודה לא דנה במדיניות מוניטרית אופטימלית, וייתכן כי כדאי לבחון נקודה זאת לעומק. בהקשר זה חשוב לציין שהריבית הטבעית במודל היא אנדוגנית ותלויה באופן הפוך במרווח האשראי, בדומה למודל של (Benigno et al., 2020). כיוון נוסף שמעניין לבחון הוא מקרה של משק קטן ופתוח (Benigno and Romei, 2014; Borenstein and Ilek, 2021; Schmitt-Grohé and Uribe, )

<sup>14</sup> מקרה זה מתאים לסימולציה בה הזעזועים (מסוג זעזוע מוניטרי) הינם מפתיעים כל תקופה מחדש (נקראים זעזועי MIT). לעומת הסימולציות המוצגות באיור, שניתן לפרשה כאקווילנטית לסימולציה בה הזעזועים ידועים מראש.

(2003), כאשר ייתכן מצב בו ככל שהפתיחות הפיננסית גדלה, כך המדיניות המוניטרית מוגבלת יותר בתגובתה, ולכן המשבר עלול להחמיר. אבל זה כמובן תלוי מאוד היכן הפתיחות: האם בצד המלווים (חוסכים) או בצד הלווים.

#### 4. מסקנות

בעבודה זו נבחן מודל של משבר פיננסי שנגרם עקב תהליך הורדת מינוף פתאומית. המודל כולל הון פיזי, כך שקיבולת החוב והמינוף הם אנדוגנים (תלויים בשווי מלאי ההון), ומשפיעים על מרווח המימון של הלווים. בהתאם לכך, המודל מכיל ערוץ הגבר של "מאיץ פיננסי", שכן, ככל ששווי ההון יורד, כך עולה המרווח וגורר אחריו ירידה נוספת בביקושים ולכן – בשווי ההון. במקרה שבו החוב הוא נומינלי אז במשבר, בו האינפלציה יורדת, נטל החוב הריאלי עולה – "דיפלציה של החוב" – ומקשה עוד יותר על הלווים, כך שהמשבר מועצם. הנחת המחקר היא כי אין ביטוח צריכה, לעומת מודלים של פרט מייצג, כך שבשעת משבר הלווים לא יכולים להיתמך במשקי הבית החוסכים, ולכן הם מגיבים בקיצוניות ומשפיעים על הביקוש המצרפי. וכאשר הריבית המוניטרית מגיעה למגבלה התחתונה היא מוגבלת באפשרויות התמיכה שלה, והמשבר מועצם עוד יותר.

המודל נפתר במדויק (ללא "קירוב טילור"), במסגרת סימולציה דטרמיניסטית, כדי לבחון את ערוצי ההגבר השונים ואת האינטראקציה ביניהם במהלך משבר, כאשר המשק סוטה באופן משמעותי מהמצב העמיד. כלומר, כיוון שמשוואות המודל אינן לינאריות, כמו למשל כלל המדיניות המוניטרית שכוללת מגבלה תחתונה לריבית (הכלל קטום מלמטה), וכמו כן, המשוואות כוללות איברי אינטראקציה בין המשתנים השונים. יתרה מכך יש במודל מנגנוני הגבר כפי שתיארנו לעיל, אז פיתרון המודל בקירוב לינארי (וגם בקירוב מסדר גבוה יותר), ייתן לנו סטיה משמעותית בתרגיל שמדמה משבר בו המשק סוטה משמעותית מהמצב העמיד. לכן פיתרון מדויק של המודל מאפשר לנו לתפוס, כאמור, אפקטים לא לינאריים ואינטראקציה בין מנגנונים. המודל נבחן תחת ספספיקציות שונות, בו חלק מהמנגנונים מושבתים, וכך הצלחנו למצוא תרומות של המנגנונים ואינטראקציות ביניהם.

נמצא כי קיימת אינטראקציה חזקה בין נוכחות של מגבלה על הריבית לבין מנגנון "המאיץ הפיננסי", כך שמשבר בו פועלים שני המנגנונים הוא גדול בהרבה מחיבור של הנזק מכל מנגנון בנפרד. נמצא שבפיוול סטנדרטי, התרומה של מנגנון "המאיץ הפיננסי" היא דומיננטית ביחס לתרומה של מנגנון "הדיפלציה של החוב".

נסכם אפוא כי ככל שנשמור על מדיניות מוניטארית אפקטיבית במהלך משבר פיננסי, כך עשוי הדבר לחולל הבדל עצום בעומק המשבר. כלומר, המדיניות המוניטרית היא משמעותית במידה ניכרת בעת משבר בו עלולים לפעול בעוצמה רבה מנגנונים ספירליים כמו "המאיץ הפיננסי" ו"דיפלציה של החוב". שמירה על האפקטיביות של המדיניות המוניטרית חשובה

מאין כמוה בסביבה של ריביות נמוכות כפי שאנו מכירים בשנים האחרונות, הן על רקע סביבת אינפלציה נמוכה והן לאחר מיתון (או כאשר הציפיות לצמיחה הן מתונות).

#### 4.1. חומר נוסף לעיון

לקריאה נוספת ראו (Amano and Shukayev, 2012)(Uribe, (Justiniano et al., 2015) (Martin and Philippon, 2017) (Razin, 2014) (2006b).  
**נספחים** ראו ב־ [GitHub](#) או [הורידו כאן](#). [חומרי עזר ומודל נמצאים כאן](#).

#### 5. רשימת מקורות

- Amano, R., Shukayev, M., 2012. Risk Premium Shocks and the Zero Bound on Nominal Interest Rates. *Journal of Money, Credit and Banking* 44, 1475–1505.  
<https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2012.00541.x>
- Benigno, P., Eggertsson, G.B., Romei, F., 2020. Dynamic Debt Deleveraging and Optimal Monetary Policy. *American Economic Journal: Macroeconomics* 12, 310–350.  
<https://doi.org/10.1257/mac.20160124>
- Benigno, P., Romei, F., 2014. Debt deleveraging and the exchange rate. *Journal of International Economics* 93, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2014.03.001>
- Bernanke, B.S., Gertler, M., Gilchrist, S., 1999. Chapter 21 The financial accelerator in a quantitative business cycle framework, in: *Handbook of Macroeconomics*. Elsevier, pp. 1341–1393. [https://doi.org/10.1016/S1574-0048\(99\)10034-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0048(99)10034-X)
- Borenstein, E., Ilek, A., 2021. The Effectiveness of Asset Purchases in Small Open Economies (No. 2021.03), Bank of Israel Working Papers, Bank of Israel Working Papers. Bank of Israel.
- Carrillo, J., Poilly, C., 2014. Investigating the Zero Lower Bound on the Nominal Interest Rate Under Financial Instability (Working Paper No. 2014– 01). Banco de México.
- Debortoli, D., Galí, J., 2018. Monetary Policy with Heterogeneous Agents: Insights from TANK models 50.
- Del Negro, M., Eggertsson, G., Ferrero, A., Kiyotaki, N., 2017a. The Great Escape? A Quantitative Evaluation of the Fed's Liquidity Facilities. *American Economic Review* 107, 824–857. <https://doi.org/10.1257/aer.20121660>
- Del Negro, M., Giannoni, M.P., Patterson, C., 2017b. The Forward Guidance Puzzle. Federal Reserve Bank of New York Staff Reports no. 574. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2163750>
- Eggertsson, G.B., Krugman, P., 2012. Debt, Deleveraging, and the Liquidity Trap: A Fisher-Minsky-Koo Approach. *The Quarterly Journal of Economics* 127, 1469–1513.  
<https://doi.org/10.1093/qje/qjs023>
- Eggertsson, G.B., Woodford, M., 2003. The Zero Bound on Interest Rates and Optimal Monetary Policy. *Brookings Papers on Economic Activity* 2003, 139–211.
- Gertler, M., Gilchrist, S., Natalucci, F.M., 2007. External Constraints on Monetary Policy and the Financial Accelerator. *J Money Credit Banking* 39, 295–330.  
<https://doi.org/10.1111/j.0022-2879.2007.00027.x>
- Gertler, M., Karadi, P., 2011. A model of unconventional monetary policy. *Journal of Monetary Economics* 58, 17–34. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2010.10.004>
- Guerrieri, V., Lorenzoni, G., 2017. Credit Crises, Precautionary Savings, and the Liquidity Trap. *Q J Econ* 132, 1427–1467. <https://doi.org/10.1093/qje/qjx005>
- Iacoviello, M., Minetti, R., 2006. International business cycles with domestic and foreign lenders.

- Journal of Monetary Economics 53, 2267–2282. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2005.07.024>
- Justiniano, A., Primiceri, G.E., Tambalotti, A., 2015. Household leveraging and deleveraging. *Review of Economic Dynamics* 18, 3–20. <https://doi.org/10.1016/j.red.2014.10.003>
- Korinek, A., Simsek, A., 2016. Liquidity Trap and Excessive Leverage. *American Economic Review* 106, 699–738. <https://doi.org/10.1257/aer.20140289>
- Kutai, A., 2020. Measuring the Effect of Forward Guidance in Small Open Economies: The Case of Israel. *BoI working papers*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3882421>
- Martin, P., Philippon, T., 2017. Inspecting the Mechanism: Leverage and the Great Recession in the Eurozone. *American Economic Review* 107, 1904–1937. <https://doi.org/10.1257/aer.20150630>
- Mendoza, E.G., 2010. Sudden Stops, Financial Crises, and Leverage. *American Economic Review* 100, 1941–1966. <https://doi.org/10.1257/aer.100.5.1941>
- Merola, R., 2012. Monetary Policy and Fiscal Stimulus with the Zero Lower Bound and Financial Frictions (SSRN Scholarly Paper No. ID 2189749). Social Science Research Network, Rochester, NY. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2189749>
- Mertens, K., Ravn, M.O., 2011. Credit Channels in a Liquidity Trap. *CEPR Discussion Papers* (No. 8322) 34.
- Mian, A., Rao, K., Sufi, A., 2013. Household Balance Sheets, Consumption, and the Economic Slump\*. *The Quarterly Journal of Economics* 128, 1687–1726. <https://doi.org/10.1093/qje/qjt020>
- Mian, A., Sufi, A., 2010a. The Great Recession: Lessons from Microeconomic Data. *American Economic Review* 100, 51–56. <https://doi.org/10.1257/aer.100.2.51>
- Mian, A., Sufi, A., 2010b. Household Leverage and the Recession of 2007–09. *IMF Econ Rev* 58, 74–117. <https://doi.org/10.1057/imfer.2010.2>
- Mian, A., Sufi, A., Trebbi, F., 2014. Resolving Debt Overhang: Political Constraints in the Aftermath of Financial Crises. *American Economic Journal: Macroeconomics* 6, 1–28. <https://doi.org/10.1257/mac.6.2.1>
- Mian, A., Sufi, A., Verner, E., 2017. Household Debt and Business Cycles Worldwide. *The Quarterly Journal of Economics* 132, 1755–1817. <https://doi.org/10.1093/qje/qjx017>
- Razin, A., 2014. *Understanding Global Crises: An Emerging Paradigm*. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Schmitt-Grohé, S., Uribe, M., 2003. Closing small open economy models. *Journal of International Economics* 61, 163–185. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(02\)00056-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(02)00056-9)
- Smets, F., Wouters, R., 2007. Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review* 97, 586–606. <https://doi.org/10.1257/aer.97.3.586>
- Uribe, M., 2006a. On Overborrowing. *American Economic Review* 96, 417–421. <https://doi.org/10.1257/000282806777211829>
- Uribe, M., 2006b. Individual Versus Aggregate Collateral Constraints and the Overborrowing Syndrome (No. w12260). National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w12260>
- Uribe, M., Schmitt-Grohé, S., 2017. *Open Economy Macroeconomics*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Yellen, J.L., 2009. Minsky Meltdown: Lessons for Central Bankers. Presented at the The 18th Annual Hyman P. Minsky Conference on the State of the U.S. and World Economies—“Meeting the Challenges of the Financial Crisis,” New York City.