

הסקה סיבתית - עבודה מסכמת

השפעת ריבית שלילית על צמיחת הכלכלה

מגישים: ארי ואן דר מרווה 321019879, אפק עבאדי 307916346

מרצה: ד"ר אורי שליט

רקע כללי

כלכלה

כלכלה הוא מדע החוקר תחום רחב של פעילויות אנושיות המתייחסות לשימוש במשאבים, המגבלות החלים על משאבים אלו והמבנים הארגוניים המאפשרים ממשק בין משאבים לצורכי האדם (Dalton, 1961). קיימות מספר רב של תיאוריות כלכליות שפותחו לאורך השנים ועל פי הן מיושמות מדיניות כלכליות. תיאוריות אלו השפיעו ועודן משפיעות על עיצוב הכלכלה המודרנית ומגדירות איך אנו מייצרים, מספקים, סוחרים וצורכים משאבים. אנו נתרכז בשתי תיאוריות שאחראיות לעיצוב ההתנהלות הכלכלית בשנים האחרונות במדינות המערביות המפותחות (OECD).

התאוריה הראשונה, כלכלה ניאו-קלאסית, התגבשה בעקבות המהפכה התעשייתית באירופה בשלהי המאה ה-19. העקרונות המנחים בתיאוריה גורסות שהשוק הכלכלי (המרחב הכלכלי בו מתבצעות הפעולות הכלכליות) מתנהל על פי היצע וביקוש אשר יוצרים שיווי משקל בשוק, ולכן השוק בעל ויסות עצמי גבוה. המדיניות הכלכלית הנובעת מהתיאוריה דוגלת בשוק חופשי ודה-רגולציה כלכלית.

בשנות ה-20 של המאה הקודמת התיאוריה ספגה ביקורת רבה בשל הקושי להסביר באמצעותה את התרחשויות של "השפל הגדול" (המשבר הפיננסי הגדול ביותר שפקד את העולם המודרני והוביל לאבטלה גבוהה וחוסר יציבות פוליטית ברחבי העולם), שכן על פי התאוריה השוק החופשי אמור לספק באופן אוטומטי תעסוקה מלאה. כלומר, כל עובד שרוצה עבודה, יוכל לעבוד כל עוד הוא מוכן להתגמש על שכרו.

"השפל הגדול" הראה שבמציאות תתכן אבטלה בניגוד להנחות התיאוריה. הסתירה בין התאוריה למציאות הקשתה על הכלכלנים לגבש מדיניות כלכלית יעילה להנעת הייצור והתעסוקה, מה הקשה על חילוץ המשק מהמשבר. כדי להתמודד עם קושי זה ג'ון קיינס פיתח תיאוריה חדשה בשם כלכלה קיינסיאנית. התאוריה נוקטת בגישה מאקרו כלכלית המציינת שביקוש כלכלי הוא המרכיב החשוב ביותר ליצירת תעסוקה מלאה. הביקוש הכלכלי מורכב מהביקוש הממשלתי והביקוש הציבורי. בזמני מיתון, חוסר ודאות גורם לשחיקה של הביקוש הציבורי שכן הציבור מעדיף לחסוך את כספו לעלויות בלתי צפויות ולהמנע מהוצאות והשקעות שאינן הכרחיות. הירידה בביקוש ובהשקעות הציבוריות פוגעות בביקוש למוצרים שמייצרות חברות שונות, אשר בתורן מיישמות תהליכי ייעול וקיצוצים כדי להתמודד עם המצב החדש. תהליך זה מתניע כדור שלג כלכלי המדרדר את הכלכלה למשבר פיננסי חמור. בניגוד לתיאוריה הניאו-קלאסית, התיאוריה הקיינסיאנית גורסת שיש חשיבות גדולה להתערבות ממשלתית בשוק החופשי על מנת למנוע משברים מסוג זה, וכי השוק לא תמיד מווסת את עצמו. על פי התיאוריה, כאשר הכלכלה נכנסת למיתון, על הממשלה להגדיל ביקושים כדי להתניע את המשק מחדש. הממשלה בתיאוריה

משמשת מרכיב חשוב בוויסות של השוק.

מדדים חשובים בתיאוריה המאותתים על חוסן כלכלי וביקוש תקין הם התמ"ג (תוצר מקומי גולמי), אינפלציה ושיעור האבטלה. מרכיבי התמ"ג הם: צריכה פרטית, השקעות, צריכה ציבורית ועודף ייצוא. ביקוש עודף בזמני מיתון לרוב יגיע מצריכה ציבורית עודפת. אינפלציה היא מונח כלכלי המתאר תהליך של עלייה מתמשכת וקבועה של מחירים במדינה. התיאוריה אומרת שכאשר יש תעסוקה מלאה במשק שכר העובדים גדל בגלל עודף ההיצע בשוק העבודה. עליית השכר גורמת לעליית מחירים כללית (עלויות השכר הן מרכיב מהותי במחיר מוצרים), אשר יוצרת אינפלציה שתמשיך כל עוד הביקושים ימשיכו לצמוח (Jahan, Mahmud, and Papageorgiou, 2014).

עד שנות ה-70 של המאה ה-20 התיאוריה הקיינסיאנית הובילה את המדיניות הכלכלית במדינות המערב, אך ה-"Stagflation" (אינפלציה חיובית יחד עם צמיחה מדשדשת) של שנות ה-70 וחוסר היכולת להסביר את התופעה על ידי התיאוריה הקיינסיאנית הובילו לחזרה מסוימת לתיאוריה הניאו-קלאסית עד ה"מיתון הגדול" ב-2008-2007. מאז, התיאוריה הקיינסיאנית חוותה רנסאנס והמדיניות הכלכלית הרווחת המובילה משלבת בין שתי תיאוריות. (Jacobs, 2020).

הבנק המרכזי

הגוף האחראי ליישום מדיניות כלכלית במדינה הוא הבנק המרכזי. ישנם סוגים שונים של בנקים מרכזיים ברחבי העולם, אך מטרותיהם דומות. מטרות הבנק הם שמירה על אבטלה נמוכה, צמיחה כלכלית ורמת מחירים יציבה בהתאם לצמיחה הכלכלית. רוב הבנקים המרכזיים מכוונים לאינפלציה (עליית מחירים) נמוכה של אחוזים בודדים (Sarwat, 2015), המעידה על צמיחה במשק ומצמצמת את האבטלה על פי התיאוריה של קיינס. תפקידו העיקרי של הבנק הם:

- גיבוש מדיניות מוניטרית באמצעות קביעת גובה הריבית וויסות היצע הכסף במשק (הבנק אחראי על הדפסת הכסף במדינה).
- דאגה ליציבות פיננסית באמצעות תפקוד כגוף מלווה לממשלה ולבנקים מסחריים בזמנים של חוסר נזילות (חוסר במזומנים) במשק.
- ניהול יתרות המט"ח ואגרות החוב הממשלתיות במדינה, בכדי לאפשר מסחר תקין בין מדינות ונזילות עבור פרויקטים ממשלתיים.
- פיקוח על הבנקים המסחריים ואחראיות על יצירת הרגולציה על הבנקים.
- פיקוח על אמצעי התשלום (כרטיסי אשראי וכו').
- מחקר כלכלי וסטטיסטי לצורך גיבוש מדיניות כלכלית וייעוץ ממשלתי בענייני כלכלה.

ריבית

כפי שצוין, כלי חשוב ליישום מדיניות מוניטרית הינה הריבית. ריבית היא כלי אלמנטרי החיוני לתפקוד תקין של הכלכלה. היא קובעת את סכום הכסף שישולם למלווה כתמורה לשימוש בכספו. ריבית מהווה תמריץ למלווה להלוות את כספו למרות הסיכון הכרוך בכך. הריבית שנקבעת ע"י הבנק המרכזי הינה הריבית בה בנקים מסחריים וממשלות לווים כסף וגם בסיס

לריבית בה הציבור לווה כסף מבנקים מסחריים (מרכיב מהותי מריבית הפריים). היסטורית, ועל בסיס הנחות תיאורטיות (Castillo-Martinez and Reis, 2019), הבנק המרכזי שלט בגובה האינפלציה במשק ע"י שינוי ערך הריבית. כאשר האינפלציה עלתה מעבר ליעד שהוצב, המאפשר תפקוד פיננסי אופטימלי במשק, הבנק המרכזי העלה את גובה הריבית, מה שגרר התייקרות ההלוואות וקיטון בביקוש. הירידה בביקוש עצרה את עליית המחירים וייצבה את האינפלציה. כאשר הייתה סכנה לדיפלציה (ירידת מחירים), סימן המעיד על מיתון והתכווצות כלכלית, הוריד הבנק את הריבית כדי ליצור אינפלציה וצמיחה, בתהליך הופכי לזה שמתרחש כשמעלים את גובה הריבית.

מאז שנות ה-90 מדינות מערביות רבות (מרביתן מדינות אירופאיות) החלו לחוות דיפלציה וצמיחה מואטת. הבנקים המרכזיים במדינות אלו הורידו ריביות, אך לבסוף הגיעו לריבית אפסית שנחשבה עד אז לסף תחתון, מבלי ליצור אינפלציה. בעקבות ה"מיתון הגדול" ב-2007 בעיית הדיפלציה גדלה וכלכלנים פיתחו שיטות נוספות ליצירת אינפלציה. מכלול הכלים נקרא בשם Easing Quantitative, ואחד מהם הוא ריבית שלילית. כאשר הבנק המרכזי מוריד את הריבית מתחת לאפס, הבנקים המסחריים והממשלות נדרשים לשלם ריבית על אחסון כספים אצל הבנק המרכזי, ובנוסף על כל הלוואה שהבנק המרכזי מעניק, הבנק המרכזי עצמו משלם ריבית ללווה. כך הבנק מזרים כספים לתוך הכלכלה במהלך שאמור ליצור אינפלציה וצמיחה (Wohle, 2017), ע"פ התיאוריה.

שאלת המחקר

המחקר שלנו יעסוק בשאלה הקוזאלית:

האם לריבית שלילית יש השפעה חיובית על צמיחה כלכלית

אנו נבחן אילו שינויים חלו בארבעת המדינות שהשתמשו בריבית שלילית כחלק מהמאמץ שלהן ליצור אינפלציה וצמיחה. המדינות שנקטו במדיניות זו הן: דנמרק (2012), שוויץ (2014), שוודיה (2015) (Wohle, 2017) ויפן (Hong and Kandrac, 2016) (2018).

נמדוד צמיחה כלכלית באמצעות תמ"ג לנפש, כפי שמקובל במחקרים כלכליים (Lepenes, 2016).

כדי לבדוק את ההשפעה של המדיניות בחרנו להשתמש בשיטת ה-Synthetic Control.

Synthetic Control

הקדמה

מטרת שיטת ה-Synthetic Control היא להעריך אפקט של התערבות שבוצעה על מספר קטן של יחידות גדולות, אשר הן בעצמן אסופה של יחידות (Aggregate units - לדוגמה מדינות, מחוזות, ערים וכו') (Abadie, 2020). התערבות ביחידות מסדר גודל זה בדרך כלל אינה תדירה (לדוגמה חוק, מדיניות וכו') (Abadie, Diamond, and Hainmueller, 2010) והיא אינה בהכרח מיידית, משום שאפקט ההתערבות עשוי להצטבר או להתפוגג עם הזמן. היות שלשיטות מסורתיות לניתוח סטטיסטי נדרשים מדגמים גדולים ותצפיות רבות של ההתערבות, לעיתים קרובות הן אינן מתאימות להערכת אפקטים של אירועים לא שכיחים על יחידות גדולות כנ"ל (Abadie, 2020).

ה-SCM היא שיטה השוואתית. ככזו, היא מתבססת על הרעיון שניתן ללמוד על אפקט ההתערבות מתוך השוואת הנתונים על תוצאת ההתערבות על היחידה אותה אנו חוקרים, לנתונים על קבוצה של יחידות הדומות לה במובנים מסויימים, עליהן

לא הופעל האפקט (הרחבה בנושא הדמיון בהמשך). השיטה לוקחת גם מניתוח סדרות עתיות, במובן שהיא מסתכלת על התפתחות היחידה הנבדקת ועל היחידות הבקרה לאורך זמן. על מנת לקבל השוואה תקפה, התפתחות יחידות ההשוואה צריכה להיות דומה מספיק להתפתחות היחידה עליה בודקים את האפקט, עד לרגע ההתערבות (Abadie, 2020). כוחה של השיטה היא ביכולתה לפרמל את ההצטרפות העמומות על דמיון בין יחידת הבדיקה ליחידת הביקורת. בשיטות השוואתיות סטנדרטיות, חוקרים משתמשים בדרכים סובייקטיביות ולא שיטתיות לבחור את היחידות שירכיבו את סט הביקורת (Abadie et al., 2010). בנוסף, כאשר מנסים לבדוק השפעה על מספר קטן של Aggregate units, יחידת ביקורת בודדת בדרך כלל לא יכולה לשמש בתור השוואה טובה ליחידה עליה בודקים את אפקט ההתערבות. על פי שיטת ה-Synthetic Control שקלול של היחידות שלא עברו התערבות בדרך כלל מספק השוואה הולמת יותר, והשיטה מספקת דרך לפירמול השקלול וההשוואה באמצעות תהליך מבוסס נתונים (Abadie, 2020).

המודל הפורמלי

הגדרת המודל תואמת את ההגדרות ממאמרו של Abadie משנת 2020.

משתנים וסימונים

נניח שיש בידניו נתונים עבור $J + 1$ יחידות, ונניח שהיחידה הראשונה ($j = 1$), בלי הגבלת הכלליות, הינה היחידה שנחשפה להתערבות- כלומר, היחידה עליה אנו מעוניינים לבדוק את האפקט. היחידות $j = 2, \dots, J + 1$, אשר יחדיו מכונות מאגר תורמים (Donor pool), הינן אוסף יחידות שלא עברו התערבות. הן אינן מושפעות ממנה והן מרכיבות את קבוצת היחידות הפוטנציאליות להשוואה עם היחידה הראשונה. בנוסף, נניח שהמידע שבידינו על כל אחת מהיחידות הוא עבור T תקופות, כאשר מתוכן T_0 התקופות הראשונות התרחשו טרום ההתערבות, כלומר $1 \leq T_0 < T$.

עבור כל יחידה $j = 1, \dots, J + 1$ ותקופת זמן $t = 1, \dots, T$, נסמן את המדד אותו אנו מעוניינים לבחון ב- Y_{jt} . תהא Y_{jt}^N התצפית הפוטנציאלית (Potential Outcome) שתתקבל עבור יחידה $j = 1, \dots, J + 1$ ותקופת זמן $t = 1, \dots, T$, ללא התערבות.

תהא Y_{1t}^I התצפית עבור היחידה $j = 1$, הנחשפה להתערבות עבור התקופות $t = T_0 + 1, \dots, T$. מטרתנו היא לבדוק את האפקט של ההתערבות, כלומר את:

$$\tau_{1t} = Y_{1t}^I - Y_{1t}^N, \forall t > T_0$$

Y_{1t}^I ידוע לנו עבור $t > T_0$, כיוון שהתרחש במציאות ואנו צופים בו. לכן, האתגר הוא לאמוד באיזה אופן הייתה מתפתחת היחידה הראשונה בהיעדר ההתערבות, כלומר את Y_{1t}^N בתקופות הללו. מכאן, מטרתנו היא למעשה לאמוד את Y_{1t}^N עבור $t > T_0$.

משתנים נוספים המשמשים את המודל הם הוקטורים X_1, \dots, X_{J+1} מגודל k , אשר עבור כל יחידה $j = 1, \dots, J + 1$ מכילים k פרידקטורים (Predictors, מנבאים) של התוצאה המסומנים X_{1j}, \dots, X_{kj} . אנחנו מניחים שהפרידקטורים לא מושפעים מההתערבות. נתונים על Y_{jt} יכולים להכלל במנבאים שכן אנו מניחים שאינם משפיעים על התקופה שלאחר ההתערבות. המטריצה $X_0 = [X_2, \dots, X_{J+1}]$ מסדר $k \times j$ מכילה בעמודותיה את הפרידקטורים של היחידות ללא ההתערבות.

אמידה

כאמור, אנו מחפשים את האומד \hat{Y}_{1t}^N עבור $t > T_0$, הערך שהיה מתקבל ביחידה שעברה התערבות, אילו לא עברה התערבות. כפי שהזכרנו, השיטה מבוססת על האבחנה ששקלול של יחידות ממאגר התורמים עשוי לעזור לנו לאמוד את התכונות של היחידה הראשונה בצורה טובה יותר באופן משמעותי. למעשה, ה-Synthetic Control הינו ממוצע משוקלל של היחידות $j = 2, \dots, J+1$. הוא מסומן ב- W , מוגדר להיות וקטור המשקולות $W = (w_2, \dots, w_{J+1})^T$ באורך J . בהתאם, האומד מוגדר:

$$\hat{Y}_{1t}^N = \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt} \iff \hat{\tau}_{1t} = Y_{1t}^I - \hat{Y}_{1t}^N$$

על מנת להמנע מאקסטרפולציה (על אף שאין הכרח לעשות זאת ע"פ השיטה), נדרוש שהמשקולות יהיו אי שליליות ויסכמו ל-1:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j = 1, \quad w_j \geq 0, \quad \forall j \in \{2, \dots, J+1\}$$

באופן טיפוסי חלק מהמשקולות שוות ל-0, כלומר חלק מהיחידות במאגר התורמים הינן יתירות לצורך השיקולל. בנוסף, על מנת להשתמש במשקולות שנסכמות ל-1 עלינו לשנות את קנה המידה של הנתונים בסט הנתונים על מנת לתקן הבדלים הנובעים מיחידות מידה.

ישנן מספר דרכים לבחור את המשקולות w_2, \dots, w_{J+1} , ביניהן ממוצע רגיל, ממוצע משוקלל ע"פ שיעור אוכלוסיה יחסי, השמת כל המשקל על יחידת בקרה בודדת ועוד. בכל מקרה, מומלץ לבחור אותן כך שה-Synthetic Control שנוצר מדמה בצורה הטובה ביותר את ערכי הפרדיקטורים של היחידה שעברה התערבות, בתקופות שלפני ההתערבות. על מנת להציג את השיטה לבחירת המשקולות בה משתמש Abadie במאמר זה ובמאמרים קודמים, בה נשתמש גם אנחנו, נציג קבוצה של משתנים נוספים; הקבועים החיוביים v_1, \dots, v_k המייצגים את החשיבות היחסית של הפרדיקטורים X_{11}, \dots, X_{k1} בתור מנבאים ל- Y_{1t}^N . סכום איברי הוקטור הוא 1. לפי Abadie, עלינו לבחור את $W^* = (w_2^*, \dots, w_{J+1}^*)^T$, אשר ממזער את:

$$\|X_1 - X_0 W\| = \left(\sum_{h=1}^k v_h (X_{h1} - w_2 X_{h2} - \dots - w_{J+1} X_{hJ+1})^2 \right)^{1/2}$$

כל בחירה של $V = (v_1, \dots, v_k)$ מייצרת Synthetic Control אפשרי $W(V) = (w_2(V), \dots, w_{J+1}(V))^T$, אשר נקבע באמצעות מזעור המשוואה הנ"ל. מכאן עולה שאלת בחירת הקבועים v_1, \dots, v_k , כלומר הערכת החשיבות היחסית של הפרדיקטורים X_{11}, \dots, X_{k1} בתור מנבאים ל- Y_{1t}^N . ישנן מספר דרכים אפשריות לעשות זאת, אך לא נכנס לפירוט במסגרת תקציר זה. בנוסף, מאמרם של Abadie et al. (2010) מראה שתחת תנאים מסוימים האומד ל-Synthetic Control הינו חסר הטיה, ותחת תנאים אחרים ניתן למצוא לו חסם.

נתונים

על מנת לחזות את השפעת הריבית השלילית על צמיחת הכלכלה נשתמש בסט של משתנים מנבאים (Predictors). בחרנו להשתמש בסט המשתנים בהם השתמשו החוקרים בניסוי הבדוק את ההשפעה הכלכלית של איחוד גרמניה המערבית והמזרחית ב-1990 (Abadie, Diamond, and Hainmueller, 2015). במחקר הראו החוקרים כי סט משתנים זה הוא מנבא טוב לצמיחה כלכלית, וכי הוספת משתנים שונים המנבאים צמיחה לא משנה את התוצאות באופן משמעותי. כל הנתונים, מלבד התמ"ג לפנש, נלקחו ממאגר הנתונים World Development Indicators (WDI) של קבוצת הבנק העולמי (World Bank), מאגר המכיל מחוונים הנאספים ממקורות מידע בינלאומיים. נתון התמ"ג לפנש נלקח ממאגר הנתונים של ה-OECD (הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכלי). נציג את המשתנים ואת שם המחווה המקורי מתוך מאגר הנתונים, ונסביר בקצרה על כל אחד מהם.

- תמ"ג לפנש (שווי כוח קניה) [GDP per head, US \$, current prices, current PPPs, 2019 archive]
ערך זה הוא Y_{jt} , אותו אנו מנסים לחזות. תוצר מקומי גולמי לפנש הוא המדד הטוב ביותר לבדיקת צמיחה והתפתחות של מדינה (Lepenes, 2016). אנו נשתמש בתמ"ג המומר לשווי של כוח הקניה שכן הוא מייצג בצורה נאמנה יותר את העלות היחסית המקומית של מוצרים ושירותים. השוואה באמצעות תמ"ג נומינלי עשויה לעוות את המשמעות של ההפרש בתמ"ג לפנש בין מדינות, שכן זו מתעלמת מהבדלים הנובעים משערי מטבע. הנתונים הם בדולר אמריקאי.
- שיעור אינפלציה [Inflation, consumer prices (annual)]
משקף את השינוי בעלות קניית סל מצרכים ושירותים עבור צרכן ממוצע. זה הוא למעשה שיעור העליה במחירים במדינה, באחוז השינוי השנתי.
- תעשייה [Industry (including construction), value added (% of DGP)]
שיעור הערך הנוסף לכלכלה מתוצרי תעשייה כגון ייצור, בניה, חשמל ועוד, כאחוז מתוך התמ"ג.
- שיעור השקעות [Net investment in nonfinancial assets (% of GDP)]
שיעור סך ההשקעות (מהמגזרים הפרטי והציבורי) בנכסים לא כלכליים מתוך התמ"ג.
- סחר [Trade (% of GDP)]
סכום היצוא והיבוא של סחורות ושירותים, כאחוז מתוך התמ"ג.
- השכלה תיכונית [Educational attainment, at least completed upper secondary, population 25+, total (cumulative)]
שיעור האוכלוסייה מעל גיל 25 שהשלים לפחות השכלה תיכונית. להשכלה קשר ישיר למיומנויות והיכולות של אוכלוסיית מדינה, ולכן משמש כפרוקסי לערך ההון האנושי במדינה.

לקחנו נתונים מהשנים 1790-2018 עבור המדינות עליהן אנו רוצים לבדוק את האפקט; דנמרק, שווייץ, שוודיה ויפן, ואת המדינות הבאות בתור מאגר התורמים: אוסטרליה, אוסטרליה, איטליה, אירלנד, אנגליה, ארצות הברית, בלגיה, הולנד, יוון, נורווגיה, ניו-זילנד, ספרד, פורטוגל, פינלנד, צרפת, קוריאה וקנדה. בחרנו במדינות אלה מאחר והן מדינות OECD. הן מפותחות ומתקדמות יותר מבחינה כלכלית, וחולקות מאפיינים דומים עם המדינות עליהן אנו בודקים את האפקט.

תוצאות וניתוח

לחישוב ה-Synthetic Control השתמשנו בחבילת הפיתוח SyntheticControlMethods. החבילה מאפשרת לחשב את וקטור ה-Synthetic Control ומייצרת גרף מתאים אשר מציג את מגמת היחידה שעברה התערבות אל מול מגמת ה-Synthetic Control בציר הזמן, במונחי X . בנוסף, החבילה מחזירה את הוקטור V , המכיל את החשיבות היחסית של הפרדיקטורים עבור המודל. על מנת להשתמש בפונקציות החבילה, יש לספק נתונים בקובץ csv בו כל שורה מייצגת את הנתונים עבור מדינה מסוימת בשנה מסוימת.

החבילה דוגמת וקטורים אקראיים מתוך התפלגות דריכלה המספקת דגימות של וקטורים שאיבריהם נסכמים ל-1. הוקטורים הללו מהווים בסיס לוקטור V . ניתן להעביר את מספר הדגימות המבוקש באמצעות פרמטר. ככל שמעבירים פרמטר גדול יותר, כך גדל זמן הריצה אך גם ההסתברות למציאת פתרון אופטימלי.

עבור כל דגימה של וקטור כנ"ל נקבע וקטור משקולת W , שהוא ה-Synthetic Control, וממנו באמצעות Gradient Decent, הפונקציה מחפשת מינימום מקומי למשוואה $\|X_1 - X_0 W\| = \left(\sum_{h=1}^k v_h (X_{h1} - w_2 X_{h2} - \dots - w_{J+1} X_{hJ+1})^2 \right)^{1/2}$

קיבלנו מידע על החבילה ישירות ממפתחה, Oscar Engelbrektson, איתו עשינו מפגש זום. הוא הסביר לנו על דרך פעולת החבילה ועל פונקציות שלא מופיעות בתיעוד עדיין. אוסקר הינו סטודנט לתואר מתקדם במכללת מינרווה. חבילה זו הינה חלק מהתזה שלו בהנחיית Alexis Diamond, אחד החוקרים המובילים בתחום שהשתתף בכתיבת חלק מהמאמרים אותם אנו מצטטים בעבודה זו. אוסקר מפתח שיטה לאמידת את ה-Synthetic Control באמצעות ההפרשים בין ערכי המשתנים המנבאים, ולא באמצעות ערכם המוחלט. השתמשנו בשיטתו כדי להתאים חלק מהמודלים שלנו (פונקציית ה-DiffSynth במחברת הג'ופיטר), והיא אכן נתנה לנו התאמה טובה יותר עבור חלק מהמדינות. קישור לעמוד ה-GitHub של החבילה מופיע בביבליוגרפיה (Engelbrektson, 2020).

להלן וקטורי משקולות (ה-Synthetic Control) שהתקבלו עבור כל אחת מהמדינות:

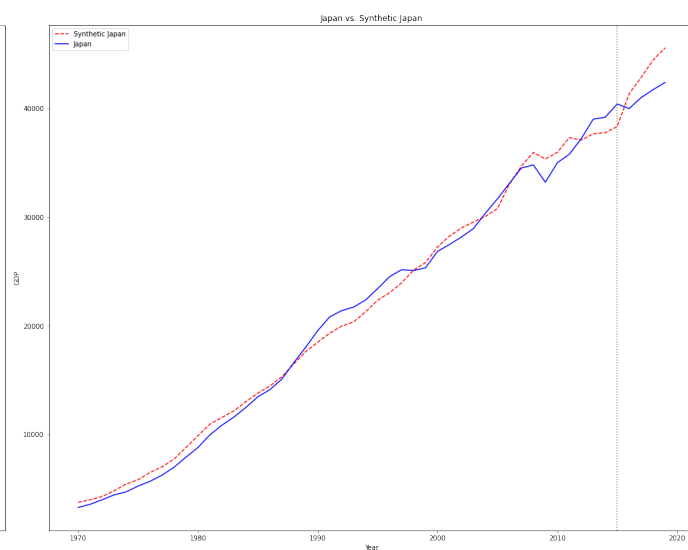
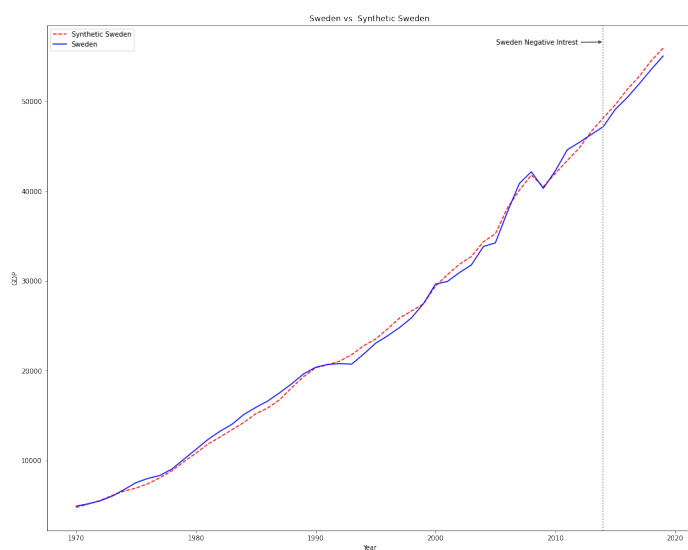
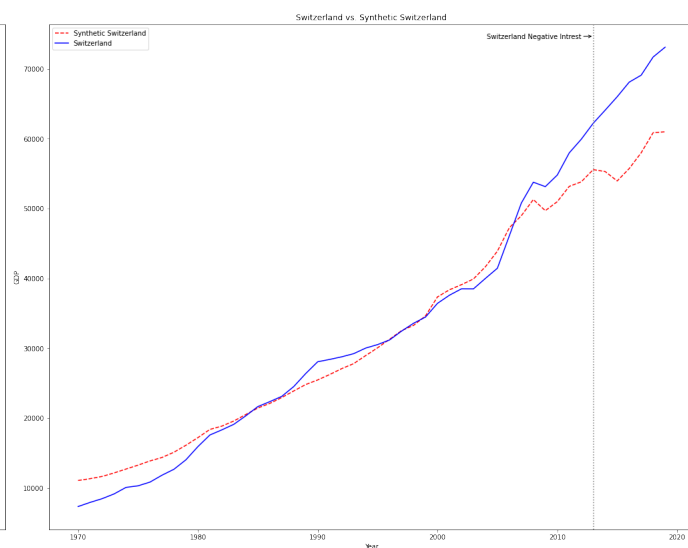
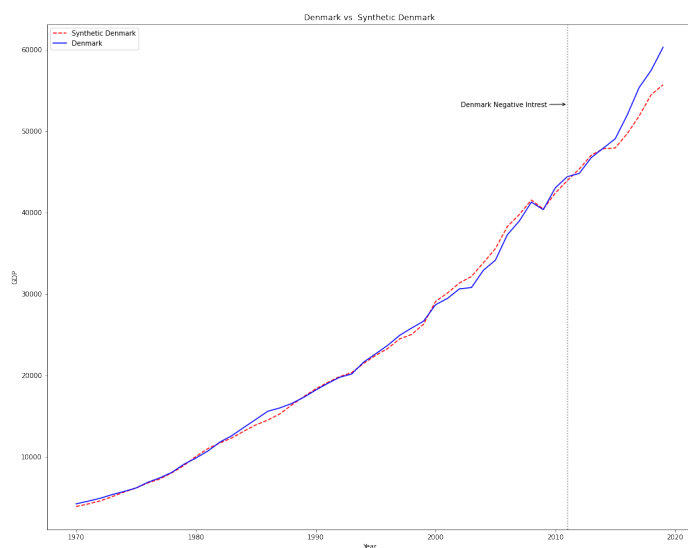
Denmark		Switzerland		Sweden		Japan	
Unit	Weight	Unit	Weight	Unit	Weight	Unit	Weight
Australia	0.095760	Australia	0.330657	Switzerland	0.300788	Australia	0.135764
Belgium	0.597632	Italy	0.395570	Kingdom United	0.699173	Italy	0.8644581
Norway	0.149473	Norway	0.273773				
Kingdom United	0.157133						

כפי שניתן לראות, אכן חלק מהיחידות במאגר התורמים הינן יתירות לצורך השיקלול.

להלן וקטורי V שהתקבלו עבור כל אחד מהמודלים, כאשר כל תא מייצג את החשיבות היחסית של המשתנה המנבא עבור המודל. רכיבי הוקטור של כל מדינה נסכמים לאחד:

	Denmark	Switzerland	Sweden	Japan
GDP	0.214157	0.218743	0.253300	0.136063
Inflation	0.156701	0.493695	0.088215	0.541876
Industry	0.034260	0.141473	0.082357	0.187934
Investment	0.186345	0.039485	0.036664	0.024227
Trade	0.255022	0.032658	0.240597	0.014091
Education	0.228704	0.078789	0.299743	0.095859

להלן הגרפים המציגים את מגמת היחידות לעומת ה-Synthetic Control שהותאם להן. הקו המקווקו מסמן את זמן ההתערבות.



עבור דנמרק ושוודיה התקבלה התאמה טובה של המודל. עם זאת, בגרפים שלהם לא נראים מאפיינים גיאומטריים המצביעים על Treatment Effect משמעותי, כלומר מגמת הגרפים היא יחסית דומה גם לאחר ההתערבות. עבור שווייץ ויפן החבילה לא הצליחה למצוא התאמה טובה, גם לאחר הרצות רבות עם מספר דגימות גדול. מכיוון שההתאמה פחות טובה לא ניתן להסיק מסקנות באופן מובהק לגבי מדינות אלה. במחברת ג'ופיטר המצורפת ניתן לראות גם את ממוצע ההפרשים בין ה-Synthetic Control לבין הנתונים על היחידה אותה בודקים, עבור כל אחד מהמשתנים הנ"ל.

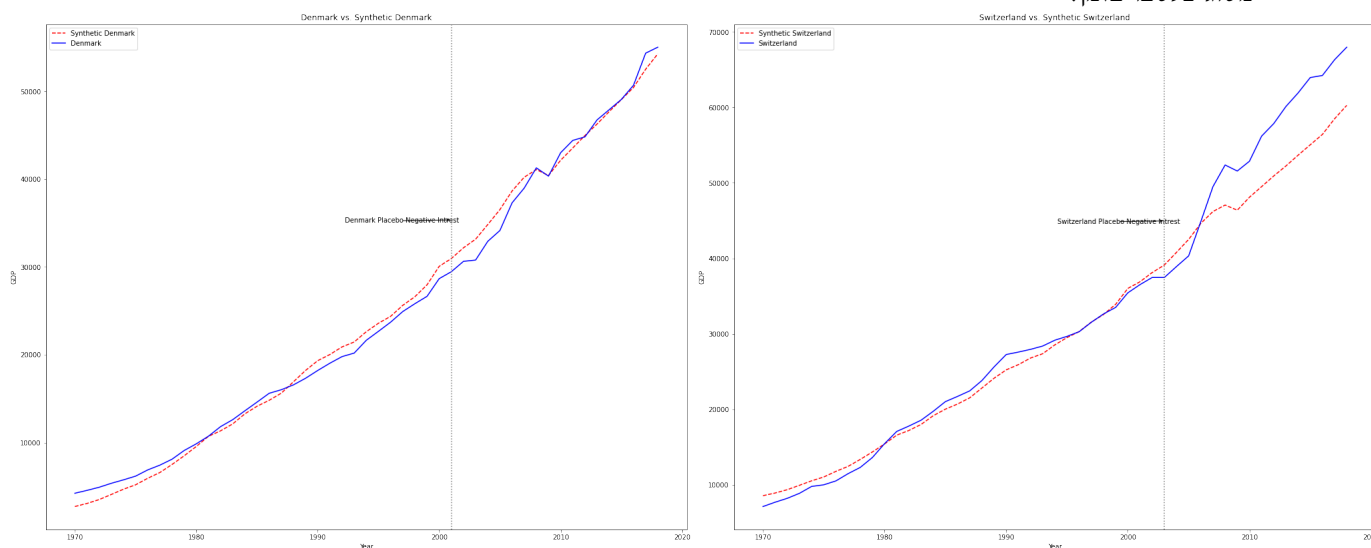
בדיקת אמינות

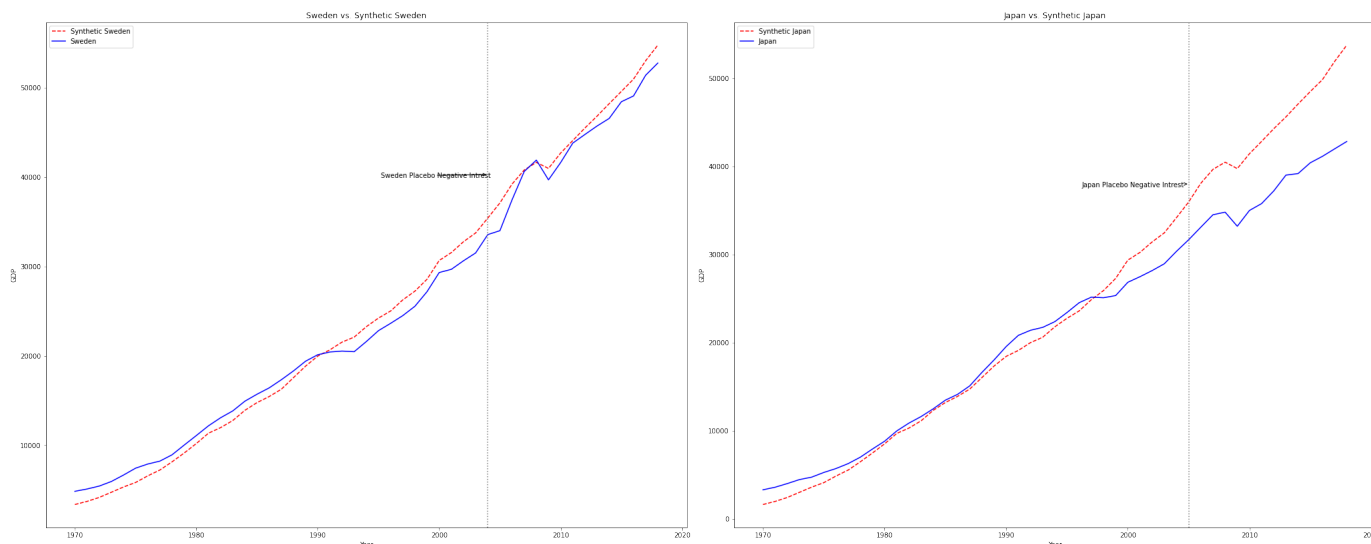
במאמריהם מ-2015, מציעים Abadie et al. שתי דרכים לבדיקת אמינות התוצאות, אותן הם מכנים בדיקות פלסבו. הרעיון העומד מאחורי שתי השיטות הוא לבדוק האם שינוי מהותי בפרמטרים משפיע על כושר חיזוי המודל. בדקנו את אמינות המודלים שמוצגים לעיל באמצעות שתי השיטות.

בדיקת פלסבו בזמן

במבחן זה מדמים זמן ההתערבות מוקדם יותר מאשר התרחש במציאות. במקרה שלנו לדוגמא, במקום לבדוק את אפקט ההתערבות של החלת ריבית שלילית בשוודיה ב-2012, נבדוק את אפקט ההתערבות באם היה מתרחש ב-2002. אם ניתן לראות שהמגמה של ה-Synthetic Control נשארת זהה, או דומה במידה רבה, על אף קיצור זמן החיזוי של המודל- נוכל לייחס אמינות רבה יותר למודל.

בבדיקה 'הקדמני' את זמן ההתערבות של כל אחת מהמדינות ב-10 שנים. להלן הגרפים שהתקבלו לאחר בדיקת אמינות מסוג פלסבו בזמן:





ניתן לראות שבדומה לגרפים המציגים את ההתערבות המקורית, המודלים החוזים את דנמרק ושוודיה נותרים מדויקים יחסית, זאת על אף הקדמת ההתערבות. גם במקרה זה לא ניתן לראות אפקט מובהק. כצפוי, המודל לא מצליח לחזות היטב את שוויץ ויפן בהינתן התערבות מוקדמת נתונים.

בדיקת פלסבו במרחב

במבחן זה מדמים התערבות על יחידות אחרות על ידי ייחוס ההתערבות לכל אחת מהיחידות האחרות בקבוצת הבקרה. השמה זו עבור כל אחת מהיחידות מאפשרת לנו להשוות את האפקט המשוערך ליחידה שעברה התערבות במציאות, להתפלגות של אפקטי פלסבו עבור מדינות שלמעשה לא עברו התערבות. נוכל לייחס אמינות גבוהה לאפקט שמצאנו אם האפקט המשוערך גבוה באופן חריג לעומת אפקטי הפלסבו של יחידות הבקרה.

חישוב האפקט עבור כל אחת מהיחידות נעשה באמצעות הנוסחה (Abadie et al., 2010):

$$r_j = \frac{R_j(T_0 + 1, T)}{R_j(1, T_0)}$$

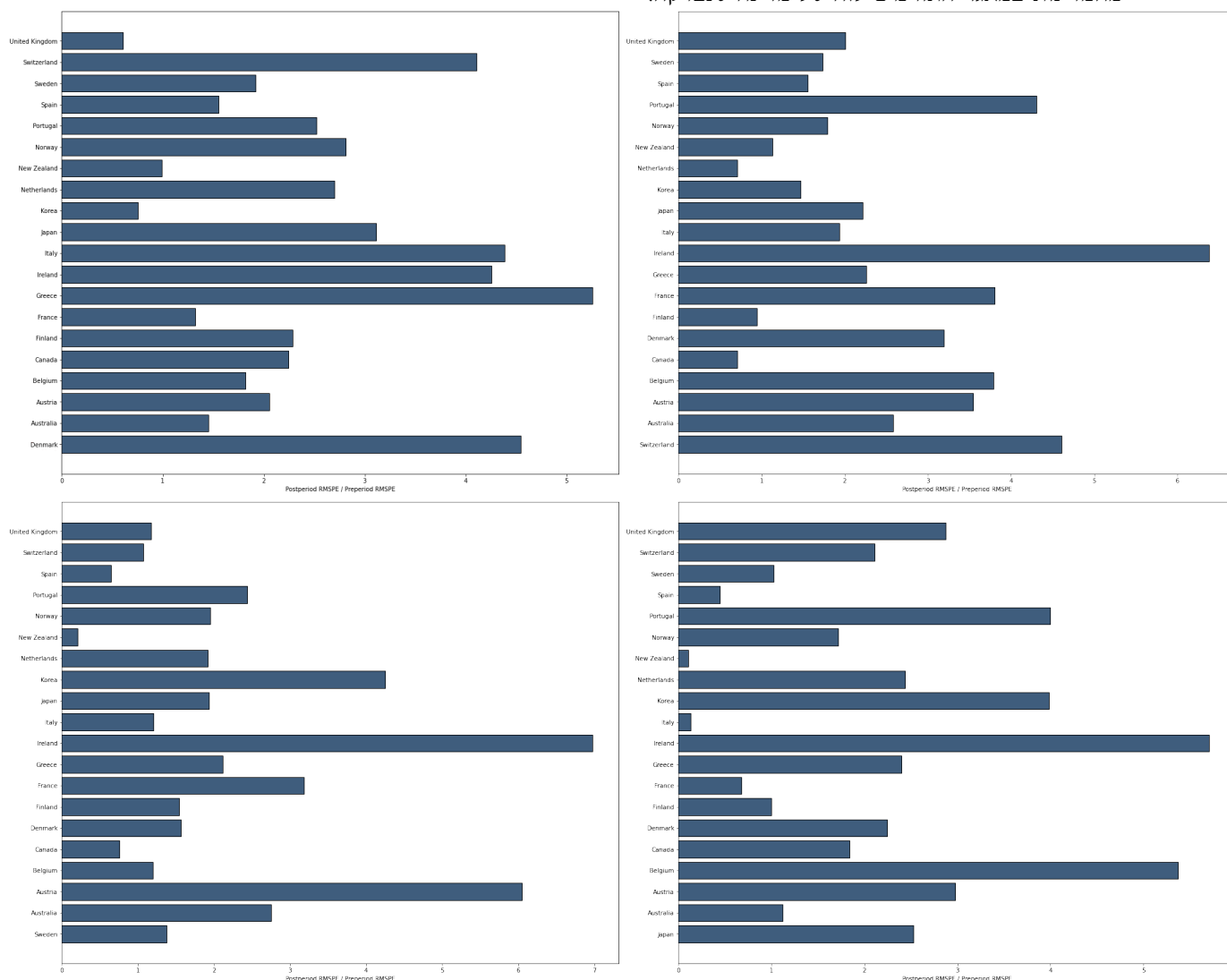
כאשר:

$$R_j(t_1, t_2) = \left(\frac{1}{t_2 - t_1 + 1} \sum_{t=t_1}^{t_2} (Y_{jt} - \hat{Y}_{jt}^N)^2 \right)^{1/2}$$

ו- \hat{Y}_{jt}^N הוא האומדן בתקופה t כאשר יחידה j מוגדרת להיות יחידת ההתערבות, וכל שאר היחידות משמשות כמאגר תורמים.

זה הוא למעשה היחס בין טעויות האומדן הריבועית הממוצעת (RMSPE) לאחר ההתערבות וטרנס ההתערבות. כאמור, אוסף יחסים זה יוצר התפלגות ועבור אפקט משמעותי נצפה לקבל יחס גבוה באופן משמעותי ליחידה הראשונה, לעומת היחסים של יחידות הבקרה.

להלן גרפי עמודות של בדיקת הפלסבו במקום עבור כל אחת מהמדינות שבדקנו, המשווה את יחס ה-RMSPE של כל אחת מהמדינות במאגר התורמים לזה של מדינה שנבדקה.



המדינה הנבדקת היא תמיד השורה התחתונה ביותר. סדר הגרפים הוא דנמרק, שווייץ, יפן ושוודיה, משמאל למעלה, עם כיוון השעון.

ניתן לראות שבאף אחד מהגרפים יחס ה-RMSPE של היחידה הנבדקת אינו גבוה בצורה חריגה ביחס ליחסי ה-RMSPE של שאר המדינות, מה שמצביע על כך שהאפקט של ההתערבות אינו משמעותי. הערכים המספריים מופיעים בטבלאות במחברת ג'ופיטור המצורפת.

מסקנות ועבודת המשך

ראינו שבגרפים המשווים את מגמת היחידה שעברה התערבות ל-Synthetic Control לא ניתן לראות הפרש משמעותי לאחר ההתערבות. בנוסף, יחס ה-RMSPE, המעיד על עוצמת ההתערבות, אינו גדול בצורה חריגה ביחס לאפקט שהיה יכול להתקבל מהתערבות דומה במדינות אחרות.

בהתאם לכך, מהנתונים הנ"ל ניתן ללמוד שלהחלת ריבית שלילית על כלכלת מדינה על ידי הבנק המרכזי שלה אין אפקט משמעותי על צמיחת הכלכלה, אם בכלל.

ראוי לציין שהזמן שעבר מאז ההתערבות הוא קצר יחסית במונחים של מדינות וכלכלות, ויתכן שהאפקט הוא ארוך טווח ולא ניתן לראותו בשלב זה.

סיבה אפשרית אחת לכך שלריבית השלילית אין אפקט משמעותי היא שהורדת ריבית חיובית נמוכה מאוד או אפסית לריבית שלילית היא למעשה אינה משמעותית עבור הכלכלה. על אף שבמצב של ריבית שלילית הבנקים המסחריים והממשלות נדרשים לשלם ריבית על אחסון כספים אצל הבנק המרכזי, וגם הבנק המרכזי בעצמו משלם ריבית ללווה, יתכן כי ההשפעה הנוצרת היא בעיקר פסיכולוגית ותקשורתית.

בהסתכלות לעתיד, היינו רוצים לחזור על בדיקה זו בעוד כמה שנים, כדי לבדוק אם בכל זאת יש לריבית השלילית השפעה ארוכת שנים, כפי שהצענו.

בנוסף, ב-2015 הבנק המרכזי של האיחוד האירופי הגדיר גם הוא ריבית שלילית. בהתאם, אנחנו חושבים שיכול להיות מעניין לבדוק את השפעתה הריבית שלילית על Aggregate units גדולות יותר ממדינות, לדוגמא יבשות או פדרציות של מדינות.

References

- Alberto Abadie. Using synthetic controls: Feasibility, data requirements, and methodological aspects. *Journal of Economic Literature*, 2020.
- Alberto Abadie, Alexis Diamond, and Jens Hainmueller. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of california’s tobacco control program. *Journal of the American statistical Association*, 105(490):493–505, 2010.
- Alberto Abadie, Alexis Diamond, and Jens Hainmueller. Comparative politics and the synthetic control method. *American Journal of Political Science*, 59(2):495–510, 2015.
- Laura Castillo-Martinez and Ricardo Reis. How do central banks control inflation? a guide for the perplexed. Unpublished manuscript, 2019.
- George Dalton. Economic theory and primitive society 1. *American anthropologist*, 63(1):1–25, 1961.
- Oscar Engelbrektson. Synthetic control methods. <https://github.com/OscarEngelbrektson/SyntheticControlMethods>, 2020.
- Mr Gee Hee Hong and John Kandrak. Pushed past the limit? How Japanese banks reacted to negative interest rates. International Monetary Fund, 2018.
- Michael Jacobs. Beyond growth: towards a new economic approach. OECD Publishing, 2020.
- Sarwat Jahan, Ahmed Saber Mahmud, and Chris Papageorgiou. What is keynesian economics? International Monetary Fund, 51(3), 2014.
- Philipp Lepenies. The power of a single number: a political history of GDP. Columbia University Press, 2016.
- Jahan Sarwat. Inflation targeting: Holding the line. Finance & Development, 2015.
- Claudia B Wohle. An insider’s guide to negative interest rates. 2017.