

## חלק ב': הרחבה בסוגיות נבחרות

מדובר כאן בחיזוי הנתון העתידי של התוצר על סמך נתוני עבר, אלא בחיזוי התוצר לרביע מסוים שנסתיים זה עתה לפני שנתקבלו הנתונים הרבעוניים על אודותיו באמצעות נתונים חודשיים. על כן שיטה זו מכונה nowcasting - "חיזוי ההווה".

השאלה העומדת בבסיסה של שיטה זו היא: מהי הדרך היעילה ביותר לרתום את המידע הגלום באותם נתונים הזמינים בתדירות חודשית להערכת התמ"ג של הרביע? במחלקת המחקר של בנק ישראל נבנו במהלך השנה האחרונה שני מודלים העונים על שאלה זו בשתי דרכים שונות – ישירה<sup>1</sup> ועקיפה<sup>2</sup>. להלן נציג את שני המודלים האלה ואת המתודולוגיה שעליה הם מבוססים, ונבחן את יכולת החיזוי שלהם.

### המודל הישיר<sup>1</sup>

#### תיאור המודל

השימוש במאגר נתונים גדול (בידינו מעל 150 סדרות חודשיות) מציב בפני החוקר בעיה: הגיוני להניח כי לא לכל המשתנים הנמצאים במאגר ההתחלתי יש אותה יכולת הסבר בזמן אמת – חלקם חשובים מאוד וחלקם (אולי רובם) מיותרים; עלינו לבחור את המשתנים האינפורמטיביים ביותר, לרביע הנוכחי, ולהשתמש רק בהם, והבעיה היא כיצד לבחור.

הבעיה של צמצום מאגר נתונים גדול לכדי מספר מצומצם של משתנים ידועה בספרות הסטטיסטית כבעיה של "הורדת ממד" והיא אחת השאלות הבסיסיות והוותיקות של מדע הסטטיסטיקה<sup>2</sup>. אנו עושים שימוש בשיטה חדשה, שפותחה, בין היתר, למטרה זו – שיטת ה-Elastic-Net<sup>3</sup>.

### אמידה מוקדמת של נתוני התוצר המקומי הגולמי על פי נתונים חודשיים

התוצר המקומי הגולמי (התמ"ג) הוא אומדן הן לסך המוצרים הסופיים המיוצרים במשק והן לסך ההכנסות (מעבודה ומהון) במשק, ומכאן חשיבותו הרבה לבנק ישראל כתשומה בקביעת המדיניות המוניטרית. על אף חשיבותו, נתון זה מתפרסם כשישה שבועות לאחר סיום הרביע, ולפיכך, בעת ההחלטה על הריבית חסר לקובעי המדיניות מידע חשוב על מצב המשק. בעיה זו אינה ייחודית לישראל. נתוני התמ"ג הם מורכבים ביותר ומבוססים על מידע רב מענפי המשק ועל סקרים שונים, ועיבוד הנתונים הממושך מביא לעיכוב בפרסום נתון זה ברוב מדינות העולם (לוח ב'-1).

בעוד שנתוני התמ"ג מתפרסמים, כאמור, כשישה שבועות לאחר סיום הרביע, ישנם נתונים רבים, בעלי חשיבות כלכלית לא מבוטלת, המתפרסמים בתדירות חודשית, ומשמשים את קובעי המדיניות לניתוח מצב המשק - ביניהם היבוא והיצוא (בדולרים), מדד אמוץ הצרכנים, מדד מנהלי הרכש, מדדי הייצור והמועסקים בענפי התעשייה השונים ועוד.

כדי לאמוד את התוצר נבנה מאגר המכיל סדרות נתונים חודשיות מענפים רבים, מישראל ומהעולם כולו.

הואיל ונתונים אלו מקיפים מיגוון רחב של נושאים כלכליים, ניתן להשתמש במידע הגלום בהם לאמידת הנתון הצפוי של התמ"ג טרם פרסומו. חשוב לציין כי לא

### לוח ב'-1: השוואה בין לאומית של זמני פרסום התמ"ג הרבעוני

המדינה/האזור	פרסום ראשון (עיכוב בימים לאחר תום הרביע)
אנגליה	23
ארה"ב	30
אירופה	43
ישראל	45
יפן	46
קנדה	60

<sup>1</sup> G. Dafnai and J. Sidi (2010). Nowcasting Israel GDP Using High Frequency Macroeconomic Disaggregates. Bank of Israel, Discussion Paper No. 2010.16

<sup>2</sup> R. A. Fisher (1922). On the mathematical foundations of theoretical statistics. Philos. Trans. Roy. Soc. London Ser. A 222 309368

<sup>3</sup> H. Zou, and T. Hastie (2003). Regularization and Variable Selection via the Elastic Net. JRSSB (2005) 67(2) 301-320

בתקופה זו מדינת ישראל עברה שתי תקופות מיתון – התפוצצות בועת הטכנולוגיה העילית (2002/I עד 2000/IV) והמשבר העולמי (III/2008 עד II/2009) – ותקופה אחת של צמיחה גבוהה במיוחד (VI/1999 עד III/2000).

כדי לאמוד את טיב התחזית ביצענו תחזית מחוץ למדגם (כלומר בדקנו מה היה התוצר החזוי, בהינתן הנתונים עד לאותה התקופה), החל מהרביע השני של שנת 2004. כפי שניתן לראות באיור ב'1, התחזית מיטיבה מאוד לתפוס את המגמה הכללית של שיעור השינוי בתוצר, והשגיאה הממוצעת (בערכים מוחלטת) בתקופה זו היא **1.62 נקודות אחוז בלבד**.

אחד היתרונות החשובים של שיטת ה-Elastic-Net הוא היכולת להצביע על המשתנים שיכולת ההסבר שלהם היא הגבוהה ביותר. ואכן נמצא במחקר כי ישנן מספר סדרות המאופיינות ביכולת הסבר גבוהה לאורך זמן:

**מספר המועסקים בענף המנועים והרכיבים האלקטרוניים:** ענף זה הוא מצרף של שלושה ענפי תעשייה עתירי טכנולוגיה עילית, המכילים (בין השאר) חברות המייצרות מוליכים-למחצה, מכשור אופטי ומכשור רפואי מתוחכם. על אף משקלן הנמוך יחסית במספר המועסקים (20 אחוזים מסך כל המועסקים בתעשייה), חברות אלו הן המקור לשליש מסך תשלומי השכר ומכל הערך המוסף של הייצור התעשייתי בישראל<sup>5</sup>. חברות עתירות טכנולוגיה עילית גם מאופיינות לרוב בגמישות גבוהה של כוח העבודה, המאפשרת תגובה מהירה לשינויים במצב הכלכלי. משום כך הגיוני שמשנתה זה הוא בעל היכולת הגבוהה ביותר להסבר שיעור השינוי של התוצר בישראל, לאורך כל תקופת המדגם.

**יצוא הסחורות של ארה"ב ומדד מנהלי הרכש של אירופה:** שני משתנים אלו מבטאים את רמת הסחר העולמי. בישראל היצוא מהווה כ-37 אחוזים מהתמ"ג (ב-2010), ומשום כך התוצר מושפע מאוד מהסחר העולמי בהווה ומזה הצפוי. רמת היצוא של ארה"ב מבטאת את רמת הסחר העולמי בהווה, ומדד מנהלי הרכש של אירופה – את רמתו הצפויה.

שיטת ה-Elastic-Net מאפשרת אמידת משוואת רגרסיה תוך בחירה של המשתנים החשובים ביותר ודחייתם של שאר המשתנים, באמצעות הוספת שני אילוצים על הערכים של מקדמי הרגרסיה – אחד על סכום הערכים המוחלטים והשני על סכום הריבועים<sup>4</sup>. הוספת האילוצים משפרת את טיב התחזית על ידי ניצול התחלופה בין ההטיה של המקדמים לבין השונות שלהם (Bias Variance Trade-Off). במילים אחרות: אנו מאלצים את המקדמים להיות שונים מ"ערכיהם האמיתיים", ובכך מקבלים יציבות רבה יותר, ולכן תחזית טובה יותר.

במסגרת המודל הישיר אנו בוחנים את יעילותה של שיטת ה-Elastic-Net לאמידת נתוני התוצר באמצעות מודל דינמי: המשתנים הנבחרים ומשקל כל אחד מהם בתחזית נאמדים מחדש בכל רביע, וכך מובטח שהמודל יגיב לשינויים מבניים בכלכלה בזמן אמת.

### תוצאות ומסקנות

בתקופת המדגם (I/1998 עד III/2010) התמ"ג של ישראל צמח בממוצע ב-3.6 אחוזים לרביע (במונחים שנתיים).



<sup>4</sup> בצורה פורמלית Elastic Net הוא הפתרון לבעיה הבאה:

$$\min_{\beta} \left[ \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i' \beta)^2 + \lambda P_{\alpha} \right]$$

$$P_{\alpha} = (1-\alpha) \frac{1}{2} \|\beta\|_2^2 + \alpha \|\beta\|_1 = \sum_{j=1}^p \left[ \frac{1}{2} (1-\alpha) \beta_j^2 + \alpha |\beta_j| \right]$$

<sup>5</sup> הלמ"ס – סקר התעשייה (2006), לוח 6 (מפעלים, משרות ותמורה למשרות, לפי הענף הכלכלי).

$(Y+IM=C+G+I+X)$ . על פי זהות זו סכום התוצר (סך כל המוצרים והשירותים המיוצרים) ועוד היבוא (סך כל המוצרים והשירותים שהמשק עשה בהם שימוש למטרות שונות, בתקופת זמן נתונה. מאחר שהתוצר בישראל (כמו במדינות רבות) מחושב על סמך זהות זו, היא מתקיימת בפועל בנתוני החשבונאות הלאומית.

יתרונו של המודל העקיף הוא בחיזוי השימושים הספציפיים, שכן אלה מסייעים בנייתו הכלכלי של השינוי בתוצר.

### תיאור המודל

התוצר נאמד בשני שלבים: השלב הראשון הוא אמידת סעיפים מרכזיים של החשבונאות הלאומית – הצריכה, ההשקעה<sup>8</sup>, היצוא והיבוא – באמצעות משוואות גישור

**מספר הלינות של תיירים:** משתנה זה משמש אומדן למצב הביטחוני בישראל<sup>6</sup>. מתוצאות המודל עולה כי עד מלחמת לבנון השנייה המצב הביטחוני לא היה משתנה חיוני להסבר הפעילות הכלכלית בישראל, ומכאן אי יכולתו של המודל לחזות את הירידה יוצאת הדופן של התוצר ברביע שבו התנהלה המלחמה. לאחר המלחמה עלתה יכולת ההסבר של משתנה זה.

**משתנים נוספים:** מחיר הנפט, סקר המעסיקים ומדד הייצור התעשייתי בענפי האלקטרוניקה.

### המודל העקיף<sup>7</sup>

המודל הישיר מבקש, כאמור, לספק את התחזית הטובה ביותר בעזרת "הורדת הממד" של מאגר הנתונים; המודל העקיף עושה זאת על סמך זהות מקורות ושימושים

לוח ב'-2: משקל כל משתנה בתחזית

הרכיב המוסבר	הצריכה הפרטית	ההשקעה בקבועים	ההשקעה במלאי	יצוא הסחורות והשירותים	יבוא הסחורות והשירותים	התוצר המקומי הגולמי
יבוא בני קיימא	0.0***	1.0***	25.0***	66.0***	77.0***	64.0***
תקבולי מע"מ	40.0**	30.0	6569***	2.0***	1.0***	60.0**
מדד אמון הצרכנים	82.0***	1.0***	9996***	20.0***		30.0**
מדד המניות הכללי	30.0***	80.0***	31304***			
בריאות רווחה וסעד	41.0***	-24.0***				
יבוא התשומות לייצור	30.0*					
המשתנה המוסבר בפיגור	-2.0**					

(1) המשקל הוא למעשה המקדם ברגרסיה. רמת המובהקות הסטטיסטית מסומנת בכוכביות. \* מובהק ב-10%; \*\* מובהק ב-5%; \*\*\* מובהק ב-1%.

<sup>6</sup> על פי מחקר שערכו רן שהרבני ויגאל מנשה פנימי בבנק ישראל (2010).

<sup>7</sup> T. Kriaf (2011). A Nowcasting Model for GDP and Its Components. Bank of Israel. Discussion Paper No. 2011.01.

<sup>8</sup> מפני המאפיינים המיוחדים של ההשקעה במלאי נאמדה סדרה זו בנפרד משאר ההשקעה (ההשקעה בנכסים קבועים).

מהאיור עולה כי המודל תופס את סביבת הצמיחה ואת מרבית השינויים במחזור העסקים בתקופה הנסקרת, אף כי לא תמיד בעוצמה הנכונה. כך, למשל, המודל מתפקד היטב בחיזוי המשבר האחרון, שהחל במחצית השנייה של 2008, הן מבחינת עיתויו והן מבחינת עוצמתו של שינוי המגמה ביחס לשנים שקדמו לו, אך שיעורה החזוי של הירידה בפעילות בשיא המשבר גדול במידה ניכרת מן השיעור בפועל. יש לציין שהירידה המתונה של התוצר במהלך המשבר אכן הייתה מפתיעה, וגם בדיעבד קשה להסביר אותה – במיוחד לנוכח הירידה החדה של כל השימושים (במיוחד היצוא).

בתקופה I/2004 עד II/2010 הטעות הממוצעת בערך מוחלט עומדת על 1.8 אחוזים במונחים שנתיים.

### אומדן לערך המוסף של היצוא

- שיעור הערך המוסף ביצוא עומד בשנים האחרונות על כ-60 אחוזים.
- שיעור הערך המוסף ביצוא השירותים עומד בשנים האחרונות על כ-70 אחוזים.
- שיעור הערך המוסף ביצוא הסחורות עומד בשנים האחרונות על כ-52 אחוזים.
- שיעור הערך המוסף ביצוא השירותים עלה בין 1995 ל-2006, בעיקר עקב עלייה של משקל השירותים האחרים בסך יצוא השירותים<sup>9</sup>.
- בין 1995 ל-2006 ירד שיעור הערך המוסף ביצוא הסחורות – תוצאה של שינוי בהרכב היצוא והרעה בתנאי הסחר.

היצוא הוא חלק חשוב של הפעילות הכלכלית בישראל. משקל היצוא (ללא יהלומים) בתוצר מגיע ל-33 אחוזים, אך הערך המוסף של היצוא נמוך יותר, כ-20 אחוזים, שכן היצוא כולל תשומות מיובאות. בחישוב הערך המוסף של היצוא מובא בחשבון רכיב התשומות המיובאות, אך גם התרומה העקיפה של היצוא לתוצר – תרומה הנובעת מרכישת תשומות שמקורן בשוק המקומי. כך, למשל, ליצוא של שירותים עתירי ידע (שירותי מחשוב ושירותי

<sup>9</sup> חלק ניכר מהיצוא של "השירותים האחרים" מישראל (כ-65 אחוזים) הם שירותי מחשב ושירותי מחקר ופיתוח, המוגדרים כשירותים עתירי ידע. שירותים נוספים הכלולים ב"שירותים האחרים" ונסחרים בעולם הם שירותי בנייה, אדריכלות, עריכת דין, חשבונאות ועוד.

(bridge equation), בנתונים חודשיים המכילים מידע על רכיבים אלו, אך מתפרסמים מוקדם יותר.

הצריכה הציבורית לא נאמדה במודל, משום שלא נמצאו משתנים הנותנים אינדיקציה כלשהי לגביה בזמן אמת. לפיכך הצריכה הציבורית נחזית על פי קו המגמה. רגישותה של תחזית התוצר לשגיאה בתחזית הצריכה הציבורית נמוכה, מפני המשקל הנמוך של השינויים בצריכה הציבורית בסך השינוי בתוצר.

לאחר אמידת כל אחד מרכיבי השימושים יוצרים משתנה סינתטי של התוצר (התוצר הנגזר) על ידי סכימה של כל הרכיבים שאמדנו עד כה, בהתאם לזהות המקורות והשימושים (סך השימושים פחות היבוא). כדי להשיג דיוק מרבי בחיזוי התוצר הוכללו באמידה, נוסף על התוצר הנגזר, גם משתנים נוספים, שמסיבות תיאורטיות ו/או אמפיריות צריכים להיכלל באמידה ישירה של התוצר, אך לא של רכיב ספציפי כלשהו של השימושים. גישה זו אמנם סוטה מהזהות החשבונאית, אך יש לזכור כי השימוש בזהות הוא אמצעי לחיזוי מדויק ככל הניתן, לא מטרה בפני עצמה.

### תוצאות ומסקנות

איור ב-2 מציג את התוצר בפועל, את התוצר הנאמד בתוך המדגם ואת התוצר החזוי מחוץ למדגם בתקופה I/2004 עד II/2010. תקופה זו כוללת תקופה ארוכה של צמיחה יציבה, וכן את תקופת המשבר האחרון והיציאה ממנו.

