

מודל חדש להערכת צמיחת התוצר במשק בזמן אמת

טים גינקר* וטניה סוחוי**

תקציר

עבודה זו מציגה מודל חדש שפותח בבנק ישראל ל- "חיזוי ההווה" (Nowcasting¹) של צמיחת התוצר הרבעוני. בנוסף לחיזוי הצמיחה הרבעונית, המודל מאפשר יצירת מדד חודשי לפעילות ריאלית שמוצג במונחי צמיחת התוצר החודשית הבלתי נצפית. המדד עקבי עם התחזית לצמיחה הרבעונית במובן שהתחזית הרבעונית לצמיחת התוצר מתקבלת מהסיכום של המדדים לצמיחה החודשית. בהשוואה למדד המשולב למצב המשק שמופק ע"י בנק ישראל, המדד המוצע מבוסס על פאנל נתונים רחב יותר ועל כן עשוי לשקף במידה מדויקת יותר את הדינמיקה של הפעילות הריאלית בתדירות החודשית.

* החטיבה למידע ולסטטיסטיקה, בנק ישראל.
** חטיבת המחקר, בנק ישראל.

¹ אמידת הצמיחה שהתרחשה אך טרם פורסם הנתון הרשמי עבורה.

1. מבוא וסקירת ספרות

התוצר של המשק הוא האינדיקטור החשוב והמקובל ביותר לרמת הפעילות הכלכלית המצרפית. נתוני התוצר מתקבלים בתדירות רבעונית ובאיחור של כשישה שבועות מתום הרבעון. אמידה של נתון זה בזמן אמת (אומדן בזק - נאוקאסט), דהיינו, תוך כדי או בסמיכות לתום הרבעון ועד לפרסום של הסטטיסטיקה הרשמית, נועדה לסייע לקובעי המדיניות בהערכה של הפעילות הכלכלית וההשפעה של צעדי המדיניות בטווח הקצר. קבלת תמונת מקרו-כלכלית עדכנית היא בעלת חשיבות מכרעת בתקופות של משבר (כמו בתקופת הסגרים שהוטלו בעקבות התפרצות מגפת הקורונה), שמאופיינות בשינויים מהירים שיוצרים אי-ודאות רבה לגבי המצב הכלכלי הנוכחי.

עבודה זו מתארת מודל "אומדן בזק" לצמיחת התוצר, שפותח לאחרונה בבנק ישראל על-ידי Ginker and Suhoy (2022). המודל מספק אומדני זמן אמת לשיעורי הצמיחה בתוצר בתדירות חודשית ורבעונית. אומדן הבזק לצמיחה הרבעונית מתקבל מתוך סיכום האומדנים לצמיחה החודשית. יתרון בולט של שיטה זו הוא שבנוסף לתחזית הרבעונית הוא מספק אינדיקטור לרמת הפעילות המצרפית ברמה החודשית, אשר מופקת במונחים נוחים של צמיחת התוצר ועקבית עם אומדן הבזק הרבעוני.

המודל המוצע שייך למשפחה של המודלים של פקטורים דינמיים (Dynamic Factor Models). בעבודתם החלוצית, Stock and Watson (1989, 1991, 1993) הראו כי ניתן לסכם את הדינמיקה המשותפת של מגוון סדרות כלכליות במספר מצומצם יותר של גורמים משותפים (פקטורים), אשר יכולים לשמש גם לתיאור תמונה מקרו-כלכלית וגם לחיזוי. מודלים מסוג זה הפכו מהר מאוד לכלי נפוץ לניתוח ולחיזוי מקרו-כלכלי בבנקים מרכזיים בעולם (ראו לדוגמה Banbura et al. 2013). אחת הסיבות לכך היא שהם מציעים דרך פשוטה להתמודדות עם מגוון אתגרים יישומיים. כך למשל, הם מאפשרים שילוב של סדרות בעלות תדירויות שונות באותו מודל וגם התמודדות עם מגוון סוגים של תצפיות חסרות.

כיום יש בארה"ב שלושה מודלים ידועים שמשמשים את סניפי הפדרל ריזרב (הפד) לחיזוי צמיחת התוצר. אחד מהם הוא המודל שנקרא GDPNOW שפותח ע"י Higgins (2014) מהפד של אטלנטה. מודל זה משתמש במגוון כלים סטטיסטיים לחיזוי התוצר דרך חיזוי רכיביו. מודל נוסף פותח על-ידי Bok et al (2017) מהפד של ניו יורק. מדובר במודל של גורמים דינמיים לחיזוי על בסיס קבוצה רחבה של סדרות חודשיות ורבעוניות. המודל הקרוב ביותר למתודולוגיה שמישמת בעבודה זו הוא של Brave et al (2019). מהפד של שיקגו. מדובר במודל "ביג דאטה" של פקטורים דינמיים שמשלב הורדת ממד בעזרת טכניקת מרכיבים ראשיים שמשתמש במאות סדרות לחיזוי צמיחת התוצר.

המשך העבודה כדלקמן. סעיף 2 מתאר את הנתונים, סעיף 3 את האתגרים היישומיים ומבנה המודל. בסעיף 4 מוצגת בחינת טיב החיזוי על נתונים היסטוריים. בסעיף 5 נתאר את האומדן לצמיחת התוצר החודשי ובסעיף 6 נסכם.

2. הנתונים

המודל מבוסס על קבוצה של 30 סדרות כלכליות המשמשות כמשתנים מסבירים (לרשימה המלאה ראו טבלה 4 ב-Ginker and Suhoy (2022)). סדרות אלה כוללות סדרות חודשיות, שבועיות, יומיות ואפילו תוך יומיות. מלבד משתנה המטרה דהיינו צמיחת התוצר שנכנס למודל בתדירות רבעונית, כל הסדרות נכנסות למודל בתדירות חודשית, כך שבמודל יש שתי תדירויות בלבד: רבעונית וחודשית. סדרות שנמדדות בתדירות גבוהה יותר, כמו סדרות שבועיות, יומיות ושעתיות, מסוכמות לתדירות חודשית.

קבוצת הסדרות כוללת את מדד הייצור התעשייתי, מספר סדרות של פדיון, כמו פדיון בענף המסחר ופדיון בענף השירותים, מכירות ברשתות קמעוניות, התחלות בנייה, צריכת בניין, מספר סדרות מענף סחר חוץ, מספר סדרות שמייצגות את צד הביקוש בשוק העבודה, אמון צרכנים, סדרות מתחום המיסים, מחיר הדלק, מדד מניות הכללי ומספר מדדים של מנהלי רכש. קבוצה רחבה זו כוללת סדרות שנעשה בהן שימוש לאחרונה בבנק, כמו נפח השימוש היומי בכרטיסי אשראי ונתונים תוך-יומיים של צריכת חשמל.

בנוסף לסדרות הללו עושה המודל שימוש בסדרות מסקר המגמות בעסקים. סקר זה שמנוהל משנת 2011 על-ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה הוא סקר עם חובת השבה, אשר סוקר 1600 מנהלי חברות בענפי הייצור, הבנייה, המסחר, המלונאות והשירותים. בסקר זה מתבקשים המנהלים לתת הערכה על סולם של 5 נקודות על המצב העכשווי של העסק ולתת צפי לעתיד הקרוב. השאלות של

הסקר מתייחסות לפרמטרים העיקריים של העסק כגון ייצור, מכירות בשוק המקומי וייצוא, תעסוקה ומחירים. הסקר, שנחשב מידע רך (soft data) ומפורסם בשבוע השני בחודש, משמש במודל להשלמה בקצה של סדרות קשורות, שמגיעות בפיגור גדול יותר כמו סדרות הפדיון.

3. תיאור האתגרים ומבנה המודל

בסעיף זה נתאר את האתגרים היישומיים שניצבים בפנינו ונציג את מבנה המודל. המודל מתגבר על מספר בעיות מעשיות שאינן מקבלות מענה במודלים המסורתיים שמשמשים לחיזוי ונפרטם להלן.

אתגר ראשון - פנל לא מאוזן (Unbalanced Data Panel)

האתגר הראשון הוא בעבודה עם פנל נתונים שאינו מאוזן. כלומר, לסדרות שונות שמרכיבות את פנל המשתנים החודשיים שתוארו לעיל יש נקודות התחלה שונות וגם תאריכי הפרסום עשויים להיות שונים. כדוגמה אפשרית לכך ניתן לקחת את המדד של הייצור התעשייתי שמתקבל בתדירות חודשית משנת 1996 ומתפרסם בפיגור של 7-8 שבועות מתום החודש אליו הוא מתייחס, בעוד שהסדרה של משרות פנויות זמינה רק מיוני 2009 ומתפרסמת בפיגור של שבועיים בלבד.

הסדרות הראשונות שמתפרסמות מיד בתום החודש הן, למשל, מדד המניות הכללי, מחיר חבית נפט גולמי, רכישות בכרטיסי אשראי, צריכת חשמל ומע"מ. סדרות שמתפרסמות בפיגור של חודש עד חודשיים הן, למשל, מועסקים בשוק העבודה, צריכת בנזין וסדרות של סחר חוץ. בטבלה שלהלן מודגמת תהליך זרימת המידע בחודש פברואר:

טבלה 1 - דוגמה לתהליך זרימת המידע בחודש פברואר

מספר השבוע בפברואר	סדרות שמגיעות
1	מדד מניות, רכישות בכרטיסי אשראי, צריכת חשמל ומע"מ לחודש ינואר
2	סקר מגמות בעסקים, מיסים לחודש ינואר
3	משרות פנויות וחלק מסדרות סחר חוץ לחודש ינואר
4	מדדים של מנהלי הרכש לחודש ינואר ומדדי פדיון לחודש דצמבר של שנה שעברה

חוסר האיזון שיש בנתוני הפנל מהווה אתגר בבניית מודל, שכן המודלים המסורתיים לחיזוי, כגון מודל רגרסיה ליניארית או מודל משוואות גישור (Bridge Equation model), דורשות פנל מאוזן שבו יש לסדרות את אותן נקודות התחלה ואין תצפיות חסרות בסוף הסדרה. כתוצאה, מודלים מסורתיים מוגבלים בכך שהעומק ההיסטורי של כל הסדרות במודל נקבע לפי הסדרה עם העומק הקצר ביותר וכן המועד שבו החיזוי יתקבל נקבע לפי הסדרה בעלת תאריך הפרסום המאוחר ביותר. המודל החדש מאפשר שימוש בסדרות עם היסטוריה קצרה, כגון, סדרות מסקר מגמות בעסקים שמתקבל במתכונתו הנוכחית משנת 2016, מבלי לקטום את כל הסדרות האחרות בפנל בתאריך ההתחלתי של הסקר. כתוצאה, המודל מייצר תחזית עם כל המידע שזמין לאותה עת, החל מהחודש השני של הרבעון החזוי ומתעדכן על בסיס שבועי בהתאם לזרימת הנתונים.

אתגר שני - יתר פרמטרים (Over parameterization)

האתגר השני הוא הכללת קבוצה רחבה של סדרות במודל, על מנת להפיק מידע מסדרות שמשקפות היבטים שונים ומגוונים של הפעילות הכלכלית. רוב הסדרות המקרו-כלכליות זמינות בתדירות חודשית או רבעונית בלבד. הדבר מגביל משמעותית את מספר המסבירים שניתן לשלב במודל. מסיבה זו כוללים מודלים מסורתיים באופן טיפוסי רק כמות מצומצמת מאוד של סדרות, בגלל הבעיה של ריבוי פרמטרים. המודל החדש כולל בתוכו קבוצה רחבה של סדרות באמצעות ייצוג על-ידי מספר קטן של גורמים. קבוצה רחבה זו כוללת בין היתר סדרות שנעשה בהן שימוש לאחרונה בבנק, כמו נפח השימוש היומי בכרטיסי אשראי וצריכת חשמל.

אתגר שלישי - תדירויות מעורבות (Mixed Frequencies)

האתגר השלישי הוא בעבודה עם תדירויות מעורבות. במסגרת הניתוח שלנו, משתנה המטרה שאותו נרצה לחזות הוא צמיחת התוצר שנמדד בתדירות רבעונית, בעוד ששאר המשתנים נמדדים בתדירות חודשית. המודלים המסורתיים שהזכרנו יודעים לעבוד רק עם

תדירות אחת בלבד והם הופכים לכן את המשתנים החודשיים למשתנים רבעוניים על-ידי סיכום על פני רבעון ובכך אובדת הדינמיקה החודשית של המשתנים שמהווה אינפורמציה חשובה. המודל החדש ממפה את הקשר בין המשתנה הרבעוני למשתנים החודשיים באופן ישיר, ללא צורך בביצוע סיכום מקדים של המשתנים החודשיים על פני הרבעון.

מבנה המודל

מטרת המודל היא לחזות את צמיחת התוצר שהיא השינוי הרבעוני בתוצר ולבצע בנוסף הערכה לצמיחת התוצר בתדירות חודשית, שכיום לא נמדדת בפועל על-ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ולכן נתייחס אליה במודל כאל משתנה בלתי נצפה. להלן תרשים זרימה של שלבי המודל:

תרשים 1 - שלבי המודל



שלב א' - תיאור הקשר שבין צמיחת התוצר הרבעוני לבין צמיחת התוצר החודשי

נסמן את (רמת) התוצר הרבעוני באמצעות המשתנה GDP^Q ואת (רמת) התוצר החודשית באמצעות המשתנה GDP^M . המשוואה הראשונה במודל מקשרת בין התוצר בתדירות רבעונית לבין התוצר בתדירות חודשית, כך שהתוצר שווה לסכום שלוש חודשי התוצר באותו רבעון כלומר:

$$GDP^Q = GDP^{m1} + GDP^{m2} + GDP^{m3}$$

נסמן ב- Y^Q את צמיחת התוצר הרבעוני, שהוא השינוי ברמת התוצר הרבעוני². כך, למשל, הצמיחה ברבעון השני הוא השינוי בתוצר שהתרחש בין הרבעון הראשון לשני.

$$Y^Q = GDP^Q - GDP^{Q1}$$

באמצעות זהות זו נוכל לתאר את צמיחת התוצר הרבעוני באמצעות שלושת רמות התוצר החודשיים ברבעון.

$$Y^Q = GDP^Q - GDP^{Q1} =$$

$$GDP_{(Q2)}^{m1} + GDP_{(Q2)}^{m2} + GDP_{(Q2)}^{m3} - GDP_{(Q1)}^{m1} - GDP_{(Q1)}^{m2} - GDP_{(Q1)}^{m3}$$

לאחר הוספה והפחתה של מספר ביטויים ומספר פעולות חשבוניות, נקבל את המשוואה הראשונה במודל:

² צמיחת התוצר היא, באופן מדויק יותר, אחוז השינוי בתוצר ששווה בקירוב לשינוי (הפרש) בלוג טבעי של התוצר ולא השינוי בתוצר שמובא בעבודה זו לשם פשטות.

$$Y^{Q2} = Y_{m3}^{Q2} + 2Y_{m2}^{Q2} + 3Y_{m1}^{Q2} + 2Y_{m3}^{Q1} + Y_{m2}^{Q1}$$

קיבלנו זהות שמתארת את השינוי בתוצר הרבעוני כסיכום מסוים של שינויים בתוצר החודשי.

שלב ב' - ייצוג המשתנים המסבירים באמצעות מספר קטן של גורמים (פקטורים)

נסמן באות n את מספר המשתנים המסבירים במודל וב- $X_1^m, X_2^m, \dots, X_n^m$ את n המשתנים המסבירים החודשיים במודל. המשתנים המסבירים לא נכנסים ישירות למודל, אלא מיוצגים על-ידי מספר קטן של פקטורים. כל פקטור הוא למעשה ממוצע משוקלל של כל אחד מהמשתנים והפקטורים נבדלים זה מזה במשקולות. נסמן באות r את מספר הפקטורים וב- F_1, F_2, \dots, F_r את r הפקטורים עצמם.

שלב ג' - תיאור הקשר בין צמיחת התוצר החודשי לבין המשתנים המסבירים

המשוואה השנייה במודל מקשרת בין צמיחת התוצר החודשית לבין הפקטורים.

$$y^{month} = \alpha + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \dots + \beta_r F_r + \varepsilon$$

המשמעות הסטטיסטית של המשוואה הזאת היא שצמיחת התוצר החודשית היא פונקציה של המשתנים המסבירים שמיוצגים במודל על-ידי מספר מרכיבים פקטורים ועוד גורם רעש.

4. בחינת טיב החיזוי

בחינת טיב החיזוי של המודל נעשתה על התקופה שלפני מגפת הקורונה ועושה שימוש במידע חודשי ורבעוני בתקופה שבין ינואר 2000 ועד לדצמבר 2019. היות והחיזוי במודל החדש יכול להיעשות על בסיס מידע חודשי חלקי ברבעון החזוי, הבחינה כללה חיזוי בהינתן מידע על חודש אחד ברבעון החזוי, חודשיים ולבסוף שלושה חודשים. הבחינה נעשתה באמצעות חיזוי מתגלגל על התקופה שבין הרבעון הראשון של 2010 ועד לרבעון הרביעי של 2019. חיזוי מתגלגל פירושו שבכל רבעון מוסיפים לקבוצת הנתונים שעליהם מתאימים את הרבעון שקדם לו או שמאמנים את המודל (training set) וחוזים את הרבעון הבא. למשל, כדי לבחון את טיב החיזוי על בסיס מידע של עד חודש אחד ברבעון, מתאימים בשלב הראשון מודל לנתונים שבין ינואר 2000 ועד לחודש הראשון של הרבעון הראשון של 2010, כולל את הנתון של צמיחת התוצר הזמין ביותר בנקודה זו³ ומבצעים תחזית לצמיחת התוצר של הרבעון ראשון של 2010. לאחר מכן מוסיפים את נתוני שלושת החודשים של הרבעון הראשון של 2010 ומוסיפים את המידע של החודש הראשון של הרבעון השני לקבוצת האימון ואת צמיחת התוצר של הרבעון הזמין ביותר ומבצעים תחזית לרבעון השני וכך הלאה.

טיב החיזוי נאמד לפי שני מדדים. הראשון הוא שורש ממוצע המרחקים בריבוע שבין התחזית לבין נתון הצמיחה הרבעוני בפועל, לפי המשוואה הבאה:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

כאשר y_i הוא הצמיחה הרבעונית בתקופה i בפועל ו- \hat{y}_i הוא הערך החזוי לאותה תקופה.

³ בשלב זה נתון התוצר האחרון הוא של הרבעון שלישי של 2009.

השני הוא ממוצע הטעות המוחלטת, שמוגדר באופן הבא:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

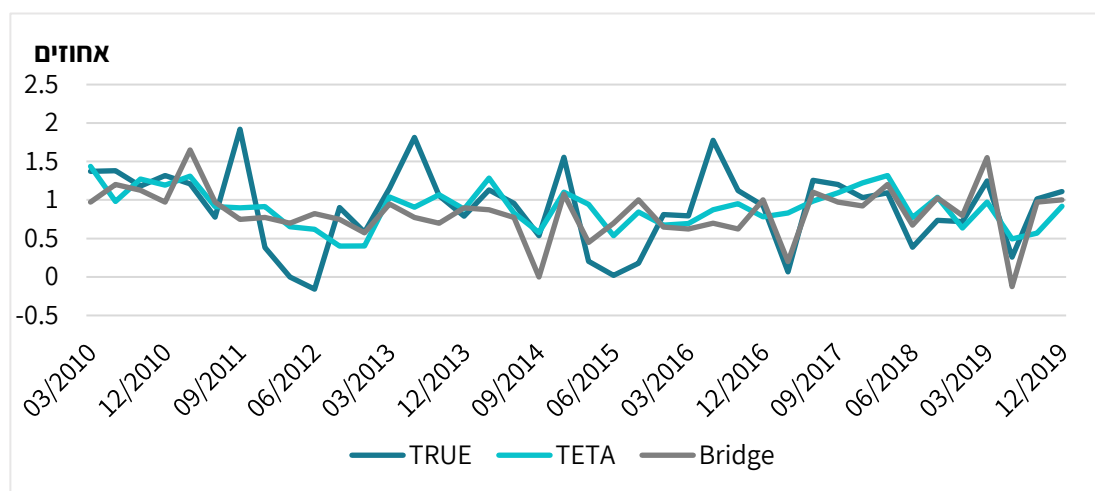
בטבלה 2 שלהלן מוצגת טעות החיזוי בהשוואה למודל הקיים היום בבנק, שמבוסס על משוואת גישור. בנוסף מוצגת בתרשים 1 שלהלן התחזית של שני המודלים (הקיים - Bridge, החדש - TETA), לעומת צמיחת התוצר בפועל. בטבלה מוצגות טעויות החיזוי על בסיס מידע עד לחודש הראשון, לחודש השני ולחודש השלישי ברבעון החזוי. ההשוואה עם מודל גישור נעשית רק עבור מידע עד לחודש השני של הרבעון, מהסיבה שהמודל מפיק כיום רק תחזית אחת, על בסיס מידע של שני החודשים הראשונים ברבעון. תוצאות החיזוי ממודל הגישור כוללות גם מרכיב שיפוטי שנעשה מחוץ למודל ושתורם לטיב החיזוי. לעומת זאת, המודל החדש לא כולל מרכיב שיפוטי.

טבלה 2 - שורש טעות ריבועית ממוצעת וטעות מוחלטת ממוצעת של המודל החדש ביחס למודל הקיים

המודל	נתונים עד חודש ראשון ברבעון		נתונים עד חודש שני ברבעון		נתונים עד חודש שלישי ברבעון	
	ריבועי	מוחלט	ריבועי	מוחלט	ריבועי	מוחלט
חדש	0.871	0.898	0.814	0.872	0.809	0.856
קיים			0.876	0.925		

ניתן לראות שבתקופה שנבחנה חוזה המודל החדש טוב יותר מהמודל הקיים, במונחי טעות ריבועית ממוצעת וגם במונחי טעות מוחלטת, כאשר החיזוי מבוסס על מידע של עד לחודשיים הראשונים של הרבעון החזוי. בנוסף מיטיב המודל החדש לחזות ביחס למודל הקיים, גם כאשר הוא משתמש רק במידע עד לחודש הראשון של הרבעון החזוי.

תרשים 1 - המודל החדש והמודל הקיים וצמיחת התוצר בפועל

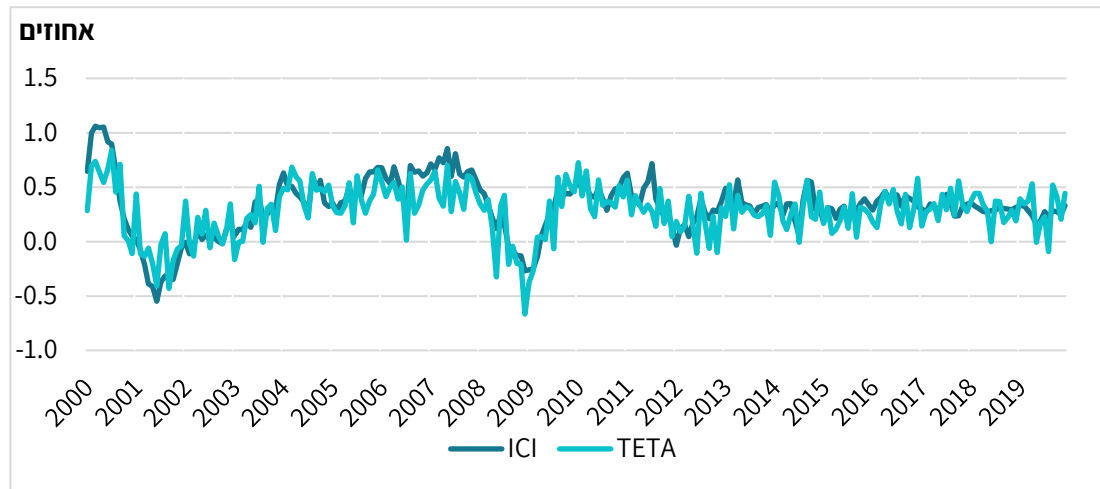


5. אומדן לצמיחת התוצר החודשי

המודל החדש ממפה את הקשר שבין צמיחת התוצר בתדירות רבעונית לבין צמיחת התוצר בתדירות חודשית, שנכנס למודל כמשתנה בלתי נצפה. כפועל יוצא מיוצר אומדן לצמיחת התוצר החודשי, שמסתכם במדויק לצמיחת התוצר הרבעוני. אומדן זה יכול לשמש להערכת הפעילות הכלכלית בתדירות החודשית.

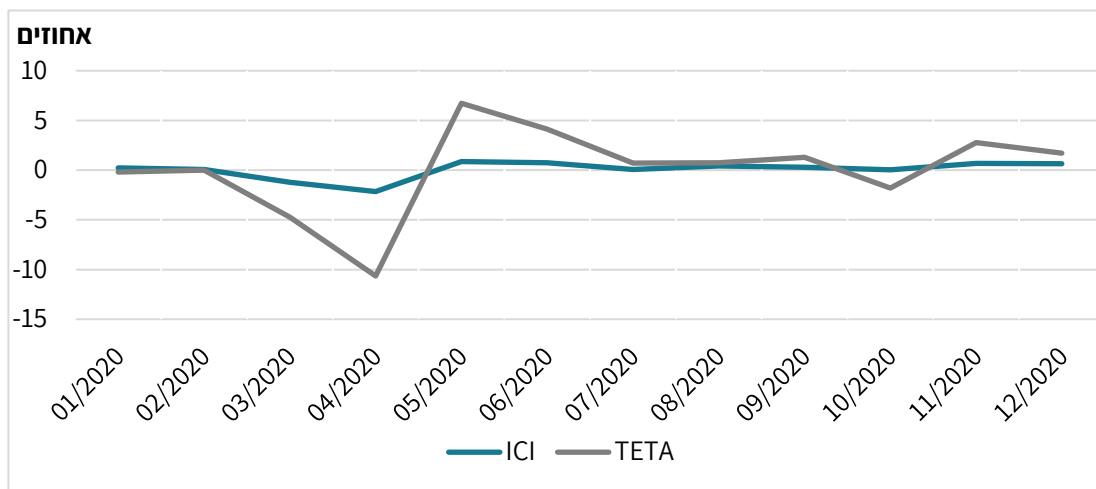
בתרשים 2 שלהלן מוצג האומדן לצמיחת התוצר בתדירות חודשית (TETA) והמדד המשולב למצב המשק (ICI) שהוא האומדן לפעילות הכלכלית בתדירות חודשית שמפורסם כיום לציבור על-ידי בנק ישראל.

תרשים 2 - אומדן לצמיחת התוצר החודשי לפי המודל החדש והמדד המשולב למצב המשק



ניתן להבחין שהאומדן של המודל החדש תנודתי יותר מהמדד המשולב למצב המשק. תנודתיות זאת נובעת בחלקה מההבדל שיש במבנה של שני המודלים. בעוד שהמדד המשולב נועד לייצג את הצמיחה "המוחלקת", מבנה המודל החדש מאלץ את הצמיחה החודשית להסתכם במדויק לצמיחה רבעונית. בנוסף משלב המודל החדש פנל רחב יותר של אינדיקטורים כלכליים. היתרון בתנודתיות זו בלט במהלך שנת 2020, בעיצומו של משבר הקורונה, שבו המדד המשולב היה קרוב ל-0 במהלך רוב התקופה ומנגד - האומדן החדש מתואם יותר עם העיתוי והעוצמה של האירועים הכלכליים שהתרחשו בתקופה זו. התפרצות המגפה גררה משבר כלכלי חזק, בעיקר בגלל הצעדים הבריאותיים שנועדו להאט את התפשטות המגפה וכללו מגבלות שונות על הציבור. תגובות מדיניות אלה כללו בין היתר את סגירת השמיים לכניסת תיירים, מגבלות על התקהלויות, מגבלות במערכת החינוך ומעבר ללימודים מרחוק וגם שלושה סגרים כלל משקיים. ניתן להבחין בתרשים את הירידה החדה בחודש מרץ, שאף התעצמה בחודש אפריל בעקבות המגבלות הקשות וכניסת המשק לסגר הראשון. העלייה בחודש מאי מתארת היטב את יציאת המשק מהסגר הראשון. ההאטה בחודש יולי נמצאת בהלימה עם תחילתו של גל המגפה השני ועם הידוק המגבלות וממשיכה את הירידה שנצפתה בחודש אוקטובר, עם כניסת המשק לסגר השני.

תרשים 3 - אומדן לתוצר החודשי לפי המודל החדש והמדד המשולב למצב המשק בשנת 2020



.6 סיכום

בעבודה זו תיארונו את מודל להערכת מצב התוצר (נאוקאסט) שנבנה בבנק. ביחס למודל הקיים, מודל זה משפר את טיב החיזוי, הן בעיתוי של החיזוי והן בדיוק. האומדן החדש לצמיחת התוצר החודשי נותן תמונה לדינמיקה התוך-רבעונית, שהתאימה יותר לסיפור הכלכלי שהתרחש במהלך שנת 2020. כיום עובדים בבנק ישראל על פיתוח והרחבה של מודלים לחיזוי מקרו-כלכלי באמצעות שימוש במידע לא-מסורתי, כגון במידע טקסטואלי, נתוני תשלומים ונתונים שניתן להוריד מהרשת באמצעות שיטות של קציר מידע - web scraping.

.7 ביבליוגרפיה

- Banbura, M., D. Giannone, M. Modugno, and L. Reichlin (2013). Now-casting and the real-time data flow. In G. Elliott and A. Timmermann (Eds.), *Handbook of Economic Forecasting*, Volume 2, pp. 195–237. Elsevier.
- Bok, B., D. Caratelli, D. Giannone, A. M. Sbordone, and A. Tambalotti (2018). Macroeconomic nowcasting and forecasting with big data. *Annual Review of Economics* 10(1), 615–643.
- Brave, S. A., R. A. Butters, and D. Kelley (2019). A new "big data" index of US economic activity. *Economic Perspectives, Federal Reserve Bank of Chicago* 43, 1–30.
- Ginker, T and T. Suhoy (2022). Nowcasting and monitoring real economic activity in Israel. Discussion Paper 2022.07, Bank of Israel.
- Higgins, P. (2014), GDPNow: A Model for GDP "Nowcasting". FRB Atlanta Working Paper No 2014-7.
- Krief, T. (2011). Nowcasting model for GDP and its components. Technical Report 2011.01, Bank of Israel.
- Mariano, R. S. and Y. Murasawa (2003). A new coincident index of business cycles based on monthly and quarterly series. *Journal of Applied Econometrics* 18, 427–443.
- Stock, J. and M. Watson (1989). New indexes of coincident and leading economic indicators. *NBER Macroeconomics Annual* 4, 351–394.
- Stock, J. and M. Watson (1991). A probability model of the coincident economic indicators. *Leading Economic indicators: new approaches and forecasting records* 66.
- Stock, J. and M. Watson (1993). *Business cycles, indicators and forecasting*, Chapter A procedure for predicting recessions with leading indicators: econometric issues and recent experience. University of Chicago Press.