

## پیش‌بینی نرخ تورم ماهانه: کاربرد الگوی تصحیح خطای داده‌های ترکیبی

### با تواتر متفاوت

محمد نوفرستی\*

محبوبه بیات\*\*

تاریخ پذیرش  
۱۳۹۵/۹/۳۰

تاریخ دریافت  
۱۳۹۵/۴/۲۳

### چکیده

در مقاله حاضر به منظور پیش‌بینی نرخ تورم ماهانه با استفاده از داده‌های سری زمانی نمونه‌گیری شده با تواترهای متفاوت، از الگوی تصحیح خطای میداس استفاده شده است. برای بررسی دقت پیش‌بینی الگو، نرخ تورم ماه‌های مهر و آبان سال ۱۳۹۵ در الگو مورد استفاده قرار نگرفته و مقادیر تورم این دو ماه پیش‌بینی شده است. سپس به وسیله داده‌های هفتگی منتشر شده از متغیرهای توضیح دهنده، مقادیر این پیش‌بینی‌ها مورد تجدید نظر واقع شده است. در عین حال الگو برای ماه آذر ۱۳۹۵، یعنی آخرین ماهی که تا زمان تدوین این مقاله نرخ تورمی از سوی بانک مرکزی برای آن گزارش نشده است، یک پیش‌بینی اولیه و سه تجدید نظر با توجه به اطلاعات منتشر شده جدید انجام شده، و در نهایت این نرخ برابر ۸/۸ پیش‌بینی شده است.

**کلیدواژه‌ها:** الگوی تصحیح خطا، پیش‌بینی، تورم ماهانه، الگوی داده‌های ترکیبی با تواتر متفاوت، میداس.

طبقه‌بندی JEL: *E37*، *C32*

---

\* دانشیار اقتصاد دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، m-nofaresti@sbu.ac.ir

\*\* کارشناس ارشد اقتصاد دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی،

mahboube.baiat@yahoo.com

## ۱. مقدمه

نرخ تورم یکی از عمده‌ترین متغیرهای اقتصاد کلان است که همواره اشتیاق زیادی به پیش‌بینی و بررسی تغییرات آن در میان اقتصاددانان و سیاستگذاران وجود داشته است. فعالان اقتصادی برای تطبیق انتظارات و اتخاذ استراتژی‌های سرمایه‌گذاری کوتاه مدت خود تمایل به دانستن روند آتی قیمت‌ها دارند. از طرف دیگر بانک‌های مرکزی نیز مسئول تثبیت سطح عمومی قیمت‌ها بوده و به صورت مستمر نرخ تورم ماهیانه را با دو تا سه ماه تأخیر زمانی انتشار می‌دهند. در این مطالعه به پیش‌بینی مقادیر آتی نرخ تورم ماهانه پرداخته شده است.

در روش سنتی الگوسازی سری‌های زمانی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی، تمام متغیرهای درگیر در الگو باید از تواتر یکسانی برخوردار باشند، به عنوان مثال چنانچه متغیر وابسته فصلی است، متغیرهای توضیح دهنده نیز باید فصلی باشند. حال چنانچه در یک رابطه رگرسیون متغیرهایی وجود داشته باشند که برخی به صورت سالانه و پاره‌ای به صورت فصلی یا ماهانه بوده باشند، امکان برآورد ضرایب این رگرسیون وجود ندارد مگر آن که داده‌های فصلی و یا ماهانه را به داده‌های سالانه تبدیل کرده و سپس ضرایب رگرسیون را برآورد نمود. اما در سال ۲۰۰۴ روشی توسط گایسلز و همکاران<sup>۱۶</sup> (۲۰۰۴) معرفی شده است که می‌توان با آن روش متغیرهای با تواتر مختلف را در یک رگرسیون قرار داد و ضرایب آنها را برآورد نمود.

ساخت الگویی بر این اساس از دو مزیت عمده برخوردار است. اول این که قرار گرفتن متغیرهای پرتواتر در کنار متغیرهای کم‌تواتر در یک رگرسیون این امکان را فراهم می‌آورد تا متغیر وابسته را برای آینده‌ای نزدیک به صورت دقیق‌تری پیش‌بینی کرد. دومین مزیت این نوع الگوها، آن است که وقتی اطلاع جدیدی در مورد متغیرهای پرتواتر بدست می‌آید می‌توان در پیش‌بینی قبلی ارائه شده تجدید نظر کرد. به عنوان

<sup>۱۶</sup>. Ghysels et al

مثال اگر آمار سطح عمومی قیمت‌ها به صورت ماهانه و تابعی از نرخ ارز هفتگی در بازار موازی ارز قرار داده شده باشد، به محض آن‌که در این هفته آمار جدید نرخ ارز در بازار موازی در دسترس قرار گیرد می‌توان با این اطلاع جدید در پیش‌بینی انجام شده تجدید نظر کرد. ساخت الگوهایی که بتواند از ترکیبی از داده‌های با تواتر متفاوت در یک رگرسیون بهره جوید، ابتدا توسط کلاین و سوجو<sup>۱۷</sup> (۱۹۸۹) در تدوین الگوهای اقتصادسنجی کلان ساختاری پایه‌گذاری شد. سپس همان گونه که اشاره شد، گایسلز و همکاران (۲۰۰۴) روش جدیدی را برای این منظور پیشنهاد کردند که در سال ۲۰۰۶ با بسط بیشتری تحت عنوان «الگوی داده‌های ترکیبی با تواتر متفاوت» یا میداس<sup>۱۸</sup> شهرت یافت. در این روش متغیرهایی با داده‌های تواتر متفاوت در یک رگرسیون در کنار هم قرار داده شده و ضرایب آن برآورد می‌شود. یکی از بسط‌های جالب الگوی میداس که توسط گاتز و هک<sup>۱۹</sup> (۲۰۱۲) معرفی شده است، تلفیق الگوی تصحیح خطا با الگوی میداس است. در این روش پیش‌بینی‌ها با دقت بیشتری انجام گرفته و در عین حل برآوردی از سرعت تعدیل خطای عدم تعادل هر دوره نسبت به دوره قبل نیز برآورد می‌شود.

هدف این مقاله پیش‌بینی نرخ تورم ماهانه به کمک داده‌های پرتواتر هفتگی متغیرهایی است که به نوعی می‌توانند این نرخ را پیش‌بینی کنند. در راستای نیل به این هدف از الگوی تصحیح خطای داده‌های ترکیبی با تواتر متفاوت<sup>۲۰</sup> و داده‌های سری‌زمانی ماهانه نرخ تورم و نقدینگی، و هفتگی نرخ ارز و شاخص کل بورس اوراق بهادار بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ استفاده خواهد شد. در این مقاله پس از ارائه مبانی نظری و پیشینه پژوهش، به تصریح و برآورد الگو پرداخته و نتایج حاصل از پیش‌بینی ارائه خواهد شد.

<sup>۱۷</sup>. Klein and Sojo

<sup>۱۸</sup>. Mixed Frequency Data Sampling (MIDAS)

<sup>۱۹</sup>. Gotz and Hecq

<sup>۲۰</sup>. ECM-MIDAS

## ۲. ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

### ۲-۱ ادبیات نظری

رویگرد «الگوی داده‌های ترکیبی با تواتر متفاوت» (میداس) که در آن معمولاً متغیر وابسته از تواتر پایین‌تری برخوردار است، بر دو مبنا پایه‌گذاری شده که این دو مبنا، یکی، برخورداری از یک ساختار رگرسیونی نظیر الگوهای خود رگرسیو با وقفه‌های توزیعی (ARDL)، و دیگری لحاظ یک تابع وزن‌دهی (جهت همگام‌سازی متغیر پرتواتر با متغیر کم‌تواتر) است. روش میداس برای مدیریت وقفه‌های گسترده در چارچوب وزن‌های بهینه‌بنیان نهاده شده و براساس آن می‌توان بدون انجام عملیات هم‌فزونی<sup>۲۱</sup>، یک متغیر با تواتر کم را در مقابل متغیرهای با تواترهای بالاتر در یک رگرسیون قرار داد. فرض کنید  $\{y_t\}_t$  و  $\{x_t\}_t$  دو سری زمانی با تواترهای متفاوت است، به طوریکه  $y_t$  متغیر وابسته،  $x_t$  متغیر توضیح دهنده،  $t$  واحد زمان برای متغیر کم‌تواتر و  $\tau$  واحد زمان متغیر پرتواتر باشد. در نتیجه  $x_t$  به اندازه  $m$  برابر بیشتر از تواتر  $\{y_t\}_t$  در واحد زمان  $t$  مشاهده شده است<sup>۲۲</sup>. نماد  $x_t^{(m)}$  به مفهوم  $x_t = x_t^{(m)}$  است. گایسلز و همکاران (۲۰۰۶) رگرسیون ساده میداس را به صورت زیر تصریح می‌کنند.

$$y_t = C_0 + \beta \sum_{j=0}^{\max} w(j; \theta) \cdot L^{j/m} x_t^{(m)} + u_t \quad (1)$$

تابع وزن‌دهی  $w(j; \theta)$  که هسته مرکزی میداس است، مبین یک چند جمله‌ای برای اعمال وزن‌هایی خاص به وقفه‌های گسترده  $x_t$  است. فرم کلی توابع وزن‌دهی را می‌توان به صورت  $w(j; \theta) = \frac{\varphi(j; \theta)}{\sum_{j=1}^{\max} \varphi(j; \theta)}$  بیان نمود. بسته به نوع تابع  $\varphi(j; \theta)$  مورد استفاده در رابطه  $w(j; \theta)$  و همچنین حداکثر تعداد وقفه‌ها ( $j$ )

<sup>۲۱</sup>. Aggregation

<sup>۲۲</sup>. برای ایجاد ارتباط بین دو متغیر با تواترهای  $t$  و  $\tau$ ، از ضریب  $s$  استفاده شده است. ضریب  $s$  کسری از فاصله زمانی بین  $t$  و  $t-1$  است به گونه‌ای که  $m=1/s$  مشخص می‌کند که متغیرهای سری زمانی پرتواتر  $x_t$  چند بار در این فاصله زمانی مورد مشاهده واقع شده است. بنابراین،  $t = \tau \cdot m$  است.

(max)، تابع وزن‌دهی از تواتری به تواتر دیگر و از متغیری به متغیری دیگر، می‌تواند متفاوت باشد. این تابع بر اساس پارامترهای  $\theta$  که به ترتیب شمارنده وقفه‌ها و برداری حاوی یک تا چند پارامتر  $\theta$  است، شکل می‌گیرد.

این توابع وزن‌دهی، وزن‌هایی غیرمنفی ایجاد می‌کنند و برای تعیین مقدار ضریب متغیر پرتواتر و وقفه‌هایش ( $\beta$ )، از فرض  $\sum_{j=0}^{j \max} w(j; \theta) \cdot L^{j/m}(\alpha) = 1$  استفاده می‌گردد. یکی از توابع وزن‌دهی مورد استفاده در میداس، تابع وزن‌دهی آلمون<sup>۲۳</sup> بوده که در آن ضریب  $\beta$  و وزن‌های  $w$  به صورت یک پارامتر مشترک  $w_t(j; \theta)$  برآورد می‌شود<sup>۲۴</sup>. با توجه به مطالعه گایسلز و همکاران (۲۰۰۴) لازم است از روش‌های برآورد غیرخطی (NLS)<sup>۲۵</sup> برای برآورد ضرایب استفاده نمود که با توجه به رابطه (۲) مجموع مربعات جمله اخلاص را حداقل کند<sup>۲۶</sup>.

$$\hat{\theta} = \operatorname{argmin}_{\theta \in \mathbb{R}} (y_t - \beta \sum_{j=0}^{j \max} w(j; \theta) \cdot L^{j/m} x_t)^2 \quad (2)$$

## ۲-۲ پیشینه پژوهش

پس از معرفی روش میداس توسط گایسلز و همکاران (۲۰۰۴) و (۲۰۰۶)، این رویکرد به عنوان ابزاری قدرتمند برای استفاده همزمان از داده‌های با تواتر متفاوت در یک رگرسیون، در مطالعاتی نظیر مطالعات لئون و همکاران<sup>۲۷</sup> (۲۰۰۷)، کلمنتس و همکاران<sup>۲۸</sup> (۲۰۰۶) مورد استفاده قرار گرفته و موجب جلب توجه بسیاری از محققان به این روش

<sup>۲۳</sup>. Almon Lag Polynomial Specification

<sup>۲۴</sup>. گایسلز (۲۰۰۹)، توابع وزن‌دهی متفاوت دیگری نظیر تابع آلمون نمایی و بتا را نیز برای میداس معرفی کرده است. برای مطالعه بیشتر، به کتاب "اقتصادسنجی الگوهای سری زمانی: الگوی داده‌های ترکیبی با تواتر متفاوت" نوشته بیات و نوفرستی مراجعه شود.

<sup>۲۵</sup>. در بیان پارامتری می‌توان الگوی میداس را یک الگوی خطی به حساب آورد. ولی با اعمال وزن‌های مربوط به وقفه‌های گسترده و تحمیل یک تابع قید پارامتری به الگو، از حالت خطی به حالتی غیرخطی تبدیل شده است.

<sup>۲۶</sup>. از یک الگوریتم عددی برای یافتن مقدار  $\hat{\theta}$  که عبارت داخل پرانتز را کمینه کند، استفاده می‌شود.

<sup>۲۷</sup>. Leon et al

<sup>۲۸</sup>. Clements et al

گردیده است. پس از موفقیت این رویکرد الگوسازی در بازارهای مالی، کلمنتس و همکاران (۲۰۰۸)، از روش میداس برای الگوسازی متغیرهای کلان اقتصادی بهره جستند. آرمسترو و همکاران<sup>۲۹</sup> (۲۰۱۰) از روش الگوسازی میداس استفاده کرده و برای اقتصاد امریکا به پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی فصلی، تورم، تولیدات صنعتی و اشتغال ماهانه پرداخته و ملاحظه نمودند، در افق‌های پیش‌بینی کوتاه‌تر، میداس نسبت به الگویی که از وزن‌دهی ثابت استفاده می‌کند عملکرد بهتری دارد.

این روش جدید اقتصادسنجی توسط سو و همکاران<sup>۳۰</sup> (۲۰۱۳) برای کشور سنگاپور مورد استفاده گرفته است. برای ایران نیز در سال ۱۳۹۳ مطالعه‌ای توسط مقدسی و رجبی با به کارگیری الگوی میداس و الگوی خودرگرسیون برای پیش‌بینی ارزش واردات گندم ایران صورت گرفت که نتایج الگوی میداس نسبت به الگوی رقیب بسیار دقیق‌تر اعلام شده است. روش میداس توسط نوفرستی و بیات (۱۳۹۴) جهت انجام پیش‌بینی نرخ رشد اقتصادی فصلی ایران مورد استفاده قرار گرفت و نتایج مورد قبولی را ارائه داد.

### ۳. تصریح الگو و روش پژوهش

به منظور تصریح الگویی برای پیش‌بینی نرخ تورم ماهانه در ایران به روش ECM-MIDAS از داده‌های شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی در مناطق شهری کشور (۱۳۹۰=۱۰۰) و مقدار نقدینگی جاری در تواتری ماهانه، و همچنین دو متغیر توضیح دهنده دیگر شامل شاخص بورس اوراق بهادار و همچنین نرخ مبادله‌ای بازار آزاد در تواتر هفتگی لگاریتم گرفته و استفاده شده است<sup>۳۱</sup>. روش انجام برآورد در این مطالعه، استفاده از یک الگوی تصحیح خطای میداس است. در گام اول رابطه شماره ۳

<sup>۲۹</sup>. Armesto et al

<sup>۳۰</sup>. Tsui et al

<sup>۳۱</sup>. با توجه به اینکه هدف مقاله حاضر پیش‌بینی نرخ تورم است، متغیرها بر این اساس انتخاب شده‌اند. لازم به ذکر است که این متغیرهای انتخابی نسبت به سایر متغیرهای موجود از عملکرد بهتری در الگو برخوردار بوده‌اند.

تصریح شده و مورد برآورد قرار گرفته است:

$$y_t = C_0 + \sum_{j=1}^p \alpha_j y_{t-j} + \sum_{j=1}^q \lambda_j M_{t-j} + \sum_{j=1}^{j \max} \beta_1 w(j; \theta) \cdot L^{j/m} b_t^{(m)} + \sum_{j=1}^{j \max} \beta_2 w(j; \theta) \cdot L^{j/m} E_t^{(m)} + u_t \quad (3)$$

در رابطه (۳) متغیرها عبارت از  $y_t$  لگاریتم شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی ماهانه،  $M_t$  لگاریتم نقدینگی جاری ماهانه،  $b_t^{(m)}$  لگاریتم شاخص کل بورس اوراق بهادار هفتگی،  $E_t^{(m)}$  لگاریتم نرخ ارز هفتگی در بازار موازی ارز هستند.

در رابطه با برآورد ضرایب مربوط به متغیرهای هفتگی الگو، علاوه بر برآورد بردار ضرایب  $\beta_1$  و  $\beta_2$  باید توابع وزن‌دهی  $w(j; \theta)$  را مشخص کرده و پارامترهای آن را برآورد نمود. در این رابطه از بین توابع وزن‌دهی مختلف، تابع وزن‌دهی آلمون که عملکرد بهتری دارد انتخاب شده است. این تابع وزن‌دهی دارای چند پارامتر  $\theta$  است که برآورد خواهند گردید.

### ۳-۱ شرحی بر داده‌های آماری

داده‌های ماهانه مربوط به شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی (۱۰۰=۱۳۹۰) و اطلاعات مربوط به مقادیر جاری نقدینگی از دایره شاخص‌های ماهانه اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران اخذ شده است. اطلاعات مربوط به شاخص روزانه کل بورس اوراق بهادار نیز از آرشیو بورس اوراق بهادار تهران تهیه و پس از میانگین‌گیری ساده از داده‌های روزانه تبدیل به تواتر هفتگی شده تا در الگو مورد استفاده قرار گیرند. اطلاعات مربوط به نرخ برابری ریال با دلار آمریکا در بازار موازی ارز نیز از معاونت شاخص‌های اقتصادی بانک مرکزی تهیه شده است، این داده‌ها نیز که روزانه بوده‌اند با میانگین‌گیری ساده تبدیل به داده‌های هفتگی شده‌اند.

تعداد مشاهدات مورد استفاده برای برآورد اولیه شامل ۸۷ مشاهده از متغیر کم‌تواتر در محدوده دوره زمانی ماه چهارم ۱۳۸۸ تا ابتدای مهر ۱۳۹۵ است. همچنین در رابطه

با هریک از متغیرهای توضیح دهنده پرتواتر، از تعداد ۳۵۲ مشاهده هفتگی از ابتدای تیر ماه سال ۱۳۸۸ تا هفته آخر مهر ماه ۱۳۹۵ استفاده شده است.

### ۲-۳ روش پژوهش

برای محاسبه روابط تعادلی بلندمدت و الگوهای تصحیح خطا در ادبیات الگوهای سری زمانی سنتی، از یک الگوی پویای خودرگرسیون با وقفه‌های توزیع شده ARDL استفاده می‌شود. برای یک الگوی تصحیح خطای میداس نیز ابتدا باید یک الگوی ساده بر روی سطح متغیرها و وقفه‌های متعدد آنها انجام داد با این تفاوت که در اینجا، به جای یک الگوی ARDL تک‌تواتر، از الگوی خودرگرسیون میداس با چند متغیر توضیح دهنده پرتواتر<sup>۳۲</sup> استفاده می‌گردد.

برای بررسی وجود رابطه تعادلی بلند مدت در الگوهای تصحیح خطا از کمیت آماره آزمون بنرجی دولادو و مستر استفاده می‌شود. وجود همجمعی بین مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی مبنای آماری استفاده از الگوهای تصحیح خطا را فراهم می‌آورد. یکی از مزیت‌های الگوهای ECM آنست که نوسانات کوتاه‌مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلندمدت آنها ارتباط می‌دهد (نوفرستی، ۱۳۷۸، ص: ۹۸). برای یک الگوی تصحیح خطای میداس پس از بررسی کمیت آماره آزمون و اطمینان حاصل نمودن از وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت می‌توان جمله خطای زیر را به عنوان خطای عدم تعادل در نظر گرفت:

$$Y_t = C_0 + \sum_{j=1}^p y_{t-j} + \beta' \sum_{j=0}^{max} w(j; \theta) \cdot L^{j/m} x_t^{(m)} + u_t$$

$$u_t = Y_t - \left( \frac{C_0}{1 - \sum_{j=1}^p \alpha_j} + \frac{\beta' \sum_{j=0}^{max} w(j; \theta) \cdot L^{j/m} x_t^{(m)}}{1 - \sum_{j=1}^p \alpha_j} \right) \quad (۴)$$

حال برای پیوند دادن رفتار کوتاه مدت و بلند مدت  $Y_t$  از خطای عدم تعادل محاسبه

<sup>۳۲</sup>. ADL-MIDAS



شده ( $u_t$  رابطه ۴)، استفاده شده و الگوی تصحیح خطا به صورت زیر تصریح می‌شود:

$$\Delta Y_{t+1} = C'_0 + \beta' \sum_{j=0}^{\max} w(j; \theta) \cdot L^{j/m} \Delta x_t^{(m)} + \gamma \hat{u}_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

$\hat{u}_t$  جمله خطای عدم تعادل دوره قبل بوده و ضریب آن، نشان دهنده سرعت تصحیح خطای هر دوره نسبت به دوره قبل است. چنانکه گفته شد، یکی از مزایای الگوسازی به روش میداس پیش‌بینی زمان حال متغیر وابسته توسط جمله‌ای حاوی داده‌های جدید الاینته‌شار است. از این رو پس از انجام برآورد رابطه (۵)، رابطه (۶) جهت انجام پیش‌بینی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$\Delta y_{t+1} = C_0 + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{\max} B_j L^{j/m} \Delta x_t^{(m)} + \sum_{s=m-d+1}^m \gamma_s \cdot \Delta x_{t+1-\frac{s-1}{m}} + \eta \hat{u}_t + v_{t+1} \quad (6)$$

$d$ ،  $(d > 0)$  نشان دهنده تعداد دوره‌های پرتواتری است که برایشان داده‌های جدید منتشر شده است، در رابطه ۶ عبارت سوم مربوط به گذشته (وقفه) و عبارت چهارم ناظر به آینده است. با استفاده از این روابط می‌توان اقدام به پیش‌بینی مقادیر آینده متغیرهای مورد نظر کرده و از داده‌هایی که در تواترهای بالا منتشر می‌شوند برای تجدید نظر در پیش‌بینی‌های قبلی استفاده نمود. در این مقاله برای سنجش دقت پیش‌بینی الگو از شاخص جذر میانگین مجذور خطای نسبی  ${}^{33}\text{RMSFE}$  بهره گرفته شده است.

### ۳-۳ نتایج تجربی حاصل از برآورد الگو

به منظور اجتناب از بروز رگرسیون کاذب، ابتدا لازم است متغیرها از نظر پایایی مورد آزمون واقع شوند. نتایج به دست آمده بر اساس آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته حاکی از آن است که تفاضل اول تمامی متغیرهای دخیل در الگو پایا است<sup>۳۴</sup>. برای برآورد الگوی مطرح شده، از بسته نرم‌افزاری midasr در محیط R، تهیه شده توسط گایسلز و

<sup>۳۳</sup>. Root Mean Square Forecast Error

<sup>۳۴</sup>. به عبارت دیگر این متغیرها  $I(1)$  هستند. این نتایج در پیوست مقاله گزارش شده‌اند.

همکاران (۲۰۱۴) استفاده شده است. در برآورد اولیه الگو، داده‌های لگاریتم شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی در محدوده زمانی تیرماه ۱۳۸۸ تا مهر ماه ۱۳۹۵ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اطلاع مربوط به مابقی ماه‌های سال ۱۳۹۵ در برآورد اولیه ضرایب الگو مورد استفاده واقع نشده تا بتوان بر اساس آن قدرت پیش‌بینی الگو را خارج از محدوده برآورد محک زد. ضرایب الگو به صورت بهینه‌یابی مقید پس از ۶۰ بار تکرار برای رسیدن به همگرایی با لحاظ کردن یک وقفه متغیر وابسته لگاریتم شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی، یک وقفه متغیر توضیحی ماهانه لگاریتم نقدینگی جاری، پانزده وقفه هفتگی لگاریتم شاخص کل بورس اوراق بهادار و سیزده وقفه هفتگی لگاریتم نرخ ارز در بازار موازی ارز که ضرایب آن از بیشترین سطح معنادار بودن برخوردار بوده‌اند، برآورد گردید.

همان‌طور که اشاره شد، از تابع وزن‌دهی آلمون که عملکرد بهتری در کفایت ضرایب داشته است برای تابع وزن‌دهی هر دو متغیر پرتواتر استفاده شده است. در مورد این تابع وزن‌دهی ضریب بتا و وزن‌ها به صورت مشترک (یعنی  $\beta \cdot w$ ) برآورد می‌شوند.

$$y_t = -0.30367 + 0.0112 d + 0.8366 y_{t-1} + 0.04485 M_{t-2} \\ t: (-3.665) \quad (4.841) \quad (22.875) \quad (3.004) \\ + \left( \frac{0.0205}{0.0205} \right) \sum_4^{18} b^m \cdot W(0.021, -0.0074, 0.00047; almonp) \\ (2.611) \quad (-2.742) \quad (2.854) \\ + \left( \frac{0.062}{0.062} \right) \sum_4^{16} E^m \cdot W(0.059, -0.016, 0.00103; almonp) + u_t \\ (6.33) \quad (-5.33) \quad (4.90)$$

$R^2 = 0.99967$ , DurbinWatson = 1.47, Jarque-bera = 0.7582 (df=2, p=0.68)

Shapiro-Wilk normality test = 0.9857 (p= 0.5974), hAh = 14.67 (p= 0.88)

الگوی برآورد شده، اثرات کوتاه مدت متغیرهای توضیح دهنده ماهانه و هفتگی را بر متغیر وابسته مشخص می‌کند. تمامی پارامترهای مربوط به متغیرهای توضیح دهنده ماهانه و هفتگی حداقل در سطح ۹۰٪ معنادار هستند. متغیر  $d$  یک متغیر مجازی است

که برای ماه آخر سال ۱۳۸۹ و ماه اول سال ۱۳۹۰ کمیت یک و برای بقیه زمان‌ها کمیت صفر را اختیار کرده است. کمیت آماره  $t$  مربوط به ضرایب در زیر هر یک از ضرایب نوشته شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، ضریب تعیین الگو معادل  $R^2 = 0/99$  برآورد گردیده که حاکی از قدرت توضیح‌دهندگی بالای الگو است. کمیت آماره آزمون  $hAh$  برابر  $14/67$  به دست آمده که نشان می‌دهد قیدهای تحمیل شده به ضرایب الگوی میداس برآورد شده، به لحاظ آماری کاملاً معنادار و از کفایت لازم برخوردارند. به منظور اطمینان یافتن از کاذب نبودن رابطه رگرسیون برآورد شده، از آزمون انگل-گرینجر تعمیم یافته برای بررسی پایائی جملات اخلاص الگوی تصریح شده استفاده شده است. کمیت آماره این آزمون برابر  $6/015$  بدست آمده و موید کاذب نبودن الگوی برآورد شده است. در عین حال برای این منظور آزمون بنرجی، دولادو و مستر نیز به انجام رسیده و با توجه به کمیت آماره آزمون  $4/46$  می‌توان نتیجه گرفت که رگرسیون برآورد شده کاذب نبوده و ضرایب برآورد شده به لحاظ آماری در سطح قابل قبولی مورد اعتماد است. پس از حصول اطمینان از وجود رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرهای الگو، به استخراج این رابطه پرداخته شده است. رابطه تعادلی بلندمدت به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$y_t = -1.8588 + 0.06899 d + 0.2745 M_t + 0.13 \sum_4^4 b^m \cdot W(0.026, -0.009, 0.0005; almonp) + 0.38 \sum_4^4 E^m \cdot W(0.051, -0.016, 0.0001; almonp) + \frac{u_t}{0.163}$$

در ادبیات الگوهای تصحیح خطا (ECM)، جمله خطای رابطه فوق  $(\frac{u_t}{0.163})$  را به عنوان خطای عدم تعادل در زمان  $t$  تلقی می‌کنند و از آن برای پیوند دادن رفتار کوتاه مدت  $y_t$  با مقدار تعادلی بلند مدت این متغیر استفاده می‌کنند. رابطه زیر چگونگی پویائی‌های کوتاه مدت و میزان واکنش  $y_t$  به خطای عدم تعادل دوره قبل را نشان می‌دهد. در این رابطه  $ect_{t-1}$  همان  $V_t$  رابطه تعادلی بلندمدت با یک وقفه زمانی است.

$$\Delta y_t = 0.000478 + 0.0083 d + 0.3351 \Delta y_{t-1} + 0.02784 \Delta M_t + -0.1012 ect_{t-1}$$

$$t: (0.747) \quad (7.086) \quad (3.947) \quad (0.824) \quad (-4.344)$$

$$+ \left( \frac{-0.0200175}{-0.0200175} \right) \sum_4^{20} \Delta b^m W(0.0647849, -0.192389, 0.0010208; almonp)$$

$$(2.82) \quad (2.342) \quad (-2.755)$$

$$+ \left( \frac{0.372101}{0.372101} \right) \sum_4^{16} \Delta E^m . W(0.651183, -0.069823, 0.0013076; almonp) + \varepsilon_t$$

$$(4.147) \quad (3.619) \quad (-0.0172)$$

$R^2=0.634$  , DurbinWatson= 2.18 , Jarque-bera= 1.409 (df=2, p=0.4944)  
Shapiro-Wilk normality test =0.9803 (p= 0.345) , hAh =29.47 (p= 0.29)

آماره آزمون t مربوط به ضرایب که در داخل پرانتز نوشته شده است نشان می‌دهد که به جز عرض از مبدا و رشد نقدینگی جاری، ضرایب تمامی متغیرها حداقل در سطح اطمینان ۹۰٪ معنادار هستند. ضریب تعیین ( $R^2$ ) ۰/۶۳۴ بدست آمده که نشان دهنده قدرت توضیح دهنده‌گی نسبتاً مناسب الگوست. ضریب جمله تصحیح خطا (ECT) برابر ۰/۱۰۱- برآورد شده است که نشان می‌دهد در هر ماه حدود ۱۰٪ از خطای عدم تعادل دوره قبل تعدیل می‌شود.

#### ۴. پیش بینی

به منظور ارزیابی قدرت پیش بینی الگو، همان گونه که اشاره شد، آمار تورم مربوط به ماه‌های مهر به بعد سال ۱۳۹۵ در برآورد اولیه به کار گرفته نشده است تا اکنون بتوان توسط الگوی تدوین شده کمیت آن را پیش‌بینی نمود و در خصوص قدرت پیش‌بینی الگو اظهار نظر کرد. برای این منظور، ابتدا این نرخ برای ماه مهر سال ۱۳۹۵ بدون استفاده از داده‌های موجود متغیرهای الگو در هفته اول این ماه پیش‌بینی شد. بر این اساس نرخ تورم ماهانه پیش‌بینی شده توسط الگو ۰/۳۷۲۶ بدست آمد. پس از این پیش‌بینی اولیه، سه بار دیگر نیز تورم ماهانه به کمک داده‌های مربوط به متغیرهای ماهانه با اضافه کردن هفته به هفته اطلاعات موجود در مورد متغیرهای توضیح دهنده الگو برای هفته اول، هفته دوم و هفته سوم مهر ماه سال ۱۳۹۵ مورد پیش‌بینی واقع شد. مقادیر پیش‌بینی شده توسط الگو به ترتیب ۰/۲۴۷۷، ۰/۲۴۲۵ و ۰/۲۴۱۲ است. کمیت شاخص جذر میانگین مجذور

خطای نسبی RMSFE، که توسط آن می‌توان نزدیکی پیش‌بینی صورت گرفته با مقدار تحقق یافته را محک زد، برابر با ۰/۱۳۰۶ محاسبه شده و بیان‌گر این واقعیت است که الگو از توان پیش‌بینی مناسبی برخوردار است.

قدرت پیش‌بینی مناسب الگوی میداس تدوین شده از دو جنبه قابل مشاهده است. یکی ارائه پیش‌بینی اولیه تورم و دیگری که مهم‌تر و پررنگ‌تر از اولی است قابلیت آن در بازنگری و تجدیدنظر در پیش‌بینی اولیه به هنگام انتشار داده‌های هفتگی جدید مربوط به متغیرهای توضیحی الگو است.

اکنون با استفاده از تمامی اطلاعات انتشار یافته به برآورد ضرایب الگوی تنظیمی پرداخته می‌شود و به کمک آن تورم برای ماه آبان و همچنین آذر سال ۱۳۹۵ نیز که تا زمان تدوین این مقاله داده‌ای برای آن از سوی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران ارائه نشده است، پیش‌بینی می‌گردد. در عین حال به کمک داده‌های هفتگی که در دسترس قرار می‌گیرد، در مقدار پیش‌بینی اولیه بازنگری و در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد. برآورد اولیه برای ماه آبان حاکی از آن است که تورم در این ماه به میزان ۰/۳۰۴۶ خواهد بود. با انتشار داده‌های ماهانه و هفتگی مربوط به متغیرهای توضیحی، در هفته‌های اول، دوم و سوم ماه‌های آبان و آذر در پیش‌بینی اولیه به گونه‌ای که در جدول (۱) قابل مشاهده است تجدیدنظر شد. برای هر یک از پیش‌بینی‌های ماهانه، شاخص جذر میانگین مجذور خطای نسبی (RMSFE) نیز گزارش گردیده است.

جدول ۱- مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده تورم ماهانه نسبت به ماه گذشته

سال ۱۳۹۵	مقدار واقعی	پیش‌بینی اولیه	بازنگری اول	بازنگری دوم	بازنگری سوم	RMSFE
مهر	۰/۱۵۷۹	۰/۳۷۲۶	۰/۲۴۷۷	۰/۲۴۲۵	۰/۲۴۱۲	۰/۱۳۰۶
آبان	۰/۲۶۸۹	۰/۳۰۴۶	۰/۲۵۲۱	۰/۲۶۰۵	۰/۲۷۸۱	۰/۰۲۳۲
آذر	؟	۰/۳۹۰۱	۰/۴۳۴۹	۰/۰۴۶۵۲	۰/۴۵۳۸	؟

منبع: یافته‌های پژوهش

از آنجا که بانک مرکزی نرخ تورم هر ماه را نسبت به ماه مشابه سال قبل گزارش می‌کند چنانچه پیش‌بینی‌های الگو را بر این اساس تنظیم کنیم جدول (۲) نتیجه خواهد شد. این جدول نرخ‌های آشناتری را برای ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۵ نسبت به ماه مشابه سال قبل ارائه می‌کند.

جدول ۲- مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده نرخ تورم ماهانه نسبت به ماه مشابه سال قبل

سال ۱۳۹۵	نرخ گزارش شده	پیش‌بینی اولیه	بازنگری اول	بازنگری دوم	بازنگری سوم
مهر	۹/۳	۹/۷۹	۹/۴۷	۹/۴۶	۹/۴۶
آبان	۹/۱	۹/۲۰	۹/۰۷	۹/۰۹	۹/۱۴
آذر	؟	۸/۸۶	۸/۷۰	۸/۸	؟

منبع: یافته‌های پژوهش

##### ۵. خلاصه و نتیجه گیری:

اهمیت بسیار بالای نرخ تورم، که عموماً در تواتری فصلی و یا ماهانه انتشار می‌یابد، لازم می‌آورد با تصریح الگوی مناسبی به پیش‌بینی این متغیر پرداخت. با بهره‌گیری از یکی از بسط‌های روش الگو سازی داده‌های ترکیبی سری‌های زمانی با تواتر متفاوت که به ECM-MIDAS شهرت یافته است، الگویی برای پیش‌بینی نرخ تورم ماهانه تصریح و برآورد گردید. الگو برای پیش‌بینی نرخ تورم از متغیرهای توضیحی با ترکیبی از تواترهای ماهانه و هفتگی بهره می‌گیرد. این متغیرهای توضیحی عبارت از نقدینگی جاری به صورت ماهانه، شاخص بورس اوراق بهادار تهران و نرخ ارز در بازار موازی ارز به صورت هفتگی هستند.

محدوده مطالعه ابتدای تیرماه سال ۱۳۸۸ تا مهر ماه سال ۱۳۹۵ را در بر می‌گیرد. الگوی برآورد شده با مجموعه‌ای از آزمون‌های آماری مواجهه داده شده و نسبت به

صحت ضرایب برآورد شده اطمینان حاصل گردیده است. در پیش‌بینی برون‌نمونه‌ای، توسط الگوی تنظیم شده، میزان تورم مهر ماه سال ۱۳۹۵ که مقدار گزارش شده آن ۹/۳ است به میزان ۹/۴۶ و میزان تورم در آبان ماه که ۹/۱ است، ۹/۱۴ برآورد شده است. در عین حال نرخ تورم ماهانه توسط الگو برای ماه آذر سال ۱۳۹۵، که تا زمان تدوین این مقاله آمار آن انتشار نیافته است ۸/۸ پیش‌بینی می‌شود.

#### منابع:

- Armesto, M.T., Engemann, K.M. & Owyang, M.T. (2010). Forecasting with Mixed Frequencies. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 92(6), 521-536.
- Bayat, M., & Noferesti, M. (2015). *Applied Time Series Econometrics: Mixed Frequency Data Sampling Model*. Noor-e-Elm Pub. (In Persian).
- Clements, M. & Galvao, A. (2006). Macroeconomic Forecasting with Mixed Frequency Data: Forecasting US Output Growth and Inflation. Working Economic Research Paper No.773.
- Clements, M., & Galvao, A. (2008). Macroeconomic Forecasting with Mixed Frequency Data: Forecasting US output growth. *Journal of Business and Economic Statistics*, 26(4), 546-554.
- Ghysels, E., Santa-Clara, P. & Valkanov, R. (2004). The MIDAS Touch: Mixed Frequency Data Sampling Regressions. *Manuscript, University of NorthCarolina and UCLA*, 76 (3), 509-548.
- Ghysels, E., Sinko, A. & Valkanov, R. (2006). MIDAS regressions: Further Results and New Directions. *Econometric Reviews*, 26, 53-90.
- Ghysels, E., Kvedaras, V. & Zemlys, V. (2014). Mixed Frequency Data Sampling Regression Models: the R Package Midasr. *Journal of Statistical Software*, 74(4), 1-35.
- Götz, T., & Hecq, A., & Urbain, J. (2014). Forecasting Mixed-Frequency Time Series with ECM-MIDAS Models. *Journal of Forecasting, John Wiley & Sons, Ltd.*, 33(3), 198-213.
- Klein, L.R. & Sojo, E. (1989). Combinations of High and Low Frequency Data in Macroeconomic Models. in *Economics in Theory & Practice: An Eclectic Approach*, eds. Marquez, J. & Klein, L.R. (Kluwer, Dordrecht), 3-16.

- Leon, A., Nave, J.M. & Rubio, G. (2007). The Relationship between Risk and Expected Return in Europe. *Journal of Banking and Finance*, 6, 31-67.
- Moghaddasi, R., & Rajabi, M. (2014). Applying Regression Models with Mixed Frequency Data in Modeling and Prediction of Iran's Wheat Import Value (Generalized OLS-based ARDL Approach. *Agricultural Economics & Development*, 28(2), 138-148, (In Persian).
- Noferesti, M. (2000) *Unite Root & Cointegration in Econometrics*. Rasa Pub. (In Persian).
- Noferesti, M., & Bayat, M. (2013). Forecasting Iranian's Economic Growth using Mixed Frequency Data Sampling Technique. *Quarterly Journal of Economics and Modeling, Shahid Beheshti University*, 4(14&15), 1-24, (In Persian).
- Tsui, A.K., Xu, C.Y. & Zhang, Z.Y. (2013). Forecasting Singapore Economic Growth with Mixed-Frequency Data. Presented at 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, 1-6 December 2013.

پیوست ۱: نتایج آزمون پایایی متغیرهای الگو، آماره آزمون و نتایج حاصل از آزمون ADF

نام متغیر	در سطح	در تفاضل مرتبه اول	نتیجه آزمون
Y	-۱/۵۶	-۴/۲۰	I(1)
M	-۱/۷۷	-۸/۲۹	I(1)
B	-۱/۶۹	-۹/۴۶	I(1)
E	-۱/۹۸	-۱۶/۵۱	I(1)