فصلنامه پژوهش‌های پولی-بانکی
سال هشتم، شماره ۲۴، تابستان ۱۳۹۴
صفحات ۳۰۵-۳۳۰

# بررسی عملکرد مدل خودرگرسیون در پیش‌بینی تورم ایران

**هومن کرمی** [*] **سیدمهدی برکچیان** [†]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۶

## چکیده

در این مقاله عملکرد مدل‌های خودرگرسیون مستقیم و تکرارشونده برای پیش‌بینی تورم ایران در افق‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ فصل بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی روش مستقیم نسبت به روش تکرارشونده به معیار انتخاب وقفه بستگی دارد. از سوی دیگر در ادبیات پیش‌بینی، فرایند انتخاب وقفه‌ها به صورت تجمعی صورت می‌گیرد. بنابراین در این مقاله بررسی شده که آیا استفاده از تمام ترکیب‌های ممکن وقفه‌ها، به جای استفاده از وقفه‌های تجمعی، می‌تواند به بهبود دقت پیش‌بینی منجر شود. یافته‌های ما نشان می‌دهد که ترکیب بهینه وقفه‌ها نسبت به وقفه‌های تجمعی در تمام افق‌های پیش‌بینی از دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردار است و ترکیب وقفه‌ها بسته به افق پیش‌بینی مورد نظر، تغییر می‌کند به‌طوریکه بهترین ترکیب از وقفه‌ها در افق ۱ و ۲ فصل، وقفه‌ی اول و در افق ۳ و ۴ فصل، وقفه‌های اول و چهارم می‌باشد. همچنین استفاده از روش تصحیح خطای پیش‌بینی «IC» به منظور کاهش احتمال وقوع خطای منظم در پیش‌بینی باعث بهبود دقت پیش‌بینی نمی‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** مدل خودرگرسیون، پیش‌بینی مستقیم، پیش‌بینی تکرارشونده، ساختار وقفه، مدل تصحیح خطای پیش‌بینی
**طبقه‌بندی JEL:** C32، E31، E37

[*] محقق اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی، بانک مرکزی، تهران؛ karami.hooman@gmail.com (نویسنده مسئول)
[†] استادیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران؛ barakchian@sharif.edu

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

## ۱ مقدمه

امروزه در ادبیات سیاست‌گذاری اقتصادی، تثبیت سطح قیمت‌ها به‌عنوان هدف اصلی سیاست‌گذار پولی در نظر گرفته می‌شود. بنا بر گزارش صندوق بین‌المللی پول (۲۰۰۵)، بانک‌های مرکزی در دهه گذشته به جای تمرکز بر رشد اقتصادی و ایجاد اشتغال، تثبیت نرخ تورم را با ابزار سیاست پولی دنبال کرده‌اند. بنابراین تمرکز سیاست‌گذار عمدتاً تثبیت است تا رشد و توسعه، البته با این فرض ضمنی که اگر ثبات قیمت‌ها برقرار شود رشد اقتصادی، ایجاد اشتغال و کاهش فقر حاصل خواهد شد. بنابراین سیاست‌گذار پولی باید بتواند تورم دوره‌های آتی را با دقت بالا پیش‌بینی کند تا با اتخاذ سیاست مناسب پولی نوسانات سطح قیمت‌ها را کنترل نماید.

تاکنون روش‌های متعددی برای پیش‌بینی نرخ تورم در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته که از آن میان می‌توان به مدل‌های سری زمانی تک‌متغیره، مدل VAR، مدل DSGE و غیره اشاره کرد. مدل خودرگرسیون یک متغیره[1] غالباً به عنوان مدل پایه[2] برای مقایسه دقت پیش‌بینی دیگر روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه تعداد وقفه‌های مدل خودرگرسیون همواره نامشخص است، نحوه تعیین طول وقفه در استفاده از مدل خودرگرسیون برای پیش‌بینی سری زمانی از اهمیت زیادی برخوردار است. بدیهی است که تشخیص صحیح طول وقفه از عوامل مؤثر در بالا بردن دقت پیش‌بینی مدل می‌باشد. معیارهای مختلفی نظیر معیار اطلاعاتی آکائیک[3]، معیار اطلاعاتی شوارتز[4]، معیار هنان کوئین[5]، خطای پیش‌بینی نهایی[6] و معیار اطلاعاتی بیز[7] برای تخمین طول وقفه معرفی شده‌اند. احتمال تشخیص صحیح طول وقفه برای معیارهای اطلاعاتی با توجه به حجم نمونه متفاوت است و با افزایش حجم نمونه این احتمال برای همه معیارها افزایش می‌یابد (لیو[8]، ۲۰۰۴). اما این معیارها نمی‌توانند از پیش به‌طور قاطعی مشخص کنند که

---

[1] Univariate Auto Regressive Model
[2] Benchmark
[3] Akaike information criterion
[4] Schwarz information criterion
[5] Hannan-Quinn criterion
[6] Final prediction error
[7] Bayesian information criterion
[8] Liew

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

چه طول وقفه‌ای در عمل پیش‌بینی‌های دقیقتری تولید می‌کند (برای نمونه نگاه کنید به مدال ورا[۱] (۲۰۱۲)، بیلا و همکاران[۲] (۲۰۰۱)، میلز و پراساد[۳] (۱۹۹۹) و هوریچ و تسای[۴] (۱۹۹۱)). میزان عملکرد معیارهای اطلاعاتی در دقت پیش‌بینی می‌تواند به عواملی چون مدل مورد نظر (AR، ARMA و غیره)، افق پیش‌بینی و نوع سری زمانی بستگی داشته باشد. بنابراین مسئله‌ای که با آن مواجه هستیم این است که براساس کدام معیار اطلاعاتی طول وقفه را تعیین کنیم تا دقت پیش‌بینی سری مورد نظر افزایش یابد. تاکنون در مطالعات انجام شده در این حوزه، فرآیند انتخاب وقفه‌ها در مدل همواره به صورت تجمعی انجام شده و از میان آنها طول وقفه بهینه با یکی از معیارهای اطلاعاتی انتخاب گردیده است. یعنی اگر طول وقفه بهینه ۴ باشد، تمام وقفه‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر تمام ترکیب‌های موجود از وقفه‌ها بین وقفه‌های اول و چهارم بررسی نمی‌شود (به عنوان نمونه نگاه کنید به مارسلینو و همکاران[۵] (۲۰۰۶)، اینگ[۶] (۲۰۰۴) و کانگ[۷] (۲۰۰۳)). در این مقاله علاوه بر استفاده از وقفه‌ها به‌صورت تجمعی، تمام ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها (مثلاً وقفه‌های ۱ و ۲ و ۴ و یا وقفه‌های ۱ و ۴ و یا فقط وقفه ۴)[۸] نیز در نظر گرفته می‌شود و از بین تمام ترکیب‌های ممکن با استفاده از معیارهای اطلاعاتی آکائیک، شوارتز و هنان-کوئین مدل مناسب جهت پیش‌بینی انتخاب می‌شود. همچنین در مرحله‌ای دیگر با ثابت نگه داشتن هر یک از ترکیب‌ها، پیش‌بینی‌ها تولید می‌شوند و میزان عملکرد آنها با معیار RMSFE[۹] سنجیده می‌شود.

علاوه بر ساختار وقفه‌ها، برای پیش‌بینی چند گام به جلوی یک متغیر اقتصادی (در اینجا نرخ تورم) با استفاده از مدل خودرگرسیون یک متغیره، مسئله‌ی دیگری که مطرح می‌شود مسئله‌ی انتخاب از بین مدل‌های یک دوره‌ای تکرارشونده و یا چند دوره‌ای مستقیم متناسب با افق زمانی مورد نظر است. در واقع سؤال این است که در عمل کدام

---

[1] Medal Vera
[2] Billah
[3] Mills & Prasad
[4] Hurvich & Tsai
[5] Marcellino
[6] Ing
[7] Kang
[۸] اگر حداکثر طول وقفه را n در نظر بگیریم تمام ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها برابر با $۲^n$-۱ خواهد بود.
[9] Root Mean Squared Forecast Error

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

روش (روش تکرارشونده یا مستقیم) بهتر عمل می‌کند و دارای دقت پیش‌بینی بهتری است. در ادبیات نظری به مزایای روش پیش‌بینی مستقیم نسبت به روش غیرمستقیم (تکرارشونده) تأکید شده است (برای نمونه نگاه کنید به ککس[۱] (۱۹۶۱)، فیندلی[۲] (۱۹۸۳ و ۱۹۸۵) و ویس[۳] (۱۹۹۱)). برای ارزیابی دقت پیش‌بینی دو روش مستقیم و تکرارشونده، باید تورش[۴] و واریانس تخمین ضرایب در نظر گرفته شود. روش تکرارشونده تخمین کاراتری از پارامترها نسبت به روش مستقیم ارائه می‌دهد اما مدل هنگام تصریح نادرست[۵] دچار تورش می‌شود (مارسلینو و همکاران (۲۰۰۶)). به عنوان مثال اگر تعداد وقفه‌های در نظر گرفته‌شده برای مدل p و تعداد وقفه‌های مدل واقعی تولید داده[۶] بیشتر یا کمتر از p باشد، MSFE[۷] مجانبی برای روش مستقیم معمولاً کم‌تر از روش تکرارشونده می‌باشد (نگاه کنید به فیندلی (۱۹۸۳)).

بنابراین با توجه به اینکه کارایی نسبی روش مستقیم در مقابل روش تکرارشونده در عمل مبهم است و بستگی به مدل تولید داده دارد که معمولاً در دسترس نمی‌باشد، باید به‌صورت تجربی بررسی شود که برای پیش‌بینی یک سری زمانی خاص کدام روش بهتر عمل می‌کند. تاکنون مطالعات تجربی محدودی برای بررسی کارایی نسبی روش پیش‌بینی مستقیم در مقابل روش تکرارشونده انجام گرفته است. گسترده‌ترین مطالعه تجربی انجام شده مربوط به کانگ (۲۰۰۳) می‌باشد که از مدل‌های تک‌متغیره خودرگرسیون برای ۹ متغیر اقتصادی کشور امریکا استفاده کرده است و نتیجه می‌گیرد که کارایی پیش‌بینی روش مستقیم نسبت به روش تکرارشونده به معیار انتخاب وقفه، دوره پیش‌بینی، افق پیش‌بینی و نوع سری زمانی وابسته است. بانسالی[۸] (۱۹۹۶) در مطالعه خود به این نتیجه می‌رسد که هرگاه فرآیند تولید داده یک سری زمانی نامشخص است، مدل‌های مستقیم به طور مجانبی پیش‌بینی کاراتری را نسبت به روش تکرارشونده ارائه می‌دهند. در ایران نیز، برکچیان و عطریانفر (۱۳۹۱) عملکرد دو روش مستقیم و تکرارشونده را با استفاده از مدل ARDL

---

[1] Cox
[2] Findley
[3] Weiss
[4] Bias
[5] Misspesified
[6] Data Generating Process
[7] Root Mean Square Forecast Error
[8] Bhansali

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

برای پیش‌بینی نرخ تورم ایران بررسی کرده‌اند. اما تاکنون تحقیقی صورت نگرفته که به‌طور مشخص عملکرد روش‌های مستقیم و تکرارشونده را در قالب مدل خودرگرسیون یک‌متغیره برای پیش‌بینی نرخ تورم ایران بررسی کرده باشد.

روش‌های متداول پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی بر پایه‌ی این فرض استوارند که فرآیند تولید داده شناخته شده و در طول زمان ثابت است و بنابراین امید شرطی با اطلاعات موجود، حداقل خطای پیش‌بینی را دارد. اما این فرض ممکن است برای برخی از متغیرها برقرار نباشد، چون در رژیم‌های سیاستی دولت همواره تغییرات زیادی رخ می‌دهد. در چنین شرایطی هنگام پیش‌بینی متغیرها برای اهداف سیاستی، باید از بروز خطاهای منظم[1] که ناشی از تغییرات قطعی است جلوگیری شود. به عنوان مثال عرض از مبدأ و روند خطی در مدل‌های پیش‌بینی یک‌متغیره به عنوان اولین منبع خطای منظم به حساب می‌آیند. در ادبیات مربوطه روش‌های مختلفی مانند تصحیح خطای عرض‌ازمبداء[2] (IC)، تفاضل‌گیری[3]، مدل‌های تغییر رژیم[4] و کوبریکینگ[5] و غیره برای بهبود دقت پیش‌بینی پیشنهاد شده است. لذا مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی (مدل خودرگرسیون در مقاله حاضر) از لحاظ آسیب‌پذیری در مقابل خطاهای منظم باید مورد بررسی قرار گیرد.

در این مطالعه با استفاده از مدل خودرگرسیون برای پیش‌بینی تورم برآنیم به ۴ پرسش مطرح شده در زیر پاسخ دهیم:

نخست، براساس کدام معیار اطلاعاتی، طول وقفه را در مدل خودرگرسیون تعیین کنیم تا دقت پیش‌بینی سری مورد نظر (تورم) افزایش یابد؟ دوم، دقت پیش‌بینی مدل خودرگرسیون در افق‌های ۲ تا ۴ گام به جلو با کدام روش (تکرارشونده و مستقیم) بیشتر است؟ سوم، آیا در نظر گرفتن تمام ترکیبات ممکن از وقفه‌ها به جای وقفه‌های تجمعی منجر به افزایش دقت پیش‌بینی می‌شود؟ چهارم، آیا تصحیح خطای پیش‌بینی به روش «IC» می‌تواند سبب بهبود دقت پیش‌بینی شود؟

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که اولاً، در افق پیش‌بینی ۱ گام به جلو و همچنین در افق‌های ۲ تا ۴ گام به جلو به روش تکرارشونده، استفاده از معیار اطلاعاتی آکائیک نسبت

---

[1] Systematic
[2] Intercept Correction
[3] Differencing
[4] Regime Switching Models
[5] Co-breaking

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

به دو معیار اطلاعاتی شوارتز و هنان-کوئین به دقت پیش‌بینی بالاتری می‌انجامد اما به روش مستقیم هر سه معیار اطلاعاتی دقت پیش‌بینی یکسانی دارند.

دوم، دقت پیش‌بینی روش مستقیم در مقایسه با تکرارشونده به معیار انتخاب طول وقفه بستگی دارد. به طوریکه با معیار آکائیک روش تکرارشونده نسبت به مستقیم، پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در افق‌های ۲ تا ۴ گام به جلو ارائه می‌دهد، اما با معیارهای شوارتز و هنان-کوئین روش مستقیم نسبت به تکرارشونده در هر سه افق ۲ تا ۴ گام به جلو عملکرد بهتری دارد.

سوم، دقت پیش‌بینی مدل خودرگرسیون با در نظرگرفتن تمام ترکیبات ممکن از وقفه‌ها در مقایسه با وقفه‌های تجمعی به معیار انتخاب وقفه، افق پیش‌بینی و روش پیش‌بینی (مستقیم یا تکرارشونده) بستگی دارد. البته در مجموع تفاوت RMSFE در دو حالت مذکور اندک است. اما بدون در نظرگرفتن معیارهای اطلاعاتی، وقفه اول در افق پیش‌بینی ۱ و ۲ گام به جلو و وقفه‌های اول و چهارم در افق پیش‌بینی ۳ و ۴ گام به جلو دارای بهترین عملکرد در میان تمامی پیش‌بینی‌های تولید شده با استفاده از مدل خودرگرسیون می‌باشند.

چهارم، تصحیح خطای پیش‌بینی به روش «IC» سبب بهبود دقت پیش‌بینی تورم در هیچ‌یک از افق‌های پیش‌بینی نمی‌شود.

ادامه مقاله به این شرح است؛ در قسمت ۲ داده‌های مورد استفاده تشریح می‌شود. در قسمت ۳ ساختار وقفه‌ها بررسی می‌شود. قسمت ۴ به مقایسه مدل خودرگرسیون مستقیم و تکرارشونده می‌پردازد. قسمت ۵ به تصحیح خطای پیش‌بینی اختصاص دارد و قسمت ۶ نتیجه‌گیری می‌کند.

## ۲ داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI) با تناوب فصلی از بهار ۱۳۶۹ تا زمستان ۱۳۹۰ می‌باشد که بعد از لگاریتم‌گیری طبیعی از داده‌ها با استفاده از فیلتر Census X12 اثرات فصلی آن‌ها حذف شده است. دیبولد و کیلیان[1] (۲۰۰۰) در مطالعه خود نشان می‌دهند که انجام آزمون ریشه واحد و تفاضل‌گیری در صورت وجود ریشه واحد در مورد داده‌های فصلی موجب افزایش دقت پیش‌بینی مدل در تمام افق‌های

[1] Diebold and Kilian

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

پیش‌بینی می‌شود. بنابراین آزمون دیکی فولر تعمیم یافته[1] را به کار می‌بریم تا مرتبه انباشتگی سری مورد بررسی مشخص شود. نتایج آزمون نشان می‌دهد که سری شاخص قیمت مصرف‌کننده دارای انباشتگی مرتبه اول می‌باشد، بنابراین از داده‌ها تفاضل مرتبه اول گرفته تا سری بدست آمده مانا شود و مدل‌سازی را بر مبنای تفاضل لگاریتم شاخص قیمت مصرف‌کننده یا همان نرخ تورم انجام می‌دهیم. دوره ارزیابی عملکرد پیش‌بینی را برای همه افق‌های پیش‌بینی از ۱:۱۳۸۷ تا ۴:۱۳۹۰ در نظر می‌گیریم و از ۶۸ مشاهده اول یعنی از ۲:۱۳۶۹ تا ۱:۱۳۸۶ برای تخمین مدل استفاده می‌کنیم.

## ۳ ساختار وقفه‌ها در مدل خودرگرسیون

در این قسمت عملکرد معیارهای اطلاعاتی برای مدل خودرگرسیون مستقیم و تکرارشونده[2] برای پیش‌بینی تورم در افق‌های زمانی ۱ تا ۴ فصل بررسی می‌شود. معیارهای اطلاعاتی رایج برای انتخاب طول وقفه به شرح زیر است:

۱) معیار اطلاعاتی آکائیک: $AIC = -2T\left[\ln\left(\widehat{\sigma_p^2}\right)\right] + 2p$

۲) معیار اطلاعاتی شوارتز: $SIC = \ln\left(\widehat{\sigma_p^2}\right) + [pln(T)]/T$

۳) معیار هنان-کوئین: $HQC = \ln\left(\widehat{\sigma_p^2}\right) + \frac{2}{T}pln[\ln(T)]$

در تمامی این موارد $\widehat{\sigma_p^2}$ از رابطه ۱ محاسبه می‌شود که $\hat{\varepsilon}_t$ باقیمانده مدل و T حجم نمونه است.

$$\widehat{\sigma_p^2} = (T - p - 1)^{-1} \sum_{t=1}^{T} \hat{\varepsilon}_t^2 \qquad (1)$$

در روش تکرارشونده، سه معیار اطلاعاتی فوق با استفاده از مجموع مجذور باقیمانده‌های[3] یک گام به جلو و در روش مستقیم با استفاده از مجموع مجذور

---

[1] Augmented Dickey-Fuller Test

[2] مدل خودرگرسیون و پیش‌بینی‌های چند گام به جلو به روش مستقیم و تکرارشونده در قسمت بعدی توضیح داده شده است.

[3] Sum of Squares of Residuals

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

باقیمانده‌های $h$ گام به جلو محاسبه می‌شوند و در هر روش مدلی برای پیش‌بینی انتخاب می‌شود که دارای کمترین مقدار برای معیار اطلاعاتی مورد نظر باشد. ضمناً مدل‌های خودرگرسیون مستقیم و تکرارشونده را یکبار با وقفه‌های تجمعی و بار دیگر با تمام ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها در نظر می‌گیریم. حداکثر طول وقفه نیز ۵ می‌باشد. همچنین در این مطالعه بدون در نظر گرفتن معیارهای اطلاعاتی و با ثابت نگه داشتن هر یک از ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها پیش‌بینی مربوط به افق‌های پیش‌بینی یک گام تا چهار گام به جلوی تورم تولید شده و بررسی می‌شود که در هر کدام از افق‌های پیش‌بینی کدام ترکیب، پیش‌بینی دقیق‌تری را ارائه می‌دهد. نکته‌ای که باید اشاره شود، استفاده از روش پیش‌بینی برون نمونه‌ای[1] در این تحقیق است. بدین صورت که اگر حجم نمونه ما برابر با $T$ باشد، ابتدا مقداری از داده‌ها را به عنوان حداقل حجم نمونه برای تخمین مدل در نظر می‌گیریم. فرض کنید این مقدار $T_0$ ($T_0 < T$) باشد. با استفاده از $T_0$ داده ابتدایی مدل را تخمین می‌زنیم و بعد از برآورد ضرایب، پیش‌بینی خود را برای دوره $T_0+h$ یعنی $\hat{\pi}_{T_0+h}$ ارائه می‌دهیم. در مرحله بعد یک گام در زمان جلو می‌رویم و این بار با استفاده از $T_0+1$ داده معادله را مجدداً تخمین می‌زنیم و با استفاده از ضرایب برآورد شده، پیش‌بینی خود را برای دوره $T_0+h+1$ یعنی $\hat{\pi}_{T_0+h+1}$ ارائه می‌دهیم. بدین ترتیب در هر مرحله یک گام در زمان جلو می‌رویم تا آخرین پیش‌بینی یعنی $\hat{\pi}_T$ حاصل شود. جدول ۱ عملکرد مدل خودرگرسیون مستقیم و تکرارشونده را با سه معیار اطلاعاتی انتخاب وقفه به صورت تجمعی و کلیه ترکیب‌های ممکن و همچنین بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها در پیش‌بینی تورم نشان می‌دهد. با بررسی جدول ۱ نتایج زیر به دست می‌آید:

۱) با در نظر گرفتن وقفه‌ها به صورت تجمعی و انتخاب وقفه‌ی بهینه با معیارهای اطلاعاتی، در افق پیش‌بینی یک گام به جلو به ترتیب معیارهای آکائیک، شوارتز و هنان-کوئین دارای بهترین عملکرد می‌باشند. در افق‌های ۲ تا ۴ گام به جلو در روش تکرارشونده معیار آکائیک نسبت به دو معیار دیگر دارای عملکرد بهتری است ولی در روش مستقیم هر سه معیار اطلاعاتی دارای دقت پیش‌بینی یکسانی هستند.

۲) دقت پیش‌بینی مدل خودرگرسیون با در نظر گرفتن تمام ترکیبات ممکن از وقفه‌ها در مقایسه با وقفه‌های تجمعی به معیار اطلاعاتی، افق پیش‌بینی و روش پیش‌بینی

[1] Out-of-Sample Forecasting

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

(مستقیم یا تکرارشونده) بستگی دارد و در مجموع تفاوت RMSFE در دو حالت مذکور اندک است. نکته‌ی جالب توجه‌ای که وجود دارد این است که مثلاً در افق یک گام به جلو و با معیار آکائیک، با در نظر گرفتن تمام ترکیبات ممکن از وقفه‌ها، دقت پیش‌بینی کاهش یافته است. یعنی اگرچه ترکیبی از وقفه‌ها انتخاب شده که معیار آکائیک کمتری دارد ولی پیش‌بینی بهتری ارائه نکرده است. در واقع معیارهای اطلاعاتی تنها مدلی را انتخاب می‌کنند که به صورت درون‌نمونه‌ای عملکرد بهتری دارد و این لزوماً به برتری در پیش‌بینی برون‌نمونه‌ای منجر نمی‌شود.

جدول ۱

*عملکرد پیش‌بینی مدل خودرگرسیون*

| | | RMSFE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | وقفه‌های تجمعی | | | تمام ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها | | | |
| روش پیش‌بینی | | AIC | SIC | HQC | AIC | SIC | HQC | بهترین ترکیب ثابت |
| مستقیم | ۱ | ۰/۰۱۷۶۵ | ۰/۰۱۸۶۴ | ۰/۰۱۸۵۳ | ۰/۰۲۲۳۶ | ۰/۰۱۸۵۷ | ۰/۰۱۸۵۷ | ۰/۰۱۷۶۳ |
| | ۲ | ۰/۰۲۱۶۸ | ۰/۰۲۱۶۸ | ۰/۰۲۱۶۸ | ۰/۰۲۲۴۷ | ۰/۰۲۱۷۲ | ۰/۰۲۱۷۲ | ۰/۰۲۱۶۳ |
| | ۳ | ۰/۰۲۱۹۱ | ۰/۰۲۱۹۱ | ۰/۰۲۱۹۱ | ۰/۰۲۱۵۱ | ۰/۰۲۱۹۰ | ۰/۰۲۱۹۰ | ۰/۰۲۱۵۱ |
| | ۴ | ۰/۰۲۲۲۷ | ۰/۰۲۲۲۷ | ۰/۰۲۲۲۷ | ۰/۰۲۱۵۸ | ۰/۰۲۲۳۷ | ۰/۰۲۲۳۷ | ۰/۰۲۱۵۲ |
| تکرار شونده | ۱ | ۰/۰۲۰۷۹ | ۰/۰۲۲۳۷ | ۰/۰۲۱۷۳ | ۰/۰۲۲۳۶ | ۰/۰۲۱۷۵ | ۰/۰۲۱۷۵ | ۰/۰۲۰۷۳ |
| | ۲ | ۰/۰۲۱۰۵ | ۰/۰۲۳۱۳ | ۰/۰۲۲۴۷ | ۰/۰۲۲۶۵ | ۰/۰۲۲۴۷ | ۰/۰۲۲۴۷ | ۰/۰۲۰۷۳ |
| | ۴ | ۰/۰۲۱۷۷ | ۰/۰۲۳۸۵ | ۰/۰۲۳۷۳ | ۰/۰۲۲۸۰ | ۰/۰۲۳۸۰ | ۰/۰۲۳۸۰ | ۰/۰۲۱۴۴ |

*یادداشت.* این جدول عملکرد مدل خودرگرسیون را در پیش‌بینی تورم نشان می‌دهد. ستون اول روش پیش‌بینی گام‌های دوم تا چهارم را نشان می‌دهد که به دو صورت مستقیم و تکرارشونده می‌باشد. ستون دوم افق پیش‌بینی یک گام تا چهار گام به جلو را مشخص می‌کند. در ستون سوم وقفه‌ی بهینه به‌صورت تجمعی و با معیارهای اطلاعاتی انتخاب شده است و در ستون چهارم نیز ترکیب بهینه با معیارهای اطلاعاتی و همچنین بدون در نظر گرفتن معیارهای اطلاعاتی و به لحاظ کمترین RMSFE از همه ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها در نظر گرفته شده است. در تمام مدل‌ها حداکثر طول وقفه ۵ می‌باشد. دوره تخمین فصل دوم ۱۳۶۹ تا فصل چهارم ۱۳۸۶ و دوره پیش‌بینی فصل اول ۱۳۸۷ تا فصل چهارم ۱۳۹۰ می‌باشد.

۳) ترکیب ثابتی از وقفه‌ها وجود دارد که در هریک از افق‌های پیش‌بینی نسبت به انتخاب مدل بهینه توسط معیارهای اطلاعاتی (با وقفه‌های تجمعی و یا تمام ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها) دارای عملکرد بهتری است. لذا استفاده از معیارهای اطلاعاتی در انتخاب مدل، لزوماً به انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی منتج نمی‌شود.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

در این قسمت به دنبال آنیم تا عملکرد پیش‌بینی تمام ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها را بررسی کنیم. نمودارهای ۱ تا ۴، RMSFE مربوط به ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها را برای افق پیش‌بینی ۱ تا ۴ گام به جلو به روش تکرارشونده نشان می‌دهند[۱]. همانطور که مشاهده می‌گردد از بین تمام ترکیب‌های ممکن برای پیش‌بینی ۱ و ۲ گام به جلو، بهترین ترکیب، تنها وقفه اول می‌باشد. وقفه‌های اول و چهارم نیز در افق ۳ و ۴ گام به جلو، دارای بالاترین دقت پیش‌بینی است. لذا حضور وقفه اول در مدل برای پیش‌بینی تورم کلیدی انگاشته می‌شود.

## ۴ مدل خودرگرسیون مستقیم و تکرارشونده

یک فرآیند خودرگرسیون مرتبه p که به صورت رابطه ۲ نشان داده می‌شود، نحوه ارتباط مقدار جاری سری زمانی y را با p وقفه قبل از خود نشان می‌دهد.

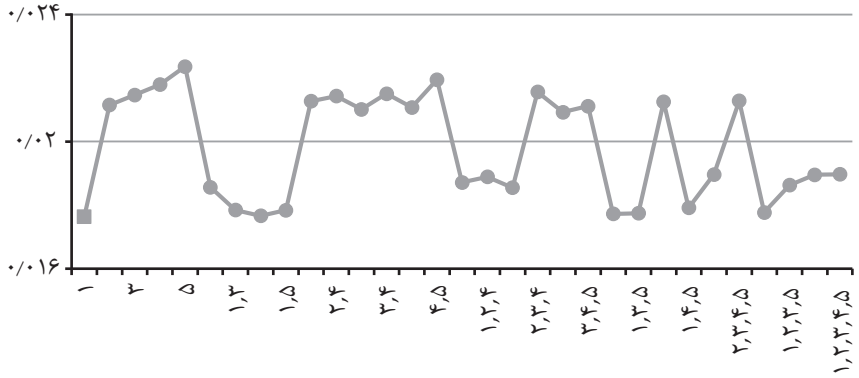
$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_1 y_{t-2} + \cdots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t \qquad (۲)$$

در این رابطه $a_0, \ldots, a_p$ پارامترهای مدل و $\varepsilon_t$ جزء تصادفی خطا با میانگین صفر و واریانس متناهی $\sigma_\varepsilon^2$ است. تخمین مدل AR(p) شامل دو مرحله است: مرحله اول تعیین طول وقفه $p$ بر اساس معیارهای انتخاب طول وقفه می‌باشد، چون تعداد وقفه‌های یک فرآیند تولید داده تصادفی هیچگاه در دسترس نیست. مرحله دوم تخمین پارامترهای مدل است که با روش‌های متداول اقتصادسنجی مانند روش حداقل مربعات معمولی انجام می‌شود. برای پیش‌بینی تورم در افق‌های بیش از یک فصل با استفاده از مدل خودرگرسیون، از دو روش متفاوت استفاده می‌شود که در ذیل به توضیح آنها پرداخته می‌شود.

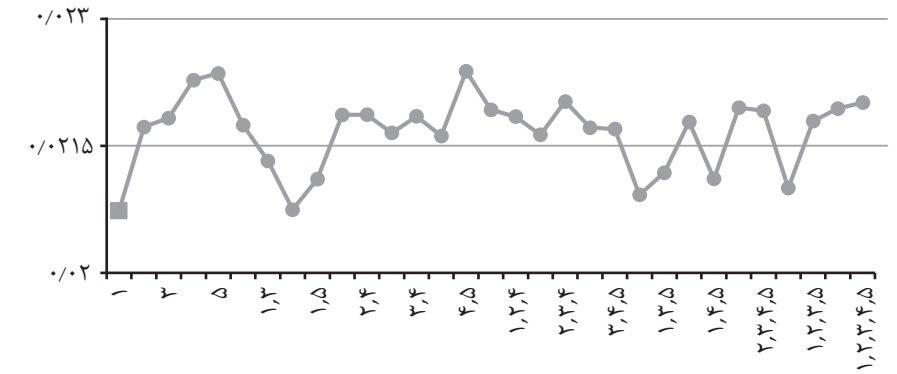
[۱] همین مقایسه برای هنگامی‌که پیش‌بینی‌ها توسط روش مستقیم تولید شده‌اند نیز انجام شده که در پیوست ۱ مقاله آمده است. همانطور که جدول ۱ نشان می‌دهد در افق‌های پیش‌بینی ۲ تا ۴ گام به جلو بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها به روش تکرارشونده نسبت به بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها به روش مستقیم از دقت بالاتری برخوردار است.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

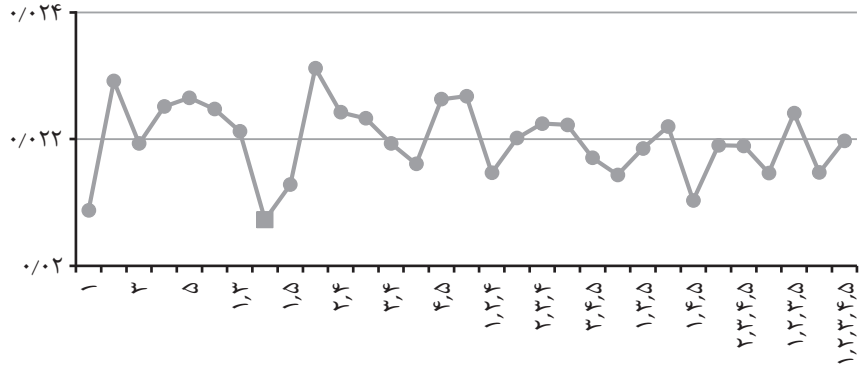



*شکل ۱*. RMSFE مربوط به مدل‌های خودرگرسیون با ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها برای پیش‌بینی یک گام به جلو. در این نمودار با استفاده از مدل خودرگرسیون با هر یک از ترکیب‌های ممکن بین وقفه‌های ۱ تا ۵، پیش‌بینی یک گام به جلوی تورم به‌صورت برون‌نمونه‌ای از ۱:۱۳۸۷ تا ۴:۱۳۹۰ تولید شده است. محور افقی نشان‌دهنده وقفه‌های به کار رفته در مدل است، مثلاً (۱ و ۲ و ۴) نشان دهنده مدلی است که در آن فقط از وقفه‌های ۱ و ۲ و ۴ استفاده شده و وقفه سوم حضور ندارد. محور عمودی نیز RMSFE متناظر با هر ترکیب را نشان می‌دهد.

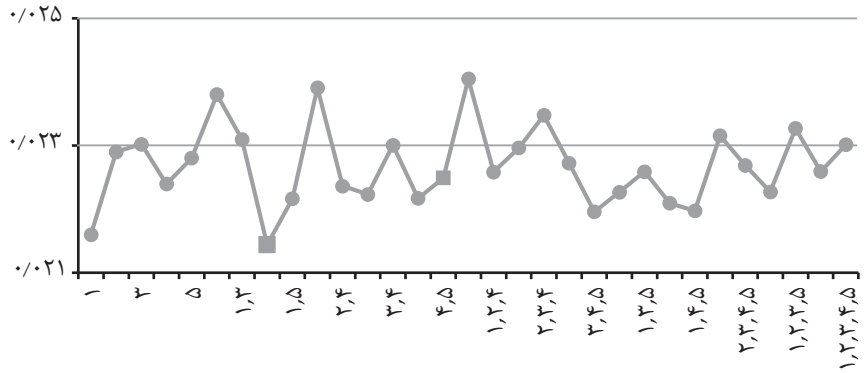



*شکل ۲*. RMSFE مربوط به مدل‌های خودرگرسیون تکرارشونده با ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها برای پیش‌بینی دو گام به جلو. به توضیحات شکل ۱ مراجعه شود.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]




شکل ۳. RMSFE مربوط به مدل‌های خودرگرسیون تکرارشونده با ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها برای پیش‌بینی سه گام به جلو. به توضیحات شکل ۱ مراجعه شود.




شکل ۴. RMSFE مربوط به مدل‌های خودرگرسیون تکرارشونده با ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها برای پیش‌بینی چهارگام به جلو. به توضیحات شکل ۱ مراجعه شود.

**روش تکرارشونده:** اگر $\pi_t$ را سری زمانی تورم در نظر بگیریم، مدل خودرگرسیون $\pi_t$ به صورت یک گام به جلو به فرم رابطه ۳ می‌باشد.

$$\pi_{t+1} = \alpha + \sum_{i=1}^{p} \emptyset_i \, \pi_{t+1-i} + \varepsilon_{t+1} \qquad (۳)$$

در معادله بالا p نمایانگر تعداد وقفه‌های به کار رفته در مدل می‌باشد. پس از تخمین ضرایب معادله رابطه ۳ به روش OLS پیش‌بینی چندگام به جلوی تورم به روش تکرارشونده، مرحله به مرحله تولید می‌شود. یعنی برای پیش‌بینی تورم در دوره $h$، ابتدا

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

تورم در دوره t + ۱ پیش‌بینی می‌شود، سپس از $\hat{\pi}_{t+1}$ به عنوان یکی از متغیرهای توضیح دهنده مدل رابطه ۳ برای پیش‌بینی $\hat{\pi}_{t+2}$ استفاده می‌شود و این کار به همین ترتیب تا رسیدن به $\hat{\pi}_{t+h}$ ادامه می‌یابد (رابطه ۴).

$$\hat{\pi}^{I}_{t+h|t} = \hat{\alpha} + \sum_{i=1}^{p} \hat{\emptyset}_i \, \hat{\pi}^{I}_{t+h-i|t} \qquad \hat{\pi}_{j|t} = \pi_j \quad for\ j \le t \tag{۴}$$

**روش مستقیم:** روش دیگر برای پیش‌بینی چندگام به جلوی تورم با استفاده از مدل خودگرسیون، روش مستقیم است که در آن پس از تعیین طول وقفه مناسب و تخمین ضرایب معادله (۲)، $\hat{\pi}_{t+h}$ مستقیماً محاسبه می‌شود.

$$\pi_{t+h} = \beta + \sum_{i=1}^{p} \rho_i \, \pi_{t+1-i} + \varepsilon_{t+h} \tag{۲}$$
$$\hat{\pi}_{t+h} = \hat{\beta} + \sum_{i=1}^{p} \hat{\rho}_i \, \pi_{t+1-i}$$

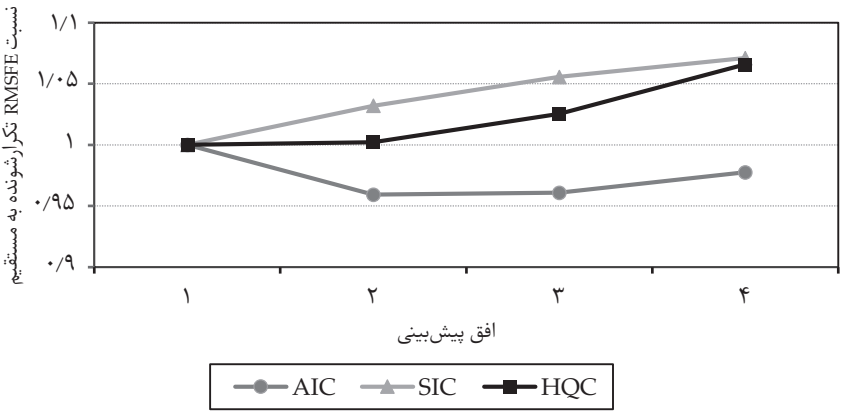
یکی از تفاوت‌هایی که بین این دو روش وجود دارد این است که در روش تکرارشونده پارامترهای معادله رابطه ۳ فقط یک بار برآورد می‌شود و از آن برای تمامی افق‌های پیش‌بینی مورد نظر استفاده می‌شود در حالیکه در روش مستقیم پارامترهای معادله رابطه ۴ برای هریک از افق‌های پیش‌بینی باید جداگانه تخمین زده شود. واضح است که دو روش تکرارشونده و مستقیم برای افق پیش‌بینی یک فصل معادل هم می‌باشند.

شکل ۵ نشان می‌دهد که عملکرد نسبی پیش‌بینی دو روش مستقیم و تکرارشونده با وقفه‌های تجمعی به معیار انتخاب طول وقفه بستگی دارد. به‌طوریکه با معیار آکائیک روش تکرارشونده در هر سه افق پیش‌بینی ۲ تا ۴ گام به جلو نسبت به روش مستقیم دارای عملکرد بهتری است ولی با معیار شوارتز یا هنان-کوئین روش مستقیم در هر سه افق پیش‌بینی نسبت به روش تکرارشونده از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. نکته جالب توجه دیگری که باید به آن اشاره کرد این است که با معیار انتخاب وقفه آکائیک با بالا رفتن افق پیش‌بینی، میزان برتری روش تکرارشونده نسبت به مستقیم کاهش می‌یابد ولی با معیار انتخاب وقفه شوارتز یا هنان-کوئین با بالا رفتن افق پیش‌بینی، برتری عملکرد روش مستقیم نسبت به تکرارشونده نمایان‌تر می‌شود.

نتایج جداول ۲، ۳ و ۴ نشان می‌دهد که در افق سه گام به جلو و براساس معیار شوارتز و در افق چهار گام به جلو و براساس معیار هنان-کوئین، برتری روش مستقیم به روش تکرارشونده از نظر آماری معنادار است. در سایر موارد، هیچ‌یک از دو روش برتری معناداری به دیگری ندارد.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]




شکل ۵. نسبت RMSFE روش تکرارشونده به مستقیم با معیارهای انتخاب وقفه آکائیک، شوارتز و هنان-کوئین

جدول ۲

*نتایج آزمون دیبلد-ماریانو تغییر یافته[۱] براساس معیار انتخاب طول وقفه آکائیک*

| نوع پیش‌بینی (گام‌به‌جلو) | P-Value | آماره آزمون | نسبت RMSFE |
|---|---|---|---|
| دو | ۰/۳۴ | -۰/۹۸ | ۰/۹۵۹۲ |
| سه | ۰/۵۰ | -۰/۶۹ | ۰/۹۶۰۸ |
| چهار | ۰/۲۲ | -۱/۲۸ | ۰/۹۷۷۶ |

*یادداشت.* در این جدول دقت پیش‌بینی دو روش مستقیم و تکرارشونده با استفاده از مدل خودرگرسیون در افق‌های پیش‌بینی ۲ تا ۴ گام به جلو از لحاظ آماری آزمون می‌گردد. در مقایسه دو روش نتایج مربوط به روش تکرارشونده نسبت به روش مستقیم هستند. طول وقفه در هر دو روش براساس معیار آکائیک با وقفه‌های تجمعی تعیین شده است. دوره تخمین فصل دوم ۱۳۶۹ تا فصل چهارم ۱۳۸۶ و دوره پیش‌بینی فصل اول ۱۳۸۷ تا فصل چهارم ۱۳۹۰ می‌باشد. حداکثر طول وقفه ۵ می‌باشد.

[۱] آزمون دیبلد-ماریانو تغییر یافته (Modified Diebold-Mariano) بررسی می‌کند که آیا امید ریاضی تابع زیان مربوط به دو سری زمانی پیش‌بینی بطور آماری با یکدیگر برابر است یا خیر. برای مطالعه بیشتر نگاه کنید به Harvey, Leybourne & Newbold (1997).

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

جدول ۳

*نتایج آزمون دیبلد-ماریانو تغییر یافته براساس معیار انتخاب طول وقفه شوارتز*

| نوع پیش‌بینی (گام‌به‌جلو) | P-Value | آماره آزمون | نسبت RMSFE |
|---|---|---|---|
| دو | ۰/۱۰ | ۱/۷۴ | ۱/۰۳۲۰ |
| سه | ۰/۰۸* | ۱/۸۸ | ۱/۰۵۵۶ |
| چهار | ۰/۱۰ | ۱/۷۴ | ۱/۰۷۱۰ |

*یادداشت.* در این جدول دقت پیش‌بینی دو روش مستقیم و تکرارشونده با استفاده از مدل خودرگرسیون در افق‌های پیش‌بینی ۲ تا ۴ گام به جلو از لحاظ آماری آزمون می‌گردد. در مقایسه دو روش نتایج مربوط به روش تکرارشونده نسبت به روش مستقیم هستند. طول وقفه در هر دو روش براساس معیار شوارتز با وقفه‌های تجمعی تعیین شده است. دوره تخمین فصل دوم ۱۳۶۹ تا فصل چهارم ۱۳۸۶ و دوره پیش‌بینی فصل اول ۱۳۸۷ تا فصل چهارم ۱۳۹۰ می‌باشد. حداکثر طول وقفه ۵ می‌باشد. علامت * در ستون چهارم نشان دهنده تفاوت معنادار دو روش رقیب در سطح ۱۰ درصد است.

جدول ۴

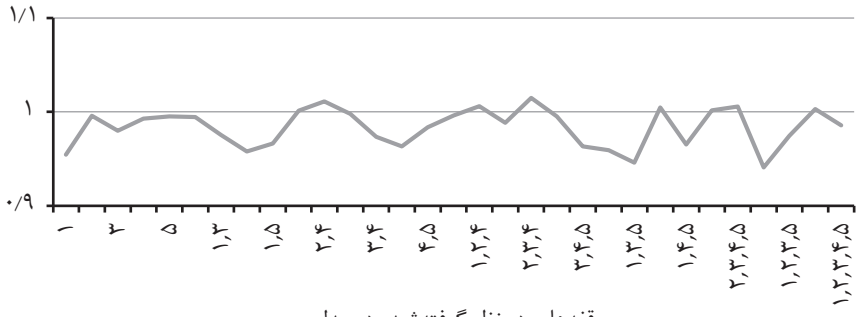
*نتایج آزمون دیبلد-ماریانو تغییر یافته براساس معیار انتخاب طول وقفه هنان-کوئین*

| نوع پیش‌بینی (گام‌به‌جلو) | P-Value | آماره آزمون | نسبت RMSFE |
|---|---|---|---|
| دو | ۰/۹۴ | ۰/۰۸ | ۱/۰۰۲۲ |
| سه | ۰/۱۶ | ۱/۴۸ | ۱/۰۲۵۴ |
| چهار | ۰/۰۱** | ۳/۱۳ | ۱/۰۶۵۸ |

*یادداشت.* در این جدول دقت پیش‌بینی دو روش مستقیم و تکرارشونده با استفاده از مدل خودرگرسیون در افق‌های پیش‌بینی ۲ تا ۴ گام به جلو از لحاظ آماری آزمون می‌گردد. طول وقفه در هر دو روش براساس معیار هنان-کوئین با وقفه‌های تجمعی تعیین شده است. دوره تخمین فصل دوم ۱۳۶۹ تا فصل چهارم ۱۳۸۶ و دوره پیش‌بینی فصل اول ۱۳۸۷ تا فصل چهارم ۱۳۹۰ می‌باشد. حداکثر طول وقفه ۵ می‌باشد. علامت ** در ستون چهارم نشان دهنده تفاوت معنادار دو روش رقیب در سطح ۵ درصد است.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]



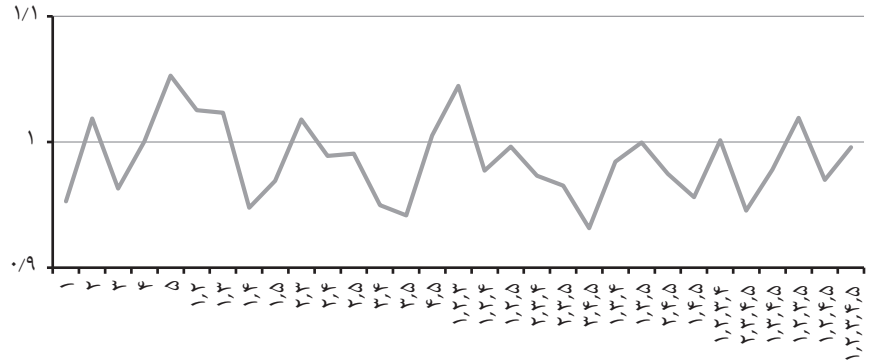

*شکل ۶.* نسبت RMSFE روش تکرارشونده به مستقیم (دو گام به جلو). این نمودار نسبت RMSFE مدل خودرگرسیون تکرارشونده را نسبت به مستقیم در هر یک از ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها نشان می‌دهد. محور افقی نشان‌دهنده وقفه‌های به کار رفته در مدل است، مثلاً (۱ و ۲ و ۴) نشان دهنده مدلی است که در آن فقط از وقفه‌های ۱ و ۲ و ۴ استفاده شده و وقفه سوم حضور ندارد. محور عمودی نیز RMSFE نسبی متناظر با هر ترکیب را نشان می‌دهد. طول دوره تخمین ۲:۱۳۶۹ تا ۴:۱۳۸۶ و دوره ارزیابی ۱:۱۳۸۷ تا ۴:۱۳۹۰ می‌باشد.

همچنین بدون در نظر گرفتن معیارهای انتخاب وقفه و با ترکیب ثابت از وقفه‌ها، نمودارهای ۶، ۷ و ۸ نشان می‌دهند که هیچ‌یک از روش‌های مستقیم و تکرارشونده با ساختار وقفه مشابه، در پیش‌بینی گام‌های دوم تا چهارم برتری مطلقی نسبت به هم ندارند. اگرچه به نظر می‌رسد در افق ۲ گام به جلو، در اکثر موارد روش تکرارشونده نسبت به روش مستقیم بهتر عمل کرده است.

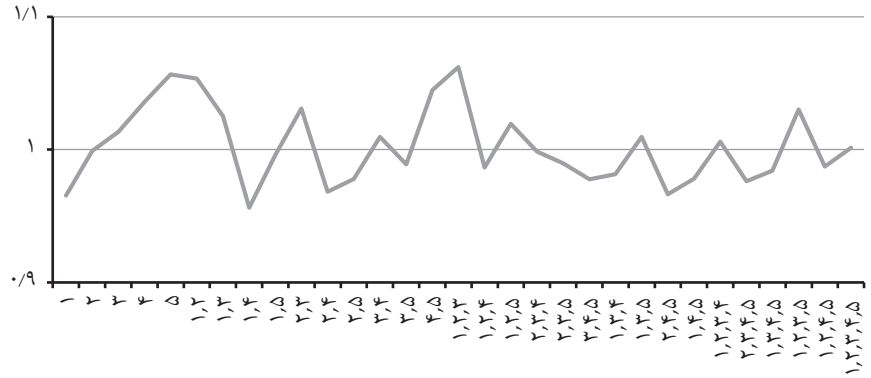
علاوه بر مدل خودرگرسیون، یکی دیگر از روش‌های پیش‌بینی تورم که از آن به‌صورت متداولی به عنوان مدل پایه استفاده می‌شود، مدل گام تصادفی[1] است. مدل‌های گام تصادفی با ظاهر ساده خود ممکن است پیش‌بینی‌های دقیقی تولید کنند. سه شکل مختلف از مدل‌های گام تصادفی را در نظر می‌گیریم: مدل گام تصادفی خالص، مدل گام تصادفی با رانش و مدل AO که شباهت زیادی به مدل گام تصادفی خالص دارد با این تفاوت که در آن تورم دوره قبل با میانگین تورم در ۴ دوره گذشته جایگزین شده است. این مدل توسط

[1] Random Walk

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]




*شکل ۷.* نسبت RMSFE روش تکرارشونده به مستقیم (سه گام به جلو). به توضیحات شکل ۶ مراجعه شود.




*شکل ۸.* نسبت RMSFE روش تکرارشونده به مستقیم (چهار گام به جلو). به توضیحات شکل ۶ مراجعه شود.

اتکسان و اوهانیان[1] (۲۰۰۱) معرفی شد و از آن به عنوان یک مدل ساده برای مقایسه دقت پیش‌بینی مدل‌های مختلف نایرو (منحنی فیلیپس) استفاده گردید. با توجه به عملکرد مطلوب این مدل در مقابل مدل‌های مختلف نایرو، از آن پس در مطالعات صورت گرفته در

[1] Atkeson & Ohanian

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

زمینه پیش‌بینی (به عنوان نمونه فاست و رایت[1] (۲۰۱۱)) از این مدل به عنوان یکی از انواع مدل‌های گام تصادفی با نام اختصاری AO نام برده می‌شود.

با توجه به اینکه پیش‌بینی‌های حاصل شده از مدل خودرگرسیون به روش تکرارشونده و با بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها دارای بالاترین دقت پیش‌بینی تورم در افق‌های ۱ تا ۴ گام به جلو است، جدول ۵ نتایج مربوط به پیش‌بینی مدل خودرگرسیون تکرارشونده با بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها را در مقایسه با مدل‌های مختلف گام تصادفی نشان می‌دهد. نتایج جدول حاکی از آن است که روش خودرگرسیون تکرارشونده با بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها در تمام افق‌های پیش‌بینی از لحاظ معیار RMSFE پیش‌بینی بهتری را نسبت به سه روش گام تصادفی ارائه می‌دهد و در بیشتر موارد این برتری از نظر آماری نیز معنادار است.

## ۵ تصحیح خطای پیش‌بینی

نتایج پیش‌بینی برون نمونه‌ای نشان می‌دهد که مدل خودرگرسیون در چند دوره متوالی تورم را بیش‌تر یا کم‌تر از مقدار واقعی پیش‌بینی می‌کند (به عنوان نمونه، نمودارهای ۱۲ و ۱۳ را ببینید). بنابراین ممکن است تصریح مدل خودرگرسیون ناکامل[2] باشد. به همین علت پیش‌بینی‌های تولید شده توسط مدل خودرگرسیون تکرارشونده با بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها را با یکی از روش‌های متداول «IC» تصحیح می‌کنیم. روش کار به این گونه است که، اولین پیش‌بینی برای ۴:۱۳۸۶ تولید شده و خطای پیش‌بینی این فصل برای تصحیح پیش‌بینی‌های آینده که در این فصل تولید شده‌اند به کار برده می‌شود (کلمنتس و هندری[3] (۱۹۹۸) و اندرسون و استرهولم[4] (۲۰۰۵)). همانگونه که نمودار ۹ نشان می‌دهد، در پیش‌بینی یک گام به جلو، خطای پیش‌بینی ۴:۱۳۸۶ را به پیش‌بینی فصل بعد اضافه می‌کنیم؛ بنابراین برای ۱:۱۳۸۷ دو پیش‌بینی وجود دارد، یکی پیش‌بینی حاصل از مدل خودرگرسیون و دیگری پیش‌بینی‌ای که با خطای پیش‌بینی دوره قبل تصحیح شده است.

[1] Faust & Wright
[2] incomplete
[3] Clements & Hendry
[4] Anderson & Osterholm

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

جدول ۵

*نتایج آزمون دیبلد-ماریانو تغییر یافته*

| پیش‌بینی یک گام به جلو | | | |
|---|---|---|---|
| P-Value | آماره آزمون | نسبت RMSFE | مقایسه روش خودرگرسیون نسبت به |
| ۰/۰۶* | -۲/۰۴ | ۰/۸۹۴۸ | روش گام تصادفی خالص[1] |
| ۰/۰۶* | -۲/۰۲ | ۰/۸۸۸۶ | روش گام تصادفی با رانش[2] |
| ۰/۰۹* | -۱/۷۸ | ۰/۸۰۷۹ | روش AO |
| پیش‌بینی دو گام به جلو | | | |
| P-Value | آماره آزمون | نسبت RMSFE | مقایسه روش خودرگرسیون تکرارشونده نسبت به |
| ۰/۰۸* | -۱/۸۷ | ۰/۸۱۵۰ | روش گام تصادفی خالص |
| ۰/۰۹* | -۱/۷۷ | ۰/۸۰۳۱ | روش گام تصادفی با رانش |
| ۰/۱۴ | -۱/۵۴ | ۰/۷۳۵۴ | روش AO |
| پیش‌بینی سه گام به جلو | | | |
| P-Value | آماره آزمون | نسبت RMSFE | مقایسه روش خودرگرسیون تکرارشونده نسبت به |
| ۰/۱۰ | -۱/۷۴ | ۰/۷۸۱۷ | روش گام تصادفی خالص |
| ۰/۱۲ | -۱/۶۶ | ۰/۷۶۳۷ | روش گام تصادفی با رانش |
| ۰/۰۱** | -۲/۷۵ | ۰/۹۱۲۲ | روش AO |
| پیش‌بینی چهارگام به جلو | | | |
| P-Value | آماره آزمون | نسبت RMSFE | مقایسه روش خودرگرسیون تکرارشونده نسبت به |
| ۰/۰۰** | i۱۵/۴۴ | ۰/۷۲۲۰ | روش گام تصادفی خالص |
| ۰/۰۰** | -۵/۱۳ | ۰/۷۰۲۲ | روش گام تصادفی با رانش |
| ۰/۰۰** | i۶/۹۸ | ۰/۹۶۹۳ | روش AO |

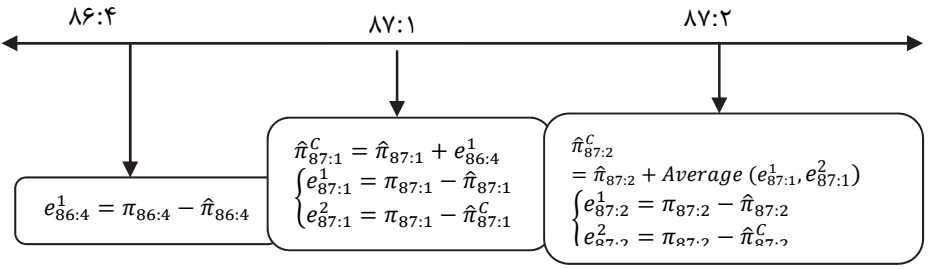
*یادداشت.* در این جدول دقت پیش‌بینی روش خودرگرسیون تکرار شونده با بهترین ترکیب ثابت از وقفه‌ها با مدل‌های گام تصادفی در افق‌های پیش‌بینی ۱ تا ۴ فصل از لحاظ آماری آزمون می‌گردد. دوره تخمین فصل دوم ۱۳۶۹ تا فصل چهارم ۱۳۸۶ و دوره پیش‌بینی فصل اول ۱۳۸۷ تا فصل چهارم ۱۳۹۰ می‌باشد. حداکثر طول وقفه ۵ است. علامت * در ستون چهارم نشان دهنده تفاوت معنادار دو روش رقیب در سطح ۱۰% و ** در سطح ۵% است.

[1] Pure Random Walk

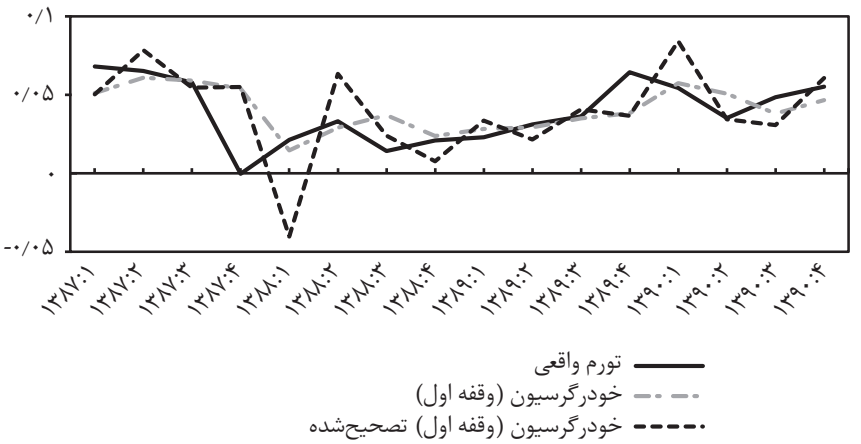
[2] Random Walk with Drift

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]



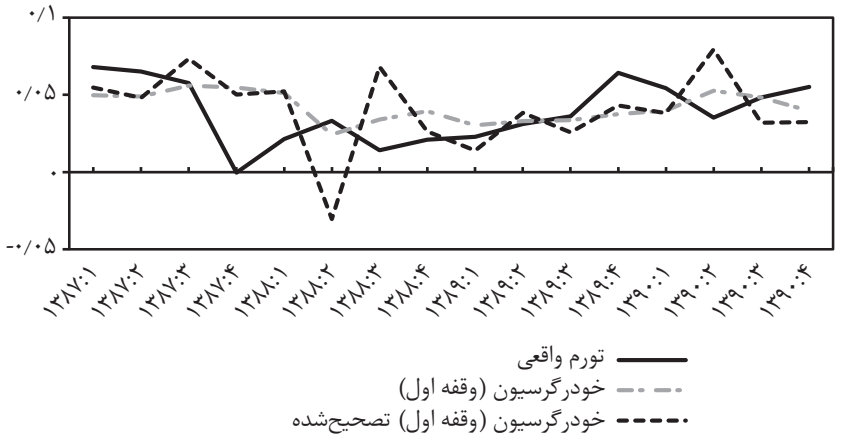

شکل ۹. نحوه تصحیح خطای پیش‌بینی یک گام به جلو



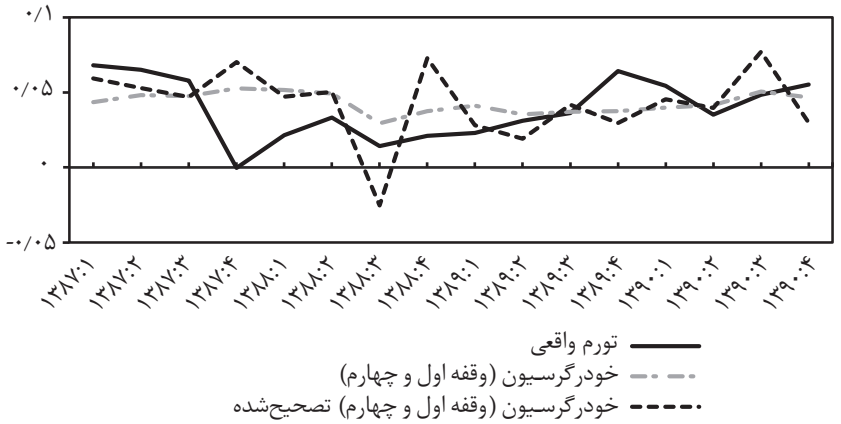

شکل ۱۰. پیش‌بینی تورم به روش خودرگرسیون تکرارشونده و تصحیح یافته (یک گام به جلو)

برای تصحیح خطای دوره بعد یعنی ۲:۱۳۸۷ از میانگین دو خطای پیش‌بینی ۱:۱۳۸۷ استفاده می‌شود و این کار به همین ترتیب تا ۴:۱۳۹۰ ادامه می‌یابد. با استفاده از این متدلوژی، اطلاعات در مورد خطای دوره گذشته برای بهبود پیش‌بینی دوره‌های آینده استفاده می‌شود. نمودارهای ۱۰ تا ۱۳ سری پیش‌بینی تورم را به روش خودرگرسیون تصحیح یافته (IC) در مقابل پیش‌بینی به روش خودرگرسیون و همچنین مقدار واقعی تورم در افق‌های ۱ تا ۴ گام به جلو نشان می‌دهد.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

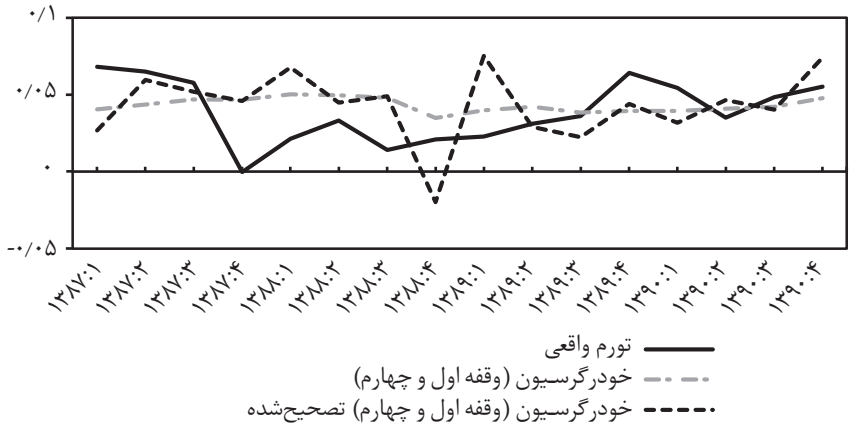



شکل ۱۱. پیش‌بینی تورم به روش خودرگرسیون تکرارشونده و تصحیح یافته (دو گام به جلو)




شکل ۱۲. پیش‌بینی تورم به روش خودرگرسیون تکرارشونده و تصحیح یافته (سه گام به جلو)

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]




شکل ۱۳. پیش‌بینی تورم به روش خودرگرسیون تکرارشونده و تصحیح یافته (چهارگام به جلو)

نمودارها نشان می‌دهند که تصحیح مدل خودرگرسیون به روش IC سبب می‌شود تا احتمال اینکه مدل خودرگرسیون، تورم را برای چند دوره متوالی بیشتر (یا کمتر) از مقدار واقعی پیش‌بینی کند کاهش یابد. اما از سوی دیگر نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که میزان RMSFE روش پیش‌بینی تصحیح یافته با IC افزایش می‌یابد. لذا برای پژوهش‌های آتی باید به روش‌های دیگر تصحیح خطا اندیشید.

*جدول ۶*

*مقایسه RMSFE روش خودرگرسیون تکرارشونده و تصحیح یافته*

| افق پیش‌بینی (گام‌به‌جلو) | یک | دو | سه | چهار |
|---|---|---|---|---|
| نسبت RMSFE دو روش | ۱/۴۷۰۱ | ۱/۴۷۳۶ | ۱/۴۰۰۲ | ۱/۳۵۴۶ |

*یادداشت.* این جدول عملکرد پیش‌بینی‌های مدل خودرگرسیون تصحیح یافته را به روش «IC» با مدل خودرگرسیون تکرارشونده با معیار RMSFE نسبی مقایسه نموده است. در پیش‌بینی گام‌های اول و دوم از وقفه‌ی اول و در پیش‌بینی گام‌های سوم و چهارم از ترکیب وقفه‌های اول و چهارم استفاده شده است.

## ۶ نتیجه‌گیری

در این مطالعه به ارزیابی عملکرد پیش‌بینی تورم با استفاده از مدل خودرگرسیون پرداختیم. نتایج نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی روش مستقیم در مقایسه با روش تکرارشونده به معیار انتخاب طول وقفه بستگی دارد. در افق یک گام به جلو دو روش مستقیم و تکرارشونده معادل هم می‌باشند. با معیار آکائیک روش تکرارشونده نسبت به مستقیم،

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در افق‌های ۲ تا ۴ گام به جلو ارائه می‌دهد، اما با معیارهای شوارتز و هنان-کوئین روش مستقیم نسبت به تکرارشونده در هر سه افق ۲ تا ۴ گام به جلو عملکرد بهتری دارد.

نکته مهم دیگر استفاده از ترکیب‌های مختلف از وقفه‌ها در مدل خودرگرسیون است. براساس نتایج به‌دست آمده، دقت پیش‌بینی مدل خودرگرسیون با در نظر گرفتن تمام ترکیبات ممکن از وقفه‌ها در مقایسه با وقفه‌های تجمعی به معیار اطلاعاتی، افق پیش‌بینی و روش پیش‌بینی (مستقیم یا تکرارشونده) بستگی دارد. البته لازم به ذکر است که تفاوت RMSFE به قدری اندک است که می‌توان گفت در نظر گرفتن تمام ترکیبات ممکن از وقفه‌ها ارزش افزوده‌ی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کند. اما بدون در نظر گرفتن معیارهای اطلاعاتی و با ثابت نگه داشتن هر یک از ترکیب‌های ممکن از وقفه‌ها و به روش تکرارشونده، در افق پیش‌بینی ۱ و ۲ گام به جلو، وقفه اول و در افق پیش‌بینی ۳ و ۴ گام به جلو ترکیب وقفه‌های اول و چهارم، نه تنها نسبت به دیگر ترکیب‌های ممکن، بلکه در میان تمامی پیش‌بینی‌های تولید شده با استفاده از مدل خودرگرسیون دارای دقت پیش‌بینی بالاتری می‌باشند. این ترکیب از وقفه‌ها در مقایسه با مدل‌های گام تصادفی نیز بهتر عمل می‌کنند.

همچنین تصحیح خطای پیش‌بینی به روش «IC» اگرچه ممکن است احتمال وقوع خطای منظم پیش‌بینی را کاهش دهد اما براساس معیار RMSFE سبب بهبود دقت پیش‌بینی تورم در هیچ‌یک از افق‌های پیش‌بینی نمی‌شود.

## فهرست منابع

برکچیان، س.م.، و عطریانفر، ح. (۱۳۹۱). *ارزیابی عملکرد روش مستقیم و تکرار شونده برای پیش‌بینی نرخ تورم در ایران*. مقاله در حال انجام

Anderson, A., & Osterholm, P. (2005). Forecasting Real Exchange Rate Trends Using Age Structure Data-The Case of Sweden. *Applied Economics Letters*, 12, 267-272.

Atkeson, A., & Ohanian, L.E. (2001). Are Philips Curve Useful for Forecasting Inflation?. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 2-11.

Bhansali, R.J. (1996). Asymptotically Efficient Autogressive Model Selection for Multistep Prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 48, 577-602.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

Billah, B., King, M. L., Snyder, R. D., & Koehler, A. B. (2006). Exponential Smoothing Model Selection for Forecasting. *International Journal of Forecasting*, 22, 239-247.

Cox, D.R. (1961). Prediction by Exponentially Weighted Moving Averages and Related Methods. *Journal of the Royal Statistical Society*, 23, 414-422.

Diebold, F.X., & Kilian, L. (2000). Unit Root Tests are Useful for Selecting Forecasting Models. *Journal of Business and Economic Statistics*, 18, 265-273.

Faust, J., & Wright, J. (2011). Forecasting Inflation. In G. Elliott, & A. Timmermann (Eds.) *Handbook of Economic Forecasting* (pp. 123-312). Elsevier.

Findley, D.F. (1983). On the Use of Multiple Models for Multi-period Forecasting. *American Statistical Association*, 528-531.

Findley, D. (1985). Model Selection for Multi-Step-Ahead Forecasting. In H.A. Baker, & P.C. Young (Eds.) *Proceedings of the 7th symposium on identification and system parameter estimation* (pp. 1039-1044). Pergamon, Oxford.

Ing, C. (2004). Selecting Optimal Multistep Predictors for Autoregressive Processes of Unknown Order. *The Annals of Statistics*, 32, 693-722.

Kang, I. (2003). Multi-period Forecasting Using Different Models for Different Horizons: An Application to U.S. Economic Time Series Data. *International Journal of Forecasting*, 19, 387-400.

Liew, V.K. (2004). Which Lag Length Selection Criteria Should We Employ?. *Economics Bulletin*, 3, 1-9.

Marcellino, M., Stock, J.H., & Watson, M.W. (2006). A Comparison of Direct and Iterated Multistep AR Methods for Forecasting Macroeconomic Time Series. *Journal of Econometrics*, 135, 499-526.

Medal Vera, C.A. (2012). *How Informative are In-Sample Information Criteria to Forecasting? The Case of Chilean GDP* (Working Paper). Central Bank of Chile.

Mills, J.A., & Prasad, K. (1992). A Comparison of Model Selection Criteria. *Econometric Review*, 11, 201-234.

Weiss, A.A. (1991). Multi-step Estimation and Forecasting in Dynamic Models. *Journal of Econometrics*, 48, 135-149.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

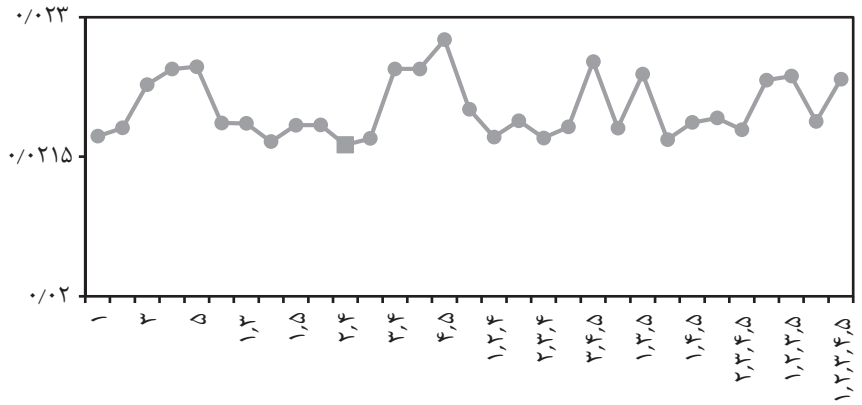
[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]

Harvey, D., Leybourne, S., & Newbold, P. (1997). Testing the Equality of Prediction Mean Squard Errors. *International Journal of Forecasting, 13*, 281-291.

Clements, M.P., & Hendry, D.F. (1996). Intercept Corrections and Structural Change. *Journal of Applied Econometrics, 11*, 475-494.

## پیوست‌ها

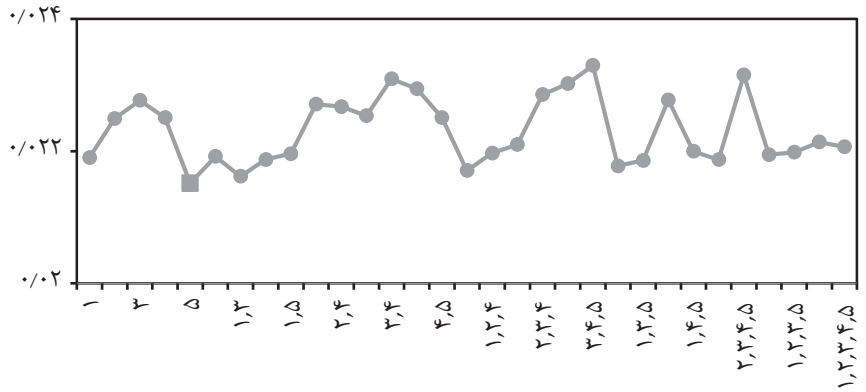
در این بخش نمودارهای RMSFE تمام ترکیبات ممکن از وقفه‌ها در پیش‌بینی‌های ۲ تا ۴ گام به جلو به روش مستقیم گزارش می‌شود.



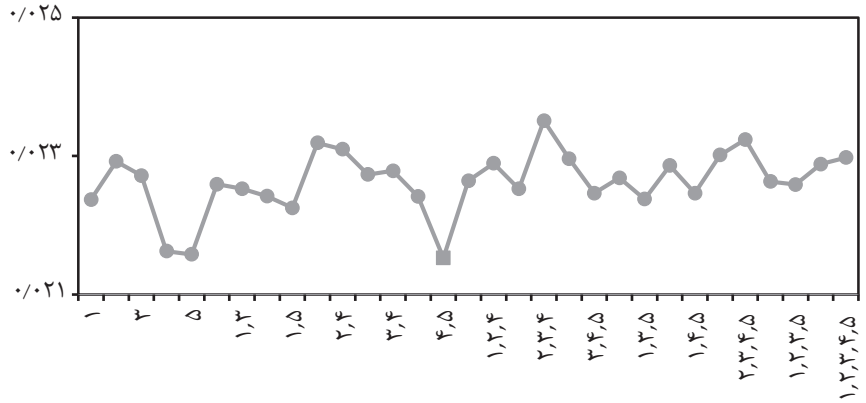

*شکل ۱۴*. RMSFE مربوط به مدل‌های خودرگرسیون مستقیم با ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها برای پیش‌بینی دو گام به جلو. به توضیحات شکل ۱ مراجعه شود.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]




*شکل ۱۵*. RMSFE مربوط به مدل‌های خودرگرسیون مستقیم با ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها برای پیش‌بینی سه گام به جلو. به توضیحات شکل ۱ مراجعه شود.




*شکل ۱۶*. RMSFE مربوط به مدل‌های خودرگرسیون مستقیم با ترکیب‌های مختلف وقفه‌ها برای پیش‌بینی چهار گام به جلو. به توضیحات شکل ۱ مراجعه شود.

[ Downloaded from jmbr.mbri.ac.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.26453355.1394.8.24.6.2 ]