

Using the machine learning algorithms to predict inflation expectations with regard to economic and monetary variables

Zahra Mokhtari¹, Jalil Totonchi*², Abbas Alavi Rad³

Received: 04-02-2023

Accepted: 22-05-2024

Extended Abstract

Purpose: Providing reliable forecasts of inflation expectations is a constant challenge for policymakers, and it is of vital for economic activists and their investment decisions. Accurate forecasting of inflation expectations in a data-rich environment when there is a correlation among predictor variables is an active research field. The purpose of this study is to predict inflation expectations by considering economic and monetary variables using machine learning algorithms to help the economic policy makers of the country.

Methodology: In this study, machine learning algorithms are used to select the most effective variables in predicting inflation expectations. This procedure is suitable for discovering complex patterns, and it is based on fewer and more restrictive assumptions. For this purpose, the data are grouped into two sets of training and testing, and a 14-year period is considered for training sets. The model prediction accuracy is evaluated in the 15th year. The variables include exchange rate, stock market index, balance of payments, production price index, import price index, wage growth rate, production gap, economic growth rate, money market interest rate, liquidity growth, and oil revenues. Forecasting inflation expectations is done using the ridge, lasso, adaptive lasso and elastic net algorithms. Also, the mean square error criterion is used to check the machine the accuracy of learning techniques.

Findings and Discussion: The findings of this research showed that, in the adaptive lasso algorithm, there is a smaller difference between the observed and estimated values than in the other techniques of predicting inflation expectations. The mean square error for the real and estimated values in the adaptive Lasso algorithm is

¹. Ph.D. Candidate, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Islamic Azad University of Abarkouh, Yazd, Iran. Email: Zahra.mokhtari@gmail.com

². Corresponding Author. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Islamic Azad University Yazd, Yazd, Iran. Email: ja.totonchi@yahoo.com

³. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Islamic Azad University Yazd, Yazd, Iran. Email: ab.alavirad@iau.ac.ir

0.0892. The results confirmed that the oracle feature of the adaptive lasso algorithm was able to reduce the penalty by giving less weight to them and leave their effects in the model in a real form. Based on this, among economic variables, exchange rate and liquidity growth have the most positive effects on inflation expectations. Their coefficients are 3.144 and 2.904, respectively. Also, the interest rate as a monetary variable has the most negative effect on inflation expectations with a coefficient of -4.383. This result is in line with Fisher's theory because Fisher believed that a higher interest rate leads to a decrease in inflation, and an increase in the interest rate can reduce the consumption attractiveness and demand.

Conclusions and Policy Implications: The difference between the amounts of import and export in Iran causes a high dependence on the import of goods, and any change in the exchange rate helps to form the consumer expectations regarding future inflation. Also, the process of creating liquidity without support due to the lack of coordination at the level of goods production and services causes inflation expectations. The central bank can encourage people to deposit their savings in banks by increasing the deposit interest rate. On the one hand, the demand decreases and, on the other hand, the total consumption and the money circulation slow down. Considering the results of this research, policymakers and economic officials can directly apply machine learning algorithms to the problem of macroeconomic forecasting in a data-rich environment, using all the corresponding predictors without the need for multivariate linear modeling and with minimal errors.

Keywords: Forecasting Inflation Expectations, Learning Machine, Exchange Rate, Liquidity, Interest Rate.

JEL Classification: D84, C10, E43, E52

کاربست الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی انتظارات تورمی با استفاده از متغیرهای اقتصادی و پولی

زهرا مختاری^۱، جلیل توتونچی^{۲*}، عباس علوی‌راد^۳

پذیرش: ۱۱-۱۲-۱۴۰۲

دریافت: ۱۲-۰۸-۱۴۰۲

چکیده

ارائه پیش‌بینی‌های قابل اعتماد انتظارات تورمی چالشی همیشگی برای سیاست‌گذاران و مهم برای فعالان اقتصادی است. هدف این پژوهش پیش‌بینی انتظارات تورمی با در نظر گرفتن متغیرهای اقتصادی و پولی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. دلیل انتخاب روش یادگیری ماشین برای پیش‌بینی انتظارات تورمی، نداشتن مشکلات ساختاری مدل‌های تحلیلی و توانایی تشخیص دقیق روند بین معیارها در محیط اقتصادی غنی از داده است. برای دستیابی به این هدف داده‌های نرخ رشد اقتصادی، شاخص قیمت واردات، شاخص قیمت تولیدکننده، سطح شکاف تولید، ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها، نرخ رشد دستمزد، رشد نقدینگی، نرخ ارز، درآمدهای نفتی، شاخص بازار سهام، نرخ بهره برای دوره زمانی از ابتدای سال ۱۳۸۴ تا انتهای سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری شد. یافته‌ها نشان داد که الگوریتم لاسوی تطبیق یافته نسبت به الگوریتم‌های دیگر یادگیری ماشین دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی انتظارات تورمی است. همچنین نتایج نشان داد که نرخ ارز و رشد نقدینگی به عنوان متغیرهای اقتصادی و نرخ بهره به عنوان متغیر پولی توانایی بالاتری در پیش‌بینی انتظارات تورمی دارند.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی انتظارات تورمی، یادگیری ماشین، نرخ ارز، نقدینگی، نرخ بهره.

طبقه‌بندی JEL: D84, C10, E43, E52

^۱ دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابرکوه، یزد، ایران.

zmokhtari384@gmail.com

^۲ نویسنده مسئول. استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران.

ja.totonchi@yahoo.com

^۳ دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران.

ab.alavirad@iaou.ac.ir

۱- مقدمه

در طول نیم قرن اخیر، هدف اصلی سیاست پولی دستیابی به ثبات قیمت بوده است زیرا رشد بیش از حد قیمت می‌تواند اثرات منفی عمیقی بر اقتصاد و رفاه مردم داشته باشد. شواهد تجربی به خوبی ثابت کرده است که نرخ‌های تورم بالا باعث تحریک فرار سرمایه (ندیکومان^۱، ۲۰۱۶: ۳)، مهار رشد اقتصادی (اودین و رحمان^۲، ۲۰۲۳: ۲۷۶۱) و ناآرامی اجتماعی (پونتیچلی و وث^۳، ۲۰۲۰: ۴) می‌شود. از ابتدای شروع کران پایین موثر^۴ بر روی نرخ‌های بهره اسمی بعد از رکود بزرگ، علاقه فزاینده‌ای در میان سیاست‌گذاران و دانشگاهیان به سیاست‌هایی که از طریق کانال‌های انتظار عمل می‌کنند، وجود داشته است. کران پایین موثر به نقطه‌ای اشاره دارد که در آن کاهش بیشتر در نرخ بهره سیاست پولی دیگر محرکی برای تقاضای کل و تولید ناخالص داخلی ایجاد نمی‌کند یا در آن نقطه می‌تواند اثرات نامطلوبی در بخش مالی ایجاد شود. مدل‌های اصلی اقتصاد کلان پیشنهاد می‌کنند که سیاست‌هایی با هدف افزایش انتظارات تورمی کارگزاران باید منجر به کاهش نرخ‌های بهره واقعی درک شده و در نتیجه تحریک فعالیت‌های اقتصادی از طریق افزایش تقاضا برای کالاها، بادوام و غیر بادوام شود. سیاست‌های غیر متعارف مانند خرید دارایی‌های مالی بلندمدت (تسهیل کمی) و هدایت رو به جلو تا حدی ناشی از تمایل بانک‌های مرکزی برای افزایش انتظارات تورمی است. به طور کلی، این واقعیت که اکثر تصمیمات اقتصادی آینده‌نگر هستند نشان می‌دهد که تغییرات در انتظارات خانوارها و شرکت‌ها در مورد آینده باید اثر فوری بر رفتار اقتصادی آنها بگذارد (کویبون و همکاران^۵، ۲۰۲۰: ۱۶۹).

انگیزه اصلی مطالعه شکل‌گیری انتظارات تورمی، این پیش‌فرض است که انتظارات بر انتخاب‌ها تاثیر می‌گذارند. ادبیات گسترده‌ی اقتصادی شامل نظریه‌ها و مدل‌های کینزی جدید ارتباط تنگاتنگی را بین انتظارات تورمی و شکاف بین سطح قیمت بهینه بدون اصطکاک و سطح قیمت فعلی می‌داند. در واقع منحنی فیلپس کینزی جدید علاوه بر بیان آنکه هزینه نهایی واقعی، متغیر

¹. Ndikumana (2016)

². Uddin and Rahman (2023)

³. Ponticelli and Voth (2020)

⁴. Effective Lower Bound

⁵. Coibion et al. (2020)

اثر گذار بر تورم است فرآیند تورم را یک فرایند جلونگر (تورم جاری تابعی از تورم انتظاری آینده است) می‌داند (مختاری و همکاران^۱، ۱۴۰۱: ۹۶).

درک چگونگی شکل‌گیری انتظارات تورمی برای اتخاذ سیاست‌های پولی موثر در جهت ثبات قیمت‌ها برای بانک مرکزی نیز حائز اهمیت است. به عنوان مثال تصمیمات بانک مرکزی آمریکا برای اتخاذ چارچوب متوسط تورم هدف گذاری شده در سال ۲۰۲۰ و تصمیم بانک مرکزی اروپا برای تغییر به یک تورم هدف گذاری شده متقارن ۲ درصد در سال ۲۰۲۱، بر اساس نقش انتظارات تورمی است (موسنر^۲، ۲۰۲۲: ۹۹). همچنین بانک مرکزی ایران در گزارش تحلیل اقتصاد کلان آورده است که تعدیل انتظارات تورمی باعث کاهش تورم متوسط ۱۲ ماهه سال ۱۴۰۰ شده است.

با وجود نقش برجسته انتظارات تورمی در مدل‌های نظری و ارزیابی‌های سیاست‌گذاران، اقتصاددانان هنوز اطلاعات کمی در مورد چگونگی شکل‌گیری چنین انتظاراتی دارند و این یک مساله چالش برانگیز است زیرا انتظارات یک فرآیند پیچیده و نامنظم است و از عوامل مختلفی تاثیر می‌پذیرد. همچنین روش‌هایی که انتظارات تورمی را می‌توانند از میان گروهی از عوامل که اغلب از نظر اقتصادی، مالی یا ریاضی پیچیده هستند، استخراج کنند خالی از ایراد نمی‌باشند. ایراد وارده به مدل‌های تحلیلی (مدل خودرگرسیون برداری و مدل تعادل عمومی پویای تصادفی) از یک طرف عدم انتخاب مناسب‌ترین متغیرهای پیش‌بینی است. در واقع مدل‌های تجربی استاندارد به دلیل حجم عظیم داده‌ها در محیط نامطمئن و پویا قادر به تعیین روندهای دقیق بین معیارها نیستند (کوچونی و همکاران^۳، ۲۰۱۹: ۱۰۵۶). از طرف دیگر مشکلات ساختاری مدل‌های تحلیلی که ناشی از فرض انتظارات منطقی است برآزش بیش از حد در نمونه، ساده‌سازی محدودیت‌های شناسایی شده و غیر قابل آزمایش بودن آنها را به همراه دارد که این باعث می‌شود مدل‌ها کارایی پیش‌بینی دقیقی را نداشته باشند (ناچان^۴، ۲۰۲۳: ۵۲۷). در واقع در مدل‌های تحلیلی فرض انتظارات منطقی یک ترفند برای طراح مدل است تا مشکل بهینه‌سازی بین زمانی عوامل مدل را با انتظارات آینده‌نگر (تورم)

¹. Mokhtari et al. (1401)

². Moessner (2022)

³. Kotchoni et al. (2019)

⁴. Nachane (2023)

حل کند با این فرض که عوامل واقعی مدل اقتصادی، پارامترهای آن و ماهیت فرآیندهای تصادفی حاکم بر تکامل آن را در طول زمان می‌داند در نتیجه نتایج مدلی که پیش‌بینی می‌شوند به طور سیستماتیک یا مداوم با مسیر رشد تعادلی مدل تفاوت ندارند (استورم^۱، ۲۰۲۱: ۸۱). این در حالی است که بهینه‌سازی بین زمانی تنها در صورتی امکان‌پذیر است که عوامل مدل‌های تحلیلی یک توزیع احتمال کامل برای هر وضعیت احتمالی آینده داشته باشند مانند یک مدل تعادل عمومی کامل از بازارهای حال و آینده.

بنابراین با توجه به اهمیت یافتن راهی مناسب برای مدل‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری در مورد انتظارات تورمی که سازگاری بیشتری با شرایط واقعی اقتصادی داشته باشد در این پژوهش تلاش شده است از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده شود که علاوه بر نادیده گرفتن فرض انتظارات منطقی (یعنی لحاظ کردن تمام پیامدهای احتمالی که نمی‌توان مقدار احتمال وقوع آنها را از قبل در نظر گرفت)، امکان مدیریت داده‌ها در محیط‌های چند بعدی و توانایی یادگیری را با دریافت داده‌های بیشتر دارد و از آنجایی که داده‌های بیشتری دریافت می‌کند الگو و روند را نیز دقیق‌تر پیش‌بینی می‌کند. در واقع الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند الگوهای غیر خطی پنهان در داده‌های مدل‌های خطی استاندارد را شناسایی کنند، بنابراین یک رویکرد جایگزین (واقعی‌کننده) برای مدل‌های اقتصادسنجی سنتی ارائه می‌دهند. علاوه بر این برخلاف مدل‌های اقتصادسنجی سنتی که معمولاً بر اساس چند متغیر است، یادگیری ماشین امکان استفاده از طیف وسیعی از شاخص‌های مختلف اقتصادی و معیارهای پولی را برای بررسی انتظارات پویای تورم فراهم می‌کند.

۲- مبانی نظری

۲-۱- انتظارات تورمی و متغیرهای کلان اقتصادی

انتظارات تورمی به نظر اقشار مختلف جامعه اعم از سرمایه‌گذاران، بانکداران، بانک مرکزی، کارگران، و صاحبان کسب و کار نسبت به نرخ تورم آتی اشاره دارد. بنابراین، آنها نرخ تورم آتی را در نظر می‌گیرند، در حالی که تصمیمات خود را در مورد فعالیت‌های اقتصادی مختلفی که می‌خواهند در آینده انجام دهند، اتخاذ می‌کنند. شواهد تجربی در این زمینه نشان داد آنچه که باعث

^۱. Storm (2021)

تفاوت در شکل‌گیری انتظارات تورمی از یک کشور به کشور دیگر است اغلب به اعتبار دولت‌ها و جنبه‌های نهادی زیربنای اقتصادی و مالی وابسته است (دی کاروالیو و همکاران^۱، ۲۰۱۸: ۵۵۱). یکی از متغیرهای کلان اقتصادی تاثیرگذار بر تورم و انتظارات افراد یک کشور میزان درآمد ملی و تولید ناخالص داخلی (GDP) است. لیپکا و همکاران^۲ (۲۰۲۲) بیان کردند که GDP از طریق سه سناریو بر تورم تاثیر دارد. در سناریو اول تولید بیشتر در سطح ثابت قیمت‌ها انجام می‌شود. یعنی افزایش تولید برای پاسخ‌گویی به افزایش تقاضا است. بنابراین تولید بیشتر منجر به کاهش نرخ بیکاری می‌شود و به دنبال آن دستمزد و سطح تقاضا را بیشتر می‌کند و تورم و انتظارات افراد متأثر از آن می‌شود. در سناریو دوم همان مقدار محصول در قیمت بالاتر تولید می‌شود. در این مرحله هیچ افزایشی در تقاضا از سوی مصرف‌کنندگان وجود ندارد، اما قیمت‌ها افزایش می‌یابد. این افزایش قیمت محصولات به دلیل کاهش عرضه کالاهای کلیدی و افزایش انتظارات مصرف‌کننده است. سناریو سوم که شبیه به آنچه که در ایالات متحده در سال ۱۹۷۰ اتفاق افتاد تولید کمتر در قیمت‌های بالاتر صورت می‌گیرد. از این سناریو به عنوان رکود تورمی یاد می‌شود که تولید ناخالص داخلی به آرامی و زیر سطح مطلوب افزایش می‌یابد، با این حال تورم همچنان ادامه دارد و بیکاری به دلیل تولید پایین همچنان بالاست.

یکی از عوامل مهم در زمینه انتظارات تورمی و پدیده تورم موضوع نقدینگی است که بر اساس نظریه مقداری پول تنها علت تورم را تغییرات حجم پول ذکر می‌کند. طرفداران این نظریه معتقدند در تمامی زمان‌ها و مکان‌ها تغییرات حجم پول است که باعث افزایش سطح عمومی قیمت‌ها می‌شود (شاکری‌بستان‌آباد و همکاران^۳، ۱۳۹۹: ۱۴۸). برخلاف نظریه مقداری پول، کینز نظریه شکاف تورمی را مطرح کرد که در آن تورم در صورتی پدید می‌آید که درآمد تعادلی از درآمد اشتغال کامل بیشتر باشد و این امر با افزایش تقاضای کل ناشی از کاهش مالیات و افزایش عرضه پول ایجاد می‌شود. طبق نظریه شکاف تورمی کینز، عرضه پول یگانه علت تورم نیست بلکه شرط کافی تورم است (فرخی بالاچاده و همکاران^۴، ۱۳۹۸: ۲۱۹).

1. De Carvalho et al. (2018)

2. Lipka et al. (2022)

3. Shakeri Bostanabad et al. (1399)

4. Farrokhi Balajadeh et al. (1398)

از دیگر مولفه‌هایی که در سطح کلان اقتصادی انتظارات مصرف‌کنندگان را نسبت به تورم آتی متاثر می‌سازد واردات و صادرات کالا است. دی‌جالو و همکاران^۱ (۲۰۲۳) بر اساس نظریه سنتی تجارت بیان کردند که واردات می‌تواند به طور مستقیم از طریق قیمت کالاهای وارداتی که در شاخص قیمت لحاظ می‌شود و به صورت غیر مستقیم از طریق رقابت خدمات و کالاهای داخلی در مقایسه با اقلام وارداتی خارجی بر تورم تاثیر داشته باشد. نقش صادرات کالا در شکل‌گیری انتظارات تورمی دوگانه است. از سویی افزایش صادرات با افزایش درآمد ملی و بکارگیری ظرفیت‌های خالی تولید، هزینه‌های تولید محصول را کاهش داده در نتیجه انتظار مصرف‌کنندگان کاهش قیمت‌ها است. اما بر اساس شرط مارشال لرنر^۲، در شرایطی که کشش تقاضای صادرات کمتر از یک باشد، افزایش صادرات با افزایش تقاضای کل باعث شکل‌گیری انتظارات تورمی و کسری تراز پرداخت‌ها می‌شود (صمصامی و همکاران^۳، ۱۴۰۲: ۱۲۶).

در چند سال گذشته تغییرات قیمت نفت به عنوان منبع اصلی تغییرات در انتظارات تورمی شناخته شده است (بادل و مک‌گیلیکودی^۴، ۲۰۱۵: ۲؛ ایستیاک و آلام^۵، ۲۰۱۹: ۳۲۶). افزایش قیمت نفت به طور مستقیم از طریق تغییر هزینه‌های تولید، باعث افزایش شاخص قیمت مصرف‌کننده می‌شود. کیلیان و ژو^۶ (۲۰۲۲) بیان کردند نفت خام یک عنصر کلیدی مورد استفاده برای ساخت پلاستیک در پتروشیمی‌ها است. بنابراین نفت گران‌تر باعث افزایش قیمت بسیاری از محصولات ساخته شده با پلاستیک می‌شود. رئیس فدرال رزرو در نطق شش ماهه خود در برابر کمیته بانکی سنای ایالات متحده در مارس ۲۰۲۲ بیان کرد که به عنوان یک قاعده کلی، هر ۱۰ دلار افزایش به ازای هر بشکه در قیمت نفت خام، تورم را ۰/۲ درصد افزایش می‌دهد و رشد اقتصادی را ۰/۱ درصد کاهش می‌دهد.

¹. Djalo et al.

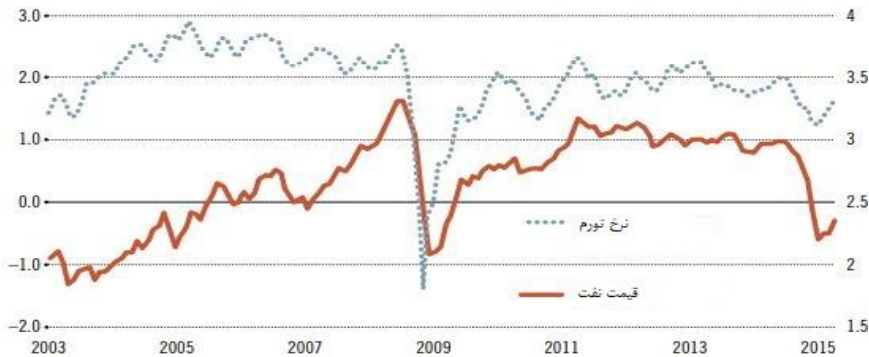
². Marshal-Lerner

³. Samsami et al. (1402)

⁴. Badel and McGillicuddy (2015)

⁵. Istiak and Alam (2019)

⁶. Kilian and Zhou (2022)



شکل ۱: قیمت نفت و انتظارات تورمی در ایالات متحده

منبع: داده‌های اقتصادی فدرال رزرو

رابطه بین بازار بورس و تورم آتی از موضوعاتی است که سال‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. سهام به طور سنتی به عنوان یک سپر محافظتی در برابر تورم در نظر گرفته می‌شود، یعنی تبدیل پول نقد به دارایی‌های مالی مانند سهام، ارزش آن را در برابر تورم حفظ می‌کند. اقتصاددانان مالی فکر می‌کردند که فرضیه فیشر^۱ (۱۹۳۰) که فرض می‌کند نرخ بهره اسمی به طور کامل اطلاعات موجود در مورد مقادیر آتی نرخ تورم را منعکس می‌کند ممکن است برای رابطه بازده سهام و تورم نیز صادق باشد. مودیلیانی و کوهن^۲ (۱۹۷۹) فرضیه توهم تورم را مطرح کردند که سرمایه‌گذاران بازار سهام در معرض توهم تورم هستند. آنها معتقدند که سرمایه‌گذاران بازار سهام در معرض توهم تورم هستند، به طوری که وقتی تورم افزایش می‌یابد، تمایل دارند با استفاده از نرخ‌های بهره اسمی بالاتر سودهای مورد انتظار آتی و سود سهام را به شدت تنزیل کنند. در نتیجه زمانی که تورم بالا است قیمت سهام کمتر ارزش‌گذاری می‌شود و زمانی که تورم کاهش می‌یابد، بیش از حد ارزش‌گذاری می‌شود و در نتیجه یک رابطه منفی بین بازده سهام و تورم ایجاد می‌شود (مددپور و عسگری^۳، ۲۰۱۹: ۱۲۱). از طرفی رشد شاخص بورس می‌تواند باعث افزایش انتظارات تورمی افراد شود و همچنین به دلیل اثر ثروت، تقاضای کالاها و خدمات را افزایش می‌دهد و در نتیجه، باعث تشدید تورم می‌شود. همچنین نقدینگی که در بورس خلق شده می‌تواند در صورت اختلالاتی که

¹. Fisher Hypothesis

². Modigliani and Cohn (1979)

³. Madadpour and Asgari (2019)

در انتظارات فعالان این بازار از آینده آن شکل گرفته وارد بازارهای دیگر شود و تورم را افزایش دهد.

نرخ ارز یکی دیگر از متغیرهای اقتصاد کلان است که چگونگی تعیین و تاثیرگذاری آن بر سایر متغیرهای اقتصادی از جمله تورم و انتظارات تورمی یکی از مباحث مهم در عرصه سیاست‌گذاری بوده است. درک چگونگی واکنش قیمت‌ها به تغییرات نرخ ارز به ویژه برای مقامات پولی که وظیفه آنها دستیابی به ثبات قیمت است در چارچوب یک رژیم هدف‌گذاری تورم، مهم است. به گفته دورنباخ^۱ (۱۹۸۷) زمانی که نرخ ارز به عنوان نرخ تغییر بین دو پول ملی تعریف شود، افزایش در سطح کلی قیمت‌ها وجود خواهد داشت. باید توجه داشت در صورتی که نرخ ارز کاهش یابد یعنی زمانی که ارزش پول داخلی افزایش می‌یابد، انتظار می‌رود قیمت‌ها در سطح عمومی کاهش یابد. سوزا و یتمن^۲ (۲۰۱۶) بیان کردند که نوسانات در نرخ ارز باعث ایجاد تفاوت قیمت در کالای داخلی و کالای خارجی می‌شود که باعث عدم تعادل تقاضای کل می‌شود. بنابراین نوسانات نرخ ارز انتظارات تورمی را از طریق افزایش تقاضای کل و صادرات محصول تغییر می‌دهد (مختاری و همکاران، ۱۴۰۱: ۹۴). به عبارت دیگر، تغییرات نرخ ارز تجربه شده در اقتصاد باز بر قیمت‌های نسبی بین کالاهای داخلی و خارجی تاثیر می‌گذارد یعنی تقاضای داخلی و خارجی به کالاهای داخلی را موجب می‌شود. در نتیجه تقاضای کل و انتظارات تورمی غیرمستقیم تحت تاثیر خالص صادرات قرار دارند. همچنین تغییر در نرخ ارز بر هزینه‌های تولید اثر می‌گذارد زیرا قیمت کالاهای وارداتی تغییر می‌کند. نوسانات نرخ ارز باعث شکل‌گیری انتظارات تورمی می‌شود که تجار و صاحبان سرمایه را ترغیب به خارج ساختن پول از بازارهای واقعی و انتقال آن به بازار ارز می‌کند که نتیجه این اقدامات کاهش ارزش پول ملی در برابر نرخ ارز می‌شود (صبوری دیلمی و همکاران^۳، ۱۴۰۰: ۵). دیگر کانال تاثیرگذاری نرخ ارز بر انتظارات تورمی کانال دستمزد است. ورنگو و پری^۴ (۲۰۱۸) بیان کردند تغییرات نرخ ارز از طریق تاثیر رقابت در بازار کار بر شاخص قیمت مصرف‌کننده، دستمزد اسمی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. براساس دیدگاه کینزین‌ها با افزایش

1. Dornbuch (1987)

2. Sousa and Yetman (2016)

3. Saboori Deylami et al. (1400)

4. Vernengo and Perry (2018)

نرخ ارز تمایل تولیدکنندگان صادرات محور به استخدام نیروی کار افزایش می‌یابد بنابراین آنها بدون آنکه از سودشان کاسته شود بر دستمزد پرداختی به نیروی کار می‌افزایند. دیگر تولیدکنندگان به منظور ایجاد برابری در پرداخت دستمزد و جلوگیری از کاهش حاشیه سودشان، قیمت تمام شده کالا را افزایش می‌دهند که پیامد آن رشد تورم است.

۲-۲- انتظارات تورمی و نرخ بهره

انتظارات و به‌ویژه انتظارات تورمی در مرکز سیاست‌های پولی و بسیاری از نظریه‌های اقتصاد کلان مدرن قرار دارند. مقامات پولی به انتظارات تورمی اهمیت می‌دهند زیرا تورم تحقق یافته به خودی خود تا حدی ناشی از انتظارات عمومی در مورد تورم آینده است. در صورتی که انتظارات تورمی برابر با یک نقطه هدف یا در محدوده هدف تعیین شده توسط بانک مرکزی باشد، سیاست‌های پولی اتخاذ شده کاملاً معتبر است. اعتبار سیاست پولی که به عنوان عنصر کلیدی در ادبیات سیاست پولی مدرن معرفی می‌شود، اغلب برای اشاره به توانایی بانک مرکزی در مدیریت انتظارات تورمی فعالان اقتصادی استفاده می‌شود (گولر^۱، ۲۰۲۱، ۹۶). نرخ بهره از ابزارهای مهم سیاست‌گذاری پولی برای کنترل تورم است و براساس نظریه فیشر (۱۹۳۰) که در مورد نرخ بهره بیان می‌کند یک رابطه مثبت یک به یک بین نرخ بهره اسمی (i_t) و نرخ تورم مورد انتظار (π_{t+1}) وجود دارد.

$$i_t = r_t + E_t \pi_{t+1} \quad (1)$$

بر اساس نظریه فیشر در صورتی که تورم انتظاری و نرخ بهره دارای همگرایی باشند و ضریب شیب بین دو متغیر مقدار یک را بگیرد، در این وضعیت نرخ بهره واقعی توسط مولفه‌های واقعی اقتصاد مانند بهره‌وری و ترجیحات زمانی تعیین می‌شود (حسنوند و نادمی^۲، ۱۳۹۷: ۲۲۰). در مقابل فرضیه فیشر، گروهی از اقتصاددانان معتقدند که نرخ بهره می‌تواند نقش مهمی در تعیین نرخ تورم داشته باشد. ادعای آنها در مورد تاثیر گذاری نرخ بهره بر نرخ تورم از طریق دو کانال تقاضا و عرضه بیان شد. در کانال تقاضا، هر نوع تغییر در نرخ بهره، تمایلات افراد برای مصرف خارج از درآمد را تغییر می‌دهد. برای مثال، افزایش نرخ بهره با تحریک پس‌انداز منجر به کاهش مصرف می‌شود، زیرا

¹. Güler (2021)

². Hassanvand and Nademi (1397)

افزایش نرخ بهره، هزینه فرصت مصرف امروز را افزایش می‌دهد (گالیندو و اشتاینر^۱، ۲۰۲۲: ۳). این امر منجر به انقباض کل تقاضا و در نتیجه کاهش سطح قیمت می‌شود. از سوی دیگر، نرخ بهره پایین قدرت وام‌گیری بیشتری را در اختیار مردم قرار می‌دهد تا مصرف بسیار بیشتری داشته باشند. در این مورد اگر عرضه کافی برای برآوردن تقاضای فزاینده برای کالاها و خدمات وجود نداشته باشد، اقتصاد تمایل به رشد دارد و باعث ایجاد تورم می‌شود. در کانال عرضه، نرخ بهره می‌تواند تولید را متاثر سازد زیرا نرخ بهره بالاتر هزینه تامین مالی تولید را برای شرکت‌ها افزایش می‌دهد و تولیدکنندگان هزینه تولید خود را به صورت افزایش قیمت به مصرف‌کنندگان منتقل می‌کنند که به آن تورم فشاری هزینه می‌گویند. همچنین افزایش نرخ بهره هزینه اعتبار را برای کارآفرینان افزایش می‌دهد که انتظار می‌رود تقاضای سرمایه‌گذاری را کاهش دهد که این امر منجر به کاهش تولید و به نوبه خود عرضه کل کالاها و خدمات می‌شود (دگان و همکاران^۲، ۲۰۲۰: ۷۶۱).

۳- پیشینه پژوهش

بوتون و روزولیا^۳ (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای با عنوان سیاست پولی، انتظارات تورمی شرکت‌ها و قیمت‌ها، داده‌های دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ شرکت‌های مالی و ساختمانی ایتالیا را جمع‌آوری و با استفاده از مدل علی برآمده از نظرسنجی‌های فصلی تورم و انتظارات رشد مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که تغییرات پیش‌بینی‌نشده در نرخ‌های بهره اسمی به طور معنی‌داری با تفاوت‌های انتظارات تورمی بین دو گروه شرکت‌ها رابطه منفی دارد. یعنی افزایش نرخ بهره اسمی موجب تقلیل انتظارات تورمی در شرکت‌های مالی و ساختمانی می‌شود.

نصیر و همکاران^۴ (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان تثبیت انتظارات تورمی در مواجهه با شوک‌های نفتی در موقعیت کران پایینی صفر، داده‌های دوره زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۸ را برای کشورهای نیوزیلند و انگلستان بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که شوک‌های نفتی اثر نامتقارن بر انتظارات تورمی دارند. دیگر یافته‌های این مطالعه تاثیر قابل توجه نرخ ارز موثر واقعی بر انتظارات تورمی است که نشان‌دهنده انتقال نرخ ارز به تورم از طریق کانال انتظارات تورمی است.

^۱. Galindo and Steiner (2022)

^۲. Dogan et al. (2020)

^۳. Bottone and Rosolia (2019)

^۴. Nasir et al. (2020)

شن و همکاران^۱ (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان نگاهی تازه به روابط متقابل بلندمدت نرخ بهره، تورم و نرخ ارز، داده‌های متغیرها را برای دوره زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ جمع‌آوری و با روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی آزمودند. نتایج نشان داد که یک رابطه مثبت بلندمدت بین نرخ-های واقعی تورم و نرخ‌های بهره اسمی وجود دارد که از اعتبار فرضیه تورم مبتنی بر نرخ بهره در کشورهای برزیل، هند، ترکیه و اندونزی حمایت می‌کند. همچنین یافته‌ها نشان داد نرخ ارز و نرخ واقعی تورم در همه کشورهای نمونه تمایل به حرکت مشترک در بلندمدت دارند.

ژانگ و همکاران^۲ (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان شرکت‌ها چگونه انتظارات تورمی را شکل می‌دهند؟ داده‌های دوره زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۸ را در آمریکا جمع‌آوری کردند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مدل شکل‌گیری انتظار ساده، انتظارات تطبیقی، انتظار منطقی و انتظارات استاتیک ناهمگن را در آزمون مدل‌هایی که توسط شرکت‌ها برای شکل‌گیری انتظارات تورمی استفاده می‌شوند، لحاظ کردند. نتایج فرضیه انتظارات منطقی، انتظارات تورمی شرکت‌ها را رد می‌کند یعنی ادراک تورم عاملی غیر قابل اغماض در شکل‌گیری انتظارات تورمی بنگاه‌ها است که بانک مرکزی می‌تواند از طریق اتخاذ سیاست‌های پولی مناسب، ادراک انتظارات تورمی شرکت‌ها را به نفع ثبات اقتصاد کلان تنظیم و تدوین کند.

آسکاری و همکاران^۳ (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان عدم قطعیت درون‌زا و تاثیر شوک‌های اقتصاد کلان بر انتظارات تورمی، داده‌های دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ را در آمریکا جمع‌آوری کردند. با بکارگیری مدل تعادل عمومی پویای تصادفی نشان دادند که شوکی که انتظارات تورمی کوتاه‌مدت را افزایش می‌دهد، اثرات منفی کلان اقتصادی مانند افزایش تورم و کاهش تولید را به همراه دارد. نتایج نشان داد که افزایش همبستگی درون‌زا در عدم قطعیت هم برای تقویت مکانیسم انتقال و هم برای ایجاد محدودیت‌ها نشانه قوی در شناسایی شوک انتظارات تورمی در رویکرد VAR است. همچنین شواهد بیان کرد شوک‌هایی که انتظارات تورمی را افزایش می‌دهند، اثرات قوی‌تری نسبت به شوک‌هایی دارند که انتظارات تورمی را کاهش می‌دهند.

1. Şen et al. (2020)

2. Zhang et al. (2022)

3. Ascari et al. (2023)

نصیر و دوک هوین^۱ (۲۰۲۴) در پژوهشی با عنوان رابطه بین تورم و انتظارات تورمی در مرز صفر، داده‌های تورم، وضعیت مالی، انتظارات تورمی، بازار کار، رشد تولید، نرخ ارز واقعی و شوک‌های نفتی را برای دو کشور انگلیس و کانادا جمع‌آوری کردند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش غیر خطی اتورگرسیو با وقفه توزیعی انجام شد که دلیل آن عدم تقارن در روابط زمینه‌ای بیان شد. نتایج نشان داد تورم گذشته در تشکیل انتظارات تورمی تاثیر می‌گذارد. در میان عوامل توضیحی، شوک تولید تاثیر مثبتی را نشان داد که این اثر ناچیز است. کساد بازار کار تاثیر مثبت و در عین حال ناچیز بر انتظارات تورمی دارد که با یک تاخیر، این اثر منفی شد و اهمیت آماری آن افزایش یافت. نرخ ارز نیز همزمان نتایج مثبت اما ناچیز را نشان داد و با یک تاخیر این تاثیر منفی شد. شوک منفی نفت تاثیر مثبت بر انتظارات تورمی نشان داد اما پس از یک تاخیر، تاثیر آن منفی شد. موضع مالی یک اثر مثبت اما ناچیز را نشان داد که بیان‌کننده این است که سیاست مالی در کوتاه‌مدت عامل مهم انتظارات تورمی نیست.

ابوالحسینی و همکاران^۲ (۱۳۹۸) مقاله‌ای با عنوان بررسی اثر نرخ بهره و نرخ ارز بر هدف‌گذاری تورم با رویکرد انتظارات تورمی ناهمگن را انجام دادند. آنها با استفاده از اطلاعات آماری دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۸ و اعمال الگوی انتظارات عقلانی و انتظارات محدود شده مبتنی بر الگوی انتظارات تطبیقی برای شکل‌دهی به انتظارات نشان دادند شوک نرخ ارز و نرخ بهره از طریق شوک هزینه‌ای منجر به افزایش در نرخ تورم می‌شود.

خدابخشی و همکاران^۳ (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان بررسی تاثیر غیر خطی نرخ بهره بر سطح عمومی قیمت‌ها، به بررسی رابطه بین نرخ بهره اسمی و نرخ تورم پرداختند. برای این منظور داده‌های دوره زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۶ را جمع‌آوری کردند و با استفاده از رویکرد رگرسیون انتقال ملایم فرضیه‌های مطالعه را آزمودند. یافته‌ها نشان داد با افزایش نرخ‌های بهره اثرگذاری آن بر نرخ تورم افزایش می‌یابد. همچنین اثرگذاری نرخ بهره بر سطح عمومی قیمت‌ها دارای تاثیرات شدید نیست. تحصیلی^۴ (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان اثرگذاری تکانه نرخ ارز بر تورم در اقتصاد ایران،

¹. Nasir and Duc Huynh (2024)

². Aboulhassani et al. (1398)

³. Khodabakhshi et al. (1400)

⁴. Tahsili (1401)

داده‌های فصلی سال ۱۳۶۹ تا پایان ۱۳۹۷ را جمع‌آوری کرد. با بهره‌گیری از الگوی خودرگرسیون برداری آستانه‌ای نتایج بدست آمده نشان داد اثرگذاری نرخ ارز بر سطح عمومی قیمت‌ها به مقادیر تورم وابسته است به گونه‌ای که اگر تورم فصلی بیشتر از $5/8$ درصد باشد، شوک ارزی اثر کمتری بر تورم دارد.

۴- روش‌شناسی

این پژوهش از نظر هدف کاربردی است زیرا یافته‌های آن می‌تواند در فرآیند تصمیم‌گیری استفاده شود و از منظر گردآوری داده‌ها از نوع آرشیوی و به لحاظ ماهیت از نوع پیمایشی است. در این پژوهش برای انتخاب موثرترین متغیرها در پیش‌بینی انتظارات تورمی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شود. یادگیری ماشین یک رویکرد آماری است که از داده‌ها برای شناسایی الگوها و روابط بین متغیرها با استفاده از فرآیندهای ساخت مدل خودکار با تعامل انسانی محدود استفاده می‌کند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین از توابع جریمه یا زیان استفاده می‌کنند و با کاهش خطاهای پیش‌بینی خارج از نمونه، عملکرد را بهبود می‌بخشند (مدیروس و همکاران^۱، ۲۰۱۶: ۲۳۷). الگوریتم‌ها پتانسیل بهبود مدل‌های سنتی را دارند که تحقیقات اقتصادی برای پیش‌بینی استفاده کرده است زیرا آنها برای کشف الگوهای پیچیده مناسب هستند و بر فرضیات کمتر و محدودتر تکیه می‌کنند. ماهیت جعبه سیاه الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند اطلاعات مفیدی را بدون فاش کردن هیچ‌گونه جزئیاتی در مورد عملکرد داخلی خود تولید کند. یعنی یک جعبه سیاه ماشین ورودی‌ها را دریافت می‌کند و خروجی‌ها را تولید می‌کند اما عملکرد آن ناشناخته است. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین نیاز به آموزش و روش‌های آزمایش مناسب دارد. در این پژوهش از دوره زمانی ۱۴ ساله برای مجموعه‌های آموزشی استفاده می‌شود و دقت مدل‌های پیش‌بینی خارج از نمونه در سال پانزدهم اندازه‌گیری می‌شود.

مجموعه داده‌ها شامل گروهی از متغیرهای اقتصادی و پولی مانند نرخ ارز (نصیر و همکاران، ۲۰۲۰: ۶)، شاخص بازار سهام (اورلوفسکی و سوپر^۲، ۲۰۱۹: ۱۱)، ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها

^۱. Medeiros et al. (2016)

^۲. Orłowski and Soper (2019)

(دوپور و لی^۱، ۲۰۱۵)، شاخص قیمتی تولید (گویال و پاراب^۲، ۲۰۱۹)، شاخص قیمت واردات (دیجالو و همکاران، ۲۰۲۳: ۴۲)، نرخ رشد دستمزد (فراچه و لوبراس^۳، ۲۰۱۸: ۳۴)، سطح شکاف تولید (اوزر و همکاران^۴، ۲۰۲۳: ۹)، نرخ رشد اقتصادی (لیپکا و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۵)، نرخ بهره بازار پول (گالیندو و اشتاینر، ۲۰۲۲: ۴)، رشد نقدینگی (گولر، ۲۰۲۱: ۹۶)، و درآمدهای نفتی (کیلیان و ژو، ۲۰۲۲: ۸۷۲) است که برای دوره زمانی از ابتدای ۱۳۸۴ تا انتهای ۱۳۹۸ از پایگاه اطلاعات اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سایت اینترنتی اکونومجیک^۵ جمع‌آوری می‌شود. به منظور پردازش داده‌ها از تابع dropna در کتابخانه panda در ابزار پایتون، نمونه‌هایی با مقادیر گم شده حذف شد و سپس داده‌ها به کمک روش Z نرمال‌سازی شدند. در این روش اگر Z مثبت باشد یعنی بالاتر از میانگین و اگر منفی باشد کمتر از میانگین مجموع داده‌ها است. در این روش \bar{x} میانگین و σ انحراف معیار مجموع داده‌ها است.

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (2)$$

متغیر وابسته در این پژوهش انتظارات تورمی است که برای برآورد آن به پیروی از نیومن^۶ (۲۰۰۳) سطح انتظارات تورمی آینده‌نگر t+1 لحاظ می‌شود. بنابراین نرخ انتظارات تورمی به صورت تابعی γ از متغیرهای پیش‌بین \tilde{x} است که به صورت رابطه (۳) مدل‌سازی می‌شود:

$$y_{t+1} = \gamma_t(\tilde{x}_t) + \varepsilon_{t+1} \quad (3)$$

به منظور برآورد نرخ انتظارات تورمی در رویکرد یادگیری ماشین از رابطه (۴) استفاده می‌شود:

$$f_{y_{t+1}}^{ml} = \beta_t \tilde{x}_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

در این پژوهش به پیروی از مطالعه اوزگور و آککوچ^۷ (۲۰۲۲) عملکرد چندین تکنیک یادگیری ماشین شامل الگوریتم ریدج^۸، الگوریتم لاسو^۹، الگوریتم لاسوی تطبیق‌یافته^{۱۰} و الگوریتم

1. Dupor and Li (2015)

2. Goyal and Parab (2019)

3. Frache and Lluberas (2018)

4. Özer et al. (2023)

5. Economagic.org

6. Neuman

7. Özgür and Akkoç (2022)

8. Ridge

9. Lasso

10. Adaptive Lasso

شبکه الاستیک^۱ در پیش‌بینی انتظارات تورمی ارزیابی می‌شود. همچنین جهت بررسی دقت تکنیک‌های یادگیری ماشین از معیار خطای میانگین مربعات (MSE) استفاده می‌شود که به صورت رابطه (۵) بدست می‌آید:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum (y_t - f_{y_{t+1}}^{ml})^2 \quad (5)$$

الگوریتم ریج: این الگوریتم بسیار شبیه به رگرسیون حداقل مربعات معمولی یا OLS است، با این تفاوت که ضرایب با به حداقل رساندن یک تابع کمی تخمین زده می‌شود. این الگوریتم با اعمال جریمه برای بزرگی ضرایب، آنها را کوچک می‌کند. به طور خلاصه، الگوریتم ریج همه ضرایب را به سمت صفر کاهش می‌دهد و زمانی λ (پارامتر انقباضی) مقدار مثبت بگیرد α (پارامتر ترکیبی) صفر و ω (وزن متغیرهای پیش‌بین) در تابع جریمه کوچک‌تر می‌شوند. هر چقدر مقدار λ بزرگتر باشد انقباض بیشتر صورت می‌گیرد و ضرایب به سمت صفر کشانده می‌شوند. رگرسیون ریج توسط معادله (۶) برآورد می‌شود:

$$\sum (y_i - \beta_0 - \sum \beta_j x_{ij})^2 + \lambda \sum \beta_j^2 \quad (6)$$

الگوریتم لاسو: این الگوریتم نوعی روش انتخاب زیرمجموعه پیوسته است. الگوریتم لاسو هر ضریب را با یک عامل ثابت به λ تبدیل می‌کند و برخی از آنها را به صفر می‌رساند. این الگوریتم زیرمجموعه‌ای از متغیرها را به منظور افزایش دقت پیش‌بینی مدل فراهم می‌کند و این فرآیند به عنوان آستانه‌سازی نرم نامیده می‌شود. همچنین تکنیک لاسو با جایگزینی تابع $|\beta_j|$ در الگوریتم ریج ضرایب را مجبور می‌کند که خنثی شوند. الگوریتم لاسو مشابه الگوریتم ریج مشکلات هم-خطی را برطرف می‌نماید و مدلی بدون کم‌برازندگی یا بیش‌برازندگی ارائه می‌کند (لیو و ژانگ^۲، ۲۰۰۹: ۷۹). این الگوریتم توسط معادله (۷) تخمین زده می‌شود:

$$\sum (y_i - \beta_0 - \sum \beta_j x_{ij})^2 + \lambda \sum |\beta_j| \quad (7)$$

الگوریتم لاسوی تطبیق یافته: این الگوریتم که به طور همزمان انتخاب و تخمین متغیر را انجام می‌دهد از تخمین اولیه برای متغیرهای پیش‌بین استفاده می‌کند و چنین استدلال می‌کند که روش کوچک کردن همه ضرایب به طور یکسان می‌تواند نتایج متناقضی ایجاد کند و

¹. Elastic Net

². Liu and Zhang (2009)

بکارگیری تخمین اولیه مناسب می‌تواند عملکرد متغیر را بهبود بخشد. این خصیصه الگوریتم لاسوی تطبیق یافته که ویژگی اوراکل^۱ نام دارد با دادن وزن متناسب به اهمیت متغیرها آنها را جریمه می‌کند.

$$\sum (y_i - \beta_0 - \sum \beta_j x_{ij})^2 + \lambda \sum \frac{|\beta_j|}{|\beta_{int}|} \quad (۸)$$

الگوریتم شبکه الاستیک: الگوریتم شبکه الاستیک یک تکنیک رگرسیون خطی است که از عبارت جریمه برای کوچک کردن ضرایب پیش‌بینی‌کننده‌ها استفاده می‌کند و هنگامی که هم خطی چندگانه شدید وجود داشته باشد کاربرد آن مناسب است. عبارت جریمه ترکیبی از ضرایب L1 (مقدار مطلق) و L2 (مقدار مربع) است که با پارامتری به نام α وزن می‌شود. جریمه L1 مشابه الگوریتم لاسو است که با صفر کردن برخی ضرایب تمایل به تولید راه‌حل‌های پراکنده دارد. جریمه L2 مشابه تکنیک ریح است که تمایل به کاهش واریانس ضرایب با کوچک کردن آنها به سمت صفر دارد. در شبکه الاستیک پارامتر λ تعادل بین دو عبارت جریمه را از طریق α برقرار می‌کند. در صورتی که مقدار آلفا صفر باشد، شبکه الاستیک معادل الگوریتم ریح است و اگر مقدار آلفا یک باشد شبکه الاستیک معادل تکنیک لاسو است.

$$\sum (y_i - \beta_0 - \sum \beta_j x_{ij})^2 + \lambda (\alpha \sum |\beta_j| + (1 - \alpha) \sum \beta_j^2) \quad (۹)$$

۵- یافته‌ها

برای کاربست الگوریتم‌های یادگیری ماشین در گام اول به کمک روش اعتبارسنجی ۱۰ تایی داده‌ها به ۱۰ بخش تقسیم می‌شود و در هر بخش دو مجموعه آموزش و آزمون ایجاد می‌شود. سپس در بخش اول اعتبارسنجی صورت می‌گیرد و نتیجه اعتبارسنجی این بخش به عنوان ورودی بخش دوم و به زیر مجموعه آموزش اضافه می‌شود. در بخش دوم زیر مجموعه آموزش متشکل از نتایج اعتبارسنجی بخش اول و داده‌های این قسمت است و مجموعه آزمون نیز در این بخش تشکیل می‌شود و سپس اعتبارسنجی بخش دوم صورت می‌گیرد. این روند تا آخرین قسمت داده‌ها یعنی بخش دهم داده‌ها انجام می‌شود و نتیجه آن به صورت مجموعه آموزش متشکل از نتایج اعتبارسنجی قسمت‌های پیشین و داده‌های بخش دهم و مجموعه آزمون تقسیم می‌شود. هدف از گام اول تعیین مقدار بهینه پارامتر λ است که به عنوان پارامتر انقباضی تنظیم‌کننده در تعیین تعداد ویژگی حفظ

^۱. Oracle Properties

شده و خطای مدل رگرسیون اهمیت دارد. جدول ۱ میانگین خطای روش اعتبارسنجی ۱۰ تایی برای هر بخش را به منظور پیش‌بینی انتظارات تورمی نشان می‌دهد.

جدول ۱: میانگین خطا در ۱۰ بخش مجموعه آموزش مدل‌ها

MSE	زیرمجموعه آموزش
۰/۱۲۹۸	۱
۰/۱۱۶۶	۲
۰/۱۰۷۴	۳
۰/۰۹۲۸	۴
۰/۰۹۵۷	۵
۰/۰۹۱۲	۶
۰/۰۸۷۹	۷
۰/۰۸۷۷	۸
۰/۰۹۳۶	۹
۰/۰۹۱۳	۱۰
۰/۰۹۹۴	میانگین خطاها

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که در زیرمجموعه هشت میزان خطا $۰/۰۸۷۷$ کمتر از سایر زیرمجموعه‌های آموزش است و این به معنی آموزش بهتر مدل در این زیرمجموعه برای پیش‌بینی انتظارات تورمی است. خطای میانگین مربعات $۰/۰۹۹۴$ است که نزدیک بودن آن به صفر دقت مدل در ارائه پیش‌بینی درست را نشان می‌دهد.

در جدول ۲ آلفا نوع الگوریتم را نشان می‌دهد و لامبدا اهمیت نسبی جریمه را در شیوه‌های کمیته‌سازی تعریف می‌کند. همچنین ضرایب متغیرها حاصل از بکارگیری الگوریتم ريج در این جدول نشان داده می‌شود.

جدول ۲: نتایج حاصل از الگوریتم ريج

ضریب	نام متغیر
-۰/۵۰۹	نرخ رشد اقتصادی
۰/۸۴۳	شاخص قیمت واردات
۱/۵۸۳	شاخص قیمت تولید
۰/۷۷۵	سطح شکاف تولید
۱/۶۱۶	ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها
۰/۳۴۲	نرخ رشد دستمزد

نام متغیر	ضریب
رشد نقدینگی	۲/۱۰۷
نرخ ارز	۲/۹۴۲
درآمدهای نفتی	-۰/۲۵۹
شاخص بازار سهام	۰/۰۷۳
نرخ بهره	-۳/۴۱۹
متغیر وابسته: انتظارات تورمی	
مقدار آلفا: ۰	
مقدار بهینه لامبدا حاصل از اعتبارسنجی ۱۰ تایی: ۹/۶۶۸	
MSE: ۰/۱۰۵۳	

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد نرخ رشد اقتصادی با ضریب $-۰/۵۰۹$ و درآمدهای نفتی با ضریب $-۰/۲۵۹$ و نرخ بهره با ضریب $-۳/۴۱۹$ تاثیر منفی بر انتظارات تورمی دارند. یعنی با افزایش هر کدام از این متغیرها انتظارات تورمی کاهش می‌یابد. تاثیر متغیرهای شاخص قیمت واردات، شاخص قیمت تولید، سطح شکاف تولید، ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها، نرخ رشد دستمزد، رشد نقدینگی، نرخ ارز و شاخص بازار سهام بر انتظارات تورمی مثبت است. یعنی با افزایش هر یک از این متغیرها انتظارات تورمی افزایش می‌یابد. همچنین مقدار آلفا برای الگوریتم ریب همان‌گونه که انتظار بود صفر است و مقدار لامبدا بهینه برابر ۹/۶۶۸ است. میانگین مجذور اختلاف بین مقادیر برآورد شده و مقادیر واقعی $۰/۱۰۵۳$ است. جدول ۳ نتایج حاصل از الگوریتم لاسو را نشان می‌دهد.

جدول ۳: نتایج حاصل از الگوریتم لاسو

نام متغیر	ضریب
نرخ رشد اقتصادی	-۰/۷۴۱
شاخص قیمت واردات	۰/۸۵۶
شاخص قیمت تولید	۳/۲۰۳
سطح شکاف تولید	۱/۱۷۲
ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها	۳/۷۴۵
نرخ رشد دستمزد	۰/۱۸۲
رشد نقدینگی	۵/۴۳۵
نرخ ارز	۶/۱۰۹
درآمدهای نفتی	-۰/۱۳۶
شاخص بازار سهام	صفر
نرخ بهره	-۷/۵۸۴

ضریب	نام متغیر
	متغیر وابسته: انتظارات تورمی
	مقدار آلفا: ۱
	مقدار بهینه لامبدا حاصل از اعتبارسنجی ۱۰ تایی: ۰/۱۶۴
	MSE: ۰/۰۹۵۱

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج کاربرد الگوریتم لاسو در جدول ۳ نشان می‌دهد مدل رگرسیون جریمه می‌شود که نتیجه آن افزایش مقادیر قدر مطلق ضرایب متغیرها است. بنابراین نرخ ارز با ضریب ۶/۱۰۹ بیشترین تاثیر مثبت و نرخ بهره با ضریب ۷/۵۸۴- بیشترین تاثیر منفی را بر انتظارات تورمی دارند. ضریب شاخص بازار سهام که در جدول ۲ مقداری کوچک است توسط ویژگی خنثی‌سازی الگوریتم لاسو صفر شد. یعنی الگوریتم لاسو با حذف شاخص بازار سهام عملکرد دقیق‌تری در برآورد انتظارات تورمی ارائه می‌کند. همان‌گونه که انتظار می‌رفت آلفا در الگوریتم لاسو برابر با ۱ است. لامبدا با مقدار بهینه ۰/۱۶۴ سطح تبادل بین تعداد ویژگی‌های انتخابی و میزان خطای الگوریتم را نشان می‌دهد که خطای میانگین مربعات الگوریتم ۰/۰۹۵۱ است. جدول ۴ نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم لاسو تطبیق‌یافته را نشان می‌دهد.

جدول ۴: نتایج حاصل از الگوریتم لاسو تطبیق‌یافته

ضریب	نام متغیر
-۰/۶۴۳	نرخ رشد اقتصادی
۰/۹۵۴	شاخص قیمت واردات
۱/۷۹۵	شاخص قیمت تولید
۰/۸۱۶	سطح شکاف تولید
۱/۹۷۷	ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها
۰/۳۵۱	نرخ رشد دستمزد
۲/۹۰۴	رشد نقدینگی
۳/۱۴۴	نرخ ارز
-۰/۳۴۷	درآمدهای نفتی
۰/۰۵۶	شاخص بازار سهام
-۴/۳۸۳	نرخ بهره
	متغیر وابسته: انتظارات تورمی
	مقدار آلفا: ۰/۹۵
	مقدار بهینه لامبدا حاصل از اعتبارسنجی ۱۰ تایی: ۱/۰۶۲
	MSE: ۰/۰۸۹۲

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج کاربست الگوریتم لاسوی تطبیق‌یافته نشان می‌دهد که برخلاف نتایج الگوریتم لاسو در جدول ۳ متغیرها بیش از حد جریمه نشدند تا مانع تخمین‌های مغرضانه از طریق ایجاد ضرایب بزرگ شود. این نتایج تاثیر منفی نرخ رشد اقتصادی (۰/۶۴۳-)، درآمدهای نفتی (۰/۳۴۷-) و نرخ بهره (۴/۳۸۳-) بر انتظارات تورمی را نشان می‌دهد در حالی که شاخص قیمت واردات (۰/۹۵۴)، شاخص قیمت تولید (۱/۷۹۵)، سطح شکاف تولید (۰/۸۱۶)، ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها (۱/۹۷۷)، نرخ رشد دستمزد (۰/۳۵۱)، رشد نقدینگی (۲/۹۰۴)، نرخ ارز (۳/۱۴۴) و شاخص بازار سهام (۰/۰۵۶) تاثیر مثبت بر انتظارات تورمی دارند. آلفا در الگوریتم لاسوی تطبیق‌یافته نزدیک ۱ است و مقدار بهینه لامبدا حاصل از طریق ۱۰ بلوک اعتباریابی برای شدت تابع جریمه برابر ۱/۰۶۲ است. خطای میانگین مربعات بین مقادیر واقعی و تخمینی برای الگوریتم لاسو تطبیق‌یافته ۰/۰۸۹۲ است. جدول ۵ نتایج کاربست الگوریتم شبکه الاستیک را نشان می‌دهد.

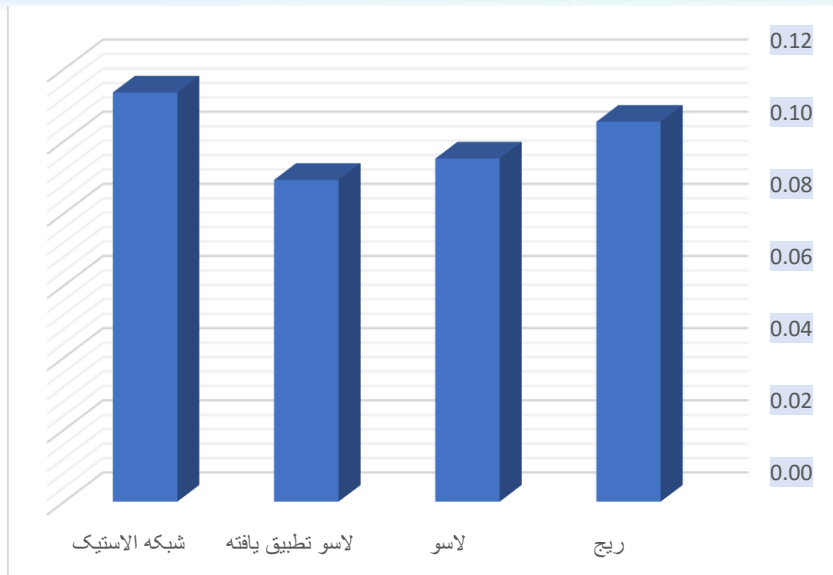
جدول ۵: نتایج حاصل از الگوریتم شبکه الاستیک

ضریب	نام متغیر
-۰/۵۸۳	نرخ رشد اقتصادی
۰/۸۷۶	شاخص قیمت واردات
۲/۲۰۷	شاخص قیمت تولید
۰/۸۱۳	سطح شکاف تولید
۲/۰۵۹	ارقام بودجه و تراز پرداخت‌ها
۰/۳۷۲	نرخ رشد دستمزد
۳/۲۹۳	رشد نقدینگی
۳/۵۱۵	نرخ ارز
صفر	درآمدهای نفتی
صفر	شاخص بازار سهام
-۳/۹۶۱	نرخ بهره
متغیر وابسته: انتظارات تورمی	
مقدار آلفا: ۰/۸۵	
مقدار بهینه لامبدا حاصل از اعتبارسنجی ۱۰ تایی: ۳/۴۰۷	
MSE: ۰/۱۱۳۴	

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم شبکه الاستیک نشان می‌دهد ضرایب کوچک جدول ۲

یعنی درآمدهای نفتی و شاخص بازار سهام صفر شدند. این ویژگی الگوریتم شبکه الاستیک مشابه الگوریتم لاسو است که ضرایب کوچک را برای تولید راه‌حل‌های پراکنده به صفر می‌رساند. از میان سایر متغیرها، نرخ ارز با ضریب $3/515$ بیشترین تاثیر مثبت را بر انتظارات تورمی دارد و نرخ بهره با ضریب $-3/961$ بیشترین تاثیر منفی را بر انتظارات تورمی می‌گذارد. میزان آلفای بدست آمده $0/85$ و لامبدا بهینه $3/407$ است که نوع و شدت انقباض را نشان می‌دهند. نتایج بدست آمده از به کارگیری هر چهار الگوریتم ماشین یادگیری نشان می‌دهد که نرخ ارز و نقدینگی بیشترین تاثیر مثبت در انتظارات تورمی را دارند و این نشان‌دهنده روابط شدید بین داده‌های نرخ ارز و انتظارات تورمی از یک سو و نقدینگی و انتظارات تورمی از سوی دیگر است. محیط اقتصادی ایران به واردات کالاهای سرمایه‌ای، واسطه‌ای و مواد اولیه وابستگی زیادی دارد و هرگونه افزایش نرخ ارز می‌تواند انتظارات تورمی را نسبت به قیمت کالاهای مصرفی به صورت مستقیم و قیمت سایر عوامل تولید مانند دستمزد و سرمایه‌گذاری به صورت غیر مستقیم تغییر دهد. داده‌های نقدینگی همبستگی شدیدی با داده‌های بخش تقاضا دارد و به دلیل ناترازی عرضه و تقاضا در اقتصاد ایران، افزایش نقدینگی باعث ایجاد تقاضای مازاد می‌شود که به تبع پیدایش انتظارات تورمی را همراه دارد. با وجود آنکه ضرایب بدست آمده از هر چهار الگوریتم یادگیری ماشین بیان‌کننده تاثیر بالای نرخ ارز و نقدینگی بر انتظارات تورمی است اما دقت الگوریتم‌های استفاده شده در این مطالعه مشابه نمودار ۱ بر اساس مقایسه میزان میانگین خطای مربعات نشان داده می‌شود.



نمودار ۱: مقایسه دقت چهار الگوریتم بر اساس میانگین خطای مربعات

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که نمودار ۱ مشخص می‌کند میانگین خطای مربعات الگوریتم لاسوی تطبیق یافته نسبت به دیگر الگوریتم‌ها در سطح پایین تری قرار دارد. بنابراین در این الگوریتم اختلاف بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر تخمینی کمتر است و بهترین عملکرد را نسبت به سایر مدل‌ها دارد.

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت پاسخ به این سوال برای بانک مرکزی و سیاست‌گذاران اقتصادی که چه مولفه‌هایی در شکل‌گیری انتظارات تورمی نقش دارد این مطالعه از روش یادگیری ماشین و تمرکز بر طیف گسترده‌ای از متغیرهای اقتصادی و پولی استفاده کرد زیرا روش‌های یادگیری ماشین به طور کلی قادر به شناسایی الگوهای غیر خطی در داده‌ها هستند که در مدل‌های خطی استاندارد پنهان شده‌اند. همچنین الگوریتم‌های یادگیری ماشین برخلاف مدل‌های اقتصادسنجی خطی که معمولاً بر اساس چند متغیر هستند، می‌توانند مجموعه‌های داده را با تعداد زیادی پیش‌بینی‌کننده مدیریت کنند. یافته‌های پژوهش نشان داد که الگوریتم لاسوی تطبیق یافته در پیش‌بینی انتظارات تورمی نسبت به سایر روش‌ها اختلاف کمتری بین مقادیر مشاهده شده و تخمینی دارد. این الگوریتم

نشان داد راه‌حل جریمه کردن متغیرها با استفاده از ضرایب برآورد شده اولیه آن‌ها می‌تواند با انتخاب زیرمجموعه بهتر عملکرد الگوریتم را در پیش‌بینی انتظارات تورمی بهبود بخشد. یافته‌ها تایید کرد که ویژگی اوراکل الگوریتم لاسوی تطبیق‌یافته توانست با دادن وزن کمتر به متغیرهای مهم آن‌ها را کمتر جریمه کند و تاثیرات آن‌ها را آن‌گونه که هست در مدل باقی بگذارد. این در حالی است که الگوریتم لاسو به صورت مغرضانه با دادن وزن زیاد به متغیرها آن‌ها را به شدت جریمه کرد.

بر اساس نتایج بدست آمده از الگوریتم لاسوی تطبیق‌یافته از بین متغیرهای اقتصادی، نرخ ارز و رشد نقدینگی بیشترین تاثیر مثبت را در انتظارات تورمی دارند. در این مورد می‌توان نتیجه گرفت علاوه بر افزایش قیمت کالاهای وارداتی، هزینه‌های تولید داخلی از طریق تغییر قیمت نهاده‌های وارداتی از افزایش نرخ ارز متاثر می‌شود. گزارش دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات گمرک جمهوری اسلامی ایران در مورد آمار تجارت خارجی کشور حاکی از رشد ۱/۷ درصد تغییرات واردات سال ۱۳۹۸ نسبت به مدت مشابه سال گذشته است در حالی که در همین دوره صادرات به میزان ۰/۷۷- درصد کاهش داشته است که افزایش رشد واردات را نسبت به صادرات نشان می‌دهد. بنابراین هر نوع تغییر نرخ ارز در شکل‌گیری انتظارات مصرف‌کننده نسبت به تورم آتی کمک می‌کند. رشد نقدینگی و حجم پول در اقتصاد بر اساس نظریه مقداری پول موجب ایجاد تورم بالا می‌شود. در ایران روند خلق پول و خلق نقدینگی بدون پشتوانه به دلیل عدم هماهنگی با سطح تولید کالا و خدمات باعث ایجاد انتظارات تورمی می‌شود. یعنی افزایش نقدینگی باعث رشد سریع تقاضا برای کالاها و خدمات شده و چون در کوتاه‌مدت عرضه کالا و خدمات محدود است این امر منجر به ایجاد تورم می‌شود. همچنین براساس نتایج بدست آمده از الگوریتم لاسوی تطبیق‌یافته نرخ بهره به عنوان متغیر پولی بیشترین تاثیر منفی را بر انتظارات تورمی دارد. بر اساس نظریه فیشر نرخ بهره بالاتر منجر به کاهش تورم می‌شود زیرا با افزایش نرخ بهره جذابیت مصرف در دوره فعلی و به تبع آن تقاضا و نرخ تورم کاهش می‌یابد. بانک مرکزی ایران با افزایش نرخ سود سپرده‌های بانک‌ها می‌تواند رغبت افراد را به سپرده‌گذاری افزایش دهد. همزمان وقتی که نرخ بهره تسهیلات مورد تقاضای بانک‌ها از بانک مرکزی نیز افزایش می‌یابد، در واقع پول گران می‌شود و برای دریافت آن باید هزینه بیشتری نسبت به قبل پرداخت. در نتیجه بانک‌ها نیز هزینه پرداخت وام و تسهیلات بانکی به مردم را با بالا بردن نرخ بهره افزایش می‌دهند و همزمان ناچار می‌شوند که میزان اعتبار سالانه در

نظر گرفته شده برای پرداخت وام را نیز کاهش دهند. بدین ترتیب بخشی از افراد وسوسه می‌شوند که پس‌اندازهای خود را در بانک‌ها سپرده‌گذاری کنند که برآیند آن کاهش تقاضا و مصرف کل از یک سو و افت سرعت گردش پول از سوی دیگر، موجب کاهش سرعت افزایش سطح عمومی قیمت‌ها می‌شود.

با در نظر گرفتن نتایج این پژوهش سیاست‌گذاران و مسئولان اقتصادی می‌توانند الگوریتم‌های یادگیری ماشین را مستقیماً در یک مسئله پیش‌بینی اقتصاد کلان در محیط غنی از داده با استفاده از همه پیش‌بینی‌کننده‌ها، بدون نیاز به مدل‌سازی خطی چند متغیره و با حداقل خطای اندازه‌گیری اعمال کنند. در واقع می‌توان ماهیت جعبه سیاه الگوریتم‌های یادگیری ماشین را در محیط اقتصادی کشور به کار گرفت و با پرداختن به تفسیرپذیری مدل، راه‌حل‌های ساده و پراکنده را برای مسائل کلان اقتصادی با اهمیت زیاد ارائه داد. برای پژوهش‌های آتی، پیش‌بینی انتظارات تورمی با سایر تکنیک‌های پیشرفته هوش مصنوعی قابل توضیح و مقایسه آن با الگوریتم‌های یادگیری ماشین پیشنهاد می‌شود تا مشخص شود که در چه شرایطی کدام رویکرد بهینه است.

References

- Aboulhassani, A., Shaygani, B. & Zandian, Z. (2020). The Effect of Interest Rate and Exchange Rate on Inflation Targeting with Heterogeneous Inflation Expectations Approach. *Journal of Econometric Modelling*, 5(1): 87-110. Doi: 10.22075/jem.2020.18166.1338. (In Persian)
- Ascari, G., Fasani, S., Grazzini, J. & Rossi, L. (2023). Endogenous Uncertainty and the Macroeconomic Impact of Shocks to Inflation Expectations. *Journal of Monetary Economics*, 140: 48-63. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2023.04.002>.
- Badel, A. & McGillicuddy, J. (2015). *Oil Prices and Inflation Expectations: Is There a Link?* The Regional Economist: Federal Reserve Bank of St. Louis.
- Bottone, M. & Rosolia, A. (2019). Monetary Policy, Firms' Inflation Expectations and Prices: Causal Evidence from Firm-Level Data. *Working Papers 1218*: Bank of Italy
- Coibion, O., Gorodnichenko, Y. & Ropele, T. (2020). Inflation Expectations and Firm Decisions: New Causal Evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, 135(1): 165-219. <https://doi.org/10.1093/qje/qjz029>.
- De Carvalho, A. R., Ribeiro, R. S. M. & Marques, A. M. (2018). Economic Development and Inflation: A Theoretical and Empirical Analysis. *International Review of Applied Economics*, 32(4): 546-565. <https://doi.org/10.1080/02692171.2017.1351531>.
- Djalo, M. U., Yusuf, M., & Pudjowati, J. (2023). The Impact of Foreign Debt on Export and Import Values, the Rupiah Exchange Rate, and the Inflation Rate.

- Jurnal Ekonomi*, **12**(01): 1124–1132.
- Dogan, I., Orun, E., Aydın, B. & Saban Afsal, M. (2020). Non-Parametric Analysis of the Relationship between Inflation and Interest Rate in the Context of Fisher Effect for Turkish Economy. *International Review of Applied Economics*, **34**(6): 758-768. <https://doi.org/10.1080/02692171.2020.1782852>.
- Dupor, B. & Li, R. (2015). The Expected Inflation Channel of Government Spending in the Postwar U.S. *European Economic Review*, **74**, 36-56. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2014.11.004>.
- Farrokhi Balajadeh, H., Khochiani, R. & Asayesh, H. (2019). Investigating the Dynamic Relationship between the Money Growth and Inflation in Iran: An Econophysics Analysis of Quantity Theory of Money. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, **6**(2): 215-238. (In Persian)
- Frache, S. & Lluberias, R. (2018). New Information and Inflation Expectations among Firms. *Working Paper 781*: Bank for International Settlements.
- Galindo, A. J. & Steiner, R. (2022). Asymmetric Interest Rate Transmission in an Inflation-Targeting Framework: The Case of Colombia. *Latin American Journal of Central Banking*, **3**(3): 1-18.
- Goyal, A. & Parab, P. M. (2019). Modeling Consumers' Confidence and Inflation Expectations. *Economics Bulletin*, **39**(3): 1817-1832.
- Güler, A. (2021). Does Monetary Policy Credibility Help in Anchoring Inflation Expectations? Evidence from Six Inflation Targeting Emerging Economies. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, **10**(1): 93-111. <https://doi.org/10.2478/jcbtp-2021-0005>.
- Hassanvand, D. & Nademi, Y. (2018). Empirical Analysis of Existence of the Mundell's Relationship between Interest Rate and Inflation in Iran: A State-Space Approach. *Monetary & Financial Economics*, **25**(15): 219-238. Doi: 10.22067/pm.v25i16.63738 (In Persian)
- Istiak, K. & Alam, M.R. (2019). Oil Prices, Policy Uncertainty and Asymmetries in Inflation Expectations. *Journal of Economic Studies*, **46**(2): 324-334. <https://doi.org/10.1108/JES-02-2018-0074>.
- Khodabakhshi, A., Akbari Moghadam, B., & Bidabad, B. (2021). Investigating the Nonlinear Effect of Interest Rates on the General Level of Prices, Smooth Transition Regression Approach. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, **8**(2): 267-294. Doi: 10.22034/eco.j.2021.43669.2801. (In Persian)
- Kilian, L. & Zhou, X. (2022). Oil Prices, Gasoline Prices, and Inflation Expectations. *Journal of Applied Econometrics*, **37**(5): 867–881. <https://doi.org/10.1002/jae.2911>.
- Kotchoni, R., Leroux, M. & Stevanovic, D. (2019). Macroeconomic Forecast Accuracy in a Data-Rich Environment. *Journal of Applied Econometrics*, **34**(7): 1050-1072. <https://doi.org/10.1002/jae.2725>.
- Lipka, A., Nowacka, D. & Rzeszutek, A. (2022). The Evolution of Public Debt, Gross Domestic Product and Inflation Rate in Poland in 2015-2021. *Olsztyn Economic Journal*, **17**(1): 23–33. <https://doi.org/10.31648/o.ej.8600>.
- Liu, H. & Zhang, J. (2009). Estimation Consistency of the Group Lasso and its Applications. *J Mach Learn Res Workshop Conf Proc*, **5**(3): 76–83.
- Madadpour, S. & Asgari, M. (2019). The Puzzling Relationship between Stocks Return and Inflation: a Review Article. *Int Rev Econ*, **66**(1): 115–145.
- Medeiros, M.C., Vasconcelos, G. & Freitas, E. (2016). Forecasting Brazilian Inflation

- with Highdimensional Models. *Brazilian Review of Econometrics*, **36**(2): 223-254.
- Moessner, R. (2022). Determinants of Inflation Expectations in the Euro Area. *Intereconomics*, **57**(2), 99-102.
- Mokhtari, Z., Totonchi, J. & Alavi Rad, A. (2022). A New Keynesian Approach to Exchange Rate Substitutability in Inflation Expectations: A Dynamic Stochastic General Equilibrium Model. *Journal of Applied Economics*, **12**(41): 91-105. (In Persian)
- Nachane, D.M. & Chaubal, A. (2023). Machine Learning in Macroeconomics: Application to DSGE Models. In: Srivastava, D.K., Shanmugam, K.R. (eds) India's Contemporary Macroeconomic Themes. *India Studies in Business and Economics*, 521-541. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5728-6_22.
- Nasir, M. A., Balsalobre-Lorente, D. & Duc Huynh, T. L. (2020). Anchoring Inflation Expectations in the Face of Oil Shocks & in the Proximity of ZLB: A Tale of Two Targeters. *Energy Economics*, **86**: 1-13.
- Nasir, M. A., Duc Huynh, T. L. & Vinh Vo, X. (2020). Exchange Rate Pass-Through & Management of Inflation Expectations in a Small Open inflation targeting economy. *International Review of Economics & Finance*, **69**: 178-188. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2020.04.010>.
- Nasir, M. A. & Duc Huynh, T. L. (2024). Nexus between Inflation and Inflation Expectations at the Zero Lower Bound: A Tiger by the Tail. *Economic Modelling*, **131**, 106601. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106601>.
- Ndikumana, L. (2016). Causes and Effects of Capital Flight from Africa: Lessons from Case Studies. *African Development Review*, **28**(2): 2-7. <https://doi.org/10.1111/1467-8268.12177>.
- Orlowski, L. T. & Soper, C. (2019). Market Risk and Market-Implied Inflation Expectations. *International Review of Financial Analysis*, **66**(1): 1-32. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.101389>.
- Özer, M., Zoran, G. & Sevilay, K. (2023). Effects of Exchange Rate, Output Gap, and Output Gap Volatility on Inflation Volatility in Turkey. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, **12**(1): 5-26. <https://doi.org/10.2478/jcbtp-2023-0001>.
- Özgür, Ö. & Akkoç, U. (2022). Inflation Forecasting in an Emerging Economy: Selecting Variables with Machine Learning algorithms. *International Journal of Emerging Markets*, **17**(8): 1889-1908. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-05-2020-0577>.
- Ponticelli, J. & Voth, H. J. (2020). Austerity and Anarchy: Budget Cuts and Social Unrest in Europe, 1919-2008. *Journal of Comparative Economics* **48**(1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jce.2019.09.007>.
- Saboori Deylami, M. H., Elahi, N., Kiaalhoseini, S. Z. A. & Yousefi Sheikh Robaat, M. (2021). Existence of Exchange Rate-Inflation Vicious Circle Hypothesis in Iran: A MSBVAR Approach. *The Journal of Economic Studies and Policies*, **8**(1): 7-30. <https://doi.org/10.22096/esp.2019.37179>. (In Persian)
- Samsami, H., Orooji, Z. & Dashtban Farooji, S. (2023). Investigating the Effects of Exchange Rate Change on the Trade Balance: The Generalized Marshall-Lerner Condition Approach to in Accordance with the Conditions of Iran's Economy. *New Economy and Trade*, **18**(1): 123-146. Doi: 10.30465/jnet.2023.41152.1886. (In Persian)
- Şen, H., Kaya, A., Kaptan, S. & Cömert, M. (2020). Interest Rates, Inflation, and

- Exchange Rates in Fragile EMEs: A Fresh Look at the Long-Run Interrelationships. *The Journal of International Trade & Economic Development an International and Comparative Review*, **29**(3): 289-318. <https://doi.org/10.1080/09638199.2019.1663441>.
- Shakeri Bostanabad, R., Rasouli Beirami, Z., Salehi Komrudi, M., & Pakrooh, P. (2020). The Impact of Expectations, Liquidity Surplus and Demand Side on Inflation Dynamics in Iran: Hybrid New Keynesian Phillips Curve Approach. *Journal of Islamic Economics and Banking*, **9**(31): 147-171. (In Persian)
- Sousa, R. & Yetman, J. (2016). Inflation Expectations and Monetary Policy. *Bank for International Settlements*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2870936>.
- Storm, S. (2021). Cordon of Conformity: Why DSGE Models Are Not the Future of Macroeconomics. *International Journal of Political Economy*, **50**(2): 77-98. <https://doi.org/10.1080/08911916.2021.1929582>.
- Tahsili, H. (2022). The Impact of Exchange Rate Shock on Inflation in Iran's Economy: Application of the Threshold Vector Autoregression Model. *Iranian Journal of Economic Research*, **27**(91): 257-285. Doi: 10.22054/ijer.2022.56063.912. (In Persian)
- Uddin, I. & Rahman, K.U. (2023). Impact of Corruption, Unemployment and Inflation on Economic Growth Evidence from Developing Countries. *Qual Quant*, **57**(1): 2759-2779.
- Vernengo, M. & Perry, N. (2018). Exchange Rate Depreciation, Wage Resistance and Inflation in Argentina (1882-2009). *Economic Notes*, **47**(1): 125-144. <https://doi.org/10.1111/ecno.12098>.
- Zhang, Ch., Liu, Zh., Xu, Y. & Zhang, Y. (2022). How Do Firms form Inflation Expectations? Empirical Evidence from the United States. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, **35**(1): 1142-1161. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1958245>.