



The Analysis of Factors Affecting High and Persistent Inflation in Iran's Economy: an Approach Based on Machine Learning

Rouhollah Shahnazi^{*,a} , Majid Shafiei^a 

a. Department of Economics, Faculty of Economics, Management, and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.

* Corresponding Author.

Article Info	Abstract
Article Type: Research Article Article History: Received: 1403-05-24 Revised: 1403-07-01 Accepted: 1403-07-23 Published: 1403-09-30 Keywords: Broad Money, Exchange Rate, Inflation, Machine Learning. JEL Classification: E31, E51, C45.	High and volatile inflation has had numerous adverse effects on the Iranian economy. Effective inflation-targeting policies require a thorough understanding of the key drivers of inflation. This study aims to identify the most important determinants of inflation in the Iranian economy from 2008 to 2022. In this study, tree-based ensemble methods, which are a class of intelligent machine-learning techniques, have been utilized. Furthermore, Shapley Additive Explanations (SHAP) are utilized to interpret model predictions and determine feature importance. Model performance is evaluated using three error metrics: Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and Root Mean Squared Error (RMSE). Results indicate that Gradient Boosting (GB), Random Forest (RF), and Extreme Gradient Boosting (XGB) exhibit the lowest error rates across all three metrics. The findings reveal that broad money growth is the most significant determinant of inflation, contributing an average of 72% across all models. The exchange rate, while a contributing factor, plays a less substantial role compared to broad money, accounting for approximately 17% of the inflationary pressures.

Cite to this paper: Shahnazi, R., & Shafiei, M (2024). The Analysis of Factors Affecting High and Persistent Inflation in Iran's Economy: An Approach Based on Machine Learning. *Journal of Economic Research*, 59(3), 416-443.



© The Authors

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jte.2024.380881.1008930>

تحلیل عوامل مؤثر بر تورم‌های بالا و ماندگار در اقتصاد ایران: رویکرد

مبتنی بر یادگیری ماشین

روح‌اله شهنازی^{۱*} ، مجید شفیعی^۱ 

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

* نویسنده مسئول.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	تورم‌های بالا و پرنوسان موضوعی بسیار مهم در اقتصاد ایران است که در سال‌های اخیر تبعات اقتصادی و تنش‌های اجتماعی زیادی را موجب شده است. رسیدگی و حل مشکل تورم توسط سیاست‌گذاران نیاز به شناخت مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر ایجاد تورم دارد. با وجود اینکه اکثر اقتصاددانان رشد نقدینگی بیشتر از رشد تولید در اقتصاد را عامل اصلی تورم‌های ماندگار در اقتصاد ایران می‌دانند اما افراد کمی نیز وجود دارند که چنین باوری نداشته و تورم در ایران را به موضوعاتی چون افزایش نرخ ارز، تحریم و مشکلات ساختاری ربط می‌دهند. این مطالعه به دنبال شناسایی مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تورم‌های بالا و ماندگار در اقتصاد ایران است و برای این منظور از داده‌های مربوط به متغیرهای کلان اقتصادی ایران و چند متغیر بازارهای جهانی طی دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۴۰۱ استفاده شده است. در این پژوهش از روش‌های گروهی مبتنی بر درخت که از روش‌های هوشمند یادگیری ماشین می‌باشند، استفاده شده است. به علاوه، از رویکرد توضیحات افزودنی (SHAP) برای تفسیر چگونگی پیش‌بینی و تعیین بااهمیت‌ترین متغیر اثرگذار در مدل‌های پیش‌بینی استفاده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، سه مدل گرادیان تقویتی (GB)، جنگل تصادفی (RF) و گرادیان تقویتی شدید (XGB) بهترین مدل‌ها با کمترین خطا بر اساس هر سه معیار خطای MAE، MAPE و RMSE می‌باشند. در مورد نتیجه حاصل از تفسیر مدل و اهمیت ویژگی، مشخص شد که مؤثرترین متغیر اثرگذار بر تورم‌های بالا و ماندگار در اقتصاد ایران، با میانگین ۷۲ درصدی در کل مدل‌ها، رشد نقدینگی است. نرخ ارز نیز با میانگین حدود ۱۷ درصد در رتبه بعدی قرار گرفته و در مقایسه با حجم نقدینگی نمی‌تواند نقش مهمی در شکل‌گیری ماندگار نیروهای تورمی داشته باشد.

استناد به مقاله: شهنازی، روح‌اله، و شفیعی، مجید. (۱۴۰۳). تحلیل عوامل مؤثر بر تورم‌های بالا و ماندگار در اقتصاد ایران:

رویکرد مبتنی بر یادگیری ماشین. تحقیقات اقتصادی، ۵۹(۳)، ۴۱۶ - ۴۴۳.



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jte.2024.380881.1008930>

۱- مقدمه

تورم‌های بالا و ماندگار یکی از چالش‌های اساسی اقتصاد ایران است که تأثیرات عمیقی بر زندگی روزمره مردم و عملکرد اقتصادی کشور دارد. در سال‌های اخیر، این پدیده به یکی از موضوعات محوری در بحث‌های اقتصادی تبدیل شده و تحلیل دقیق عوامل مؤثر بر آن به یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر بدل گشته است. این پدیده، نه تنها ثبات اقتصادی را تهدید می‌کند، بلکه به ایجاد نارضایتی‌های اجتماعی و تضعیف اعتماد عمومی به سیاست‌های اقتصادی نیز منجر می‌شود. تورم به عنوان یک مشکل اساسی در اقتصاد اثر قابل توجهی بر نگرانی اجتماعی و اقتصادی افراد جامعه و زندگی روزمره آن‌ها می‌گذارد. تورم‌های بالا و پایدار بر توانایی افراد برای تامین نیازهای ضروری زندگی خود اثر می‌گذارد. افزایش قیمت‌ها با کاهش قدرت خرید افراد موجب می‌شود که دسترسی به سطح زندگی قبلی در جامعه ممکن نبوده و رفاه افراد جامعه کاهش می‌یابد. از اثرات دیگر تورم می‌توان به آسیب‌های آن به نظام مالی کشورها اشاره کرد به گونه‌ای که تورم بر میزان پس‌انداز، سرمایه‌گذاری و عادات مصرفی خانوارها اثر می‌گذارد. تورم همچنین از طریق تغییر در سیاست‌های قیمت‌گذاری، افزایش هزینه‌های تولید و کاهش سودآوری صنایع و بنگاه‌ها می‌تواند بر تولید و اشتغال در اقتصاد یک کشور اثر منفی گذاشته و موجب افزایش نااطمینانی‌های شغلی و اقتصادی شود (احمد و همکاران، ۲۰۲۴).

در این شرایط، شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر تورم اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند زیرا سیاست‌گذاران اقتصادی نیاز دارند تا با شناخت دقیق از متغیرهای تأثیرگذار، راهکارهای مؤثری برای کنترل و کاهش تورم اتخاذ کنند. رابطه میان حجم پول و تورم برای سال‌های زیادی یکی از مهم‌ترین موضوعات در تحقیقات اقتصادی بوده و پویایی این رابطه برای کشورهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. نظریه‌های اقتصادی وجود ارتباط بین حجم پول در گردش و سطح عمومی قیمت‌ها را نشان داده‌اند (اکدیگبا^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). بین مکاتب فکری مختلف این اتفاق نظر وجود دارد که بین حجم نقدینگی در اقتصاد با تورم رابطه‌ای علی وجود دارد. اقتصاددانان کلاسیک معتقد بودند که تغییرات در عرضه پول موجب تغییراتی متناسب در سطح قیمت‌ها می‌شود. کینزی‌ها نیز معتقد بودند که مازاد در تقاضای کل که از ظرفیت تولیدی در اقتصاد به دلیل افزایش نقدینگی پیشی گرفته باشد، موجب ایجاد تورم می‌شود (ایرلند^۲، ۲۰۱۴). همچنین پول‌گرایان معتقدند که در بلندمدت دلیل به‌وجود آمدن تورم، رشد بیش از حد عرضه پول نسبت به نرخ رشد اقتصادی می‌باشد. ایده اصلی ارتباط بین عرضه پول و تورم از نظریه مقداری پول

^۱. Okedigba

^۲. Ireland

گرفته شده است. بنا به گفته فریدمن، عرضه پول بالا همواره موجب تورم بالا در بلند مدت شده و تورم همیشه و همه‌جا یک پدیده پولی است (فریدمن^۱، ۱۹۷۰).

با روند افزایشی در عرضه پول در اقتصادهای مختلف دنیا، دوباره بحث مربوط به رابطه بین عرضه پول و تورم مطرح شده است. درحالی که مطالعات زیادی شواهد مبتنی بر ایجاد تورم به دلیل افزایش رشد عرضه پول را اثبات کرده‌اند اما چند مطالعه نیز این رابطه را به صورت ترکیبی نشان داده‌اند (دانلامی^۲ و همکاران، ۲۰۲۰؛ ابیپره و آماگیری^۳، ۲۰۲۰؛ ازخوم^۴، ۲۰۱۷).

تورم پایدار و بلندمدت دارای عواقب نامطلوبی بر اقتصاد کشور ایران بوده و از طریق اثرگذاری بر هزینه فرصت نگهداری پول، اختلال در قیمت‌های نسبی و انگیزه‌های سرمایه‌گذاری و پس‌انداز پیامدهای منفی خود را بر رشد اقتصاد می‌گذارد. تورم‌های بالا و دو رقمی در اقتصاد ایران از دهه ۵۰ و با وارد شدن درآمدهای حاصل از فروش نفت به مخارج دولت آغاز شد و اکنون پس از بیش از ۵۰ سال بجز در سال‌هایی انگشت شمار اقتصاد ایران در سایر دوره‌ها تورم‌های دو رقمی را تجربه کرده است. از سال ۱۳۹۷ و با خروج ترامپ از برجام تا امروز که این مقاله نوشته می‌شود تورم در اقتصاد ایران به‌طور متوسط بالای ۴۰ درصد بوده است که طولانی‌ترین دوره تورم‌های بالا در اقتصاد ایران را نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر ایجاد همه‌گیری کرونا در کنار تحریم‌های تجاری و مالی، از طریق کاهش در رشد اقتصادی و افزایش بیکاری، موجب افزایش نرخ تورم در اقتصاد ایران شده است.

با وجود اینکه اکثر اقتصاددانان رشد نقدینگی بیشتر از رشد تولید در اقتصاد را عامل اصلی تورم‌های ماندگار در اقتصاد ایران می‌دانند اما افراد کمی نیز وجود دارند که چنین باوری نداشته و تورم در ایران را به تورم فشار هزینه و افزایش نرخ ارز متاثر از وجود تحریم‌ها مرتبط می‌دانند. بحثی که در سال‌های اخیر برخی از افراد و کارشناسان مطرح می‌کنند این است که دلیل تورم در ایران نرخ بالای رشد نقدینگی نبوده بلکه رشد نرخ ارز را عامل اصلی تورم در ایران معرفی می‌کنند. این گروه از افراد عنوان می‌کنند که افزایش نرخ ارز در بازار آزاد و همچنین افزایش نرخ تسعیر ارز صنایع صادراتی مانند صنایع فولاد و مس، پتروشیمی و پالایشی‌ها، موجب افزایش نرخ ارز در بازار آزاد و به تبع آن افزایش قیمت‌ها می‌شود و اعتقاد دارند که دولت با پایین آوردن نرخ ارز و اختصاص آن به صورت ترجیحی به واردات و ثابت نگه داشتن آن می‌تواند به صورت دستوری هم نرخ ارز

¹. Friedman

². Danlami

³. Ebipre and Amaegberi

⁴. Ozekhome

را کاهش دهد و هم تورم را کنترل کند. ایرادی که به چنین دیدگاهی می‌تواند وارد باشد این است که آن‌ها بر اساس همبستگی بالا بین تورم و نرخ ارز چنین موضوعی را مطرح می‌کنند در حالی که باید توجه شود که ارتباط همبستگی با ارتباط علی متفاوت است و همبستگی بالای نرخ ارز با تورم نمی‌تواند علت ایجاد تورم باشد.

این مطالعه به دنبال شناسایی و تحلیل مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تورم‌های بالا و ماندگار در اقتصاد ایران و تعیین سهم هر یک از آنها در ایجاد تورم است. برای این منظور، از داده‌های کلان اقتصادی ایران و متغیرهای جهانی در دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۴۰۱ استفاده شده است. استفاده از داده‌های گسترده و متنوع می‌تواند به درک بهتر از عوامل مؤثر بر تورم کمک کند. به‌خصوص، بررسی اثرات متغیرهای جهانی بر اقتصاد ایران در شرایط فعلی می‌تواند به سیاست‌گذاران در طراحی استراتژی‌های مؤثرتر یاری رساند.

روش‌شناسی این پژوهش مبتنی بر استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین است. این روش‌ها به دلیل توانایی در شناسایی الگوهای پیچیده و تعاملات غیرخطی بین متغیرها، ابزار مناسبی برای تحلیل داده‌های اقتصادی هستند. برای این منظور ابتدا به بررسی مدل‌های پیش‌بینی نرخ تورم با روش‌های گروهی (Ensemble Methods) مبتنی بر درخت تصمیم پرداخته و دقت مدل‌های مختلف با معیارهای خطای مرسوم مانند میانگین خطای مطلق (MAE)^۱، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)^۲ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)^۳ گزارش می‌شود. مورد بعدی که مهم‌ترین بخش این مقاله نیز می‌باشد، تعیین بااهمیت‌ترین متغیر اقتصادی در ایجاد تورم برای اقتصاد ایران است که برای این منظور از یک الگوریتم جدید در حوزه یادگیری ماشین به اسم روش توضیحات افزودنی (SHAP)^۴ استفاده می‌شود. این روش قابلیت تفسیرپذیری مدل‌های یادگیری ماشین را فراهم کرده و مشکل این مدل‌ها در مورد مبهم بودن تفسیر مدل‌های پیش‌بینی را تا حدی برطرف کرده است.

این مقاله در ادامه به چند قسمت تقسیم می‌شود: قسمت ۲، مبانی نظری و قسمت ۳، پیشینه پژوهش مربوط به مطالعات در مورد عوامل اثرگذار بر تورم با روش‌های مختلف را نشان می‌دهد. در قسمت ۴، به داده‌ها و روش‌شناسی پژوهش پرداخته می‌شود و در قسمت‌های ۵ و ۶ نیز به ترتیب به بررسی نتایج حاصل از مدل و جمع‌بندی کل مقاله پرداخته می‌شود.

1. Mean Absolute Error

2. Mean Absolute Percentage Error

3. Root Mean Squared Error

4. Shapley Additive exPlanations

۲- مبانی نظری

تورم یکی از مهم‌ترین موضوعات اقتصادی است که هم مورد توجه دانشگاهیان قرار دارد و هم توسط مقامات پولی کشورها با جدیت دنبال می‌شود. تورم از طریق اثرگذاری بر قدرت خرید مردم به کاهش رفاه جامعه منجر می‌شود. اثرگذاری تورم در کشورهای مختلف بسته به وضعیت شاخص‌های اقتصادی و سطح تورم در هر کشور می‌تواند متفاوت باشد.

اگر درآمد اسمی خانوارها به اندازه رشد قیمت‌ها افزایش پیدا نکند، سطح زندگی آن‌ها به دلیل کاهش ارزش حقیقی درآمد بدتر شده و تورم موجب کاهش قدرت خرید آن‌ها می‌شود. معیار اندازه‌گیری استاندارد زندگی افراد، درآمد حقیقی آن‌هاست که با تورم تعدیل می‌شود. در یک اقتصاد تورمی، افزایش قیمت‌ها موجب کاهش قدرت خرید مصرف‌کنندگان شده و این کاهش درآمد حقیقی بزرگترین هزینه تورم است. اگرچه تورم بالا به شدت آسیب‌زاست اما مقدار کمی تورم برای وجود انگیزه در فعالان اقتصادی و ایجاد رشد اقتصادی در کشور نیاز است. اکثر اقتصاددانان بر این باورند که تورم پایین، باثبات و قابل پیش‌بینی برای رشد اقتصاد مفید است. اگر تورم پایین و قابل پیش‌بینی باشد، کنترل آن از طریق نرخ‌های بهره آسان‌تر است و تأثیر تحریفی آن کاهش می‌یابد. علاوه بر این، دانستن این موضوع که قیمت‌ها در آینده اندکی بالا می‌رود، به مصرف‌کنندگان انگیزه می‌دهد که زودتر خرید کنند و این باعث افزایش فعالیت اقتصادی می‌شود. بسیاری از بانک‌های مرکزی هدف اصلی سیاست خود را حفظ تورم پایین و باثبات قرار داده‌اند، سیاستی که هدف‌گذاری تورمی نامیده می‌شود. تورم‌های بلندمدت و ماندگار می‌تواند نتیجه سیاست‌های پولی باشد. اگر رشد عرضه پول بیش از رشد تولید در یک اقتصاد باشد، سطح قیمت‌ها افزایش یافته و قدرت خرید هر واحد پولی کاهش می‌یابد. رابطه بین عرضه پول و تولید در اقتصاد یکی از قدیمی‌ترین فرضیه‌های اقتصادی است که با عنوان نظریه مقداری پول شناخته می‌شود. شوک‌های طرف عرضه که موجب اختلال در تولید شود، می‌تواند موجب افزایش هزینه‌های تولید شده و از این طریق به افزایش تورم منجر شود. برای مثال افزایش قیمت نفت می‌تواند از طریق اختلال در عرضه، موجب افزایش قیمت‌ها شود. یکی دیگر از مواردی که نقش اساسی در ایجاد تورم دارد، انتظارات تورمی در یک اقتصاد است. اگر مردم یا کسب و کارها افزایش قیمت‌ها در آینده را پیش‌بینی کنند، در قراردادهای و مذاکرات تعیین دستمزد آن را اعمال کرده و این رفتار بر تورم دوره بعد اثر می‌گذارد (صندوق بین‌المللی پول^۱). ایجاد تورم جهانی پس از کرونا در سال

^۱. International Monetary Fund

۲۰۲۰ نشان داد که نرخ تورم یک کشور تنها توسط متغیرهای داخلی کشور تعیین نمی‌شود بلکه به علت گسترش تجارت بین‌الملل، نرخ تورم سایر کشورها و قیمت‌های جهانی کالا و خدمات نیز بر تورم در یک کشور اثر گذار است. هرچه یک کشور حضور فعال‌تری در تجارت بین‌المللی داشته باشد بیشتر تحت تاثیر تورم جهانی قرار خواهد گرفت (جیانگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۴).

یک رویکرد دیگر برای تعیین سطح قیمت‌ها وجود دارد که توسط لیپر^۲ (۱۹۹۱) با عنوان "سیاست‌های مالی فعال"^۳ معرفی شده است که بر اساس این رویکرد، سطح قیمت‌ها برای اینکه در تعادل باشد نیاز به شرط ثابت بودن مسیر بدهی دولت دارد. در واقع اهمیت و کارآمدی سیاست پولی برای رسیدن به یک نرخ تورم با ثبات، به وضعیت سیاست مالی بستگی دارد. سیاست مالی فعال، یعنی دولت بطور مدام با کسری بودجه مواجه است و سیاست پولی زیر سلطه سیاست مالی قرار دارد و مجبور به دنباله‌روی از آن است. این رویکرد که با عنوان "نظریه مالی سطح قیمت" شناخته می‌شود، بیان می‌کند که سطح عمومی قیمت‌ها تا زمانی که بودجه دولت در تعادل باشد و کسری نداشته باشد، واکنش نشان نمی‌دهد. اما زمانی که دولت بدهی داشته باشد این بدهی می‌تواند به چاپ پول توسط دولت تبدیل شده و از این طریق بدهی دولت را پوشش دهد که این اقدام با افزایش عرضه پول موجب افزایش سطح قیمت‌ها می‌شود (باستو و کوی^۴، ۲۰۱۸).

کارآمدی سیاست پولی برای رسیدن به هدف تورم پایین و پایدار تا حد زیادی به وضعیت سیاست مالی در مفهوم لیپر^۵ (۱۹۹۱) وابسته است. تا زمانی که رشد کسری بودجه دولت بیش از رشد اندازه اقتصاد باشد، سیاست پولی دولت درگیر سلطه مالی شده و اثرگذاری خود را از دست می‌دهد. در واقع تا زمانی که سلطه مالی فعال است، سیاست‌گذار پولی مجبور به پیگیری سیاست مالی می‌باشد. سلطه مالی فعال به معنای وجود کسری بودجه مداوم دولت است. این مورد به خوبی وضعیت اقتصاد ایران در دهه‌های گذشته را نشان می‌دهد که چگونه کسری‌های مداوم بودجه دولت و تامین این کسری‌ها به رشد نقدینگی و تورم منجر شده است.

طبق مطالعه سارجنت و والاس^۶ (۱۹۸۱) اگر به علت اصلی تورم‌های بالا و ماندگار که ریشه در سیاست مالی دارد توجه نشود، اجرای سیاست‌های پولی انقباضی نمی‌تواند به کنترل عرضه پول و نرخ تورم منجر شود و حتی ممکن است به تورم‌های بالاتر در دوره‌های بعدی منجر

1. Jiang

2. Leeper

3. Active Fiscal Policies

4. Bassetto and Cui

5. Leeper

6. Sargent and Wallace

شود. پس می‌توان گفت در اقتصادی که با تورم‌های بالا و ماندگار مواجه است تنها با تکیه بر ابزارهای پولی نمی‌توان تورم را کنترل کرد و باید به سیاست مالی توجه زیادی شود.

تورم در اقتصاد ایران همچنان مهم‌ترین مساله اقتصادی است که بر تمام جنبه‌های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی اثرگذار است. با توجه به اینکه کماکان تمام نیروهای ایجاد نقدینگی و تورم در اقتصاد پابرجاست لذا کنترل تورم در این شرایط را نمی‌توان به سرعت به نتیجه رساند. در مسیر کنترل تورم باید ابتدا به این نکته توجه شود که فعالیت‌هایی که جهت کنترل تورم در حال انجام است به بدتر شدن وضعیت منجر نشود و سپس به سمت بهبود شرایط پیش رفت. بنظر می‌رسد که چند عامل کلیدی در راه رسیدن به هدف کنترل تورم وجود دارد که بیش از سایر عوامل باید به آن‌ها توجه شود. دلایل اصلی که در اقتصاد ایران سیاست‌های پولی کارآمدی لازم را نداشته و موجب تورم‌های بالا و ماندگار شده است را می‌توان کسری بودجه دولت (تسلط مالی)، پایین بودن نرخ بهره حقیقی و ناترازی‌های نظام بانکی معرفی کرد. پایین بودن نرخ بهره به عنوان قیمت پول، موجب افزایش تقاضا برای پول و خلق نقدینگی می‌شود. ناترازی‌های نظام بانکی نیز از طریق ایجاد تعهد بانک‌ها بیش از ارزش دارایی‌هایشان موجب افزایش بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی و در نتیجه خلق پول و افزایش نقدینگی می‌شود.

۳- پیشینه پژوهش

در این قسمت به مطالعات داخلی و خارجی انجام شده در مورد عوامل اثرگذار بر تورم در اقتصاد ایران و سایر کشورها پرداخته می‌شود.

آسایش و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه خود به بررسی عوامل مؤثر بر تورم در اقتصاد ایران با درنظر گرفتن همه‌گیری کرونا پرداخته‌اند. این مطالعه ضمن بررسی عوامل اقتصادی بر ایجاد تورم به نقش کرونا و تحریم‌های اقتصادی نیز توجه کرده است. برای این منظور در این مطالعه از داده‌ها در دوره زمانی ۱۳۶۰-۱۴۰۰ و از مدل‌های خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) و تصحیح خطا (ECM) استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، همه‌گیری کرونا و تحریم‌های اقتصادی موجب افزایش تورم در دوره مورد بررسی شده است. همچنین نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت نقدینگی و نرخ ارز بر تورم و اثر منفی مخارج آموزشی دولت بر تورم می‌باشد. یک نتیجه دیگر حاصل از این مطالعه، نشان از اثر منفی درآمد سرانه بر تورم بوده به‌گونه‌ای که با افزایش درآمد سرانه تورم کاهش می‌یابد.

معمارنژاد و نجفی (۱۴۰۲) در مطالعه خود عوامل اثرگذار بر تورم را تاکید بر حکمرانی خوب در کشورهای صادرکننده نفت را بررسی کرده‌اند. برای این منظور از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته

(GMM) برای دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۱ استفاده شده و نقش حکمرانی خوب بر تورم در کشورهای صادرکننده نفت مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه، وقفه تورم و تفاضل رشد اقتصادی از رشد نقدینگی دارای اثری مثبت بر تورم بوده در حالی که متغیر مربوط به حکمرانی خوب اثری منفی بر تورم داشته و بهبود حکمرانی خوب می تواند به کاهش تورم منجر شود.

در یک مطالعه دیگر، ایزدخواستی و همکاران (۱۴۰۱) عوامل اثرگذار بر تورم در کشورهای صادرکننده نفت را با تاکید بر اقتصاد دانش بنیان مورد بررسی قرار داده اند. این پژوهش با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) برای دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۱ انجام شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، مولفه های اقتصاد دانش بنیان از طریق بهبود کیفیت نهادی، افزایش بهره وری عوامل تولید، کاهش هزینه های تولید و افزایش سطح نوآوری می توانند به کاهش تورم منجر شوند. همچنین نتایج حاصل از پژوهش نشان از اثرگذاری مثبت وقفه تورم، نرخ رشد نقدینگی و مخارج مصرفی دولت بر تورم دارد. علاوه بر این، افزایش رشد اقتصادی، بهبود نهادی و مشوق های اقتصادی و سرمایه انسانی اثری منفی بر نرخ تورم دارند.

در پژوهشی دیگر در ارتباط با عوامل مؤثر بر تورم در ایران، اکبری فرد و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم فاخته برای دوره زمانی ۱۳۵۴-۱۳۹۴، عوامل مؤثر بر نرخ تورم در اقتصاد ایران را به صورت خطی و غیرخطی مدل سازی کرده اند. نتایج در مورد مدل های مورد استفاده نشان از برتری مدل غیرخطی برای مدل سازی تورم داشته و بر اساس دقت مدل غیرخطی مدل سازی شده توسط الگوریتم کرم شب تاب، این الگوریتم نتیجه بهتری نسبت به الگوریتم فاخته ارائه می کند. بر اساس نتایج به دست آمده در این مطالعه، مهم ترین عامل در ایجاد تورم در اقتصاد ایران رشد نقدینگی است. پس از این متغیر، شاخص تولیدات صنعتی، نرخ بهره حقیقی، نرخ ارز و تورم انتظاری مهم ترین عوامل در ایجاد تورم می باشند.

پورکازمی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود عوامل مؤثر بر تورم را تعیین و یک سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران طراحی کرده اند. در این پژوهش ۲۱ متغیر احتمالی اثرگذار بر تورم در دوره زمانی ۱۳۷۵-۱۳۹۰ انتخاب شده و سپس از میان این ۲۱ متغیر، با ترکیب دو الگوریتم شبکه های عصبی و ژنتیک، ۷ متغیر مهم و اساسی اثرگذار بر تورم ایران تعیین شده اند. حجم نقدینگی، وقفه تورم، تولید ناخالص داخلی، قیمت جهانی نفت، شاخص دستمزد نیروی کار، سود بانک و مخارج دولت متغیرهای وارد شده به مدل نهایی می باشند. پس از شناسایی مهم ترین متغیرها، یک سیستم هشداردهنده طراحی شده که با بهره گیری از شبکه های عصبی، احتمال وقوع تورم شدید در شش ماه آینده را پیش بینی می کند. نتایج بدست آمده بیانگر عملکرد امیدوارکننده

سیستم هشدار دهنده بوده و سیستم طراحی شده قادر است سیگنال‌های هشداردهنده زودهنگام برای وقوع تورم شدید در آینده صادر کند.

کریمی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی عوامل اثرگذار بر تورم در اقتصاد ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری (VAR)، توابع واکنش آنی و تجزیه و تحلیل واریانس در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۵۷ پرداخته‌اند. متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش برای برآورد مدل شامل نرخ رشد نقدینگی، تولید ناخالص داخلی، ارزش واردات و میزان درآمدهای نفتی می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که از بین متغیرهای مورد بررسی، متغیرهای نرخ رشد نقدینگی و میزان درآمدهای نفتی دارای ارتباط مثبت با نرخ تورم بوده و افزایش آن‌ها موجب افزایش نرخ تورم می‌شوند اما تولید ناخالص داخلی و ارزش واردات ارتباط منفی با نرخ تورم در اقتصاد ایران دارند.

حسینی و شکوهی (۱۳۹۲) در مطالعه خود عوامل مؤثر بر تورم در اقتصاد ایران با در نظر گرفتن نقش انتظارات آینده‌نگر و گذشته‌نگر را مورد بررسی قرار داده‌اند. روش مورد استفاده در این پژوهش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و دوره مورد بررسی ۱۳۸۷-۱۳۵۵ بوده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تورم در اقتصاد ایران رابطه معناداری با انتظارات تورمی، شکاف تولید، رشد حجم پول و نرخ ارز دارد. به‌طور کلی در این پژوهش بیان می‌شود که مدیریت همزمان انتظارات تورمی، رشد حجم پول و نرخ ارز می‌توانند به کنترل تورم کمک کنند.

مهرآرا و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی عوامل اثرگذار بر تورم در اقتصاد ایران در دو رژیم درآمدهای بالای نفتی و درآمدهای پایین نفتی پرداخته‌اند. در این پژوهش از الگوی رگرسیونی سری زمانی خطی و غیرخطی در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۳۸ استفاده شده است. نتایج بدست آمده توانایی بیشتر مدل غیرخطی نسبت به مدل خطی را برای تعیین رفتار تورم در اقتصاد ایران تأیید می‌کند. در این مطالعه مشاهده می‌شود که تکانه‌های مثبت نفتی در رژیم درآمدهای پایین نفتی، اثر بازدارنده بر تورم داشته در حالی که این تکانه‌ها در رژیم با درآمدهای بالا نفتی معنادار نیست. همچنین یافته‌های مدل خطی نشان می‌دهد که حجم پول، تولید، نرخ ارز و شوک‌های مثبت پولی بیشترین اثر را بر نوسانات قیمتی دارند. به‌طور کلی بر اساس هر دو مدل خطی و غیرخطی، متغیرهای حجم پول، تغییرات قیمت نفت و نرخ ارز اثر معناداری بر قیمت‌ها در اقتصاد ایران دارند. کایریازیس^۱ و همکاران (۲۰۲۴) اثرات سرریز میان کالا و خدمات، تورم و نااطمینانی سیاست پولی و اقتصادی را در چارچوب یک مدل خودرگرسیون برداری چندقی (Quantile-Var) برای بازارهای متنوع و دوره زمانی ۱۹۸۵-۲۰۲۲ بررسی کرده‌اند. نتایج این

^۱. Kyriazis

مطالعه یک پیوند قوی بین تورم و عرضه پول را نشان می‌دهد و در بحران‌ها تورم علاوه بر عرضه پول رابطه‌ای قوی با قیمت نفت و طلا دارد. همچنین بر اساس نتایج، تورم در بحران‌های جهانی و همه‌گیری کرونا اثرپذیری بیشتری از خود نشان می‌دهد. به‌طور کلی عرضه پول به عنوان اثرگذارترین متغیر بر تورم از میان متغیرهای مدل انتخاب شده است. علاوه بر این نااطمینانی‌ها سیاست پولی و مالی اثر معناداری بر بازارهای مالی و کالا و خدمات دارند و همچنین نااطمینانی‌های سیاست اقتصادی اثرگذاری قوی‌تری نسبت به نااطمینانی سیاست پولی بر تورم دارد.

سیتکی و کایا^۱ (۲۰۲۳) در مطالعه خود ارتباط میان نااطمینانی نرخ ارز و تورم را مورد بررسی قرار داده‌اند. برای این منظور از داده‌های پانل ۱۴۹ کشور برای دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۷ استفاده کرده‌اند. نتیجه حاصل از تخمین مدل نشان از رابطه مثبت و معنادار میان نااطمینانی در نرخ ارز و تورم داشته و همچنین ارتباط بین نااطمینانی نرخ ارز و تورم غیرخطی است. با افزایش نااطمینانی در نرخ ارز اندازه اثرگذاری آن بر تورم کاهش می‌یابد. علاوه بر این، میزان اثرگذاری نااطمینانی نرخ ارز برای کشورهای مختلف متفاوت بوده و این اثرگذاری با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

آندرل و گاپوریل^۲ (۲۰۲۳) اثرگذاری غیرخطی نرخ ارز بر قیمت‌های مصرف‌کننده و واردات را با درنظر گرفتن نقش انتظارات تورمی مورد مطالعه قرار داده‌اند. برای این مطالعه از مدل رگرسیون انتقال ملایم با رژیم‌های انتظارات تورمی متفاوت برای پنج کشور دارای هدف تورمی و سه کشور بدون هدف تورمی طی دوره ۱۹۹۳-۲۰۲۱ استفاده کرده‌اند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان از اثرگذاری بیشتر انتظارات تورمی در کشورهای با داشتن هدف تورمی دارد. همچنین زمانی که افراد و بازارها انتظار افزایش تورم در آینده را دارند، اثرگذاری نرخ ارز بر تورم بیشتر خواهد شد. کوهلشچین^۳ (۲۰۲۲) به بررسی عوامل مهم در ایجاد تورم با روش یادگیری ماشین پرداخته است. این پژوهش به دنبال پیش‌بینی تورم برای ۲۰ کشور توسعه یافته در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۱ با روش‌های مبتنی بر درختان رگرسیون و استفاده از شش متغیر کلان اقتصادی بوده است. نتایج حاصل از مدل دارای عملکرد خوبی در پیش‌بینی بوده و معیار خطا برای گزارش مدل‌های پیش‌بینی نیز ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده از میان

1. Citci and Kaya

2. Anderl and Gaporale

3. Kohlscheen

متغیرهای وقفه تورم، تورم انتظاری، شکاف تولید، قیمت نفت، شاخص قیمت تولید کننده و نرخ ارز اسمی مؤثر، با اهمیت‌ترین متغیر کلان در ایجاد تورم، انتظارات تورمی می‌باشد.

۴- داده و روش‌شناسی

۴-۱- داده

در این مطالعه از شاخص قیمت مصرف‌کننده به عنوان شاخص تورم، متغیر هدف این مطالعه برای پیش‌بینی مدل استفاده شده می‌باشد. در فرآیند انتخاب متغیرهای اثرگذار بر تورم، به بررسی عوامل با اهمیت در ایجاد تورم و رشد آن در اقتصاد ایران پرداخته شده و متغیرهای مهم اقتصادی اثرگذار بر تورم تعیین شده‌اند. برای انجام این پژوهش داده‌های ماهانه از ۱۳۸۷-۱۴۰۱ برای متغیرهای بکار رفته در مدل جمع‌آوری شده است. داده‌های کلان اقتصادی از سایت بانک مرکزی، مرکز آمار ایران و داده‌های مربوط به بازارهای جهانی نیز از سایت بانک جهانی و سایت شاخص نااطمینانی جهانی جمع‌آوری شده است.

از جمله مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تورم در اقتصاد ایران، متغیرهای کلان اقتصادی داخلی و متغیرهای مربوط به بازارها و نااطمینانی‌های جهانی است که اهمیت زیادی برای شناخت عوامل اصلی ایجاد دارند. متغیرهای کلان مربوط به اقتصاد ایران استفاده شده در این پژوهش شامل نرخ ارز^۱ بازار آزاد (ER)، نقدینگی^۲ (M2)، نرخ بهره بانکی^۳ (BIR)، تولید ناخالص داخلی^۴ (GDP)، شاخص قیمت مصرف‌کننده^۵ (CPI) و نرخ بیکاری^۶ (UNR) می‌باشد. همچنین از شاخص کالا و خدمات جهانی^۷ (GC) به عنوان شاخصی جهت اندازه‌گیری تورم جهانی، شاخص نااطمینانی جهانی^۸ (WUI)، شاخص ریسک سیاسی-جغرافیایی^۹ (GPR)، و نااطمینانی‌های سیاست‌های اقتصادی^{۱۰} (EPU)، قیمت نفت جهانی (Oil) و قیمت انس جهانی طلا (Gold) به عنوان عوامل خارجی اثرگذار بر تورم استفاده شده است. تمام متغیرهای استفاده شده در این مطالعه به صورت

1. Exchange Rate

2. Broad Money

3. Bank Interest Rate

4. Gross Domestic Product

5. Consumer Price Index

6. Unemployment Rate

7. Global Commodity

8. World Uncertainty Index

9. Geopolitical Risk

10. Global Economic Policy Uncertainty

داده‌های اصلی که در سایت‌های آماری گزارش شده‌اند بکار رفته و برای متغیری از لگاریتم، نرخ رشد و سایر تبدیلات استفاده نشده است.

از داده‌های جمع‌آوری شده به منظور مشخص کردن بااهمیت‌ترین متغیرهای اثرگذار بر تورم در ایران به عنوان متغیر هدف، بر اساس داده‌های مربوط به متغیرهای کلان اقتصادی و شاخص‌های جهانی به عنوان ویژگی‌های ورودی استفاده می‌شود. کل ویژگی‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. لیست ویژگی‌های ورودی مدل شامل متغیرهای کلان اقتصادی و متغیرهای جهانی

ویژگی‌ها	دوره زمانی انتشار داده	منبع جمع‌آوری اطلاعات
داده‌های کلان اقتصادی		
نقدینگی (M2)	ماه‌بانه	سایت بانک مرکزی (Cbi.ir)
شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI)	ماه‌بانه	سایت بانک مرکزی (Cbi.ir)
تولید ناخالص داخلی (GDP)	فصلی	سایت مرکز آمار ایران (Amar.org.ir)
نرخ بهره بانکی (BIR)	ماه‌بانه	سایت بانک مرکزی (Cbi.ir)
نرخ دلار بازار آزاد (ER)	روزانه	سایت اطلاع‌رسانی طلا، سکه و ارز (Tgju.org)
نرخ بیکاری (UNR)	ماه‌بانه	سایت بانک مرکزی (Cbi.ir)
شاخص‌های جهانی		
شاخص نااطمینانی جهانی (WUI)	ماه‌بانه	Worlduncertaintyindex.com
شاخص نااطمینانی سیاست‌های اقتصادی (EPU)	ماه‌بانه	Worlduncertaintyindex.com
شاخص ریسک سیاسی - جغرافیایی (GPR)	روزانه	investing.com
قیمت نفت (Oil)	روزانه	investing.com
قیمت انس جهانی طلا (Gold)	ماه‌بانه	World Bank.org
قیمت کالا و خدمات جهانی (GC)		

۴-۲- روش‌شناسی

در این بخش به معرفی مدل‌های پیش‌بینی و روش‌های استفاده شده در این پژوهش جهت رسیدن به اهداف مقاله پرداخته می‌شود. در این مطالعه از روش‌های مربوط به یادگیری ماشین استفاده شده است. استفاده از روش‌های پیچیده‌تر مانند یادگیری ماشین نسبت به روش‌های آماری خطی مانند رگرسیون خطی، می‌تواند تعاملات بین ویژگی‌ها را بهتر نشان داده و علاوه بر روابط خطی،

روابط غیرخطی بین ویژگی‌های مدل را درک کنند. از میان روش‌های یادگیری ماشین، روش‌های گروهی (Ensemble Methods) که بر پایه درخت (Tree-Based) می‌باشند برای ساخت مدل پیش‌بینی و تفسیر آن به کار گرفته شده است. دلیل استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر درخت، توانایی این روش‌ها در استخراج اهمیت ویژگی (Feature Importance) و ارائه بینش‌هایی درباره اطلاعات مورد استفاده برای پیش‌بینی می‌باشد (کاپارینی^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین در این مطالعه رویکردی مبتنی بر یادگیری ماشین و روش‌های مبتنی بر درخت برای پیش‌بینی‌پذیری تورم در اقتصاد ایران بر اساس ویژگی‌های ورودی و تعیین بااهمیت‌ترین ویژگی‌ها، معرفی شده است.

۴-۲-۱- الگوریتم‌های یادگیری ماشین

بررسی پیشرفت‌های اخیر برای پیش‌بینی داده‌های مالی و اقتصادی نشان می‌دهد که روش‌های یادگیری ماشین به یک ابزار مهم در تخمین، پیش‌بینی و انتخاب مدل در حوزه‌های کاربردی اقتصاد و امور مالی تبدیل شده‌اند. امروزه کاربرد این روش‌ها با در دسترس بودن مجموعه داده‌های گسترده و داده‌های بزرگ، برای پیش‌بینی‌های دقیق و قابل اعتماد از اهمیت زیادی برخوردارند (ماسینی^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). روش‌های یادگیری ماشین به چهار گروه یادگیری با نظارت، بدون نظارت، نیمه‌نظارتی و تقویتی تقسیم می‌شوند. در امور مالی و در این مطالعه از رویکرد اول یعنی الگوریتم یادگیری نظارت شده و روش‌های مربوط به آن استفاده می‌شود. هدف یادگیری با نظارت پیش‌بینی‌های خارج از نمونه با دقت پیش‌بینی بالاست. برای ارزیابی دقیق عملکرد پیش‌بینی مورد انتظار در مشاهدات دیده نشده، داده‌ها به دو قسمت آموزشی و آزمایشی تقسیم می‌شوند. با اعمال یکی از روش‌های یادگیری با نظارت بر روی داده‌های آموزشی برای ساخت یک مدل پیش‌بینی و سپس اعمال مدل پیش‌بینی بر روی داده‌های آزمون، برآوردی از عملکرد پیش‌بینی خارج از نمونه به دست می‌آید (هوانگ و ویگراتز^۳، ۲۰۲۲). بسیاری از الگوریتم‌های یادگیری با نظارت برای بهبود تصمیم‌گیری‌های تجاری توسعه یافته‌اند. در یادگیری با نظارت متغیر وابسته، نشان‌دهنده متغیر هدفی است که باید بر اساس متغیرهای مستقل پیش‌بینی شود. یادگیری ماشین در امور مالی با ساخت معیارهای جدید و برتر به گسترش ابزار استاندارد اقتصاد سنجی کمک می‌کند و از این طریق موجب کاهش خطاهای پیش‌بینی می‌شود.

¹. Caparrini

². Masini

³. Hoang and Wiegatz

الگوریتم‌های یادگیری ماشین با عنوان تابع هدف یادگیرنده توصیف می‌شوند که به بهترین شکل متغیرهای ورودی را به متغیر خروجی ارتباط می‌دهند.

۴-۲-۱-۱- روش‌های گروهی

وقتی پیش‌بینی‌ها با استفاده از ترکیب چند الگوریتم انجام می‌شود، نتیجه بهتر از حالتی است که با هریک از الگوریتم‌ها به تنهایی پیش‌بینی انجام می‌شود. استفاده از دو یا چند الگوریتم برای ساخت یک مدل پیش‌بینی با عنوان یادگیری گروهی شناخته می‌شوند (هال^۱، ۲۰۲۱).

به‌طور کلی مدل‌های یادگیری ماشین با سه نوع خطا رو به رو می‌شوند: بایاس، واریانس و نویز. ۱-سوگیری^۲: خطای مربوط به بایاس به علت فروض غیرواقعی ایجاد می‌شود. زمانی که بایاس زیاد باشد، الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای توضیح دادن روابط بین ویژگی‌ها و نتایج با شکست مواجه شده و اصطلاحاً گفته می‌شود که الگوریتم دارای کم‌برازش^۳ است.

۲-پراکندگی^۴: خطای مرتبط با واریانس به علت حساسیت به تغییرات کوچک در مجموعه آموزش ایجاد می‌شود. زمانی که واریانس زیاد باشد، الگوریتم دچار بیش‌برازش^۵ در مجموعه آموزشی شده و این می‌تواند موجب شود که تغییرات کوچک در مجموعه آموزش خطای زیاد در پیش‌بینی‌ها را به دنبال داشته باشد.

۳-اختلال تصادفی^۶: این خطا به علت واریانس در مقادیر مشاهده شده مانند تغییرات غیرقابل پیش‌بینی یا خطاهای اندازه‌گیری ایجاد می‌شود. این خطا کاهش‌ناپذیر است که هیچ مدلی قادر به توضیح آن نیست.

روش‌های گروهی (Ensemble Methods) روشی می‌باشند که مجموعه‌ای از یادگیرنده‌های ضعیفی که همه از الگوریتم یادگیری یکسانی استفاده می‌کنند را ترکیب کرده تا یک یادگیرنده قوی‌تر ایجاد کند که از هرکدام از یادگیرنده‌ها، عملکرد بهتری داشته باشد. روش‌های گروهی به کاهش بایاس و واریانس کمک می‌کنند (مارکوس لویز دی‌پرادو^۷، ۲۰۱۸).

¹. Hull

². Bias

³. Under fit

⁴. Variance

⁵. Over fit

⁶. Noise

⁷. Marcos Lopez de Prado

درواقع روش‌های گروهی با ترکیب مدل‌های برپایه درخت، عملکرد مدل را بهبود می‌بخشند. دو نوع از روش‌های گروهی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است که با عنوان Boosting و Bagging شناخته می‌شوند.

الگوریتم Bagging یک تکنیک از یادگیری با نظارت است که برای هر دو نوع مسأله رگرسیون و دسته‌بندی می‌تواند استفاده شود. این تکنیک واریانس پیش‌بینی را کاهش می‌دهد و شیوه کار به این صورت است که چند درخت تصمیم وجود دارد که هر کدام پیش‌بینی‌های مستقلی انجام داده و سپس برای پیش‌بینی نهایی از آن‌ها میانگین گرفته می‌شود. الگوریتم Boosting بایاس پیش‌بینی را کاهش می‌دهد و با ایجاد یک مجموعه متوالی، مدل‌ها به ترتیب اضافه می‌شوند و هر مدل جدید اشتباهات مدل‌های قبل را اصلاح کرده و در نهایت پیش‌بینی نهایی به صورت یک میانگین وزنی از مدل‌های پیش‌بینی کننده می‌باشد (برون لی^۱، ۲۰۲۱).

در این مطالعه از روش درخت تصمیم (DT) به عنوان روش پایه‌ای، روش جنگل‌های تصادفی (RF) از نوع Bagging و از روش‌های Extremely Gradient Boosting (XGB)، Gradient Boosting (GB) و Hist Gradient Boosting (HGB) از نوع Boosting استفاده می‌شود.

۴-۳- روش توضیحات افزودنی Shapley (SHAP)

درک این مورد که چه عواملی بیشترین اهمیت را در مدل پیش‌بینی داشته‌اند به اندازه دقت پیش‌بینی می‌تواند مهم باشد و به تفسیر و تحلیل نتایج پیش‌بینی کمک زیادی می‌کند. توانایی تفسیر صحیح از نتیجه یک مدل بسیار مهم بوده و موجب درک فرآیند مدل‌سازی می‌شود. در گذشته برای برخی کاربردها، مدل‌های ساده و خطی به دلیل تفسیر آسان به مدل‌های پیچیده ترجیح داده می‌شدند اما امروزه به دلیل در دسترس بودن داده‌های بزرگ مزایای استفاده از مدل‌های پیچیده‌تر افزایش یافته و بحث بین دقت و قابلیت تفسیر نتیجه یک مدل پیش‌بینی اهمیت زیادی پیدا کرده است. یک مدل ساده به راحتی قابل درک بوده و با خود مدل می‌توان آن را توضیح داد. زمانی که با مدل‌های پیچیده مانند روش‌های گروهی یا شبکه‌های عمیق سر و کار داشته باشیم دیگر درک مدل، تنها از طریق مدل اصلی آسان نبوده و باید از روش‌هایی که توضیح مدل را ساده و قابلیت تفسیر مدل را افزایش می‌دهند، استفاده شود. برای این منظور الگوریتم SHAP به عنوان یک چارچوب از نظریه بازی‌ها برای توضیح خروجی مدل‌های مربوط به یادگیری

¹. Brownlee

ماشین می‌باشد که یک تفسیر از اهمیت ویژگی‌های ورودی مدل پیش‌بینی ارائه می‌دهد. این روش اهمیت یک ویژگی را در نتایج مدل پیش‌بینی نشان می‌دهد. در واقع مقادیر SHAP اثر یک ویژگی را با در نظر گرفتن تعامل آن با سایر ویژگی‌ها اندازه‌گیری می‌کند (لوندبرگ و لی^۱، ۲۰۱۷).

از این رویکرد در مدل‌های یادگیری ماشین برای تفسیر خروجی و نتیجه مدل‌ها استفاده می‌شود که علاوه بر دقت پیش‌بینی، قابلیت تفسیر خروجی مدل‌های یادگیری ماشین را امکان‌پذیر می‌کند. در سال‌های گذشته مدل‌های یادگیری ماشین با وجود ارائه دقت پیش‌بینی بالا به دلیل نداشتن قابلیت تفسیر خروجی مدل، با عنوان مدل‌های جعبه سیاه معرفی شده و مورد انتقاد قرار گرفته‌اند. دلیل این انتقادات این بوده که تحلیل کمی و تفسیرپذیری رابطه‌ی بین متغیرهای ورودی و متغیر هدف در مدل، برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران اهمیت زیادی دارد. رویکرد توضیحات افزودنی (SHAP) با تجزیه و تحلیل خروجی مدل‌های یادگیری ماشین، مجموع اثرگذاری هر ویژگی را برای درک اهمیت هر ویژگی در خروجی مدل مشخص می‌کند.

۵- نتایج تجربی

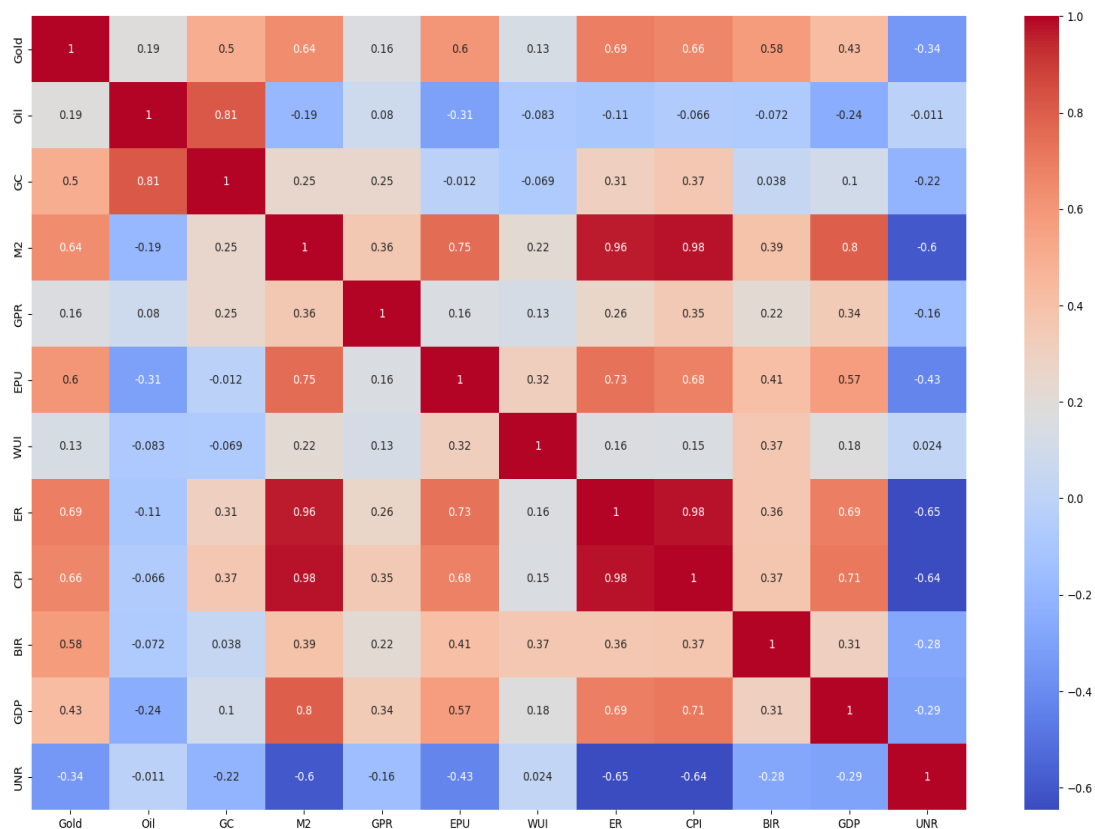
در این قسمت با استفاده از داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش و انتخاب ویژگی‌های با اهمیت بر اساس همبستگی بین متغیرها در نمودار ۱، به پیش‌بینی متغیر هدف و تعیین بااهمیت‌ترین متغیرهای اثرگذار بر آن بر اساس ویژگی‌های ورودی پرداخته می‌شود.

در این پژوهش برای بررسی همبستگی میان ویژگی‌های ورودی مدل، از همبستگی پیرسن بین متغیرها استفاده شده که نقشه همبستگی در نمودار ۱ نشان داده می‌شود. ضریب همبستگی پیرسن ارتباط خطی بین دو ویژگی تصادفی را اندازه‌گیری می‌کند. از نظر ریاضی، ضریب همبستگی پیرسن بین دو ویژگی X و Y برابر با کوواریانس بین دو ویژگی تقسیم بر حاصلضرب انحراف معیار آن‌ها می‌باشد که در رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

در این رابطه r_{xy} همبستگی بین x و y را نشان می‌دهد که همواره عددی بین -۱ و ۱ است. مقدار x و $\bar{y}$ نیز به ترتیب میانگین ویژگی‌های x و y است.

¹. Lundberg and Lee



نمودار ۱. همبستگی بین ویژگی‌های ورودی مدل
منبع: یافته‌های پژوهش.

همان‌طور که از نمودار همبستگی مشخص است، متغیر هدف این مطالعه یعنی شاخص قیمت مصرف‌کننده که نرخ تورم را نمایندگی می‌کند، همبستگی مثبت و بسیار بالایی (تقریباً کامل) با حجم نقدینگی و نرخ دلار آزاد دارد لذا تأییدی بر پرسش این پژوهش بوده که به دنبال بررسی اهمیت نقش نقدینگی و دلار بر تورم در اقتصاد ایران می‌باشد. همچنین متغیرهای تولید ناخالص داخلی، انس جهانی طلا و نااطمینانی سیاست‌های اقتصادی نیز همبستگی مثبت و بالایی (حدود ۷۰ درصد) با متغیر هدف این مطالعه دارند. بین نرخ بیکاری و شاخص قیمت مصرف‌کننده نیز یک ارتباط همبستگی تقریباً بالا اما منفی (۶۵- درصد) وجود دارد. سایر متغیرهای ورودی مدل دارای همبستگی پایینی (زیر ۴۰ درصد) با متغیر هدف می‌باشند.

پس از بررسی همبستگی بین ویژگی‌های ورودی با متغیر هدف، پیش‌بینی مدل بر اساس مدل‌های گروهی انجام می‌شود. برای این منظور نتایج مربوط به هر الگوریتم را نشان داده و با مقایسه آن‌ها با استفاده از سه معیار خطای MAE، MAPE و RMSE بهترین روش با کمترین خطا برای پیش‌بینی نرخ تورم مشخص می‌شود. پس از آن به بررسی تفسیرپذیری مدل‌های پیش‌بینی و تعیین بااهمیت‌ترین ویژگی اثرگذار بر خروجی هر مدل به تفکیک روش‌های مختلف پرداخته شده و نشان داده می‌شود که چه ویژگی‌هایی بیشترین اثر را بر مدل‌های پیش‌بینی دارند و چگونه مدل را تفسیر می‌کنند. معیارهای خطای پیش‌بینی را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2} \quad (2) \quad \text{مقدار واقعی: } y_i$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \tilde{y}_i}{y_i} \right| \quad (3) \quad \text{مقدار پیش‌بینی بر اساس مدل: } \tilde{y}_i$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \tilde{y}_i| \quad (4) \quad \text{تعداد مشاهدات: } N$$

در میان این سه معیار عملکرد پیش‌بینی، RMSE جذر میانگین مربعات خطای مقادیر واقعی از مقادیر پیش‌بینی شده را اندازه‌گیری می‌کند و به صورت واحد اصلی متغیر هدف گزارش می‌شود. معیار MAPE اندازه خطا را به صورت میانگین نسبی خطا برآورد و درصد خطای پیش‌بینی را گزارش می‌کند. معیار MAE نیز میانگین مطلق خطای پیش‌بینی را اندازه‌گیری کرده و خطای پیش‌بینی را در واحد اصلی متغیر هدف نشان می‌دهد. هرچه مقدار معیارهای ذکر شده کوچک‌تر باشد به معنای بهتر بودن مدل پیش‌بینی است.

جدول ۲. عملکرد مدل‌های یادگیری ماشین برپایه درخت (روش‌های گروهی) بر اساس معیارهای خطا

معیارهای خطا	مدل				
	DT ^۵	RF ^۴	HGB ^۳	XGB ^۲	GB ^۱
MAPE (%)	۲/۹	۱/۶	۱۰	۲/۱	۱/۷
MAE	۴/۷۹	۲/۷۱	۱۰/۶۵	۳/۴	۲/۳۳
RMSE	۹/۴۸	۵/۸۲	۱۶/۶۹	۷/۳۵	۴/۳۲

منبع: یافته‌های پژوهش.

بر اساس جدول (۲) مدل‌های جنگل تصادفی و گرادیان تقویتی بر اساس هر سه معیار بهترین پیش‌بینی با کمترین خطا را دارند. در توضیح این قسمت، با آموزش ماشین بر اساس ۸۰ درصد داده‌ها، برای ۲۰ درصد باقی مانده به عنوان داده‌های آزمون پیش‌بینی انجام شده که بر اساس نتایج بدست آمده، معیار خطای MAPE در مدل GB و RF برای داده‌های آزمون به ترتیب دارای خطایی در حدود ۱/۷ و ۱/۶ درصد بوده که نشان دهنده عملکرد خوب این مدل‌ها می‌باشد. بر اساس معیارهای MAE و RMSE نیز مشاهده می‌شود که مدل‌های پژوهش خطای پایینی از نظر واحد خطا دارند. باید توجه شود که اعداد مربوط به CPI که متغیر هدف می‌باشد، در بازه ۲۴ تا ۷۹۴ واحد قرار گرفته و دارای میانگین ۱۵۷ و انحراف معیار ۱۷۲ است لذا تمامی مدل‌ها بر اساس میانگین و انحراف معیار متغیر هدف، دارای خطای پایینی می‌باشند.

در شکل زیر، نمودار خطا بر اساس هر سه معیار مورد بررسی و برای هر ۵ مدل گروهی آورده شده است که بر اساس این نمودار عملکرد بهتر مدل‌های گرادیان تقویتی و جنگل تصادفی مشخص می‌باشد.

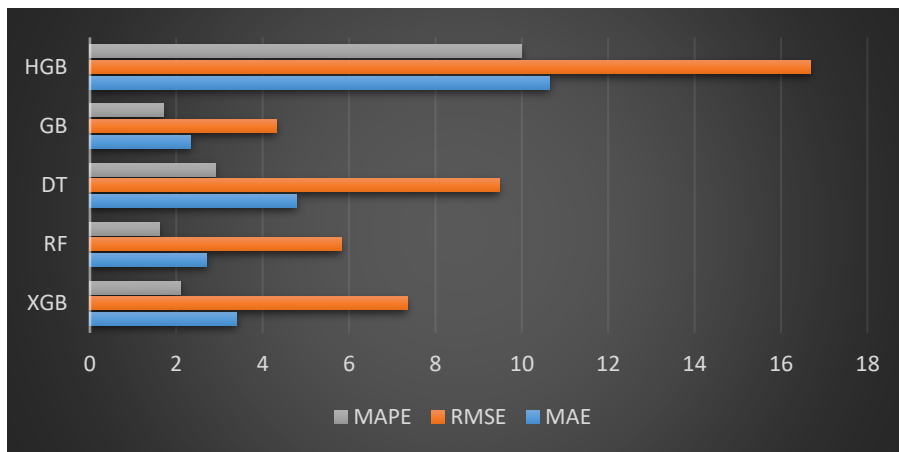
^۱. Gradient Boosting

^۲. Extremely Gradient Boosting

^۳. Hist Gradient Boosting

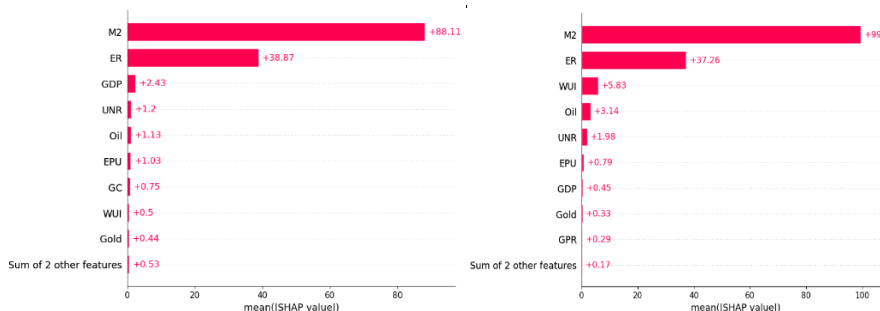
^۴. Random Forest

^۵. Decision Tree



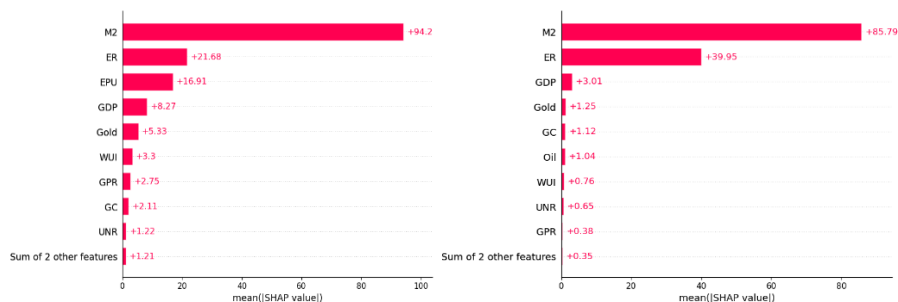
نمودار ۲. نمودار جعبه‌ای مربوط به معیارهای خطا برای مدل‌های مورد مطالعه
منبع: یافته‌های پژوهش.

بعد از گزارش خطای مدل‌های پیش‌بینی در جدول (۲)، به سراغ تفسیرپذیری هر یک از مدل‌ها رفته و با استفاده از رویکرد SHAP با اهمیت‌ترین ویژگی‌های اثرگذار بر تورم در ایران با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی تعیین می‌شود. در این قسمت نمودار اهمیت ویژگی مربوط به هر ۵ مدل در این مطالعه در شکل‌های زیر نشان داده می‌شود.



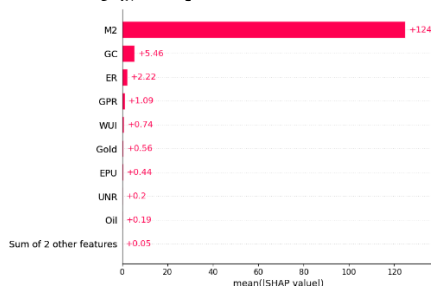
نمودار ۳. اهمیت ویژگی متغیرهای ورودی و اثرگذاری این متغیرها بر تورم در مدل GB
منبع: یافته‌های پژوهش.

نمودار ۴. اهمیت ویژگی متغیرهای ورودی و اثرگذاری این متغیرها بر تورم در مدل DT
منبع: یافته‌های پژوهش.



نمودار ۶. اهمیت ویژگی متغیرهای ورودی و اثرگذاری این متغیرها بر تورم در مدل HGB
منبع: یافته‌های پژوهش.

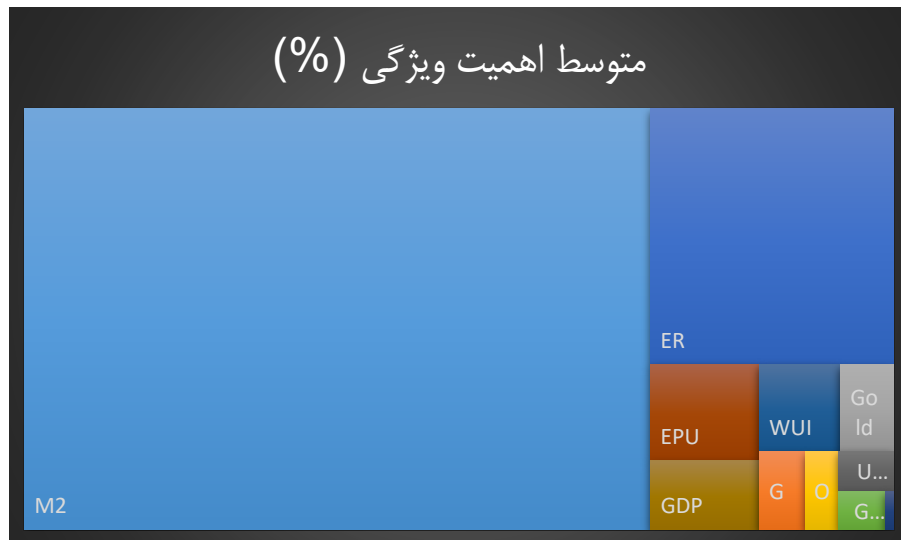
نمودار ۷. اهمیت ویژگی متغیرهای ورودی و اثرگذاری این متغیرها بر تورم در مدل RF
منبع: یافته‌های پژوهش.



نمودار ۷. اهمیت ویژگی متغیرهای ورودی و اثرگذاری این متغیرها بر تورم در مدل XGB
منبع: یافته‌های پژوهش.

بر اساس نمودارهای بالا که مربوط به اهمیت ویژگی در هر مدل می‌باشد، متغیر مربوط به حجم نقدینگی در هر پنج مدل با اختلاف زیادی به عنوان مهم‌ترین متغیر اثرگذار بر تورم در اقتصاد ایران، مشخص شده است. بعد از نقدینگی نیز از میان متغیرهای ورودی، نرخ دلار بازار آزاد بیشترین اثر را بر ایجاد تورم دارد. همان‌طور که در مقدمه این مقاله عنوان شد، هدف اصلی در این پژوهش بررسی یک ادعای علمی و مبتنی بر نظریات اقتصادی است که می‌گوید رشد نقدینگی عامل اصلی ایجاد تورم در اقتصاد ایران است در مقابل ادعای گروه دیگر که نرخ ارز را عامل اصلی ایجاد تورم می‌دانند. بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش مشاهده می‌شود که نقدینگی با اختلاف زیادی نسبت به نرخ ارز مهم‌ترین عامل ایجاد تورم در اقتصاد ایران است. در نمودار زیر اهمیت هر کدام از ویژگی‌های ورودی بر مدل و درصد اثرگذاری آن‌ها بر تورم برای تمام مدل‌ها مشاهده می‌شود.

رابطه بین عرضه پول و سطح قیمت‌ها در نظریه معروف "مقداری پول" ثابت شده و بیان می‌کند که اگر رشد عرضه پول بیش از رشد تولید در یک کشور افزایش یابد، این افزایش پول از طریق افزایش در سطح عمومی قیمت‌ها خود را نشان می‌دهد. با افزایش حجم پول، تقاضای کل در اقتصاد افزایش می‌یابد حال آن‌که عرضه و تولید در اقتصاد به اندازه حجم پول افزایش پیدا نکرده است لذا مازاد تقاضا شکل گرفته و این به افزایش قیمت‌ها منجر می‌شود.



نمودار ۸. نمودار درصد کل اثرگذاری متغیرهای ورودی در مدل‌های مورد بررسی بر تورم در اقتصاد ایران
منبع: یافته‌های پژوهش.

بر اساس نمودار ۸، مؤثرترین متغیر اثرگذار بر تورم در اقتصاد ایران با متوسط ۷۲ درصد برای تمام مدل‌ها، حجم نقدینگی می‌باشد. پس از آن نرخ ارز با حدود ۱۷ درصد در رتبه بعدی قرار دارد. این نمودار نشان می‌دهد که نرخ ارز نیز بر ایجاد تورم نقش دارد اما این اثرگذاری نسبت به اثرگذاری حجم نقدینگی بسیار پایین است. در واقع می‌توان گفت که سایر عوامل اثرگذار که توسط برخی کارشناسان به عنوان عامل تورم معرفی شده است مانند نرخ ارز، نمی‌توانند علت تورم‌های ماندگار در اقتصاد ایران باشند و تنها می‌توانند تورم را حول نرخ ماندگار و متوسط بلندمدت آن کمی بالا و پایین کنند.

این نتیجه ثابت می‌کند که با اینکه بین تورم و نرخ ارز در اقتصاد ایران همبستگی بسیار بالایی وجود دارد اما رابطه همبستگی به معنای رابطه علی نیست و نمی‌توان گفت به دلیل اینکه نرخ ارز با تورم همبستگی بسیار بالایی دارد پس نرخ ارز علت تورم است. در واقع بر اساس نظریات

اقتصادی افزایش نرخ ارز معلول تورم و رشد نقدینگی بوده و نرخ ارز به عنوان یک لنگرگاه اسمی در افزایش قیمت‌ها نقش خود را ایفا می‌کند.

همچنین، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که همچنان عامل اصلی ایجاد تورم در اقتصاد ایران رشد نقدینگی بوده و جهش‌های ارزی موجب انحراف تورم از متوسط خود می‌شود و تنها درصد کمی از تورم را می‌توان با افزایش نرخ ارز توضیح داد نه تمام آن را. با این وجود نیز باید توجه داشت که بخش قابل توجهی از افزایش نرخ ارز نیز خود معلول عواملی است که موجب شکل‌گیری تورم هستند (از جمله رشد نقدینگی) اما به دلیلی به تأخیر افتاده‌اند و در آن مقطع موجب افزایش نرخ ارز شده‌اند.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این پژوهش به دنبال بررسی عوامل اثرگذار بر تورم در اقتصاد ایران و تعیین با اهمیت‌ترین عامل برای توضیح تورم‌های بالا و ماندگار در ایران بوده است. برای این منظور از داده‌های کلان اقتصاد ایران و چند مورد از متغیرهای جهانی در بازه زمانی ۱۳۸۷-۱۴۰۱ استفاده شده و جهت بررسی هدف مطالعه از مدل‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شود. از بین مدل‌های یادگیری ماشین در این مطالعه از روش‌های مبتنی بر درخت به نام روش‌های گروهی استفاده شده است. با بررسی دو نوع از مدل‌های گروهی یعنی دسته‌بندی گروهی و تقویت‌کننده گروهی، در نهایت از پنج مدل استفاده شد که از میان آن‌ها مدل‌های درخت تصمیم و جنگل تصادفی بهترین نتایج را با خطای پیش‌بینی کمتری بر اساس هر سه معیار خطا (MAE, MAPE, RMSE) داشتند.

بعد از بررسی مدل‌های پیش‌بینی برای نرخ تورم بر اساس روش‌های مختلف، بحث تفسیرپذیری مدل‌های پیش‌بینی برای مشخص کردن مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خروجی مدل از اهمیت بالایی برخوردار است. تفسیرپذیری مدل به کمک یک رویکرد از نظریه بازی‌ها برای تفسیر مدل‌های خروجی در یادگیری ماشین با عنوان توضیحات افزودنی (SHAP) انجام می‌شود. هدف از تفسیر مدل‌ها، بررسی یک موضوع مهم در یادگیری ماشین با عنوان اهمیت ویژگی (Feature Importance) بوده که در این مطالعه از آن برای مشخص کردن مؤثرترین متغیر اثرگذار بر ماندگاری تورم در اقتصاد ایران استفاده شده است.

همانطور که در مقدمه اشاره شد، اکثر اقتصاددانان تغییرات حجم نقدینگی را به عنوان عامل اصلی در شکل‌گیری نیروهای تورمی در اقتصاد ایران پذیرفته‌اند اما تعداد اندکی نیز هستند که چنین نظری ندارند و برای توضیح تورم در اقتصاد ایران به عواملی مانند افزایش نرخ ارز اشاره می‌کنند. بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش مشخص شد که عامل اصلی شکل‌گیری

تورم‌های بالا و ماندگار در اقتصاد ایران رشد نقدینگی بوده و سایر عوامل مانند نرخ ارز علت اصلی تورم نیستند و تنها گاهی می‌توانند تورم را در اطراف نرخ متوسط آن کمی منحرف کند. نرخ ارز در بلندمدت توسط سیاست‌های پولی و مالی دولت و تعامل آن‌ها با یکدیگر تعیین می‌شود و تا زمانی که کسری‌های بودجه دولت وجود دارد افزایش نرخ ارز اتفاق خواهد افتاد لذا نرخ ارز معلول سیاست‌های دولت که به رشد نقدینگی و تورم منجر شده، می‌باشد.

از آنجا که بر اساس نتایج این مقاله عامل اصلی تورم‌های ماندگار در ایران ریشه در رشد نقدینگی دارد، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی به عوامل مؤثر بر رشد نقدینگی در ایران پرداخته شود. بر اساس مبانی نظری سه دلیل اصلی کسری بودجه دولت (و تسلط مالی)، پایین بودن نرخ بهره حقیقی و ناترازی‌های نظام بانکی موجب رشد نقدینگی شده و سبب می‌شود سیاست‌های پولی اثرگذاری لازم را نداشته و به نرخ تورم‌های بالا و ماندگار منجر شود؛ پیشنهاد می‌شود در یک مقاله سهم این عوامل در رشد نقدینگی ایران مشخص شود.

به عنوان پیشنهاد سیاستی برای مقابله با تورم‌های بالا و ماندگار در اقتصاد ایران با توجه به اینکه در این مقاله رشد نقدینگی عامل اصلی تورم‌های بالا و ماندگار در ایران تشخیص داده شده است، سیاست‌گذاران پولی کشور باید بر کنترل و کاهش رشد نقدینگی تمرکز کنند. البته از آنجا که به نظر می‌رسد سه عامل کسری بودجه دولت (و تسلط مالی)، پایین بودن نرخ بهره حقیقی و ناترازی‌های نظام بانکی موجب رشد نقدینگی در ایران هستند، پس از شناسایی سهم هر یک باید بر هر کدام پیشنهاد سیاستی مشخص ارائه داد.

منابع

- Ahmad, M., Kuldashveva, Z., Ismailova, N., Balbaa, M. E., Akramova, N., & Ain, N. U. (2024). Effect of the Supply-Side Factors on Inflation in South Asia: An Analysis of Oil Price, Technology, and Labor Market Dynamics. *Research in Globalization*, 8, 100210.
- Akbarifard, H., Ghaseminezhad, A., & Rezaei jafari, M. (2017). Modeling Factors Influencing Inflation Rate in Iran's Economy Using Firefly and Cuckoo Algorithm. *Applied Theories of Economics*, 4(3), 143-168) in Persian.(
- Anderl, C., & Caporale, G. M. (2023). Nonlinearities in the Exchange Rate Pass-Through: The Role of Inflation Expectations. *International Economics*, 173, 86-101.
- Asayesh, H., Mostafapur, Y., & Shamsolahi, R. (2023). The Effect of Factors Affecting Inflation in Iran's Economy with an Emphasis on the Epidemic of Covid-19. *Economic Policies and Research*, 2(1), 121-195) in Persian.(

Bassetto, M., & Cui, W. (2018). The Fiscal Theory of the Price Level in a World of Low Interest Rates. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 89, 5-22.

Brownlee, J. (2021). *Ensemble Learning Algorithms with Python: Make Better Predictions with Bagging, Boosting, and Stacking*. San Francisco: Machine Learning Mastery.

Caparrini, A., Arroyo, J., & Mansilla, J. E. (2024). S&P 500 Stock Selection Using Machine Learning Classifiers: A Look into the Changing Role of Factors. *Research in International Business and Finance*, 70, 102336.

Çitçi, S. H., & Kaya, H. (2023). Exchange Rate Uncertainty and the Connectedness of Inflation. *Borsa Istanbul Review*, 23(3), 723-735.

Danlami, I. A., Hidhiir, M. H., & Hassan, S. (2020). Money Supply and Inflation in Nigeria: The Myth of the Monetarist Theory of Inflation. *Journal of Economics and Sustainability (JES)*, 2(2), 1-13.

De Prado, M. L. (2020). *Machine Learning for Asset Managers*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ebipre, P., & Amaegberi, M. A. (2020). Money Supply and Inflation in Nigeria. *Journal of Innovative Social Sciences and Humanities Research*, 8(3), 61-68.

Fisher, L. A., & Huh, H. S. (2002). Real Exchange Rates, Trade Balances, and Nominal Shocks: Evidence for the G-7. *Journal of International Money and Finance*, 21(4), 497-518.

Friedman, M. (1970). The Counter-Revolution in Monetary Theory. In *Explorations in Economic Liberalism: The Wincott Lectures* (3-21). London: Palgrave Macmillan UK.

Hull, J. C. (2021). *Machine Learning In Business: An Introduction to the World of Data Science*. Toronto: John C. Hull.

Hoang, D., & Wiegatz, K. (2023). Machine Learning Methods in Finance: Recent Applications and Prospects. *European Financial Management*, 29(5), 1657-1701.

Husaini, D. H., & Lean, H. H. (2021). Asymmetric Impact of Oil Price and Exchange Rate on Disaggregation Price Inflation. *Resources Policy*, 73, 102175.

Hoseini, S., & Shokuhi, M. (2015). Examining Factors Affecting Inflation with Emphasis on the Role of Retrospective and Prospective Expectations. *Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 15(1), 209-228.(in Persian)

Ireland, P. (2014). The Classical Theory of Inflation and Its Uses Today. In *Shadow Open Market Committee Meeting*. New York: Economic Policies for the 21st Century.

Izadkhasti, H., Negintaji, Z., & Najafi, M. (2022). Investigating Factors Affecting Inflation with Emphasis on Knowledge-Based Economy in Oil-Exporting Countries. *Stable Economy*, 3(3), 50-71) in Persian.(

Jiang, Y., Qu, B., Hong, Y., & Xiao, X. (2024). Dynamic Connectedness of Inflation around the World: A Time-Varying Approach from G7 and E7 Countries. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 95, 111-125.

Karimi, Z., Asadigorgo, H., & Asadi, N. (2014). Investigating Factors Affecting Inflation in Iran Using VAR Model. *National Conference on Management and Information and Communication Technology*, Tehran) in Persian.(

Kohlscheen, E. (2022). What does Machine Learning Say about the Drivers of Inflation? *BIS Working Papers*, 980, 1-22.

Kyriazis, N., Papadamou, S., Tzeremes, P., & Corbet, S. (2024). Examining Spillovers and Connectedness among Commodities, Inflation, and Uncertainty: A Quantile-VAR Framework. *Energy Economics*, 133, 107508.

Leeper, E. (1991). Equilibria under Active and Passive Monetary Policies. *Journal of Monetary Economics*, 27, 129-147.

Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 1-10.

Masini, R. P., Medeiros, M. C., & Mendes, E. F. (2023). Machine Learning Advances for Time Series Forecasting. *Journal of Economic Surveys*, 37(1), 76-111.

Mehrara, M., Tayebnia, A., & Dehnavi, J. (2012). Determinants of Inflation in Iran Based on STR Approach. *Economic Research*, 101(47), 221-241) in Persian.(

Najafi, M., & Memarnezhad, A. (in Press). Investigating Factors Affecting Inflation with Emphasis on Good Governance in Oil-Exporting Countries. *Iranian Energy Economy Research Journal*, Retrieved from https://jiec.atu.ac.ir/article_16503_en.html .(in Persian)

Okedigba, D. O., Akintola, A. A., Umaru, A., Mcdonald, Q. E., Inusa, E. M., Fashoro, B. O., Etudaiye, I. M., Joshua, R., & Osagu, F. N. (2024). Exploring Sub-Saharan Africa's Money Supply-Inflation Nexus: A GARCH-MIDAS Approach. *Scientific African*, 23, e02111.

Oner, C. (2012). Inflation: Prices on the Rise. *International Monetary Fund*, Retrieved from <http://www.tpscollegepatna.org/book/Economic-concepts-explained.pdf#page=35>

Ozekhome, H. O. (2017). Does Money Supply Growth Cause Inflation in the West African Monetary Zone? *West African Journal of Monetary and Economic Integration*, 17(2), 57-80.

Pourkazemi, M., Beyranvand, A., & Delfan, M. (2016). Designing a Warning System for Hyperinflation for Iran's Economy. *Economic Policy and Research*, 23(76), 145-166 (in Persian).