

پیش‌بینی سطح نرخ تورم با استفاده از یادگیری ماشین

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

کد مقاله: ۲۵۴۳۳

محمد حسنونند^{۱*}، مجتبی صفابخش^۲، کورش روح الهی^۳

چکیده

امروزه یکی از حوزه‌هایی که نیازمند پیش‌بینی است، پیش‌بینی تورم است. به این منظور پیش‌بینی تورم می‌تواند تا حد زیادی به برنامه‌ریزی و تعیین سیاست‌های کلی اقتصادی در آینده کمک کند. در این پژوهش هفت متغیر اقتصادی میزان پس انداز، نرخ ارز، حجم نقدینگی، درآمد مالیاتی، میزان صادرات، میزان واردات و میزان درآمد نفتی به عنوان پایگاه داده پژوهش از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استفاده شده است. میزان تورم هر سال در یکی از دسته‌های سه‌گانه نرخ تورم کم، نرخ تورم متوسط و نرخ تورم بالا دسته‌بندی شدند. میزان تورم از ۰ تا ۱۵ در دسته نرخ تورم کم، میزان تورم ۱۵ تا ۳۰ در دسته تورم متوسط و میزان تورم بالای ۳۰ در دسته تورم بالا لحاظ شدند. در این پژوهش برای دسته‌بندی، دو دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان، K-نزدیک‌ترین همسایه بر روی مجموعه داده‌های خام اعمال شده است. دقت دسته‌بندی و پیش‌بینی در کلاس‌بند K-نزدیک‌ترین همسایه ۷۳٪ و در کلاس‌بند ماشین بردار پشتیبان ۶۶٪ بدست آمد.

واژگان کلیدی: تورم، دسته‌بندی، متغیر، اقتصاد

۱- کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر (نویسنده مسئول) Mohamadhasanvand5691@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه اشرافی اصفهانی

۳- مدرس دانشگاه اشرافی اصفهانی

۱- مقدمه

تورم در واقع کاهش قدرت خرید واحد پولی معین در طی زمان است. افزایش سطح کلی قیمت‌ها که عموماً به صورت درصدی بیان می‌شود، به معنی این است با واحد پولی یکسان می‌توان میزان کمتری خرید کرد. معنی رایج تورم به افزایش سطح قیمت‌ها اشاره می‌کند حال آن‌که، در اقتصاد امکان رخ دادن تورم منفی نیز وجود دارد. تورم منفی به افزایش قدرت خرید و کاهش سطح قیمت‌ها اشاره می‌کند. از دیدگاهی دیگر تورم را می‌توان افزایش سطح عمومی قیمت‌ها که حالتی مداوم و نامتناسب دارد تعریف کرد. عوامل متفاوتی در افزایش و یا کاهش تورم نقش دارند. یکی از بدیهی‌ترین علل بوجود آمدن تورم، افزایش حجم پول است. البته عوامل متعددی می‌توانند به افزایش میزان عرضه پول بپردازند. عرضه پول می‌تواند به سادگی از طریق چاپ اسکناس بدون پشتوانه توسط دولت افزایش یابد. از علل بوجود آورنده تورم می‌توان به افزایش مخارج عمومی و کسری بودجه دولت، افزایش سرعت گردش پول، رشد جمعیت، احتکار، کمبود حقیقی، صادرات، اتحادیه‌های کارگری و کاهش مالیات، نرخ ارز، حجم نقدینگی، واردات، درآمد نفتی و... اشاره کرد. که البته ما در این مقاله از برخی از این عوامل استفاده خواهیم نمود. در شرایط تورم طبیعی، با افزایش مستمر و البته آرام سالانه قیمت‌ها مواجه هستیم. هرچند افزایش متعادل و آرام تورم می‌تواند باعث پویایی و نشاط یک اقتصاد شود. تورم بالا تأثیرات منفی بسیاری را در یک اقتصاد از خود برجای می‌گذارد و می‌تواند تولی، مصرف، بازار، سطح رضایت عمومی و غیره را تحت شعاع خود قرار دهد. بیشتر کشورها و حتی کشورهای توسعه یافته از افزایش سطحی از تورم در امان نیستند. پیش‌بینی تورم موضوعی است که علاوه بر اهمیت ذاتی می‌تواند در تدوین سیاست‌های کلی و چشم‌اندازهای حاکمیتی نقش بسزایی داشته باشد. چون دولت‌ها هر ساله در حال تدوین سیاست‌های اقتصادی برای آینده هستند و از طرفی در پی کاهش تورم هستند، بنابراین پیش‌بینی تورم سالانه و حتی ماهیانه می‌تواند نقش بسزایی در بهبود تصمیم‌گیری‌ها داشته باشد. در نتیجه، در دهه‌های اخیر، مدل‌های پیش‌بینی گوناگونی توسعه یافته و به رقابت با یکدیگر پرداخته‌اند. از این مدل‌ها می‌توان به استفاده از هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی در جهت پیش‌بینی نرخ تورم اشاره کرد. این مدل‌ها که در حقیقت اقتباس از فرآیند یادگیری مغز انسان هستند، با استفاده از سرعت محاسباتی کامپیوتر، روابط بین متغیرها را هر چند پیچیده باشند، یاد گرفته و از آن برای پیش‌بینی مقادیر آتی استفاده می‌نمایند.

۲- پیشینه پژوهش

آدولوفو رودریگز و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین همچون KNN و LSTM با مطالعه موردی کشور کاستاریکا به پیش‌بینی سطح تورم در آن کشور اقدام نمودند. آنها از متغیرهایی همچون نرخ تغییرات شاخص قیمت مصرف کننده، نرخ تغییرات شاخص ارز، نرخ تغییرات قیمت نفت، نرخ تغییرات قیمت غلات و غیره جهت پیش‌بینی بهره‌برد. لازم به ذکر است این پژوهش برای پیش‌بینی نرخ تورم ماهیانه انجام شد.

دهدشتی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به منظور پیش‌بینی نرخ تورم و نقدینگی و اثرات آنها بر ارزش افزوده بخش کشاورزی، روند تغییرات تورم و نقدینگی در اقتصاد ایران را بررسی کردند. آنها از آزمون ناپارامتریک والیس-مور، الگوهای هارمونیک، ARCH و برای پیش‌بینی استفاده کردند و بهترین الگو برای پیش‌بینی این متغیرها انتخاب شدند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که الگوی (۲و۱) ARMA، در پیش‌بینی نرخ تورم و الگوی (۱و۱) GARCH در پیش‌بینی نقدینگی دارای خطای کمتر و در نتیجه کارایی بیشتر نسبت به سایر الگوهای مورد استفاده بوده است. نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ارتباط مستقیم اما ضعیفی بین حجم نقدینگی، نرخ تورم و ارزش افزوده بخش کشاورزی وجود دارد. علت اثرات ضعیف حجم نقدینگی بر ارزش افزوده بخش کشاورزی می‌تواند به دلیل ارتباط سیستم پولی کشور و بخش کشاورزی باشد.

صمدی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی رابطه بین تورم و نااطمینانی تورمی در ایران پرداختند. هدف مقاله حاضر، بررسی رابطه بین تورم و نااطمینانی تورمی با استفاده از رگرسیون چرخشی مارکوف بر اساس اطلاعات ماهیانه شاخص قیمت مصرف کننده در ایران، طی دوره ۱۳۶۹:۱۰ تا ۱۳۹۱:۶ بود. برای رسیدن به این هدف نااطمینانی تورمی بر اساس الگوی واریانس ناهمسانی شرطی خود بازگشت کننده تعمیم یافته برآورد شده است. نتایج حاصل از تخمین ضرایب الگوی خود بازگشت کننده چرخشی مارکوف نشان می‌دهد که سری زمانی نرخ تورم در طول دوره مورد بررسی از دو رژیم مختلف تبعیت می‌کند به طوری که در رژیم اول با میانگین بالا و نوسان پایین و در رژیم دوم با میانگین پایین و نوسان بالا روبرو بوده است. هم‌چنین بررسی رابطه بین تورم و نااطمینانی تورمی نشان می‌دهد که در هر دو رژیم یاد شده، افزایش نرخ تورم به افزایش نااطمینانی تورمی منجر شده است.

جعفری صمیمی و بالونژاد (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی کاربرد روش‌های نیمه پارامتریک و مویک‌ها در بررسی وجود پایداری نرخ تورم ایران پرداختند. برای این منظور، درجه انباشتگی کسری، با استفاده از روش‌های GPH، تعدیل رابینسون، ریزن، وایتل و مویک‌ها و با استفاده از داده‌های بانک مرکزی در مورد شاخص قیمت مصرف کننده سال‌های ۱۳۵۱-۱۳۹۰، تخمین زده شد. نتایج حاصل از تحقیق، بیانگر وجود پایداری در نرخ تورم ایران است. وجود ایستایی و پایداری نرخ تورم در اقتصاد، بیانگر

این است که در صورت بروز یک تکانه بر نرخ تورم، اثر آن تا مدتی طولانی باقی می‌ماند. این نتیجه می‌تواند در اتخاذ سیاست‌های مرتبط، مورد توجه تصمیم‌گیرندگان اقتصادی قرار گیرد.

نजारزاده و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی رابطه بین تورم و ناطمینانی تورم در کوتاه مدت و بلندمدت پرداختند. در این مقاله با استفاده از مدل ناهمسانی واریانس راه‌گزینی مارکف در قالب یک مدل فضا-حالت به بررسی رابطه بین تورم و ناطمینانی تورم در اقتصاد ایران در دوره ۱۳۶۷-۱۳۸۹ پرداخته شد. این مدل تورم را به دو جزء دائمی و موقت تقسیم می‌کند و این کار تحلیل ارتباط بین تورم و ناطمینانی تورمی در کوتاه مدت و بلندمدت را میسر می‌سازد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش در ناطمینانی بلندمدت منجر به افزایش نرخ روند بلندمدت تورم می‌شود و افزایش در ناطمینانی کوتاه مدت منجر به کاهش نرخ تورم کوتاه مدت می‌شود. همچنین تأثیر هم‌زمان افزایش در ناطمینانی کوتاه مدت و بلندمدت منجر به افزایش قابل توجهی در روند تورم اقتصاد ایران می‌شود.

شاهمرادی و صارم (۱۳۹۲) به بررسی سیاست پولی بهینه و هدف‌گذاری تورم در ایران پرداختند. در این مقاله با استفاده از روش تعادل عمومی پویای تصادفی، قاعده‌ی پولی بهینه برای بانک مرکزی ایران استخراج شده است. در این مقاله مکانیزم انتقال پولی مدل شامل چهار معادله‌ی تقاضای کل، عرضه‌ی کل، قیمت نفت و رابطه‌ی تیلور می‌باشد. در این مقاله ثابت می‌شود که فرم پویای رابطه‌ی تقاضای کل، با در نظر گرفتن پولی بودن تورم در ایران، تابعی از نرخ رشد حجم پول است. با این فرض که هدف بانک مرکزی پی‌گیری هم‌زمان نرخ تورم هدف و شکاف تولید است و با توجه به مکانیزم انتقال پولی، قاعده‌ی بهینه‌ی سیاست پولی برای اقتصاد ایران استخراج می‌شود که تابعی از شکاف تورم، شکاف تولید و نرخ رشد درآمدهای نفتی می‌باشد. نتایج تخمین نشان می‌دهد نرخ رشد حجم پول اثری بر شکاف تولید نداشته و به طور کامل در انتظارات تورمی انعکاس می‌یابد. هم‌چنین یک درصد افزایش درآمدهای نفتی سبب افزایش چهار درصدی تورم می‌شود.

طهرانچیان و همکاران (۱۳۹۲) به آزمون پایداری تورم در ایران با استفاده از الگوهای ARFIMA پرداختند. برای این منظور، با توجه به سری زمانی داده‌های نرخ تورم ایران (۱۳۹۰-۱۳۵۱)، از الگوی خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته کسری، استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهند که براساس روش‌های حداکثر درست‌نمایی و حداکثر درست‌نمایی تعدیل شده، درجه انباشتگی یا تفاضل‌گیری به ترتیب $1d0/482$ و $2d0/483$ هستند. بنابراین براساس یافته‌های این تحقیق، فرضیه پایداری تورم در ایران رد نمی‌شود. توجه به تسویه تدریجی تأثیر تکانه‌های تورمی، امکان ساختاری شدن تورم و نیز رعایت انضباط پولی، از جمله مهم‌ترین پیشنهادهای این پژوهش محسوب می‌شوند.

موسوی و مستعانی (۱۳۹۱) به بررسی هدف‌گذاری تورم در ایران پرداختند. هدف این مقاله استخراج روند حرکتی تورم طی دوره زمانی برنامه پنجم توسعه (۱۳۸۷-۱۳۹۵) توسط مقام پولی با استفاده از نظریه کنترل بهینه است. برای این منظور با استفاده از داده‌های سری زمانی طی دوره (۱۳۸۶-۱۳۵۷) از طریق حداقل سازی تابع زیان بانک مرکزی با توجه به رفتار تولید، تورم و تغییرات نرخ ارز، اقدام به استخراج تابع عکس‌العمل نرخ بهره (نرخ سود سپرده‌های بانکی) برای هدف‌گذاری تورم شده است. یافته‌های مقاله نشان می‌دهد که مقام پولی باید برای کنترل تورم طی دوره‌ای نرخ سود سپرده‌های بانکی را افزایش دهد تا از این طریق از یک طرف نقدینگی‌های سرگردان در بازار و در دسترس مردم را جمع‌آوری کند و از طرف دیگر با تزریق نقدینگی جمع‌آوری شده به بخش تولید، هزینه‌های تامین مالی سرمایه‌گذاری بخش تولید را کاهش دهد. این سیاست باعث خواهد شد تورم روند کاهشی در پیش گرفته و به سمت مقدار هدف‌گذاری شده حرکت کند.

تشکینی و افضلی (۱۳۹۰) به سنجش تورم پایه در اقتصاد ایران پرداختند. مطالعه حاضر به اندازه‌گیری تورم پایه در اقتصاد ایران به روش‌های مختلف و به عنوان راهنمایی برای هدایت سیاست پولی پرداخته است. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهند که روش SVAR، در شمار روش‌های بهینه برای اندازه‌گیری تورم پایه در اقتصاد ایران می‌باشد. از سوی دیگر، گروه مسکن جزء پایدار تورم در اقتصاد ایران بوده و هماهنگ با انتظارات می‌باشد. همچنین تکانه‌های تورم پایه، قیمت واردات و تورم غیرپایه به ترتیب ۵۴، ۴۰ و ۶ درصد از واریانس در تورم را تشریح می‌کنند. براساس نتایج به دست آمده پیشنهاد شده است تا چارچوب سیاستی هدف‌گذاری تورم در قالب یک برنامه پنج ساله مورد توجه قرار گیرد و در این راستا، نسبت به برقراری و تحقق الزاماتی همچون عدم وجود سلطه مالی و عدم تعیین دستوری نرخ سود تسهیلات گام برداشته شود. اجرای این سیاست متضمن کنترل حدود ۵۰ درصد از تورم در اقتصاد ایران می‌باشد.

۳- تهیه داده‌ها

داده‌ها شامل هفت متغیر اقتصادی میزان پس‌انداز، نرخ ارز، حجم نقدینگی، درآمد مالیاتی، میزان صادرات، میزان واردات و مبلغ صادرات نفت که از سوی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران منتشر شده است جمع‌آوری شده‌اند. این داده‌ها مربوط به سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ می‌باشند. این داده‌ها به صورت خام بوده و هیچ گونه پیش‌پردازشی روی آنها انجام نشده است. در حقیقت هدف اصلی در این پژوهش تعیین میزان تأثیر متغیرهای هفتگانه ذکر شده بر افزایش یا کاهش تورم می‌باشد. به عبارت دیگر پیش

بینی نرخ تورم با استفاده از متغیرهای میزان پس انداز، نرخ ارز، حجم نقدینگی، درآمد مالیاتی، میزان صادرات، میزان واردات و مبلغ صادرات نفت.

۳-۱- نقدینگی

نقدینگی یا به عبارت صحیح‌تر، حجم پول، مجموع پول و شبه پول است. نقدینگی به معنای مجموع اسکناس‌ها و مسکوکات و سپرده‌های دیداری در یک کشور است. تفاوت نقدینگی با حجم پول یک کشور، در سپرده‌های غیر دیداری افراد نزد بانک‌هاست. رشد پول و نقدینگی در دهه‌های اخیر روندی افزایشی و بی ثبات پیدا کرده و این در حالی است که انضباط و ثبات نقدینگی شرط اصلی ثبات اقتصادی به کشور محسوب می‌شود. اهمیت ثبات و انضباط نقدینگی به حدی است که در برنامه‌های تعدیل ساختار، هم هدف و هم شاخص ارزیابی و هم ابزار دستیابی به اهداف دیگر قلمداد می‌شود.

روند خلق پول و خلق نقدینگی در دولت‌های مختلف همواره به دلیل عدم هماهنگی هزینه‌ها و درآمدها، به طرز سریعی در حال افزایش بوده است. در سال‌های اخیر به دلیل کسری بودجه مضاعف در دولت‌های دهم و یازدهم، خلق پول توسط بانک مرکزی راه آسان اما پرضرری بوده که دولت‌ها انتخاب کرده‌اند و نتیجه آن افزایش بی حد و حصر نقدینگی در اقتصاد بوده است. هر واحد خلق پول توسط بانک مرکزی به واسطه ضربی به نام ضریب فزاینده، پنج تا شش برابر می‌شود و حجم نقدینگی موجود در اقتصاد را به سرعت بالا می‌برد. تنها یکی از آثار این فرآیند بروز تورم در اقتصاد است. نظریه مقداری پول، همبستگی بلندمدت قوی را میان رشد نقدینگی و تورم پیش‌بینی می‌کند؛ به این معنا که رشد پیوسته و زیاد حجم پول در اقتصاد موجب ایجاد تورم بالا می‌شود. بر این اساس نیز کنترل حجم پول به عنوان یکی از ابزارهای اصلی سیاست‌های پولی بانک مرکزی به منظور مهار تورم شناخته می‌شود. در اقتصاد ایران، نقدینگی حالت لجام گسیخته پیدا کرده و این مسئله خود را تا حد زیادی در تورم‌های بالا و تا حدی نیز در تورم نهفته انعکاس می‌دهد. رشد نقدینگی همچنین باعث گسترش مانده‌های سوداگرانه پولی و بخش نامولد شده است. نگاهی به تغییرات رشد نقدینگی در سالهای گذشته نشان می‌دهد این شاخص در سالهای ۱۳۹۵-۱۳۹۲ در پایین‌ترین حد خود بیش از ۲۳ درصد بوده است. طبق آمار رشد نقدینگی در ابتدای سال ۱۳۹۲ تقریباً ۲۸ درصد بود و با پشت سر گذاشتن یک مسیر کاهشی در تیر ۱۳۹۲ شروع به افزایش کرد. این روند جدا از نوسانات تا مهر ماه ادامه یافت و در مهر ۱۳۹۳ با کنترل آن توسط دولت رو به کاهش گذاشت. با این حال در ابتدای سال ۱۳۹۴ نرخ رشد نقدینگی بنای افزایش نهاد و با سپری کردن مسیر صعودی در شهریور ماه به ۳۳٫۵ درصد رسید؛ اما در مهر ماه به ۲۳٫۸ درصد کاهش یافت. بحث رابطه پول و قیمت معمایی است که باید در تحلیل‌ها مورد توجه قرار گیرد. در کشورهای دارای ثبات اقتصادی و نظام رقابتی تقریباً بین تورم و نقدینگی رابطه مشخصی وجود دارد، یعنی از رشد نقدینگی هر چه شامل رشد تولید داخلی شود، بقیه به رشد قیمت‌ها می‌انجامد، ولی در ایران این وضعیت به گونه‌ای است که گاهی اوقات به این روال پیش می‌رود و بعضی اوقات قیمت‌ها بیش از این تناسب رشد دارند و گاهی هم خصوصاً از سال ۷۹-۷۸ به بعد با وضعیت معکوسی مواجه بودیم، یعنی اگر بخواهیم تناسب رشد نقدینگی با قیمت‌ها حفظ شود، باید تورم بیشتری می‌داشتیم.

نظریه مقداری پول

سرعت گردش پول

$$M \times V = P \times Q$$

در رابطه بالا:

«M»= میزان «عرضه پول» (Money Supply)

«V»= «سرعت» (Velocity) پول در گردش

«P»= سطح کلی «قیمت» (Price)

«Q»= «مقدار» (Quantity)

نظریه مقداری پول (QTM) بیان می‌دارد که یک رابطه مستقیم بین مقدار پول در اقتصاد و سطح قیمت کالا و خدمات فروخته شده وجود دارد. براساس نظریه مقداری پول (QTM) اگر مقدار پول در اقتصاد دو برابر شود، سطح قیمت‌ها نیز همچنین دو برابر و باعث تورم (درصد افزایش سطح قیمت‌ها در یک اقتصاد) می‌شود. بنابراین مصرف‌کنندگان برای همان مقدار کالا و خدمات دو برابر می‌پردازند. راه دیگر برای فهمیدن این نظریه اینست که پول را نیز همانند یک کالای دیگر در نظر بگیریم که افزایش عرضه آن ارزش نهایی (ظرفیت خرید یک واحد بیشتر) را کاهش می‌دهد. بنابر این یک افزایش عرضه پول باعث می‌شود قیمت‌ها در عوض کاهش ارزش نهایی پول افزایش یابد.

همانطور که نظریه مقداری پول (QTM) می‌گوید که مقدار پول، ارزش پول را تعیین می‌کند، همین بنیان پول‌گرایان را تشکیل می‌دهد. پول‌گرایان می‌گویند که افزایش سرعت عرضه پول منجر به افزایش سرعت در تورم می‌شود. رشد پول جلوتر از رشد تولید اقتصاد، تورم را نتیجه می‌دهد. به طوری که پول بیش از حد در پشت تولید بسیار کم وجود دارد. به منظور مهار تورم، رشد پول باید پایین‌تر از رشد تولید در اقتصاد باشد.

۳-۲- مالیات

در ادامه به بررسی و تحلیل انواع تورم پرداخته و اینکه تورم چند سال اخیر ایران از نوع تورم تازنده (شدید) می باشد. و سپس نظریه های مختلف ایجاد تورم مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نظریه های پولی و نظریه های مبتنی بر فشار هزینه ها و نظریه کینزی و ... به برآزش یک الگوی مناسب جهت بررسی تاثیر انواع مالیات بر تورم کشور پرداخته ایم بدین ترتیب تاثیر انواع مالیات، نرخ رشد.

مفهوم مالیات: مالیات مقدار مبالغی است که شهروندان یک کشور طبق قانون به دولت می پردازند تا در جهت اداره امور کشور، تأمین کالاها و خدمات عمومی و تضمین امنیت و دفاع همگانی و عمران و آبادانی توسط دولت مورد بهره برداری قرار گیرد. مالیات ها را می توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: الف: مالیات های مستقیم و ب: مالیات های غیرمستقیم

مالیات های مستقیم مالیات هایی هستند که بر مبنای درآمد و ثروت افراد حقیقی و حقوقی وضع می شوند و در واقع این نوع مالیات از آنهایی که از امکانات عمومی جامعه بیشتر استفاده می کنند به صورت تصاعدی دریافت می شود در مقابل مالیات های غیرمستقیم مالیات هایی هستند که بر کالاها وضع می شود. این نوع مالیات بر همه مصرف کنندگان کالا یا استفاده کنندگان خدمات تعلق می گیرد که دولت بر آنها مالیات وضع نموده است. عموماً مالیات ها با گذر زمان افزایش پیدا می کنند. در زمان هایی، دولت ها به دلایل سیاسی مالیات ها را کاهش می دهند تا محبوبیت خود را در میان شهروندان افزایش دهند. این عمل موجب افزایش مطلوبیت شهروندان می شود و آن ها پول بیشتری خرج خواهند کرد. در نتیجه، تورم بوجود خواهد آمد.

۳-۳- صادرات و واردات

در یک اقتصاد باید کل تولیدات توانایی تامین نیازهای داخلی و خارجی را داشته باشد. اگر این اتفاق نیفتد، تورم بوجود خواهد آمد.

تورم وارداتی: یکی از عوامل به وجود آورنده تورم داخلی، تورم وارداتی است. تورم وارداتی به معنای انتقال و سرایت تورم جهانی به اقتصاد هر کشور می باشد. این نوع تورم زمانی رخ می دهد که قیمت برخی کالاها، که کالاهای اساسی و تعیین کننده در تولید یا مصرف مردم در سطح جهانی است، به علت برخی عوامل طبیعی یا تصمیمات سیاسی - اقتصادی افزایش می یابد.

این افزایش به افزایش هزینه تولید (در صورتی که مواد اولیه تولیدی باشند) یا افزایش قیمت کالاهای مصرفی منجر می شود به عنوان مثال، در دهه ۷۰ و ۸۰ میلادی افزایش قیمت نفت که به نام شوک اول و دوم معروف است، باعث شد که قیمت فرآورده های نفتی، مواد اولیه، مواد غذایی و در نتیجه، قیمت کالاهای نهایی مثل پتروشیمی، رنگ، فولاد، خودرو و طیف وسیعی از کالاها افزایش یابد.

راه های انتقال تورم وارداتی: به طور کلی، تورم وارداتی از دو طریق ممکن است بر اقتصاد داخلی تأثیر بگذارد.

الف) تورم وارداتی از راه تجارت خارجی: تجارت خارجی از دو مولفه واردات و صادرات تشکیل شده است. واردات با توجه به نوع کالا بصورت مستقیم و غیرمستقیم بر تورم داخلی اثر می گذارد. زمانی که قیمت محصولات نهایی وارداتی (کالاهای ساخته شده وارداتی) افزایش یابد، این افزایش قیمت بصورت مستقیم در سطح عمومی قیمت ها (شاخص قیمت مصرف کننده) ظاهر می شود. غیرمستقیم حالتی را در نظر می گیرد که ابتدا افزایش قیمت مواد اولیه و محصولات نیم ساخته (کالاهای واسطه ای) وارداتی به افزایش هزینه تولید منجر می شود و سپس این افزایش قیمت به مصرف کنندگان منتقل می شود. حالت سوم از طریق صادرات صورت می گیرد. موقعی که تقاضا برای کالاهای صادراتی بدلیل افزایش قیمت در خارج از کشور افزایش می یابد. این جریان سبب کاهش احتمالی عرضه کالاهای مذکور در داخل کشور می شود و موجبات افزایش قیمت ها را فراهم می کند.

اقتصاد ایران نیز از این امر مستثنا نیست و حالت دوم، یعنی افزایش هزینه های مواد اولیه و سرمایه ای، موجب افزایش هزینه های تولید و تورم حاصل از آن در نهایت، بر جامعه تحمیل می شود. استمرار طولانی سیاست های جایگزین واردات در تاریخ اقتصادی کشور تأثیر زیادی بر ترکیب واردات در طی زمان داشته است که نتیجه آن، وابستگی شدید به واردات مواد اولیه، واسطه و کالاهای سرمایه ای بوده است.

ب) تورم وارداتی ناشی از کسری یا مازاد تراز پرداخت ها: فقدان توازن در تراز پرداخت های خارجی ممکن است زمینه های تورم را فراهم سازد. اگر تراز پرداخت های خارجی با کسری روبرو شود، ارزش پول ملی کاهش و به دنبال آن قیمت کالاهای وارداتی افزایش می یابد. این امر از سویی زمینه بروز تورم داخلی می شود و از سوی دیگر، با کاهش ارزش پول ملی، کالاهای تولید شده در داخل کشور برای خارجیان ارزان تر تمام می شود و به این ترتیب، صادرات کشور افزایش خواهد یافت. در نتیجه، امکان کاهش عرضه و افزایش قیمت کالاها در بازار داخلی خواهد بود. حال اگر تراز پرداخت های خارجی با مازاد رو برو شود درآمدهای تازه ای در جامعه تزریق می شود که به دلیل بالا بودن میل نهایی به مصرف و پایین بودن میل نهایی به پس انداز، دریافت های افراد به شکل قدرت خرید اضافی در بازار ظاهر و به افزایش قیمت ها منجر می شود.

عوامل مؤثر در شاخص قیمت کالاهای وارداتی: همان گونه که گفته شد، شاخص قیمت کالاهای وارداتی ممکن است در تورم داخلی تأثیر داشته باشد. اما این شاخص خود تحت تأثیر عواملی همچون نرخ ارز، تورم کشورهای طرف معامله و تعرفه‌های گمرکی قرار دارد. که در اینجا ما به بررسی نرخ ارز می‌پردازیم.

۳-۴- نرخ ارز

نرخ ارز حلقه قوی ارتباط اقتصادهای ملی و جهانی است؛ حلقه‌ای که کم و کیف آن به طور مستقیم و غیر مستقیم در تعیین قیمت‌های داخلی کالاهای تجاری، و عرضه و تقاضای اکثر کالاها و خدمات تأثیرگذار و بر عملکرد اقتصاد ملی مؤثر است. ارزش پول ملی نسبت به بررسی خارجی یا نرخ ارز آیینة تمام نمایی از اقتصاد هر کشور در مقابل سایر کشورها، در محیط اقتصاد بین‌الملل است. نوسانات غیرعادی در سیستم ارزی، یکی از معضلات اقتصادی هر کشور است که ثبات اقتصادی را با چالش مواجه می‌کند.

سلب اعتماد مردم از پول و کاهش نسبی قدرت خرید در مقایسه با موازنه‌های بین‌المللی نیز از اثرات همین قضیه است. در کشورهایی نظیر ایران، که قسمت عمده درآمد دولت از محل عایدات ارزی تأمین می‌شود، وقتی درآمد حاصل از صادرات نفت یا نرخ برابری ارز به مراتب بیشتر می‌شود، به طور مستقیم بر وضع مالی دولت، درآمدها و هزینه‌های آن تأثیر می‌گذارد و نرخ برابری ارز از محل فروش این فرآورده‌ها نیز تغییر می‌کند و بر کسری یا مازاد بودجه تأثیر می‌گذارد. برخی از صاحب نظران معتقدند که افزایش نرخ ارز سبب افزایش قیمت کالاهای وارداتی می‌شود و بر بخش‌های اقتصادی که حساسیت سیاسی دارند، اثر نامطلوب می‌گذارد و رشد تورم را تسریع می‌کند. تصور همگانی به این نحو شکل گرفته است که اگر قیمت ارز خارجی پایین نگهداشته شود، کالاهای وارداتی ارزان تر تمام می‌شود و در نتیجه، سطح عمومی قیمت‌ها نیز دست کم افزایش نخواهد یافت.

در چنین وضعیتی، یک حساب سرانگشتی نشان می‌دهد که اگر نرخ تسعیر دلار به ریال پایین باشد طبعاً، کالاهای وارداتی بر حسب ریال برای مصرف کننده داخلی ارزان تر خواهد بود. به دفعات این استدلال مطرح شده است که اگر نرخ تسعیر دلار را در سطح پایین تعیین کنیم، نه تنها کالاهای وارداتی، بلکه کالاهای تولید شده داخلی که به طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر واردات قرار دارند نیز کم هزینه تر و در نتیجه، ارزان تر تمام می‌شود. این دیدگاه بسیار رایج است و به سرعت، به این استنتاج می‌رسد که برای کنترل سطح قیمت‌های داخلی بایستی نرخ تسعیر دلار به ریال پایین نگهداشته شود. بطور مثال زمانی که نرخ هر دلار از ۸۰۰۰ ریال به ۶۰۰۰ ریال کاهش یابد برای کالایی که قیمت آن در بازار بین المللی ۲ دلار باشد برای ورود این کالا به کشور در حالت اول باید ۱۶۰۰۰ ریال و پس از کاهش نرخ دلار ۱۲۰۰۰ ریال باید هزینه نمود. بنابراین در حالتی که نرخ برابری دلار به ریال کاهش یابد هزینه تمام شده کالاهای وارداتی کاهش و به تبع مصرف کنندگان با قیمت پایین تری در بازار مواجه خواهند شد. باید گفت که پایین نگه داشتن نرخ ارز بدون توجه به اوضاع حاکم بر اقتصاد داخلی و بدون هماهنگی با سیاست‌های پولی، قدرت رقابت را برای تولیدکنندگان داخلی کشور کاهش می‌دهد.

جالب است بدانیم، برای این که بفهمیم نرخ ارز چقدر روی تورم تأثیر دارد، در سال ۷۵ که نرخ ارز ۳۰۰ تومان بود، رشد نقدینگی ۳۶ درصد بود و با تورم ۲۴ درصد مواجه بودیم و تورم فروکش کرد، اما از سال ۷۹-۷۸ رشد نقدینگی تشدید شد و علت آن منوط کردن تأمین درآمد بودجه به نرخ ارز بود و طبق آمارهای رسمی ۲۳ تا ۲۴ درصد ارزهای رسمی به فروش نمی‌رفت و مانده ذخایر ارزی بانک مرکزی مرتباً افزایش می‌یافت، لذا از سال ۷۹ تا ۸۵ رشد نقدینگی داشتیم، اما تورم در این دوران کاهش یافت و رشد تولید ناخالص ملی هم کاهش نشان می‌دهد، لذا در گزارش‌های رسمی ملاحظه می‌شود، سرعت گردش پول در سال ۸۰ تقریباً ۱۰ درصد رشد منفی داشته است به عقیده بسیاری صاحب‌نظران، تک‌محصولی بودن و وابستگی به نفت را می‌توان ریشه اصلی بسیاری از مشکلات ساختاری اقتصاد ایران عنوان کرد. شاهد این مدعا نیز تأثیرپذیری بالای بسیاری متغیرهای کلان اقتصادی همچون تورم، درآمدهای دولت و واردات از نوسان قیمت جهانی نفت و به تبع آن، درآمدهای نفتی کشور است. در این میان یکی از مهمترین موضوعات اقتصادی کشور ارتباط نزدیک درآمدهای نفتی و تورم در اقتصاد ایران است.

می‌در خصوص افزایش یا کاهش شدید درآمدهای نفتی می‌توان اشاره کرد که در سال ۱۳۵۱ و بروز تکانه نفتی (افزایش قیمت نفت و درآمدهای نفتی) است که به تبع آن، کمبود ارز به عنوان یکی از تنگناهای اساسی کشور با رشد ۲۴۵ درصدی درآمدهای حاصل از صادرات نفت و گاز از میان برداشته شد.

بر این اساس طی دوره ۱۳۵۶-۱۳۵۲ سیاستهای انبساطی اتخاذ شد به گونه‌ای که نقدینگی بطور متوسط سالانه ۳۹٫۷ درصد رشد کرد، یعنی حدود ۱۷ درصد بیشتر از متوسط دهه قبل آن. رشد نقدینگی از محل افزایش خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی رخ داد (خالص داراییهای خارجی بانک مرکزی در سال ۱۳۵۳ حدود سه برابر سال ۱۳۵۲ و ۷ برابر سال ۱۳۵۱ شد). طی دوره ۱۳۵۶-۱۳۵۲ کسری بودجه بطور متوسط ۱۸٫۴ درصد کل هزینه‌های دولت را شامل می‌شد. مجموعه عوامل مذکور منجر شد تا اقتصاد ایران وارد دوران گذر از نرخهای تورم تک رقمی به دورقمی شود، بگونه ای که طی دوره ۵۶-۱۳۵۲ به ترتیب نرخهای تورم ۱۱٫۶، ۱۵٫۶، ۹٫۹، ۱۶٫۵ و ۲۴٫۹ درصدی تجربه شد نمونه دوم مقطع سال ۱۳۶۵ است که کاهش شدید قیمت نفت، درآمدهای ارزی دولت را بشدت کاهش داد؛ کل درآمدهای ارزی سال ۱۳۶۵ حدود ۶ میلیارد دلار بود. این کاهش شدید در درآمدهای ارزی ابتدا از واردات کاست، سپس در کاهش شدید تولید متجلی شد و در ادامه برای تأمین کسری بودجه که در این سال ۴۶ درصد کل

بودجه است، به رشد نقدینگی منجر شد. مجموعه این عوامل نرخ تورم را از حدود ۷ درصد در سال ۱۳۶۴ تا ۲۳/۷ درصد در سال ۱۳۶۵ افزایش داد. کاهش قیمت نفت در بازارهای جهانی به کاهش واردات و تولید ادامه داد و نسبت کسری بودجه از کل بودجه عمومی در سال ۱۳۶۷ به رقم ۵۰ درصد رسید. طی دوره ۶۷-۱۳۶۶ نرخ رشد نقدینگی به ترتیب ۱۷٫۶ و ۲۳٫۸ درصد و نرخ تورم ۲۷٫۷ و ۲۸٫۹ درصد تجربه شد.

همچنین به عنوان نمونه دیگر در این خصوص در سالهای ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ کاهش پیاپی قیمت نفت در بازارهای جهانی منجر شد تا کاهش شدید در درآمدهای نفتی کشور در سال ۱۳۷۷ بوجود آید (این سال در دوره پس از انقلاب یک سال استثنائی از حیث درآمدهای نفتی بود بطوریکه قیمت نفت خام ۳۵ درصد پایین‌تر از متوسط قیمت این کالا در ۲۰ سال گذشته بوده است. این وضع نه تنها بصورت مستقیم از طریق کاهش سهم بخش نفت در تولید ملی بلکه از طریق غیرمستقیم هم در کاهش رشد تولید ملی اثر گذاشت به گونه‌ای که رشد تولید ناخالص داخلی از ۳٫۴ درصد در سال ۱۳۷۶ به ۱٫۶ درصد در سال ۱۳۷۸ کاهش یافت.

در خصوص نحوه تأثیرگذاری درآمدهای نفتی بر تورم می‌توان بیان داشت که افزایش یا کاهش درآمدهای نفتی هر یک از کانالهای مختلفی بر تورم داخلی تأثیر مستقیم می‌گذارند. به بیان ساده افزایش درآمدهای نفتی از طریق تبدیل دلارهای نفتی به ریال و ورود آن به چرخه اقتصاد کشور، در کنار عدم تحرک‌پذیری طرف عرضه اقتصاد، به افزایش تورم منجر شده است. از سوی دیگر کاهش درآمدهای نفتی نیز از طریق کاهش واردات و تأثیر مستقیم بر طرف عرضه و همچنین بروز کسری بودجه (و در برخی موارد رشد نقدینگی) به افزایش تورم داخلی دامن زده است. براین اساس به نظر می‌رسد افزایش و کاهش‌های شدید درآمدهای نفتی هر یک تأثیر فزاینده‌ای از کانالهای مختلف بر تورم داخلی اقتصاد ایران برجای گذارده‌اند.

۴- مبانی نظری تحقیق

الگوریتم‌های مختلفی در زمینه پیش‌بینی و دسته‌بندی وقایع وجود دارند که از آنها میتوان به الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (svm) و الگوریتم k نزدیکترین همسایه (knn) اشاره کرد.

۴-۱- الگوریتم ماشین بردار پشتیبان

الگوریتم SVM که در سال ۱۹۹۵ توسط کورتز و پنیک معرفی شد. برای خلاف دیگر شبکه‌های عصبی مانند پرسپترون چند لایه به جای اینکه خطای مدلسازی را کمینه کند، در واقع ریسک عملیاتی را به عنوان تابع هدف می‌شناسد و مقدار بهینه آن را محاسبه می‌کند. در فضای دوبعدی رابطه خط به شکل زیر است:

$$w_1x_1 + w_2x_2 + b = 0$$

رابطه (1)

و در فضای سه بعدی رابطه صفحه به شکل زیر است:

$$(w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + b) = 0$$

و در حالت کلی رابطه‌ی یک فوق صفحه به شکل زیر است:

$$\sum_i W(x) + b = 0$$

رابطه (2)

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$\sum_i w_i x_i + b = 0 \rightarrow w^t x + b = 0$$

رابطه (3)

که رابطه‌ی کلی یک تفکیک‌کننده‌ی خطی می‌باشد.

در واقع الگوریتم ماشین بردار پشتیبان به دنبال جداکننده‌ای می‌گردد که ریسک عملیاتی کمتری نسبت به سایر خطوط داشته باشد. این الگوریتم به جای استفاده از خط تفکیک‌کننده‌ی $w^t x + b = 0$ به عنوان جداکننده‌ی داده‌ها از دو خط $w^t x + b = 1$ و $w^t x + b = -1$ برای داده‌های بالای محور $w^t x + b = 0$ و $w^t x + b = -1$ برای داده‌های پائین محور $w^t x + b = 0$ استفاده می‌کند. این مسئله در واقع شکل سخت‌گیرانه‌تری را برای جدا کردن داده‌ها اعمال می‌کند. نکته حائز اهمیت این است که بین دو خط $w^t x + b = 1$ و $w^t x + b = -1$ هیچ داده‌ای نباید حضور داشته باشد. اگر فرض شود که داده‌ها به صورت زیر باشند.

$$\{x_i, y_i\}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$x_i \in IR^d, y_i \in \{\pm 1\}$$

آنگاه می‌توان گفت اگر $y_i = +1$ آنگاه

$$w^t x_i + b \geq$$

و اگر $y_i = -1$ آنگاه

$$w^t x + b \leq -1$$

رابطه (4)

انتخاب دو خط به عنوان تفکیک کننده به این دلیل است که جا برای ریسک کردن وجود داشته باشد و فضای بین دو خط فضایی برای ریسک به وجود می‌آورد. هرچه فاصله بین این خطوط بیشتر باشد، تفکیک کننده بهتری است. فاصله هر یک از این خطوط از خط مرکزی را با d_1 و d_2 نشان می‌دهد که کاملاً باهم برابر می‌باشند. برای به دست آوردن d_1 و d_2 ابتدا فاصله خط تفکیک کننده اصلی از مبدأ مختصات محاسبه می‌شود.

$$\begin{cases} x_0 = tw \\ w^t x + b = 0 \end{cases} \rightarrow tw^t w + b = 0 \rightarrow w \cdot w^t = \|w\|^2$$

$$\rightarrow t = \frac{b}{\|w\|^2} =$$

$$\|x_0\| = t\|w\| = -\frac{b}{\|w\|^2} \|w\| = \frac{-b}{\|w\|} \quad \text{رابطه (5)}$$

که x_0 فاصله خط از مبدأ می‌باشد. حال فاصله دو خط دیگر از مبدأ محاسبه می‌شود و به این طریق d_1 و d_2 نیز محاسبه می‌شود. که در نهایت به فرمول زیر می‌رسد:

$$d_1 = d_2 = \frac{1}{\|w\|}$$

تابع هدف به این صورت است که باید فاصله دو خط از هم ماکزیمم شود:

$$\max\{d_1 + d_2\}$$

$$\cdot d_1 + d_2 = \frac{1}{\|w\|} + \frac{1}{\|w\|} = \frac{2}{\|w\|}$$

که مفهوم را جمله y بالا به این صورت است $\|w\|$ باید مینیمم شود. یا به صورت دقیق تر:

$$\min \|w\|$$

$$\min \frac{1}{2} \|w\| = \frac{1}{2} w w^t$$

که منجر به تفکیک کننده‌ای می‌شود که بیشترین حاشیه را داشته باشد البته با اعمال شروطی که بیان شد:

$$\min \frac{1}{2} w w^t$$

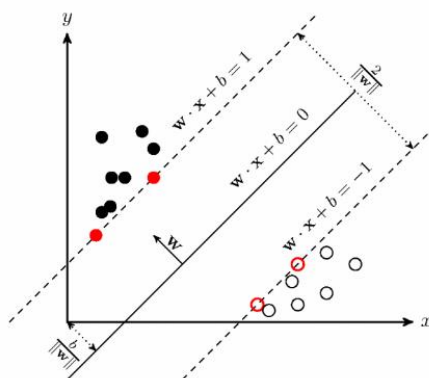
$$s.t \begin{cases} \text{if } y_i = 1 \rightarrow w^t x + b \geq 1 \\ \text{if } y_i = -1 \rightarrow w^t x + b \leq -1 \end{cases}$$

که با ضرب طرفین شرط بالا در هم داریم:

$$y_i(w^t x + b) \geq 1 \rightarrow y_i(w^t x + b) - 1 \geq 0$$

$$y_i(w^t x + b) \leq 1$$

رابطه (6)



جداسازی داده‌های دو کلاس با استفاده از ماشین بردار پشتیبان^۱

شکل ۱ نشان دهنده تفکیک دو کلاس با استفاده از الگوریتم SVM می‌باشد:

همان‌طور که مشاهده می‌شود دو شرط بالا به یک شرط تبدیل شد. مسئله بالا یک مسئله ابتدایی می‌باشد که به راحتی قابل حل نمی‌باشد. برای حل مسئله برای هر کدام از شرطها یک ضریب $\alpha \geq 0$ تعریف می‌شود. و تابع هدف به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۷):

$$LP = \frac{1}{2} w^t w - \sum_i \alpha_i [y_i(w^t x_i + b) - 1]$$

1- https://en.wikipedia.org/wiki/Support-vector_machine#/media/File:SVM_margin.png

که LP باید مقداری مینیمم داشته باشد. اما برای یافتن αI باید مقداری ماکزیمم داشته باشد:

ماکزیمم $\alpha_I \rightarrow LP \leftarrow$ مینیمم

بنابراین LP یک نقطه‌ی زینی است.

حال باید w, b از رابطه حذف شوند. برای این کار مشتق جزئی LP نسبت به w, b گرفته می‌شود.

$$\frac{\partial LP}{\partial W} = 0 \rightarrow w - \sum_i \alpha_i y_i x_i = 0 \rightarrow w = \sum_i \alpha_i y_i x_i \quad \text{رابطه (8)}$$

$$\frac{\partial LP}{\partial W} = 0 \rightarrow \sum_i \alpha_i y_i = 0 \rightarrow \text{قید بایاس}$$

که در حقیقت حالت دوگان LP به صورت زیر است.

$$\rightarrow LD = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_i \times \alpha_j y_i y_j x_i x_j + \sum_i \alpha_i$$

عبارت بالا باید ماکزیمم شود که شروط زیر را دارد:

$$\sum_i a_i y_i = 0, \quad \alpha_i \geq 0 \quad \forall i$$

اگر تابع بالا قرینه شود آنگاه باید مینیمم آن به دست آید:

حال اگر

$$y_i y_j x_i x_j = h$$

داریم:

$$\frac{1}{2} \sum_i \sum_j h_{ij} \alpha_i \alpha_j = \alpha^t H \alpha$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{bmatrix} \quad H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{nn1} & \dots & h_{nnn} \end{bmatrix}$$

$$H = IR^{n \times n}, \quad \sum_i \alpha_i \in [-1, -1 \dots -1] \quad \alpha = f^t \alpha$$

$$\text{Dual problem} \quad f = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ \vdots \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$\min \frac{1}{2} \alpha^t H \alpha + f^t \alpha$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i \alpha_i y_i = 0, \quad \alpha_i \geq 0$$

مسئله ی بالا یک مسئله ی برنامه‌ریزی درجه‌ی دوم می‌باشد. تابع هدف باید در شرایطی صدق کند که به آن‌ها شرایط kkt می‌گویند:

$$\alpha_i [y_i (w^t x_i + b - 1)] = 0$$

پس یا $\alpha_i = 0$ یا کل رابطه‌ی $y_i (w^t x_i + b - 1)$ باید مثبت باشد و برعکس اگر $\alpha_i > 0$ باشد آنگاه:

$$(w^t x_i + b - 1) = 0 \rightarrow y_i (w^t x_i + b) = 1$$

با ضرب طرفین در y_i داریم:

$$y_i^2 (x_i^t x_i + b) = y_i$$

چون $y_i = \pm 1$ در نتیجه $y_i^2 = 1$ در نتیجه $\alpha_i \alpha$ باشد آنگاه:

$$w^t x_i + b = y_i$$

$$S = \{i | \alpha_i > 0\}$$

S مجموعه‌ی بردارهای پشتیبان که:

$$\forall i \in S \rightarrow w^t x_i + b = y_i$$

یعنی یا روی خط بالایی یا روی خط پایینی قرار دارند. درواقع این نقاط مرزداران هر گروه از داده‌ها هستند که اجازه ورود خطوط را به حریم خود نمی‌دهند.

$$\forall i \in s \rightarrow bi = yi - w^t xi$$

$$\rightarrow b = \frac{1}{|S|} \sum_{i \in S} bi =$$

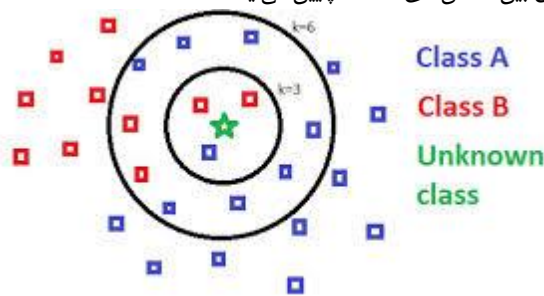
$$\frac{1}{|S|} \sum_{i \in S} (yi - w^t xi)$$

رابطه (9)

که b ضریب بایاس می‌باشد.

الگوریتم K-نزدیک‌ترین همسایه:

الگوریتم KNN یک الگوریتم یادگیری بانظارت است. در این الگوریتم فاصله نمونه ورودی (داده تست) با نمونه‌های آموزشی محاسبه شده و نمونه‌های آموزشی براساس فاصله‌ی بدست آمده و انتخاب K همسایه نزدیک مرتب می‌شوند. کلاسی که داده‌های آموزشی آن اکثریت را در داده‌های نزدیک به داده را دارد به عنوان تخمینی برای کلاس نمونه ورودی مطرح می‌شود. این الگوریتم داده‌ها را به دو دسته‌ی آموزش و تست تقسیم می‌نماید و داده‌های تست یک به یک بررسی می‌کند. سپس فاصله‌ی هر نمونه تست باهمه‌ی داده‌های آموزش یافته می‌شوند. سپس K تا نزدیک‌ترین نمونه آموزش به نمونه تست انتخاب شده و رای‌گیری آغاز می‌شود. داده تست به کلاسی تعلق دارد که بیشترین نمونه را دارد. معیار فاصله بر حسب داده‌ها تعیین می‌شود. در شکل ۲ نمونه‌ای از انتساب یک داده‌ی تست ناشناخته به یکی از دو دسته مربع قرمز یا مربع آبی می‌باشد. همانطور که از شکل پیداست الگوریتم KNN به‌ازای دو مقدار K=3 و K=6 اجرا شده است. در حالت K=3 الگوریتم طبق سیاست فاصله مخصوص به خود فاصله داده‌ی تست (ستاره سبز رنگ) را با سایر داده‌های آموزش محاسبه کرده و ۳ داده‌ای که بیشتر از بقیه به آن داده تست نزدیک‌تر هستند به عنوان همسایگان داده تست در نظر گرفته می‌شوند. حال کلاسی که بیشترین داده را بین این همسایگان دارد به عنوان کلاس داده تازه وارد (داده تست) انتخاب می‌شود. طبق شکل زیر کلاس داده تست به‌ازای K=3 کلاس قرمز می‌باشد و به‌ازای K=6 کلاس داده تست مورد نظر آبی می‌باشد که نشان از حساسیت انتخاب مقدار K دارد. انتخاب مقدار زیاد برای K منجر به کاهش تاثیر نویز بر روی دسته‌بندی می‌شود اما تفکیک‌پذیری بین کلاس‌های مختلف پایین می‌آید.



شکل ۲- نمونه‌ای از دسته‌بندی داده‌ها با استفاده از الگوریتم KNN

به منظور دسته‌بندی با روش KNN همانگونه ه گفته شد نیاز به محاسبه فاصله داده تست با داده‌های آموزش است. معیارهای مختلفی برای محاسبه این فاصله مطرح شده‌اند که هر کدام بر روی نوع داده‌های خاص نتیجه بهتری را برمی‌گرداند. برای مثال اگر داده‌ها به‌صورت منحنی باشند و شکل منحنی‌ها مد نظر باشد از معیار کرویشن استفاده می‌شود. در زیر چند نمونه از روابط معیارها تحت عنوان فاصله‌ی اقلیدسی، فاصله‌ی منهن و فاصله‌ی میکوفسکی نمایش داده شده است: [۲۵ و ۲۶]

Euclidean =

$$\sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2}$$

رابطه (10)

$$Manhattan = \sum_{i=1}^k |x_i - y_i|$$

رابطه (11)

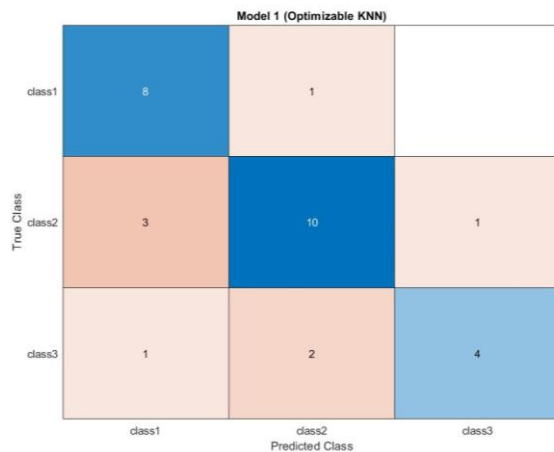
$$Minkowski = (\sum_{i=1}^k (|x_i - y_i|)^{1/q})^{1/q}$$

رابطه (12)

انتخاب تعداد نزدیک‌ترین نمونه آموزشی (K)، بسیار در نتیجه کلاس‌بندی تاثیر دارد.

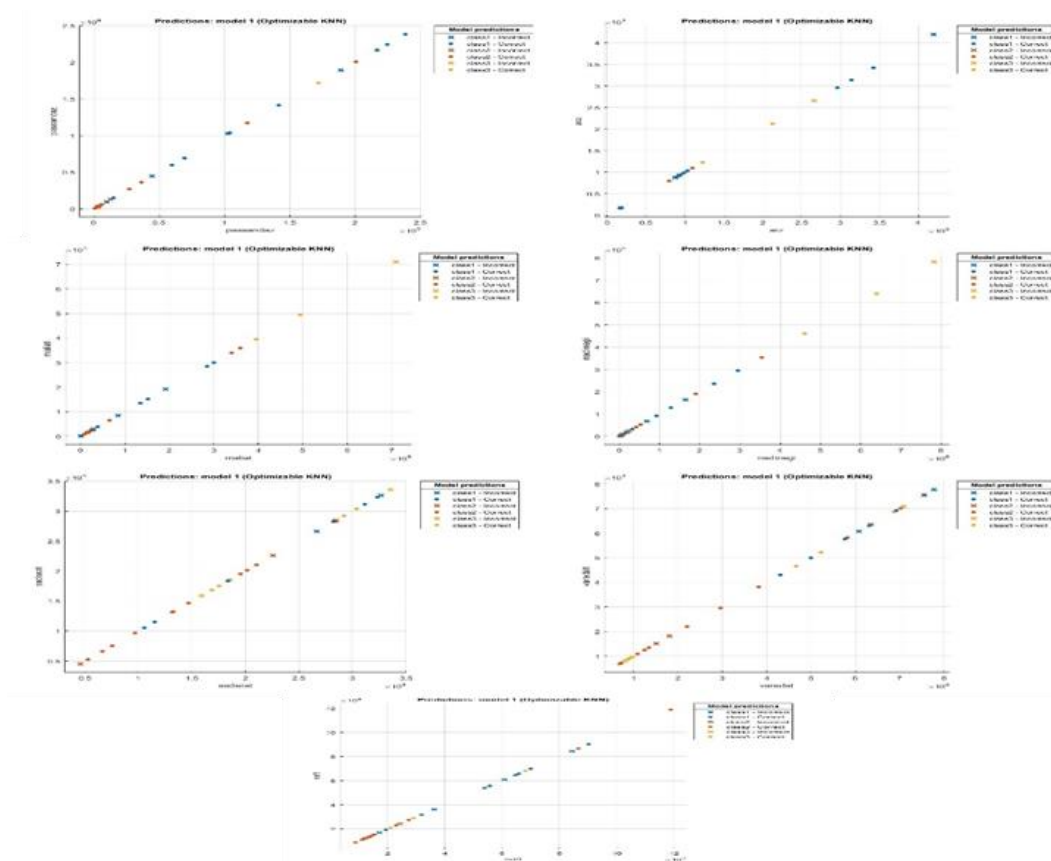
۵- نتایج

با آموزش کلاسبند svm با داده های حاصل از متغیرهای هفتگانه ذکر شده دقت نهایی در دسته بندی و پیش بینی ۶۶ درصد و برای کلاسبند knn دقت نهایی ۷۳ درصد بدست آمد که با توجه به تاثیرات عوامل غیر پارامتریک و احساسی بر اقتصاد ایران این نتایج مناسب هستند. نتایج بدست آمده برای کلاسبند knn در نمودار کانفیوژ به صورت زیر هستند:



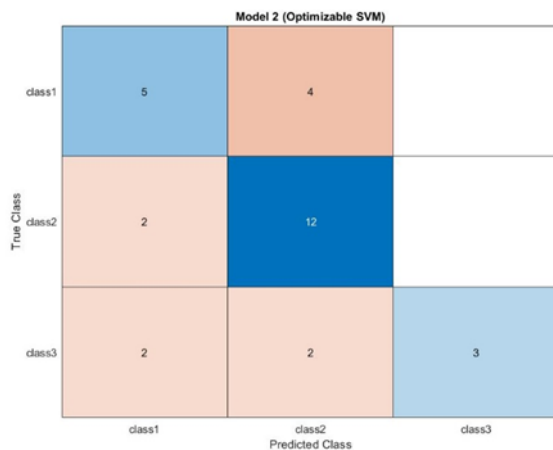
شکل ۳ - نمودار کانفیوژن مربوط به کلاسبندی دادهها رد کلاسبند knn

شکل ۳ درستی و یا عدم درستی انتساب نمونه های هر کلاس به کلاس هدف را نشان می دهد. نتایج بدست آمده برای کلاسبند knn در نمودار اسکاتر به صورت زیر هستند:



شکل ۴ - نمودار اسکاتر مربوط به متغیر ها در کلاسبند knn

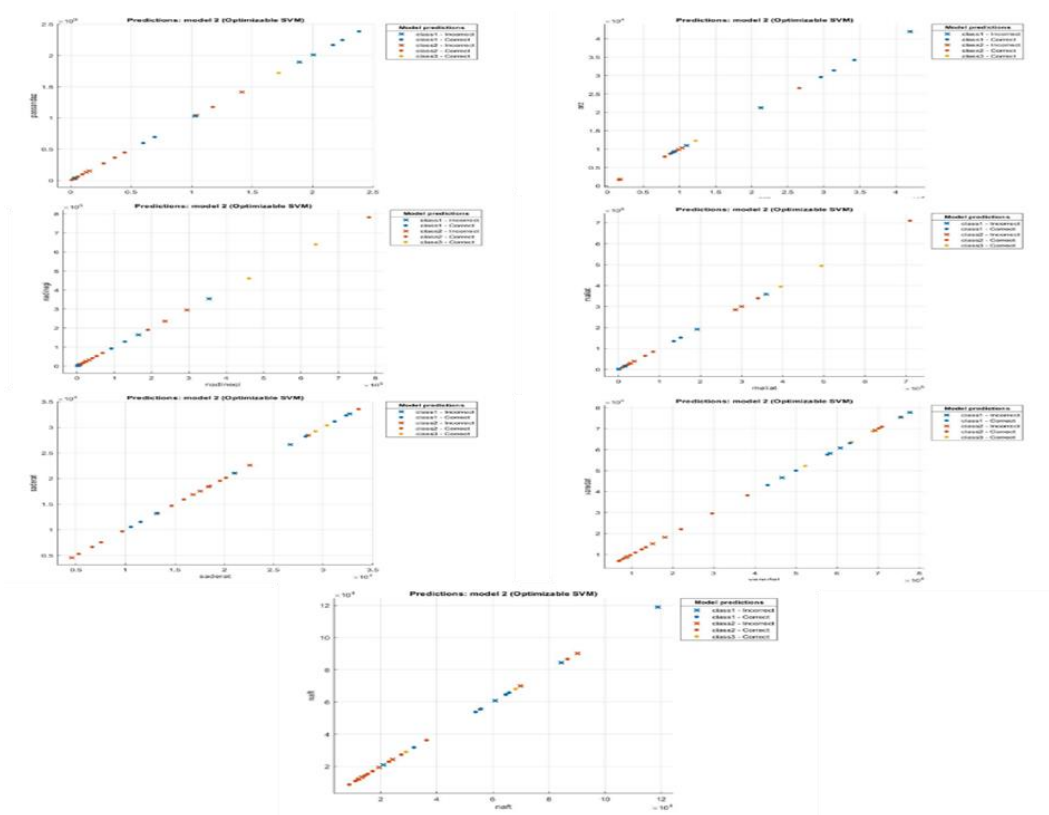
نمودارهای موجود در شکل ۴ تفکیک پذیری هر یک از متغیرهای هفتگانه را نشان می دهد. در حقیقت هرچقدر تفکیک پذیری این متغیرها در کلاسها بیشتر باشد کلاسبندی و پیش بینی با دقت بالاتری انجام خواهد شد.



نتایج بدست آمده برای کلاسبند SVM در نمودار کانفیوژن به صورت زیر هستند:

شکل ۵ درستی و یا عدم درستی انتساب نمونه های هر کلاس به کلاس هدف را نشان می دهد. نتایج بدست آمده برای کلاسبند SVM در نمودار اسکاتر به صورت زیر هستند:

شکل ۵- نمودار کانفیوژن مربوط به کلاسبندی داده ها رد کلاسبند SVM



شکل ۶- نمودار اسکاتر مربوط به متغیر ها در کلاسبند knn

۶- نتیجه گیری

یکی از مهم ترین اهداف هر نظام اقتصادی دستیابی به تورم پایین و باثبات و رشد اقتصادی مداوم است. در مطالعه حاضر، نخست، عوامل مؤثر بر تورم شناسایی شده. سپس، با استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در قالب سناریوهای مختلف، به بررسی تأثیر هر یک از این عوامل بر نرخ تورم در اقتصاد ایران پرداخته شده است. نتایج تحلیل حساسیت نرخ تورم را با متغیرهای حجم نقدینگی، نرخ ارز، مالیات، پس انداز، صادرات، واردات و با درآمد نفتی نشان می دهد. صرف نظر از آثار و پیامدهای تورم، یکی از مهمترین مباحث، بحث عوامل ایجاد کننده آن است. تاکنون تحقیقات گسترده ای در زمینه شناسایی عوامل مؤثر بر تورم انجام شده است که در هر یک از آنها فهرستی از متغیرهای اقتصادی به عنوان عوامل مؤثر بر تورم معرفی شده که مهمترین آنها رشد

نقدینگی و افزایش نرخ ارز است که در این پژوهش با استفاده از یادگیری ماشین توانستیم با دقت مطلوبی اقدام به پیش بینی نوع تورم نماییم.

۷- کارهای آینده

با توجه به تعدد متغیرهای موثر در افزایش و کاهش تورم با اضافه کردن این متغیرها از لحاظ تعداد میتوان به سطح بالاتری از صحت دسته بندی و پیش بینی رسید. علاوه بر آن میتوان با وارد کردن علم یادگیری عمیق در اقتصاد و پیش بینی توسط این الگوریتم ها به صورت دقیقتر و کاربردی تر به این هدف مهم دست پیدا کرد.

منابع

۱. دهدشتی، مسعود و محمدی، حمید و دهباشی، وحید و دهقانپور، حامد (۱۳۹۱)، پیش بینی نرخ تورم و نقدینگی و اثرات آنها بر ارزش افزوده بخش کشاورزی، فصلنامه اقتصاد کشاورزی، سال ششم، شماره ۴، ص ۱۷.
۲. صمدی، علی حسین و مجدزاده طباطبائی، شراره (۱۳۹۲) رابطه بین تورم و نااطمینانی تورمی در ایران با استفاده از رگرسیون چرخشی مارکوف، فصلنامه مدل سازی اقتصادی، شماره ۲۳، صص ۴۷-۶۵.
۳. جعفری صمیمی، احمد و بالونژاد نوری، روزبه (۱۳۹۲)، کاربرد روش های نیمه پارامتریک و مویک ها در بررسی وجود پایداری نرخ تورم ایران، فصلنامه مدل سازی اقتصادی، شماره ۲۳، صص ۱۵-۳۰.
۴. نجارزاده، رضا و سبحانی، بهرام و سلیمانی، سیروس (۱۳۹۲)، بررسی رابطه بین تورم و نااطمینانی تورم در کوتاه مدت و بلندمدت: کاربردی از مدل های فضا-حالت با واریانس ناهمسانی راه گزینی مارکف، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، شماره ۵۴، صص ۱-۲۶.
۵. شاهمرادی، اصغر و صارم، مهدی (۱۳۹۲)، سیاست پولی بهینه و هدف گذاری تورم در ایران، فصلنامه تحقیقات اقتصادی، شماره ۱۰۳.
۶. طهرانچیان، امیرمنصور و جعفری صمیمی، احمد و بالونژاد نوری، روزبه (۱۳۹۲)، آزمون پایداری تورم در ایران (۱۳۹۰-۱۳۵۱): کاربردی از الگوهای ARFIMA، فصلنامه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، شماره ۱۱، صص ۱۹-۲۸.
۷. موسوی، میرحسین و مستعانی، زهرا (۱۳۹۱)، هدف گذاری تورم: کاربردی از نظریه کنترل بهینه، فصلنامه مدل سازی اقتصادی، شماره ۱۹، ص ۴۱.
۸. تشکینی، احمد و افضل، حسین (۱۳۹۰)، اندازه گیری تورم پایه بر اساس روش بهینه: مطالعه موردی اقتصاد ایران، فصلنامه پژوهشها و سیاستهای اقتصادی، شماره ۵۹، ص ۱۰۱.
9. AdolfoRodríguez-Vargas, " Forecasting Costa Rican inflation with machine learning methods" 2020"Latin American Journal of Central Banking
10. Cortes, C., Vapnik, V., Support-Vector Networks. 1995. Journal Machine Learning archive 20(3):273-297
11. Altman, N, S., An intrduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression.1992. The American Statistician. 46 (3): 175-185.

