

فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی

سال بیست و سوم، شماره ۷۶، زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۶۶-۱۴۵

## تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران

محمدحسین پورکاظمی

دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه شهید بهشتی

[h\\_pourkazemi@yahoo.com.au](mailto:h_pourkazemi@yahoo.com.au)

امین بیرانوند

دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول)

[Beiranvand.amin@gmail.com](mailto:Beiranvand.amin@gmail.com)

محبوبه دلفان

دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی دانشگاه علامه طباطبایی

[M.delfan66@gmail.com](mailto:M.delfan66@gmail.com)

### چکیده

با توجه به پیامدهای ناگوار تورم در بخش‌های مختلف اقتصاد، آگاهی از احتمال وقوع تورم شدید در آینده نزدیک، فرصتی بسیار مناسب جهت اجتناب از تبعات منفی تورم ایجاد می‌کند. برای آگاهی از وقوع تورم شدید در آینده نزدیک، در قدم اول باید عوامل مؤثر بر تورم را به‌درستی شناسایی کرد. در این مقاله از میان داده‌های ماهانه ۲۱ متغیر احتمالی اثرگذار بر تورم، در بازه زمانی فروردین ۱۳۷۵ تا دی‌ماه ۱۳۹۰، با ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی، متغیرهای اساسی مؤثر بر تورم ایران تعیین شده‌اند. این متغیرها عبارت‌اند از: حجم نقدینگی، مخارج دولت، شاخص دستمزد نیروی کار، نرخ سود بانکی، تولید ناخالص داخلی، تورم با وقفه زمانی و شاخص قیمت جهانی نفت خام. پس از شناسایی متغیرهای اساسی، یک سیستم هشداردهنده تورم شدید طراحی شده است. این سیستم با بهره‌گیری از مبانی شبکه‌های عصبی، احتمال وقوع تورم شدید در بازه شش ماه آتی را پیش‌بینی می‌کند. برای طراحی این سیستم از یک شبکه عصبی پیش‌خور با دولا به پنهان استفاده شده است. نتایج مدل، نشان‌دهنده عملکرد امیدوارکننده سیستم هشداردهنده است و سیستم قادر به صدور سیگنال‌های هشداردهنده زودهنگام وقوع تورم شدید در آینده نزدیک است.

طبقه‌بندی JEL: E37, E31, C53, C45

واژه‌های کلیدی: تورم، عوامل مؤثر بر تورم، شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک، سیستم هشداردهنده تورم.

\* تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۹

## ۱. مقدمه

تورم یکی از متغیرهای اقتصادی است که بعد کلان آن به وسعت کل اقتصاد است. از این رو، یکی از اساسی‌ترین دغدغه‌های اقتصاددانان چه از بعد نظری و چه از بعد تجربی و سیاستی مسئله تورم است. در واقع، با توجه به پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی متعدد نااطمینانی در مورد تورم همچون فقر، توزیع نامتناسب درآمد و گسترش مفاسد مالی و جز اینها، غلبه بر انحرافات اثرگذار تورم یک وظیفه مهم و چالش‌برانگیز برای سیاست‌گذاران اقتصادی است.

متأسفانه در کشور ما نیز یکی از مهم‌ترین مشکلات اقتصادی طی چند دهه اخیر، پدیده تورم بوده است، به طوری که حل مشکلات ناشی از تورم همواره یکی از اهداف مهم برنامه‌های توسعه کشور بوده است. دستیابی به نرخ تورم پایین و باثبات مستلزم توانایی استفاده از ابزارهای مؤثر و کارا در امر سیاست‌گذاری اقتصادی است. از این رو، سیاست‌گذار اقتصادی باید درک صحیحی از وضعیت اقتصادی داشته باشد تا بتواند با پیش‌بینی دقیق، به تعدیل ابزارهای اقتصادی خود بپردازد.

در این راستا، طراحی یک مدل هشداردهنده انحرافات نامناسب تورم، می‌تواند برای بخش‌های مختلف جامعه، به طور عام، و برای بانک مرکزی و سیاست‌گذاران اقتصادی، به طور خاص، بسیار سودمند باشد (میترا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲).

در این مقاله سعی شده است به طراحی سیستمی جهت هشدار تورم شدید پرداخته شود. هدف از این مقاله پیش‌بینی روند جریان آتی تورم در یک بازه معین نیست که در نتیجه با بهره‌گیری از مفاهیم و تکنیک‌های مرسوم اقتصادی و اقتصادسنجی، از جمله متغیرهای کلان بر مبنای منحنی‌های فیلیپس، مدل‌های خودرگرسیون برداری (var)، مدل‌های خود توزیع با وقفه‌های گسترده (ARDL) و غیره به پیش‌بینی تورم اقدام گردد، بلکه هدف طراحی مدلی است که وقوع تورم شدید در آینده نزدیک را هشدار دهد. این چنین مدلی می‌تواند برای مقامات پولی در راستای اعمال سیاست‌های مناسب بسیار مفید باشد. برای طراحی چنین مدلی، در گام نخست، باید عوامل اساسی تأثیرگذار بر تورم به‌درستی شناسایی شود.

برای تعیین عوامل اساسی مؤثر بر تورم نظریه‌های مختلفی وجود دارد. اکثر مطالعات تجربی با مبنای قرار دادن یکی از این نظریه‌ها به بررسی عوامل تعیین‌کننده تورم پرداخته‌اند. این امر باعث تمرکز این مطالعات بر تعداد محدودی از متغیرهای تأثیرگذار بر تورم شده است. در این حالت محقق،

تعمین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۴۷

خواهناخواه، با پیش‌داوری به پدیده تورم نگریسته است، حال آنکه اگر همه متغیرها، به‌طور همزمان، موردبررسی قرار گیرد، نتایج متفاوتی حاصل شود (قاسمی، ۱۳۸۸).

بر این اساس این تحقیق تلاش دارد، بی‌هیچ‌نوع پیش‌داوری خاص، متغیرهایی را که نظریه‌های مختلف اقتصادی به‌عنوان عوامل مؤثر بر تورم مطرح کرده‌اند، به‌عنوان متغیرهای احتمالی اثرگذار بر تورم، در نظر گرفته و مهم‌ترین متغیرها را شناسایی کند. پس از آن با استفاده از این عوامل سیستم هشداردهنده تورم را طراحی کند.

سازمان‌دهی این مطالعه بدین شکل است که ابتدا، به‌اختصار، نظریه‌های مختلف درباره تورم بیان می‌شود. در ادامه به مطالعات و تلاش‌های تجربی گذشته درخصوص پیش‌بینی تورم پرداخته می‌شود. پس از آن متغیرها مورد استفاده در این مطالعه بیان و تلاش می‌شود با استفاده از مبانی الگوریتم ژنتیک مهم‌ترین متغیرها شناسایی شوند. پس از شناسایی متغیرهای اساسی، با استفاده از این متغیرها، به طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید با بهره‌گیری از مبانی شبکه‌های عصبی پرداخته می‌شود. بخش پایانی این مطالعه به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

## ۲. مروری اجمالی بر نظریه‌های تورم

### ۲-۱. نظریه پولی تورم

پولیون معتقدند که تورم در بلندمدت یک پدیده پولی است بدین معنا که تورم ناشی از رشد عرضه اسمی پول است. هرچه در نرخ رشد عرضه اسمی پول بیشتر باشد نرخ تورم بالاتر خواهد بود (سلطانی، ۱۳۹۰).

بر اساس مکتب پولی، یک رابطه بسیار ساده، مستقیم و متناسب بین رشد پول و تورم وجود دارد. به‌عبارت دیگر، در بلندمدت نرخ رشد قیمت‌ها معادل نرخ رشد ذخیره اسمی پول است. پولیون، همچنین، معتقدند که مجموعه عوامل غیر پولی مانند فشار تقاضا در شرایط اشتغال کامل، فشار دستمزدها یا سودها، فعالیت احتکارگران، بروز تنگنای گوناگون اقتصادی و موانع ساختاری زمانی موجب بروز تورم می‌شوند که با تغییرات حجم پول همراه باشند، در غیر این صورت، تورمی در کار نخواهد بود (شاکری، ۱۳۷۹: ۱۲۴).

**۲-۲. نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا**

زیربنای اصلی این نظریه، نظریات کینز است. بر اساس این نظریه، تورم نتیجه فزونی تقاضای کل نسبت به عرضه کل در شرایط اشتغال کامل است. در این وضعیت افزایش سطح عمومی قیمت‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. علت این افزایش را باید در دو بخش واقعی و پولی اقتصاد جست‌وجو کرد. در بخش واقعی، عواملی چون افزایش مخارج مصرف‌کننده، افزایش مخارج سرمایه‌گذاری، افزایش صادرات و کاهش واردات می‌توانند باعث افزایش تقاضای کل شده یا، به عبارت دیگر، منحنی تقاضای کل را به سمت بالا انتقال دهند (تفضلی، ۱۳۷۶). از سوی دیگر، افزایش تقاضا می‌تواند نتیجه عوامل پولی باشد. افزایش حجم پول در اثر سیاست‌های پولی انبساطی، باعث افزایش تقاضای کل شده و سطح عمومی قیمت‌ها را افزایش می‌دهد (گریگوری، ۱۳۷۵: ۱۲).

در اقتصاد کینزی، افزایش تقاضای مؤثر تا زمانی که عوامل تولید بیکار وجود دارد، به افزایش تولید واقعی منجر می‌شود، اما هنگامی که نیروی کار و تجهیزات سرمایه‌ای به‌طور نسبی در اشتغال کامل قرار گرفت، افزایش بیشتر تقاضا می‌تواند منجر به افزایش قیمت‌ها شود. این پدیده را کینز «تورم خالص»<sup>۱</sup> نامیده است (قبادی، ۱۳۶۸: ۳۴).

**۲-۳. نظریه تورم ناشی از فشار هزینه**

این نظریه ریشه تورم را در افزایش هزینه‌های تولید و قیمت نهاده‌های تولید جستجو می‌کند. این نظریه برخلاف نظریه فشار تقاضا، قادر به توضیح پدیده تورم رکودی<sup>۲</sup> است و آن را معلول افزایش هزینه‌های تولید و انتقال منحنی عرضه کل می‌داند. در این چارچوب تحلیلی فرض می‌شود بروز شوک‌های برون‌زا و تغییرات در تکنولوژی و بهره‌وری و نقش عوامل سیاسی، اجتماعی در تعیین و تغییر دستمزد با هزینه تولید کالا را افزایش داده و، بنابراین، منحنی عرضه کل را به سمت بالا منتقل می‌سازد و موجب افزایش قیمت‌ها می‌شود (شاکری، ۱۳۷۹).

---

1. Net Inflation

2. Stagflation

تعمین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۴۹

## ۲-۴. نظریه تورم ساختاری

ساختارگرایان در چارچوب روش‌شناسی خود معتقدند که عرضه پول غالباً درون‌زا و منفعل است و نسبت به سطح فعالیت‌های اقتصادی و نرخ تورم تعدیل می‌شود. هرچند این نگرش معتقد است که نرخ تورم می‌تواند در زمان‌هایی در عکس‌العمل به انقباض جدی پولی کاهش یابد، اما در بسیاری موارد در بسیاری از بخش‌ها کاهش تقاضا و انقباض پولی بیشتر به کاهش تولید منجر می‌شود تا به کاهش سطح قیمت‌ها. ساختارگرایان معتقدند تورم یک فرآیند دوگانه است که به‌طور اجتناب‌ناپذیری یک بعد پولی دارد، بعد دوم بدین صورت است که تضادهای اجتماعی مربوط به ارزش‌های نهاده‌ها مانند بی‌حرکی منابع، تقسیم شدن بازار و نبود تعادل بین عرضه و تقاضای بخش و نبود قابلیت رشد فراوان در اقتصاد را به‌عنوان عوامل ساختاری تورم در نظر می‌گیرند، زیرا اگر اقتصاد از رشد لازم برخوردار نباشد مستعد گسترش تنگناها و محدودیت‌هایی مثل محدودیت نرخ ارز، انعطاف‌ناپذیری مالیات و مخارج دولت، ناتوانایی در افزایش پس‌اندازهای داخلی، محدودیت عرضه انرژی و امکانات حمل‌ونقل، محدود بودن اعتبارات و کمبود عرضه نهاده‌های واسطه‌ای می‌شود. ساختارگرایان اذعان می‌کنند که مکاتب اقتصادی صرفاً به یک جنبه تورم، یعنی جنبه پولی آن توجه کرده‌اند، حال آنکه برای درک کامل تورم در هر اقتصادی باید به هر دو بعد توجه کرد. بنابراین، در مهار تورم علاوه بر بعد پولی باید به موانع ساختاری نیز توجه کرد. بر مبنای دیدگاه ساختاری اعمال راه‌حل‌های پولی صرف حتی اگر بتواند تورم را موقتاً کاهش دهد، در صورتی که به هر کدام از موارد فوق بی‌توجهی شود با بازگشت دوباره تورم بی‌تأثیر می‌شود (شاگری، ۱۳۷۹: ۱۴۲).

## ۳. پیشینه تحقیق

تورم و آثار ناگوار آن، از دیرباز ذهن بسیاری از محققان را به خود مشغول کرده است. بسیاری از محققان سعی نموده‌اند روش‌های مختلفی برای اجتناب از بروز این پدیده ناخوشایند پیدا کنند که در این راه یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازها برای موفقیت در کنترل تورم، توانایی پیش‌بینی به‌موقع تورم‌های شدید آتی است. در این قسمت سعی شده است به‌اختصار به بخشی از تلاش‌های صورت گرفته به منظور پیش‌بینی تورم اشاره شود.

گارنر<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) در یک مطالعه تجربی با استفاده از داده‌های شاخص‌های مختلف اقتصادی، در بازه زمانی ۱۹۶۰ - ۱۹۹۵م، در ایالات متحده نشان می‌دهد که انتخاب متغیرهای مناسب در طراحی

1. Garner, C. A.

سیگنالی قابل اتکا در مورد نقاط عطف تورم آتی می‌تواند مفید باشد. وی با توجه به مطالعات خود در مورد مجموعه‌ای از شاخص‌های اقتصادی، به این نتیجه دست می‌یابد که یک شاخص مرکب به احتمال فراوان سیگنال‌های قابل اطمینان در مورد نقاط عطف تورم می‌تواند صادر نماید.

کالن و چانگ<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) در کشور هندوستان، دو روش مختلف را برای پیش‌بینی تورم بررسی کرده‌اند. در روش اول با استفاده از یک معادله ساده پولی برای سطوح قیمت‌ها، از تکنیک‌های مدل همجمعی رفتار بلندمدت قیمت‌ها را بررسی کرده‌اند، سپس بر مبنای نتایج به دست آمده، یک معادله دینامیک برای تورم ارائه کرده‌اند. در روش دوم آنها با تأکید بر حجم پول، قیمت کالاهای وارداتی و نرخ ارز، تورم آتی را پیش‌بینی کرده‌اند.

استوک و واتسون<sup>۲</sup> (۱۹۹۹) مسئله پیش‌بینی تورم را با اشکال مختلف منحنی فیلیپس بررسی کرده‌اند. آنها با در نظر گرفتن متغیرهای کلان به پیش‌بینی تورم پرداخته‌اند. فرضیه اساسی آنها این بوده است که ارتباطی ثابت میان متغیرهای اقتصادی و نرخ تورم وجود دارد. آنها نشان دادند که روش منحنی فیلیپس در کوتاه‌مدت می‌تواند تورم آمریکا را پیش‌بینی کند.

فیشر و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) با استفاده از منحنی فیلیپس، به پیش‌بینی تورم در دوره‌های مختلف پرداخته‌اند. آنها نشان داده‌اند که عملکرد منحنی فیلیپس از دوره‌ای به دوره دیگر متفاوت است و وابسته به نوسانات تورم، سیاست‌های پولی و دیگر پدیده‌های اقتصادی است.

لی و روسی<sup>۴</sup> (۲۰۰۲) با استفاده از داده‌های ۴۱ شاخص ماهانه و ۴۲ شاخص فصلی ترکیه، با استفاده از روش‌های اتو رگرسیون برداری نشان می‌دهند که هرچند استفاده از تنها یک شاخص در پیش‌بینی رشد اقتصادی و تورم، نتایج رضایت بخشی به دنبال نخواهد داشت، اما استفاده از ترکیبی از شاخص‌های متفاوت می‌تواند بسیار رضایت بخش تر بوده و با واقعیت همخوانی بیشتری داشته باشد.

سونسون و وودفورد<sup>۵</sup> (۲۰۰۵) بحث مفصلی درباره اثرات اجرای سیاست‌های اقتصادی باهدف قرار دادن تورم پیش‌بینی شده مطرح کرده‌اند و، به این نتیجه رسیده‌اند که به جای پیش‌بینی تورم در کوتاه‌مدت و بلندمدت، ایجاد یک سیستم هشداردهنده انحرافات بزرگ تورم سودمندتر است. آنها، همچنین، اذعان داشته‌اند که شناسایی علل ایجاد این انحرافات بزرگ، بسیار مهم است.

- 
1. Callen T., Chang D.
  2. Stock J. H., Watson, M. W.
  3. Fisher J. D. M., Liu, C. T., Zhou, R.
  4. Leigh D., Rossi, M.
  5. Svensson L. E. O., Woodford, M.

تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۵۱

میترا<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) با بهره‌گیری از داده‌های آماری شاخص‌های مختلف اقتصادی هندوستان، در بازه زمانی ۲۰۰۹-۱۹۹۴م، از میان متغیرهای مختلف اثرگذار بر تورم، به روش تلفیقی الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی، پس از مشخص کردن مهم‌ترین متغیرها همراه وقفه زمانی مناسب، سیستم هشداردهنده تورم را برای اقتصاد هندوستان طراحی کرده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده عملکرد مناسب سیستم بوده، به‌طوری‌که در تمام موارد سیستم سیگنال صحیح صادر کرده است.

#### ۴. بررسی روند تورم ایران

بررسی وضعیت تورم ایران نشان‌دهنده ثبات نسبی تورم تا دهه ۱۳۴۰ شمسی بوده است. پس از اجرای برنامه سوم عمرانی در دهه مذکور و اتخاذ سیاست جایگزینی واردات، تغییرات نوینی در اقتصاد آغاز شد. در اثر افزایش درآمدهای حاصل از صادرات نفت، از یک‌سو، و اتخاذ نکردن سیاست‌های درست در به‌کارگیری بهینه درآمدهای نفتی، از سوی دیگر، اقتصاد از تعادل نسبی خارج شد و ضمن دستیابی به نرخ‌های رشد بالاتر، تورم نیز به‌شدت افزایش یافت.

از اوایل دهه ۱۳۵۰ش تا قبل از انقلاب شکوهمند اسلامی، در نتیجه افزایش درآمدهای نفتی، برای اولین بار کشور با پدیده‌ای مواجه گردید که در ادبیات اقتصادی از آن به‌عنوان بیماری هلندی یاد می‌شود. ثمرهٔ این بیماری برای کشور افزایش مخارج دولت و تقاضای کل بود که منجر به تورمی شدید گردید.

پس از انقلاب اسلامی، در سال‌های ۱۳۵۹ و ۱۳۶۰ش، آثار تورمی ناشی از کسری بودجه دولت و فشارهای ناشی از کاهش تولید و افزایش قیمت‌های مواد اولیه وارداتی، به سبب تحریم‌های اقتصادی و جنگ تحمیلی نمایان شد. در سال ۱۳۶۱ش، افزایش درآمدهای دولت از محل افزایش صادرات نفتی و کاهش محدودیت‌های ارزی، واردات کالاهای مصرفی، واسطه‌ای و اعمال سیاست‌های کنترلی باعث کاهش تورم گردید. کاهش شدید قیمت نفت در سال ۱۳۶۵ش، درآمدهای ارزی دولت را به طرز نگران‌کننده‌ای کاهش داد. کاهش شدید درآمدهای ارزی، نخست از حجم واردات کاسته و سپس در کاهش شدید تولید متجلی شد. از سوی دیگر، افزایش شدید نقدینگی برای تأمین کسری بودجه که در این سال ۴۶ درصد کل بودجه بود، نرخ تورم را که در سال ۱۳۶۴ش حدود ۷ درصد بود، تا ۲۳/۷ درصد بالا برد. کسری بودجه دولت در این سال‌ها به‌شدت افزایش یافت به‌گونه‌ای در ۱۳۶۷ش نسبت کسری بودجه به رقم ۵۰ درصد رسید. در طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۶۸ش، اقتصاد ایران دوران باثباتی را

1. Mitra, S.

پشت سر گذاشت. متأسفانه اجرای سیاست‌های تعدیل اقتصادی، بحران سررسید بدهی‌ها و سیاست تک‌نرخ‌ی کردن نرخ ارز کشور را با تورم شدید در سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴ روبه‌رو کرد. اگر در سال‌های جنگ تحمیلی تأثیر هزینه‌های جنگ و کاهش شدید درآمد نفت، کاهش وصول مالیات از طبقات پردرآمد، کسری شدید بودجه و توسل به وام‌گیری دولت از بانک مرکزی موجب تورم بالا شد، در این دوره افزایش درآمدهای نفتی، دریافت وام از خارج و اجرای سیاست‌های تعدیلی بی‌اعتنا به تجربه سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۵۲ تورمی افسارگسیخته پدید آورد (رازقی، ۱۳۹۲: ۳۵۲-۳۵۱).

پس از سال ۱۳۷۶، روند رشد نقدینگی کاهش یافت و به دنبال آن تا سال ۱۳۸۰ نرخ تورم هم کاهش یافت و در سال ۱۳۸۰، نرخ تورم به ۱۱ درصد رسید. تا پایان سال ۱۳۸۴، جهش ایجادشده در نقدینگی و نرخ تورم کنترل شد و این شاخص‌ها روند کاهشی به خود گرفتند. در پی سیاست‌های پولی به اجرا گذاشته‌شده و با کنترل تبعات ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز، در پایان سال ۱۳۸۴، نرخ تورم به ۱۰ درصد رسید (دنیای اقتصاد، شماره ۲۷۷۲: ۱).

از سال ۱۳۸۶ نرخ ارز با نوسانات شدید و نامنظم همراه بوده است که این نوسانات تا حدود زیادی از فضای سیاسی کشور و تحریم‌های اعمال‌شده بر بخش‌های مختلف اقتصادی کشور نشأت گرفته است.

این تنگناها سبب افزایش نرخ تورم در ۱۳۸۶ شد. پس از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۸۹ نرخ تورم تورمی کشور از ثبات نسبی برخوردار بوده است.

## ۵. داده‌ها و متغیرهای تحقیق

بر مبنای تئوری‌های اقتصادی که در بخش‌های قبل به اختصار بیان شد در این تحقیق از داده‌های سری زمانی ماهانه ۲۱ متغیر اقتصادی به‌عنوان متغیرهای احتمالی مؤثر بر تورم استفاده شده است. دوره مورد مطالعه از فروردین ۱۳۷۵ تا دی‌ماه ۱۳۹۰ در نظر گرفته‌شده و نرخ رشد ماهانه شاخص کل بهای کالاها و خدمات مصرفی در مناطق شهری، به‌عنوان متغیر نشان‌دهنده تورم در نظر گرفته‌شده است. این متغیرها در جدول (۱) آورده شده است:



تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۵۳

جدول ۱. متغیرهای احتمالی مؤثر بر تورم

منبع آماری	مبنای نظری	متغیر
پایگاه اینترنتی بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار هزینه	تولید ناخالص داخلی
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا و نظریه پولی تورم	بدهی دولت به بانک مرکزی
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	مخارج دولت
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا و نظریه پولی تورم	حجم نقدینگی
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا و نظریه پولی تورم	حجم اسکناس و مسکوک در دست مردم
نشریه گزارش شاخص‌های ماهانه بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار هزینه	شاخص دستمزد نیروی کار
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا و نظریه پولی تورم	پایه پولی
بانک مرکزی	نظریه تورم انتظاری	نرخ ارز غیررسمی
پایگاه اینترنتی صندوق بین‌المللی پول	نظریه تورم ناشی از فشار هزینه	تورم جهانی
پایگاه اینترنتی بانک مرکزی	نظریه تورم انتظاری	تورم با وقفه زمانی
پایگاه اینترنتی صندوق بین‌المللی پول	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	شاخص قیمت جهانی نفت خام
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار هزینه و نظریه پولی تورم	نرخ سود بانکی
بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا و نظریه تورم انتظاری	قیمت سکه بهار آزادی
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	مصرف بخش خصوصی
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	مصرف بخش دولتی
نماگرهای بانک مرکزی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	سرمایه‌گذاری
محاسبات محقق	نظریه تورم ساختاری	تفاضل شاخص قیمت مواد خوراکی و شاخص قیمت مواد مصرفی
شاخص تلفیقی ترازنامه انرژی	نظریه تورم ناشی از فشار هزینه	شاخص قیمت فرآورده‌های نفتی
نماگرهای اقتصادی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	شاخص بورس
نماگرهای اقتصادی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	صادرات کالا و خدمات
نماگرهای اقتصادی	نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا	واردات کالا و خدمات

مأخذ: محاسبات تحقیق

پس از جمع‌آوری داده‌ها، با توجه به دامنه متفاوت آنها، برای جلوگیری از اشباع و گرفتاری شبکه در نقطه حداقل محلی، معمولاً داده‌ها در بازه‌های  $[0, 1]$  یا  $[-1, 1]$  نرمال‌سازی می‌شوند. در این تحقیق داده‌ها با استفاده از رابطه (۱) در بازه  $[0, 1]$  نرمالیزه شده‌اند.

$$x_n = \frac{x_{actual} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

در رابطه (۱)  $x_{actual}$  مقادیر مشاهده شده متغیرها،  $x_{min}$  مینیمم هر متغیر و  $x_{max}$  ماکزیمم هر متغیر است.

#### ۶. انتخاب متغیرهای اساسی مؤثر بر تورم با استفاده از الگوریتم ژنتیک

جهت طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید، سعی بر آن است که از مبانی شبکه‌های عصبی استفاده شود، هرچند شبکه‌های عصبی، مدل‌های درونیابی غیرخطی مناسبی هستند و توانایی برازش نسبتاً مناسبی برای پیش‌بینی دارند، لیکن هنگامی که از انبوه داده‌های ورودی برای شبکه عصبی استفاده شود، چند اشکال عمده ایجاد خواهد شد، از جمله:

۱. زمان موردنیاز برای آموزش شبکه عصبی<sup>۱</sup> به شدت افزایش می‌یابد.
۲. به دلیل استفاده از برخی متغیرهای نسبتاً بی‌تأثیر به‌عنوان متغیر ورودی، خطای آموزش به‌طور نسبی افزایش خواهد یافت.

در نتیجه، بهتر آن است که به‌جای ورود متغیرهایی که احتمالاً برخی نیز بی‌تأثیر هستند، تنها متغیرهای اساسی در مدل وارد شود (مکوندی، ۱۳۸۷).

از این‌رو، برای طراحی سیستم هشداردهنده تورم بایستی متغیرهای اساسی تأثیرگذار بر تورم از میان متغیرهای مؤثر احتمالی انتخاب شوند. برای انتخاب این متغیرها باید مکانیسمی در نظر گرفته شود که بتواند روابط موجود بین متغیرها را شناسایی و متغیرهای غیرمؤثر به‌صورت غیرخطی را حذف کند. چراکه ممکن است یک یا چند متغیر ورودی، هرچند به‌صورت مستقیم و خطی بر متغیر وابسته مؤثر نباشند، اما به‌صورت غیرخطی بر متغیر وابسته مؤثر باشند، بدین ترتیب، حذف خطی این متغیرها عملاً باعث نادیده گرفتن روابط غیرخطی می‌شود. بر این اساس از مبانی شبکه‌های عصبی که توانایی کشف و تشخیص روابط غیرخطی مدل را دارند، برای ارزیابی متغیرها استفاده می‌شود.

تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۵۵

استراتژی ارزیابی کامل تمام حالت‌های ممکن همواره بهترین نتیجه را از نظر کیفیت انتخاب متغیرها حاصل می‌نماید. ولی در عمل به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی فراوان قابل پیاده‌سازی نیست، زیرا برای یک متغیر وابسته با  $N$  متغیر مستقل تعداد  $(2^N - 1)$  حالت ممکن وجود دارد. لیکن ناگزیر به استفاده از روشی هستیم که بتواند با جستجوی فضای ممکن، ما را به سمت بهترین جواب راهنمایی کند. یکی از روش‌های ممکن الگوریتم ژنتیک است. این تحقیق سعی دارد از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک روش فرا ابتکاری<sup>۱</sup> برای انتخاب ترکیب مناسب متغیرهایی که بیشترین اثر را بر تورم دارند استفاده کند (عباسی کیا، ۱۳۸۸).

یک مزیت الگوریتم ژنتیک اجتناب از درگیر شدن در مینیمم‌های محلی است. الگوریتم ژنتیک یک روش جستجوی سراسری است، که برای مسائل گسسته و مخصوصاً باینری کارایی بسیار مطلوبی دارد. مسئله انتخاب متغیرهای مؤثر تاکنون با الگوریتم‌های تکاملی مختلفی انجام شده است، ولی نتایج نشان‌دهنده این حقیقت است که الگوریتم ژنتیک کارایی نسبی بهتری برای جستجو در فضای گسسته دارد.

در این قسمت به معرفی پارامترهای مختلف الگوریتم ژنتیک پرداخته می‌شود.

#### ۱-۶. کروموزوم

رشته یا دنباله‌ای از بیت‌ها را که به عنوان شکل کد شده یک جواب ممکن (مناسب یا نامناسب) از مسئله مورد نظر است، کروموزوم می‌گویند. در حقیقت، بیت‌های یک کروموزوم، نقش ژن‌ها را در طبیعت بازی می‌کنند (هاپ، ۱۹۹۸: ۱۷۶).

#### ۲-۶. کدگذاری

در این تحقیق برای انتخاب متغیرهای مؤثر بر تورم از کدگذاری باینری استفاده شده است. شکل (۱) نشان‌دهنده کدگذاری باینری است.

۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

شکل ۱. کدینگ باینری

1. metaheuristic

## ۳-۶. جمعیت

مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها را جمعیت گویند. یکی از ویژگی‌های ژنتیک این است که به جای تمرکز روی یک نقطه از فضای جستجو یا یک کروموزوم، روی جمعیتی از کروموزوم‌ها کار می‌کند. بدین ترتیب، در هر مرحله، الگوریتم دارای جمعیتی از کروموزوم‌ها بوده که خواص موردنظر را بیشتر از جمعیت مرحله قبل دارا می‌باشند (غنی‌زاده بهابادی، ۱۳۸۳: ۱۲).

در این تحقیق جمعیت اولیه به صورت تصادفی انتخاب شده، اندازه جمعیت که معرف تعداد کروموزوم‌های موجود در هر نسل می‌باشد، برابر با ۲۵ در نظر گرفته شده است.

## ۴-۶. تابع هدف

تابع هدف، مبنای ارزیابی برازندگی کروموزوم‌هاست. برازندگی کروموزوم‌ها در این تحقیق بر مبنای متوسط مربع خطا (MSE)، مقادیر واقعی تورم و مقادیر شبیه‌سازی شده به وسیله یک شبکه عصبی MLP اندازه‌گیری می‌شود. تابع هدف در این تحقیق عبارت است از:

$$\text{Cost Function}_k = \text{Error}_k^\phi \cdot \text{Num}_k \quad (2)$$

در این رابطه  $\text{Error}_k$  همان MSE حاصل از زیرمجموعه متغیرهای مربوط به کروموزوم  $k$  است.  $\text{Num}_k$  تعداد متغیرهای موجود در زیرمجموعه متغیرهای انتخاب شده توسط کروموزوم  $k$  است.  $\phi$  یک ضریب توانی برای MSE است تا اثر تعداد متغیرها در تابع هدف را کاهش دهد، به طوری که تنها در هنگامی که دو زیرمجموعه با تعداد متغیرهای متفاوت، MSE یکسان داشته باشند کروموزوم با تعداد متغیر کمتر انتخاب شود. در این تحقیق  $\phi = 10$  در نظر گرفته شده است.

۵-۶. شبکه عصبی چندلایه پرسپترون<sup>۱</sup> MLP

برای برازندگی کروموزوم‌ها از یک شبکه عصبی پرسپترون با دولایه مخفی با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک<sup>۲</sup> مطابق با رابطه (۳) بهره گرفته شده است.

$$\tanh(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}} \quad (3)$$

- 
1. Multilayer Perceptron
  2. Tanh Transfer Function

تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۵۷

الگوریتم آموزش در این شبکه، الگوریتم پس انتشار خطاست<sup>۱</sup>، و نرخ یادگیری  $\eta$ ،  $0.005$  است. همچنین لایه‌های مخفی به ترتیب  $10$  و  $5$  نرون دارند.

#### ۶-۶. عملگر انتخاب

در این تحقیق از مدل انتخاب نخبه‌گرایی<sup>۲</sup> استفاده شده است. در مدل نخبه‌گرایی سهم هر عضو از جمعیت به جای آنکه با شایستگی آن کروموزوم نسبت مستقیم داشته باشد، با توانی از شایستگی آن کروموزوم متناسب است. هرچه این توان از یک بزرگ‌تر باشد، کروموزوم‌های شایسته‌تری انتخاب شده و ضعیف‌کشی بیشتری صورت می‌گیرد.

#### ۶-۷. عملگر ترکیب

در این تحقیق عملگر ترکیب پراکنده مورد استفاده قرار گرفته شده است. در این شیوه، هر ژن کروموزوم فرزند به صورت جداگانه و کاملاً تصادفی از یکی از دو والد انتخاب می‌شود. به عبارت دیگر، هر ژن در کروموزوم فرزند با احتمال  $50\%$  درصد از والد اول و با احتمال  $50\%$  درصد از والد دوم حاصل می‌گردد.

#### ۶-۸. عملگر جهش

چنانچه الگوریتم ژنتیک بدون استفاده از عملگر جهش به کار برده شود، دیده خواهد شد که الگوریتم به سرعت در یک نقطه مینیمم همگرا می‌شود. چنانچه این نقطه مینیمم سراسری تابع باشد این وضعیت خوب است لیکن در اکثر مواقع، مخصوصاً در وضعیتی که یک مسئله تعداد زیاد نقطه مینیمم محلی داشته باشد احتمال قرار گرفتن در یک مینیمم محلی زیاد است. برای اجتناب از این مشکل باید الگوریتم به جستجوی مناطق دیگر فضای جستجو هدایت شود، این کار را عملگر جهش انجام می‌دهد (عباسی کیا، ۱۳۸۸). به طور خلاصه، فلوجارت کلی الگوریتم ژنتیک به شکل (۲) است.

### 1. Back Propagation Algorithm

۲. برای مطالعه بیشتر نگاه کنید به:

Thierens, D. (1997), *Selection schemes, elitist recombination, and selection intensity*, In: Back, T. (ed) *Proceedings of the seventh international conference on genetic algorithms*, San Francisco, pp. 152-159.



شکل ۲. فلوچارت کلی الگوریتم ژنتیک

در جدول (۲) نتایج الگوریتم ژنتیک طراحی شده برای تعیین مؤثرترین متغیرها با مقادیر احتمال-های مختلف عملگر ترکیب (Pc) و جهش (Pm) آورده شده است:

جدول ۲. جواب الگوریتم ژنتیک تعیین متغیرهای اساسی تورم

Cost Function	تعداد متغیرها	MSE	Pm	Pc
4.21E-09	۶	۰/۰۱۴۸	۰/۱	۰/۵
3.10E-17	۵	۰/۰۱۹۰	۰/۰۹۵	۰/۵
4.74E-18	۷	۰/۰۱۵۲	۰/۰۹	۰/۵
3.30E-18	۸	۰/۰۱۴۵	۰/۰۸۵	۰/۵
2.58E-18	۳	۰/۰۱۵۶	۰/۰۸	۰/۵
2.48E-18	۸	۰/۰۱۴۱	۰/۰۷۵	۰/۵
2.82E-16	۴	۰/۰۲۴۳	۰/۰۷	۰/۵
8.65E-16	۱۰	۰/۰۲۴۸	۰/۰۶۵	۰/۵
5.17E-16	۳	۰/۰۲۵۶	۰/۰۶	۰/۵
2.09E-17	۶	۰/۰۱۸۰	۰/۱	۰/۶
4.91E-16	۴	۰/۰۲۵۶	۰/۰۹۵	۰/۶

تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۵۹

2.09E-17	۶	۰/۰۱۸۰	۰/۰۹	۰/۶
6.27E-16	۲	۰/۰۲۸۲	۰/۰۸۵	۰/۶
2.44E-17	۷	۰/۰۱۸	۰/۰۸	۰/۶
2.67E-17	۸	۰/۰۱۷۹	۰/۰۷۵	۰/۶
2.80E-17	۷	۰/۰۱۸۲	۰/۰۷	۰/۶
7.04E-16	۹	۰/۰۲۲۴	۰/۰۶۵	۰/۶
4.28E-16	۳	۰/۰۲۸۶	۰/۰۶	۰/۶

مأخذ: محاسبات تحقیق

با توجه جدول (۲) بهترین نتیجه مربوط به  $P_c=0,5$  و  $P_m=0,075$  است. پارامترهای مختلف الگوریتم برای تعیین متغیرهای اساسی در جدول (۳) خلاصه شده است:

جدول ۳. پارامترهای ژنتیکی برای تعیین متغیرهای اساسی

ارزش	پارامترهای ژنتیکی
۲۵	جمعیت در هر نسل
باینری	کدینگ
۰/۵	احتمال ترکیب
ترکیب پراکنده	روش ترکیب
۰/۰۷۵	احتمال جهش
۱۵۰	حداکثر نسل

مأخذ: محاسبات تحقیق

با توجه به پارامترهای جدول (۳)، الگوریتم ژنتیک طراحی شده اثر ۷ متغیر حجم نقدینگی، شاخص نرخ دستمزد، مخارج دولتی، تولید ناخالص داخلی، تورم با وقفه، شاخص قیمت جهانی نفت خام، نرخ سود بانکی را به عنوان اساسی ترین متغیرهای مؤثر بر تورم ایران تشخیص داده است. چگونگی اثرگذاری این متغیرها بر اساس تئوری های اقتصادی به صورت زیر است:

افزایش نقدینگی بر رشد تقاضای کل مؤثر است و، در نتیجه، با افزایش روند رشد سطح عمومی قیمت ها همراه می گردد. با افزایش شاخص دستمزد نیروی کار، هزینه تمام شده تولید افزایش یافته و، در نتیجه، باعث رشد سطح عمومی قیمت ها بر مبنای نظریه فشار هزینه می گردد.

افزایش تولید ناخالص داخلی باعث افزایش عرضه کل گشته و چنانچه با مازاد تقاضا روبه‌رو باشیم باعث کاهش مازاد تقاضا و، در نتیجه، کاهش سطح عمومی قیمت‌ها می‌گردد. سود بانکی یکی از ابزارهای اعمال سیاست‌های پولی انقباضی و انبساطی است که می‌تواند باعث افزایش هزینه سرمایه‌گذاری بر مبنای نظریه فشار هزینه باشد و، در نتیجه، منجر به تورم گردد. قیمت نفت از طرق مختلف می‌تواند بر تورم اثرگذار باشد. بر مبنای نظریه فشار هزینه قیمت نفت باعث افزایش بهای تمام‌شده کالاها می‌گردد. تورم دوره‌های گذشته می‌تواند بر مبنای نظریه تورم انتظاری باعث افزایش سطح عمومی قیمت‌ها شود.

پس از تعیین مهم‌ترین متغیرها باید وقفه‌های مناسب هر یک از متغیرها نیز مشخص شود. برای اجرای این مهم مجدداً از الگوریتم ژنتیک استفاده شده، به طوری که هر کدام از متغیرها همراه ۶ وقفه زمانی به عنوان ورودی به الگوریتم داده شده است. به طور خلاصه در جدول (۴) اساسی‌ترین متغیر با وقفه‌های مناسب آنها ارائه شده است:

جدول ۴. متغیرهای مؤثر همراه وقفه مناسب

متغیر	وقفه‌ها	متغیر	وقفه‌ها
حجم نقدینگی	۴،۲،۱،۰	شاخص قیمت جهانی نفت خام	۴،۲،۰
شاخص نرخ دستمزد	۱،۳،۵	تولید ناخالص داخلی	۰،۲،۴
مخارج دولتی	۳،۰	نرخ سود بانکی	۳
تورم با وقفه	۱،۲		

مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۷. سیستم هشداردهنده تورم

در این مرحله پس از تعیین متغیرهای اساسی با وقفه‌های مناسب، به طراحی سیستم هشداردهنده تورم پرداخته می‌شود. برای انجام این مهم از مبانی شبکه‌های عصبی استفاده شده است. بردار X به عنوان ارزش ماهانه متغیرهای مؤثر همراه با وقفه مناسب آنها، درون داد شبکه عصبی در نظر گرفته شده، و متغیر باینری Y به عنوان متغیر هدف به صورت زیر تعریف می‌شود:

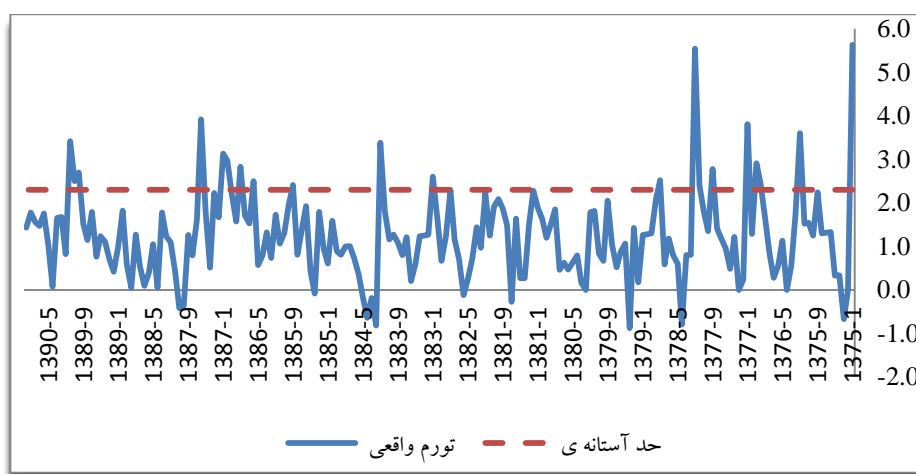


تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۶۱

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{چنانچه تورم ماهانه در حیطه بازه زمانی ۶ ماه آتی از حد آستانه‌ای تعریف شده عبور کند.} \\ 0 & \text{چنانچه تورم ماهانه در حیطه بازه زمانی ۶ ماه آتی از حد آستانه‌ای تعریف شده عبور نکند.} \end{cases}$$

همان‌طور که در تعریف متغیر  $Y$  آمده است، برای تعیین تورم شدید باید یک حد آستانه مناسب تعریف شود. چنانچه تورم مشاهده شده از این حد آستانه عبور نماید، تورم شدید رخ داده و متغیر باینری  $Y$  برابر با ۱ خواهد بود و در صورتی که تورم مشاهده شده از حد آستانه‌ای عبور نکند، متغیر  $Y$  برابر با صفر خواهد بود.

برای تعریف حد آستانه‌ای می‌توان به اشکال مختلف عمل کرد؛ این حد آستانه‌ای می‌تواند بنا بر یک تصمیم‌گیری از جانب سیاست‌گذاران اقتصادی یا با توجه به داده‌های سری زمانی تورم تعیین گردد. در این تحقیق حد آستانه‌ای به صورت میانگین تورم‌های مشاهده شده در دوره‌های گذشته، به علاوه یک انحراف معیار، در نظر گرفته شده است. با در نظر گرفتن سری زمانی تورم ماهانه ایران همان‌طور که در نمودار (۱) آورده شده، حد آستانه‌ای تورم ماهیانه شدید ایران در سطح ۲/۲ درصد در نظر گرفته شده است.



نمودار ۱. تورم ایران

مأخذ: محاسبات تحقیق

برای تعیین تعداد لایه‌های مخفی، تعداد نورون‌ها در هر لایه و الگوریتم آموزش مناسب از روش آزمایش و خطا استفاده شده است. پس از بررسی فراوان، یک شبکه عصبی پیش‌خور<sup>۱</sup> با دو لایه پنهان که تعداد نورون‌ها در لایه‌های پنهان به ترتیب ۵ و ۳ نورون است، در نظر گرفته شده است. از میان الگوریتم‌های آموزش مختلف با توجه به سرعت و دقت الگوریتم LM، این الگوریتم انتخاب شده است. تابع انتقال انتخاب شده در لایه‌های پنهان و لایه خروجی این شبکه تابع سیگموئید است. با توجه به آنکه تابع سیگموئید جواب‌هایی در بازه [۰، ۱] ارائه می‌کند، می‌توان خروجی ارائه شده شبکه را به عنوان احتمال رخداد تورم شدید در حیطه بازه زمانی شش ماه آتی در نظر گرفت.

از ۹۰٪ داده‌ها برای آموزش شبکه و از ۱۰٪ داده‌ها برای تست و بررسی قابلیت اتکاء شبکه استفاده می‌شود. در جداول (۳) و (۴) نتایج عملکرد سیستم هشداردهنده تورم در مورد داده‌های درون نمونه و برون نمونه آورده شده است:

جدول ۳. عملکرد سیستم هشداردهنده تورم شدید در داده‌های درون نمونه

رخداد تورم شدید در بازه ۶ ماه آتی		
عدم رخداد تورم شدید در بازه ۶ ماه آتی		
۱	۸۰	صدور سیگنال هشداردهنده
۷۶	۴	عدم صدور سیگنال هشداردهنده

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۴. عملکرد سیستم هشداردهنده تورم شدید در داده‌های برون نمونه

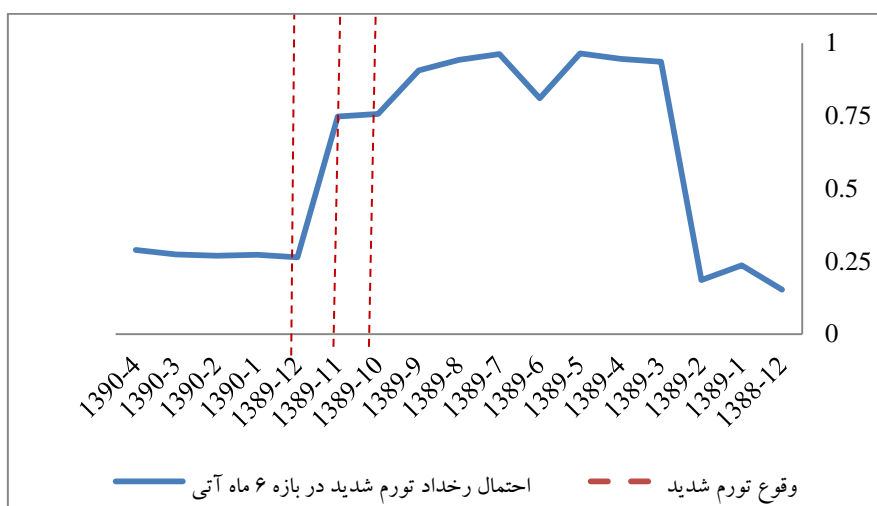
رخداد تورم شدید در بازه ۶ ماه آتی		
عدم رخداد تورم شدید در بازه ۶ ماه آتی		
۱	۸	صدور سیگنال هشداردهنده
۸	۰	عدم صدور سیگنال هشداردهنده

مأخذ: محاسبات تحقیق

## 1. Feed-forward Neural Network

تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۶۳

جدول (۳) مربوط به داده‌های درون نمونه است. همان‌طور که مشخص است سیستم تنها در ۵ مورد سیگنال خطا نشان داده است. جدول (۴) نیز عملکرد سیستم در مورد داده‌های بیرون نمونه است که تنها یک‌بار با نبود رخداد تورم شدید سیگنال خطا نشان داده است. جداول (۳) و (۴) به‌وضوح مشخص می‌کنند که سیستم هشداردهنده تورم شدید قابلیت اتکای بالایی دارد و در اغلب موارد سیگنال صادرشده با واقعیت انطباق دارد. نمودار (۲) عملکرد سیستم در مورد داده‌های بیرون نمونه را نشان می‌دهد. خطوط نقطه‌چین نشان‌دهنده وقوع تورم شدید و خطوط ممتد نشان‌دهنده احتمال وقوع تورم شدید در شش ماه آتی را نشان می‌دهند.



نمودار ۲. عملکرد سیستم در مورد داده‌های بیرون نمونه

مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۸. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف این تحقیق ارائه سیستم هشداردهنده تورم شدید در اقتصاد ایران بود. برای دستیابی به این مهم ابتدا با توجه به مبانی نظری مختلف درباره تورم ۲۱ متغیر مختلف جمع‌آوری شد. پس از آن، با استفاده از مبانی الگوریتم ژنتیک، متغیرهای اساسی اثرگذار بر تورم تعیین گردید که در نتیجه ۷ متغیر حجم نقدینگی، شاخص نرخ دستمزد، مخارج دولتی، تولید ناخالص داخلی، تورم با وقفه، شاخص قیمت جهانی نفت خام و نرخ سود بانکی به‌عنوان متغیرهای اساسی تأثیرگذار بر تورم تشخیص داده شدند. با

بررسی این ۷ متغیر در مورد علل تورم در ایران می‌توان گفت از منظر این نظریه، تورم ناشی از فشار تقاضا متغیرهای حجم نقدینگی، مخارج دولت و شاخص قیمت جهانی نفت خام اثرگذار هستند؛ البته شایان ذکر است که متغیر حجم نقدینگی از جنبه نظریه پولی تورم نیز می‌تواند نگریسته شود. همچنین، متغیرهای نرخ دستمزد، تولید ناخالص داخلی و سود بانکی متغیرهایی هستند که از نظریه تورم ناشی از فشار هزینه پیروی می‌کنند. سرانجام، با توجه به شناسایی تورم با وقفه، به‌عنوان یکی از متغیرهای اساسی، باید گفت که نقش انتظارات نیز در تورم ایران کاملاً مشهود است. با توجه به شناسایی متغیرهای اساسی که از نظریه‌های مختلف در خصوص تورم پیروی می‌کنند، به نظر می‌رسد برای ارزیابی تورم ایران نتوان به‌طور قاطع یک نظریه خاص را مورد تأکید قرارداد بلکه باید نظریه‌های مختلف را در نظر گرفت. در مرحله دوم برای تعیین وقفه‌های مناسب هر یک از این ۷ متغیر، مجدداً الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفت. پس از تعیین متغیر همراه با وقفه مناسب، در مرحله سوم سیستم هشداردهنده تورم شدید طراحی گردید. برای طراحی این سیستم، پس از بررسی‌های فراوان، یک شبکه عصبی پیش‌خور با دولایه پنهان و الگوریتم یادگیری LM مورد استفاده قرار گرفت. نتایج سیستم در مورد ۱۷ مشاهده برون نمونه امیدوارکننده بود، به‌طوری که به‌غیر از یک مورد در بقیه موارد سیستم در پیش‌بینی وقوع یا عدم وقوع تورم شدید به‌درستی عمل نمود. با توجه به نتایج بسیار امیدوارکننده این مدل می‌توان انتظار داشت که استفاده از این سیستم تا حدود زیادی به سیاست‌گذاران اقتصادی در جهت اجرا و به‌کارگیری سیاست‌های مناسب پولی یاری رساند.

پیشنهاد می‌شود که بانک مرکزی به‌عنوان متولی اجرای سیاست‌های پولی با به‌کارگیری این سیستم توانایی خود را در تشخیص به‌موقع وقوع تورم در آینده نزدیک افزایش دهد، همچنین، نظر به اینکه حجم نقدینگی و نرخ سود بانکی بر تورم از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تورم تشخیص داده شده‌اند، بانک مرکزی می‌تواند با اجرای سیاست‌های بهنگام در کاهش حجم نقدینگی و تغییر مناسب سود بانکی از وقوع این پدیده جلوگیری کند.

## منابع

- اسدی، محمدباقر (۱۳۸۷)، پیش‌بینی قیمت و مصرف نفت خام در ایران و جهان با استفاده از شبکه عصبی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- برانسون، ویلیام (۱۳۷۸)، تئوری و سیاست‌های اقتصاد کلان، ترجمه عباس شاکری، تهران: نشر نی.
- تفضلی، فریدون (۱۳۷۹)، اقتصاد نظریه با و سیاست‌های اقتصاد کلان، تهران: نشر نی.
- رازقی، ابوالهیم (۱۳۹۲)، اقتصاد ایران زمین، تهران: نشر نی.

تعیین عوامل تأثیرگذار بر تورم و طراحی سیستم هشداردهنده تورم شدید برای اقتصاد ایران ۱۶۵

- سرآبادانی، غلامرضا (۱۳۸۵)، «تورم، عوامل و راهکارهای مقابله با آن در ایران»، فصلنامه اقتصاد اسلامی، سال ششم، شماره ۱۲.
- سلطانی، محمد (۱۳۹۰)، «آزمون پولی بودن تورم و شناسایی عوامل مؤثر بر تورم در اقتصاد ایران (۱۳۳۸-۱۳۸۷)»، نشریه راهبرد یاس، شماره ۲۸.
- «سه دهه با روند نقدینگی و تورم» (هفتم آبان ماه ۱۳۹۱)، *دنیای اقتصاد*، شماره ۲۷۷۲، ص ۱.
- شاکری، عباس (۱۳۷۹)، *بررسی ماهیت تورم در اقتصاد ایران*، پایان‌نامه دکترای، دانشگاه شهید بهشتی.
- عباسی‌نژاد، حسین؛ تشکینی، احمد (۱۳۸۳)، «آیا تورم در ایران یک پدیده پولی است»، فصلنامه تحقیقات اقتصادی، شماره ۶۷.
- عباسی‌کیا، مصطفی (۱۳۸۹)، شبکه عصبی در متلب، تهران: خدمات نشر کیان رایانه سبز.
- \_\_\_\_\_ (۱۳۸۸)، الگوریتم ژنتیک در متلب، تهران: خدمات نشر کیان رایانه سبز.
- غنی‌زاده مهابادی، حسن (۱۳۸۹)، حل مسئله خط موتناژ  $U$  شکل تصادفی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.
- قاسمی، حسام‌الدین (۱۳۸۸)، *بررسی عوامل مؤثر بر تورم ایران با استفاده از رویکرد میانگین‌گیری بیزی*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- مکوندی، پیام (۱۳۸۷)، «انتخاب مؤلفه‌های تأثیرگذار بر پیش‌بینی سود آتی سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار»، فصلنامه جستارهای اقتصادی، شماره ۱۰، ص ۲۰۱-۱۶۳.
- هاگان، مارتین تی (۱۳۸۸)، *طراحی‌های شبکه عصبی*، ترجمه مصطفی کیا، تهران: انتشارات کیان رایانه سبز.

- Callen, T. Chang, D. (1999), "Modeling and forecasting inflation in India, IMF Working Papers", WP/99/119 *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Kansas City.
- Fisher, J. D. M.; Liu, C.T.; Zhou, R. (2002), "When can we forecast Inflation?", *Economic Perspectives*, Federal Reserve Bank of Chicago 26(1), pp.30-42.
- Garner, C. A. (1995), *How useful are leading indicators of Inflation*.
- L. Haupt, Randy (2004), *Practical Genetic Algorithms*, A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- Leigh, D.; Rossi, M. (2002), *Leading indicators of growth and inflation in Turkey*, IMF Working papers, WP/02/231.
- Mitra, S. (2012), "Early warning prediction system for high inflation: an elitist neuro-genetic network model for the Indian economy", *Neural Computing & Applications*, 1-16 Q2, pp. 5-18.
- S. N. Sivanandam, S. N. Deepa (2008), *Introduction to Genetic Algorithms*, Verlag Berlin Heidelberg.

**Stock, J. H.; Watson, M. W.** (1999), "Forecasting inflation", *J Monet Econ* 44(2), pp. 293–335.

**Svensson, L. E. O.; Woodford, M.** (2005), *Implementing optimal policy through inflation-forecast targeting*, In: Bernanke BS, Woodford M (eds) *The inflation targeting debate*. University of Chicago Press: Chicago.

**Thierens, D.** (1997), *Selection schemes, elitist recombination, and selection intensity*, In: Back T (ed) *Proceedings of the seventh international conference on genetic algorithms*: San Francisco, pp. 152–159.