

## بررسی عوامل موثر بر قیمت طلا و ارائه مدل پیش‌بینی بر مبنای شبکه‌های عصبی فازی

تاریخ دریافت: ۱۳۸۳/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۴/۷/۵

لیلا سرفراز<sup>۱</sup>

امیر افسر<sup>۲</sup>

### چکیده

طلا همواره به عنوان فلزی گرانبها مورد توجه بشر بوده است، بنابراین پیش‌بینی قیمت آن از اهمیت فراوانی برخوردار است. در چند دهه گذشته که روشهای ابتکاری و هوش مصنوعی متداول نشده بودند، برای پیش‌بینی قیمت طلا معمولاً از روشهای آماری مانند رگرسیون، ARIMA، نمو هموار، میانگین متحرک و ... استفاده می‌شد. در دهه اخیر با رشد روشهای ابتکاری و هوش مصنوعی، روشهای شبکه‌های عصبی و منطق فازی برای پیش‌بینی قیمت طلا مورد استفاده قرار گرفته و زمینه وسیعی برای تحقیقات آتی فراهم ساخته است. در این تحقیق پس از بررسی اهمیت تاریخی طلا در مالیه بین‌الملل، عرضه و تقاضای طلا و رابطه دلار و طلا، عوامل موثر بر نوسانات قیمت طلا بررسی شده و از روش شبکه‌های عصبی فازی بر مبنای مدل تاکاگی - سوگنو برای پیش‌بینی قیمت طلا استفاده شده است. مقایسه نتایج پیش‌بینی با روش شبکه‌های عصبی فازی با روش رگرسیون نشان دهنده برتری شبکه‌های عصبی فازی در پیش‌بینی قیمت طلا بر روش رگرسیون است.

کلیدواژه‌ها: شبکه‌های عصبی فازی، منطق فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، قیمت طلا، پیش‌بینی

طلا همواره به عنوان فلزی گرانبها مورد توجه بشر بوده است. ارزش زیاد طلا نسبت به وزن و حجم آن، اکسیده نشدن در مقابل هوا، تقسیم‌پذیری بدون از دست دادن ارزش و به راحتی به صورت استاندارد درآمدن، از ویژگی‌های خاص طلاست که بر مقبولیت آن افزوده است. در قرن نوزدهم از طلا به عنوان پول استفاده می‌شد، ولی با رواج پول کاغذی و اعتباری، استفاده از سکه طلا به عنوان پول رایج به تدریج کاهش یافت و نهایتاً در اوایل قرن بیستم از بین رفت. با این حال، طلا همواره به عنوان رقیبی برای پول‌های رایج و جایگزینی برای آنها در ایفای نقش ذخیره ارزش، موقعیت خود را در بحران‌های سیاسی و اقتصادی حفظ کرده است. قاعدتاً پول رایج هر کشور باید علاوه بر وظیفه مبادله پرداخت، به عنوان وسیله ذخیره ارزش نیز مورد استفاده قرار گیرد. در زمان جنگ، انقلاب و تورم شدید، پول رایج یک کشور نمی‌تواند نقش خود را به عنوان ذخیره ارزش به خوبی ایفا نماید؛ چرا که دولتها برای تأمین هزینه‌های جنگ ناگزیر پول‌های بدون پشتوانه تولید چاپ می‌کنند. افزایش حجم پول در گردش و کاهش تولید و انحراف منابع کشور از تولیدات رفاهی به تولیدات جنگی، موجب تورم می‌شود و ارزش پول را کاهش می‌دهد. در این زمان مردم برای حفظ ارزش دارایی خود به طلا روی می‌آورند که ارزش آن با تورم افزایش می‌یابد و به دارنده خود در مقابل تورم منفعت می‌رساند. بنابراین، طلا از دیرباز، به عنوان پول یا شبه پول، به دلیل قدرت نقدشوندگی بالا در سطح جهانی یک دارایی مهم و مقبول بوده است.

قیمت طلا در سطح جهان با توجه به مقدار عرضه و تقاضا برای آن تعیین می‌گردد. تولیدکنندگان طلا\* (معادن)، بانک‌های مرکزی و فروشندگان طلای قراضه از بزرگترین عرضه‌کنندگان طلا به بازارهای جهانی هستند. جواهرسازان، صنعتگران، محرکان شمش طلا و سرمایه‌گذاران از متقاضیان اصلی طلا در بازار به شمار می‌روند. کاربردهای طلا، تولید جواهرآلات، سکه، پول و مصارف صنعتی است. علاوه بر عرضه و تقاضا، عوامل متعدد دیگر از قبیل بحران‌های اقتصادی، تنش‌های سیاسی، بورس بازي، نوسانات نرخ ارزهای کلیدی خصوصاً دلار و نرخ بهره در آمریکا بر قیمت طلا تأثیر می‌گذارند.

برای پیش‌بینی قیمت طلا روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. معمولاً برای این مهم از روش‌های آماری مثل رگرسیون، مدل‌های سری‌های زمانی مانند اتورگرسیون و میانگین متحرک (ARIMA)،<sup>۱</sup> نمو هموار و از این قبیل استفاده می‌کنند. در دهه اخیر با رشد روش‌های فراابتکاری و هوش مصنوعی، استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی و منطق فازی برای پیش‌بینی قیمت طلا مورد توجه قرار گرفته و موضوع تحقیق بسیاری از محققان شده است. اخیراً از ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی که شبکه‌های عصبی فازی<sup>۱</sup> نامیده شده‌اند، به طور متداول به عنوان ابزار تقریبی غیرخطی استفاده می‌شوند و دارای محاسن زیادی در پیش‌بینی، طبقه‌بندی، خوشه‌بندی و تکنیک‌های بهینه‌سازی است. در این تحقیق، ضمن بررسی گذرای عوامل مؤثر بر قیمت طلا و

\* کشورهای آفریقای جنوبی، آمریکا، کانادا، استرالیا و روسیه از تولیدکنندگان عمده طلا هستند.

بررسی موقعیت آن در جهان و ایران، مدل سازی پیش‌بینی قیمت طلا با استفاده از دو روش رگرسیون و روش شبکه‌های عصبی فازی ارائه شده است.

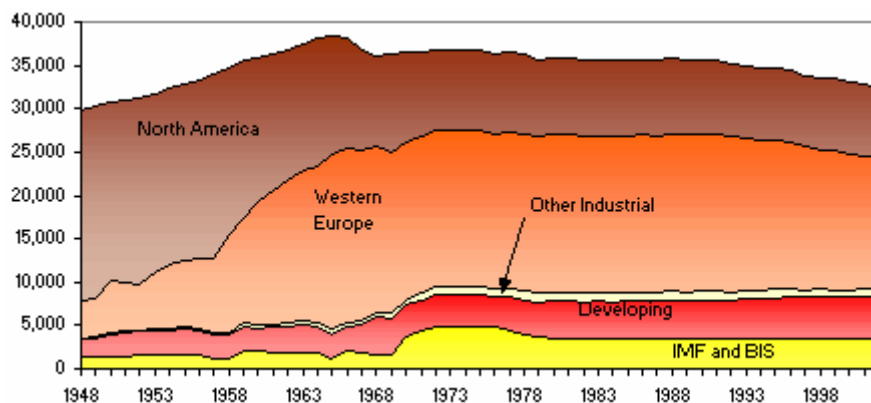
## ۲- موقعیت بین‌المللی طلا

طلا به عنوان پولی با ارزش ذاتی که مورد قبول همگان بود و حرکت سریع سرمایه و کالا را موجب می‌شد، در نظام پایه طلا (سالهای ۱۹۱۴-۱۸۸۰) دورانی شکوفا و درخشان را سپری کرد و به دور از محدودیتهای ارزی و تجاری باعث گسترش تجارت بین‌المللی گردید. بانکهای مرکزی سعی در انباشت ذخایر طلاي خود داشتند. ذخایر رسمي طلاي بانکهای مرکزی از ۷۰۰ تن در سال ۱۸۷۰ به ۸۰۰۰ تن در سال ۱۹۱۳ افزایش یافت. در سال ۱۹۱۳ ذخایر طلاي بانکهای مرکزی آمریکا ۲۲۹۳ تن، روسیه ۱۲۳۳ تن، فرانسه ۱۰۳۰ تن و آلمان ۴۳۹ تن برآورد شده است. [۲۴]

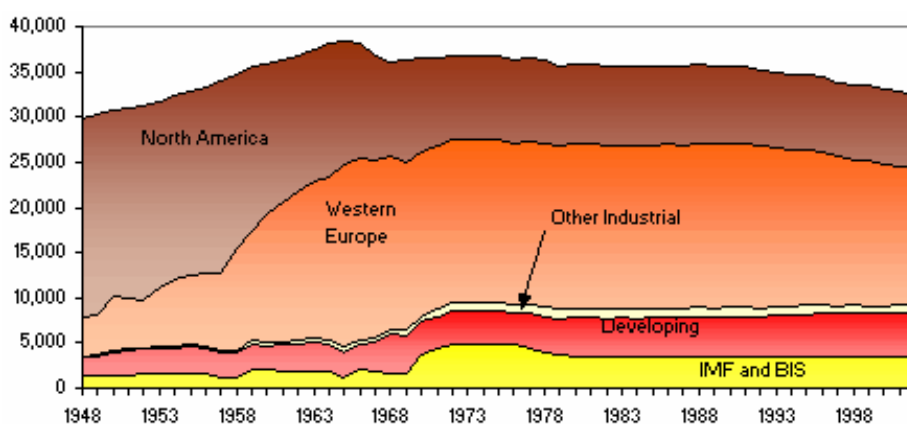
جنگ جهانی اول موجب اختلال در نظام پایه طلا گردید. با بروز رکود بزرگ در آمریکا طی سالهای ۱۹۲۸-۳۳، تلاش برای نگهداری نظام پایه طلا بی‌نتیجه ماند. هر چند نظام پایه طلا از بین رفت ولی طلا همواره به عنوان يك ذخیره بین‌المللی با ارزش، اهمیت تاریخی خود را در مقابل تورمها، جنگها و انقلابها حفظ کرده است.

در فاصله دو جنگ جهانی، تراکم ذخایر رسمي طلا در بانکهای مرکزی به عنوان سلاحي در مقابل رقابت‌های اقتصادی و وسیله‌ای برای کسب امنیت مالی در دنیای بی‌ثبات افزایش یافت. در سال ۱۹۳۴، روزولت رئیس جمهور وقت آمریکا ارزش دلار را در مقابل طلا کاهش داد و موجب شد نرخ طلا از ۲۰/۶۷ دلار در هر اونس به ۳۵ دلار در هر اونس افزایش یابد. این افزایش رسمي نرخ طلا موجب فروش مقدار زیادی طلاي دنیا به آمریکا شد. در نتیجه دارایی طلاي رسمي در آمریکا از ۶۰۰۰ تن در سال ۱۹۲۵ به ۱۸۰۰۰ تن در آخر جنگ جهانی دوم افزایش یافت و آمریکا ۶۵٪ طلاي رسمي جهان را صاحب شد [۲۴].

بعد از جنگ جهانی دوم، طلا در کنار دلار به عنوان ذخیره قدرتمند بین‌المللی در سیستم برتن وودز، نقش قابل ملاحظه‌ای در مالیه بین‌الملل ایفا نمود. نمودار ۱ ذخایر رسمي طلا را در دوره ۲۰۰۲-۱۹۴۸ نشان می‌دهد. همزیستی طلا و دلار در سیستم برتن وودز موجب گردید این سیستم، "سیستم دلار-طلا" نیز نامیده شود [۹]. در سیستم برتن وودز کشورهای عضو می‌توانستند سهم خود را به صورت طلا یا دلار به بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول پرداخت نمایند. طبق اساسنامه برتن وودز، بانک مرکزی آمریکا



متعهد به تبدیل دلار بانکهای مرکزی کشورهای عضو سیستم برتن وودز به طلا با نرخ ۳۵ دلار در هر اونس بود.



منبع: شورای طلای جهانی (World Gold Council)

نمودار ۱: ذخایر رسمی طلا در دوره ۱۹۴۸ - ۲۰۰۲ (تن)

هر چند تا اواسط دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰، دلار به عنوان پولی منحصر بفرد در مالیه بین‌الملل مطرح بود، ولی از اواسط دهه ۱۹۵۰ و خصوصاً در دهه ۱۹۶۰، به دلیل کسری تراز پرداختهای آمریکا و تبدیل‌پذیری و قوی شدن پول برخی کشورهای صنعتی، امتیاز آن به عنوان تنها پول کلیدی و قدرتمند مورد تردید قرار گرفت. در این زمان بود که طلا به عنوان رقیب و جایگزین قدرتمند دلار برای ذخیره ارزش خودنمایی کرد. سوداگران با پیش‌بینی تنزل ارزش دلار در آینده به سمت طلا هجوم آوردند. ده کشور صنعتی غرب با کمک آمریکا، اتحادیه طلا را در حمایت از دلار و برای جلوگیری از تنزل ارزش دلار در مقابل طلا ایجاد کردند. بدین‌سان ارزش دلار در مقابل طلا به طور موقت تثبیت شد. تداوم کسری تراز پرداختهای آمریکا و کاهش ذخایر طلای آن موجب گردید که

ذخیره طلاي رسمي فدرال رزرو آمريکا از ۲۰ هزار تن در سال ۱۹۵۰ به ۹ هزار تن در سال ۱۹۷۱ کاهش يابد [۲۴، ۲۰۰۴].

سقوط سيستم برتن وودز به دليل اعلام تعليق‌پذيري طلا در برابر دلار از سوي نيكسون رئيس جمهور آمريکا در سال ۱۹۷۱ موجب هرج و مرج در بازارهاي مالي جهان گرديد. بي‌اعتمادی نسبت به دلار موجب افزايش و بروز نوسانات شديد قيمت طلا در جهان شد به طوري که قيمت بازاری طلا در طول دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۹۰ بين ۲۰۰ و ۸۰۰ دلار در هر اونس در نوسان بود [۹].

در اول ژانويه ۱۹۷۵، با فشار آمريکا، صندوق بين‌المللي پول قيمت رسمي طلا را به عنوان واحد محاسبه در سيستم پولي بين‌المللي از بين برد و استفاده از طلا در صندوق بين‌المللي پول ممنوع گرديد. در کنفرانس جامائیکا در سال ۱۹۷۶ مقرر شد يك سوم طلاي صندوق به فروش رسد [۷]. در سال ۱۹۷۸ صندوق بين‌المللي پول وابسته کردن پولهاي رایج کشورها به طلا را ممنوع اعلام کرد و نوعي جو ضد "استاندارد طلا" ایجاد نمود. نتیجه آن که تسلط آمريکا بر صندوق بين‌المللي پول و بانک جهاني موجب سلب نقش پولي از طلا گرديد و مقرر شد طلاهاي صندوق بين‌المللي پول و بانک جهاني طی حراج‌هاي متوالي به فروش رسد. در دهه‌هاي ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ بانکهاي مرکزي مجدداً ميزان موجودي طلا در ذخاير خارجي خود را بررسی کردند. [۷]. همچنان که در جدول ۱ مشاهده مي‌شود، در بانکهاي مرکزي و مؤسسات مالي بين‌المللي درصد ذخاير طلا به کل ذخاير خارجي از ۶۳/۴ درصد در سال ۱۹۸۰ به ۱۵/۹ درصد در سال ۱۹۹۷ کاهش يافته است. از آنجا که به طلا عايدی تعلق نمی‌گیرد (به استثنای عايدی کمی که نصیب بانکهاي مرکزي شرکت کننده در بازار وام دهی می‌شود) برخی بانکهاي مرکزي ذخاير طلاي رسمي خود را بين سالهاي ۱۹۸۰ و ۱۹۹۹ حدود ۱۰ درصد کاهش دادند.

## جدول ۱ - کل ذخایر ارز و طلای بانکهای مرکزی و مؤسسات مالی بین‌المللی

(میلیارد دلار)

سال	ذخایر طلا	ذخایر ارزی	درصد ذخایر طلا به کل ذخایر خارجی ۱۹۹۹
۱۹۷۰	۴۴/۰	۵۶	۴۳/۹
۱۹۷۵	۱۶۵/۴	۱۸۶	۴۷/۱
۱۹۸۰	۶۷۹/۲	۴۱۰	۶۲/۴
۱۹۸۵	۳۷۵/۲	۴۴۵	۴۵/۸
۱۹۹۰	۴۳۰/۳	۹۰۷	۳۲/۷
۱۹۹۵	۴۳۰/۵	۱۴۱۲	۲۳/۴
۱۹۹۷	۳۱۶/۲	۱۶۷۹	۱۵/۹
۱۹۹۸	۳۰۹/۷	۱۷۳۲	۱۵/۲
۱۹۹۹	۳۱۱/۸	۱۸۲۴	۱۴/۶
اکتبر ۲۰۰۰	۲۸۶/۴	۱۹۶۰	۱۲/۷

مأخذ: Gold in the Official Sector 2001

## ۳- رابطه طلا و دلار

دلار در قیمت‌گذاری طلا در بازارهای جهانی نقش غالب دارد [۸]. معاملات طلا در هر جای دنیا انجام گیرد، ارزش آن بر حسب دلار و یا به صورت پول ملی کشور مزبور تعیین می‌شود. چنانچه ارزش طلا بر حسب پول ملی یک کشور تعیین گردد، این محاسبه از طریق نرخ برابری دلار و پول ملی، و دلار و طلا تعیین می‌شود. به عنوان مثال، اگر هر اونس طلا برابر ۳۵۰ دلار آمریکا باشد، قیمت آن در ژاپن برابر با مقدار ین معادل ۳۵۰ دلار و در اروپا برابر مقدار یورو معادل ۳۵۰ دلار است [۱۱]. بنابراین ارزش طلا در جهان بر اساس نرخ برابری آن با دلار و نرخ برابری دلار با پول ملی یک کشور تعیین می‌شود. در نتیجه قیمت طلا علاوه بر سایر عوامل مرتبط، متأثر از ارزش دلار نیز هست. ارزش دلار خود تحت تأثیر مسائل داخلی و خارجی آمریکا، کسری تراز پرداخت، کسری بودجه، نرخ تورم و نرخ بهره (سیاست‌های پولی و مالی آمریکا) و سیاست خارجی این کشور قرار دارد.

از شروع سیستم برتن وودز تا سال ۱۹۷۱ رابطه برابری طلا و دلار (طبق اساسنامه سیستم برتن وودز) برابر ۳۵ دلار در هر اونس طلا بود [۶]. نوسان نرخ برابری ارزهای مختلف نسبت به دلار نیز نمی‌توانست از حد مجاز  $\pm 1\%$  درصد در روز تجاوز نماید. بنابراین می‌توان گفت نرخ رسمی طلا، دلار و ارزهای گوناگون از ثبات نسبی برخوردار بوده است.

پس از فروپاشی سیستم برتن وودز، کسری تراز پرداخت‌های آمریکا و کاهش ذخیره طلای بانک مرکزی آمریکا موجب تضعیف دلار در مقابل طلا گردید. در دوران برتن وودز تعهد بانک‌های مرکزی کشورهای عضو صندوق بین‌المللی در مورد تثبیت نرخ دلار و ایجاد اتحادیه طلا در دهه

۱۹۶۰، مانع از تأثیرگذاری سیاست‌های داخلی آمریکا بر نرخ دلار در مقابل طلا می‌شد و با تلاش بانک‌های مرکزی کشورهای اروپایی در اتحادیه طلائی لندن، ارزش دلار در مقابل طلا به طور مصنوعی تا سال ۱۹۷۱ بالا نگه داشته شده بود و همچنان هر اونس طلا معادل ۳۵ دلار بود. این نرخ همان نرخ سال‌های آخر جنگ جهانی دوم بود، در حالی که آمریکا دیگر موقعیت قبل را در اقتصاد بین‌الملل نداشت و این نرخ قدرت خرید واقعی دلار نبود.

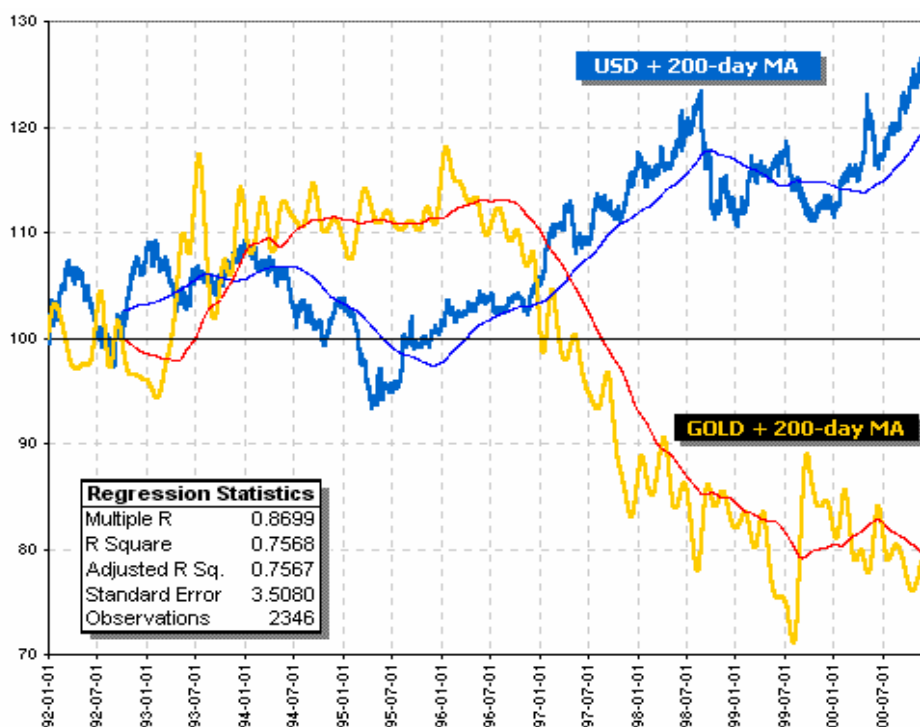
از اواسط دهه ۱۹۷۰ با ایجاد سیستم نرخ‌های شناور ارشادی در صندوق بین‌المللی پول و از بین رفتن سیستم نرخ‌های ثابت، رابطه برابری دلار و طلا دچار نوسانات شدید گردید.

در سال ۱۹۷۹ بازار طلا متشنج و ناآرام بود و قیمت طلا در حدود ۲۷ درصد در مقابل دلار افزایش یافت [۱۴]. بهای طلا در سال ۱۹۸۲ به دلیل استحکام دلار و بالا بردن نرخ‌های بهره در آمریکا همواره سیر نزولی داشت و این کاهش همچنان در سال‌های ۱۹۸۴ (۱۵ درصد نسبت به ۱۹۸۳) و ۱۹۸۵ (۱۶ درصد نسبت به سال ۱۹۸۴) ادامه یافت [۱۵] و در اواسط ۱۹۸۵ به ۳۱۰ دلار در هر اونس رسید [۴].

افزایش تقاضای غیرپولی طلا سبب شد متوسط قیمت این فلز طی سال ۱۹۸۶ با ۱۵/۹ درصد افزایش به ۳۶۸ دلار در هر اونس برسد. ترکیبی از عوامل ناهمگن مانند ضعف مداوم دلار، نرخ‌های بهره پایین، رشد شدید پولی، ترس از اوج‌گیری مجدد تورم و ضرب سکه‌های طلائی یادبود سالگرد شصتمین سال سلطنت هیرو هیتو امپراطور ژاپن، باعث افزایش تقاضای غیرپولی طلا در سال ۱۹۸۶ گردید. این شرایط قیمت هر اونس طلا را از حدود ۳۲۰ دلار در اوایل دسامبر ۱۹۸۶ به ۴۷۰ دلار در هفته سوم ماه مه ۱۹۸۷ و ۵۰۰ دلار تا پایان سال ۱۹۸۷ رسانید [۵]. در فوریه ۱۹۸۷ ملاقات گروه هفت در پاریس منجر به انعقاد معاهده لوور شد که طبق آن اعلام گردید دلار به اندازه کافی تنزل یافته است (۴۰ درصد از سال ۱۹۸۵) و کشورهای این گروه بر همکاری نزدیک برای تثبیت دلار تأکید کردند. این گروه خواستار افزایش نرخ بهره و کاهش کسری بودجه آمریکا بودند. در اوایل سال ۱۹۸۸ کنگره آمریکا و کاخ سفید با کاهش بودجه موافقت کردند و تنزل ارزش دلار ناگهان متوقف گردید.

رابطه بین دلار آمریکا و طلا در سال‌های اخیر تنگاتنگ بوده است. چنانکه در نمودار ۲ نشان داده شده، تضعیف دلار همواره باعث افزایش قدرت طلا و ترقی دلار موجب تنزل قیمت طلا بوده است.

طلا از زمانی که به سطح ۲۵۰ دلار در هر اونس تنزل کرد، تا اگوست ۱۹۹۹ افزایشی معادل ۵۷ درصد داشته است. نیک باریشرف رئیس صندوق طلائی هزاره<sup>۱</sup>، رشد عرضه پول آمریکا در طول ۳۰ سال را عامل کاهش نرخ دلار می‌داند. او می‌گوید از سال ۱۹۷۵ عرضه پول آمریکا ۱۳۰۰ درصد افزایش داشته است. مقدار افزایش عرضه پول در سال ۲۰۰۲ برابر با تمام مقدار عرضه پول در اقتصاد آمریکا در سال ۱۹۷۵ بود [۱۷].



منبع: شورای طلای جهانی (World Gold Council)

نمودار ۲: نوسانات قیمت طلا و دلار (در مقابل ارزهای عمده)

#### ۴- موقعیت طلا در ایران

اشخاص معمولاً در صورت فعال و کارآ بودن بازارهای مالی، دارایی‌های خود را به صورت دارایی‌های مالی<sup>۱</sup> و در صورت وجود تورم به صورت دارایی‌های واقعی<sup>۲</sup> نگهداری می‌کنند. در یک اقتصاد پویا انتقال وجوه در خانوارها از طریق بازارهای مالی (بانکها، بازار سهام و سایر مؤسسات مالی از قبیل صندوق پس‌انداز و وام، شرکت‌های بیمه، صندوق‌های بازنشستگی) به بنگاه‌ها موجب رشد اقتصادی و افزایش اشتغال می‌گردد. در کشورهایی که بازارهای مالی خصوصاً بازار سهام پیشرفته و فعال وجود ندارد یا نهادینه نشده است و ارزش پول نیز به دلیل تورم مداوم کاهش می‌یابد، مردم برای جلوگیری از زیان‌های ناشی از تورم، دارایی‌های خود را به صورت واقعی (غیر مولد) پس‌انداز می‌کنند. یکی از این نوع دارایی‌ها که قابلیت نقدشوندگی بالایی نیز دارد طلاست که در ایران همواره به عنوان پس‌اندازی مطلوب در جامعه با استقبال روبه‌رو بوده است. از نظر تاریخی نداشتن امنیت اجتماعی به خصوص برای زنان، نگرانی از آینده، و ارزش ذاتی و قدرت نقدشوندگی زیاد طلا باعث شده است این فلز گرانبها در ایران از دیرباز به عنوان قسمتی از پس‌انداز خانوارها برای روز مبادا

1- Financial Assets

2- Real Assets



مورد استفاده قرار گیرد. در دوره‌های مختلف این مسأله صادق بوده است. حتی در جنگ ایران و عراق خانواده‌هایی که از مناطق جنگی به سایر نقاط کشور منتقل می‌شدند با داشتن مقداری طلا می‌توانستند حداقل برای مدتی تأمین باشند. علاوه بر این، عواملی مانند علاقه به استفاده از طلا به عنوان زیورآلات در جامعه ایران و بالا بودن عیار آن (نسبت به عیار طلا در برخی کشورهای صنعتی مانند آمریکا)، لزوم خرید طلا برای مراسم ازدواج و بالا بودن میزان ازدواج در ایران موجب استفاده زیاد از این فلز در کشور گردیده است. تورم‌های شدید ناشی از انقلاب و جنگ تحمیلی نیز موقعیت را برای روی آوردن صاحبان پولهای سرگردان به طلا فراهم آورده است.

#### ۵- شبکه‌های عصبی و شبکه‌های عصبی فازی

در طی دهه اخیر شاهد حضور موفق شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۱</sup> بوده‌ایم. ایده آموزش برای حل مسائل شناسایی الگوهای پیچیده با استفاده از دیدگاه عامل‌های داده هوشمند برای محققان دانشگاهی بسیار چالش‌برانگیز شده است. شبکه‌های عصبی ابزار محاسباتی ساده‌ای برای آزمون داده‌ها و ایجاد مدل از ساختار داده‌هاست. داده‌هایی که برای ایجاد مدلها استفاده می‌شوند، به داده‌های آموزشی مشهور هستند. هر گاه شبکه عصبی از داده‌های آموزشی برای یادگیری الگوهای موجود در داده‌ها استفاده کند، می‌تواند آنها را برای دستیابی به خروجی‌ها و نتایج مختلف به کار بگیرد.

انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی مصنوعی با توجه به اهداف تحقیق می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند که یکی از معروفترین آنها، شبکه عصبی چندلایه پیشخور<sup>۲</sup> (MFNN) است. شبکه عصبی چندلایه پیشخور، مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده با استفاده از ناظر است. طبق مطالعات اخیر [۲۳]، بیش از پنجاه درصد مطالعات کاربردی بازرگانی شبکه عصبی گزارش شده، از شبکه‌های عصبی چندلایه پیشخور (MFNN ها) با قوانین الگوریتم یادگیری پس انتشار استفاده کرده‌اند. این نوع شبکه عصبی به دلیل کاربردهای گسترده در بسیاری از ابعاد مسائل مربوط به مدیریت، مانند پیش‌بینی اصولی، طبقه‌بندی و مدلسازی، بسیار محبوب است. MFNN برای حل مسائلی که شامل یادگیری ارتباط بین یک مجموعه ورودی‌ها و خروجی‌های مشخص هستند، مناسب است و در حقیقت یک تکنیک آموزش با استفاده از ناظر برای یادگیری ارتباطی بین داده‌ها با استفاده از مجموعه داده‌های آموزش است.

الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا<sup>۳</sup> بدین صورت است که برای یک الگوی ورودی داده شده، شبکه یک خروجی  $Z_k$  (یا مجموعه‌ای از خروجی‌ها) ایجاد می‌کند و این واکنش را با واکنش مطلوب هر عصب  $d_k$  مقایسه می‌کند. این مقدار برای مسائل پیش‌بینی، مقداری پیوسته می‌باشد. وزنه‌های شبکه سپس برای صحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح می‌شوند و الگوی بعدی نمایان می‌شود. اصلاح وزنه‌ها به طور پیوسته در این روال ادامه می‌یابد تا زمانی که کل خطاها از سطح از پیش تعیین شده کمتر شود. [۱۴، ۱۸، ۲۲]. دلیل این که تأثیر این به‌روزرسانی ورودی‌ها به صورت تدریجی مجزور

1- Artificial Neural Networks

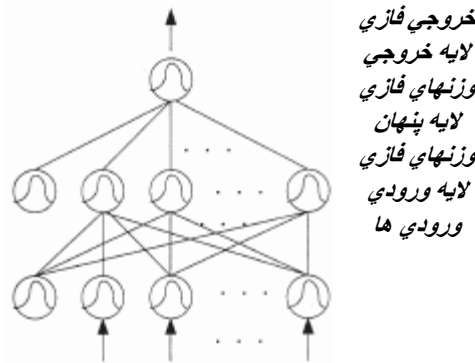
2- Multilayered Feedforward Neural Network

1- Backpropagation

میانگین خطا (MSE) را به حداقل می‌رساند، این است که تمامی الگوهای ورودی، متکی بر این هستند که الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا، گرادیان نزولی در تابع خطا دارد.

به طور کلی، شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مقصودی که ما از آن استفاده می‌کنیم، توانایی چندانی برای توسعه یک مدل در زمانی منطقی را ندارد. از سوی دیگر، مدل سازی فازی برای کاربرد ادغام تصمیمات از متغیرهای متفاوت، نیازمند یادگیری از تجربیات و داده‌های جمع آوری شده است. از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل فازی در بسیاری از زمینه‌های کاربردی استفاده شده است و هر یک از آنها دارای محاسن و معایبی هستند. بنابراین، ترکیب موفقیت‌آمیز این دو دیدگاه و مدل سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی و فازی، موضوع مطالعات آتی قرار گرفته است.

با ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی، موفق به اجرای یک سیستم فازی شده‌ایم که قابلیت یادگیری داشته باشد. این سیستم به این صورت عمل می‌کند: در هر دور آموزش، هنگام حرکت رو به جلو خروجی‌های گره‌ها به صورت عادی تا لایه آخر محاسبه می‌شوند و سپس پارامترهای نتیجه توسط روش کمترین مجموع مربعات خطا محاسبه می‌شوند. در ادامه پس از محاسبه خطا در بازگشت رو به عقب نسبت خطا روی پارامترهای شرط پخش؟ شده و با استفاده از روش شیب نزولی؟ خطا مقدار آنها تصحیح می‌شود. ساختارهای مختلفی برای اجرای یک سیستم فازی توسط شبکه‌های عصبی پیشنهاد شده‌اند که یکی از پر قدرتمندترین آنها، سیستم استدلال عصبی فازی مصنوعی<sup>۱</sup> (ANFIS) است که توسط Jaris ابداع گردیده است [۱۰, ۱۲, ۱۳]. معماری سیستم استدلال عصبی فازی مصنوعی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: معماری شبکه عصبی فازی

روش آموزش اصلی ANFIS روش پس انتشار خطا است. در این روش با استفاده از الگوریتم تندترین شیب نزولی، مقدار خطا به سمت ورودی‌ها پخش می‌گردد و پارامترها تصحیح می‌شوند. تفاوت اصلی شبکه‌های عصبی فازی با شبکه‌های عصبی مصنوعی در آن است که وزنهای شبکه‌های عصبی فازی، به صورت فازی تعریف شده و به صورت قطعی در نظر گرفته نمی‌شوند.

#### ۶- مدل سازی پیش‌بینی

برای مدل سازی پیش‌بینی قیمت طلا در این تحقیق از دو روش رگرسیون و روش شبکه‌های عصبی فازی استفاده شده است. نحوه مدل سازی در بخش‌های ۶-۱ و ۶-۲ ارائه شده است.

#### ۶-۱- پیش‌بینی با روش رگرسیون

هرچند قیمت طلا در ایران تحت تأثیر قیمت طلای جهانی است، ولی نوسانات قیمت طلا در کشور تابع عوامل متعدد داخلی، شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی نیز هست. برای تعیین عوامل مؤثر بر نوسانات قیمت طلا در کشور ( $P_d$ ) علاوه بر متغیر مستقل قیمت طلای جهانی ( $P_w$ )، از شاخص قیمت سهام بازار بورس تهران، شاخص بهای خرده‌فروشی (CPI) و نرخ برابری دلار و ریال (\$) به عنوان متغیرهای مستقل استفاده شده است. با توجه به ثابت بودن نرخ سود بانکی در کشور در این دوره، این نرخ به عنوان عاملی مؤثر برای تصمیم‌گیری در خرید طلا مورد استفاده قرار نگرفته است.

برای به دست آوردن چگونگی رابطه بین متغیرهای  $P_s$ ، CPI،  $P_w$  و \$ با متغیر وابسته قیمت داخلی طلا ضرایب همبستگی بین آنها محاسبه شده است. (جدول ۳)

جدول ۳ - ضرایب همبستگی

$P_s$	$P_w$	Dollar	CPI	$P_d$	
۰/۸۵۰	۰/۹۵۰	۰/۴۰۸	۰/۷۴۲	۱	ضریب همبستگی پیرسون $P_d$
۰/۶۴۹	۰/۷۵۷	-۰/۱۰۹	۱	۰/۷۴۲	ضریب همبستگی پیرسون CPI

چنان که مشاهده می‌شود، بیشترین ضریب همبستگی بین قیمت داخلی طلا و قیمت جهانی طلاست. این نتیجه دور از انتظار نیست؛ زیرا قیمت جهانی طلا عامل تعیین‌کننده‌ای در قیمت داخلی طلاست؛ هر چند تنها عامل نمی‌باشد. کمترین ضریب همبستگی بین دلار و قیمت داخلی طلاست چون سیاست‌های دولت در طول دوره مورد بررسی بر مبنای تثبیت بازار دلار بوده است. با توجه به بالا رفتن نرخ تورم (تقریباً دو برابر شدن آن) در مدت سه سال مورد بررسی، چنانچه دولت سعی در تثبیت نرخ دلار نمی‌کرد، قطعاً تقاضا برای دلار به عنوان جانشینی برای ریال و وسیله‌ای برای حفظ ارزش دارایی افزایش می‌یافت. در جدول فوق ضریب همبستگی بین شاخص قیمت سهام ( $P_s$ ) و نرخ تورم (CPI) زیاد است که خود مانع از مشخص شدن که تأثیر تورم و پیش‌بینی تورم در آینده می‌شود که نقش بسزایی در افزایش قیمت داخلی طلا دارد. با انجام دادن تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی و تعیین ضرایب رگرسیون، CPI به عنوان دومین عامل اساسی در تعیین قیمت داخلی طلا معرفی می‌گردد. خروجی رگرسیون خطی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: خروجی تحلیل رگرسیون خطی

Sig	T	$\beta$	B	$R^2$	R	متغیر
۰/۰۰۳	-۳/۱۹۰		-۸۲۷۴۴۷/۹	۰/۹۳۰	۰/۹۶۴	مقدار ثابت
۰/۰۰۱	۴/۴۱۰	۰/۵۳۶	۴۲۲/۲۵۱			$P_w$
۰/۰۱۰	۲/۷۰۸	۰/۲۲۸	۴۰۹/۳۹۶			CPI
۰/۰۲۱	۲/۴۰۹	۰/۲۰۲	۳۰/۱۸۷			$P_s$
۰/۰۰۲	۳/۳۱۴	۰/۱۹۸	۱۲۰/۱۹۵			Dollar \$

معادله رگرسیون زیر نشان می‌دهد که ۹۳ درصد قیمت داخلی طلا تابع خطی از  $P_s$ ، CPI،  $P_w$  و دلار است.

$$\hat{P}_d = ۸۲۷۴۴۷/۹ + ۱۴۲۲/۲۵۱ P_w + ۴۰۹/۳۹۶ CPI + ۳۰/۱۸۷ P_s + ۱۲۰/۱۹۵ \$$$

چنان که در جدول مشاهده می‌شود، تمام عوامل قدرت پیش‌بینی معنی داری دارند. از میان متغیرهای فوق، بعد از قیمت جهانی طلا، عمده‌ترین عامل مؤثر بر قیمت داخلی طلا، نرخ تورم است.

#### ۲-۶- پیش‌بینی با روش شبکه‌های عصبی فازی

در طراحی مدل شبکه‌های عصبی فازی از شبکه عصبی چندلایه پیشخور (MFNN) با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و سیستم استنتاج فازی تاکاگی سوگنو<sup>۱</sup> استفاده شد. برای طراحی سیستم بهینه شبکه عصبی فازی، از طریق تغییر مداوم تعداد لایه‌ها و تعداد نرون‌های لایه‌های پنهان، توپولوژی مناسب شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفت. توپولوژی مناسب شبکه عصبی این تحقیق

به صورت سه‌لایه شامل لایه‌های ورودی، پنهان و خروجی است که تعداد نرونهای آن (۱) ۳۵ است. از طریق تغییر مداوم توابع عضویت مختلف و تعداد توابع عضویت نیز سیستم مناسب پایگاه استنتاج فازی طراحی شد. تعداد توابع عضویت استفاده شده در این تحقیق، ۱۰۰ تابع می‌باشد و برای تابع ورودی از تابع "تفاوت دو تابع سیگموئید"<sup>۱</sup> (که یکی از توابع متداول است) و برای تابع خروجی از تابع خطی و برای غیرفازی نمودن از تابع میانگین موزون استفاده گردید.

تعداد داده‌های سری زمانی ورودی تحقیق ۵۲۰ عدد می‌باشد که ۵۰ درصد از آنها به عنوان داده‌های آموزشی، ۲۵ درصد به عنوان داده‌های آزمایشی و ۲۵ درصد به عنوان داده‌های اعتبارسنجی (واسنجی) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. استفاده از داده‌های اعتبارسنجی، صحت پیش‌بینی و پاسخگویی شبکه را تضمین می‌کند، بدین مفهوم که از انطباق بیش از حد<sup>۲</sup> داده‌ها جلوگیری می‌کند. برای جلوگیری از گیر کردن شبکه در نقاط کمینه محلی، در این تحقیق از دو روش استفاده شده است که عبارتند از: (۱) شبکه با استفاده از وزنه‌های تصادفی مختلفی آموزش داده شده و بهترین پاسخ شبکه انتخاب می‌شود و (۲) زمانی‌که روش بهبود نسبی به یک پاسخ اقناع کننده رسید، یک بار دیگر شبکه از همان پاسخ دوباره اجرا می‌شود.

برای مسائل پیش‌بینی، از برخی معیارهای عملکرد برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباط‌های داده‌ها در شبکه عصبی فازی استفاده می‌شود که عمدتاً مربوط به خطای بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی مطلوب واقعی است. در این تحقیق از شش معیار استفاده شده است که سه مورد اول از خانواده محاسبات میانگین خطای استاندارد هستند: مربع میانگین خطای استاندارد (MSE)، مربع مجذور میانگین خطا (RMSE)، و مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده (NMSE). خطاها برای جریمه کردن خطاهای بزرگ و برای خنثی کردن اثر مقادیر مثبت و منفی تفاوتها به توان دو رسیده‌اند.  $R^2$  ضریب تعیین است و در ارتباط با NMSE است و NMSE مساوی است با  $1-R^2$ . مقدار  $R^2$  بین صفر تا یک است و مقدار یک نشان‌دهنده تطابق کامل داده‌هاست، در حالی‌که مقدار صفر نشان‌دهنده عملکردی است که می‌توان از استفاده میانگین مقدار خروجی واقعی به عنوان مبنای پیش‌بینی‌ها انتظار داشت. میانگین قدر مطلق خطا (MAE) نیز معیار بعدی در مورد خطای مطلق است. از آنجا که هر یک از معیارهای ارزیابی عملکرد، جنبه خاصی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد، برای ارزیابی عملکرد شبکه از هر پنج معیار فوق استفاده شده است. نتایج معیارهای ارزیابی عملکرد مختلف در جدول ۵ آورده شده است.

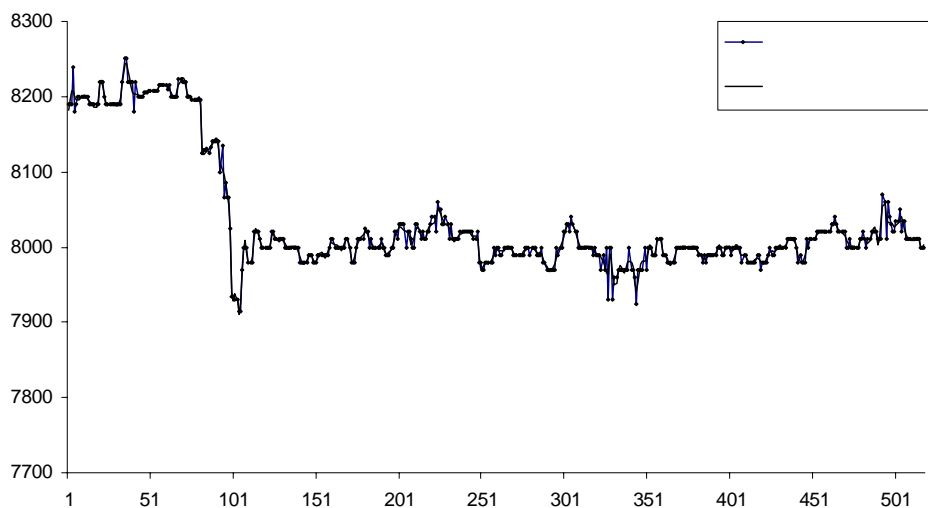
جدول ۵: مقادیر معیارهای ارزیابی عملکرد برای روش شبکه‌های عصبی فازی

روش پیش‌بینی	RMSE	MSE	NMSE	MAE	$R^2$
شبکه‌های عصبی فازی	۶/۸۲۶۲	۴۶/۵۹۷۶	۰/۰۰۷۷	۴/۴۰۹۱	۰/۹۹۲۳

2- Difference of two sigmoid

3 Over fitting

مقایسه نتایج پیش‌بینی بر مبنای شبکه‌های عصبی فازی و مقادیر واقعی در شکل ۵ نشان داده شده است. مقادیر پیش‌بینی در اکثر نقاط منطبق بر مقادیر واقعی هستند.



نمودار ۶: مقایسه نتایج پیش‌بینی شبکه‌های عصبی فازی و مقادیر واقعی

همان‌طور که در روش رگرسیون در بخش ۶-۱ نشان داده شد، معادله رگرسیون می‌تواند ۹۳ درصد از تغییرات قیمت داخلی طلا را پیش‌بینی کند، اما روش شبکه‌های عصبی فازی همان‌طور که در بخش ۶-۲ نشان داده شد، می‌تواند ۹۹/۲۳ درصد از تغییرات قیمت داخلی طلا را پیش‌بینی کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شبکه‌های عصبی فازی نسبت به رگرسیون توانایی بالاتری در پیش‌بینی تغییرات قیمت طلا دارد.

#### ۷- بحث در پیش‌بینی قیمت طلا در آینده

تصمیمات بانکهای مرکزی در مورد خرید و فروش طلا نقش بسزایی در آینده قیمت طلا در سطح جهان ایفا می‌کند و شواهد نشان می‌دهد که قیمت طلای جهانی در آینده نه تنها کاهش نخواهد یافت بلکه احتمالاً روند صعودی خواهد داشت. به عنوان مثال، نماینده بانک مرکزی چین در کنفرانس طلا در جهان اعلام کرد: چین که هم‌اکنون نقش ناچیزی در دنیای طلا ایفا می‌کند، در آینده طلای بیشتری را برای ذخایر بانک مرکزی خود خواهد خرید. در سالهای اخیر نیز چین دارایی طلای خود را به میزان  $\frac{1}{3}$  افزایش داده است [۱۶]. از سوی دیگر به دلیل ناچیز بودن سهم طلا در ذخایر خارجی بانکهای مرکزی، به احتمال بسیار زیاد این بانکها تمایل چندانی به فروش ذخایر طلای خود نشان

خواهند داد [۱]. افزایش قیمت جهانی طلا در آینده به میزان قابل توجهی بر قیمت طلا در ایران تأثیر خواهد گذاشت. با توجه به شرایط تورمی موجود، افزایش قیمت طلا می‌تواند بر تورم داخلی دامن زند و اثرات تورمی نیز موجب تشدید بیشتر قیمت طلا در کشور گردد.

#### ۸- نتیجه‌گیری

قیمت طلا در ایران نه تنها تحت تأثیر قیمت جهانی طلاست بلکه عوامل داخلی و بخصوص تورم نقش قابل توجهی در نوسانات قیمت داخلی طلا ایفا می‌کند. تورم مزمن در کشور و انتظارات تورمی ناشی از افزایش متوالی حجم پول در گردش موجب افزایش بی‌رویه قیمت طلا در کشور می‌گردد. تنزل ارزش پول و روی آوردن صاحبان پولهای سرگردان به طلا به عنوان وسیله ذخیره ارزش موجب تضعیف ارزش ریال می‌شود.

مهار تورم به وسیله کاهش تدریجی و مداوم نرخ عرضه پول در بلندمدت می‌تواند اعتماد مردم نسبت به ریال را افزایش دهد و موجبات تمایل بیشتر مردم به نگهداری پول ملی و پس‌انداز در بازارهای مالی را فراهم نماید. با ایجاد زمینه‌های مساعد سرمایه‌گذاری و افزایش پس‌اندازهای داخلی، مشکل بیکاری نیز به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت.

در این تحقیق با استفاده از روشهای شبکه‌های عصبی فازی و رگرسیون، پیش‌بینی قیمت طلا انجام شده است و نتایج تحقیق نشان گر آن است که شبکه‌های عصبی فازی نسبت به رگرسیون توانایی بالاتری در پیش‌بینی قیمت طلا دارد. از آنجا که سیستم شبکه‌های عصبی فازی نیازمند داده‌های صریح و قطعی نیست و نمونه بزرگی از داده‌ها را نیاز ندارد، می‌تواند پیش‌بینی خوبی از قیمت طلا ارائه دهد و اطمینان می‌دهد این روش نسبت به روش‌های کلاسیک پیش‌بینی مناسبتر است.

## فهرست منابع

۱. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه سال ۱۳۷۹.
۲. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه سال ۱۳۵۸.
۳. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه سالهای ۶۵-۱۳۶۳.
۴. بوژ و کاریند، ژ. کامیین آ، دلوبرا، "سیمای اقتصادی جهان" ترجمه سید حسین مطیعی لنگرودی، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۱۳۷۰.
۵. سرفراز، لیلا (۱۳۷۴). "بررسی ارتباط طلا، دلار و حق برداشت مخصوص در منظری تاریخی" مجله دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۳.
۶. سرفراز، لیلا. (۱۳۷۶) پیدایش سازمانهای پولی و مالی بین المللی در مالیه بین الملل، انتشارات نوید.
7. Apple yard & Field (1995). "International Economics, Payments, Exchange Rates, Macroeconomic Policy, University of North Carolina at chapel Hill, USA.
8. Bogner, Stephan. (2003). "Gold vs. US Dollar".
9. [http://216.239.37.104/translate\\_c?hl=en&sl=de&u=http://www.goldseiten.de/ansichten/bonger-03.htm&...](http://216.239.37.104/translate_c?hl=en&sl=de&u=http://www.goldseiten.de/ansichten/bonger-03.htm&...)
10. Carbaugh, R. J. (1992). "International Economies", Wadsworth Publishing Company.
11. Dhar,V.& chou,D.(2001). A comparison of nonlinear methods for predicting earnings surprises and returns. IEEE Transactions on Neural networks, 12(4),907-921.
12. Hamilton, Adam. (2003), "Gold in Euros and Yen".
13. <http://www.zeall/c.com/2003/goldfx.htm>.
14. Jang, J. R. and Sun, C. (1995). Nero Fuzzy Modelling and Control, Proc. of the IEEE, P.P: 378-405.
15. Kuo, R.J., Chen, C.H. and Hwang, Y.C. (2001). An intelligent stock trading decision support system through integration of genetic algorithm based fuzzy neural network and artificial neural network, Fuzzy Sets and Systems, 118 .
16. Le Cun, Y. (1985). Une procedure d'apprentissage pour reseau a seuil assymetrique. Cognitive, 85, 599-604.
17. Lee, C.C.(1990). Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller, Part I, IEEE Trans. Systems Man Cybernet. 20 (2) , 404 - 418.
18. Lippmann, R.P. (1987). An introduction to computing with neural nets, IEEE Mag. 3 (4), P.P: 4-22.
19. Morrison, Kevin. (2003), "Gold bulls wait for further dollar slide". <http://www.siliconinvestor.com/stocktallc/msg.gsp?msgid=19529668>.



20. Parker, D.B. (1985). Learning logic: Casting the cortex of the human brain in silicon. Technical Report TR-47. Cambridge, MA: Center for Computational Research in Economics and Management, MIT.
21. Qi, M. (2001). Predicting US recessions with leading indicators via neural network models. *International Journal of Forecasting*, 17(3), 383-401.
22. Tong, R. M. (1997). A control engineering review of fuzzy systems, *Automatic*, 13(6): P.P: 559-569.
23. Wang, L. X., Mendel J. M. (1992). Fuzzy basis functions, universal approximation and orthogonal least-squares learning, *IEEE Transaction on Neural Networks*, 807-814.
24. Werbos, P.J. (1974). Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences. Cambridge, MA: Harvard University, Ph.D. dissertation.
25. Wong, B.K., Jiang, L. and Lam, J. (2000). A bibliography of neural network business application research: 1994-1998. *Computers and Operations Research*, 27(11), 1045-1076.
26. World Gold Council, Gold as a Reserve asset. 2003,
27. <http://www.gold.org/value/reserve-asset/gold-as/background.html>.
28. Zadeh, L.A. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, *IEEE Trans. Systems Man Cybernet.* SMC-3 (1), P.P: 28-44.
29. Zimmermann, M. J. (1996). *Fuzzy Set Theory and its application*, Kluwer Academic Publishers, Boston.