

# MPRA

Munich Personal RePEc Archive

## **A study on the factors affecting gold price and a neuro-fuzzy model of forecast**

Leyla Sarfaraz and Amir Afsar

2005

Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/2855/>

MPRA Paper No. 2855, posted 21 April 2007

# بررسی عوامل موثر بر قیمت طلا و ارایه مدل پیش بینی قیمت آن به کمک

## شبکه‌های عصبی فازی

لیلا سرفراز ، امیر افسر

### چکیده

از گذشته های دور، طلا همواره به عنوان فلزی گرانبها مورد توجه بشر بوده است، بنابراین پیش بینی قیمت آن از اهمیت فراوانی برخوردار است. در چند دهه گذشته که روشهای ابتکاری و هوش مصنوعی متداول نشده بودند، برای پیش بینی قیمت طلا معمولاً از روشهای آماری مانند رگرسیون، ARIMA، نمو هموار، میانگین متحرک و از این قبیل استفاده می کردند. در دهه اخیر با رشد روشهای ابتکاری و هوش مصنوعی، روشهای شبکه های عصبی و منطق فازی برای پیش بینی 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 بین الملل، عرضه و تقاضای طلا و رابطه دلار و طلا، عوامل موثر بر نوسانات قیمت طلا مورد بررسی قرار گرفته و از روش شبکه های عصبی فازی بر مبنای مدل تاکاگی - سوگنو برای پیش بینی قیمت طلا استفاده شده است. نتایج پیش بینی با روش شبکه های عصبی فازی با روش رگرسیون مقایسه شده و بیانگر این حقیقت است که شبکه های عصبی فازی در پیش بینی قیمت طلا بر روش رگرسیون برتری داشته است.

**کلیدواژه‌ها:** شبکه های عصبی فازی، منطق فازی، شبکه های عصبی مصنوعی، قیمت طلا، پیش بینی

---

<sup>1</sup> - عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

<sup>2</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس

## ۱ - مقدمه

طلا همواره بعنوان 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 بصورت استاندارد درآمدن، از ویژگیهای خاص طلا بوده که بر مقبولیت آن افزوده است. در قرن نوزدهم از طلا بعنوان پول استفاده می‌شد ولی با رواج پول کاغذی و اعتباری، استفاده از سکه طلا بصورت پول رایج به تدریج کاهش و نهایتاً در اوایل قرن بیستم از بین رفت. با این حال، طلا همواره بعنوان 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 بتواند علاوه بر وظیفه مبادله پرداخت، بعنوان وسیله ذخیره ارزش مورد استفاده و اعتماد مردم قرار گیرد. در زمان جنگ، انقلاب و تورم شدید، پول رایج یک کشور نمی‌تواند نقش خود را بعنوان ذخیره ارزش بخوبی ایفا نماید؛ چرا که دولتها برای تأمین هزینه‌های جنگ ناگزیر پولهای بدون پشتوانه تولید چاپ می‌نمایند. افزایش حجم پول در گردش و کاهش تولید (انحراف منابع کشور از تولیدات رفاهی به تولیدات و تجهیزات جنگی) موجب تورم شده، 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 با ارزش ذاتی خود از دیرباز، چه بعنوان پول یا شبه پول، به دلیل قدرت نقدشوندگی بالا در سطح جهانی بعنوان یک دارایی مهم و مقبول جهانی مطرح بوده است.

برای پیش بینی قیمت طلا روشهای مختلفی پیشنهاد شده است. معمولاً برای این مهم از روشهای آماری مثل رگرسیون، مدل‌های سری‌های زمانی مانند اتو رگرسیون و میانگین متحرک (ARIMA)، نمو هموار، میانگین متحرک و از این قبیل استفاده می‌کنند. در دهه اخیر با رشد روشهای فرا ابتکاری و هوش مصنوعی، استفاده از روشهای شبکه‌های عصبی و منطق فازی برای پیش بینی قیمت طلا مورد چالش قرار گرفته و موضوع تحقیق بسیاری از محققین قرار گرفته است. اخیراً ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی که شبکه‌های عصبی فازی نامیده شده‌اند،

بطور متداول به عنوان ابزار تقریبی غیرخطی استفاده می شوند و دارای محاسن زیادی در پیش بینی، طبقه بندی، خوشه بندی و تکنیک های بهینه سازی هستند. در این تحقیق، ضمن بررسی مروری عوامل مؤثر بر قیمت طلا و بررسی موقعیت آن در جهان و ایران، مدلسازی پیش بینی قیمت طلا با استفاده از دو روش رگرسیون و روش شبکه های عصبی فازی ارائه شده است.

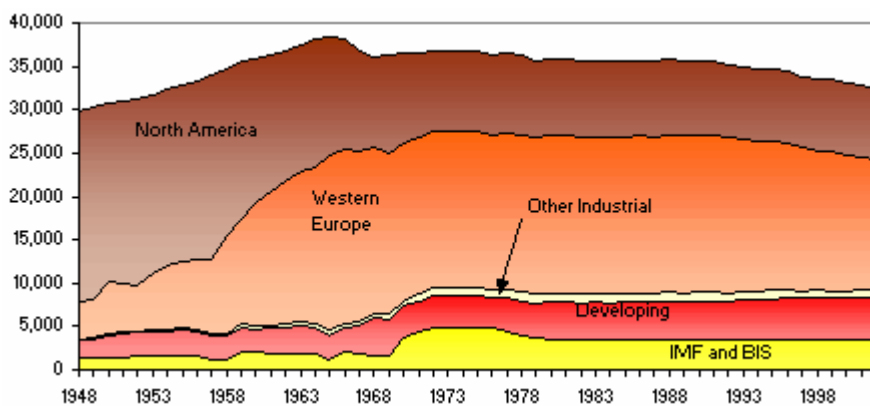
## ۲- موقعیت بین المللی طلا

طلا به عنوان پولی با ارزش ذاتی که مورد قبول همگان بود و حرکت سریع سرمایه و کالا را موجب می شد، در نظام پایه طلا (سالهای ۱۹۱۴-۱۸۸۰) دورانی شکوفا و درخشان را سپری کرد و بدور از محدودیتهای ارزی و تجاری باعث گسترش تجارت بین المللی گردید. بانکهای مرکزی سعی در انباشت ذخایر طلای خود داشتند. ذخایر رسمی طلای بانکهای مرکزی از ۷۰۰ تن در سال ۱۸۷۰ به ۸۰۰۰ تن در سال ۱۹۱۳ افزایش یافتند. در سال ۱۹۱۳ ذخایر طلای بانکهای مرکزی امریکا 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 امریکا طی سالهای ۳۳-۱۹۲۸، تلاش برای نگهداری نظام پایه طلا بی نتیجه ماند. هر چند نظام پایه طلا از بین رفت ولی طلا به عنوان یک ذخیره بین المللی با ارزش، اهمیت تاریخی خود را در مقابل تورمها، جنگها و انقلابها حفظ کرده است.

در فاصله دو جنگ جهانی، تراکم ذخایر رسمی طلا در بانکهای مرکزی به عنوان سلاحی در مقابل رقابت های اقتصادی و وسیله ای برای کسب امنیت مالی در دنیای بی ثبات افزایش یافت. در سال ۱۹۳۴، روزولت رئیس جمهور وقت امریکا ارزش دلار را در مقابل طلا کاهش و نرخ طلا از ۲۰/۶۷ دلار در هر اونس به ۳۵ دلار در هر اونس افزایش داد. این افزایش رسمی نرخ طلا موجب فروش مقدار زیادی طلای دنیا به امریکا شد. در نتیجه دارایی طلای رسمی در امریکا از ۶۰۰۰ تن در سال ۱۹۲۵ به ۱۸۰۰۰ تن در آخر جنگ جهانی دوم افزایش یافت و امریکا ۶۵٪ طلای رسمی 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 را در مالیه بین‌الملل ایفا نمود. نمودار ۱ ذخایر رسمی 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 امریکا 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 ۲۰۰۲ - ۱۹۴۸ (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، بدلیل کسری تراز پرداختهای امریکا 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 بعنوان رقیب و جایگزینی قدرتمند برای دلار جهت ذخیره ارزش خودنمایی کرد. سوداگران با پیش‌بینی تنزل ارزش دلار در آینده به سمت طلا هجوم آوردند. ده کشور صنعتی غرب با کمک امریکا، 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 گردید. تداوم کسری تراز پرداختهای امریکا و کاهش ذخایر طلای آن موجب گردید که ذخیره طلای رسمی فدرال رزرو امریکا از ۲۰۰۰۰ تن در سال ۱۹۵۰ به ۹۰۰۰ تن در سال ۱۹۷۱ کاهش یابد [۲۴، ۲۰۴].

سقوط سیستم برتن وودز بدلیل اعلام تعلیق‌پذیری طلا در برابر دلار از سوی نیکسون رئیس جمهوری امریکا در سال ۱۹۷۱، موجب هرج و مرج در بازارهای مالی جهان گردید. بی‌اعتمادی نسبت به دلار موجب افزایش و بروز نوسانات شدید قیمت طلا در جهان گردید بطوریکه قیمت بازاری طلا در طول دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۹۰ بین ۲۰۰ و ۸۰۰ دلار در هر اونس در نوسان بود [۹].

در اول ژانویه ۱۹۷۵، با فشار امریکا، صندوق بین‌المللی پول قیمت رسمی طلا را به عنوان واحد محاسبه در سیستم پولی بین‌المللی از بین برد و استفاده از طلا در صندوق بین‌المللی پول ممنوع گردید. در کنفرانس جامائیک در سال ۱۹۷۶ مقرر گردید که  $\frac{1}{3}$  طلای صندوق به فروش رسد [۷]. در سال ۱۹۷۸ صندوق بین‌المللی پول وابسته کردن پولهای رایج کشورهای به طلا را ممنوع اعلام کرد و نوعی جو ضد "استاندارد طلا" را ایجاد نمود. نتیجه آنکه تسلط امریکا بر صندوق بین‌المللی پول و بانک جهانی موجب سلب نقش پولی از طلا گردید و مقرر شد که طلاهای صندوق بین‌المللی پول و بانک جهانی طی حراج‌های متوالی به فروش رسد. در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ بانکهای مرکزی میزان موجودی طلا در ذخائر خارجی خود را مورد ارزیابی مجدد قرار دادند [۷]. همچنانکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود در بانکهای مرکزی و مؤسسات مالی بین‌المللی درصد ذخایر طلا به کل ذخائر خارجی از ۶۳/۴ درصد در سال ۱۹۸۰ به ۱۵/۹ درصد در سال ۱۹۹۷ کاهش یافته است. از آنجا که به طلا عایدی تعلق نمی‌گیرد برخی بانکهای مرکزی ذخائر طلای رسمی خود را حدود ۱۰٪ بین ۱۹۸۰ و ۱۹۹۹ 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

### ۳- رابطه طلا و دلار

دلار در قیمت‌گذاری طلا در بازارهای جهانی نقش غالب دارد [۸]. معاملات طلا چه در افریقای جنوبی، هند و یا هر جای دنیا انجام گیرد ارزش آن بر حسب دلار و یا بصورت 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 [۱۱]. بنابراین ارزش طلا در جهان براساس نرخ برابری آن با دلار و نرخ برابری دلار با پول ملی یک کشور تعیین می‌شود. ارزش دلار خود تحت تأثیر مسائل داخلی و خارجی امریکا، کسری تراز پرداخت، کسری بودجه، نرخ تورم و نرخ بهره (سیاستهای پولی و مالی امریکا) و سیاست خارجی این کشور قرار دارد.

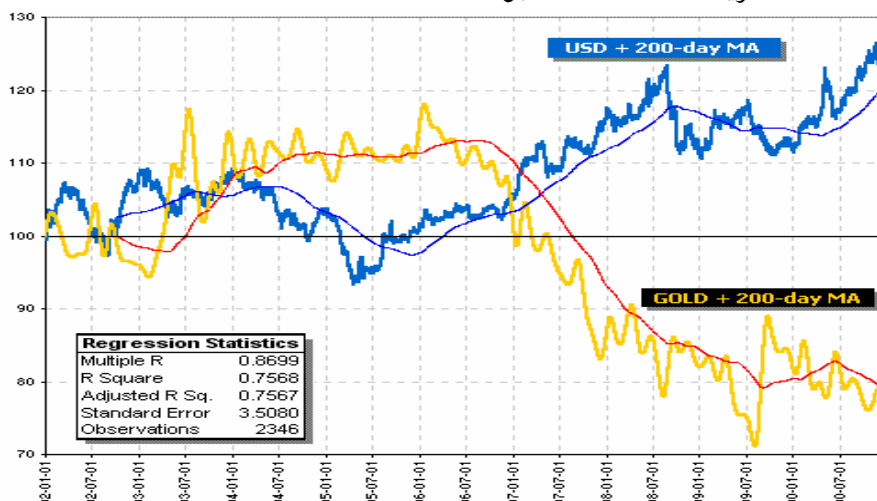
از شروع سیستم برتن وودز تا سال ۱۹۷۱ رابطه برابری طلا و دلار (طبق اساسنامه سیستم برتن وودز) برابر ۳۵ دلار در هر اونس طلا بود [۶]. نوسان نرخ برابری ارزهای مختلف نسبت به دلار نیز نمی‌توانست از حد مجاز  $\pm 1\%$  درصد در روز تجاوز نماید. بنابراین می‌توان گفت نرخ رسمی طلا، دلار و ارزهای گوناگون از ثبات نسبی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

پس از فروپاشی سیستم برتن وودز، کسری تراز پرداختهای امریکا و کاهش ذخیره طلای بانک مرکزی امریکا 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 امریکا بر نرخ دلار در مقابل طلا می‌شد و با تلاش بانکهای مرکزی کشورهای اروپایی در اتحادیه طلای لندن، ارزش دلار در مقابل طلا بطور مصنوعی تا سال ۱۹۷۱ بالا نگهداشته شده بود. از اواسط دهه ۱۹۷۰ با ایجاد سیستم نرخهای شناور ارشادی در صندوق بین‌المللی پول، رابطه برابری دلار و طلا دچار نوسانات شدید گردید.

در سال ۱۹۷۹ بازار طلا متشنج، ناآرام و در کل روند صعودی داشت. 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 امریکا همواره میل 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. 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 به ۵۰۰ دلار تا پایان ۱۹۸۷ رسانید [۵]. در فوریه ۱۹۸۷ ملاقات گروه ۷ در پاریس منجر به انعقاد معاهده لوور شد که طبق آن اعلام گردید که دلار به اندازه کافی تنزل یافته است (۴۰ درصد از سال ۱۹۸۵) و کشورهای این گروه بر همکاری نزدیک جهت 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 کرده و تنزل ارزش دلار نیز 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 زمانیکه در طول بیست سال تنزل قیمتش به سطح ۲۵۰ دلار در هر اونس تنزل کرد، تا اگوست ۱۹۹۹ افزایشی معادل ۵۷ درصد داشته است. نیک باریشرف رئیس صندوق طلای هزاره<sup>۱</sup>، رشد عرضه پول آمریکا در طول ۳۰ سال را عامل کاهش نرخ دلار می داند. او می گوید 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 ارزشهای عمده)

<sup>1</sup> - Millennium Gold Fund



#### ۴- موقعیت طلا در ایران

اشخاص معمولاً در صورت فعال و کارا بودن بازارهای مالی دارائی‌های خود را بصورت دارائی‌های مالی<sup>۱</sup> و در صورت وجود تورم به صورت دارائی‌های 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 و ارزش پول نیز بدلیل تورم مداوم کاهش می‌یابد، مردم برای جلوگیری از زیانهای ناشی از تورم، دارائی‌های خود را بصورت واقعی (غیر مولد) پس‌انداز می‌کنند. یکی از این نوع دارائی‌ها که قابلیت نقدشوندگی بالائی نیز دارد طلا است که در ایران همواره به عنوان پس‌اندازی مطلوب در جامعه با استقبال روبرو بوده است.

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

در طی دهه اخیر شاهد حضور موفق شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۳</sup> بوده ایم. ایده آموزش برای حل مسائل شناسایی الگوهای پیچیده با استفاده از دیدگاه عامل‌های داده هوشمند برای محققان دانشگاهی بسیار چالش برانگیز شده است. شبکه‌های عصبی ابزار محاسباتی ساده‌ای برای آزمون داده‌ها و ایجاد مدل از ساختار داده‌ها است. 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 بکار بگیرد. انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی مصنوعی با توجه به اهداف تحقیق می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند که یکی از معروف‌ترین آنها، شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور<sup>۴</sup> (MFNN) می‌باشد. شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور، مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده با استفاده از ناظر است. بر

---

<sup>1</sup> - Financial Assets

<sup>2</sup> - Real Assets

<sup>3</sup> - Artificial Neural Networks

<sup>4</sup> - Multilayered Feedforward Neural Network

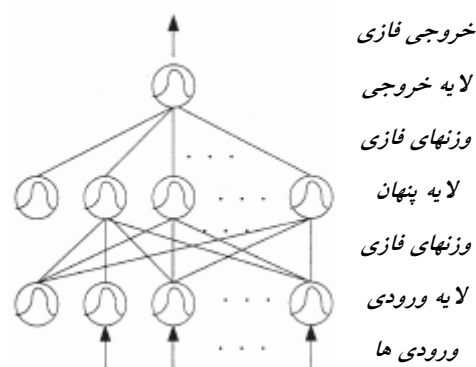
طبق مطالعات اخیر [۲۳]، بیش از پنجاه درصد مطالعات کاربردی بازرگانی شبکه عصبی گزارش شده، از شبکه های عصبی چند لایه پیش خور (MFNN ها) با قوانین الگوریتم یادگیری پس انتشار استفاده کرده اند. این نوع شبکه عصبی بدلیل کاربردهای گسترده در بسیاری از ابعاد مسائل مربوط به مدیریت، مانند پیش بینی اصولی، طبقه بندی و مدلسازی، بسیار محبوب است. MFNN برای حل مسائلی که شامل یادگیری ارتباط بین یک مجموعه ورودی ها و خروجی های مشخص هستند، مناسب می باشد. که در حقیقت یک تکنیک آموزش با ناظر برای یادگیری ارتباطهای بین داده ها با استفاده از مجموعه داده های آموزش است.

الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا بدین صورت است که برای یک الگوی ورودی داده شده، شبکه یک خروجی  $Z_k$  (یا مجموعه ای از خروجی ها) را ایجاد می کند و این واکنش را با واکنش مطلوب هر عصب  $d_k$  مقایسه می کند. این مقدار برای مسائل پیش بینی، مقداری پیوسته می باشد. وزن های شبکه سپس برای صحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح می شوند و الگوی بعدی نمایان می شود. اصلاح وزن ها بطور پیوسته در این روال تا زمانی که کل خطاها از سطح تولرانس از پیش تعیین شده کمتر شود، ادامه می یابد [۱۴، ۱۸ و ۲۲]. دلیل اینکه تأثیر این به روز رسانی ورودی ها بصورت تدریجی مجذور میانگین خطا (MSE) را به حداقل می رساند، اینست که تمامی الگوهای ورودی، متکی بر این حقیقت هستند که الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا، گرادیان نزولی در تابع خطا دارد.

بطور کلی، شبکه های عصبی مصنوعی برای مقصودی که ما از آن استفاده می کنیم، توانایی بالایی در توسعه یک مدل در زمانی منطقی را ندارد. از سوی دیگر، مدلسازی فازی برای کاربرد ادغام تصمیمات از متغیرهای متفاوت، نیازمند یک رویکردی جهت یادگیری از تجربیات (داده های جمع آوری شده) است. شبکه ای عصبی مصنوعی و مدل فازی در بسیاری از زمینه های کاربردی استفاده شده اند و هر کدام آنها دارای محاسن و معایبی هستند. بنابراین، ترکیب موفقیت آمیز این دو دیدگاه، مدلسازی شبکه های عصبی مصنوعی و فازی، موضوع مطالعات آتی قرار گرفته است.

با ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و منطق فازی، موفق به پیاده سازی یک سیستم فازی به گونه ای شده ایم که قابلیت یادگیری داشته باشد که به اینصورت عمل می کند؛ 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 بر روی پارامترهای شرط پخش شده و با استفاده از روش شیب نزولی خطا مقدار آنها تصحیح می‌شود. ساختارهای مختلفی برای پیاده سازی یک سیستم فازی توسط شبکه های عصبی پیشنهاد شده اند که یکی از پر قدرت ترین این ساختارها، ساختار موسوم به سیستم استدلال عصبی فازی مصنوعی (ANFIS) است که توسط Jaris ابداع گردیده است [۱۳،۱۲،۱۰]. معماری سیستم استدلال عصبی فازی مصنوعی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: 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 شبکه های عصبی فازی با شبکه های عصبی مصنوعی در آن است که وزن های شبکه های عصبی فازی، بصورت فازی تعریف شده و بصورت قطعی در نظر گرفته نمی‌شوند.

## ۶- مدل سازی پیش بینی

برای مدل سازی پیش بینی قیمت طلا در این تحقیق از دو روش رگرسیون و روش شبکه های عصبی فازی استفاده شده است. نحوه مدل سازی در بخش های ۶-۱ و ۶-۲ ارائه شده است.

<sup>1</sup> - Backpropagation

<sup>2</sup> - Artificial Neuro Fuzzy Inference Systems

## ۶-۱- پیش بینی 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 می‌باشد. 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 ( $P_s$ ) بازار بورس تهران، شاخص بهای خرده‌فروشی (CPI) و نرخ برابری دلار و ریال (\$) بعنوان متغیرهای مستقل استفاده شده است. با توجه به ثابت بودن نرخ سود بانکی در کشور در این دوره، این نرخ بعنوان عاملی مؤثر برای تصمیم‌گیری در خرید طلا مورد استفاده قرار نگرفته است.

برای بدست آوردن چگونگی رابطه بین متغیرهای  $P_w$ ، CPI،  $P_s$  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

همچنانکه مشاهده می‌شود بیشترین ضریب همبستگی بین قیمت داخلی طلا و قیمت جهانی طلا است. این نتیجه دور از انتظار نیست؛ زیرا قیمت جهانی طلا عامل تعیین‌کننده‌ای در قیمت داخلی طلا است؛ هرچند تنها عامل نمی‌باشد. کمترین ضریب همبستگی بین دلار و قیمت داخلی طلا است 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 بعنوان جانشینی برای ریال و وسیله‌ای برای حفظ ارزش دارائی افزایش می‌یافت. در جدول فوق ضریب همبستگی بین شاخص قیمت سهام ( $P_s$ ) و نرخ تورم (CPI) زیاد می‌باشد که خود مانع از آن می‌گردد که تأثیر تورم و پیش‌بینی تورم در آینده

که نقش بسزائی در افزایش قیمت داخلی طلا دارد آنچنان که باید مشخص گردد. با انجام دادن تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی و تعیین ضرایب رگرسیون، CPI بعنوان دومین عامل اساسی در تعیین قیمت داخلی طلا معرفی می گردد، خروجی رگرسیون خطی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: خروجی تحلیل رگرسیون خطی

متغیر	R	R <sup>۲</sup>	B	β	t	Sig
مقدار ثابت	۰/۹۶۴	۰/۹۳۰	-۸۲۷۴۴۷/۹		-۳/۱۹۰	۰/۰۰۳
Pw			۴۲۲/۲۵۱	۰/۵۳۶	۴/۴۱۰	۰/۰۰۱
CPI			۴۰۹/۳۹۶	۰/۲۲۸	۲/۷۰۸	۰/۰۱۰
Ps			۳۰/۱۸۷	۰/۲۰۲	۲/۴۰۹	۰/۰۲۱
Dollar \$			۱۲۰/۱۹۵	۰/۱۹۸	۳/۳۱۴	۰/۰۰۲

معادله رگرسیون زیر نشان می دهد که ۹۳٪ قیمت داخلی طلا تابع خطی از P<sub>w</sub>، CPI، P<sub>s</sub> و دلار می باشد.

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

همانطور که در جدول مشاهده می شود، تمام عوامل قدرت پیش بینی معنی داری دارند. از میان متغیرهای فوق، بعد از قیمت جهانی طلا، عمده ترین عامل مؤثر بر قیمت داخلی طلا، نرخ تورم می باشد.

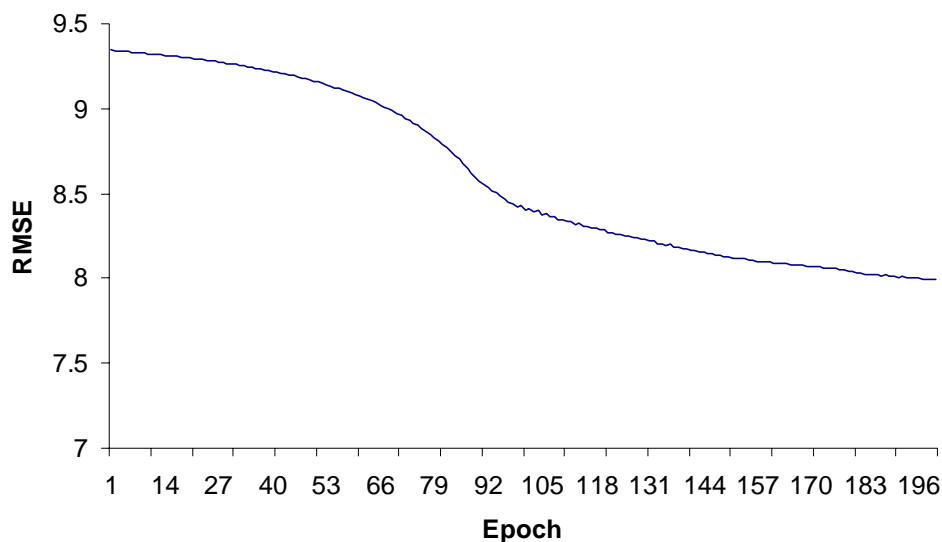
## ۶-۲- پیش بینی با روش شبکه های عصبی فازی

در طراحی مدل شبکه های عصبی فازی از شبکه عصبی چند لایه پیش خور (MFNN) با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و سیستم استنتاج فازی تاکاگی سوگنو استفاده گردید. برای طراحی سیستم بهینه شبکه عصبی فازی، از طریق تغییر مداوم تعداد لایه ها و تعداد نرون های لایه های پنهان، توپولوژی مناسب شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفت. توپولوژی مناسب شبکه عصبی این تحقیق به صورت سه لایه شامل لایه های ورودی، پنهان و خروجی است که تعداد نرونهای آن (۱ ۳۵ ۱۵)

<sup>1</sup> - Takagi-Sugeno

می‌باشد. 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، ۳۶ تابع می‌باشد و برای تابع ورودی از تابع "تفاوت دو تابع سیگموئید" - که یکی از توابع متداول می‌باشد - 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. نحوه کاهش میزان RMSE در تکرارهای آموزش شبکه‌های عصبی فازی در نمودار ۴ نمایش داده شده است. استفاده از داده‌های اعتبارسنجی، صحت پیش‌بینی و پاسخگویی شبکه را تضمین می‌کند. بدین مفهوم که از انطباق بیش از حد 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 وزن‌های 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.



نمودار ۴: کاهش میزان RMSE در تکرارهای آموزش شبکه‌های عصبی فازی

<sup>1</sup> - Difference of two sigmoid

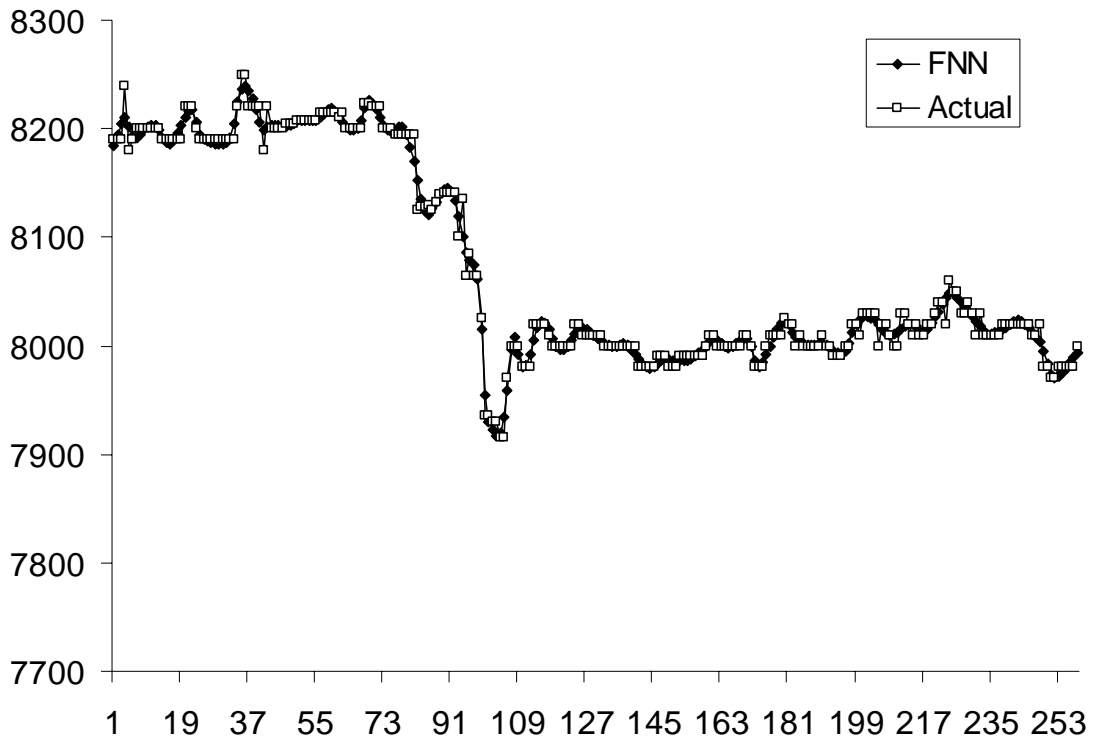
<sup>2</sup> - Over fitting

برای مسائل پیش بینی، از برخی معیارهای عملکرد برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباطهای داده ها در شبکه عصبی فازی استفاده می شود که عمدتاً مربوط به خطای بین خروجی های پیش بینی 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 رسیده اند.  $R^2$  ضریب تعیین است و در ارتباط با NMSE است و  $NMSE=1-R^2$ . مقدار  $R^2$  بین صفر تا یک است و مقدار یک نشان دهنده تطابق کامل داده هاست، در حالیکه مقدار صفر نشان دهنده عملکردی است که می توان از استفاده میانگین مقدار خروجی واقعی به عنوان مبنای پیش بینی ها 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 می دهد، برای ارزیابی عملکرد شبکه از هر پنج معیار فوق استفاده شده است. نتایج معیارهای ارزیابی عملکرد مختلف در جدول ۵ آورده شده است.

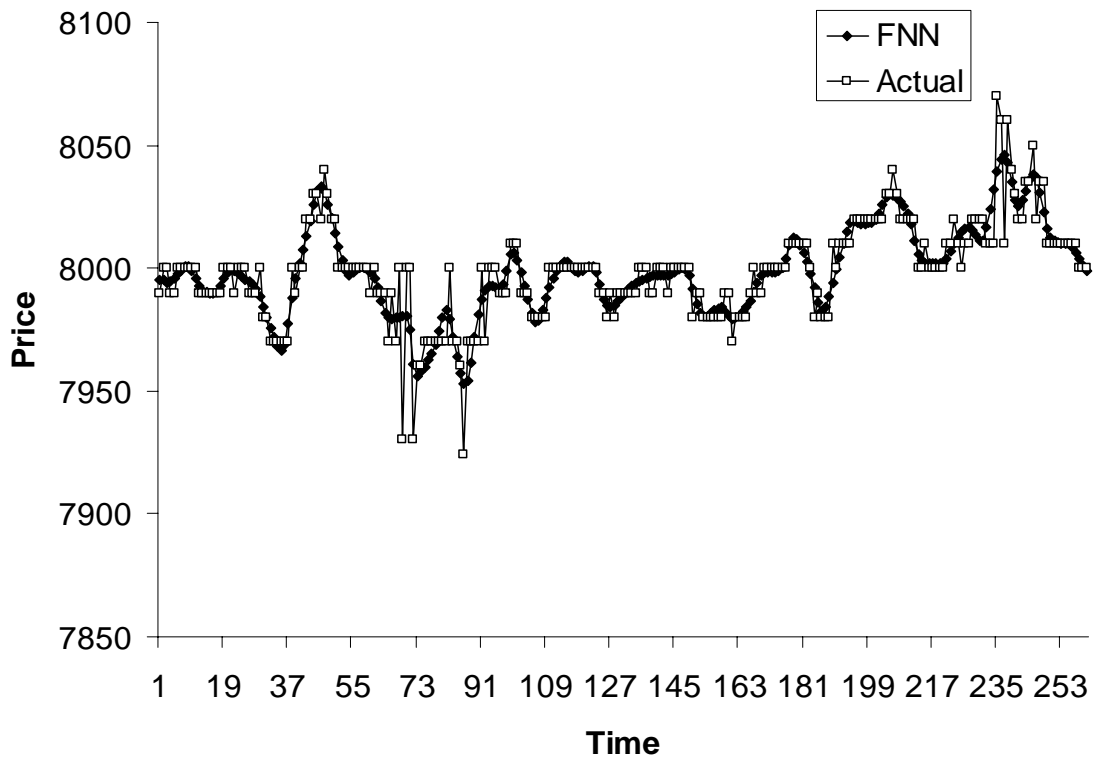
جدول ۵: مقادیر معیارهای ارزیابی عملکرد برای روش شبکه های عصبی فازی

$R^2$	MAE	NMSE	MSE	RMSE	روش پیش بینی
۰/۹۸۹۴	۵/۳۷۹۲	۰/۰۰۰۰۱۰۹	۶۳/۸۹۲۱	۷/۹۹۳۳	شبکه های عصبی فازی

مقایسه نتایج پیش بینی بر مبنای شبکه های عصبی فازی و مقادیر واقعی برای داده های آموزشی در نمودار ۵ و برای داده های آزمایش و اعتبارسنجی در نمودار ۶ نشان داده شده است. تعداد داده های آموزشی ۲۶۰ عدد و تعداد داده های آزمایشی و اعتبارسنجی نیز در مجموع ۲۶۰ عدد می باشد. همانطور که در نمودارهای ۵ و ۶ نشان داده شده است، مقادیر پیش بینی در بسیاری از نقاط نزدیک به مقادیر واقعی هستند.



نمودار ۵: مقایسه نتایج پیش‌بینی شبکه‌های عصبی فازی و مقادیر واقعی برای داده‌های آموزشی



نمودار ۶: مقایسه نتایج پیش‌بینی شبکه‌های عصبی فازی و مقادیر واقعی برای داده‌های آزمایشی و اعتبارسنجی



همانطور که در روش رگرسیون در بخش ۶-۱ نشان داده شد، معادله رگرسیون می تواند ۹۳٪ از تغییرات قیمت داخلی طلا را پیش بینی کند، اما روش شبکه های عصبی فازی همانطور که در بخش ۶-۲ نشان داده شد، ۹۹/۲۳ درصد از تغییرات قیمت داخلی طلا را می تواند پیش بینی کند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که شبکه های عصبی فازی نسبت به رگرسیون توانایی بالاتری در پیش بینی تغییرات قیمت طلا دارد.

#### ۷- بحث در پیش بینی قیمت طلا در آینده

تصمیمات بانکهای مرکزی در مورد خرید و فروش طلا نقش بسزایی در آینده قیمت طلا در سطح جهان ایفا می کند و شواهد نشان می دهد که قیمت طلای جهانی در آینده نه تنها کاهش نخواهد یافت بلکه احتمالاً روند صعودی خواهد داشت. بعنوان مثال نماینده بانک مرکزی چین در کنفرانس طلا در جهان اعلام کرد که چین که هم اکنون نقش ناچیزی را در دنیای طلا ایفا می کند، 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 نخواهند 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 می تواند بر تورم داخلی دامن زند و اثرات تورمی نیز موجب تشدید بیشتر قیمت طلا در کشور گردد.

#### ۸- نتیجه گیری

قیمت طلا در ایران نه تنها تحت تأثیر قیمت جهانی طلا می باشد بلکه عوامل داخلی و بخصوص تورم نقش قابل توجهی در نوسانات قیمت داخلی طلا ایفا می کند. تورم مزمن در کشور و انتظارات تورمی ناشی از افزایش متوالی حجم پول در گردش موجب افزایش بی رویه قیمت طلا در کشور می گردد. تنزل ارزش پول و روی آوردن صاحبان پولهای سرگردان به طلا به عنوان وسیله ذخیره ارزش موجب تضعیف ریال می شود.

مهيار تورم بوسيله کاهش تدريجي و مداوم نرخ عرضه پول در بلندمدت مي تواند اعتماد مردم نسبت به ريال را افزايش دهد و موجبات تمايل بيشتري مردم به نگهداري پول ملي و پس انداز در بازارهاي مالي را فراهم نمايد. با ايجاد زمينه هاي مساعد سرمايه گذاري و افزايش پس اندازهاي داخلي مشكل بيكاري نيز بميزان قابل توجهي کاهش خواهد يافت.

در اين تحقيق با استفاده از روشهاي شبكه هاي عصبي فزي و رگرسيون، پيش بيني قيمت طلا انجام شده است و نتايج تحقيق نشانگر آنست كه شبكه هاي عصبي فزي نسبت به رگرسيون توانايي بالاتري در پيش بيني قيمت طلا دارد. از آنجا كه سيستم شبكه هاي عصبي فزي نيازمند داده هاي صريح و قطعي نبوده و نمونه بزرگي از داده ها را نياز ندارد، مي تواند پيش بيني خوبي از قيمت طلا ارائه دهد و اطمينان مي دهد كه اين روش نسبت به روش هاي كلاسيك پيش بيني مناسبتر است.

#### ۹- 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 کاريند، ژ. کامبين آ، دلوبرا، "سيمای اقتصادی جهان" ترجمه سيد حسين مطيعی لنگرودی، صفحه ۱۱۳، انتشارات استان قدس رضوی، مشهد ۱۳۷۰.
- [۵] سرفراز، ليلا (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، ليلا. (۱۳۷۶) پيدايش سازمانهای پولی و مالی بين المللی در مالیه بين المللی. 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". [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&...)

[9] Carbaugh, R. J. (1992). "International Economies", Wadsworth Publishing Company.

[10] 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.

- [11] Hamilton, Adam. (2003), "Gold in Euros and Yen".  
<http://www.zeall.com/2003/goldfx.htm>.
- [12] Jang, J. R. and Sun, C. (1995). Nero Fuzzy Modelling and Control, Proc. of the IEEE, P.P: 378-405.
- [13] 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 .
- [14] Le Cun, Y. (1985). Une procedure d'apprentissage pour reseau a seuil assymetrique. *Cognitive*, 85, 599-604.
- [15] Lee, C.C.(1990). Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller, Part I, IEEE Trans. Systems Man Cybernet. 20 (2) , 404 - 418.
- [16] Lippmann, R.P. (1987). An introduction to computing with neural nets, IEEE Mag. 3 (4), P.P: 4-22.
- [17] Morrison, Kevin. (2003), "Gold bulls wait for further dollar slide".  
<http://www.siliconinvestor.com/stocktallc/msg.gsp?msgid=19529668>.
- [18] 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.
- [19] Qi,M.(2001). Predicting US recessions with leading indicators via neural network models. *International Journal of Forecasting*,17(3),383-401.
- [20] Tong, R. M. (1997). A control engineering review of fuzzy systems, Automatic, 13(6): P.P: 559-569.
- [21] Wang, L. X., Mendel J. M. (1992). Fuzzy basis functions, universal approximation and orthogonal least-squares learning, IEEE Transaction on Neural Networks, 807-814.
- [22] Werbos, P.J. (1974). *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*. Cambridge, MA: Harvard University, Ph.D. dissertation.
- [23] 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.
- [24] World Gold Council, Gold as a Reserve asset. 2003,  
<http://www.gold.org/value/reserve-asset/gold-as/background.html>.
- [25] 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.
- [26] Zimmermann, M. J. (1996). Fuzzy Set Teory and its application, Kluwer Academic Publishers, Boston.