فصلنامه علمی پژوهشی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال هشتم، شماره بیست و هفتم
پائیز ۱۳۹۴

پیش بینی نرخ ارز در بازار سرمایه با استفاده از مدل های میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته و شبکه عصبی (مطالعه موردی: دلار استرالیا، دلار کانادا، ین ژاپن و پوند انگلستان)

محمد احسانی‌فر[۱]
رضا احتشام راثی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۰

چکیده

سیاست گذاران پولی به‌منظور جلوگیری از زیان های ناشی از تغییرات از هم گسیخته نرخ ارز، همواره درصدد یافتن روشی مناسب برای پیش بینی نرخ ارز بوده اند. لیکن ویژگی‌های چند بعدی نرخ ارز باعث رفتار پیچیده و غیرخطی آن شده است. یکی از روش‌های سنتی پی‌بینی، تجزیه و تحلیل سری زمانی است که بر دو فرض ایستایی و خطی بودن بنیان نهاده شده است. در مورد عملکرد این مدل‌های سنتی بعضاً تردیدهای ایجاد شده است. یکی از روش‌های جایگزین، شبکه‌های عصبی مصنوعی است که در برخی از موارد توانایی بالقوه خوبی برای پیش بینی سری‌های زمانی از خود نشان داده‌اند. در این مقاله، پس از مرور پژوهش‌های انجام شده در مورد توانایی پیش بینی مدل‌های خود توضیح جمعی میانگین متحرک[۱] و شبکه های عصبی مصنوعی[۲]، به مقایسه‌ی این دو روش برای پیش بینی نرخ روزانه ارز در دوره‌ی از سال ۱۹۹۰/۱/۱ لغایت ۲۰۱۲/۱/۱ پرداخته شده است. نتایج تحقیق نشان داده است که روش شبکه‌های عصبی تخمین‌های بهتری نسبت به روش میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته ارائه می‌کند. در این پژوهش، از ابزارهای محاسباتی نرم افزار MATLABو STATGRAPHICS و داده‌های اقتصادی کشورهای استرالیا، کانادا، ژاپن و انگلستان و نرخ ارز[۳] آن کشورها نسبت به دلار آمریکا استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: نرخ ارز، بازار سرمایه، پیش‌بینی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته.

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه مهندسی صنایع، اراک، ایران. (نویسنده مسول) ehsanifar79@yahoo.com
۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مدیریت، قزوین، ایران. rezaehtteshamrasi@gmail.com

۱- مقدمه

دقت پیش‌بینی از مهمترین عوامل موثر در انتخاب روش پیش‌بینی است. امروزه به رغم وجود روش های متعدد پیش بینی، هنوز پیش بینی دقیق مالی کار چندان ساده‌ای نیست و اکثر محققان در صدد به کارگیری ترکیب روش‌های متفاوت به‌منظور حصول نتایج دقیق‌تر می‌باشند. یکی از روش‌های سنتی پیش بینی، تجزیه و تحلیل سری زمانی است که بر دو فرض ایستایی و خطی بودن بنیان نهاده شده است. در مورد عمکرد این مدل‌های سنتی بعضاً تردیدهای ایجاد شده است؛ یکی از روش‌های جایگزین، شبکه‌های عصبی مصنوعی است که در برخی از موارد توانایی بالقوه ی خوبی برای پیش بینی سریهای زمانی از خود نشان داده اند. امروزه پیش-بینی روند متغیرهای اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برای سیاستگذاران دولتی و خصوصی در تنظیم روابط و مناسبات اقتصادی برخوردار است. به طوری که نیاز به ابزار و شیوه‌های پیش بینی متغیرها با کمترین خطا بسیار محسوس است. در اثر این نیاز، مدلهای گوناگونی برای پیش بینی متغیرها توسعه یافته است. در حالت کلی، انتخاب موثرترین روش به‌منظور پیش بینی، کار بسیار دشواری است و بسیاری از محققان، روش‌های خطی و غیر خطی را بررسی کرده‌اند. جهت پیش‌بینی سری‌های زمانی محققان از روش‌های خطی و غیر خطی استفاده کرده‌اند. مدل‌های خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA) و شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) به ترتیب از جمله دقیق ترین مدل های خطی و غیر خطی در پیش بینی سری‌های زمانی می‌باشند.

آگاهی از تغییرات آتی نرخ ارز، می‌تواند مقامات پولی را برای طراحی یک سیاست پولی کارا به‌منظور تثبیت قیمت‌ها و افزایش سطح اشتغال، مهیا کند. این نرخ بر قیمت کالاها و خدمات وارداتی تأثیر می‌گذارد و یکی از اساسی‌ترین عواملی است که بر صادرات، واردات، تراز پرداخت‌ها و ذخایر ارزی یک کشور تأثیرگذار است. برای نمونه در بخش تجارت خارجی کشورها آگاهی از اینکه نوسان نرخ ارز تا چه اندازه می‌تواند قیمت کالاهای تجاری (صادراتی و وارداتی) و غیرتجاری را متأثر کند ـ به‌ویژه برای کشورهای در حال توسعه که به دنبال بهبود تراز تجاری خود هستند، می‌تواند بسیار مفید باشد. نرخ ارز، متغیر کلیدی و مهم اقتصادی در سیاست‌گذاری‌ها قلمداد می‌شود تا جایی که گروهی از کارشناسان به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه، از این متغیر به‌عنوان لنگر اسمی یاد می‌کنند.

این تحقیق در ۵ بخش شامل؛ بخش اول مقدمه، بخش دوم مبانی نظری و ادبیات پژوهش، بخش سوم روش اجرای پژوهش و بخش چهارم نتایج و پیشنهادهایی برای مطالعات آینده تنظیم شده است. روش پژوهش دارای دو رویکرد توصیفی – مدل-سازی تحلیلی است. از نظر جمع‌آوری اطلاعات برای دستیابی به ادبیات و پیشینه تئوریک موضوع، پژوهش توصیفی است.

۲- مبانی نظری و ادبیات پژوهش

در زمینه پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی به وسیله شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه نتایج با روش‌های دیگر تحقیقات متفاوت و متعددی انجام شده است. منصور زرایی نژاد، علی فقه مجیدی و روح الله رضایی[۱]، پنج نرخ ارز را با استفاده از دو مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و ARIMAنرخ روزانه‌ی ارز در دوره‌ی مارس 2006 تا فوریه 2009

پیش بینی نموده‌اند. شبکه عصبی مصنوعی بهینه دارای یک لایه‌ی پنهان، حداکثر ۵ نرون پنهان، حداکثر ۵ وقفه با الگوریتم لورنبرگ– مارکوات است. همچنین، تابع محرکه لایه‌ی خروجی خطی و معیار آزمون عملکرد شبکه‌ی RSMEاست. به طور کلی، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مدل غیر خطی شبکه‌ی عصبی برای پیش بینی نرخهای ارز در مقایسه با مدل خطی ARIMA عملکرد بهتری دارد و مدل خطی ARIMA فقط در هشت مورد عملکرد مناسب‌تری از مدل شبکه عصبی داشته است. به نظر می‌رسد که عدم برتری پیش بینی‌های شبکه‌ی عصبی در مقایسه با مدل ARIMA در موارد مذکور ناشی از محدودیتهای فراوانی است که بانک مرکزی بر روی دلار و یورو اعمال می‌کند. این نتایج از فرضیه رفتار غیر خطی سری های زمانی ارز حمایت می کند.

مشیری و کامرون عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی با سایر روش‌های اقتصاد سنجی سنتی و سری زمانی را برای پیش بینی نرخ تورم کانادا مقایسه کرده‌اند. آنها مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی را با مدل‌های ساختاری، ARIMAوBVAR ، VAR برای افق‌های زمانی مختلف (یک، سه و دوازده ماه بعد) مقایسه کرده‌اند. معیارهای به کار گرفته شده در این پژوهش، یعنی ریشه میانگین مربع خطاها (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطاها (MAE) نشان داد که شبکه‌های عصبی برای پیش بینی نرخ تورم کانادا بهتر عمل می کنند.

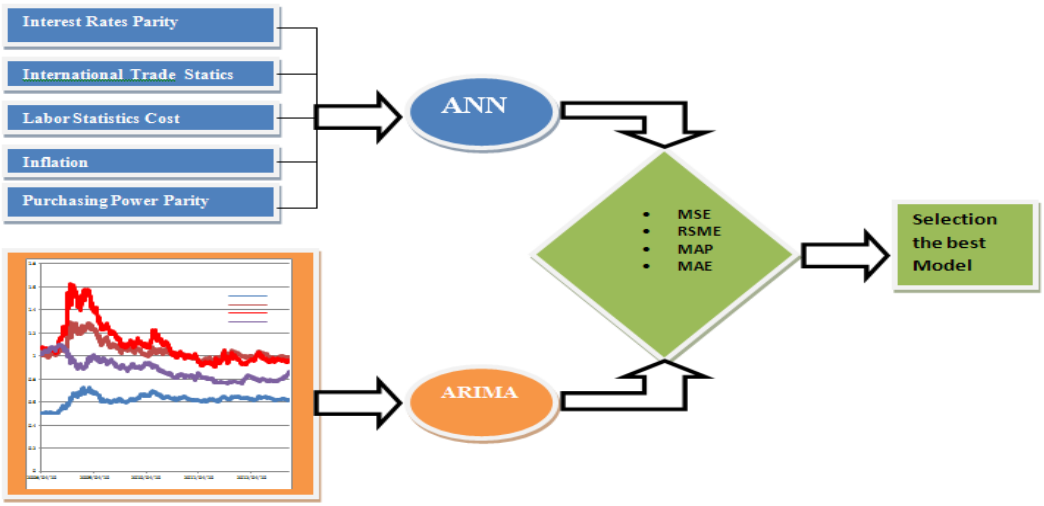
۳- روش اجرای پژوهش

روش اجرای پژوهش بر گرفته از مدل ارائه شده در شکل (۱) است.

۳-۱- روش‌های پیش بینی نرخ ارز

به طور کلی دو نوع تحلیل در بازار وجود دارد که عبارتند از:

- تحلیل فاندامنتال یا بنیادی
- تحلیل تکنیکال یا فنی



شکل ۱- مدل پژوهش

- **تحلیل بنیادی**[۴]

تحلیل بنیادی به بررسی رفتار قیمت و پیش‌بینی آن به وسیله در نظر گرفتن عوامل تغییر، تحلیل بنیادی گفته می‌شود. این عوامل می‌تواند اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، نظامی و ... باشد. برای مثال فرض بر این است که می‌خواهیم جفت ارز USD/EUR را بررسی کنیم. برای این کار باید به کلیه عواملی که می‌تواند بر روی EUR و USD اثر گذار باشد را مدنظر قرار دهیم که می‌توان به عواملی همچون نرخ بهره، تراز تجاری، میزان بیکاری، اوضاع سیاسی، چشم انداز اقتصادی آینده آنها و ... اشاره کرد.

متغیرهای مساله شامل:

- نرخ بهره پوشش یافته[۵]
- تجارت بین المللی کالا[۶]
- آمار کار و بهره وری[۷]
- تورم[۸]
- برابری قدرت خرید[۹]

پیش‌بینی اساسی بر اساس مدل‌های ساختار (حالت تعادل) حاصل می‌گردد. این مدل ساختاری و سپس تغییری، ویژگی‌های آماری از داده ها و تجربه پیش‌بینی را در نظر گرفته است؛ که ترکیبی از تکنیک و دانش است. متخصصان با استفاده از مدل‌های ساختاری برای ایجاد تعادل نرخ ارز، تبادل تعادل نرخ ها را می‌توانند برای پیش بینی استفاده کنند. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار MATLABاین رویکرد، مدل سازی خواهد شد.

- **تحلیل تکنیکال فنی**[۱۰]

تحلیل تکنیکی به معنی بررسی نوسانات قیمت سهام (ارز) در گذشته است که به کمک نمودار و به‌منظور پیش بینی حرکت آتی بازار انجام می‌گیرد. در این نوع تحلیل سعی می‌شود از روند قیمت یک سهم (ارز) در گذشته، آینده آن پیش بینی شود.

تحلیل تکنیکی را می‌توان برای هر نوع کالا یا شاخص یا سهام و غیره بکار برد. اساس این نوع تحلیل‌ها ریاضیات می‌باشد که در چارت واندیکاتور (شاخص) خلاصه می‌شود.

یک تحلیل‌گر تکنیکی معتقد است که همه اطلاعات یک سهام یا یک ارز در سابقه قیمت آن نهفته است و از روند حرکت قیمت، می‌توان آینده آنرا پیش‌بینی نمود. تحلیل تکنیکی سرعت عمل بالایی داشته و به ما این امکان را می‌دهد که در مدت کوتاهتری نسبت به تحلیل پایه‌ای (فوندامنتال)، تعداد خیلی بیشتری سهام (ارز) را مورد مطالعه و بررسی قرار دهیم. تحلیل تکنیکی نیاز به دانش بالای علوم اقتصادی و سیاسی (بر عکس تحلیل پایه ای) ندارد. در حال حاضر تحلیل تکنیکی در بورس های معتبر دنیا رواج زیادی پیدا کرده و طرفداران خاص خود را دارد. مزیت این نوع تحلیل در سرعت عمل آن است و می‌توان در مدت کوتاهی چندین نوع ارز یا قیمت سهام چندین شرکت را بررسی کرد ولی تحلیل فوندامنتال همین تعداد ارز یا سهام، بسیار وقت گیر خواهد بود. تحلیل تکنیکی مانند هر تئوری دیگر منطق خاص خود را دارد.

در حالت کلی، انتخاب موثرترین روش به‌منظور پیش بینی، کار بسیار دشواری است و بسیاری از محققان، روش‌های خطی را به‌منظور حصول نتایج دقیق تر با یکدیگر ترکیب کرده‌اند، چرا که: اولاً در عمل تعیین خطی و غیر خطی بودن یک سری زمانی، کار دشواری است. ثانیاً سری‌های زمانی دنیای واقع، به ندرت کاملاً خطی و یا غیر خطی هستند. مدل‌های خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA) و شبکه های عصبی مصنوعی

(ANNs) به ترتیب از جمله دقیق ترین مدل‌های خطی و غیر خطی در پیش بینی سری‌های زمانی می‌باشند.

۳-۲- مدلهای ARIMA (p, d, q) و رگرسیون فازی

سری‌های زمانی Z_t توسط یک فرآیند اریما با میانگین μ از مدل باکس -جنکینز تولید شده است اگر:

$$\varphi(B)(1-B)^{d}(Z_t-\mu)=\theta(B)a_t$$

بطوری که

$$\varphi(B)=1-\varphi_1 B-\varphi_2 B^2-\cdots-\varphi_p B^p$$

$$\theta(B)=1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\cdots-\theta_q B^q$$

چند جمله هایی از B از درجه های p ,q بوده، B یک عملگر پسرو، اعداد q,d,p اعداد صحیح و Zt بیانگر مقادیر مشاهده شده سری زمانی می‌باشند t=1,2,..,K در حالت کلی فرمول‌بندی مدل اریما شامل چهار مرحله:

(۱) :شناسایی آزمایشی ساختار مدل

(۲) :تخمین پارامترهای مجهول مدل

(۳) :تشخیص دقت برازش مدل

(٤) :پیش بینی با مدل انتخابی می باشد.

برای مدل‌سازی پیش‌بینی با ARIMA از نرم‌افزار Statgraphics استفاده شده است. برای مدل‌سازی الگوی ARIMA تمامی متغیرهای به کار رفته در شبکه عصبی به طور مشابه مجدداً به کار گرفته شده‌اند.

ابتدا آزمون ریشه واحد ۱۱ روی تک‌تک متغیرهای اجرا می‌گردد تا درجه انباشتگی متغیرها مشخص شود. در این روش، آماره آزمون ریشه واحد یا در واقع همان τ محاسبه شده، متغیر تأخیری مورد نظر را با مقادیر بحرانی مکینون[۱۲] مقایسه می‌شود. اگر مقدار τ بدست آمده کوچکتر از مقادیر بحرانی بوده نتیجه می‌گیریم که متغیر ایستا (پایا) است. اگر متغییری پایا نبود براساس ساختار مدل ARIMA با d مرتبه تفاضل‌گیری پایا می‌شوند و سپس با آزمون ریشه واحد مجدد بر روی جملات متغیرها از ایستایی مدل بهینه اطمینان حاصل می‌گردد. استفاده از تفاضل‌گیری در تابع آزمون ریشه واحد بدین مفهوم می‌باشد که همبستگی احتمالی بین جمله اختلال از بین می‌رود هر جا که به‌نظر می‌رسد خود همبستگی بین جملات اختلال در آزمون ریشه واحد وجود دارد از وقفه‌ها در جهت تسریع از بین رفتن آن استفاده می‌شود. از طرفی لازم است تا مرتبه تاخیر را نیز مشخص کنیم برای این منظور از معیارهای آکاییک (AC)و شوارتز (SC) استفاده می‌شود این معیارها، تاخیرهای گوناگون و مقادیر مختلف p,d,q که برای مدل ARIMA(p,d,q) به دست می‌آیند را محاسبه می‌کنند حال مقدار هر یک از تاخیرها و ساختارهای مختلف که در این دو معیار کمتر بود، آن بهینه می‌باشد. سپس پس از طی این مرحله و انتخاب الگوی نهایی می‌توانیم پیش بینی‌های مدل را داشته باشیم.

۳-۳- مدل‌های انتخابی ARIAMA جهت پیش‌بینی

مدل های برگزیده برای پیش بینی نرخ ارز در روش ARIMA به صورت جدول شماره (۱) است:

جدول ۱- مدل های ARIMA برای پیش بینی نرخ ارز و خطاهای مدل

کشور	مدل
استرالیا	ARIMA(1,1,1)x(2,1,2)12
کانادا	ARIMA(0,2,2)x(2,0,2)12
ژاپن	ARIMA(2,0,0)x(2,1,2)12
انگلیس	ARIMA(2,1,2)x(2,1,2)12

نام شاخص خطا	RMSE	MAE	MSE
شاخص‌های خطا	0.01011238	4.0284	0.449533

به محض اینکه یک شبکه تعیین شود، اطلاعات می‌تواند پردازش شود. چند مفهوم اصلی در رابطه با جریان پردازش وجود دارد که به شرح آن پرداخته می‌شود:

با توجه به ایستایی سری زمانی و همچنین مقادیر نمودارهای توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی، با استفاده از نرم افزار SPSS22 و اکسل بهترین مدل از لحاظ دارا بودن کمترین مقادیرریشه میانگین مربع خطا، میانگین قدرمطلق درصد خطا، میانگین قدرمطلق خطا و بیشترین مقدارضریب تعیین تشخیص داده شد. جدول ۱ مقادیر شاخص عملکرد به ازای مدل شناسایی شده را نشان می‌دهد.

ورودی‌ها:

هر ورودی به یک ویژگی منفرد مرتبط است. برای مثال در صورتی که مساله تصمیم‌گیری بر روی تصویب یا عدم تصویب یک وام است، بعضی از ویژگی‌ها می‌تواند سطح درآمد متقاضی و سن باشد، مقدار عددی یا بازنمایی یک ویژگی ورودی به‌شبکه است. انواع مختلف داده‌ها نظیر متن، تصویر، صدا می‌تواند به‌عنوان ورودی استفاده شود. بنابراین ممکن است حتی نیاز به پیش پردازش هم وجود داشته باشد. محاسبات عصبی تنها می‌تواند اعداد را پردازش نماید. اگر یک مسئله با ویژگی‌های کیفی یا تصاویر سروکار داشته باشد، باید قبل از اینکه توسط شبکه عصبی به آن پرداخته شود، این ویژگی‌ها به‌معادل عددی آنها تبدیل شود. مثال‌هایی از چنین ورودی‌هایی به شبکه‌های عصبی، مقادیر پیکسل‌های کاراکتر و دیگر تصاویر گرافیک، تصاویر دیجیتالیز شده و الگوهای صدا، سیکنال‌های دیجیتالیز شده، تجهیزات مانیتورینگ و داده‌های کد شده برنامه‌های وام می‌باشند. در تمامی موارد یک قدم ابتدایی، به جهت اینکه داده‌ها بتواند در قالب شبکه عصبی ارائه شود (عموماً مجموعه‌هایی از ۰ و ۱) طراحی یک سیستم کدگذاری مناسب است.

خروجی‌ها:

خروجی‌های شبکه، راه حل یک مساله است. برای مثال در مورد تقاضای وام ممکن است پاسخ بلی یا خیر باشد. شبکه عصبی، فقط می‌تواند مقادیر عددی را تخصیص دهد، نظیر ۱+ برای بلی و ۰ برای خیر. هدف شبکه محاسبه مقادیر خروجی است. اغلب پس پردازش داده‌ها نیز نیاز است زیرا برخی از شبکه‌ها دو خروجی را استفاده می‌کنند، یکی برای بلی و دیگری برای خیر. در این صورت پاسخ ۰/۸ برای بلی و ۰/۳ برای خیر نمی‌تواند مفهومی داشته باشد.

وزن‌ها (اتصالات یا ارتباطات):

یک دسته از عناصر کلیدی در یک شبکه عصبی وزن‌ها در آن است. وزن‌ها قدرت نسبی (یا ارزش ریاضی) داده‌های اولیه ورودی یا اتصالات متعددی که داده‌ها را از لایه‌ای به لایه دیگر حمل می‌کند، بیان می‌نماید. به‌عبارت‌دیگر وزن‌ها، اهمیت نسبی هر ورودی را برای یک عنصر پردازش تعیین می‌کنند.

وزن‌ها بسیار حیاتی هستند و از طریق تکرار در تنظیم وزن‌هاست که شبکه یاد می‌گیرد. یک شبکه عصبی مثل یک گراف جهت دار است. همان‌طور که در گراف جهت دار، گره‌ها به هم متصل هستند در شبکه عصبی نیز نرون‌ها، توسط ارتباطات (وزن‌ها) به‌هم مرتبطند. فرق ارتباطات شبکه‌های عصبی با اتصالات یک گراف جهت دار در این است که ارتباطات شبکه‌های عصبی، شامل وزن بین دو نرون نیز هستند، که مقدار سیگنال خروجی عبوری از هر نرون به نرون مجاور را تنظیم می‌کند. بطور ساده تر یک ارتباط هم جهت انتقال اطلاعات در شبکه را تعریف می‌کند و هم مقدار اطلاعات عبوری بین نرون ها را نشان می‌دهد..

تابع مجموع:

تابع مجموع جمع وزن های همه‌ی عناصر ورودی را که به‌هر عنصر پردازش وارد می‌شوند، پیدا می‌کند. یک تابع مجموع، هر مقدار ورودی Pi را در وزن آن یعنی Wi ضرب می‌کند و همه آن‌ها را برای یک مجموع وزنی نظیر n با هم جمع می‌کند. فرمول زیر برای پردازش R ورودی در یک عنصر پردازش ذکر شده است.

$$n = \sum_{i=1}^{R} p_i w_{i,1}$$

مقدار ثابت در هر نرون به رابطه بالا اضافه می‌شود که بایاس یا وزن اریب نامیده می‌شود.

$$n = \sum_{i=1}^{R} p_i w_{i,1} + b$$

بایاس به‌عنوان یک جبران کننده عمل می‌نماید و به شبکه کمک می‌کند تا الگوهای موجود را بهتر بشناسد.[۲۱]

تابع محرک:

تابع مجموع، سطح فعالیت نرون را محاسبه می‌کند. بر اساس این سطح، نرون ممکن است یک خروجی تولید کند یا نکند. ارتباط بین سطح فعالیت داخلی و خارجی ممکن است به صورت خطی یا غیرخطی باشد. چنین ارتباطی توسط، تابع محرک بیان می‌شود و در چندین شکل مختلف وجود دارد. انتخاب تابع خاص، کاربرد شبکه را مشخص می‌سازد. یک تابع محرک غیرخطی عمومی، که تابع زیگموئید نامیده می‌شود عبارت است از:

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-cn}}, c \geq 0$$

مدل چند ورودی:

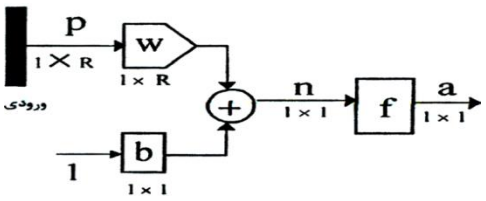
عموماً یک نرون بیش از یک ورودی دارد. شکل (۲) یک مدل نرون با R ورودی را ارائه می‌دهد. بردار ورودی با P نمایش داده می‌شود. اسکالرهای Pi (i=1,2,..,R) عناصر بردار کل هستند. مجموع سیناپسهای w1,i عناصر ماتریس وزن w را تشکیل می‌دهند. در این حالت W یک بردار سطری با عناصر j=1,…,R و w1,i است. هر عنصر از بردار ورودی کل در عنصر متناظر از ضرب می‌شود. نرون، یک جمله بایاس b دارد که با حاصلضرب ماتریس وزن w با بردار ورودی p جمع می‌شود. مدل چند ورودی یک نرون ورودی خالص، n مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \sum_{i=1}^{R} p_i w_{i,1} + b = wp + b$$

P=[p1,p2,…,pR],W=[w1,1,…,w1,r]
a=f(WP+b)

در نهایت، خروجی نرون به صورت زیر خواهد بود:

یک مدل خلاصه شده نرون چند ورودی را می‌توان به شکل زیر نشان داد.[۱۳]



شکل ۲: فرم ساده شده نرون با *R* ورودی

همانگونه که در شکل(۲) مشاهده می‌شود، بردار ورودی P با یک ستون عمودی در سمت چپ نمایش داده می‌شود. ابعاد کل در زیر متغیر P با R×۱ مشخص شده است. این نماد نشان دهنده آن است که بردار ورودی P دارای عنصر R است. بردار P در یک ماتریس W با R ستون ضرب می شود.

مقدار ثابت به‌عنوان یک ورودی به نرون اعمال شده و در جمله اسکالر بایاس b ضرب می‌شود. ورودی خالص n، به تابع تبدیل F اعمال شده و خروجی مربوطه به وجود می آید.a عبارت نشان دهنده خروجی شبکه تک نرونی است و دراین حالت اسکالر با ابعاد ۱×۱ است که در شکل مشخص شده است.[۱].

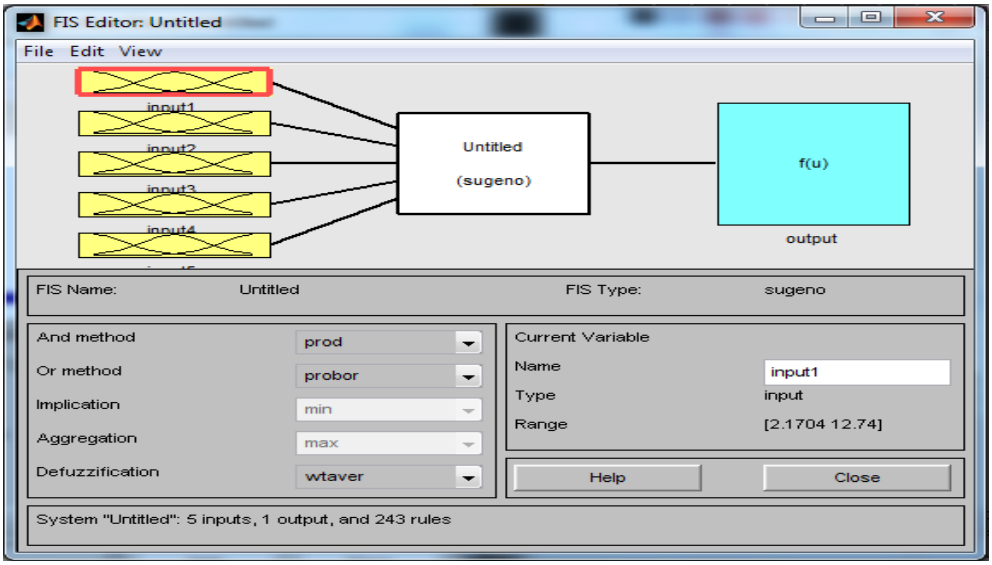
نوع شبکه: در مورد موضوع از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه(MLP) یکی از انواع متداول و ساده برای تحلیل‌های مختلف از جمله پیش بینی سری های زمانی می‌باشد.

توپولوژی شبکه: شبکه‌های MLP دارای پنج لایه ورودی، سه لایه مخفی و یک خروجی می-باشند.

الگوریتم آموزش: به‌منظور یادگیری بهتر، یافتن رابطه‌ی بهینه بین ورودی و خروجی، بدست آوردن اوزان و تخمین زدن مقدار تابع خروجی، برای مساله حاضر از الگوریتم شبکه‌های پیش خور عمومیت یافته Backpropagation، با گرادیان شیب Gradient descentاستفاده می‌شود. الگوریتم پس انتشار خطا دو مسیر اصلی دارد، مسیر اول مسیر رفت که بردار ورودی را به شبکه MLP اعمال می‌کند و تأثیراتی از طریق لایه میانی به لایه خروجی انتشار می‌یابد در این مسیر پارامترها ثابت می‌باشند. مسیر دوم مسیر برگشت که پارامترها با قانون اصلاح خطا تغییر و تنظیم می‌گردند. ضریب یادگیری برای این مساله ۰,۱می‌باشد. دلیل انتخاب شبکه های پیشخور عمومیت یافته پردازش پویای این شبکه، ساختار رفت و برگشتی و اصلاح بهینه ی اوزان و خطاها می‌باشد و همچنین این شبکه بیشترین کاربرد را در مسائل مهندسی و پیش بینی دارد.

توابع فعال‌سازی: از توابع غیر خطی، پویا و مشتق‌پذیر tanh(x), sig(x) و همچنین از توابع خطی hard limit ساده و متقارن، satlin ساده و متقارن و مثلثی به صورت جداگانه در لایه پنهان و لایه خروجی استفاده شده است و نتایج با یکدیگر مقایسه شده است.

ارتباط خطا با ورودی‌ها و خروجی‌ها: برای این کار روش‌های متفاوتی وجود دارد در موضوع حاضر از روش گرادیان شیب به دلیل سادگی و پر کاربردی در امر پیش بینی استفاده شده است مقداردهی اولیه اوزان بصورت تصادفی با مقادیر کوچک انجام می‌شود وبا اصلاح خطاها و مسیر برگشتی به سمت مقدار صحیح همگراست.

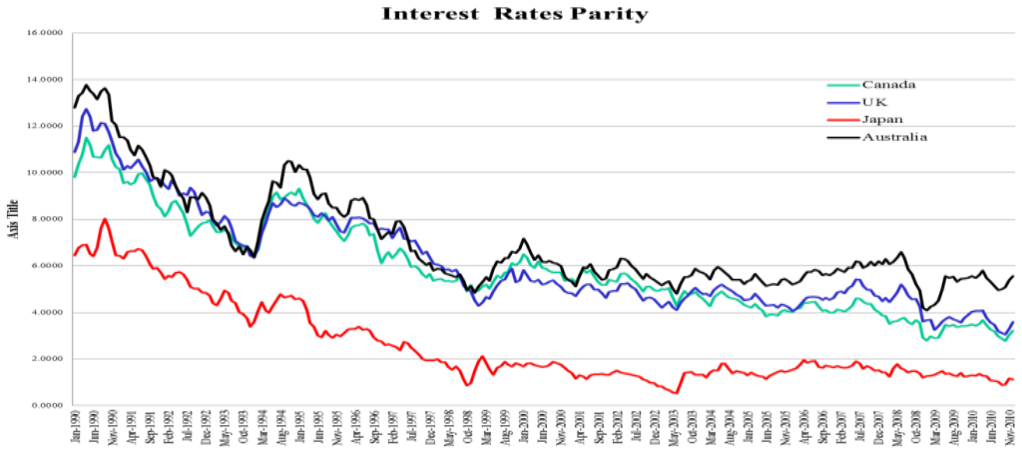


شکل ۳- روابط ورودی‌ها و خروجی‌ها

۳-٤- معرفی متغیرها

- **نرخ بهره پوشش یافته**

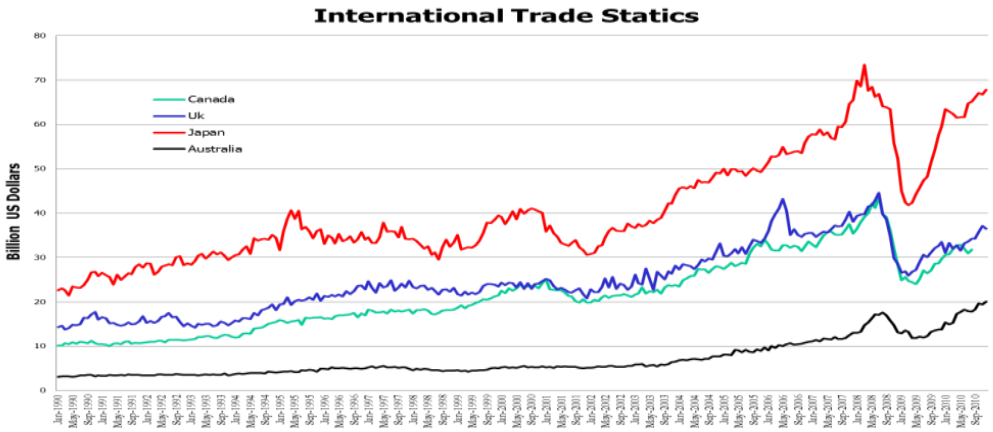
افزایش نرخ بهره در داخل کشور عموماً موجب افزایش ارزش پول ملی می‌شود و پایین آمدن نرخ بهره به افت ارزش پول کشور منجر می‌شود. بدین ترتیب قیمت دارایی‌ها نقش مهمی درنوسان نرخ ارز دارد.



شکل ٤- نوسان نرخ ارز

- **تجارت بین المللی کالا**

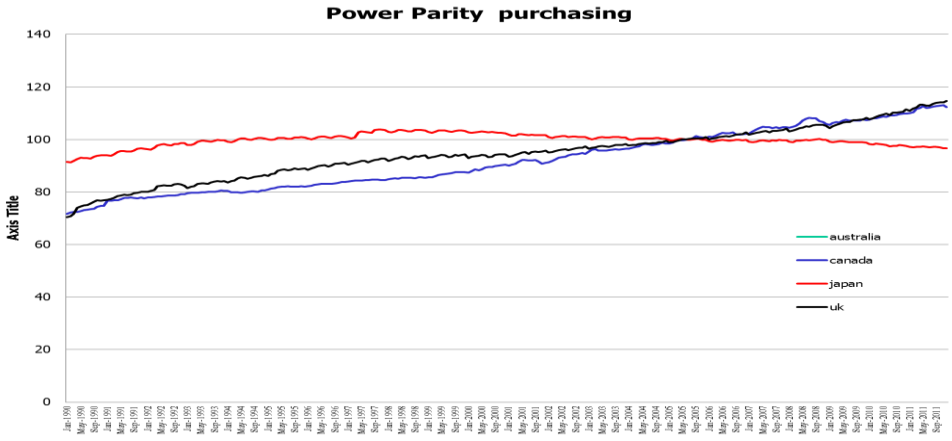
تغییر نرخ ارز از طریق تغییر صادرات و واردات، بر تراز تجاری کشور تاثیرگذار است. افزایش نرخ واقعی ارز، قیمت کالاها و خدمات صادراتی تولیدکنندگان داخلی را نسبت به قیمت‌های جهانی کاهش داده و در نتیجه بر قدرت رقابتی تولیدکنندگان داخلی در بازارهای جهانی می‌افزاید.



شکل ۵- تغییرات نرخ ارز

- **آمار کار و بهره وری**

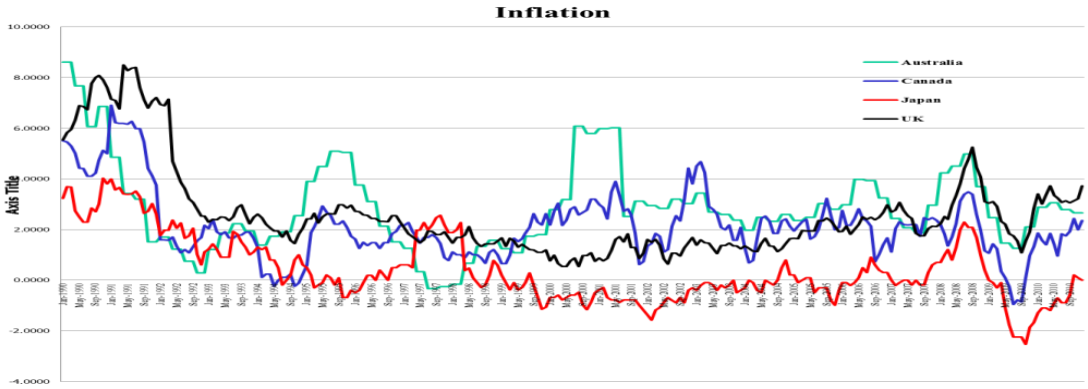
قانون قیمت واحد، که نرخ ارز را با قیمت‌های تک تک کالاهای همگن در کشورهای مختلف مرتبط می‌سازد.



شکل ٦- آمار کار و بهره وری

- **تورم**

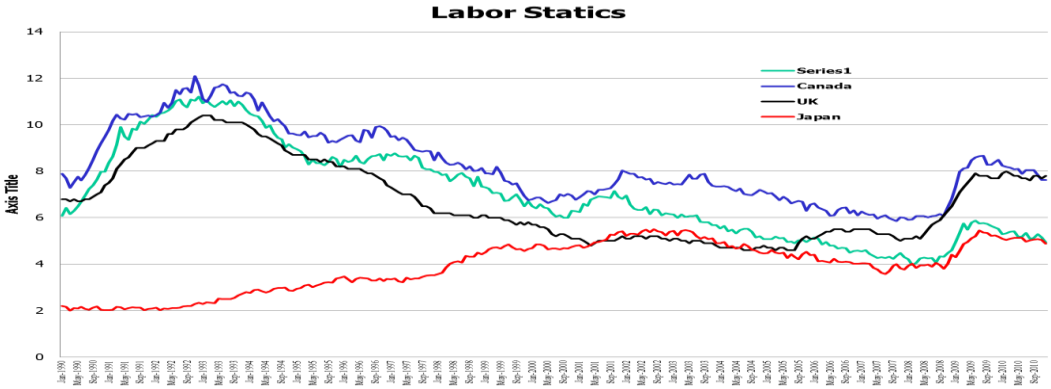
نرخ ارز در اقتصاد هر کشوری که با دنیای خارج از خود ارتباط دارد، یکی از عوامل تعیین قیمت‌ها است. این نرخ بر قیمت کالاها و خدمات وارداتی تأثیر می‌گذارد و یکی از اساسی‌ترین عواملی است - که بر صادرات، واردات، تراز پرداخت‌ها و ذخایر ارزی یک کشور تأثیرگذار است. در این دایره چنین مطرح می‌شود که بالا رفتن نرخ ارز سبب افزایش قیمت کالاهای وارداتی و افزایش قیمت کالاهای وارداتی سبب رشد تورم و رشد تورم باعث افزایش باز هم بیشتر نرخ ارز می‌شود.



شکل ۷- تورم

- **برابری قدرت خرید**

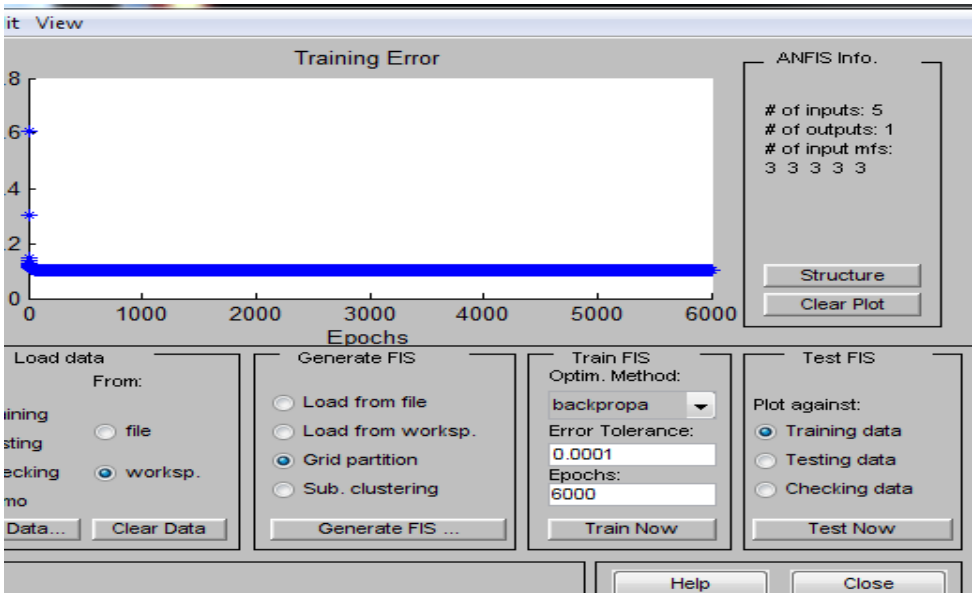
امروزه دستیابی به رشد اقتصادی از طریق ارتقاء بهره وری و کاهش هزینه های تولیدی نیروی کار از مهمترین اهداف اقتصادی کشورها به شمار می‌رود و مصادیق بهره وری به طور صریح و ضمنی مد نظر قرار گرفته است.



شکل ۸- برابری قدرت خرید

- **آموزش**

به‌منظور آموزش از ۸۰ درصد داده‌ها برای دوره آموزشی و ۲۰ درصد داده‌ها برای دوره آزمایشی استفاده می‌شود بعبارتی دیگر ۲۲٤ داده برای آموزش و ٤۰ داده برای آزمایش این داده‌ها برای جلوگیری از خطاهای رایج شبکه بصورت تصادفی بر زده می-شوند و سپس به شبکه ارائه می‌شوند.[۱۱] نمودار ٤ خطای نسبی دوره آموزش را نشان می‌دهد و همان-طوریکه مشاهده می‌شود با تکرار آموزش‌ها کم کم میانگین مجذور خطا تقریباً به سطح ۰.۰۰۱ کاهش پیدا کرده است. منظور از EPOCH، سیکل یا دفعه‌ای است که داده‌ها برای آموزش به شبکه ارائه می‌شوند. در این مقاله با استفاده از روش پس انتشار خطا "Backpropa" استفاده شده است . همچنین، تعداد دوره های یادگیری (Epochs) مساوی با ٦۰۰۰ است و خطای اندازه گیری (α= ۰.۰۰۱)در نظر گرفته شده است.



شکل ۹: آموزش

۳-۵- مقایسه نتـایج حاصـله از شـبکه عصـبی و ARIMA

در این بخش مدل بهینه در روش غیر خطی شبکه عصبی و ARIMA به‌دست آمده و پیش بینی داده‌ها برای یک دوره زمانی یکسان انجام گرفته است و نتایج هر دو روش پیش بینی با توجه به معیارهای روش میانگین مجذور خطا[۱۳]، جذر میانگین مجذور خطا[۱۴]، ضریب تعیین (R۲)، میانگین قدر مطلق خطا [۱۵] و میانگین قدر مطلق در صد خطا[۱۶]، با هم مقایسه می شوند و با توجه به این معیارها در مورد سوالات تحقیق نتیجه گیری خواهد شد. برای شبیه سازی مدل‌های شبکه عصبی از نرم افزار MATLAB و برای ARIMA از نرم‌افزار Statgraphic استفاده می‌شود.

۱- میانگین مجذور خطا (MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n}(e_t)^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^{n}[y_t - \hat{y}_t]^2}{n}$$

۲- ریشه میانگین مربع خطا ها (RSME)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2}{n}}$$

۳- میانگین مطلق درصد خطاهای (MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{e_t}{y_t}\right|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t}\right|}{n}$$

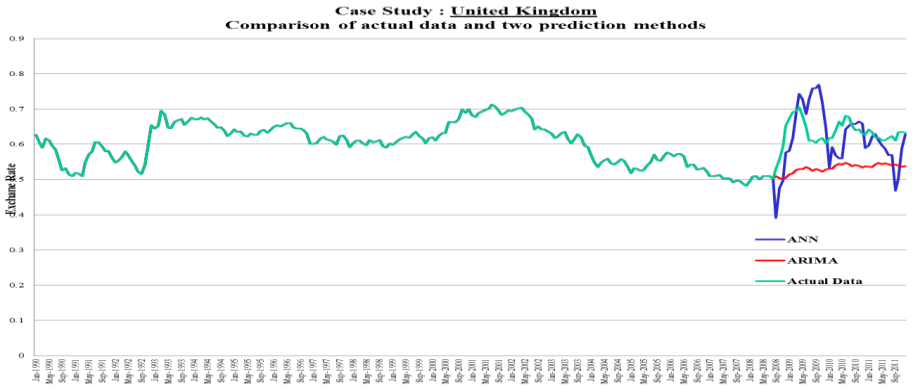
٤- میانگین انحرافات مطلق (MAE)

$$AE = \frac{\sum_{t=1}^{n}|e_t|}{n} \times 100 = \frac{\sum_{t=1}^{n}|y_t - \hat{y}_t|}{n} \times 100$$

نتایج حاصل از پیش بینی‌های دو مدل شبکه عصبی و ARIMA به صورت نموداری تفکیکی استرالیا (شکل۱۲)، کانادا(شکل۱۱)، ژاپن (شکل۱۰) و انگلستان (شکل۱۳) نمایش داده شده است.

جدول ۲: پیش بینی نرخ ارز

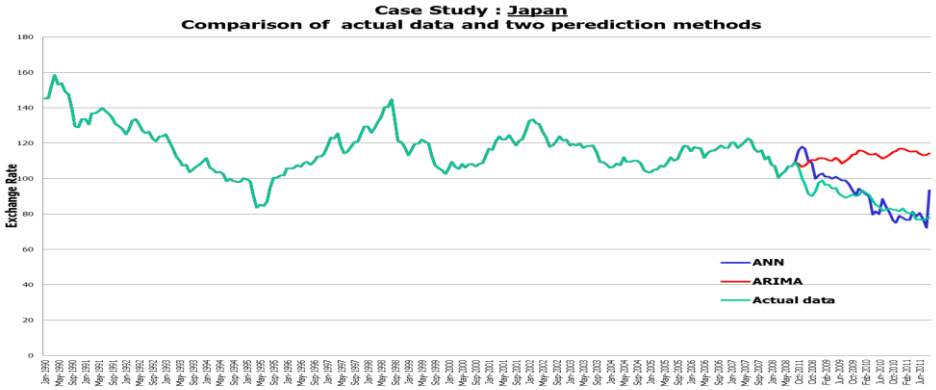
Australia		Canada		Japan		UK	
ARIMA	ANN	ARIMA	ANN	ARIMA	ANN	ARIMA	ANN
1.146	1.170	1.051	1.020	108.268	116.000	0.509	0.391
1.097	1.360	1.044	1.060	106.630	118.000	0.504	0.475
1.083	1.380	1.034	1.070	107.314	117.000	0.501	0.497
1.102	1.540	1.042	1.210	109.257	110.000	0.504	0.577
1.095	1.510	1.037	1.230	110.581	109.000	0.514	0.581
1.071	1.370	1.046	1.200	110.400	100.000	0.518	0.618
1.071	1.250	1.048	1.200	111.494	102.000	0.527	0.691
1.089	1.340	1.048	1.180	111.581	103.000	0.530	0.743
1.114	1.220	1.067	1.140	111.257	101.000	0.530	0.727
1.128	1.160	1.072	1.130	110.360	101.000	0.535	0.686
1.125	1.190	1.066	1.150	110.169	99.900	0.532	0.727
1.136	1.180	1.055	1.150	111.682	101.000	0.525	0.758
1.151	1.180	1.054	1.150	110.311	100.000	0.530	0.760
1.145	1.150	1.058	1.150	108.450	99.000	0.527	0.769
1.143	1.150	1.056	1.130	109.842	99.100	0.522	0.718
1.134	1.170	1.055	1.130	111.385	96.900	0.528	0.647
1.125	1.170	1.055	1.130	113.562	93.400	0.531	0.534
1.151	1.210	1.075	1.110	113.772	90.600	0.530	0.592
1.193	1.140	1.088	1.110	115.864	94.300	0.540	0.568
1.216	1.130	1.087	1.070	115.724	93.000	0.545	0.560
1.242	1.160	1.109	1.090	114.913	91.300	0.542	0.560
1.248	1.210	1.108	1.100	113.662	90.000	0.547	0.642
1.254	1.160	1.104	1.070	113.531	79.800	0.543	0.653
1.224	1.240	1.080	1.070	114.194	81.600	0.538	0.659
1.237	1.190	1.088	1.040	112.809	80.000	0.541	0.657
1.275	1.150	1.095	1.050	111.409	88.600	0.539	0.664
1.283	1.130	1.101	1.060	112.261	84.100	0.535	0.659
1.259	1.130	1.088	0.989	113.425	80.900	0.538	0.589
1.262	1.110	1.089	1.030	115.082	76.500	0.537	0.597
1.310	1.090	1.089	1.020	115.505	75.100	0.535	0.622
1.344	1.110	1.092	0.966	116.871	79.000	0.542	0.629
1.343	1.070	1.087	0.969	116.930	77.900	0.547	0.611
1.336	1.060	1.077	0.935	116.151	76.700	0.544	0.597
1.326	1.060	1.067	0.984	115.340	76.700	0.546	0.588
1.335	0.928	1.069	0.977	115.288	81.300	0.544	0.570
1.299	0.928	1.062	1.010	115.455	78.600	0.540	0.570
1.294	0.931	1.064	1.050	114.131	80.700	0.542	0.469
1.331	0.975	1.060	1.000	113.168	77.100	0.540	0.502
1.342	0.996	1.063	1.050	113.431	72.300	0.536	0.588
1.332	0.900	1.052	1.100	114.370	93.400	0.538	0.628



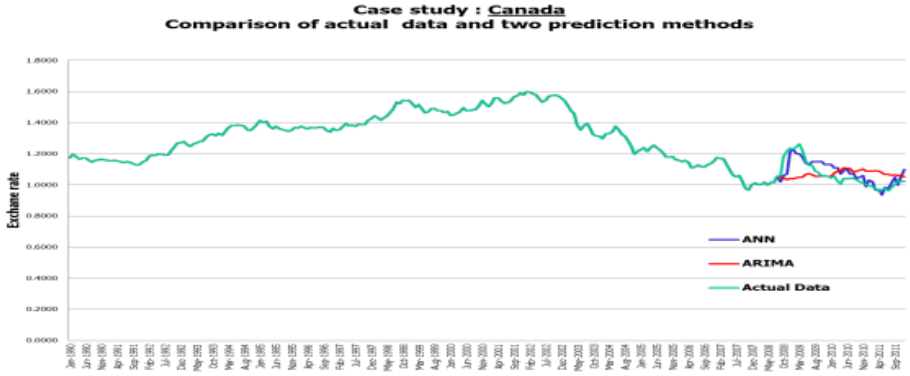
شکل ۱۰-پیش بینی نرخ پوند انگلیس

همان طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود بر اساس کلیه معیارها (ریشه میانگین مربع خطا، میانگین قدرمطلق خطا، میانگین قدر مطلق درصد خطا) مدل شبکه های عصبی مصنوعی بطور قابل توجهی برتر از مدل رگرسیون است. با استفاده از شاخص‌های آماری آزمون روش‌ها همانطور که در جدول زیر مشاهده می‌شود، در پیش‌بینی ها، کاملا مدل شبکه ی عصبی بهینه بوده است.

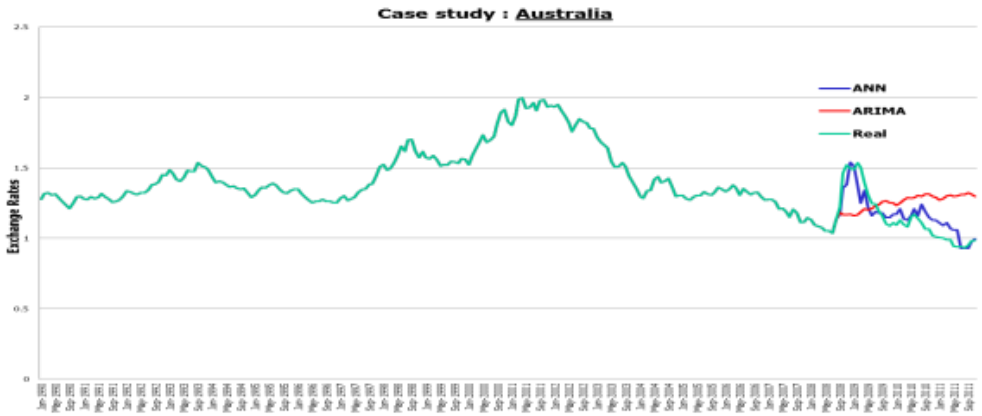
جدول (۳) انواع خطاهای حاصل از دو روش پیش بینی آریما و شبکه عصبی را نشان می دهد.



شکل ۱۱-پیش بینی نرخ ین ژاپن



شکل ۱۲: پیش بینی نرخ دلار کانادا



شکل ۱۳: پیش بینی نرخ دلار استرالیا

جدول ۳: معیارهای مدل شبکه عصبی مصنوعی در نرخ ارز

	Australia		Canada		Japan		United Kingdom	
	ANN	ARIMA	ANN	ARIMA	ANN	ARIMA	ANN	ARIMA
RMSE	0.0882	0.2501	0.0015	0.1005	8.0952	29.6526	0.0776	0.1060
MAE	0.0686	0.2232	0.0454	0.0820	6.1676	27.8436	0.0623	0.1007
MAPE	6.1242	20.1592	4.2189	7.5249	6.8988	32.6784	2.6158	15.6867
MSE	0.0078	0.0626	0.0031	0.0101	65.5336	879.2770	0.0060	0.0112

٤- نتیجه گیری و بحث

با استفاده از شاخص‌های آماری آزمون متدها همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، در پیش بینی‌ها، کاملاً مدل شبکه عصبی بهینه بوده است. در خصوص تحلیل پایه‌ای علیرغم نتایج دقیقی که دارد، اما به طور خلاصه می‌توان گفت برای معاملات کوتاه مدت و نوسان‌گیری در بازارهای مالی این تحلیل کارایی کمتری دارد.

زیرا با توجه به عواملی بی شمار اثر گذار بر روی قیمتها جمع بندی آنها برای اینگونه معاملات زمان براست. جهت پاسخ سریع در پیش بینی بازار ارز از روش‌های خطی استفاده می شود اما خطای این روش نسبت به روش غیر خطی بسیار بیشتر است.

فهرست منابع

* آلفرد، مرتینز(۱۳۸۰) .آنالیز سیگنال :ویولت، فیلتر بانک، تبدیل های زمان - فرکانس و کاربرد آنها. ترجمه ی دکتر محمد حسن مرادی . تهران : مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
* اصغری اسکوئی، محمدرضا (۱۳۸۱). کاربرد شبکه های عصبی در پیش بینی سری های زمانی . پژوهشنامه اقتصادی ایران،۱۲: ۶۹-۹۷
* با فکر، آزیتا، (۱۳۷۷)، بررسی علل تورم در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی، استاد راهنما ابوالقاسم هاشمی)
* دیولیو، اوچین، (۱۳٦۸)، نظریه و مسائل اقتصاد کلان ترجمه: دکتر احمد جعفری صمیمی (مازندران، دانشگاه مازندران)

* قدیمی، محمد رضا و سعید مشیری، (۱۳۸۱) پیش بینی رشد اقتصادی ایران با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی .پژوهشنامه اقتصادی ایران، ۱۲۳-۱۲،۹۶:
* سالواتوره، دومینیک، (۱۳۸۳)، مالیه بین‌الملل ترجمه: حمیدرضا ارباب (تهران، نشر نی)
* سیدان، کامبیز، (۱۳۷٤)، اثر افزایش نرخ ارز در بازار آزاد بر تورم، پایان نامه کاشناسی ارشد، داشگاه علامه طباطبایی، به راهنمایی مهدی تقوی
* غنی‌نژاد، موسی، (۱۳۸٤)، عدالت اقتصادی، روزنامه دنیای اقتصادی سال سوم شماره ۷۱٦ چهارشنبه ۱۵ تیر
* زراءنژاد، منصور و شهرام حمید (۱۳۸۸) پیش بینی نرخ تورم در اقتصاد ایران با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی پویا) دیدگاه سری زمانی اقتصاد مقداری.
* منتظر ظهور، محمود، (۱۳۷٦)، اقتصاد خرد و کلان (تهران، انتشارات دانشگاه تهران)
* منهاج، م، ب .،(۱۳۷۹)، «مبانی شبکه‌های عصبی»، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران، جلد اول
* منهاج، محمد باقر (۱۳۷۷) هوش محاسب ات، جلد اول، مبانی شبکه های عصبی . تهران: مرکز نشر پروفسور حسابی.
* هوشمند، محمود، محمد علی شعبانی و اعظم ذبیحی (۱۳۸۷) نقش سرمایه انسانی در رشد اقتصادی ایران با استفاده از الگوی خود بازگشت با وقفه های توزیعی .اقتصاد مقداری.٦۳- ۸٤):۲ (

بررسیهای اقتصادی سابق

* Box, G. E. P. and Jenkins, G. M. (1970), Time Series Analysis: Forecasting and Control, San Francisco: Holden-Day.
* Central Bank of Iran's website: http://www.cbi.ir/
* De Jesús, O., Horn, J.M. and Hagan, M.T. (2001), "Analysis of Recurrent Network Training and Suggestions for Improvements", Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, Washington, DC, July 15–19, 32–2637.
* Fahimifard, S. M. (2008), "The Comparison of Artificial-Neural and Auto-Regressive Models for Forecasting Agricultural Product Price of Iran", Dissertation for M.Sc Degree in Agricultural Economics Engineering, University of Zabol.
* Fahimifard, S. M. Homayounifar, M. Salarpour, M. Sabuhi, M., and Shirzady,S. (2009), "Application of ANFIS to Exchange Rate Forecasting", China-USA Business Review, 8(6): 22-30.
* Haykin,S. (1994),Neural Networks A Comprehensive Foundation. Macmillan, New York.
* Ince, H. and Trafalis, T. B. (2005), "A Hybrid Model for Exchange Rate Prediction", [online] <http://www.sicencedirect.com/> [20 May 2008].
* Medsker, L.R., and Jain, L.C. (2000), Recurrent Neural Networks: Design and Applications, Boca Raton, FL: CRC Press
* Meese, R. A. and Rogoff, K. (1983), "Empirical Exchange Rate Models of the Seventies: Do they Fit Out of Sample?, Journal of international Economics, 14: 3–24.
* Morgan, G. C. (1998), Fuzzy Logic, Routlendge Encyclopedia of Philosophy, 3, first edition, Craig, E. Routledge, London.
* Moshiri, S. and Cameron, N. (2000), "Neural Network versus Econometric models in forecasting inflation", Journal of forecasting, 19: 201-217.
* Najafi, B., and Tarazkar, M. (2006), "Forecasting of Iran's export of pistachio: ANN application", Quarterly of Trade Research, 39: 191-214.
* Pilbeam, K. (1998), International .nance (2nd ed.). Palgrave.
* Racine, J. S. (2001), "On the Nonlinear Predictability of Stock Returns Using Financial and Economic Variables", Journal of Business and Economic Statistics, 19(3): 380-382.

* Hornik, K. (1991). Approximation Capabilities of Multilayer Feedforward Networks. Neural Networks, 4: 251-257.
* Kingdon, J. & K. Feldman. (1995). Genetic Algorithms and some Applications in Finance. Journal of Applied and Mathematical Finance, 1(1): 89-116.
* Kohzadi, N., M.S. Boy & I. kaastra. (1996). Neural Networks for Forecasting: An Introduction. Canadian Journal of Agricaltural economics, 43: 463-474.
* Kung, C. M. & H. White. (1994). Artificial Neural Networks for Some Macroeconomic series: A First Repot. Econometric Reviews, 13: 105-122.
* Moshiri, S. & N.E. Cameron. (2000). Neural Network Versus Econometric Models in Forecasting Inflation. Journal of Forecasting, 19: 201-217
* Moshiri, S., N. E. Cameron & D. Scuse. (1999). Static, Dynamic, and Hybrid Neural Network in Forecasting Inflation. Computational Economics, 14(3): 219-235.
* Ramsey, B.J. (2002) Wavelets in Economics and Finance: Past and Future. Studies in Non-Linear Dynamics and Econometrics, 6(3): 1-26 .
* Zhang, G., B.E. Patuwo & M. Y. Hu. (1998). Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art. International Journal of Forecasting, 14(1): 35-62.
* Zhang, X. & K. Thearling. (1994). Non-liner Time-series Prediction by Systematic Data Exploration on a Massively Parallel computer. Santa Fe Institute Technical Report, 94-107

یادداشت‌ها

[1]- Autoregressive Integrated Moving Average Process
[2]- Artificial Neural Network
[3]- Exchange Rate
[4] -Fundamental Analyses
[5]- Parity Interest Rates
[6]- International Trade Statics
[7] -Labor Static
[8] -Inflation
[9] -Purchasing Power Parity
[10]- Technical Analyses
[11] - ADF (Augmented Dickey-Fuller test)
[12] -Mackinon critical values
[13] -MSE

* Rosenblatt, F. (1961), "Principles of Neurodynamics", Washington, D.C.: Spartan Press.
* Roshan, R. (2004), "Iran's inflation Forecasting Using ARCH, GARCH, ARIMA and ANN Models and the Comparison of Mentioned Models Performance", Dissertation for M.Sc يegree in Economics, University of Zahedan.
* Tanaka, K. (1998), An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, Prantice-Hall International Editions. Fu, J. (1998). A Neural Network Forecast of Economic Growth and Recession. The Journal of Economics, XXIV(1): 51-66.
* Kohzadi, N., M.S. Boy & I. kaastra. (1996). Neural Networks for Forecasting: An Introduction. Canadian Journal of Agricaltural economics, 43: 463-474.
* Kung, C. M. & H. White. (1994). Artificial Neural Networks for Some Macroeconomic series: A First Repot. Econometric Reviews, 13: 105-122.
* Moshiri, S. & N.E. Cameron. (2000) Neural Network versus Econometric Models in Forecasting Inflation. Journal of Forecasting, 19:201-217.
* Moshiri, S., N. E. Cameron & D. Scuse. (1999). Static, Dynamic, and Hybrid Neural Network in Forecasting Inflation. Computational Economics, 14(3): 219-235..
* Azoff, M.E. (1994). Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets. John Wiley & Sons, 117-125.
* Bosarge, W.E. (1999). Adaptive Process to Exploit the Nonlinear Structure of Financial Market, In R. R. Trippi and Troban(eds), NeuralNetworks in Finance and investing. Probus Publishing, 371-402.
* El Shazly, M.R. & H. E. El Shazly. (1999). Forecasting Currency Prices using a Genetically Evolved Neural Network Architecture. International Review of Financial Analysis, 8(1): 67-72.
* Fu, J. (1998). A Neural Network Forecast of Economic Growth and Recession. The Journal of Economics, XXIV(1): 51-66.
* Hill, T., L. Marquez, M. O'Connor & W. Remus. (1994). Artificial Neural Network Models for Forecasting and Decision Making. International Journal of Forecasting, 10: 5-15.

[14] -RSME
[15] -MAE
[16] -MAPE