



## مدلسازی پیش‌بینی قیمت ارز با استفاده از شبکه‌های عصبی

مهدی غفاری<sup>۱</sup>

راحله یوسفی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۴

تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۱۸

### چکیده

بی‌تردید امروزه بیشترین مقدار سرمایه‌گذاری از طریق بازار سرمایه در تمام جهان مبادله می‌شود. اقتصادهای ملی به شدت متأثر از عملکرد بازار سرمایه است. به علاوه بازار سرمایه به عنوان یک ابزار سرمایه‌گذاری در دسترس، هم برای سرمایه‌گذاران کلان و هم برای عموم مردم شده است. بازارها نه تنها از پارامترهای کلان، بلکه از هزاران عامل دیگر نیز متأثر می‌شوند. تعداد زیاد و ناشناخته بودن عوامل موثر در بازار بورس، اوراق بهادار موجب عدم اطمینان در زمینه سرمایه‌گذاری شده است.

روشن است که خصوصیت عدم اطمینان، امر نامطلوبی است و از طرفی برای سرمایه‌گذارانی که بازار سهام را به عنوان مکان سرمایه‌گذاری انتخاب نموده‌اند، این خصوصیت اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین به‌طور طبیعی تمام تلاش سرمایه‌گذار، کاهش عدم اطمینان است و از این جهت پیش‌بینی در این بازار یکی از ابزارهای کاهش عدم اطمینان می‌باشد. یکی از کاربردهای پیش‌بینی نرخ ارز در صنعت کشور، استفاده در خرید مواد اولیه و تجهیزات مورد نیاز از خارج و فروش تولیدات به شکل نقدی است. با خرید یا فروش نقدی در زمان مناسب می‌توان سود قابل ملاحظه‌ای را عاید شرکت‌ها کرد.

یکی از روش‌های نوین مورد استفاده در زمینه‌ی پیش‌بینی قیمت ارز، استفاده از شبکه‌های عصبی می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از شبکه‌های عصبی چند لایه‌ی پیشخور، اندیکاتوری جهت پیش‌بینی نرخ ارز با زبان MQL4 در نرم افزار متاتریدر تهیه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت ارز با استفاده از زبان مذکور مبتنی بر شبکه‌های عصبی تأیید می‌گردد.

۱- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد قزوین،  
Ghafari62@gmail.com (نویسنده مسئول)

۲- هیأت علمی آموزشکده فنی و حرفه‌ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی،  
واحد کرج، کرج، Rahele.yousefi@yahoo.com

**واژه‌های کلیدی:** پیش‌بینی، شبکه‌های عصبی چند لایه‌ی پیش‌خور، بازار ارز، متاتریدر، بازار فارکس

### ۱- مقدمه

با نگاهی گذرا به بازار سرمایه می‌توان دریافت که یکی از دارایی‌هایی که امروزه به شدت مورد توجه توده‌های مردم دنیا قرار گرفته است، نرخ پول‌های رایج دنیا، مانند دلار آمریکا، ین ژاپن، یوروی اروپا، پوند انگلیس است. بازار ارز زمینه را برای مبادله در این بازار به-سادگی و با سرعتی باور نکردنی مهیا کرده است. پیش‌بینی مناسب در این بازار جهت تعیین نرخ ارز باعث ایجاد منافع زیادی می‌شود که در صنعت می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- یکی از کاربردهای پیش‌بینی نرخ ارز در صنعت کشور، استفاده در خرید مواد اولیه و تجهیزات مورد نیاز از خارج و فروش تولیدات به شکل نقدی است. با خرید یا فروش نقدی در زمان مناسب می‌توان سود قابل ملاحظه‌ای را عاید شرکت‌ها کرد.
  - شرکت‌ها در مواردی از خریدهای خارجی، نیاز به تبدیل ارزی به ارز دیگر را دارند. حساب شرکت‌ها، حساب یورویی یا دلاری می‌باشد. شرکت‌ها برای انجام خرید یورویی از حساب دلاری نیاز به تبدیل یورو به دلار را دارند و بالعکس. زمان مناسب این تبدیل برای انجام خرید می‌تواند سود قابل توجهی را عاید شرکت‌ها کند.
- یکی از روش‌های مورد استفاده در زمینه‌ی پیش‌بینی قیمت ارز استفاده از شبکه‌های عصبی می‌باشد.

در دهه اخیر شبکه‌های عصبی به‌عنوان یکی از پر استفاده‌ترین روش‌ها در زمینه طبقه-بندی، تشخیص الگو و پیش‌بینی سری‌های زمانی بوده است. قدرت بالای تشخیص انواع الگو‌های موجود در داده‌های بازار، تقریب توابع پیچیده، پایداری و انعطاف پذیری آن در برابر نویزهای داده‌ها، از مشخصات بارز و قدرتمند شبکه عصبی در کشف فرآیند مولد قیمت بازار می‌باشد. بطوریکه دومین زمینه‌ی پر کاربرد استفاده از شبکه عصبی را، پیش‌بینی سری‌های زمانی به خود اختصاص داده است.

شبکه‌های عصبی به‌عنوان روش داده محور و بدون در نظر گرفتن فرضیات موجود در روش‌های مدل‌گرا، چشم‌انداز قدرتمند و نوینی در جهت تقریب توابع پیچیده می‌باشد. اکثر سری‌های زمانی در جهان واقعی دارای الگوهای غیر خطی پیچیده می‌باشد، به طوری که ذهن‌ها را بر آن داشته است که روش‌های پیش‌بینی سری‌های زمانی را مورد توجه قرار دهند.

از آنجا که رفتار بازار ارز یک رفتار غیر خطی و آشوب‌گونه است، هدف اصلی این تحقیق، طراحی و ارائه یک مدل پیش‌بینی قیمت ارز با استفاده از شبکه‌های عصبی است و در پی کاهش خطای پیش‌بینی قیمت ارز جهت تحقق اهداف ذیل هستیم:

- ارائه زمان‌های مناسب برای خرید یا فروش شرکت‌ها با توجه به نسبت قیمت یورو به دلار
- پیش‌بینی با درصد خطای قابل قبول می‌تواند تریدرهای ایرانی را در جهت خرید و فروش کالا و ارز راهنمایی کند.
- و همچنین ارائه شواهد لازم جهت پاسخ به مسئله مورد بررسی در این تحقیق آیا می‌توان با استفاده از شبکه‌های عصبی یک مدل برای تعیین نرخ ارز ارائه نمود؟

## ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

### ۲-۱- شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی را می‌توان با اغماض زیاد، مدل‌های الکترونیکی از ساختار عصبی مغز انسان نامید. مکانیسم فراگیری و آموزش مغز اساساً بر تجربه استوار است. مدل‌های الکترونیکی شبکه‌های عصبی طبیعی نیز بر اساس همین الگو بنا شده‌اند و روش برخورد چنین مدل‌هایی با مسائل، با روش‌های محاسباتی که به‌طور معمول توسط سیستم‌های کامپیوتری در پیش گرفته شده‌اند، تفاوت دارد. تصور عموم کارشناسان فن‌آوری اطلاعات<sup>۱</sup> بر آن است که مدل‌های جدید محاسباتی که بر اساس شبکه‌های عصبی بنا می‌شوند، جهش بعدی صنعت فن‌آوری اطلاعات را شکل می‌دهند. تحقیقات در این زمینه نشان داده

است که مغز، اطلاعات را همانند الگوها ذخیره می‌کند. فرآیند ذخیره‌سازی اطلاعات به صورت الگو و تجزیه و تحلیل آن الگو، اساس روش نوین محاسباتی را تشکیل می‌دهند. این حوزه از دانش محاسباتی<sup>۲</sup> به هیچ وجه از روش‌های برنامه‌نویسی سنتی استفاده نمی‌کند و به جای آن از شبکه‌های بزرگی که به صورت موازی آرایش شده‌اند و تعلیم یافته‌اند، بهره می‌جوید. [۳]

یک شبکه عصبی مصنوعی<sup>۳</sup> ایده‌ای است برای پردازش اطلاعات که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته شده و مانند مغز به پردازش اطلاعات می‌پردازد. عنصر کلیدی این ایده، ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات است. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق‌العاده بهم پیوسته تشکیل شده که برای حل یک مسأله با هم هماهنگ عمل می‌کند. شبکه عصبی مصنوعی، نظیر انسانها، با مثال یاد می‌گیرند. یک شبکه عصبی مصنوعی برای انجام وظیفه‌ای مشخص، مانند شناسایی الگوها و دسته‌بندی اطلاعات، در طول یک پروسه یادگیری، تنظیم می‌شود. در سیستم‌های زیستی یادگیری با تنظیماتی در اتصالات سیناپسی که بین اعصاب قرار دارد همراه است. این روش شبکه عصبی مصنوعی‌ها هم می‌باشد.

## ۲-۲- ویژگی‌های شبکه عصبی

شبکه‌ی عصبی برگرفته از مغز انسان است. مغز انسان  $10^{10}$  ده میلیارد سلول عصبی دارد که بین آنها میلیاردها میلیارد ارتباط تصور می‌گردد. یعنی یک شبکه بسیار پیچیده ارتباطی مطرح است که می‌تواند کاری کند که مغز انسان به عنوان یک پردازشگر موازی عمل کند. [۳]

هر سلول عصبی یک پردازشگر است، یعنی در مغز انسان  $10^{10}$  پروسه‌ی عملیاتی صورت می‌گیرد. با تغییر یا حذف یک سلول بعضی ارتباطات جدید ایجاد می‌شود. پردازش یک سلول عصبی  $10^6$  بار کمتر از یک سیلیکون است.

از ویژگی‌های شبکه‌ی عصبی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- قابلیت تعمیم
  - ۲- قابلیت تحمل آسیب
  - ۳- قابلیت ترمیم
  - ۴- قابلیت استفاده به عنوان حافظه شراکتی یا انجمنی، حافظه قابل آدرس دهی و ذخیره کنندگی
  - ۵- سرعت بسیار بالا
- به دلیل انجام پردازش موازی

در حالیکه بسیاری از مدل‌های شبکه عصبی مختلف در طی پنجاه سال اخیر یا قبل از آن برای دستیابی به کارهای پیش‌بینی، طبقه‌بندی و خوشه‌بندی بوجود آمده‌اند. ما می‌خواهیم فقط بر یک مدل اصلی که بصورت گسترده و موفقی در حوزه‌های مدیریت، حسابداری و مالی کاربرد دارد، تمرکز کنیم. شبکه‌ی عصبی چند لایه‌ی پیش‌خور<sup>۴</sup> مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده بوسیله‌ی آموزش با ناظر است. مدل‌های آموزشی شامل اطلاعات کامل درباره خصوصیات داده‌ها و نتایج قابل مشاهده است. مدل‌ها می‌توانند ارتباط‌های بین خصوصیات (ورودی‌ها) و نتایج (خروجی‌ها) را آموزش دهند. استفاده از شبکه‌ی عصبی چند لایه‌ی پیش‌خور برای مدل‌سازی ارتباط بین پول صرف شده برای هزینه تبلیغات در طی هفته اخیر و مقادیر فروش این هفته مثالی از کاربرد پیش‌بینی است.

### ۳-۲- پیش‌بینی با استفاده از شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور

طبق مطالعات انجام شده بیش از پنجاه درصد مطالعات کاربردی حسابداری و مالی شبکه عصبی گزارش شده، از شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور<sup>۵</sup> با قوانین مختلف یادگیری استفاده کرده‌اند. این نوع شبکه عصبی به دلیل کاربردهای گسترده در بسیاری از ابعاد مسائل مربوط به حسابداری و مالی، مانند پیش‌بینی اصولی، طبقه‌بندی و مدل‌سازی، بسیار محبوب است. شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور برای حل مسائلی که شامل یادگیری ارتباط بین یک مجموعه ورودی‌ها و خروجی‌های مشخص هستند، مناسب می‌باشد که در حقیقت یک تکنیک آموزش با ناظر برای یادگیری ارتباط‌های بین داده‌ها با استفاده از مجموعه داده‌های آموزش است.

### ۴-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه پیش‌بینی بازار ارز

در سال ۱۹۹۸ لایک، نام و مارکلند روش‌هایی از پیش‌بینی در بازار ارز را وارد شبکه‌های عصبی نموده و از ترکیب پیش‌بینی این روش‌ها در شبکه عصبی استفاده نمودند. [۱۰] در سال ۲۰۰۰ در تحقیقی که توسط شن و هان انجام شد برای بهبود وزن‌ها در شبکه‌های عصبی در بازار ارز از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. [۹]

در سال ۲۰۰۱ تحقیقی توسط جاسلینا آرفوویک و رمضان جنسی انجام شد که در آن برای طراحی شبکه‌های عصبی برگشتی از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. [۵]

در سال ۲۰۰۴ تحقیقی توسط چن ولانگ انجام شد که در آن از رگرسیون در شبکه‌های عصبی برای کاهش خطا در تعیین قیمت در بازار ارز استفاده نمودند. [۴]

یکی از تحقیقاتی که خطای پیش‌بینی را نسبت به سایر روش‌ها به شکل چشمگیری کاهش داده است، تحقیقی با عنوان بکارگیری شبکه عصبی با هموارسازی نمایی در پیش‌بینی قیمت ارزهاست که توسط آقایان وانگ، یو و لای انجام شده است. با استفاده از این روش MSE نسبت به مدل‌های برگشتی به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. [۸]

در تحقیقی دیگر با عنوان استفاده از درخت انعطاف‌پذیر شبکه‌ی عصبی که توسط چن و آبراهام برای پیش‌بینی قیمت ارز بر روی داده‌های مشترک با تحقیق وانگ، یو و لای انجام شد، در مقدار MSE نسبت به روش ASSN کاهش چشمگیری بوجود آمد. [۱۴]

### ۳- روش‌شناسی تحقیق:

تحقیق حاضر، در چارچوب معماری شبکه‌های عصبی به آزمون قیمت ارز جهت پیش‌بینی آن می‌پردازد.

#### ۳-۱- معماری شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور

معماری شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور شامل یک لایه ورودی، یک لایه عصبی خروجی، و دست کم یک لایه عصبی پنهان در بین عصب‌های ورودی و خروجی است. جریان اطلاعات از چپ به راست، با ورودی‌های  $X$  شروع و توسط وزن‌های مرتبط از لایه‌ی پنهان درون شبکه می‌گذرد و متعاقباً به لایه خروجی می‌رسد. وزن‌هایی که عنصر ورودی  $i$  را به عصب پنهان  $j$  مربوط می‌کنند با  $W_{ji}$  نشان داده می‌شوند، در حالیکه وزن‌هایی که عصب پنهان  $j$  را به عصب خروجی  $k$  مربوط می‌کند، با  $V_{kj}$  نشان داده می‌شوند. [۶] و [۷]

هر عصب خروجی‌هایش را بر مبنای میزان تحریک ورودی‌های دریافت شده محاسبه می‌کند. بطور تخصصی‌تر، ورودی یک شبکه عصبی به‌عنوان مجموع وزن داده شده ورودی‌هایش محاسبه شده و خروجی عصب بر اساس یک تابع سیگموئید محاسبه می‌شود

و به بزرگی و اهمیت این ورودی شبکه بستگی دارد که برای زامین عصب پنهان بصورت زیر است:

$$y_j = f(\text{net}_j^h) \quad \text{و} \quad \text{net}_j^h = \sum_{i=1}^{N+1} W_{ji} x_i \quad (1)$$

در حالیکه برای kامین عصب خروجی به شرح زیر است:

$$z_k = f(\text{net}_k^o) \quad \text{و} \quad \text{net}_k^o = \sum_{j=1}^{J+1} V_{kj} y_j \quad (2)$$

تابع سیگموئید  $f(\text{net})$  که تابع منطقی بسیار مشهوری است، نیز بصورت زیر است:

$$f(\text{net}) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \text{net}}} \quad (3)$$

برای یک الگوی ورودی داده شده، شبکه یک خروجی  $Z_k$  (یا مجموعه‌ای از خروجی‌ها) را ایجاد می‌کند و این واکنش را با واکنش مطلوب هر عصب  $dk$  مقایسه می‌کند. برای مسائل طبقه‌بندی، واکنش مطلوب هر عصب، صفر یا یک خواهد بود، در حالیکه برای مسائل پیش‌بینی، مقداری پیوسته می‌باشد. وزن‌های شبکه سپس برای صحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح می‌شوند. اصلاح وزن‌ها بطور پیوسته در این روال تا زمانی که کل خطاها از سطح تلورانس از پیش تعیین شده کمتر شود، ادامه می‌یابد.

برای یک الگوی ورودی داده شده، شبکه یک خروجی  $Z_k$  (یا مجموعه‌ای از خروجی‌ها) را ایجاد می‌کند و این واکنش را با واکنش مطلوب هر عصب  $dk$  مقایسه می‌کند. برای مسائل طبقه‌بندی، واکنش مطلوب هر عصب، صفر یا یک خواهد بود، در حالیکه برای مسائل پیش‌بینی، مقداری پیوسته می‌باشد. وزن‌های شبکه سپس برای صحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح می‌شوند. اصلاح وزن‌ها بطور پیوسته در این روال تا زمانی که کل خطاها از سطح تلورانس از پیش تعیین شده کمتر شود، ادامه می‌یابد.

## ۲-۳- مراحل پیش‌بینی با شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور

پیش‌بینی و طبقه‌بندی موفق با شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور نیازمند توجه دقیق به مرحله اصلی ذیل است:

مرحله ۱: یادگیری: مدل توسعه یافته باید یک تطابق رضایت بخش در داده‌های آموزشی را نشان دهد. داده‌ها باید شامل الگوهایی که شبکه عصبی سعی در یادگیری آنها دارد، باشد و مدل شبکه عصبی باید قادر به استنباط وزن‌های متناسب برای نشان دادن این الگوها باشد.

مرحله ۲: تعمیم: مدل توسعه یافته باید اغلب هنگامی که داده‌های جدید آزمایش می‌شوند، برای اطمینان از آنکه بطور ساده خصوصیات داده‌های آموزشی را به خاطر سپرده باشد، عمل کند. برای یک مدل شبکه عصبی بسیار آسان است که داده‌های آموزشی را بیش از حد- علی‌الخصوص برای مجموعه داده کوچک- تطبیق نماید.

هنگامی که این دستورالعمل‌ها عملی شوند، شانس توسعه یک مدل شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور که داده‌های آموزشی را بطور موثر یاد بگیرد و آن یادگیری را به داده‌های جدید تعمیم دهد، فوق‌العاده افزایش می‌یابد. اغلب بسته‌های نرم‌افزاری تجاری شبکه عصبی در دسترس، مانند متلب ۶، دارای ویژگی‌هایی برای تسهیل این دستورالعمل‌ها هستند. نرم‌افزار متلب دارای جعبه ابزار مخصوص شبکه‌های عصبی است که دارای انواع الگوریتم‌های یادگیری، توابع آموزش و امکانات مختلف دیگر جهت تنظیم شبکه‌ها می‌باشد. در پیش‌بینی قیمت ارز استفاده از نرم‌افزار متلب این مشکل وجود دارد که باید داده‌ها از نرم افزار متاتریدر ۷ به نرم افزار متلب انتقال داده شوند و بعد از آن تجزیه و تحلیل توسط نرم افزار متلب انجام شود.

برای جلوگیری از این مشکل، ساختار شبکه‌ی عصبی را در نرم افزار متاتریدر پیاده کردیم تا مستقل از نرم افزار متلب و بر روی همان چارت‌ها، تحلیل و پیش‌بینی شبکه‌ی عصبی را ارائه کنیم. یکی دیگر از مشکلاتی که در عمل برای پیش‌بینی با متلب پیش می‌آید، افزایش تعداد ارزها یا سهام‌ها برای پیش‌بینی (در آینده) با این روش است که کار را زمانبر و مشکل می‌کند.

### ۳-۳- معیارهای ارزیابی عملکرد

بطور متداول، از برخی معیارهای عملکرد برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباط- های داده‌ها در شبکه عصبی استفاده می‌شود. برای مسائل پیش‌بینی، این معیارها عمدتاً مربوط به خطای بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی‌های مطلوب واقعی است. فرض



کنید برای یک الگوی ورودی P (از مجموعه الگوی P)، خروجی پیش‌بینی شده یک عصب ZP، خروجی واقعی dp و میانگین مقدار خروجی واقعی در تمامی الگوها d باشد. [۳]

جدول (۱) برخی از معیارهای متداول برای مسائل پیش‌بینی را نشان می‌دهد. سه مورد از خانواده میانگین خطای استاندارد عبارتند از:

مربع میانگین خطای استاندارد<sup>۸</sup>، مربع مجذور میانگین خطا<sup>۹</sup>، و مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده<sup>۱۰</sup>.

خطاها بمنظور جریمه کردن خطاهای بزرگ، و برای خنثی کردن اثر مقادیر مثبت و منفی تفاوت‌ها، به توان دو رسیده‌اند.

ضریب تعیین<sup>۱۱</sup> در ارتباط با مربع میانگین خطای استاندارد، نرمال شده است و R2 و NMSE=1- مقدار ضریب تعیین بین صفر تا یک است و مقدار یک نشان دهنده تطابق کامل داده‌هاست، در حالیکه مقدار صفر نشان دهنده عملکردی است که می‌توان از استفاده میانگین مقدار خروجی واقعی d به عنوان مبنای پیش‌بینی‌ها انتظار داشت.

جدول (۱) معیارهای عملکرد رایج برای مسائل پیش‌بینی [۳]

$\frac{\sum_{p=1}^P (d_p - z_p)^2}{P}$	مربع میانگین خطای استاندارد (MSE)
$\sqrt{\frac{\sum_{p=1}^P (d_p - z_p)^2}{P}}$	مربع مجذور میانگین خطا (RMSE)
$\frac{\sum_{p=1}^P (d_p - z_p)^2}{\sum_{p=1}^P (d_p - \bar{d}_p)^2}$	مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده (NMSE)
$1 - \frac{\sum_{p=1}^P (d_p - z_p)^2}{\sum_{p=1}^P (d_p - \bar{d}_p)^2}$	R2 (ضریب تعیین)

#### ۴-۳- بازار ارز و جمع‌آوری داده‌ها

بازار ارز از ابتدای دو کلمه فارین<sup>۱۲</sup> و اکسچنج<sup>۱۳</sup> به معنای تبادلات خارجی گرفته شده است و به آن اسپات<sup>۱۴</sup> هم گفته می‌شود. در واقع بازار ارز بزرگترین بازار مالی دنیاست که روزانه در آن بالغ بر ۲ تریلیون دلار معامله انجام می‌شود. اگر شما آن را با بورس نیورک که

در آن روزانه ۲۵ میلیارد دلار معامله انجام می‌گیرد مقایسه کنید، به راحتی به بزرگی و عظمت این بازار پی خواهید برد (۸۰ برابر).

در واقع می‌توان گفت بزرگی بازار ارز بیش از ۳ برابر تمامی بازارهای سهام دنیا می‌باشد.

### ۵-۳- مطالعه ادبیات موضوع در زمینه بازار ارز

در سال ۸۵ به مطالعه و بررسی بازارهای ارز و روش‌های پیش‌بینی پرداختیم. بررسی‌های مختلفی را در زمینه روش‌های کلاسیک موجود در بازارها انجام داده و روش‌هایی با پیش‌بینی‌های مناسب را انتخاب نمودیم.

در بسیاری از این روش‌ها علم ریاضی جهت پیش‌بینی مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از این روش‌ها اطلاعات نهفته‌ی موجود در قیمت ارزها شناسایی شده و به اندیکاتورهایی طراحی شده با زبان برنامه نویسی MQL4<sup>۱۵</sup> جهت راهنمای کاربران تبدیل شده است.

در میان این روش‌ها و در بعضی از اندیکاتورها ردپایی از هوش مصنوعی به چشم می‌خورد. بعضی از شرکت‌ها در نرم افزارهای پیش‌بینی خود از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند که یکی از آنها نرم افزار قدرتمند ادونسدگت<sup>۱۶</sup> می‌باشد. پس از مطالعه در زمینه روش‌های پیش‌بینی کلاسیک مورد استفاده در پیش‌بینی قیمت ارز تصمیم گرفتیم روشی جهت پیش‌بینی نرخ ارزها ایجاد نماییم.

### ۶-۳- مطالعه در زمینه‌ی شبکه‌های عصبی

مطالعات انجام شده در زمینه‌ی شبکه‌های عصبی جهت پیش‌بینی و ارتباط آن با بازار سهام و ارز مورد بررسی قرار گرفت. رهیافت شبکه عصبی به‌عنوان روش داده محور و بدون در نظر گرفتن فرضیات موجود در روش‌های مدل‌گرا، چشم انداز قدرتمند و نوینی در جهت پیش‌بینی‌های پیچیده می‌باشد. قدرت واقعی شبکه‌های عصبی توان آموزش‌پذیری آنها است.

شبکه‌های عصبی چند لایه یکی از پر استفاده‌ترین روش‌ها در زمینه تشخیص الگو و پیش‌بینی سری زمانی است که به‌عنوان شبکه‌ی مورد استفاده در این تحقیق انتخاب گردید. پس از بررسی روش‌های آموزش در شبکه‌های عصبی، روش BP جهت آموزش انتخاب شد.

### ۷-۳- مطالعه در زمینه‌ی زبان‌های برنامه نویسی

ابتدا جعبه ابزار شبکه‌های عصبی در نرم افزار متلب جهت پیاده سازی شبکه‌های عصبی انتخاب شده. استفاده از متلب دارای نواقصی می‌باشد که عبارت‌اند از:

- انتقال داده‌ها از نرم افزار متاتریدر به متلب و سپس انتقال پیش‌بینی متلب به متاتریدر جهت استفاده در تحلیل‌های ترکیبی در آینده.
  - پیش‌بینی چند تایم فریم و چند ارز با استفاده از متلب بسیار زمان‌بر می‌باشد که نمی‌توان از آن برای پیش‌بینی و معامله در تایم فریم‌های پایین‌تر استفاده کرد.
- بعد از آن برای اینکه داده‌ها مستقیماً از نرم افزار متاتریدر دریافت شود و نتایج بر روی همین نرم افزار قابل رویت باشد، زبان برنامه نویسی MQL4 مورد بررسی و استفاده قرار گرفت. زبان برنامه نویسی MQL4 زبان برنامه نویسی شبیه به زبان C می‌باشد، با این تفاوت که دارای اصطلاحات مخصوص به بازار سهام و ارز و دستورات مربوط به آن است. از این زبان جهت طراحی اکسپرت سیستم‌ها و اندیکاتورها در خرید و فروش ارز و سهام به صورت آنلاین استفاده می‌شود.

### ۸-۳- جمع‌آوری داده‌های بازار

داده‌های مورد نیاز جهت ورود به شبکه و آموزش و تست آن توسط نرم افزار متاتریدر تامین گردید. این نرم افزار دارای دیتابسی می‌باشد که گذشته‌ی تغییر قیمت ارزها در آن ذخیره می‌شود. از قسمت مرکز داده‌های گذشته‌ی این نرم افزار می‌توان داده‌های مورد نیاز هر تایم فریمی را دانلود کرد و حتی بصورت فایل اکسل خروجی داد.

برخی مزایای این نرم افزار بدین شرح است:

- ارائه نمودار قیمت‌های واقعی بازار بصورت لحظه‌ای<sup>۱۲</sup> به اضافه کلیه امکانات و ابزار لازم برای تحلیل فنی بازار از جمله اندیکاتورها و تئوری‌های اثبات شده دیگر.

- وجود پایگاه داده جهت دستیابی به قیمت‌های گذشته‌ی ارز یا سهام- حجم کم ، نصب ساده و سریع- قابلیت اجرای سفارشات خرید و فروش در سریعترین زمان ممکن

### ۹-۳- طراحی اندیکاتور

در طراحی این اندیکاتور پویایی شبکه در نظر گرفته شد بدین معنا که هر گاه کاربر قصد استفاده از اندیکاتور را داشته باشد به راحتی می‌تواند جزئیات ورودی شبکه را به شکل دستی و با ورود اعداد مناسب تنظیم کند.

موارد زیر در اندیکاتور قابل تغییر در نظر گرفته شد:

- طراحی کاملاً منعطف در نظر گرفته شد تا بتوان از قیمت‌های حد بالا ، حد پایین ، باز شدن و بسته شدن کندل‌ها استفاده کرد.- تعداد کندل پیش بینی این اندیکاتور قابل تنظیم در نظر گرفته شد.- تعداد لایه‌های مورد استفاده در شبکه عصبی- تعداد نورون‌های لایه اول- تعداد نورون‌های لایه دوم- تعداد نورون‌های لایه سوم- تعداد کندل‌هایی که برای تمرین از آن استفاده می‌شود.- تکرارهای تمرین - حداکثر میزان خطا- نوع تابع عملکرد نورون‌ها

### ۱۰-۳- اجرای اندیکاتور

اندیکاتور در محیط استراتژی تستر<sup>۱۸</sup> در نرم افزار متاتریدر مورد تست قرار گرفت. بعد از تست اندیکاتور در محیط استراتژی تستر، در محیط آنلاین نیز مورد آزمایش قرار گرفت تا نواقص ساختاری و برنامه نویسی محتمل رویت شود.

### ۱۱-۳- خطایابی و رفع اشکالات

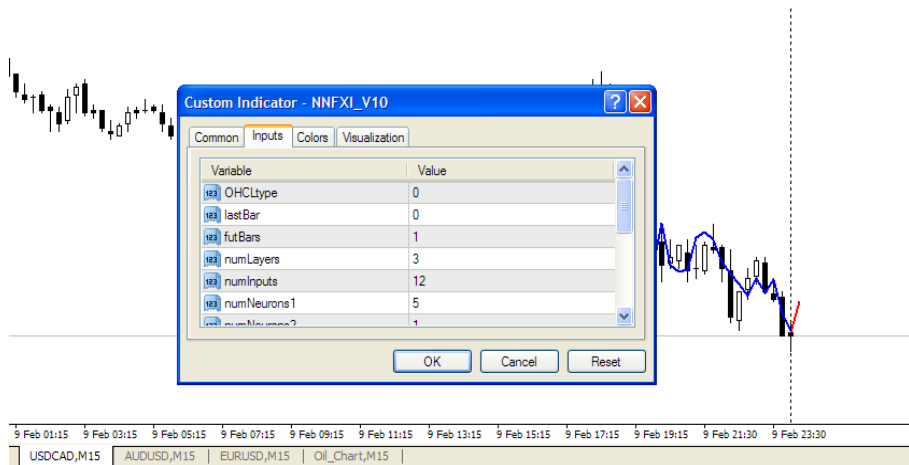
پس از تست چند ماهه خطاهای موجود تعیین گردید و سپس از اندیکاتور رفع نقص انجام شد تا آماده‌ی تست نهایی گردد.

### ۱۲-۳- آزمون نهایی

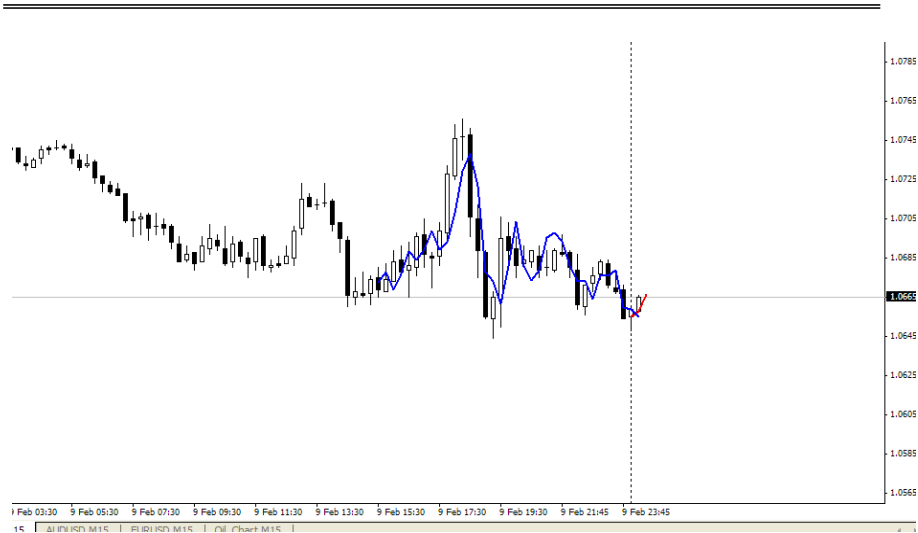
تست نهایی اندیکاتور در محیط استراژی تستر و بر روی داده های ارز یورو نسبت به دلار سنجیده گردید که نتایج آن در ادامه بیان می گردد.

#### ۴- نتایج تحقیق

خروجی نهایی این تحقیق اندیکاتوری است که با استفاده از شبکه های عصبی در نرم افزار متاتریدر، پیش بینی های قابل قبولی را انجام می دهد. این اندیکاتور از الگوریتمی برخوردار است که سرعت محاسبات را بسیار بالا می برد به طوری که می توان از تایم فریمی به تایم فریم دیگر رفته و اندیکاتور بلافاصله محاسبات لازم را انجام داده و پیش بینی بدست آمده را نمایش دهد. پیش بینی قیمت در این اندیکاتور به خطی قرمز رنگ تعیین می گردد. حتی تعیین رنگ نیز در این اندیکاتور منعطف در نظر گرفته شده است. خروجی های این اندیکاتور طوری طراحی شده است که می توان در آینده برای استفاده در طراحی اکسپرت های ترکیبی مورد مورد استفاده قرار گیرد. شکل زیر یک نمونه از پیش بینی قیمت ارز توسط این اندیکاتور در جفت ارز دلار استرالیا نسبت به دلار آمریکا<sup>۱۹</sup> می باشد.



شکل (۱) اندیکاتور شبکه ی عصبی نهایی شده در نرم افزار متاتریدر



شکل (۲) پیش بینی اندیکاتور شبکه‌ی عصبی نهایی شده در نرم افزار متاتریدر (خط قرمز پیش‌بینی)

خط قرمز پیش‌بینی قیمت در ساعات آینده‌ی ارز را نشان می‌دهد. با مقایسه‌ی دو شکل می‌توان به قدرت مدل طراحی شده پی برد. در ادامه با استفاده از داده‌های روزانه قیمت جفت ارز یورو نسبت به دلار در بازه‌ی زمانی 2008/11/19 تا 2009/11/19 به پیش‌بینی قیمت ارز با استفاده از روش‌های مختلف پرداخته می‌شود. داده‌های واقعی قیمت جفت ارز EUR/USD، قیمت باز شدن<sup>۲</sup> روزانه است.

### تقسیم بندی روش‌ها

برای پیش‌بینی قیمت ارز روش‌های مختلفی وجود دارد که در یک تقسیم‌بندی کلی آنها را به دو دسته روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی تقسیم بندی می‌شوند. بنابر این در تحلیل پیش‌بینی قیمت جفت ارز یورو نسبت به دلار دو سناریو مورد بررسی قرار می‌گیرد:

- سناریو ۱: پیش‌بینی قیمت جفت ارز یورو نسبت به دلار با رویکرد روش‌های کلاسیک
- سناریو ۲: پیش‌بینی قیمت جفت ارز یورو نسبت به دلار با رویکرد هوش مصنوعی

## سناریو ۱: پیش‌بینی قیمت جفت ارز یورو نسبت به دلار با رویکرد روش‌های کلاسیک

### - پیش‌بینی با استفاده از روش‌های میانگین

میانگین متحرک (مووینگ اوریج)، میانگینی از داده‌های بازار در بازه زمانی خاص می‌باشد. میانگین متحرک (مووینگ اوریج) عموماً به‌عنوان یک اندیکاتور شاخص‌نمای تکنیکی شناخته می‌شود اما از آنجا که امروزه در بین معامله‌گران (به خصوص معامله‌گران ارز) بیشتر بر روی خاصیت ساپورت (حمایت) و رزیستنس (مقاومت) آن حساب باز می‌شود کاربرد دوگانه یافته است. [۱]

### انجام محاسبه میانگین‌های متحرک

از آنجا که محاسبه میانگین متحرک از تغییرات قیمت به دست می‌آید، تابعی از قیمت و روند بازار می‌باشد و به لحاظ ساختاری برای پیش‌بینی آینده قیمت همیشه مقداری از روند عقب‌تر می‌باشد. نحوه محاسبه میانگین متحرک بسته به فرمول آن متفاوت است. ساده‌ترین شیوه محاسبه، میانگین متحرک ساده<sup>۲۱</sup> می‌باشد. این میانگین متحرک از آخرین تغییرات قیمت داده می‌پذیرد. به علت اینکه در بازار ارز یا بازارهای دیگر تمامی تغییرات قیمتی (تیک چارت) را نداریم برای سهولت محاسبه از قیمت بسته شدن کندل استیک یا بار چارت برای بدست آوردن میانگین متحرک استفاده می‌شود. برای محاسبه میانگین متحرک غیر از قیمت انتهایی کندل استیک، می‌توان از قیمت آغازین کندل استیک یا بالاترین و پایین‌ترین قیمت کندل استیک نیز استفاده کرد. در محاسبه میانگین متحرک روش‌های گوناگونی وجود دارد. ساده‌ترین و کاربردی‌ترین آن را در بالا توضیح دادیم اما میانگین‌های متحرک دیگری نیز وجود دارد که ارزش متفاوتی به داده‌های قیمت می‌دهند مانند میانگین‌های متحرک نمایی<sup>۲۲</sup> کاربر ارزش هر داده قیمت را در این میانگین تعیین می‌کند. میانگین متحرک سطحی<sup>۲۳</sup> و میانگین متحرک خطی وزنی<sup>۲۴</sup> از انواع دیگر هستند که عموماً به داده‌های جدید ارزش و وزن بیشتری برای محاسبه می‌دهند. به هر حال آنچه مهم است تحقیق و بررسی بر روی میانگین‌های متحرک گوناگون در بازارهای مختلف می‌باشد.

## میانگین متحرک ساده

مجموع قیمت بسته شدن کندل<sup>۲۵</sup> در چند کندل آخر تقسیم بر تعداد کندل های مورد نظر قیمتی را محاسبه می کند. با گذشت زمان و شکل گیری یک کندل جدید یک گام به جلو می رود و میانگین جدیدی ایجاد می شود. و همینطور که زمان می گذارد x کندل به جلو می آید و اعداد جدیدی به عنوان میانگین به دست می آید. از وصل کردن این نقاط به هم خط مورد نظر ما رسم می گردد. [۲]

همه این محاسبات را نرم افزار متاتریدر انجام می دهد و فقط خط اصلی را مشاهده می - شود. میانگین های متحرک با تاخیر عمل می کنند. از آنجا که میانگین قیمت در نظر گرفته می شود، پیش بینی آینده مشاهده می شود نه خود آینده. هر چه دوره یک میانگین متحرک عدد بالاتری باشد آن خط کمتر از حرکات بازار تاثیر می گیرد.

## میانگین متحرک ملایم

تفاوت میانگین متحرک ملایم با دیگر انواع میانگین متحرک را می توان در حساسیت بسیار کم آن نسبت به آخرین تغییرات قیمت و همچنین شیوه محاسبه فرمول آن دانست. این نوع از میانگین متحرک به اطلاعات جدیدتر وزنی با اطلاعات قدیمی تر می دهد اما برای محاسبه ی میانگین متحرک غیر از دوره انتخابی مورد نظر، تمام تاریخچه گذشته در دسترس آن محصول مالی را نیز در محاسباتش تاثیر می دهد و به همین علت این میانگین متحرک نسبت به دیگر انواع میانگین متحرک آهسته و اصطلاحا تنبل می باشد و نسبت به تغییرات ناگهانی قیمت عکس العمل کندی نشان می دهد. میانگین متحرک ها عموما برای فیلتر نمودن تیک های ناگهانی قیمت (نوسان آنی یا نویز که بیانگر تغییر واقعی روند نمی باشد) استفاده می گردد. میانگین متحرک ملایم از قدرت فیلتر بالایی نسبت به دیگر موارد مشابه برخوردار می باشد و در مقابل حساسیت کمتری نیز به تغییرات ناگهانی قیمت نشان می دهد.

### جدول (۲) معیارهای ارزیابی عملکرد برای روش های میانگین

R2	NMSE	RMSE	MSE	روش پیش بینی
0.874226391	0.125773609	0.025011422	0.000625571	SMA 3
0.945479233	0.054520767	0.016312298	0.000266091	SMA 5



0.925411591	0.074588409	0.018944523	0.000358895	SMA 8
0.878817105	0.121182895	0.023657166	0.000559661	SMA 13
0.93123307	0.068756693	0.018582287	0.000345301	SMMA 3
0.043558993	0.043558993	0.014580522	0.000212592	SMMA 5
0.93750283	0.93750283	0.017341161	0.000300716	SMMA 8
0.893091327	0.106908673	0.022220229	0.000493739	SMMA 13

SMA 3 : میانگین متحرک ساده با دوره ی سه روزه، SMA 5 : میانگین متحرک ساده با

دوره ی پنج روزه

SMA 8 : میانگین متحرک ساده با دوره ی هشت روزه ، SM 13 : میانگین متحرک ساده

با دوره ی سیزده روزه

SMMA 3 : میانگین متحرک نمایی با دوره ی سه روزه، SMMA 5 : میانگین متحرک

نمایی با دوره ی پنج روزه

SMMA 8 : میانگین متحرک نمایی با دوره ی هشت روزه، SMMA 13 : میانگین متحرک

نمایی با دوره ی سیزده روزه

**سناریو ۲: پیش بینی قیمت جفت ارز یورو نسبت به دلار با رویکرد هوش**

### مصنوعی

در تعیین ابهام زدایی شبکه عصبی، مدل های مختلف مورد بررسی قرار گرفت و با

تغییرات تعداد نرون های لایه ی پنهان و تعداد لایه ها، مدل اصلی پیش بینی انتخاب گردید.

تعداد لایه ها در این تحقیق سه لایه [۱،۵،۱۲]، لایه ی اول شامل ۱۲ نرون ورودی، لایه ی

میانی شامل ۵ نرون و لایه ی خروجی که شامل یک نرون می باشد.

بهترین تابع بررسی تابع سیگموئیدی می باشد. الگوریتم یادگیری استفاده شده در این

تحقیق الگوریتم BP در نظر گرفته شده است.

تعداد تکرار در این روش ۱۰۰۰ می باشد. نکته ی قابل توجه آن که این شبکه به شکل

منعطف برنامه نویسی شده است تا تمامی این اعداد به راحتی قابل تغییر باشند به این

معنا که شبکه ی عصبی فوق در نرم افزار متاتریدر و با زبان برنامه نویسی MQL4 که زبانی

شبیه به زبان C می باشد، نوشته شده است.

تعداد لایه‌ها، تعداد کندل پیش‌بینی، تعداد ورودی، تعداد لایه‌ها و ... کاملاً به صورت دستی و به راحتی در این اندیکاتور قابل تغییر می‌باشد تا بتوان ساختارهای متفاوت شبکه و جواب های مختلفی را تست و بررسی کرد.

### نتایج بدست آمده از روش شبکه های عصبی

جدول (۳) نتایج بدست آمده از روش شبکه‌های عصبی

R2	NMSE	RMSE	MSE	روش پیش بینی شبکه های عصبی
0.963716383	0.036263617	0.013698027	0.000187636	

### ۶- نتیجه‌گیری و بحث

قیمت ارز به عنوان شاخص ارزیابی اقتصاد و پیش‌بینی آن به روش ریاضی پیشرفته از ضرورت‌های بازار مالی است که در این تحقیق به عنوان هدف انتخاب گردید.

با توجه به نتایج به دست آمده میزان خطای پیش‌بینی توسط مدل شبکه‌های عصبی از لحاظ چهار معیار ارزیابی عملکرد نسبت به روش‌های دیگر، ارجحیت دارد. بنابر این سؤال تحقیق مبنی بر اینکه " آیا می‌توان با استفاده از شبکه‌های عصبی یک مدل برای تعیین نرخ ارز ارائه نمود؟" تایید می‌گردد. در این پژوهش با استفاده از شبکه‌های عصبی مدلی جهت پیش‌بینی نرخ ارز به صورت آنلاین در نرم افزار متاتریدر طراحی گردید. روش شبکه‌ی عصبی نسبت به روش‌های دیگر دارای توانایی بالایی در شناخت الگوهای حاکم بر داده ها دارد و در تمامی چهار معیار ارزیابی عملکرد، شبکه‌ی عصبی بر میانگین‌های متحرک برتری دارد. نتایج بیانگر این حقیقت است که شبکه‌های عصبی دارای ویژگی‌های منحصر به فرد همگرایی سریع، دقت بالا و توانایی تقریب تابع قوی هستند و برای پیش‌بینی قیمت ارزها مناسب هستند.

### فهرست منابع

(۱) آژیر امیر (۱۳۸۸)، تحلیل و معامله گری در بازار ارز، انتشارات مولف.

۲) غفاری احمد (۱۳۸۴)، بازار ارز مفاهیم و استراتژی‌ها، انتشارات واحد آموزش سرمایه-گذاری آتیه،

۳) منہاج، محمدباقر (۱۳۷۹)، مبانی شبکه‌های عصبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر،

- 4) An-Sing Chen, Mark T. Leung, (2004) Regression neural network for error correction in foreign exchange forecasting and trading, Computers & Operations Research, Volume 31, Issue 7, June, Pages 1049-1068
- 5) Jasmina Arifovic, Ramazan Gençay, (2001) Using genetic algorithms to select architecture of a feedforward artificial neural network, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 289, Issues 3-4, 15 January, Pages 574-594
- 6) Hagan, M. T., Demuth, H. B., Beale, M., (2002), Neural Network Design , China Machine Press, CITIC Publishing
- 7) Haykin, S., (1994), Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Macmillan College Publishing Company, New York, US
- 8) Lean Yu, Shouyang Wang, and Kin Keung Lai, Adaptive Smoothing Neural Networks in ForeignExchange Rate Forecasting
- 9) Taeksoo Shin, Ingoo Han, (2000) Optimal signal multi-resolution by genetic algorithms to support artificial neural networks for exchange-rate forecasting, Expert Systems with Applications, Volume 18, Issue 4, May, Pages 257-269
- 10) Thomas H. Lubecke, et. al. (1998) Combining foreign exchange rate forecasts using neural networks, Global Finance Journal, Volume 9, Issue 1, Spring-Summer, Pages 5-27
- 11) Sharmishtha M., Amit M., (2006) Modeling exchange rates using wavelet decomposed genetic neural networks, Statistical Methodology, Volume 3, Issue 2, April, Pages 103-124
- 12) Se-Hak Chun, Steven H. Kim, (2003) Impact of momentum bias on forecasting through knowledge discovery techniques in the foreign exchange market, Expert Systems with Applications, Volume 24, Issue 1, January, Pages 115-122
- 13) Vincent C.S. Lee, Hsiao Tshung Wong, (2007) A multivariate neuro-fuzzy system for foreign currency risk management decision making, Neurocomputing, Volume 70, Issues 4-6, January, Pages 942-951
- 14) Yuehui Chen<sup>1</sup>, Lizhi Peng<sup>1</sup>, and Ajith Abraham<sup>1,2</sup>, Exchange Rate Forecasting Using Flexible Neural Trees, 1 School of Information Science and Engineering, Jinan University, 2 IITA Professorship Program, School of Computer Science and Engg., Chung-Ang University, Seoul, Republic of Korea

---

## یادداشت‌ها

- 
- 
1. IT
  - 2 computation
  - 3 Artificial Neural Network
  - 4 Multi-LayerFeedforward Neural Network
  - 5 MFNN
  - 6 MATLAB
  - 7 Metatrader
  - 8 MSE
  - 9 RMSE
  - 10 NMSE
  - 11 R2
  - 12 Foreign
  - 13 Exchange
  - 14 Spot
  - 15 Metaweb Query Language 4
  - 16 Advanced GET
  - 17 Real Time
  - 18 Strategy tester
  - 19 AUD/USD
  - 20 Open
  - 21 Simple Moving Average
  - 22 Exponential
  - 23 Smoothed
  - 24 Linear Weighted
  - 25 close