پژوهشنامه‌ی اقتصاد کلان

علمی – پژوهشی

سال دوازدهم، شماره‌ی۲۴، نیمه‌ی دوم ۱۳۹۶

پیش‌بینی بازده قرارداد آتی سکه طلا در بورس کالای ایران: با رویکرد مقایسه¬ای مدل آرچ و شبکه عصبی*

محمود یحیی زاده فر **

شهاب الدین شمس ***

اقدس فلاح ****

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۴ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۱/۲۷

چکیده:

با توجه به اهمیت و نقش طلا به عنوان ابزاری برای سرمایه¬گذاری، بخصوص در کشوهای درحال‌توسعه، روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی بازده آتی طلا استفاده‌شده است. ازاین‌رو، هدف اصلی از پژوهش حاضر پیش بینی بازده روزانه قرارداد آتی سکه طلا در بورس کالای ایران با استفاده از مدل آرچ و شبکه عصبی است. برای این منظور، از داده-های روزانه ۲۰ قرارداد آتی سکه طلا برای دوره زمانی تیرماه ۱۳۹۲ تا شهریورماه ۱۳۹۵ که به روش «تعدیل به عقب» پیوسته شده اند، به کار گرفته شد. همچنین پس از بررسی نتایج تحقیقات پیشین از بازده قیمتی دلار، بازده قیمتی سکه طلا و بازده قیمتی طلای جهانی به‌عنوان متغیرهای مؤثر بر بازده قرارداد آتی سکه طلا استفاده شد. علاوه بر این، دقت پیش بینی این مدل‌ها با استفاده از معیارهای میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین قدر مطلق خطا و ضریب تعیین ارزیابی شد. نتایج پژوهش نشان داد در دوره موردبررسی، شبکه عصبی در مقایسه با مدل آرچ در پیش بینی برون نمونه بهتر عمل کرده است؛ اما بر مبنای نتایج آزمون تی زوجی، دقت پیش‌بینی دو مدل ازنظر آماری تفاوت معناداری نداشته است.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی بازده، قرارداد آتی سکه طلا، شبکه عصبی، مدل آرچ، مدل رگرسیون خطی چندگانه.

طبقه‌بندیJEL: H2, O1, O2, I3, J3.

---

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خانم اقدس فلاح در دانشگاه مازندران است.

** نویسنده مسئول- استاد گروه مدیریت دانشکده علوم ا قتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر ، ایران m.yahyazadeh@umz.ac.ir

*** استاد یار گروه مدیریت دانشکده علوم ا قتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر ، ایران shams@umz.ac.ir

**** دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت دانشکده علوم ا قتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران a.fallah@stu.umz.ac.ir

۱- مقدمه

در کشورهای درحال‌توسعه نظیر ایران به دلیل وجود تورم، تقاضا برای طلا به‌منظور پوشش ریسک ناشی از تورم به نسبت بالاست، همچنین دادوستد طلا، به‌صورت سکه طلا، به دلیل نقد شوندگی بالای آن از رونق بسیار بالایی برخوردار است. قراردادهای آتی سکه طلا به‌ویژه برای سرمایه‌گذاران از اهمیت خاصی برخوردار است. در سال‌های اخیر بازار قرارداد آتی سکه طلا به سرعت رشد کرده است؛ به طوری که اخیرا یکی از بیشترین ابزار مالی معامله شده در بورس کالا می باشد. قرارداد آتی سکه طلا یکی از انواع اوراق مشتقه است که کمتر از یک دهه است در بورس کالای ایران به‌منظور سامان‌دهی به بازار سکه طلا راه‌اندازی شده است. قرارداد آتی توافقنامه‌ای بین دو طرف مبتنی بر خرید یا فروش دارایی در زمان معین در آینده و با قیمت و کیفیت مشخص است (هال، ۲۰۰۲). در این قرارداد تحویل کالا و پرداخت قیمت آن در زمان آینده انجام می‌شود و همه چیز در خصوص ماهیت و قیمت کالا، در زمان تنظیم قرارداد تعریف می‌شود. در این نوع از قراردادها طرفین معامله به انجام معامله در آینده متعهد می-شوند؛ و در بازارهای نظام‌یافته مثل بورس معامله می‌شوند (راعی و سعیدی، ۱۳۹۳).

در قرارداد آتی واسطه‌ای مشخص به نام موسسه‌ی پایاپای وجود دارد که به‌منظور اطمینان از اجرای قرارداد، طرفین مبلغی به‌عنوان وجه تضمین پرداخت می‌کنند و بنابراین طرفین قرارداد در قبال هم مسئولیتی ندارند. وجه تضمین یکی از مهم‌ترین ابزارهای اتاق پایاپای بورس کالا برای ایجاد اطمینان در بازار معاملات آتی است. هدف اصلی اخذ وجه تضمین از معامله‌گران، فراهم نمودن یک حاشیه اطمینان مالی است برای مطمئن شدن از این‌که معامله گران به تعهدات خود در قرارداد عمل می‌کنند. قرارداد آتی سکه طلا در بورس کالا به‌طور روزانه تسویه می‌شود و در پایان هرروز، سود (زیان) سرمایه‌گذار به‌حساب ودیعه یا وجه تضمین اضافه (کسر) می‌شود.

پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی و مالی با توجه به ماهیت پر نوسان و پیچیدگی‌هایی که دارند بسیار دشوار است (زارءنژاد و رئوفی، ۱۳۹۴). اصولا بی‌ثباتی زیاد اقتصاد کلان

موجب افزایش نوسانات بازارهای مالی می‌شود؛ که این نوسانات امکان استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی نظیر رگرسیون خطی که در روش‌های مدل‌سازی اقتصادسنجی به‌عنوان نقطه شروع محاسبات فرض می‌شود و تمامی مشکلات مربوط به پیش‌بینی اقتصادسنجی را با استفاده از پیش‌فرض‌های استاندارد به دوش می‌کشد ملال‌آور می‌سازد.

روش‌های صحیح پیش‌بینی در بانک‌های سرمایه‌گذاری و تجاری جهت مدیریت پرتفوی، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. همچنین دقت پیش‌بینی از مهم‌ترین معیارهای مؤثر در انتخاب روش پیش‌بینی است. لذا هدف از انجام این پژوهش، انتخاب روش مناسب برای پیش‌بینی بازده قرارداد آتی سکه طلا است. در این پژوهش با مدل‌سازی غیرخطی بازده قرارداد آتی سکه طلا به‌وسیله شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای متغیرهای بنیادی به مطالعه تطبیقی روش مذکور با مدل‌های اقتصادسنجی به پیش‌بینی بازده قرارداد آتی سکه طلا پرداخته می‌شود؛ بنابراین سؤالی که محققین به دنبال پاسخ به آن می‌باشند این است که آیا دقت پیش‌بینی بازده قرارداد آتی سکه طلا با استفاده از شبکه عصبی بهتر از مدل‌های اقتصادسنجی است؟

۲- پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعات زیادی با اهدافی نزدیک به اهداف این پژوهش انجام پذیرفته است. ازجمله می‌توان به این پژوهش‌ها اشاره کرد؛ چودری و گاش (۲۰۱۶)، به مطالعه رویکرد پیش‌بینی نرخ ارز در یک چارچوب چند متغیره با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سری زمانی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی نسبت به مدل گارچ در پیش‌بینی نرخ ارز روپیه عملکرد بهتری داشته است. چارف و ایاچی (۲۰۱۶)، به پیش بینی نرخ ارز در کشور تونس با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی و گارچ پرداختند. آنها نشان دادند که شبکه عصبی نسبت به مدل گارچ در پیش‌بینی نرخ ارز در کشور تونس بهتر عمل کرده است. مام بینی و یزدانی (۲۰۱۵)، به مقایسه شبکه

عصبی با مدل آریما برای مدل‌سازی قیمت طلا پرداختند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که مدل شبکه عصبی از مدل آریما بهتر عمل می‌کند. کوکاک و آن (۲۰۱۴)، در مطالعه‌ای به پیش‌بینی بازده طلا با استفاده از شبکه عصبی و مدل گارچ و مشتقات آن پرداختند. آنها دریافتند که مدل گارچ گلسن-جاناتان-رانکل در مقایسه شبکه عصبی، اندکی بهتر است. نوروز پور و مقدم (۱۳۹۴)، به بررسی عوامل مؤثر در قیمت آتی سکه طلا در بورس کالای ایران پرداختند. آنها اعلام نمودند که مدل شبکه عصبی می‌تواند قیمت قرارداد آتی را با خطای کمتری نسبت به مدل‌های رگرسیون خطی پیش‌بینی نماید. خسروی نژاد و شعبانی صدر پیشه (۱۳۹۳)، اقدام به ارزیابی مدل‌های شبکه عصبی نسبت به مدل گارچ در پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران نمودند. آنها معتقدند که شبکه عصبی نسبت به مدل گارچ توان پیش‌بینی بهتری دارد، اما ازنظر آماری تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند. سعیدی و علی‌محمدی (۱۳۹۳)، به بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات قیمت قراردادهای آتی سکه طلا با استفاده از رهیافت گارچ و حداقل مربعات تعمیم‌یافته پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بین نرخ ارز، قیمت طلا و قیمت قراردادهای آتی رابطه مثبتی وجود دارد؛ اما رابطه معناداری بین شاخص بورس اوراق بهادار تهران و قیمت قراردادهای آتی تأیید نشد. گودرزی و امیری (۱۳۹۲)، به بررسی عوامل مؤثر بر قیمت قرارداد آتی سکه طلا با استفاده از مدل شبکه عصبی و رگرسیون خطی پرداختند. نتایج آن نشان داد که شبکه عصبی نسبت به مدل رگرسیون خطی از دقت پیش‌بینی بهتری برخوردار می‌باشد. پستی و صالحی (۱۳۸۹)، طی مطالعه‌ای با استفاده از توابع رگرسیونی نشان دادند که رابطه مثبت معنی‌دار بین قیمت آتی سکه طلا و قیمت سکه طلا و افق زمانی و با نرخ ارز رابطه منفی معنی‌دار وجود دارد.

۳-روش‌شناسی

۳-۱ جامعه آماری، نمونه و روش جمع‌آوری اطلاعات

بازه زمانی مورد بررسی در پژوهش حاضر شامل داده‌های روزانه قراردادهای آتی سکه طلا از تاریخ ۱۳۹۲/۴/۲۲ تا ۱۳۹۵/۶/۲۷ است.

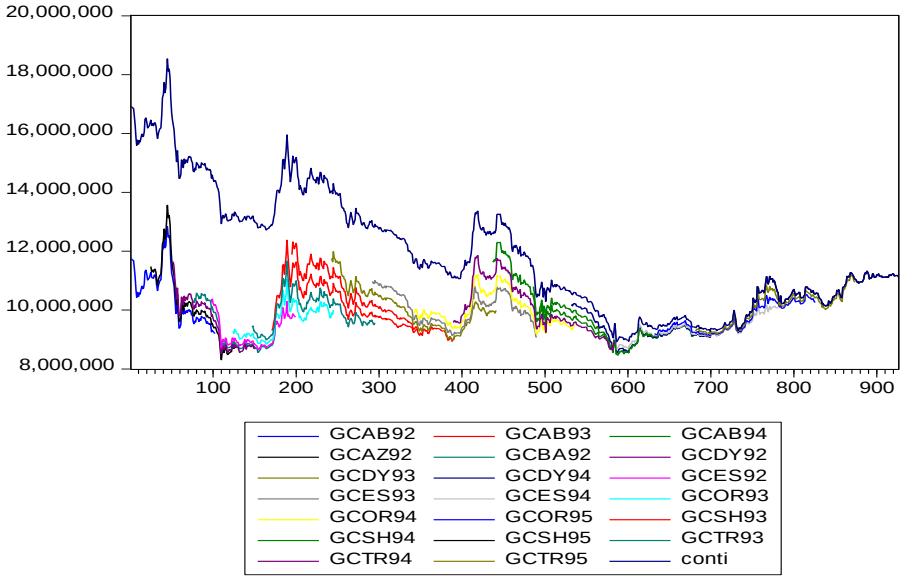
در پژوهش حاضر، داده‌های از قبیل قیمت تسویه قراردادهای آتی سکه طلا و میزان وجه تضمین از سایت بورس کالای ایران و داده‌های مربوط به سکه طلا بازار آزاد به ریال، دلار بازار آزاد به ریال و اونس به دلار از سایت اتحادیه طلا و جواهر جمع‌آوری‌شده است. همچنین در این پژوهش از نرم‌افزارهای اکسل، ایویوز و متلب استفاده‌شده است. بعلاوه در این پژوهش برای پیش‌بینی بازده قرارداد آتی سکه طلا از مدل های رگرسیون خطی چندگانه، مدل آرچ و شبکه عصبی استفاده می شود.

۳-۲ پیوسته سازی قراردادها

در مباحث مربوط به پیش‌بینی، برای پیش‌بینی‌هایی با دقت و صحت بیشتر به داده‌های بیشتری از طول عمر هر قرارداد آتی سکه طلا نیاز داریم. قراردادهای آتی سکه طلا دارای طول عمر محدود می‌باشند؛ و در یک مدت مشخصی، کمتر از یک سال مورد معامله قرار می‌گیرند. در بورس کالای ایران، معاملات آتی سکه در نمادهای مختلف بر اساس تحویل در ماه‌های مختلف انجام می‌شود؛ که عوامل مختلفی ازجمله عوامل فصلی و تقویمی بر روی بازده قرارداد آتی سکه طلا تأثیرگذار است و این امر این مشکل را سبب می‌شود که اگر برای یک نماد معاملاتی رابطه معین و مناسبی به دست آید نمی-توان از آن به‌عنوان مرجعی برای پیش‌بینی و تحلیل در نمادهای دیگر استفاده نمود. چراکه ممکن است نمادهای دیگر به سبب قرار گرفتن در بازه زمانی دیگر از الگوی رفتاری متفاوتی برخوردار باشند. ساده‌ترین راه این است که هر نماد معاملاتی را به دنبال نماد معاملاتی دیگر بیاوریم؛ اما این روش به دلیل وجود پدیده‌های «بالا رفتن قیمت‌ها[1]» و «عقب‌گرد قیمت‌ها[1]» ما را با مشکل مواجه می‌سازد. به‌این‌علت که با پایان

[1]. Contango (قیمت قراردادها با سررسید دورتر گران تر از قیمت قراردادها با سررسید نزدیکتر است)

هر سررسید و به دلیل اختلاف ذاتی سررسیدهای مختلف شاهد یک شکستگی بزرگ در قیمت‌ها هستیم و قیمت‌ها با یک پرش همراه می‌شوند که این خود موجب ایجاد بازده نامتعارف می‌گردد؛ بنابراین در پژوهش حاضر برای ایجاد سری داده پیوسته از قراردادهای مختلف، از روش «تعدیل به عقب[۲]» استفاده شد. روش «تعدیل به عقب» به این صورت است که از قیمت‌های واقعی قرارداد جاری استفاده می‌کنند؛ و با اصلاح رو به عقب ناپیوستگی‌های قیمتی برای ماه‌های تحویل متوالی، شکاف‌های قیمتی را تصحیح و حذف می‌نماید. برای حذف این ناپیوستگی‌ها، در روز تجدید[۳] تفاوت قیمتی بین قرارداد جاری و نزدیک‌ترین قرارداد قبلی، به کل داده‌های قرارداد قبلی اضافه یا از آن کسر می‌گردد (لاویژن، ۲۰۱۴).



نمودار(۱) داده‌های قرارداد آتی سکه طلا به‌صورت یک نماد پیوسته

همان‌طوری که در نمودار (۱) نشان داده‌شده است (محور عمودی: قیمت تسویه قرارداد آتی به ریال و محور افقی: تعداد مشاهدات روزانه)، بین نمادهای مختلف قرارداد

---

[1]. Backwardation (قیمت قراردادها با سررسید دورتر ارزان تراز قیمت قراردادها با سررسید نزدیکتر است)

[2]. Back -Adjusted

[3]. Rollover

آتی شکاف‌هایی وجود دارد که این شکاف‌ها در نماد پیوسته (Conti) دیده نمی‌شود. با استفاده از این روش سری داده‌ای به دست می‌آید که عاری از شکستگی‌های ناشی از پیوسته کردن قراردادها است. همچنین در قراردادهای آتی با نزدیک شدن به تاریخ سررسید جهت از بین بردن هرگونه فرصت سفته‌بازی قیمت قرارداد آتی به قیمت نقد بسیار نزدیک می‌شود و این امر باعث می‌شود رفتار و الگوهای قیمت‌ها در روزهای پایانی تغییر کرده و نمی‌توان از آن بهره برد. با استفاده از روش «تعدیل به عقب» این مشکل با هم‌پوشانی بین قراردادها و حذف روزهای پایانی نزدیک‌ترین قرارداد رفع می‌گردد. مشکلی که در روش «تعدیل به عقب» وجود دارد این است که تنها قیمت قرارداد فعلی واقعی است؛ و قیمت قراردادهای قبلی تعدیل‌شده می‌باشند. ونشان دهنده قیمت واقعی قراردادها نیست؛ اما ازآنجایی‌که ما در پژوهش حاضر بازده قرارداد آتی را بررسی می‌نماییم تأثیری در نتایج ما ندارد. همچنین در تحقیقات گودرزی و امیری (۱۳۹۲)، فلاح و غفاری (۱۳۹۴) راعی و همکاران (۱۳۹۲) و بهرامی و همکاران (۱۳۹۳) به روش‌های مختلفی به پیوسته کردن قراردادها پرداختند.

۳-۳ شناسایی متغیرهای مؤثر بر قرارداد آتی

در پژوهش حاضر متغیرهای تأثیرگذار بر قرارداد آتی، از طریق بررسی تئوری موجود و یافته‌های پژوهش‌های مشابه یعنی سکه طلا بازار آزاد، دلار به ریال و اونس به دلار را به‌عنوان متغیرهای بنیادی مؤثر بر قرارداد آتی سکه طلا شناسایی شده اند.

۳-۴ یکپارچه‌سازی داده‌های متغیرهای پژوهش

مسئله‌ای که در متغیرهای پژوهش فوق الذکر وجود دارد بحث یکپارچه‌سازی تاریخ معاملاتی داده‌ها است. ازآنجایی‌که روزهای معاملاتی در هر یک از این بازارها به دلیل اختلاف در روزهای تعطیل و آخر هفته‌ها متفاوت است. نرخ‌های روز قبل برای روزهایی که نرخی برای آن‌ها وجود ندارد، ملاک عمل در محاسبات قرارگرفته است.

۳-۵ محاسبه بازده روزانه قرارداد آتی سکه طلا

در پژوهش حاضر بازده روزانه قرارداد آتی (بدون در نظر گرفتن هزینه معاملات) با داشتن موقعیت خرید[1] به‌صورت معادله زیر محاسبه‌شده است.

$$r_t = \left(\frac{(p_t - p_{t-1}) \times 10}{x_t}\right)$$ رابطه ۱

r_t: بازده روزانه قرارداد آتی در زمان t، p_t: قیمت تسویه قرارداد آتی در زمان t، p_{t-1}: قیمت تسویه قرارداد آتی در زمان t-۱، x_t: وجه تضمین اولیه در زمان t، ۱۰: اندازه هر قرارداد آتی سکه طلا.

۳-۶ محاسبه بازده قیمتی متغیرهای بنیادی

بازده قیمتی هر یک از متغیرهای بنیادی سکه، دلار و اونس به‌صورت روابط زیر محاسبه‌شده‌اند:

رابطه ۲ بازده قیمتی دلار $\Delta\ln(Do_t) = \ln(Do_t) - \ln(Do_{t-1})$

رابطه ۳ بازده قیمتی سکه طلا $\Delta\ln(GC_t) = \ln(GC_t) - \ln(GC_{t-1})$

رابطه ۴ بازده قیمتی اونس $\Delta\ln(OZ_t) = \ln(OZ_t) - \ln(OZ_{t-1})$

۳-۷ پیش‌بینی برون نمونه

در پژوهش حاضر داده‌ها به دو دسته‌ی داده‌های درون نمونه و برون نمونه تفکیک شد. به‌نحوی‌که از داده‌های درون نمونه برای برآورد مدل‌ها و از داده‌های برون نمونه به‌عنوان داده‌های جدید، برای آزمون نهایی و مقایسه مدل‌ها استفاده‌شده است. برای مدل‌های شبکه عصبی داده‌های درون نمونه به زیرمجموعه داده‌های آموزش[2]، داده‌های

---

[1]. Long Position
[2]. Train

اعتبارسنجی[۱] و داده‌های آزمون[۲] تقسیم می‌شود؛ و شبکه عصبی با استفاده از روش آزمون‌وخطا با الگوریتم مشخص‌شده آموزش داده می‌شود و مورد آزمون قرار می‌گیرد. همچنین در این مرحله تعداد لایه‌های پنهان، تعداد نرون‌های هر لایه، نوع توابع فعال لایه پنهان و لایه خروجی تعیین می‌گردد. در مرحله‌ی بعد از داده‌های برون نمونه برای آزمون نهایی مدل استفاده می‌شود. همچنین در مدل‌های اقتصادسنجی نیز از داده‌های درون نمونه برای تخمین پارامترهای مدل مورد استفاده قرار گرفت؛ و از داده‌های برون نمونه برای آزمون نهایی مدل استفاده شد.

۳-۸ انتخاب معیار ارزیابی عملکرد

در این پژوهش هدف تعیین دقت پیش‌بینی مدل‌های مختلف است. مسلم است که تنها بر اساس یک پیش‌بینی و یک مشاهده نمی‌توان تعیین کرد که آیا یک مدل پیش-بینی مناسب است یا نه؛ بنابراین در عمل، معمولاً پیش‌بینی‌ها، برای یک دوره برون نمونه[۳] انجام‌شده و معیارهای ارزیابی پیش‌بینی، مقادیر واقعی y_t و پیش‌بینی $\hat{y}_t$ را مقایسه کرده و از این طریق، میزان خطای پیش‌بینی را اندازه‌گیری می‌کنند. معیارهای مختلفی برای بررسی کارایی مدل‌های پیش‌بینی سری‌های زمانی وجود دارد (سوری، ۱۳۹۲؛ شمس، ۱۳۹۳). در پژوهش حاضر از معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا[۴] ، میانگین مربعات خطا[۵] ، میانگین قدر مطلق خطا [۶] و ضریب تعیین[۷] که از متداول‌ترین معیارهای ارزیابی به شمار می‌روند، برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی استفاده شده است.

---

1. Validation
2. Test
3. Out of sample
4. Root Main Square Error (RMSE)
5. Main Square Error (MSE)
6. Main Absolute Error (MAE)
7. R-Square

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=T+1}^{T+m}(y_t - \hat{y}_t)^2}{m}}$$ رابطه ۹

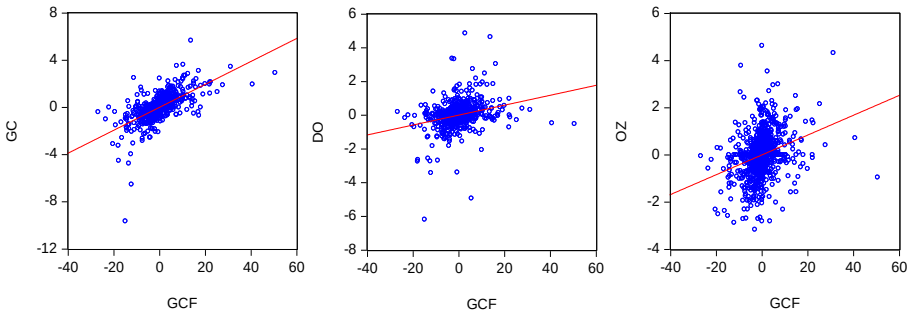
$$MSE = \frac{\sum_{t=T+1}^{T+m}(y_t - \hat{y}_t)^2}{m}$$ رابطه ۱۰

$$\mathrm{MAE} = \frac{\sum_{t=T+1}^{T+m}|y_t - \hat{y}_t|}{m}$$ رابطه ۱۱

در این فرمول y_t: مقادیر واقعی، $\hat{y}_t$: مقادیر پیش‌بینی، m: طول دوره پیش‌بینی که از T+1 تا T+m است.

۴- یافته‌های پژوهش

با استفاده از نمودارهای پراکنش (۲) وجود یا عدم وجود رابطه خطی بین متغیرها نشان داده می‌شود.



نمودار ۲. رابطه بازده‌های اونس، دلار، سکه (از راست به چپ) با بازده قرارداد آتی سکه طلا

جدول (۱) نشان می‌دهد، ضریب همبستگی بین صفر و یک است؛ که مؤید وجود همبستگی مثبت است؛ و در سطح اطمینان ٪۹۵ تمام این ضرایب معنادار می‌باشند.

جدول (۱). ضریب همبستگی طلا، سکه، دلار با بازده قرارداد آتی سکه طلا

	قرارداد آتی – اونس	قرارداد آتی – دلار	قرارداد آتی – سکه طلا
ضریب همبستگی	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۶۴
سطح معناداری	۰/۰۰۰۰	/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

با استفاده از تحلیل رگرسیون به‌صورت جداگانه، تأثیر هر یک از متغیرهای سکه، دلار، اونس بر بازده قرارداد آتی اندازه‌گیری شد. با توجه به قدرت توضیح‌دهندگی رگرسیون در جدول(۲) حاکی از آن است که در سطح اطمینان ۹۵% تمام رگرسیون‌ها معتبر می‌باشند.

جدول (۲). رابطه طلا، سکه، دلار با بازده قرارداد آتی سکه طلا

	قرارداد آتی – سکه طلا	قرارداد آتی – دلار	قرارداد آتی – اونس
ضریب تعیین	۰/۴۱	۰/۰۷	۰/۰۸
سطح معناداری	/۰۰۰۰	/۰۰۰۰	/۰۰۰۰

۴-۱ تخمین مدل رگرسیون خطی چندگانه

تجزیه و تحلیل رگرسیون، به‌عنوان فرآیند برآورد ارزش متغیر وابسته به‌وسیله‌ی متغیر توضیحی، است. معادله رگرسیون زیر نشان می‌دهد که چطور متغیر بازده قرارداد آتی سکه طلا تحت تأثیر بازده سکه طلا، بازده روز قبل سکه طلا، بازده دلار و بازده روز قبل اونس است.

جدول (۳). نتایج مدل رگرسیون خطی

متغیر وابسته: بازده قرارداد آتی سکه طلا (GCF)

متغیر توضیحی	ضریب	آمارهٔ t	سطح معناداری
مقدار ثابت	-۰/۰۰۱۳	-۰/۹۳۴۳	۰/۳۵۰۴
بازده سکه طلا (GC)	۴/۴۷۵۳	۲۳/۷۱	۰/۰۰۰۰
بازده دلار (DO)	-۰/۷۵۸۳	-۲/۸۸۹۷	۰/۰۰۳۹
بازده روز قبل اونس OZ(-1)	۰/۷۳۳۴	۴/۰۴۰۰	۰/۰۰۰۱
بازده روز قبل سکه طلا GC(-1)	۱/۳۶۳۸	۸/۱۵۶۹	۰/۰۰۰۰
آماره آزمون		۲۲۳/۲۱	
معناداری آماره آزمون		۰/۰۰۰۰	
ضریب تعیین		۰/۴۸۵۵	
ضریب تعیین تعدیل‌شده		۰/۴۸۳۳	
آماره دوربین- واتسون		۱/۹۹۸۵	

پس از تخمین مدل رگرسیونی به آزمون مفروضات آن می‌پردازیم. برای بررسی وجود خودهمبستگی مرتبه اول، از آماره دوربین واتسون استفاده می‌شود. آماره دوربین واتسون در بازه ۱.۸ تا ۲.۲ است که نشان می‌دهد خودهمبستگی مرتبه اول وجود ندارد. برای بررسی وجود یا عدم وجود مشکل ناهمسانی واریانس از آزمون آرچ استفاده شد. با توجه به جدول (۴) نتایج این آزمون نشان می‌دهد مقدار آماره ۷/۴۸۶۳ =F و همچنین مقدار ۳۶/۲۲۸ =nR^2 است؛ و احتمال‌های آن‌ها نیز کمتر از ۰/۰۵ است. درنتیجه ناهمسانی واریانس پسماندهای مدل در سطح اطمینان ٪۹۵ تأیید می‌شود.

جدول (۴). نتایج آزمون ضریب لاگرانژ (LM)

ARCH Test			
آماره F = ۸/۱۱۲۶		احتمال آماره F = ۰/۰۰۰۰	
nR^2 = ۲۳/۸۲۶۷		احتمال χ^2=۰/۰۰۰۰	
سطح معناداری	آماره t	ضرایب	متغیرها
۰/۰۰۰۰	۶/۴۴۳۵	۰/۰۰۱۵	C
۰/۰۰۳۷	۰/۹۰۷۱	۰/۰۹۴۶	RESID^2(-1)
۰/۰۰۱۲	۳/۲۵۳۱	۰/۱۰۵۷	RESID^2(-2)
۰/۲۸۵۳	۱/۰۶۹۱	۰/۰۳۴۸	RESID^2(-3)

۴-۲ تخمین مدل آرچ[1] و پیش‌بینی

ازآنجایی‌که باوجود پدیده ناهمسانی واریانس در پسماندهای مدل حداقل مربعات معمولی، این مدل از اعتبار کافی برای پیش‌بینی برخوردار نیست، از گروه مدل‌های واریانس ناهمسان شرطی برای رفع ناهمسانی واریانس استفاده شد. ابتدا مدل به‌صورت آرچ برازش شد؛ که با توجه به ضریب تعیین و معیارهای اطلاعاتی شوارز-بیزین و آکائیک (باهدف یافتن تعداد پارامترهایی که معیارهای اطلاعاتی را حداقل نماید)، مدلی از نوع ARCH(2) به دست آمد؛ که نتایج حاصل از تخمین مدل آرچ و مدل میانگین شرطی در جدول (۵) نشان داده‌شده است.

[1] AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH)

جدول (۵). نتایج حاصل از مدل آرچ

متغیر وابسته: بازده قرارداد آتی سکه طلا			
متغیر توضیحی	**ضریب**	**آمارهٔ Z**	**سطح معناداری**
مقدار ثابت	-۰/۰۰۱۲	-۰/۹۰۵۴	۰/۳۶۵۲
بازده سکه طلا (GC)	۴/۶۰۹۸	۳۹/۳۳۲۵	۰/۰۰۰۰
بازده دلار (DO)	-۰/۷۷۶۶	-۴/۲۳۴۲	۰/۰۰۰۰
بازده روز قبل اونس OZ(-1)	۰/۸۱۳۱	۶/۶۷۴۱	۰/۰۰۰۰
بازده روز قبل سکه طلا GC(-1)	۰/۹۴۳۷	۶/۳۸۳۳	۰/۰۰۰۰
معادله واریانس			
مقدار ثابت	۰/۰۰۱۳	۳۳/۶۳۷۶	۰/۰۰۰۰
$RESID(-1)^2$	۰/۱۳۴۷	۳/۵۹۸۴	۰/۰۰۰۳
$RESID(-2)^2$	۰/۲۱۷۳	۵/۶۲۶۱	۰/۰۰۰۰
ضریب تعیین		۰/۴۸۱۱	
ضریب تعیین تعدیل‌شده		۰/۴۷۸۹	
آماره دوربین – واتسون		۲/۰۰۱۶	
آماره آکائیک		-۳/۴۹۶۴	
آماره شوارز		-۳/۴۵۵۶	

پس از تخمین مدل آرچ برای اطمینان از رفع ناهمسانی واریانس مجدداً آزمون آرچ انجام شد.

جدول (۶). نتایج آزمون ضریب لاگرانژ (LM)

ARCH Test	
آماره F = ۰/۰۳۷۱	احتمال آماره F = ۰/۹۹۰۴
nR^2 = ۰/۱۱۱۹	احتمال χ^2=۰/۹۹۰۴

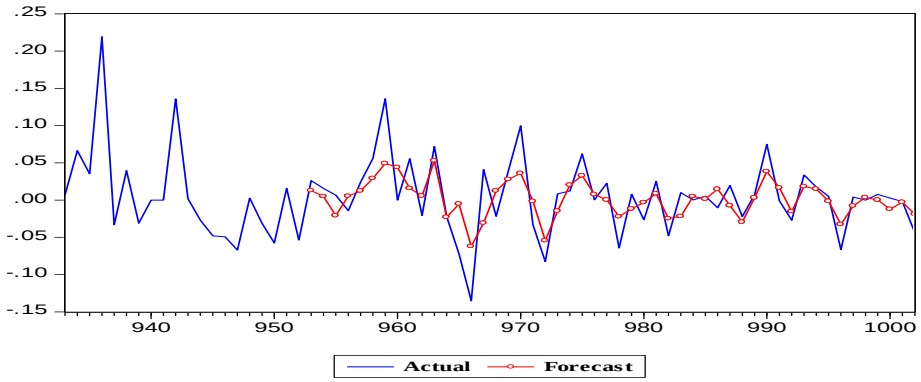
با توجه به جدول (۶) نتایج آزمون نشان می‌دهد مقدار آماره F= ۰/۰۳۷۱ و همچنین مقدار nR^2= ۰/۱۱۱۹ است؛ و احتمال‌های آن‌ها نیز بیشتر از ۰/۰۵ است. درنتیجه عدم

وجود ناهمسانی واریانس پسماندهای مدل در سطح اطمینان ٪۹۵ تأیید می‌شود.

نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل آرچ در جدول (۷) و نمودار (۳) آمده است.

جدول(۷). نتایج پیش بینی بازده قرارداد آتی با مدل آرچ

MAE	MSE	RMSE	ضریب تعیین	طول دوره پیش‌بینی برون نمونه
۰/۰۲۳۶۸۳	۰/۰۰۰۹۴۲	۰/۰۳۰۷۰۱	۰/۴۸	**۵۰ روزه**



نمودار ۳. مقایسه بازده روزانه پیش‌بینی‌شده قرارداد آتی با بازده واقعی

۴-۳ پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی

در طراحی شبکه عصبی عوامل زیادی همچون تعداد لایه پنهان؛ تعداد نرون لایه‌های پنهان، پیش‌پردازش داده‌ها مثل نرمال کردن داده‌های ورودی و نوع الگوریتم یادگیری می‌تواند عملکرد شبکه عصبی را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین بهترین معماری شبکه با استفاده از تجربه و آزمون‌وخطا به دست می‌آید. شبکه مورداستفاده در این پژوهش، شبکه عصبی پیش‌خور چندلایه[1] با الگوریتم یادگیری پس انتشار[2] خطا است.

در شبکه عصبی طراحی‌شده در این پژوهش، ۱۰ نرون در لایه مخفی و تابع

[1]. Multi-Layer Feed-Forward Neural Network
[2]. Backpropagation

فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک در لایه پنهان و تابع خطی در لایه خروجی آن بکار گرفته‌شده است. برای انتخاب تعداد نرون‌های لایه مخفی شبکه، شبکه‌های مختلف با تعداد نرون‌های مخفی متفاوت طراحی‌شده و آموزش داده شد. از میان این شبکه‌ها با توجه به معیار میانگین مربعات خطا، شبکه بهینه انتخاب گردید؛ و از میان الگوریتم‌های پس انتشار مختلفی که برای آموزش شبکه‌های عصبی مورداستفاده قرار گرفت، الگوریتم لورنبرگ-مارکوات انتخاب شد. درنهایت شبکه عصبی طراحی‌شده و آموزش‌دیده، به‌منظور پیش‌بینی برون نمونه مورداستفاده قرار گرفت.

جدول (۸) اطلاعات موردنیاز در ارتباط با طراحی و مدل‌سازی پیش‌بینی بازده قرارداد آتی سکه طلا برای شبکه عصبی را نشان می‌دهد.

جدول (۸). طراحی و مدل سازی بازده قرارداد آتی سکه طلا در شبکه عصبی

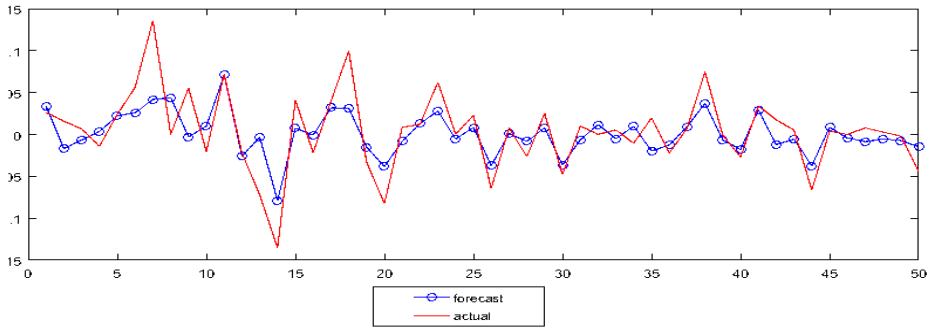
نوع شبکه عصبی	پیش‌خور چندلایه	الگوریتم آموزش شبکه عصبی	لورنبرگ- مارکوات
تابع فعال لایه خروجی	خطی (Purelin)	نرخ یادگیری	۰.۰۱
تابع فعال لایه پنهان	تانژانت هیپربولیک (Tansig)	تعداد تکرار	۱۰۰۰
تعداد نرون خروجی	۱	نسبت تعداد داده‌های آموزش، آزمایش و اعتبارسنجی	آموزش: ۷۰ درصد آزمایش: ۱۵ درصد اعتبارسنجی: ۱۵ درصد
تعداد نرون لایه پنهان	۱۰	دوره زمانی آموزش و آزمایش و اعتبارسنجی	۹۵۲ داده ابتدایی سری زمانی (۹۵۲- ۱)
تعداد لایه پنهان	۱	دوره زمانی پیش‌بینی برون نمونه	۵۰ داده پایانی سری زمانی (۱۰۰۲-۹۵۳)

نتایج پیش‌بینی مدل شبکه عصبی در جدول (۹) و نمودار (۴) آمده است.

جدول (۹). نتایج پیش‌بینی بازده قرارداد آتی با مدل شبکه عصبی

MAE	***MSE***	***RMSE***	***ضریب تعیین***	***طول دوره پیش‌بینی برون نمونه***

۵۰ روزه	۰/۵۴	۰/۰۲۹۸۶	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۲۲۲



نمودار (۴) مقایسه بازده روزانه پیش‌بینی‌شده قرارداد آتی با بازده واقعی

۴-۴ مقایسه مدل‌های پیش‌بینی

در [illegible] ارهـای تعیین

جدول (۱۰) مقایسه مدلهای پیش بینی بازده قرارداد آتی سکه طلا

مدل‌ها	RMSE	MSE	MAE	R^2
ARCH(2)	۰/۰۳۰۷۰۱	۰/۰۰۰۹۴	۰/۰۲۳۷	۰/۴۸
ANN	۰/۰۲۹۸۶	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۲۲۲	۰/۵۴

همان‌طوری که مشاهده می‌شود مدل شبکه عصبی در مقایسه با مدل آرچ از نظر معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا دارای خطای پیش‌بینی کمتری است و همچنین ازنظر معیار ضریب تعیین، دارای ضریب تعیین بهتری است.

۴-۵ بررسی معناداری اختلاف در پیش‌بینی‌ها

همان‌طوری که مشاهده شد بر اساس همه معیارها مدل شبکه عصبی بهتر از مدل آرچ عمل کرده است؛ اما برای بررسی معنادار بودن آماری اختلاف در توان پیش‌بینی بین مدل‌ها از «آزمون تی نمونه زوجی» استفاده‌شده است. فرضیه موردبررسی، فرضیه تفاوتی است. که به‌صورت زیر است:

فرضیه صفر: اختلاف معناداری بین دقت پیش‌بینی مدل‌های شبکه عصبی و آرچ وجود ندارد.

فرضیه یک: اختلاف معناداری بین دقت پیش‌بینی مدل‌های شبکه عصبی و آرچ وجود دارد.

در این آزمون ابتدا اختلاف خطاهای پیش‌بینی دو مدل آرچ و شبکه عصبی به‌صورت رابطه ۱۲ محاسبه شد.

$$D_t = \left(y_t - \hat{y}_{tm_1}\right)^2 - \left(y_t - \hat{y}_{tm_2}\right)^2 \qquad \text{رابطه ۱۲}$$

$$t = 1, 2, 3, \ldots, 50$$

که در آن y_t مقادیر واقعی متغیر مورد پیش‌بینی و $\hat{y}_{tm_1}$ و $\hat{y}_{tm_2}$ به ترتیب مقادیر پیش‌بینی‌شده با مدل آرچ و شبکه عصبی هستند. t نیز دوره مورد پیش‌بینی را نشان می‌دهد. فرمول «آزمون تی نمونه زوجی» به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$t = \frac{|\bar{D}|}{\frac{SD}{\sqrt{n}}} \qquad \text{رابطه ۱۳}$$

$$\bar{D} = \frac{\sum D_t}{n} \qquad \text{رابطه ۱۴}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum {D_t}^2 - \frac{(\sum D_t)^2}{n}}{n-1}} \qquad \text{رابطه ۱۵}$$

$$Df = n\text{-}1$$

شیوه تصمیم‌گیری به این صورت است که اگر مقدار آماره t محاسبه‌شده از طریق فرمول، بزرگ‌تر یا مساوی مقدار جدول باشد یا احتمال آماره آن کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرضیه یک تأیید می‌گردد. در غیر این صورت فرضیه صفر تأیید می‌شود.

همان‌طوری که در جدول (۱۱) مشخص است؛ نتایج حاصل از این آزمون نشان می‌دهد احتمال آماره t بیشتر از ۰/۰۵ است که نشان‌دهنده رد فرضیه یک و تأیید فرضیه صفر است. درنتیجه این آزمون نشان می‌دهد دقت پیش‌بینی دو مدل آرچ و شبکه عصبی ازنظر آماری اختلاف معناداری ندارند.

جدول (۱۱). نتایج حاصل از آزمون t نمونه زوجی

انحراف معیار نمونه	میانگین نمونه	آماره t	احتمال آماره t
۰/۰۰۰۸۳۵	-۰/۰۰۰۰۸۴۵	-۰/۷۱۵۵	۰/۴۷۷۷

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پیش‌بینی ابزارهای مالی همانند قراردادهای آتی کار بسیار پیچیده‌ای است، زیرا تحت تاثیر عوامل بسیاری ازجمله رویدادهای سیاسی، شرایط اقتصادی، انتظارات معامله‌گران و سایر عوامل محیطی می‌باشد. در پژوهش حاضر اثر بازده قیمتی دلار، بازده قیمتی طلای جهانی و بازده قیمتی سکه طلای نقد بر بازده روزانه قرارداد آتی سکه طلا در بورس کالای ایران با دو رویکرد متمایز مدل‌های اقتصادسنجی و شبکه عصبی موردبررسی قرار گرفت. ابتدا اثر سه متغیر فوق بر متغیر وابسته، در ۲۰ قرارداد آتی سکه طلا که طی سال‌های ۹۲ تا ۹۵ به روش پیوسته سازی «تعدیل به عقب» با یکدیگر پیوسته شده‌اند و به‌صورت یک سری زمانی پیوسته درآمدند، با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه تخمین زده شد. سپس با آزمون مفروضات کلاسیک رگرسیون بر روی پسماند مدل مشخص شد که پسماندهای حاصل از مدل حداقل مربعات معمولی دارای ناهمسانی واریانس است. درنتیجه باوجود ناهمسانی واریانس در پسماندها، نمی‌توان به نتایج مدل رگرسیون خطی اتکا کرد؛ بنابراین از مدل آرچ برای تخمین و پیش‌بینی برون نمونه مدل استفاده شد. در رویکرد دوم با استفاده از شبکه عصبی به

مدل‌سازی غیرخطی و پیش‌بینی برون نمونه بازده قرارداد آتی سکه طلا پرداخته شد. در ادامه بر اساس معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین مربعات خطا، میانگین قدر مطلق خطا و ضریب تعیین به مقایسه برون نمونه این دو مدل پرداخته شد. نتایج نشان داد مدل شبکه عصبی نسبت به مدل آرچ ازنظر همه معیارها برتری داشته است؛ اما «آزمون تی نمونه زوجی» انجام‌شده نشان داد، ازلحاظ آماری اختلاف بین دقت پیش‌بینی مدل شبکه عصبی و مدل آرچ، اختلاف معناداری نیست.

بررسی نتایج تحقیقات مشابه نشان می‌دهد شبکه عصبی پیش‌خور نسبتاً ساده در مقایسه با مدل‌های اقتصادسنجی مثل رگرسیون خطی یا مدل‌های سری زمانی مانند مدل‌های خانواده آریما که ناهمسانی واریانس را در نظر نمی‌گیرند بهتر عمل کرده است؛ اما در مقایسه با مدل‌های اقتصادسنجی که ناهمسانی واریانس را در نظر می‌گیرند مثل مدل‌های خانواده آرچ و گارچ نتایج متفاوت بوده و شبکه عصبی در بعضی موارد بهتر و در بعضی موارد هم به عبارتی بدتر عمل نکرده است.درنتیجه شبکه‌های عصبی هرگز به‌طور محسوسی بدتر از مدل‌های خطی عمل نمی‌نمایند و تنها هزینه به‌کارگیری این روش‌ها زمان محاسباتی آن است.

۵-۱ پیشنهادها

۱- با توجه به اینکه الگوریتم‌های زیادی برای بهینه‌سازی یادگیری شبکه عصبی وجود دارد. پیشنهاد می‌شود از این الگوریتم‌ها برای بهبود توان یادگیری شبکه استفاده شود.

۲- با توجه به افزایش حجم معاملات قرارداد آتی پیشنهاد می‌شود تا تأثیر ریزساختارهایی چون حجم معاملات، ساعات معاملات،... نیز بررسی گردد.

۳- تحقیقات نشان می دهد که تکنیک‌های پیش‌بینی با معیارهای حداقل کردن خطای پیش‌بینی به بررسی سودآوری سیستم‌های معاملاتی و استراتژی‌های معاملاتی طراحی‌شده مورد مقایسه قرار می گیرند. پیشنهاد می‌شود به‌جای استراتژی منفعل

خرید و نگهداری از استراتژی‌های فعال خرید، نگهداری و فروش به بررسی توان سودآوری این سیستم‌های معاملاتی پرداخته شود.

منابع:

- Bahrami, J., Mirzapour, A. & Fakari, B. (2014). Hedging Through Gold Coin Futures Market Using Mean Extended Gini (MEG) Coefficient Approach: The Case of Iran Mercantile Exchange (IME). *Financial Knowledge of Security Analysis*, 7(21): 43-56.
- Charef, F. & Ayachi, F. (2016). A Comparison between Neural Networks and GARCH Models in Exchange Rate Forecasting. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 6(1): 94-99.
- Chaudhuri, T. D. & Ghosh, I. (2016). Artificial Neural Network and Time Series Modeling Based Approach to Forecasting the Exchange Rate in a Multivariate Framework. *Journal of Insurance and Financial Management*, 1(5): 92-123.
- Fallah, J. & Ghaffari, F. (2015). The Effects of Margin Changes on the Futures Prices, Trading Volume and Price Volatility in Iran Mercantile Exchange Gold Coin Futures Contracts. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, 23(73): 25-52.
- Goodarzi, M. & Amiri, B. (2013). A Model on Identifying Affecting Factors of Azadi Gold Coin's Futures Price, by Using Artificial Neural Network in Comparative of Multi-Regression Model. *Financial Engineering and Securities Management*, 4(15): 17-33.
- Hull, J. (2002). *Fundamentals of Futures and Options Markets*. (A. Salehabadi, & S. Sayyah, Trans.) Tehran: TadbirPardaz IT Group.
- Kocak, H. & Un, T. (2014). Forecasting the Gold Returns with Artificial Neural Network and Time Series. *International Business Research*, 7(11): 138-152.
- Khosravinejad, A. A. & Shabani Sadr Pishe, M. (2014). An Evaluation of Linear and non-linear Models in Forecasting Stock Price Index in Tehran Stock Exchange. *Financial Economics and Development*, 8(27): 51-64.

- Lovison, F. (2014*). Technical Analysis Trading Strategy: An Application on Continuous Light Sweet Crude Oil WTI Futures Contract (@CL)*, Masaryk University, Economics and Administration.
- Memarnejad, A. & Farmanara, V. (2011). Forecasting of Gold Coin Price in Iran Mercantile Exchange with Approach of Neural Network GMDH. *Applied Economics*, 2(6): 27-48.
- Mombeini, H. & Yazdani-Chamzini, A. (2015). Modeling Gold Price via Artificial Neural Network. *Journal of Economics, Business and Management*. 3(7): 699-703.
- Noroozpour Shahrbijari, M. & Moghaddam, A. (2015). Investigating of Factors Affecting in Gold Coin Futures Prices in Iran Mercantile Exchange. *Intarnational Journal of Review in Life Sciences*. 5(9): 93-99.
- Pousti, F. & Salehi Sadaghiani, J. (2011). An Econometrics Method for Estimating Gold Coin Futures Prices. *Management Science Letters*, 1(11): 621-630.
- Raei, R. & Saeedi, A. (2014). *Fundamentals of financial Engineering and Risk Management*. Tehran: *Samt*.
- Raei, R., Honardoost, A., Salmani, Y. & Tataei, P. (2014). The Effect of Maturity Date, Trade Volume and Open Interests on Gold Coin Future Price Volatility. *Journal of Investment Knowledge*, 3(9): 169-185.
- Souri, A. (2013). *Econometrics*, Tehran: *Farhangshenasi.*
- Shams, SH. Golbabaie, A. & Dabirian, M. (2014). *An Introduction to Financial Modeling Using Some Related Applications*. Tehran: Termeh.
- Saeedi, A. & Alimohammadi, SH. (2014). Exchange by Using GLS & GARCH Approaches. *Financial Engineering and Securities Management*, 5(20): 41-56.
- Zarranejad, M. & Raoofi, A. (2015). Evaluation and Comparison of Forecast Performance of Linear and Non-linear Methods for Daily Returns of Tehran Stock Exchange. *Financial Monetary Economics*, 22(9): 1-29.