



ارزیابی عملکرد مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA-ANN) در پیش‌بینی صادرات زعفران ایران

محمد رضا کهنسال^{۱*} و امیرحسین توحیدی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۸ آذر ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۷ شهریور ۱۳۹۴

کهنسال، م.ر. و توحیدی، ا.ح. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA-ANN) در پیش‌بینی صادرات زعفران ایران. زراعت و فناوری زعفران، ۵(۴): ۳۹۳-۴۰۵.

چکیده

زعفران ایران از لحاظ کمی و کیفی از جایگاه نمایانی در سطح بین‌المللی برخوردار است و با بهره‌گیری از ظرفیت موجود می‌توان درآمدهای صادراتی حاصل از آن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. از سوی دیگر، پیش‌بینی فروش بر اساس تجزیه و تحلیل سری زمانی یک عنصر بسیار مهم در طراحی و اجرای استراتژی‌های بازاریابی در عرصه بین‌المللی است. اما رویکردهای متداول پیش‌بینی با نادیده گرفتن ساختار خطی یا غیرخطی داده‌ها نتایج دقیقی را ارائه نمی‌دهند. لذا، هدف اصلی این مطالعه طراحی یک مدل هیبرید متشکل از دو روش شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA) به‌منظور رفع نواقص و استفاده از ویژگی‌های منحصر به‌فرد هر یک از این مدل‌ها است. با استفاده از داده‌های مربوط به صادرات زعفران ایران طی دوره‌ی ۱۳۹۲-۱۳۸۳، نتایج مطالعه نشان داد که مدل هیبرید ARIMA-ANN در مقایسه با مدل‌های ARIMA و ANN از عملکرد بهتری در پیش‌بینی صادرات زعفران ایران برخوردار است. لذا، با توجه به کارایی شایان توجه مدل هیبرید ARIMA-ANN، استفاده از این مدل در تنظیم استراتژی‌های مربوط به صادرات در بازارهای جهانی زعفران و همچنین در پیش‌بینی متغیرهای سری زمانی توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: بازاریابی، پیش‌بینی، زعفران، سری زمانی، صادرات.

مقدمه

نقش بسیار مهمی در ایجاد درآمد و اشتغال برای تولیدکنندگان آن ایفا می‌نماید. ایران، یونان، مراکش، کشمیر، اسپانیا و ایتالیا از کشورهای عمده تولیدکننده زعفران می‌باشند. در میان این کشورها، ایران به‌عنوان زادگاه اصلی زعفران همواره از بیشترین مناطق کشت و تولید برخوردار بوده است. از لحاظ تاریخی، ایران با داشتن ۱۹۰ تن صادرات زعفران (۸۰ درصد از کل صادرات جهانی) به‌عنوان بزرگ‌ترین صادرکننده این محصول شناخته می‌شود. در مجموع، ایران بزرگ‌ترین صادرکننده و تولیدکننده زعفران در سطح بین‌المللی است و امارات متحده عربی، اسپانیا،

جایگاه و اهمیت بالای بخش کشاورزی در اقتصاد ایران به دلیل سهم قابل توجه آن در توسعه و گسترش صادرات غیرنفتی، تأمین امنیت غذایی و افزایش اشتغال است. در میان محصولات کشاورزی، زعفران به‌عنوان یکی از محصولات مهم صادراتی

۱- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*- نویسنده مسئول: (kohansal@um.ac.ir)

ترکمنستان، فرانسه و ایتالیا از بازارهای مهم زعفران صادراتی ایران به شمار می‌روند (Ghorbani, 2008). در میان مقاصد صادراتی، تعدادی از کشورها (مانند اسپانیا، یونان، فرانسه و ایتالیا) زعفران ایران را به صورت فله‌ای خریداری می‌نمایند و با بسته‌بندی و صادرات آن به کشورهای دیگر، ارزش افزوده و قیمت بیشتری را دریافت می‌کنند (Najarzadeh et al., 2011). با توجه به فعالیت سایر رقبای، این سؤال مطرح می‌گردد که صادرات زعفران ایران در طول سال‌های آتی از چه روندی برخوردار خواهد بود؟ پیش‌بینی یکی از ابزارهایی است که می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت صادرات زعفران داشته باشد. به طور معمول، برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های صادراتی همراه با درجه بالایی از عدم اطمینان است و هدف از پیش‌بینی، کاهش عدم قطعیت در بازارهای صادراتی است. در واقع، پیش‌بینی صحیح برای بقاء و رشد صادرات یک کشور امری ضروری است (Winkhofer & Diamantopoulos, 2003). به بیان دیگر، هر چه عملکرد پیش‌بینی بهتر باشد؛ برنامه‌ریزی و مدیریت بازارهای صادراتی با دقت بیشتری انجام می‌شود. لذا برای بهبود فرآیند انتخاب، تصمیم‌گیری و اتخاذ استراتژی‌های راهبردی، سیاست‌گذاران و مدیران بازار به دنبال روش‌هایی هستند که از دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردار باشند. در دهه‌های اخیر، مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی ارائه شده است. میزان موفقیت یک مدل برای توضیح روابط میان متغیرها به صحت پیش‌بینی بر اساس معیارهای دقت بستگی دارد. به طور کلی، از دو نوع مدل برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی استفاده می‌شود: (الف) مدل خطی: تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره؛ مدل خود توضیح جمعی میانگین متحرک؛ مدل خود توضیح جمعی میانگین متحرک

فصلی^۳ و (ب) مدل غیرخطی: شبکه عصبی مصنوعی^۴. از مدل‌های خطی زمانی استفاده می‌گردد که ارتباط بین متغیر وابسته با متغیرهای مستقل به صورت خطی باشد. مدل MRA یک رهیافت ساده و کارا است؛ اما پیش‌بینی‌های آن دقیق نیست. مدل ARIMA، روشی مبتنی بر باکس و جنکینز است که در آن مقادیر آتی متغیر را می‌توان با استفاده از تجزیه و تحلیل خودهمبستگی داده‌های سری زمانی به دست آورد؛ اما اگر الگوی داده‌های سری زمانی به صورت فصلی باشد؛ آنگاه، از روش SARIMA استفاده می‌گردد (Jeong et al., 2014). در صورت وجود پیش‌فرض‌های آماری خاص و با داشتن مجموعه داده‌های آماری کوچک و غیرخطی، استفاده از مدل‌های خطی مناسب نمی‌باشد (Lee & Liu, 2014).

در حالتی که رابطه میان متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی غیرخطی باشد، از مدل‌های ANN استفاده می‌شود (Jeong et al., 2014). روش ANN یک شبکه متشکل از تعداد زیادی سلول‌های عصبی ساده است که بر اساس مغز انسان مدل‌سازی می‌شود. این روش با برخورداری از ساختار پردازش موازی اطلاعات و با استفاده از ترکیبی از توابع غیرخطی قادر به تخمین روابط میان متغیرهای ورودی و خروجی است. فرآیند یادگیری در ANN مبتنی بر تجربه و پردازش محاسبات است که برگرفته از سیستم‌های عصبی بیولوژیکی و با استفاده از فرآیند خود تطبیق تشخیص الگو صورت می‌پذیرد (Kheirkhah et al., 2014; Feng & Zhang, 2013). از روش ANN برای مدل‌سازی الگوهای غیرخطی پیچیده استفاده می‌گردد و در این روش نیازی به طراحی مدل‌های ریاضی و در نظر گرفتن پیش‌فرض‌هایی در مورد ماهیت روابط میان متغیرها نیست (Aydin, 2014; Feng & Zhang, 2014). از این رو، مدل

3- Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)
4- Artificial Neural Network (ANN)

1- Multiple Regression Analysis (MRA)
2- Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های آماری و مدل ANN به پیش-بینی صادرات برنج تایلند پرداختند. با استفاده از داده‌های ماهانه مربوط به صادرات برنج طی دوره‌ی (۲۰۰۵(۱۲)-۱۹۹۶(۱)، آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که برای تشخیص روند غیرخطی پویا و فصلی و تعاملات میان آن‌ها، مدل ANN در مقایسه با مدل ARIMA و هموارسازی نمایی از عملکرد مناسب‌تری برخوردار است. سینگال و سواراپ (Singhal & Swarup, 2011) در مطالعه‌ای با به‌کارگیری ANN به پیش‌بینی قیمت برق در هند پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که پیش‌بینی قیمت برق در هر یک از بازارها با استفاده از مدل ANN از دقت مناسبی برخوردار است. جها و سینها (Jha & Sinha, 2013) در مطالعه‌ای با به‌کارگیری مدل ANN قیمت محصولات کشاورزی را در هند پیش‌بینی نمودند. آن‌ها با استفاده از داده‌های ماهانه مربوط به شاخص قیمت عمده‌فروشی دو محصول سویا و کلزا طی دوره‌ی (۲۰۱۰(۹)-۱۹۹۱(۱۰) به این نتیجه دست یافتند که مدل ANN در مقایسه با مدل‌های خطی قادر است که جهت تغییرات قیمت را به‌خوبی اندازه‌گیری نماید. میسرا و سینگ (Mishra & Singh, 2013) در مطالعه‌ای با استفاده از دو روش ARIMA و ANN به پیش‌بینی قیمت روغن بادام‌زمینی در دهلی‌نو پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های ماهانه طی دوره‌ی (۲۰۱۰(۷)-۱۹۹۴(۴) به این نتیجه دست یافتند که روش ANN بر اساس معیارهای دقت دارای عملکرد بهتری است. فنگ و ژانگ (Feng & Zhang, 2014) در مطالعه‌ای از مدل خاکستری و ANN برای پیش‌بینی رشد اقتصادی استان ژجیانگ چین استفاده نمود. نتایج مطالعه با استفاده از داده‌های سالانه طی دوره‌ی ۱۹۷۱-۹۷ نشان داد که روش ANN در مقایسه با مدل خاکستری دارای کارایی و عملکرد بهتری است.

با توجه به مطالعات انجام‌شده می‌توان مشاهده نمود که دو مدل ANN و ARIMA دو رهیافت عمومی در پیش‌بینی

ANN جایگزینی مطمئن برای مدل‌های اقتصادسنجی است. با توجه به این مزیت‌ها، بسیاری از محققین عملکرد مدل‌های ANN را با سایر روش‌های پیش‌بینی مورد مقایسه قرار دادند. برای مثال، پرتوگال (Portugal, 1995) در مطالعه‌ای به مقایسه توانایی پیش‌بینی مدل ARIMA و ANN پرداخت. وی با استفاده از داده‌های ماهانه تولید ناخالص بخش صنعت برزیل طی دوره‌ی (۱۹۹۲(۱۲)-۱۹۸۱(۱) به این نتیجه دست‌یافت که روش ANN بسیار دقیق‌تر از روش ARIMA است. چارچ و کورام (Church & Curram, 1996) در پژوهشی به مقایسه بین مدل‌های ANN و روش‌های اقتصادسنجی برای پیش‌بینی هزینه‌های مصرفی انگلستان طی دوره‌ی ۹۰-۱۹۶۹ پرداختند. نتایج پژوهش مذکور حاکی از آن است که روش ANN در مقایسه با الگوهای اقتصادسنجی از دقت کمتری برخوردار است. احمد و همکاران (Ahmad et al., 2001) در مطالعه‌ای به بررسی عملکرد مدل‌های مختلف پیش‌بینی قیمت آتی تخم‌مرغ پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های روزانه قیمت تخم‌مرغ طی دوره‌ی ۹۷-۱۹۹۳ به این نتیجه دست یافتند که روش ANN در مقایسه با روش‌های سنتی پیش‌بینی از دقت بیشتری برخوردار است. تاکز (Tkacz, 2001) در مطالعه‌ای رشد تولید ناخالص داخلی کانادا را با به‌کارگیری مدل‌های ANN پیش‌بینی نمود. با استفاده از داده‌های فصلی طی دوره‌ی (۱۹۹۹(۲)-۱۹۶۸(۱)، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خطای پیش‌بینی نرخ رشد تولید ناخالص داخلی واقعی کانادا با استفاده از روش ANN در مقایسه با مدل‌های رگرسیونی کمتر است. ییم و میشل (Yim & Mitchell, 2005) طی پژوهشی با استفاده از روش ANN، مدل‌های لاجیت، تحلیل تشخیصی و روش‌های خوشه-بندی به مقایسه مدل‌های ریسک کشوری پرداختند. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که مدل ANN در مقایسه با سایر روش‌ها از دقت بیشتری برخوردار است.

کو و بوسرونگسه (Co & Boosarawongse, 2007) در

از گمرک ایران طی دوره‌ی ۱۳۹۲-۱۲۸۳ جمع‌آوری شده‌اند. برای طراحی، تخمین و پیش‌بینی مدل‌های ARIMA و ANN به ترتیب از نرم‌افزارهای EViews⁸ و MATLAB^{7,12} (از طریق کدنویسی) استفاده گردیده است.

مدل ARIMA

در یک مدل ARIMA، مقادیر آتی یک متغیر تابعی خطی از مشاهدات گذشته‌ی آن و جمله خطای تصادفی است؛ بنابراین، فرآیند ایجاد سری زمانی را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$+ \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

که y_t و ε_t به ترتیب مقدار واقعی متغیر و جمله خطای تصادفی در زمان t می‌باشند. در رابطه فوق، ϕ_i و θ_j پارامترهای مدل و p و q نمایانگر مرتبه‌ی الگو هستند. جمله خطای تصادفی، ε_t ، فرض می‌شود که دارای توزیع یکسان و مستقل با میانگین صفر و واریانس ثابت σ^2 است. اگر q در معادله ۱ برابر با صفر باشد؛ آنگاه، مدل از نوع AR با مرتبه p است. در حالی که $p=0$ است، مدل از نوع MA با مرتبه q است. یکی از کارکردهای اصلی مدل ARIMA تعیین مرتبه مناسب مدل (p,q) است. استفاده از روش باکس-جنکینز یک رهیافت کاربردی برای ایجاد مدل‌های ARIMA است که این روش مشتمل بر سه مرحله‌ی شناسایی، برآورد پارامتر و آزمون‌های تشخیصی است. فرض اساسی در شناسایی مدل این است که یک سری زمانی ایجاد شده توسط فرآیند ARIMA باید از مبانی نظری مربوط به خودهمبستگی برخوردار باشد. با ترکیب الگوهای خودهمبستگی تجربی با مبانی نظری، می‌توان مرتبه-های p و q در مدل ARIMA را شناسایی نمود که این امر از طریق توابع خود همبستگی^۱ و خود همبستگی جزئی^۱ صورت

متغیرهای سری زمانی می‌باشند. به طور کلی، شباهت‌هایی میان دو مدل ARIMA و ANN وجود دارد. هر دو آن‌ها شامل طیف وسیعی از مدل‌های مختلف با پارامترهای متفاوت می‌باشند و ماهیت تجربی تکرارشونده در فرآیند مدل‌سازی وجه مشترک آن‌ها است و قضاوت ذهنی در مدل‌سازی مورد نیاز است؛ اما استفاده از این دو مدل در شرایط مختلف مناسب نیست. استفاده از مدل ARIMA برای مدل‌سازی ارتباطات غیرخطی پیچیده مناسب نیست. از سوی دیگر، استفاده از مدل ANN برای بررسی ارتباطات خطی نتایج متفاوتی را به همراه داشته است. برای مثال، در صورت وجود هم خطی و داده‌های پرت، مدل ANN در مقایسه با مدل رگرسیونی خطی دارای عملکرد بهتری است. افزون بر این، عملکرد شبکه عصبی در مدل‌سازی روابط خطی به اندازه نمونه و میزان خطا بستگی دارد و استفاده از ANN برای هر نوع داده مناسب نیست. با توجه به این‌که شناخت خصوصیات و ویژگی داده‌ها بسیار مشکل است؛ ترکیب روابط خطی و غیرخطی یک استراتژی مناسب به شمار می‌رود. لذا، با توجه به اهمیت زعفران در اقتصاد کشاورزی ایران، هدف اصلی این مطالعه استفاده از مدل هیبرید ARIMA-ANN در پیش‌بینی صادرات این محصول طی دوره‌ی ۱۳۹۲-۱۲۸۳ است.

مواد و روش‌ها

استفاده از داده‌های سری زمانی در پیش‌بینی فروش و صادرات به بازارهای بین‌المللی تبدیل به یکی از حوزه‌های کاربردی در علم بازاریابی شده است. در امر مدل‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای سری زمانی، علم و هنر به موازات هم مطرح می‌گردند که در این بخش از مطالعه، به بررسی مبانی اصلی در مدل‌سازی و پیش‌بینی الگوهای ARIMA، ANN و ARIMA-ANN پرداخته می‌شود. در این مطالعه، داده‌های سری زمانی مربوط به حجم صادرات زعفران به صورت سالانه و

ARIMA از آزمون خودهمبستگی سریالی بریوش-گادفری^۴ و آزمون ناهمسانی شرطی خود توضیح^۵ استفاده می‌شود. فرض صفر در آزمون بریوش-گادفری بیان می‌کند که مقدار کنونی جمله خطا در ارتباط با وقفه‌های گذشته آن نیست و خودهمبستگی سریالی وجود ندارد؛ اما فرض مقابل نمایانگر وجود خودهمبستگی سریالی است. در آزمون ناهمسانی شرطی خود توضیح، فرض صفر مؤید آن است که واریانس متغیر مورد بررسی ثابت است، در حالی که فرض مقابل بیان می‌کند که ناهمسانی شرطی خود توضیح در باقیمانده‌های مدل برآوردی وجود دارد (Ulrich, 2009).

مدل ANN

استفاده از مدل ANN برای پیش‌بینی و مدل‌سازی متغیرهای اقتصادی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. مدل ANN قادر به رمزگشایی داده‌های سری زمانی غیرخطی است. از این مدل در پیش‌بینی بازارهای بورس، بازار پول و کالا و در سایر شرایط پیچیده استفاده می‌گردد. شبکه‌های عصبی یک سیستم نگاشت غیرخطی با ساختار انعطاف‌پذیر است که بر اساس اصول مشاهده‌شده در سیستم‌های عصبی بیولوژیکی مدل‌سازی می‌شود. شبکه‌های عصبی در مقایسه با روش‌های آماری از مزایای قابل توجهی برخوردار می‌باشند. مدل ANN از داده‌ها برای توسعه ارتباطات میان متغیرها استفاده می‌کند و هیچ‌گونه فرضی در مورد ماهیت توزیع داده‌ها در نظر نمی‌گیرد. بر خلاف مدل‌های رگرسیونی که غیرقابل انطباق می‌باشند؛ مدل ANN با ورود داده‌های جدید به‌طور مجدد وزن‌های خود را تعدیل می‌نماید. از مدل‌های ANN برای طبقه‌بندی الگو، خوشه‌بندی، تقریب تابع، پیش‌بینی، بهینه‌سازی و کنترل سیستم‌های پویا استفاده می‌شود (Co & Boosarawongse, 2012).

می‌پذیرد. ثابت بودن مشخصه‌های آماری از قبیل میانگین و ساختار خودهمبستگی در طول زمان خصوصیت مهم یک سری زمانی ایستا است. اگر سری زمانی مشاهده شده دارای روند و دچار ناهمسانی واریانس باشد، از تفاضل‌گیری برای حذف روند و ایجاد واریانس ثابت استفاده می‌شود. پس از تصریح مدل، پارامترهای الگو بر اساس حداقل‌سازی جملات خطا برآورد می‌شوند. آزمون‌های تشخیص آخرین مرحله در مدل‌سازی است. در این مرحله، برقرار بودن فرضیات مدل در ارتباط با جملات خطا مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آزمون خوبی برازش از چندین آماره تشخیص و نمودارهای مربوط به جملات خطا استفاده می‌گردد. اگر مدل مناسب نباشد؛ آنگاه، لازم است که یک مدل جدید شناسایی شود و پس از آن پارامترهای مدل برآورد و آزمون‌های تشخیص انجام شوند (Zhang, 2003).

در این مطالعه به منظور بررسی ایستایی متغیر حجم صادرات زعفران ایران از آزمون‌های ریشه واحد فیلیپس-پرون^۲ و الیوت-روتنبرگ-استوک^۳ استفاده می‌شود. وجود ریشه واحد نمایانگر آن است که میانگین و واریانس متغیر مورد بررسی مستقل از زمان نمی‌باشد. آزمون ریشه واحد فیلیپس-پرون بیان می‌کند که اگر یک سری زمانی نوسانات ثابتی حول یک روند یا سطح داشته باشد؛ آن متغیر می‌تواند ایستا باشد. آزمون ریشه واحد الیوت-روتنبرگ-استوک مشابه با آزمون‌های معمول ریشه واحد است؛ اما پیش از اجرای آزمون، تبدیل سری زمانی از طریق رگرسیون حداقل مربعات تعمیم یافته صورت می‌پذیرد. فرض صفر در آزمون‌های فیلیپس-پرون و الیوت-روتنبرگ-استوک بیانگر وجود ریشه واحد است، در حالی که فرض مقابل دلالت بر ایستایی متغیر مورد بررسی را دارد (Dalena & Magazzino, 2012).

در این مطالعه، به منظور بررسی باقیمانده‌های مدل

4- Breusch-Godfrey

5- Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH)

1- Partial autocorrelation Function (PACF)

2- Phillips-Perron (PP)

3- Elliott-Rothenberg-Stock (ERS)

بسیار مهم است؛ زیرا انتخاب مناسب آن در تعیین ساختار خودهمبستگی (غیرخطی) سری زمانی نقش مهمی را ایفا می‌نماید؛ اما نظریه‌ای مبنی بر تعیین اندازه‌ی مناسب p وجود ندارد و انتخاب آن مسئله‌ای تجربی است (همانند q). پس از تصریح یک مدل ANN با ساختار (p, q) ، شبکه آموزش داده می‌شود که این مرحله در حقیقت فرآیند تخمین پارامترها است. مشابه با مدل سازی ARIMA، پارامترها بر اساس معیارهایی نظیر حداقل کردن میانگین مربعات خطا تعیین می‌گردند. این امر به‌طور کلی با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی غیرخطی صورت می‌پذیرد (Zhang, 2003).

مدل هیبرید ARIMA-ANN

یک سری زمانی متشکل از روابط خطی و غیرخطی را می‌توان به‌صورت زیر در نظر گرفت:

$$y_t = L_t + N_t, \quad (5)$$

که در رابطه فوق L_t نمایانگر جزء خطی و N_t نشان‌دهنده جزء غیرخطی است. این دو جزء با استفاده از داده‌ها محاسبه می‌شوند. در ابتدا، ARIMA به‌عنوان جزء خطی در نظر گرفته می‌شود و سپس باقیمانده‌های حاصل از آن تنها شامل روابط غیرخطی خواهند بود. اگر e_t باقیمانده مدل خطی در زمان t باشد، آنگاه:

$$e_t = y_t - \hat{L}_t \quad (6)$$

که مقدار پیش‌بینی شده برای زمان t با استفاده از رابطه تخمین زده شده \hat{L}_t است. باقیمانده‌ها در تشخیص مدل مناسب دارای اهمیت می‌باشند. در صورتی که ساختار خودهمبستگی خطی در جملات باقیمانده وجود داشته باشد، مدل خطی مناسب نخواهد بود؛ اما با تحلیل جملات باقیمانده، تشخیص وجود الگوهای غیرخطی داده‌ها امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین حتی اگر یک مدل بر اساس آزمون‌های تشخیص مورد تأیید قرار گیرد،

برای پیش‌بینی و مدل‌سازی متغیرهای اقتصادی اغلب از شبکه پیشخور با یک لایه پنهان استفاده می‌گردد. مدل پیشخور یک شبکه سه لایه‌ای با واحدهای پردازشگر ساده است که این واحدها توسط یک ساختار باز زنجیره‌ای به یکدیگر متصل شده‌اند. شکل ریاضی رابطه‌ی میان متغیر خروجی (y_t) و متغیرهای ورودی ($y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$) به‌صورت زیر است (Zhang, 2003):

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j g(\beta_{0j} + \sum_{i=1}^p \beta_{ij} y_{t-i}) + \varepsilon_t, \quad (2)$$

که α_j ($j=0, 1, 2, \dots, q$) و β_{ij} ($i=0, 1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, q$) پارامترهای مدل (وزن‌های اتصال) می‌باشند؛ p نمایانگر تعداد نرون‌های لایه ورودی و q نشان‌دهنده تعداد نرون‌های لایه پنهان است. تابع فعال‌ساز در لایه پنهان اغلب از نوع تابع لاجستیک است (Zhang, 2003):

$$g(x) = 1/(1 + \exp(-x)) \quad (3)$$

بنابراین، مدل ANN یک ارتباط غیرخطی میان مقادیر گذشته داده‌ها و مقدار آتی آن‌ها در نظر می‌گیرد (Zhang, 2003):

$$y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}, w) + \varepsilon_t, \quad (4)$$

که w برداری از تمام پارامترها و f تابع تعیین شده برحسب ساختار شبکه و وزن‌های اتصال است؛ بنابراین، شبکه عصبی معادل با مدل خود رگرسیون غیرخطی است. رابطه ۲ نمایانگر یک نرون در لایه خروجی است که به‌طور معمول برای پیش‌بینی یک گام به جلو استفاده می‌گردد. با مناسب بودن تعداد نرون‌های لایه پنهان، شبکه ارائه‌شده توسط رابطه ۲ دارای قدرت زیادی در تقریب هر تابع دلخواهی است. در انتخاب q قاعده مشخصی وجود ندارد و تصمیم‌گیری در مورد این پارامتر بستگی به داده‌ها دارد. علاوه بر انتخاب تعداد مناسب نرون‌های لایه پنهان، تعیین تعداد بهینه وقفه یا ابعاد ماتریس ورودی (p) نیز حائز اهمیت است. تعیین اندازه p در مدل‌سازی مدل ANN

مدل ARIMA

برای ایجاد یک الگوی ARIMA با قابلیت پیش‌بینی، ایستایی شرط لازم است. لذا، در ابتدا برای بررسی ایستایی از آزمون‌های ریشه واحد فیلیپس-پرون و ایوت-روتنبرگ-استوک استفاده می‌گردد که نتایج آن‌ها در جدول ۱ گزارش شده است. بر اساس نتایج جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که سری زمانی صادرات زعفران ایران برحسب آزمون‌های ریشه واحد در سطح ایستا است.

جدول ۱- نتایج آزمون‌های ایستایی فیلیپس-پرون و ایوت-روتنبرگ-استوک

Table 1- The results of Phillips-Perron and Elliott-Rothenberg-Stock stationarity tests

آزمون Test	آماره آزمون Test statistic	نتیجه Conclusion
فیلیپس-پرون PP	-3.543*	I (0)
ایوت-روتنبرگ-استوک ERS	11.3597*	I (0)

* فرض صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در سطح معنی‌داری ۵٪ رد شده است.

Null hypothesis of the presence of unit roots is rejected at the 5% significance level.

پس از تعیین مرتبه ایستایی (d)، تعداد جملات خود رگرسیون (p) و میانگین متحرک (q) با استفاده از نمودارهای ACF و PACF قابل تشخیص است. با توجه به نزولی بودن ACF؛ فرآیند از نوع AR است و دو نقطه غیر صفر PACF نمایانگر مرتبه آن است؛ بنابراین تشخیص الگو مبتنی بر فرآیند (۲،۰،۰) ARIMA است که بهترین الگو برای پیش‌بینی است. برای اطمینان از صحت تشخیص، به صورت آزمون و خطا، پارامترهای (q و p) دیگری برای الگو در نظر گرفته شد که بر اساس معیار اطلاعاتی شوارز-بیزین مدل (۲،۰،۰) ARIMA به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید. پس از مشخص شدن پارامترهای الگو، مدل برآورد و سپس صحت تصریح آن بررسی می‌گردد. نمودارهای ریشه‌های معکوس یکی از معیارهای صحت تشخیص پارامترهای مدل ARIMA و اعتبار ضرایب

ممکن است آن مدل مناسب نباشد؛ زیرا روابط غیرخطی در آن مدل لحاظ نشده‌اند، بنابراین وجود هرگونه الگوی غیرخطی در باقیمانده‌ها محدودیت مهم مدل ARIMA است. مدل‌سازی باقیمانده‌ها با استفاده از الگوی ANN امکان شناسایی روابط غیرخطی را فراهم می‌آورد. با n نرون ورودی، مدل ANN برای جملات باقیمانده به صورت زیر خواهد بود (Zhang, 2003):

$$e_t = f(e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-n}) + \varepsilon_t, \quad (7)$$

که f تابع فعال‌ساز غیرخطی در شبکه عصبی و ε_t جمله خطای تصادفی است. اگر مدل فوق مناسب نباشد، جمله خطا تصادفی نخواهد بود؛ بنابراین، شناسایی مدل مناسب از درجه اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. اگر \hat{N}_t پیش‌بینی حاصل از رابطه ۷ باشد، پیش‌بینی ترکیبی به صورت زیر خواهد بود (Zhang, 2003):

$$\hat{y}_t = \hat{L}_t + \hat{N}_t \quad (8)$$

در واقع، مدل هیبرید ARIMA-ANN متشکل از دو مرحله است. در مرحله اول، از مدل ARIMA برای محاسبه جزء خطی استفاده می‌گردد و در مرحله دوم، از شبکه عصبی برای مدل‌سازی باقیمانده‌های مدل ARIMA استفاده می‌گردد. مدل ترکیبی در تعیین الگوهای متفاوت از ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر دو مدل ARIMA و ANN استفاده می‌کند؛ بنابراین، با استفاده از مدل‌های مختلف می‌توان از مزایای الگوهای خطی و غیرخطی به طور جداگانه استفاده نمود (Zhang, 2003).

نتایج و بحث

در این بخش از مطالعه، در ابتدا به مدل‌سازی سه رویکرد ARIMA، ANN و ARIMA-ANN پرداخته می‌شود و سپس خروجی‌های سه روش مذکور مقایسه و بهترین مدل برای پیش‌بینی سری زمانی صادرات زعفران ایران انتخاب می‌گردد.

مؤید مناسب بودن الگوی $ARIMA(2,0,0)$ است. تابع واکنش لحظه‌ای رویکرد دیگر برای بررسی مناسب بودن الگوی $ARIMA$ است که با استفاده از آن می‌توان چگونگی عکس-العمل معادله برآوردی به شوک‌ها را بررسی نمود.

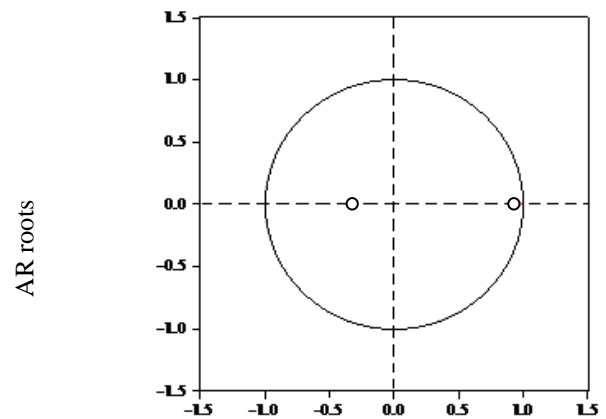
بر اساس شکل ۲ می‌توان مشاهده نمود که اثر شوک‌ها در بلندمدت خنثی و به سمت صفر میل می‌یابد، بنابراین الگوی برآورد شده $ARIMA$ باثبات است. برای بررسی باقیمانده‌های مدل برازش شده $ARIMA$ از آزمون خودهمبستگی سریالی بریوش-گادفری و آزمون ناهمسانی شرطی خود توضیح استفاده گردید که نتایج آن‌ها نمایانگر نبود خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس در جملات اخلاص است (جدول ۲)، بنابراین صحت مدل‌سازی با توجه به آزمون‌های انجام شده تأیید می‌گردد و بر اساس آن می‌توان پیش‌بینی‌های دقیقی را ارائه نمود.

مدل ANN

مدل ANN رویکرد دیگری است که برای مدل‌سازی و پیش‌بینی سری زمانی صادرات زعفران ایران استفاده می‌گردد. در این مطالعه از نوع خاصی از مدل‌های عصبی تحت عنوان شبکه پرسپترون چندلایه استفاده می‌شود.

برآوردی است. قرار گرفتن تمام ریشه‌های AR درون دایره واحد شرط ثبات فرآیند $ARIMA$ است. بر اساس شکل ۱ جملات AR در داخل دایره واحد قرار گرفته‌اند و بنابراین الگوی $ARIMA$ برآورد شده باثبات است؛ بنابراین، ضرایب برآوردی از درجه اطمینان بالایی برخوردار هستند.

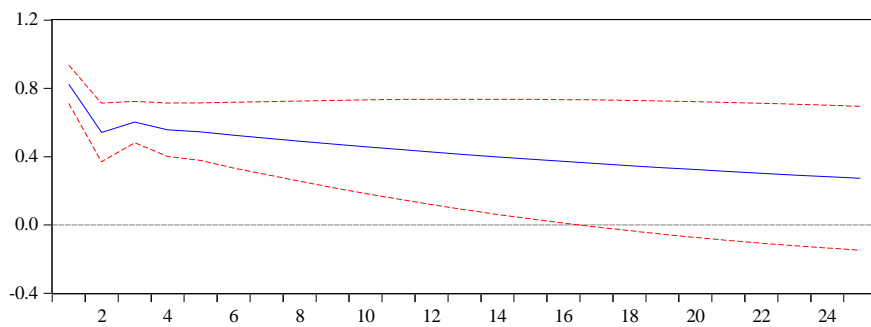
Inverse Roots of AR/MA Polynomial(s)



شکل ۱- آزمون ثبات ریشه‌های معکوس

Figure 1- Stability test of inverse roots.

برای بررسی مناسب بودن مدل $ARIMA(2,0,0)$ ، الگوی خودهمبستگی جملات خطای ساختاری با جملات خطای حاصل از برازش مورد مقایسه قرار گرفتند (با استفاده از نمودارهای ACF و $PACF$) که وجود تفاوت اندک میان آن‌ها



شکل ۲- تابع واکنش لحظه‌ای برای الگوی $ARIMA(2, 0, 0)$

Figure 2- Impulse response function for the $ARIMA(2, 0, 0)$ model.

جدول ۲- نتایج آزمون خودهمبستگی سریالی بریوش-گادفری و آزمون ناهمسانی واریانس ARCH
Table 2- The results of Breusch-Godfrey serial correlation test and ARCH heteroskedasticity test

نام آزمون Name of test	آماره آزمون Test statistic	روش آزمون Test method	ارزش احتمال P-value
خودهمبستگی سریالی Serial correlation	1.353360	Breusch-Godfrey	0.2629
ناهمسانی واریانس Heteroskedasticity	0.720618	ARCH	0.3979

۱۲۸۳) و اعتبارسنجی (۷۵-۱۳۵۹) به ترتیب برای تعدیل وزن‌ها و اطمینان از عملکرد شبکه عصبی هنگام ورود داده‌های جدید استفاده می‌شود و از داده‌های آزمون (۹۲-۱۳۷۶) برای مشخص نمودن این مسئله استفاده می‌گردد که آیا شبکه تنها به حفظ کردن الگو پرداخته است یا خیر. همچنین، از روش پس انتشار خطا برای تعیین وزن استفاده می‌شود که الگوریتم عمومی برای آموزش MLP است. این الگوریتم در واقع یک الگوریتم گرادیان نزولی از خطای محاسباتی در فرآیند آموزش است. مشخصات عمومی شبکه مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۳ گزارش شده است.

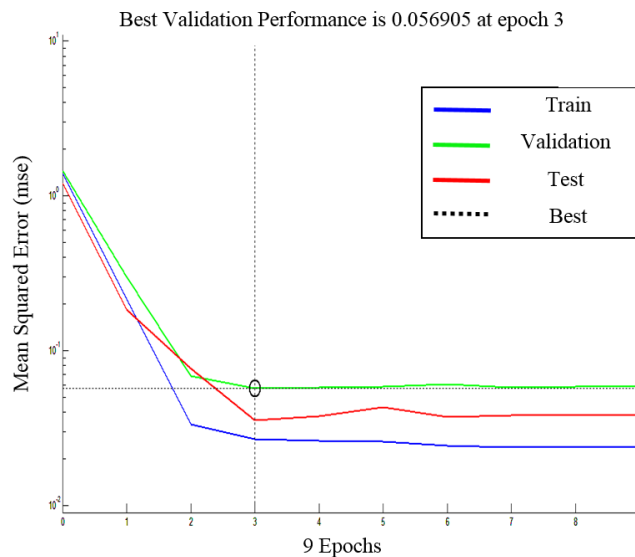
شبکه عصبی MLP یک مدل رگرسیونی ناپارامتریک و غیرخطی است که اغلب با عنوان تقریب‌زن تابعی شناخته می‌شود. با توجه به ماهیت مطالعه و نمودارهای ACF و PACF، از وقفه اول و دوم صادرات زعفران به عنوان متغیرهای ورودی شبکه استفاده می‌گردد. تعداد نرون‌های لایه پنهان بر اساس معیار حداقل‌سازی مجموع مربعات خطا میان خروجی شبکه و مقادیر هدف از طریق آزمون و خطا مشخص می‌گردد؛ زیرا تئوری عمومی و درعین حال قابل قبولی در ارتباط با تعیین تعداد مطلوب نرون‌های لایه پنهان وجود ندارد. از داده‌های آموزش (۱۳۵۸-

جدول ۳- مشخصات شبکه عصبی مصنوعی
Table 3- Specification of artificial neural network

تعداد نرون‌های ورودی Number of input neurons	2	نوع شبکه عصبی مصنوعی Type of artificial neural network	پرسپترون چند لایه Multilayer perceptron (MLP)
نرخ یادگیری Rate of learning	0.01	تعداد لایه‌های پنهان The number of hidden layer	1
الگوریتم آموزش Learning algorithm	لونیبرگ-مارکوات Levenberg-Marquardt	تعداد نرون‌های لایه پنهان The number of hidden layer neurons	10
معیار مورد استفاده برای تعیین نرون‌های مخفی The criterion used to determine the hidden neurons	حداقل‌سازی میانگین مربعات خطا Mean Square Error (MSE) minimization	تابع فعال‌ساز در لایه پنهان Activation function in the hidden layer	سیگموئید لجستیک Logistic sigmoid
روش توقف آموزش The method of stopping training	توقف زود هنگام Early stopping	تابع فعال‌ساز در لایه خروجی Activation function in the output layer	خطی Purelin

می‌گردند که نمودار تغییرات آن در شکل ۳ رسم شده است.

پس از تصریح مدل ANN، شبکه برای آموزش آماده می‌شود که این مرحله در واقع فرآیند تخمین پارامترها است. مشابه با مدل‌سازی ARIMA پارامترها بر اساس معیار MSE تعیین



شکل ۳- نمودار میانگین مربعات خطا
Figure 3- Plot of mean square error.

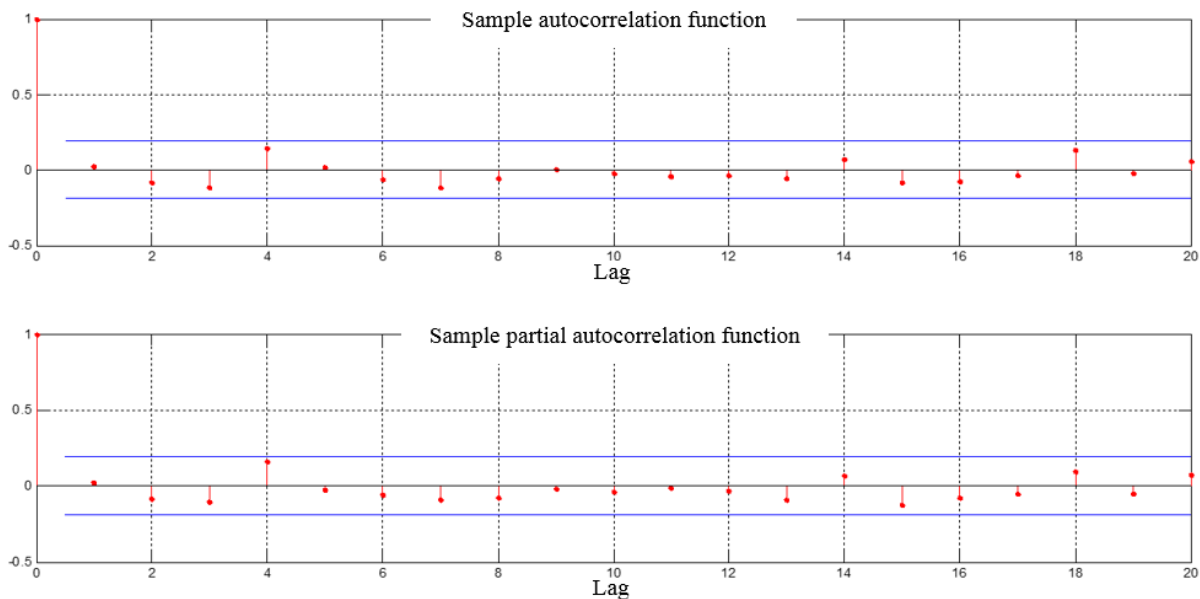
استفاده می‌گردد. برای تعیین ورودی‌های شبکه MLP از روش آزمون و خطا استفاده می‌گردد که معیار اصلی، حداقل‌سازی تفاوت میان خروجی‌های شبکه و مقادیر هدف است. با استفاده از وقفه-ی چهارم باقیمانده‌های الگوی $ARIMA(2,0,0)$ به‌عنوان ورودی‌های شبکه و استفاده از هفت نرون در لایه پنهان بهترین عملکرد شبکه حاصل می‌گردد. همچنین، از ۷۰ درصد داده‌ها $(1358-1283)$ برای مجموعه آموزش ۱۵ درصد برای اعتبارسنجی $(75-1359)$ و ۱۵ درصد برای آزمون شبکه $(92-1376)$ استفاده شده است. سایر اطلاعات شبکه MLP برای باقیمانده‌های مدل $ARIMA$ مشابه با جدول ۳ است. پس از مدل‌سازی و اجرای شبکه، ضرایب خودهمبستگی برای باقیمانده‌های شبکه مطابق با شکل ۴ است.

بر اساس شکل ۴ هیچ‌کدام از ضرایب خارج از محدوده نقطه چین قرار ندارند؛ لذا، تمام ضرایب خودهمبستگی تفاوت معنی‌داری از صفر ندارند و بر این اساس می‌توان استدلال نمود که شبکه‌ی طراحی شده برای جملات خطای حاصل از الگوی $ARIMA(2,0,0)$ مناسب می‌باشد.

بر اساس شکل ۳ تغییرات مجموعه خطای آموزش، اعتبارسنجی و آزمون تا تکرار سوم مشابه است و مشکل برازش بیش از حد وجود ندارد. همچنین، خطای مجموعه اعتبارسنجی از تکرار چهارم به بعد افزایش یافته و فرآیند آموزش در تکرار سه متوقف می‌گردد. ضریب تعیین به‌دست‌آمده بین خروجی شبکه و مقادیر هدف در سه مجموعه آزمایش، اعتبارسنجی و آزمون به ترتیب برابر با $0/94$ ، $0/90$ و $0/93$ می‌باشد که نمایانگر عملکرد مطلوب شبکه طراحی شده برای پیش‌بینی سری زمانی صادرات زعفران ایران است.

مدل هیبرید $ARIMA-ANN$

با توجه به نادیده گرفتن ساختار غیرخطی داده‌ها با استفاده از مدل $ARIMA(2,0,0)$ ، باقیمانده‌های مدل شامل اطلاعات غیرخطی نیز می‌باشند. از این رو، نتایج حاصل از شبکه عصبی را می‌توان به‌عنوان جایگزینی برای جملات خطای مدل $ARIMA$ در نظر گرفت. بر این اساس، از شبکه MLP برای مدل‌سازی جملات خطای حاصل از الگوی $ARIMA(2,0,0)$



شکل ۴- نمودار ACF و PACF برای باقیمانده‌های شبکه عصبی مصنوعی

Figure 4- Plot of the ACF and PACF for the for the residual of the artificial neural network.

قدرت پیش‌بینی سه روش ARIMA، ANN و ARIMA- مقایسه روش‌های مختلف پیش‌بینی در این مطالعه بر اساس معیارهای دقت (نظیر میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین قدر مطلق خطا و میانگین درصد قدر مطلق خطا) به بررسی و مقایسه

در این مطالعه بر اساس معیارهای دقت (نظیر میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین قدر مطلق خطا و میانگین درصد قدر مطلق خطا) به بررسی و مقایسه

جدول ۴- مقایسه و ارزیابی دقت پیش‌بینی

Table 4- Comparison and evaluation of forecast accuracy

روش پیش‌بینی Forecasting method	معیارهای ارزیابی دقت The accuracy assessment criteria			
	میانگین درصد قدر مطلق خطا The mean absolute percentage error(MAPE)	میانگین قدر مطلق خطا The mean absolute error (MAE)	ریشه میانگین مربعات خطا Root mean square error (RMSE)	میانگین مربعات خطا Mean square error (MSE)
ARIMA	9.430972	0.6315201	0.81305514	0.6610587
ANN	8.667357	0.569070	0.74657956	0.557381
ARIMA-ANN	4.260396	0.2986591	0.51395577	0.2641505

مدل‌سازی روابط خطی و غیرخطی به‌طور هم‌زمان استفاده می‌کند و در نتیجه پیش‌بینی‌های دقیق‌تری را ارائه می‌دهد. همچنین نتایج جدول ۵ مؤید آن است که روش ANN در مقایسه با الگوی ARIMA از دقت بیشتری برخوردار است.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که مدل هیبرید ARIMA-ANN بر اساس کلیه معیارهای دقت از قدرت و عملکرد بهتری در پیش‌بینی سری‌های زمانی صادرات زعفران ایران برخوردار است. زیرا این روش از مزایای منحصر به فرد ARIMA و ANN در

پیش‌بینی صادرات این محصول می‌توان با نگاهی به آینده میزان سرمایه‌گذاری، تولید و عرضه‌ی محصول در بازارهای بین‌المللی را برنامه‌ریزی نمود. استفاده از مدل‌های سری زمانی نظیر ARIMA و تکنیک‌های هوش مصنوعی از ابزارهای کاربردی و متداول در امر پیش‌بینی به شمار می‌روند که هرکدام از این رویکردها دارای برخی محاسن و معایب می‌باشند. برای داده‌های سری زمانی با ساختار پیچیده خطی و غیرخطی، مدل هیبرید یک رویکرد مؤثر برای بهبود عملکرد پیش‌بینی است. لذا، هدف اصلی این مطالعه استفاده از مدل هیبرید ANN-ARIMA برای مدل‌سازی و پیش‌بینی زعفران صادراتی ایران طی دوره‌ی ۱۳۹۲-۱۳۸۳ است. نتایج پژوهش نشان داد که مدل هیبرید ANN-ARIMA با در نظر گرفتن هم‌زمان ساختار خطی و غیرخطی داده‌ها از توانایی و دقت پیش‌بینی شایان توجهی نسبت به مدل‌های ARIMA و ANN برخوردار است. لذا، مدل هیبرید ANN-ARIMA یک ابزار جایگزین مناسب برای روش‌های متداول سری زمانی است و استفاده از آن به صادرکنندگان و برنامه‌ریزان اقتصادی توصیه می‌گردد. همچنین در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد که از مدل‌های هیبرید در سایر عرصه‌های اقتصادی استفاده گردد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح (کد ۳۸۱۳۴) از محل اعتبار طرح‌های پژوهشی معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

در مرحله‌ی بعد، از آزمون پارامتریک مورگان-گرنجر-نیوبلد برای ارزیابی عینی دقت پیش‌بینی استفاده می‌گردد. این آزمون مشخص می‌کند که تفاوت مشاهده‌شده میان روش‌های پیش-بینی ناشی از توانایی و برتری مدل است یا خیر. بر اساس آزمون مورگان-گرنجر-نیوبلد، دو روش پیش‌بینی تنها در صورتی از دقت یکسانی برخوردار می‌باشند که اختلاف خطای دو الگوی رقیب از لحاظ آماری معنی‌دار نباشد.

مطابق با نتایج جدول ۵ می‌توان استدلال نمود که رویکرد ترکیبی ARIMA-ANN از لحاظ آماری برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به دو روش ARIMA و ANN دارد. از سوی دیگر، نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری میان دو روش ARIMA و ANN وجود ندارد.

جدول ۵- نتایج آزمون مورگان-گرنجر-نیوبلد در ارزیابی دقت پیش-بینی

Table 5- The results of Morgan-Granger-Newbold test in evaluating the forecast accuracy

مقایسه دو گانه روش‌های پیش‌بینی			
Pairwise comparison of forecasting methods			
	ARMA	ANN	ARIMA-ANN
ARIMA	-	0.6760	3.0402*
ANN	0.6760	-	2.4776*
ARIMA-ANN	3.0402*	2.4776*	-

* فرض صفر در سطح معنی‌داری ۵٪ رد شده است.

* Null hypothesis is rejected at the 5% significance level.

نتیجه‌گیری

پیش‌بینی صادرات یکی از مسائل مهم و حائز اهمیت در عرصه‌ی بازاریابی بین‌الملل به شمار می‌رود؛ زیرا صادرکنندگان و سیاست‌گذاران اقتصادی را قادر می‌سازد تا با نگرشی جامع، تصمیم‌های مربوط به آمیخته‌های بازاریابی را در کوتاه‌مدت و بلندمدت اتخاذ و اجرا نمایند. زعفران به‌عنوان یکی از محصولات مهم، استراتژیک و ارزآور برای اقتصاد ایران، نقش بسیار مهمی در ایجاد اشتغال پایدار، توسعه و آبادانی روستاها دارد. بنابراین با

- Ahmad, H.A., Dozier, G.V., and Roland, D.A. 2001. Egg price forecasting using neural networks. *Journal of Applied Poultry Research* 10 (2): 162-171.
- Aydin, G. 2014. Modeling of energy consumption based on economic and demographic factors: The case of Turkey with projections. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35: 382-389.
- Church, K.B., and Curram, S.P. 1996. Forecasting consumers' expenditure: A comparison between econometric and neural network models. *International Journal of Forecasting* 12 (2): 255-267.
- Co, H.C., and Boosarawongse, R. 2007. Forecasting Thailand's rice export: Statistical techniques vs. artificial neural networks. *Computers and Industrial Engineering* 53 (4): 610-627.
- Dalena, M., and Magazzino, C. 2012. Public expenditure and revenue in Italy, 1862–1993. *Economic Notes* 41 (3): 145-172.
- Feng, L., and Zhang, J. 2014. Application of artificial neural networks in tendency forecasting of economic growth. *Economic Modelling* 40: 76-80.
- Ghorbani, M. 2008. The efficiency of saffron's marketing channel in Iran. *World Applied Sciences Journal* 4 (4): 523-527.
- Jeong, K., Koo, C., and Hong, T. 2014. An estimation model for determining the annual energy cost budget in educational facilities using SARIMA (seasonal autoregressive integrated moving average) and ANN (artificial neural network). *Energy* 71: 71–79.
- Jha, G.K., and Sinha, K. 2013. Agricultural price forecasting using neural network model: An innovative information delivery system. *Agricultural Economics Research Review* 26 (2): 229-239.
- Kheirkhah, A., Azadeh, A., Saberi, M., Azaron, A., and Shakouri, H. 2013. Improved estimation of electricity demand function by using of artificial neural network, principal component analysis and data envelopment analysis. *Computers and Industrial Engineering* 64 (1): 425-441.
- Lee, Y.S., and Liu, W.Y. 2014. Forecasting value of agricultural imports using a novel two-stage hybrid model. *Computers and Electronics in Agriculture* 104: 71-83.
- Mishra, G.C., and Singh, A. 2013. A study on forecasting prices of groundnut oil in Delhi by ARIMA methodology and artificial neural networks. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics* 5 (3): 25-34.
- Najarzadeh, R., Reed, M., Saghaian, S., Aghaei, M., and Rezagholizadekh, M. 2011. A study of Iran's comparative costs in saffron. *Journal of International Agricultural Trade and Development* 7 (1): 59-69.
- Portugal, M.S. 1995. Neural networks versus time series methods: A forecasting exercise. *Revista Brasileira de Economia* 49 (4): 1-20.
- Singhal, D., and Swarup, K.S. 2011. Electricity price forecasting using artificial neural networks. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems* 33 (3): 550-555.
- Tkacz, G. 2001. Neural network forecasting of Canadian GDP growth. *International Journal of Forecasting* 17 (1): 57-69.
- Ullrich, C. 2009. *Forecasting and hedging in the foreign exchange markets*. Springer Science and Business Media.
- Winklhofer, H., and Diamantopoulos, A. 2003. A model of export sales forecasting behavior and performance: development and testing. *International Journal of Forecasting* 19 (2):

271-285.

Yim, J., and Mitchell, H. 2005. Comparison of country risk models: hybrid neural networks, logit models, discriminant analysis and cluster techniques. *Expert Systems with Applications*

28 (1): 137-148.

Zhang, G.P. 2003. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing* 50: 159-175.

Performance evaluation of artificial neural network-autoregressive integrated moving average (ARIMA) hybrid model in forecasting of Iranian saffron export

Mohammad Reza Kohansal^{1} and Amirhossein Tohid²*

Submitted: 29 August, 2015

Accepted: 8 December, 2016

Kohansal, M.R., and Tohidi, A. 2018. Performance evaluation of artificial neural network-autoregressive integrated moving average (ARIMA) hybrid model in forecasting of Iranian saffron export. *Saffron Agronomy & Technology* 5(3):393-405.

Abstract

In terms of quality and quantity, Iranian saffron has a considerable position at the international level. We can significantly increase our export earnings from saffron by taking advantage of the existing capacity. It should be noted that sales forecasting based on time series analysis is a very important element for the design and implementation of marketing strategies in the international arena. However, the conventional approaches to forecasting which rely on ignoring the linear (or nonlinear) structure of data do not provide accurate results. Therefore, the main objective of this study is to design a hybrid model consisting of two methods, artificial neural networks (ANN) and autoregressive integrated moving average (ARIMA), in order to use the unique features of the each of these methods and overcome the existing deficiencies. Using the data related to the export of Iranian saffron during the period of 1904-2013, the results of the study showed that the ARIMA-ANN hybrid model is stronger and has better performance than the ARIMA and ANN individual models in order to forecast Iranian saffron export. Therefore, given the considerable performance of the ARIMA-ANN hybrid model, the use of this model is recommended in developing strategies related to the export of saffron and also in the forecasting of variables for time series.

Keywords: Forecasting, Marketing, Export, Saffron, Time Series

1- Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2 - Ph.D Student of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad

(*- corresponding Author E-mail: kohansal@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.34978.1114