

# مقایسه الگوی خود توضیح جمعی میانگین متحرک، روش‌های هموارسازی و رگرسیون فازی در پیش‌بینی ارزش‌افزوده بخش صنعت ایران

سمانه نگارچی<sup>۱</sup>، ابراهیم جاودان<sup>۲</sup>، سید عبدالمجید جلائی<sup>۳</sup>

دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۳ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۳۰

## چکیده:

امروزه پیش‌بینی مقادیر متغیرهای اقتصادی نقش مهمی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری اقتصادی دارد و روش‌های متنوعی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هرچند که شاید بسیار دقیق بودن میزان پیش‌بینی در برخی موارد از اهمیت چندانی برخوردار نباشد ولی مسلماً پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت برای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اهمیت بخش صنعت و سهم آن در تولید ناخالص داخلی کشور، مطالعه حاضر به بررسی و مقایسه دقت و کارایی روش‌های خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA)، هموارسازی نمایی منفرد با روند (SEST)، دوگانه با روند (DEST) و رگرسیون فازی در راستای پیش‌بینی ارزش‌افزوده بخش صنعت ایران به قیمت ثابت طی دوره ۸۹-۱۳۴۰ پرداخته است. به این منظور دو معیار ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) به کار گرفته شده است. نتایج حاصله بیانگر آن است که مدل‌های هموارسازی نمایی منفرد با روند (SEST) و رگرسیون فازی توانایی انجام یک پیش‌بینی مناسب را داشته و در نتیجه می‌توان از این مدل‌ها به عنوان ابزاری دقیق‌تر برای پیش‌بینی ارزش‌افزوده بخش صنعت در کنار دیگر روش‌ها بهره جست.

واژگان کلیدی: بخش صنعت، ارزش‌افزوده، پیش‌بینی

طبقه‌بندی JEL: C22, C53, E23, L50

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، (نویسنده مسئول)، negarchi@gmail.com

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تبریز، ebrahimjavidan@gmail.com

<sup>۳</sup> دکتری اقتصاد، دانشیار اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان، jalae@mail.uk.ac.ir

## ۱. مقدمه

بخش صنعت در اقتصاد ایران در دهه ۸۰ شمسی با رشد متوسط سالانه بیش از ۱۱ درصد نزدیک به ۲۰ درصد از ارزش افزوده کل اقتصاد را تشکیل می‌دهد (بانک مرکزی). بررسی شاخص‌های اقتصادی بخش صنعت نشان می‌دهد که ارزش افزوده این بخش طی سال‌های پس از پیروزی انقلاب اسلامی ایران (۱۳۷۵-۱۳۸۹) از متوسط رشد ۵/۹ درصد (قیمت ثابت سال ۱۳۷۶) برخوردار بوده است که نزدیک به ۲ برابر متوسط نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (۲/۸ درصد) است. به این ترتیب بخش صنعت نقش مهمی در رشد اقتصاد کشور دارد و مهم‌ترین عامل رونق اقتصادی بشمار می‌رود. لذا پیش‌بینی ارزش افزوده بخش صنعت نقش مؤثری در سیاست‌های دولت دارد. دولت سیاست‌های خود را نه صرفاً بر مبنای وضع موجود، بلکه بر مبنای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت از متغیرهای کلیدی تدوین نموده و به اجرا می‌گذارد. لذا میزان دقت پیش‌بینی این متغیر، صرف‌نظر از درستی و تناسب سیاست‌ها با شرایط موجود، از جمله رموز موفقیت این سیاست‌ها به شمار می‌آیند.

فرآیند پیش‌بینی معمولاً شامل اطلاعات تاریخی و تعمیم آن‌ها به آینده به کمک مدل‌های ریاضی است. از آنجاکه پیش‌بینی وقایع آینده در فرآیند تصمیم‌گیری نقش عمده‌ای ایفا می‌کند، لذا پیش‌بینی برای بسیاری از سازمان‌ها و نهادها حائز اهمیت است و می‌توان پیش‌بینی را ابزاری مفید برای برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت تلقی کرد (یاعلی جهرمی و همکاران، ۱۳۸۸). اهمیت روزافزون پیش‌بینی، اقتصاددانان را بر آن داشت که بدون توجه به تئوری‌های اقتصادی، پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی را به عهده خودشان واگذار نموده و برای پیش‌بینی از روش‌هایی که به سری زمانی موسوم‌اند، بهره‌جویند. چراکه هر متغیر اقتصادی حاوی کلیه اطلاعات مربوط به خود بوده و لذا قوی‌ترین منبع برای توضیح تغییرات هر متغیر، خود متغیر می‌باشد (طرازکار، ۱۳۸۶). به تناسب نقش و اهمیتی که پیش‌بینی در تدوین سیاست‌های اقتصادی ایفا می‌کند در دهه‌های اخیر، روش‌های گوناگونی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی توسعه یافته است. بنابراین شناسایی یک روش مناسب و کارا برای پیش‌بینی مهم به نظر می‌رسد. لذا مطالعات گسترده‌ای در این زمینه در داخل و خارج انجام گرفته است و روش‌های متنوعی نیز در این زمینه ابداع شده است که در ادامه به برخی از این مطالعات و نتایج آن‌ها اشاره خواهد شد.

آذر و رجب‌زاده (۱۳۷۹) در ارزیابی ترکیبی روش‌های پیش‌بینی به‌منظور پیش‌بینی قیمت سهام، پنج روش شامل هموارسازی نمایی خطی، هالت، باکس-جنکینز، روند قدرت و روند درجه دوم که با داده‌ها بیشتر سازگار بوده و خطای کمتری داشتند را وارد مدل ترکیبی کردند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از کاهش چشمگیر خطای مدل ترکیبی نسبت به سایر روش‌های مورد استفاده است. قدیمی و مشیری (۱۳۸۱) به مدل‌سازی و پیش‌بینی رشد اقتصادی در ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی و یک مدل خطی رگرسیون پرداختند. برای این منظور ابتدا، یک مدل رگرسیون رشد برای دوره ۷۳-۱۳۱۵ برآورد شد و سپس با همان مجموعه رگرسورها (متغیرهای ورودی) یک مدل شبکه عصبی طراحی و تخمین زده شد. نتایج این پژوهش نشان داد مدل شبکه عصبی برای پیش‌بینی نرخ رشد اقتصادی در ایران از کارایی بالاتری برخوردار است.

آذر و افسر (۱۳۸۵) در پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش شبکه‌های عصبی فازی و ARIMA به این نتیجه دست یافتند که شبکه‌های عصبی فازی در ارزیابی عملکرد بر روش ARIMA برتری داشته است و دارای ویژگی‌های منحصربه‌فرد همگرایی سریع، دقت بالا و توانایی تقریب تابع قوی هستند و برای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام مناسب می‌باشند. سام دلیری و خلیلیان (۱۳۸۵) در مطالعه خود به انتخاب مدل مناسب برای پیش‌بینی مقادیر رشد و تورم در بخش کشاورزی ایران پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد مدل هموارسازی نمایی هالت-وینترز دارای دقت پیش‌بینی بالاتری از مدل ARIMA و شبکه عصبی بوده و با داده‌های رشد و تورم در بخش کشاورزی ایران سازگاری بیشتری دارد. این مدل متوسط نرخ رشد در بخش کشاورزی برای سال‌های برنامه چهارم توسعه را ۷٪ و متوسط نرخ تورم در بخش کشاورزی را ۱۰/۵٪ پیش‌بینی کرده است.

زارع مهرجردی و جاودان (۱۳۹۰) در پیش‌بینی نرخ رشد بخش کشاورزی ایران از روش‌های تک متغیره و چند متغیره استفاده کردند. یافته‌های این پژوهش نشان داد شبکه‌های عصبی مصنوعی، هموارسازی نمایی منفرد و دوگانه با روند در مقایسه با تکنیک‌های تک متغیره الگوریتم هالت-وینترز تجمعی، الگوریتم هالت-وینترز ضربی، الگوی خود توضیح جمعی میانگین متحرک، بهترین پیش‌بینی را ارائه دادند. در روش‌های چند متغیره نیز دقت و کارایی پیش‌بینی شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقایسه با الگوی خود توضیح برداری بهتر بود.

کابودان<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) با استفاده از قیمت‌های نفت خام از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۸ و به کمک شبکه‌های تک لایه عصبی آموزش‌دیده با الگوریتم پس انتشار خطای استاتیک به پیش‌بینی قیمت نفت خام پرداخته است. ملاک مقایسه تنها MSE در نظر گرفته شده است. در نهایت این محقق مدل «قدم زدن تصادفی»<sup>۲</sup> را مناسب‌تر از شبکه عصبی معرفی نموده است. تکاز<sup>۳</sup> (۲۰۰۱) در مقاله‌ای با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، رشد تولید ناخالص داخلی (GNP) کشور کانادا را پیش‌بینی نموده است. نتایج مطالعه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی دارای خطای کمتری نسبت به مدل‌های خطی و تک متغیره در پیش‌بینی‌های سالانه نرخ رشد تولید ناخالص داخلی می‌باشد.

گوتیرز و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) برای پیش‌بینی نوسانات تقاضا، روش شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های سنتی سری زمانی را مورد مقایسه قرار دادند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بر مبنای سه آماره مورد استفاده برای اندازه‌گیری کارایی، روش شبکه عصبی در کل بهتر از روش‌های سنتی عمل می‌کند. نارایان و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) با استفاده از مدل ARMAX<sup>۶</sup> صادرات و واردات فیجی در دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۳ را مورد پیش‌بینی قرار دادند و مقادیر پیش‌بینی برای این دوره را گزارش کردند. یو و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۸) حجم تجارت خارجی چین را با استفاده از مدل‌های ترکیبی اقتصادسنجی پیش‌بینی نموده و به این نتیجه دست یافتند که روش‌های ترکیبی به‌طور معنی‌داری دقت پیش‌بینی را بهبود می‌بخشند.

آزاده و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی میزان مصرفی نفت در کشورهای استرالیا، کانادا، آمریکا و ژاپن پرداخته و نشان داده است که رگرسیون فازی در راستای تخمین میزان مصرفی نفت، روش مناسبی است. کاهفروشان و همکاران (۲۰۱۰) ارزش‌افزوده زیر بخش‌های کشاورزی ایران را با استفاده از روش‌های شبکه عصبی، باکس-جنکینز و هالت-ویتترز غیر فصلی مورد پیش‌بینی قرار دادند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی و باکس-جنکینز مناسب‌تر است. شبکه عصبی در مرحله آموزش نتایج بهتری دارد اما باکس-جنکینز نتایج بهتری در

<sup>1</sup> Kaboudan.

<sup>2</sup> Random Walk Mode.

<sup>3</sup> Tkacz.

<sup>4</sup> Gutierrez et al.

<sup>5</sup> Narayan et al.

<sup>6</sup> Auto-Regressive Moving Average with Explanatory Variables model.

<sup>7</sup> Yu et al.

داده‌های مشاهده نشده دارد. مدل هالت- ویتترز نیز دارای کمترین میانگین قدر مطلق خطا در دو مرحله برازش و تأیید مدل است.

فاریا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) از شبکه‌های عصبی مصنوعی و هموارسازی نمایی تطبیقی برای پیش‌بینی شاخص بازار سهام برزیل استفاده کردند. بر اساس یافته‌های پژوهش، شبکه عصبی در مقایسه با هموارسازی نمایی تطبیقی، کارایی بالاتری در پیش‌بینی علامت صحیح شاخص بازده دارد. اما بر اساس معیار میانگین مربعات خطا، دو روش مذکور نتایج یکسانی را در پیش‌بینی مقدار شاخص بازده سهام ارائه می‌کنند. چی چن وانگ<sup>۲</sup> (۲۰۱۱) در مطالعه به مقایسه روش سری زمانی فازی و مدل ARIMA در راستای پیش‌بینی صادرات کشور تایوان پرداخته است. نتایج مقایسه نشان داد که روش سری زمانی فازی مطلوب‌تر از روش ARIMA است.

نتایج مطالعات اخیر نشان می‌دهد که روش‌های متنوع به کار گرفته شده در هر یک از مطالعات از کارایی و دقت متفاوتی برای پیش‌بینی متغیرهای سری زمانی برخوردار است و بنابراین حائز اهمیت است که چه روش یا روش‌هایی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین مطالعه حاضر در این راستا تلاش دارد تا به بررسی و مقایسه دقت و کارایی روش‌های خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA)، هموارسازی نمایی منفرد با روند (SEST) و دوگانه با روند (DEST) و رگرسیون فازی در راستای پیش‌بینی ارزش افزوده بخش صنعت ایران بپردازد. در این خصوص قابل ذکر است که تاکنون مطالعه خاصی به پیش‌بینی ارزش افزوده و یا رشد اقتصادی بخش صنعت ایران نپرداخته است. از این رو برای پر کردن خلأ موجود و با توجه به نقشی که بخش صنعت می‌تواند در خروج اقتصاد از رکود فعلی ایفا کند، مطالعه حاضر به شناسایی الگویی مناسب برای پیش‌بینی ارزش افزوده بخش صنعت در ایران پرداخته است.

## ۲. مواد و روش‌ها

---

<sup>۱</sup> Faria et al.

<sup>۲</sup> Wang.

داده‌های موردنیاز در این مطالعه برای دوره زمانی ۸۹-۱۳۴۰، از بانک اطلاعات مرکز آمار ایران استخراج شده است. داده‌های سالانه برای دوره ۸۳-۱۳۴۰ برای مدل‌سازی و داده‌های ۸۹-۱۳۸۴ برای ارزیابی مدل‌های موردنظر استفاده شده است. در ادامه، روش‌های مورد استفاده در این پژوهش به ترتیب ارائه شده است.

## ۱-۲ الگوی خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA)

الگوهای سری زمانی که تنها مقادیر فعلی یک متغیر را به مقادیر گذشته آن و مقادیر خطای حال و گذشته آن پیوند می‌دهند، الگوهای سری زمانی تک متغیره نامیده می‌شوند. این الگوها عبارت‌اند از فرآیندهای خود توضیح (AR)، فرآیندهای میانگین متحرک (MA)، فرآیندهای خود توضیح میانگین متحرک (ARMA) و فرآیندهای خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA). مدل ARIMA برای مدل‌سازی سری‌های زمانی نا ایستا کاربرد دارند. ساختار ریاضی مدل  $ARIMA(p,d,q)$  به صورت رابطه زیر است (گجراتی، ۱۳۷۷):

$$\begin{aligned}
 B(L)(1-L)^d(Y_t - \alpha) &= \theta(L)u_t \\
 B(L) &= 1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \dots - \beta_p L^p \\
 \theta(L) &= 1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q \\
 t &= 1, 2, \dots, k
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$\theta$  پارامترهای مدل میانگین متحرک،  $p$  مرتبه مربوط به مدل خود همبسته،  $q$  مرتبه مربوط به مدل میانگین متحرک،  $d$  مرتبه مربوط به تفاضل و  $L$  عملگر پسرو،  $Y_t$  بیانگر مقادیر مشاهده شده و  $\alpha$  میانگین سری زمانی و  $u_t$  جمله خطای متغیری تصادفی در نظر گرفته شده است. در حالت کلی مراحل مدل‌سازی در سری‌های زمانی بر اساس روند تکراری باکس و جنکینز شامل چهار مرحله شناسایی آزمایشی ساختار مدل، تخمین پارامترهای مجهول مدل، تشخیص دقت برازش مدل و پیش‌بینی با مدل انتخابی می‌باشد (Box & Jenkins, 1976). معیار مورد استفاده در تعیین تعداد جملات خودرگرسیو و تعداد جملات میانگین متحرک، ضابطه‌های معیار آکائیک (AIC) و یا شوارتز بیزین (SBC) است.

## ۲-۲ هموارسازی نمایی منفرد با روند (SEST)

فرض می‌شود که مقادیر داده‌ها تا دوره زمانی  $t-1$  وجود دارد و هدف این است که مقدار آتی سری زمانی  $y_t$  پیش‌بینی گردد. مقدار پیش‌بینی شده با نماد  $\hat{y}_t$  نشان داده می‌شود. اگر مشاهده  $y_t$  در دسترس باشد، خطای پیش‌بینی با  $y_t - \hat{y}_t$  قابل محاسبه است. روش هموارسازی نمایی منفرد (ساده)، نتیجه کار براون در اواسط دهه پنجاه میلادی است که در سال ۱۹۵۹ توسط او منتشر شد. در این روش پیش‌بینی دوره آتی به صورت زیر است:

$$\hat{y}_{t+1} = \hat{y}_t + \alpha(y_t - \hat{y}_t) \quad (۲)$$

که  $\alpha$  یک مقدار ثابت بین صفر و یک است. مشاهده می‌شود که پیش‌بینی مقدار آتی برابر است با پیش‌بینی مقدار قبلی به اضافه جزء مربوط به خطایی که در دوره قبل اتفاق افتاده است. زمانی که  $\alpha$ ، مقدار نزدیکی به یک دارد، بیانگر آن است که پیش‌بینی جدید به طور قابل توجهی توسط خطای پیش‌بینی دوره قبلی تعدیل می‌گردد. همچنین هرچه  $\alpha$  به صفر نزدیک باشد این تعدیل کمتر خواهد بود. شکل دیگر معادله (۲) می‌توان به این صورت نوشت:

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) \hat{y}_t \quad (۳)$$

پیش‌بینی  $\hat{y}_{t+1}$  بر اساس مشاهده اخیر  $y_t$  با وزن  $\alpha$  و پیش‌بینی آن با وزن  $1 - \alpha$  است. بنابراین، معادله اخیر می‌تواند به عنوان میانگین وزنی مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده تفسیر گردد. حالت (۱۹۵۷) روش هموارسازی نمایی منفرد را به شکل خطی تعمیم داد تا پیش‌بینی داده‌های با روند امکان‌پذیر گردد. پیش‌بینی از طریق هموارسازی نمایی خطی حالت با دو ثابت هموارسازی  $\alpha, \beta$  و سه معادله به صورت زیر خواهد بود:

$$l_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (۴) \text{ معادله سطح}$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (۵) \text{ معادله رشد}$$

$$\hat{y}_{t+h|t} = l_t + b_t h \quad (۶) \text{ معادله پیش‌بینی}$$

که  $l_t$  برآورد سطح مشاهدات در زمان  $t$  را نشان می‌دهد و  $b_t$  بیانگر میزان رشد سری در زمان  $t$  است (Hyndman & et al, 2008).

۳-۲ هموارسازی نمایی دوگانه با روند (*DEST*)

این روش حالت خاصی از روش خطی حالت است که اگر  $\alpha = \beta$  باشد روش خطی حالت معادل با هموارسازی نمایی دوگانه براون (۱۹۵۹) خواهد بود (Hyndman & et al, 2008).

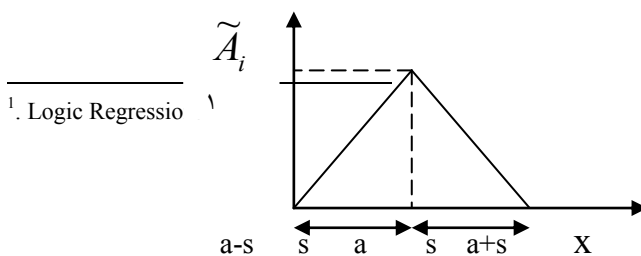
## ۲-۴ رگرسیون فازی

رگرسیون فازی نخستین بار توسط تاناکا و همکاران (۱۹۸۷) معرفی شد. آن‌ها مدل رگرسیون خطی با ضرایب فازی را مورد توجه قرار دادند. پس از آن محققان بسیاری اقدام به مطالعه و بررسی جنبه‌های مختلف آن نمودند (Watada, 1992).

یکی از روش‌های رگرسیون فازی، روش‌های معروف به رگرسیون امکانی<sup>۱</sup> است که ارتباط بین متغیرها، فازی فرض شده است. به عبارت دیگر ضرایب مدل رگرسیون فازی در نظر گرفته شده است. یافتن مدل‌های رگرسیون بر پایه‌ی این روش‌ها غالباً مبتنی بر حل مسائل برنامه‌ریزی خطی یا غیرخطی است. در این مدل‌ها خطای پیش‌بینی متغیر وابسته تحلیل امکانی دارد. به عبارت دیگر هنگامی که بر پایه مدل رگرسیون و به ازای مقادیری از متغیرهای مستقل مقدار متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌کنیم، مقدار پیش‌بینی تحلیل امکانی دارد نه تعبیر احتمالی. صورت کلی مدل رگرسیون خطی با ضرایب فازی به صورت زیر است که در آن  $\tilde{Y}$  متغیر وابسته فازی یا اصطلاحاً خروجی فازی می‌باشد.

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x_1 + \dots + \tilde{A}_n x_n \quad (7)$$

هدف این است که بر اساس یک مجموعه از داده‌های مشاهداتی ضرایب فازی معادله به‌گونه‌ای به دست آورده می‌شود که معادله مزبور بهترین برازش بر روی مقادیر مشاهداتی را داشته باشد. مجموعه فازی خاصی که در مسائل کاربردی بسیار متداول هستند و محاسبات ریاضی با آن‌ها از الگوهای خاصی پیروی می‌کند، اعداد فازی مثلثی نام دارند. ضرایب فازی با در نظر گرفتن توابع مثلثی متقارن به صورت  $\tilde{A}_i = (a_i, s_i)_T \quad i = 0, 1, 2, \dots, n$  تعریف می‌شود که ضرایب همراه به ترتیب مرکز و پهنای تابع عضویت را نشان می‌دهد (شکل ۱). (طاهری و ماشین‌چی، ۱۳۸۷).





شکل ۱- تابع عضویت مثلثی متقارن ضرایب فازی

تابع عضویت عدد فازی متقارن به صورت زیر است (Azadeh et al, 2009 و طاهری و محمدی، ۱۳۸۴):

$$\tilde{A}(x) = \begin{cases} 1 - \frac{a-x}{s} & a-s \leq x \leq a \\ 1 - \frac{x-a}{s} & a < x \leq a+s \end{cases} \quad (8)$$

اگر اعداد فازی متقارن و  $x_i$  ها اعداد حقیقی باشند آنگاه  $\tilde{Y}$  یک عدد فازی مثلثی متقارن به صورت  $\tilde{Y} = (f^c(\underline{x}), f^s(\underline{x}))_T$  خواهد بود که در آن:

$$\begin{cases} f^c(\underline{x}) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n \\ f^s(\underline{x}) = s_0 + s_1 |x_1| + \dots + s_n |x_n| \end{cases} \quad (9)$$

به بیان دیگر

$$\mu(x) = \tilde{Y}(y) = \begin{cases} 1 - \frac{f^c(\underline{x}) - y}{f^s(\underline{x})} & f^c(\underline{x}) - f^s(\underline{x}) \leq y \leq f^c(\underline{x}) \\ 1 - \frac{y - f^c(\underline{x})}{f^s(\underline{x})} & f^c(\underline{x}) < y \leq f^c(\underline{x}) + f^s(\underline{x}) \end{cases} \quad (10)$$

برای اینکه بتوانیم بر پایه مجموعه‌ای از مشاهدات پارامترهای مدل رگرسیون فازی یعنی ضرایب فازی مدل را برآورد کنیم باید ملاک‌ها و معیارهایی در نظر بگیریم. نخست اینکه مقدار عضویت هر  $y_i$  در  $\tilde{Y}_j$  (خروجی مدل به ازای  $x_{-j}$ ) عدد بزرگی باشد. به عبارت دیگر خروجی فازی  $\tilde{Y}$  برای تمامی مقادیر  $\tilde{Y}_j$  ( $j=1,2, \dots, m$ ) دارای درجه عضویتی دست کم به بزرگی  $h$  باشد. یعنی:

$$\tilde{Y}_j(y_i) \geq h \quad 0 \leq h \leq 1 \quad (11)$$

دوم اینکه ابهام (که برابر با مجموع گسترش‌های تکی و مربوط به هریک از پارامترهای فازی مدل است). در پیش‌بینی بر اساس مدل حداقل باشد. یعنی ضرایب فازی  $\tilde{A}_i$  به گونه‌ای باشد که ابهام خروجی فازی مینیمم گردد. هرچه پهنای یک عدد فازی بیشتر باشد ابهام آن نیز بیشتر است. برای رسیدن به هدف فوق مجموع پهنای خروجی‌های فازی  $\tilde{Y}_j$  مربوط به کلیه مجموعه داده‌ها را حداقل می‌کنیم. با توجه به رابطه‌های بالا به یک برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر دست پیدا می‌کنیم (Wang C. C, 2011، زارع مهرجردی و نگارچی، ۱۳۹۰).

$$\begin{aligned} \min \quad & Z = \sum_{j=1}^m 2 \left[ s_0 + \sum_{i=1}^n s_i |x_{ji}| \right] \\ \text{s.t.} \quad & 1 - \frac{f^c(x) - y}{f^s(x)} \geq h \Rightarrow (1-h)f^s(x_{-j}) - f^c(x_{-j}) \geq -y_j \\ & 1 - \frac{y - f^c(x)}{f^s(x)} \geq h \Rightarrow (1-h)f^s(x_{-j}) + f^c(x_{-j}) \geq y_j \\ & j = 1, 2, \dots, m \quad s_i > 0 \end{aligned} \quad (12)$$

که در آن  $x_{ji}$  بیانگر مشاهده  $i$ ام برای متغیر  $j$ ام است. برای هر مشاهده دو محدودیت وجود دارد. با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی تابع هدف  $Z$  را با توجه به  $2m$  محدودیت تولید شده حداقل می‌کنیم. با حل مدل برنامه‌ریزی خطی فوق، ضرایب رگرسیون فازی به دست می‌آید. با قرار دادن مقادیر به دست آمده برای ضرایب در معادله رگرسیون، مقدار متغیر

خروجی به صورت فازی تعیین می شود. روش های مختلفی جهت غیر فازی سازی متغیر فازی و تبدیل آن به حالت قطعی وجود دارد که می توان به روش میانه حداکثر، روش مرکز مجموع ها و روش مرکز سطح اشاره کرد.

## ۵-۲ ارزیابی مدل ها

به منظور ارزیابی عملکرد مدل می توان از معیارهای مربوطه استفاده کرد. در این تحقیق از معیارهای خطای ریشه متوسط مربعات (RMSE) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) جهت این امر استفاده شده است. این آماره ها با روابط زیر محاسبه می شود:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{k=1}^N (X_k - Y_k)^2 / N} \quad (13)$$

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{k=1}^N (X_k - \bar{X})(Y_k - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (X_k - \bar{X})^2 \sum_{k=1}^N (Y_k - \bar{Y})^2}} \right]^2 \quad (14)$$

که در آن  $N$  = تعداد مجموعه داده ها،  $X$  = مقدار خروجی محاسبه شده و  $Y$  = مقدار خروجی اندازه گیری شده می باشد.

مدلی که دارای کمترین مقدار RMSE باشد مدل برتری نسبت به دیگر مدل ها است. همچنین مدلی که دارای بیشترین مقدار برای آماره  $R^2$  باشد برتر از دیگر مدل ها است. حال برای استفاده از این معیارها، روش مرکز سطح برای تبدیل یک عدد فازی به یک عدد کلاسیک به کار برده شده که به صورت رابطه زیر بیان می شود:

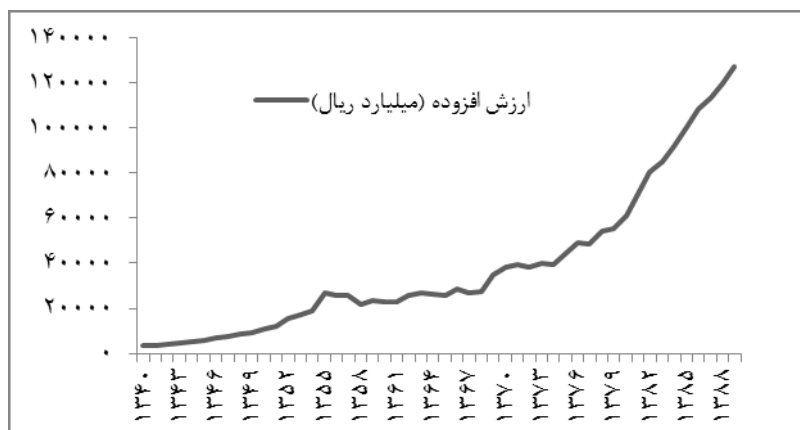
$$A = \frac{\int \mu(x) \cdot x \cdot dx}{\int \mu(x) \cdot dx} \quad (15)$$

که  $x$  اعداد حقیقی،  $\mu(x)$  اعداد فازی و  $A$  یک عدد کلاسیک است.

## ۳. نتایج و بحث

در این بخش ابتدا به بررسی روند ارزش افزوده بخش صنعت در دوره مورد مطالعه پرداخته می شود. چنانچه در نمودار (۱) قابل مشاهده است ارزش افزوده بخش در دوره ۱۳۴۰-۵۵ روند

صعودی طی کرده است. میانگین نرخ رشد در این دوره بیش از ۱۵ درصد بوده است. اما با وقوع انقلاب و بعدازآن شروع جنگ تحمیلی رکود ایجادشده منجر به نرخهای منفی رشد شده است.



نمودار ۱- روند ارزش افزوده بخش صنعت در دوره مورد مطالعه (میلیارد ریال)

نرخهای نوسانی و منفی رشد تا پایان سال ۱۳۶۷ ادامه یافته است که میانگین نرخ رشد در دوره ۶۷-۱۳۵۵ حدود ۰/۲۷ درصد بوده است. بعد از این دوره به استثنای سالهای ۱۳۷۲، ۱۳۷۴ و ۱۳۷۷ که نرخ رشد منفی بوده است در بقیه سالها تا سال ۱۳۸۹ روند افزایشی تجربه شده است به گونه ای که میانگین نرخ رشد در این دوره بیش از ۷/۵ درصد بوده است.

در مطالعه حاضر از لگاریتم طبیعی متغیر ارزش افزوده بخش صنعت به منظور پیش بینی استفاده شده است. در این راستا به دلیل ماهیت سری زمانی داده مورد استفاده نیاز است که برای الگوسازی در روش ARIMA ابتدا ایستایی متغیر مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور از آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته استفاده شد. بر اساس نتایج این آزمون، آماره آزمون در سطح متغیر برابر ۳/۵۱- بوده که در مقایسه با آماره بحرانی در سطح ۵ درصد (۲/۰۱-) بیانگر نا ایستایی متغیر است. به همین منظور آزمون در تفاضل مرتبه اول تکرار شد که آماره محاسباتی ۵/۷۱- بیانگر ایستایی متغیر در سطح ۵ درصد می باشد. بنابراین پارامتر  $d$  مربوط به الگوی ARIMA برابر یک است. پس از تعیین مرتبه ایستایی ( $d$ )، تعداد جملات خودرگرسیو ( $p$ ) و تعداد جملات میانگین متحرک ( $q$ )، با بهره گیری از روش پیشنهادی پسران و پسران (۱۹۹۴)

محاسبه شدند. لذا از میان حالت‌های مختلف، بیشترین مقدار معیار شوارتز-بیزین مربوط به مدل  $ARIMA(1,1,1)$  است که به‌عنوان بهترین حالت برای پیش‌بینی ارزش‌افزوده بخش صنعت انتخاب گردیده است. دلیل استفاده از معیار شوارتز-بیزین نیز صرفه‌جویی این معیار در تعیین وقفه‌های مربوطه است که این موضوع در مطالعاتی که تکرار داده زیاد نیست، به‌عنوان یک مزیت مهم مطرح است. نتایج نهایی حاصل از این مدل در جدول (۱) گزارش شده است. الگوی شناسایی شده برای دوره ۱۳۸۳-۱۳۴۰ برآورد شده و داده‌های مربوط برای سال‌های ۸۹-۱۳۸۴ برای پیش‌بینی خارج از نمونه استفاده شده است. در استفاده از داده‌ها در روش رگرسیون فازی و روش‌های هموارسازی نمایی نیز به دلیل فراهم کردن زمینه برای مقایسه روش‌ها باهم، به همین ترتیب عمل شده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از برآورد فرآیند  $ARIMA(1,1,1)$

معنی‌داری	آماره $t$	ضریب	متغیر	
۰/۰۰	۶۷۲۲۳	۰/۰۵۱۸۶	عرض از مبدأ	C
۰/۰۰	۱۳/۴۸۴۰	۰/۸۸۷۹	تفاضل مرتبه اول متغیر با یک وقفه	AR(۱)
۰/۰۰	-۲۴/۰۶۸۷	-۰/۹۸۹۹	جمله اخلاص با یک وقفه	MA(۱)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

چنانچه نتایج ارائه شده نشان می‌دهد ضرایب الگوی برآورد شده در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند. آماره‌های  $F$  و  $R$  نیز بیانگر برآورد مناسب الگو می‌باشند. نتایج الگوی  $ARIMA$  علاوه بر اینکه به‌صورت مستقیم برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای طراحی رگرسیون فازی نیز به‌کاربرده می‌شود. با توجه به مدل به‌دست‌آمده در روش  $ARIMA$  مدل رگرسیون فازی به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است.

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 Y_{t-1} + \tilde{A}_2 Y_{t-2} \quad (16)$$

به دلیل اینکه روش‌های رگرسیون فازی نسبت به الگوهایی همچون شبکه عصبی داده‌های کمتری را برای تخمین الگوها مورد استفاده قرار می‌دهند (کمتر از ۵۰ داده)، در این قسمت از

داده‌های دوره ۱۳۸۳-۱۳۴۰ در راستای تخمین معادله رگرسیون استفاده شده است. در این روش با توجه به تعداد مشاهدات ( $m=42$ )؛  $2m=84$  محدودیت داریم ( $h=0$ ). حال با استفاده از نرم‌افزار Win QSB، برنامه خطی به دست آمده را حل نموده و پارامترهای  $a_i$  و  $s_i$  رگرسیون فازی را به دست آورده که نتیجه آن در معادله زیر آمده است که از این معادله برای پیش‌بینی استفاده خواهد شد.

$$\tilde{Y}_t = (0/9488,0/2297) + (1/340200) Y_{t-1} - (0/4285,0) Y_{t-2} \quad (17)$$

روش‌های دیگر مورد استفاده در این پژوهش روش‌های هموارسازی نمایی یگانه و دوگانه با روند است که در مطالعات اخیر از کاربرد زیادی برخوردارند. ویژگی اصلی این روش‌ها این است که نا پارامتریک می‌باشند و در الگوسازی رفتار داده با محدودیت تعیین و برآورد پارامتر روبرو نیستند. حل این روش‌ها به صورت تکراری بوده و بر این اساس ضرایب بهینه تعدیل شناسایی می‌شود. روش‌های هموارسازی با معیار قرار دادن میانگین مربعات خطا (MSE) مورد برآورد قرار گرفته است. ضرایب تعدیل بهینه  $\alpha$ ،  $\beta$  - که مقادیری میان صفر و یک دارند- برای دو مدل مورد استفاده در جدول شماره (۲) نشان داده شده است. این دو الگو با این ضرایب تعدیل بهترین الگوسازی را روند متغیر ارائه کرده‌اند. در گام بعدی بر اساس این مقادیر بهینه، پیش‌بینی صورت پذیرفته است.

جدول ۲- پارامترهای بهینه  $\alpha$ ،  $\beta$  در روش‌های هموارسازی نمایی

روش	$\alpha$	$\beta$
SEST	۱	۰/۲۴
DEST	۰/۶۱	-

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بعد از شناسایی الگوهای بهینه مربوط به هریک از روش‌های مورد استفاده، می‌توان از الگوها برای پیش‌بینی خارج از نمونه استفاده کرده و نتایج را مورد مقایسه قرارداد. مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط الگوهای در جدول شماره (۳) گزارش شده است. مقایسه میانگین مقدار واقعی ارزش افزوده بخش صنعت با مقادیر پیش‌بینی شده نشان می‌دهد که میانگین پیش‌بینی شده روش ARIMA کمتر از میانگین واقعی بوده ولی دور روش SEST و DEST میانگین بیشتری را پیش‌بینی کرده‌اند. در واقع نتایج این دو روش نشان می‌دهد که پتانسیل لازم

برای رشد بیشتر ارزش افزوده بخش صنعت در کشور وجود دارد و با سیاست‌گذاری مناسب می‌توان به این هدف نائل شد. مدل رگرسیون فازی دو حد کران بالا و پایین را برای متغیر مورد نظر بیان می‌کند و می‌توان این چنین استنباط کرد که روش رگرسیون فازی نه تنها قابلیت پیش‌بینی متغیرها را دارد بلکه بدترین و بهترین حالت پیش‌بینی ارزش افزوده بخش صنعت را برای تصمیم‌گیرندگان فراهم می‌آورد.

جدول ۳- مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده ارزش افزوده صنعت (میلیارد ریال)

سال	مقادیر واقعی	ARIMA	SEST	DEST	حد بالای رگرسیون فازی	حد پایین رگرسیون فازی
۱۳۸۴	۹۲۰۰۰	۹۰۴۰۱	۹۲۹۲۴	۹۴۷۰۹	۱۰۴۴۱۱	۶۵۹۵۲
۱۳۸۵	۱۰۰۲۴۳	۹۷۲۵۶	۹۹۹۳۷	۱۰۰۶۶۲	۱۰۹۸۷۰	۶۹۴۰۱
۱۳۸۶	۱۰۸۱۹۶	۱۰۵۶۴۰	۱۰۸۹۷۱	۱۰۹۰۹۷	۱۱۸۲۷۶	۷۴۷۱۱
۱۳۸۷	۱۱۳۵۸۴	۱۱۳۷۷۷	۱۱۷۴۱۵	۱۱۷۴۶۳	۱۲۸۰۶۵	۸۰۸۹۴
۱۳۸۸	۱۱۹۹۰۷	۱۱۹۵۲۱	۱۲۲۲۸۵	۱۲۲۲۵۱	۱۳۶۵۳۱	۸۶۲۴۲
۱۳۸۹	۱۲۷۱۳۵	۱۲۶۱۸۷	۱۲۸۴۸۵	۱۲۷۸۵۳	۱۴۱۲۸۳	۸۹۲۴۳
میانگین	۱۱۰۱۷۷	۱۰۸۷۹۷	۱۱۱۶۷۰	۱۱۲۰۰۶	۱۲۳۰۷۳	۷۷۷۴۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

حال با استفاده از دو آماره ریشه میانگین مربعات خطا RMSE و ضریب تعیین  $R^2$  به بررسی دقت روش‌های مورد استفاده پرداخته می‌شود. به منظور استفاده از این معیارها، رابطه (۱۵) برای تبدیل یک عدد فازی (کران بالا و پایین) به یک عدد کلاسیک، به کار برده شده است. جدول شماره (۴) مقادیر مربوط به این دو آماره برای مدل‌های مطرح شده را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مقایسه روش‌ها بر اساس معیارهای ارزیابی

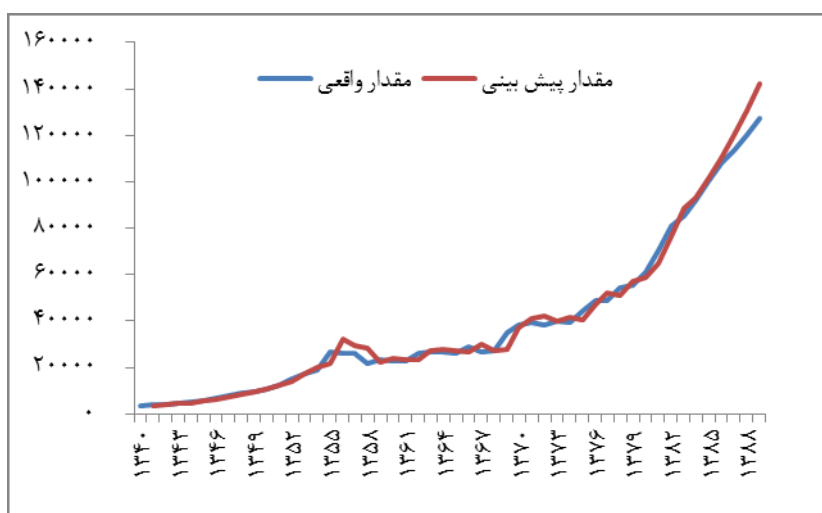
معیارها	رگرسیون فازی	SEST	DEST	ARIMA
RMSE	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۱۱
$R^2$	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مقایسه مقادیر معیارهای خطا بیانگر آن است که روش SEST و رگرسیون فازی در مقایسه با دو روش دیگر دارای بیشترین مقدار ضریب تعیین ( $R^2$ ) است. مقدار آماره RMSE برای

این دو روش نیز از دو روش دیگر کمتر می‌باشد. بنابراین بر اساس هر دو آماره مذکور، روش SEST و رگرسیون فازی بر دو روش دیگر یعنی DSEST و ARIMA برتری دارند و دارای کمترین مقدار برای آماره RMSE می‌باشد. پس به دلیل کارایی بالاتر می‌توان از این دو روش برای پیش‌بینی ارزش افزوده بخش صنعت بهره جست.

در پایان برای تبیین بهتر دقت پیش‌بینی انجام‌شده، نمودار مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌شده به‌وسیله روش SEST - که با وجود ضریب تعیین یکسان در آماره RMSE بر رگرسیون فازی برتری دارد- در نمودار (۲) ارائه شده است. چنانچه مشاهده می‌شود رفتار مقادیر پیش‌بینی مشابه رفتار واقعی داده است و بیانگر این حقیقت است که روش مورد استفاده برای پیش‌بینی به‌خوبی توانسته است رفتار غیرخطی داده را الگوسازی کند. به عبارت بهتر الگوی برتر این توانایی را دارد که در دوره‌های رونق و رکود پیش‌بینی مناسبی ارائه دهد.



نمودار ۲- مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌شده ارزش افزوده بخش صنعت با روش SEST (میلیارد ریال)

#### ۴ نتیجه‌گیری

این تحقیق به‌منظور مقایسه عملکرد روش‌های خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA)، هموارسازی نمایی منفرد با روند (SEST)، دوگانه با روند (DEST) و رگرسیون فازی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی ارزش افزوده سالانه بخش صنعت انجام گرفته



است. نتایج حاصله بیانگر آن است که الگوهای هموارسازی نمایی منفرد با روند (SEST) و رگرسیون فازی توانایی انجام یک پیش‌بینی مناسب و با حداقل خطا را داشته و در نتیجه می‌توان از این الگوها به‌عنوان ابزاری دقیق‌تر برای پیش‌بینی ارزش‌افزوده بخش صنعت در کنار دیگر روش‌ها بهره‌جست. همچنین مدل رگرسیون فازی برای تصمیم‌گیرندگان بهترین و بدترین حالت ممکن را نیز فراهم می‌سازد و با فازی در نظر گرفتن خروجی‌ها اولاً از فروض مربوط به جمله خطا رهایی می‌یابد. ثانیاً به داده‌های کمتری نیاز داشته و مدل مناسبی به‌منظور پیش‌بینی در شرایط داده‌های قابل حصول کم از لحاظ کمی و کیفی خواهد بود. بر این اساس به دستگاه‌های مسئول در زمینه برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های اقتصادی پیشنهاد می‌شود، علاوه بر مدل‌های رایج در زمینه پیش‌بینی، از مدل SEST و بخصوص در مواقعی که با تعداد محدودی از داده‌ها روبرو هستند، از رگرسیون فازی نیز استفاده نمایند.

همچنین بررسی روند ارزش‌افزوده بخش بیانگر این است که این بخش ظرفیت دستیابی به نرخ‌های رشد بالاتر را دارد. با سیاست‌گذاری مناسب می‌توان زمینه حل مشکل فعلی این بخش یعنی رکود را فراهم آورد. موضوعی که در اوایل انقلاب و سال‌های جنگ تحمیلی اتفاق افتاد ولی در سال‌های بعد، رشد مثبت قابل‌توجه تجربه شد. در این زمینه قابل‌توصیه است که رویکرد سیاست‌گذاری در بخش صنعت باید بلندمدت باشد تا با کاهش تکانه‌های ممکن، رشد ارزش‌افزوده بخش از ثبات بیشتری برخوردار شود.

## منابع:

- آذر، ع. افسر، ا. ۱۳۸۵. مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی فازی. فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، (۴۰): ۳۳-۵۲.
- آذر، ع. رجب‌زاده، ع. ۱۳۷۹. ارزیابی ترکیبی روش‌های پیش‌بینی در بورس اوراق بهادار تهران به‌منظور پیش‌بینی قیمت سهام. مجله مدرس، (۲): ۱۶۷-۱۵۳.
- اصفهانیان، م. امین ناصری، م. ۱۳۸۷. ارائه یک مدل شبکه عصبی جهت پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام. نشریه بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۹: ۲۷-۳۵.
- خاشعی م. بیجاری م. ۱۳۸۶. به کارگیری مدل میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته فازی به‌منظور پیش‌بینی نرخ ارز. استقلال (ویژه‌نامه: روش‌های عددی در مهندسی). (۲): ۶۷-۷۵.
- زارع مهرجردی م. جاویدان ا. ۱۳۹۰. پیش‌بینی نرخ رشد بخش کشاورزی ایران (مقایسه روش‌های تک متغیره و چند متغیره). اقتصاد کشاورزی، ۵ (۱): ۸۱-۱۰۱.
- زارع مهرجردی م. نگارچی س. ۱۳۹۰. مقایسه الگوهای میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته، رگرسیون فازی و رگرسیون انباشته فازی به‌منظور پیش‌بینی قیمت (مطالعه موردی: قیمت گوشت گوسفند)، اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۵ (۱): ۱۰۸-۱۰۰.
- سام دلیری، ا. خلیلیان، ص. (۱۳۸۵)، پیش‌بینی نرخ رشد و نرخ تورم در بخش کشاورزی ایران. مجله تحقیقات اقتصادی، (۷۴): ۲۱۵-۱۸۳.
- طاهری م. ماشین چی م. ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر احتمال و آمار فازی. انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- طاهری م. محمدی ح. ۱۳۸۴. برازش توابع انتقالی خاک با استفاده از رگرسیون فازی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (۲): ۶۰-۵۱.
- طرازکار م. ۱۳۸۶. پیش‌بینی قیمت برخی محصولات زراعی در استان فارس: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (۱): ۵۱۱-۵۰۱.
- قدیمی، م. مشیری، س. (۱۳۸۱)، مدل‌سازی و پیش‌بینی رشد اقتصادی ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، (۱۲): ۱۲۷-۹۵.
- گجراتی د. ۱۳۷۷. مبانی اقتصادسنجی. دانشگاه تهران. موسسه انتشارات و چاپ تهران. ویرایش دوم.
- مشیری س. ۱۳۸۰. پیش‌بینی تورم ایران با استفاده از مدل ساختاری. سری زمانی و شبکه عصبی مصنوعی. مجله تحقیقات اقتصادی. ۵۸: ۱۸۴-۱۴۷.
- یا علی جهرمی م. محمدی ح و ز فرج‌زاده. ۱۳۸۸. پیش‌بینی قیمت چغندر در ایران. مجله چغندر قند. (۱): ۹۷-۱۱۱.
- Azadeh A. , Khakestani M., and Saberi M., 2009. A flexible fuzzy regression algorithm for forecasting oil consumption estimation. Energy Policy ۳۷: ۵۵۶۷-۵۵۷۹.
- Box P, and Jenkins G.M. 1976. Time Series Analysis, Forecasting and control, Holden-day Inc, San Francisco, CA.

- Faria, e. Albuquerque, M. Gonzalez, J. Cavallante, J. 2009. Predicting the Brazilian stock market through Neural Networks and adaptive exponential smoothing methods, *Expert system with application*, vol. 36(10): 12506–12509.
- Gutierrez, R. Solis, A. Mukhopadhyay, S. 2008. Lumpy demand forecasting using neural networks. *Int. J. Production Economics*, 111: 409-420.
- Hui-Kuang Yu T., Hwang K. H., 2010. A neural network-based fuzzy time series model to improve forecasting. *Expert Systems with Applications*.37: 3366-3372.
- Hyndman, R. Koehler, A. Keith, O. Snyder, R. (2008). *Forecasting with Exponential Smoothing*, Springer Series in Statistics, ISBN 978-3-540-71916-8.
- Kaboudan, M.A. 2001. "Comp metric Forecasting of Crude Oil Prices". *IEEE*: 283-287.
- Kahforoushan, E. Zarif, M. Badali Mashahir, E. 2010. Prediction of added value of agricultural subsections using artificial neural networks: Box-Jenkins and Holt-Winters methods. *Journal of Development and Agricultural Economics* Vol. 2(4): 115-121.
- Khashei M., Hejazi S. R. and Bijari M., 2008. A new hybrid artificial neural networks and fuzzy regression model for time series forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*. 159: 769-786.
- Narayan, P. K. Narayan, S. Prasad, B. C. 2008. Forecasting Fiji's exports and imports, 2003-2020. *International Journal of Social Economics*, 35(12): 1005-1016.
- Tanaka H., and Ishibuchi H., 1992. "Possibility Regression Analysis Based on Linear programming," in: J.Kacprzyk, M.Fedrizzi(Eds), *Fuzzy Regression Analysis*, Omnittech press. Warsaw and Physica-Verlag, Heidelberg47-60.
- Tkacz, G. 2001. "Neural Network Forecasting of Canadian GDP Growth". *International Journal of Forecasting*,17: 57-69.
- Watada, 1992."Fuzzy Time Series Analysis and Forecasting of scales Volume," in: Kacprzyk J., Fedrizzi M.(Eds.), *Fuzzy Regression Analysis*, Omnittech Press. Warsaw and physica- Verlag, Heidelberg. pp:211-227.
- Wang C. C., 2011. A comparison study between fuzzy time series model and ARIMA model for forecasting Taiwan export. *Expert Systems with Applications* 38: 9296-9304.
- Yu, L., Wang, S. and Keung Lai, K. 2008. Forecasting China's foreign trade volume with a Kernel-based hybrid econometric-Ai ensemble learning approach, *Journal of Systems Science and Complexity*, 21: 1-19.