

## ارزیابی روشهای پیش‌بینی ترکیبی: با رویکردهای شبکه‌های عصبی - کلاسیک در حوزه اقتصاد

دکتر عادل آذر\*

علی رجب‌زاده\*\*

### چکیده

در این تحقیق، رویکرد پیش‌بینی ترکیبی در مدل‌های اقتصادی مورد توجه قرار گرفته است. این رویکرد، در حدود دو دهه است که مطرح گردیده و تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان‌دهنده کاهش بسیار زیاد خطاهای پیش‌بینی مقادیر آتی است. برای انجام این تحقیق، در ابتدا با استفاده از چندین روش مختلف، پیش‌بینی انجام شده است که در این مطالعه، آنها روشهای فردی نامیده شده‌اند. مدل‌های پیش‌بینی فردی، شامل روشهای هموارسازی نمائی، تحلیل روند، باکس جنکینز، تحلیل‌های علی و مدل شبکه عصبی می‌باشند.

نتایج این روشهای فردی (که از بین روشهای مختلف برگزیده شده‌اند و از نظر آماری مدل آنها معنادار می‌باشد) با استفاده از رویکرد شبکه عصبی مصنوعی (در این ترکیب، روش فردی پیش‌بینی عصبی وارد نشده است) و روش رگرسیون چند متغیره (با لحاظ تمام روشها و نیز با عدم وارد نمودن پیش‌بینی‌های فردی شبکه عصبی مصنوعی) با یکدیگر ترکیب و مقایسه شده است.

داده‌های مورد استفاده، شامل تقاضای نفت کشور اوپک از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ به عنوان متغیر وابسته و قیمت، درآمد، تقاضای سایر انرژیها، جمعیت و ارزش افزوده در بخش صنعت به عنوان متغیرهای مستقل می‌باشند. در روشهای تک متغیره، فقط متغیر مستقل (با متغیر وابسته زمان)

---

\*- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس.

\*\* - دانشجوی دوره دکتری مدیریت تولید و عملیات دانشگاه تربیت مدرس.

جهت پیش‌بینی مورد استفاده قرار گرفته است، ولی در روش‌های علی و شبکه عصبی، تمام متغیرهای بیان شده وارد شده‌اند. داده‌های مورد استفاده برای تمام متغیرها از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۶ و داده‌های آزمایش از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۲ بوده‌اند. معیارهای اصلی  $MSE$  و  $MAPE$  محاسبه شده برای مقادیر پیش‌بینی، بیانگر کاهش قابل ملاحظه خطای روش‌های ترکیبی نسبت به روش‌های فردی است و روش ترکیبی مناسب در این مطالعه، به ترتیب روش شبکه‌های عصبی و رگرسیون چند متغیره بوده است.

### کلید واژه‌ها

پیش‌بینی، پیش‌بینی ترکیبی، سری‌های زمانی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، رگرسیون چند متغیره.

## ۱- مقدمه

امروزه در موضوعات اقتصادی - بازرگانی، پیش‌بینی به عنوان یکی از مهمترین شاخه‌های علمی مطرح شده است و روز به روز توسعه و پیشرفت می‌نماید. مدیران بخش‌های مختلف اقتصادی و بازرگانی، به دلیل وجود انبوه متغیرهای تأثیرگذار، ترجیح می‌دهند مکانیزمی را در اختیار داشته باشند که بتواند آنها را در امور تصمیم‌گیری‌شان یاری و مشاوره دهد؛ به همین دلیل، سعی در روی آوردن به روش‌هایی در پیش‌بینی دارند که به واسطه آنها تخمین‌هایشان به واقعیت نزدیک و خطایشان بسیار کم باشد. توجه به روشهای نوین در پیش‌بینی (از قبیل: روش‌های شبکه‌های عصبی و مصنوعی<sup>۱</sup> و الگوریتم‌های فازی<sup>۲</sup>) سبب شده است تا چالش‌های دیگری در علم پیش‌بینی ایجاد شود. در مطالعات مختلف انجام شده موضوعات اقتصادی، مالی و بازرگانی، این روش‌ها جواب‌های متعددی داده‌اند. در بعضی مطالعات که با استفاده از داده‌های سری زمانی یک یا چند متغیره صورت گرفته است، روش‌های پیش‌بینی شبکه عصبی جواب بهتر داده و با داده‌ها برازش پیدا نموده‌اند، اما در بعضی مدل‌های دیگر، روش‌های کلاسیک مانند اقتصادسنجی<sup>۳</sup> و یا روش‌های هموارسازی نمائی<sup>۴</sup>، جواب‌های بهتر داده‌اند. رویکرد ترکیب که در مقالات پیش‌بینی به آن اشاره شده و از آن استفاده شده است، اشاره به این موضوع دارد که با ترکیب روش‌های مختلف پیش‌بینی، می‌توان خطای آن را کاهش داد و به جای استفاده منحصر به فرد از یک روش پیش‌بینی، ترکیبی از این روش‌ها را به کار برد. در این تحقیق، ترکیب روش‌های پیش‌بینی کلاسیک (تک متغیره و چندمتغیره) و روش‌های نوین (شبکه‌های عصبی) مورد توجه قرار گرفته است و کاربرد آن در جهت حل مسائل اقتصادی (مانند: نرخ ارز، نرخ تورم، ارزش افزوده و تولید ناخالص ملی و...)، مسائل بازرگانی (فروش و...) و مسائل مالی (سود، قیمت سهام و...) توصیه شده است. همچنین مسأله تقاضای نفت اوپک به عنوان افته کاربردی مطرح گردیده و به وسیله روش‌های تک متغیره، علی (در قالب روش‌های کلاسیک و نوین) و

---

1- Artificial Neural Network (A.N.N).

2- Fuzzy Algorithm.

3- Econometric.

4- Exponential Smoothing.

روش ترکیبی پیش‌بینی‌های مختلف به دست آمده، مورد تجزیه و تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

## ۲- پیشینه تحقیق در رابطه با روش‌های پیش‌بینی در تحقیقات اقتصادی، مالی و بازرگانی و رویکرد ترکیبی پیش‌بینی

در طبقه‌بندی انواع روش‌های پیش‌بینی، به طور کلی این روش‌ها به دو دسته مدل‌های کیفی و مدل‌های کمی تقسیم می‌شوند. روش‌های کیفی شامل روش دلفی<sup>۱</sup>، مقایسات تکنولوژی مستقل زمانی<sup>۲</sup>، روش برآورد ذهنی<sup>۳</sup>، درخت مناسب<sup>۴</sup>، تحقیق مرفولوژیکی<sup>۵</sup> و... می‌باشد<sup>۶</sup> و روش‌های کمی، مدل‌های کلی تک متغیره و یا چند متغیره را شامل می‌گردند. در مدل‌های تک متغیره، مواردی از قبیل روش‌های هموارسازی نمائی، باکس - جنکینز و تحلیل روند، و در مدل‌های چند متغیره، روش‌هایی از قبیل رگرسیون چندگانه و تحلیل‌های اقتصادسنجی مورد توجه می‌باشند، ولی در روش‌های نوین، شبکه‌های عصبی مورد توجه قرار گرفته‌اند.

در تحقیقات اقتصادی، بیشترین مدل‌های پیش‌بینی مورد استفاده، روش‌های اقتصادسنجی، تحلیل‌های واریانس - اتوکواریانس و همبستگی و به طور کلی تحلیل‌های علی بوده‌اند. در موضوعات مالی، روش‌های باکس - جنکینز و هموارسازی یا رگرسیون چندمتغیره برای تحلیل‌های علی در مسائلی مانند پیش‌بینی سود شرکت‌ها، قیمت سهام شرکت‌ها، پیش‌بینی ارقام ترازنامه و گردش وجوه نقد و در موضوعات و مسائل بازرگانی، روش‌های کیفی (بیشتر روش دلفی) بیشترین استفاده را داشته‌اند. شاید مهم‌ترین دلیل این نحوه کاربرد، مسبوق به سابقه بودن استفاده از این روش‌ها در این علوم مختلف است. رویکردهای نوین، مانند روش شبکه عصبی، در انواع مختلف

1- Delphi.

2- Time Independent Technological Comparison.

3- Curve Estimation.

4- Relevance Tree.

5- Morphology Research.

مسائل پیش‌بینی و در علوم مختلف مالی، اقتصادی و بازرگانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در تحقیقات مختلف به آن استناد شده است. تحقیقات متعددی در مقایسه بین روش‌های پیش‌بینی مطرح شده‌اند. خصوصاً در دهه اخیر، این مقایسات بین روش‌های شبکه عصبی و روش‌های اقتصادسنجی و یا باکس - جنکینز مطرح شده و انجام گرفته است.<sup>۱</sup> در نتایج بعضی از این تحقیقات، شبکه‌های عصبی خطاهای کمتری را نشان داده و در بعضی نتایج دیگر، روش‌های کلاسیک عنوان شده از جمله روش‌های باکس - جنکینز یا اقتصادسنجی جواب‌های بهتری داده‌اند. معمولاً شبکه‌های عصبی در تحلیل سریهای زمانی غیرخطی نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌ها نشان می‌دهند.

چت فیلد<sup>۲</sup> (۱۹۹۳) مقایسات بین روش‌های آماری کلاسیک و رویکرد شبکه عصبی را جهت توسعه روش‌های پیش‌بینی مدنظر قرار داده است. در بعضی تحقیقات، شباهت بین شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های آماری بیان گشته و نتیجه شده است که شبکه‌های عصبی می‌توانند به عنوان یک روش رگرسیون غیرخطی به کار گرفته شوند. تفاوت اصلی آنها در این است که در روش شبکه عصبی، ساختار داخلی مدل نامعلوم و مانند یک جعبه سیاه عمل می‌کند؛ ولی با این حال، نتایج مفیدی را ارائه می‌دهد.<sup>۳</sup> شارددا و پاتیل<sup>۴</sup> (۱۹۹۴) به روی ۷۵ داده سری‌های زمانی کار کردند و دریافتند که شبکه‌های عصبی مصنوعی و باکس - جنکینز نتایج مشابهی را داده‌اند.<sup>۵</sup> نتیجه مطالعات فاربر و لاپدز<sup>۶</sup> این بود که شبکه‌های عصبی بر روش‌های آماری ارجحیت دارند.<sup>۷</sup>

کار تحقیقی خالوزاده (۱۳۷۷ هـ ش) نیز در مقایسه با روش‌های شبکه‌های عصبی دینامیکی و مدل باکس - جنکینز بوده و نشان داده است که مدل‌های شبکه عصبی در سیستم‌های آشوبناک و سیستم‌هایی که داده‌ها از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند و نظم

1- Chat field, 1989, pp. 35-36.

2- Ghat fild.

3- Ibid.

4- Sharda and Patil.

5- Sharda, R., 1994. pp. 116-130.

6- Farber and Lapedes.

7- Lapedes, A. And R. Farber; 1987; LA-UR-67-26662.

مشخصی ندارند، بهتر عمل می‌کنند.<sup>۱</sup>

در کار تحقیقی قاسمی و دیگران، پیش‌بینی قیمت شیر نیز در یک بررسی سری زمانی با مقایسه بین روشهای شبکه عصبی و باکس - جنکینز انجام شده و میزان خطای نتایج حاصل از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی کمتر از روش باکس - جنکینز بوده است.<sup>۲</sup>

در این راستا، تحقیقات متعددی در زمینه مقایسات روشهای پیش‌بینی و بررسی کارائی هر کدام از مدلها با استناد به معیارهای خطا صورت گرفته است.<sup>۳</sup> در زمینه رویکرد ترکیبی (به عنوان رویکرد جدید) نیز تحقیقات متعددی انجام شده است. تحقیقات پیش‌بینی ترکیبی به صورت تئوری، با کار ماکرادیکس و وینکلر<sup>۴</sup> (۱۹۸۶) به صورت جدی مطرح شد. بیتز و گرانگر<sup>۵</sup> (۱۹۷۰) در زمینه ترکیب روشهای پیش‌بینی، تلفیق دو روش را در کار خود لحاظ نموده و از روشهای میانگین‌گیری استفاده نموده‌اند. روش کار آنها به وسیله نیوبلد و گرانگر (۱۹۷۳) به  $n$  روش پیش‌بینی تعمیم داده شد. تحقیقات این افراد در مورد ترکیب روشهای پیش‌بینی مبتنی بر گرفتن میانگین ساده و یا موزون از نتایج پیش‌بینی‌های فردی بوده است.<sup>۶</sup> ماکرادیکس و وینکلر (۱۹۸۶) در یک تحقیق گسترده در مورد ترکیب روشهای پیش‌بینی دریافتند که میانگین موزون و یا ساده، میزان خطای پیش‌بینی را نسبت به سایر روشها بسیار کاهش می‌دهد. کار این افراد در زمینه پیش‌بینی داده‌های سری زمانی اقتصادی مانند تولید ناخالص ملی بوده است.<sup>۷</sup>

۱- ن. ک. خالوزاده، حمید، علی خاکی صدیق و کارو لوکس، ۱۳۷۷؛ "پیش‌بینی و الگوسازی قیمت سهام در بازار بورس تهران با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی"، *مجله علمی - پژوهشی مدرس*؛ ش ۶. و خالوزاده، حمید، ۱۳۷۷؛ *مدل‌سازی غیرخطی و پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس تهران*.  
 ۲- قاسمی، عبدالرسول و...؛ "کاربرد شبکه عصبی در پیش‌بینی ..."، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*.  
 ۳- ن. ک. فهرست منابع، شماره‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷.

4- Makradiks and Winkler.

5- Bates and Granger.

6- Bates, J. M. & C. W. J. Granger; *The Combination of Forecast's Operation Research*, pp. 451-468.

7- Makradiks, S. A. & A. Winker; "Average of Forecasts: some ...", *Managment Science*, pp. 987-996.

سیلک و اربن<sup>۱</sup> در رابطه با سهم بازار محصولات جدید از روش پیش‌بینی ترکیبی استفاده نموده‌اند.<sup>۲</sup>

باپ<sup>۳</sup> (۱۹۹۲) به انگیزه و شناخت ترکیب روش‌های پیش‌بینی (کاهش میزان خطای پیش‌بینی) اشاره دارد. کار وی با استفاده از داده‌های سه ماه قبل در بخش انرژی صورت گرفته و ترکیب وی با استفاده از مدل رگرسیون تک متغیره و مدل سری زمانی باکس - جنکینز (۲، ۱، ۰) ARIMA بوده است.<sup>۴</sup>

لارنس و ادموندسون<sup>۵</sup> (۱۹۸۶) نیز عنوان نموده‌اند که می‌توان در کارهای تحقیقاتی و کاربردی پیش‌بینی، پیش‌بینی‌های مبتنی بر قضاوت همراه با روش‌های کمی (ریاضی) را به صورت ترکیبی به کار برد و این کار خطاهای پیش‌بینی را بسیار کاهش خواهد داد.<sup>۶</sup>

کلایی و آرمسترونگ<sup>۷</sup> (۱۹۹۲) شیوه مبتنی بر قاعده را به عنوان روش مناسب ترکیب انواع پیش‌بینی‌ها مورد توجه قرار داده‌اند، در مورد تحلیل‌های مربوط به رویکرد ترکیبی، مارسلو و آوارو<sup>۸</sup> (۲۰۰۰) ترکیب روش‌های پیش‌بینی هموارسازی نمائی و شبکه‌های عصبی را با یکدیگر به کار بردند. در این تحلیل، روش پیش‌بینی ARIMA به عنوان ورودی شبکه عصبی لحاظ شده است.<sup>۹</sup>

در یک رویکرد ترکیبی، وزن‌گذاری شبکه‌های عصبی به وسیله الگوریتم ژنتیک انجام

1- Silk and Urbun.

2- Collopy, F. and J. S. Armstrong, 1992, pp. 1394-1414 & Flowers, B.E. and S.L.L. Pears, 2000, pp. 485-496.

3- Bop.

4- Ibid.

5- Lawrence and Edmondson.

6- Ibid.

7- Collopy and Armstrong.

8. Marcelo and Alvaro

۹- این روش Neuro - Coefficient smooth transition بیان شده است. برای توضیح بیشتر ن.ک. Alvaro, V.(2000); A Hybrid Linear-Neural ..., " IEEE Trasaction; pp. 1402-1412.

گشته و از آن به عنوان روش هیبرید نام برده شده است.<sup>۱</sup> در بررسی و تحلیل رویکردهای ترکیبی، یکی از روش‌های غالب به کار رفته، روش "سیستم‌های خبره" می‌باشد. سیستم‌های خبره یا سیستم‌های مبتنی بر دانش، با تنظیم پایگاه دانش مناسب، روش پیش‌بینی مناسب را مورد استفاده قرار می‌دهند. در کار تحقیقی فلورس و پیرس<sup>۲</sup> روش‌های مختلف پیش‌بینی، مانند تحلیل نایو،<sup>۳</sup> هولت، وینترز،<sup>۴</sup> ANN و ARIMA و تحلیل‌های روند، با یکدیگر مقایسه شده و با توجه به معیارهای خطا با یکدیگر ترکیب شده‌اند.<sup>۵</sup> آرمسترونگ و کلاپی از همین تحلیل سیستم‌های خبره (مبتنی بر دانش)، برای ترکیب و انتخاب مناسب بین روش‌های پیش‌بینی، استفاده نمودند.<sup>۶</sup>

میشل یو و کریستوس<sup>۷</sup> (۱۹۹۴) در ترکیب روش‌های پیش‌بینی برای پیش‌بینی نرخ ارز در سیستم پولی اروپا چهار روش پیش‌بینی را از طریق روش میانگین ساده، مدل حداقل مجذور خطاها و شبکه‌های عصبی با یکدیگر مقایسه نموده است. چهار روش مورد استفاده، از سری روش‌های اقتصادسنجی بوده و در این مقایسه، روش شبکه‌های عصبی جوابهای بهتری از سایر روش‌های ترکیبی داده است.<sup>۸</sup>

دونالدسون و کامسترا<sup>۹</sup> (۱۹۹۶)، ANN را در پیش‌بینی و ترکیب روشهای فردی مورد استفاده قرار دادند. تقریباً معیار خطا در تمام روش‌های ترکیبی مورد توجه، میانگین مجذور خطاها (MSE) و یا (RMSE) بوده است.<sup>۱۰</sup>

بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص پیش‌بینی‌های ترکیبی در مورد مؤلفه‌های اقتصاد کلان مانند GNP، رشد اقتصادی و نرخ تورم بوده است. کراشور

1- Kwo, R.J. (2001); "A Sales Forecasting System Based...", pp. 496-517.

2- Florce and Pearce.

3- Nive.

4- Holt and Winters.

5. Armstrong J.S. and F. Collopy, 1992, pp.69-80.

6- Kohzadi, N., etc, 1993, pp. 169-181.

7- Michael Y.H. and Chirstors Tsoukalas.

8- Trapson, p., 1990, pp. 559-583.

9- Donaldson and Kamstra.



(۲۰۰۲)، فیلدز و استکلر (۲۰۰۲) در تحقیقات خود به این نتایج اشاره کرده‌اند. نتایج این تحقیقات نشان دهنده این است که روشهای فردی پیش‌بینی می‌توانند بر یکدیگر تأثیر بگذارند و این تأثیر موجب کاهش قابل ملاحظه خطای پیش‌بینی خواهد شد. کوزوکی (۲۰۰۲)، فیلدز و استکلر (۲۰۰۲) والیو (۲۰۰۲) در زمینه به کارگیری روشهای پیش‌بینی در مباحث اقتصاد کلان، با استفاده از روشهای اقتصادسنجی و روشهای ترکیبی با استفاده از داده‌های واقعی و مقایسه آنها با یکدیگر نتایجی ارائه کرده‌اند.<sup>۱</sup>

### ۳- افته کاربردی و بررسی میدانی تحقیق<sup>۲</sup>

در این تحقیق، افته کاربردی تقاضای نفت اوپک برای پیش‌بینی ترکیب مورد استفاده قرار گرفته و از فرضیه اصلی زیر، استفاده شده است.

«پیش‌بینی ترکیبی مدل اقتصادی تقاضای نفت، نسبت به هر کدام از روش‌های پیش‌بینی فردی به کار رفته خطای پایین‌تری دارد».

آنچه تاکنون در زمینه تحقیقات پیش‌بینی‌های اقتصادی صورت گرفته است، معطوف به استفاده از روشهای کلاسیک اقتصادسنجی می‌باشد. بیشتر مدل‌های تقاضای به دست آمده، مدل‌های غیرخطی و لگاریتمی بوده‌اند. همزمان با به کارگیری رویکردهای نوین در مدلسازی پیش‌بینی دیگر شاخص‌های اقتصادی، در تحقیق حاضر به کارگیری این رویکردها در تقاضای نفت مورد استفاده قرار گرفته است. در دیدگاه سنتی و متداول مدل‌سازی اقتصادی، تبیین روابط بین متغیرهای اقتصادی بر مبنای رفتار عقلایی واحدهای اقتصادی - اعم از تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و سیاستگذاران اقتصادی - بوده است. در این تحلیل‌ها با ارایه مدل‌های ساختاری (پیش‌بینی مقادیر آتی با توسل به این سیاستگذاریهای اقتصادی) سعی در تبیین وضع موجود و ارایه تصویر آینده می‌گردد. این روشها در دانش پیش‌بینی سابقه خوبی از خود

۱- ن. ک. فهرست منابع، شماره‌های ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵.

۲- جهت جمع‌آوری داده‌های برای کار میدانی و تحلیل‌های این تحقیق، به کتابخانه‌های مختلف داخل کشور و نیز سایت‌های مرتبط با بخش انرژی خارج کشور مراجعه شده است. داده‌های بسیار گسترده آن در محیط Excel داده‌پردازی گشته و کار پیش‌بینی با نرم‌افزارهای Stategraph, SPSS, Eviews, MaTLAB و WinNN انجام شده است.

به جا نگذاشته‌اند. این تحلیل‌های ساختاری در تقاضای نفت نیز بسیار مورد استفاده‌اند. در استفاده از مدل‌های سری زمانی و دینامیکی وظیفه پیش‌بینی به عهده خود متغیر واگذار می‌شود (۳۳). در این مطالعه در تحلیل افته تقاضای نفت، این رویکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

داده‌های مورد استفاده این تحقیق، شامل میزان تقاضای نفت اوپک از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ بوده است (که این داده‌ها در روش تک متغیره مانند هموارسازی نمائی و باکس-جنکینز داده‌های سال ۱۹۳۰ تا ۱۹۶۰ را نیز شامل شده‌اند). داده‌های از سال ۱۹۶۰ تا سال ۱۹۶۶ به عنوان داده‌های اصلی و داده‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۲ به عنوان داده‌های آزمون مدنظر قرار گرفته‌اند. تقاضای نفت به عنوان متغیر اصلی وابسته، و متغیرهای قیمت نفت، تولید ناخالص داخلی خریداران نفت اوپک (کشورهای OECD)، میزان مصرف انرژی‌های جانشین نفت (برای کشورهای OECD)، ارزش افزوده بخش صنعت (کشورهای OECD) و جمعیت کشورهای OECD در این دوره زمانی به عنوان متغیرهای مستقل و تأثیرگذار مورد توجه قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که این متغیرها از بین تعداد زیادتری متغیر لحاظ شده‌اند و از تعدادی خبرگان برای صحت به کارگیری آنها نظرسنجی شده است؛ ضمن اینکه در مطالعه مدل‌های تقاضای نفت انجام شده در داخل و خارج کشور (در تحقیقات مختلف) بیشترین متغیرهای مورد استفاده این متغیرها بوده‌اند.<sup>۱</sup>

به طور کلی در تحلیل فرضیه فوق سه سناریو مورد توجه قرار گرفته شده است:

سناریو ۱: پیش‌بینی تقاضای نفت با استفاده از روش‌های کلاسیک؛

سناریو ۲: پیش‌بینی تقاضای نفت با استفاده از روش شبکه‌های عصبی؛

سناریو ۳: پیش‌بینی تقاضای نفت با استفاده از رویکرد ترکیبی.

در تحلیل‌های زیر، نتایج بررسی هر کدام از سناریوها بیان می‌شود.

### ۳-۱- پیش‌بینی تقاضای نفت با استفاده از روش‌های کلاسیک

روش‌های کلاسیک مورد استفاده و تحلیل‌های آنها به شرح زیر است:

۱- ن. ک. احمدیان، مجید؛ نظریه بازار و کاربرد آن برای منابع انرژی پایان پذیر و نقوی، احسان؛ بررسی عدم

۱-۳- روش پیش‌بینی هموارسازی نمائی<sup>۱</sup>

این روش شامل بسته پیش‌بینی با مدل‌های زیر است:

**الف - هموارسازی پرلون ساده:**<sup>۲</sup> این روش با یک ضریب تصحیح  $\alpha$  که هموارکننده خطاهای پیش‌بینی است، برآورد خود را انجام می‌دهد. در تحلیل این روش، ضریب هموارسازی  $\alpha = 0/9$  و از طریق سعی و خطا و لحاظ بهترین مقدار مجموع مجذور خطاها به دست آمده است.

**ب - هموارسازی هولت:**<sup>۳</sup> در این روش، ضریب هموارسازی تصحیح  $\alpha$  و نیز ضریب روند  $\beta$  نیز محاسبه می‌گردند. محاسبه هر دو روش با استناد به سعی و خطاست. در این روش  $\alpha = 0/7$  و  $\beta = 0/4$  به دست آمده است.

**ج - هموارسازی سفارشی<sup>۴</sup> با روند خطی:** در این روش، پارامترهای  $\alpha = 0/7$  و  $\beta = 0/45$  بهترین ضرائب متناسب با داده‌ها بوده‌اند. در این روش برای هر داده یک تابع خطی تعریف می‌شود.

**د - هموارسازی سفارشی با روند نمایی:** در این روش، نتایج پیش‌بینی بهترین میزان خطای خود را با  $\alpha = 0/7$  و  $\beta = 0/45$  برای داده‌ها نشان داده‌اند. روند هر داده در این روش، نمائی است.

**ه - هموارسازی سفارشی با روند هیرا:**<sup>۵</sup> در این روش، سه ضریب  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\rho$  لحاظ می‌شوند. بهترین میزان خطای به دست آمده در این روش، در نتیجه استفاده از ضرایب  $\alpha = 0/1$ ،  $\beta = 0/1$  و  $\rho = 0/1$  بوده است؛ در واقع با این ضرایب در این روشها مجموع مجذورات خطا به حداقل رسیده است.

در روشهای هموارسازی بیان شده، به طور کلی مدل‌بندی آماری صورت نمی‌گیرد و این یک نقطه ضعف این روشهاست؛ ولی از نقطه نظر سازگاری الگوی پیش‌بینی با داده‌ها این روشها به عنوان روشهای مناسبی می‌توانند مورد استفاده واقع شوند.

1- Exponential Smoothing Methods.

2- Simple Brown.

3- Holt.

4- Custom.

5- Damped.



۳) در بررسی ضرائب و نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی<sup>۱</sup> و مدل‌بندی آماری در این مطالعه با انجام مراحل فوق مدل‌بندی آماری ARIMA به دست آمده به صورت زیر است:

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \theta_1 \xi_{t-1} \Rightarrow y_t = 0.8 + y_{t-1} + 0.756 \xi_{t-1}$$

در واقع مدل‌بندی آماری به صورت (۱ و ۱ و ۱) ARIMA که پارامترهای  $q=1$ ،  $p=1$ ،  $d=1$  به دست آمده‌اند.

در برآورد مقدار تقاضای نفت اوپک با سه روش فوق، فقط سری زمانی تک متغیره مورد توجه قرار گرفته است.

#### ۳-۱۴- روش‌های اقتصادسنجی:

در بررسی مدل‌های مختلف اقتصادسنجی، چهار مدل مختلف بدست آمده است که از بین آنها بهترین مدل به دست آمده، به صورت مدل خطی لگاریتمی زیر بیان می‌شود:

$$\text{LnOD}_t = -12/688 - 0/121 \text{Ln Pr}_t + 2/1577 \text{Ln GDP} - 3/209 \text{Ln}$$

$$\text{OE} + 0/204 \text{Ln VAI} + \xi_t + 0/98 \xi_{t-1}$$

که در آن:

$\text{OD}_t$ : تقاضای نفت اوپک در زمان  $t$ ؛

$\text{Pr}_t$ : قیمت نفت در زمان  $t$ ؛

$\text{GDP}_t$ : تولید ناخالص ملی کشورهای خریدار نفت در زمان  $t$  (برای OECD)؛

$\text{OE}_t$ : میزان تقاضا برای سایر انواع انرژی در زمان  $t$ ؛

$\text{VAI}$ : ارزش افزوده در بخش صنعت (برای OECD).

در مدل فوق، سطح معناداری<sup>۲</sup> آماره آزمون  $t$  برای تمام متغیرها معنادار بوده است.  $D.W=2$  و  $\bar{R}^2=0/91$ ،  $R^2=0/92$  به دست آمده است که بیانگر معناداری کامل مدل و مانده‌هاست.

1- Autocorrelation and Partial Correlation.

2- P-Value.

علاوه بر مدل فوق، سه مدل دیگر علی نیز به دست آمده‌اند که این مدل‌ها و نتایج آنها در ترکیب به کار رفته‌اند.

### ۲-۳- پیش‌بینی تقاضای نفت با رویکرد شبکه عصبی

در برآورد تقاضای نفت اوپک با رویکرد شبکه عصبی، از روش شبکه عصبی پس انتشار خطای انعطاف‌پذیر<sup>۱</sup> (B.P) استفاده شده و پس از انجام نرمال‌سازی داده‌ها، آموزش داده‌ها صورت گرفته است. با تغییرات مداوم تعداد لایه‌ها و بخصوص با تغییرات تعداد نرون‌های لایه پنهان توپولوژی شبکه مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً بهترین معماری شبکه عصبی پس انتشار خطای سه لایه به صورت  $(1^* 15^* 5)$  به دست آمده که لایه ورودی با ۵ متغیر ورودی، در لایه میانی (پنهان) با ۱۵ نرون و یک خروجی تقاضای نفت به دست داده است. توابع لایه میانی تابع زیگموئیدی  $(f_n = \frac{1}{1+e^{-cn}})$  و تابع فعال‌ساز (جمع‌کننده) تابع خطی<sup>۲</sup> در نظر گرفته شده است.

کاربرد آن در مدل‌های استفاده از روش B.P پیش‌بینی شبکه عصبی رایج است و در تحلیل‌های مالی-اقتصادی، این روش به طور مداوم مورد استفاده قرار گرفته، با توانایی پس‌خور خود بهترین برازش را ارائه می‌دهد.

### ۳-۳- رویکرد ترکیبی در پیش‌بینی

در این سناریو ترکیب روش‌های پیش‌بینی فردی مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های فردی تحلیل شده به صورت زیر معرفی می‌شوند:

$x_{11}$ : روش هموارسازی نمایی ساده براون

$x_{12}$ : هولت

$x_{13}$ : مدل سفارش با ۲ پارامتر و روند نمایی

$x_{14}$ : مدل سفارش با ۱ مدل پارامتر و روند نمایی

$x_{15}$ : مدل سفارشی با روند میرا

$x_{16}$ : روند خطی

1- Back-Progation.

2- Pureline.

روند درجه دوم:  $x_{17}$

روند لگاریتمی:  $x_{18}$

روند ترکیبی:  $x_{19}$

$x_{110}$ : ARIMA (۱ و ۱ و ۱)

(وارد شدن متغیرهای قیمت، تولید ناخالص ملی و سایر انرژیها: مدل لگاریتمی)

مدل ۱ اقتصادسنجی:  $x_{111}$

مدل ۲ اقتصادسنجی:  $x_{112}$

(وارد شدن متغیرهای قیمت، تولید ناخالص ملی و سایر انرژیها و ارزش افزوده

صنعتی: مدل لگاریتمی)  $x_{113}$  مدل ۳ اقتصادسنجی

(وارد شدن متغیرهای قیمت، تولید ناخالص ملی، سایر انرژیها و مدل میانگین ترک:

مدل لگاریتمی) (مدل معرفی شده در مقاله) مدل ۴ اقتصادسنجی:  $x_{114}$

مدل BP شبکه عصبی:  $x_{115}$

نحوه ترکیب روشهای پیش‌بینی به این صورت است که در نتیجه مدل سازی روشهای پیش‌بینی نتایج این روشها در تقاضای نفت به دست آمده است و سپس این نتایج توسط روشهای شبکه‌های عصبی، رگرسیون، توالی نتایج و میانگین موزون ترکیب شده‌اند. ترکیب مدل‌های پیش‌بینی فردی فوق با استفاده از روشهای زیر صورت گرفته است:

### ۱-۳-۳- ترکیب روشهای پیش‌بینی فردی با استفاده از رویکرد شبکه‌های عصبی

#### مصنوعی

در این ترکیب، نتایج ۱۴ مدل پیش‌بینی فردی (شامل ۵ مدل هموارسازی نمائی، ۴ مدل روند، ۱ مدل ARIMA و ۴ مدل علی) وجود دارد. هر روش پیش‌بینی به عنوان یک ورودی در نظر گرفته شده است. توپولوژی شبکه (با روش پس انتشار خطا) به صورت ۱۴ ورودی، یک لایه پنهان و یک لایه خروجی مدنظر قرار گرفته شده است. در لایه میانی ۳۰ نرون با تابع زیگموئیدی و تابع فعال‌سازی جمع‌کننده خطی در توپولوژی شبکه عصبی به کار گرفته شده‌اند. روش شبکه‌های عصبی به این دلیل که در تحلیل ترکیبی تمام روش‌ها و نتایج آنان وارد مدل می‌شود، می‌تواند مورد توجه باشد. در این مدل،

تولید ناخالص داخلی، قیمت نفت، مصرف سایر منابع انرژی، جمعیت و ارزش افزوده در بخش صنعت وارد مدل شبکه عصبی شده‌اند.

۲-۳-۳- ترکیب مدل‌های پیش‌بینی فردی با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره  
متغیرهای مستقل  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i15}$  و  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i14}$  به عنوان روش‌های فردی پیش‌بینی هستند که متغیر وابسته آنها  $Y_i$  ( $i=1, 2, \dots, 43$ ) به عنوان داده‌های واقعی لحاظ می‌شوند. این متغیرهای وابسته و مستقل در یک ظرف رگرسیونی ریخته شده و با استفاده از روش گام به گام، خارج نمودن متغیرهایی که با یکدیگر همبستگی دارند به صورت مرحله‌ای انجام گرفته است. بهترین مدل به دست آمده به صورت زیر بیان شده است. با توجه به تحلیل واریانس انجام شده و محاسبه  $F=1728$  که بیانگر تأیید این رابطه است و بررسی آماره آزمون  $t$  برای تمام متغیرهای مورد نظر، ضریب بالای  $R^2$  و نزدیکی آن به  $R^2$  تعدیل شده و آزمون دوربین - واتسون انجام شده که عدم همبستگی مانده‌ها را نشان می‌دهد. مدل ترکیبی به دست آمده قابل استناد است.

جدول (۱) - جدول نتایج مدل سازگار با داده‌ها (تحلیل رگرسیونی)

| سطح دارای آماره $t$ | $t$    | B      |           |
|---------------------|--------|--------|-----------|
| o                   | ۶/۸۸۲  | ۰/۵۱۶  | $x_{i15}$ |
| o                   | ۳/۹۰۸  | ۰/۵۱۲  | $x_{i13}$ |
| o                   | ۳/۸۰۸  | ۰/۲۹   | $x_{i1}$  |
| o                   | -۲/۳۸۹ | -۰/۳۵۹ | $x_{i2}$  |

$$F=1728, D.W=1/4, \bar{R}^2=0/997, R^2=0/995$$

در واقع معادله ترکیبی به صورت:

$$Y = 0/516x_{i15} + 0/512x_{i13} + 0/29x_{i1} + 0/359x_{i2}$$

در نظر گرفته می‌شود که در آن  $Y$  متغیر اصلی ترکیبی و مقادیر  $x_{ij}$  بیانگر هر روش پیش‌بینی می‌باشند.

به جز ترکیب بالا، از ترکیب‌های دیگری نیز در مدل رگرسیونی استفاده گردیده است.



یک مدل بدون وارد نمودن روش شبکه عصبی در ظرف رگرسیون چند متغیره استفاده شده و نتایج آن با وارد شدن متغیرهای زیر، مورد توجه قرار گرفت.

جدول (۲) - نتایج مدل ترکیبی رگرسیون بدون ورود شبکه عصبی

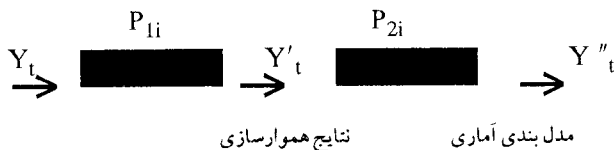
| سطح دارای آماره t | t     | B       |                 |
|-------------------|-------|---------|-----------------|
| o                 | -۶/۳  | -۱۳۸۲۴۸ | مقدار ثابت      |
| o                 | -۹/۲  | -۱۲/۹۵۲ | X <sub>۱۳</sub> |
| o                 | -۱۰/۹ | -۱۷/۵۱۰ | X <sub>۱۵</sub> |
| o                 | ۹/۸۷  | ۱۴/۳۸   | X <sub>۱۲</sub> |
| o                 | ۶/۰۸  | ۱۲/۶    | X <sub>۱۸</sub> |
| o                 | ۹/۵   | ۱۴/۷۵   | X <sub>۱۴</sub> |
| o                 | -۳/۱۷ | -۲/۵    | X <sub>۱۹</sub> |

$$D.W=۱/۶, \bar{R}^2=۰/۹۶, R^2=۰/۹۸, F=۱۴۸$$

### ۳-۳-۳ ترکیب روش‌های هموارسازی و ARIMA با یکدیگر

الگوی مد نظر قرار گرفته که مدل‌بندی آماری ندارد، به وسیله روش باکس - جنکینز مدل‌بندی آماری پیدا می‌کند؛ در واقع خروجی‌های روش‌های مختلف هموارسازی نامی وارد مدل ARIMA گشته و بهترین مدل آن پردازش و انتخاب می‌شود.

پس از ورود پنج روش هموارسازی به مدل ARIMA، پنج مدل ترکیبی پیشنهادی به دست آمده است. لازم به ذکر است که ترکیب هموارسازی نمائی با باکس - جنکینز نیز منجر به مدل‌بندی آماری (۱ و ۱ و ۱) ARIMA شده است.



بدین ترتیب با مقایسه ترکیب‌های فوق و روش‌های پیش‌بینی مختلف انجام شده،

می توان کارایی هر کدام از روش های پیش بینی مورد استفاده را بررسی و تحلیل نمود. مقایسه این روشها با یکدیگر با توجه به معیارهای خطای  $^1RMSE$ ،  $^2MAPE$  و  $^3GAPE$  در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳) - بیان مدل های مختلف و معیار های خطای محاسبه شده  
(معیار اصلی MSE لحاظ شده است)

| معیار خطای<br>GAPE | معیار خطای<br>MAPE | معیار خطای<br>RMSE | مدل پیش بینی                           |
|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| ۰/۰۰۳              | ۰/۰۰۸۹۹            | ۲۱۷/۷              | ۱- مدل ترکیبی شبکه عصبی                |
| ۰/۰۳۹              | ۰/۰۵۹              | ۱۱۲۶/۵             | ۲- ترکیب رگرسیونی بدون ورود ANN        |
| ۰/۰۴۴              | ۰/۰۶۴              | ۱۳۵۱/۱             | ۳- ترکیب رگرسیونی با ورود تمام روشها   |
| ۰/۰۲               | ۰/۰۵۴              | ۱۹۸۲/۱             | ۴- مدل شبکه عصبی مصنوعی                |
| ۰/۰۹۷              | ۰/۱۳۲              | ۲۷۴۸/۱             | ۵- مدل علی ۳ ( $x_{t-3}$ )             |
| ۰/۰۹۶              | ۰/۱۳۸              | ۲۸۳۲/۶             | ۶- مدل علی ۴ ( $x_{t-4}$ )             |
| ۰/۱۱               | ۰/۱۴۳              | ۲۸۹۱/۷             | ۷- مدل علی ۱ ( $x_{t-1}$ )             |
| ۰/۱۴               | ۰/۱۷۶              | ۳۳۶۲/۶             | ۸- مدل علی ۲ ( $x_{t-2}$ )             |
| ۰/۰۶۷              | ۰/۱۶۲              | ۳۴۰۴               | ۹- هولت                                |
| ۰/۰۵۶              | ۰/۱۸۷              | ۲۴۷۸/۸             | ۱۰- سفارشی ۲/ پارامتر/نمایی            |
| ۰/۰۹۷              | ۰/۱۹               | ۳۸۳۱/۶             | ۱۱- سفارشی/میرا                        |
| ۰/۰۷۴              | ۰/۱۸۷              | ۴۰۴۵/۸             | ۱۲- سفارشی ۱/ پارامتر/نمایی            |
| ۰/۰۴۶              | ۰/۱۶               | ۴۴۲۰/۷             | ۱۳- ترکیب ARIMA و هموارسازی ساده براون |
| ۰/۴۶               | ۰/۱۶               | ۴۴۲۰/۷             | ۱۴- ARIMA (۱و۱و۱)                      |
| ۰/۰۶۷              | ۰/۱۷۸              | ۴۴۹۴/۶             | ۱۵- ترکیب ARIMA و هولت                 |
| ۰/۰۷۳              | ۰/۱۸۶              | ۴۶۰۰/۸             | ۱۶- ترکیب ARIMA و سفارش خطی            |

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

$$2- MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |(y_t - \hat{y}_t) / y_t|}{n}$$

$$3- GAPE = \text{Geometric Mean} \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t}$$

|       |       |         |                               |
|-------|-------|---------|-------------------------------|
|       |       |         | ۱۷- ترکیب ARIMA و سفارش میرا  |
| ۰/۰۶۶ | ۰/۲۱  | ۴۷۹۹/۶  | ۱۸- ترکیب میانگین موزون       |
| ۰/۰۸۵ | ۰/۲۰۴ | ۵۰۳۴/۱  | ۱۹- ترکیب ARIMA و سفارش نمایی |
| ۰/۱۴  | ۰/۲۱  | ۵۵۹۶/۲  | ۲۰- روند لگاریتمی             |
| ۰/۱۶  | ۰/۲۶۶ | ۶۱۹۹/۳  | ۲۱- روند درجه دوم             |
| ۰/۳۲  | ۰/۳۸  | ۶۹۶۰/۹  | ۲۲- روند خطی                  |
| ۰/۲۳  | ۰/۳۰  | ۷۰۳۵/۴۷ | ۲۳- روند ترکیبی ساده          |

#### ۴- نتایج تحلیلی تحقیق و مقایسه کارایی نتایج مدل‌های ترکیبی با روش‌های فردی پیش‌بینی

در رابطه با رویکردهای مختلف ترکیبی و بررسی تفاوت‌های روش‌های نوین و کلاسیک، نتایج زیر به دست می‌آید:

۱- در بین روش‌های مختلف فردی بررسی شده با استناد به معیار خطای RMSE، پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی، نتایج بهتری را ارائه داده است؛ لازم به ذکر است که داده‌های تقاضای نفت و داده‌های آماری متغیرهای اقتصادی و بازرگانی از نوع داده‌های نامنظم هستند و به دلیل توانایی بالای روش شبکه عصبی مصنوعی در آموزش داده‌ها و اختصاص اوزان مناسب به این داده‌ها، شبکه عصبی مصنوعی نتایج با خطای پایین‌تری را نسبت به سایر روش‌ها داده است. میزان این معیار برای روش شبکه عصبی مصنوعی (الگوریتم پس انتشار خطای انعطاف پذیر دینامیکی و با لحاظ نرخ یادگیری ۰/۲ و ضریب  $\alpha$  انعطاف‌پذیری ۰/۲) در مقایسه با سایر روش‌های فردی در جدول (۳) نشان داده شده است.

۲- از نقطه نظر معیار RMSE مطابق با جدول (۳)، ترکیب روش‌های پیش‌بینی با ورود آنها به شبکه عصبی مصنوعی بهترین میزان خطای پیش‌بینی را داده است. این نتیجه، نشان‌دهنده کارایی بسیار بالای روش شبکه عصبی به عنوان یک رویکرد ترکیبی می‌باشد و ترکیب بعدی، که خطای مناسبی را دارد، روش رگرسیون چند متغیره است. با استناد به معیار RMSE، برتری مطلق روش شبکه‌های عصبی نسبت به رگرسیون چند متغیره قابل توجیه است؛ حال در این رابطه باید بررسی نمود که آیا در تحلیل نتایج، نیاز

به تحلیل آمار استنباطی هست یا خیر؟ روش رگرسیون چند متغیره آزمون خود همبستگی چندگانه را انجام داده و بعضی متغیرها را چنانچه ملاحظه شد، حذف می‌نماید؛ ولی در روش شبکه عصبی تمام ورودیها (مدل‌ها) می‌توانند لحاظ شوند. به نظر محققین، در این تحلیل، روش شبکه عصبی برای ترکیب می‌تواند روش مفید و مؤثری باشد؛ زیرا که کار ترکیب به روی خروجی‌ها صورت می‌گیرد و هر کدام به عنوان ورودی کاملاً مستقل می‌تواند فرض شوند که کار آموزش شبکه با تمام آنها صورت می‌گیرد. (با استناد به این نتیجه، تأیید فرضیه اصلی نتیجه‌گیری می‌شود).

۳- ترکیب هموارسازی با مدل باکس - جنکینز نتوانسته است میزان خطای روش‌های هموارسازی و نیز باکس - جنکینز را کاهش دهد؛ و میزان خطای آن از نقطه نظر معیار RMSE بالاتر از هر کدام از روش‌های فردی است؛ به هر حال، به دلیل اینکه در ترکیب هموارسازی نمایی با ARIMA مدل‌بندی آماری صورت می‌گیرد، لذا به عنوان روشی مؤثر و مفید می‌تواند لحاظ شود.

۴- معیارهای دیگری چون  $MAPE^1$  و  $GAPE^2$  و  $MPE^3$  نیز توانایی بالای روش‌های ترکیبی را در کاهش میزان خطای پیش‌بینی نسبت به روش‌های فردی نشان می‌دهند. ضمن اینکه ترکیب با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی بیشترین کارایی را به استناد تمام معیارها نشان داده است. لازم به ذکر است که این معیارها، در تحقیقات مختلف به صورت یکسان به کار گرفته شده‌اند و لذا معیارهایی همسو نمی‌باشند؛ ولی در این مطالعه، حداقل در به اثبات رساندن برتری مطلق روش پیش‌بینی ترکیبی به روش‌های فردی، این معیارها نتایج یکسان نشان داده‌اند.

۵- با توجه به اینکه در تئوریهای ترکیب روش‌های پیش‌بینی، یکی از روش‌های مورد توجه روش میانگین موزون می‌باشد، در این مطالعه نیز اقدام به انجام پیش‌بینی ترکیبی با روش میانگین موزون شد.

وزن‌گذاری روش‌های پیش‌بینی در این ترکیب با استفاده از رابطه  $W_i = \frac{(MSE_i)^{-1}}{\sum (MSE_i)^{-1}}$

1- Mean Absolute Percentage Error.

2- Geometric Absolute Percentage Error.

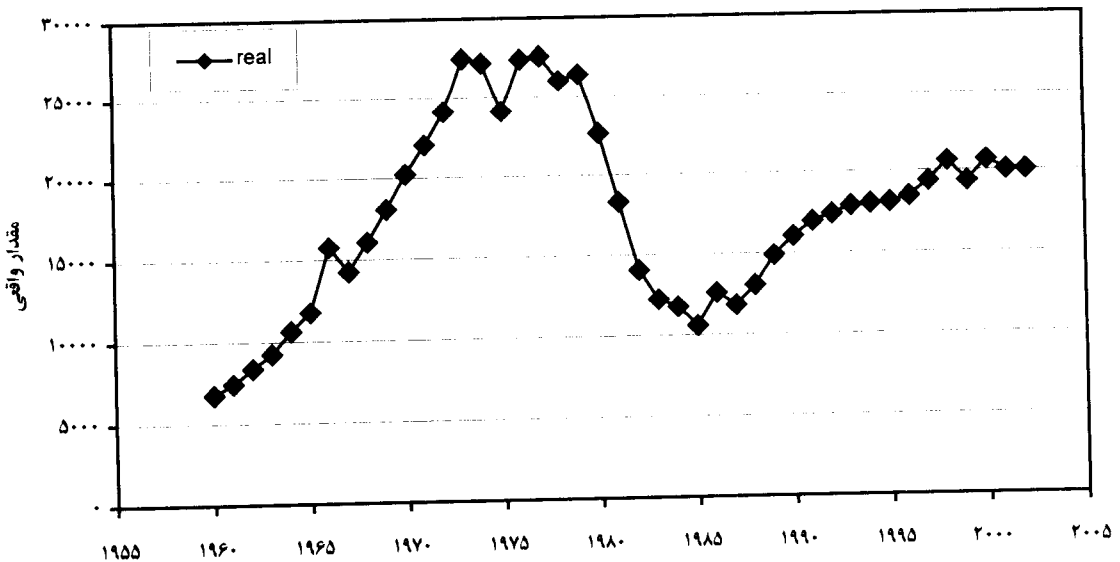
3- Mean Percentage Error.

و پیش‌بینی با رابطه ساده  $F_i = \sum_{j=1}^n W_j x_j$  صورت گرفته است.

در این تحلیل ترکیبی، میانگین موزون به عنوان یک روش ترکیبی خوب عمل نکرده است و کاهش میزان خطای MSE آن قابل ملاحظه نمی‌باشد و مدل‌های آماری باکس-جنکینز و هموارسازی نمایی بسیار بهتر از آن به عنوان روش‌های فردی عمل کرده‌اند؛ به هر حال، نتایج کلی این تحقیق در موارد فوق بیان شده و کاربرد مدل‌های ترکیبی پیش‌بینی را برای متغیرهای اقتصادی توصیه می‌نماید.

نتایج روش‌های ترکیبی و روش شبکه عصبی و نتایج آزمون در جدول (۵) و نمودارهای (۱) تا (۵) آمده است.

مقدار واقعی

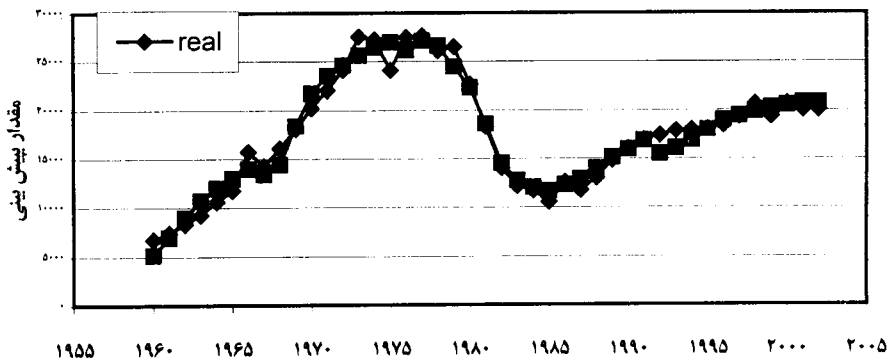


نمودار ۱- مقادیر واقعی

جدول (۴) - داده‌های واقعی و پیش‌بینی برای دوره آزمون

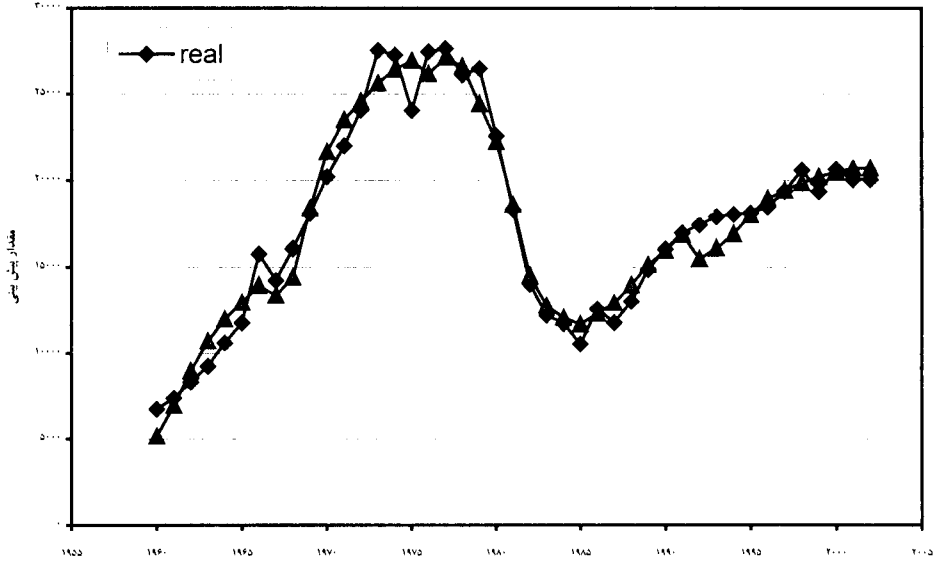
| سال   | 1996    | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| مقادیر واقعی                                    | ۱۸۴۵۶/۶ | ۱۹۳۸۱ | ۲۰۵۹۸ | ۱۹۳۶۳ | ۲۰۶۴۶ | ۲۰۰۵۴ | ۲۰۰۵۴ |
| ترکیب شبکه عصبی                                 | ۱۸۴۵۱   | ۱۹۵۱۲ | ۲۰۲۳۹ | ۱۹۶۹۰ | ۲۰۰۹۱ | ۲۰۵۲۷ | ۱۹۹۴۸ |
| پیش‌بینی ترکیب رگرسیون بدون وارد کردن شبکه عصبی | ۱۸۹۵۶   | ۱۹۴۳۸ | ۱۹۸۵۶ | ۲۰۲۰۸ | ۲۰۴۹۵ | ۲۰۷۱۷ | ۲۰۸۷۳ |
| پیش‌بینی ترکیب رگرسیون                          | ۱۹۱۰۲   | ۱۸۳۸۴ | ۱۸۳۴۶ | ۱۸۸۹۶ | ۲۲۹۱۶ | ۱۹۵۹۶ | ۱۹۵۰۰ |
| پیش‌بینی شبکه عصبی                              | ۱۷۷۸۸   | ۱۷۵۱۵ | ۱۰۲۵۳ | ۱۷۳۱۶ | ۲۶۹۵۴ | ۲۰۵۵۰ | ۱۹۰۶۸ |

ترکیب رگرسیون بدون وارد کردن شبکه عصبی



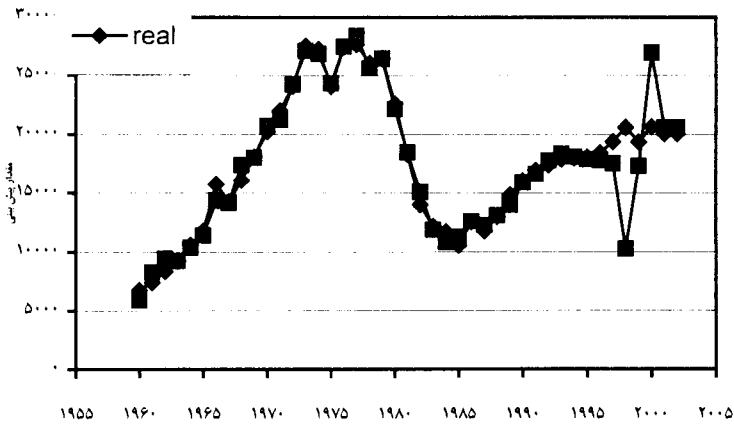
نمودار ۲- مقایسه مقادیر پیش‌بینی ترکیب رگرسیون بدون وارد کردن شبکه عصبی، با مقادیر واقعی

ترکیب شبکه عصبی



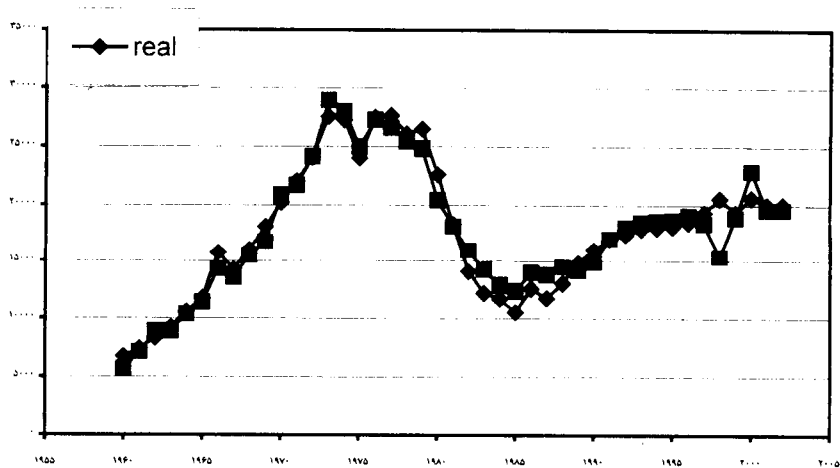
نمودار ۳- مقایسه مقادیر پیش‌بینی ترکیب شبکه عصبی با مقادیر واقعی

برآورد شبکه عصبی



نمودار ۴- مقایسه مقادیر پیش‌بینی شبکه عصبی با مقادیر واقعی

برآورد ترکیب رگرسیونی



نمودار ۵- مقایسه مقادیر پیش‌بینی ترکیب رگرسیونی با مقادیر واقعی



## فهرست منابع

- ۱- شیوا، رضا (۱۳۷۵)؛ پیش‌بینی سریهای زمانی؛ تهران: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- ۲- خالوزاده، حمید، علی خاکی صدیق، و کارو لوکس، ۱۳۷۷؛ "پیش‌بینی و الگوسازی قیمت سهام در بازار بورس تهران با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی"، *مجله عملی پژوهشی مدرس*؛ شماره ۶.
- ۳- خالوزاده، حمید ۱۳۷۷؛ *مدل‌سازی غیر خطی و پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس تهران*؛ رساله دکترای مهندسی برق - کنترل؛ دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- قاسمی، عبدالرسول، حسن اسدیپور و مختار شاصادقی (۱۳۸۰)؛ "کاربرد شبکه عصبی در پیش‌بینی سریهای زمانی و مقایسه آن با مدل ARIMA"، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*؛ مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- ۵- مشیری، سعید (۱۳۸۰)؛ "مدل شبکه عصبی تعیین قیمت نفت"، *مجله تحقیقات اقتصادی*، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، شماره ۵۸، صص ۱۴۷-۱۸۴.
- ۶- احمدیان، مجید؛ *نظریه بازار و کاربرد آن برای منابع انرژی پایان‌پذیر*؛ انتشارات مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، ۱۳۷۲.
- ۷- تقوی، احسان (۱۳۷۶)؛ *بررسی عدم تقارن تابع تقاضای نفت*؛ رساله کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تهران؛ دانشکده اقتصاد، صص ۱۱۲-۱۴۱.

8- Chat Field (1989); **The Analysis of Time Series: An Introduction**; London: Champan and Hall, pp. 35-36.

9- Sharda, R. (1994); **N.N for the Ms/OR Analysis: An application Bibliography Interfaces**; 1994, Vol. 24, pp. 116-130

10- Lapdes, A. and R. Farder (1987); **Non Linear Signal Processing Using N.N: Prediction and System Modeling**; Los Alamos National lab, Technical Report, LA-UR-87-26662.

11- Azoff, E; **Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets**; John Wiley & Sons, 1994.

- 12- Boyd, M. and I. Kaastra; **Designing a Neural Network** for Forecasting Financial and Economic Time Series; Vol. 10, 1996.
- 13- Kohzadi, N., M. Boyd, B. Kermanshahi, and I. Kaastra; "A Comparison of Artificial Neural Network and Time Series Models of Forecasting Commodity Prices"; **Neurocomputing**; Vol. 15, 1996.
- 14- Zhang, G. and E.B. Pattuwo, (1998); "Forecasting with Artificial Networks: The State of the Art", **International Journal of forecasting**; Vol. 14, pp. 35-62.
- 15- Zhang, G., E. B. Pattuwo, and M.Y. Hu, (2001); "A Simulation Study of Artificial Neural Networks for Nonlinear Time Series Forecasting", **Computers & Operation Research**; Vol. 28, pp. 381-3969.
- 16- Zhang, G.P.; "Time Series Forecasting using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model", **Neurocomputing**; Unpublished Press, November 2001.
- 17- Wang, G. and J. Leu; "Stock Market Trend Prediction Using ARIMA Based Neural Network", **IEEE**; 1996.
- 18- Bates, J.M and C.W.J. Granger (1970); The Combination of forecast's Operation Research, No. 20. pp. 451-468.
- 19- Makradiks, S.A. and A. Winkler (1986); "Average of Forecasts: Some Empirical Results", **Management Science**; No 29, pp. 987-996.
- 20- Collopy, F. and J.S. Armstrong(1992); "Rull Based Forecasting. Development and Validation of an Expeat system Approach to Combining Time series Entrapolation", **M.g.t Science**, No 10, pp. 1394-1414.
- 21- Alvaro, V.(2000); "A Hybrid Linear - Neural Model for Time Series Forecatng", **IEEE Transaction on Neural Network**; Vol(11), pp. 1402-1412.
- 22- Kwo, R.J. (2001); "A Sales Forecasting System Based on Fuzzy Neural Network with Initial Weight Generated by Genetic Algorithm", **European**

**Journal of Operational Reserch**; 120(2001); pp. 496-517.

23- Flovers, B.E. and S.L.L. Pears (2000); "M3, Comptition in Forecasting", **International Journal of Forecasting**; Vol. 16, pp. 485-496.

24- Armstrong J.S. and F. Collopy (1992); Error Measures for Generalizing about Froecating Methods: Empirical Comparison, **International Journal of Forecasting**, Vol. 8, pp. 69-80.

25- Kohzadi, N., B.S. Milton, B. Kermanshahi, and I. Kasastera (1993); **Neuro Computing**; Vol 10, pp. 169-181.

26- Trapson, P. (1990); "An MSE Statistic for Comparing Forecast Accuracy Across Series", **Int. Journal of froecasting**; pp. 219-227.

27- Clemen, R.T, (1989); Combining Forecasts: "A Review and Annotated Bibliography", **Int. Journal of Forecasting**; pp. 559-583.

28- Baker, B.D. and C.E. Richards (1999); A Companison of Conventional Linear Regression Methods and Neural Networks for Forecasting Educational Spending; Vol. 18, pp. 405-415.

29- Render, B, and J. Heizer; **Principle of operations management**; Allyn and Bocon, 1993; p.25.

30- Clement, M.P. (2002); "The State of Macroeconomics Forecasting", **Journal of Macroeconomics**; Vol. 24, pp. 569-482.

31- Croushore, D. (2002); "The State of Macroeconomics Forecasting", **Journal of Macroeconomics**; Vol. 24, pp. 483-489.

32- Ellioh, G. (2002); "Forecasting with a Real Time Data Set for Macroeconomics", **Journal of Macroeconomics**; Vol. 24. pp. 553-539.

33- Fildes, R. and H. Stekler (2002); "The State of Macroeconomics Forecasting", **Journal of Macroeconmics**; Vol. 24. pp. 435-468.

34- Frackler, J.S. (2002); "Forecasting with a Real-Time Data Set for Macroeconomics", **Journal of Macroeconomics**; Vol. 24. pp. 559-562.

35- Kozicki, S. (2002); "Forecasting with a Real-Time Data Set for Macroeconomics", **Journal of Macroeconomics**; Vol. 24. pp. 541-557.