

طراحی مدلی برای پیش‌بینی همگرا با بهینه‌یابی پارامترهای VARIMA (مطالعه موردی: پیش‌بینی سهم بازارهای استانی شرکت آلفا در بازار روغن‌های نباتی ایران)

بیت‌الله اکبری مقدم^۱، رضا یعقوبی شاد^۲

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۶

دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۲

چکیده:

امروزه نقش پیش‌بینی در بهره‌گیری از فرصت‌ها و یا دوری از تهدیدات انکارناپذیر است، لذا روش‌های متعدد پیش‌بینی نیز جهت شناسایی این فرصت‌ها در طی سال‌های گذشته مطرح گردیده‌اند؛ اما روش‌های موجود کمتر به تلفیق جنبه‌های ضمنی با جنبه‌های آماری جهت ارتقاء سطح پیش‌بینی پرداخته‌اند. به منظور برطرف ساختن مشکل مذکور و حصول نتایج دقیق‌تر، مدلی ارائه گردیده است که جنبه‌های آماری (انتظارات تطبیقی) را با به‌کارگیری آریما برای هر یک از سری‌های زمانی، و جنبه‌های ضمنی (انتظارات عقلایی) را در همگرایی ماتریسی سری‌های زمانی متبلور می‌سازد. مدل با همه پیچیدگی‌های مفهومی به یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی غیرخطی تبدیل می‌شود و در نهایت با استفاده نرم‌افزار گمز حل می‌گردد و پارامترهای آریما از آن استخراج می‌گردد. در ادامه با استفاده از پارامترهای تخمین زده شده، مقادیر دوره‌های بعد پیش‌بینی می‌گردد. میزان صحت پیش‌بینی‌های مدل مذکور نیز بر اساس معیار ریشه میانگین مجذور خطاها (RMSE) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی، مدل‌های ترکیبی، بهینه‌یابی، برنامه‌ریزی غیرخطی (NLP)، سهم بازار.

طبقه‌بندی JEL: M310, L210, L110, D470, D220, C880, C610, C530, C440, C320.

۱. دکتر اقتصاد، استادیار، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، (نویسنده مسئول)،

akbari.beitollah@gmail.com

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، yshadr@gmail.com

۱. مقدمه

تلاش‌های اخیر در جهت مطالعه سری‌های زمانی خصوصی در قرن نوزدهم عموم با ایده گرفتن از عالم جبری هویت می‌یابد. بیشترین همکاری صورت پذیرفته میان مفاهیم احتمالی در سری‌های زمانی با مفاهیم بدیهی، این است که هر سری‌زمانی از جهت درک به فرآیند احتمالی مربوط به آن وابسته است (Yule, 1927). پیش‌بینی فروش که در عمل بهتر است از آن با عنوان پیش‌بینی سهم بازار یاد شود، برای شرکت‌هایی که دارای چندین واحد کسب‌وکار استراتژیک می‌باشند و هریک از آن‌ها منطقه جغرافیایی مشخصی را با اندازه بازار معلوم، تحت پوشش خود قرار می‌دهند، بسیار پیچیده‌تر از یک سازمان کوچک است. پیش‌بینی سهم بازار به وسیله عواملی با همبستگی نسبتاً بالا تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Ramos, 2003). این عوامل می‌توانند عوامل جمعیتی، اقتصادی (درآمد خانوار، هزینه خانوار و تورم) و رقابتی باشند؛ که کنش واکنش این نیروها مدل پیش‌بینی را بسیار پیچیده می‌نماید. بنابراین پیش‌بینی سهم بازار مقوله‌ای پیچیده است که هر چه تعداد واحدهای کسب‌وکار بیشتر شود، پیچیدگی‌های پیش‌بینی به همان میزان گسترده‌تر می‌گردد. برای پیش‌بینی‌های کسب و کار نیز راهکارهایی ارائه شده است (Spencer, 1993). دیگر نمی‌توان صرفاً با استفاده از روش‌های آماری آینده سازمان را پیش‌بینی کرد. در اینجا فقدان مدلی که بتواند روش‌های پیش‌بینی ضمنی را به صورت مکمل با روش‌های آماری تلفیق کند، ملموس است. در واقع برای این دست از پیش‌بینی‌ها نیازمند مدلی هستیم تا انتظارات تطبیقی و انتظارات عقلایی را توأماً در نظر بگیرد و حد بهینه‌ای از برآورده شدن هر یک از آن‌ها را ارائه دهد.

از سوی دیگر، محیط متلاطم بیرونی و ضرورت ایجاد هم‌افزایی ارزش‌آفرین، سازمان‌ها را مجاب ساخته تا به صورت منسجم به همسویی استراتژیک میان واحدهای کسب و کار خود روی آورند. ایجاد همسویی در هنگام انتخاب استراتژی و کاربست آن در عملیات، نیازمند تکنیک‌های پیچیده‌ای است و همگرایی کسب سهم بازار، نمود بارز آن می‌باشد. در واقع شاید بتوان گفت جهت دادن پیش‌بینی برای تحقق همگرایی، مصداق پیش‌بینی ضمنی می‌باشد که می‌توان آن را به عنوان انتظار عقلایی در نظر گرفت. روی دیگر پیش‌بینی که پیش‌بینی آماری است و غالباً از روش‌های اقتصادسنجی بهره می‌جوید، تکمیل‌کننده پیش‌بینی خواهد بود و انتظارات

تطبیقی را پوشش خواهد داد. البته این نکته حائز اهمیت است که هرگز نمی‌توان اظهار داشت، کدام یک از این دو جنبه پیش‌بینی بر دیگری تقدم دارد.

در واقع در این مدل مقادیر پیش‌بینی برای هریک از سری‌های زمانی، بیشترین همپوشانی را با مقادیر واقعی در حال و گذشته دارد؛ از سویی دیگر نتایج پیش‌بینی آماری ماتریس سری‌های زمانی، همگرایی که به صورت ضمنی برای سازمان پیش‌بینی می‌شود را تلویحاً تأیید نماید. پیش‌بینی سری‌های زمانی که هر یک بر دیگری تأثیر می‌گذارند دارای پیچیدگی‌های درونی زیادی می‌باشند. برای حصول نتایج دقیق‌تر تلفیق روش‌های ضمنی و آماری راهگشا می‌باشد.

بخش دوم این مقاله به پیشینه‌ی تحقیق پرداخته است. در بخش سوم نیز به معرفی ساختارهای خودرگرسیون، میانگین متحرک و آریما پرداخته شده است. و در همین بخش مدل ترکیبی که انتظارات تطبیقی و عقلایی را با سناریوهای وزن‌دهی مختلف پوشش می‌دهد، تشریح می‌گردد. مدل با استفاده از فرضیه‌های همگرایی و با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی در پی دستیابی به پیش‌بینی‌های کامل‌تر و دقیق‌تر در چارچوب آریما ماتریسی است که در آن جنبه‌های ضمنی (همگرایی) و آماری (آریما) پیش‌بینی لحاظ شود. در بخش چهارم، خروجی‌های مدل پیش‌بینی سهم بازار، که با تلفیق روش‌های ضمنی و آماری برای داده‌های ماهانه طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ پیش‌بینی شده‌اند، بر اساس معیار خطای RMSE مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند. و در پایان نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲. روش‌شناسی

۲-۱ سیر روش‌های پیش‌بینی

اجزاء مورد توجه مبحث پیش‌بینی در بخش‌های مرتبط با تخمین پارامترها، تشخیص و بررسی مدل‌ها و پیش‌بینی مقادیر آینده تمرکز یافته است. انتشار مقاله باکس-جنکینز با عنوان تحلیل سری‌های زمانی، پیش‌بینی و کنترل دانش موجود در رابطه با سری‌زمانی را سر و سامان داد (Box and Jenkins, 1970). به‌علاوه، این نویسندگان سه مرحله جامع و منسجم را برای پیش‌بینی سری‌های زمانی که به صورت جسته و گریخته کارهایی بر روی آن‌ها انجام شده بود،

پایه‌گذاری کردند (Newbold, 1983). کتاب منتشره توسط باکس، جنکینز و رینسل^۱ در سال ۱۹۹۴ به همراه نویسندگان و همکاران جدید آنها یعنی گرگوری رینسل، نسخه به‌روز شده‌ی روش کلاسیک باکس-جنکینز (Box and Jenkins, 1970) را به همراه داشت. این کتاب شامل مفاهیم جدیدی برای تحلیل درونی^۲، تشخیص نقاط پرت^۳، آزمون ریشه واحد^۴ و کنترل فرآیند^۵ بود (Box et al, 1994).

۲-۲ آریما تک متغیره

راز موفقیت روش باکس-جنکینز در این واقعیت نهفته است که مدل‌های مختلف می‌توانند از بین رفتار انواع مختلف سری‌های زمانی، تقلید کنند و معمولاً انجام این کار به طور مناسب، نیازی به پارامترهای زیاد در انتخاب نهایی مدل، ندارد. با این حال، در اواسط دهه شصت، بسیار دیده می‌شد که انتخاب مدل، موضوع تحقیق محققان بود؛ و این در حالی بوده و هست که هیچ الگوریتمی برای مشخص کردن یک مدل منحصر به فرد وجود ندارد. از آن زمان به بعد، تکنیک‌ها و روش‌های زیادی جهت اضافه کردن دقت ریاضی در فرآیند تحقیق مدل آریما پیشنهاد شده است، از جمله می‌توان معیار آکائیک^۶ (AIC) و خطای پیش‌بینی نهایی آکائیک^۷ (FPE) و معیار بیز^۸ (BIC) را مورد اشاره قرار داد. اغلب این معیارها جهت حداقل کردن خطاهای پیش‌بینی یک گام به جلو از جریمه بستن به مقادیر انحراف از مقادیر اصلی درون نمونه استفاده می‌کنند. معیار خطای پیش‌بینی نهایی آکائیک نیز برای پیش‌بینی‌های چند گام به جلو^۹ عمومیت یافت (Bhansali, 1996; Bhansali, 1999). اما این روش برای کارهای کاربردی مورد استفاده قرار نگرفت. همچنین ممکن است به نظر برسد این حالت با این شرایط مبتنی بر ممیزی موازی و ممیزی نمونه‌های مجزا می‌باشد (West, 1996). اساس این مدل مبتنی بر استفاده از خطاهای پیش‌بینی خارج از نمونه اصلی می‌باشد، که در ابتدا جهت یافتن رویکردی باارزش و مرتبط مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pena and Sanchez, 2005).

1. Reinsel.
2. Intervention Analysis.
3. Outlier Detection.
4. Unit Roots Test.
5. Process Control.
6. Akaike's information criterion (AIC).
7. Akaike's final prediction error (FPE).
8. Bayes information criterion (BIC).
9. Multi- Step-Ahead Forecasting.

تعدادی روش برای تخمین پارامترهای مدل آریما وجود دارد (Box et al, 1994) و اگرچه این روش‌ها به صورت جانبی هستند ولی در عمل تخمین‌های آن‌ها به همان توزیع نرمال میل می‌کند، باید توجه داشت که آن‌ها تفاوت زیادی در نمونه‌های کوچک با یکدیگر دارند. در یک مقایسه تطبیقی بسته‌های نرم‌افزاری، نیوبلد، آگیاکلوگلو، و میلر نشان دادند که این اختلافات کاملاً قابل توجه و اثرگذار در نتایج هستند و ممکن است در پیش‌بینی‌ها اثرات جدی از خود بر جای بگذارند. آن‌ها توصیه کردند که جهت رفع این مشکل از حداکثر درست‌نمایی استفاده شود (Newbold et al, 1994). تأثیر خطاهای تخمین پارامترها بر روی محدوده احتمالی پیش‌بینی‌ها نیز مورد توجه زلنر قرار گرفت. او از تحلیل بیزی و استخراج توزیع پیش‌بینی مقادیر آینده، به وسیله عمل آوردن پارامترهای مدل آریما به عنوان متغیرهای تصادفی استفاده کرد (Zellner, 1971).

۲-۳ آریمای چند متغیره

مدل آریما ماتریسی (واریما^۱) همان مدل آریما تک متغیره تعمیم یافته به چند متغیره می‌باشد. مشخصات عمومی فرآیند وارما اولین بار توسط کوینویلی مطرح شد (Quenouille, 1957) ریس و استیم اثر تخمین پارامترها را بر روی پیش‌بینی‌های وارما نشان دادند (Riise and Tjstheim, 1984). همچنین چولتی و لامی نشان دادند که چطور فیلترهای هموارسازی می‌توانند به مدل‌های وارما تبدیل شوند (Cholette and Lamy, 1986). بعدها بیدارکوتا این مسئله را مورد توجه قرار داد با فرق اینکه یکپارچگی متغیرهای مشاهده شده را به مانایی آن‌ها ترجیح داد (Bidarkota, 1998).

خودرگرسیو ماتریسی (وار^۲) به صورت یک حالت خاص از دسته عمومی‌تر وارما بنانهاده شده است. اساساً مدل وار یک تخمین نامقید (منعطف) و عادلانه برای رسیدن به حالت تعدیل شده از میان مدل‌های متنوع و زیاد اقتصادسنجی پویا می‌باشد. فانکه^۳ پنج مشخصه متفاوت وار وار را بیان کرد و کارایی پیش‌بینی آن‌ها را بر روی سری‌های ماهانه تولیدات صنعتی باهم مقایسه کرد (Funke, 1990). همچنین تحقیقاتی در حوزه داده‌های متقاطع صورت پذیرفت که اثرات مستقل چند سری زمانی را در قالب یک پنل بررسی می‌نماید. (Seung et al, 2013)

1. Vector ARIMA (VARIMA).
2. Vector Autoregressions (VARs).
3. Funke.

دریس و توماکس این مبحث را در جهت رسیدن به وار ساختاریافته^۱ مورد بررسی قرار دادند (Dhrymes and Thomakos, 1998) اثر تغییرات ساختار مدل بر روی پیش‌بینی‌های وار توسط هافر و شیهان نشان داده شد (Hafer and Sheehan, 1989) و همچنین در ادامه ویرینگا و هورواس نیز مقالاتی را به چاپ رسانیدند (Wieringa and Horvath, 2005). هانسون و همکاران برای نقطه شروع استخراج پیش‌بینی‌های وار گام به گام پارامتریک شده، از مدلی پویا^۲ استفاده کردند (Hansson et al, 2005).

عموم مدل‌های وار گرایش دارند تا تعداد زیادی از پارامترهای آزاد معنادار را پوشش دهند. در نتیجه این مدل‌ها پیش‌بینی‌های خارج از نمونه ضعیفی را فراهم می‌کنند، اگرچه حتی پیش‌بینی‌های درون نمونه نیز خوب هستند (Liu et al, 1994; Simkins, 1995). در عوض محدود کردن بعضی از پارامترها به صورت معمول و تحمیل توزیع‌های پیشین بر روی پارامترها از سوی دیگر، این عقیده را بیان می‌دارد که متغیرهای اقتصادی زیادی به صورت تصادفی رفتار می‌کنند (Litterman, 1986).

۲-۴ مدل‌های ترکیبی^۳

همکاری‌های مهم اخیر در زمینه مدل‌های ترکیبی توسط باتیس، گرانجر، نیوبلد، وینکلر و ماکریداکیس انجام شده است (Bates and Granger, 1969; Newbold and Granger, 1974; Winkler and Makridakis, 1983). شواهدی که برای کارایی پیش‌بینی‌های ترکیبی وجود دارد، معمولاً در حوزه واریانس‌های خطاهای پیش‌بینی تعریف می‌شوند. دایبلد و پاولی از تکنیک انقباضی بیزی برای ایجاد امکان شرکت جستن اطلاعات گذشته جهت تخمین وزن‌های ترکیبی استفاده نمودند (Diebold and Pauly, 1990). پیش‌بینی‌های ترکیبی مدل‌های خیلی مشابه، که این مدل‌ها قابلیت به‌روزرسانی مکرر وزن‌ها را دارند، مورد توجه ژو و یانگ قرار گرفته است (Zou and Yang, 2004). اگر در میان اجزاء پیش‌بینی نا مانایی رخ دهد، تعیین وزن‌های ترکیبی روش‌های زمان یکنواخت می‌تواند منجر به پیش‌بینی‌های ضعیف مرتبط شود. میلر و همکارانش اثر تغییر مکان نا مانایی را در محدوده روش‌های ترکیبی پیش‌بینی، آزمون کردند (Miller et al, 1992). به طور آزمایشی، آن‌ها نتیجه گرفتند که میانگین ضربان ساده، پیچیده‌تر از روش‌های ترکیبی می‌باشد.

1. Structural VARs.
2. Dynamic Factor Model.
3. Combining.

پیش‌بینی ترکیبی مدل‌های خطی و بعضی مدل‌های غیرخطی سری‌های زمانی را می‌توان با روش حداقل مجذور مربعات وزن‌دهی کرد که به خوبی روش تعیین وزن با زمان متغیر می‌باشد شکل توزیع خطاهای پیش‌بینی ترکیبی و رفتار احتمالی مرتبط با آن مورد مطالعه بن، و تیلور قرار گرفته است (Taylor and Bunn, 1999). چولگی توزیع‌های خطای پیش‌بینی غیر نرمال به صورت معیاری مرتبط، جهت معرفی روش ترکیب پدیدار می‌شود. برای اینکه چرا پیش‌بینی ترکیبی رقابت، برومندتر از پیش‌بینی‌های عالی جداگانه می‌باشد، چند دیدگاه وجود دارد. برای این موضوع فانگ از آزمون‌های دربرگیرنده پیش‌بینی استفاده نمود (Fang, 2003).

نظریه‌های آینده‌نگری (انتظارات تطبیقی و عقلایی) نیز به واسطه مدل‌های ترکیبی قابل پیاده‌سازی است. در این اواخر نیز مدل‌های ترکیبی که چند ورودی و چند خروجی را همزمان تحت پوشش قرار می‌دهند نیز مطرح شده‌اند (Chen et al, 2013). آینده‌نگری اولین بار به دلیل یک ضرورت نظامی در سال ۱۹۴۸ در موسسه «راند» در آمریکا مطرح شد. عمده این مطالعات بر مبنای پیش‌بینی بود که سعی در شناخت وقایع احتمالی جنگ داشت و بعدها در مسائل غیرنظامی و اقتصادی نیز به کار رفت. از دهه هشتاد به بعد، مفهوم آینده‌نگری در سیاست‌گذاری جای گرفت. برای نخستین بار، ژاپنی‌ها در دهه هشتاد از آینده‌نگاری به عنوان ابزار سیاست‌گذاری استفاده کردند. چندین دهه است که در سازمان‌های دولتی و خصوصی، برنامه آینده‌نگاری در مقیاس‌های بخشی، منطقه‌ای و ملی و در حوزه‌های مختلف علم، فناوری، فرهنگ، محیط زیست و غیره اجرا می‌شود. در سال‌های اخیر زمینه و چشم‌انداز این برنامه‌ها بر حوزه علم و فناوری تمرکز داشته و اکنون آینده‌نگاری علم و فناوری ابزار تصمیم‌گیری دولتی در محیط سیاست علم و فناوری است. در حوزه پژوهش‌های داخلی نیز مدل‌های ترکیبی جهت پیش‌بینی نرخ ارز (خاشعی و همکاران، ۱۳۹۱)، طلا (خاشعی و بیجاری، ۱۳۸۷)، نفت (صادقی و همکاران، ۱۳۹۰) و قیمت گوشت (زارع مهرجردی و نگارچی، ۱۳۹۰) کاربردهای خوبی را از خود نشان داده‌اند.

۳. مبانی نظری

۳-۱ مدل خودرگرسیو

زیربنای فکری روش خودرگرسیو این است که ضرایب مدل مقادیری اختیار کنند که نتایج

مدل رگرسیون برای مقادیر درون نمونه بیشترین نزدیکی را به مشاهدات واقعی داشته باشد. لذا براساس اطلاعات نمونه، پارامترهای معادله رگرسیونی با حل معادلات زیر برآورد می‌گردد (سوری، ۱۳۹۱: ص ۳۴):

$$\text{Min} \sum e_i^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum (y_i - \beta_1 - \beta_2 X_i)^2 \quad \text{فرمول (۱)}$$

مدل AR با مرتبه p به صورت زیر است (سوری، ۱۳۹۱: ص ۲۳۴):

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad \text{فرمول (۲)}$$

که در آن $\varphi_1, \dots, \varphi_p$ پارامترهای مدل هستند. c ثابت مدل و ε_t خطای وایت نویز مدل است.

۲-۳ مدل میانگین متحرک

مدل MA با مرتبه q به صورت زیر است (سوری، ۱۳۹۱: ص ۲۳۱):

$$X_t = \mu + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad \text{فرمول (۳)}$$

در این مدل، $\theta_1, \dots, \theta_q$ پارامترهای مدل هستند. μ امید ریاضی X_t است (و اغلب برابر صفر در نظر گرفته می‌شود). $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots$ نیز ترم‌های خطای وایت نویز مدل می‌باشند.

۳-۳ مدل خودرگرسیو میانگین متحرک

زمانی که امکان طراحی مدل ساختاری مناسب وجود ندارد برای پیش‌بینی سری زمانی y به صورت خطی از مقادیر قبلی خودش بعلاوه ترکیبی از مقادیر فعلی و قبلی پسماند (جزء اخلاص) بهره گرفته می‌شود.

برای داده‌های سری زمانی به صورت X_t ، مدل آرما ابزاری برای مطالعه و شاید پیش‌بینی مقادیر آتی چنین سری‌هایی است. این مدل شامل دو بخش، خودرگرسیو که به اختصار (AR) و میانگین متحرک که به اختصار (MA) نامیده می‌شوند، می‌باشد. بنابراین مدل آرما را در ادبیات علمی به صورت ARMA(p,q) نمایش می‌دهند که در آن p مرتبه مدل AR و q مرتبه مدل MA است؛ و نمایش ریاضی آن به شکل زیر می‌باشد (سوری، ۱۳۹۱: ص ۲۴۶):

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad \text{فرمول (۴)}$$

۳-۴ انتظارات تطبیقی

در ادامه علاوه بر انتظارات تطبیقی که مبتنی بر مدل‌های اقتصادسنجی می‌باشد، و پیش‌بینی بر پایه اطلاعات گذشته صورت می‌پذیرد (گرجی و اقبالی، ۱۳۸۶)، انتظارات عقلایی نیز جهت بالا بردن کیفیت پیش‌بینی وارد مدل می‌گردند؛ تابع انتظارات تطبیقی (مدل تصحیح خطا) به شکل زیر می‌باشد که سطح انتظاری متغیر تابعی است از سطح تحقق یافته متغیر در سنوات گذشته و این تعریف باعث می‌شود تا شکل تبعی آن به میانگین متحرک بسیار نزدیک باشد:

$${}_{t-1}P_t = P(P_t) = P_{t-1} + \theta({}_{t-2}P_{t-1} - P_{t-1}) \quad \text{فرمول (۵)}$$

۳-۵ انتظارات عقلایی

انتظارات عقلایی مبتنی بر سناریوسازی و پیش‌بینی بر پایه اطلاعات یک دوره زمانی قبل است. تابع انتظارات عقلایی به شکل زیر می‌باشد که سطح تحقق یافته متغیری که پیش‌بینی می‌شود برابر است با سطح انتظاری متغیر به اضافه یک جزء خطای نامعین و تصادفی با میانگین صفر (ابریشمی، ۱۳۸۱)؛ چون در شکل‌دهی انتظارات از همه اطلاعات موجود استفاده شده و باهم ترکیب و تلفیق می‌گردد، لذا خطای انتظاری صفر است:

$$P_t = {}_{t-1}P_t + e_t \quad E({}_{t-1}e_t) = 0 \quad \text{فرمول (۶)}$$

۳-۶ نحوه ارزیابی مدل

مدل با استفاده از معیار ریشه متوسط مربعات خطاها (RMSE) مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت (سوری، ۱۳۹۱: ص ۲۵۹):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=T+1}^{T+m} (Y_t^f - Y_t)^2}{m}} \quad \text{فرمول (۷)}$$

۳-۷ تعریف متغیرهای مدل

متغیرهای مسئله جهت مدل‌سازی غیرخطی در جدول بعد معرفی و تعریف شده‌اند:

جدول ۱: معرفی متغیرهای مدل

متغیر	شرح
s	شاخص استان
t	شاخص زمان (مقطع زمانی یا همان ماه)
n	نشانیگر سناریو
p	مرتبه معادله خودرگرسیو
q	مرتبه معادله میانگین متحرک
$MS_{(s,t)}$	سهم بازار
$TR_{(s)}$	مقدار روند
$AR_{(s,t)}$	مقدار خودرگرسیو
$MA_{(s,t)}$	مقدار میانگین متحرک
$C_{(s)}$	جزء ثابت سری زمانی
$e_{(s,t)}$	مقدار جزء باقیمانده برای مقادیر درون نمونه (اختلاف بین مقدار واقعی و مقدار پیش‌بینی)
$MSF_{(s,t)}$	مقدار سهم بازار پیش‌بینی شده برای مقاطع درون نمونه
$MSX_{(s,t)}$	مقدار سهم بازار پیش‌بینی شده برای مقاطع برون نمونه
MSE	مربعات اجزاء باقی‌مانده
RMSE	مجذور مربعات اجزاء باقی‌مانده
$AVE_{(t)}$	میانگین سهم بازار استان‌ها در زمان (مقطع زمانی یا همان ماه)
$VAR_{(t)}$	واریانس سهم بازار استان‌ها در زمان (مقطع زمانی یا همان ماه)

۳-۸ فرموله کردن مدل

مدل‌سازی اتوماتیک آریمما تک متغیره نشان داده که پیش‌بینی‌های با یک گام رو به جلو به دقت مدل‌سازی‌های ترکیبی می‌باشد (Hill & Fildes, 1984; Libert, 1984; Poulos et al, 1987; Texter & Ord, 1989). چندین نرم‌افزار روش‌های پیش‌بینی اتوماتیک (از جمله روش‌های چند متغیره) را پوشش می‌دهند. (Tashman and Leach, 1991; Tashman, 1991; Geriner and Ord, 1991). اغلب این روش‌ها مانند جعبه‌های سیاه عمل می‌کنند. فن‌آوری‌های سیستم‌های خبره^۱ نیز می‌تواند جهت ارتقا این مدل‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Me'lard & Pasteels, 2000).

1. Expert Systems.

بعضی از راهنمایی‌ها جهت انتخاب روش پیش‌بینی اتوماتیک توسط چتفیلد ارائه شده است (Chatfield, 1988). روش‌های متعددی برای انتخاب وزن‌دهی ترکیبی معرفی شده‌اند. روش میانگین ساده به طور گسترده‌ای به عنوان روش ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما این روش اطلاعات قبلی را در جهت افزایش دقت پیش‌بینی‌ها و یا وابستگی میان آن‌ها بکار نمی‌برد. روش ساده دیگر ترکیب خطی از پیش‌بینی‌های مستقل با وزن‌دهی ترکیبی با استفاده از روش حداقل مربعات خطاها (با فرض نااریبی) می‌باشد، که بر روی ماتریس پیش‌بینی‌های قبلی و مشاهدات قبلی اعمال می‌شود (Granger & Ramanathan, 1984). با این وجود، روش حداقل مربعات خطاها با وجود احتمال همبستگی میان خطاهای پیش‌بینی ترکیبی، وزن‌ها را به صورت کارا تخمین می‌زند. آکسو و گانتز برخی جزئیات این مشکل را نشان داده‌اند (Aksu and Gunter, 1992; Gunter, 1992) آن‌ها استفاده از روش حداقل مربعات خطاها برای پیش‌بینی‌های ترکیبی را با وزن‌های محدود شده که جمع آن‌ها یک می‌شود را توصیه کرده‌اند. گرانجر چندین بسط از ایده اصلی باتیس و خودش (Bates and Granger, 1969) را که شامل پیش‌بینی ترکیبی با افق زمانی فراتر از یک دوره بود را توسعه داده است (Granger, 1989). اما زمانی که بنا باشد چند سری زمانی پیش‌بینی شوند، مدل‌های واریما می‌توانند فرضیات برونزا و ارتباطات همزمان را با هم تطبیق دهند، آن‌ها چالش‌های جدیدی برای پیش‌بینی و سیاست‌گذاری فراهم کردند. و برای تعیین حداکثر افق زمانی پیش‌بینی در فرآیندهای وارما، دی‌گوئجر و کلین مفاهیم تئوریک پیش‌بینی‌های تجمعی چند گام رو به جلو و پیش‌بینی تجمعی خطاهای چند گام رو به جلو را بنا نهادند (De Gooijer and Klein, 1991).

با بهره‌گیری از مبانی نظری که پیش از این به آن پرداخته شد و متغیرهایی که تعریف گردیدند، فرموله کردن مدل جهت پیش‌بینی سری‌های زمانی سهم شرکت از بازار روغن نباتی ایران به شکل زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \text{Min } SSR &= \sum_{n=1}^{37} \sum_{s=1}^{28} \sum_{t=1}^{104} (MSF_{(s,t)} - MS_{(s,t)})^2 \\ \text{s.t.} \\ MSX_{(s,t)} &= MS_{(s,t)} \\ \text{for } t &\leq 104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSX_{(s,t)} &= TR_{(s)} * t + \sum_{i=1}^{T} (MSX_{(s,t-i)} * AR_{(s,i)}) \\
 &\quad + \sum_{j=1}^{T-1} ((MSF_{(s,t-j)} - MS_{(s,t-j)}) * MA_{(s,j)}) + C_s \\
 &\quad \frac{\sum_{s=1}^{TA} \left(MSX_{(s,t)} - \left(\frac{\sum_{s=1}^{TA} MSX_{(s,t)}}{\sum_{s=1}^{TA} 1} \right) \right)^T}{\left(\left(\sum_{s=1}^{TA} 1 \right) - 1 \right)} \\
 &\leq \left(1 - \left(\frac{n-1}{1+t} \right) \right) * \sum_{s=1}^{TA} \left(MSX_{(s,t-1)} - \left(\frac{\sum_{s=1}^{TA} MSX_{(s,t-1)}}{\sum_{s=1}^{TA} 1} \right) \right)^T \Bigg/ \left(\left(\sum_{s=1}^{TA} 1 \right) - 1 \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \neq \cdot \quad & \text{for } t > 1, \dots, T \\
 MSF_{(s,t)} &= TR_{(s)} * t + \sum_{i=1}^{T} (MS_{(s,t-i)} * AR_{(s,i)}) \\
 &\quad + \sum_{j=1}^{T-1} ((MSF_{(s,t-j)} - MS_{(s,t-j)}) * MA_{(s,j)}) + C_s \\
 &\quad \begin{aligned} &|AR_{(s,t)}| < 1 \\ &|MA_{(s,t)}| < 1 \\ &\text{for } n = 1, 2, \dots, T \end{aligned}
 \end{aligned}$$

فرمول (۸)

۴. اطلاعات و داده‌ها

در مقاله حاضر، بنا به اهداف و روش اجرایی آن، جامعه آماری، بازار روغن نباتی کلیه استان‌های کشور که از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ به صورت پیوسته و مجزا از هم بررسی شده‌اند. این جامعه شامل همه مناطق جغرافیایی ایران و بافت‌های جمعیتی می‌باشد. نمونه آماری یا حجم نمونه این تحقیق برابر همه استان‌های کشور که در تقسیمات کشوری تا سال ۱۳۸۴ موجودیت یافته‌اند. (همه استان‌های فعلی به استثناء استان‌های البرز، خراسان جنوبی و خراسان شمالی)؛ در حقیقت، بایستی بیان نمود که در این مقاله روش نمونه‌گیری خاصی وجود ندارد. از آنجایی که کل استان‌های کشور ۳۱ استان می‌باشند و به دلیل محدود بودن جامعه، کل جامعه

(به استثنا استان‌های البرز، خراسان جنوبی و خراسان شمالی) به عنوان نمونه‌ی آماری انتخاب شده است.

برای ارزیابی مدل ترکیبی پیشنهادی، از ۳۲ سناریو بهره گرفته شده است؛ همچنین داده‌ها به دو دسته جهت یادگیری و آزمون تقسیم گردیدند. هر سری زمانی ۱۰۴ ماه را پوشش می‌دهد که ۲۴ داده اول جهت یادگیری مدل و ۸۰ داده باقیمانده جهت آزمون مدل بکار گرفته شده است. مقادیر سهم شرکت از بازار روغن نباتی استان‌ها از طریق تقسیم حجم فروش بر حجم بازار محاسبه گردیده و این مقادیر برای هر استان یک سری زمانی منحصر به فرد را ایجاد می‌نماید، پیش‌بینی پذیر بودن آن‌ها با استفاده از آزمون ریشه واحد و آزمون دیکی‌فولر بررسی گردید. در این آزمون، زمانی که فرضیه صفر پذیرفته شود، وجود ریشه واحد ثابت می‌گردد. جدول زیر نتایج آزمون‌های ریشه واحد را برای همه سری‌های زمانی (سهم بازارهای استان‌ها) را نشان می‌دهد.

جدول ۲: نتایج آزمون ریشه واحد برای سری‌های زمانی استان‌ها

استان	آماره t	احتمال داشتن ریشه واحد	مقدار آماره توزیع در سطح آلفا ۱٪	مقدار آماره توزیع در سطح آلفا ۵٪	مقدار آماره توزیع در سطح آلفا ۱۰٪
اردبیل	-۷/۹۱۵۲۴	۰	-۴/۰۳۹۷۹۷	-۳/۴۴۹۳۶۵	-۳/۱۴۹۹۲۲
اصفهان	-۷/۶۹۳۸۷	۰	-۴/۰۳۹۷۹۷	-۳/۴۴۹۳۶۵	-۳/۱۴۹۹۲۲
ایلام	-۱۵/۵۲۴۳	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
آذربایجان شرقی	-۱۴/۹۶۸۸	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
آذربایجان غربی	-۸/۳۷۴۹۸	۰	-۴/۰۳۹۰۷۵	-۳/۴۴۹۰۲	-۳/۱۴۹۷۲
بوشهر	-۹/۴۷۱۲۷	۰	-۴/۰۳۹۰۷۵	-۳/۴۴۹۰۲	-۳/۱۴۹۷۲
تهران	-۱۳/۱۸۹۳	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
چهارمحال و بختیاری	-۱۰/۶۶۷۱	۰	-۴/۰۳۹۰۷۵	-۳/۴۴۹۰۲	-۳/۱۴۹۷۲
خراسان	-۱۰/۰۱۰۶	۰	-۴/۰۳۸۳۶۵	-۳/۴۴۸۶۸۱	-۳/۱۴۹۵۲۱
خوزستان	-۵/۱۶۶۴۶	۰/۰۰۰۲	-۴/۰۴۲۸۱۹	-۳/۴۵۰۸۰۷	-۳/۱۵۰۷۶۶
زنجان	-۵/۳۶۸۵۸	۰/۰۰۰۱	-۴/۰۴۰۵۳۲	-۳/۴۴۹۷۱۶	-۳/۱۵۰۱۲۷

استان	آماره t	احتمال داشتن ریشه واحد	مقدار آماره توزیع در سطح آلفا ۱٪	مقدار آماره توزیع در سطح آلفا ۵٪	مقدار آماره توزیع در سطح آلفا ۱۰٪
سمنان	-۱۰/۴۴۴۹	۰	-۴/۰۳۸۳۶۵	-۳/۴۴۸۶۸۱	-۳/۱۴۹۵۲۱
سیستان و بلوچستان	-۱۳/۲۳۴۰	۰	-۴/۰۳۸۳۶۵	-۳/۴۴۸۶۸۱	-۳/۱۴۹۵۲۱
فارس	-۹/۴۰۴۶۵	۰	-۴/۰۳۹۰۷۵	-۳/۴۴۹۰۲	-۳/۱۴۹۷۲
قزوین	-۵/۲۵۵۷۰	۰/۰۰۰۲	-۴/۰۴۲۸۱۹	-۳/۴۵۰۸۰۷	-۳/۱۵۰۷۶۶
قم	-۴/۷۶۰۵۷	۰/۰۰۱	-۴/۰۴۶۹۲۵	-۳/۴۵۲۷۶۴	-۳/۱۵۱۹۱۱
کردستان	-۱۶/۴۶۵۷	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
کرمان	-۹/۱۷۹۷۹	۰	-۴/۰۳۸۳۶۵	-۳/۴۴۸۶۸۱	-۳/۱۴۹۵۲۱
کرمانشاه	-۱۰/۴۱۱۷	۰	-۴/۰۳۸۳۶۵	-۳/۴۴۸۶۸۱	-۳/۱۴۹۵۲۱
کهگیلویه و بویراحمد	-۵/۰۹۳۲۵	۰/۰۰۰۳	-۴/۰۴۲۸۱۹	-۳/۴۵۰۸۰۷	-۳/۱۵۰۷۶۶
گلستان	-۱۲/۸۶۳۶	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
گیلان	-۱۳/۷۶۲۱	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
لرستان	-۱۶/۱۹۷۵	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
مازندران	-۱۲/۵۲۲۷	۰	-۴/۰۳۷۶۶۸	-۳/۴۴۸۳۴۸	-۳/۱۴۹۳۲۶
مرکزی	-۴/۴۲۹۷۷	۰/۰۰۳	-۴/۰۴۳۶۰۹	-۳/۴۵۱۱۸۴	-۳/۱۵۰۹۸۶
هرمزگان	-۶/۱۹۷۶۱	۰	-۴/۰۴۴۴۱۵	-۳/۴۵۱۵۶۸	-۳/۱۵۱۲۱۱
همدان	-۹/۳۳۱۳۹	۰	-۴/۰۳۹۰۷۵	-۳/۴۴۹۰۲	-۳/۱۴۹۷۲
یزد	-۸/۷۷۶۰۴	۰	-۴/۰۳۹۰۷۵	-۳/۴۴۹۰۲	-۳/۱۴۹۳۲۶

نتایج بیانگر این هستند که سری‌های زمانی به جز چهار مورد (بوشهر، فارس، هرمزگان، و خوزستان) نا مانا هستند ولی با یکبار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند؛ در همه موارد فرضیه صفر فرآیند نا مانایی در سطح اطمینان ۱٪ آزمون می‌گردد. وجود احتمال صفر و یا نزدیک به صفر برای همه سری‌های زمانی بیانگر این موضوع است که سری‌ها قویاً پیش‌بینی پذیر هستند.

زمانی که مدل ماناست، هوتا و کاردوسونتنو نشان دادند که با استفاده از داده‌های پیوسته، پایین آمدن اثربخشی زیاد نخواهد بود، حتی اگر مدل متعارف نباشد. بنابراین، پیش‌بینی به وسیله‌ی مدل‌های پیوسته و یا گسسته مشابه می‌تواند صورت پذیرد (Hotta and Cardoso Neto, 1993). اگر سری‌زمانی متعارف باشد و از مدل آریما تک متغیره پیروی کند، پیش‌بینی‌هایی که در مدل حداقل مجذور مربعات خطا برای مشاهدات گسسته به دست می‌آیند، به‌خوبی پیش‌بینی‌های مشاهدات پیوسته می‌باشند. با این وجود، در کاربردهای عملی سایر عوامل، مانند داده‌های گمشده در سری‌های گسسته مورد توجه هستند. لدولتر و هوتا اثر انتشاری تجمعی فاصله پیش‌بینی وقتی که پارامترهای مدل آریما تخمین زده می‌شوند، را تحلیل کرده‌اند (Ledolter, 1989; Hotta, 1993). همچنین این نتایج بیانگر آن است که سری‌های زمانی سهم بازارها مانند خیلی از سری‌های مالی دیگر بازگشت به ترند دارد و لازم است تا متغیرترند نیز در مدل دیده شود. حداکثر دوره خودرگرسیو ۲۴ و حداکثر دوره میانگین متحرک ۴۰ در نظر گرفته شده است.

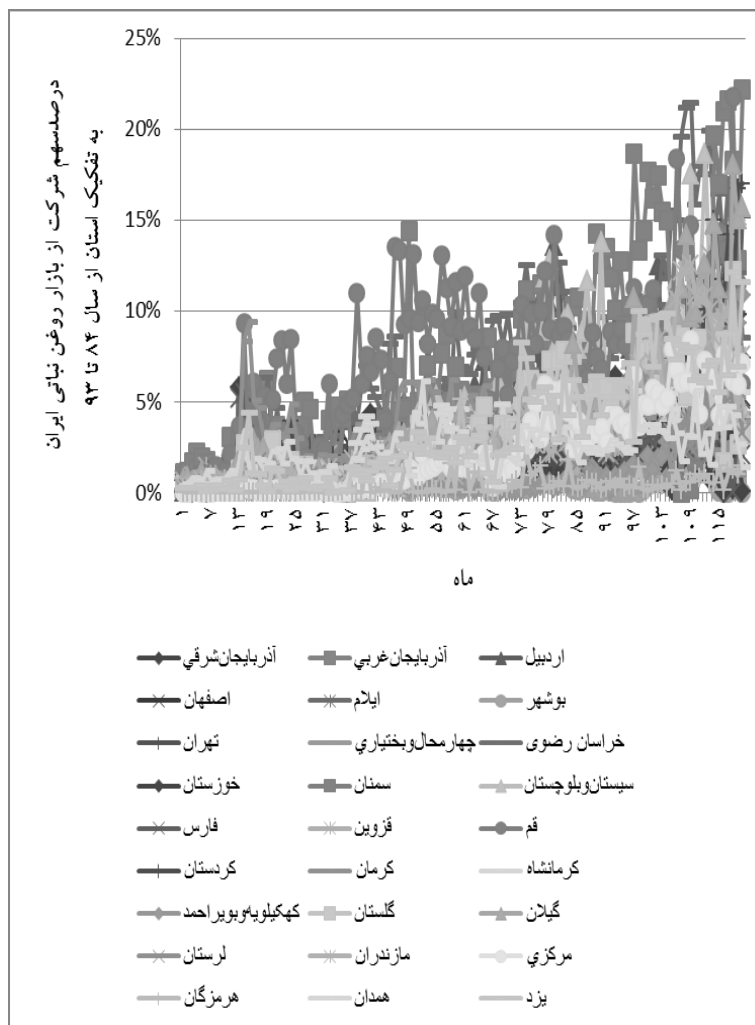
۱.۴ به‌کارگیری مدل ترکیبی برای پیش‌بینی

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش‌های سنجش اقتصادی بهره گرفته شده است، در واقع سنجش اقتصادی به تحلیل کمی پدیده‌های اقتصادی بر مبنای تئوری و مشاهده می‌پردازد؛ به طور کلی ابتدا مرتبه معادلات خودرگرسیوبرداری هر سری‌زمانی به عنوان مجهولات مسئله تعریف می‌شوند و در ادامه از روش حل برنامه‌ریزی غیرخطی برای یافتن مرتبه معادلات خودرگرسیو بهره گرفته می‌شود. این رویکرد مشابه رویکردی است که در شبکه‌های عصبی جهت طراحی تابع اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد (George E. Tsekourasa, John Tsimikas, 2013).

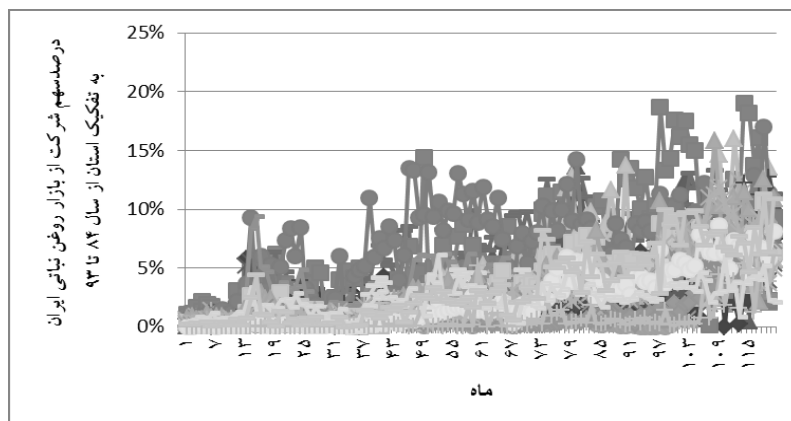
ابزار اصلی مورد استفاده برای این منظور نرم‌افزار GAMS می‌باشد که در کنار آن از نرم‌افزارهای موجود در این حوزه (Excel, Eviews) جهت تحلیل داده‌ها و نمایش آن‌ها، بهره گرفته شده است.

[Downloaded from tfe.raja.ac.ir on 2024-05-20]

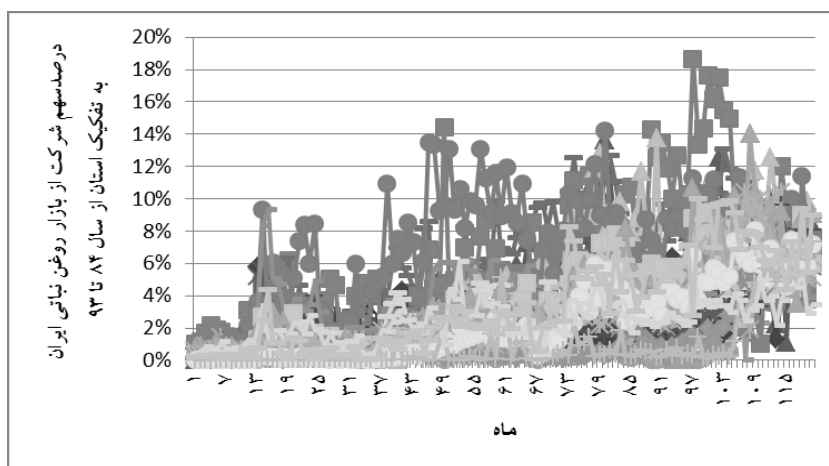
نمودار ۲: سناریو اول (وزن انتظارت عقلایی ۰٪ و وزن انتظارات تطبیقی ۱۰۰٪)



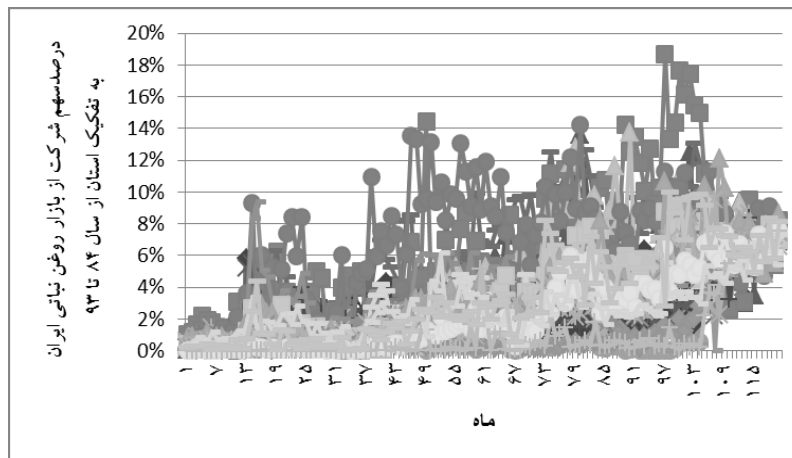
نمودار ۳: سناریو دوم (وزن انتظارات عقلایی ۳٪ و وزن انتظارات تطبیقی ۹۷٪)



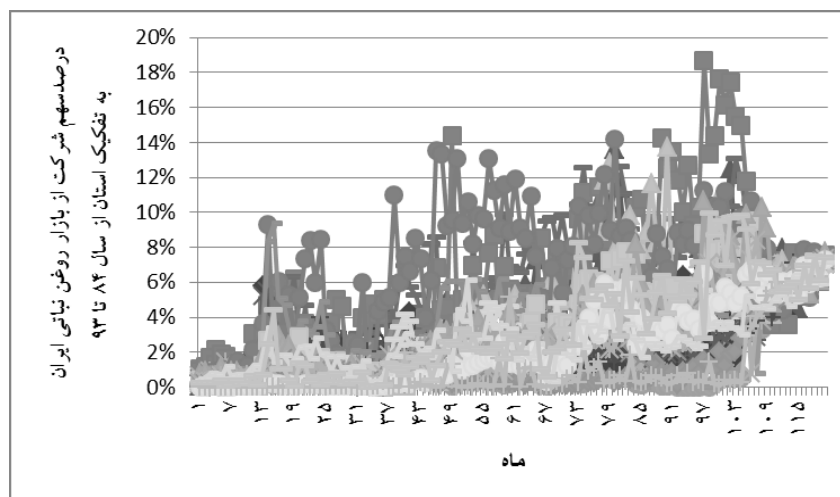
نمودار ۴: سناریو یازدهم (وزن انتظارات عقلایی ۳۳٪ و وزن انتظارات تطبیقی ۶۷٪)



نمودار ۵: سناریو بیست و یکم (وزن انتظارات عقلایی ۶۷٪ و وزن انتظارات تطبیقی ۳۳٪)



نمودار ۶: سناریو سی و یکم (وزن انتظارات عقلایی ۹۹٪ و وزن انتظارات تطبیقی ۱٪)

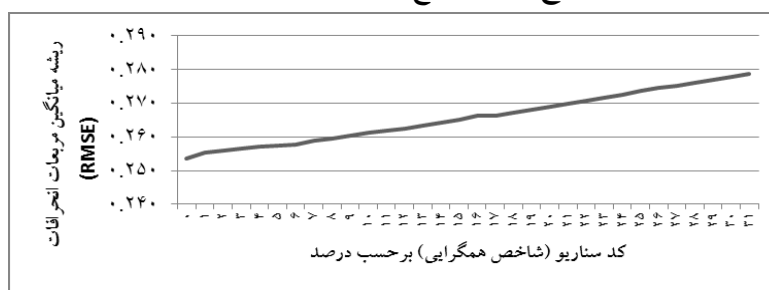


۲-۴ ارزیابی مدل پیش‌بینی

همان‌طور که از نمودارها پیداست با افزایش وزن انتظارات عقلایی پیش‌بینی همه سری‌های زمانی در افق ماهانه همگرا می‌باشد؛ که این همگرایی جنبه پیش‌بینی ضمنی را به صورت کامل محقق می‌سازد. این دست از پیش‌بینی‌ها را شاید بتوان در زمره مدل‌های احتمال شرطی به

حساب آورد (Elliott and Ieli, 2013). از سوی دیگر صرف تحقق پیش‌بینی همگرا نمی‌توان مدل را از استانداردهای مربوط به انتظارت تطبیقی و حداکثر هم‌پوشانی داده‌های پیش‌بینی با داده‌های واقعی دور ساخت؛ این محدودیت را به خوبی می‌توان در افزایش کم و تدریجی ریشه مجموع مربعات انحرافات ملاحظه کرد (Arbués, 2013). بلند در نظر گرفتن دوره‌ها برای افزایش کیفیت پیش‌بینی‌ها بر اساس رویکرد شبکه عصبی می‌باشد. این مدل با ۳۲ سناریو پردازش گردید، در هر سناریو میزان همگرایی به واسطه افزایش ضریب اسکالر محدودیت همگرایی افزایش می‌یابد و این در حالی است که تابع هدف مدل در پی حداقل نمودن حداقل مجذور مربعات خطا می‌باشد (Baltagi and Long, 2013)؛ دقت پیش‌بینی‌ها و نتایج به دست آمده از سناریوها در ادامه با هم مقایسه گردیده است (Busetti and Marcucci, 2013). متغیری که بیشترین اهمیت را در میان سناریوها دارد و تابع هدف مدل برنامه‌ریزی غیرخطی طراحی شده جهت تخمین پارامترهای آریما بر مبنای آن استوار است، ریشه مجموع مربعات انحرافات می‌باشد (زارع مهرجودی و نگارچی، ۱۳۹۰)؛ که مقدار آن در نمودار زیر به تصویر کشیده شده است.

نمودار ۷: نتایج ریشه مجموع مربعات انحرافات برای سناریوها



با توجه به اینکه تعداد پارامترهای آریما در این مقاله زیاد می‌باشد، و لذا نمایش همه آن‌ها لزومی ندارد لذا به نمودارهای مربوط به سناریو اول اکتفا شده است. همان‌طور که در نمودار مشهود است با تغییر سناریو و وزن گرفتن انتظارات عقلایی، انتظارات تطبیقی که در قالب ریشه مجموع مربعات انحرافات بیان گردیده است، تضعیف می‌شود؛ در واقع مقدار جبری آن افزایش می‌یابد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی افق‌های بلندتر از یک سال برای مقاطع ماهانه در شرکت‌های معظم پخش و فروش از اهمیت خاصی برخوردار است؛ در کشوری مانند ایران که شرایط سیاسی و بین‌المللی باعث شده تا طی سال‌های گذشته افت و خیزهای زیادی را در عرصه غذا و دارو شاهد باشد، در واقع تولید و عرضه به موقع مواد غذایی نقش بسزایی در امنیت غذایی جامعه دارد. ترکیب جنبه‌های آماری (انتظارات تطبیقی) و جنبه‌های ضمنی (انتظارات عقلایی) در یک مدل ترکیبی در جهت رسیدن به پیش‌بینی‌هایی با کیفیت بالاتر راهکاری است که به خوبی می‌توان از آن برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان بهره گرفت. برای تحقق این مهم، نیاز به تلفیق دو شاخه مهم دانش (آمار و تحقیق در عملیات) و بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی جهت تخمین پارامترهای آریما با وقفه‌های طولانی و دقت بسیار بالا می‌باشد، به گونه‌ای که پایداری مدل نیز حفظ شود.

هدف از این تحقیق تلفیق ادبیات اقتصادسنجی با ادبیات مالی و بازاریابی جهت ارتقاء مدل‌های هدف‌گذاری و بودجه‌بندی فروش و تولید می‌باشد؛ بهترین برازش خطی بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر واقعی به گونه‌ای که برای مقادیر درون نمونه‌ای حداکثر انطباق صورت پذیرد با استفاده از مدل‌سازی غیرخطی صورت می‌پذیرد و با حل معادلات مربوط به آن مقادیر مربوط به پارامترهای آریما استخراج گردیده و از آن‌ها در جهت پیش‌بینی دوره‌های بعد استفاده می‌شود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد تلفیق جنبه ضمنی و آماری، پیش‌بینی‌های به مراتب با کیفیت‌تری را ارائه می‌دهد.

منابع

- ابریشمی، حمید. (۱۳۸۱). اقتصادسنجی کاربردی (رویکردهای نوین). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- خاشعی، مهدی؛ بیجاری، مهدی. (۱۳۸۷). پیش‌بینی قیمت طلا با به‌کارگیری مدل ترکیبی مدل‌های خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته کلاسیک با منطق فازی. اصفهان: مجله‌ی پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۷، ۳، ۱۵۱-۱۶۲.
- خاشعی، مهدی؛ مخاطب رفیعی، فریمه؛ بیجاری، مهدی. (۱۳۹۱). به‌کارگیری مدل‌های ترکیبی میانگین متحرک خودرگرسیون انباشته فازی احتمالی به منظور پیش‌بینی نرخ ارز. اصفهان: روش‌های عددی در مهندسی، ۱۳۹۱، ۱، ۹۷-۱۱۳.
- سوری، علی. (۱۳۹۱). اقتصادسنجی. تهران: انتشارات فرهنگ شناسی. ویرایش چهارم. چاپ پنجم.
- زارع مهرجردی، محمدرضا؛ نگارچی، سمانه. (۱۳۹۰). مقایسه الگوهای میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته، رگرسیون فازی و رگرسیون انباشته فازی به منظور پیش‌بینی قیمت (مطالعه موردی: قیمت گوشت گوسفند). مشهد: نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۱۳۹۰، ۱، ۱۰۸-۱۰۰.
- صادقی، حسین؛ ذوالفقاری، مهدی؛ الهامی‌نژاد، مجتبی. (۱۳۹۰). مقایسه‌ی عملکرد شبکه‌های عصبی و مدل ARIMA در مدل‌سازی و پیش‌بینی کوتاه مدت قیمت سبذ نفت خام اوپک (با تأکید بر انتظارات تطبیقی). تهران: فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۳۹۰، ۲۸، ۲۵-۴۷.
- گرجی، ابراهیم؛ اقبالی، علیرضا. (۱۳۸۶). برآورد منحنی فیلیپس در ایران (با رویکردی به انتظارات تطبیقی و انتظارات عقلایی). تهران: مجله تحقیقات اقتصادی، ۸۰، ۱۲۱-۱۴۳.
- Aksu, C; Gunter, S. (1992). An empirical analysis of the accuracy of SA, OLS, ERLS and NRLS combination forecasts. International Journal of Forecasting, 8, 27 – 43.
- Arbués, Ignacio. (2013). Determining the MSE-optimal cross section to forecast. Journal of Econometrics, 175, 61–70.
- Badi, H. Baltagi; Long, Liu. (2013). Estimation and prediction in the random effects model with AR(p) remainder disturbances. International Journal of Forecasting, 29, 100–107.
- Bates, J.M; Granger, C. W. J. (1969). Combination of forecasts. Operations Research Quarterly, 20, 451 – 468.
- Bidarkota, P. V. (1998). The comparative forecast performance of univariate and multivariate models: An application to real interest rate forecasting. International Journal of Forecasting, 14, 457 – 468.
- Bing,Chen., Xiaoping,Liu., Kefu,Liu., Chong.Lin. (2013). Adaptive fuzzy tracking control of nonlinear MIMO systems with time-varying delays. Fuzzy Sets and Systems, 217, 1–21.

- Bhansali, R. J. (1996). Asymptotically efficient autoregressive model selection for multistep prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 48, 577 – 602.
- Bhansali, R. J. (1999). Autoregressive model selection for multistep prediction. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 78, 295 – 305.
- Box, G. E. P.; Jenkins, G. M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden Day (revised ed. 1976).
- Box, G. E. P.; Jenkins, G. M.; Reinsel, G. C. (1994). *Time series analysis: Forecasting and control* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Chatfield, C. (1988). What is the best method of forecasting? *Journal of Applied Statistics*, 15, 19 – 38.
- Cholette, P. A.; Lamy, R. (1986). Multivariate ARIMA forecasting of irregular time series. *International Journal of Forecasting*, 2, 201 – 216.
- De Gooijer, J. G.; Klein, A. (1991). On the cumulated multi-step-ahead predictions of vector autoregressive moving average processes. *International Journal of Forecasting*, 7, 501 – 513.
- Diebold, F. X.; Pauly, P. (1990). The use of prior information in forecast combination. *International Journal of Forecasting*, 6, 503 – 508.
- Dhyrnes, P. J.; Thomakos, D. (1998). Structural VAR, MARMA and open economy models. *International Journal of Forecasting*, 14, 187 – 198.
- Fabio, Busetti; Juri, Marcucci. (2013). Comparing forecast accuracy: A Monte Carlo investigation. *International Journal of Forecasting*, 29, 13–27.
- Fang, Y. (2003). Forecasting combination and encompassing tests. *International Journal of Forecasting*, 19, 87 – 94.
- Funke, M. (1990). Assessing the forecasting accuracy of monthly vector autoregressive models: The case of five OECD countries. *International Journal of Forecasting*, 6, 363 – 378.
- Graham, Elliott; Robert, P. Lieli. (2013). Predicting binary outcomes. *Journal of Econometrics*, 174, 15–26.
- George, E. Tsekouras; John, Tsimikas. (2013). On training RBF neural networks using input-output fuzzy clustering and particle swarm optimization. *Fuzzy Sets and Systems*, 221, 65–89.
- Hafer, R. W.; Sheehan, R. G. (1989). The sensitivity of VAR forecasts to alternative lag structures. *International Journal of Forecasting*, 5, 399 – 408.
- Hansson, J.; Jansson, P.; Lof, M. (2005). Business survey data: Do they help in forecasting GDP growth? *International Journal of Forecasting*, 21, 377 – 389.
- Hill, G.; Fildes, R. (1984). The accuracy of extrapolation methods: An automatic Box-Jenkins package SIFT. *Journal of Forecasting*, 3, 319 – 323.
- Hotta, L. K. (1993). The effect of additive outliers on the estimates from aggregated and disaggregated ARIMA models. *International Journal of Forecasting*, 9, 85 – 93.
- Hotta, L. K.; Cardoso Neto, J. (1993). The effect of aggregation on prediction in ARIMA models. *Journal of Time Series Analysis*, 14, 261 – 269.
- Quenouille, M. H. (1957). *The analysis of multiple time-series* (2nd ed. 1968). London: Griffin.

- Geriner, P. T; Ord, J. K. (1991). Automatic forecasting using explanatory variables: A comparative study. *International Journal of Forecasting*, 7, 127 – 140.
- Granger, C. W. J. (1989). Combining forecasts—twenty years later. *Journal of Forecasting*, 8, 167 – 173.
- Granger, C. W. J; Ramanathan, R. (1984). Improved methods of combining forecasts. *Journal of Forecasting*, 3, 197 – 204.
- Kolmogorov, A. N. (1941). Stationary sequences in Hilbert space (in Russian). *Bull. Math. Univ. Moscow*, 2(6), 1 – 40.
- Ledolter, J. (1989). The effect of additive outliers on the forecasts from ARIMA models. *International Journal of Forecasting*, 5, 231 – 240.
- Libert, G. (1984). The M-competition with a fully automatic Box– Jenkins procedure. *Journal of Forecasting*, 3, 325 – 328.
- Litterman, R. B. (1986). Forecasting with Bayesian vector autoregressions—Five years of experience. *Journal of Business and Economic Statistics*, 4, 25 – 38.
- Lutkepohl, H. (1986). Comparison of predictors for temporally and contemporaneously aggregated time series. *International Journal of Forecasting*, 2, 461– 475.
- Me'lard, G; Pasteels, J. (2000). Automatic ARIMA modeling including interventions, using time series expert software. *International Journal of Forecasting*, 16, 497 – 508.
- Miller, S. M; Clemen, R. T; Winkler, R. L. (1992). The effect of nonstationarity on combined forecasts. *International Journal of Forecasting*, 7, 515 – 529.
- Newbold, P. (1983). ARIMA model building and the time series analysis approach to forecasting. *Journal of Forecasting*, 2, 23 – 35.
- Pena, D; Sanchez, I. (2005). Multifold predictive validation in ARMAX time series models. *Journal of the American Statistical Association*, 100, 135 – 146.
- Poulos, L; Kvanli, A; Pavur, R. (1987). A comparison of the accuracy of the Box–Jenkins method with that of automated forecasting methods. *International Journal of Forecasting*, 3, 261 – 267.
- Riise, T; Tjstheim, D. (1984). Theory and practice of multivariate ARMA forecasting. *Journal of Forecasting*, 3, 309 – 317.
- Ramos, F. F. (2003). Forecasts of market shares from VAR and BVAR models: a comparison of their accuracy. *International Journal of Forecasting*, 19, 95–110.
- Seung, C. Ahna; Young, H. Lee; Peter, Schmidt. (2013). Panel data models with multiple time-varying individual effects. *Journal of Econometrics*, 174, 1–14.
- Spencer, D. E. (1993). Developing a Bayesian vector autoregressive forecasting model. *International Journal of Forecasting*, 9, 407 – 421.
- Simkins, S. (1995). Forecasting with vector autoregressive (VAR) models subject to business cycle restrictions. *International Journal of Forecasting*, 11, 569 – 583.

- Taylor, J. W; Bunn, D. W. (1999). Investigating improvements in the accuracy of prediction intervals for combinations of forecasts: A simulation study. *International Journal of Forecasting*, 15, 325 – 339.
- Tashman, L. J. (2000). Out-of sample tests of forecasting accuracy: A tutorial and review. *International Journal of Forecasting*, 16, 437 – 450.
- Tashman, L. J; Leach, M. L. (1991). Automatic forecasting software: A survey and evaluation. *International Journal of Forecasting*, 7, 209 – 230.
- Texter, P. A; Ord, J. K. (1989). Forecasting using automatic identification procedures: A comparative analysis. *International Journal of Forecasting*, 5, 209 – 215.
- West, K. D. (1996). Asymptotic inference about predictive ability. *Econometrica*, 68, 1084 – 1097.
- Wieringa, J. E; Horvath, C. (2005). Computing level-impulse responses of log-specified VAR systems. *International Journal of Forecasting*, 21, 279 – 289.
- Winkler, R. L; Makridakis, S. (1983). The combination of forecasts. *Journal of the Royal Statistical Society (A)*, 146, 150 – 157.
- Yule, G. U. (1927). On the method of investigating periodicities in disturbed series, with special reference to WolferTs sunspot numbers. *Philosophical Transactions of the Royal Society London, Series A*, 226, 267 – 298.
- Zellner, A. (1971). *An introduction to Bayesian inference in econometrics*. New York7 Wiley.
- Zou, H; Yang, Y. (2004). Combining time series models for forecasting. *International Journal of Forecasting*, 20, 69 – 84.