



پیش‌بینی تقاضای جهانی نفت خام اوپک با استفاده از مدل‌های خودرگرسیون برداری، خود توضیح جمعی و جستجوی گرانشی

حشمت اله عسگری

مدرس، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

محمد رضا امیددی

دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه ایلام، ایران (نویسنده مسئول)
mromidi_91@yahoo.com

زهرا ملکی نیا

کارشناس ارشد، گروه اقتصاد انرژی، دانشگاه ایلام

علی اکبر امیددی

دانشجوی دکترا، علوم سیاسی مسائل ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۸

چکیده

آگاهی از میزان تقاضای آتی نفت به منظور تعیین اولویت‌ها و انتخاب سیاست‌ها در راستای دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی، برای کشورهای عضو اوپک ضروری است. لذا در پژوهش حاضر، میزان تقاضای نفت اوپک را با استفاده از الگوهای سری زمانی شامل فرم ساختاری مدل خودرگرسیون برداری (SVAR)، مدل خودتوضیح جمعی میانگین متحرک ARIMAX و الگوی الگوریتم جستجوی گرانشی از دسته الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری با به‌کارگیری داده‌های سالانه از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۴ میلادی، پیش‌بینی می‌کند. در همین راستا برای سنجش توانایی قدرت پیش‌بینی از الگوهای میانگین مجموع مجذورات خطا، میانگین قدرمطلق خطا و میانگین درصد قدر مطلق خطا استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که الگوی SVAR مناسب‌ترین پیش‌بینی‌ها را برای تقاضای جهانی نفت اوپک دارد، بر این اساس با استفاده از نتایج برآورد این مدل، متغیر خالص صادرات بر تقاضای نفت اثر مثبت و معنادار دارد و متغیرهای قیمت نفت خام اوپک و تولید غیر اوپک بر تقاضای نفت اثر منفی و معنادار دارند.

واژه‌های کلیدی: اوپک، تقاضای جهانی، پیش‌بینی.

۱- مقدمه

آینده پژوهی یک علم است، زیرا که آینده پژوه باید در تمامی مراحل، از درک مسئله و تحلیل داده ها گرفته تا روش تحقیق و استدلال انتقادی، از روی قاعده عمل کند. از سوی دیگر، آینده پژوهی به این سبب نوعی علم محسوب می شود که یافته های آینده پژوهان دارای قابلیت تبدیل به اشکال مختلف ارزش های اجتماعی و اقتصادی است (کریستاپولر و مینوتلو^۱، ۲۰۱۶). از جنگ جهانی دوم، دانشمندان، جامعه شناسان و فعالان حوزه ی پژوهش های عملیاتی و بسیاری دیگر از اهالی علم که خودشان را آینده پژوه می نامیدند، به منظور پیش بینی عقلانی آینده، اقدام به پایه ریزی و گسترش روش های کمی و کیفی کردند (وانگستان و چانخام^۲، ۲۰۱۶).

از این رو روش های پیش بینی همواره ابزاری مهم در دست آینده پژوهان بوده است (آسانوپولیوسو هیدمن^۳، ۲۰۱۷). روش های کمی پیش بینی خود به دو دسته استفاده از دانش ریاضی و هوشمند تقسیم میشود که هر کدام دارای مزایا و معایبی می باشند. پیش بینی به عنوان یکی از عناصر کلیدی مدیریت و آینده پژوهی، ابزاری برای آینده پژوهی پارامترها و متغیرهای لازم در یک محدوده سیستمی می باشد، فرآیند پیش بینی اطلاعات فرایند تصمیم و سناریو سازی را مهیا می سازد. پیش بینی یکی از ابزارهای مهم در جهت اخذ تصمیمات استراتژیک در بین مدیران و تصمیم گیران است (چینگ وای و همکاران^۴، ۲۰۱۷). از روش های پیش بینی در حوزه های مختلف اقتصادی و اجتماعی استفاده می شود که عمده استفاده از این روش ها در تحلیل و آینده پژوهی سیستم های انرژی است. انرژی یکی از محورهای اصلی توسعه و پیشرفت جوامع بشری به شمار می رود و به همین دلیل از اهمیت راهبردی در روابط میان کشورها برخوردار است (پورسلیم و شیرزادی، ۱۳۹۵). در این دوره انرژی به پیش نیاز تحقق برنامه های توسعه در کشورهای مختلف تبدیل شده است. انرژی و تامین آن از ارکان بنیادی هر جامعه صنعتی محسوب می شود به نحوی که بدون وجود انرژی کافی، کارآمد و در دسترس، توسعه صنعتی متصور نیست (امیدی و همکاران، ۱۳۹۵). به بیانی دیگر انرژی به خصوص نفت در حال حاضر به

پایه قدرت و ثروت جهانی تبدیل شده است و نقش اساسی در تعیین جایگاه کشورها در سلسله مراتب قدرت و ثروت جهان ایفا می کند (ذوالنور و متین، ۱۳۹۴). نفت ماده ای است که به صورت فراگیر در بیشتر فعالیت های اقتصادی و صنعتی زیربنای انجام کار قرار می گیرد و به دلیل همین نقش عمده، تقاضای این کالا و تغییرات آن (افزایش یا کاهش) در بازارهای بین المللی سبب تغییر در قیمت و تقاضای سایر کالاها و خدمات می شود (رونالد^۵ و همکاران، ۲۰۱۵). لذا بررسی روند این تغییرات تقاضای نفت کشورهای عضو اوپک و شناسایی عوامل تأثیرگذار بر میزان تقاضای آنان برای نفت خام و تلاش برای پیش بینی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از سال ۱۹۷۰ که انرژی توجه سیاست گذاران را در اثر اولین بحران نفتی به خود جلب کرد، مطالعه و تحقیق بر روی تقاضای انرژی به منظور غلبه بر دانش محدود درباره طبیعت تقاضای انرژی و واکنش آن در مواجهه با شوک های خارجی، به طور وسیعی افزایش یافت. از آن زمان، بحث پویا و زنده میان مهندسی و اقتصاددانان فعال در زمینه انرژی منجر به تحولات مهمی در روش هایی برای غنی تر شدن فرایند تصمیم گیری انرژی به عنوان یک مجموعه کل گردید و طیف گسترده ای از مدل ها برای تحلیل و پیش بینی تقاضای انرژی ابداع و در دسترس محققین قرار گرفت (قاسان و الحاجوج^۶، ۲۰۱۶). پیش بینی تقاضای انرژی برای برنامه ریزی انرژی، تنظیم راهبرد و تعریف و توصیه سیاست های انرژی نه تنها برای کشورهای در حال توسعه (که با چالش داده های مورد نیاز و نهادهای لازم و مدل های مقتضی روبرو هستند) ضروری است، بلکه برای کشورهای توسعه یافته (که این محدودیت ها در آنها کمتر است) نیز یک مؤلفه اساسی به شمار می رود (مارک واتر^۷، ۲۰۱۷). لذا در سال های اخیر، مطالعات فراوانی در زمینه پیش بینی تقاضای انرژی با استفاده از تکنیک های نوین محاسباتی در جهت غلبه بر مسائل مرتبط با روند غیرخطی و پر نوسان تقاضای انرژی و متغیرهای توضیحی آن انجام شده است (سهرابی وفا و همکاران، ۱۳۹۲).

سبد نفتی اوپک میانگین وزنی نفت خام تولید شده در کشورهای عضو اوپک است. که شامل نفت ساهاران

مجموع مربعات خطا (MSSE)^{۲۲}، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)^{۲۳} و معیار میانگین درصد قدر مطلق خطا (MAPE)^{۲۴} توانایی و دقت هرکدام از این الگوها در پیش‌بینی تقاضای نفت اوپک محاسبه می‌شود و بهترین الگو در پیش‌بینی تقاضای نفت انتخاب خواهد شد. نهایتاً تقاضای نفت اوپک با استفاده از سه الگو مذکور تا سال ۲۰۱۹ مورد پیش‌بینی قرار می‌گیرد.

۲- مرور ادبیات

بازارهای نفتی یکی از پیچیده ترین، پرتلاطم ترین و غیرشفاف ترین بازارهای مالی بین المللی محسوب می‌شوند (چاندا^{۲۵} و همکاران، ۲۰۱۷). پیش‌بینی قیمت، تقاضا و عرضه در بهینه سازی تولید و استراتژی آینده بازارهای مالی نقش مهمی را ایفا میکند و این اهمیت در مورد کالای استراتژیکی مانند نفت چندین برابر میشود. در زمینه پیش‌بینی قیمت های اقتصادی نفت با استفاده از مدل های مختلف، مطالعات موردی گوناگونی انجام گرفته است.

شهبازی و سلیمیان (۱۳۹۴) به پیش‌بینی قیمت نفت با استفاده از روش متا آنالیز و مقایسه آن با سایر روش‌ها پرداختند. در آن پژوهش از نتایج روش‌های ARMA، ARFAR، تاناکا فازی، حداقل مربعات فازی، شبکه عصبی، داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌کاوی مربوط به قیمت‌های پیش‌بینی شده نفت در بازار بورس برنت از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ میلادی استفاده شد. نتایج نشان داد دقت روش متا آنالیز به مراتب بالاتر از سایر روش‌های خطی و غیرخطی است و کمترین میزان اختلاف با داده‌های واقعی را دارد.

جوآنمرد و همکاران (۱۳۹۳) به پیش‌بینی قیمت نفت خام با استفاده از مدل خاکستری پرداختند، هدف پژوهش آن‌ها معرفی و استفاده از مدل های پیش‌بینی خاکستری برای پیش‌بینی قیمت نفت خام اوپک و مقایسه دقت این مدل‌ها در پیش‌بینی قیمت نفت خام بود نتایج حاصله نشان داد که مدل چرخشی و مدل متداول خاکستری، مدل های مناسبی برای پیش‌بینی قیمت نفت محسوب می‌شود و از دقت بالایی برخوردار است.

بلند^۸ کشور الجزایر، نفت میناس^۹ کشور اندونزی، نفت سنگین ایران^{۱۰}، نفت سبک بصره^{۱۱} متعلق به کشور عراق، نفت صادراتی کویت^{۱۲}، نفت اس ساید^{۱۳} کشور لیبی، نفت بونی^{۱۴} کشور نیجریه، نفت مارین قطر^{۱۵}، نفت سبک عرب^{۱۶} متعلق به کشور عربستان سعودی، نفت موربان^{۱۷} کشور امارات متحده عربی نفت BCF17 کشور ونزوئلا و نفت اکوادور می‌باشد (انصاری، ۲۰۱۷). پیش‌بینی تقاضای انواع مختلف حامل‌های انرژی از مباحثی است که به‌ویژه پس از جنگ جهانی دوم مورد توجه محافل علمی و اقتصادی جهان واقع گردیده است (ژیاو چن و همکاران^{۱۸}، ۲۰۱۷). نقش مهم انرژی در رشد و توسعه اقتصادی عامل اصلی چنین توجهی بوده است و از این رو ادبیات تقاضای انرژی روند روبه رشد و تکاملی را در چند دهه اخیر داشته است. در میان حامل‌های مختلف انرژی، نفت خام از اهمیت بیشتری برخوردار است، چون عمده نیازهای انرژی جهان از نفت خام تأمین می‌شود (جواهری و رضایی، ۱۳۸۹). روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پیش‌بینی‌های صورت گرفته در چارچوب تحلیل‌های سری زمانی اشاره نمود. که در این میان روش‌های ARIMA و VAR از پرکاربردترین روش‌های پیش‌بینی سری زمانی می‌باشند. به علاوه امروزه توجه به کاربرد روش‌های هوش مصنوعی و ابزارهای مدل‌سازی در حوزه اقتصاد به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. در چند دهه گذشته عناوین شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات و منطق فازی از موضوعاتی بوده‌اند که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. الگوریتم جستجوی گرانشی روشی جدید از دسته الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری می‌باشد و به دلیل برتری‌ای که بر دیگر الگوریتم‌ها دارد، یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌ها در علوم مختلف است. این الگوریتم قدرتمند که با الهام از قانون گرانش طبیعت، پیشنهاد شده است یک رهیافت نوین برای حل مسائل بهینه‌سازی است (بهرنگ و همکاران، ۲۰۱۱).

در این تحقیق تقاضای جهانی برای نفت اوپک در قالب سه الگوی ARIMAX^{۱۹}، SVAR^{۲۰} و GSA^{۲۱} مورد پیش‌بینی قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از سه معیار

به دست آمده نشان می دهد که الگوی VAR با میزان خطای ۶ درصد برای مجموع مربعات خطا، ۱۹ درصد میانگین قدر مطلق خطا و ۵ درصد میانگین درصد قدر مطلق خطا، مناسب ترین پیش بینی ها را برای تقاضای جهانی نفت اوپک دارد.

کرم سلطانی و همکاران (۱۳۹۱) رابطه ی پویای نوسانات قیمت طلا و نوسانات قیمت نفت را با استفاده از مدل ARIMAX بررسی کردند، بعد از مقایسه دو روش مدل بندی ARIMA و ARIMAX برای نوسانات قیمت نفت به این نتیجه رسیدند که با اضافه کردن متغیر برونزای توضیحی و مدل بندی به روش ARIMAX می توان قدرت پیش بینی را بالا برد و پیش بینی دقیق تری از آینده داشت.

یائو و ژانگ (۲۰۱۷) به پیش بینی قیمت جهانی نفت خام با استفاده از مدل ARIAM و ARIMA-GARCH پرداختند، نتایج تحقیق نشان داد که هر دو روش مورد استفاده دقت مناسبی در پیش بینی قیمت جهانی نفت خام دارد و می توان از این روش ها با اطمینان بالایی در آینده پژوهی قیمت نفت استفاده کرد.

کریستنانپولر و مینوتلو^{۲۷} (۲۰۱۶) از شبکه عصبی ANN و مدل GARCH برای پیش بینی نوسانات قیمت و تقاضا نفت استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از ترکیب این دو روش به صورت ANN-GARCH مقادیر با دقت بالاتری نسبت به پیش بینی تکی می دهد.

جوزف و باربارا^{۲۸} (۲۰۱۶) از ساختار جدیدی از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی اصلاحی قیمت نفت استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد استفاده از روش جدید مقادیری پیش بینی با خطای کمتری ارائه میدهد.

توکساری^{۲۹} (۲۰۰۷) در مقاله ای تحت عنوان «برآورد تقاضای انرژی ترکیه با استفاده از روش بهینه سازی کلونی مورچگان» باهدف تخمین ارزش آتی تقاضا انرژی در ترکیه تا سال ۲۰۲۵، به ارائه ی توابع خطی و درجه دوم تقاضا انرژی در ترکیه، با استفاده از متغیرهای تولید ناخالص داخلی، جمعیت، صادرات و واردات پرداخته است. نتایج مقایسه نشان داد که تابع درجه دوم با SSE

یوسفی و همکاران (۱۳۹۲) تقاضای نفت در ایران را با استفاده از روش، شبکه عصبی مصنوعی (ANN^{۲۶})، مدل سازی و پیش بینی کرده اند یافته های تحقیق با استفاده از مدل مذکور با مدل ARMAX مقایسه گردیده تا میزان دقت پیش بینی شبکه عصبی مورد ارزیابی علمی قرار گیرد. نتیجه مطالعه نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت بیشتری در پیش بینی تقاضای نفت خام ایران برخوردار است. همچنین در این مقاله متغیرهای تعیین کننده تقاضای نفت خام در کشورهای منتخب عضو اوپک مورد مقایسه قرار گرفته است تا مشخص گردد که آیا عوامل تعیین کننده تقاضای نفت خام ایران در سایر کشورها نیز مشابه است؟ برای این کار از ضریب همبستگی رتبه ای اسپیرمن استفاده شده است، نتایج حاصل نشان می دهد مقدار این ضریب برای کشورهای منتخب نسبت به ایران نزدیک به یک است که بر آن دلالت می کند که متغیرهای استفاده شده در این تحقیق در سایر کشورهای مشابه نتایج یکسانی به دست داده است.

ابریشمی و همکاران (۱۳۹۲) قیمت نفت خام را با استفاده از متدولوژی جدیدی پیش بینی کرده اند. روش فوق ترکیبی از تبدیل موجک و مدل های ARMAX، رگرسیون هارمونیک و مدل هلت-وینترز است که به طور همزمان برای پیش بینی سری زمانی قیمت نفت خام به کار رفته شده اند. پیش بینی های به دست آمده با استفاده از مدل پیشنهادی با پیش بینی های حاصل از روش ARMAX مقایسه گردیده است. نتایج حاکی از آن است که مدل مورد استفاده در این تحقیق، پیش بینی صحیح تر و با خطای کمتری برای قیمت نفت خام ارائه می دهد.

گلستانی و همکاران (۱۳۹۱) میزان تقاضای نفت اوپک را با استفاده از الگوهای سری زمانی شامل مدل برداری خود رگرسیونی (VAR)، مدل خود توضیحی جمعی میانگین متحرک (ARIMA) و الگوی جایگزین، شبکه عصبی مصنوعی با به کارگیری داده های ماهانه از ماه اول ۲۰۰۱ تا ماه دهم ۲۰۱۰ پیش بینی کردند. برای سنجش توانایی قدرت پیش بینی الگوهای سه گانه از سه معیار مجموع مربعات خطا، میانگین قدر مطلق خطا و معیار میانگین درصد قدر مطلق خطا استفاده شد. نتایج

خطوط روند و سری های زمانی اشاره نمود. تمامی این روش های پیش بین در زمره روش های بدون غافلگیری قرار می گیرند، بدین معنی که هیچ گاه انتظاری برای رخ دادن وقایعی که در گذشته اتفاق نیفتاده است، ندارند و همواره آینده را مطابق الگوهای گذشته پیش بینی می نمایند (شهبازی و سلیمیان، ۱۳۹۴). مسیر دوم، رویکرد کیفی به مقوله پیش بینی دار. این رویکرد بر این باور است که در بسیاری از زمینه های علمی مقدار پارامتر پیش بینی، وابسته به تعداد بسیار زیادی عامل است که هم شناخت همه آن ها امکان پذیر نیست و هم از الگوی جامع و دقیقی تبعیت نمی نماید. هدف از آینده پژوهی نزدیک کردن این رویکرد به یکدیگر است. در فاز اول تا آنجا که میتوان بر تکنیک های کمی تکیه می شود و سپس خروجی های به دست آمده بر اساس آینده نگری ها و شهود شخصی خبرگان فن، مورد تحلیل و تاثیر نتایج قرار می گیرد تا هم ایراد غیر دقیق بودن روش های کیفی را پاسخ دهد و هم انعطاف تکنیک های کمی را به وقایع و رخدادهای بدون پیشینه تاریخی افزایش داده و حالت بدون غافلگیری خارج نماید (انصاری، ۲۰۱۷)..

یکی از اهداف اساسی در تخمین یک مدل رگرسیون این است که بتوان تغییرات متغیر درون‌زا را با مقدار معینی از متغیر برون‌زا پیش‌بینی کرد. پیش‌بینی فرایندی است که با استفاده از یک مدل عینی یا ذهنی بتوان یک متغیر را برای گذشته یا آینده برآورد نمود. برای پیش‌بینی یک متغیر اول می‌بایست متغیر را در داخل نمونه پیش‌بینی کرد و بهترین روش را انتخاب نمود. سپس متغیر را بر اساس بهترین مدل برای آینده پیش‌بینی کرد (آسانوپولیوسو هیدمن^{۳۱}، ۲۰۱۷).

پیش‌بینی عمدتاً به دو دسته تقسیم می‌شود: پیش‌بینی در داخل نمونه و پیش‌بینی خارج از نمونه. در پیش‌بینی داخل نمونه می‌توان متغیر موردنظر را بر اساس یک مدل ریاضی یا کیفی برآورد نمود و سپس آن را با متغیر واقعی مقایسه کرد. این امر قدرت مدل‌های پیش‌بینی را می‌سنجد؛ اما پیش‌بینی خارج از نمونه متغیر موردنظر را برای دوره‌های آتی یا دوره‌های گذشته (خارج از نمونه) برآورد می‌کند. پیش‌بینی یک متغیر را می‌توان به دو روش انجام داد:

پایین‌تر، راه‌حل بهتری را در مشاهده داده‌ها فراهم می‌کند.

۳- مبانی نظری و مدل‌های پیش بینی

هریک از تکنیک های کمی یا کیفی پیش بینی دارای معایبی می باشند که آینده پژوهی با اعمال تاثیر تکنیک های کیفی پیش بینی بر نتایج به دست آمده از تکنیک های کمی، سعی بر انطباق بیشتر نتایج پیش بینی با واقعیت دارد. آینده پژوهی را می توان در تمامی زمینه هایی که پیش بینی آینده متغیرهای پیچیده ای همچون قیمت، عرضه، تقاضا و غیره در آن مهم است، به کار گرفت. داده های مرتبط با انرژی به لحاظ حجم، قابلیت کاربرد در روش های عددی همچون سری های زمانی و خطوط روند را دارا می باشد و البته از سوی دیگر بدلیل اهمیت خاص موضوع، کارشناسان بسیاری به گمانه زنی ها و پیش بینی های کیفی در زمینه آینده پژوهی آن مشغولند (کریستاپولر و مینوتلو^{۳۰}، ۲۰۱۶). همواره میان دو گروه از کارشناسان زمینه پیش بینی و آینده پژوهی اختلاف نظر وجود داشته است که آیا روش های کمی و متکی بر داده های تاریخی ارائه دهنده تخمین های مناسبی از آینده می باشند یا روش های کیفی و مبتنی بر قضاوت. روش های کمی را اغلب روش های بدون غافلگیری نیز می نامند زیرا تنها با استفاده از داده های تاریخی مربوط به رخدادهای بوقوع پیوسته در گذشته اقدام به پیش بینی آینده می کنند و اگر رخدادی در آینده بوقوع بپیوندد که سابقه تاریخی نداشته باشد روش های کمی توانایی پیش بینی تاثیرات آن ها را بر روند موجود ندارند و در واقع هیچگاه آماده غافلگیر شدن نیستند (ابریشمی و همکاران^{۳۲}، ۱۳۹۲). منطقی بودن و علمی بودن، پیش بینی را به دو مسیر متفاوت رهنمون کرده است. اولین مسیر فرایندی است شامل بهره گیری از دانش گذشته و حال، تعیین الگوها، فرایندها، الگوریتم ها و چارچوب های تغییر و سپس پیش بینی آینده. این رویکرد با اتکا بر داده های گذشته تنها تلاش می کند تا الگوی جریان با تغییر درست را بیابد و آنگاه آینده را با دقت بالا پیش بینی نماید. از تکنیک های متعلق به این رویکرد می توان به همه تکنیک های اقتصادسنجی،

$\varphi(L) = 0$ خارج از دایره واحد بوده و ریشه مشترک نداشته باشند. مدل ARIMA با متغیرهای برونزای توضیحی، ARIMAX نامیده می شود و به صورت زیر تعریف می شود:

$$(1 - \varphi(L))(1 - L)^d(y_t - \beta X_t) = (1 + \theta(L))\varepsilon_t \quad (2)$$

که در آن $\varepsilon_t \sim i.i.d \cdot N(\theta, \sigma_\varepsilon^2)$ می باشد. مدل ARIMAX امکان ارزیابی تاثیر متغیرهای برونزای توضیحی را روی متغیر وابسته فراهم می کند (کرم سلطانی و همکاران، ۱۳۹۱).

۳-۲- فرم ساختاری VAR

متدولوژی VAR تا اندازه زیادی به مدل های معادلات هم زمان شباهت دارد، جز اینکه در این روش با تعدادی متغیرهای درونزا سروکار داریم، اما هر متغیر درونزا با استفاده از مقادیر گذشته خود و مقادیر با وقفه از تمامی دیگر متغیرهای درونزای مدل، توضیح داده می شود (چینگ وای و همکاران^{۳۳}، ۲۰۱۷). معمولاً هیچ گونه متغیر برونزایی در مدل وجود ندارد. به علاوه مدل VAR رفتار کوتاه مدت متغیرها و مقادیر با وقفه خود متغیر را تعیین می کند. در یک فرایند خود رگرسیونی مدلی که تخمین زده می شود عبارت است از:

$$Y_T = \alpha + \sum_{j=1}^p \beta_j Y_{t-j} + \sum_{i=1}^q \gamma_i X_{t-i} + U_t \quad (3)$$

که در آن U ها جملات تصادفی بوده که در متدولوژی VAR به عکس العمل یا تغییر ناگهانی شهرت دارد.

در این تحقیق تقاضای جهانی برای نفت اوپک در چارچوب یک مدل SVAR برآورد می گردد؛ که این مدل ترکیب مدل VAR و رگرسیون ساختاری است. در این مدل ها پیش بینی یک متغیر مثل Y نه تنها به مقادیر قبلی خودش بلکه به مقادیر کنونی و گذشته متغیرهای تأثیرگذار بر این متغیر نیز مرتبط است. در مدل های SVAR متغیرهای تأثیرگذار می توانند به صورت درونزا و یا برونزا در مدل لحاظ گردند. بر این اساس در این مطالعه برای پیش بینی به جای مدل VAR از مدل SVAR استفاده می شود. در این مدل تقاضا برای نفت

پیش بینی توسط مدل های عینی مانند مدل های ریاضی، آماری و اقتصادسنجی

پیش بینی توسط مدل های ذهنی مانند روش های دلفی، کارشناسی، استفاده از تجربیات و اطلاعات خبرگان ...

در روش ذهنی نیاز به ارائه مدل ریاضی نیست و به صورت کیفی متغیر مورد نظر برآورد می شود؛ اما معمولاً برای انجام فرایند پیش بینی متغیرهای اقتصادی، یعنی برآورد تقریبی یک متغیر اقتصادی در آینده از مدل های ریاضی و آماری استفاده می گردد. به بیان دیگر در روش عینی ارائه مدل ضروری است.

که بهترین حالت برای پیش بینی یک متغیر استفاده از تمام روش ها است و پس از پیش بینی می توان روش ها را با مقیاس های سنجش پیش بینی مقایسه کرد و بهترین روش را انتخاب و از آن برای پیش بینی استفاده کرد. در اینجا به معرفی سه روش پیش بینی مورد استفاده در این تحقیق پرداخته می شود (گلستانی و همکاران، ۱۳۹۱).

۳-۱- مدل ARIMAX

مدل ARIMAX به عنوان ابزاری برای تجزیه و تحلیل، هم در سری زمانی و هم اقتصادسنجی که روی مولفه های رگرسیون و ARIMA تمرکز دارد. با توجه به اینکه استفاده از روش های معمولی اقتصادسنجی، مبتنی بر فرض مانایی متغیرهای سری زمانی موجود در مدل می باشد و از طرفی دیگر اکثر سری های زمانی اقتصاد کلان اغلب نامانا هستند، در اینجا مدل ARIMAX را که حالت تفاضلی مدل ARMAX می باشد معرفی می شود (وانگستان و چانخام^{۳۲}، ۲۰۱۶).

یک مدل کلی که توانایی نمایندگی طبقه گسترده ای از سری های زمانی نامانا را دارد فرآیند تلفیقی اتورگرسیو میانگین متحرک ARIMA نامیده می شود. این فرآیند به صورت زیر تعریف می شود:

$$\varphi(1 - L)^d y_t = \theta(L)\varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن، d پارامتر تفاضل گیری و عملگر تاخیر می باشد به طوریکه $Ly_t = y_{t-1}$ است. برای اینکه این فرآیند مانا و وارون پذیر باشد باید ریشه های $\theta(L) = 0$

$$X_i = (x_i^1 \text{ و } \dots \text{ و } x_i^i \text{ و } \dots \text{ و } x_i^m) \text{ for } i \quad (5)$$

$$= 1 \text{ و } 2 \text{ و } 3 \text{ و } \dots \text{ و } m$$

n در رابطه بالا نشان‌دهنده بعد فضای پاسخ است. در این سیستم در زمان t، به هر جرم i از سوی جرم j جهت بعد d نیرویی به اندازه $f_{ij}^d(t)$ وارد می‌شود. مقدار این نیرو طبق رابطه (۶) محاسبه می‌شود. $G(t)$ ثابت گرانش در زمان t و R_{ij} فاصله بین دو جرم i و j می‌باشد. برای تعیین فاصله بین اجرام مطابق با رابطه (۷) از فاصله اقلیدوسی استفاده می‌شود.

$$F_{ij}^d = G(t) \frac{M_i(t) \cdot M_j(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} [X_j^d(t) - X_i^d(t)] \quad (6)$$

$$R_{ij}(t) = \|X_i(t), X_j(t)\| \quad (7)$$

در رابطه (۶)، ε یک عدد بسیار کوچک است. نیروی وارد بر جرم i در جهت d در زمان t، برابر با مجموع نیروهایی است که k جرم برتر جمعیت، بر جرم وارد می‌کنند. مقصود از اجرام برتر، عامل‌هایی هستند که دارای برزندگی بیش‌تری باشند.

$$F_i^d(t) = \sum_j ekbest, j - 1 \text{ rand}_j t * F_{ij}^d(t) \quad (8)$$

در رابطه فوق، kbest بیانگر مجموعه k جرم برتر جمعیت است. همچنین در این رابطه، rand_j عددی تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه [0,1] است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو در نظر گرفته می‌شود. طبق قانون دوم نیوتن، هر جرم در جهت بعد d شتابی می‌گیرد که متناسب است با نیروی وارد بر جرم در آن جهت بخش بر جرم i، رابطه (۹) شتاب جرم i در جهت بعد d در زمان t را نشان می‌دهد.

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_i(t)} \quad (9)$$

سرعت هر جرم برابر مجموع ضربی از سرعت فعلی جرم و شتاب جرم طبق رابطه (۳-۶) تعریف می‌شود.

$$V_i^d(t+1) = \text{rand}_i * V_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (10)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + V_i^d(t+1) \quad (11)$$

اوپک تابعی تولید جهانی، قیمت خود محصول، قیمت کالای جانشین، تولید گروه رقیب، خالص صادرات فرآورده‌های نفتی جهان و جمعیت در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس مدل زیر تصریح می‌گردد:

$$D=f(\text{GDP}, P, P_g, Q, \text{NX}, \text{POP}) \quad (4)$$

که در آن D تقاضای جهانی برای نفت اوپک، P قیمت نفت اوپک، Q تولید نفت غیر اوپک، P_g قیمت گاز (قیمت کالای جانشین)، GDP تولید جهانی و NX خالص صادرات فرآورده‌های نفتی جهان هستند.

۳-۳- مدل GSA

الگوریتم جستجوی گرانشی، یکی از جدیدترین اعضای خانواده الگوریتم‌های هوش جمعی است که از قوانین جاذبه میان اجرام و حرکت نیوتنی الهام گرفته است. طبق قانون جاذبه نیوتن، هر جسم به اجسام دیگر نیرو وارد نموده، آن‌ها را به سمت خود جذب می‌کند. به‌وضوح هرچه این اجسام بزرگ‌تر و نزدیک‌تر باشند، تأثیر این نیرو بیشتر خواهد بود و در نتیجه هر جسم با استفاده از نیروی جاذبه محل و مقدار جرم سایر اجسام را درک می‌کند، بنابراین می‌توان از این نیرو به‌عنوان رسانه‌ای برای تبادل اطلاعات استفاده کرد. از الگوریتم جستجوی گرانشی در حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود. در این الگوریتم پاسخ‌های موردنظر، اجرام در فضای مسئله هستند، میزان اجرام نیز با توجه به تابع هدف تعیین می‌شود. در ابتدا فضای سیستم مشخص می‌شود که شامل یک دستگاه مختصات چندبعدی در فضای تعریف مسئله است. پس از تشکیل سیستم، قوانین حاکم بر آن مشخص می‌شوند. فرض می‌شود که تنها قانون جاذبه و قوانین حرکت بر این سیستم حاکم هستند. صورت کلی این قوانین تقریباً شبیه به قوانین طبیعت است و به صورت زیر تعریف می‌شوند:

سیستم به‌صورت مجموعه‌ای از m جرم تصور می‌شود. موقعیت هر جرم می‌تواند جوابی برای مسئله باشد. موقعیت بعد d از جرم i با $x_i^d(t)$ نشان داده می‌شود.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (18)$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{y_i} \right| \quad (19)$$

در این روابط n تعداد پیش‌بینی‌ها، e_i خطای پیش‌بینی است که از تفاوت مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی به دست می‌آید و y_i مقدار واقعی است. از این سه معیار برای سنجش قدرت پیش‌بینی در این تحقیق استفاده خواهد شد.

۴- روش تحقیق

تحقیق حاضر مقابسه ای گذشته نگر است که هدف آن پیش بینی و آینده پژوهی تقاضای جهانی نفت اوپک است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق داده‌های سری زمانی از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۴ می‌باشد؛ که از سایت بانک جهانی، سایت سازمان اوپک و سایت شرکت بی پی گردآوری شده است. و برای برآورد پیش‌بینی تقاضای جهانی نفت خام اوپک از سه روش ARIMAX، SVAR و GSA استفاده شده است. تحلیل داده‌ها در دو مرحله مجزا صورت می‌گیرد. مرحله اول توسط مدل‌های سری زمانی در نرم‌افزار Eviews 8 صورت می‌گیرد. در مرحله بعد تحلیل داده‌ها توسط الگوریتم جستجوی گرانشی در نرم‌افزار Matlab 2015 صورت می‌گیرد. در نهایت نتیجه این دو مرحله به‌عنوان نتیجه‌گیری بیان می‌شود.

۴-۱- بررسی ایستایی داده‌ها

در بررسی الگوهای سری زمانی فرضی مطرح می‌باشند که اصلی‌ترین فرض چنین الگوهایی ایستایی آن می‌باشد. پذیرفته شدن این فرض برای یک الگو بدین معنا خواهد بود که ساختار الگو در طی زمان تغییر نمی‌کند و همچنین میانگین، واریانس، کواریانس و در نتیجه ضریب همبستگی آن در طول زمان ثابت باقی می‌ماند. می‌توان این گونه بیان کرد که متغیری را مانا می‌دانیم که اگر شوکی به آن وارد شود اثر این شوک موقتی بوده و در طی زمان از بین برود و این متغیر به مقدار تعادلی بلند مدتش باز گردد.

رابطه فوق $v_i^d(t)$ سرعت بعد d عامل i در زمان t و rnd_i عددی تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه [۰,۱] است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو در نظر گرفته می‌شود. برای ضریب گرانش از رابطه (۱۲) استفاده می‌شود.

$$G(T) = \beta^{\frac{t}{T}} \quad (12)$$

در رابطه زیر جرم عامل‌ها بر مبنای تابع هدف تنظیم می‌شود، به‌گونه‌ای که به عامل‌های با شایستگی بیشتر جرم بیشتری نسبت داده می‌شود.

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \quad (13)$$

در این رابطه $fit_i(t)$ بیانگر میزان برازندگی جرم i در زمان t است. $best(t)$ و $worst(t)$ به ترتیب بیانگر شایستگی قوی‌ترین و ضعیف‌ترین عامل جمعیت در زمان هستند. در نهایت اندازه جرم عامل‌ها طبق رابطه (۱۳) نرمالیزه می‌شود.

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^n m_j(t)} \quad (14)$$

در مسائل کمینه یابی می‌توان از روابط زیر برای محاسبه بهترین و بدترین عامل‌ها استفاده کرد.

$$best(t) = \min fit_i \quad (15)$$

در این تحقیق برای پیش‌بینی تقاضای نفت از متغیرهای، جمعیت، تولید جهانی، قیمت نفت اوپک، قیمت گاز (کالای جانشین)، تولید نفت غیر اوپک، و خالص صادرات فرآورده‌های نفتی جهان استفاده می‌شود (بهرنگ و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۳- معیارهای سنجش قدرت پیش‌بینی

به‌منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی، از معیارهای مختلف از جمله، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین مجذور خطا (MSE) و معیار میانگین درصد قدر مطلق خطا (MAPE) استفاده می‌شود. این معیارها را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (17)$$

با توجه به جدول ۱ و ۲ چون متغیرهای تحقیق در سطح نامانا هستند؛ در ادامه لازم است وجود بردار بلندمدت ما بین متغیرهای تحقیق مورد بررسی قرار گیرد. در صورت وجود چنین برداری در برآورد مدل‌های رگرسیونی نیازی به تفاضل‌گیری از داده‌های تحقیق وجود ندارد.

جهت بررسی وجود بردار بلندمدت لازم است پسماند تابع تولید در سطح مانا باشد. نتایج این محاسبات در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون هم‌انباشتگی

متغیر	ADF آماره	احتمال	نتیجه آزمون فرض	نتیجه
پسماند مدل تابع تقاضای جهانی نفت	-۷/۰۳	۰/۰۰۰۰	پایا	I(0)

ماخذ: نتایج تحقیق

با توجه به مانا بودن جزء اخلاص تابع تقاضای جهانی نفت، می‌توان بیان داشت که رابطه بلندمدتی میان متغیرهای تحقیق وجود دارد. در نتیجه نیازی به تفاضل‌گیری از داده‌ها وجود ندارد.

۵- برآورد مدل ARIMAX

در مدل‌های ARMA متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی وقفه‌های متفاوت متغیر وابسته (AR) و خطاهای دوره گذشته (MA) با توجه به اینکه برآورد مدل‌های ARMA و ARIMA نیاز به یافتن وقفه بهینه دارد و یافتن وقفه بهینه بر اساس مینیمم شدن شاخص آکاییک صورت می‌گیرد.

با توجه به نتایج جدول ۱ چون متغیر تقاضای جهانی نفت نامانا است در برآورد مدل از روش ARIMA استفاده گردید. بر این اساس در جدول شماره ۴، ابتدا نتیجه مدل ARIMA ارائه شده است.

با توجه به توضیحات بیان شده استفاده از روش‌های متداول اقتصادسنجی مانند OLS در کارهای تجربی بر این فرض استوارند که متغیرهای سری زمانی مورد استفاده مانا هستند. از طرفی بسیاری از متغیرهای سری زمانی در اقتصاد مانا نبوده‌اند؛ لذا در استفاده از این متغیرها لازم است نسبت به مانایی و یا عدم مانایی آن‌ها اطمینان حاصل نماییم؛ زیرا مانا بودن متغیرهای مورد بررسی از جمله مهم‌ترین نکات در تخمین‌های اقتصادسنجی می‌باشد. آزمون ریشه واحد دیکی فولر ADF یکی از معمول‌ترین آزمون‌هایی است که امروزه برای تشخیص مانایی یک فرآیند سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این قسمت با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی-فولر ADF مانایی متغیرها بررسی شده و نتایج در جداول (۱) و (۲) ارائه شده‌اند. جدول شماره ۱ گویای این واقعیت است که تمامی متغیرها در سطح مانا نمی‌باشند.

جدول ۱- نتایج آزمون دیکی فولر متغیرها در سطح

متغیر	میزان آماره	prob
D	-۱/۴۷	۰/۵۳
POP	-۴/۴۳	۰/۰۰۰۸
GDP	-۲/۸۹	۰/۰۵۲
Q	-۳/۴۵	۰/۰۱
P	۰/۱	۰/۹۶
P _g	-۲/۱۲	۰/۲۳
NX	-۰/۶۲	۰/۸۵

ماخذ: محاسبات محقق

جدول ۲- نتایج آزمون دیکی فولر متغیرها در تفاضل

مرتب اول

بازه زمانی	میزان آماره	prob
D	-۵/۳۸	۰۰۰۰
POP	-۵/۰۹	۰/۰۰۰۱
GDP	-۴/۹۶	۰۰۰۰۲
Q	-۴/۳۳	۰/۰۰۱
P	-۷/۸	۰/۰۰۰۰
P _g	-۹/۵۱	۰/۰۰۰۰
NX	-۷/۹۱	۰/۰۰۰۰

ماخذ: محاسبات محقق

جدول ۴- برآورد مدل آریمای با وقفه بهینه

ARIMA(۴,۸)

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	Prob
C	۰,۲۹۲۷۵۸	۰,۰۷۳۷۹۵	۳,۹۶۷۱۹۸	۰,۰۰۰۴
AR(1)	۱,۰۱۷۰۱۴	۰,۱۶۸۷۶۱	۶,۰۲۶۳۳۸	۰,۰۰۰۰
AR(2)	۰,۱۱۸۴۲۸	۰,۲۶۳۶۷۷	۰,۴۴۹۱۳۹	۰,۶۵۶۴
AR(3)	-۰,۰۹۳۴۰۱	۰,۲۴۶۸۳۱	-۰,۳۷۸۳۹۹	۰,۷۰۷۶
AR(4)	-۰,۱۶۵۶۸۳	۰,۱۴۷۶۹۰	-۱,۱۲۱۸۲۸	۰,۲۷۰۳
MA(1)	-۱,۲۰۴۷۵۵	۰,۰۶۱۸۶۲	-۱۹,۴۷۴۷۹	۰,۰۰۰۰
MA(2)	-۰,۰۷۲۲۹۳	۰,۱۲۹۷۳۱	-۰,۵۵۷۲۵۴	۰,۵۸۱۲
MA(3)	-۰,۰۷۷۴۲۸	۰,۱۲۹۱۸۳	-۰,۵۹۹۳۶۹	۰,۵۵۳۱
MA(4)	۰,۰۳۴۲۸۲	۰,۱۲۸۶۸۳	۰,۲۶۶۴۰۵	۰,۷۹۱۶
MA(5)	-۰,۰۵۵۰۳۹	۰,۱۳۷۴۳۳	-۰,۴۰۰۴۱۱	۰,۶۹۱۵
MA(6)	۰,۱۴۴۴۹۹	۰,۱۳۹۸۲۶	۱,۰۳۳۴۲۳	۰,۳۰۹۲
MA(7)	۱,۰۸۴۳۹۴	۰,۱۴۷۱۷۰	۷,۳۶۸۳۱۵	۰,۰۰۰۰
MA(8)	-۰,۸۵۱۵۴۱	۰,۰۶۹۸۳۵	-۱۲,۱۹۳۶۴	۰,۰۰۰۰
R ²	۰,۸۰			
DW	۲,۲۶			
F	۱۱,۱۶			

جدول ۵- برآورد مدل آریماکس با وقفه بهینه

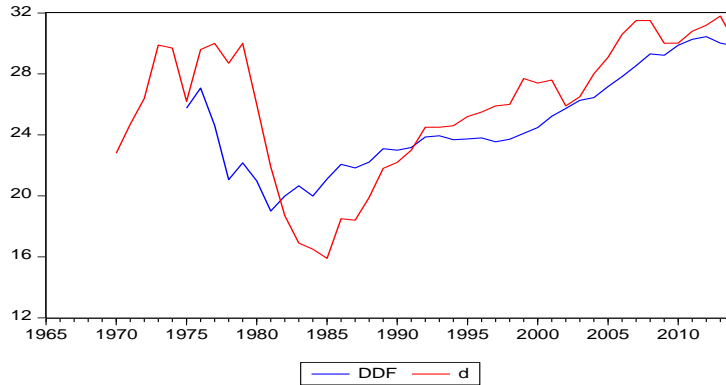
ARMA(۴,۸)

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	Prob
NX	۰,۶۰۲۵۲۸-	۰,۳۰۸۰۹۷	۱,۹۵۵۶۴۶-	۰,۰۶۱۳
P	۰,۰۰۹۴۹۸	۰,۰۱۷۰۳۸	۰,۵۵۷۴۴۳	۰,۵۸۲۰
PG	۰,۰۹۸۵۹۱	۰,۱۴۵۹۴۹	۰,۶۷۵۵۱۹	۰,۵۰۵۳
POP	۰,۰۴۱۴۰۳-	۴۷,۲۱۶۷۷	۰,۰۰۰۸۷۷-	۰,۹۹۹۳
Q	۰,۰۴۳۳۱۵	۰,۳۳۲۶۱۶	۰,۱۳۰۲۲۵	۰,۸۹۷۴
GDP	۰,۰۲۲۱۴۳-	۲۳,۵۰۹۸۰	۰,۰۰۰۹۴۲-	۰,۹۹۹۳
C	۰,۷۳۸۳۱۱-	۱۷۲,۴۳۵۵	۰,۰۰۴۲۸۲-	۰,۹۹۶۶
AR(1)	۰,۲۳۵۰۲۸	۰,۸۲۲۸۳۹	۰,۲۸۵۶۳۱	۰,۷۷۷۴
AR(2)	۰,۵۰۶۹۷۵-	۰,۲۵۸۹۱۳	۱,۹۵۸۰۹۰-	۰,۰۶۱۰
AR(3)	۰,۴۸۲۳۶۴	۰,۲۰۸۴۰۹	۲,۳۱۴۵۰۵	۰,۰۲۸۸
AR(4)	۰,۲۲۵۷۰۶-	۰,۵۱۴۲۳۰	۰,۴۳۸۹۳۱-	۰,۶۶۴۳
MA(1)	۰,۰۵۱۰۶۲-	۰,۸۴۳۱۰۶	۰,۰۶۰۵۶۴-	۰,۹۵۲۲
MA(2)	۰,۹۲۵۰۹۷	۰,۳۱۳۹۶۱	۲,۹۴۶۵۲۹	۰,۰۰۶۷
MA(3)	۰,۳۴۳۷۳۳-	۰,۵۸۸۸۸۲	۰,۵۸۳۸۰۷-	۰,۵۶۴۴
MA(4)	۰,۱۰۹۷۷۰-	۰,۳۹۹۳۸۰	۰,۲۷۴۸۵۱-	۰,۷۸۵۶
MA(5)	۰,۴۹۶۱۳۸-	۰,۲۷۰۲۴۲	۱,۸۳۵۸۹۹-	۰,۰۷۷۸
MA(6)	۰,۷۳۲۵۶۹-	۰,۴۵۶۹۰۹	۱,۶۰۳۳۱۶-	۰,۱۲۰۹
MA(7)	۰,۰۴۵۲۶۱	۰,۵۴۷۰۲۱	۰,۰۸۲۷۴۲	۰,۹۳۴۷
MA(8)	۰,۲۳۷۰۲۲-	۰,۳۰۲۷۰۷	۰,۷۸۳۰۰۷-	۰,۴۴۰۷
R ²	۰,۸۰			
DW	۲,۲۶			
F	۱۱,۱۶			

بر اساس نتایج جدول شماره ۴، وقفه بهینه در مدل تقاضای جهانی نفت، (۴ و ۸) ARIMA تعیین گردید. با توجه به اینکه مدل های ARIMA بیانگر مدل های سری زمانی هستند؛ بنابراین می توان ادعا نمود. به ترتیب وقفه اول تا چهارم متغیر وابسته به اندازه ۱،۰۱۷، ۰،۱۱۸، ۰،۰۹۳۴۰۱ و ۰،۱۶۵۶۸۳ درصد بر متغیر وابسته اثرگذار است. ضریب تعیین این مدل ۰/۸۰ است یعنی ۸۰ درصد تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای وقفه گذشته متغیر وابسته و اجزا اخلال دوره های گذشته، حاضر در مدل توضیح داده می شوند. آماره دوربین واتسون هم ۲/۲۶ می باشد و بیانگر آن است که خود-همبستگی میان اجزاء اخلال وجود ندارد. آماره نیکویی برازش F نیز بیانگر این قضیه است که مدل به صورت کلی تصریح خوبی دارد و تمامی متغیرهای مدل نمی توانند همزمان صفر باشند. در ادامه اثر متغیرهای برونزا در این مدل بهینه سنجیده شده است:

به علت این که متغیرهای درونزا به صورت برونزا وارد مدل شدن نتوانسته اند اثر واقعی خود را نمایش دهند. در ضمن چون این مدل خطی است توانایی توضیح دهنده گی روابط غیرخطی اندکی را دارد و در نهایت چون هدف پیش بینی است نه سیاستگذاری معناداری ضرایب چندان مورد اهمیت نمی باشد.

در ادامه اقدام به ارائه پیش بینی بر اساس روش ARIMAX با داده واقعی نموده ایم. نمودار شماره ۱. مقایسه تقاضای جهانی واقعی و پیش بینی شده با مدل ARIMAX را نشان می دهد که در آن تقاضای جهانی واقعی و DDF تقاضای پیش بینی شده با مدل ARIMAX را نشان می دهد.



نمودار شماره ۱- مقایسه تقاضای جهانی واقعی و پیش بینی شده با مدل ARIMAX

۵-۱- تخمین مدل SVAR

پس از انتخاب متغیرهای مورد استفاده در مدل و نیز تست مانایی، مسئله مهم در مدل VAR، تعیین طول وقفه بهینه است. در این مطالعه با توجه به اینکه حجم مشاهدات کمتر از ۱۰۰ است می‌توان از معیارهای شوارتز (SC)، آکاییک (AIC)، حنان کویین (HQ)، استفاده نمود. جدول شماره ۶، معیارهای اطلاعاتی آکاییک، شوارتز و حنان کویین برای وقفه‌های صفر تا پنج را به نمایش گذاشته است.

با توجه به محدود بودن تعداد داده‌ها و اطلاعات از شاخص آکاییک جهت تعیین وقفه بهینه استفاده خواهد شد در نتیجه با توجه به نتیجه جدول شماره ۶، وقفه بهینه ۵، تعیین شده است.

در ادامه اقدام به اعمال قیود در معادله رگرسیون بدون قید می‌نماییم. اعمال قیود به محقق کمک می‌نماید نحوه واکنش سایر بازارها را در صورت اعمال قید بر مدل بدون قید مشاهده کند. برای دست یافتن به این نتیجه لازم است با توجه به وجود ۷ متغیر ۲۸ قید در معادله VAR اعمال گردد.

۵-۲- برآورد ضرایب بلند مدت در مدل SVAR

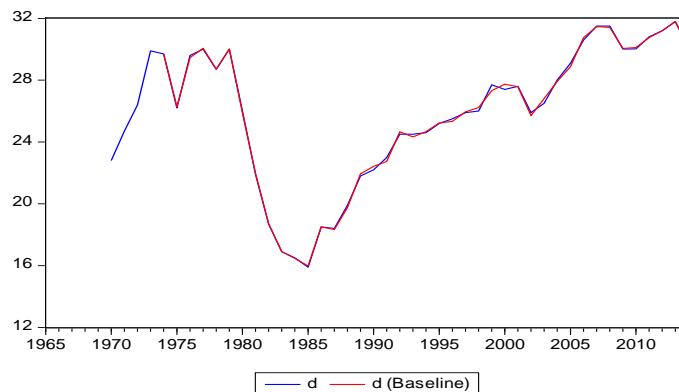
در ادامه اقدام به ارائه پیش‌بینی بر اساس روش SVAR با داده واقعی نموده‌ایم. نمودار (۲) تقاضای واقعی و پیش‌بینی شده را با استفاده از مدل SVAR نشان می‌دهد که d(Baseline) تقاضای واقعی و d تقاضای پیش‌بینی شده با استفاده از مدل SVAR را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۶- تعیین وقفه بهینه مدل

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
۰	۲۱۵,۲۳۸۵-	NA	۰,۰۰۰۱۵۸	۱۱,۱۱۱۹۳	۱۱,۴۰۷۴۸	۱۱,۲۱۸۷۹
۱	۱۷۷,۷۲۴۷	۶۲۸,۷۴۱۲	e-12۵,۵۷	-۶,۰۸۶۳۳۴	۳,۷۲۱۸۰۳-	۵,۲۳۱۳۳۱-
۲	۲۴۹,۱۵۳۰	۸۹,۲۸۵۳۶	e-12۲,۲۹	-۷,۲۰۷۶۴۹	۲,۷۷۴۳۴۰-	۵,۶۰۴۷۰۵-
۳	۳۳۴,۹۳۷۴	۷۷,۲۰۶۰۰	e-13۷,۲۴	-۹,۰۴۶۸۷۱	۲,۵۴۴۶۸۵-	۶,۶۹۵۸۸۶-
۴	۴۹۳,۱۱۳۹	۸۶,۹۹۷۰۶	e-14۱,۷۷	-۱۴,۵۰۵۶۹	۵,۹۳۴۶۳۱-	۱۱,۴۰۶۶۷-
۵	۱۹۴۵,۹۵۷	۲۹۰,۵۶۸۶*	e-42*۱,۱۷	-۸۴,۶۹۷۸۴*	*۷۴,۰۵۷۹۰-	*۸۰,۸۵۰۷۷-

جدول ۷- برآورد ضرایب بلند مدت در مدل SVAR

DD	NX	P	PG	POP	Q	GDP
1	۹,۹۲۹۷۵۸	-۰,۲۱۷۷۶۹	۱,۰۶۹۷۲	۱۲۲,۱۸۵۵	-۱,۹۵۴۳۸	۱۴,۲۹۹۷۸
انحراف معیار	۲,۷۵۹۶۱	۰,۰۸۵۴۵	۰,۶۵۶۵۶	۲۰۶,۸۹۲	۰,۵۰۷۲۷	۱۱۶,۱۲۹
آماره T	۳,۵۹۸۲۴۷	-۲,۵۴۸۴۹۶	۱,۶۲۹۲۸	۰,۵۹۰۵۷۶	-۳,۸۵۲۷۴	۰,۱۲۳۱۳۷



نمودار شماره ۲

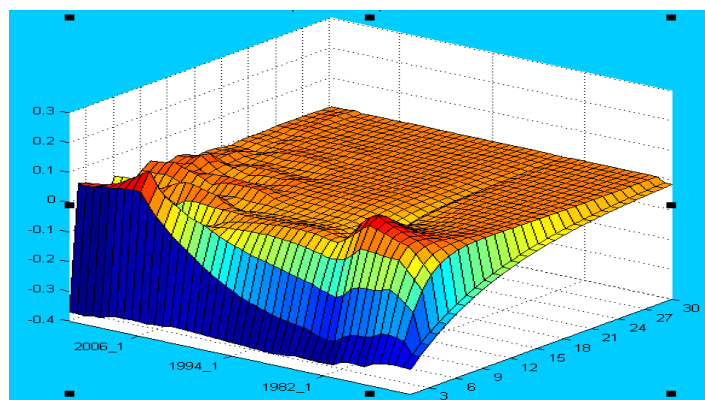
نمودار ۳ فرایند بهینه یابی تابع تقاضای نفت را در دوره مورد بررسی نمایش داده است. با توجه به نمودار مشاهده می گردد با گذر زمان در طی دوره مورد بررسی (محور افقی) میزان توضیح دهندگی (محور ارتفاع) مدل بهبود یافته است.

در ادامه اقدام به ارائه ضرایب مدل GSA و مقایسه پیش بینی مدل GSA با داده واقعی ارائه شده است.

با مقایسه نمودار ۱ و ۲ مشاهده می گردد دقت مدل SVAR از دقت مدل ARIMAX بالاتر است، به عبارتی درون زا نمودن متغیرهای تولید ناخالص جهانی، قیمت نفت اوپک، قیمت گاز (کالای جانشین)، جمعیت، خالص صادرات فرآورده های نفتی جهان موجب بهبود نتایج شده است.

۵-۳- تخمین مدل GSA

در ادامه بر اساس کد متلب اقدام به پیش بینی تقاضای جهانی نفت با استفاده از روش GSA خواهد شد.



نمودار شماره ۳- مسیر بهینه یابی تقاضای جهانی نفت با GSA

جدول ۸- نتیجه ضرایب GSA

نام متغیر	ضریب
GDP	۲۷۲,۵۷۲۷
NX	۱,۲۶۵۷۳۳
P	-۰,۰۷۵۶۳۵
Q	-۰,۸۳۶۳۱۷
PG	۰,۶۲۶۲۵۱
POP	۴۲۸,۶۲۵۵

برای پیش‌بینی برون نمونه‌ای تا سال ۲۰۱۹ ابتدا متغیرهای مستقل را با استفاده از مدل آرما تا سال ۲۰۱۹ پیش‌بینی شده است و در ادامه اقدام به پیش‌بینی تقاضای جهانی نفت با استفاده از سه روش مذکور تا سال ۲۰۱۹ شده است.

با توجه به نتایج هر سه مدل مشاهده می‌شود تقاضای جهانی نفت با استفاده از هر سه روش رو به افزایش است. اگر ملاک دقت را لحاظ نماییم مشاهده می‌گردد تقاضای جهانی نفت بر اساس مدل SVAR شیب بیشتری داشته و بر این اساس میزان تقاضای نفت را بیشتر نمایش می‌دهد. این شیب تند از سال ۲۰۱۶ به بعد ملایم شده است که این می‌تواند هشدار برای کشورهای باشد (که عضو اوپک هستند) که نفت بیش‌ترین سهم را در صادرات آن کشورها دارد و برنامه‌های بلند مدت و بودجه‌های سالانه‌ی خود را بر اساس درآمدهای نفتی تنظیم می‌کنند.

با مقایسه نمودار شماره ۴، ۲ و ۱ مشاهده می‌شود بالاترین دقت در داده‌های تحقیق حاضر مربوط به SVAR بوده، سپس مدل GSA و در نهایت ARIMAX کمترین دقت برآورد را دارا است.

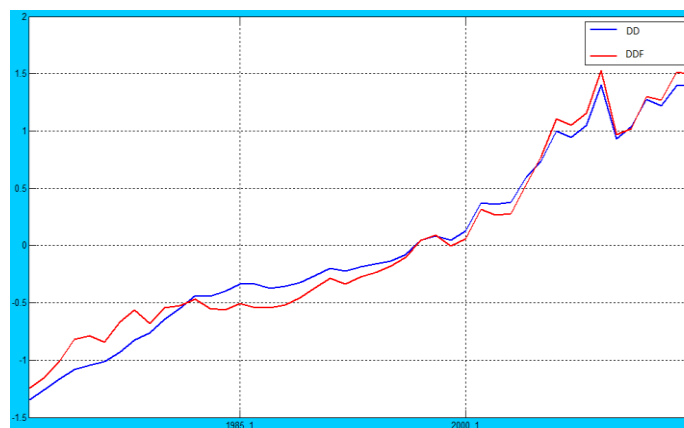
۴-۵- مقایسه دقت مدل‌های تحقیق

دقت روش‌های پیش‌بینی نشان می‌دهد که بالاترین دقت در پیش‌بینی متعلق به روش SVAR و ARIMAX کمترین دقت برآورد را دارا است.

در ادامه در جدول زیر میزان خطای پیش‌بینی هر مدل نمایش داده شده است.

با توجه به جدول ۹ مشاهده می‌گردد دقت مدل SVAR از سایر مدل‌های تحقیق بالاتر است در نتیجه جهت ارزیابی نتایج تحقیق از نتایج این مدل استفاده خواهد شد.

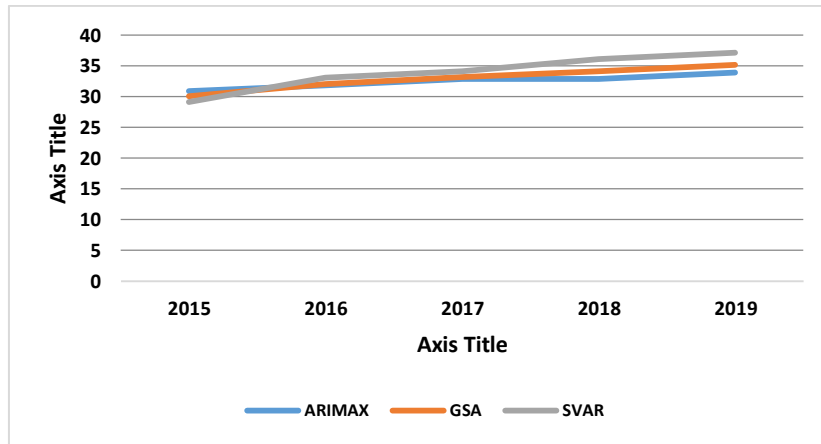
در نهایت بر اساس مدل‌های فوق اقدام به پیش‌بینی تقاضای نفت برای دوره زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ شده است.



نمودار شماره ۴- مقایسه تقاضای جهانی واقعی و پیش‌بینی شده با مدل GSA

جدول ۹- مقایسه میزان خطاهای مدل‌ها

MAPE = $\frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{e_i}{y_i} \right $	MAE = $\frac{\sum_{i=1}^n e_i }{n}$	MSE = $\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}$	نام مدل
۹,۷	۲,۳۴	۸,۸۱	ARIMAX
۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۲	SVAR
۳,۱۴	۱,۰۶	۳,۱۱	GSA



نمودار شماره ۵- پیش بینی برون نمونه ای با هر سه مدل

۶- بحث و نتیجه گیری

رشد سریع تکنولوژی و جهانی شدن بازارهای مالی و اهمیت استراتژیک کالایی مانند نفت، نیاز به پیشبینی دقیق و کارای تقاضای نفت را چندین برابر میکند. کشورهای اوپک با در اختیار داشتن ۸۱ درصد و کشورهای خاورمیانه ۴۹ درصد ذخایر نفت جهان همچنان در کانون توجه عرضه کنندگان فعلی و آتی نفت قرار خواهند داشت. سهم تولید اوپک در تولید جهانی نفت در سال ۲۰۱۵ در سطح ۳۵/۰۶ درصد قرار داشته و پیش‌بینی می‌شود که به حدود ۴۰/۵۳ درصد برسد؛ بنابراین اوپک در یک چشم انداز ۲۵ ساله همچنان تأثیرگذار عمده در بازارهای جهانی نفت خواهد بود. از این رو انجام پیش‌بینی‌های دقیق در ارتباط با میزان تقاضای نفت این سازمان امری لازم و حیاتی است. با توجه به تغییرات سریع محیط‌های اقتصادی سیاسی و اجتماعی در کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده نفت پیش‌بینی‌کنندگان را از نظر تأمین داده‌های لازم به منظور حصول نتایج تحقیق و کارا دچار مشکل کرده است و از آنجا که با شرایط اجتماعی، اقتصادی و سیاسی امروزه دقت روش‌های پیش‌بینی در بازارهای مالی بسیار مهم است، از اینرو، محققان برآن شده‌اند به دنبال مدل‌هایی با دقت بالا باشند. بر این اساس در این مطالعه به منظور پیش‌بینی تقاضای جهانی برای نفت اوپک، ابتدا تقاضای جهانی برای نفت این سازمان بر اساس سه مدل ARIMAX، SVAR و الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) مورد پیش‌بینی قرار گرفته شد. سپس با

بکارگیری سه معیار مجموع مربعات خطا، میانگین قدرمطلق خطا و میانگین درصد قدرمطلق خطا بهترین مدل انتخاب گردید. نتایج بیانگر آن است که مدل SVAR از میان این سه مدل توانایی بیش‌تری را برای پیش‌بینی تقاضای جهانی نفت اوپک دارد؛ طبق یافته‌های این تحقیق متغییر صادرات نفت بر میزان تقاضای جهانی نفت اوپک تأثیر دارد، این عامل یکی از مولفه‌های مهم در تقاضای نفت اوپک است که سقف آن توسط اعضای اوپک در اجلاس‌های مختلف این سازمان مشخص می‌گردد که افزایش و کاهش میزان صادرات کشورهای عضو میتواند بر تقاضای نفت اوپک تأثیر گذار باشد. متغیر دیگری که در این تحقیق رابطه مثبت و معنادار آن با تقاضای نفت اوپک تایید شد متغییر قیمت گاز به عنوان یک کالای جانشین ناقص نفت در بازارهای انرژی است می‌توان نتیجه گرفت که هرچه قیمت گاز افزایش پیدا کند تقاضای نفت اوپک نیز افزایش پیدا خواهد کرد. سایر یافته‌های این تحقیق نشان داد که متغییر تولید ناخالص ملی کشورهای عضو اوپک و جمعیت آن‌ها تأثیر مثبتی بر تقاضای نفت دارند، اما دو عامل قیمت نفت و تولید غیر اوپک که دارای همبستگی منفی با تقاضای نفت کشورهای عضو اوپک است، یکی از روش‌های رایج برای افزایش قدرت اقتصادی، نظامی و سیاسی کشورها ایجاد اتحاد‌های مشترک است، کشورهای غیر عضو اوپک همواره به دنبال تضعیف این نهاد مشترک و ایجاد یک سازوکار موازی با آن هستند هر چقدر که تولید غیر اوپک افزایش یابد تقاضای نفت اوپک کاهش پیدا خواهد و این

فهرست منابع

- (۱) ابریشمی، حمید، بهرام‌مهر، نفیسه و طاهره، سیفی (۱۳۹۲)، «پیش‌بینی قیمت خام با استفاده از تبدیل موجک، مدل‌های غیر خطی و مدل‌های خطی»، فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ش ۷، صص ۶۲-۴۱.
- (۲) امیدی، محمدرضا، عسگری، حشمت اله، حیدری، نصرت اله، امیدی علی اکبر (۱۳۹۵)، بررسی و الگو یابی مقدار تولید نفت خام در کشورهای حوزه خلیج فارس با استفاده از آنالیز الگوهای سری زمانی، ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۳۲، صص ۱۸-۲۶.
- (۳) پور سلیمی، حجت، شیرزادی، رضا (۱۳۹۵)، تحولات روابط ایران و عربستان و تاثیر آن بر بازار نفت، ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۴۱، صص ۲۲-۲۸.
- (۴) جوانمرد، حبیب اله، فقیدیان، فاطمه، (۱۳۹۳)، پیش‌بینی قیمت نفت خام با بکارگیری مدل پیش‌بینی خاکستری، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۲۷، صص ۹۱-۱۱۴.
- (۵) جواهری، بختیار، اسعداله، رضایی (۱۳۸۹)، بررسی عوامل موثر بر تقاضای نفت کشورهای در حال توسعه (مطالعه موردی هندوستان)، و پیش‌بینی کوتاه مدت فروش نفت ایران به این کشور (دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۰)، مجله دانش و توسعه (علمی- پژوهشی)، شماره ۳۴، صص ۵۱-۶۸.
- (۶) ذوالنور، سید حسن، متین، سعید، (۱۳۹۴)، بهینه‌یابی مسیر تولید نفت ایران: یک مدل کنترل بهینه برنامه ریزی پویا، فصلنامه برنامه ریزی و بودجه، شماره ۱۳۱، صص ۱۰۷-۱۳۶.
- (۷) سهرابی وفا، حسین، نوری، فاطمه و مرتضی، عبادی (۱۳۹۲)، پیش‌بینی تقاضای انرژی با استفاده از شبکه عصبی مبتنی بر الگوریتم انبوه ذرات، نشریه انرژی ایران، شماره ۱۳، صص ۶۹-۹۰.
- (۸) شهبازی کیومرث، سلیمیان، صلاح (۱۳۹۴). پیش‌بینی قیمت نفت با استفاده از روش متا آنالیز.
- فروش از دست رفته به سمت نفت کشورهای غیر اوپک مانند نفت برنت و نفت دریای شمال خواهد رفت. یکی دیگر از عوامل مهم در تقاضا هر کالای نفتی قیمت آن کالا می باشد رابطه معکوس بین قیمت و تقاضا در اکثر متغیر های اقتصادی وجود دارد که تقاضای جهانی نفت اوپک نیز از این قضیه مستثنی نمی باشد، با افزایش قیمت نفت جهانی اوپک نسبت به قیمت سایر بازارهای نفتی میزان تقاضا برای این متغیر اقتصادی کاهش پیدا می کند. در نهایت بر اساس مدل های فوق اقدام به پیش بینی تقاضای نفت برای دوره زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ شد. با توجه به نتایج هر سه مدل مشاهده شد تقاضای جهانی نفت با استفاده از هر سه روش رو به افزایش است. که این افزایش از سال ۲۰۱۶ به بعد کند شد که این می‌تواند هشدار برای کشورهای باشد (که عضو اوپک هستند) که نفت بیش‌ترین سهم را در صادرات آن کشورها دارد و برنامه‌های بلند مدت و بودجه‌های سالانه‌ی خود را بر اساس درآمدهای نفتی تنظیم می‌کنند.
- بر اساس نتایج تحقیق میتوان پیشنهاداتی سیاستی به شرح زیر ارائه نمود:
- وارد نمودن سطح انرژی های نو که در سالهای اخیر از اهمیت بالایی برخوردار بوده است، میتواند نتایج تحقیق حاضر را بهبود بخشد
 - با توجه به عدم تاثیر معنادار تولید ناخالص داخلی بر تقاضا نفت جهانی حاکی از بالا بودن شدت مصرف انرژی و بهره وری پایین آن در سطح جهانی است. ارتقا تکنولوژی های انرژی میتواند موجب معنا دار شدن این ضریب گردد.
 - با توجه به جان‌شین ناقص بودن گاز و نفت بر اساس نتایج تحقیق حاضر در صورت تشکیل کارتل گازی اوپک احتمال تبانی میان این دو اوپک افزایش می یابد، در نتیجه تنظیم مقررات و قوانین جهانی و افزایش نظارت بر این دو کارتل می تواند موجب بهبود تقاضا جهانی هر دو دسته از انرژی ها شود.

- Energy, Volume 36, Issue 9, Pages 5649-5654,
- 19) Marc H. Vatter(2017), OPEC's kinked demand curve, Energy Economics, Volume 63, Pages 272-287
- 20) Rati Wongsathan, SupawatChankham (2016), Improvement on PM-10 Forecast by Using Hybrid ARIMAX and Neural Networks Model for the Summer Season in Chiang Mai, In Procedia Computer Science, Volume 86, Pages 277-280
- 21) Ronald A. Ratti, Joaquin L. Vespignani (2015), OPEC and non-OPEC oil production and the global economy , In Energy Economics, Volume 50, Pages 364-378
- 22) Ting Yao, Yue-Jun Zhang (2017), Forecasting Crude Oil Prices with the Google Index, In Energy Procedia, Volume 105, Pages 3772-3776
- 23) Tuksari (2007), Ant Colony optimization Approach to Estimate Energy Demand of Turkey, Energy policy, 35, 3984-3990.
- 24) Werner Kristjanpoller, Marcel C. Minutolo (2016), Forecasting volatility of oil price using an artificial neural network-GARCH model, In Expert Systems with Applications, Volume 65, Pages 233-241
- 25) Xiao-Chen Yuan, Xun Sun, Weigang Zhao, ZhifuMi, Bing Wang, Yi-Ming Wei (2017), Forecasting China's regional energy demand by 2030: A Bayesian approach, In Resources, Conservation and Recycling, Volume 127, Pages 85-95
- فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. شماره ۴۷، صص ۹۳-۶۷
- ۹) کرم سلطانی، مینا، مصطفایی، حمید رضا و مسعود، یارمحمدی (۱۳۹۱)، بررسی تاثیر نوسانات قیمت طلا روی نوسانات قیمت نفت با استفاده از مدل ARIMAX، اولین همایش بین‌المللی اقتصاد سنجی روش‌ها و کاربردها.
- ۱۰) گلستانی، شهرام، گرگینی، مصطفی و فاطمه، حاج عباسی (۱۳۹۱)، مقایسه توانایی پیش‌بینی مدل‌های VAR، ARIMA و شبکه‌های عصبی (ANN): تقاضای جهانی نفت اوپک، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، ش ۴، صص ۱۶۸-۱۴۵.
- ۱۱) یوسفی، محمد قلی، محمدی، تیمور و نوید، معرف زاده (۱۳۹۲)، پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و مدل ARMAX»، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، ش ۷، صص ۱۷۰-۱۴۷.
- 12) Ching-Wai (Jeremy) Chiu, Haroon Mumtaz, GáborPintér(2017), Forecasting with VAR models: Fat tails and stochastic volatility, In International Journal of Forecasting, Volume 33, Issue 4, Pages 1124-1143
- 13) Chun-Da Chen, Chiao-Ming Cheng, RızaDemirer (2017), Oil and stock market momentum, In Energy Economics, Volume 68, Pages 151-159
- 14) Dawud Ansari (2017), OPEC, Saudi Arabia, and the shale revolution: Insights from equilibrium modelling and oil politics(2017), In Energy Policy, Volume 111, Pages 166-178
- 15) George Athanasopoulos, Rob J. Hyndman (2017), Nikolaos Kourentzes, Fotios Petropoulos, Forecasting with temporal hierarchies, In European Journal of Operational Research, Volume 262, Issue 1, 2017, Pages 60-74
- 16) Hassan BelkacemGhassan, Hassan RafdanAlHajhoj (2016), Long run dynamic volatilities between OPEC and non-OPEC crude oil prices, In Applied Energy, Volume 169Pages 384-394
- 17) JozefBaruník, BarboraMalinská (2016), Forecasting the term structure of crude oil futures prices with neural networks, In Applied Energy, Volume 164, Pages 366-379
- 18) M.A. Behrang, E. Assareh, M. Ghalambaz, M.R. Assari, A.R. Noghrehabadi(2011), Forecasting future oil demand in Iran using GSA (Gravitational Search Algorithm), In

یادداشت‌ها

1. Werner & Minutolo
2. Wongsathan&Chankham
3. George & Hyndman
4. Ching-Wai
5. Ronald
6. Ghassan&AlHajhoj
7. Marc Vatter
8. Saharan Blend
9. Minas
10. Iran Heavy
11. Basra Light
12. Kuwait Export
13. Es Sider
14. Bonny Light
15. Qatar Marine
16. Arab Light
17. Murban
18. Xiao-Chen
19. Autoregressive moving average with explanatory exogenous variables
20. Structural Vector Autoregressive model
21. Gravitational search Algorithm
22. Mean Sum of Squared Errors
23. Mean Absolute Error

- ²⁴ Mean Absolute Percentage Error
- ²⁵ Getely
- ²⁶ Chun-Da
- ²⁷ Artificial Neural Network (ANN)
- ²⁸ Werner & Minutolo
- ²⁹ Jozef&Barbora
- ³⁰ Tuksari
- ³¹ Werner & Minutolo
- ³² George & Hyndman
- ³³ Wongsathan&Chankham
- ³⁴ Ching-Wai

Future Studies in OPEC's Global Crude Oil Demand using Vector Self-Engagement Models, Collective Exploration and Gravitational Search

Heshmatollah Asgari

Moderator, Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

Mohammadreza Omidi

Associate Professor, Department of Economics, University of Ilam, Iran

(Corresponding Author)

mromidi_91@yahoo.com

Zahra Malekinia

Master of Science (MSc), Energy Economics Department, Ilam University

Ali Akbar Omidi

Student, PhD, Political Science, Iran, Islamic Azad University, Kermanshah Branch

Abstract

Knowledge about future oil demand is essential for OPEC member countries to set priorities and select policies in order to achieve economic growth and development. So in this study, the OPEC oil demand has been predicted using time series models including Structural Vector Autoregressive model (SVAR), Autoregressive Integrated Moving Average model (ARIMA) and Gravitational Search Algorithm (That is one of the Innovative Search Algorithms) applying demand data from 1970 to 2014. In this regard, three criteria including Mean Sum of Squared Errors (MSSE), Mean Absolute Error (MAE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) have been used to measure the predictive power of triple models. Results indicate that the SVAR model has the most appropriate prediction of OPEC global demand. According to results of this model, net export variable has a positive and significant impact on oil demand and OPEC petroleum price and non- OPEC production variables have a negative and significant impact on oil demand.

Keywords: OPEC- Global Demand- Prediction