مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره یازدهم / تابستان ۱۳۹۱

مقایسه عملکرد مدلهای رگرسیونی ARIMA وشبکه عصبی باالگوریتم ژنتیک (GMDH) درپیش بینی قیمت نفت خام ایران

عباسعلی ابونوری[۱]
ناهید خدادادی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۲۰

چکیده

این پژوهش باهدف معرفی یک الگوی مناسب جهت پیش بینی قیمت نفت خام سنگین ایران صورت پذیرفته است. داده های مورداستفاده دراین پژوهش به صورت هفتگی وشامل بازه ی زمانی هفته سوم ۲۰۰۲/۴ الی هفته چهارم ۲۰۱۱/۷ که مشتمل بر۴۸۵مشاهده بوده که جهت مجزاسازی پیش بینی های داخل نمونه ای وخارج ازنمونه استفاده شده است. همچنین الگوهای مورداستفاده دراین پژوهش عبارتنداز:یک مدل شبکه عصبی مصنوعی مبتنی برالگوریتم ژنتیک (GMDH) و نیز یک مدل رگرسیونی خطی (ARIMA) یافته های این پژوهش نشان می دهدکه مدل شبکه عصبی مبتنی برالگوریتم درپیش بینی های خارج ازنمونه براساس معیارهای محاسبه خطای پیش بینی میانگین مجذور خطا (MSE) و نیز معیار جذر میانگین مجذور خطا (RMSE) دارای عملکردبهتری نسبت به مدل رگرسیونی خطی ARIMA می باشند.

واژه‌های کلیدی: پیش بینی قیمت خام نفت ایران مدلARIMA مدل شبکه عصبی مصنوعی.

۱- استادیار دانشکده اقتصاد وحسابداری دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران مرکزی aabounoori@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشدعلوم اقتصادی دانشکده اقتصادوحسابداری تهران khodadadina@gmail.com

۱- مقدمه

بازارنفت یکی ازبازارهای پرتلاطم است که پیش بینی آینده آن می تواند درتصمیم گیریها تأثیرمثبتی بر جای بگذارد. هرچند وقوع بحرانهای نفتی که ناگهان دربازارنفت حادث می شوند،درجه اطمینان بسیاری ازاین پیش بینی هارا باتردیدمواجه می سازند.با آگاهی ازقیمت نفت وپیش بینی صحیح آن می توان فرایند تصمیم گیری خریدوفروش نفت دربازارجهانی راتسهیل وبهترین زمان انجام معاملات وسرمایه گذاریها را تعیین نمود.(اصفهانیان وامین ناصری،۱۳۸۷) مسیرتغییرات قیمت نفت نیزهمچون قیمت دیگردارایی ها،تحت فرضیه ی بازارهای کارآمد،نوعی فرایندگام تصادفی است وبه همین دلیل بهترین پیش بینی آن ،قیمت دوره ی(روز)گذشته آن خواهدبود.به همین دلیل ارائه الگوهایی برای پیش بینی شاخص های عمده بازارنفت همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است .

ازاین روباتوجه به اهمیت موضوع مسئله پیش بینی متغیرهای اقتصادی مدل های مختلفی برای مدلسازی روابط بین متغیرها و پیش بینی آنها بوجود آمده اند.این مدل هارا از چندجهت می توان تقسیم بندی نمود: مدل های سری زمانی و ساختاری یا مدلهای خطی و غیرخطی . اهمیت روزافزون پیش بینی برای عوامل اقتصادی ازیک سووکاستی مدل های ساختاری درپیش بینی ازسوی دیگر منجر به توسعه مدل های سری زمانی برای مدلسازی پیش بینی شد.در مدل های سری زمانی فرض می شودتمامی عوامل وارتباطات مؤثر درشکل گیری یک متغیر درمقادیرخود آن نمودپیدامی کنند ،بنابراین ازمقادیرقبلی خودمتغیرمی توان به عنوان مهم ترین منبع توضیح تغییرات یک متغیراستفاده نمود و پیش بینی را تنها بر اساس اطلاعات قبلی خود متغییر انجام داد.برطبق این دیدگاه اگر بتوان فرایند مولد یک متغیر را بدست آورد پیش بینی آن متغیر نسبتاً به راحتی امکان پذیرخواهد بود. اما از آنجا که درمدل های سری زمانی سهم نسبی سایرعوامل مؤثر درتغییرات متغیروابسته مشخص نیست آنهاازکاربردکمتری درسیاست گذاری برخوردارند.باید توجه داشت هنگامی نتایج پیش بینی مدل های سری زمانی ازاعتبارکافی برخوردارند که بتوان فرایند مولد مقادیریک متغیررا به خوبی بدست آورد.(مشیری وفروتن،۱۳۸۳)

اخیراً پژوهشگران ،درمقابل مدلهای رگرسیونی درمطالعات اقتصادی خود ازروش شناسی شبکه عصبی ، که مبتنی بر شبیه سازی های کامپیوتری بااستفاده ازنرون های عصبی هستند وبه کمک یک تابع پایه ای ریاضیاتی اعمال خودراانجام می دهند،(فرجام

نیا،۱۳۸۴) بهره می جویند.چراکه مدل های شبکه عصبی،هنگامی که میان داده های ورودی وخروجی ارتباط غیرخطی وجوددارد،به راحتی باسیستم آموزش ریاضی خود به تخمین وپیش بینی متغیروابسته می پردازدبه گونه ای که خطای برآورد وپیش بینی این مدل هابسیارکوچک می باشد.

هدف این پژوهش مقایسه عملکردمدل های سری زمانی خطی (ARIMA) وشبکه ی عصبی باالگوریتم (GMDH) درپیش بینی قیمت نفت خام سنگین ایران بوده وفرضیه ی اصلی این مطالعه ،برتری مدل شبکه ی عصبی باالگوریتم (GMDH)نسبت به مدل سری زمانی خطی(ARIMA)درپیش بینی سری مذکورمی باشد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

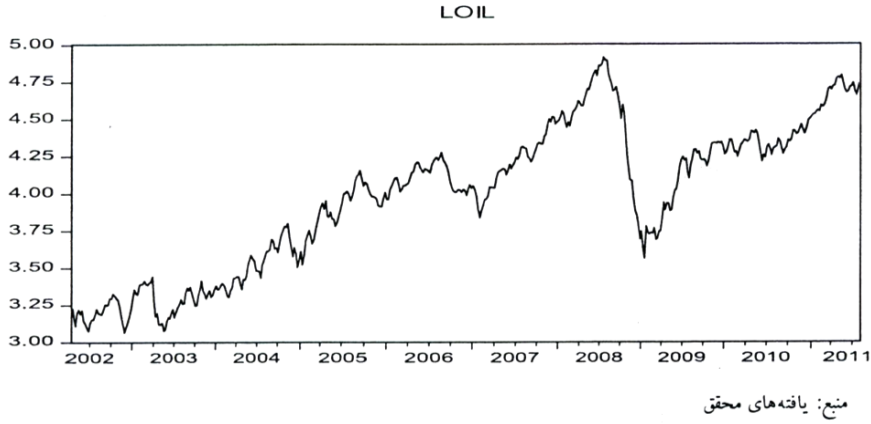
۲-۱- بررسی روند تاریخی قیمت نفت

اگرچه بررسی قیمت نفت خام تاپیش ازقرن۲۱دربازه ی زمانی این مطالعه قرارندارد،ولی رصدنمودن وقایع مؤثر برقیمت این محصول دراین دوره نیز می تواند دید وسیع تری را جهت بررسی ومقایسه مجموعه عوامل اثرگذار برقیمت نفت خام دراختیارمحقق قرار دهد . به طورکلی روندقیمت نفت درطول زمان بانوسانهای زیادی همراه بوده است وشدت این نوسانات دردوره های مختلف متفاوت بوده است .مهمترین حوادث طی سالهای ۱۹۷۲-۲۰۰۶ازقرار زیرمی باشند(دلاوری وباغبان زاده ،۱۳۸۶):

۱) تحریم نفتی اعراب (۷۴-۱۹۷۳)
۲) انقلاب ایران (۷۹-۱۹۷۸)
۳) حمله عراق به ایران (۸۰-۱۹۷۹)
۴) افزایش تولیدعربستان وابداع روش جدید موسوم به نت بک (۸۶-۱۹۸۵)
۵) تهاجم عراق به کویت (۹۰-۱۹۸۹)
۶) بحران مالی جنوب آسیا(۹۸-۱۹۹۷)
۷) حادثه یازدهم سپتامبر(۷۴-۱۹۷۳)
۸) اشغال عراق(۰۴-۲۰۰۳)
۹) مسائل ژئوپلتیک وعوامل سیاسی (۰۷-۲۰۰۶)

پس ازوقوع حادثه ۱۱سپتامبر۲۰۰۱ که قیمت های نفت اندکی کاهش یافت ،تأثیرپذیری قیمت های نفت ازعوامل خارجی وارد مرحله جدیدی شد بطوریکه نقش اساسی عوامل بازار برقیمت هابه حداقل رسید وتاسالهای بعدازآن یعنی ۲۰۰۲و۲۰۰۳این

مسائل سیاسی بودکه نقش اساسی درشکل گیری قیمت هاداشت ومی توان اعتصابات کارکنان صنایع نفت درونزوئلا،خروج برخی شرکتهای نفتی ازنیجریه وحمله آمریکا به عراق ودرنتیجه قطع کامل صادرات این کشور از جمله حوادث پیش بینی نشده این سالها نام برد به طوریکه این برهه را می توان یک دوره استثنائی در تاریخ بازار نفت قلمدادکرد(امامی میبدی ،۱۳۸۵).



منبع: یافته‌های محقق

نمودار (۱): روند تاریخی قیمت نفت خام سنگین ایران

درسال ۲۰۰۸با وقوع بحران مالی در آمریکا و سرایت آن به اقتصاد جهانی ، شاهد کاهش چشمگیری در قیمت نفت بودیم به طوری که قیمت آن ازحدود۱۵۰دلاربه حدود۳۵دلاردرهربشکه رسید. درسال۲۰۰۹ متوسط قیمت نفت به ۶۰دلار می رسد ودرسالهای ۲۰۱۰و۲۰۱۱میلادی افزایش قیمت نفت وعدم افزایش تولید ناخالص دنیامتناسب باقیمت نفت سبب شده تا شاخص هزینه نفت درسطوحی بالاتر ازسال۲۰۰۸ قرار گیرد. نمودار(۱) تحولات قیمت نفت را ازسال ۲۰۰۲تا۲۰۱۱به خوبی نشان می دهد.

۲-۲- مطالعات پیشین

تغییرات قیمت انرژی به عنوان یک نهاد استراتژیک درفرایندتولید ،اثرات قابل توجهی براقتصادهرکشوردارد.نقش وکاربردهای نفت ازمیان سایرانرژی ها برهیچ کس پوشیده نیست (دشتی رحمتی وهمکاران،۱۳۸۹). نه تنهاتغییرات قیمت انرژی و به خصوص نفت

خـام درتمـامی کشـورهاحائزاهمیت ،بلکـه ایـن اهمیـت درایـران دو چنـدان مـی باشـد.چراکـه بخـش اعظـم تولیـد ناخـالص داخلـی ایـران از کانـال درآمـدهای نفتـی بـوده ، بنـابراین تغییـرات قیمـت نفـت درایـن کشـورازاهمیت بـالایی برخـوردارمی باشـد.دلایـل ذکرشـده ،مطالعات فراوانـی درزمینـه ی نوسـانات وتغییـرات قیمـت نفـت صـورت پذیرفتـه اسـت .ازجملـه ی آنان می توان به مواردزیراشاره نمود:

پـرادو[1](۲۰۱۱) بـه بررسـی حافظـه بلندمـدت دربازارنفـت پرداختـه اسـت. ایشـان بیـان مـی کندکـه پدیـده حافظـه بلندمـدت بازارنفـت بـه سـهولت ازروش کاتسـومی شیموتسـو[2] قابـل تعیـین اسـت .همچنـین نشـان مـی دهـد وجودحافظـه بلندمـدت ،عـدم کـارایی هـای بازارنفـت رانشـان مـی دهـد.مصـطفایی وسـخابخش (۲۰۱۱) درمقالـه ای بـه مـدل سـازی وپـیش بینـی قیمـت نفـت اوپـک درقالـب معروفتـرین مـدل میتنـی برحافظـه بلندمـدت پرداختنـد.آنهـابرای ایـن منظـور ازداده هـای روزانـه قیمـت نفـت اوپـک از۳ژانویـه ۱۹۹۷الـی ۱۱ژوئـن ۲۰۱۰اسـتفاده نمودنـد.ضـریب تفاضـل گیـری کسـری محاسـبه شـده درایـن پـژوهش برابـر(۰/۳۴) بـوده کـه مزیدحافظـه بلندمـدت نیـز مـی باشـد نتـایج ایـن تحقیـق نشـان مـی دهدکه مدل ARFIMA نسبت به مدل های ARIMAوARMAبهترپیش بینی می کند.

چـوی و حمـوده [3] (۲۰۰۹) بـه بررسـی حافظـه بلنـد مـدت بازارنفـت ومحصـولات تصـفیه شـده آن بامـدل ARFIMA پرداختـه انـد.آنهـا نشـان دادنـد کـه مـدل هـای غیرخطـی ARFIMAقیمـت نفـت رابهترمـدل سـازی میکننـدوهمچنین ایـن مـدل درتـداوم بـازده قیمـت نفـت بـه مقـدارجزئی شکسـت سـاختار ی راکـاهش مـی دهـد .چیونـگ[4] (۲۰۰۹)بااسـتفاده ازمـدل هـای مختلـف ARCHبـه مـدل سـازی وپـیش بینـی قیمـت نفـت خـام برنـت و وسـت-تگزاس پرداخت .درایـن پـژوهش ویژگـی هـای دوسـری زمـانی مـذکور اعـم ازتغیـرات خوشـه ای ،اثـرات اهرمـی وحافظـه بلندمـدت بـاانواع مختلـف مـدل هـای ARCHموردبررسـی قرارگرفـت .نتـایج ایـن مطالعـات نشـان داده اندکـه ویژگـی حافظـه بلندمـدت درنفـت خـام وسـت-تگـزاس برجسته ترازهمین ویژگـی درنفـت برنـت خـام بـوده وهمچنـین مـدل تجربـی نفـت خـام وسـت –تگـزاس مـدلی نامتقـارن بـوده اسـت .درنهایـت نیـزپیش بینـی نفـت خـام برنـت دردوره خـارج ازنمونه کاراترودقیق ترازپیش بینی قیمت نفت خام وست-تگزاس می باشد.

تسـی[5](۲۰۰۸)بـه تجزیـه وتحلیـل تـورم بااسـتفاده ازمـدل مـارکوف سـوییچینگ – ARFIMAپرداخـت وبـه ایـن نتیجـه دسـت یافـت که،شـک هـای ناگهـانی قیمـت نفـت مسـیر تغییـرات نـرخ بهـره راشـکل دهـی میکنـد.همچنـین نیـز بیـان مـی کندکـه نـرخ بهـره آمریکـا دارای حافظه بلندمدت می باشد.

دشتی رحمت آبادی وهمکاران (۱۳۹۰) عملکردالگوهای شبکه عصبی وخود رگرسیونی میانگین متحرک رادر پیش بینی قیمت نفت خام ایران مورد ارزیابی قراردادند .داده های به کارگرفته شده دراین پژوهش ،هفتگی بوده ودردوره ی ۱۹۹۷-۲۰۱۰جهت پیش بینی ۲۰۱۰و۳۰درصد این داده ها وچهار الگوی شبکه عصبی ویک الگوی خودرگرسیون میانگین متحرک استفاده شده اند. نتایج این تحقیق نشان می دهدکه جهت پیش بینی ۱۰درصدی داده ها ی قیمت نفت خام الگوهای شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته و آبشاری پس انتشارخطا باتابع آموزش شبه نیوتنی به ترتیب باخطایی کمتراز ۱و۲درصد دارای بهترین عملکرد بوده جهت پیش بینی ۲۰درصدی داده های قیمت نفت خام شبکه عصبی پیشخورپس انتشارخطا و اِلمان پس انتشارخطاباانتشارآموزش لونبرگ –مارکوآت ،دارای عملکرد می باشند وهمچنین درموردپیش بینی ۳۰ درصد این داده هانیز شبکه ی عصبی پیشخور پس انتشارخطا مطلوبتر ارزیابی شده اند.ازجمله نتایج دیگراین مطالعه این بوده است که به طورنسبی باافزایش درصد داده های مورد استفاده درپیش بینی ،دقت پیش بینی کاهش یافته وهمچنین درتمامی موارد دقت پیش بینی مدل های خودرگرسیون میانگین متحرک ازمدل های شبکه ی عصبی کمترارزیابی شده است. مهرآراوهمکاران(۱۳۸۹) درمقاله ای به پیش بینی بی ثباتی قیمت نفت خام برنت و وست تگزاس اینترمدیت بااستفاده ازشبکه ی عصبی GMDHطی دوره زمانی اواخرسال ۱۹۹۰تااوایل سال ۲۰۱۰(بااستفاده ازداده های روزانه)پرداختند.مقایسه نتایج حاصل از مدل های GARCH(1,1) الگوی مبتنی برشبکه ی عصبی GMDH الگوی ترکیبی GMDHوGARCH نشان می دهد که الگوی ترکیبی وشبکه ی عصبی برمبنای معیارجذر میانگین مربع خطای پیش بینی (RMSE) برای هردوسری پیش بینی بهتری نسبت به الگوی اقتصادسنجی GARCH(1,1)ارائه می دهند. وافی وعرفانی فرددرسال ۱۳۸۹پیش بینی قیمت و درآمدهای نفت خام رادرسه حالت موردبررسی قرارداده اند:۱-زمانی که ورودی ها الگوی انتظارات تطبیقی است،۲-وقتی ورودی ها قواعدتحلیلی فنی است و ۳-ترکیب مواردداول ودوم.نتایج این مقاله نشان می دهد که حالت سوم ضمن کاهش ریسک عایدی ها مقدار عاید تجمعی را نسبت به حالت اول ودوم به ترتیب ۷درصد و۱۰درصد افزایش می دهد .همچنین به کارگیری انتظارات تطبیقی درکنارقواعدتحلیل فنی مقادیرپیش بینی رادقیق ترمی کند. پورکاظمی واسدی (۱۳۸۸)درمقاله خودباعنوان "پیش بینی پویایی نفت خام بااستفاده ازشبکه های عصبی مصنوعی وبابکارگیری ذخیره سازی های نفتی کشورمان

OECD[۶]" به پیش بینی قیمت نفت خام به عنوان یکی از متغیرهای مهم بازارجهانی نفت ،بااستفاده از روش های شبکه های عصبی مصنوعی ونیزروش اقتصادسنجی ARIMA(به صورت پویا)پرداختند.ازیکسو نتایج پیش بینی های یک گام به جلوتاده گام به جلوبااستفاده ازروش شبکه های عصبی درمقایسه باروش ARIMA حاکی ازخطای کمتر روش شبکه های عصبی بوده وازسوی دیگرنتایج پیش بینی های شبکه عصبی نشان می دهدکه بااضافه کردن ذخیره سازی های کشورهای OECD به عنوان یک ورودی دیگردرمدل وانجام یک پیش بینی دومتغیره(برای اولین باردرایران)،خطای پیش بینی های قیمت نفت کاهش می یابد. شکیبایی وهمکاران (۱۳۸۸) درمقاله ای به پیش بینی عرضه نفت خام دریازده کشورتولیدکننده بااستفاده ازشبکه های عصبی ورگرسیون خطی با توجه به داده های زمانی دوره ۱۹۸۰الی ۲۰۰۶پرداختند .ونتایج به دست آمده درهرکشور رابه طورمجزا موردبررسی ومقایسه قراردادند.نتیجه پژوهش آنها حاکی ازعملکردبهتر مدل های شبکه های عصبی نسبت به مدل های رگرسیون خطی درپیش بینی هابوده است.

اصفهانیان وامین ناصری (۱۳۸۷)درمقاله خودبااستفاده از یادگیری هدایت شده یک مدل شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش بینی قیمت نفت خام به صورت ماهانه توسعه دادند .درفرایند توسعه این مدل تأثیرانواع متغیرهای فنی و بنیادی ،تعداد نرون های لایه ورودی ،تعداد نرون هاولایه های پنهان ،توابع تبدیل لایه ها پیش پردازش مناسب داده ها ،تقسیمات مختلف داده ها برای انتخاب مجموعه های آموزش وآزمایش،انواع الگوریتم های یادگیری بهبودیافته وانواع شبکه هاباانجام آزمایشات فراوانی موردبررسی قرار گرفته است .درنهایت یک شبکه پیش خورسه لایه میانگین خطای مطلق ۷۴سنت درمجموعه آزمایش به عنوان بهترین مدل انتخاب گردیده است.

تحقیق دیگری که توسط مهرآرا وهمکاران (۱۳۸۸)بارویکردشبکه عصبی GMDH صورت پذیرفته است درزمینه الگو سازی وپیش بینی شاخص قیمت وبازده نقدی بورس اوراق بهادارتهران می باشد .این پژوهش سعی درشناخت متغیرهای مؤثربرشاخص بورس اوراق بهادار داشته است ویازده متغیرکلان اقتصادی مرتبط بابازارسرمایه به همراه وقفه های یک ودوماهه هرکدام ازآنها ووقفه های متغیروابسته ، الگویی با۳۵متغیرورودی راایجادکردند.نتایج به دست آمده نشان دهنده تأثیر قوی ومعنادار شاخص قیمت زمین ،هزینه مسکن ،پایه پولی ،کرایه ،CPI ،مسکن اجاره ای وقیمت جهانی نفت خام برشاخص

قیمت وبازده نقدی بورس اوراق بهاداراست.درمقابل،بازارارزخارجی وطلا،ارتباط کمتری بابازارسهام داشته است.

کیانی درسال۱۳۸۶،باتوجه به ضعف عملکرد مدل های سری زمانی سنتی درمواردی که پویایی سیستم ،بیانگرویژگی غیرخطی قوی می باشدونیزباتوجه به دقت بالای مدل های شبکه عصبی دراینگونه سیستم ها ،درپایان نامه اش سعی در تخمین بهترین مدل پیش بینی سری زمانی برای تولیدنفت خام نمود .لذادرابتدابهترین مدل ARMAرابا توجه به معیارهای ارزیابی مدل،تخمین زده وسپس شبکه عصبی راوارد بحث کرده ودرنهایت به مقایسه پیش بینی این مدل هاپرداخت. نتایج این پژوهش مرید عملکردبهترمدلهای شبکه عصبی درپیش بینی های ایستا وپویا نسبت به مدلهای ARMA می باشد.

فرجام نیا وهمکاران (۱۳۸۶)درتحقیقی به مقایسه روشهای ARIMA وشبکه های عصبی مصنوعی درپیش بینی قیمت روزانه نفت خام طی دوره آوریل ۱۹۸۳ الی ژوئن ۲۰۰۵ پرداختند.آنها پس ازمدل سازی بوسیله شبکه های عصبی مصنوعی ،به منظورتشخیص سهم مشارکت هرپارامترورودی دراین مدل ازتجزیه وتحلیل حساسیت استفاده شده است .باتوجه به بکارگیری حجم وسیعی ازاطلاعات روزانه قیمت جهانی نفت (بیش از۵۵۰۰داده)نتایج به دست آمده بیانگربرتری غیرقابل مقایسه مدل شبکه های عصبی مصنوعی نسبت به مدلARIMA درپیش بینی قیمت روزانه نفت بوده است.

۳- معرفی مدل تحقیق وروش تحقیق

مدل های به کارگرفته شده دراین تحقیق به دودسته ی :مدل سری زمانی (ARIMA) ومدل شبکه عصبی باالگوریتم ژنتیک(GMDH) تقسیم شده ،که دربخش های بعدی به تفسیرآنهاپرداخته خواهدشد.

۳-۱- فرایندیا الگوی خودتوضیحِ میانگین متحرک(ARIMA):

بطورکلی فرآیند های ARMA ازتلفیق فرآیندهای خودتوضیح ومیانگین متحرک بوجودمی آیند . که به صورت زیرقابل نمایش می باشند:

$$\phi(L)y_t = \alpha + \theta(L)\varepsilon_t \qquad (۱)$$

که دراین عبارت روابط زیرکه به ترتیب درفرآیندهای ARوMA صدق می کردند،برقرار خواهدبود:

$$\phi(L) = 1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \ldots - \phi_p L^p \quad , \quad \varepsilon_t \approx iid\left(0, \sigma^2\right) \qquad (۲)$$

$$\theta(L) = 1 + \theta_1 L + \theta_2 L^2 + \ldots + \theta_q L^q \qquad , \qquad \varepsilon_t \approx iid\left(0, \sigma^2\right) \qquad (۳)$$

$$\phi(L)(1-L)^d y_t = \alpha + \theta(L)\varepsilon_t \qquad (۴)$$

شرط مانایی این فرآیند همانند شرط مانایی درفرآیند خود توضیح می باشد.این فرایندهارا خودتوضیحِ میانگین متحرک بادرجات آزادی pوq می نامندوبه صورت ARMA(p,q) نشان می دهند.حال اگریک سری زمانی نامانا بوده و بتوان آنرا بادl بارتفاضل گیری مانا کرد آنگاه می توان آن را به صورت زیرنمایش داد:

دراین رابطه p تعدادجملات فرآیند خودتوضیح وq تعدادجملات فرآیند میانگین متحرک و d تعداد دفعات لازم تفاضل گیری به منظورماناشدن سری y_1 می باشند.این فرآیندرابه صورت ARMA(p,d,q) نشان می دهند. دراین عبارت نیزروابط (۲)و(۳)که به ترتیب درفرآیندهای ARوMA یابه طورهمزمان درفرآیند (ARMA) صدق می کردند،برقرار می باشد.

۲-۳-شبکه عصبی الگوریتم ژنتیک (GMDH):

شبکه عصبی هوشمند مصنوعی نخستین بار درسال ۱۹۴۳ توسط مک کولا (عصب شناس)وپیت(ریاضی دان) بوجودآمد. ازآنجاکه مفاهیم پایه ای مطرح شده درمباحث مربوط به آن از اساس ریاضی مستحکم وقابل اعتمادی برخورداربود ،بعدها به طورگسترده ای مورد اقبال عمومی محققان درمدل سازی تجربی فرآیندهای غیرخطی قرار گرفت.نکته ی جالب توجه ودارای اهمیت دراین مدل ها ،شبیه سازی عملکرد پیچیده ی سلول های عصبی باتعدادزیاد واحد باعملکرد ساده وارتباطات موازی می باشد.

یک مشکل اساسی درمدل سازی سیستم های پیچیده مانندمسائل اقتصادی اجتماعی ومسائلی که درمورد آنها فرآیند رفتاری وسازه داده ها نامشخص است ،مسئله پیش داوری محقق درمورد ساختارمدل می باشد ازآنجا که سیستم موردنظر مسئله ممکن است پیچیده باشدفروض اولیه مدل ساز ممکن است دربهترین حالت تنها حدس های مبهمی باشد.بنابراین نتایج بدست آمده دراین حالت مبهم دوپهلو واغلب کیفی دارند این مشکلات منجربه آن شدکه دراواسط دهه ۱۹۶۰ ریاضی دان روسی ایواخنکو روشی راکه تاحدی برپایه نظریه روزنبلات[۷] ۱۹۵۸بودمعرفی نماید به طوریکه محقق بدون آنکه فروضی درمورد نحوه عملکرد درونی سیستم درنظربگیرید ،مدل هایی رابرای تحلیل

وپیش بینی پیچیدگی های سیستم بسازد.(مدل سازی غیرتئوریک)فرض کنیدمجموعه ای ازmمتغیرشامل xl,x2,.....xm, ویک متغیرyوجوددارد داده های مربوط به هرکدام از xiها ومتغیرهدفy متغیرخروجی نیز برای یک دوره زمانی وجوددارد به عبارتی هریک ازمتغیرها به صورت یک بردارکه شامل اعدادسری زمانی مربوط به آن متغیراست ، می باشد.(مادالا و ایواخننکو،۱۹۴۴).[۸]اطلاعات اولیه ای که جهت ساخت الگوریتم GMDH بایدجمع آوری گردد.مجموعه ای ازnمشاهده شده است که درماتریس زیرنشان داده شده است.

برای شروع به کارالگوریتم با دومسئله مواجه هستیم تشخیص رابطه ای که متغیرخروجی رابراساس متغیرهای ورودی xiهاتولیدمی کند.پیش بینی y به ازای مقادیرمعلوم xiها به عبارتی نیازبه تشخیص مدل ورابطه بین متغیرها می باشد(مدل سازی)که سپس بتوان ازروی آن مدل مقادیر آتی متغیر هدف پیش بینی کرد(مادالاوایواخننکو،۱۹۹۴).

مبنای الگوریتم GMDH عبارت ازفرآیندی جهت ساخت یک چندجمله ای بامراتب بالااست که به سری تابع ولترا[۹] معروف است و به شکل زیرارائه می گردد:(این چندجمله ای را ایواخننکو نیز می نامند.)

$$\hat{y} = a_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \qquad (۵)$$

برای این منظوردرالگوریتم GMDH ابتدابه تجزیه سری توابع ولترا به چندجمله ای های دومتغیره درجه دوم می پردازیم.

$$G(x^1, x^1) = a^0 + a^1 x^1 + a^2 x^1 + a^3 x_3^1 + a^4 x_3^1 + a^5 x^1 x^1 \qquad (۶)$$

در این تجزیه سری ولترا به مجموعه ای ازمعادلات بازگشتی زنجیره ای تبدیل می گردد به گونه ای که مجددا با جایگذاری جبری هریک از روابط بازگشتی دراین رابطه سری ولترا برقرارمی گردد.

$$y_i = f(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}) \qquad i = 1,2,3,\dots,m \qquad \text{رابطه‌ی (۷)}$$

توسط تابع fترقیب زده می شود:

$$\hat{y}_i = \hat{f}(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}) \qquad i = 1,2,3,\dots,m \qquad (۸)$$

ودرصورتی که تابعf به صورت زیربیان شود:

$$\hat{y} = a_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \qquad (۹)$$

دراین صورت رابطهf را می توان به فرم زیرتجزیه نمود:

$$\begin{aligned}
&\hat{y}_k = G(u_i, u_j) \quad i,j = 1,2 (i \neq j) && k = 1\\
&\hat{u}_k = G(s_i, s_j) \quad i,j = 1,2,k, F_1 (i \neq j) \quad F_1 \leq C^2_{F_2} && k = 2\\
&\hat{s}_k = G(p_i, p_j) \quad i,j = 1,2,k, F_2 (i \neq j) \quad F_2 \leq C^2_{F_3} && k = 3\\
&\vdots\\
&\hat{z}_k = G(w_i, w_j) \quad i,j = 1,2,k, F_l (i \neq j) \quad F_l \leq C^2_m && k = F_{l+1}\\
&\hat{w}_k = G(x_i, x_j) \quad i,j = 1,2,k, F_m (i \neq j) && k = F_m
\end{aligned} \qquad (۱۰)$$

همان گونه که درمعادلات بالا مشاهده می شود ترتیب روابط فوق ازبالابه پایین نمایی ازپروسه تجزیه رابطه (۷)توسط معادلات بازگشتی می باشددرواقع هدف این الگوریتم یافتن ضرایب مجهول a درسری توابع ولترامی باشد .لازم به ذکراست که تمامی مدل های جزئی به وجودآمده ازیک ساختارمتشابه همانند رابطه زیربرخوردارهستند:

$$\hat{f}(x_i, x_j) = v_0 + v_1 x_i + v_2 x_j + v_3 x_i^2 + v_4 x_j^2 + v_5 x_i x_j \qquad (۱۱)$$

باتوجه به اینکه هدفی راکه مادراین الگوریتم دنبال می کنیم چیزی جزمدل سازی سیستم اولیه نیست لذاباترکیب مدل سیستم های جزئی وتکراراین عمل می توان به مدل اصلی سیستم که به فرم رابطه (۱۲)می باشددست یافت.

$$\hat{y} = v_0 + \sum_{i=1}^{m} v_i x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} v_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} v_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \qquad (۱۲)$$

بعدازتجزیه سیستم اصلی به تعداد C^2_{m} سیستم جزئی مدلی بادو متغیرورودی برای هریک ازآنهامحاسبه می شودسپس مدل های جزئی ایجادشده را دو به دو باهم ترکیب کرده که حاصل این ترکیب ،تعداد$\frac{c^2_{m(c^2_{m-1})}}{2}$ سیستم ویا مدل جزئی جدید باحداقل سه وچهارمتغیر ورودی می باشدالبته تعدادمتغیرهای وابسته به مدل ویا به عبارتی تعدادی ورودی های سیستم مهم نبوده وتنها دقت تخمین واقعی سیستم اصلی توسط مدل های ایجادشده اهمیت دارد لذا بادر نظرگرفتن این قاعده برای کاهش محاسبات مضاعف وزائد وافزایش راندمان ودقت مدل سازی تعدادی ازمدل های جزیی تشکیل شده راکه ازدقت وتخمین بالایی نسبت به مدل های دیگربرخوردارهستند انتخاب نموده ومابقی راحذف می کنیم. دردومین مرحله ترکیب مدل های جزئی انتخاب شده ویا به عبارتی سیستم

های ایده آل شکل گرفته درمرحله قبلی مجددا دو به دوهمانند مرحله قبلی ترکیب شده وسیستم های جزئی جدیدی باحداقل پنج وحداکثرشش متغیرورودی تشکیل می شود به همین طریق درمراحل بعدی نیز با انتخاب و حذف تعدادی از مدلهای جزیی ایجادشده عمل ترکیب آنهاراادامه می دهیم تادرنهایت به مدلی نسبتا ایده آل دست یابیم.هدفی که همواره درپروسه ترکیب مدل های بوجود آمده موردنظراست دست یافتن به مدلی می باشدکه تقریباتمامی متغیرهای سیستم درآن نمایان ونقش داشته باشندوهدف دیگری که درانجام ترکیب های مکرر مورد نظراست رسیدن به مدلی باشدکه میزان خطای خروجی آن نسبت به سایرمدل های محاسبه شده درمراحل قبل کمترباشد.(لطفی مهر،۱۳۸۷)

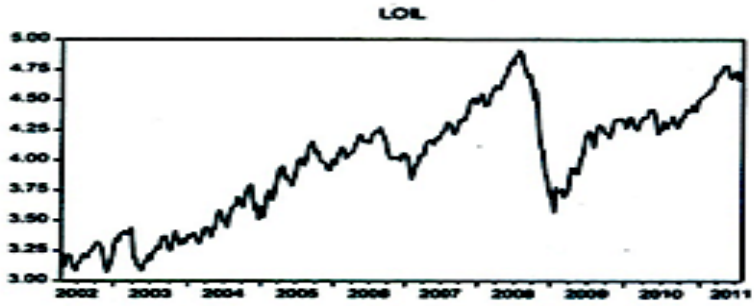
۵)نتایج تحقیق و تفسیر آن

$$ROIL = Ln(\frac{oil_t}{oil_{t-1}}) = Ln(oil_t) - Ln(oil_{t-1}) = dloil \qquad (۱۳)$$

هدف اصلی این تحقیق بررسی عملکرد دقت مدل های ARIMAوGMDH درپیش بینی قیمت نفت خام سنگین ایران بوده ، که جهت این منظور ازداده های هفتگی طی دوره زمانی هفته سوم ۲۰۰۲/۴ الی هفته چهارم ۲۰۱۱/۷استفاده شده است.نخستین گام درفرآیند مدل سازی معادله میانگین سری بازدهی قیمت نفت خام داشتن متغیری مانا می باشد.همچنین ضروری است که جهت جلوگیری ازایجادرگرسیون کاذب ازداده های مانا درمدل سازی های داده های سری زمانی استفاده شود.بنابراین،سری لگاریتم قیمت نفت خام سنگین ایران که براساس نتایج آزمون های دیکی-فولرتعمیم یافته (وهمچنین آزمون فیلیپس-پرون و KPSS)،نامانا ودرنتیجه(1)I می باشد(جدول (۱))،ابتدامی بایست ازطریق تفاضل گیری مرتبه ی اول مانا گردیده وسپس ازسری حاصله (dloil) جهت تصریح مدل ARIMA استفاده شود.سری تفاضل لگاریتم قیمت نفت خام درواقع همان بازده قیمت نفت خام (ROIL=dloil)می باشد.(به همین دلیل درمدل سازی های سری زمانی به کاربرده شده ازسری بازده قیمت نفت خام سنگین ایران استفاده خواهدشد)

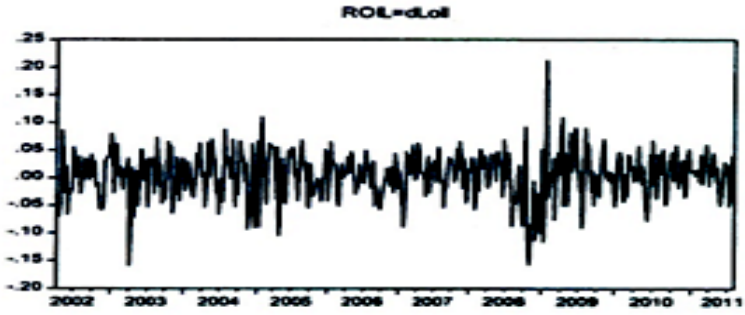
همچنین به کمک تحلیل نموداری نیز می توان به مانا ونامانابودن یک سری پی برد.به این منظور به مقایسه ی ویژگی های سری های لگاریتم قیمت نفت و بازده قیمت نفت خام ایران می پردازیم.

نمودار (۲): منحنی سری‌زمانی لگاریتم قیمت نفت خام (LOIL)



منبع: یافته‌های محقق

و بازده قیمت نفت خام سنگین ایران (RLOIL)



منبع: یافته‌های محقق

نمودار(۲)به خوبی نامانایی لگاریتم قیمت نفت خام رامی رساند.چراکه همانطورکه مشاهده می شودباگذشت زمان متغیرمذکور(تقریبا)روندصعودی (به همراه شکستگی موجوددرسری مذکور)داشته واین امر نتایج آزمون ریشه واحدارائه شده درجدول (۱)راتأیید می کند.بنابراین باانجام تفاضل گیری مرتبه اول می توان ضمن مانانمودن این متغیر (Loil) به سری بازدهی قیمت نفت خام(ROIL)نیزدست یافت . به همین منظور به تحلیل سری بازدهی قیمت نفت درنمودارزیرخواهیم پرداخت.

همچنین نمودار۲ نشان می دهدکه سری بازده دارای میانگین ثابت(حول صفر)ونیزواریانس ثابت (وغیروابسته به زمان) بوده که این امر مؤید مانابودن این سری می

باشـد.ازایـن روبـه راحتـی و بـدون داشـتن واهمـه ای ازایجـاد رگرسـیون کـاذب ،مـی تـوان بـه مدل سازی معادله میانگین این سری به کمک ARIMA پرداخت.ذ

جدول (۱):نتایج مربوط به بررسی مانایی درسری قیمت وبازده نفت خام سنگین ایران

نام متغیر	نوع آزمون مانایی	مقدارآماره بحرانی	مقدارآماره محاسباتی درسطح ۵٪	نتیجه آزمون
loil	ADF	۱/۲۰۱۹	-۱/۹۴۱۵	نامانا
Dloil	ADF	-۱۷/۵۱۹۲	-۲/۸۶۷۳	مانا

منبع: یافته های محقق

درگام بعدی به آزمون لیانگ-باکس(Q_1)جهت بررسی وجودخود همبستگی بین جملات سری بازدهی قیمت نفت می پردازیم. لیانگ و باکس در ۱۹۷۸ آماره Q_{LB} را جهت آزمون این فرضیه که تمامی ضرایب خودهمبستگی (ρ_K) به طور هم‌زمان برابر با صفر هستند (عدم وجود خود همبستگی در اجزاء اخلال)، بیان نمودند که در آن n حجم نمونه و m طول دوره‌ی تأخیر می-باشد:

$$Q_{LB} = n(n+2)\sum_{k=1}^{m}\left(\frac{\hat{\rho}^2{}_k}{n-k}\right) \sim \chi^2(m) \qquad (۱۴)$$

$$\rho_k = \frac{Cov(X_t, X_{t+k})}{Var(X_t)}$$

با استفاده از این آزمون وجود خودهمبستگی در سری بازدهی قیمت نفت مـورد بررسـی قـرار گرفت. نتایج این آزمون نیز در جدول (۲) ارائه گردیده است. مقادیر احتمال برای تأخیرهای ۵، ۱۰ و ۲۰ منجر به رد فرض صفر، مبنی بر «عدم حضور خود همبستگی در سری بازده‌ها» گردیـده و در نتیجه وجود خودهمبستگی در سری بازدهی قیمت نفت مورد قبول واقع می‌شود.

جدول (۲) نتایج آزمون لیانگ- باکس برای سری بازدهی قیمت نفت

مرتبه تأخیری	آماره Q	مقدار بحرانی	مقدار احتمال
۵	۳۳/۶۶۵	۸/۰۷۰۵	۰/۰۰۰
۱۰	۴۰/۰۸۳	۱۸/۳۰۷	۰/۰۰۰
۲۰	۴۸/۰۱۴	۳۱/۴۱۰۴	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های محقق

لازم به ذکر است که، نخستین گام در تخمین معادلات میانگین سری‌های مختلفی که دارای خودهمبستگی بوده، تعیین طول وقفه بهینهAR و MA می‌باشد، که این امر می‌تواند براساس متدولوژی باکس- جنکینز صورت بپذیرد(کشاورز حداد و صمدی، ۱۳۸۸). نتایج حالت‌های مختلف تخمین مدل ARIMA، در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲):نتایج انتخاب بهترین معادله میانگین سری قیمت نفت

ردیف	مدل	معیارAIC	معیارSBC		DW
۱	AR(1,3)	-3/6364	-3/5948	٪17	1/94
۲	MA(1,3)	-3/600	-3/6318	٪18	2/007
۳	ARMA(1,1)	-3/6179	-3/5864	٪17	1/96
۴	ARMA(2,1)	-3/6150	-3/5762	٪17	2/004
۵	ARMA(1,2)	-3/5372	-3/4939	٪15	2/021
۶	ARMA(3,(0,0,3)	-3/6667	-3/6472	٪18	2/02

منبع :یافته های محقق

لازم به ذکراست که اولا درهمه مدلهای فوق ،به غیرازمدلهای چهارم وپنجم (که درآنهابرخی ضرایب بی معنابوده اند)کلیه ضرایب معنادارمی باشند.ثانیا مدل های فوق دربین کلیه حالات ممکن ازبهترین عملکرد برخوردارربوده که درنتیجه نتایج آنهادرجدول (۲)ارائه گردیده است،ثالثادرکلیه مدل های فوق معیار دوربین-واتسون دال برعدم وجود خودهمبستگی درسری مربوطه بوده است.درنهایت براساس معیاراطلاعات ، ضریب تعین مدل ها ،ضریب دوربین- واتسون ونیزمعناداری ضرایب مدل های فوق ،مدلARMA(3,003دربین مدل های فوق دارای بهترین شرایط می باشد.[۱۰]

نکته قابل توجه آن است که سری بازده قیمت نفت خام دارای اثرات آرچ بوده ،ازاین روباانجام دوکارمی توان این مشکل را مرتفع ساخت؛یکی مدل سازی به کمک خانواده مدل های GARCH بوده و دیگری استفاده ازبرآوردهای سازگار وایت (Robust Regression) می باشد.زیراباتوجه به اینکه دراین روش خطای معیار به فرم صحیحی تخمین زده می شود، دیگرنیازی به دانستن فرم تصریحی معادله واریانس نبوده ،ونیزدیگرنگرانی از این بابت نخواهدداشت،که دراین پژوهش ازروش دوم جهت رفع مشکل مذکوراستفاده شده است .

همچنین پس ازبررسی پسماندهای مدل ARMA(3003) براساس آماره لیانگ – باکس مشخص شده است که جملات این سری دارای خود همبستگی نمی باشند.بنابراین فرم تصریحی مدل فوق به صورت زیرمی باشد

(۱۴)

$$dloil = 0.003 - \{0.013DUM1 + 0.16DUM2 - 0.2DUM3\} + 0.27AR(1) - 0.16AR(2) - 0.24AR(3) - 0.41MA(3)$$
$$t: \quad (1.42) \quad (-3.58) \quad (-4.17) \quad (5.24) \quad (5.83) \quad (-2.37) \quad (-2.08) \quad (3/491)$$

در اینجا ذکر چند نکته از اهمیت به سزایی برخوردار است:

نخست اینکه در کلیه ی مدل های ارائه شده درجدول (۲) ازمتغیرهای مجازی جهت مدل کردن نقاط بیرون افتاده به منظورافزایش ضریب تعیین مدل ها استفاده شده است .همچنین ،هریک ازاین متغیرهای مجازی بیانگروقوع بحران های نفتی درسالهای مختلف می باشدکه درزیربه بیان آن می پردازیم:

Dum1: بیانگربحران نفتی سال۲۰۰۳به علت وقوع جنگ آمریکا وعراق

Dum2 وDum3: بیانگربحران نفتی سال۲۰۰۸به علت بحران مالی آمریکا(پیکِ بالاوپایین قیمت)

هدف ما دراین بخش ازپژوهش ساختن یک مدل شبکه ی عصبی ازنوع GMDH است که قواعدتحلیل تکنیکی را به عنوان ورودی مورداستفاده قرارمی دهد.مزیت قواعد تحلیل تکنیکی دروجود الگوهای قابل بهره برداری درونی آنها است،که میتواند به ارائه نتایج قابل توجهی درانجام پیش بینی ها منتج شود.اصولابسیاری ازالگوهای موجوددرفرآیندتولید داده ی سری های مختلف ممکن است باابزارهای سنتی قابل شناسایی نباشند،امابه وسیله ی قابلیت تشخیص الگوریتم شبکه های عصبی کشف شوند.

اصولایکی ازمهمترین کاربردهای مدل های مبتنی برشبکه عصبی مصنوعی دراقتصاد، بکارگیری آنهادرزمینه ی پیش بینی متغیرهای مختلف می باشد. بنابراین،دقت عملکرد مدل های مختلف آنها، براساس معیارهای پیش بینی (که درفصل سوم تشریح شدند)سنجیده می شوند.دراین میان،نحوه ی عملکرد شبکه ی عصبی با الگوریتم ژنتیک(GMDH) بدین صورت است که، پس ازدریافت اطلاعات ازلایه ی ورودی،سعی دریادگیری (آموزش دیدن)فرآیندتولید داده ها می نماید،که درواقع آموزش دیدن این شبکه ها،چیزی جزتنظیم وزن های ارتباطی این نرون ها به ازای دریافت مثال های مختلف نیست. سپس براساس وزن های نرون های مختلف،به غربال سازی نرون های مؤثروحذف آنهایی که مهم نیستندبه کمک حداقل سازی معیارمیانگین مجذورخطا(MSE) می پردازد.درنهایت،باتوجه به این کمیته سازی،ضرایب معادلات جزئی تخمین

زده شده تاخروجی شبکه به سمت خروجی مطلوب همگراشود.این پروسه چندین مجموعه (ترکیب)ازبهترین وزن های نرون هاراارائه داده، که براساس آنهامی توان برای هرترکیب، یک خروجی ($\hat{y}$)استخراج نموده وپس ازمحاسبه ی معیارهای محاسبه ی دقت پیش بینی،به ارزیابی عملکرد مدل های حاصل ازترکیبات استخراجی مختلف(حاصل ازبکارگیری الگوریتم GMDH) می پردازیم.

جدول(۳): نتایج تخمین مدل شبکه عصبی الگوریتم GMDH

Input=5lag of dloil			
بهترین مدل ها	MSE	RMSE	MAPE
مدل اول	۰/۰۰۱۶۸۳	۰/۰۴۱۰۲۹	۰/۰۰۰۷۷۹
مدل دوم	۰/۰۰۱۶۷۰	۰/۰۴۰۸۶۷	۰/۰۰۰۸۱۴
مدل سوم	۰/۰۰۱۶۶۸	۰/۰۴۰۸۳۸	۰/۰۰۰۸۱۶
مدل چهارم	۰/۰۰۱۶۶۴	۰/۰۴۰۷۸۷	۰/۰۰۰۸۱۸
مدل پنجم	۰/۰۰۱۶۵۹	۰/۰۴۰۷۳۵	۰/۰۰۰۸۱۸
مدل ششم	۰/۰۰۱۶۴۹	۰/۰۴۰۶۱۲	۰/۰۰۰۸۲۲
مدل هفتم	۰/۰۰۱۶۳۹	۰/۰۴۰۴۸۸	۰/۰۰۰۸۳۷
مدل هشتم	۰/۰۰۱۶۱۳	۰/۰۴۰۱۶۴	۰/۰۰۰۸۳۷
مدل نهم	۰/۰۰۱۶۱۲	۰/۰۴۰۱۵۴	۰/۰۰۰۸۵۹
مدل دهم	۰/۰۰۱۶۰۱	۰/۰۴۰۰۱۱	۰/۰۰۰۸۷۰

منبع:یافته های محقق

نتایج جدول فوق بیانگران است که،براساس معیارMSEوRMSE مدل دهم دارای کمترین میزان خطا ی پیش بینی می باشد.باتوجه به اهمیت پیش بینی خارج ازنمونه (۵۰داده) دراین قسمت به برآورد معیارهای محاسبه ی دقت پیش بینی مدل های به کارگرفته شده دراین پژوهش (مدلARIMA ومدل شبکه ی عصبی مبتنی برالگوریتم GMDH) می پردازیم:

جدول(۴):نتایج برآورد دقت پیش بینی مدل های تحقیق

مدل ها	MSE	RMSE
ARIMA(1,1)	۰/۰۰۱۶۸۳	۰/۰۴۱۰۲۴
GMDH	۰/۰۰۱۶۰۱	۰/۰۴۰۰۱۱

منبع:یافته های محقق

باتوجه به معیارهای به دست آمده دقت پیش بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی مبتنی برالگوریتم ژنتیک (GMDHh) ازکمترین معیارپیش بینی برخورداربوده وبنابراین می توان آن رابه عنوان بهترین مدل پیش بینی قیمت نفت خام ایران (دربین مدل های بکاربرده شده دراین پژوهش) یادکرد.

۵- نتیجه گیری و بحث

اصولاً پیش بینی قیمت هانقش عمده ای دربهینه سازی تولید،بازاریابی و استراتژی بازاردارد.همچنین این امرنقش مؤثری دراجرای سیاست های دولت بازی می کند،چرا که دولت سیاست های خود را نه تنهابرمبنای وضع موجود،بلکه برمبنای پیش بینی های کوتاه مدت وبلندمدت ازمتغیرهای کلیدی اقتصادی ازجمله قیمت نفت تدوین نموده وبه اجرامی گذارد.نفت به عنوان مهمترین کالای سیاسی-اقتصادی ،تعیین کننده ی بسیاری ازمعادلات بین المللی ومنطقه ای است.به عبارتی ،نفت خام یک کالای مصرفی مهم برای اقتصادجهانی ویک ماده ی حیاتی برای کشورهای صنعتی ودرحال توسعه می باشد.

هدف ازاین پژوهش،برآورد وارائه مدلی مناسب جهت پیش بینی قیمت نفت خام سنگین ایران می باشد.دراین پژوهش،ابتدابه کمک مدل سازی ساختارموجوددرسری قیمت نفت خام براساس یک مدل غیرخطی شبکه عصبی مبتنی برالگوریتمGMDH پرداخته وسپس به مطالعه تطبیقی روش مذکوربایک فرآیند خطی ARIMAدرپیش بینی قیمت نفت خام سنگین ایران پرداخته شده است.نتایج این پژوهش بیانگرآن است که مدل شبکه ی عصبی مصنوعی مبتنی برالگوریتم GMDH دارای عملکردقابل توجهی درپیش بینی قیمت نفت خام ایران داشته وقادراست که پیش بینی های دقیق تری نسبت به مدلARIMA ارائه دهد.

فهرست منابع

۱) اصفهانیان،مجیدوامین نصیری،محمدرضا(۱۳۸۷)،"ارائه یک مدل شبکه عصبی جهت پیش بینی کوتاه مدت قیمت نفت خام"نشریه بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم وصنعت ایران،شماره ۱،جلد۱۹صفحات ۳۵-۲۷

۲) امامی میبدی، علی ،(۱۳۸۵)،"تحلیل عوامل مؤثربرقیمت نفت خام "فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران،سال هشتم ،شماره ی۲۸،صفحات ۱۰۷-۱۲۲.

۳) پورکاظمی ،محمدحسین واسدی،محمدباقر(۱۳۸۸)،"پیش بینی پویایی قیمت نفت خام بااستفاده ازشبکه های عصبی مصنوعی وبابکارگیری ذخیره سازی های نفتی کشورهای OECD"مجله تحقیقات اقتصادی،شماره۸۸،صفحات۲۵-۴۶.

٤) دشتی رحمت آبادی،سیدابراهیم ومحمدی،حمید وفرج زاده،زکریا،(۱۳۹۰)،"ارزیابی عملکردالگوهای شبکه عصبی و خودرگرسیون میانگین متحرک درپیش بینی قیمت نفت خام ایران"فصلنامه مطالعات اقتصادانرژی،شماره۲۸،صفحات۹۷-.۱۱۸.

٥) دلاوری،مجید وباغبان زاده،فرشته (۱۳۸۶)."بررسی آزمون فرضیه عدم تقارن درتابع تقاضای نفت کشورهای عمده وتردکننده نفت ازایران"فصلنامه مطالعات اقتصادانرژی،سال چهارم،شماره ۱۴،صفحات۳۳-۵۱.

٦) شکیبایی،علیرضا ونظام آبادی پور،حسین وحسینی ،سیدجعفر(۱۳۸۸)،"پیش بینی عرضه نفت خام دریازده کشور تولیدکننده بااستفاه ازشبکه های عصبی ورگرسیون خطی (۲۰۰۶-۱۹۸۰)"مجله دانش وتوسعه،سال شانزدهم،شماره ۲۷،صفحات۱۱۹-۹۸.

۷) فرجام نیا ،ایمان وناصری،محسن واحمدی ،سیدمحمدمهدی،(۱۳۸۶)،"پیش بینی قیمت نفت با دو روشARIMA شبکه عصبی مصنوعی" فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران،شماره۳۲،صفحات۱۶۱-۱۸۳.

۸) فرجام نیا،ایمان (۱۳۸۴)،"مقایسه پیش بینی قیمت نفت توسط مدل های ANNو ARIMA"پایان نامه کارشناسی ارشداقتصاد،دانشگاه تهران.

۹) کشاورزحداد،غلامرضاوصمدی،باقر(۱۳۸۸)،"برآوردوپیش بینی تلاطم بازدهی دربازار سهام تهران و مقایسه دقت روش هادرتخمین ارزش درمعرض خطر:کاربردی ازمدل های خانوادهFIGARCH مجله تحقیقات اقتصادی،شماره ۸۶،صفحات۱۹۳-۲۳۵.

۱۰) کیانی ،علی،(۱۳۸۶)،"مقایسه سری تحلیل زمانی بارویکردهای شبکه عصبی :مطالعه موردی پیش بینی تولیدنفت ایران،شماره۳۲،صفحات۱۶۱-۱۸۳.

۱۱) لطفی مهر،مهسا،(۱۳۸۷)،"پیش بینی اثرمتغیرهای کلان اقتصادی برشاخص قیمت سهام بااستفاده ازشبکه ی عصبی GMDH"پایان نامه کارشناسی ارشدرشته اقتصادنظری،دانشگاه تهران.

۱۲) مشیری،سعید وفروتن،فائزه(۱۳۸۳)."آزمون آشوب وپیش بینی قیمت آتی نفت خام "فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران ،شماره ۲۱،صفحات۶۷-۹۰.

۱۳) مهرآرا،محسن و همکاران، (۱۳۸۸)،"الگوسازی وپیش بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران وتعیین متغیرهای مؤثر بر آن"فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، شماره۵۰، صفحات۳۱-۵۱.

۱٤) مهرآرا،محسن و همکاران، (۱۳۸۹)،"پیش بینی بی ثباتی قیمت نفت خام بااستفاده ازشبکه عصبی GMDH" فصلنامه مطالعه اقتصادانرژی، سال هفتم، شماره ۲۵، صفحات۱۲-۸۹.

۱۵) وافی ،داریوش،وعرفانی فرد،علی(۱۳۸۹)،"نااطمینانی دربازارآتی های نفت خام وتأثیرآن درپیش بینی قیمت ونوسان درآمدهای نفتی (باارائه الگوئی مناسب برای پیش بینی قیمت ودرآمد نفت خام)"فصلنامه مطالعات اقتصادانرژی،شماره۲۵،صفحات۱۷۷-۱۹۹.

1) Mostsfaei, H.& Sakhabakhsh,L.(2011),Modeling and Foecasting of OPEC Oil prices with ARFIMA Model Internationa l Journal of Academic Research, Vol3.No,1.
2) Choi, K.&S .Hammoudeh,(2009)Long memory in Oil and refined products markets ,The Energy Journal ,No 30(2)PP97-116.
3) Parado .S,(2011)Free lunch in the oil market: a note on Long Memory, Working Paper,No,23.
4) Tsay.W.J,(2008)Analising Inflation by the ARFIMA Model with Markove-Switching Fractional Differencing Parameter, the Institute of Economics and Academia sinica ,Taiwan.
5) Cheong,C.W,(2009),Modeling and Forecasting Crude Oil Markets Using ARCH-Type Models ,Energy Policy.No.37,PP2346-2355.
6) Madala H.R. Ivakhnenko A.G,(1994)Inductive Learning Algorithms for Complex Systems Modeling CRC Press Inc, Boca,PP.384.

یادداشت‌ها

[1]Prado
[2]Katsumi Shimotsu
[3]Choi&Hammoudeh
[4]Cheong
[5]Tesay
[6]Organization for Economic Co-operation andDevelopment
[7]Rosenblatt
[8]Madala&Ivakhnenko
[9]Volterra Functional Series

۱۰- منظوراز(MA(003 آن است که مدل فوق تنها با وجود MA(3) بهترین عملکرد راداشته ودیگرنیازی به وجود(MA(1 و MA(2) درمعادله مذکورنیست.