

پیش‌بینی قیمت نفت خام و تعیین سطح تولید بهینه با استفاده از الگوی تکاملی شبکه‌های عصبی و تعادل نش

حسن فرازمنند^۱

دانشیار اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز، hfrazmand@scu.ac.ir

ناھید کرد زنگنه

دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز، zangeneh.nd@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۲

چکیده

در اقتصاد جهان، نفت خام در کنار گاز طبیعی و زغال سنگ یکی از منابع استراتژیک انرژی است و پیش‌بینی روند تقاضای آن جهت اتخاذ سیاست‌های مناسب، مورد توجه سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان است. نظر به روند پر نوسان و غیرخطی عرضه و تقاضای نفت خام و قیمت آن، روش‌هایی هوشمند و غیرخطی خصوصاً شبکه‌های عصبی مبتنی بر الگوهای تکاملی، توانسته‌اند توانایی خود را در پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام به اثبات برسانند. بدین منظور، قیمت نفت خام با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری شبکه‌های عصبی، داده‌های تولید نفت خام OPEC و مصرف کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه OECD، برای دوره زمانی ژانویه ۱۹۸۲ تا اکتبر ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت و سپس سطح تولید و مصرف بهینه با استفاده از نظریه بازی‌ها و تعادل نش به دست آمد. با توجه به ضریب همبستگی $R = 0/92104$ ، نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم رقابت استعماری، قدرت توضیح دهنده‌ی بسیار بالایی در متغیرهای بکار رفته دارد. همچنین، خروجی شبکه عصبی و نظریه بازی‌ها و تعادل نش می‌توانند سطح بهینه تولید اوپک و مصرف نفت خام کشورهای OECD را برای دوره کوتاه‌مدت یک‌ماهه پیش‌بینی نمایند.

طبقه‌بندی JEL: C70, C45

کلید واژه‌ها: نظریه‌ی بازی‌ها، تعادل نش، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم رقابت استعماری

۱- مقدمه

نفت خام در کنار زغال سنگ و گاز طبیعی، یکی از مهم ترین منابع استراتژیک جهان به شمار می رود، لذا تغییرات قیمت آن می تواند اثرات گسترده ای در اقتصاد جهانی داشته باشد. به همین خاطر، همواره مورد توجه دولتمردان و تصمیم گیرندگان اقتصادی قرار دارد. دلایل این نوسانات قیمت را در سه دسته عمده می توان برشمرد: الف- عدم تعادل در عرضه و تقاضا که ممکن است به واسطه ی، رشد اقتصادی یا رفتار کشورهای تولیدکننده نفت اتفاق افتاده باشد؛ ب- حوادث برونزا (جنگ، تغییرات آب و هوایی و...)؛ ج- عوامل درونزا (سفته بازی در بازارها و ...). مجموعه این عوامل می تواند باعث بروز رفتاری در دنباله زمانی قیمت های نفت شود. بدین مفهوم که اول، قیمت نفت ناپایدار شود و نوسانات زیادی در آن رخ دهد. دوم، رفتار قیمت نفت غیر خطی شود و تغییرات آن با یک مدل خطی قابل تخمین نباشد. سوم، رفتار قیمت نفت غیر قطعی گردد. بدین معنی که قطعیتی در میزان افزایش و یا کاهش قیمت ها وجود نداشته باشد. چهارم، بر اثر عوامل ناگهانی، تغییرات آنی و آشوب گونه با دامنه ای زیاد و یا کم در قیمت ها ایجاد شود. این ویژگی های خاص، امر پیش بینی قیمت نفت را بسیار چالش برانگیز کرده است.

پیش بینی قیمت نفت برای اوپک بسیار اهمیت دارد؛ زیرا بر مبنای آن می تواند بهترین تصمیم را در جهت میزان افزایش و یا کاهش سطح تولید اتخاذ کرد. به عنوان مثال؛ تصمیم گیری در جهت افزایش عرضه نفت در حالی که خریداران با کاهش نیاز روبرو شده اند، می تواند کاهش شدید قیمت را به همراه داشته باشد و یا کم کردن عرضه در زمان نامناسب می تواند سود کمتری را برای کشورهای عضو اوپک ایجاد کند؛ بنابراین، پرسش های اصلی تحقیق این است که چگونه می توان مدلی از رفتار اوپک^۱ و OPEC و یک خریدار عمده مانند کشورهای عضو^۲ OECD در بازار نفت ارائه داد که بر اساس آن بتوان بهترین تصمیم را برای تعیین سطح تولید اوپک پیشنهاد کرد؛ آیا می توان مدلی را تدوین نمود که بتواند با دقت بالا، نتیجه تصمیم های مختلف را با توجه به استراتژی خریدار، تخمین بزند؟ این مدل باید دارای چه ویژگی هایی باشد؟ آیا

1. Organization of Petroleum Exporting Countries
2. Organization of Economic Cooperation Development

این مدل می‌تواند تصمیمات بهینه را ارائه دهد؟ بر این اساس، در این مقاله یک مدل پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه می‌گردد که در آن، میزان تولید ماهیانه نفت خام اوپک، بزرگ‌ترین کارتل تولید نفت جهان و مصرف ماهیانه کشورهای عضو سازمان OECD، عمده‌ترین مصرف‌کننده نفت خام، به‌عنوان عوامل مؤثر بر قیمت نفت خام در نظر گرفته شده است. بدین منظور در ساختار مقاله، پس از مقدمه در بخش دوم مقاله مبانی نظری، بخش سوم پیشینه تحقیق، بخش چهارم، روش تحقیق و ارائه مدل، در بخش پنجم یافته‌های تحقیق و در بخش انتهایی نتایج حاصل ارائه خواهد شد.

۲- مبانی نظری

با توجه به اهمیت قیمت حامل‌های انرژی، تاکنون مطالعات زیادی در خصوص عوامل مؤثر بر قیمت نفت خام و همچنین روش‌های پیش‌بینی قیمت آن انجام گرفته است. به‌طور کلی، عوامل مؤثر بر قیمت نفت خام را می‌توان به دودسته عوامل بنیادی و غیربنیادی، تقسیم نمود (امیرمعینی، قنبری، زمانی، ۱۳۹۰). میزان عرضه و تقاضا، حجم ذخیره‌سازی و میزان ظرفیت مازاد کشورهای تولیدکننده، در کنار ابزارهای مالی و میزان ریسک را می‌توان به‌عنوان عوامل بنیادین نام برد. از سوی دیگر، عوامل روانی، سیاسی و بورس‌بازی که بعضاً سبب نوسانات شدید در بازار نفت می‌شوند را می‌توان در زمره عوامل غیربنیادی محسوب کرد.

در رابطه با روش‌های مختلف پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام، این روش‌ها را می‌توان به دو دسته روش‌های کمی و روش‌های کیفی دسته‌بندی کرد. روش‌های کمی شامل مدل‌های اقتصادسنجی مانند سری‌های زمانی، مدل‌های مالی و مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیراستاندارد می‌باشد. در این دسته‌بندی، رفتار کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده، در مدل‌های ساختاری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. همچنین، مدل‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی در زمره روش‌های کمی قرار گرفته‌اند. روش‌های کیفی به بررسی عوامل غیربنیادی همچون؛ عوامل سیاسی و نظامی، بلایای طبیعی و سفته‌بازی بر نوسانات قیمت نفت می‌پردازد و از تکنیک‌های دانش‌پایه^۱ برای

کمی سازی این گونه اتفاقات نادر و نامنظم استفاده می شود (بشیری، بهمیری و پیرس مانسو^۱ ۲۰۱۳).

در یک دسته بندی دیگر، روش ها به سه دسته تقسیم می شوند: الف- پیش بینی قیمت نفت خام مبتنی بر روش های آماری و اقتصادسنجی؛ ب- پیش بینی قیمت نفت خام مبتنی بر روش های هوش مصنوعی؛ ج- روش های ترکیبی و استفاده از نظر صاحب نظران حوزه بازار نفت. گرچه روش سوم می تواند دربرگیرنده روش های اول و دوم باشد، اما در استفاده و کاربرد همیشه این امکان میسر نیست. از طرف دیگر، یک مدل هرچقدر پیشرفته باشد باز قادر نخواهد بود که تمام زوایای مختلف بازار نفت را پوشش دهد و از همه اطلاعات موجود در آن بهره بگیرد. از این رو، وجود کارشناس خبره حوزه بازار نیز برای رفع محدودیت هایی است که عملاً امکان وارد کردن آن ها در مدل حتی باوجود روش های پیشرفته موجود برای پیش بینی قیمت نفت خام وجود ندارد.

در بخش روش های آماری می توان به روش های میانگین ساده، میانگین متحرک، مدل های هموارساز (مدل نمو هموار ساده و نمو هموار هلت-وینترز)، مدل باکس-جنکینز (شامل مدل های ARMA و ARIMA اتو رگرسیون و میانگین متحرک تلفیقی) و مدل های ARCH و GARCH اشاره کرد. اگر انتظار این است که شوک وارده به صورت دائم بررسی شود باید از معادله ای استفاده گردد که به صورت تصادفی بیان می شود. در حالی که اگر شوک وارده برای مدتی روی پارامترها اثر داشته و سپس برطرف شود، در مدل سازی از الگوهای ARMA بهره گرفته می شود (وافی نجار، ۱۳۹۳). مدل های دیگری که معمولاً مورد علاقه مدیران پرتفوی، معامله گران و بازارگردان ها برای پیش بینی می باشد، مدل های GARCH بالرسلو^۲ (۱۹۸۶) و شکل تعمیم یافته مدل های ARCH انگل^۳ (۱۹۸۲) است. محبوبیت این مدل ها از ساختار بسیار انعطاف پذیر و کمک به درک برخی از ویژگی های خاص سری های زمانی مالی ناشی می شود. معمولاً، مدل های GARCH می توانند نوسانات متغیر در طول زمان را طی یک دوره طولانی در نظر بگیرند (فرنچ و همکاران، فرانسس و وان دجک، ۱۹۹۶) و

1. Pires Manso
2. Bollerslev
3. Engle

برآوردهای درون نمونه‌ای خیلی خوب ارائه دهند؛ اما با این وجود، عملکرد پیش‌بینی خیلی ضعیفی دارند (بکی حسکوئی و خواجوند ۱۳۹۳).

در سال‌های اخیر، روش‌شناسی متدهای مختلف هوش مصنوعی از جمله شبکه عصبی به‌عنوان رقیبی برای متدلوژی‌های سنتی آماری ظهور کرده است. ایده اصلی این روش عبارت است از طراحی یک مدل بهینه پیچیده که فقط مدل را بر پایه داده‌ها و اطلاعات طراحی نموده و هیچ‌گونه پیش‌زمینه نظری از نحوه عملکرد داده‌ها از سوی محقق صورت نگیرد و این کار تنها بر اساس کشف ارتباط ساده و پیچیده میان داده‌های ورودی و خروجی سیستم صورت می‌گیرد؛ بنابراین، یک مدل خود تنظیم‌کننده خواهد ساخت که قابلیت حل مسائل پیش‌بینی، تشخیص، ترکیبات کنترلی و سایر مسائل سیستمی به‌کاربرده شده را دارد. از جمله ویژگی‌های مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- این رویکرد مدل‌سازی همراه با توانایی یادگیری از طریق تجربه، ابزاری مفید برای دستیابی به بسیاری از مسائل عملی می‌باشد چراکه بسیاری از اوقات، داشتن داده‌ها بسیار راحت‌تر از داشتن حدسیات تئوریک خوب درزمینه‌ی قوانین مسلط بر مجموعه و یا سیستمی است که داده‌ها از آن استخراج می‌شود (ابریشمی، مهرآرا، احراری، میرقاسمی، ۱۳۸۸).

۲- شبکه‌های عصبی قابلیت تعمیم دهی بسیار بالایی دارند. پس از آن که توسط قسمتی از داده‌ها (یک نمونه) آموزش داده شوند، این شبکه‌ها اغلب اوقات می‌توانند قسمت دیده نشده جامعه را حتی زمانی که نمونه دارای اطلاعات نویزی باشد، به‌درستی حدس بزنند؛

۳- شبکه‌های عصبی در مقایسه با روش‌های آماری سنتی، اشکال تابعی جامع‌تر و انعطاف‌پذیری بیشتری دارند. به علت پیچیدگی‌های سیستم‌های حقیقی، روش‌های آماری سنتی محدودیت‌های زیادی در تخمین این روابط دارند. در این میان شبکه‌های عصبی می‌توانند گزینه‌ای مناسب برای تخمین این روابط باشند؛

۴- شبکه‌های عصبی، برخلاف روش‌های اقتصادسنجی سری زمانی، دارای الگوهای غیرخطی می‌باشند. این در حالی است که بیشتر سری‌های زمانی حقیقی، غیرخطی می‌باشند؛

۵- قدرت ره‌گیری و مسیریابی بالا و خطای کمینه پیش‌بینی متغیر هدف، یکی از ویژگی‌های برجسته شبکه‌های عصبی در مقایسه با سایر روش‌های سری زمانی است. (ابریشمی، مهرآرا، احراری، میرقاسمی، ۱۳۸۸)

در حالی که محدودیت‌های استفاده از رگرسیون‌های معمولی که (الگوهای آن مبتنی بر مبانی اقتصادی شکل گرفته باشد). در الگوریتم شبکه عصبی وجود ندارند را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

الف) مشکل هم خطی که معمولاً در رگرسیون‌های معمولی بروز می‌نماید. هم خطی هم می‌تواند میان متغیرهای مختلف توضیحی وجود داشته باشد و همچنین، چنانچه یک متغیر از فرآیند اتورگرسیو تبعیت کند، به دلیل وقفه‌های آن در مدل، ایجاد هم خطی، می‌تواند بر معنی‌داری پارامترهای تخمینی اثر بگذارد؛

ب) در رگرسیون‌های معمولی، استفاده از وقفه‌های متغیر وابسته به دلیل وجود رابطه میان جزء اخلاص و متغیر توضیحی فرض استقلال متغیر توضیحی از جزء اخلاص را نقص نموده و برآوردها را دچار تورش می‌نماید؛

ج) در رگرسیون‌های معمولی محقق نمی‌تواند به دلخواه متغیرهای توضیحی را افزایش دهد، زیرا اضافه نمودن، یک متغیر توضیحی: اولاً؛ نیازمند تصریح تئوری است. ثانیاً؛ افزایش متغیرهای توضیحی درجه آزادی را کاهش داده و در شرایطی که محقق با کمبود مشاهدات روبه‌رو باشد، دقت مدل و تعمیم دهی آن را به شدت کاهش می‌دهد (وافی نجار، ۱۳۹۳).

همان‌طور که ملاحظه شد مدل‌سازی قیمت نفت می‌تواند توسط روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی و همچنین روش‌های نوین هوش مصنوعی انجام شود. هر یک از روش‌ها به نوبه خود به زیر مدل‌هایی تفکیک می‌شود و تکنیک‌های متفاوتی را شامل می‌گردد. به طور مثال، از زیرشاخه‌های هوش مصنوعی می‌توان به شبکه‌های عصبی فازی و شبکه عصبی مصنوعی اشاره نمود. در این شبکه، خطای متغیر هدف به عنوان تابع هزینه در نظر گرفته می‌شود و برای اینکه تابع هزینه کمینه گردد از الگوریتم‌های تکاملی مختلفی استفاده می‌شود. برخی از این الگوریتم‌ها عبارتند از: الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات، الگوریتم رفتار مورچگان و الگوریتم رقابت استعماری. در این

مقاله، به دلیل اینکه الگوریتم استعماری نسبت به سایر الگوریتم‌ها میزان خطای کمتری در پیش‌بینی دارد مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

مفاهیم اساسی نظریه بازی‌ها و تعادل نش: برای فهم و درک اغلب مسائل اجتماعی مجبور به تحلیل شرایطی هستیم که در آن، دو یا چند طرف درگیر با اهداف گوناگون وجود دارند که رقیب یکدیگر نامیده می‌شوند و عمل هر رقیب بستگی به عمل طرف مقابل پیدا می‌کند. چنین موقعیت‌هایی را «شرایط مخصوصه» می‌نامیم. همه موقعیت‌هایی که در یک وضعیت درگیری نظامی پیش می‌آیند، نمونه‌ای از «شرایط مخصوصه» می‌باشند. هر یک از طرفین رقیب، ارزیابی‌ها و تمهیداتی را به منظور جلوگیری از موفقیت طرف دیگر انجام می‌دهد. در انتخاب اسلحه یا شکل استفاده جنگی از آن و در مجموع در عملیات برنامه‌ریزی شده نظامی نیز «شرایط مخصوصه» پدیدار می‌شود. همه تصمیم‌ها در چنین حالتی مبتنی بر این فرض است که طرف مخالف نیز از گزینه مطلوب استفاده خواهد کرد. نیاز به تحلیل موقعیت‌هایی از این نوع سبب پیدایش تئوری بازی‌ها شده است که همراه با روش ریاضی خاص خود شرایط مخصوصه را تبیین می‌کند. برای درک بهتر شرایط مخصوصه، الگویی را که نمایانگر هر یک از موقعیت‌ها باشد، «بازی» می‌نامند.

تفاوت یک «بازی» با یک موقعیت درگیری واقعی در این است که بازی بر اساس قوانین تعریف شده‌ای انجام می‌شود در حالی که یک موقعیت درگیری لزوماً شرایط از پیش تعیین شده‌ای ندارد. یک بازی ممکن است شامل دو یا چند طرف درگیر باشد که در حالت اول آن را بازی دونفره و در حالت دوم آن را بازی چندنفره می‌نامیم. در عمل، بازی‌های دونفره اهمیت بیشتری دارند و ما نیز در این مقاله صرفاً به تحلیل همین نوع از بازی‌ها اکتفا کرده و در ابتدا به تشریح مفاهیم اساسی از نظریه بازی‌ها می‌پردازیم. طرفین متخاصم را که دارای علائقی مخالف همدیگر هستند، A و B می‌نامیم. «قواعد بازی» مجموعه‌ای از شرایطی است که قواعد متقاعدکننده‌ای برای هر عمل در بازی ارائه می‌دهد. ما نتایج بازی را، که لزوماً رویدادهای کمی نیستند، به صورت کمی ارزیابی نموده و به آن‌ها عددی را نسبت می‌دهیم. به طور مثال، در بازی شطرنج، می‌توان عدد $+1$ را برای برد، -1 را برای باخت و صفر را برای تساوی در نظر گرفت. یک بازی را وقتی بازی «با مجموع صفر» می‌نامیم که برد یک بازیگر

معادل باخت طرف دیگر باشد، یعنی آنچه یکی از طرفین به دست می‌آورد، درست برابر آن چیزی باشد که دیگری از دست داده است. به عبارت دیگر، مجموع بردها و باخت‌ها برابر صفر باشد. در یک بازی «با مجموع صفر» علائق بازیکنان کاملاً برعکس می‌باشد.

هدف تئوری بازی‌ها محاسبه مطلوب‌ترین رفتار بازیگر در شرایط مخاصمه می‌باشد، یعنی محاسبه استراتژی بهینه برای هر بازیگر. در تئوری بازی‌ها، استراتژی بهینه برای یک بازیگر، آن است که وقتی به دفعات تکرار شود، بیشترین بهره متوسط را برای او به ارمغان آورد. در انتخاب این استراتژی همواره فرض بر این است که حریف لاقبل به اندازه خود ما در گزینش معقول مهارت دارد و اینکه هیچ چیز نمی‌تواند از رسیدن ما به مقصود جلوگیری نماید (ونتسل، ۱۹۸۰).^۱ در این بازی می‌توان موقعیتی را پیدا کرد که هرکدام از بازیکنان رفتاری را انتخاب می‌کند که بیشترین نفع را برای او داشته باشد. هرگونه تغییر در این موقعیت، تبعاتی را برای بازیکن در بردارد که ناچار بایستی دوباره به آن وضعیت برگردد. به چنین موقعیتی، تعادل نش^۲ گفته می‌شود.

۳- پیشینه تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع پیش‌بینی قیمت نفت خام، تحقیقات بسیاری برای شناسایی عوامل مؤثر بر قیمت و نیز یافتن روش‌هایی که بیشترین قابلیت اعتماد و کمترین خطا در پیش‌بینی را داشته باشد، صورت گرفته است. در این بخش به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

فیروزی جهان تیغ و دهقانی (۱۳۹۵) در مقاله خود تحت عنوان "کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی شبکه عصبی و پیش‌بینی قیمت نفت" از الگوریتم ژنتیک (GADDN) برای پیش‌بینی قیمت نفت اینترمدیت تگزاس (WTI) در سال ۲۰۱۲ تا انتهای ۲۰۱۵ استفاده کردند. نتایج این پژوهش نفت خام عملکرد بهتر و دقت بیشتر

1. Venttsel

2. Nash Equilibrium

مدل پیشنهادی در مقایسه با سایر مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت نفت است.

مطالعه اصغر پور و وفامند (۱۳۹۴) رفتار مدل خطی ARIMA و مدل غیرخطی الگوریتم ژنتیک شبکه عصبی، در پیش‌بینی قیمت نفت خام را با یکدیگر مقایسه کرده است. یافته‌های این پژوهش حاکی از رفتار غیرخطی قیمت نفت و عملکرد بهتر مدل‌های غیرخطی نسبت به ARIMA می‌باشد.

امامی میبدی و باقری (۱۳۹۳) در مقاله خود با عنوان "مقایسه‌ی توانایی پیش‌بینی مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج عصبی-فازی انطباقی و تبدیل موجک-عصبی؛ قیمت سبد نفت خام اوپک" از شبکه‌ی عصبی مصنوعی، شبکه‌ی عصبی-فازی و مدل ترکیبی تبدیل موجک-شبکه‌ی عصبی و داده‌های روزانه‌ی سبد نفت خام اوپک برای مدل‌سازی و پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام اوپک استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اولاً، نویز زدایی داده‌ها می‌تواند عملکرد شبکه را بهتر کند و ثانیاً، شبکه‌ی عصبی-فازی نسبت به دیگر مدل‌های استفاده شده، از قدرت پیش‌بینی بهتری برخوردار است.

مطالعه دوآب، صباحی، عادل و سیفی (۱۳۹۳) با استفاده از تئوری بازی‌ها و روش جوهانسون-جوسیلیوس، نحوه تعیین قیمت نفت خام میان دو سازمان OPEC^۱ و OECD را بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد، سازمان OPEC با میزان عرضه نفت خام و سازمان OECD با ذخایر نفتی تحت کنترل بر قیمت نفت خام مؤثر هستند. ضمناً، حساسیت قیمت نفت خام نسبت به عرضه OPEC بیشتر از ذخایر تحت کنترل OECD است؛ بنابراین، سازمان OPEC می‌تواند از متغیر سیاستی عرضه جهت افزایش قدرت چانه‌زنی استفاده کند.

بکی حسکویی و خواجه وند (۱۳۹۱) مدل‌های گارچ و تغییر رژیم مارکوف گارچ را بر اساس توانایی آن‌ها در پیش‌بینی بازارهای آتی نفت، در افق‌های زمانی یک‌روزه تا

۱. یک کارتل بین‌المللی نفتی است که متشکل از کشورهای الجزایر، ایران، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، اکوادور، آنگولا و ونزوئلا است. مقر بین‌المللی اوپک از بدو تأسیس در سال ۱۳۳۹ در ژنو بود و در سال ۱۳۴۴ به شهر وین در کشور اتریش انتقال یافت. ۱۲ سپتامبر ۱۹۶۰ کشورهای صادرکننده نفت با هدف محافظت از منافع خود اقدام به تأسیس سازمان واحدی کردند که به اختصار «اوپک» نامیده شد.

یک ماهه مقایسه کردند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد، مدل تغییر رژیم مارکوف گارچ، عملکرد بهتری نسبت به مدل استاندارد گارچ در پیش‌بینی افق‌های زمانی کوتاه‌تر توانایی بیشتری دارد و در افق‌های زمانی طولانی‌تر، مدل‌های نامتقارن استاندارد گارچ عملکرد بهتری دارند.

مطالعه معینی و دیگران (۱۳۹۰) نشان می‌دهد که رفتار و عملکرد اوپک، به‌عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین سازمان فعال در بازار نفت، یکی از عوامل مؤثر در بازار است و ظرفیت مازاد آن را نشانه نوعی رفتار است. این مطالعه تأثیر ظرفیت مازاد اوپک را بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۸ مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل نفت خام نقش مؤثر ظرفیت مازاد اوپک بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ است.

پور کاظمی و اسدی (۱۳۸۸) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، ذخیره‌سازی نفتی کشورهای OECD را بررسی کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد وارد کردن متغیر ذخیره‌سازی کشورهای OECD باعث کاهش خطای پیش‌بینی شبکه عصبی می‌شود.

حمدی و آلوی^۱ (۲۰۱۵) طی تحقیق در خصوص روش‌های سنتی و آماری اقتصادسنجی در پیش‌بینی قیمت نفت خام به این نتیجه رسیدند که این‌گونه روش‌ها برای داده‌های سری‌های زمانی خطی مناسب است و از آنجا که تغییرات قیمت نفت خام غیر خطی و آشوبناک^۲ است، لذا بایستی برای پیش‌بینی قیمت از مدل‌های غیر خطی همچون شبکه عصبی بهره گرفت.

لطفی و نویدی (۲۰۱۲) جهت تعیین سطح تولید نفت اوپک برای پیش‌بینی قیمت‌ها و بر اساس نظریه بازی‌ها و استفاده از شبکه عصبی مصنوعی یک مدل ترکیبی جدید ارائه نمود و تابع پیامد برای بازی بین اوپک و ایالات متحده آمریکا را به‌عنوان یک خریدار عمده به‌دست آورد.

کلمن^۳ (۲۰۱۲) قیمت ماهیانه نفت خام را بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۷ بررسی نمود و به این نتیجه رسید که عواملی همچون: رشد اقتصاد جهانی، عرضه و تقاضای

1. Aloui & Hamdi
2. Nonlinear & Haotic
3. Coleman

نفت، سهم اوپک از بازار نفت، تعداد حملات تروریستی و تعداد نیروهای آمریکایی اعزامی به خاورمیانه از عوامل تأثیرگذار بر قیمت نفت هستند.

کولکارنی و حیدر^۱ (۲۰۰۹) با استفاده از تکنیک سری‌های زمانی شبکه‌های عصبی، به پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام و اثرات آن بر بهای کالاهای مصرفی پرداختند. این مطالعه با استفاده از داده‌های مربوط به سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۷، قیمت نفت WTI را برای مقاطع ۱، ۲، ۳ و ۴ ماهه پیش‌بینی نمود و به این نتیجه رسید که روش سری‌های زمانی به‌تنهایی نمی‌توانند پیشگویی مناسبی از آینده قیمت نفت ارائه کنند، بلکه لازم است عواملی همچون: قیمت نفت در سیستم‌های گرمایشی، نرخ سرمایه‌گذاری و قیمت طلا در تجزیه و تحلیل مدنظر قرار گیرد.

حیدر و دیگران (۲۰۰۸) با در نظر گرفتن شاخص بورس و بهای طلا و نفت و شاخص دلار، به‌عنوان ورودی یک شبکه عصبی با الگوریتم پس‌خور^۲ برای مقاطع ۱ و ۲ ماهه، قیمت نفت را پیش‌بینی کردند.

لیو و دیگران^۳ (۲۰۰۷) با بهره‌گیری از روش شبکه عصبی فازی و سری زمانی قیمت نفت خام برنت دریای شمال در محدوده زمانی ۲۰ می ۱۹۸۷ تا ۳۰ آگوست ۲۰۰۶، مدلی برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام برنت ارائه نمودند.

یی و زیرن^۴ (۲۰۰۲) به بررسی آثار سطح ذخایر نفت خام کشورهای OECD بر روی قیمت‌های نقطه‌ای نفت خام پرداختند و نتیجه گرفتند که سطح ذخایر نفت، یک مقیاس اندازه‌گیری مناسب برای نشان دادن تعادل یا عدم تعادل تولید و تقاضای نفت است.

با توجه به مطالعاتی که ارائه شد می‌توان گفت که نوآوری و خلاقیت این مقاله نسبت به مطالعات قبلی، در استفاده از الگوریتم رقابت استعماری^۵ (ICA) می‌باشد که میزان خطای پیش‌بینی را بسیار پایین می‌آورد. هم‌چنین سعی خواهد شد با توجه به نقش عمده کشورهای صنعتی بخصوص اروپایی در مصرف نفت، مجموعه کشورهای OECD که شامل ۳۷ کشور از جمله آمریکا و کشورهای اروپایی به‌عنوان مصرف‌کننده عمده نفت و تولید اوپک OPEC به‌عنوان بزرگ‌ترین صادرکننده نفت، مدل این مقاله

-
1. Kulkarni & Haidar
 2. Back propagation
 3. Liu & et al
 4. Ye & Zyren
 5. Imperialist Competitive Algorithm

ارائه شود و بر مبنای آن سطح تولید و مصرف بهینه با استفاده از نظریه بازی‌ها و تعادل نش ارزیابی و الگوسازی لازم انجام گردد. علاوه بر این، برای هر چه بیشتر غنی کردن دیتاها و داشتن پیش‌بینی دقیق‌تر، بازه زمانی مورد بررسی این مطالعه؛ از ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۵ در نظر گرفته شده است که نسبت به مطالعات قبلی بازه زمانی بیشتری است.

۴- روش تحقیق و معرفی الگو

مفاهیم اساسی نظریه بازی‌ها و متعادل نش

فهم و درک اغلب مسائل اجتماعی مبتنی بر تحلیل شرایطی است که در آن دو یا چند طرف درگیر با اهداف گوناگون رقیب یکدیگر می‌شوند و عمل هر رقیب بستگی به عمل طرف مقابل دارد. چنین موقعیتی «شرایط خاصه» نامیده می‌شود و در آن هر یک از طرفین، ارزیابی‌ها و تمهیداتی را به‌منظور جلوگیری از موفقیت دیگری انجام می‌دهد. همه تصمیم‌ها در چنین حالتی مبتنی بر این فرض است که طرف مقابل از مطلوب‌ترین گزینه خود استفاده خواهد کرد. بررسی این گونه موقعیت‌ها سبب پیدایش تئوری بازی‌ها شد که در آن با روش ریاضی شرایط خاصه در چارچوب قواعد بازی تبیین می‌شود. قواعد بازی مجموعه‌ای از شرایط است که قواعد متقاعدکننده‌ای برای هر عمل در بازی ارائه می‌دهد. معمولاً، نتایج بازی (که لزوماً رویدادهای کمی نیستند) به صورت کمی ارزیابی می‌شوند و به هر حالت عددی نسبت داده می‌شود. هدف تئوری بازی‌ها محاسبه مطلوب‌ترین رفتار بازیگر در شرایط خاصه می‌باشد. به عبارت دیگر، تعیین استراتژی بهینه برای هر بازیگر، وقتی انتخاب می‌شود که به دفعات تکرار شود و بیشترین بهره متوسط را برای او به ارمغان آورد و فرض بر آن است که حریف لاقبل به اندازه خود ما در انتخاب عقلایی مهارت دارد (ونتسل^۱، ۱۹۸۰) و به چنین موقعیتی، تعادل نش^۲ گفته می‌شود.

شبکه‌های عصبی مصنوعی^۳ ANNs و الگوریتم رقابت استعماری

امروز به قدری استفاده از سیستم‌های هوشمند، به‌ویژه شبکه عصبی مصنوعی گسترده شده است که می‌توان این ابزارها را در ردیف عملیات پایه ریاضی و به‌عنوان

1. Venttsel

2. Nash Equilibrium

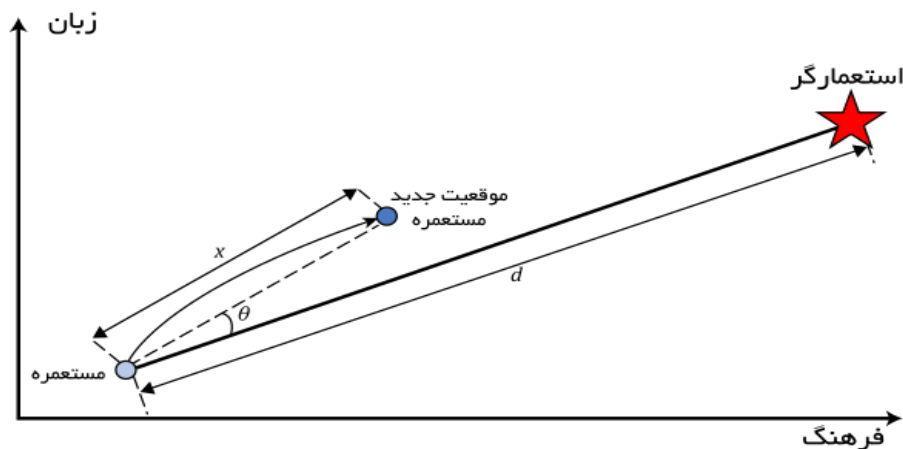
3. Artificial Neural Networks

ابزارهای عمومی و مشترک طبقه‌بندی کرد. کمتر رشته دانشگاهی است که نیاز به تحلیل، تصمیم‌گیری، تخمین، پیش‌بینی، طراحی و ساخت داشته باشد ولی به روش شبکه‌های عصبی نیاز نداشته باشد؛ زیرا شبکه‌های عصبی یکی از پرکاربردترین زمینه‌های استفاده در مسائل بهینه‌سازی است.

الگوریتم رقابت استعماری نیز یک دیدگاه کاملاً نو به مبحث بهینه‌سازی و پیوندی نو میان علوم انسانی و اجتماعی از یک سو و علوم فنی و ریاضی از سوی دیگر برقرار می‌کند. ارتباط میان این دوشاخه از علم به گونه‌ای است که غالباً ریاضیات به‌عنوان ابزاری قوی و دقیق در خدمت علوم انسانی کلی‌نگر قرار می‌گیرد و به درک و تحلیل نتایج آن کمک می‌کند. درحالی‌که الگوریتم توسعه داده‌شده نقطه‌ی قوت علوم انسانی و اجتماعی یعنی، کلی‌نگری و وسعت دید را به خدمت ریاضیات درمی‌آورد و از آن به‌عنوان ابزاری برای درک بهتر و حل بهتر مسائل ریاضی استفاده می‌کند. بنابراین، حتی بدون در نظر گرفتن قابلیت‌های ریاضی و عملی روش توسعه داده‌شده، پیوند ایجاد شده میان این دوشاخه به‌ظاهر جدا از هم به‌عنوان یک پژوهش میان‌رشته‌ای، در نوع خود دارای ارزش بسیاری می‌باشد. مزایای الگوریتم توسعه داده‌شده (رقابت استعماری) را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد (آتشپز گرگری و لوکاس^۱، ۲۰۰۷): الف- نو بودن ایده‌ی پایه‌ی الگوریتم به‌عنوان اولین الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر یک فرآیند اجتماعی-سیاسی؛ ب- توانایی بهینه‌سازی هم‌تراز و حتی بالاتر در مقایسه با الگوریتم‌های مختلف بهینه‌سازی، در مواجهه با انواع مسائل بهینه‌سازی؛ ج- سرعت مناسب یافتن جواب بهینه.

الگوریتم رقابت استعماری، همانند سایر روش‌های بهینه‌سازی تکاملی، با یک جمعیت اولیه شروع می‌شود. در این الگوریتم، هر عنصر جمعیت، یک کشور نامیده می‌شود. کشورها به دو دسته مستعمره و استعمارگر تقسیم می‌شوند. هر استعمارگر، بسته به قدرت خود، تعدادی از کشورهای مستعمره را به زیر سلطه خود در آورده و کنترل می‌کند. سیاست جذب و رقابت استعماری، هسته اصلی این الگوریتم را تشکیل می‌دهند. مطابق سیاست جذب که به‌صورت تاریخی، توسط کشورهای استعمارگری همچون فرانسه و انگلیس، در مستعمراتشان اعمال می‌شد، کشورهای استعمارگر با

استفاده از روش‌هایی همچون احداث مدارس به زبان خود، سعی دارند افراد کشور مستعمره را از خود بی‌خود کنند و زبان کشور مستعمره و فرهنگ و رسوم آن‌ها را از میان بردارند. در ارائه این الگوریتم، این سیاست با حرکت دادن مستعمرات یک امپراطوری، مطابق یک رابطه خاص صورت می‌پذیرد. شکل ۱. حرکت مستعمرات به سمت امپریالیست (سیاست جذب) را نشان می‌دهد.



شکل ۱. حرکت مستعمرات به سمت امپریالیست (سیاست جذب)

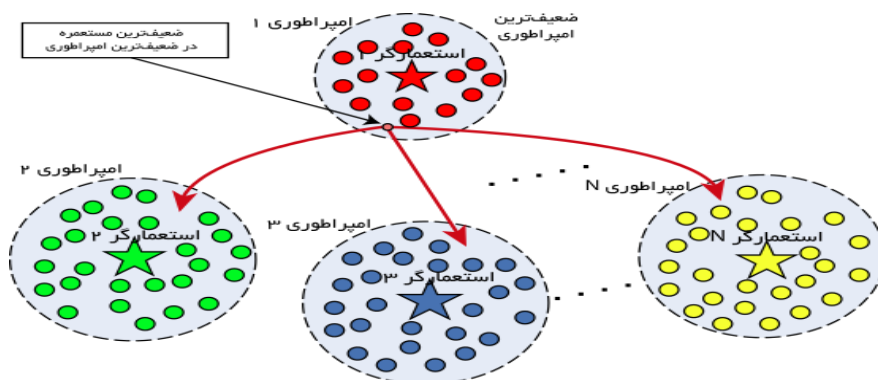
منبع: آتشپز گرگری و لوکاس (۲۰۰۷)

اگر در حین حرکت، یک مستعمره، نسبت به استعمارگر، به موقعیت بهتری برسد، جای آن دو باهم عوض می‌شود. در ضمن، قدرت کل یک امپراطوری به صورت مجموع قدرت کشور استعمارگر به اضافه درصدی از قدرت میانگین مستعمرات آن تعریف می‌شود. بر این اساس خواهیم داشت:

$$T.C._n = Cost(imperialist_n) + \xi \text{ mean}\{Cost(colonies\ of\ empire_n)\}$$

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، رقابت استعماری، بخش مهم دیگری از این الگوریتم را تشکیل می‌دهد. در طی رقابت استعماری، امپراطوری‌های ضعیف، به تدریج قدرت خود را از دست داده و به مرور زمان با ضعیف شدن از بین می‌روند. رقابت استعماری باعث می‌شود به مرور زمان، به حالتی برسیم که در آن تنها یک امپراطوری برای اداره دنیا وجود دارد. این حالت زمانی رخ می‌دهد که الگوریتم رقابت استعماری با رسیدن به

نقطه بهینه تابع هدف، متوقف شود. شکل (۲) شمای کلی رقابت استعماری را نشان می‌دهد.

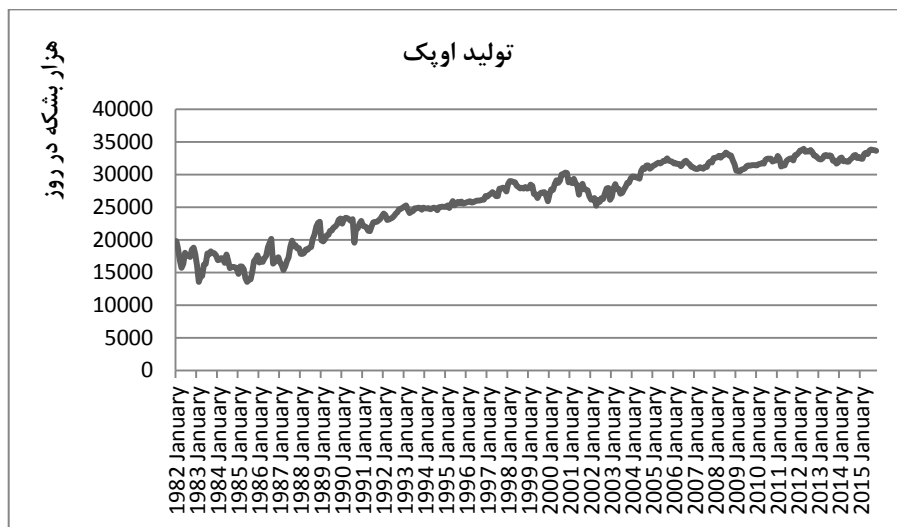


شکل ۲. شمای کلی رقابت استعماری

منبع: آتشپز گرگری و لوکاس (۲۰۰۷)

۵- یافته‌های تحقیق

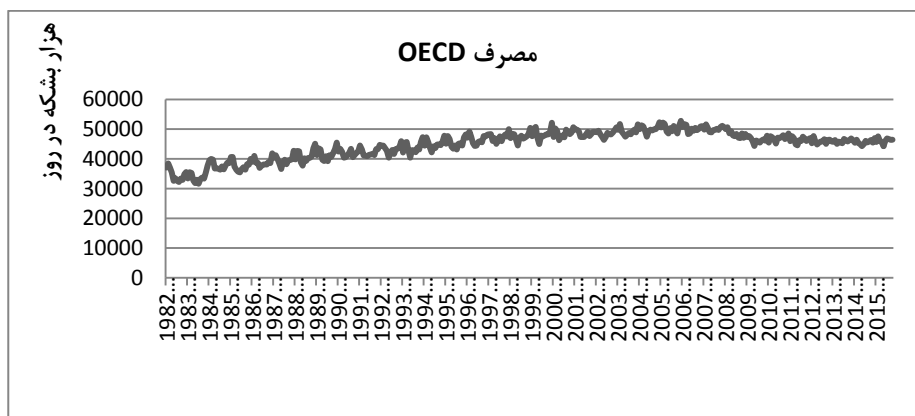
همان‌گونه که اشاره شد، عوامل اقتصادی همچون عدم تعادل عرضه و تقاضا از عوامل مهم نوسانات قیمت نفت است. لذا، در این بخش تأثیر میزان عرضه نفت اوپک و مصرف کشورهای OECD بر قیمت نفت با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری بررسی و پیش‌بینی کوتاه‌مدت آن ارائه می‌شود. ابتدا، روند تولید ماهانه اوپک برحسب هزار بشکه در روز در فاصله ژانویه ۱۹۸۲ تا اکتبر ۲۰۱۵، در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل ۳. میزان تولید نفت ماهانه اوپک بر حسب هزار بشکه در روز

منبع: مدیریت کل اوپک و نمایندگی جمهوری اسلامی ایران در مجامع انرژی

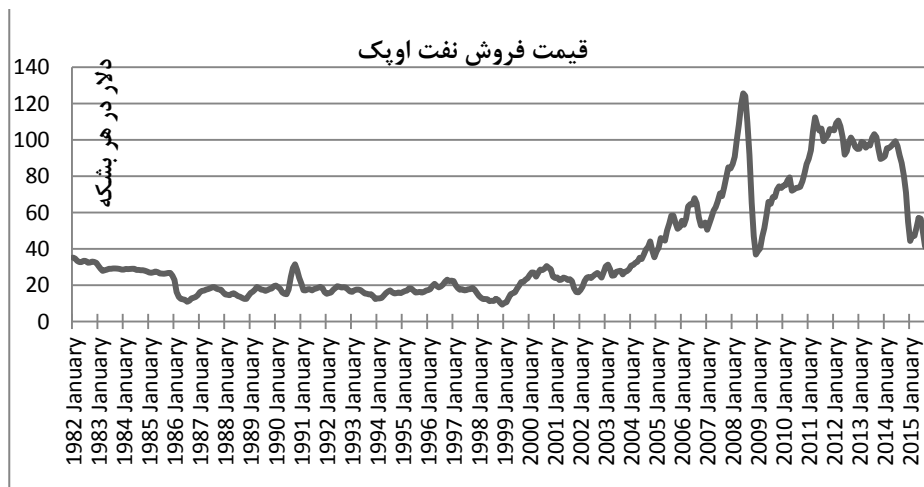
همچنین، روند میزان مصرف نفت خام کشورهای عضو پیمان همکاری و توسعه، بر حسب هزار بشکه در روز نیز در شکل نشان داده شده است.



شکل ۴. میزان مصرف نفت خام کشورهای عضو پیمان همکاری و توسعه

منبع: سازمان همکاری اقتصاد و توسعه (OECD)

تغییرات قیمت نفت خام در فاصله سال‌های یادشده، در شکل (۵) نمایش داده شده است.



شکل ۵. تغییرات قیمت نفت خام

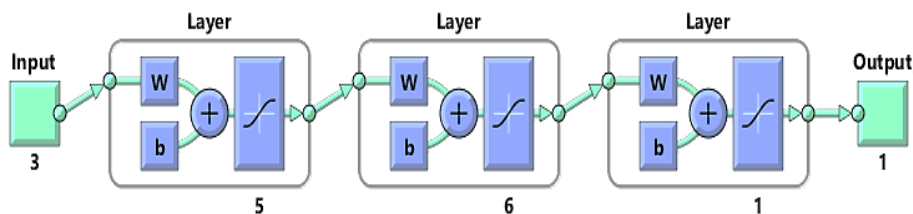
منبع: مدیریت کل اوپک و نمایندگی جمهوری اسلامی ایران در مجامع انرژی

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تغییرات قیمت نفت خام با نوسانات بسیاری همراه است و میزان تغییرات آن به شدت غیرخطی است. از آنجاکه روش‌های تقریب تابعی^۱ خطی نمی‌توانند گزینه مناسبی برای قیمت نفت باشد لذا، برای حل این مسئله از کدهای شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزار متلب^۲ استفاده شده است و برای اینکه پاسخ مطلوب‌تری از شبکه دریافت شود از الگوریتم بهینه‌ساز رقابت استعماری بهره‌گیری خواهد شد.

ساختار شبکه عصبی مورد استفاده دارای سه لایه شامل ۵ نورون در لایه ورودی، ۶ نورون در لایه پنهانی و ۱ نورون در لایه خروجی است (شکل ۶). تعداد کل داده‌ها ۴۰۶ داده می‌باشد که از این تعداد، ۸۰٪ آن، معادل ۳۲۵ داده، به‌عنوان داده‌های آموزشی^۳ و ۲۰٪ آن معادل ۸۱ داده به‌عنوان داده‌های آزمایش^۴ و تعداد دفعات تکرار^۵ برای آموزش

1. Function Approximation
2. MATLAB
3. Train Data
4. Test Data
5. Epoch

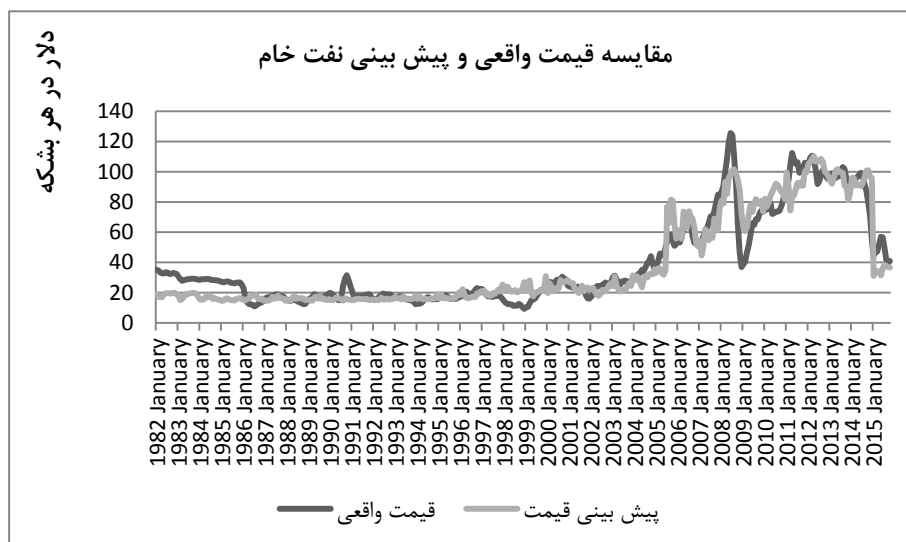
شبکه عصبی ۱۰۰ بار منظور شده است، برای تنظیمات الگوی رقابت استعماری نیز تعداد جمعیت کشورها ۲۰۰ کشور و تعداد امپریالیست‌های اولیه ۳۰ کشور و تعداد نسل‌ها نیز ۳۰ نسل منظور شده است.



شکل ۶. ساختار شبکه عصبی مورد استفاده

منبع: یافته‌های تحقیق

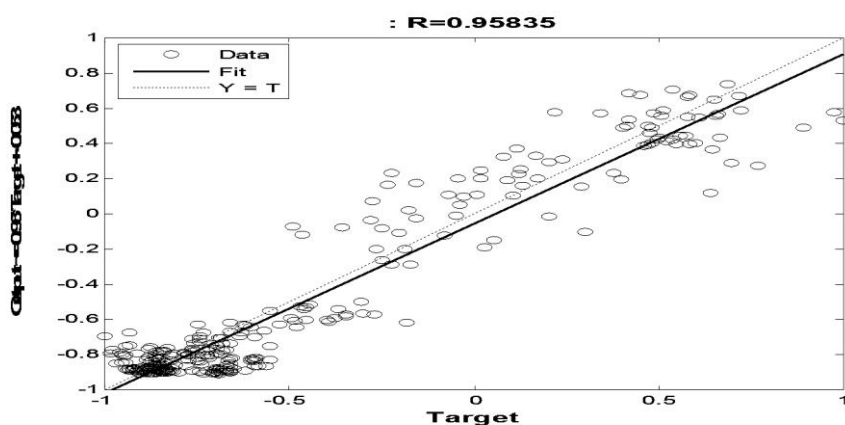
شکل (۷) داده‌های واقعی قیمت نفت و داده‌های حاصل از آموزش شبکه عصبی را بر روی یک نمودار نشان می‌دهد. چنانکه ملاحظه می‌شود، شبکه به خوبی آموزش دیده و می‌تواند برای پیش‌بینی قیمت، مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۷. مقایسه داده‌های واقعی قیمت نفت و داده‌های حاصل از آموزش شبکه عصبی

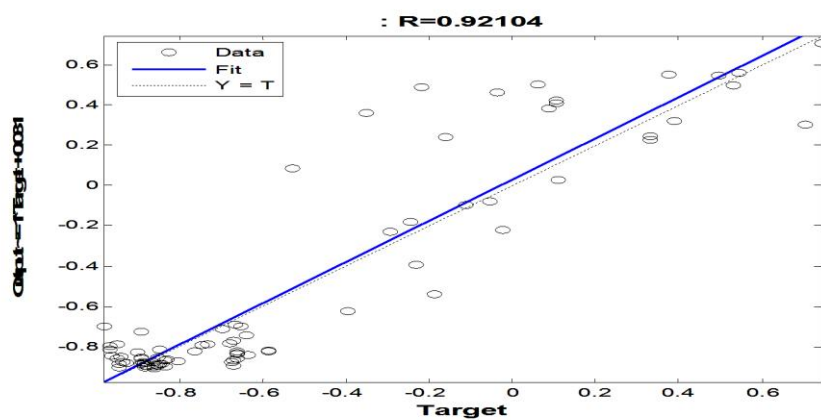
منبع: یافته‌های تحقیق

میزان ضریب رگرسیون بین داده‌های آموزشی (۷۰ درصد داده‌های مربوط به تولید نفت اوپک، مصرف OECD و قیمت واقعی نفت) و خروجی شبکه عصبی مربوطه (پیش‌بینی قیمت نفت) 0.95835 (شکل ۸) و رگرسیون بین داده‌های آزمایش شبکه عصبی (۳۰ درصد داده‌های باقی‌مانده مربوط به تولید نفت اوپک، مصرف OECD و قیمت واقعی نفت) و خروجی مربوطه (پیش‌بینی قیمت نفت) نیز 0.92104 (شکل ۹) می‌باشد.



شکل ۸. رگرسیون بین داده‌های آموزش شبکه عصبی و قیمت واقعی نفت

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۹. رگرسیون بین داده‌های آزمایش شبکه عصبی و قیمت واقعی نفت

منبع: یافته‌های تحقیق

تعیین میزان بهینه تولید نفت اوپک بر اساس نظریه بازی‌ها

نظریه بازی‌ها یک روش ریاضی برای تجزیه و تحلیل بازیکنان است. در این مدل، رفتار هر کدام از بازیکنان بر دیگری اثر می‌گذارد. بازیکنان ما در اینجا، کشورهای تولیدکننده نفت اوپک از یک طرف، و کشورهای عضو پیمان همکاری و توسعه از طرف دیگر هستند. در اینجا بازی "بازی با مجموع صفر" در نظر گرفته شده است؛ یعنی، برد یک بازیگر معادل باخت طرف دیگر است. به عبارت دیگر، آنچه یکی از طرفین به دست می‌آورد، درست برابر آن چیزی است که دیگری از دست داده است.

تابع پیامد (مطلوبیت) برای کشورهای اوپک $u_{OPEC}(\alpha, \beta)$ و برای کشورهای OECD، $u_{OECD}(\alpha, \beta)$ است (نویدی و لطفی، ۲۰۱۲). به طوری که α میزان تولید اوپک و β میزان مصرف نفت OECD است:

$$u_{OPEC} = f_{net}(\alpha, \beta) - f_o \quad (1)$$

$$u_{OECD} = -u_{OPEC} \quad (2)$$

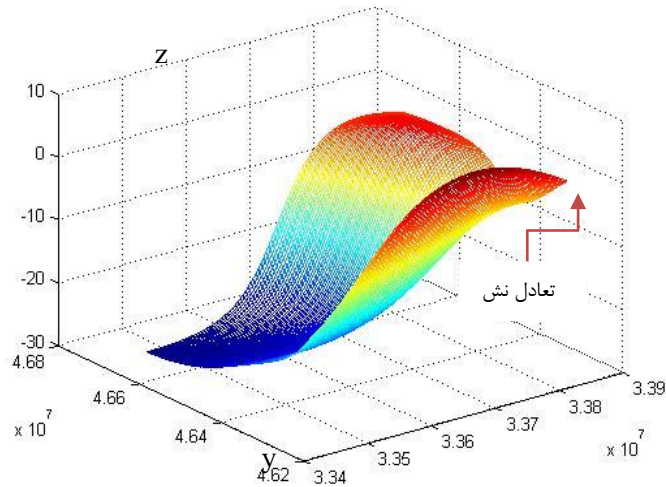
که در آن؛ $f_{net}(\alpha, \beta)$ تابع پیش‌بینی قیمت نفت با استفاده از شبکه عصبی و f_o بهای فعلی قیمت نفت است. در صورتی که اوپک قیمت نفت خود را به α برساند و OECD میزان خرید نفت خود را به β برساند، آنگاه بهای نفت و عواقب احتمالی آن برای بازیگران از معادله ۱ و معادله ۲ به دست می‌آید. برای به دست آوردن تعادل نش نیز از روش حداقل حداکثرها (MinMax) و حداکثر حداقلها (MaxMin) استفاده شد (نویدی، ۱۳۹۰).

$$(\alpha^*, \beta^*) = \operatorname{argmax}_{\alpha} \left(\operatorname{argmin}_{\beta} (u(\alpha, \beta)) \right) \quad (3)$$

$$(\alpha^*, \beta^*) = \operatorname{argmin}_{\beta} \left(\operatorname{argmax}_{\alpha} (u(\alpha, \beta)) \right) \quad (4)$$

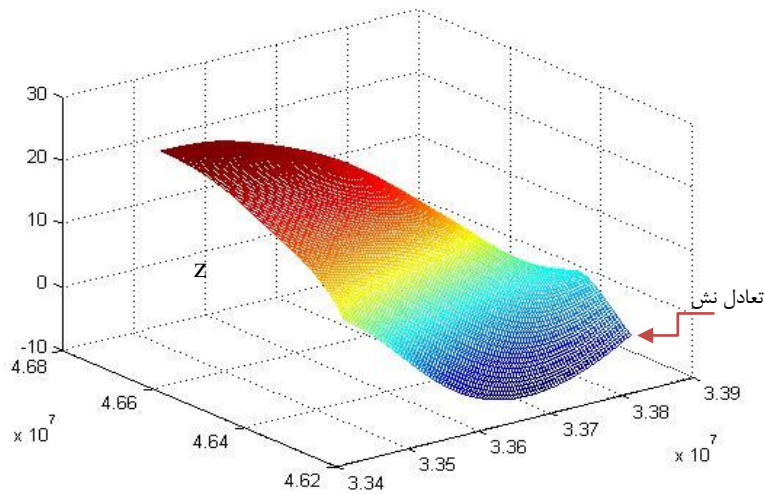
با توجه به این که اگر مقدار به دست آمده از معادله ۳ و معادله ۴ مساوی باشد، بازی دارای تعادل نش است؛ نقطه تعادل نش با استفاده از روش گفته شده به دست آمده و در شکل ۱۰ و ۱۱ نشان داده شد. بر اساس اطلاعات به دست آمده، میزان تولید نفت اوپک در اکتبر ۲۰۱۵، ۳۳۶۲۵۰۴۰ بشکه در روز و میزان مصرف OECD، ۴۶۴۲۲۳۶۷ بشکه در روز و قیمت نفت خام ۴۰/۸۸ دلار به ازای هر بشکه بوده است.

شکل ۱۰، مقادیر پیش‌بینی پیامد اوپک را برای ماه نوامبر ۲۰۱۵ نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. تابع پیامد اوپک، محور x تغییرات در سطح تولید اوپک و محور y تغییرات در سطح مصرف کشورهای OECD را برحسب هزار بشکه در روز نشان می‌دهد. محور z نیز پیامد حاصل برای اوپک می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۱۱- تابع پیامد OECD، محور x تغییرات در سطح تولید OECD و محور y تغییرات در سطح مصرف کشورهای اوپک را برحسب هزار بشکه در روز نشان می‌دهد. محور z نیز پیامد حاصل برای OECD می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۱ پیامد به دست آمده برای کشورهای OECD را بر اساس مدل بازی مجموع صفر نشان می دهد.

تعادل نش حاصل از روابط (۳) و (۴) با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی در شکل (۱۰) و متناظر آن در شکل (۱۱) مشخص شده است. این نقطه $(\Delta\beta^* = -87000$ و $\Delta\alpha^* = +200000$) می باشد و بدین معنی است که تصمیم بهینه، کاهش تقاضای خرید نفت کشورهای OECD به میزان هشتاد و هفت هزار بشکه در روز در مقابل افزایش دویست هزار بشکه در روز تولید نفت اوپک است.

۶- نتیجه گیری و پیشنهادها

مطالعات بسیاری برای طراحی و مدل سازی پیش بینی نسبتاً دقیق قیمت نفت اوپک و به دنبال آن تولید بهینه نفت اوپک صورت گرفته است. نظر به این که اقتصادسنجی با محدودیت هایی مانند مشکل هم خطی و ایجاد تورش پیش بینی در شرایط حضور وقفه ها مواجه می شود و در نتیجه آثار سیاست گذاری و پیش بینی را با خطا مواجه می سازد، در این مقاله، از روش های هوش مصنوعی مبتنی بر الگوریتم رقابت استعماری استفاده شد. در این روش، مدل پیش بینی بر مبنای یک مدل خودتنظیم ارائه می شود و می تواند مسائل پیش بینی، تشخیص، ترکیبات کنترلی و سایر مسائل سیستمی را به خوبی انجام دهد. سپس، با تلفیق این مدل با نظریه بازی ها، مدلی برای تصمیم ها و سیاست های مختلف سازمان اوپک با توجه به استراتژی های متفاوت خریداران نفت ارائه گردید. نتایج آزمون های آماری دوره زمانی ژانویه ۱۹۸۲ تا اکتبر ۲۰۱۵، با توجه بر آورد ضریب همبستگی بین پیش بینی قیمت و قیمت واقعی به دست آمده $(R=0/92104)$ ، نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی به خوبی می تواند تغییرات قیمت نفت را دنبال کند. ضمناً، مدل پیش بینی قیمت نفت بر آورد شده نشان می دهد که قیمت نفت در نوامبر ۲۰۱۵ برابر ۴۰/۹ دلار خواهد شد. به علاوه، با فرض ثابت ماندن سایر شرایط، اگر اوپک تولید نفت خود را به میزان یک درصد افزایش دهد ولی مصرف کشورهای OECD تغییر نکند، پیش بینی می شود که قیمت جهانی نفت به مرز ۴۰/۵۱ دلار برسد در حالی که اگر کشورهای OECD، میزان مصرف نفت خام خود را یک درصد افزایش دهند (با فرض ثابت بودن تولید نفت کشورهای عضو اوپک و سایر شرایط)، قیمت نفت به مرز ۴۳/۸۵ دلار برسد. از سوی دیگر، مدل نشان می دهد که اگر سیاست اوپک منجر به کاهش تولید نفت به میزان یک درصد باشد و شرایط اقتصاد جهانی به گونه ای شود که مصرف نفت کشورهای OECD یک درصد افزایش داشته باشد؛ قیمت نفت به مرز ۴۶/۳۳ دلار افزایش یابد در حالی که اگر برنامه سازمان اوپک افزایش یک درصدی تولید

نفت باشد ولی کشورهای OECD، مصرف نفت خام خود را یک درصد کاهش دهند، انتظار می‌رود؛ قیمت نفت در بازارهای جهانی به مرز ۳۹/۹۰ دلار برسد. نتایج سیاستی مدل در چارچوب الگوریتم ماکسمین و مینیماکس برای نقاط تعادلی نش نشان می‌دهد که نقطه تعادلی قیمت نفت، کاهش تقاضای خرید نفت کشورهای OECD به میزان هشتادوهفت هزار بشکه در روز در مقابل افزایش تولید دویست هزار بشکه در روز اوپک می‌باشد.

منابع

- ابریشمی، ح. مهرآرا، م. احراری، م. میرقاسمی، س. (۱۳۸۸). الگوسازی و پیش‌بینی رشد اقتصادی ایران با رویکرد شبکه عصبی GMDH. مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۸، ۱-۲۴.
- اصغرپور، حسین و وفامند، ع. (۲۰۱۵). پیش‌بینی قیمت نفت بر اساس مدل‌های غیرخطی انتقال ملایم و بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک، سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی، ۳(۳)، ۶۹-۹۴.
- امامی میبیدی، علی؛ و باقری، ص. (۱۳۹۳). مقایسه توانایی شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، سیستم استنتاج عصبی-فازی انطباقی (ANFIS) و تبدیل موجک-عصبی: قیمت سبد نفت خام اوپک، فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۴۳، ۱۵۴-۱۲۹.
- معینی، م. قنبری، ع. زمانی، م. (۱۳۹۰). قیمت نفت خام و نقش ظرفیت مازاد تولید اوپک، مطالعات اقتصاد انرژی، ۱(۸)، ۱۳۹-۱۶۲.
- بکی حسکوئی، م و خواجوند، ف. (۱۳۹۱). پیش‌بینی نوسانات بازارهای آتی نفت با استفاده از مدل‌های گارچ و مدل‌های تغییر رژیم مارکوف گارچ، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها.
- پورکاظمی، م. ح و اسدی، م. ب (۱۳۸۸). پیش‌بینی پویای نفت خام با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و به‌کارگیری ذخیره‌سازی نفتی کشورهای OECD، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۴۴.
- دوآب، ر، صباحی، ب، عادل، م. ح و سیفی، احمد (۱۳۹۳). بررسی نحوه تعیین قیمت نفت خام میان دو سازمان اوپک و سازمان همکاری اقتصاد و توسعه با استفاده از مدل تئوری بازی‌ها و روش جوهانسون-جوسیلیوس، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱۲، ۶۱-۹۰.

فیروزی جهان تیغ، ف و دهقانی، ص. (۱۳۹۵). کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی معماری شبکه عصبی و پیش‌بینی قیمت نفت (GADNN)، فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، شماره ۲۰، ۹۷-۱۲۲

مدیریت کل اوپک و نمایندگی جمهوری اسلامی ایران در مجامع انرژی.

نویدی، حمید (۱۳۹۰). مدخلی بر نظریه بازی‌ها، انتشارات دانشگاه شاهد.

وافی نجار، داریوش (۱۳۹۳). بررسی مقایسه‌ای روش‌های مختلف پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام و پیشنهاد روش مناسب، پژوهشکده اقتصاد انرژی.

Atashez-Gargari, E. and Lucas, C. (2007), Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization inspired by imperialistic competition, In: proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation, Singapore, 4661-4667.

Bashiri Behmiri, N., Pires Manso, J. (2013). Crude Oil Price Forecasting Techniques: A Comprehensive Review of Literature. SSRN ELECTRONIC JOURNAL, JANUARY 2013.

Coleman, L. (2012). Explaining crude oil prices using fundamental measures. Energy Policy, 4, 318-324.

Haidar, I., Kulkarni, S., Pan, H. (2008, 15-18 Dec. 2008). Forecasting model for crude oil prices based on artificial neural networks. Paper presented at the Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 2008. ISSNIP 2008. International Conference on.

Hamdi, M., Aloui, C. (2015). Forecasting Crude Oil Price Using Artificial Neural Networks: A Literature Survey. Economics Bulletin, 35(2), 1339-1359.

Kulkarni, S., Haidar, I. (2009). Forecasting model for crude oil price using artificial neural networks and commodity futures prices. ArXiv preprint ArXiv:0906.4838.

Liu, J., Bai, Y., Li, B. (2007, 24-27 Aug. 2007). A New Approach to Forecast Crude Oil Price Based on Fuzzy Neural Network. Paper presented at the Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2007. FSKD 2007. Fourth International Conference on.

Lotfi, E., Navidi, H. (2012). A Decision Support System for OPEC Oil Production Level Based On Game Theory and ANN. Advances in Computational Mathematics and its Application (ACMA), Vol 2, No 1.

Venttsel, Y. S. (1980). Elements of Game Theory MRI.

Ye, M., Zyren, J., Shore, J. (2002). Forecasting crude oil spot price using OECD petroleum inventory levels. International Advances in Economic Research, 8(4), 324-333.

Forecasting Crude Oil Prices and Determining the Optimal Production Level Using the Evolutionary Pattern of Neural Networks and Nash Equilibrium

Hassan Farazmand¹

Associate Professor of economics of Shahid Chamran University of Ahvaz,
hfrazmand@scu.ac.ir

Nahid Kordzangeneh

Ph.D student of economics of Shahid Chamran University of Ahvaz,
zangeneh.nd@gmail.com

Received: 2017/05/10 Accepted: 2018/01/10

Abstract

Being able to correctly predict oil price and production behaviour can help decision makers to adopt more appropriate policies to better regulate the provision of oil as a critical commodity in World trade. Due to the fluctuating and non-linear trend of supply and demand for crude oil and its price, smart and non-linear methods, especially evolutionary patterns based on neural networks are expected to have good predictive power for short-term crude oil prices. This paper applies the Neural Network colonial competition algorithm to evaluate oil prices for the period January 1982 to October 2015 using panel data for OPEC crude oil production and OECD oil consumption for the period. We can compare this with optimal levels of production and consumption obtained using game theory and Nash equilibrium. We observe Correlation Coefficient of $R= 0.921104$, confirming the explanatory power of the colonial competition algorithm. We further find that Neural networks output and game theory and Nash equilibrium can predict the optimal level of OPEC production and consumption of OECD countries for short periods of a month.

JEL classification: C70, C45

Keywords: Game Theory, Nash Equilibrium, Artificial Neural Network, Colonial Competition Algorithm

1. Corresponding Author