

یک مدل جدید جهت تعیین سطح تولید نفت اوپک بر اساس پیش بینی قیمت ها و نظریه بازی ها

احسان لطفی^{۱*}، حمید رضا نویدی^۲

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>واژگان کلیدی: مدل سازی، سطح تولید اوپک، واردات، قیمت نفت، پیش بینی، شبکه عصبی، تئوری بازی.</p>	<p>در این مقاله یک مدل ترکیبی براساس شبکه های عصبی مصنوعی و تئوری بازی ها ارائه شده است تا بتواند در تعیین سطح تولید نفت اوپک به تحلیل گران کمک کند. در این مدل، شبکه عصبی به کار گرفته می شود تا اثر تصمیمات اوپک در تعیین سطح عرضه نفت بر قیمت آن را یاد بگیرد. سپس شبکه عصبی آموزش دیده در ایجاد یک تابع پیامد برای یک مدل بازی بین اوپک و ایالات متحده آمریکا به عنوان یک خریدار عمده به کار گرفته می شود. مدل ارائه شده برای تعیین بهترین تصمیم برای میزان تولید نفت اوپک در مارس سال ۲۰۱۲ به عنوان یک مثال موردی به کار گرفته شده است و بهترین تصمیم برای میزان تولید را ارائه می دهد.</p>

۱- مقدمه

بوده است و شامل میزان افزایش و یا کاهش نفت نمی شود. همچنین تغییر در میزان خرید مصرف کنندگان عمده در آن نادیده گرفته شده است. هرچند میزان خرید نفت توسط کشورهای صنعتی غالباً متأثر از رشد یا کاهش شاخص های اقتصادی آن ها می باشد. اما چگونگی خرید آن ها به گونه ای است که بیشترین منفعت برای آن ها باتوجه به قیمت نفت و توانایی در ذخیره سازی برای شان حاصل شود. علاوه بر این دو عامل مهم، رویدادهای سیاسی، نظامی و اقتصادی و بسیاری عوامل دیگر نیز بر قیمت ها تاثیرگذار است. مجموعه این عوامل باعث بروز رفتاری در دنباله زمانی قیمت های نفت شده که ویژگی های خاص دارد: اولاً ناپایدار است، بدین معنی که نوسانات زیادی در قیمت ها می تواند رخ دهد. دوماً این رفتار غیرخطی می باشد، بدین معنی که تغییرات در قیمت ها را با یک مدل خطی نمی توان تخمین زد. سوماً غیرقطعی است، بدین معنی که هیچ قطعیتی در میزان افزایش و یا کاهش قیمت ها وجود ندارد و چهارماً

نفت یکی از بازارهای مهم اقتصادی است که قیمت آن نقش بسیار حیاتی در اقتصاد جهانی و همچنین اقتصادهای بومی بازی می کند. دو عامل بسیار مهم بر روی قیمت نفت نقش اساسی دارد: اولی میزان عرضه نفت توسط تولید کنندگان عمده آن مانند اوپک است و دیگری میزان تقاضای کشورهای صنعتی مصرف کننده عمده نفت می باشد [۱ و ۲]. تعیین سطح تولید نفت از تصمیمات مهمی است که اعضای اوپک اتخاذ می کنند و بر قیمت نفت تاثیر به سزایی دارد. اخیراً تحقیقی بر روی تاثیر تصمیم اوپک بر تغییرات قیمت نفت براساس مدل GARCH ارائه شد [۳]. تصمیمات مورد مطالعه آن ها "عدم تغییر"، "افزایش" و "کاهش" در میزان تولید نفت

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: esiloft@gmail.com

۱. دانشجوی دکتری هوش مصنوعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت جام،

گروه مهندسی کامپیوتر، تربت جام، ایران

۲. گروه ریاضی کاربردی و علوم کامپیوتر دانشگاه شاهد

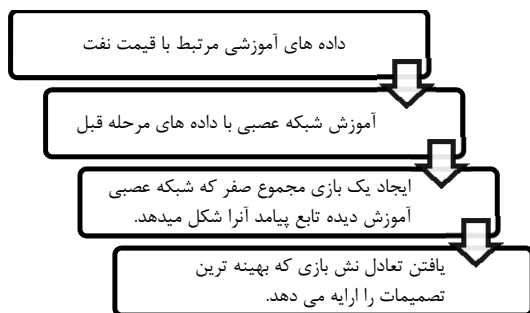
دوچندان می‌شود. در بخش ۲ از پژوهش پیش رو روش‌های مورد استفاده در پیش‌بینی قیمت مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش ۳، رفتار خرید ایالات متحده از اوپک در دهه اخیر بررسی شده و مدلی جهت یادگیری این رفتار و اثر آن بر قیمت نفت ارائه می‌شود. سپس در بخش ۴ یک مدل جدید برای تحلیل‌گران بازارهای نفتی ارائه شده است تا بهترین پیشنهادات را برای سطح تولید اوپک ارائه دهند. براساس این مدل می‌توان بهینه‌ترین تصمیمات را ارائه داد. تصمیماتی که می‌تواند بهترین پیامد را برای اعضای اوپک ارائه دهد.

۲- پیشینه تحقیق در پیش‌بینی قیمت نفت

دو رویکرد اساسی در پیش‌بینی قیمت نفت در گزارشات علمی دیده می‌شود. اولین رویکرد استفاده از مدل‌های ریاضی است. این مدل‌ها مبتنی بر معادلات دیفرانسیل می‌باشند، مانند مدل‌های ARCH، ARMA و GARCH که جهت پیش‌بینی سری‌های زمانی اقتصادی مورد استفاده واقع شده‌اند [۴-۸]. در رویکرد دوم روش‌های هوش مصنوعی مدرن مورد توجه قرار گرفته است. روش‌هایی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی و ANFIS [۹-۱۶] ویژگی متمایزکننده روش‌های هوش مصنوعی مدرن از دیگر روش‌ها، مقوله یادگیری در آن‌ها است. این روش‌ها می‌توانند رفتار سری‌های زمانی مختلف از جمله رفتار سری زمانی قیمت نفت را یاد بگیرند و با یادگیری چگونگی تغییرات در قیمت‌های گذشته، می‌توانند قیمت‌های آتی را پیش‌بینی نمایند. در تحقیقات اخیر نشان داده شده است که مدل‌های مبتنی بر یادگیری، مانند شبکه عصبی مصنوعی، قابلیت بالاتری در پیش‌بینی قیمت نفت دارد [۱۷ و ۱۸]. روش‌هایی که از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی قیمت نفت استفاده کرده‌اند [۴ و ۱۷] بر مبنای دیدگاه سری زمانی بودن قیمت‌ها عمل کرده‌اند. در این دیدگاه قیمت بعدی نفت تابعی از

کیاتیک‌یست، بدین معنی که بر اثر عواملی ناگهانی، تغییراتی آتی و آشوب‌گونه با دامنه‌ای زیاد و یا کم می‌تواند در قیمت‌ها ایجاد شود. این ویژگی‌های خاص، امر پیش‌بینی قیمت نفت را بسیار چالش برانگیز کرده است. پیش‌بینی قیمت نفت برای اوپک بسیار با اهمیت است. زیرا بر مبنای آن می‌تواند بهترین تصمیم را در جهت میزان افزایش و یا کاهش سطح تولید اتخاذ کند. به‌عنوان مثال تصمیم‌گیری در جهت افزایش عرضه نفت درحالی‌که خریداران با کاهش نیاز روبرو شده‌اند. می‌تواند کاهش شدید قیمت را به‌همراه داشته باشد و یا کم کردن عرضه در زمان نامناسب می‌تواند سود کمتری را حاصل کند. سود حاصل از فروش برای اعضای اوپک تنها به تصمیم‌گیری اوپک مبنی بر نرخ تولید نفت بستگی ندارد. همان‌طور که بیان شد بازیگر مهم دیگر آن کشورهای عمده خریدار نفت است، مثلاً چین و یا ایالات متحده آمریکا. میزان خرید نفت در بلند مدت تحت تاثیر شرایط اقتصادی مصرف‌کنندگان عمده است. اما در کوتاه مدت این کشورها میزان خرید نفت خود را براساس قیمت نفت و منافع خود تنظیم می‌کنند. این تغییر در میزان خرید چنانچه با تصمیم نامناسب اعضای اوپک روبه‌رو شود، می‌تواند موجب ضرر و زیان بسیاری برای اعضای آن گردد.

چگونه می‌توان مدلی از رفتار اوپک و یک خریدار عمده در بازار نفت ارائه داد؟ به‌گونه‌ای که براساس این مدل بتوان بهترین تصمیم را جهت تعیین سطح تولید اوپک پیشنهاد کرد. این سوال کلیدی تحقیق پیش روست. این مدل باید بتواند با دقت بالایی نتیجه تصمیم‌گیری‌های مختلف را باتوجه به استراتژی خریدار، تخمین بزند و بهینه‌ترین تصمیمات را ارائه دهد. از طرف دیگر بررسی رفتارهای خرید ایالات متحده در ده سال اخیر نشان می‌دهد که حجم واردات ماهانه آمریکا به‌گونه‌ای تنظیم شده است که بالاترین سود را برای ایالات متحده داشته باشد. از این‌رو نیاز به یک مدل جامع برای اوپک تا بتواند در مقابل خریداران عمده بیشترین منفعت را از آن خود کند



شکل ۱- مراحل ایجاد مدل پیشنهادی

مدلی که ما در اینجا برای پیش‌بینی قیمت نفت استفاده می‌کنیم، متفاوت از رفتار سری زمانی قیمت آن است بلکه مدل پیشنهادی، رفتار قیمت نفت را در مقابل میزان تولید اوپک و نرخ خرید ایالات متحده آمریکا یاد می‌گیرد. شکل ۲ داده‌های مورد نظر مرحله ۱ و استفاده شده در آموزش شبکه عصبی (مرحله ۲) را نشان می‌دهد.

شکل ۲-الف میزان تولید نفت توسط اوپک را از ژانویه ۲۰۰۲ تا فوریه ۲۰۱۲ برحسب هزار بشکه در روز نشان می‌دهد. خرید ماهانه ایالات متحده از ژانویه ۲۰۰۲ تا فوریه ۲۰۱۲ برحسب هزار بشکه در شکل ۲-ب نشان داده شده است و شکل ۲-ج قیمت نفت خریداری شده توسط ایالات متحده را در آن ماهها برحسب دلار در هر بشکه نشان می‌دهد. به‌طور مشخص در نیمه دوم سال ۲۰۰۸ قیمت نفت دریافتی ایالات متحده کاهش یافته است و از عوامل تاثیرگذار بر آن می‌تواند میزان خرید نوسانی هوشمندانه از اواخر سال ۲۰۰۶ تا اواخر ۲۰۰۸ توسط ایالات متحده آمریکا باشد. آیا داده‌های نمودار شکل ۲-الف و وسط با یکدیگر همبستگی دارد به‌گونه‌ای که با داشتن آن‌ها بتوان قیمت نفت را در شکل ۲-ج به‌دست آورد. برای این کار از شبکه عصبی مصنوعی بهره می‌بریم.

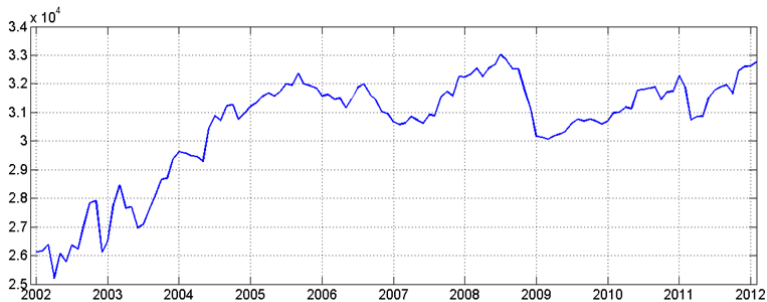
شبکه‌های عصبی الهام گرفته شده از عملکرد نرو فیزیولوژیک مغز است. آن‌ها شبکه‌ای از مدل ریاضی سلول‌های عصبی در مغز می‌باشند. شبکه‌های عصبی قابلیت‌هایی همچون یادگیری و تعمیم‌پذیری دارند. آن‌ها می‌توانند با مشاهده سابقه پدیده‌ها، آن‌ها را یاد بگیرند و با تعمیم دادن آنچه آموخته‌اند به پیش‌بینی مسائل بپردازند.

قیمت‌های دوره‌های (روزها، ماهها و یا سال‌های) قبلی نفت بوده است. در این دیدگاه ورودی شبکه عصبی قیمت نفت در دوره‌های قبلی و خروجی آن، قیمت دوره بعدی است. اما در تحقیق پیش رو از آنجا که هدف اساسی مدل‌سازی رفتار عرضه و خرید بر قیمت نفت است، دیدگاه سری زمانی بودن قیمت‌ها موثر واقع نمی‌شود. بلکه شبکه عصبی به‌گونه‌ای می‌بایست آموزش ببیند تا بتواند قیمت نفت را براساس میزان عرضه و تقاضا پیش‌بینی کند.

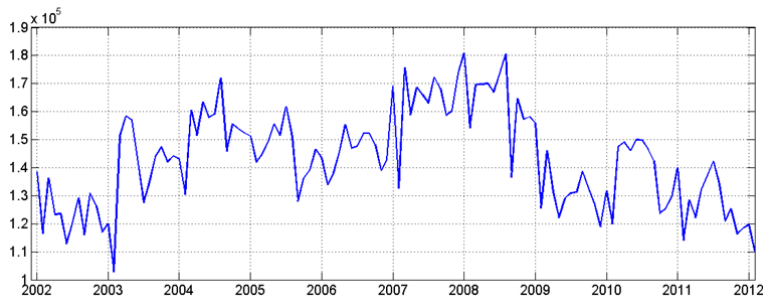
۳- مدلی برای یادگیری قیمت نفت براساس عرضه و تقاضا

از آنجا که ما علاقه‌مند هستیم بهترین تصمیمات را در عرضه و تقاضای نفت مدل کنیم بنابراین نیاز به مدلی وجود دارد که بتواند نتیجه مقدار عرضه و تقاضا را بر روی قیمت نفت تخمین بزند و در نتیجه ورودی‌های این مدل میزان عرضه نفت و دیگری میزان خرید آن خواهد بود و خروجی مدل قیمت پیش‌بینی شده نفت می‌باشد. در حقیقت ساخت مدل در اینجا با این پیش فرض منطقی صورت می‌گیرد که میزان عرضه و تقاضا بر قیمت تاثیر می‌گذارد. در نتیجه آن‌ها را به‌عنوان ورودی‌های مدل یادگیری استفاده می‌کنیم. همان‌طور که در ادامه خواهیم دید، مطابق نتایج به‌دست آمده و مقایسه‌های انجام شده، فرض انتخاب این ورودی‌ها صحیح می‌باشد و منجر به نگاشتی با میزان خطای قابل قبول از ورودی‌ها به قیمت می‌شود.

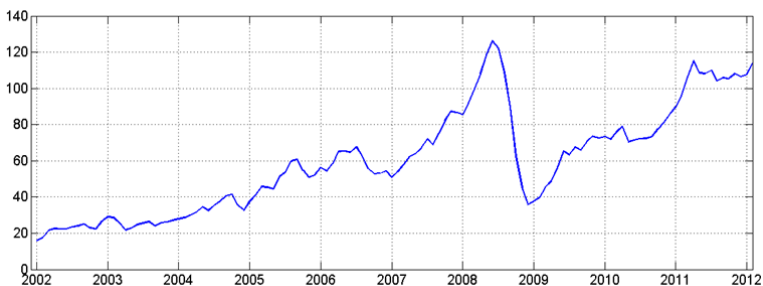
مراحل ایجاد مدل پیشنهادی در یک نگاه کلی در شکل ۱ آورده شده است. مطابق شکل، اولین مراحل به‌کارگیری داده‌های آموزشی جهت تنظیم وزن‌های یک شبکه عصبی چندلایه است. سپس در مراحل بعد، شبکه عصبی به‌عنوان تابع پیامد یک مدل بازی به‌کار گرفته می‌شود تا بهترین تصمیمات را ارائه دهد.



(الف)



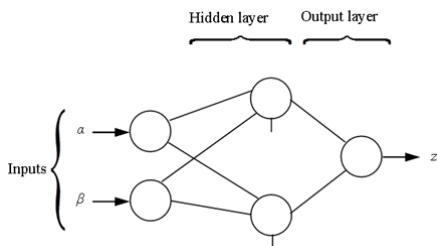
(ب)



(ج)

شکل ۲- الف) میزان تولید نفت اوپک برحسب هزار بشکه در روز از ژانویه ۲۰۰۲ تا فوریه ۲۰۱۲ به صورت ماهانه. ب) میزان واردات آمریکا از اوپک برحسب هزار بشکه در ماه ج) قیمت نفت وارداتی آمریکا از اوپک برحسب دلار در هر بشکه.

که در آن W ها وزن‌های آموزشی تنظیم شده با الگوریتم یادگیری و b بایاس نود خروجی شبکه با تابع فعالیت خطی است.



شکل ۳- معماری پیشنهادی شبکه عصبی برای آموزش قیمت نفت. ورودی اول سطح تولید اوپک است و دومین ورودی سطح خرید آمریکا را نشان می‌دهد.

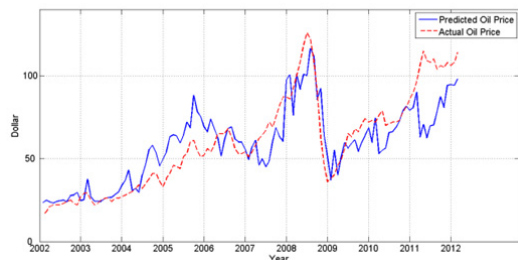
شکل ۳ معماری شبکه عصبی پیشنهادی را برای پیش‌بینی قیمت نفت ارائه می‌دهد. معماری، دو ورودی یک خروجی است با یک لایه در بین آن‌ها. اولین ورودی سطح تولید اوپک است، دومین ورودی سطح خرید نفت از اوپک توسط آمریکا می‌باشد و خروجی آن قیمت پیش‌بینی شده نفت می‌باشد. رفتار تابعی شبکه عصبی را پس از آموزش می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$z = f_{net}(\alpha, \beta) \tag{۱}$$

جایی که α میزان تولید نفت اوپک و β میزان خرید ایالات متحده و z قیمت پیش‌بینی شده آن می‌باشد.

این رابطه با جزئیات به شکل زیر است:

$$f_{net}(\alpha, \beta) = W_1 \alpha + W_2 \beta + b \tag{۲}$$



شکل ۴- مقادیر پیش‌بینی شده قیمت‌ها توسط شبکه عصبی آموزش دیده در مقایسه با مقادیر مشاهده شده.

شکل ۵ نتایج به‌دست آمده در مقایسه با شبکه عصبی آموزش دیده شده با سری زمانی متشکل از ۱۰ قیمت دوره‌های قبلی را نشان می‌دهد که معرف آموزش مطلوب شبکه پیشنهادی براساس عرضه و تقاضا است به‌گونه‌ای که می‌توان از تابع شبکه عصبی آموزش دیده پیشنهادی (رابطه (۲)) در تابع پیامد یک مدل بازی بهره برد.



شکل ۵- مقایسه نتایج به‌دست آمده از شبکه عصبی آموزش دیده با دنباله قیمت‌ها و شبکه عصبی آموزش دیده براساس عرضه و تقاضا.

۴- مدل ارایه شده براساس تئوری بازی‌ها

برای ارایه مدلی جهت تصمیم‌گیری اوپک برای تعیین سطح تولید باتوجه به نیاز مصرف‌کننده و براساس پیش‌بینی قیمت نفت علاوه بر استفاده از شبکه عصبی نیاز به مدل‌های ریاضی وجود دارد که به موضوع بهینه‌سازی تصمیم در شرایط رقابتی می‌پردازد. تئوری بازی‌ها، بهینه‌سازی تصمیم در شرایط برخورد و شرایط نامعین است [۲۰]. از این‌رو استفاده از تئوری بازی‌ها

برای آموزی شبکه‌های عصبی نیاز به داده‌های آموزشی است. داده‌های مرتبط با شکل ۲ در پیوست ۱ به‌طور کامل آورده شده است. داده‌های آموزشی، ۷۰ درصد از این داده‌ها را شامل می‌شود که در برگزیده سابقه سطح تولید اوپک، سطح خرید نفت آمریکا و قیمت واقعی نفت وارداتی آمریکا می‌باشد. این داده‌ها از سایت اوپک و سایت www.iea.gov جمع‌آوری شده است. هر داده آموزشی شامل ۳ فاکتور است. اولی سطح تولید اوپک است و دومی میزان خرید ایالات متحده است. این دو به‌عنوان ورودی شبکه عصبی به‌کار گرفته می‌شوند تا مقداری را به‌عنوان قیمت پیش‌بینی در خروجی نشان دهد. سپس فاکتور سوم داده آموزشی، یعنی قیمت واقعی نفت به‌کار گرفته می‌شود تا خطای پیش‌بینی محاسبه گردد. در نهایت این خطا مطابق الگوریتم یادگیری سریع لونیبرگ^۱ [۱۹] که در جعبه ابزار شبکه عصبی MATLAB پیاده‌سازی شده است، جهت تنظیم وزن‌های W در رابطه (۲) یعنی وزن‌های آموزشی شبکه عصبی به‌کار گرفته می‌شود.

از مجموعه ۱۲۲ نمونه کامل آورده شده در پیوست ۱، ۸۵ مورد به‌طور تصادفی جهت آموزش شبکه عصبی استفاده شده است. شکل ۴ قیمت‌های واقعی نفت را به‌صورت ماهانه از ژانویه ۲۰۰۲ تا فوریه ۲۰۱۲ با رنگ قرمز و مقدار پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی را با رنگ آبی نمایش می‌دهد. محور افقی در شکل، زمان با واحد ماه است و محور عمودی مقدار $f_{net}(\alpha, \beta)$ با واحد دلار را نشان می‌دهد. ریشه میانگین مربعات خطای (RMSE) حاصل از پیش‌بینی ۱۰/۹۶ و تعداد دوره‌های یادگیری^۲ جهت همگرایی وزن‌ها در آزمایشات مختلف کمتر از ۱۰۰ بوده است.

^۱ Levenberg-Marquardt

^۲ Learning epochs

متحدہ میزان خرید خود را به β برساند آن‌گاه قیمت نفت با این تابع و پیامد حاصل برای بازیکنان از روابط (۵) و (۶) مشخص می‌شود.

مطابق پیوست ۱ در فوریه ۲۰۱۲، قیمت مشاهده شده نفت ۱۱۳/۸۵ بوده است. پس:

$$f_0 = 113.85 \quad (7)$$

شکل ۶ مقادیر پیش‌بینی شده توسط تابع پیامد $(\Delta\beta)$ ، $u_{opec}(\Delta\alpha)$ را برای ماه بعد از فوریه ۲۰۱۲ براساس رنجی از تغییرات در تولید و خرید نشان می‌دهد. محور x میزان تغییر در عرضه نفت توسط اوپک یعنی همان $\Delta\alpha$ را نشان می‌دهد و محور y میزان تغییر در خرید نفت توسط ایالات متحده یعنی همان $\Delta\beta$ را نشان می‌دهد. محور z نیز بیان‌گر تغییر قیمت حاصل شده یعنی همان $(\Delta\beta)$ ، $u_{opec}(\Delta\alpha)$ است. واحد محور x هزار بشکه روزانه و واحد محور y هزار بشکه در ماه است و محور z برحسب دلار محاسبه شده است.

شکل ۶، تابع $u_{usa}(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ ، پیامد به‌دست آمده برای ایالات متحده را نشان می‌دهد. از آنجا که در مدل بازی ارایه شده رابطه زیر برقرار است پس مدل بازی، مجموع صفر می‌باشد.

$$u_{usa}(\Delta\alpha, \Delta\beta) + u_{opec}(\Delta\alpha, \Delta\beta) = 0 \quad (8)$$

در یک بازی مجموع صفر، تعادل نش بازی نشان دهنده تصمیمات بهینه ایست که طرفین تمایل به انحراف از آن ندارند. در بازی پیشنهادی گویمیم $(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*)$ یک تعادل نش است، اگر و تنها اگر روابط (۹) و (۱۰) برقرار باشد.

$$(9)$$

$$u_{opec}(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) \geq u_{opec}(\Delta\alpha, \Delta\beta^*) \quad \forall \Delta\alpha \in [-A \quad A]$$

$$(10)$$

$$u_{usa}(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) \geq u_{usa}(\Delta\alpha^*, \Delta\beta) \quad \forall \Delta\beta \in [-B \quad B]$$

می‌تواند تحلیل تقابل را میسر سازد و در کنار شبکه عصبی به‌عنوان پیش‌بینی کننده، یک مدل ترکیبی را برای تحلیل تصمیم اوپک ارایه دهد.

شکل ۴ قیمت‌های واقعی نفت را به‌صورت ماهانه از ژانویه ۲۰۰۲ تا فوریه ۲۰۱۲ با رنگ قرمز و مقدار پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی را با رنگ آبی نمایش می‌دهد. محور افقی در شکل، زمان با واحد ماه است و محور عمودی مقدار $f_{net}(\alpha, \beta)$ با واحد دلار را نشان می‌دهد. RMSE حاصل از پیش‌بینی ۱۰/۹۶ و تعداد دوره‌های یادگیری جهت همگرایی وزن‌ها در آزمایشات مختلف کمتر از ۱۰۰ بوده است که معرف آموزش مطلوب شبکه می‌باشد به‌گونه‌ای که می‌توان از شبکه عصبی آموزش دیده در تابع پیامد یک مدل بازی بهره برد.

مدل پیشنهادی به شرح زیر است:

-مجموعه بازیکنان: {اوپک، ایالات متحده آمریکا}

-مجموعه تصمیمات: $\Delta\alpha$ میزان تغییر در تولید نفت برای اوپک و $\Delta\beta$ میزان تغییر در خرید نفت توسط ایالات متحده از اوپک است. چنانچه α_0 را میزان تولید جاری و β_0 را میزان خرید فعلی در نظر بگیریم. روابط زیر را داریم:

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0 \quad (3)$$

$$\Delta\beta = \beta - \beta_0 \quad (4)$$

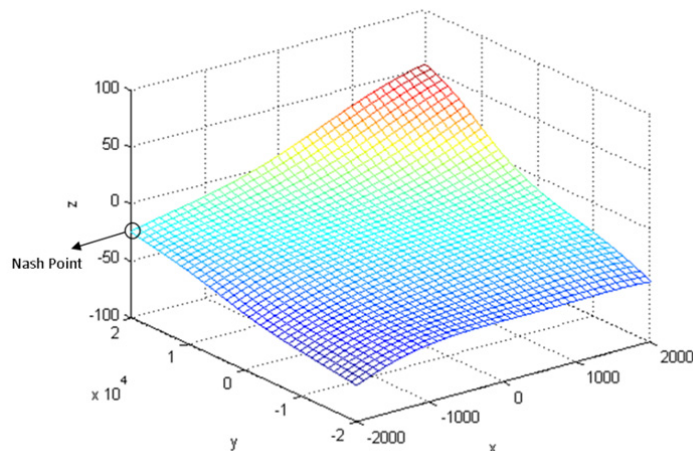
به‌طوری‌که α میزان تولید و β میزان خرید، تصمیم‌گیری شده به‌ترتیب توسط اوپک و آمریکاست.

-تابع پیامد: برای کشورهای اوپک $u_{opec}(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ و برای ایالات متحده، $u_{usa}(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ است که مطابق روابط زیر محاسبه می‌شوند.

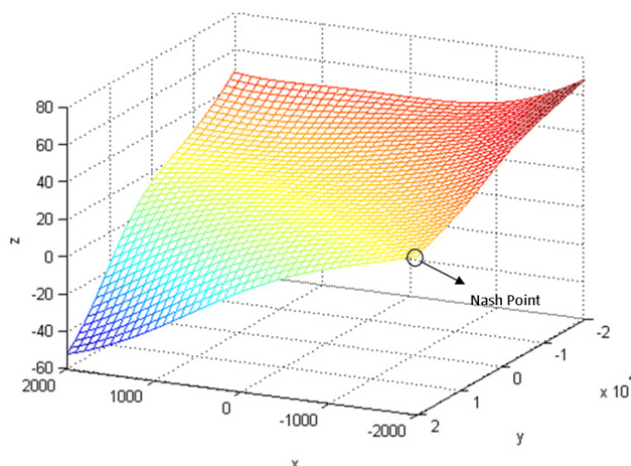
$$u_{opec}(\Delta\alpha, \Delta\beta) = f_{net}(\alpha, \beta) - f_0 \quad (5)$$

$$u_{usa}(\Delta\alpha, \Delta\beta) = -u_{opec}(\Delta\alpha, \Delta\beta) \quad (6)$$

به‌طوری‌که f_0 بهای فعلی نفت می‌باشد و $f_{net}(\alpha, \beta)$ تابع پیش‌بینی کننده قیمت نفت است که در بخش قبل توسط شبکه عصبی با یک مرحله آموزش به‌دست آمد. چنانچه اوپک، میزان تولید نفت خود را به α برساند و ایالات



شکل ۶- تابع پیامد اوپک، محور X تغییرات در سطح تولید اوپک را برحسب هزار بشکه در روز نشان می‌دهد ($\Delta\alpha$) و محور Y تغییرات در سطح واردات ایالات متحده را برحسب هزار بشکه در ماه نشان می‌دهد ($\Delta\beta$). محور Z نیز مقدار پیامد حاصل برای اوپک، $\Delta\beta$ ، $u_{opec}(\Delta\alpha)$ می‌باشد که تغییرات قیمت نفت در هر بشکه برحسب دلار را نشان می‌دهد.



شکل ۷- تابع پیامد ایالات متحده آمریکا، محور X تغییرات در سطح تولید اوپک را برحسب هزار بشکه در روز نشان می‌دهد ($\Delta\alpha$) و محور Y تغییرات در سطح واردات ایالات متحده را برحسب هزار بشکه در ماه نشان می‌دهد ($\Delta\beta$). محور Z نیز مقدار پیامد حاصل برای آمریکا، $u_{usa}(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ می‌باشد که منهای تغییرات قیمت نفت را نشان می‌دهد.

$$(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) = \arg \min_{\Delta\beta} (\arg \max_{\Delta\alpha} (u_{opec}(\Delta\alpha, \Delta\beta)))$$

که در آن‌ها، A سقف ممکن در افزایش تولید و B سقف میسر برای واردات ایالات متحده است. برای به دست آوردن تعادل نش می‌توان از الگوریتم مینیماکس و ماکسمین [۲۰] مطابق روابط (۱۱) و (۱۲) بهره برد.

$$(11)$$

$$(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) = \arg \max_{\Delta\alpha} (\arg \min_{\Delta\beta} (u_{opec}(\Delta\alpha, \Delta\beta)))$$

$$(12)$$

اگر مقدار خروجی دو رابطه مساوی باشد، بازی با مقادیر $(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*)$ تعادل نش محض دارد [۲۰]. نقاطی که تعادل نش را می‌سازند تصمیمات بهینه هستند، تصمیماتی که هیچ‌یک از طرفین تمایل به خروج از آن ندارند و انحراف از آن موجب ضرر هر کدام می‌گردد. تعادل نش حاصل از روابط (۱۱) و (۱۲) با استفاده از روش‌های عددی در شکل ۶ و متناظر آن در شکل ۷

قیمت نفت مشاهده شده، در بازه زمانی قبل از t آموزش داده می‌شود.

(۲) شبکه عصبی آموزش دیده شده برای تشکیل یک تابع پیامد برای مدل بازی بین اوپک و مصرف کننده به کار گرفته می‌شود.

(۳) در آخر نقاط تعادل نش بازی به‌عنوان بهینه‌ترین مجموعه تصمیم محاسبه می‌شود.

اوپک با خروج از تصمیم‌گیری بهینه، این فرصت را برای مصرف کننده ایجاد می‌کند که در کوتاه مدت با تنظیم واردات خود قیمت نفت را تا جای ممکن کاهش دهد و بدین ترتیب مقدار پیامد برای اوپک کاهش یافته و برای مصرف کننده افزایش می‌یابد. درحالی‌که تصمیم‌گیری بهینه اوپک مصرف کننده را ملزم به رعایت انتخاب بهینه کرده چرا که با خروج از تصمیم بهینه توسط مصرف کننده، اوپک می‌تواند پیامد مصرف کننده را به حداقل ممکن برساند.

در این مقاله، جهت معرفی مدل پیشنهادی از ۲ متغیر موثر یعنی سطح عرضه و میزان تقاضای یک مصرف کننده عمده استفاده شد. اما پژوهش‌های بعدی در این راستا می‌تواند مرتبط با افزایش متغیرهای دخیل در تصمیم‌گیری باشد. انتظار می‌رود با افزایش تعداد متغیرهای دخیل بتوان دقت مدل پیشنهادی را افزایش داد. متغیرهای بیشتر می‌تواند سطح خرید مصرف‌کنندگان عمده دیگر مانند چین و همچنین قیمت طلا و ارز را شامل شود که با افزایش ورودی‌های شبکه عصبی و باز یادگیری آن میسر خواهد شد.

تقدیر و تشکر

این طرح با پشتیبانی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت جام صورت گرفته است. نویسندگان از جناب دکتر خالقی معاونت محترم پژوهشی واحد جهت حمایت‌های‌شان تشکر و قدردانی دارند.

مشخص شده است. این نقطه $(\Delta\beta^* = 20000, \Delta\beta^* = -20000)$ می‌باشد و بدین معنی است که تصمیم بهینه کاهش تولید ۲۰۰۰۰ هزار بشکه در روز در مقابل افزایش ۲۰۰۰۰+ بشکه تقاضای ماهانه آمریکا است. از آنجا که داده‌های آموزش تا فوریه ۲۰۱۲ استفاده شده است، این مدل برای تصمیم‌گیری در مارس ۲۰۱۲ معتبر است و برای زمان‌های دیگر باید مدل را با گذشته نزدیک به زمان تصمیم‌گیری بروز کرد و این موضوع شامل مقدار $f(t)$ نیز می‌شود.

مطابق داده‌های جمع آوری شده در پیوست ۱، در مارس سال ۲۰۱۲ میزان واردات ایالات متحده از اوپک ۱۲۶۴۶۰ هزار بشکه بوده است که میزان افزایش ۱۶۶۱۹ واحدی را نسبت به ماه فوریه نشان می‌دهد (۱۶۶۱۹ $\Delta\beta =$ همان‌طور که مشاهده می‌شود. ایالات متحده میزان واردات را نزدیک به نقطه تعادل نش محاسبه شده برای آن یعنی ۲۰۰۰۰+ واحد، تنظیم کرده است. چنانچه اوپک تصمیمی به دور از تعادل محاسبه شده برای آن یعنی ۲۰۰۰- واحد اخذ نماید. از آنجا که خریدار امکان تغییر در میزان واردات را به شکل پویا تری انجام می‌دهد می‌تواند با تغییر واردات پیامد حاصل را به نفع خود تغییر دهد و موجب کاهش قیمت‌ها گردد.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق یک مدل چند مرحله‌ای ترکیبی برای تعیین بهینه سطح تولید اوپک براساس میزان واردات ایالات متحده آمریکا به‌عنوان یک مصرف کننده عمده ارائه شد و به‌صورت موردی برای تصمیم‌گیری در مارس ۲۰۱۲ مورد آزمایش قرار گرفت. مدل پیشنهادی می‌تواند در هر زمان براساس یادگیری رفتارهای گذشته قیمت‌ها بهترین پیشنهادات را ارائه دهد. مراحل ایجاد مدل برای تصمیم‌گیری در زمان t به‌صورت زیر جمع بندی می‌شود.

(۱) در ابتدا یک شبکه عصبی با اطلاعات اخذ شده از سطح تولید اوپک، سطح واردات مصرف کننده و

پیوست ۱- دیتاست جمع آوری شده به تفکیک

سال و ماه

در هر ستون از هر ماه مقدا اول، سطح تولید روزانه اوپک را در آن ماه برحسب هزار بشکه در روز نشان می‌دهد.

مقدار دوم، میزان واردات ایالات متحده از اوپک را در آن ماه برحسب هزار بشکه نشان می‌دهد و مقدار سوم، قیمت نفت دریافتی ایالات متحده در آن ماه را برحسب دلار در هر بشکه نشان می‌دهد.

2002					
DEC	26111.99	116979	26.53		
NOV	27914.85	126185	22.36		
OCT	27835.43	130847	22.88		
SEP	27050.97	116124	25.09		
AUG	26219.95	129169	24.12		
JUL	26359.68	119912	23.46		
JUN	25779.97	112889	22.26		
MAY	26066.64	123585	22.26		
APR	25198.71	123248	22.48		
MAR	26379.41	136218	21.49		
FEB	26156.73	116627	17.61		
JAN	26127.57	138401	15.79		

2003					
DEC	29378.09	144143	27.05		
NOV	28693.75	141994	26.09		
OCT	28658.67	147365	25.84		
SEP	28084.31	143954	23.78		
AUG	27636.89	134761	26.33		
JUL	27092.87	127479	25.63		
JUN	26959.16	141661	24.88		
MAY	27693.37	156861	22.78		
APR	27656.97	158355	21.83		
MAR	28452.7	151385	25.39		
FEB	27822.12	102824	28.65		
JAN	26486.14	120048	29.05		

2004			
DEC	30973.19	152360	32.52
NOV	30760.46	153721	35.5
OCT	31268.46	155568	41.33
SEP	31235.96	145813	40.57
AUG	30715.96	172054	37.57
JUL	30888.73	159105	35.28
JUN	30465.23	157889	32.46
MAY	29282.38	163424	34.43
APR	29455.38	151502	31.56
MAR	29477.38	160623	30.06
FEB	29582.38	130436	28.7
JAN	29625.83	142909	27.91

2005			
DEC	31860.1	146551	52.26
NOV	31930.28	139221	50.88
OCT	31989.31	136272	54.61
SEP	32366.7	128089	60.7
AUG	31953.05	151051	59.86
JUL	31988.64	161661	53.46
JUN	31736.86	151415	51.11
MAY	31566.22	155640	44.44
APR	31677.66	149792	45.34
MAR	31547.97	144969	45.71
FEB	31347.31	141826	41.07
JAN	31206.78	151227	37.51

2006			
DEC	30970.25	142847	54.26
NOV	31043.45	139008	53.07
OCT	31435.18	148301	52.73
SEP	31636.33	152269	55.87
AUG	31989.21	152224	62.58
JUL	31857.9	147759	67.61
JUN	31475.75	147038	64.69
MAY	31161.69	155304	65.31
APR	31491.32	145651	65.06
MAR	31463.35	138267	58.34
FEB	31621.42	133975	54.39
JAN	31573.34	143329	56.14

2007			
DEC	32261.51	173645	86.61
NOV	31570.73	160234	87.15
OCT	31720.84	158645	82.1
SEP	31539.08	168255	75.3
AUG	30894.17	172227	68.86
JUL	30921	162987	72.04
JUN	30621.76	165942	67.05
MAY	30724.68	168607	63.77
APR	30859.96	158714	62.32
MAR	30626.84	175622	57.79
FEB	30576.41	132690	53.84
JAN	30662.37	168991	50.92

2008			
DEC	31140	158079	35.79
NOV	31776.05	157275	45.61
OCT	32523.86	164698	62.77
SEP	32521.1	136474	89.61
AUG	32826.06	180570	108.99
JUL	33018.17	173238	121.93
JUN	32660.32	166793	126.3
MAY	32535.14	170015	118.23
APR	32240.53	169800	108.19
MAR	32549.08	169679	99.9
FEB	32328.71	154198	91.87
JAN	32230.22	180906	85.51

2009			
DEC	30598.5	118867	72.48
NOV	30703.77	126841	73.6
OCT	30756.62	132576	70.54
SEP	30706.07	138770	65.91
AUG	30755.77	131202	67.65
JUL	30620.22	130920	63.25
JUN	30357.12	129012	65.37
MAY	30242.44	122182	56.3
APR	30186.7	131515	48.82
MAR	30066.3	146132	45.75
FEB	30131.15	125508	39.71
JAN	30154.25	156000	37.61

2010			
DEC	31742.33	129565	85.72
NOV	31712.94	125446	80.95
OCT	31446.48	123596	77.55
SEP	31879.95	142338	73.24
AUG	31848.78	146528	72.38
JUL	31800.79	149848	72.16
JUN	31779.73	149906	71.39
MAY	31138.46	146055	70.45
APR	31181.47	149120	78.88
MAR	31003.98	147492	75.83
FEB	30994.8	120045	71.77
JAN	30699.29	131788	73.42

2011			
DEC	32605.6	118302	106.42
NOV	32459.12	116335	108.16
OCT	31656.52	125350	105.2
SEP	31950.82	120956	105.82
AUG	31900.47	134028	104.19
JUL	31766.52	142248	110.09
JUN	31519.88	137226	108.22
MAY	30872.33	132054	108.5
APR	30858.68	122095	115.15
MAR	30737.99	128526	106.19
FEB	31887.9	114157	96.01
JAN	32291.25	139922	89.74

2012			
MAR	-----	126460	-----
FEB	32767.86	109841	113.85
JAN	32618.93	119620	107.51

منابع

- [1] Hamilton, J. D. (2008). "Understanding crude oil prices, policy and economics". University of California Energy Institute, UC Berkeley.
- [2] Nashawi, S., Malallah, A., Al-Bisharah, M. (2010). "Forecasting world crude oil production using multicyclic hubbert model, energy fuels". Vol. 24, pp. 1788-1800.
- [3] Schmidbauer, H., Rösch, A., (2009). "OPEC news announcements: effects on oil price expectation and volatility". Proceedings of the 29th International Symposium on Forecasting, ISF09.
- [۴] صادقی، ح.، ذولفقاری، م.، الهامی نژاد، م. (۱۳۹۰). "مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی و مدل ARIMA در مدل‌سازی و پیش‌بینی کوتاه مدت قیمت نفت خام اوپک (با تاکید بر انتظارات تطبیقی)". فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۲۸، ص ۴۷-۲۵.
- [۵] فرجام فر، ا.، ناصری، م.، احمدی، س.م.م.، (۱۳۸۶). "پیش‌بینی قیمت نفت با دو روش ARIMA و شبکه‌های عصبی مصنوعی". فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال نهم، شماره ۳۲، ص ۱۸۳-۱۶۱.
- [۶] موسوی، س.ن.ا.، مختاری، ز.، فرج راده، ز.، (۱۳۸۹). "پیش‌بینی مصرف حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی ایران با الگوهای ARCH و ARIMA". فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۷، ص ۱۹۵-۱۸۱.
- [7] Morana, C. (2001). "A semi parametric approach to short term oil price forecasting". Energy Economics, Vol. 23, pp. 325-388.
- [8] Sadorsky, P. (2002). "Time-varying risk premiums in petroleum futures prices Energy economics". Vol. 24, pp.539-556.
- [9] Anand, A., Gulenc, D., Lartigue, J., (2010). "Forecasting petroleum prices". Available: http://mysbfiles.stonybrook.edu/~abanand/Econometrics_Project.pdf
- [10] He, S., Zou, Y., Quan, D. (2012). "Application of RBF neural network and ANFIS on the prediction of corrosion rate of pipeline steel in soil". Recent Advances in Computer Science, Vol. 124, pp. 639-644.
- [11] Haidar, I., Kulkarni, S., Pan, H. (2008). "Forecasting model for crude oil prices based on artificial neural networks". Proceeding of the Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Conference, IEEE ISSNIP, pp. 103-108.
- [12] Mustafa, Z., Yusof, Y. (2011). "Optimizing LSSVM Using ABC for non-volatile financial prediction". Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 5, No. 11, pp. 549-556.
- [13] Malliaris, A.G., Malliaris, M. (2009). "Time series and neural networks comparison on gold, oil and the Euro". Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, Atlanta, Georgia, USA.
- [14] Mingming, T. (2012). "A multiple adaptive wavelet recurrent neural network model to analyze crude oil prices". Journal of Economics and Business, Vol. 64, No. 4, pp. 275-286.
- [15] Wang, J., Pan, H. (2012). "Forecasting crude oil price and stock price by jump stochastic time effective neural network model". Journal of Applied Mathematics, doi:10.1155/2012/646475.
- [16] 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 Applications, Vol. 2, No. 1, pp. 253-258.
- [۱۷] اصفهانیان، م.، ناصری، م. (۱۳۸۷). "ارایه یک مدل شبکه عصبی جهت پیش‌بینی کوتاه مدت نفت خام". نشریه بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۱، جلد ۳۵، ص ۲۷-۱۹.
- [۱۸] مشیری، س.، فروتن، ف.، (۱۳۸۳). "آزمون آشوب پیش‌بینی قیمت‌های آتی نفت خام". فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال هشتم، شماره ۲۱، ص ۹۰-۶۷.

[19] Hagan, M.T., Menhaj, M.B. (1994). "Training feedforward networks with the Marquardt algorithm". IEEE Trans. Neural Netw., Vol. 5, No. 6, pp. 989-993.

[۲۰] نویدی، ح. ر. و همکاران (۱۳۹۰). "مدخلی بر نظریه بازی‌ها". انتشارات دانشگاه شاهد.