مجلهٔ تحقیقات اقتصادی / شمارهٔ ۸۸ / پاییز ۸۸ / صفحات ۴۶ - ۲۵

پیش‌بینی پویای قیمت نفت‌خام با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و با به‌کارگیری ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD *

محمد حسین پورکاظمي
دانشیار دانشکدهٔ علوم اقتصادي و سیاسي دانشگاه شهید بهشتي
h_pourkazemi@yahoo.com.au
محمدباقر اسدي
کارشناس ارشد برنامه‌ریزي سیستم‌هاي اقتصادي دانشگاه شهید بهشتي
assadi.mohammad@gmail.com
تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۷

چکیده

نفت به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع تأمین انرژی در جهان و به‌دلیل نقش آن در اقتصاد کشورهای تولید کننده، حائز اهمیت بسیار است. لذا شناخت پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر بازار نفت برای این کشورها، ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، این تحقیق به پیش‌بینی قیمت به‌عنوان یک متغیر مهم از بازار جهانی نفت، با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی[1] و نیز روش اقتصادسنجی ARIMA[2] می‌پردازد. لازم به ذکر است که این پیش‌بینی‌ها به‌صورت پویا انجام شده‌اند. از یک سو نتایج پیش‌بینی‌های یک گام به‌جلو تا ده گام به جلو با استفاده از روش شبکه‌های عصبی در مقایسه با روش ARIMA، حاکی از خطای کم‌تر روش شبکه‌های عصبی است و از سوی دیگر نتایج پیش‌بینی‌های شبکه‌های عصبی نشان می‌دهد که با اضافه کردن ذخیره‌سازی‌های کشورهای OECD[3] به‌عنوان یک ورودی دیگر در مدل و انجام یک پیش‌بینی دو متغیره (برای اولین بار در ایران)، خطای پیش‌بینی‌های قیمت نفت کاهش می‌یابد.

طبقه‌بندی JEL: C02, Q40, Q41, C22, C45

کلید واژه: پیش‌بینی، قیمت نفت‌خام، شبکه‌های عصبی، روش ARIMA، ذخیره‌سازی

---

* این مقاله برگرفته شده از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد آقای محمدباقر اسدی به راهنمایی محمدحسین پورکاظمی در دانشکدهٔ علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی است.

1- Artificial Neural Network.
2 -Auto-Regressive Integrated Moving Average.
3- Organization for Economic Co-operation and Development.

۱- مقدمه

امروزه نفت به‌عنوان یک کالای اقتصادی سیاسی نقش مهمی در تحولات جهان ایفا می‌کند و تا زمانی‌که منبع انرژی دیگری یافت نشود، هم‌چنان اثرات دامنه‌داری بر اقتصاد جهان خواهد داشت و تقریباً تمام مصنوعات بشر در مراحلی از تولید تا توزیع از مصارف انرژی گرفته تا حمل و نقل، به آن وابسته‌اند. به گفتهٔ دانیل یرگین، "هنگامی که به قرن بیست‌ویکم نگاه می‌کنیم، یک بشکه نفت، به‌اندازهٔ پیشرفت در علوم کامپیوتری مایهٔ تسلط و برتری است و نفت مانند گذشته هم‌چنان مولد ثروت‌های عظیم برای افراد، شرکت‌ها و تمامی یک کشور است". از همین رو سیاست‌گذاری نفتی کشورهای نفت خیز به واقع بخش عمده‌ای از سیاست‌گذاری این کشورها را تشکیل می‌دهد و در این کشورها هرگونه برنامه‌ریزی مستقیم یا غیرمستقیم متأثر از سیاست‌های نفتی است (اسلامی نژاد ۱۳۸۶).

ایران با تولید روزانه بیش از ۴ میلیون بشکه نفت خام و با در اختیار داشتن حدود ۱۰ درصد از کل ذخایر اثبات شدهٔ جهان، دارای نقش مؤثری در بازار بین‌المللی نفت می‌باشد. هم‌چنین اهمیت درآمدهای نفتی در اقتصاد ایران و تأثیر آن بر تولید ناخالص داخلی، نیز موضوعی غیرقابل انکار است، به‌گونه‌ای که بخش نفت نه تنها به‌عنوان یکی از فعالیت‌های مهم اقتصادی بر سایر متغیرهای اقتصادی تأثیر می‌گذارد، بلکه درآمدهای حاصل از فروش نفت تأمین‌کنندهٔ اصلی مخارج دولت است. در حقیقت بخش نفت با تأمین بیش از ۸۰ درصد از درآمدهای ارزی کشور، تأمین بخش عمده‌ای از انرژی مصرفی داخل و تأثیر تعیین کننده در توازن بودجهٔ عمومی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصاد ایران مطرح می‌شود به‌طوری‌که عملکرد مناسب سایر بخش‌های اقتصادی در گرو وضعیت مناسب این بخش و استمرار درآمدهای آن در آینده است.

لذا شناخت پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر بازار نفت از جمله قیمت نفت در زمان حال و گذشته در شناخت مسیر مناسب در جهت لحاظ سیاست‌ها و راهکارهای صحیح اقتصادی، ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا کشورها و سازمان‌های بین‌المللی برای دست‌یابی به چارچوبی قابل اطمینان در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، نسبت به طراحی، ساخت و به‌کارگیری مدل‌هایی برای بررسی بازار انرژی می‌کنند. یکی از مهم‌ترین اهداف این مدل‌ها، پیش‌بینی و سیاست‌گذاری در تعداد زیادی از کشورهاست؛ به همین منظور با توجه به نقش محوری انرژی در توسعهٔ اقتصادی کشورها و با توجه به محدودیت منابع نفتی، تدوین مدل‌های پیش‌بینی حائز اهمیت بسیار است.

طبق تعریف، پیش‌بینی، یک برآورد (یا تعدادی برآورد) کمّی دربارهٔ احتمال وقایع آینده است که بر اساس اطلاعات حال و گذشته انجام می‌شود (چتفیلد۱۳۷۲). پیش‌بینی‌ها همواره به‌عنوان راهنمایی برای خط مشی‌های دولتی و خصوصی به‌کار می‌روند، چرا که برنامه‌ریزی بدون داشتن دانش پیش‌بینی امکان پذیر نیست، به عبارت دیگر داشتن پیش‌بینی مناسب از آینده، کارایی برنامه‌ریزی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. هوش مصنوعی، به‌عنوان یکی از روش‌های جدید که در رشتهٔ اقتصاد در ایران به تازگی مورد توجه قرار گرفته است، ابزارهای خطی و غیرخطی را برای پیش‌بینی در اختیار قرار می‌دهد. به سخن دیگر شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یک سیستم هوشمند، می‌توانند روابط خطی و غیرخطی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را بر اساس داده‌های آموزش تشخیص داده و روابط بنیادی بین آن‌ها را شناسایی کنند و سپس روابط کشف شده را به سایر داده‌ها تعمیم دهند به‌گونه‌ای که با طراحی مناسب معماری شبکهٔ عصبی و انتخاب داده‌های آموزش مناسب، می‌توان به ساختاری دست یافت که توانایی پیش‌بینی سری زمانی را داشته باشد. بنابراین با توجه به قدرت شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی، انتظار می‌رود که بتوان از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی قیمت نفت به‌گونه‌ای مناسب استفاده کرد. لذا با توجه به وضعیت حاضر بازار نفت که در یک شوک بزرگ نفتی، قیمت‌ها با افزایشی فوق‌العاده و کاهشی سریع روبرو شده‌اند، قدرت بالای شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی این تغییرات سریع، نسبت به روش‌های اقتصادسنجی نشان داده می‌شود. بدین ترتیب در این مقاله دو شبکهٔ عصبی مختلف طراحی خواهیم کرد که بتوانند قیمت نفت‌خام را به نحو مناسبی پیش‌بینی کنند و برای آزمون قدرت شبکه‌های عصبی به‌عنوان یک مدل غیرخطی در پیش‌بینی قیمت نفت‌خام، نتایج پیش‌بینی این مدل را بر اساس معیار RMSE[1]، با نتایج روش اقتصادسنجی ARIMA مقایسه می‌کنیم.

۲- تحلیل تاریخی بازار نفت

ویژگی برجستهٔ صنعت بین‌المللی نفت در دورهٔ قبل از ۱۹۶۰، تسلط و حاکمیت هفت شرکت بین‌المللی بزرگ نفت (معروف به هفت خواهران نفتی) است. طی این دوره ساختار صنعت و بازار نفت در انحصار شرکت‌های نفتی قرار داشت و همهٔ عملیات این

1 -Root Mean Squared Error.

صنعت توسط این شرکت‌ها انجام می‌گرفت (شرافت ۱۳۷۳). این هفت شرکت علاوه بر تقسیم منابع و بازارهای فروش میان خود، اقدامات هماهنگی برای پرداخت به کشورهای صاحب نفت و تعیین قیمت بازار نفت بین خود انجام دادند. طبق توافق آن‌ها، پرداخت‌هایشان به کشورهای صادرکنندهٔ نفت تحت عنوان قیمتی بود با عنوان قیمت اعلان شده[1] که هیچ فرد، کشور و یا شرکتی قادر به ابتیاع نفت با این قیمت از شرکت‌های نفتی نبود، در حالی‌که قیمت مبادلهٔ نفت آنان به‌نام قیمت بازار[2] به مراتب بیش از قیمت اعلان شده بود. با این روش قیمت‌بندی، شرکت‌های بزرگ نفتی که تسلط کامل بر اکتشاف، استخراج، حمل، پالایش و توزیع نفت و مشتقات آن داشتند، سودهای فراوانی نصیب خود می‌کردند.

غیر از شرکت‌های نفتی، دول کشورهای نفتی، هم به‌دلیل راهبردی بودن نفت در امور نظامی و هم به‌دلیل درآمدهای مالیاتی آن، یکی دیگر از مدعیان اساسی بازار نفت بوده‌اند. هم‌چنین صنایع بنیادی و تبدیلی کشورهای صنعتی به‌دلیل نقش بسیار اساسی هزینهٔ انرژی در تعیین قیمت‌های فرآورده‌های صنعتی خود، خواهان جریان مداوم نفت با قیمت‌های پایین بوده‌اند (سیم بر).

در اوائل دههٔ ۱۹۵۰، شرکت‌های نفتی در چهارچوب برنامهٔ مارشال، همراه با دول کشورهای صنعتی به منظور بازسازی اروپا و ژاپن که در اثر جنگ جهانی دوم تمامی تأسیسات‌شان، از جمله تأسیسات استخراج ذغال سنگ و تبدیل آن، که تأمین‌کنندهٔ عمدهٔ نیازهای انرژی کشورهای اروپائی بود، رو به نابودی گذاشت، به کاهش قیمت اعلان شده نفت دست زدند و لذا قیمت نفت از حدود ۴ دلار به ازای هر بشکه، ابتدا به ۲/۸۰ دلار و سپس به حدود ۲/۴۰ دلار رسید. در سال ۱۹۵۸ قیمت اعلان شدهٔ نفت از ۲/۴۰ دلار به ازای هر بشکه، به حدود ۲ دلار برای هر بشکه کاهش یافت. از این طریق زیان‌های اساسی متوجه کشورهای صادرکنندهٔ نفت شد، که به علت عقب افتادگی‌های سیاسی این کشورها و تشتت آرا بین سیاست‌مداران آن‌ها، مؤفق به اتخاذ تصمیمی نشدند (سیم بر).

در ۱۹۶۰، سازمان کشورهای صادر کننده نفت[3] (OPEC)، با پنج عضو اصلی ایران، عراق، کویت، عربستان سعودی و ونزوئلا تشکیل شد. به‌طور کلی در دههٔ ۱۹۶۰ نیز

1- Posted Price.
2 -Marcet Price.
3- Organization of the Petroleum Exporting Countries.

ساختار صنعت نفت همانند گذشته تحت سلطهٔ شرکت‌های بزرگ نفتی بود، این شرکت‌ها به اوپک به‌عنوان یک سازمان بی‌اهمیت نگاه می‌کردند و حتی حاضر به مذاکره با اوپک نبودند و آن را به رسمیت نمی‌شناختند (شرافت۱۳۷۳). از سوی دیگر، اوپک طی دههٔ ۱۹۶۰، برای جلوگیری از کاهش قیمت نفت و افزایش سهم خود از مازاد ناشی از اختلاف بین قیمت بازاری و هزینهٔ استخراج آن، درگیر سه اقدام مهم بود؛ تغییر سیستم مالیات‌گیری از شرکت‌های نفتی، کنترل تولید نفت و ملی کردن صنعت نفت (همتی ۱۳۷۲).

هرچند سازمان اوپک تا سال ۱۹۷۱ قادر به افزایش قیمت نفت نشد، ولی شرکت‌های نفتی و دول صنعتی هم دیگر اقدامی به منظور کاهش مجدد قیمت نفت نکردند. سرانجام اوپک توانست با حفظ انسجام و استحکام در درون خویش مطالبات جدیدی را مطرح کند که متضمن منافع بیش‌تری برای اعضای آن سازمان بود. از جملهٔ این مطالبات، اقدامات دسته جمعی اوپک به منظور عدم کسر بهرهٔ مالکانه و هم‌چنین هزینه‌های تولید و بازاریابی از قیمت اعلان شده بود که دریافتی‌های آن‌ها را از ۷۵-۷۲ سنت برای هر بشکه، به مرز ۸۲ سنت برای هر بشکه تا سال ۱۹۷۱ رساند (سیم بر).

در اواخر دههٔ ۱۹۶۰، توازن عرضه و تقاضا در بازار نفت به هم خورد. تقاضای نفت به همراه رشد کشورهای صنعتی به سرعت روند افزایشی داشت و هم‌چنین کشف ذخایر نفتی هم‌چنان رو به کاهش بود، که سبب کاهش ظرفیت اضافی غیراوپک شد. از سوی دیگر ایالات متحده از کشوری که مصرف کنندهٔ تولیدات نفتی خود بود، به کشوری که وابستگی اساسی به نفت وارداتی داشت، تبدیل شد. مجموعهٔ این عوامل سبب ایجاد مازاد تقاضای نفت در اواخر دههٔ ۱۹۶۰ شد، که بیانگر ایجاد شرایطی جدید در بازار نفت بود (همتی ۱۳۷۲).

در اولین کنفرانس سران اعضای اوپک در تهران (قرارداد اول تهران) در فوریهٔ ۱۹۷۱، مسئولان این کشورها قیمت اعلان شدهٔ نفت را به حدود ۲/۲۵ دلار افزایش دادند، که نتیجهٔ آن افزایش سهم اعضای کشورهای صادر کنندهٔ نفت از قراردادهای تا ۱/۲۵ دلار برای هر بشکه بود. در این کنفرانس سران کشورهای صادرکنندهٔ نفت توافق کردند که سالیانه قیمت نفت را بر حسب نرخ تورم کالاهای صادراتی کشورهای صنعتی به کشورهای عضو اوپک افزایش دهند. در تابستان ۱۹۷۲، طبق کنفرانس ژنو، کشورهای عضو اوپک قیمت نفت را ۸/۵٪ برحسب نرخ تورم کالاهای صادراتی کشورهای صنعتی به کشورهای عضو اوپک، افزایش دادند و که به‌نام قرارداد اول ژنو

معروف شد. سپس در تابستان ۱۹۷۳ دوباره قیمت نفت به‌دلیل تورم قیمت کالاهای صادراتی به‌مقدار ۱۱/۵٪ افزایش دادند و به‌نام قرارداد دوم ژنو شهرت یافت. در پایان این جریان قیمت اعلان شدهٔ نفت برای هر بشکه به ۳/۵ دلار رسید (سیم بر).

پس از حملهٔ سوریه و مصر به اسرائیل در اکتبر ۱۹۷۳ و پشتیبانی ایالات متحدهٔ امریکا و بسیاری از کشورهای غربی از اسرائیل، بسیاری از کشورهای عرب صادرکنندهٔ نفت، کشورهای پشتیبان اسرائیل را تحریم کرده و تولید را ۵ میلیون بشکه در روز کاهش دادند. دیگر کشورهای تولید کنندهٔ نفت توانستند حدود ۱ میلیون بشکه تولید خود را افزایش دهند، اما کاهش خالص حدود ۴ میلیون بشکه در روز در مارس ۱۹۷۴، حدود ۷ درصد تولید جهان بود و این روند سبب آشکار شدن حساسیت قیمت‌ها نسبت به عرضهٔ کوتاه‌مدت شد، زیرا قیمت‌ها در عرض شش ماه، ۴۰۰ درصد افزایش یافت (ویلیامز ۲۰۰۵). به هر حال، به نظر می‌رسد تحریم نفتی اعراب یکی از اقداماتی بود که شوک لازم را به‌منظور افزایش قیمت‌های نفت، وارد کرد. در حقیقت مجموعه شرایطی که از اواخر دههٔ ۱۹۶۰ شکل گرفته بود، موقعیتی را به‌وجود آورد که عملاً اختیار قیمت نفت در دست اوپک قرار گرفت (همتی ۱۳۷۲). در این بین در کنفرانس بیست دسامبر ۱۹۷۳، سران کشورهای عضو اوپک در تهران توافق کردند که قیمت اعلان شدهٔ نفت را تا ۱۰/۵ دلار افزایش دهند، که سهم اوپک برحسب اصل ۵۰-۵۰ بابت نفت تحویلی به شرکت‌های بزرگ نفتی، تقریباً به هفت دلار رسید. البته موضوع قیمت نفتی که کشورهای عضو اوپک بابت سهم نفتی که از قبل سیاست‌های ملی نصیب‌شان شده بود، جدا از دریافتی فرمول ۵-۵۰ بود. این مقدار نفت را اعضای اوپک به قیمت بازار، یعنی در مقابل هر بشکه ۱۰/۵ دلار به شرکت‌های نفتی تحویل می‌دادند.

حوادث و بحران‌های به‌وجود آمده در ایران و عراق منجر به نوسان دیگری در افزایش قیمت نفت خام در ۱۹۷۹ و ۱۹۸۰ شد. در جریان انقلاب اسلامی ایران، اعتصاب کارگران شرکت نفت به دستور امام خمینی(ره)، سبب کاهش تولید نفت‌خام ایران شد. به‌طوری‌که تولید ۵ میلیون بشکه‌ای در روز در ۱۹۷۸، به حدود ۳ میلیون بشکه در روز در ۱۹۷۹ رسید (همتی ۱۳۷۲). پس از انقلاب اسلامی در سپتامبر ۱۹۸۰، ایران مورد تجاوز نظامی عراق قرار گرفت، در ماه نوامبر، مجموع تولید دو کشور به یک میلیون بشکه در روز رسید و این میزان ۶/۵ میلیون بشکه کم‌تر از تولید یک سال گذشتهٔ دو کشور بود. این تحولات سبب بیش از دو برابر شدن قیمت نفت از ۱۴ دلار در سال ۱۹۷۸، به بیش از ۳۵ دلار در ۱۹۸۱ شد (ویلیامز ۲۰۰۵). بعد از این اتفاقات

قیمت نفت تا سال ۱۹۸۳ تنزل کرد. در اواخر سال ۱۹۸۳ و اوایل ۱۹۸۴، قیمت نفت شروع تنزل کرد. ابتدا به ۲۸ دلار و سپس ۱۸ دلار و بعد هم به‌طور مداوم کاهش‌های پی در پی را همراه داشت.

در طی سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۰، افزایش سریع قیمت‌ها واکنش بسیاری در بین مصرف کنندگان ایجاد کرد، به عبارت بهتر این امر سبب بهبود عایق بندی در خانه‌ها، کارایی بهتر انرژی در فرآیندهای صنعتی و تولید اتومبیل‌های با مصرف کم‌تر شد. این عوامل همراه با رکود جهانی تقاضا و درنتیجه قیمت‌های نفت را کاهش داد. از میان موارد بالا فقط رکود جهانی گذرا بود. به عبارت دیگر، بیش‌تر واکنش‌های انجام شده نسبت به قیمت نفت ماندگار بود و کاهش مجدد قیمت نفت، سبب افزایش دوباره نرخ مصرف نشد (ویلیامز ۲۰۰۵). از سوی دیگر قیمت‌های بالاتر نفت اکتشاف و تولید در خارج از اوپک را افزایش داد و لذا اوپک با تقاضای کم‌تر و عرضهٔ بیش‌تر در خارج از سازمان مواجه شد (همتی ۱۳۷۲).

اما برخی این کاهش قیمت را به‌دلایل سیاسی دانسته و استدلال می‌کنند که در این‌جا هم مانند برنامهٔ مارشال که توسط کاهش قیمت نفت خاورمیانه به انجام رسید، می‌بایست این بخشش‌ها متوجه پیشرفت کره جنوبی، تایوان، مالزی، فیلیپین و احتمالاً چین و تایلند شود، تا آن‌ها نیز بتوانند توسط نفت ارزان به رفاه بالاتری دست یابند. البته رونق اقتصادی غرب که بعد از کاهش قیمت نفت از اوائل دههٔ هشتاد شروع شد و تا پایان قرن بیستم ادامه داشت را نیز نباید از نظر دور داشت. نرخ بیکاری، کاهش نرخ تورم و افزایش هزینه‌های اجتماعی در تمام کشورهای صنعتی به حدی رسید که اقتصاد کشورهای صنعتی از دههٔ ۱۹۶۰ به بعد هرگز با آن‌ها روبرو نشده بود (سیم بر).

از ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۵، اوپک برای پایدار کردن قیمت‌ها تلاش می‌کرد که سهم تولید پایین را وضع کند. اما این تلاش‌ها با شکست‌هایی همراه بود، زیرا بسیاری از اعضا بیش‌تر از سهم‌شان تولید می‌کردند (ویلیامز ۲۰۰۵). با ادامهٔ کاهش تولید نفت اوپک به سود کشورهای غیراوپک، نقش و اهمیت اوپک در بازار نفت در مقایسه با قبل به شدت کاهش یافت، چرا که تولید اوپک در ۱۹۸۵ به یک سوم تولید جهان رسیده بود (همتی ۱۳۷۲). در اوایل ۱۹۸۶، عربستان تولیدش را از ۲ به ۵ میلیون بشکه در روز افزایش داد و قیمت‌های نفت خام در اواسط ۱۹۸۶ به زیر ۱۰ دلار سقوط کرد. با وجود سقوط قیمت‌ها، درآمد عربستان سعودی تقریباً ثابت باقی ماند، زیرا تولید بیش‌تر، قیمت‌های پایین را جبران کرد (ویلیامز ۲۰۰۵).

در سال ۱۹۹۰، یک نوسان شدید در قیمت نفت‌خام رخ داد، زیرا اشغال کویت توسط عراق سبب تولید نفت عراق بر اساس قطعنامهٔ سازمان ملل، قطع و چاه‌های کویت نیز توسط عراق به آتش کشیده شد. قطع صادرات کویت و عراق می‌توانست فشار زیادی را بر قیمت‌های نفت وارد کند، اما به دلیل ذخایر استراتژیک کشورهای OECD و نیز ظرفیت اضافی تولید عربستان و افزایش سریع تولید این کشور، غیراز یک دورهٔ کوتاه که قیمت‌ها بالا رفتند، تحول عمده‌ای در بازار نفت روی نداد (همتی ۱۳۷۲). در ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸، اثر بحران اقتصادی شرق آسیا توسط اوپک کم‌تر از میزان واقعی تخمین زده شد. ترکیب مصرف کم‌تر و تولید بیش‌تر توسط اوپک در این مقطع، قیمت نفت را به یک مارپیچ رو به پایین فرستاد. پس از آن در فاصلهٔ زمانی بین شروع ۱۹۹۸ تا اواسط ۱۹۹۹، تولید اوپک حدود ۳ میلیون بشکه کاهش یافت و این کافی بود تا قیمت‌های نفت به بالای ۲۵$ در ازای هر بشکه برسند (ویلیامز ۲۰۰۵).

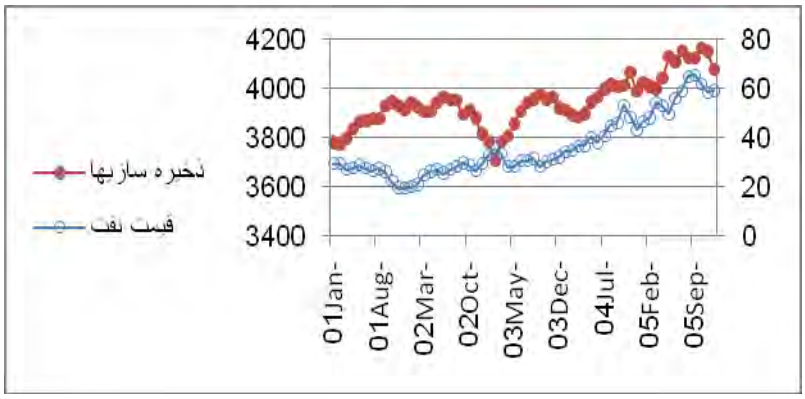
در سال ۲۰۰۱، رکود اقتصادی ایالات متحده و افزایش در تولید غیراوپک یک فشار رو به پایین را به قیمت‌ها وارد کرد. اوپک در پاسخ، سهم اعضای خود را به میزان ۳/۵ میلیون بشکه در روز در ۱ سپتامبر ۲۰۰۱ کاهش داد. در صورت عدم اتفاق حملات تروریستی ۱۱ سپتامبر، این کار می‌توانست برای ملایم و یا حتی معکوس کردن روند قیمت‌ها کافی باشد. به محض انجام حملات تروریستی، قیمت‌های نفت خام سقوط کردند. قیمت‌های سبد نفت WTI تا اواسط نوامبر، ۳۵ درصد کاهش یافت. در ژانویهٔ ۲۰۰۲، اوپک تولید خود را ۱/۵ میلیون بشکه در روز کاهش داد و این کاهش توسط چندین تولیدکنندهٔ غیراوپک نیز همراهی شد. این فرایند سبب شد که در مارس ۲۰۰۲ قیمت‌ها به حدود ۲۵ دلار برسد. در میانهٔ سال، اعضا غیراوپک تولید خود را از سرگرفتند ولی قیمت‌ها هم‌چنان به افزایش ادامه دادند (ویلیامز ۲۰۰۵).

با توجه به این‌که قیمت نفت تحت تأثیر عوامل سوداگرانه، قدرت نظامی، اقتصادی و سیاسی، رقابت نظام اقتصادی، آلودگی زیست محیطی، صنایع سازندهٔ ابزارآلات انرژی‌های نو، وضعیت جوی و نیز تغییرات در ساختار و حجم تولیدات پتروشیمی است، لذا برخی این سئوال را مطرح می‌کنند که آیا قیمت نفت با مدل‌های ریاضی قابل پیش‌بینی خواهد بود یا خیر؟ به هر روی پژوهش‌گران، مطالعات مؤفق متعددی در زمینهٔ پیش‌بینی در بازار نفت انجام داده‌اند، که درقسمت ۴، برخی از این مطالعات مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۳- ذخیره‌سازی‌های نفتی به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کنندهٔ قیمت نفت

پس از شوک نفتی، آژانس بین‌المللی انرژی تشکیل شد، این آژانس دستورات مشخصی را تدوین و به کشورهای عضو ابلاغ کرد. در این راستا مؤسسات زیادی برای مطالعه و تحقیق در زمینهٔ صرفه‌جویی در انرژی و استفاده از سوخت‌های جایگزین، در کشورهای اروپایی، ایالات متحده و ژاپن، به‌وجود آمدند (همتی ۱۳۷۲). بر مبنای برنامهٔ آژانس بین‌المللی انرژی، کشورهای عضو موظف به ذخیره سازی حداقل ۹۰ روز واردات سال قبل خود می‌باشند. ذخیره‌های استراتژیک توسط دولت و ذخیره‌های اولیه توسط واحدهای اقتصادی خصوصی نگهداری می‌شوند. کشورهای عضو، غیر از تولیدکنندگان نفت، شامل انگلیس، کانادا، نروژ و دانمارک، موظف به ارایهٔ آمار سطح ذخیره‌سازی‌ها در مهر ماه به آژانس هستند. ذخیره سازی‌های تجاری و استراتژیک از عوامل مؤثر بر قیمت نفت محسوب می‌شوند. این ذخیره‌سازی‌ها وجود تعادل یا عدم تعادل در بازار را نشان می‌دهند و اختلاف بین عرضه و تقاضا در بازار نفت از طریق تغییر در ذخیره سازی‌ها جبران می‌شود، به‌طوری‌که معمولاً در تابستان ذخیره‌سازی، افزایش و در زمستان کاهش می‌یابد. به سخن دیگر، این متغیر بیان‌گر فشارهای بازار بر روی قیمت نفت است و می‌توان از آن به‌عنوان یک معیار مناسب برای تغییرات قیمت نفت در کوتاه‌مدت استفاده کرد. اما رابطهٔ میان ذخیره‌سازی‌های نفت‌خام با قیمت نفت یک رابطهٔ معکوس است، مثلاً در سال ۱۹۹۸، به‌دلیل زمستان‌های گرم در نیمکرهٔ شمالی و هم‌چنین بحران مالی آسیا، رشد تقاضا کاهش یافت و از سوی دیگر به‌دلیل برنامهٔ "نفت در برابر غذا"، عراق به بازار صادرات نفت برگشته بود، در نتیجه این عوامل، تولید از تقاضا تجاوز کرد و ذخیره‌سازی‌ها افزایش یافت و قیمت‌های نفت به کم‌تر از ۱۰ دلار رسید. دوباره تعادل عرضه و تقاضا با کاهش سهم اعضای اوپک و بهبود وضعیت اقتصادی شرق آسیا برعکس شد، ذخیره‌سازی‌ها که افزایش یافته بودند، به سرعت کاهش پیدا کردند و در مقابل قیمت‌ها به بالای ۳۰ دلار برای هر بشکه رسیدند (یی ۲۰۰۵).

شکل ۱، روند قیمت نفت WTI و سطح ذخیره سازی‌ها را نشان می‌دهد. آشکار است که روند معکوسی بین آن‌ها برقرار است، بدین صورت که نوسان شدید در ذخیره‌سازی‌ها، قیمت‌ها را هم شدیداً تحت تأثیر قرار داده است (یی ۲۰۰۵). بر این اساس در این تحقیق نشان خواهیم داد که می‌توان از این ذخیره‌سازی‌ها به‌عنوان متغیری برای پیش‌بینی قیمت نفت استفاده کرد.



شکل ۱- ذخیره‌سازی‌ها و قیمت نفت

۴- مروری بر مطالعات پیشین

با توجه به اهمیت نفت به‌عنوان یک کالای استراتژیک و تأثیر آن بر اقتصاد جهان، شناخت بازار نفت و ارایهٔ پیش‌بینی‌های مناسب از وضعیت متغیرهای این بازار یکی از چالش‌های مهم علمی در سراسر جهان است. در این راستا مطالعات متعددی در زمینهٔ پیش‌بینی متغیرهای مطرح در این بازار از جمله عرضه، تقاضا و قیمت آن انجام گرفته است. مشیری و فروتن، ابتدا به بررسی آشوبناک بودن سری زمانی قیمت نفت با استفاده از معیارهای مختلف می‌پردازند. پس از تعیین آشوبناک بودن سری زمانی قیمت نفت، به پیش‌بینی تک متغیرهٔ قیمت نفت به صورت روزانه، با استفاده از مدل خطی ARMA و مدل‌های غیرخطی GARCH و شبکه‌های عصبی می‌پردازند و پس از مقایسهٔ نتایج سه مدل مختلف، بیان می‌دارند که مدل شبکه‌های عصبی کم‌ترین خطای پیش‌بینی را ارائه می‌دهد (مشیری ۱۳۸۳). احمدی قراچه، در پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خود به پیش‌بینی ماهیانهٔ قیمت نفت‌خام با استفاده از شبکه‌های عصبی به صورت تک متغیره می‌پردازد. او نیز در نهایت مدل خود را با مدل‌های مختلف قبلی مقایسه کرده و چنین نتیجه‌گیری می‌گیرد که مدل او، مدل بهتری نسبت به مدل‌های ارائه شدهٔ قبلی است (احمدی ۱۳۸۵). معینی و همکاران، در پژوهش خود با در نظر گرفتن این نکته که تابع لجستیک می‌تواند بازار مبتنی بر عرضه و تقاضا را مدل کند، براساس نمای لیاپانوف، تابع پویای لجستیک را بر سری زمانی قیمت آتی نفت در بازهٔ زمانی ۱۹۹۸-۲۰۰۰، برازش کرده‌اند و از تابع لجستیک حاصل، برای پیش‌بینی قیمت در روندهای مختلف استفاده و در نهایت بیان می‌کنند که نتایج به دست آمده با این روش

برای چهار تا شش روز آینده دقت بالایی را نشان می‌دهند (معینی ۱۳۸۵). پورکاظمی و همکاران نیز در مقالهٔ خود به پیش‌بینی تقاضای گاز شهری با استفاده از روش شبکه-های عصبی فازی و مدل ARIMA می‌پردازند و در نهایت به این نتیجه می‌رسند که مدل شبکه‌های عصبی براساس معیارهای مختلف، پیش‌بینی‌های با خطای کم‌تری را ارائه می‌دهد (پورکاظمی ۱۳۸۴). یه (Ye.M) و همکاران، در مطالعهٔ خود به ارایهٔ یک مدل اقتصادسنجی چند متغیره برای پیش‌بینی ماهیانهٔ قیمت نفت‌خام می‌پردازند. ایدهٔ اساسی که در مدل پیش‌بینی آن‌ها قرار دارد، علاوه بر استفاده از وقفه‌های قیمت نفت، استفاده از ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD، به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کنندهٔ قیمت در مدل است (یی ۲۰۰۵). سوزن(Sozen.A) و همکاران نیز به ارایهٔ یک مدل شبکهٔ عصبی در پیش‌بینی مصرف فراورده‌های نفتی در ترکیه پرداخته‌اند. آن‌ها سه مدل مختلف که در آن‌ها متغیرهای متفاوتی به‌کار رفته است را طراحی و در نهایت با استفاده از معیارهای خطا یک مدل را به‌عنوان مدل مناسب برای پیش‌بینی مصرف فراورده‌های نفتی در ترکیه انتخاب می‌کنند (سوران ۲۰۰۷).

همان‌طور که در بالا مشاهده شد، با توجه به اهمیت موضوع نفت، مطالعات متعددی در زمینهٔ پیش‌بینی در بازار نفت انجام گرفته است، که هرکدام از این مطالعات به بررسی و پیش‌بینی جنبه‌ای از این بازار و با استفاده از روش خاصی پرداخته‌اند. مطالعاتی که در زمینهٔ پیش‌بینی قیمت نفت به صورت ماهیانه انجام شده است را می‌توان در دو گروه مختلف قرار داد؛ مطالعاتی که با روش اقتصادسنجی انجام گرفته‌اند و مطالعاتی که با روش هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی انجام شده‌اند. بیش‌تر این مطالعات، قیمت نفت را به‌صورت تک متغیره پیش‌بینی و متغیرهای دیگری را در مدل وارد نکرده‌اند، که خود می‌تواند دقت مدل‌ها را به‌شدت کاهش دهد. به نظر می‌رسد همان‌گونه که، یه (Ye.M) و همکاران عنوان کرده‌اند، محدودیت دسترسی به داده‌های ماهانهٔ مؤثر بر قیمت نفت دلیل عمدهٔ این رویکرد باشد. به هر روی یه و زیرن، در مطالعهٔ خود با استفاده از روش اقتصادسنجی به پیش‌بینی قیمت نفت با به‌کارگیری یک متغیر اضافه، ذخیره‌سازی‌های کشورهای OECD پرداخته‌اند، که مطالعهٔ آنان حاکی از بهبود نتایج پیش‌بینی است. ما نیز در این تحقیق برای بررسی تأثیر این متغیر در پیش‌بینی قیمت نفت در قالب مدل شبکه‌های عصبی، متغیر مورد نظر را برای نخستین بار، برای پیش‌بینی قیمت نفت به‌کار برده‌ایم، تا بدین وسیله یک مدل شبکهٔ عصبی مناسب‌تر نسبت به مدل‌های قبلی برای پیش‌بینی قیمت نفت‌خام طراحی کنیم.

۵- شبکه‌های عصبی مصنوعی

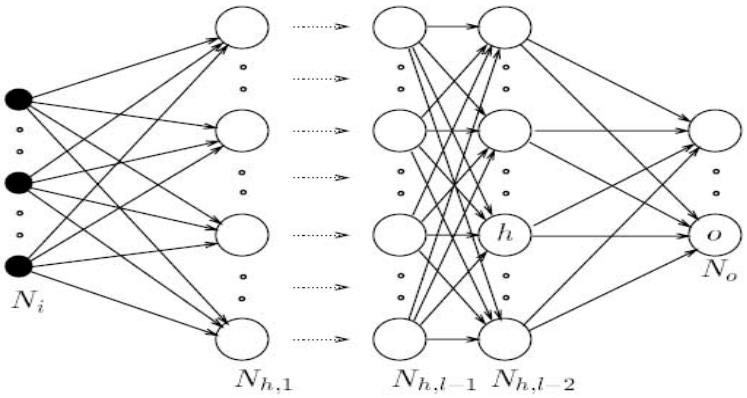
روش‌های متعددی برای مدل‌بندی و پیش‌بینی سری‌های زمانی وجود دارند، روش‌های سنتی، آماری مانند میانگین متحرک[1]، میانگین موزون[2] و ARIMA پیش‌بینی‌های خطی را از مقادیر آیندهٔ متغیرها ارائه می‌دهند. مدل‌های خطی با وجود برخی مزیت‌ها، با محدودیت‌هایی مانند عدم توانایی در بیان روابط غیرخطی، روبرو هستند. برای جبران ضعف روش‌های خطی، چندین روش غیرخطی در این رابطه پیشنهاد شده‌اند. هم‌چنین در سال‌های اخیر شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی به‌کار رفته‌اند. یکی از بزرگ‌ترین مزیت‌های شبکه‌های عصبی، انعطاف‌پذیری آن‌ها برای پیش‌بینی انواع مدل‌های غیرخطی است (زانگ ۲۰۰۳).

شبکه‌های عصبی مصنوعی، ساختاری متشکل از تعدادی واحد (نرون) است که به هم متصل‌اند. هر واحد دارای یک مشخصهٔ ورودی/ خروجی است، که محاسبه یا عملی جزئی را انجام می‌دهد. خروجی هر واحد با توجه به مشخصهٔ ورودی/ خروجی آن و اتصالات‌اش به سایر واحدها و ورودی‌های خارجی تعیین می‌شود (شالکف ۱۳۸۲).

یک نرون بدین صورت عمل می‌کند که ابتدا مجموع وزنی ورودی‌های خود را محاسبه کرده و سپس با استفاده از یک تابع انتقال خاص، خروجی آن را به‌دست می‌آورد هر تابع انتقال، ارتباط میان ورودی و خروجی در یک نرون و یک شبکه را مشخص می‌کند و معمولاً به‌صورت یک تابع غیرکاهشی از ورودی کل نرون است (شالکف ۱۳۸۲). در حل مسائل پیچیده باید از چند نرون که به‌طور مناسب با هم ترکیب شده‌اند، استفاده کرد. نحوهٔ ترکیب و کنار هم گذاشتن نرون‌ها ساختار **شبکهٔ عصبی** را مشخص می‌کند. یکی از این ساختارها، شبکه‌های عصبی پیش‌خور[3] است که مهم‌ترین نوع آن پرسپترون چند لایه[4]، یا به اختصار MLP است (بیل آر).

پرتال جامع علوم انسانی

1- Moving Average.
2 - Exponential Smoothing.
3- Feed-forward Neural Networks.
4 - Multilayer perceptron.



شکل ۲- یک پرسپترون چند لایه با h لایه مخفی

از میان تمام ویژگی‌های شبکه‌های عصبی هیچ کدام مانند توانایی یادگیری و آموزش آن‌ها ذهن انسان را تسخیر نمی‌کند. یک شبکه به گونه‌ای آموزش داده می‌شود که با به‌کار بردن یک دسته از ورودی‌ها، دستهٔ خروجی‌های دلخواه تولید شود. آموزش شبکه با به‌کار بردن متوالی ورودی‌ها و تنظیم وزن‌های شبکه، مطابق با یک روش از پیش تعیین شده انجام می‌شود، که به آن الگوریتم آموزش گفته می‌شود (گودرزوند ۱۳۸۴). الگوریتم پس انتشار بازگشتی[1] یک الگوریتم آموزش است که در طی آموزش وزن‌های اتصالات درون شبکه را به‌تدریج به مقادیری هم‌گرا می‌کند که به ازای آن‌ها، با اعمال بردار ورودی، خروجی مناسب تولید شود (کروز ۱۹۹۶).

هدفی که در طراحی یک MLP دنبال می‌شود، تعیین معماری **شبکهٔ عصبی** یا متغیرهای شبکه است. این متغیرها عبارتند از تعداد گره‌های ورودی، تعداد لایه‌ها و گره‌های مخفی و تعداد گره‌های خروجی. در پیش‌بینی سری‌های زمانی تعداد ورودی برابر با تعداد مشاهدات تأخیری است که برای پیش‌بینی مقادیر آینده به‌کار می‌رود. بیش‌تر محققان تلاش می‌کنند که از تعداد کمی از گره‌های ورودی در پیش‌بینی سری‌های زمانی استفاده کنند، چرا که بیش‌تر سری‌های زمانی واقعی دارای مرتبهٔ اتورگرسیو ۱ و ۲ بوده و تعداد بسیار اندکی دارای مرتبهٔ ۳ و یا بیش‌تر از آن هستند (زانگ ۲۰۰۳). به طور کلی در تعیین تعداد گره‌های ورودی استفاده از روش آزمون و خطا بیش‌ترین کاربرد را دارد. اما در حالت کلی تعداد **نرون‌های** لایهٔ ورودی بیانگر تعداد متغیرهای ورودی است (مالیک ۲۰۰۶). تعداد گره‌های مخفی نیز بدین دلیل اهمیت

1 - Back Propagation.

دارد که گره‌های مخفی نقشی اساسی در خاصیت مدل‌بندی غیرخطی شبکه‌های عصبی دارند. اگرچه روش سیستماتیکی برای تعیین تعداد گره‌های مخفی وجود ندارد، ولی در ادبیات شبکه‌های عصبی، تعداد گره‌های مخفی به ندرت بیش‌تر از دو برابر تعداد گره‌های ورودی در نظر گرفته می‌شوند (زانگ ۲۰۰۳). سرانجام در پیش‌بینی سری‌های زمانی، تعداد گره‌های خروجی به افق زمانی مورد نظر در مسألهٔ مهم بستگی دارد.

برای بررسی این‌که پیش‌بینی‌های یک شبکه به چه میزان به داده‌های واقعی نزدیک است، معمولاً از معیار جذر میانگین مجموع مربعات خطا (RMSE) برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود، که به صورت زیر است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (e_t)^2}{N}}$$

اگر خروجی‌های شبکه برای هر الگو بسیار نزدیک به داده‌های هدف باشند، RMSE مقادیر کوچک‌تری خواهد داشت (زاهو ۲۰۰۴).

۶- داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل قیمت و ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD به صورت ماهیانه هستند، که از سایت www.iea.doe.gov جمع‌آوری شده‌اند. کل دورهٔ زمانی به‌کار رفته در برآورد مدل، دورهٔ زمانی ژانویه ۱۹۸۸ تا آگوست ۲۰۰۸ است، بنابراین تعداد کل مشاهدات ۲۴۸ داده است، که از ۲۲۳ دادهٔ اول، یعنی از ژانویهٔ ۱۹۸۸ تا جولای ۲۰۰۶، برای برآورد اولیهٔ مدل، از دورهٔ آگوست ۲۰۰۶ تا اکتبر ۲۰۰۷، برای اعتبار سنجی مدل و از نوامبر۲۰۰۷ تا آگوست ۲۰۰۸، برای تست مدل استفاده شده است.

۷- مدل‌سازی

مشکل‌ترین مراحل پیش‌بینی با شبکه‌های عصبی که تأثیر فراوانی بر دقت پیش‌بینی دارد، انتخاب معماری مناسب شبکه‌های عصبی است اما از یک سو تاکنون روش و متدولوژی استانداردی برای انتخاب معماری **شبکهٔ عصبی** (یا به عبارت دیگر متغیرهای شبکه) معرفی نشده است و از سوی دیگر معماری‌های مختلف و فراوانی برای

شبکة عصبي می‌توان متصور بود. در تعیین متغیرهای شبکه استفاده از روش آزمون و خطا بیش‌ترین کاربرد را داشته است. در این مقاله از روش جستجو برای انتخاب شبکهٔ مناسب استفاده شده است. در روش جستجو تمام معماری‌های مختلف **شبکة عصبي** که مورد نظر است، بررسی شده و آن **شبکة عصبي** انتخاب می‌شود که تابع خطای مورد نظر را کمینه کند، به عبارت بهتر این روش به یافتن **شبکة عصبي**‌ای می‌انجامد که تابع خطای آن در مقایسه با دیگر شبکه‌های ممکن، کم‌ترین مقدار (کمینه مطلق) را داراست. در حقیقت استفاده از این روش به صورت عملی تنها با ظهور رایانه‌های سریع امکان‌پذیر شده است، چرا که حجم محاسبات انجام شده در این روش به‌دلیل بررسی تمامی حالات ممکن، بسیار بالاست.

برنامهٔ نوشته شده در محیط نرم‌افزار متلب[1]، با استفاده از تکنیک پنجرهٔ متحرک[2] (رایدلی ۲۰۰۳)، برای جستجوی **شبکة عصبي** مناسب به‌گونه‌ای است که تمام شبکه-های عصبی ممکن از نوع MLP، با حداکثر میزان مشخصی از نرون در لایهٔ مخفی و وقفه‌های متغیرهای ورودی، که دارای یک لایهٔ مخفی‌اند، تابع انتقال لایهٔ مخفی آن‌ها تانژانت هیپربولیک و تابع انتقال لایه خروجی‌شان خطی و هم‌چنین الگوریتم آموزش آن‌ها لونبرگ - مارکوات[3] است را، در نظر می‌گیرد و از بین تمامی آن‌ها شبکهٔ مناسب را بر اساس معیار RMSE انتخاب می‌کند.

در این مقاله دو مدل مختلف **شبکة عصبي** برای پیش‌بینی قیمت نفت طراحی می‌شود. در مدل اول که از این پس مدل ۱ نامیده می‌شود، همانند کارهای پیشین تنها از وقفه‌های قیمت نفت در ورودی مدل استفاده می‌شود و در مدل دوم یا مدل ۲، علاوه بر وقفه‌های قیمت نفت وقفه‌های ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD نیز در ورودی مدل به‌عنوان یک متغیر تأثیرگذار بر قیمت نفت به‌کار گرفته می‌شوند. بر این اساس، مدل انتخاب شده برای پیش‌بینی قیمت نفت بدون استفاده از متغیر ذخیره‌سازی‌ها، مدلی است که در آن دو وقفه از قیمت نفت و چهار نرون در لایهٔ مخفی آن به‌کار گرفته شده است و مدل انتخاب شده برای پیش‌بینی قیمت نفت با استفاده از متغیر ذخیره‌سازی‌ها، مدلی است که چهار وقفه از قیمت نفت، دو وقفه از ذخیره‌سازی‌ها و پنج نرون در لایهٔ مخفی آن قرار دارد.

---

1 -MATLAB.
2- Moving Window.
3 -Levenberg-Marquardt.

در این تحقیق علاوه بر شبکه‌های عصبی، از مدل ARIMA نیز برای پیش‌بینی قیمت نفت‌خام استفاده شده است. به‌طور کلی فرایندی را ARMA(p,q) گویند که شامل P مرتبهٔ جمله خودرگرسیون و q مرتبهٔ جمله میانگین متحرک باشد، به‌عبارت دیگر شامل p مرتبهٔ جمله با وقفه از متغیر Y و q مرتبهٔ جمله اخلال باشد. اگر یک سری زمانی پس از d بار تفاضل‌گیری مرتبهٔ اول پایا و سپس توسط فرایند ARMA(p,q) مدل‌سازی شود، در این صورت سری زمانی اصلی، سری زمانی خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته ARIMA(p,d,q) است (گجراتی ۱۳۸۷). در این تحقیق برای انتخاب مدل مناسب ARIMA و تعیین مناسب متغیرهای مدل از معیارهای آکائیک[1]، شوارتز[2] و هم‌چنین از ابزار نمودار همبستگی و همبستگی جزئی استفاده و سرانجام مدل ARIMA(۱،۱،۰)، برای پیش‌بینی قیمت نفت انتخاب شده است.

۸- نتایج و پیشنهادات

همان‌طور که اشاره شد، بخش نفت با تأمین بیش از ۸۰ درصد از درآمدهای ارزی ایران، تأمین بخش عمده‌ای از انرژی مصرفی داخل و تأثیر تعیین کننده در توازن بودجهٔ عمومی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصاد ایران مطرح می‌شود. با توجه به تأثیر پذیری درآمدهای نفتی از شرایط جهانی بازار نفت و اهمیت آن در اقتصاد کشور، میزان قیمت آیندهٔ آن به‌عنوان یک متغیر مؤثر در این بازار که تأثیر مستقیمی که بر درآمدهای نفتی می‌گذارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا، با توجه به اهمیت موضوع قیمت نفت، مطالعات متعددی در زمینه پیش‌بینی قیمت نفت‌خام به صورت ماهیانه انجام گرفته است و در بیش‌تر این مطالعات، قیمت نفت بدون وارد کردن متغیرهای دیگر، به‌صورت تک متغیره و تنها با استفاده از وقفه‌های خود قیمت پیش‌بینی شده است، که این امر دقت مدل‌ها را به‌شدت کاهش داده است. ما نیز در این تحقیق قیمت نفت‌خام WTI را با استفاده از روش غیرخطی شبکه‌های عصبی مصنوعی و نیز روش خطی ARIMA پیش‌بینی کرده‌ایم. در این مقاله علاوه بر مدل **شبکهٔ عصبی** تک متغیره، برای بهبود نتایج پیش‌بینی ماهیانه قیمت نفت در قالب مدل شبکه‌های عصبی، ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD را برای پیش‌بینی قیمت نفت به ورودی شبکهٔ عصبی اضافه و بدین ترتیب یک مدل واقعی‌تر نسبت به مدل‌های

1- Akaike info criterion.
2 -Schwarz criterion.

قبلی برای پیش‌بینی قیمت نفت‌خام طراحی کرده‌ایم. در هر کدام از موارد، مدل‌ها را بر اساس ۹۰ درصد از داده‌ها (۲۲۳ داده) برآورد و از ۱۵ دادهٔ میانی برای اعتبار سنجی مدل استفاده و در نهایت ۱۰ دادهٔ باقیمانده را با استفاده از مدل طراحی شده به‌صورت پویا پیش‌بینی کردیم. پس از انجام این پیش‌بینی که در حقیقت یک پیش‌بینی گذشته‌نگر است، اختلافات پیش‌بینی‌ها از داده‌های واقعی را با معیار خطای RMSE به‌دست آوردیم. نتایج پیش‌بینی شبکه‌های عصبی به همراه نتایج مدل ARIMA، در جدول ۱ آورده شده است.

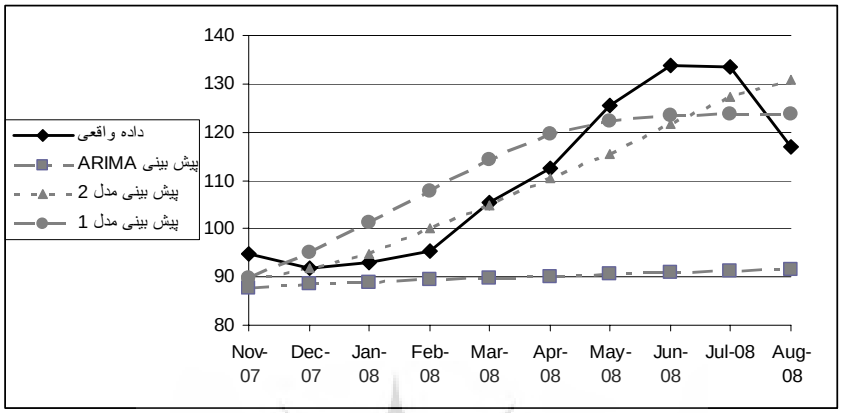
جدول ۱ - نتایج پیش‌بینی پویای قیمت نفت

نوع پیش‌بینی	تاریخ	مقدار واقعی	مدل شبکهٔ عصبی ۱		مدل شبکهٔ عصبی ۲		مدل ARIMA	
			پیش‌بینی	RMSE	پیش‌بینی	RMSE	پیش‌بینی	RMSE
یک گام به جلو	Nov-07	۹۴,۷۷	۸۹,۷۶	۵,۰۰	۸۹,۰۵	۵,۷۲	۸۷,۶۶	۷,۱۰
دو گام به جلو	Dec-07	۹۱,۶۹	۹۵,۱۷	۴,۳۱	۹۱,۷۹	۴,۰۴	۸۸,۴۵	۵,۵۲
سه گام به جلو	Jan-08	۹۲,۹۷	۱۰۱,۱۷	۵,۹۰	۹۴,۹۰	۳,۴۸	۸۸,۹۴	۵,۰۷
چهار گام به جلو	Feb-08	۹۵,۳۹	۱۰۷,۸۴	۸,۰۵	۱۰۰,۲۲	۳,۸۶	۸۹,۳۵	۵,۳۲
پنج گام به جلو	Mar-08	۱۰۵,۴۵	۱۱۴,۳۸	۸,۲۳	۱۰۴,۸۵	۳,۴۷	۸۹,۷۴	۸,۴۸
شش گام به جلو	Apr-08	۱۱۲,۵۸	۱۱۹,۵۳	۸,۰۳	۱۱۰,۴۴	۳,۲۸	۹۰,۱۲	۱۲,۰۰
هفت گام به جلو	May-08	۱۲۵,۴۰	۱۲۲,۳۵	۷,۵۳	۱۱۵,۳۸	۴,۸۵	۹۰,۵۱	۱۷,۲۴
هشت گام به جلو	Jun-08	۱۳۳,۸۸	۱۲۳,۴۰	۷,۹۵	۱۲۱,۷۶	۶,۲۴	۹۰,۸۹	۲۲,۱۶
نه گام به جلو	Jul-08	۱۳۳,۳۷	۱۲۳,۷۰	۸,۱۶	۱۲۷,۲۷	۶,۲۲	۹۱,۲۷	۲۵,۱
ده گام به جلو	Aug-08	۱۱۶,۸۸	۱۲۳,۷۷	۸,۰۴	۱۳۰,۸۷	۷,۳۸	۹۱,۶۶	۲۵,۱۷

منبع: تحقیق انجام شده

همان‌طور که از جدول فوق مشاهده می‌شود، در این تحقیق در مجموع ۳۰ پیش‌بینی پویا انجام شده است, نتایج پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که در تمامی حالات، شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی‌های با خطای کم‌تری را نسبت به مدل ARIMA ارائه داده‌اند، به نظر می‌رسد دلیل این امر را باید در رفتار غیرخطی قیمت نفت خام جستجو کرد، به عبارت بهتر با در نظر گرفتن این نکتهٔ اساسی که شبکه‌های عصبی قدرت بالایی را در حل مسائل غیرخطی دارا هستند و هم‌چنین با توجه به روند غیرخطی قیمت نفت، عملکرد به مراتب مناسب‌تر مدل غیرخطی شبکه‌های عصبی در

پیش‌بینی قیمت نفت‌خام، در مقایسه با مدل خطی ARIMA، کاملاً توجیه‌پذیر است،



شکل ۳- مقایسهٔ نتایج مدل‌های مختلف در پیش‌بینی قیمت نفت‌خام

هم‌چنین با مقایسهٔ پیش‌بینی‌های قیمت نفت با استفاده از دو مدل شبکهٔ عصبی مختلف، مشاهده می‌شود که با اضافه کردن وقفه‌های ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD در ورودی مدل شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی قیمت نفت به صورت دو متغیره (مدل ۲)، دقت پیش‌بینی نسبت به حالت معمول تک متغیره که در آن تنها از وقفه‌های قیمت نفت در ورودی مدل استفاده می‌شود (مدل ۱)، افزایش یافته است, چرا که تنها در پیش‌بینی یک گام به جلو است که مدل ۱ بر مدل ۲ برتری دارد و در سایر موارد نتایج مدل ۲ خطای کم‌تری را ارائه داده است, در حقیقت ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD، منعکس کنندهٔ شرایط عرضه و تقاضا در بازار نفت بوده و تغییر در این ذخیره‌سازی‌ها، تعادل و یا عدم تعادل در عرضه و تقاضای بازار نفت را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که این تعادل و یا عدم تعادل در عرضه و تقاضای نفت سبب تغییرات در ذخیره‌سازی‌ها می‌شود، مثلاً اگر تقاضا بیش از عرضه باشد، این عدم تعادل از یک طرف سبب کاهش ذخیره‌سازی‌ها می‌شود و از سوی دیگر انتظار بر این است که قیمت‌های نفت افزایش یابند، هم‌چنین اگر عرضه بیش از تقاضا باشد، این افزایش عرضه از یک سو افزایش دخیره‌سازی‌ها و از سوی دیگر کاهش قیمت نفت خام را سبب می‌شود، لذا رابطهٔ میان این متغیر و قیمت نفت به صورت یک رابطهٔ معکوس قابل تصور است, بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این (تحقیق که نشان می‌دهد با استفاده از

ذخیره‌سازی‌های نفتی در ورودی مدل شبکهٔ عصبی، دقت پیش‌بینی قیمت نفت افزایش یافته و خطای آن کاهش می‌یابد)، می‌توان نتیجه گرفت که ذخیره‌سازی‌های کشورهای OECD می‌تواند به‌عنوان متغیری برای توضیح و پیش‌بینی قیمت نفت به‌کار برده شود.

با مقایسهٔ دقیق‌تر نتایج مدل‌های مختلف، مشاهده می‌شود که پیش‌بینی‌های پویای انجام گرفته به‌خصوص در گام‌های دورتر، حاکی از برتری مطلق شبکه‌های عصبی نسبت به مدل ARIMA است، به‌گونه‌ای که پیش‌بینی شبکه‌های عصبی تقریباً با مقادیر واقعی حرکت می‌کنند، اما نباید از نظر دور شود که، علی‌رغم دقت بسیار بالاتر شبکه‌های عصبی در مقایسه با مدل ARIMA در پیش‌بینی‌های پویا، با افزایش تعداد گام‌های پیش‌بینی، مقدار خطای این مدل هم افزایش می‌یابد، لذا ضروری است که هنگام استفاده از این نوع پیش‌بینی، در مورد تعداد گام‌های پیش‌بینی دقت شود، به عبارت بهتر علی‌رغم برتری پیش‌بینی‌های شبکه‌های عصبی بر مدل ARIMA، اعتبار پیش‌بینی‌های شبکهٔ عصبی نیز در دوره‌های کوتاه‌مدت بیش‌تر می‌شود، به‌علاوه پیش‌بینی‌های انجام شده در این تحقیق برای دورانی است که بازار نفت با یک شوک بزرگ قیمتی مواجه است، به‌طوری که قیمت‌ها تغییرات سریع و بزرگی داشته‌اند و حتی در چنین شرایطی روش شبکه‌های عصبی، پیش‌بینی‌های بسیار نزدیکی به واقعیت را ارائه داده‌اند، این بدان‌معناست که شبکه‌های عصبی مصنوعی قدرت پیش‌بینی قیمت نفت را حتی در شرایط شوک نفتی دارا هستند.

به هر حال با توجه به نتایج این تحقیق که حاکی از برتری پیش‌بینی‌های مدل شبکه‌های عصبی در مقایسه با مدل خطی ARIMA است و نیز با در نظر گرفتن توانایی بروز رسانی سریع شبکه‌های عصبی پس از ایجاد تغییرات در شرایط بازار و سری زمانی مورد پیش‌بینی، پیشنهاد می‌شود که در مدل‌سازی و پیش‌بینی متغیرهایی که رفتار غیرخطی از خود نشان می‌دهند، از مدل‌های غیرخطی نظیر شبکه‌های عصبی استفاده شود، زیرا این امر سبب کاهش خطا و بهبود نتایج پیش‌بینی خواهد شد.

در پایان با در نظر گرفتن نتایج حاصل از این تحقیق که نشان می‌دهد با به‌کارگیری ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهای OECD در ورودی مدل شبکهٔ عصبی و انجام پیش‌بینی دومتغیره، دقت پیش‌بینی قیمت نفت افزایش می‌یابد، پیشنهاد می‌شود برای مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت نفت از ذخیره‌سازی‌های کشورهای OECD به نحو مناسبی استفاده شود.

فهرست منابع

۱- اسلامی‌نـژاد، سـید علـی حسـن، (شـهریور ۱۳۸۶)، بررسـی اثـر ثـروت نفتـی بـر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، دانشگاه شهیدبهشتی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد.

۲- احمدی قراچه، احسان، (زمستان ۱۳۸۵)، ارائه یـک مـدل شـبکهٔ عصـبی مناسـب برای پیش‌بینی قیمت نفت‌خام با در نظر گرفتن شوک‌های نفتی، دانشـگاه تربیـت مدرس، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد.

۳- بیل، آر، جکسون، (۱۳۸۰)، آشنایی با شبکه‌های عصبی، محمود البـرزی، مؤسسـهٔ انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، تهران، چاپ اول.

۴- پورکاظمی، محمد حسین، افسر، امیر، نهاوندی، بیـژن، (زمسـتان ۱۳۸۴)، مطالعـه تطبیقـی روش‌هـای خطـی ARIMA و غیـرخطـی شـبکه‌هـای عصـبی فـازی در پیش‌بینی تقاضای اشتراک گـاز شـهری، مجلـهٔ تحقیقـات اقتصـادی، شـمارهٔ ۷۱، صفحات ۱۳۳-۱۳۶.

۵- چتفیلد، سی، (۱۳۷۲)، مقدمه‌ای بر تحلیل سری‌های زمانی، نیرومند، حسـینعلی، بزرگ‌نیا، ابوالقاسم، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد، چاپ اول.

۶- شالکف، رابرت جی، (۱۳۸۲)، شـبکه‌هـای عصـبی مصـنوعی، جورابیـان، محمـود، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز، چاپ اول.

۷- سیم‌بر، فرشید، جزوه درسی اقتصـاد انـرژی، دانشـکدهٔ علـوم اقتصـادی و سیاسـی دانشگاه شهید بهشتی.

۸- شرافت، محمدناصر، یزدی‌زاده، محمدرضا، (بهار ۱۳۷۳)، برآورد تـابع تقاضـا بـرای نفت اوپک، اقتصاد مجلهٔ علمی پژوهشی دانشکدهٔ علوم اقتصادی و سیاسی، شمارهٔ ۳، صفحات ۵-۲۳.

۹- گجراتی، دامودار، (بهار ۱۳۷۸)، مبانی اقتصادسنجی، جلد دوم، ابریشـمی، حمیـد، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.

۱۰- گودرزوند چگینی، امیر، (۱۳۸۴)، جعبه ابزارهـای MATLAB، انتشـارات نـاقوس، چاپ اول.

۱۱- مشیری، سعید، فروتن، فائزه، (زمستان ۱۳۸۳)، آزمون آشوب و پیش‌بینی آتی قیمت‌های نفت، فصل‌نامهٔ پژوهش‌های اقتصادی ایران، شمارهٔ ۲۱، صفحات ۶۷-۹۰.

۱۲- معینی، علی، ابریشمی، حمید، احراری، مهدی، (آذر و دی ۱۳۸۵)، به کارگیری نمای لیاپانوف برای مدل‌سازی سری زمانی قیمت نفت بر پایهٔ توابع پویا، مجلهٔ تحقیقات اقتصادی، شمارهٔ ۷۶، صفحات ۷۷-۱۰۰.

۱۳- همتی، عبدالناصر، (اردیبهشت ۱۳۷۲)، مدل تحلیلی قیمت نفت، دانشگاه تهران، پایان‌نامهٔ دکترا.

14- Krose B, , van der Smagt P,, (1996), An Introduction to Neural Networks, 8th edition, The University of Amsterdam,

15- Malik F,, Nasereddin M,, (2006), Forecasting output using oil prices: A cascaded artificial neural network approach, Journal of Economics and Business, vol 58, pp 168–180,

16- Ridley D,, (2003), The univariate moving window spectral method, Computers & Industrial Engineering, vol 45, pp 691–711,

17- Sozen A,, Arcaklioglu E,, (2007), Prediction of net energy consumption based on economic indicators (GNP and GDP) in Turkey, Energy Policy, vol 35, pp 4981–4992,

18- Williams J,L, Oil Price History and Analysis, Accessible at http://www,wtrg,com/prices,htm,

19- Ye M,, Zyren J,, Shore J,, (2005), A monthly crude oil spot price forecasting model using relative inventories, International Journal of Forecasting, vol 21, pp 491– 501,

20- Zhang G,P,, (2003), Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model, Neurocomputing, vol 50, pp 159-175,

21- Zhao X,, Kinouchi, Y,, Yasuno, E,, Gao, D,, Iritani, T,, Morimoto, T,, Takeuchi, M,, (2004), A new method for noninvasive measurement of multilayer tissue conductivity and structure using divided electrodes, Biomedical Engineering, IEEE Transactions Vol 51, Issue 2, pp 362 – 370,

22- http:// www.iea.doe.gov

23- Krose B, , van der Smagt P,, (1996), An Introduction to Neural Networks, 8th edition, The University of Amsterdam,

24- Malik F,, Nasereddin M,, (2006), Forecasting output using oil prices: A cascaded artificial neural network approach, Journal of Economics and Business, vol 58, pp 168–180,

25- Ridley D,, (2003), The univariate moving window spectral method, Computers & Industrial Engineering, vol 45, pp 691–711,

26- Sozen A,, Arcaklioglu E,, (2007), Prediction of net energy consumption based on economic indicators (GNP and GDP) in Turkey, Energy Policy, vol 35, pp 4981–4992,

27- Williams J,L, Oil Price History and Analysis, Accessible at http://www,wtrg,com/prices,htm,
28- Ye M,, Zyren J,, Shore J,, (2005), A monthly crude oil spot price forecasting model using relative inventories, International Journal of Forecasting, vol 21, pp 491– 501,
29- Zhang G,P,, (2003), Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model, Neurocomputing, vol 50, pp 159-175,
30- Zhao X,, Kinouchi, Y,, Yasuno, E,, Gao, D,, Iritani, T,, Morimoto, T,, Takeuchi, M,, (2004), A new method for noninvasive measurement of multilayer tissue conductivity and structure using divided electrodes, Biomedical Engineering, IEEE Transactions Vol 51, Issue 2, pp 362 – 370,
31- http:// www.iea.doe.gov

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی