پژوهشنامه‌ی اقتصاد کلان
علمی – پژوهشی
سال نهم، شماره‌ی۱۷، نیمه ی اول ۱۳۹۳

پیش بینی قیمت نفت با استفاده ازسامانه خبره تلفیقی

حمید ابریشمی*
علی معینی**
مهدی احراری***
ویدا ورهرامی****

تاریخ دریافت:۱۳۸۸/۶/۱۰ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۲/۳۱**

چکیده

در تحقیق حاضر سامانه خبره تلفیقی به عنوان روشی جدید و کارآمد جهت پیش بینی قیمت نفت معرفی می‌گردد. این روش، تلفیقی از داده کاوی صفحات وب، سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد و شبکه عصبی GMDH مبتنی بر الگوریتم ژنتیک می‌باشد. در داده کاوی صفحات وب، اطلاعات پیرامون عوامل موثر بر قیمت از سایت‌های مختلف به دست آمده و میزان تاثیر گذاری این عوامل در قالب قوانینی درسامانه مبتنی بر پایگاه قواعد ذخیره می‌گردد، این قوانین همراه با میانگین‌های متحرک کوتاه مدت و بلندمدت قیمت نفت، به عنوان ورودی شبکه عصبی جهت الگو سازی و پیش بینی قیمت نفت لحاظ می‌گردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که به کارگیری سامانه خبره تلفیقی عملکرد پیش بینی را نسبت به مدل شبکه عصبی در حد معنی‌داری افزایش می‌دهد.

واژه های کلیدی: سامانه خبره تلفیقی، شبکه عصبی GMDH، سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد، داده کاوی صفحات وب، پیش بینی قیمت نفت

طبقه بندی JEL: Q47 , C45 , C67

* نویسنده ی مسئول - استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران(Email: abrihami@ut.ac.ir)
** دانشیار، مرکز انفورماتیک دانشگاه تهران و دانشکده فنی دانشگاه تهران(Email: moeini@ut.ac.ir)
*** پژوهشگر اقتصادی،دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران(Email: ahrari@ut.ac.ir)
**** کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران(Email: vida7892000@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

۱-مقدمه

نوسانات نامتقارن قیمت، حضور مقطعی، متراکم و غیر سیستماتیک معامله گران، بروز بحران‌هایی که دارای اثرات مستقیم و غیر مستقیم بر قیمت بوده‌اند و نیز بسیاری از عوامل برون‌زا و درون‌زای موثر بر بازارهای مختلف مالی و به ویژه بازار نفت، پیش بینی قیمت را با مشکلات زیادی مواجه کرده است. این مشکلات در دو سطح قابل بررسی است. سطح اول مربوط به پیچیدگی‌های موجود در بازار نفت به دلیل تعدد و تنوع متغیرهای موثر برونزاست که قدرت پیش‌بینی را تاحد بسیار پائینی (و در بعضی مواقع، حتی غیر قابل پیش بینی) تنزل می‌دهد. به عبارت دیگر همچنانکه وجود پارامترهای جامع می‌تواند ما را در ارائه تحلیل‌های بهتر و در نتیجه پیش بینی‌های دقیق تر یاری کند، ولی منجر به ایجاد پیچیدگی‌های سیستمی گردیده و در نتیجه عملکرد پیش بینی را به شدت کاهش می‌دهد. در سطح دوم ما با یک مشکل سیستماتیک که دارای رفتارهای آشوبناک می‌باشد مواجه هستیم. در حقیقت، اگرچه رفتارهای درون بازار، که برآیند عوامل درون زا و برون زاست، به طور نمادین در قیمت نوسانی و آشوبناک متجلی است، ولی در واقع یک فرآیند سیستماتیک قابل تحلیل و پیش بینی می‌باشد. بنابراین روش شناسی این سطوح باید به گونه ای طراحی شود که اولاً؛ بتواند پیچیدگی‌های این سیستم را الگو سازی و تحلیل کند و ثانیاً قابلیت پیش‌بینی فرآیند های پویای غیرخطی (آشوبناک) را داشته باشد.

گرچه هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی توانایی‌های زیادی در کشف روابط میان متغیرها، پردازش مجموعه‌های پیچیده والگوسازی رفتارهای آشوبناک را دارند؛ ولی به تنهایی قادر به تحلیل بخش قابل ملاحظه‌ای از تغییرات و نوسانات غیر سیستماتیک عوامل برون زا نیستند. از طرف دیگر، سیستم‌های خبره که در استخراج قواعد و قوانین تحلیلی از داده‌های تاریخی، به خوبی عمل می‌کنند، فاقد ابزارهای پردازش و شبیه سازی در حد روش‌های هوشمند می‌باشند. براین اساس می‌توان گفت که به کارگیری ترکیبی از روش‌های مذکور می‌تواند مشکلات سطوح مورد اشاره را تا حد زیادی کاهش داده و عملکرد پیش بینی را به طور معنی‌داری بهبود دهد. بدین منظور در اکثر الگوسازی‌های جدید ترکیبی از روشهای هوشمند، هوش مصنوعی و سامانه خبره استفاده گردیده، تا علاوه بر اعمال اثرات عوامل متعدد و متنوع برونزای موثر بر قیمت

Archive of SID

www.SID.ir

نفت در فرآیند شبیه سازی، تأثیر همزمان عوامل درون زا و برون زا نیز در مدل سازی و پیش بینی لحاظ گردد.

در این تحقیق از سامانه خبره تلفیقی[1] به عنوان روشی جدید استفاده شده است، که درآن عوامل موثر بر نوسانات قیمت نفت و میزان تاثیر گذاری آنها با استفاده از داده کاوی صفحات وب[2] و استفاده از سایت‌های مختلف اینترنتی شناسایی شده و با توجه به روابط موجود بین عوامل کلیدی اقتصادی و سیاسی موثر بر نوسانات قیمت و میزان تاثیرگذاری آنها قواعدی در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد[3] حاصل می‌آید، این قواعد و الگوها در قالب ورودی‌های شبکه عصبی وارد جریان مدل سازی می‌گردند و نتایج به صورت مرحله‌ای (معادلات لایه‌های پنهان) تحت یک معادله غیر خطی که با واقعیت رفتاری و ساختاری خروجی شبکه انطباق بیشتری دارد، بیان می‌گردند.

در بخش دوم پژوهش به معرفی پیشینه تحقیق و در بخش سوم نیز؛ به معرفی سامانه خبره تلفیقی شامل: سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد، داده کاوی صفحات وب و شبکه عصبی پرداخته می شود. نتایج تجربی در بخش چهارم و نتیجه گیری که پایان بخش این مقاله است، در بخش پنج بیان می‌گردد.

۲- پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای پیرامون استفاده از شبکه عصبی و سیستم خبره (به خصوص در سطح جهان)، جهت پیش‌بینی قیمت نفت صورت گرفته است که در اینجا به ذکر برخی از آنها می‌پردازیم.

کابودان و همکاران[4] (۲۰۰۱)، در یک دوره کوتاه مدت ماهانه به پیش بینی قیمت نفت با روشهای برنامه نویسی ژنتیک[5] و استفاده از شبکه عصبی[6] پرداخته و با استفاده از گام تصادفی تخمین‌هایی به دست آوردند و نشان دادند که برنامه نویسی ژنتیک

---

[1] Hybrid Intelligent System
[2] Web-based Text Mining
[3] Rule-based Expert System
[4] Kaboudan et al, 2001
[5] Genetic Programming
[6] Artificial Neural Network

Archive of SID

www.SID.ir

دارای نتایج بهتری نسبت به روش شبکه عصبی[1] است. وانگ و همکاران[2] (۲۰۰۴)، از سیستم تلفیقی AI جهت تلفیق شبکه عصبی، پایگاه قواعد و WTM به منظور پیش‌بینی قیمت نفت استفاده کرده و نشان دادند که این سیستم روشی موثر و منعطف جهت پیش‌بینی می‌باشد.

وانگ و همکاران (۲۰۰۵)، روش جدید TEI@I را مطرح نمودند. آنها از ترکیب روش‌های داده کاوی[3] و روشهای هوشمند جهت پیش بینی قیمت نفت استفاده کرده و اثر حوادث مختلف را روی قیمت نفت بررسی نمودند و یک روش غیرخطی جهت بهبود روند پیش بینی قیمت نفت مطرح کردند. ناصری و احمدی (۲۰۰۶)، از یک مدل هوشمند، تلفیقی از شبکه عصبی والگوریتم ژنتیک برای پیش بینی ماهانه قیمت نفت استفاده کردند و نتایج رضایت بخشی به دست آوردند. مشیری و فروتن (۲۰۰۶)، قیمت‌های روزانه آتی‌های نفت خام را از ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۳ با استفاده از روش‌های GARCH، ARIMA و با مدل منعطف وغیرخطی ANN پیش‌بینی نمودند. آنها نشان دادند که قیت آتی نفت خام یک جریان پویای غیر خطی داشته و استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نتایج پیش بینی را بهبود داده است. یو و همکاران[4] (۲۰۰۷)، از یک شبکه عصبی با چند مرحله یادگیری جهت پیش بینی قیمت نفت استفاده کردند؛ که نتایج پیش بینی با این روش بسیار رضایت بخش بود. مهر آرا و همکاران (۲۰۰۸)، عایدی حاصل از پیش بینی در بازارهای آتی نفت را با روش تلفیقی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک برآورد کرده و نشان دادند که این روش در مقایسه با الگوهای معیار از قابلیت پیش بینی بهتری برخوردار است. سرینی واسان[5] (۲۰۰۸)، تقاضای انرژی را با دو دو نوع شبکه عصبی پیش بینی کرده که نتایج نشان از برتری شبکه عصبی GMDH[6] نسبت به شبکه‌های عصبی بازگشتی دارد. ابریشمی و همکاران (۲۰۰۸)، در تحقیقی از شبکه عصبی GMDH مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای پیش بینی قیمت بنزین با دو روش قیاسی و قواعد تحلیل تکنیکی، استفاده کردند. متغیرهای ورودی در روش قیاسی

---

[1] Artificial Neural Network
[2] Wang et al, 2004
[3] Text Mining
[4] Yu et al, 2007
[5] Srinivasan,2008
[6] GMDH neural network

Archive of SID

www.SID.ir

شامل کلیه عوامل مؤثر (درون و برون سیستمی) بر قیمت بنزین و در روش تحلیل تکنیکی شامل میانگین‌های متحرک کوتاه مدت و بلند مدت بود. نتایج نشان از دقت بیش از ۹۶٪ پیش بینی و پایداری روش قیاسی و بیش از ۹۹٪ تحلیل تکنیکی داشت. همچنین در مقایسه معیارهای خطا، دقت پیش‌بینی‌های شبکه عصبی GMDH به طور معنی‌داری از الگوی رگرسیونی بهتر بود.

۳- سامانه خبره تلفیقی

سامانه خبره تلفیقی شامل مجموعه ای از داده کاوی صفحات وب، سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد و شبکه عصبی می‌باشد که جهت پیش‌بینی قیمت نفت در این مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا در این قسمت به معرفی هر یک از بخش‌های سامانه خبره تلفیقی می پردازیم.

۳-۱) داده کاوی صفحات وب

از آنجا که بازار نفت دارای نوسانات زیادی بوده و قیمت نفت از عوامل زیادی متاثر می باشد، ضروری است که اطلاعات پیرامون عوامل موثر بر قیمت نفت و میزان اثر گذاری آنها از اینترنت جمع آوری گردد. بدین منظور روش داده کاوی صفحات وب جهت جمع آوری اطلاعات از اینترنت و طبقه‌بندی آنها جهت استفاده در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد مورد استفاده قرار می‌گیرد (راجمن[1]، ۱۹۹۸)

عملکرد این داده کاوی مشتمل بر مراحل زیر است:

۱) اخذ ویژگی‌ها[2]

در این مرحله با استفاده از موتورهای جستجو، اطلاعات از اینترنت جمع آوری شده و در پایگاه اطلاعات ذخیره می‌گردد.

۲) تحلیل اطلاعات[3]

در این مرحله اطلاعات جمع آوری شده در مرحله قبل، خلاصه سازی شده و مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

---

[1] Rajman
[2] Feature Extraction
[3] Structure Analyzing

Archive of SID

www.SID.ir

۳) طبقه‌بندی اطلاعات[1]

طبقه‌بندی اطلاعات مهمترین فعالیت در داده کاوی صفحات وب است و مهمترین هدف طبقه‌بندی اطلاعات افزایش کارایی و سرعت بخشیدن به نتیجه گیری می‌باشد. لذا در این مرحله داده‌های طبقه بندی شده جهت انجام سایر بررسی‌ها به دست آمده و بدین روش عوامل موثر بر نوسانات قیمت نفت و میزان تاثیر گذاری آنها مشخص می‌شود (شای[2]، ۲۰۰۲؛ سالتن[3]، ۱۹۹۷)

۳-۲) سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد

در یک سامانه هوشمند پایگاه دانش[4] ساخته می‌شود که دربرگیرنده تمامی قوانین خلاصه‌سازی و طبقه‌بندی شده مطابق با اطلاعات گذشته می‌باشد. بدین صورت مهمترین کار سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد جمع آوری و خلاصه‌سازی قوانین در پایگاه دانش است. عوامل موثر بر قیمت نفت و میزان تاثیر گذاری آنها تعیین شده و با توجه به میزان تاثیر گذاری هریک از عوامل بر قیمت نفت در پایگاه دانش، قوانینی که معمولا به صورت ساختار، اگر- آنگاه[5] است، ساخته شده و در پایگاه دانش ذخیره می‌گردند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴) یک نمونه از این قوانین در شکل (۱)، نشان داده شده است.

اگر وضعیت **A** روی دهد
انگاه قیمت نفت افزایش خواهد یافت،
در غیر این صورت قیمت نفت تغیری نمی کند.

شکل۱. نمونه ای از قوانین ساخته شده در پایگاه دانش

بدین گونه ساختار یک سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد به شرح زیر می‌باشد:

۱) پایگاه دانش:

این قسمت شامل اطلاعات مفید جهت حل یک مشکل می‌باشد، که دانش یا اطلاعات به صورت قواعد مطرح می‌شوند. هر قانون یک رابطه است که به صورت ساختار "اگر-

[1] Text Classification
[2] Shi
[3] Salton
[4] Knowledge Base
[5] IF-THEN

Archive of SID

www.SID.ir

آنگاه" بیان می‌گردد. بدین سان هنگامی که شرایط یک قانون برقرار باشد، قانون، اتفاقی را که باید بیفتد، بیان می دارد.

۲) پایگاه داده[1]:

این پایگاه شامل حقایق و در برگیرنده قسمت "اگر" قوانین می‌باشد.

۳) پایگاه استنباط[2]:

این قسمت قوانین داده شده در پایگاه دانش و حقایق موجود در پایگاه داده را با یکدیگر مربوط می‌سازد.

۴) توانایی توضیح دهی[3]:

در این قسمت باید تعریف گردد که هر نتیجه خاصی با توجه به چه ورودی و حقیقتی حاصل می‌آید.

۵) استفاده از نتایج استنتاج[4]:

در این قسمت با توجه به ورودی‌ها وخروجی‌های موجود استنباط و نتیجه گیری صورت گرفته و باید با برقراری ارتباط بین حقایق و قوانین برای مشکل راه حلی ارائه گردد.

همچنین؛ مزایای سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد به شرح زیر است (نگنویسکی[5]، ۲۰۰۵):

۱) این سامانه با داده‌های ناقص و نامطمئن نیز می‌تواند کارکند.

۲) در این سامانه، تولید قوانین کار ساده ای است.

۳) ساختن قوانین در این سامانه روش خاصی را دنبال می‌نماید.

۴) قوانین براساس حقایق موجود در عالم واقع حاصل می‌آیند.

۵) این سامانه با دقت خوبی می‌تواند از روی قوانین استنباط و قوانین جدیدی را به پایگاه دانش بیفزاید.

یک سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد با توجه به تمامی مزیت‌های ذکر شده در بالا، معایبی نیز دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

---

[1] Data Base
[2] Inference Engine
[3] Explanation Facilities
[4] User Interface
[5] Negnevitsky

Archive of SID

www.SID.ir

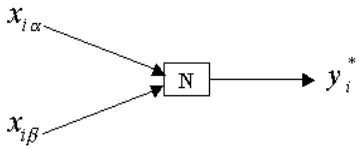
۱) این سامانه با تعداد زیاد قوانین مثلا بیش از ۱۰۰ قانون نمی‌تواند به درستی عمل نماید و در این حالت ناکارآمد و کند عمل می‌کند.

۲) این سامانه توانایی به روز کردن سریع دانش خود را ندارد.

۳) در این سامانه به علت محدودیت‌هایی که وجود دارد معمولا قوانین به صورت کلی بیان می‌گردند و برخی از این قوانین نمی‌توانند همه حالات را پوشش دهند (نگنویسکی، ۲۰۰۵)

۳-۳) شبکه عصبی GMDH

شبکه‌ای خود سازمانده و یک سویه می‌باشد که از چندین لایه و هر لایه نیز از چندین نرون تشکیل یافته است. تمامی نرون‌ها از ساختار مشابهی برخوردار می‌باشند به طوریکه دارای دو ورودی و یک خروجی است و هر نرون با ۵ وزن و یک بایاس، عمل پردازش را میان داده‌های ورودی و خروجی را بر اساس شکل (۲) و رابطه (۱) برقرار می کند.



شکل ۲. معرفی ساختار نرون ها

$$y_{ik}^* = N(x_{i\alpha}, x_{i\beta}) = b^k + w_1^k x_{i\alpha} + w_2^k x_{i\beta} + w_3^k x_{i\alpha}^2 + w_4^k x_{i\beta}^2 + w_5^k x_{i\alpha} x_{i\beta} \quad (۱)$$

$i = 1,2,3,....,N$

که در آن N داده های ورودی وخروجی و $(K = 1,2,3,...,C_m^2)$ و $\alpha, \beta \in \{1,2,3,...m\}$ می‌باشد و m تعداد نرونهای لایه قبلی است.

وزنها بر اساس روشهای کمترین مربعات خطا محاسبه شده و سپس بعنوان مقادیر مشخص و ثابت در داخل هر نرون جایگذاری می‌شود. ویژگی بارز این نوع شبکه آن است که نرونهای مرحله قبلی و یا لایه قبلی، عامل و مولد تولید نرون‌های جدید به تعداد $C_m^2 = \frac{m(m-1)}{2}$ می‌باشند و از میان نرونهای تولید شده، لزوماً تعدادی از آنها

Archive of SID

www.SID.ir

حذف گشته تا بدین وسیله از واگرایی شبکه جلوگیری بعمل آید. (فارلو[1]، ۱۹۸۴)، نرون هایی که برای ادامه و گسترش شبکه باقی می‌مانند، امکان دارد برای ایجاد فرم همگرایی شبکه و عدم ارتباط آنها با نرون لایه آخر حذف گردند، که اصطلاحاً به آنها نرون غیر فعال می‌گویند. معیار گزینش و حذف مجموعه‌ای از نرون‌ها در یک لایه، نسبت مجموع مربعات خطا (r_j^2) بین مقادیرخروجی واقعی (y_i) و خروجی نرون j ام (y_{ij}^*)بصورت رابطه (۲) می‌باشد.

(۲)

$$r_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - y_{ij}^*)^2}{\sum_{i=1}^{N} y_i^{\,2}}$$

$$j \in \{\ 1,2,3,\ldots, C_m^2\ \}$$

نگاشتی که بین متغیرهای ورودی و خروجی توسط این نوع از شبکه‌های عصبی برقرار می‌شود به شکل تابع غیر خطی ولترا[2] به صورت رابطه زیر می‌باشد (ایواخننکو[3]، ۱۹۷۱)

$$y=a_0+\sum_{i=1}^{m}a_i x_i+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}a_{ij}x_i x_j+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m}a_{ijk}x_i x_j x_k+\ldots \qquad (۳)$$

ساختاری را که برای نرونها در نظر گرفته شده، بصورت فرم خلاصه شده دو متغیره درجه دوم زیر است:

$$\hat{y}_i = f(x_{ip}, x_{iq}) = a_0 + a_1 x_{ip} + a_2 x_{iq} + a_3 x_{ip} x_{iq} + a_4 x_{ip}^2 + a_5 x_{iq}^2 \quad (۴)$$

تابع f دارای شش ضریب مجهول است که به ازای تمام زوج های دو متغیر وابسته به

[1] Farlow
[2] Volterra
[3] Ivakhnenko

Archive of SID

www.SID.ir

سیستم $\{(x_{ip}, x_{iq}), i = 1,2,..., N\}$، خروجی مطلوب $\{(y_i), i = 1,2,..., N\}$ را بـرآورد می‌کند. حال عبارت زیر را بر اساس قاعده کمترین مربعات خطا حداقل میکنیم:

$$Min \sum_{k=1}^{N} \left[(f(x_{ki}, x_{kj}) - y_i)^2 \right] \quad (۵)$$

براین اساس دستگاه معادله‌ای را که دارای شش مجهول و N معادله مـی‌باشـد را حـل می کنیم.

$$\begin{cases} a_0 + a_1 x_{1p} + a_2 x_{1q} + a_3 x_{1p} x_{1q} + a_4 x_{1p}^2 + a_5 x_{1q}^2 = y_1 \\ a_0 + a_1 x_{2p} + a_2 x_{2q} + a_3 x_{2p} x_{2q} + a_4 x_{2p}^2 + a_5 x_{2q}^2 = y_2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ a_0 + a_1 x_{Np} + a_2 x_{Nq} + a_3 x_{Np} x_{Nq} + a_4 x_{Np}^2 + a_5 x_{Nq}^2 = y_N \end{cases} \quad (۶)$$

دستگاه معادله فوق را می‌توان به فرم ماتریسی زیر نمایش داد:

$$\mathbf{Aa} = \mathbf{Y} \quad (۷)$$

که در آن

$$\mathbf{a} = \{a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}^T \quad (۸)$$

$$\mathbf{Y} = \{y_1, y_2, y_3, \ldots y_N\} \quad (۹)$$

Archive of SID

www.SID.ir

برای حل معادله لازم است که شبه معکوس ماتریس غیر مربع **A** محاسبه گردد.

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix} 1 & x_{1p} & x_{2q} & x_{1p}x_{1q} & x_{1p}^2 & x_{1q}^2 \\ 1 & x_{2p} & x_{2q} & x_{2p}x_{2q} & x_{2p}^2 & x_{2q}^2 \\ : & : & : & :: & : & : \\ 1 & x_{NP} & x_{Nq} & x_{Np}x_{Nq} & x_{Np}^2 & x_{Nq}^2 \end{bmatrix} \qquad (۱۰)$$

روشهای تکاملی[1] مانند الگوریتم ژنتیک کاربرد وسیعی در مراحل مختلف طراحی شبکه های عصبی به علت قابلیت‌های منحصر به فرد در پیدا کردن مقادیر بهینه و امکان جستجو در فضاهای غیر قابل پیش بینی، دارند (سانچز و همکاران[2]،۱۹۹۷؛ ایبا و همکاران[3]، ۱۹۹۶). در تحقیق حاضر، برای طراحی شکل شبکه عصبی و تعیین ضرایب آن، از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است (نریمان زاده و همکاران، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳)

۳-۴) پایگاهها و الگوی مدیریت پایگاهها[4]

الگوی مدیریت پایگاهها به علت آنکه بین قسمت‌های مختلف یک سامانه خبره ارتباط برقرار می کند، از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور مثال شبکه عصبی از پایگاههای مدل[5] و داده استفاده می‌کند ولی سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد از پایگاههای دانش و داده استفاده می‌نماید. در الگوی مدیریت پایگاهها، پایگاه دانش شامل قوانینی که منتج از داده‌های موجود در پایگاه داده بوده و می‌تواند عوامل موثر بر نوسانات قیمت را بیان کند. الگوی مدیریت پایگاهها قوانین جدیدی را در پایگاه دانش ایجاد کرده، قوانین موجود را اصلاح می‌نماید و به ترکیب الگوریتم ها والگوهای سایر مدل‌ها می‌پردازد. الگوی مورد نظر در این مقاله، ترکیبی از شبکه عصبی، داده کاوی صفحات وب و سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد را در بر می گیرد (یو و همکاران، ۲۰۰۳)

۴) نتایج

در این قسمت ابتدا به معرفی ورودی های سامانه خبره تلفیقی می‌پردازیم، سپس

---

[1] Evolutionary
[2] Sanchez et al
[3] Iba et al
[4] Bases and bases Management Module
[5] Model Bases

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج بررسی‌های تجربی را با معیارهای خطا مورد بررسی قرار داده و در نهایت نتایج پیش‌بینی قیمت نفت خام توسط سامانه خبره تلفیقی را با شبکه عصبی مقایسه می‌کنیم.

۴-۱) ورودی‌ها (متغیرهای مدل)

در تحقیق حاضر از داده‌های روزانه قیمت نفت خام تک محموله (نقدی)[۱] وست تگزاس اینتر مدیت[۲] مربوط به اول ژانویه ۲۰۰۴ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۰۸ که از سایت EIA[۳] حاصل آمده، استفاده شده و از میانگین‌های متحرک ساده[۴]، ۵ و ۵۰ روزه و وقفه‌های اول و دوم هر یک از آنها به عنوان ورودی های شبکه عصبی استفاده می شود[۵] شود[۵] (جن کی و همکاران[۶]، ۱۹۹۶) قیمت های نفت مربوط به ژانویه ۲۰۰۴ تا جولای جولای ۲۰۰۷ به عنوان داده‌های آموزش[۷] و بقیه داده ها برای آزمون[۸] استفاده می‌گردند. در این تحقیق برای مقایسه قدرت پیش بینی روش سامانه خبره تلفیقی و روش شبکه عصبی GMDH از دو معیار مهم جذر میانگین مجذور خطا (RMSE)[۹] و معیار Dstat[۱۰] استفاده می‌شود.

معیار RMSE که توسط کاسلا ولمن (۱۹۹۹)[۱۱] مورد بررسی قرار گرفته، مطابق رابطه (۱۱) می‌باشد:

---

[1] Spot
[2] West Texas Intermediate
[3] www.eia.doe.gov
[۴] یک میانگین متحرک ساده در برگیرنده مجموع قیمت های n روزه وتقسیم آنها بر n است که n می تواند از ۱ تا ۲۰۰ باشد و از این میانگین های متحرک می توان جهت تصمیم گیری های کوتاه مدت و بلندمدت استفاده نمود. معمولا میانگین های متحرک به عنوان سیگنال های خرید و فروش مطرح می شوند و در اکثر مطالعاتی که با استفاده از سامانه خبره و شبکه عصبی برای پیش بینی صورت می گیرد، از میانگین های متحرک استفاده می گردد.
[۵] وقفه های بهینه توسط شبکه عصبی تعیین شده اند چون شبکه عصبی GMDH قابلیت تشخیص متغیرهای موثر و زائد را دارد.
[6] Gencay et al
[7] Training
[8] Testing
[9] Root Mean Square Error
[10] Direction Statistics
[11] Caslla and Lehmann, 1999

Archive of SID

www.SID.ir

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}e_i^2} \qquad (۱۱)$$

که e_i بیانگر اختلاف بین ارزش پیش بینی و مقدار واقعی متغیر و n بیانگر تعداد دوره ها می‌باشد.

از آنجایی که در پیش بینی قیمت نفت تغییر در روند متغیر از تغییر در مقدار متغیر مهم‌تر است، از معیار Dstat که به صورت رابطه (۱۲) تعریف می شود، استفاده می‌گردد (وانگ وهمکاران، ۲۰۰۴)

$$Dstat=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|e_i| \qquad (۱۲)$$

به طوری که برای e_i حالات زیر برقرار است:

$$\begin{cases} e_i = 1 & \text{اگر} \quad (y_{i+1}-y_i)(\hat{y}_{i+1}-\hat{y}_i)\geq 0 \\ e_i = 0 & \text{درغیر این صورت} \end{cases}$$

در این مرحله عوامل موثر بر نوسانات قیمت نفت و میزان تاثیر گذاری آنها با استفاده از داده کاوی صفحات وب و بررسی سایت‌های اینترنتی حاصل آمدند[1]، این عوامل به طور مختصر در جدول (۱) ذکر گردیده و شرح آنها در زیر آمده است.

- مازاد تقاضا: کشورهای امریکا، چین، ژاپن، هند و کره جنوبی حدود ۴۵٪ از تقاضای جهانی نفت، که حدود ۸۲/۵ میلیون بشکه در هرروز است، را به خود اختصاص می‌دهند. بسیاری از صاحب نظران علت این افزایش تقاضا را ناشی از رشد اقتصادی فزاینده و جمعیت رو به فزونی این کشورها در سال‌های اخیر می‌دانند. به طور مثال در هند میزان مصرف نفت از۸۲/۶ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۰۴ به ۸۵/۶ میلیون بشکه در سال ۲۰۰۷ رسید.

[1] www.eia.gov, www.beology.com, www.bloomberg.com, www.iirenergy.com, www.treasurydirect.gov

Archive of SID

www.SID.ir

- کاهش مازاد گنجایش نفت[1]: افزایش تقاضا برای نفت و عدم افـزایش ذخـایر می‌تواند منجر به کاهش مازاد عرضه گردد.
- فعالیت‌های سفته بازی[2]: طبق مطالعات موجود نشان داده شـده کـه قیمـت آتی نفت خام، قیمت جاری آن را تحت تاثیر قرار داده و بر عرضه و تقاضای نفت خام تا حدودی موثر می‌باشد. به گونه ای که تغییر قیمت آتی منجر به افزایش حجم خرید و فروش نفت و به تبع آن تغییرات کاذب قیمت را ایجاد می نماید. از طرفی ارتباط بین بازار نقدی و آتی به صورت ارتباط بین بـازار مالی نفت و بازار واقعی نفت می‌باشد که باعث نوسانات غیر واقعی در عرضه، تقاضا و قیمت نفت می‌گردد.
- عملکرد اوپک: در سال‌های اخیر عملکرد کشورهای اوپک در جهـت کـاهش تولید نفت خام، در افزایش قیمت آن بسیار موثر بوده است. به طور مثال در سال ۲۰۰۸، اوپک میزان تولیدات نفتی را ۴/۲ میلیون بشکه در روز کـاهش داد که منجر به افزایش چند درصدی قیمت نفت خام گردید.
- رخ دادن پدیده های طبیعی مثل تند باد، طوفان و زلزله و یـا سـایر سـوانح طبیعی (هرچند اندک) به طور کوتاه مدت روی نوسانات قیمـت نفـت مـوثر هستند.
- وجود طرح‌های زیست محیطی تا حدود زیادی منجر به افزایش قیمت نفـت گردیده است.
- وجود بحران مالی در آمریکا تا اندازه‌ای بر نوسانات قیمت نفت موثر بوده که آثار عمده آن مربوط به ماه‌های جون و جولای می‌باشد.
- انتخاب اوباما به عنوان ریاست جمهوری آمریکا تا حدودی بر نوسانات قیمت نفت موثر بوده است.
- کاهش ارزش دلار: در سـالهای اخیـر ارزش دلار پـایین آمـده و بـدین‌سـان قیمت نفت برای خریداران امریکایی از اروپایی گران‌تر گردیده است. لذا این کاهش ارزش تاحدودی می‌تواند منجر به افزایش قیمت نفت گردد.

[1] Excess Capacity
[2] Speculation

Archive of SID

www.SID.ir

- رخ دادن جنگ‌های بین ملل مختلف نیز تا اندازه‌ای روی قیمت نفت موثر بوده است.

جدول ۱. طبقه بندی عوامل موثر بر قیمت نفت

حوادث مهم موثر برقیمت نفت	سال	ماه	روز
ارزش دلار کاهش یافته و روی قیمت نفت موثر بوده است.	۲۰۰۴	۱۱	۱-۲۵
		۱۲	۲-۲۸
تقاضای جهانی انرژی تقریبا در همه روزهای این ماه افزایش یافته است که بیشتر از جانب هند و چین و آمریکا بوده است.	۲۰۰۵	۱	۳-۷
			۱۰-۱۴
			۱۸-۲۱
			۲۴-۲۸
زلزله	۲۰۰۵	۱	۲۶
انجام سیاست‌های زیست محیطی	۲۰۰۵	۶	۲
مازاد عرضه نفت کاهش یافت	۲۰۰۶	۵	۱۰-۱۳
			۱۷-۲۱
			۲۴-۲۸
طوفان	۲۰۰۶	۱۲	۱۴
تقاضای جهانی انرژی تقریبا در همه روزهای این ماه افزایش یافته است که بیشتر از جانب هند وچین وآمریکا بوده است.	۲۰۰۷	۱	۲-۵
			۸-۱۲
			۱۶-۱۹
			۲۲-۲۶
قطع تولید اپک تقریبا روی قیمت نفت موثر بود.	۲۰۰۷	۱	۲۲-۲۶
			۲۹-۳۱

Archive of SID

www.SID.ir

تقاضای جهانی انرژی تقریبا در همه روزهای این ماه افزایش یافته است که بیشتر از جانب هند وچین وآمریکا بوده است	۲۰۰۷	۲	۵-۹ ۱۲-۱۶ ۲۶-۲۸
قطع تولید اپک تقریبا روی قیمت نفت موثر بود.	۲۰۰۷	۲	۱۲-۱۶ ۲۰-۲۳
ارزش دلار کاهش یافته و روی قیمت نفت موثر بوده است.	۲۰۰۷	۱۱	۳-۳۰
طوفان	۲۰۰۷	۱۲	۲۶
بحران مالی در آمریکا و کشورهای اروپایی روی قیمت نفت تقریبا در همه روزهای این ماه موثر بوده است.	۲۰۰۸	۱	۲-۴ ۲۳-۲۵ ۳۱-۲۸
قطع تولید اپک تقریبا روی قیمت نفت موثر بود.	۲۰۰۸	۲	۵
گردباد	۲۰۰۸	۳	۲۴
انجام سیاست های زیست محیطی	۲۰۰۸	۴	۱۵
طوفان	۲۰۰۸	۵	۳
گردباد	۲۰۰۸	۵	۱۱
زلزله	۲۰۰۸	۵	۱۲
سفته بازی در بازار آتی‌ها در برخی از روزهای این ماه افزایش یافته و روی قیمت نفت موثر بوده است.	۲۰۰۸	۶	۴-۶ ۱۰-۱۲ ۲۶-۳۰
سفته بازی در بازار آتی ها در برخی از روزهای این ماه افزایش	۲۰۰۸	۷	۱-۳

Archive of SID

www.SID.ir

یافته و روی قیمت نفت موثر بوده است[1].			۹-۱۱ ۲۹-۳۱
بحران مالی در آمریکا وکشورهای اروپایی روی قیمت نفت تقریبا در همه روزهای این ماه موثر بوده است.	۲۰۰۸	۷	۱۰-۱۴ ۱۸-۲۱ ۲۵-۲۸
وقوع جنگ بین روسیه وگرجستان	۲۰۰۸	۸	۱۱
انجام سیاست های زیست محیطی	۲۰۰۸	۱۰	۱۶
بحران مالی در آمریکا وکشورهای اروپایی روی قیمت نفت تقریبا در همه روزهای این ماه موثر بوده است.	۲۰۰۸	۱۰	۱۰-۱۳ ۱۷-۲۰ ۲۸-۳۱
انتخاب اوباما به عنوان ریاست جمهوری آمریکا	۲۰۰۸	۱۱	۴
زلزله	۲۰۰۸	۱۱	۱۲
قطع تولید اپک تقریبا روی قیمت نفت موثر بود.	۲۰۰۸	۱۲	۳،۱۸

مهمترین قوانینی که بیانگر میزان تغییرات قیمت نفت در مقابل حوادث ذکر شده در جدول (۱) می‌باشد، درجدول (۲) مطرح شده اند. این قوانین با توجه به متوسط میزان تاثیرگذاری هر عامل مشخص در زمان‌های مختلف در فاصله سال‌های مورد بررسی به دست آمده‌اند.

[1] www.engdehl.oil geopolitics.net

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲. قوانین در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد

ردیف	اتفاق	جهت تغییرات قیمت نفت	درصد تغییرات
۱	افزایش تقاضای جهانی نفت	افزایش	۲۴-۴۹/۶
۲	کاهش مازاد گنجایش	افزایش	۱۱-۱۸/۳
۳	فعالیت سفته بازی در بازار آتی ها کاهش ارزش دلار	افزایش	۶-۱۰/۷
۴	بحران مالی در آمریکا و اروپا	افزایش	۳۴-۷۰/۶
۵	جنگ در گرجستان	افزایش	۰/۵-۲/۴
۶	انتخاب باراک اوباما به عنوان رئیس جمهوری آمریکا	کاهش	۱۴-۲۷/۵
۷	سیاست های زیست محیطی کاهش عرضه نفت اوپک	کاهش	۴-۷/۳
۸	گردباد	افزایش	۰/۱-۰/۵
۹	طوفان	افزایش	۳/۹-۷/۲
۱۰	زلزله	کاهش	۰/۳-۰/۹
۱۱		افزایش	۰/۲-۰/۵
۱۲		افزایش	۱۰/۸-۱۶/۹

مطابق جدول (۲)، اغلب حوادث مهم و موثر در فاصله سال های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ و دامنه تاثیر گذاری آنها بر قیمت نفت بیان گردیده اند. بیش‌ترین تغییرات قیمت نفت مربوط به کاهش ارزش دلار، افزایش تقاضای جهانی نفت، جنگ در گرجستان و کاهش مازاد گنجایش بوده است. کم‌ترین دامنه تغییرات نیز مربوط به وقوع حوادث غیر مترقبه از جمله گردباد و طوفان و سیاست‌های زیست محیطی می‌باشد. به طور نمونه افزایش تقاضای جهانی نفت در سالهای مورد بررسی منجر به افزایش قیمت در دامنه ۲۴ تا ۴۹/۶ درصد شد و انتخاب اوباما به عنوان ریاست جمهوری آمریکا منجر به کاهش ۴ تا ۷/۳ درصدی قیمت نفت گردید. بدین صورت هنگامی که حوادث مذکور روی می‌دهند، میزان تغییرات قیمت نفت توسط سامانه خبره مبتنی بر قواعد در پایگاه دانش ذخیره گردیده و با استفاده از این اطلاعات سامانه می‌تواند آثار سایر حوادث آتی مشابه را

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی نماید. در زیر به چند الگوی ساخته شده در سامانه مبتنی بـر قواعـد اشـاره مـی گردد :

اگر تقاضای جهانی نفت افزایش یابد، **آنگاه** قیمت نفت در بازار بـه طـور متوسـط درفاصله ۴۹/۶-۲۴ درصد افزایش مـی یابـد، وگرنه کاهش یافته و یا تغییری نمی کند.	**اگر** انجام فعالیت سفته بـازی در بـازار آتـی هـا افزایش یابد، **آنگاه** قیمت نفـت در دامنـه ۱۰/۷-۶ درصـد ی افزایش می یابـد، در غیـر ایـن صـورت کـاهش یافته و یا بدون تغییر می ماند.

شکل۳. الگوی های ذخیره شده در سامانه مبتنی بر قواعد

۴-۲) نتایج پیش بینی

در این مقاله از سامانه خبره تلفیقی جهت پیش‌بینی قیمـت نفـت اسـتفاده شـده است. در سامانه خبره تلفیقی قوانین حاصل از سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد و میـانگین های متحرک قیمت نفت به عنوان ورودی‌های شـبکه عصـبی وارد جریـان مـدل‌سـازی شدند و برای ۵ زیردوره در برگیرنده ۵ سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ و کـل دوره، پـیش بینـی صورت گرفت که نتایج آن در جدول (۳) ذکر گردیده است. از طرفی جهت بررسی نتایج پیش بینی حاصل از سامانه خبره تلفیقی، مقایسه ای بین نتـایج ایـن سـامانه بـا نتـایج حاصل از پیش بینی با شبکه عصبی GMDH و ARIMA انجام شد. معیار خوبی پیش بینی کمینه RMSE و بیشینه Dstat می‌باشد.

در اینجا ذکر این نکته لازم است که قبل از استفاده از معیارهای RMSE و Dstat ابتدا به بررسی آزمون‌های تشخیصی در خصـوص جمـلات خطـا مثـل خودهمبسـتگی، نرمالیستی و بررسی وجود اثرات ARCH پرداخته شد. لذا دیده شد که علاوه بـر عـدم وجود خودهمبستگی و اثرات ARCH، جملات خطا نرمال می‌باشند.

در این جدول Dstat برای سامانه خبره تلفیقی، برای هر یک از زیر دوره‌ها و کـل دوره از ۷۰٪ بیشتر بوده و RMSE برای سامانه خبره تلفیقی در همه زیر دوره‌ها و کـل دوره مورد بررسی از شبکه عصبی کمتر می‌باشد که بیانگر برتری این روش جهت پـیش بینی قیمت نفت خام است. از طرفی همان‌طور که در جدول (۲) ذکر گردیـد، در سـال

Archive of SID

www.SID.ir

۲۰۰۸ حوادث بیشتری روی داده که مطابق با جدول (۳) برای سامانه خبره تلفیقی در این سال RMSE کمتر از سایر سال‌ها و Dstat از بقیه بیشتر است، در صورتی که در مورد شبکه عصبی GMDH در سال ۲۰۰۷، RMSE کمتر از سایر سال‌ها است. لذا نتایج سامانه خبره تلفیقی با واقعیات تطابق بیشتری دارد. همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، نتایج پیش بینی حاصل از شبکه عصبی GMDH از ARIMA در همه دوره‌ها بهتر است و نتایج سامانه خبره تلفیقی در همه دوره‌ها از دو روش GMDH و ARIMA بهتر می‌باشد.

جدول ۳. نتایج پیش بینی قیمت نفت با استفاده از روش های سامانه خبره تلفیقی

روش	کل دوره (۲۰۰۴-۲۰۰۸)	زیر دوره۱ ۲۰۰۴	زیر دوره ۲ ۲۰۰۵	زیر دوره۳ ۲۰۰۶	زیر دوره ۴ ۲۰۰۷	زیر دوره۵ ۲۰۰۸
شبکه عصبی GMDH						
معیار جذر میانگین مجذور خطا	۳.۵۲۲	۳.۵۰۶	۳.۵۱۸	۳.۲۵۹	۳.۰۱۱	۳.۲۳۳
معیار Dstat	۵۹.۲۸	۵۰.۳۸	۵۴.۲۱	۵۸.۳۴	۶۵.۷۱	۶۸.۲۴
(٪)						
سامانه خبر ه تلفیقی						
معیار جذر میانگین مجذور خطا	۲.۴۹۵	۲.۹۴۲	۲.۸۶۶	۲.۸۳۰	۲.۱۷۱	۱.۹۴۸
معیار Dstat	۸۱.۳۷	۷۳.۴۹	۷۵.۸۱	۷۹.۰۰	۸۵.۴۴	۹۲.۲۶
(٪)						
ARIMA						
معیار میانگین مجذور خطا	۳.۶۴۱	۳.۵۹۲	۳.۵۲۴	۳.۲۸۱	۳.۶۰۲	۳.۵۵۶
معیار Dstat	۵۴.۵۷	۴۹.۶۷	۵۳.۳۱	۵۷.۴۲	۵۴.۷۳	۵۱.۹۱
(٪)						

شبکه عصبی GMDH و ARIMA

در این جا ذکر این نکته ضروری است که لزوما RMSE کمینه به معنای داشتن Dstat بیشینه نیست، به طور مثال در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ همچنان که RMSE مربوط به شبکه عصبی نسبت (۳.۵۰۶ و ۳.۵۱۸) به کل دوره (۳.۵۲۲) کمینه است،

Archive of SID

www.SID.ir

Dstat این سال ها (۵۰.۳۸ و ۵۴.۲۱) نیز نسبت به کل دوره (۵۹.۲۸) کمینه می‌باشد (بیشینه نیست)

مطابق نتایج جدول (۳)، در سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ (سال‌های آزمون) RMSE و Dstat مربوط به شبکه عصبی و سامانه خبره بهبود یافته اند. به گونه ای که برای شبکه عصبی در این سال‌ها با کمینه RMSE (۳.۰۱۱ و ۳.۳۳) و بیشینه Dstat (۶۵.۷۱ و ۶۸.۲۴) مواجه هستیم و در مورد سامانه خبره در این سالها RMSE (۲.۱۷۱ و ۱.۹۴۸) و Dstat (۸۵.۴۴ و ۹۲.۲۶) می‌باشد که نسبت به سایر سال‌ها بهتر است. لذا این نتایج حاکی از خوبی پیش بینی توسط شبکه عصبی و سامانه خبره در سال‌های مورد بررسی هست که برای ARIMA به این صورت نمی‌باشد. در قیاس بین شبکه عصبی و سامانه خبره تلفیقی، ملاحظه می‌گردد که در سال ۲۰۰۸ RMSE مربوط به سامانه خبره تلفیقی (۱.۹۴۸) نسبت به سال ۲۰۰۷ (۲.۱۷۱) معادل ۱۲ درصدکاهش یافته است. این در حالی است که RMSE برای شبکه عصبی از (۳.۰۱۱) در سال ۲۰۰۷ به (۳.۲۳۳) در سال ۲۰۰۸، یعنی معادل ۷ درصد افزایش یافته است. در مقایسه معیار Dstat، برای سامانه خبره تلفیقی، سال ۲۰۰۸(۹۲.۲۶) نسبت به سال ۲۰۰۷(۸۵.۴۴) حدود ۸ درصد افزایش داشته است. در حالی که Dstat شبکه عصبی از (۶۵.۷۱) سال ۲۰۰۷ به (۶۸.۲۴) سال ۲۰۰۸، تنها ۴ درصد افزایش یافته است، ولی با استفاده از ARIMA گویی نتایج پیش بینی بدتر شده است. بنابراین می‌توان گفت که به کارگیری روش های ترکیبی و سامانه خبره، عملکرد پیش بینی را بهبود داده و نتایج دقیق تر و مطمئن تری را به دنبال خواهد داشت.

۵)نتیجه گیری

در این تحقیق از سامانه خبره تلفیقی که شامل داده کاوی صفحات وب، سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد و شبکه عصبی GMDH است، جهت پیش بینی قیمت نفت استفاده شد. بدین منظور ابتدا به بررسی عوامل موثر بر قیمت نفت با استفاده از روش داده کاوی صفحات وب پرداخته و سپس با استفاده از سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد، با توجه به میزان اثر گذاری هر یک از عوامل موثر بر نوسانات قیمت نفت، قوانینی حاصل آمد که همراه با میانگین‌های متحرک ۵ و ۵۰ روزه قیمت نفت و دو وقفه هر یک از

Archive of SID

www.SID.ir

آنها، به عنوان ورودی شبکه عصبی وارد جریان مدل سازی گردیدند. بدین سان نشان داده شد که سامانه خبره تلفیقی به ویژه درسال ۲۰۰۸ که بازارهای مالی اروپا وآمریکا با بحران شدید مواجه بودند، بهتر از شبکه عصبی و ARIMA قادر به پیش بینی قیمت نفت خام بوده، دلیل آن را نیز می‌توان اعمال اثرات عوامل برونزا، در قالب قوانینی به عنوان ورودی های شبکه عصبی ذکر کرد.

منابع و مآخذ:

-Abrishami H, Moeini A, Mehrara M, Ahrari M, Soleimanikia F. 2008, Forecasting Gasoline Price Using GMDH Neural Network Based on GA. Journal of Quarterly Iranian Economic Research, Allameh Tabatabaii University; 37-59.

-Amanifard N, Nariman-Zadeh N, Borji M, Khalkhali A, Habibdoust A, 2008, Modeling and Pareto optimization of heat transfer and flow coefficients in micro channels using GMDH type neural networks and genetic algorithms, Energy Conversion and Management, Volume 49; Issue 2; 311-325.

-Atashkari K, Nariman-Zadeh N, Gölcü M, Khalkhali A, Jamali A, 2007, modeling and multi-objective optimization of a variable valve-timing spark-ignition engine using polynomial neural networks and evolutionary algorithms. Journal of Energy Conversion and Management; 48; 1029-1041.

-Casella G, Lehmann E.L, 1999, Theory of Point Estimation, Springer.

-Farlow S.J, 1984, Self-organizing Method in Modeling, GMDH type algorithm; Marcel Dekker Inc.

-Gencay, Ramazan, 1996, Non-linear prediction of security returns with moving average rules. Journal of Forecasting; 15; 165-174.

-Gencay, Ramazan, Stengos, Thanasis, 1998, Moving average rules, volume and the predictability of security returns with feed forward networks. Journal of Forecasting; 17; 401-414.

-Gencay, Ramazan, 1998a, The predictability of security returns with simple technical trading rules. Journal of Empirical Finance; 5; 347-359.

-Gencay, Ramazan, 1999, Linear, non-linear and essential foreign exchange rate prediction with simple technical trading rules. Journal of International Economics; 47; 91–107.

Archive of SID

www.SID.ir

-Iba H, deGaris H, Sato T, 1996, A numerical Approach to Genetic Programming for System Identifications. Journal of Evolutionary Computation; 3; 417-452.
-Ivakhnenko A.G, 1971, Polynomial Theory of Complex Systems. IEEE Trans. Syst, Man and Cybern; 364-378. Kaboudan, Penn State, Fagelsville, 2001, Evolutionary Computation. Roceedings of the 2001 Congress; 1; 283-287.
-Mehrara M, Moeini A, Ahrari M, Erfanifard A, 2008, Investigating the efficiency in oil futures market based on GMDH approach. Journal of Expert Systems with Applications; Elsevier Science.
-Moshiri S, Foroutan F, 2006, Forecasting nonlinear Crude Oil Prices Journal of Energy; 27; 81-95.
-Nariman-zadeh N, Darvizeh A, Darvizeh M, Gharababaei H, 2003, Modeling of explosive cutting process of plates using GMDH-type neural network and singular value decomposition. Journal of Materials Processing Technology; 128; 80-87.
-Naseri M, Ahmadi E, 2006, A Hybrid Artificial Intelligence Approach to Monthly Forecasting of Crude Oil Price Time series, Journal of Engineering Application 's of Neural Network; 284.
-Negnevitsky M, 2005, A Guide to Intelligent Systems. Second Edition.
-Rajman M, Besanon R, 1998, Text mining –knowledge extraction from unstructured textual data. In The 6th Conference of International Federation of Classification Societies. Rome.
-Salton G. Wong A. Yang C. A vector space model for automatic indexing. Communications of the ACM. 1971; 18; 613–620.
-Sanchez E, Shibata T, Zadeh L.A, 1997, Genetic Algorithms and Fuzzy Logic Systems. World Scientific.
-Shi Z, 2002, Knowledge Discovery, Beijing, Tsinghua University Press.
-Srinivasan D, 2008, Energy demand prediction using GMDH networks, Neurocomputing, 72; 625–629
-Wang S, Yu L, Lai K.K, 2004, A Novel Hybrid AI System Framework for Crude Oil Price Forecasting. Springer –Verlag Heidelberg; 233-242.
-Wang S, Yu L, Lai K.K, 2005, Crude Oil Price Forecasting with TEI@I Methodology. Journal of Systems Science and Complexity; 18.

Archive of SID

www.SID.ir

-Yu L, Wang S.Y, Lai K.K, 2003, A hybrid AI system for forex forecasting and trading decision through integration of artificial neural network and rule-based expert system, Expert System with Applications.
-Yu L, Lai K.K, Wang S, He K, 2007, Oil Price Forecasting with an EMD –BASED Multistage Neural Network Learning Paradigm. Lecture Notes in computer science; 4489; 925-932.
http://www.eia.doe.gov
- www.beology.com
-www.bloomberg.com
-www.iirenergy.com
-www.treasurydirect.gov
-www.engdehl.oil geopolitics.net

Archive of SID

www.SID.ir