**فصلنامه اقتصاد انرژی ایران**
**سال دوم، شماره ۷، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۷۰-۱۴۷**

# پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و مدل ARMAX

**محمدقلی یوسفی*، تیمور محمدی**، نوید معرف‌زاده*****

تاریخ دریافت: ۱۱ خرداد ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۹ مهر ۱۳۹۲

**هدف تحقیق مدل‌سازی و پیش‌بینی تقاضای نفت در ایران با استفاده از روش، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، می‌باشد. در مقاله تلاش شده تا یافته‌های تحقیق با استفاده از مدل مذکور با مدل ARMAX مقایسه گردد تا میزان دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مورد ارزیابی علمی قرار گیرد. نتیجه مطالعه نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت بیشتری در پیش‌بینی تقاضای نفت خام ایران برخوردار است. همچنین در این مقاله متغیرهای تعیین‌کننده تقاضای نفت خام در کشورهای منتخب عضو اوپک مورد مقایسه قرار گرفت تا مشخص گردد که آیا عوامل تعیین‌کننده تقاضای نفت خام ایران در سایر کشورها نیز مشابه است؟ برای این کار از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن استفاده شده است، نتایج حاصل نشان می‌دهد مقدار این ضریب برای کشورهای منتخب نسبت به ایران نزدیک به یک است که بر آن دلالت می‌کند که، متغیرهای استفاده شده در این تحقیق در سایر کشورهای مشابه نتایج یکسانی بدست داده است. در نتیجه می‌توان آنها را برای پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام متغیرهای کلیدی در نظر گرفت.**

**واژه‌های کلیدی:** شبکه‌های عصبی، ARMA، ARMAX، پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام
طبقه‌بندی بین‌المللی.
**طبقه‌بندی JEL:** C45، C53، E27، Q47.

* دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی
** استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی
*** دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی navid_moarrefzadeh@yahoo.com

### ۱. مقدمه

نفت خام یکی از منابع انرژی تجدیدناپذیر است که در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. نفت نه تنها مهمترین منبع تأمین انرژی برای توسعه اقتصادی صنعتی ایران است بلکه مهمترین منبع درآمد دولت است و سهم بالایی در دریافتهای ارزی ایران ایفا می‌کند[1]. ایران یکی از کشورهای بزرگ صادرکنندهٔ نفت و خود یکی از بزرگترین مصرف‌کننده‌های نفت خام جهت تولید فرآورده‌های نفت به شمار می‌آید. هرگونه نوسان در تقاضای نفت خام تأثیر مستقیم و غیرمستقیمی بر فعالیتهای مختلف اقتصادی ایران خواهد داشت. در نتیجه پیش‌بینی تقاضای نفت خام ایران برای برنامه‌ریزی و سیاستگذاری از اهمیت بالایی برخوردار است . با این مقدمه هدف تحقیق مدل‌سازی و پیش‌بینی تقاضای نفت در ایران با استفاده از روش، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، می‌باشد. در مقاله تلاش شده تا یافته‌های تحقیق با استفاده از مدل مذکور با مدل ARMAX مقایسه گردد تا میزان دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مورد ارزیابی علمی قرار گیرد. همچنین در این مقاله متغیرهای تعیین‌کننده تقاضای نفت خام در کشورهای منتخب عضو اپک مورد مقایسه قرار گرفته تا مشخص گردد که آیا عوامل تعیین‌کننده تقاضای نفت خام ایران در سایر کشورها نیز مشابه است یا اینکه بین آنها تفاوت وجود دارد؟ پس از این مقدمه در بخش دوم ادبیات موضوع به اختصار ارائه می‌گردد. سپس تحقیق ارائه می‌شود. در بخش چهارم به تشریح داده‌ها و تخمین مدل اختصاص دارد.

### ۲. ادبیات موضوع

موفقیت شبکه‌های عصبی در حوزه اقتصاد مالی، توجه متخصصین اقتصاد کلان و اقتصاد سنجی را نیز به خود جلب کرد و پژوهش در زمینه استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی و مدلسازی در اقتصاد کلان در دهه ۹۰ آغاز شد. اوج این پژوهشها را میت واند به دوره پس از انتشار مقاله مشهور خوان و وایت[2] (۱۹۹۴) نسبت داد. خوان و وایت در مقاله خود بسیاری ازموضوعات موازی در شبکه‌های عصبی و اقتصاد سنجی را استخراج کردند و از این نظر مقاله آنها یک مقدمه پذیرفته شده و قطعی در ادبیات اقتصاد سنجی به حساب می‌آید. مقالات متعددی وجود دارد که دال بر مفید بودن مدل‌های شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی است. اما همانطوری که

---

۱ برای اطلاع بیشتر، Yousefi (1994)

2. Kuan & White

چاتفیلد[1] (۱۹۹۳) بیان می‌کند، بیشتر این مقالات به دلیل عدم توجه و دقت کافی متدولوژیکی، غیر قابل اطمینان هستند. از جمله این مقالات می‌توان به پژوهشهای تال و نازارس[2] (۱۹۹۵) و اندرسون و فالکساند[3] (۱۹۹۴) اشاره کرد. برخی دیگر از نویسندگان مانند برامسون و هاپتراف[4] (۱۹۹۰) شبکه‌های عصبی با متغیرهای توضیحی بیشتر نسبت به مدلهای رقیبشان ساخته‌اند و از اینرو مقایسه نتایج مدلهای مختلف آنها غیرمنصفانه است. برخی دیگر از نویسندگان نیز مانند آیکن[5](۱۹۹۹) و آیکن و بسات[6] (۱۹۹۹) هیچ کوششی برای مقایسه صحت نتایج شبکه‌هایشان با مدلهای رقیب انجام نداده‌اند و تنها متوسط خطای پیش‌بینی شبکه‌هایشان را محاسبه کرده و نتیجه گرفته‌اند که خطاها کوچک هستند.

توتو و جانسون[7]، تقاضای داخلی نفت اوپک[8] را برای دوره ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۰ پیش‌بینی کرده‌اند.

توکساری[9] (۲۰۰۷)، در مقاله‌ای تحت عنوان «برآورد تقاضای انرژی در ترکیه با استفاده از روش بهینه‌سازی کلونی مورچگان[10]» با استفاده از روش کلونی مورچگان به پیش‌بینی تقاضای انرژی با استفاده از شاخص‌های رشد جمعیت و تولید ناخالص داخلی، واردات و صادرات، طی سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۵ می پردازد.

پدرگال و دژوان[11]، تقاضا برای فرآورده‌های نفت خام را در اسپانیا[12] مدلسازی کردند. آنها های اقتصادی را برای تقاضای پنج فرآورده، از مهمترین فرآورده‌های نفتی گسترش داده‌اند. هدف آن‌ها تخمین یک رشته از کشش های تقاضا است که به عنوان یک مبنا برای پیش‌بینی تقاضای انرژی استفاده می‌شود.

بهرنگ[13] (۲۰۱۱)، با استفاده از روش GSA[14] تقاضای نفت خام را در ایران تا سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی کرده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Chatfield
2. Tal & Nazareth
3. Andersson&Falksund
4. Bramson&Hoptroff
5. Aiken
6. Aiken &Bsat
7. Tutu and Johnson
8. Opec domestic oil demand
9. Tuksary
10. Ant colony optimization approach to estimate energy
11. Pedregal and dejuan
12. Modelling demand for crude oil products in Spain
13. Behrang
14. Gravitational Search Algorithm

آلپر انلر[1]، به پیش‌بینی تقاضای انرژی در ترکیه با استفاده از مدل بهینه‌سازی ازدحام ذرات[2] (PSO) تا سال ۲۰۲۵ پرداخته و به عنوان نتیجه بیان می‌کند که ارتباط بین توسعه اقتصادی و تقاضای انرژی یک کشور، به عنوان یک موضوع کلیدی شامل تجزیه و تحلیل بسیاری از مسائل اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیکی می‌باشد.

استادزاد، شایگان (۱۳۸۷)، با استفاده از روشهای ols و ۲ols تقاضای نفت خام در ایران را تا سال ۱۴۱۰ با توجه به گرایشات داخلی و خارجی به سوختهای جایگزین پیش‌بینی کرده‌اند.

منهاج وکاظمی (۱۳۸۸)، تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل را با استفاده از شبکه‌های عصبی پیش‌بینی کردند.

گلستانی، گرگینی (۱۳۹۱)، به مقایسه توانایی پیش‌بینی مدل‌های var، ARIMA، و شبکه‌های عصبی (ANN)، در تقاضای جهانی نفت اوپک پرداختند.

حیدری (۱۳۸۳)، به روش تجزیه به پیش‌بینی تقاضای انرژی در اقتصاد ایران پرداخت. وی میزان تقاضای حاملهای سه‌گانه انرژی در بخش‌های تولیدی اقتصاد ایران را با استفاده از یک الگوی تجزیه برای یک دوره ۱۵ ساله پیش‌بینی کرد. نتایج پیش‌بینی تقاضای برق و گاز طبیعی نشان می‌دهد که در طول سال‌های مورد پیش‌بینی با تشدید مصرف ناشی از عوامل ساختاری و شدت انرژی مواجه هستیم.

## ۳. روش تحقیق

### ۱-۳. مدل‌های سری زمانی مانا ARMA

با ترکیب یک فرآیند میانگین‌متحرک و یک معادله تفاضلی خطی یک مدل (اتورگرسیو میانگین متحرک) حاصل می‌شود. معادله تفاضلی مرتبه $P$ام ذیل را در نظر بگیریم:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i y_{t-i} + \chi_t \qquad (1)$$

حال فرض می‌کنیم $\{x_t\}$ فرآیند میانگین‌متحرکی مطابق رابطه $x_t = \sum_{i=0}^{q} \beta_i \Sigma_{t-i}$ می‌باشد. بدین ترتیب خواهیم داشت:

1. Alper
2. PSO

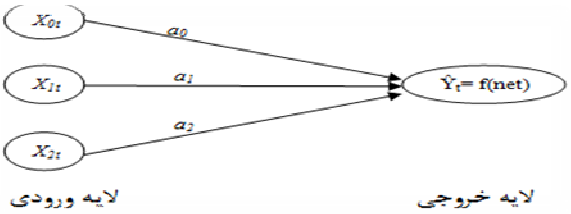
$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q} B_i \Sigma_{t-i} \qquad (۲)$$

واحدها را به نحوی نرمال می‌کنیم که $\beta_0$ همواره مساوی یک باشد. اگر همه ریشه‌های مشخصه معادله (۲) درون دایره واحد جای داشته باشند، $\{y_t\}$ را یک مدل اتورگرسیو میانگین متحرک[1] (ARMA) گویند. قسمت اتورگرسیو مدل عبارت است از معادله تفاضلی و یا بخش همگن معادله (۲) و قسمت میانگین متحرک آن نیز دنباله $\{X_t\}$ است. اگر جزء همگن معادله تفاضلی دارای $p$ وقفه باشد و تعداد وقفه‌های مدل $X_t$ برابر q باشد در این صورت مدل ARMA مذکور را یک مدل ARMA$(p,q)$ گویند. اگر $q=0$ باشد، در این صورت فرآیند ARMA را یک فرآیند (اتورگرسیو خالص)[2] گویند که با AR$(P)$ نشان داده می‌شود و اگر $p=0$ باشد فرآیند مذکور یک فرآیند (میانگین متحرک خالص)[3] است که با MA$(q)$ نشان داده می‌شود. (اقتصاد سنجی سری زمانی (والتر اندرس[4]))

### ۲-۳. مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی

مدل شبکه عصبی مصنوعی، مدل ساده شده‌ای از یک سیستم مرکزی است که ساختار مغز انسان را الگو قرار می‌دهد و با استفاده از ساختار محاسباتی پیچیده ارتباط درون نرون‌ها، توانایی واکنش به تغییرات و تطابق با محیط داده‌ها را به وجود می‌آورد. شبکه عصبی مصنوعی با پردازش داده‌های موجود، دانش یا قوانین نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کند و بر اساس محاسبات بر روی داده‌های عددی یا مثال‌ها، قوانین کلی را فرا می‌گیرد.پژوهش درباره شبکه‌های عصبی مصنوعی از زمانی آغاز شد که مغز به عنوان یک سیستم پویا با ساختار موازی و پردازشگری کاملاً متفاوت از سایر پردازشگرهای متداول شناخته شد. نگرش نوین در مورد کارکرد مغز ماحصل تفکراتی بود که در اوایل قرن بیستم توسط رامون سگال[5] در مورد ساختار مغز به عنوان اجتماعی از اجزای محاسباتی کوچک به نام نرون شکل گرفت.

1. Autoregressive Moving Average
2. Pure Autoregressive
3. Pure Moving Average
4. Enders
5. Ramon Segal




**شکل ۱. نمونه ای از یک شبکه عصبی پیشخور**

یک شبکه عصبی مجموعه‌ای از نرون‌های به هم متصل در لایه‌های مختلف است که اطلاعاتی را برای یکدیگر ارسال می‌کنند. ساده‌ترین شبکه فقط دو لایه دارد: لایه ورودی، لایه خروجی. شبکه شبیه یک سیستم ورودی- خروجی عمل می‌کند و ارزش‌های نرون‌های ورودی را برای محاسبه ارزش نرون خروجی مورد استفاده قرار می‌دهد. شکل ۱ نمایش نموداری استاندارد یک شبکه عصبی را نشان می‌دهد. هر نرون به وسیله یک دایره و ارتباط میان نرون‌ها با یک فلش نمایش داده شده است. خروجی $y$ و ورودی های $X_0$ و $X_1$ و $X_2$ بردارهای $n\times 1$ هستند که در آن $n$ تعداد مشاهدات را نشان می‌دهد در این مثال اطلاعات منحصرا از ورودی‌ها به خروجی حرکت می‌کنند بنابراین مدل مورد بحث به شبکه عصبی پیشخور[1] معروف است.

ارتباط میان یک ورودی و خروجی به وسیله یک وزن $a$ که بیانگر اهمیت نسبی ورودی مذکور در محاسبه ارزش خروجی است مشخص می‌شود به این ترتیب ارزش نرون خروجی مشاهده $t$ از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{Net}_t = \alpha_0 \chi_{0t} + \alpha_1 \chi_{1t} + \alpha_2 \chi_{2t} = \sum_{i=0} \alpha_i \chi_{it} \qquad (۳)$$

سپس نرون خروجی ارزش بدست آمده را با استفاده از یک تابع تبدیل یا فعال‌سازی (محرک)[2] که با $f(X)$ نشان داده می‌شود پردازش می‌کند. در ساده‌ترین شکل شبکه عصبی پیشخور، تابع فعال‌سازی خطی است. برای مثال $f(X) = X$ ارزش بدست آمده از رابطه (۳) و یک تابع فعال‌سازی خطی، خروجی نهایی شبکه برای $t$ بصورت زیر می‌شود:

$$y_t = f(Net_t = a_0 x_{0t} + a_1 x_{1t} + a_2 x_{2t}) = a_0 x_{0t} + a_1 x_{1t} + a_2 x_{2t} \qquad (۴)$$

1. Feedforward Neural Network
2. Transfer or Activation Function

معمولاً یکی از ورودی‌ها برای تمام مشاهدات دارای ارزش ۱ است و جمله اریب[1] نامیده می‌شود اگر بپذیریم که $X_0$ جمله اریب باشد در آن صورت خروجی شبکه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$y_t = a_0 + a_1 x_{1t} + a_2 x_{2t} \qquad (۵)$$

همانطور که مشاهده می‌شود یک شبکه عصبی پیشخور با دو لایه و تابع فعال‌سازی خطی مشابه مدل رگرسیون خطی چندمتغیره[2] است. نرون‌های ورودی همان متغیرهای مستقل یا رگرسورها هستند و نرون خروجی همان برآورد متغیر وابسته است. وزن‌های مختلف شبکه نیز مشابه پارامترهای مدل رگرسیون و جمله اریب نیز همان عرض از مبدأ یا جمله ثابت در مدل رگرسیون است. در صورتی که وقفه‌های متغیر وابسته را به مجموعه ورودی‌ها اضافه کنیم در آنصورت به شبکه‌ای مشابه شبکه اتورگرسیو $AR$ دست می‌یابیم.(منهاج (۱۳۸۴))، (آل-صبا[3] (۲۰۱۰))

هدف تحقیق مدل‌سازی و پیش‌بینی تقاضای نفت در ایران با استفاده از روش، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، می‌باشد. در مقاله تلاش شده تا یافته‌های تحقیق با استفاده از مدل مذکور با مدل ARMAX مقایسه گردد تا میزان دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مورد ارزیابی علمی قرار گیرد. اگر چه شکل تابعی غیرخطی پیچیده شبکه‌های عصبی تفسیر وزن‌های تخمین زده شده شبکه را بسیار مشکل می‌کند و در نمونه‌های کوچک این موجب محدود شدن درجه آزادی و برازش نامناسب داده‌های خارج از نمونه می‌شود، حتی وقتی که از روش توقف زودهنگام استفاده گردد. در حقیقت، روش توقف زودهنگام می‌تواند این مشکل را وخیم‌تر کند، زیرا برای استفاده از آن نمونه باید به سه بخش تقسیم شود، در نتیجه تعداد مشاهدات در دسترس برای تخمین و پیش‌بینی‌های خارج از نمونه بسیار محدود می‌شود. در نتیجه استفاده از شبکه‌های عصبی مستلزم وجود داده‌های زیادی است.

با وجود این مشکلات و کاستی‌هایی که در شبکه‌های عصبی جهت پیش‌بینی وجود دارد، اما از آنجایی که شبکه‌های عصبی مصنوعی با توابع فعال‌سازی غیرخطی، برای بحث و بررسی در زمینه روابط غیرخطی از مدلهای رگرسیون خطی خیلی کاراترند و همچنین با وجود اینکه بسیاری از توابع غیرخطی می‌توانند با استفاده از تبدیل‌های ریاضی نسبتاً ساده خطی شوند، اما این موضوع با این فرض صورت می‌گیرد که پژوهشگر اطلاعات اولیه‌ای درباره طبیعت فرآیند غیرخطی

1. bias
2. Multiple Linear Regression Model
3. Al-Saba

موجود در داده‌ها را دارا باشد، در صورتی که شبکه‌ها به علت این ساختارشان دیگر نیازی به این اطلاعات اولیه ندارند و یکی دیگر از مزیت‌های شبکه‌های عصبی انعطاف‌پذیری نسبی ساختمان آنها می‌باشد. (قدیمی (۱۳۸۱))

## ٤. تشریح داده‌ها و تخمین مدل

در این تحقیق از متغیرهای جمعیت، تولید ناخالص داخلی، خالص صادرات، تعداد وسایل نقلیه موتوری شماره‌گذاری شده جهت پیش‌بینی و مدل‌سازی استفاده شده است. مدل‌سازی و پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام طی دو مدل به شرح زیر صورت گرفته است. (پاشنگ (۱۳۸۸))، (وزارت نیرو، (۱۳۸۹-۱۳۵۹))

مدل اول: در این مدل از متغیرهای جمعیت، خالص صادرات، تولید ناخالص داخلی جهت پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران استفاده کرده‌ایم.

مدل دوم: و اما در این مدل علاوه بر سه متغیر فوق از متغیر دیگری به نام تعداد وسایل نقلیه موتوری شماره‌گذاری شده استفاده شده است که در آخر تفاوت این دو مدل از نظر قدرت پیش‌بینی طبق معیارهای در نظر گرفته شده بیان می‌شود. (بهرنگ، (۲۰۱۱))

### ٤-۱. تخمین مدل

در این تحقیق جهت مدل‌سازی مقدار تقاضای نفت خام در ایران داده‌ها به دو گروه تقسیم شده‌اند، گروه اول عبارتند از داده‌های سال ۱۳۵۹ تا سال ۱۳۷۸، که این گروه از داده‌ها جهت آموزش شبکه عصبی مصنوعی، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. گروه دوم، از داده‌های سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۸۹ تشکیل شده است. از این دسته از داده‌ها جهت پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۸۹، یعنی به مدت ۱۱ سال استفاده شده است که در نهایت مقادیر پیش‌بینی شده برای این ۱۱ سال با مقادیر واقعی مقدار تقاضای نفت خام طبق آمار داده شده برای این ۱۱ سال مقایسه می‌گردد. جهت ارزیابی عمل کرد هر دو مدل ANN و ARMAX، و پی بردن به اینکه کدام روش قابل اعتمادتر و دقیقتر جهت پیش‌بینی می‌باشد، از معیار میانگین قدر مطلق خطا[1] استفاده کرده‌ایم.

1. MAPE (Min Absolute Percent error)

$$\text{میانگین قدر مطلق خطا} = \frac{1}{n}\sum \frac{\left|Eper_i - Eact_i\right|}{Eact_i} \qquad (۶)$$

در نتیجه آن روشی که درصد میانگین قدرمطلق خطا در آن کوچکتر، آن روش مورد اعتمادتر جهت پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام خواهد بود و در این تحقیق هدف انتخاب بهترین روش از میان این دو با توجه به معیار گفته شده در فوق خواهد بود، تا در نهایت با اتخاذ آن روش به بهترین شکل ممکن به پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران پرداخت.

### ۲-٤. تحلیل یافته‌های ناشی از کاربرد مدل ARMAX

در ابتدا جهت تشخیص اینکه آیا سری‌های زمانی مانا هستند یا نامانا، از آزمون دیکی- فولر (ADF) استفاده شده است، نتایج حاصل در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱. نتایج آزمون ایستایی، براساس تست دیکی-فولر**

| متغیر | مقدار آماره t محاسباتی | ٪۱ | ٪۵ | ٪۱۰ | Prob |
|---|---|---|---|---|---|
| **مقدار تقاضای نفت خام** | -۵/۲۱۵۸ | -۴/۳۲۳۹ | -۳/۵۸۰۶ | -۳/۲۲۵۳ | ۰/۰۰۱۲ |
| **تولید ناخالص داخلی** | -۴/۷۰۵۹ | -۴/۲۹۶۷ | -۳/۵۶۸۳ | -۳/۲۱۸۳ | ۰/۰۰۳۸ |
| **جمعیت** | -۳/۸۸۹۱ | -۴/۳۳۹۳ | -۳/۵۸۷۵ | -۳/۲۲۹۲ | ۰/۰۲۶ |
| **خالص صادرات** | -۴/۴۶۸۳ | -۳/۶۹۹۸ | -۲/۹۷۶۲ | -۲/۶۲۷۴ | ۰/۰۰۱۶ |

منبع: یافته‌های تحقیق براساس داده‌های آماری مستخرج از ترازنامه انرژی وزارت نیرو طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۵۹ می‌باشد.

همانگونه که جدول ۱ نشان می‌دهد، سریهای زمانی ما در سطح مانا هستند. پس از این مرحله برای نشان دادن تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته، مدل ساختاری زیر بکار گرفته شده است.

$$Y = a_1 gdp + a_2 pop + a_3 nx + u_t \qquad (۷)$$

کـه در آن Y، متغیـر وابسـته مربـوط بـه تقاضـای نفـت خـام، gdp تولیـد نـاخلص داخلـی، pop نشان‌دهنده جمعیت، NX خالص صادرات فراورده‌های نفتی و $u_t$ متغیر باقیمانـده مـی‌باشـد. نتـایج حاصل از کاربرد مدل ۷ در جدول ۲ ارائه شده است.

**جدول ۲. نتایج مدل ساختاری**

| نام متغیر | ضریب | آزمون t | prob |
|---|---|---|---|
| تولید ناخالص داخلی | -۱/۶۱ | -۱۱/۲۳ | ۰ |
| جمعیت | ۱/۶۵ | ۱۳/۳۳ | ۰ |
| خالص صادرات | ۰/۵۰ | ۳/۳۲ | ۰/۰۰۲۸ |
| دوربین واتسون =۰/۵۸ | | | |

منبع: یافته‌های تحقیق براساس داده‌های آماری مستخرج از ترازنامـه انـرژی وزارت نیـرو طـی سـال‌هـای ۱۳۸۹-۱۳۵۹ می‌باشد.

همانگونه که جدول ۲ نشان می‌دهد، تمام متغیرها از نظر آماری معنادار می‌باشند، اما از آنجایی که جمله خطا دارای خودهمبستگی از نوع ARMA، با آماره دوربین واتسون برابر ۰/۵۸ می‌باشد، لذا نهایتاً مدل ARMAX را برآورد کرده‌ایم و در آخر جهت تعیین تعداد جملات خودتوضیحی ($p$) و تعداد جملات میانگین‌متحرک ($q$)، از نمودارهای همبستگی و همبستگی جزئی استفاده شده است، که یافته‌های تحقیق در جدول ۳ ارائه شده است.

**جدول ۳. تعیین تعداد وقفه‌های بهینه**

Date: 09/18/13 Time: 10:39
Sample: 1359 1389
Included observations: 27

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0.544 | 0.544 | 8.9197 | 0.003 |
| | | 2 | -0.007 | -0.430 | 8.9210 | 0.012 |
| | | 3 | -0.295 | -0.097 | 11.754 | 0.008 |
| | | 4 | -0.408 | -0.248 | 17.435 | 0.002 |
| | | 5 | -0.176 | 0.226 | 18.533 | 0.002 |
| | | 6 | 0.103 | -0.043 | 18.928 | 0.004 |
| | | 7 | 0.199 | 0.026 | 20.482 | 0.005 |
| | | 8 | 0.137 | -0.087 | 21.259 | 0.006 |
| | | 9 | -0.006 | 0.027 | 21.260 | 0.012 |
| | | 10 | -0.008 | 0.181 | 21.263 | 0.019 |
| | | 11 | 0.096 | 0.111 | 21.714 | 0.027 |
| | | 12 | 0.113 | -0.037 | 22.387 | 0.033 |

منبع: مستخرجات کامپیوتری توسط محققین با استفاده از داده‌های آماری مستخرج از ترازنامه انرژی وزارت نیـرو طـی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۵۹ می‌باشد.

همانگونه که از جدول ۳ و نمودارهای AC و PAC مشخص است، مدل ARMAX ما دارای جمله خودتوضیحی از مرتبه یک و همچنین جمله میانگین متحرک از *مرتبه یک می باشد*، در نتیجه مدل ARMAX(۱,۱) برآورد شده است و نتایج حاصل در جدول ۴ ارائه شده است.

**جدول ٤. نتایج حاصل از برآورد مدل ARMAX در نرم‌افزار Eviews**

| نام متغیر | ضریب | آزمون t | prob |
|---|---|---|---|
| تولید ناخالص داخلی | -۰/۱۵ | -۰/۶۲ | ۰/۵۳ |
| جمعیت | ۰/۶۷ | ۳/۱۷ | ۰/۰۰۴ |
| خالص صادرات | -۰/۰۰۲ | -۰/۰۰۲۱ | ۰/۹۸ |
| AR(۱) | ۰/۹۳ | ۲۳/۶۳ | ۰ |
| MA(۱) | ۰/۰۶ | ۰/۲۴ | ۰/۸۰۸۹ |

منبع: همانند جدول ۱

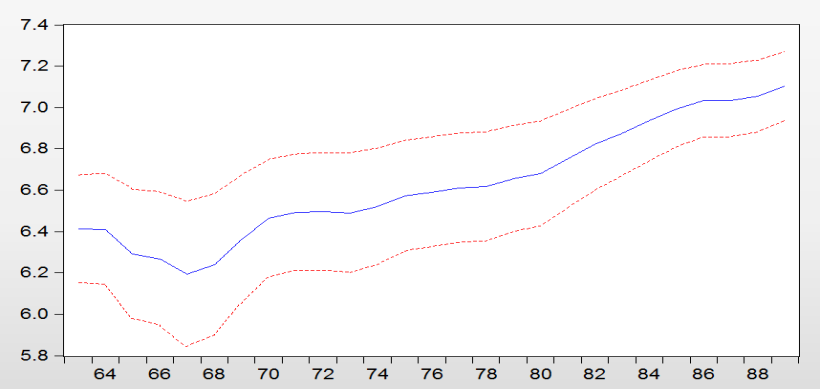
همانگونه که جدول ۴ نشان می‌دهد، جمله میانگین متحرک ((MA(۱)) از نظر آماری معنادار نبوده، در نتیجه این متغیر از مدل حذف گردید، نتایج تخمین مدل بعد از حذف میانگین متحرک در جدول ۵ نشان داده شده است.

**جدول ۵. نتایج حاصل از برآورد مدل ARMAX، پس از حذف متغیر میانگین متحرک**

| نام متغیر | ضریب | آزمون t | prob |
|---|---|---|---|
| تولیدناخالص داخلی | ۱/۴۸ | ۳/۰۶ | ۰/۰۰۵۵ |
| جمعیت | ۰/۶۹ | ۴/۳۳ | ۰/۰۰۰۲ |
| AR(۱) | ۰/۶۴ | ۳/۷۲ | ۰/۰۰۱۱ |
| عرض از مبدأ | -۱۸/۷۰ | -۵/۳۸ | ۰ |

منبع: همانند جدول ۱

همانگونه که جدول ۵ نشان می‌دهد، پس از حذف جمله میانگین متحرک، در نتیجه مدل ARMAX(۱,۰) از نظر آماری معنادار بوده، نهایتاً در این تحقیق از مدل ARMAX(۱,۰) استفاده شده است. در آخر با استفاده از مدل ARMAX(۱,۰) به پیش‌بینی تقاضای نفت خام در ایران می‌پردازیم. که نتایج حاصل در نمودار ۱ نشان داده شده است.




**نمودار ۱. پیش‌بینی تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از مدل ARMAX**

منبع: یافته‌های تحقیق با استفاده از منابع جدول ۱

### ۳-٤. تخمین مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی

جهت مدلسازی و پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام با استفاده شبکه عصبی مصنوعی از نوع پرسپترون چندلایه[1]، ابتدا لازم است از طریق آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی تعداد نرون‌های لایه‌های ورودی و خروجی و تعداد لایه‌های پنهان را تعیین و سپس به پیش‌بینی توسط شبکه آموزش داده شده پرداخت. برای اینکار در ابتدا لازم است از طریق برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab، مقادیر تمام متغیرهای خود را در بازه ۱ و ۰ از طریق فرمول زیر نرمال‌سازی کرده و سپس از داده‌های نرمال‌سازی شده در این بازه جهت آموزش شبکه استفاده گردد. روش نرمال‌سازی به شرح زیر صورت گرفته است:

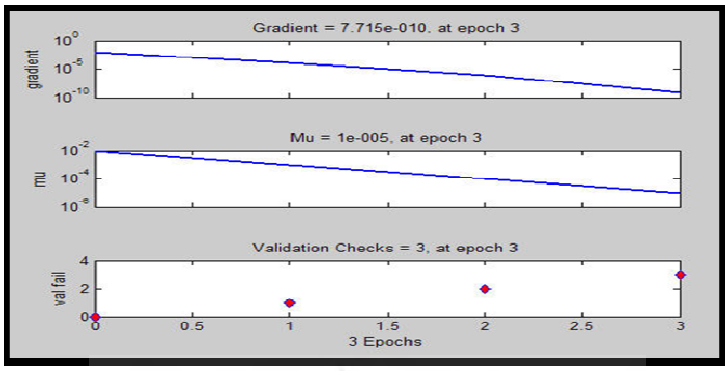
$$xi_{normal} = \frac{xi - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \qquad (۸)$$

در اینجا $X_i$ مقدار متغیر مورد نظر، $X_{min}$ مقدار حداقل، $X_{max}$ مقدار حداکثر داده‌ها می‌باشند. پس از نرمال کردن داده‌ها، در بازه زمانی مورد نظر از طریق دو مدل بیان شده در بالا به آموزش شبکه اقدام نموده‌ایم که در نهایت در هر دو مدل یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با چهار عدد نرون و همچنین یک لایه پنهان بدست آمده است که در زیر به صورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

1. Mlp

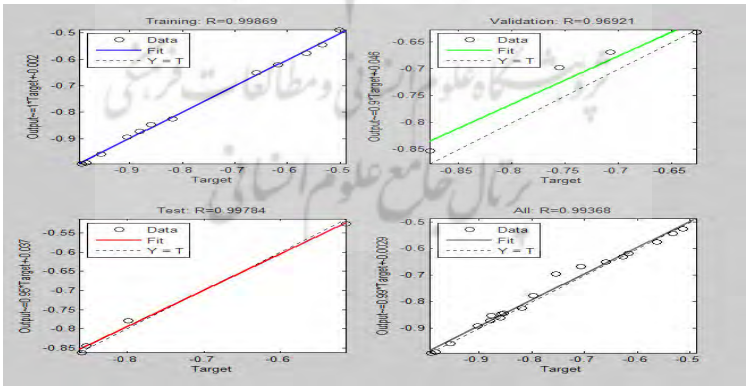
### ۱-۳-٤. آموزش شبکه و پیش‌بینی در مدل اول

نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی مصنوعی در نمودار ۲ نشان داده شده است.




**نمودار ۲. آموزش شبکه عصبی مصنوعی طی سالهای ۱۳۷۸-۱۳۵۹ در مدل اول**

همانطور که در نمودار ۲ نشان داده می‌شود، شبکه در مدل اول طی ۳ مرحله[1] آموزش داده می‌شود، به نحوی که مقادیر مجموع مربعات خطا طی این سه مرحله تعدیل می‌یابند، که این را در روند نزولی نمودار ۲ مشاهده می‌کنیم. پس از آموزش و ایجاد شبکه و اطمینان از دقت شبکه ایجاد شده جهت پیش‌بینی، همانطور که گفته شد به پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۷۹ در مدل اول می‌پردازیم.

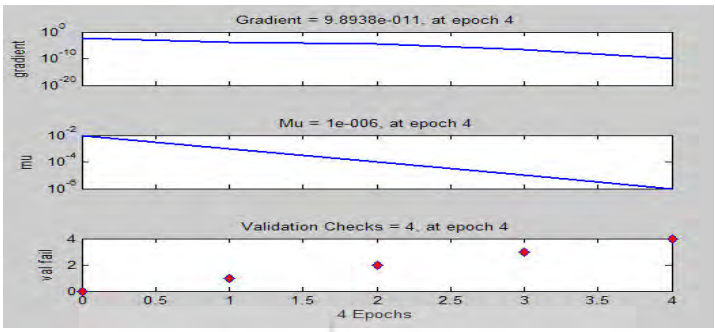



**نمودار ۳. دقت شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۷۹ در مدل اول**

1. Epoch

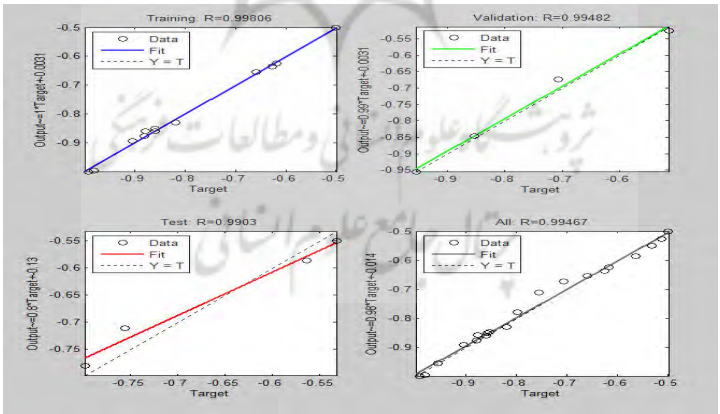
### ۲-۳-٤. آموزش شبکه و پیش‌بینی در مدل دوم

حال همانند مدل اول به آموزش شبکه در مدل دوم پرداخته که در نهایت عملکرد شبکه در آموزش مدل دوم را می‌توان در نمودار ۴ مشاهده کرد.




**نمودار٤. آموزش شبکه عصبی مصنوعی طی سالهای ۱۳۷۸-۱۳۵۹ در مدل دوم**

همانطور که در نمودار ۴ نشان داده می‌شود، شبکه در مدل اول طی ۴ مرحله[1] آموزش داده می‌شود، به نحوی که مقادیر مجموع مربعات خطا طی این سه مرحله تعدیل می‌یابند که این را در روند نزولی نمودار ۴ مشاهده می کنیم. نهایتاً با استفاده از شبکه ایجاد شده، به پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۷۹ در مدل دوم می‌پردازیم.




**نمودار ۵. دقت شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۷۹ در مدل دوم**

1. Epoch

هدف از استفاده این دو مدل در مدلسازی این است که نشان دهیم سهم عمده تقاضای نفت خام در ایران، به تولید بنزین مورد استفاده در وسایل نقلیه اختصاص پیدا می‌کند. برای اثبات این ادعای خود این دو مدل را معرفی کرده که تفاوت این دو مدل تنها یک متغیر می‌باشد، یعنی تعداد وسایل نقلیه موتوری شماره‌گذاری شده، که با اضافه شدن این متغیر به مدل دوم نسبت به مدل اول مشاهده کردیم که خطای پیش‌بینی ما به طور قابل ملاحظه‌ای از ۵/۳۴٪ در مدل اول طبق معیار معیار قدرمطلق خطا به ۲/۸۱٪ در مدل دوم کاهش یافت، که دلیل اصلی آن به نظر محققین افزودن متغیری به مدل بوده است که بیانگرمیزان استفاده از بنزین در داخل کشور می‌باشد، و از آنجایی که طبق گزارش‌های مراکز دولتی سهم بالای از تقاضای نفت خام در داخل جهت تولید بنزین می‌باشد، نتیجه‌گیری ما را تا حد بالای اثبات خواهد کرد. برای ارزیابی پیش‌بینی با استفاده از دو روشANN و ARMAX، نتایج حاصل توسط معیار بیان شده مورد مقایسه واقع شده‌اند، که در جدول ۶ نشان داده می‌شود.

**جدول ٦. مقایسه نتایج پیش‌بینی با استفاده از هر دو روش، براساس معیار میانگین قدر مطلق خطا**

| میانگین قدر مطلق خطا برحسب درصد، در روش ARMAX | میانگین قدر مطلق خطا برحسب درصد، در روش Ann | مقدار پیش‌بینی شده تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از روش ARMAX | مقدار پیش‌بینی شده تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از روش Ann | مقدار واقعی تقاضای نفت خام در ایران (میلیون بشکه معادل نفت خام) | سال |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۴/۰۱۱۲۹ | ۰/۲۱۲۸۳۱ | ۷۷۸/۳۵ | ۶۸۴/۱۵۳ | ۶۸۲/۷ | ۱۳۷۹ |
| ۱۶/۲۹۱۱۸ | ۵/۸۶۶۷۱ | ۷۹۶/۸۲ | ۷۲۵/۳۹۸۷ | ۶۸۵/۲ | ۱۳۸۰ |
| ۱۷/۷۳۵۳۱ | ۷/۶۹۵۹۵۷ | ۸۵۶/۱۷ | ۷۸۳/۱۶۵ | ۷۲۷/۲ | ۱۳۸۱ |
| ۱۹/۳۳۴۹۷ | ۳/۳۳۶۰۳۷ | ۹۱۶/۶۱ | ۷۹۳/۷۲۴۱ | ۷۶۸/۱ | ۱۳۸۲ |
| ۱۶/۳۷۱۰۴ | ۱/۴۴۴۵۰۹ | ۹۶۸/۴۳ | ۸۴۴/۲۲۱۲ | ۸۳۲/۲ | ۱۳۸۳ |
| ۱۳/۸۷۳۸۳ | ۲/۹۱۹۰۰۵ | ۱۰۲۸/۱۶ | ۹۲۹/۲۵۵۷ | ۹۰۲/۹ | ۱۳۸۴ |
| ۹/۰۶۶۸۷۲ | ۱/۰۰۸۸۲۳ | ۱۰۸۷/۸۳ | ۱۰۰۷/۴۶۲ | ۹۹۷/۴ | ۱۳۸۵ |
| ۴/۱۱۶۹۸۵ | ۲/۸۰۴۸۹ | ۱۱۳۳/۴۱۸ | ۱۰۵۸/۰۶۶ | ۱۰۸۸/۶ | ۱۳۸۶ |
| ۱/۷۸۷۱۱ | ۱/۵۴۴۲۱ | ۱۱۳۳/۸۰ | ۱۰۹۶/۶۹۹ | ۱۱۱۳/۹ | ۱۳۸۷ |
| ۰/۷۳۹۵۱۳ | ۲/۲۶۲۹ | ۱۱۵۸/۳۷ | ۱۱۴۰/۵۹۲ | ۱۱۶۷ | ۱۳۸۸ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ۵/۸۳۸۷۴۱ | ۴/۶۶۹۶۸۳ | ۱۲۱۶/۲۹۹ | ۱۲۰۲/۸۶۴ | ۱۱۴۹/۲ | ۱۳۸۹ |
| =۱۰/۸۳ | =۲/۸۱ | | | | |
| میانگین | میانگین | | | | |

همانگونه که از جدول ۶ پیداست، خطای برآورد شده برای مدل ANN، ۲/۸۱٪ می‌باشد که کوچکتر از خطای برآورد شده با استفاده از مدل ARMAX است. در نتیجه می‌توان چنین نتیجه گرفت که مدلهای شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل ARMAX از دقت پیش‌بینی بیشتری برخوردارند. همچنین جهت اثبات اینکه شبکه عصبی در این مدلسازی چه از نظر درون نمونه‌ای و چه از نظر برون نمونه‌ای بر مدل ARMAX ارجحیت دارد، از آزمون غیرخطی[1] بودن رفتار سری زمانی استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۷ نشان داده می‌شود.

**جدول ۷. آزمون غیر خطی بودن رفتار سری زمانی**

| Dimension | BDS Statistic | آماره z | Prob |
|---|---|---|---|
| ۲ | ۰/۱۶ | ۱۵/۴۶ | ۰ |
| ۳ | ۰/۲۵ | ۱۴/۶۵ | ۰ |
| ۴ | ۰/۳۰ | ۱۴/۱۰ | ۰ |
| ۵ | ۰/۳۰ | ۱۳/۴۰ | ۰ |
| ۶ | ۰/۲۷ | ۱۲/۴۷ | ۰ |

می‌دانیم در صورتی که Prob آزمون کمتر از ۵٪ باشد، می‌توان با اطمینان کامل بر غیرخطی بودن مدل ادعا کرد. در نتیجه با توجه به نتایج حاصل از آزمون غیرخطی که در جدول ۷ نمایش داده شده است، برای ما این ادعا ثابت خواهد شد. در نتیجه طبق اهداف نهایی این تحقیق یعنی پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران براساس سناریوهای که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برآورد شده مورد اعتماد تر خواهد بود.

1. Bds Test

## ۵. سناریوهای استفاده شده در پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران

به منظور پیش‌بینی مقدار تقاضا نفت خام برای ۶ سال آینده طبق مطالعات انجام شده و تئوری‌های آماری از دو سناریو جهت تخمین مقادیر جمعیت، خالص صادرات، تولید ناخالص داخلی و تعداد وسایل نقلیه موتوری شماره‌گذاری شده استفاده شده است که در زیر به بیان آنها خواهیم پرداخت.

### ۵-۱. سناریو اول

### استفاده از برازش کامل خط رگرسیون وضریب تعیین ($R^2$)

در این روش در ابتدا برای هر کدام از چهار متغیر بیان شده در بالا، به طور جداگانه نمودار خطی برای سالهای ۱۳۸۹-۱۳۵۹ رسم شده است، و دقیق‌ترین خط برازش کامل را رسم نموده و با تخمین یک معادله رگرسیون و جایگزین کردن مقادیر در آن به تخمین مقادیر هر یک از این چهار متغیر پرداخته‌ایم.

### تولید ناخالص داخلی

یک معادله رگرسیون درجه دو با ضریب تعیین ۰/۹۸۴۲، به ما این اطمینان را می‌دهد که تخمین ما به صورت قابل قبولی به مقادیر اصلی نزدیک است.

$$Y = ۴۴۹/۸۶x^۲ - ۲۶۵۰/۸x + ۱۹۳۲۸۵ \qquad R^۲ = ۰/۹۸۴۲ \qquad (۹)$$

### جمعیت

$$Y = -۱/۲۳۴x^۲ + ۵۷/۲۱x + ۳۲۹۲ \qquad R^۲ = ۰/۷۹۴ \qquad (۱۰)$$

### خالص صادرات

بنابر محاسبات انجام شده برای خالص صادرات یک معادله درجه دو با ضریب تعیین ۰/۷۹۴ بدست آمده که با توجه به رفتار غیرخطی که خالص صادرات از خود طی این سالها به دلایل تحریم و دیگر عوامل سیاسی و داخلی نشان می‌دهد، رقمی مناسب و قابل قبولی به نظر می‌آید.

$$Y = -۱/۲۳۴x^۲ + ۵۷/۲۱x + ۳۲۹۲$$
$$R^۲ = ۰/۷۹۴ \qquad (۱۱)$$

**تعداد وسایل نقلیه موتوری شماره‌گذاری شده**

در آخرین مرحله معادله رگرسیون و ضریب تعیین محاسبه شده برای تعداد وسایل نقلیه به قرار ذیل می‌باشد.

$$Y = -۳۸/۰۳x^۳ + ۷۰۷۹x^۲ - ۱۱۶۷۳x + ۴۶۶۸۶$$
$$R^۲ = ۰/۸۶۲ \qquad (۱۲)$$

**۲-۵. سناریو دوم**

یک روش آماری دیگری که برای تخمین مقادیر آینده چهار متغیر معرفی شده جهت پیش بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران مورد استفاده قرار گرفته، به کار گیری از نرخ رشد و معادله محاسبه ارزش آینده با استفاده از ارزش فعلی مقادیر می باشد.

فرمول محاسبه نرخ رشد:

$$\text{نرخ رشد} = \frac{X_{new} - X_{old}}{X_{old}} \times ۱۰۰ \qquad (۱۳)$$

فرمول محاسبه آرزش آینده:

$$FV = PV \times (۱ + R)^n$$

FV= ارزش آینده

PV= ارزش فعلی

R= نرخ رشد

با استفاده از فرمول ۱۳ برای هر یک از چهار متغیر ذکر شده به طور جداگانه نرخ رشد را محاسبه کرده، که در جدول ۸ نشان داده شده است.

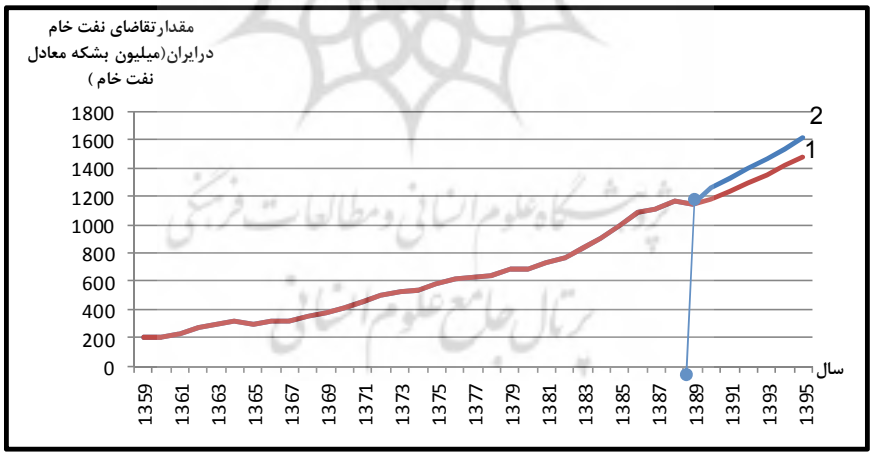
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**جدول ۸. نرخ رشد محاسبه شده جهت تخمین مقادیر آینده هر یک از چهار متغیر مورد استفاده در پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام**

| متغیر | جمعیت | تولید ناخالص داخلی | خالص صادرات | تعداد وسایل نقلیه موتوری شماره‌گذاری شده |
|---|---|---|---|---|
| نرخ رشد | ٪۱/۵ | ٪۵/۴ | ٪۵/۴۸ | ٪۲۷/۲ |

منبع: محاسبه نرخ رشد، براساس داده‌های آماری مستخرج از ترازنامه سالانه انرژی وزارت نیرو طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۵۹ می‌باشد.

در آخر با استفاده از فرمول محاسبه ارزش آینده ، به محاسبه مقادیر آینده هر یک از چهار متغیر مورد استفاده در پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام می‌پردازیم. با تخمین مقادیر آینده چهار متغیر مورد استفاده در این تحقیق براساس دو سناریو بیان شده، حال می‌توان با مدل برگزیده شده یعنی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با چهار نرون و سه لایه، به پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران تا سال ۱۳۹۵ پرداخت که نهایتاً نتایج حاصل از پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام براساس هر دو سناریو در نمودار زیر نشان داده شده است.




**نمودار ٦. مقایسه نتایج حاصل از پیش‌بینی تقاضای نفت خام براساس هر دو سناریو**

منبع: یافته‌های تحقیق براساس داده‌های آماری مستخرج از ترازنامه سالانه انرژی وزارت نیرو طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۵۹ می‌باشد.

در نمودار ۶، روند تقاضای نفت خام براساس سناریو اول در نمودار ۱، و براساس سناریو دوم در نمودار ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌کنیم، روندی که از سال ۱۳۸۹ به بعد برای تقاضای نفت خام براساس سناریو اول پیش‌بینی شده است، واقعی‌تر و معقول‌تر از روندی است که براساس سناریو دوم پیش‌بینی شده است. با این وجود از آنجایی که هر دو سناریو پایه آماری و تئوریک دارند، نمی‌توان به طور قطعی یکی را رد و یا دیگری را با قطعیت پذیرفت. به همین دلیل بهتر دیدیم پیش‌بینی خود را براساس هر دو سناریو به طور کامل بیان کنیم.

در آخرین مرحله برای اینکه نشان دهیم آیا متغیرهای مورد نظر در این تحقیق برای پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام، در سایر کشور ها نیز مؤثر می‌باشند تخمینی از کاربرد متغیرهای مذکور جهت پیش‌بینی تقاضای نفت خام در ۴ کشور منتخب عضواوپک[1]، به همان روش اتخاذی برای ایران صورت گرفته است که پس از انجام پیش‌بینی، جهت مقایسه نتایج و همچنین برای نشان دادن تشابه یا تفاوت یافته‌ها، از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن استفاده کرده‌ایم، نتیجه نزدیک به صفر در این آزمون نشان‌دهنده آن است که بین این روش‌ها هیچ همبستگی وجود ندارد یا به عبارت دیگر یافته‌ها از هم متفاوتند و نشان‌دهنده آن است که متغیرها در کشورهای مختلف متفاوت عمل می‌کنند و تأثیرگذاری آنها بر پیش‌بینی تقاضای نفت مشابه نبوده که گویای آن است که عوامل و متغیرهای دیگری در پیش‌بینی تقاضای نفت نقش تعیین‌کننده دارند و نتایج نزدیک به یک نشان‌دهنده آن است که بین یافته‌ها همبستگی و شباهت وجود دارد و بر آن دلالت می‌کند که متغیرهای مورد استفاده در پیش‌بینی تقاضای نفت خام در کشورهای مختلف یکسان عمل می‌کنند. (ترازنامه انرژی اوپک (۲۰۱۰-۱۹۸۰))

$$R = ۱ - \frac{۶\sum d^{۲}}{N^{۳} - N} \qquad (۱۴)$$

در فرمول بالا R ضریب همبستگی رتبه‌ای، d تفاضل رتبه‌ها و N تعداد سال‌ها می‌باشد.
در نتیجه طبق فرمول ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، خواهیم داشت:

1. OPEC

**جدول ۹. ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین هریک از ٤ کشور منتخب با ایران**

| | الجزایر | ونزوئلا | کویت | عربستان | ایران |
|---|---|---|---|---|---|
| ایران | R=۰/۹۷ | R=۰/۸۲ | R=۰/۹۱ | R=۰/۹۹ | R=۱ |

منبع: مقادیر ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن براساس داده‌های آماری مستخرج از ترازنامه سالانه اوپک طی سالهای ۱۳۸۹-۱۳۵۹ می‌باشد.

پس از بدست آوردن R با استفاده از آماره t و جدول آماره‌های آزمون معناداری آن را بدست می‌آوریم.

$$t = r\sqrt{\frac{n-۲}{۱-r^{۲}}} \qquad (۱۵)$$

**جدول ۱۰. مقدار آماره t برای ۵ کشور منتخب**

| | ایران-الجزایر | ایران-ونزوئلا | ایران-کویت | ایران-عربستان |
|---|---|---|---|---|
| آماره t | ۱۱/۹۶ | ۴/۲۹ | ۴۷/۶۴ | ۲۱/۰۵ |

## ٦. مقایسه تحقیق انجام شده در این مقاله با تحقیق‌های دیگر در این زمینه و زمینه‌های‌مشابه

**جدول ۱۱. مقایسه تحقیق انجام شده در این مقاله با تحقیق‌های دیگر در این زمینه و زمینه‌های مشابه**

| معیار میانگین قدرمطلق خطا برحسب درصد | روش تحقیق | عنوان تحقیق |
|---|---|---|
| ۲/۹۷ | روش الگوریتم ژنتیک | پیش‌بینی تقاضا از سوختهای فسیلی در ترکیه. |
| ۳/۲۲ | روش بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها | برآورد تقاضای انرژی در ترکیه |
| ۱/۴۰ | استفاده از ذرات بهینه‌سازی حرکت جمعی پرندگان (PSO)) | پیش‌بینی تقاضای نفت در ایران |

| | | |
|---|---|---|
| ۲/۸۳ | با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA) | پیش‌بینی تقاضای نفت در ایران |
| ۱/۰۷ | با استفاده از الگوریتم زنبور عسل | پیش‌بینی تقاضای انرژی در ایران |
| ۲/۶۳ | با استفاده از روش جستجوی گرانشی الگوریتم | پیش‌بینی تقاضای نفت خام در ایران |
| ۲/۸۱ | با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی | پیش‌بینی تقاضای نفت خام در ایران توسط مقاله حاضر |

## ۷. نتیجه‌گیری

هدف تحقیق مدل‌سازی و پیش‌بینی تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از روش، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، می‌باشد. در این مقاله تلاش شده تا یافته‌های تحقیق با استفاده از مدل مذکور با مدل ARMAX مقایسه گردد تا میزان دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مورد ارزیابی علمی قرار گیرد. نتیجه مطالعه نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت بیشتری در پیش‌بینی تقاضای نفت خام ایران برخوردار است. همچنین برای اینکه مشخص گردد که متغیرهای مورد استفاده در مدل برای پیش‌بینی تقاضای نفت خام مناسب می‌باشند همین متغیرها و همین روشها را برای پیش‌بینی تقاضای نفت خام تعداد پنج کشور منتخب عضو اوپک بکار برده‌ایم یافته‌های تحقیق در این موارد نیز نتیجه قبلی ما را در مورد ایران تأیید کرده است. لذا شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل ARMAX برای پیش‌بینی تقاضای نفت خام از دقت بیشتری برخوردار است و با توجه به بالا بودن ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین یافته‌های مربوط به پیش‌بینی تقاضای نفت خام ایران و چهار کشور منتخب عضو اوپک می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای GDP، جمعیت، خالص صادرات و تعداد وسایل نقلیه موتوری مورد استفاده در پیش‌بینی تقاضای نفت خام در کشورهای منتخب تقریباً به صورت یکسان نقش تعیین‌کننده داشته و لذا متغیرهای کلیدی به شمار می‌روند.

## منابع

### الف- فارسی

استادزاد و شایگان (۱۳۸۷)، «پیش‌بینی تقاضای نفت خام در ایران تا سال ۱۴۱۰ با توجه به گرایشات داخلی وخارجی به سوختهای جایگزین»، *تازه‌های انرژی*، سال اول، شماره اول، نیمه دوم شهریور.

اندرس، *اقتصادسنجی سری‌های زمانی با رویکرد کاربردی*، ج ۱ .

پاشنگ و دهکردی (۱۳۸۸)، «شناسایی عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضای نفت و گاز با استفاده از تکنیک AHP»، فصلنامه *مطالعات اقتصاد انرژی*، سال ششم، شماره ۲۰، بهار.

حیدری (۱۳۸۴)، «پیش‌بینی تقاضای انرژی در ایران با استفاده از روش تجزیه»، مجله *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۹، تابستان.

قدیمی، محمدرضا (۱۳۸۱) پیش‌بینی رشد تولید ناخالص داخلی ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک، پایان‌نامه دکتری دانشگاه علامه طباطبایی تهران.

گلستانی و گرگینی (۱۳۹۱)، «مقایسه توانایی پیش‌بینی مدل‌های ARIMA، VAR و شبکه‌های عصبی (ANN): تقاضای جهانی نفت اوپک»، فصلنامه اقتص*اد محیط زیست و انرژی*، سال اول پاییز، شماره ۴.

منهاج، محمدباقر (۱۳۸۴)، *مبانی شبکه‌های عصبی*، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

وزارت نیرو، ترازنامه انرژی کشور، تهران، ۸۹-۱۳۵۹

### ب- انگلیسی

Bentzen, J. and T. Engsted (1993), "Short- and Long-run Elasticities in Energy Demand ,a Cointegration Approach", *Energy Economics*. PP.(9-16).

Chao-Hsien Chu & Djohan Widjaja (1994), "Neural Network System for Forecasting, Method Selection", *Decision Support Systems* ،vol.12.

Pedregal, D. J., Dejua´n, O., Go´mez, N. & M. A. Tobarra (2009), "Modelling Demand for Crude Oil Products in Spain", *Energy Policy*, vol. 37.

Enders, W. (2004), *Applied Econometric Time Series*, (2nd ed.) Danvers: Wiley.

Behrang, M. A., Assareh, E., Ghalambaz M., Assari, M. R. & A. R. Noghrehabadi (2011), "Forecasting future oil demand in iran using GSA", *Energy*, vol. 36.

Organization of the Petroleum Exporting Countries(opec), 1980-2010.

Tawfiq Al-Saba & Ibrahim El-Amin (2010), "Artificial Neural Networks as Aplied to Long-term Demand Forecasting" *Artificial Intelligence in Engineering* ،Vol.13.

Toksarı (2007), "Ant Colony Optimization Approach to Estimate Energy Demand of Turkey", *Energy Policy*, 35, 3984–3990

Totto, L. and T. M. Johnson (1982), OPEC domestic oil demand: Future scenarios of product consumption, Program report, OPEC Downstream

U nler, Improvement of energy demand forecasts using swarm intelligence:The case of Turkey with projections to 2025, Energy Policy 36 (2008) 1937–1944

Yousefi, Mohammadgholi (1994), Industrialization and Trade Policies of OPEC Countries, Deep and Deep Publishers, New Delhi.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی