

# ارایه یک پیش‌بینی‌کننده ترکیبی کاراً برای عرضه و تقاضای بنزین کشور

## ترکیب الگوهای فضای حالت و شبکه عصبی مصنوعی

نادر مهرگان\*، دانشیار، دانشکده اقتصاد، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
علی‌رضا مرادی، استادیار، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mehregannader@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۲ - پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۰

### چکیده

بخش حمل و نقل از مهم‌ترین زیرساخت‌های اساسی یک کشور در نائل شدن به رشد و توسعه اقتصادی بوده و فرآورده‌های نفتی نیز از مهم‌ترین نهاده‌های تولیدی در این بخش می‌باشد. به واسطه اهمیت تقاضای بخش حمل و نقل از فرآورده‌های نفتی مانند بنزین، مداخله دولت در امر تولید و توزیع، مصرف و واردات رو به رشد، برنامه‌ریزی در خصوص انرژی را، امری اجتناب‌ناپذیر کرده است. لذا ضرورت دارد که سیاستگذاران اقتصادی درک درستی از روند تولید، مصرف و واردات این فرآورده‌ها داشته باشند. در این راستا، مقاله‌ی حاضر با بهره‌گیری از دو رهیافت "الگوی فضای حالت چند متغیره" و "شبکه عصبی مصنوعی"<sup>۱</sup> و با استفاده از داده‌های تولید، مصرف و واردات بنزین در طی سالهای (۱۳۸۷-۱۳۵۷) اقدام به برآورد میزان تولید، مصرف و واردات بنزین کرده است، سپس در ادامه‌ی مقاله، پیش‌بینی تولید، مصرف و واردات آتی بنزین برای دوره کوتاه‌مدت (۱۳۹۰-۱۳۸۸) ارائه گردیده است. نتایج حاکی از آن است که الگوی شبکه عصبی مصنوعی عملکرد مناسب‌تری در پیش‌بینی داخل نمونه نسبت به الگوی فضای حالت چند متغیره<sup>۲</sup> داشته است. در انتها مقاله، علاوه بر این که مقادیر پیش‌بینی خارج از نمونه هر دو رهیافت ارایه شده، با استفاده از رهیافت ترکیب پیش‌بینی‌های بیتز و کرنجر، مقادیر پیش‌بینی ترکیبی که نسبت به هر دو روش کارآتر است، گزارش شده است.

واژه‌های کلیدی: فرآورده‌های نفتی، الگوی فضای حالت، شبکه عصبی مصنوعی، ترکیب پیش‌بینی‌ها

### ۱- مقدمه

واردات بنزین و پرداخت یارانه بنزین وجود ندارد. بر اساس آمار رسمی، مصرف بنزین در فاصله سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۵ از ۱۶۷۲۳ هزار متر مکعب در سال به رقم ۲۶۸۶۷ هزار متر مکعب می‌رسد. که نشان از رشد ۶۰/۶۵ درصدی دارد. این در حالی است که یارانه پرداختی به بنزین ۱۵۳۱۳ میلیارد ریال سال ۱۳۸۰ به رقم ۸۲۳۲۰ میلیارد ریال در سال ۱۳۸۵ می‌رسد، که نشان از رشد اسمی ۴۳۷/۵۸ درصدی دارد. روند تحولات تولید، مصرف و واردات بنزین نشان می‌دهد که برای تأمین تقاضای بنزین لزوم برنامه‌ریزی مناسب برای دستیابی به الگوهای کمی جهت

بخش حمل و نقل، به منزله یکی از بخش‌های زیربنایی اقتصاد کشور، نقش چشم‌گیری در ایجاد ارزش‌افزوده و مصرف انرژی دارد. یکی از زیر بخش‌های مهم این بخش، حمل و نقل زمینی می‌باشد که این زیر بخش، سهم شایانی از حمل مسافر و بار را در کشور عهده‌دار است. این زیربخش، مصرف‌کننده حدود ۹۸/۵ درصد بنزین مصرفی کشور است. صرف‌نظر از سال ۱۳۸۶ که در این سال دولت سیاست موقت سهمیه‌بندی بنزین را اعمال می‌کند، شکاف بین مصرف و تولید بنزین در حال افزایش بوده است، در عمل برای پاسخگویی به تقاضای بنزین چاره‌ای جز

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۳

پیش‌بینی تولید، مصرف بنزین بسیار حیاتی است. اهمیت برنامه‌ریزی پیش‌بینی عرضه و تقاضای انرژی نه تنها در کشورهای در حال توسعه بلکه در کشورهای پیشرفته نیز بسیار حیاتی جلوه می‌کند. پس از تکان‌های اول نفتی در اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ ضرورت توجه به الگوسازی تقاضای انرژی بسیار با اهمیت می‌گردد. از نقطه نظر بسیاری از محققین در حوزه‌ی اقتصاد انرژی، الگوسازی در خصوص عرضه و تقاضای انرژی جزء لاینفک یک برنامه‌ریزی انرژی است. این که محققان اقتصادی- چه در داخل و یا خارج از کشور- با استفاده از رهیافت‌های متنوع الگوسازی، اقدام به الگوسازی در خصوص برنامه‌ریزی انرژی کرده‌اند، دلالت بر اهمیت یافتن بهترین الگوی پیش‌بینی برای کنترل این موضوع دارد. آرمسترانگ<sup>۳</sup> (۲۰۰۱) معتقد است که در الگوسازی تقاضای انرژی الزاماً طراحی یک الگوی پیچیده منجر به عملکرد مناسب آن الگو برای پیش‌بینی تقاضای انرژی نمی‌گردد، بلکه ممکنست که یک الگوی ساده که موفقیت قابل قبولی در امر پیش‌بینی عرضه و تقاضای انرژی داشته باشد، از سایر الگوهای دیگر مرجح‌تر باشد. با این توصیف این مطالعه سعی دارد که روش متمایزی را نسبت به روشهای

قبلی ارایه شده جهت پیش‌بینی تقاضا و عرضه انرژی معرفی سازد.

## ۲- پیشینه موضوع

به لحاظ اهمیت موضوع، مطالعات متنوعی هم در ایران و هم در خارج از ایران در خصوص پیش‌بینی تقاضا و عرضه بنزین و سایر فرآورده‌های نفتی صورت گرفته است. جداول ۱ و ۲ به اختصار رهیافت و نتایج مطالعات را در ایران تشریح می‌کند. ملاک تقسیم‌بندی جداول مبتنی بر ساختاری بودن (الگوهایی که از تئوری اقتصادی بهره گرفته‌اند) و یا غیرساختاری بودن آنان است. نظر به این که در این مطالعه برای ارایه یک پیش‌بینی مقداری از عرضه و تقاضای بنزین از یک الگوی علی مانند فضای حالت که تولید را تابع مصرف در نظر گرفته و الگوی شبکه عصبی مصنوعی که یک الگوی غیرساختاری است؛ استفاده شده است. در نتیجه مطالعه حاضر در زمره مطالعات ترکیبی قرار می‌گیرد، که سابقه‌ای در کشور در خصوص پیش‌بینی عرضه و تقاضای بنزین ندارد.

جدول ۱. مطالعات ساختاری در خصوص برآورد و پیش‌بینی عرضه و تقاضای بنزین

رهیافت	رابطه بلند مدت		رابطه کوتاه مدت		محقق و سال انجام مطالعه
	کشش درآمدی	کشش قیمتی	کشش درآمدی	کشش قیمتی	
State Space	۱/۲۵	-۰/۷۴	۰/۳۲	-۰/۱۹	چیت نیس - ۱۳۸۴
الگوی ARDL	---	-۰/۴	---	-۰/۰۲	ختایی و اقدامی - ۱۳۸۴
State Space	---	---	۱/۴	-۰/۱۵	جهانگرد و همکاران - ۱۳۸۵
OLS	۰/۱۸	-۰/۱۲	---	---	ابونوری - ۱۳۸۵
هم جمع بستگی	۰/۰۶	-۰/۱۲	---	---	زراء نژاد و همکاران - ۱۳۸۶
OLS	۰/۶۰	-۰/۱۳	۰/۳۹	-۰/۱	آخانی - ۱۳۷۷
OLS	---	-۰/۰۴	---	-۰/۰۸	اسماعیل نیا - ۱۳۷۸
State Space	---	-۰/۳۰	---	-۰/۲۴	شاکری و همکاران - ۱۳۸۹

منبع: بررسی‌های تحقیق

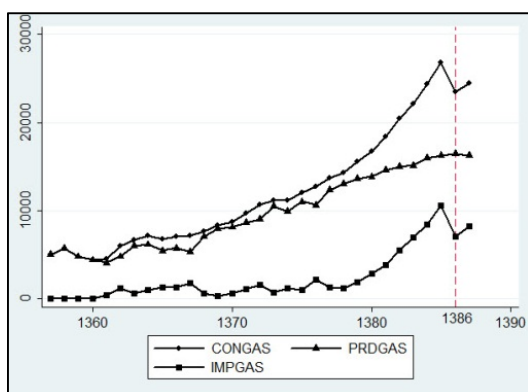
جدول ۲. مطالعات غیرساختاری در خصوص برآورد و پیش‌بینی عرضه و تقاضای بنزین

محقق و سال انجام	نتایج	رهیافت استفاده شده
بغزیان و نصرآبادی - ۱۳۸۶	نرخ رشد مصرف بنزین به ترتیب رهیافت‌ها ۸/۹ و ۱۰/۱ درصد	سیستمی و شبکه عصبی مصنوعی
قنبری و همکاران - ۱۳۸۷	فرم درجه دوم برای تقاضای بنزین مناسب است.	الگوریتم ژنتیک
صادقی و همکاران - ۱۳۸۸	فرم درجه دوم برای تقاضای بنزین مناسب است.	الگوریتم ژنتیک

منبع: بررسی‌های تحقیق

### ۳- مروری بر شیوه‌های به‌کارگرفته شده در پیش‌بینی عرضه و تقاضای بنزین

تاکنون در پیش‌بینی عرضه و تقاضای فرآورده‌های نفتی از آن استفاده نشده است. علاوه بر این در رهیافت فضای حالت چند متغیری این امکان ایجاد شده است که تأثیر تقاضای بنزین بر عرضه‌ی بنزین (تولید و واردات بنزین) الگوسازی گردد.



شکل ۱. میزان تولید، مصرف و واردات بنزین طی دوره‌ی زمانی (۱۳۵۷-۱۳۸۷)

در این مقاله برای تعیین عرضه از مجموع تولید و واردات بنزین و برای تقاضا، متغیر مصرف بنزین را در نظر گرفته‌ایم. به واسطه‌ی این که همواره مصرف بنزین از تولید آن بیشتر بوده است؛ تخمین‌های مصرف و تولید بنزین را به کار برده‌ایم تا میزان واردات بنزین تخمین‌زده شده را از تفاضل بین مصرف و تولید بنزین محاسبه کنیم.

در مطالعات صورت گرفته در خصوص برآورد و پیش‌بینی فرآورده‌های نفتی و به طور اخص پیش‌بینی تقاضای بنزین در داخل کشور، مطابق جداول ۱ و ۲ از تکنیک‌های متنوعی استفاده شده است. در خصوص مطالعاتی که از الگوی فضای حالت برای برآورد تقاضا استفاده شده است باید به این نکته اشاره کرد، که الگوی فضای حالت دارای این قابلیت است که با آن می‌توان طیف وسیعی از الگوهای اقتصادسنجی و سری‌های زمانی را به صورت تک متغیری و چند متغیری وارد الگو کرد. با این وصف، تمایز این مطالعه با مطالعات پیش از این را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- با توجه به اعمال سیاست سهمیه‌بندی بنزین در کشور در سال ۱۳۸۶ و تداوم آن در سال‌های بعد، روند متغیر مصرف بنزین مطابق شکل ۱ تغییر یافته است، مطالعات فوق هیچ‌کدام داده‌های مربوط به این سال را در الگوسازی وارد نساخته‌اند، در نتیجه انتظار می‌رود که پیش‌بینی ارائه شده توسط مطالعات فوق به دلیل عدم در نظر گرفتن این تغییرسیاستی، قابل اتکا نباشد.
- در این مطالعه از "الگوی فضای حالت چند متغیری" و "شبکه عصبی مصنوعی" و تکنیک ترکیب کردن پیش‌بینی‌ها استفاده شده است. تکنیک ترکیب پیش‌بینی‌کننده‌ها، تکنیکی است که

#### ۴- روش شناسی تحقیق

در این بخش روش‌های فضای حالت چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی و تکنیک ترکیب کردن پیش‌بینی‌ها معرفی می‌گردد.

#### ۴-۱- الگوی فضای حالت چند متغیری

نمایش فضای حالت برای یک فرآیند تصادفی  $y_t$  به صورت زیر است:

$$\begin{cases} y_t = Z_t \alpha_t + \varepsilon_t & \varepsilon_t \sim N(0, H_t) \\ \alpha_{t+1} = T_t \alpha_t + R_t \eta_t & \eta_t \sim N(0, Q_t) \end{cases} \quad (1)$$

فرآیند  $y_t$  خروجی یک سیستم تصادفی خطی است. در این فرم کلی  $y_t$  را حالت<sup>۴</sup> فرآیند می‌نامند. معادله اول (رابطه ۱) را معادله سیستم یا انتقال<sup>۵</sup> و معادله دوم (رابطه ۱) را معادله اندازه<sup>۶</sup> یا مشاهده می‌گویند. نمایش فضای حالت یک سیستم به فیلتر کالمن مرتبط است و برای اولین بار توسط مهندسان کنترل به کار گرفته شده است. کالمن (۱۹۶۰)، کالمن و بوکی (۱۹۶۱)، کالمن و فالب و آرییب (۱۹۶۹) این مفهوم را گسترش داده‌اند. به نظر می‌رسد که آکاتیک (۱۹۷۴) اولین کسی بود که این مفهوم را به طور آشکار برای تحلیل الگوهای اقتصادسنجی به کار برده است. در خصوص الگوی مورد بررسی در این مقاله، منظور از متغیر  $y_t$  عبارتست از:

$$y_t = \begin{pmatrix} y_t^{(1)} \\ y_t^{(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Congas_t \\ Prdgas_t \end{pmatrix} \quad (2)$$

چون هدف از تخمین الگوی فضای حالت چند متغیره، بدست آوردن "الگوی روند موضعی"<sup>۷</sup> است. پس مطابق روابط می‌توان معادلات سیستم حالت چند متغیره را چنین تصریح کرد. با توجه به این که در معادلات ۳ تصریح شده برای،  $y_t^{(2)} = \mu_t^{(1)} + \mu_t^{(2)} + \varepsilon_t^{(2)}$  مشاهده می‌شود که تولید بنزین تابعی از روند مصرف بنزین است.

$$\begin{cases} y_t^{(1)} = \mu_t^{(1)} + \varepsilon_t^{(1)} \\ y_t^{(2)} = \mu_t^{(1)} + \mu_t^{(2)} + \varepsilon_t^{(2)} \end{cases} \quad (3)$$

روابط (۴) معادلات مشاهده سیستم را نشان می‌دهد.

$$\begin{cases} \mu_t^{(1)} = \mu_{t-1}^{(1)} + v_{t-1}^{(1)} + \xi_t^{(1)} \\ v_t^{(1)} = v_{t-1}^{(1)} + \zeta_t^{(1)} \\ \mu_t^{(2)} = \mu_{t-1}^{(2)} + v_{t-1}^{(2)} + \xi_t^{(2)} \\ v_t^{(2)} = v_{t-1}^{(2)} + \zeta_t^{(2)} \end{cases} \quad (4)$$

مطابق روابط ۱ می‌توان بردار جملات خطای معادلات سیستم ۱ را چنین تعریف کرد:

$$\alpha_t = \begin{pmatrix} \mu_t^{(1)} \\ v_t^{(1)} \\ \mu_t^{(2)} \\ v_t^{(2)} \end{pmatrix}, \quad \eta_t = \begin{pmatrix} \xi_t^{(1)} \\ \zeta_t^{(1)} \\ \xi_t^{(2)} \\ \zeta_t^{(2)} \end{pmatrix} \quad (5)$$

برای نائل شدن به سیستم معادلات (۱)، بردارهای  $T_t, Z_t, R_t$  و  $\varepsilon_t$  عبارتند از:

$$T_t = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R_t = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$Z_t = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_t^{(1)} \\ \varepsilon_t^{(2)} \end{pmatrix} \quad (7)$$

ماتریس‌های واریانس و کوواریانس  $H_t$  و  $Q_t$  نیز مطابق روابط

(۸) و (۹) عبارتند از:

$$H_t = \begin{pmatrix} \sigma_{\varepsilon^{(1)}}^2 & cov(\varepsilon_t^{(1)}, \varepsilon_t^{(2)}) \\ cov(\varepsilon_t^{(2)}, \varepsilon_t^{(1)}) & \sigma_{\varepsilon^{(2)}}^2 \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$Q_t = \begin{pmatrix} \sigma_{\xi_t^{(1)}}^2 & 0 & cov(\xi_t^{(1)}, \xi_t^{(2)}) & 0 \\ 0 & \sigma_{\xi_t^{(1)}}^2 & 0 & cov(\xi_t^{(1)}, \xi_t^{(3)}) \\ cov(\xi_t^{(3)}, \xi_t^{(1)}) & 0 & \sigma_{\xi_t^{(2)}}^2 & 0 \\ 0 & cov(\xi_t^{(1)}, \xi_t^{(3)}) & 0 & \sigma_{\xi_t^{(3)}}^2 \end{pmatrix} \quad (9)$$

پیش‌بینی و مرحله بهنگام کردن پیش‌بینی. برای تخمین الگوی فضای حالت از روش حداکثر راستنمایی استفاده می‌گردد.

#### ۴-۳- الگوی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی روشی ریاضی است که قصد دارد با استفاده از شبیه‌سازی ساختار نرونها مغز انسان اطلاعات را تحلیل نموده، برای پیش‌بینی یا طبقه‌بندی مورد استفاده قرار دهد. در حال حاضر شاید بیشتر از همه رشته‌ها، مهندسی برق از شبکه عصبی به عنوان یکی از روشهای هوشی مصنوعی استفاده می‌نماید اما کاربرد آن در همه رشته‌ها کمابیش مورد توجه قرار گرفته است. رشته اقتصاد، شبکه‌های عصبی را به عنوان یکی از روشهای اقتصادسنجی و با نگرش رگرسیون غیرخطی مورد استفاده قرار می‌دهد. سابقه کاربرد این روش در اقتصاد نیز بیش از دو دهه است که عمدتاً برای پیش‌بینی از آن بهره گرفته شده است. البته کاربردهای محدودی در زمینه طبقه‌بندی نیز می‌توان در ادبیات اقتصادی پیدا کرد اما قدرت پیش‌بینی شبکه‌های عصبی بیش از سایر ویژگی‌های آن برای اقتصاددانان جذابیت ایجاد نموده است. شبکه عصبی مانند مغز از مجموعه نرون‌های مرتبط با هم ساخته شده است که در لایه‌های مختلف قرار گرفته‌اند، ساده‌ترین شبکه عصبی فقط دارای دو لایه است که بدان لایه ورودی و لایه خروجی اطلاق می‌گردد. در یک شبکه عصبی اهمیت ورودی‌ها توسط اوزان آنها تعیین می‌گردد. برای تعیین این اوزان از الگوریتم‌های تکراری استفاده می‌گردد که مهم‌ترین آنها الگوریتم پس از انتشار "خطا" است. ممکن است که شبکه‌های

در عمل می‌توان ماتریسهای وارینانس و کوواریانس ساختاری فوق را به صورت ذیل افراز کرد، ابعاد موجود در رابطه (۱۰) دقیقاً با مسئله مورد بررسی هم‌خوانی دارد.

$$Struc Cov = \begin{pmatrix} Q_t & 0_{(4 \times 2)} \\ 0_{(2 \times 4)} & H_t \end{pmatrix} \quad (10)$$

#### ۴-۲- فیلتر کالمن

الگوهای فضای حالت فرمی است برای ارایه الگوهای پویا که بسیاری از الگوهای سری‌های زمانی از جمله رگرسیون ساده و الگوهای ARMA را می‌توان در این فرم نمایش داد. اصولاً می‌توان دو مزیت عمده را برای فرم فضای حالت در نظر گرفت. اول این که فضای حالت اجازه می‌دهد که متغیرهای غیرقابل مشاهده (که به آن متغیر حالت گفته می‌شود) به همراه سایر اجزاء تخمین زده شود. دوم الگوهای فضای حالت بوسیله یک روش عطفی بسیار قوی به نام فیلتر کالمن<sup>۸</sup> تخمین زده می‌شود. فیلتر کالمن علاوه بر محاسبه مقادیر تابع حداکثر راستنمایی، مسیر متغیر حالت را که غیرقابل مشاهده است به دست می‌آورد. فیلتر کالمن گرچه توسط کالمن در موضوعات مهندسی کنترل بکار گرفته شده است، لیکن در (۱۹۸۴) توسط هاروی در موضوعات اقتصادی نیز بکار گرفته شده است. فیلتر کالمن روشی عمومی برای تخمین عطفی است که با استفاده از یک مجموعه معادلات اجازه می‌دهد تا تخمین  $\mathcal{Y}_t$  را با به دست آوردن مشاهده تازه بهنگام کرد. این رویه دو مرحله دارد، که عبارتست از مرحله

عصبی علاوه بر لایه‌های پنهانی دارای بیش از یک خروجی باشند.

#### ۴-۳-۱- توابع فعال‌سازی غیرخطی

برای بهره‌برداری از توان شبکه عصبی استفاده از تابع فعال‌سازی غیرخطی بسیار مفید است. تقریباً تمامی شبکه‌های عصبی در نقاطی از درون شبکه از تابع فعال‌سازی غیرخطی استفاده می‌کنند. این امکان تشخیص الگوهای غیرخطی در داده‌های پیچیده را فراهم می‌نماید. تابع فعال‌سازی که تابع انتقال نیز نامیده می‌شود در صورتی که شرایط ذیل را داشته باشد ایده‌آل خواهد بود.

- پیوسته باشد.

- مشتق‌پذیر و یکنوا باشد تا الگوریتم‌های بهینه‌سازی آسان‌تر بتوانند اوزان را محاسبه نمایند.

از مشهورترین توابع انتقال، تابع توزیع تجمعی لاجستیک (سیگموئید) و تابع توزیع تجمعی گوسین (نرمال استاندارد) است.

#### ۴-۳-۲- تخمین شبکه عصبی

تخمین در شبکه‌های عصبی با استفاده از فرآیندهای مختلف تکرار انجام می‌گیرد. در حالت کلی، تخمین به فرآیندی اطلاق می‌گردد که اوزان شبکه عصبی را مشخص می‌کند یکی از مشهورترین فرآیندهای تکرار الگوریتم پس انتشار<sup>۹</sup> خطا است. اگر چه برخی از محققین الگوریتم‌های مورد استفاده در شبکه عصبی را ناکارآتر از روش‌های مرسوم رگرسیون غیرخطی مانند نیوتن، نیوتن-رافسون، و اشکال مختلف این الگوریتم می‌دانند روش پس انتشار خطا در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۴-۳-۳- ملاک‌های ارزیابی شبکه عصبی

ملاک‌های ارزیابی شبکه عصبی در حقیقت همان ملاک‌های مورد استفاده در اقتصادسنجی است اما برخی از ملاک‌ها مورد توافق همگان نیست. به عنوان مثال معیارهای آکائیک و بیزی شوارتز توسط برخی از محققین برای انتخاب تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرونهای لایه‌های پنهان معرفی شده است اما این

ملاک‌ها توسط برخی دیگر مورد انتقاد قرار گرفته است. برای تعیین تعداد لایه‌های پنهان استفاده از روش سعی و خطا توصیه شده است، بدین ترتیب که الگویی که دارای بهترین قدرت توضیح‌دهندگی درون نمونه را دارد به عنوان بهترین الگو انتخاب گردد. در عمل حداقل کردن ملاک "ریشه دوم میانگین مجذور خطا"<sup>۱۰</sup> در تعیین تعداد لایه‌های پنهان شبکه عصبی از مقبولیت عام برخوردار است.

#### ۴-۴- ترکیب پیش‌بینی‌ها

در این بخش ضمن مروری اجمالی بر پیشینه‌ی "ترکیب پیش‌بینی‌ها" روش بیتز و گرنجر در وزن‌دهی به پیش‌بینی‌کننده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۴-۴-۱- پیشینه‌ی تاریخی ترکیب پیش‌بینی‌ها

از جنبه تاریخی، همان‌طوری‌که تیمرمان<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۶) بیان می‌دارد، ترکیب ضرایب رگرسیونی تخمین زده شده قدمتی در حدود ۲۰۰ سال دارد و به کار لاپلاس<sup>۱۲</sup> (۱۸۱۸) باز می‌گردد. لاپلاس خواص تخمین‌زننده‌های ترکیبی را با خواص تخمین‌زننده‌های حداقل مربعات مقایسه می‌کند و علاوه بر این خواص توزیع توام و فرمول‌هایی که منجر به بهبود نتایج می‌گردد، را استخراج می‌کند. پس از لاپلاس؛ ادگرتون و کالب<sup>۱۳</sup> (۱۹۳۸) تلاش کرده‌اند تا اوزان پیش‌بینی‌کننده‌ها را با حداقل‌سازی مجموع مجذور پسماندهای موزون هر رگرسیون به دست آورند. هالپرین<sup>۱۴</sup> (۱۹۶۵) در مطالعه‌ای سعی دارد، ترکیب مجموع مجذور حداقل شده‌ای از تخمین‌ها را فراهم آورد و گیسر<sup>۱۵</sup> (۱۹۶۵) برای وزن‌دهی پیش‌بینی‌های ترکیبی از رهیافت بیزی استفاده کرده است. ولی در خصوص تحلیل سری‌های زمانی و ارایه یک پیش‌بینی ترکیبی، مطالعات ابداع گونه در دهه ۱۹۶۰ توسط بارنارد<sup>۱۶</sup> (۱۹۶۳) و بیتز و گرنجر (۱۹۶۹) صورت گرفته است، که منجر به ارایه روش قابل اعتمادی برای ترکیب

$$\sigma_e^2 = E(y_t - x_t)^2$$

$$= E\left[\left((1 - k_1 - k_2)y_t - k_1u_{1t} + k_2u_{2t}\right)\right]^2$$

به عبارت دیگر داریم:

$$\text{Var}(e_t) = k_1^2\sigma_1^2 + (1 - k_1)^2\sigma_2^2 + 2k_2(1 - k_1)\sigma_{12} \quad (14)$$

اکنون واریانس خطای پیش‌بینی‌کننده ترکیبی را نسبت به  $k_1$  مینیمم می‌کنیم. برای این منظور از رابطه (14) مشتق گرفته و مساوی صفر قرار می‌دهیم، در این صورت می‌توان وزن‌های  $k_1$  و  $k_2$  را به دست آورد.

$$\begin{cases} k_1 = \frac{(\sigma_2^2 - \rho\sigma_1\sigma_2)}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2)} \\ k_2 = \frac{(\sigma_1^2 - \rho\sigma_1\sigma_2)}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2)} \end{cases} \quad (15)$$

در این روش همان طور که مشاهده می‌شود، اوزان ترکیب‌کننده‌ها به "واریانس و کوواریانس خطای پیش‌بینی‌کننده‌ها" مرتبط است. از طرفی می‌توان ضریب همبستگی بین  $u_{2t}$ ،  $u_{1t}$  را بدین صورت معرفی کرد.

$$\rho = \left[ \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1\sigma_2} \right]$$

اکنون اگر نتایج 15 را در رابطه 14 قرار دهیم، واریانس خطای پیش‌بینی‌کننده ترکیبی به دست می‌آید که کمتر یا مساوی مینیمم  $\sigma_1^2$  و  $\sigma_2^2$  است.

$$\text{Var}(e_t) = \frac{\sigma_1^2\sigma_2^2(1 - \rho^2)}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2)}$$

در این روش همان‌طور که مشاهده می‌شود، اوزان ترکیب‌کننده‌ها به "واریانس و کوواریانس خطای پیش‌بینی‌کننده‌ها" مرتبط است.

## 5- ارتباط بین مبانی، پیشینه و روش‌شناسی

### تحقیق

در پیشینه تحقیق دو دسته مطالعه وجود دارد، مطالعات دارای مبانی نظری و مطالعات فاقد مبانی نظری، مطالعات اشاره شده در

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۳

پیش‌بینی‌کننده‌ها شده است. با این حال، در مقاله حاضر برای ترکیب پیش‌بینی‌ها از رهیافت بیتز و گرنجر استفاده شده است.

## ۴-۲- ترکیب پیش‌بینی‌ها: روش واریانس - کوواریانس

بیتز و گرنجر (۱۹۶۹) کار ابداع گونه‌ای در زمینه وزن‌دهی به پیش‌بینی‌کننده‌ها، در پیش‌بینی یک سری خاص ارایه کرده‌اند.

اگر چه روش پیشنهادی آنها صرفاً برای ترکیب دو پیش‌بینی‌کننده بود، لیکن این روش توسط نیولند و گرینجر (۱۹۷۴) گسترش یافت و به ترکیب  $n$  پیش‌بینی‌کننده انجامید. این روش را روش "واریانس - کوواریانس" نامگذاری کرده‌اند. در این روش دو پیش‌بینی‌کننده را به گونه‌ای ترکیب می‌کنند تا یک پیش‌بینی‌کننده کارآتر تولید شود و هدف آن است که اوزان به نحوی انتخاب شود تا واریانس خطای پیش‌بینی حداقل شود.

اگر متغیری که می‌خواهیم پیش‌بینی کنیم، متغیر  $y$  باشد، و دو پیش‌بینی‌کننده نآریب برای این متغیر را با نمادهای  $x_1, x_2$  نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} y_t = x_{1t} + u_{1t} \\ y_t = x_{2t} + u_{2t} \end{cases} \quad (11)$$

$u_{2t}$ ،  $u_{1t}$  خطاهای پیش‌بینی با میانگین صفر و واریانسهای  $\sigma_2^2$  و  $\sigma_1^2$  هستند. بنابراین، مسئله تعیین کردن اوزان  $k_1$  و  $k_2$  است به طوری که یک پیش‌بینی‌کننده کارآیی را تحت عنوان  $x$  تولید کنیم. پیش‌بینی‌کننده ترکیبی عبارت است از:

$$x_t = k_1x_{1t} + k_2x_{2t} \quad (12)$$

از طرفی داریم:  $k_1 + k_2 = 1$ .

خطای پیش‌بینی‌کننده ترکیبی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$e_t = y_t - x_t = y_t - (k_1x_{1t} + k_2x_{2t}) \quad (13)$$

با جای گذاری روابط 11 در رابطه 13 خواهیم داشت:

$$e_t = y_t - x_t = (1 - k_1 - k_2)y_t$$

$$-k_1u_{1t} + k_2u_{2t}$$

واریانس خطای پیش‌بینی‌کننده تحت فروض به دست می‌آید.

اشاره به این نکته در تخمین الگوی فضای حالت چند متغیره الزامی است؛ زیرا به واسطه این که تخمین الگوی یاد شده مبتنی بر روش حداکثر راست‌نمایی است و فرآیند همگرا شدن تخمین در این رهیافت، یک مسئله بهینه‌سازی عددی است و این امکان وجود دارد که نتایج تخمین‌ها نسبت به نقاط آغازین حساس باشند. در برنامه نویسی این امکان در نظر گرفته شده است که در یک حلقه کنترلی *for*، مقادیر آغازین که بین صفر و یک هستند به میزان ۱۰۰۰ بار انتخاب شده و سپس الگو تخمین زده شود.

شکل ۲ خروجی برنامه نوشته شده در نرم افزار *EViews* را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از معنادار بودن تمامی ضرایب دارد.

### ۶-۲- الگوی شبکه عصبی مصنوعی

در این مطالعه از شبکه‌های عصبی متنوعی با توجه به اهداف مورد نظر می‌تواند، استفاده گردد. جدول ۳ چگونگی طراحی و مدل‌سازی را برای متغیرهای مصرف و تولید بنزین نشان می‌دهد. برای تخمین این الگو از برنامه نویسی در نرم افزار *MATLAB* نسخه ۷/۸ سال ۲۰۰۹ استفاده شده است.

Sspace: SS1				
Method: Maximum likelihood (Marquardt)				
Date: 10/10/05 Time: 18:23				
Sample: 1357 1387				
Included observations: 31				
Convergence achieved after 1 iteration				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	0.009834	4.00E-12	2.46E+09	0.0000
C(2)	-0.001634	3.55E-11	-46090536	0.0000
C(3)	0.008233	5.09E-12	1.62E+09	0.0000
C(4)	0.001984	8.79E-12	2.26E+08	0.0000
C(5)	0.004957	3.33E-12	1.49E+09	0.0000
C(6)	0.002582	1.71E-12	1.51E+09	0.0000
C(7)	0.008025	4.29E-12	1.87E+09	0.0000
C(8)	0.008000	4.19E-12	1.91E+09	0.0000
C(9)	0.008444	6.77E-12	1.25E+09	0.0000
	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
SV1	26090.27	0.020491	1273274.	0.0000
SV2	497.9607	0.018918	26321.38	0.0000
SV3	-9994.538	0.011049	-904558.2	0.0000
SV4	-773.9360	0.005013	-154389.0	0.0000
Log likelihood	-1.06E+11	Akaike info criterion	6.81E+09	
Parameters	9	Schwarz criterion	6.81E+09	
Diffuse priors	4	Hannan-Quinn criter.	6.81E+09	

شکل ۲. نتایج تخمین الگوی فضای حالت چند متغیره با استفاده

از نرم افزار *EViews* نسخه ۷/۸

جدول ۱ صرف نظر از نوع تکنیک تخمین، عمدتاً به دنبال آرایه یک تحلیل علی از عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضای بنزین هستند، این مطالعات دارای مبانی نظری هستند. لیکن هدف مطالعات گزارش شده در جدول ۲، آرایه یک چارچوب غیرعلی برای پیش‌بینی عرضه و تقاضای بنزین است. در نتیجه این مطالعات فاقد مبانی نظری هستند. حال آنکه، در مطالعه حاضر تلفیقی از دو رهیافت مورد اشاره، صورت گرفته است. همان‌طوری که در بخش ۴-۱ توضیح داده شده است، صرف‌نظر از عوامل مؤثر بر تقاضای بنزین، روند تولید بنزین تابعی از روند مصرف (تقاضای) بنزین در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، در بخش دیگر مقاله از شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک رهیافت غیرساختاری برای پیش‌بینی عرضه و تقاضای بنزین استفاده شده است. در نتیجه یکی از نکاتی که این مقاله را از سایر مقالات متمایز می‌کند، ارتباط بین مصرف و تولید بنزین بوده و نکته دیگر ترکیب دو رهیافت علی و غیرعلی برای پیش‌بینی عرضه و تقاضای بنزین است.

### ۶- نتایج تخمین و برآورد الگوها

در این بخش با استفاده از دو رهیافت یاد شده اقدام به بررسی تجربی روند تولید، مصرف و واردات بنزین می‌شود.

#### ۶-۱- الگوی فضای حالت چند متغیره

در رهیافت فضای حالت چند متغیره، با استفاده از بردار ۲ که فقط شامل مصرف و تولید بنزین است، الگو را توسط روش حداکثر راست‌نمایی و با استفاده از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار *EViews* نسخه ۸/۱ تخمین زده شده است. در این رهیافت همان‌طوری که پیش از این اشاره گردید، تولید بنزین تابعی از روند مصرف بنزین است. یکی از مزیت‌های این رهیافت امکان تخمین اجزاء ماتریس واریانس و کوواریانس ساختاری مطابق روابط ۹ و ۱۰ است.

$$Struc Cov = \begin{pmatrix} Q_t & 0_{(4 \times 2)} \\ 0_{(2 \times 4)} & H_t \end{pmatrix}$$



### ۶-۳- مقایسه نتایج رهیافت‌های فضای حالت چند

#### متغیره و شبکه عصبی مصنوعی

در این بخش مقایسه‌ای بین عملکرد الگوی فضای حالت چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی داخل نمونه ارایه می‌گردد. برای این منظور با استفاده از داده‌های دوره زمانی (۱۳۸۳-۱۳۵۷) هر دو الگو را برآورد کرده و برای دوره زمانی (۱۳۸۷-۱۳۸۴) پیش‌بینی می‌شود. سپس با استفاده از ملاک‌های ارزیابی عملکرد، رهیافت‌های استفاده شده ارزیابی می‌شود،

این ملاک‌ها عبارتند از:

- ریشه متوسط مجذور خطا ( $RMSE$ )

- ریشه متوسط مجذور درصد خطا ( $RMSPE$ )

- متوسط مطلق خطا ( $MAE$ )

- متوسط مطلق درصد خطا ( $MAPE1, MAPE2$ )

اگر  $Y_t$  متغیری باشد که هدف الگو پیش‌بینی آن باشد. در این صورت  $\hat{Y}_t$  مقدار پیش‌بینی شده الگو از متغیر مورد نظر است. در این صورت می‌توان ملاک‌های یاد شده در بالا را چنین نوشت: شاخص ریشه متوسط مجذور خطا از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=t_1} (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (18)$$

در این رابطه منظور از  $\tilde{n}$  تعداد مشاهداتی است که برای آن مشاهدات پیش‌بینی صورت گرفته است. ریشه متوسط مجذور درصد خطا نیز عبارت است از:

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=t_1} \left( \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right)^2} \quad (19)$$

شاخص متوسط مطلق خطا به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=t_1} |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (20)$$

شاخص مطلق درصد خطا را می‌توان به صورت روابط زیر محاسبه کرد:

$$MAPE1 = \frac{1}{n} \sum_{t=t_1} \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \quad (21)$$

$$MAPE2 = \frac{\sum_{t=t_1} |Y_t - \hat{Y}_t|}{\sum_{t=t_1} Y_t} \quad (22)$$

جدول ۴ ملاک‌های بالا را برای دو متغیر مصرف و تولید بنزین و با توجه به دو روش الگوی فضای حالت چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی ارایه می‌کند.

همان‌طوری که نتایج نشان می‌دهد، برای هر دو متغیر مصرف و تولید بنزین، روش شبکه عصبی نسبت به الگوی فضای حالت چند متغیره عملکرد بهتری در پیش‌بینی داشته است.

جدول ۵ نتایج پیش‌بینی خارج از نمونه را برای متغیرهای تولید، مصرف و واردات بنزین بر حسب هزار مترمکعب نشان می‌دهد. شکل ۳، نتایج مندرج در جدول ۵ را برای متغیرهای مورد بررسی در دوره زمانی (۱۳۹۰-۱۳۵۷) نشان می‌دهد.

### ۶-۴- ترکیب پیش‌بینی‌کننده‌های فضای حالت و شبکه عصبی مصنوعی: رهیافت بیتز و گرنجر

با توجه به رابطه ۱۶ و در نظر داشتن این که نتایج پیش‌بینی درون نمونه برای دوره زمانی (۱۳۸۷-۱۳۸۴) را در تعیین محاسبات به کار گرفته‌ایم، پس مطابق جدول ۶ اوزان هر کدام یک از پیش‌بینی‌کننده‌ها را برای انجام پیش‌بینی خارج از نمونه مشاهده می‌شود.

جدول ۳. طراحی و مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی برای متغیرهای تولید و مصرف بنزین (۱۳۸۷-۱۳۵۷)

طراحی و مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی برای متغیرها				
مصرف بنزین (هزار متر مکعب)				
تابع فعال‌سازی	پیشخور چند لایه‌ای	لایه‌های پنهان	نرخ آموزش	نسبت داده‌های آموزش به آزمایش
سیگموئید	۱	۴	۰/۱	۰/۹ به ۰/۱
روش توقف آموزش	الگوریتم آموزش	RMSE	دوره آموزش	دوره پیش بینی
Early Stopping	لونبرگ-مارکوات	۰/۱۵۹۴	۱۳۵۷-۱۳۸۳	۱۳۸۴-۱۳۹۰
تولید بنزین (هزار متر مکعب)				
تابع فعال‌سازی	پیشخور چند لایه‌ای	لایه‌های پنهان	نرخ آموزش	نسبت داده‌های آموزش به آزمایش
سیگموئید	۲	۱	۰/۱	۰/۹ به ۰/۱
روش توقف آموزش	الگوریتم آموزش	RMSE	دوره آموزش	دوره پیش بینی
Early Stopping	لونبرگ-مارکوات	۰/۱۹۰۱	۱۳۵۷-۱۳۸۳	۱۳۸۴-۱۳۹۰

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۴. سنجش اعتبار مدل‌سازی مصرف و تولید بنزین (در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۸۴)

سنجش اعتبار الگوها				
ملاک‌ها	فضای حالت چند متغیره		شبکه عصبی مصنوعی	
	مصرف بنزین	تولید بنزین	مصرف بنزین	تولید بنزین
RMSE	۷۶۳/۳۹۶	۱۲۰۲/۳۰۴	۵۰۸/۹۳۱	۸۰۱/۵۳۶
RMSPE	۰/۰۳	۰/۰۶۹	۰/۰۲	۰/۰۴۶
MAE	۲۲/۶۵	۳۰/۴۹۲	۱۸/۴۹۳	۲۴/۸۹۶
MAPE1	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱

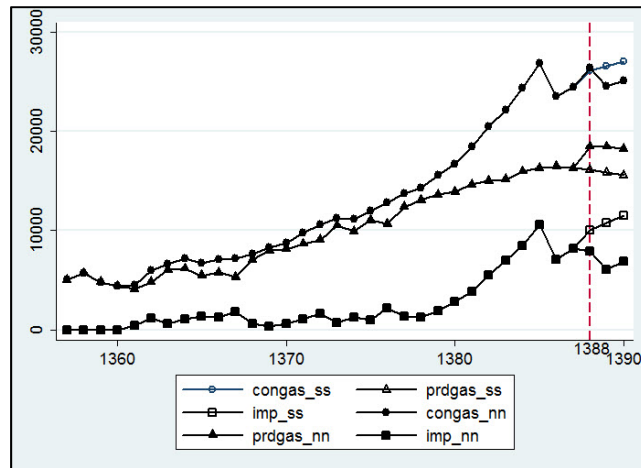
منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۵. نتایج پیش‌بینی خارج از نمونه را برای متغیرهای تولید، مصرف و واردات بنزین (برحسب هزار مترمکعب)

سال	پیش‌بینی خارج از نمونه با استفاده از رهیافت					
	فضای حالت چند متغیره			شبکه عصبی مصنوعی		
	PRDGAS_SS	CONGAS_SS	IMPGAS_SS	PRDGAS_NN	CONGAS_NN	IMPGAS_NN
	تولید	مصرف	واردات	تولید	مصرف	واردات
۱۳۸۸	۱۶۰۹۵/۷	۲۶۰۹۰/۳	۹۹۹۴/۵	۱۸۴۶۹/۵	۲۶۳۶۲/۰	۷۸۹۲/۵
۱۳۸۹	۱۵۸۱۹/۸	۲۶۵۸۸/۲	۱۰۷۶/۵	۱۸۴۷۵/۱	۲۴۵۲۷/۲	۶۰۵۲/۱
۱۳۹۰	۱۵۵۴۳/۸	۲۷۰۸۶/۲	۱۱۵۴/۴	۱۱۵۴۲/۵	۲۵۱۴۳/۹	۶۸۸۱/۴

منبع: محاسبات تحقیق

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۳

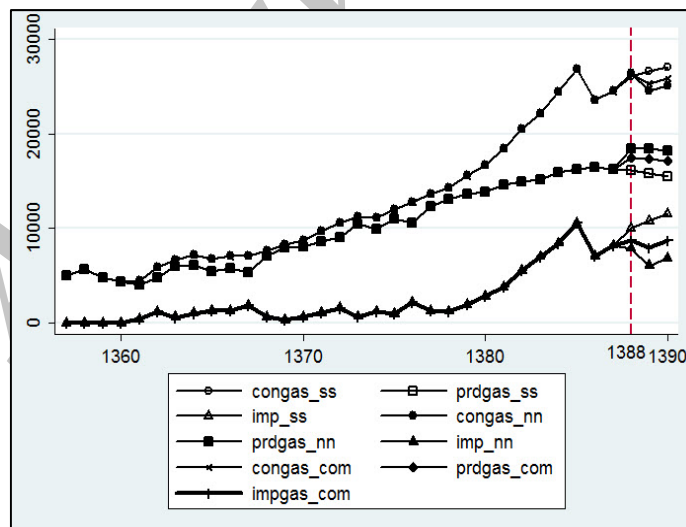


شکل ۳. پیش‌بینی خارج از نمونه متغیرهای مورد بررسی با استفاده از دو رهیافت فضای حالت و شبکه عصبی

جدول ۶. تعیین اوزان پیش‌بینی‌کننده‌ها در روش بیتز- گرنجر (در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۸۴)

نتایج	مصرف بنزین		تولید بنزین	
	فضای حالت (۱)	شبکه عصبی (۲)	فضای حالت (۱)	شبکه عصبی (۲)
واریانس خطای پیش‌بینی	۹۷۱۲۸۸/۵۴	۴۳۱۶۸۳	۲۴۰۹۲۲۴/۹	۱۰۷۰۷۶۶/۶
خطای معیار پیش‌بینی	۹۸۵/۵۳۹	۶۵۷/۰۲۶	۱۵۵۲/۱۶	۱۰۳۴
ضریب همبستگی بین خطای پیش‌بینی‌کننده‌ها	-۰/۶۵۲۲۷		۰/۸۵۴۲	
وزن K1	۰/۳۷۹۹		۰/۴۰۹۶	
وزن K2		۰/۶۲۰۱		۰/۵۹۰۴

منبع: محاسبات تحقیق



شکل ۴. پیش‌بینی تولید، مصرف و واردات بنزین با استفاده از روش ترکیب پیش‌بینی‌کننده‌ها

جدول ۷. پیش‌بینی تولید، مصرف و واردات بنزین با استفاده از روش ترکیب پیش‌بینی‌کننده‌ها

سال	پیش‌بینی خارج از نمونه با استفاده از پیش‌بینی‌کننده‌های بیتز و گرنجر (مقیاس: هزار متر مکعب)		
	PRDGAS_COM	CONGAS_COM	IMPGAS_COM
	تولید	مصرف	واردات
۱۳۸۸	۱۷۴۹۷/۲۱	۲۶۲۵۸/۷۸	۸۷۶۱/۵۷
۱۳۸۹	۱۷۳۸۷/۴۹	۲۵۳۱۰/۲۰	۷۹۲۲/۷۱
۱۳۹۰	۱۷۱۴۸/۹۰	۲۵۸۸۱/۷۶	۸۷۳۲/۸۶

منبع: محاسبات تحقیق

## ۷- نتیجه‌گیری

امروزه برنامه‌ریزی در خصوص انرژی برای تمامی کشورهای واردکننده و صادرکننده نفت امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، ضرورت دارد که سیاستگذاران اقتصادی درک درستی از روند تولید، مصرف و واردات این فرآورده‌ها داشته باشند. در این مقاله با بهره‌گیری از دو رهیافت "الگوی فضای حالت چند متغیره" و "شبکه عصبی مصنوعی" و با استفاده از داده‌های تولید، مصرف و واردات بنزین در طی سال‌های (۱۳۸۷-۱۳۵۷) اقدام به برآورد میزان تولید، مصرف و واردات بنزین کرده‌ایم. سپس در ادامه مقاله، پیش‌بینی تولید، مصرف و واردات آتی بنزین برای دوره کوتاه‌مدت (۱۳۸۸-۱۳۹۰) ارائه گردیده است. نتایج حاکی از آن است که الگوی شبکه عصبی مصنوعی عملکرد مناسب‌تری در پیش‌بینی داخل نمونه نسبت به الگوی فضای حالت چند متغیره دارد. در انتها علاوه بر این که مقادیر پیش‌بینی خارج از نمونه هر دو رهیافت ارائه شده، با استفاده از رهیافت ترکیب پیش‌بینی‌های بیتز و گرنجر، مقادیر پیش‌بینی ترکیبی که نسبت به هر دو روش کارآتر است، گزارش شده است. مقایسه پیش‌بینی‌های این الگو و سایر مطالعات دیگر و مقایسه عملکرد آنها در پیش‌بینی خارج از نمونه می‌تواند منجر به تعیین بهترین الگوی پیش‌بینی برای برنامه‌ریزی انرژی گردد.

نظر به این‌که در شرایط کنونی کشور (وجود تحریم خرید نفت و تحریم بانکی) حصول درآمدهای ارزی و آن هم از محل صادرات نفت خام و صادرات غیرنفتی کار بسیار دشواری است و با در نظر داشتن این واقعیت که در دوره زمانی که این مطالعه صورت پذیرفته است، همواره مصرف بنزین از تولید آن بیشتر بوده و واردات بنزین امری حتمی است. از این رو، ضرورت دارد

ابتدا، با واقعی کردن قیمت بنزین و CNG (کالای جانشین بنزین) مصرف واقعی بنزین و میزان واردات مورد نیاز تعیین شده و سپس برای کنترل تولید، مصرف و واردات بنزین یک الگوی کارآ جهت پیش‌بینی طراحی گردد.

## ۸- پی‌نوشت‌ها

1. Artificial Neural Network (ANN)
2. Multivariate State Space Model (MSSM)
3. Armstrong
4. State
5. Transition
6. Measurement
7. Locally Trend Model
8. Kalman Filter
9. Back Propagation
10. Root Mean Square Error (RMSE)
11. Timmermann
12. Laplace
13. Edgerton and Kolbe
14. Halperin
15. Geisser
16. Barnard

## ۹- مراجع

- ابونوری، ع.ع. و هیوا، ش. (۱۳۸۵). "برآورد تابع تقاضای بنزین در ایران در طی دوره ۱۳۸۱-۱۳۴۷"، فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، ص. ۲۰۵-۲۰۸.

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۳

- آخانی، ز. (۱۳۷۸)، "بررسی عوامل مؤثر بر مصرف بنزین در کشور"، مجله برنامه و بودجه، شماره ۴۳ و ۴۴، سال چهارم، ص. ۱۴۸-۱۳۳.
- اسماعیل نیا، ع. الف. (۱۳۷۸)، "بررسی افزایش قیمت بنزین روی مصرف آن"، مجله برنامه و بودجه، شماره ۵۳، ص. ۶۱-۳۳.
- بغزبان. الف و نصرآبادی، الف. (۱۳۸۶)، "پیش‌بینی مصرف فرآورده‌های نفتی: مقایسه سیستم معادلات اقتصادسنجی و شبکه‌های عصبی"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال سوم، شماره ۱۰، ص. ۶۷-۴۷.
- جهانگرد، الف. (۱۳۸۱)، "تعدیل قیمت انرژی و درآمد دولت"، دفتر اقتصاد کلان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- چیت نیس، م. (۱۳۸۴)، "اثر سیاست قیمت‌گذاری بنزین بر رفاه اجتماعی در ایران"، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
- ختایی، م. و اقدامی پ. (۱۳۸۴)، تحلیل کشش قیمتی تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل زمینی و پیش‌بینی آن تا سال ۱۳۹۴، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۲۲، ص. ۴۶-۲۳.
- زراء نژاد، م. و قیانچی، ف. (۱۳۸۶)، "برآورد مدل تصحیح خطای تقاضای بنزین در ایران"، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۴۲، ص. ۵۲-۲۹.
- شاکری ع، محمدی، ت.، جهانگرد الف. و موسوی، م.ح. (۱۳۸۹)، "تخمین مدل ساختاری تقاضای بنزین و نفت گاز در بخش حمل و نقل ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۵، ص. ۳۱-۱.
- صادقی ح، ذوالفقاری م. و حیدری زاده م. (۱۳۸۸)، "تخمین تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل با استفاده از الگوریتم ژنتیک"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال ششم، شماره ۲۱، ص. ۲۷-۱.
- قنبری ع، خضری م. و اعظمی، الف. (۱۳۸۷)، "شبیه‌سازی تابع تقاضای و نفت گاز در حمل و نقل زمینی ایران"، با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک، دوره ۵، شماره ۴، ص. ۱۷۷-۱۵۷.
- مرادی، ع. (۱۳۹۲)، "کاربرد *Eviews* در اقتصادسنجی"، چاپ چهارم، تهران، جهاد دانشگاهی تهران.
- "گزارش عملکرد سالانه‌ی شرکت ملی پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی"، دفتر آمار و اطلاعات، سال‌های مختلف.
- Armstrong, J, S (2001), "Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners", Norwell, MA: Kluwer Academic.
- Bates, J and, C, Granger (1969), "The Combination of Forecasts", Operational Research Quarterly, Vol. 20, 451-468.
- Commandeur, J, J. F and S, J, Koopmans, (2007), "An Introduction to State Space Time Series Analysis", Oxford University Press.
- Faraway, J and C, Chatfield. (1998), Time Series forecasting with Neural Networks: a Comparative Study Using the Airline data", Applied Statistic, Vol47, Issue2, pp. 231-250.
- Hamilton, J, D. (1994), "Time Series Analysis", Princeton University Press.
- McNeill, P, D, (2005), "Neural Networks in Finance: Gaining Predictive Edge in the Market", Elsevier Academic Press.
- Mergne, S. (2009), "Applications of State Space Models in Finance", Gottingen University press.
- Smith, K and J, Gupta. (2002), Neural Networks in Business: Techniques and Applications", Idea Group Publishing.
- Timmermann, A. (2006), "Forecast Combinations," in Handbook of Economic Forecasting, ed. by G. Elliott, C. Granger, and A. Timmermann, Amsterdam: North-Holland, 135-196.