

پیش بینی هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی با استفاده از مدل های ساختاری، سری زمانی و

سیستم شبکه های عصبی-فازی

هادی گنجی زهرایی^۱ (مسئول مکاتبات)

ganjihadi@gmail.com

میر حسین موسوی^۲

تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۵

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۰/۲۰

یکی از عوامل تاثیر گذار در توسعه مدل های مختلف حمل و نقلی، در نظر گرفتن هزینه های مستقیم و غیر مستقیم آن در برنامه ریزی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت است. برخی از این هزینه ها به اجتماع وارد می شود که در ادبیات اقتصادی تحت عنوان آثار خارجی منفی محسوب می شود. مصرف سوخت در حمل و نقل یکی از عوامل اصلی ایجاد کننده این گونه هزینه ها است. هدف مقاله حاضر برآورد و پیش بینی هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی با استفاده از مدل های ساختاری، سری زمانی و مدل های غیر خطی شبکه عصبی-فازی است.

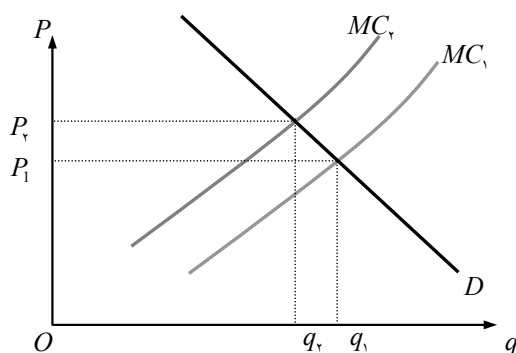
برای این منظور لازم است که ابتدا میزان مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی پیش بینی شود. بر اساس میزان مصرف سوخت پیش بینی شده، هزینه های اجتماعی نیز تا سال ۱۳۹۰ پیش بینی می شود. نتایج حاکی از آن است که، مدل های شبکه عصبی-فازی بهترین پیش بینی از این هزینه ها را ارائه می دهد.

واژه های کلیدی: مدل های رگرسیونی، مدل های ARIMA ، مدل های ANFIS ، مدل های سری زمانی، تقاضا و مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی، هزینه های اجتماعی.

۱- کارشناس ارشد آمار اقتصادی و اجتماعی، عضو هیات علمی پژوهشکده حمل و نقل
۲- دانشجوی دکتری دانشگاه علامه طباطبایی، رئیس بخش اقتصاد حمل و نقل پژوهشکده حمل و نقل

مقدمه

در محصول موجب افزایش کارایی تخصیصی شده و بنابراین وضعیت جامعه را در کل بهتر می‌سازد.^۱ در ادبیات اقتصادی به عمل وادار کردن بنگاه به پرداخت هزینه های اجتماعی، درونی کردن آثار خارجی گفته می‌شود که منجر به کارایی تخصیصی در جامعه می‌گردد(۲).



نمودار ۱- تاثیر هزینه های اجتماعی بر وضعیت عرضه و تقاضای فعالیت های اقتصادی

در مورد بخش حمل و نقل به عنوان یک واحد ارایه دهنده خدمت جا به جایی بار و مسافر، هر یک از مدهای حمل و نقل، علاوه بر هزینه هایی که به صورت مستقیم در دوره بهره برداری دارد (مانند هزینه های نگه داری و استهلاک شبکه و ناوگان) هزینه هایی را نیز به صورت غیر مستقیم به جامعه تحمیل می‌کند که در حقیقت اثرات خارجی منفی بخش حمل و نقل می‌باشد. قسمت اعظم این هزینه ها شامل آلاینده های زیست محیطی است که در اثر مصرف سوخت های فسیلی به وجود می‌آید(۳). البته هزینه های تصادفات نیز می‌تواند شامل این هزینه ها باشد که در این مقاله بدان پرداخته نشده است.

در خصوص نحوه برآورد ریالی هزینه های اجتماعی دیدگاه های متفاوتی وجود دارد. به طور مثال روش هزینه-

در فرآیند تولید و مصرف، ایجاد آلودگی غیرقابل اجتناب است و به صورت هزینه بر کسانی تحمیل می‌شود که، به طور مستقیم در چرخه مربوط به تولید و مصرف حضور ندارند. این موضوع به عنوان یک عامل بیرونی منفی برای چرخه تولید و مصرف محسوب می‌شود. در جریان تولید و مصرف کالاها و خدمات، کالاهای بد هم تولید می‌شود. در دنیای واقعی بسیاری از فعالیت های انسانی دارای عامل بیرونی منفی است. اگر عامل بیرونی منفی توسط تولیدکنندگان و مصرف کنندگان مستقیم درونی نشود، موجب انحراف سطح تولید از مقدار بهینه آن می‌شود. بنابراین منطق اقتصادی حکم می‌کند که به گونه ای آلودگی محدود شود. هنگامی که بنگاه ها از منابعی کمیاب استفاده نمی‌کنند، هزینه این منابع را منظور نکرده و در حداکثر سازی سود خود لحاظ نمی‌کنند. کارایی تخصیصی مستلزم آن است که، ارزشی که مصرف کننده برای هر واحد نهایی محصول یا خدمت پرداخت می‌کند، مساوی هزینه نهایی اجتماعی (برابر با مقدار منابعی که جامعه برای تولید یا ارایه خدمت واحد نهایی صرف می‌کند) باشد. وقتی عامل بیرونی منفی وجود دارد هزینه نهایی اجتماعی از هزینه نهایی خصوصی (هزینه ای که تولیدکننده و ارایه دهنده خدمات تحمل می‌کند) بیشتر است. زیرا عمل تولید و ارایه خدمت برای جامعه، هزینه هایی ایجاد می‌کند که تولیدکننده به طور مستقیم با آن مواجه نیست(۱). همان طور که در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود اگر بنگاه ها در جایی فعالیت کنند که قیمت مساوی هزینه نهایی خصوصی باشد، یعنی جایی که MC_1 منحنی تقاضا را قطع می‌کند، سطح محصول حداکثرکننده سود بنگاه یعنی q_1 از حد بهینه محصول بیشتر است. در این جا قیمتی که مصرف کنندگان می‌پردازند دقیقاً هزینه نهایی خصوصی را پوشش می‌دهد و چیزی بابت خسارات بیرونی و جنبی نمی‌پردازند. در این حالت عایدی اجتماعی آخرین واحد محصول یا خدمت (قیمت بازاری) کمتر از هزینه نهایی اجتماعی (هزینه نهایی خصوصی به اضافه هزینه تحمیل شده از طریق عامل بیرونی) است. لذا یک واحد کاهش

۱- در صورتی که هزینه عوامل تولید نیز بیشتر باشد، به تبع آن هزینه کل و نهایی بیشتر و منحنی هزینه نهایی به سمت راست انتقال می‌یابد.

۱- مدل های ساختاری و سری زمانی برای پیش بینی تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی

در این بخش، ابتدا یک مدل ساختاری^۲ که با استفاده از حداکثر نمودن تابع مطلوبیت بخش حمل و نقل ریلی استخراج می شود، معرفی می شود؛ سپس دو نوع از مدل های سری زمانی برای پیش بینی تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی ارائه می گردد. لازمه استفاده از این مدل ها داشتن متغیرهای ایستا و هم انباشته از یک درجه می باشد. در ادامه به تفصیل این موارد توضیح داده می شود.

۲-۱- مدل ساختاری تقاضای سوخت

در ادبیات اقتصاد خرد برای استخراج تابع تقاضا، روش های متعددی وجود دارد که از آن جمله می توان به حداکثر کردن تابع مطلوبیت مستقیم، حداکثر کردن تابع مطلوبیت غیر مستقیم و استفاده از اتحاد روی، حداقل کردن تابع مخارج و استفاده از قضیه شفارد و بالاخره استفاده از توابع تقاضای دیفرانسیلی اشاره کرد. در این مقاله به منظور استخراج تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی از روش حداکثر سازی تابع مطلوبیت مستقیم استفاده می شود^(۴). تصریح تابع تقاضا در این روش به صورت زیر می باشد.

بخش حمل و نقل ریلی به عنوان یکی از مهم ترین شیوه های حمل و نقل که در تقسیم بندی بخش های اقتصادی جزء بخش خدمات به حساب می آید، به منظور ارائه خدمات بار و مسافر دو گروه کالا را مورد مصرف قرار می دهد. یکی مصرف سوخت و دیگری مصرف کالا و خدمات به غیر از

فرصت، روش واکنش- دز، روش هزینه جایگزینی، روش مخارج پیشگیری یا رفتار تعدیلی، روش تقاضای انتسابی، روش هزینه سفر، روش رفتارندم، روش ارزش گذاری مشروط، روش VSL^۱، روش دیه، روش درآمد و روش بیمه. در هر یک از روش های یاد شده با در نظر گرفتن فروض خاص، برآوردی از هزینه های اجتماعی آن صورت می گیرد^(۳). علاوه بر این موضوع، روش های یاد شده ترکیبی از هزینه های اجتماعی مصرف سوخت و تصادفات را در بر می گیرد.

این مقاله به دنبال ارائه روش جدید محاسبه هزینه اجتماعی و یا ارزیابی هر یک از آن ها نمی باشد بلکه، هدف از نگارش مقاله برآورد و پیش بینی هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی است. در حقیقت بررسی این موضوع که بخش حمل و نقل ریلی، در جا به جایی بار و مسافر به ازای مصرف یک لیتر سوخت چه میزان هزینه به جامعه تحمیل می کند؟ طی سال های آتی روند این هزینه ها در بخش حمل و نقل ریلی چگونه خواهد بود؟

در راستای بررسی موارد فوق، ابتدا مروری بر ادبیات روش های مدل ساختاری، مدل های سری زمانی و سیستم سازی- شبکه عصبی شده است. در بخش دوم مقاله، معیارهایی جهت ارزیابی مدل های پیش بینی مدل، به گونه ای که بتوان مدل های با ساختارهای مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد ارائه شده است. در بخش سوم کاربرد مدل های ارائه شده در خصوص پیش بینی میزان مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی ارائه و مدل مورد نظر انتخاب شده است. با استفاده از این مدل مقدار مصرف سوخت تا سال ۱۳۹۰ پیش بینی شده است. در بخش چهارم به برآورد هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف یک لیتر سوخت در بخش حمل و نقل ریلی پرداخته شده و در نهایت مقادیر پیش بینی هزینه اجتماعی تا سال ۱۳۹۰ ارائه شده است.

۲- منظور از مدل های ساختاری در اقتصاد کاربردی مدل هایی هستند که از بطن تئوری های اقتصادی استخراج می شوند. در مدل سازی اقتصادی این مدل ها به دو صورت مدل های رگرسیونی تک معادله ای و مدل معادلات همزمان به کار گرفته می شوند. در مقاله حاضر مدل ساختاری در قالب مدل رگرسیونی تک معادله ای به کار گرفته شده است

۱- Value of Statistics Life

با استخراج شرایط مرتبه اول (مشتق گرفتن از تابع لاگرانژ نسبت به θ ، Y ، X مساوی صفر قرار دادن) و انجام عملیات ساده سازی می توان به رابطه زیر که بیانگر تابع تقاضای کالای X است، دست یافت:

$$\frac{P_x}{P_y} = \left(\frac{\alpha_1 Y}{\alpha_2 X} \right) \Rightarrow X \left(\frac{\alpha_1 P_y Y}{\alpha_2 P_x} \right) \quad (۶)$$

با قرار دادن مقدار فوق در قید بودجه مخارج صرف شده برای سوخت به صورت زیر در می آید:

$$P_y Y = Y \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \right) \quad (۷)$$

مرحله دوم:

$$\begin{aligned} \text{Max} Y &= \exp(S^{\beta_1} E^{\beta_2}) \\ \text{s.t. } P_y Y &= Y \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \right) = P_s S + P_e E \quad (۸) \end{aligned}$$

با تشکیل تابع لاگرانژ خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} Z &= \exp(S^{\beta_1} E^{\beta_2}) + \\ &\mu \left(Y \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \right) - P_s S + P_e E \right) \quad (۹) \end{aligned}$$

با استخراج شرایط مرتبه اول تابع تقاضای سوخت جایگزینی به صورت زیر خواهد بود:

$$S = \left(\frac{\beta_1 E P_e}{\beta_2 P_s} \right) \quad (۱۰)$$

با قرار دادن مقادیر معادل $P_y Y$ و S از روابط فوق در قید بودجه خواهیم داشت:

$$Y = \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \right) - P_s \left(\frac{\beta_1 E P_e}{\beta_2 P_s} \right) - P_e E = 0 \quad (۱۱)$$

با حل معادله فوق برای E خواهیم داشت:

سوخت می باشد. لذا تابع مطلوبیت را در بخش حمل و نقل ریلی می توان به صورت زیر تصریح کرد:

$$U = U(X, Y) \quad (۱)$$

که در آن X معرف مقدار مصرف کالا و خدمات به غیر از سوخت در بخش حمل و نقل ریلی و Y میزان مصرف سوخت در بخش مذکور می باشد. با توجه به این که تقاضا برای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی تقاضای مشتق می باشد، لذا می توان بیان کرد که خدمات حاصل از مصرف سوخت، خود تابعی از خدمات ناشی از سوخت گازوئیل و سوخت های جایگزین است. به این ترتیب می توان نوشت:

$$Y = Y(E, S) \quad (۲)$$

که در آن E معرف سوخت گازوئیل و S بیانگر سوخت جایگزین است. در این صورت بخش حمل و نقل ریلی به منظور ارایه خدمات دارای محدودیتی به شکل زیر خواهد بود:

$$I = P_x X + P_e E + P_s S \quad (۳)$$

که در آن P_x ، P_e ، P_s به ترتیب قیمت سوخت های جایگزین، قیمت سوخت گازوئیل و قیمت سایر کالا و خدمات مورد استفاده در بخش حمل و نقل ریلی است.

به منظور ساده سازی مسئله بهینه یابی فرض می شود که، شکل تبعی تابع مطلوبیت از فرم کاب - داگلاس و شکل تبعی تابع سوخت از فرم نمائی پیروی می کند. مکانیسم استخراج تابع تقاضای سوخت در دو مرحله صورت می گیرد.

$$\begin{aligned} \text{Max} U &= X^{\alpha_1} Y^{\alpha_2} \\ \text{s.t. } \begin{cases} I = P_x X + P_s S + P_e E \\ P_s S + P_e E = P_y Y \end{cases} \quad (۴) \end{aligned}$$

برای حل مسئله فوق تابع لاگرانژ را تشکیل می دهیم

که به صورت زیر است:

$$V = X^{\alpha_1} Y^{\alpha_2} - \theta (I - P_x X - P_y Y) \quad (۵)$$

$$E^{\beta_1+\beta_2-1} = \left[\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\alpha_1} \right) \left(\frac{\alpha_2 \beta_2^{\beta_1-1}}{\alpha_2 \beta_1^{\beta_1}} \right) \right] \quad (12)$$

$$\left(\frac{1}{I} \right) P_s^{\beta_1} P_e^{1-\beta_1}$$

$$E = \left[\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\alpha_1} \right) \left(\frac{\alpha_2 \beta_2^{\beta_1-1}}{\alpha_2 \beta_1^{\beta_1}} \right) \right]^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2-1}} I^{-\frac{1}{\beta_1+\beta_2-1}} P_s^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2-1}} P_e^{\frac{1-\beta_1}{\beta_1+\beta_2-1}} \quad (13)$$

$$K = \left[\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\alpha_1} \right) \left(\frac{\alpha_2 \beta_2^{\beta_1-1}}{\alpha_2 \beta_1^{\beta_1}} \right) \right]^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2-1}}, t_1 = -\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 - 1}, t_2 = \frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2 - 1}, t_3 = \frac{1 - \beta_1}{\beta_1 + \beta_2 - 1}$$

با قرار دادن

خواهیم داشت:

$$E = K.I^{t_1} P_s^{t_2} P_e^{t_3} \quad (14)$$

۲-۲- مدل سری زمانی تقاضای سوخت

طبق دیدگاه مدل های سری زمانی یک متغیره، تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی را می توان صرفاً تابعی از مقادیر گذشته خود در نظر گرفت. به عبارت دیگر مقادیر سطح تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی در دوره های قبلی حاوی کلیه اطلاعات لازم مربوط به عوامل تعیین کننده تقاضای سوخت بوده و لذا قادر خواهد بود میزان تقاضای سوخت دوره جاری را به خوبی توضیح داده و مقادیر آتی آن را پیش بینی نماید.

۲-۲-۲- مدل های خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA)

مدل های $ARIMA(p, d, q)$ اولین بار توسط کس و جنکینز معرفی شدند (۹). این مدل ها به صورت ترکیب خطی از مقادیر گذشته فرایند و سایر عواملی که امکان اندازه گیری آن ها وجود ندارد، می باشد. در این مدل یک ساختار استاتیک دوره ای در خصوص ارتباط بین داده ها وجود دارد، ولی این ارتباط نسبت به زمان متغیر است. از جمله فروض اولیه برای برآزش این مدل ها، همچون مدل

که با توجه به شرط همگنی، $t_1 + t_2 + t_3 = 0$ می باشد. چنانچه از رابطه فوق لگاریتم گرفته شود مدل رگرسیونی تک معادله ای برای پیش بینی تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی به دست خواهد آمد که به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{LOG}(E_t) &= \text{LOG}(K) + t_1 \text{LOG}(P_t^s) \\ &+ t_2 \text{LOG}(I_t) + t_3 \text{LOG}(P_t^e) \end{aligned} \quad (15)$$

با توجه به این که در بخش حمل و نقل ریلی سوخت جایگزین وجود ندارد، لذا قیمت آن از مدل حذف و به جای درآمد بخش از ارزش افزوده بخش حمل و نقل استفاده می شود، لذا در نهایت مدل به صورت زیر در می آید:

$$\text{LOG}(E_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{LOG}(Q_t) + \alpha_2 \text{LOG}(P_t^e) + u_t \quad (16)$$

که در آن $\text{LOG}(E_t)$ لگاریتم میزان گازوئیل مصرف شده در بخش حمل و نقل ریلی در دوره t ، $\text{LOG}(Q_t)$ لگاریتم ارزش افزوده بخش حمل و نقل ریلی در دوره t و $\text{LOG}(P_t^e)$ لگاریتم قیمت هر لیتر گازوئیل است (۵، ۶، ۷ و

۸).

1 - Autoregressive Integrated Moving Average
2 - Box-Jenkins

ارزیابی مدل های $ARIMA(p, d, q)$ بر اساس باقی مانده ها انجام می پذیرد. بدین ترتیب که باقی مانده ها باید دارای خصوصیت فرایند تصادفی و یا هم ارز آن $\varepsilon_t \stackrel{i.i.d}{\approx} N(0, \sigma^2)$ باشد. نرمال بودن فرآیند و ثابت بودن میانگین و واریانس آن، ایستایی اکید را به همراه دارد که از فرضیات اصلی این دسته از مدل ها است. در صورت نقض هر یک از این شرایط، با تبدیل مشاهدات باید این شروط را برقرار کرد.

۲-۳- مدل فازی - عصبی

در برخی موارد، یک مدل ریاضی خاص نمی تواند فرایند مورد بررسی را به خوبی برازش دهد. در این گونه موارد بدون احتیاج به یک مدل ریاضی می توان به بررسی فرایند پرداخت. یکی از ابزارهایی که در این شرایط کاربرد دارد، استفاده از مدل های شبکه های عصبی و سیستم های فازی است (۱۰).

در الگوریتم کنترل فازی بر اساس شهود و تجربه، مجموعه ای از قواعد تصمیم گیری حسی ذهنی و یا قواعد تجربی متخصصان و بدون نیاز به هیچ مدل ریاضی مورد استفاده قرار می گیرد. این الگوریتم ها روش موثری در استفاده از حالت تقریبی و غیر دقیق دنیای واقعی به شمار می رود، ولی به عنوان جانشینی برای اپراتوری انسانی، دارای توانایی یادگیری نیست. از سوی دیگر شبکه های عصبی مصنوعی نیز که مدل های محاسباتی از شبکه عصبی بیولوژیکی به شمار می رود، بدون نیاز به هرگونه مدل ریاضی و با بهره گیری از الگوریتم های یادگیری توانایی پردازش موازی داده ها، بازدهی موثری در برخورد با مشکلات موجود در این زمینه نشان داده است. با این حال در این شبکه ها تجربه و دانش انسانی، نحوه وصول آن و گاهی همگرایی جایگاه مشخص ندارد. ترکیب دو روش هوشمند فوق، روشی توانا، برای مدل سازی و کنترل سیستم های مختلف ایجاد می کند که، هر یک از آن ها کاستی های و نقاط ضعف روش

های ساختاری، ایستا بودن^۱ فرایند است. فرم کلی این دسته از مدل ها به شکل زیر است:

$$\Phi(B)Z_t = \Theta(B)\varepsilon_t \quad (۱۷)$$

$$\Phi(B) = (1 - B\phi_1 - B^2\phi_2 - \dots - B^p\phi_p) \quad (۱۸)$$

$$\Theta(B) = (1 - B\theta_1 - B^2\theta_2 - \dots - B^q\theta_q)$$

$$Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - \dots - \phi_p Z_{t-p} = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (۱۹)$$

که در آن $\Phi(B)$ چند جمله ای خود رگرسیونی و $\Theta(B)$ چند جمله ای مربوط به سایر عوامل تأثیرگذار است.^۲ B عملگر وقفه $(BZ_t = Z_{t-1})$ و θ, ϕ پارامتر های مدل می باشند.

جهت برازش مدل های $ARIMA(p, d, q)$ ، اولین قدم، تشخیص مرتبه فرآیند (مقادیر مربوط به p, d, q) است. برای این تشخیص از ابزارهای خود همبستگی^۳ و خود همبستگی جزئی^۴ می توان استفاده کرد. البته ابزارهای دیگری همچون معیار اطلاعاتی آکائیک^۵ (AIC) و شوارتز - بیز (SBC) نیز به جهت تشخیص مرتبه فرآیند مورد استفاده قرار می گیرد. بدین ترتیب که مدل انتخاب شده، باید دارای کمترین مقدار AIC یا SBC باشد. با تمام موارد یاد شده، شیوه قطعی برای انتخاب رتبه این مدل ها وجود ندارد و انتخاب آن بر اساس شیوه تکراری است.

با توجه به خصوصیات این دسته از مدل ها، روش های متفاوتی برای برآورد پارامترهای آن وجود دارد که می توان به روش های OLS، MLE و استفاده از معادلات یول - واکر اشاره داشت.

1- Stationary

۱-در پاره ای موارد نوآوری و یا خطا نامیده می شود

3- Autocorrelation

3- Partial Autocorrelation

4- Information Index

نشان دهنده متغیرهای مستقل (پیش رو) در قوانین هوشمند است. دوم مرحله استنباط که در این مرحله، قدرت هر یک از قوانین مشخص می شود. به عبارت دیگر قدرت متغیرهای پیش رو به وسیله مکانیسم استنباط محاسبه می شود. مرحله آخر، مرحله غیر فازی کردن است که در این مرحله، عکس فرایند فازی سازی انجام می گردد. در حقیقت استنباطی از قوانین پیش رو است. در این مرحله نتیجه و یا مقدار متغیر وابسته (بخش پسرو) مشخص می شود.

یکی از عمومی ترین شبکه عصبی-فازی که الگوریتم یادگیری آن منطبق با روش های یادگیری تلفیقی است، سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی است که باختصار ANFIS^۲ نامیده می شود که توسط راجر جانگ^۳ معرفی شده است (۱۴). شکل نمایشی آن به صورت زیر است:

If X1 is A1 and X2 is B2 and X3 is C3... and Xp is Dp then

$$y = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_px_p$$

به طوری که X متغیر ورودی و A, B, C, ..., D نشان دهنده سطوح مختلف متغیر زبانی است. به طور مثال در نمودار ۲ یک سیستم شبکه عصبی-فازی با دو متغیر ورودی و دو سطح نشان داده شده است:

دیگر را جبران کرده و باعث افزایش بازدهی آن می گردد (۱۱).

شبکه های عصبی-فازی نمایش دهنده پایه دانشی از قوانین مربوط به یک سیستم هوشمند است (۱۲). به طور مثال: اگر تبلیغات کم باشد و بودجه نیز متوسط، آن گاه فروش پایین خواهد بود. در این قانون هوشمند، تبلیغات و بودجه متغیرهای مستقل هستند و فروش متغیر وابسته است. در صورتی که پایین و متوسط مقادیر زبانی متغیرها می باشند. متغیرهای ورودی و خروجی شبکه های عصبی-فازی هم می تواند به صورت زبانی و یا عددی باشد. ایده اصلی یک سیستم شبکه عصبی-فازی یافتن پارامترهای یک سیستم فازی و به عبارت دیگر یافتن توابع عضویت مناسب و قواعد فازی به کمک روش های یادگیری به دست آمده از شبکه های عصبی است. یکی از عمومی ترین راه های استفاده از الگوریتم های یادگیری مانند الگوریتم پس انتشار در یک سیستم فازی، تشبیه سیستم فازی به یک سیستم شبکه عصبی است. مدل های ریاضی مختلفی برای توصیف رفتار یک سلول عصبی معرفی شده است. یکی از عمومی ترین این مدل ها مبتنی بر تابع پس انتشار^۱ است (۱۳).

بر اساس این مدل، تابع انتشار، ابتدا تمامی متغیرهای ورودی را که از عصب های فرستنده دریافت کرده، با استفاده از میانگین وزنی با یکدیگر ترکیب کرده و سپس خروجی سیستم را از جمع میانگین وزنی مذکور و یک عامل انحراف محاسبه می کند. در سیستم شبکه عصبی-فازی، وزن های ارتباطی و همچنین توابع انتشار و فعال سازی با گره از توابع مورد استفاده در شبکه های عصبی عمومی متفاوت است. اغلب شبکه عصبی-فازی دارای سه مرحله است:

مرحله فازی کردن داده ها که تبدیل مقادیر گسسته مشخص به معادل آن ها در مجموعه فازی است. هر نود در مرحله فازی، مقدار تابع عضویتی است که، نشان دهنده یکی از سطوح متغیر زبانی کم، متوسط و زیاد است. این مرحله

2- Adaptive neural network fuzzy system
3- Roger Jang

1- Back propagation Function

$$w_i = \mu_{A_i}(x_0) \cdot \mu_{B_i}(x_1) \quad (21)$$

لایه سوم، لایه نرمال سازی است. به طوری که توان یک قانون در مقایسه با تمامی قوانین بررسی می شود:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum w_j} \quad (22)$$

لایه چهارم ترکیب متغیرهای ورودی بر اساس توان انتشار آن است:

$$\bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_0 x_0 + p_1 x_1 + p_2) \quad (23)$$

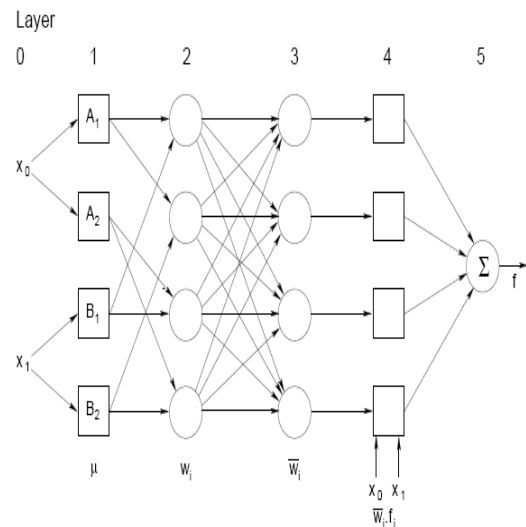
p_i پارامترهای مدل $i=n+1$ و n تعداد ورودی های سیستم است. و لایه پنجم، خروجی سیستم است، که به صورت زیر می باشد:

$$\sum \bar{w}_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i} \quad (24)$$

به طوری که $\bar{w}_i f_i$ خروجی نود I در لایه چهارم است. در لایه چهارم، $N \times P$ نود وجود دارد. به طوری که n تعداد متغیرهای ورودی و p تعداد توابع عضویت می باشد. به طور مثال اگر برای متغیرهای زبانی دو سطح کوچک و بزرگ وجود داشته باشد، آن گاه دو نود برای لایه اول منظور می شود که نمایش دهنده مقدار تابع عضویت متغیر ورودی برای دو متغیر زبانی کوچک و بزرگ می باشد. در قسمت بعدی نحوه ارزیابی مدل ها ارایه شده است.

۲- معیارهای ارزیابی مدل های پیش بینی

هر یک از مدل های ارایه شده، با توجه به ابزارهایی نظیر خود همبستگی و خود همبستگی جزئی، معیار اطلاع و ضریب تعیین مورد ارزیابی و آزمون نیکویی برآزش قرار می گیرد. اما لازم است که در بین انواع مدل هانیز یک مدل انتخاب شود.



نمودار ۲- ساختار سیستم های عصبی-فازی

همان طور که در شکل مشخص است، سه مرحله اشاره شده در ۵ لایه در سیستم شبکه عصبی-فازی بررسی می شود. در لایه اول متغیرهای ورودی در سطوح مختلف مشخص شده است. در لایه دوم، هر نود نشان دهنده مقدار عضویت آن نود به مجموعه زبانی مورد نظر و بر اساس تابع عضویت مربوط است. این همان مرحله فازی سازی است. به طور مثال، اگر تابع عضویت نرمال منظور شود، آن گاه میانگین مقدار عضویت برابر خواهد بود با:

$$\mu_{A_i}(X) = \frac{1}{1 + \left[\frac{(x - c_i)}{a_i} \right]^{b_i}} \quad (20)$$

به طوری که a_i , b_i , c_i پارامترهای تابع عضویت و $\mu_{A_i}(X)$ میانگین آن می باشد (۱۴). این پارامترها در مرحله یادگیری سیستم با میانگین الگوریتم پس انتشار^۱ به روز می شود. میزان انتشار هر یک از قوانین در کل سیستم به وسیله ضریب انتشار مشخص می شود. این وزن، ترکیبی است از متغیرهای ورودی در سطوح زبانی مختلف که، از حاصل ضرب میانگین مقدار عضویت به دست می آید:

1- Back propagation

مناسب تر است (۱۸). در بخش بعدی انواع مدل های ارایه شده، برآورد و در بین آن ها مدل مناسب انتخاب می شود.

پیش بینی مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی

در این قسمت بر اساس مدل های معرفی شده، تابع تقاضای سوخت در بخش ریلی برآورد می شود. داده های مورد استفاده مربوط به سال های ۱۳۸۲-۱۳۵۰ می باشد. بر اساس آمار موجود به طور متوسط، سالیانه ۳/۷٪ رشد در مصرف سوخت طی دوره مورد مطالعه در بخش ریلی، وجود داشته است (۱۸).

مدل ساختاری اولین مدل مورد بررسی است. مطابق فرمول شماره ۱۶ تاثیر قیمت سوخت به همراه ارزش افزوده بخش حمل و نقل بر میزان تقاضای سوخت در بخش ریلی بررسی شده است. از آن جا که یکی از شرایط مدل ایستا بودن متغیرهای مورد استفاده است، لذا مقادیر ضریب همبستگی و خود همبستگی جزئی برای هر یک از متغیرهای ارزش افزوده و قیمت سوخت بررسی شده است. با محاسبه این مقادیر مشخص شد که، سری های مورد استفاده نا ایستا هستند. از آن جا که پیش بینی و استخراج کشش های کوتاه مدت مد نظر می باشد، لذا تفاضل گیری مرتبه اول از مقادیر هر یک از سری ها نیز انجام گرفته است. در حقیقت مدل برازش داده شده به صورت ذیل می باشد:

$$\Delta \ln(D_t) = \ln \lambda + \alpha \Delta \ln(P_t) + \beta \Delta \ln(T_t) + \varepsilon_t \quad (28)$$

از آن جا که مقادیر مربوط به ارزش افزوده بخش حمل و نقل ریلی از سال ۱۳۵۰ تا سال ۱۳۶۲ وجود نداشته است، با استفاده از متوسط نرخ رشد ارزش افزوده بخش حمل و نقل ریلی از کل ارزش افزوده بخش حمل و نقل برای سال های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲، برآورد شده است. نتایج حاصل از برازش در جداول ۱ و ۲ ارایه شده است. طبق این جدول ها تمام پارامترهای مدل در سطح ۹۵٪ معنی دار می باشد. از آن جا که از طرفین تابع لگاریتم گرفته شده است، لذا پارامترهای

اکثر روش ها برای ارزیابی نیکویی برازش بر اساس باقی مانده های آن ها صورت می گیرد (۱۵). این امر برای انتخاب در بین مدل های مختلف نیز برقرار است. شرایط اولیه ای که باید برای تمامی مدل ها برقرار باشد عبارت است از: ۱- داشتن کمترین خطا از نظر نزدیکی به وضع موجود و ۲- تصادفی بودن نمونه مورد بررسی است (۱۵).

برای بررسی هر یک از این شرایط دو روش پارامتری و ناپارامتری^۱ وجود دارد. در روش پارامتری آزمون فرض ها و آماره ها به توزیع اولیه متغیرهای مدل بستگی دارد. ولیکن در روش ناپارامتری این محدودیت وجود ندارد (۱۶). در این مقاله، سه معیار متداول پارامتری ارایه شده است (۱۷):

مجذور مجموع مربع خطاها:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\hat{Z}_t - Z_t)^2} \quad (25)$$

به طوری که \hat{Z}_t : پیش بینی در زمان t و Z_t مشاهده در زمان t و N تعداد مشاهدات می باشد.

میانگین قدرمطلق درصد خطاها:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \frac{|\hat{Z}_t - Z_t|}{\hat{Z}_t} \quad (26)$$

و معیار تایل:

$$Thiel-u = \sqrt{\frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{Z}_t - Z_t)^2}{\frac{1}{N} \sum \hat{Z}_t^2}} \quad (27)$$

از آن جا که این معیارها دارای تابع توزیع خاص برای مقایسه با یک مقدار بحرانی را دارا نمی باشند، مقایسه آن برای انتخاب مدل مناسب مشکل است؛ لذا اصل بر این است که، هر چه مقدار این شاخص ها برای یک مدل کمتر باشد، مدل

برآورد شده کشش های قیمتی و درآمدی مربوط به تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی نیز می باشد.

جدول ۱- برآورد آماره آزمون های نیکویی برازش

| | |
|----------------------------|----------------------|
| Multiple R-Square | ۰/۸۷۴۴۹۹۷۲۸ |
| Adjusted R-Square | ۰/۸۶۱۰۵۳۲۷۰ |
| F (۳/۲۸) | ۱۱۹/۴ $p < ۲/۲۲e-۱۶$ |
| Standard Error of Estimate | ۰/۰۸۳۵۵ |

جدول ۲- برآورد پارامترهای مدل رگرسیونی

| Pr(> t) | t value | Std. Error | Value | Coefficients |
|----------|---------|------------|---------|--------------|
| Lnλ | ۷/۵۵۳۹ | ۲/۳۹۶۵ | ۳/۱۵۲۰ | ۰/۰۰۳۷ |
| α | ۰/۰۸۲۹ | ۰/۰۳۱۲ | ۲/۶۵۸۵ | ۰/۰۱۲۶ |
| β | -۰/۰۵۳۴ | ۰/۰۴۷۲ | -۱/۱۳۰۰ | ۰/۰۶۷۸ |

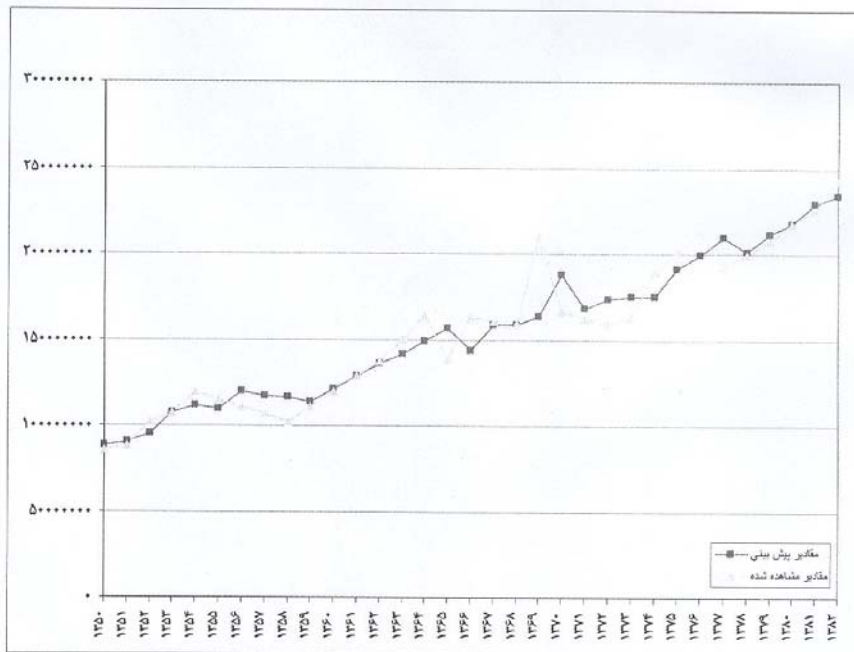
جدول ۳- برآورد پارامتر مدل ARIMA(1,10)

| Parameter | Estimate | Approx.Std. Error | T-Ratio |
|-----------|----------|-------------------|---------|
| φ | -۰.۲۲۳۷۴ | ۰.۱۷۸۳۷ | -۱.۲۵ |

در نمودار ۲ مقادیر مشاهده شده، به همراه مقادیر برآورد شده به وسیله مدل ARIMA(1,10) رسم شده است.

دومین مدل مورد بررسی، مدل ARIMA(p, d, q)

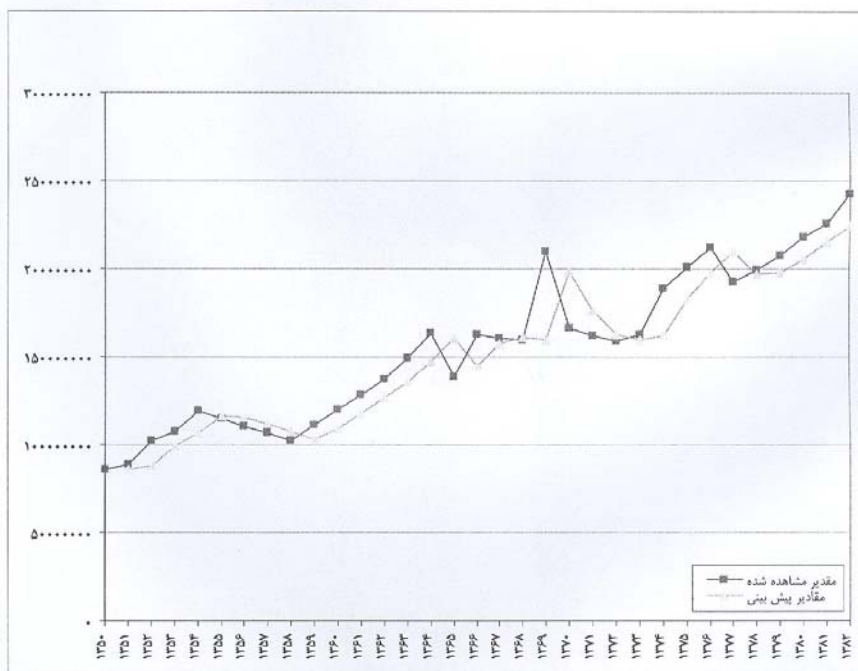
است. با رسم و محاسبه ضریب همبستگی و خود همبستگی جزئی، مشخص گردید که اولاً سری مورد استفاده نایستای مرتبه اول بوده و ثانیاً با توجه به نوع تغییرات خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی مدل خودرگرسیونی ARIMA(1,10) می باشد. در جدول ۳ مقدار برآورد پارامتر مدل، انحراف از معیار برآورد و مقدار آماره t آن ارایه شده است. مقدار $AIC=۱۱۱۵/۷۷۶۵۳$ است.



نمودار ۲- مقادیر پیش بینی شده به وسیله مدل $ARIMA(1,1,0)$

ارزش افزوده و قیمت سوخت و دومی استفاده از سری زمانی فازای است. به دلیل سهولت در کار، از ساختار سری زمانی فازای استفاده و قوانین مربوط استخراج شده است. پیش بینی حاصل از این سیستم در نمودار ۳ رسم شده است.

مدل سوم مورد استفاده، استفاده از سیستم های شبکه عصبی-فازی است. بر اساس دیدگاهی که از دو مدل قبل به دست آمده، در دو مرحله می توان، قوانین مربوط را برای این سیستم تنظیم کرد. اولی با استفاده از دو متغیر پیش رو



نمودار ۳- مقادیر پیش بینی شده به وسیله مدل ANFIS و مقادیر مشاهده شده

۱۳۹۰، رسم شده است. در بخش بعدی به هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل پرداخته شده است.

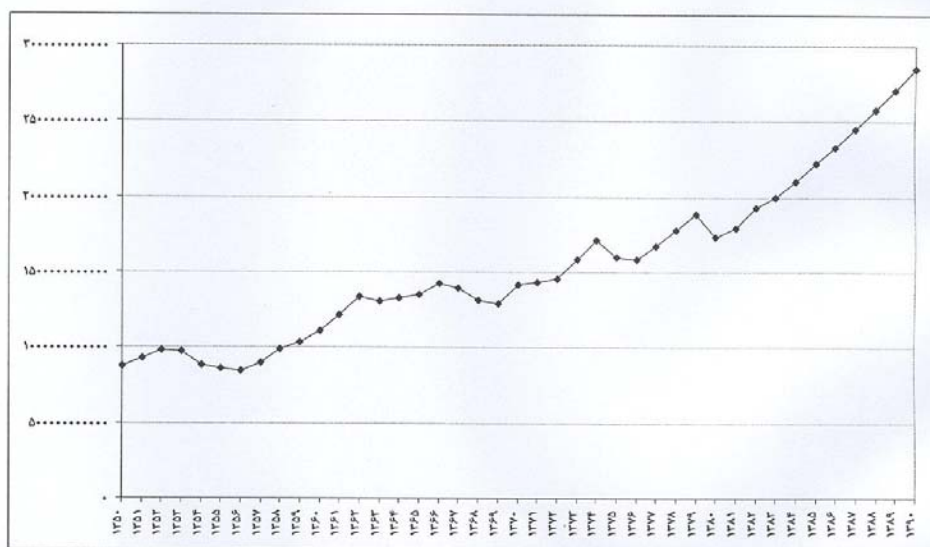
جدول ۴- جدول ارزیابی مدل ها

| | ANFIS | ARMA | Regression |
|------|----------|-------------|------------|
| RMSE | ۱۳۱۹۰۹۰۱ | ۱۶۲۸۱۷۹۲/۵۵ | ۲۰۵۰۷۴۰۲/۱ |
| MAPE | ۰/۰۶۱۹۲ | ۰/۰۸۴۰۵ | ۰/۰۳ |

برای انتخاب مدل مناسب، از بین این سه روش، برآورد شاخص های مربوط به نیکویی برازش، بر اساس فرمول های ۷،۶ و ۸ در جدول ۴ ارایه شده است. بر اساس مقدار این شاخص ها، از آن جا که مقدار سه شاخصه ارایه شده برای سیستم شبکه عصبی-فازی از هر دو مدل دیگر کمتر است، لذا از این مدل برای پیش بینی تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی استفاده شده است. در نمودار ۴ پیش بینی از میزان مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی تا سال

جدول ۶- جدول برآورد ضرایب انتشار انواع آلاینده ها بر اساس مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی

| گازهای انتشار یافته | میزان انتشار در کل بخش حمل و نقل | میزان انتشار در بخش ریلی | درصد ریلی | ضریب انتشار آلاینده ها برای مصرف یک لیتر سوخت در بخش ریلی |
|---------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------|---|
| NO _x | ۷۵۳،۸۰۸ | ۶،۶۲۳ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۰۱۷۴ |
| SO ₂ | ۳۲۲،۳۱۸ | ۴،۱۲۱ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۰۷۶۹ |
| CO ₂ | ۹۷،۱۶۴،۶۵۶ | ۶۴۹،۶۰۶ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۰۰۰۱ |
| CO | ۷،۸۴۵،۶۳۲ | ۱،۱۷۳ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۰۱ |
| CH | ۱،۷۵۷،۴۳۳ | ۵،۳۹۸ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۰۶ |
| SPM | ۲۴۹،۲۳۴ | ۳،۲۳۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۱۸۴۲ |



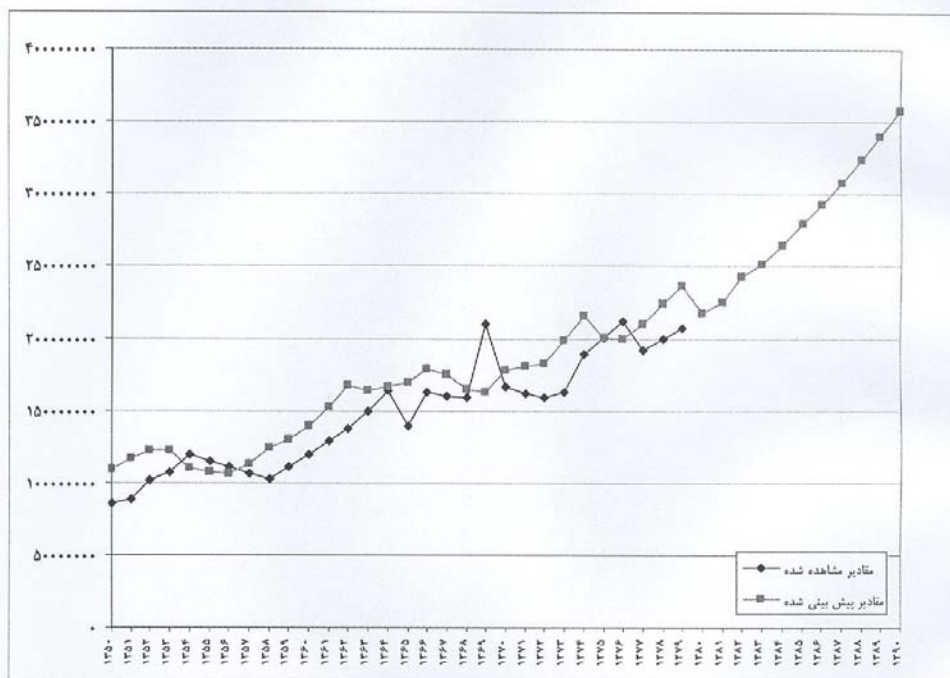
نمودار ۵- پیش بینی هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی تا سال ۱۳۹۰

جدول ۷- جدول برآورد هزینه انتشار انواع آلاینده ها براساس مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی

| گازهای انتشار یافته | کل هزینه اجتماعی | هزینه اجتماعی انتشار هر تن | هزینه اجتماعی ریلی انتشار هر تن |
|---------------------|------------------|----------------------------|------------------------------------|
| NO _x | ۳,۶۲۰ | ۴,۸۰۲,۲۸۳/۸۷ | ۴۲,۱۹۳/۱۴ |
| SO ₂ | ۴,۷۰۶ | ۱۴,۶۰۰,۴۸۷/۷۲ | ۱۸۶,۶۷۴/۶۸ |
| CO ₂ | ۲,۳۳۳ | ۲۴,۰۱۰/۷۹ | ۱۶۰/۵۳ |
| CO | ۱۱,۸۱۱ | ۱,۵۰۵,۴۲۳/۶۵ | ۲۲۵/۰۸ |
| CH | ۸۸۶ | ۵۰۴,۱۴۴/۴۰ | ۱,۵۴۸/۴۹ |
| SPM | ۸,۵۷۵ | ۳۴,۴۰۵,۴۱۸/۲۰ | ۴۴۶,۹۸۸/۵۵ |
| Thiel-U | ۰/۰۷۹۴۶۸۳۷۴ | ۰/۰۹۸۵۱۵۲۶۳ | ۰/۱۲ |

مصرف یک لیتر سوخت در بخش حمل و نقل ریلی به سال ۱۳۸۴، ۷۹۵۷ ریال بوده است. با در نظر گرفتن این مقدار، میزان هزینه های اجتماعی حاصل از مصرف یک لیتر سوخت در بخش حمل و نقل ریلی تا سال ۱۳۹۰ و با توجه به تابع تقاضای سوخت انتخاب شده، در نمودار ۵ رسم شده است.

طبق جدول ۵ برآوردی از ضرایب انتشار انواع آلاینده های ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی به دست آمده است. همچنین طبق جدول ۶ برآوردی از هزینه های اجتماعی ناشی از انتشار انواع آلاینده ها برای سال پایه ۸۴ نیز ارایه شده است. هزینه های اجتماعی حاصل از



نمودار ۴- مقادیر پیش بینی شده به وسیله مدل ANFIS تا سال ۱۳۹۰

۱. محاسبه هزینه های انتشار

محاسبه میزان انتشار، توسط ضرایب انتشار صورت می پذیرد که بسته به سطح فن آوری مورد استفاده، شرایط و نوع منبع انتشار (متحرک و یا ثابت)، فرمولاسیون سوخت مورد استفاده و شرایط محیط احتراق از طریق نمونه گیری های متعدد محاسبه می شود. همچنین مقدار انتشار، تنها یکی از عوامل تاثیر گذار بر غلظت آلاینده ها است. سایر عوامل، نظیر ناپایداری های جوی، تغییرات فصلی، توپوگرافی، ناهمگنی سطح زمین از نظر پوشش گیاهی، شرایط اقلیمی و جغرافیایی در تدوین مدل های پیش بینی غلظت، بسیار تعیین کننده می باشد. در بیشتر موارد مقدار مصرف سوخت و انتشار ناشی از احتراق آن به عنوان متغیر در نظر گرفته شده و سایر عوامل تاثیر گذار ثابت در نظر گرفته می شوند (۱).

تا کنون چنین ضرایبی برای ایران و برای مد های مختلف حمل و نقلی استخراج نشده است. از این رو با استفاده از اطلاعات مربوط به مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی و هزینه های اجتماعی آن برگرفته از ترازنامه انرژی، مقدار هزینه اجتماعی در این بخش برآورد شده است. برای این منظور بر اساس میزان انتشار انواع آلاینده ها در ترازنامه انرژی برای سال های ۸۰ تا ۱۳۸۴ روند تولید انواع آلاینده ها و سهم آن در کل بخش حمل و نقل ریلی مورد بررسی قرار گرفته است (۱۸). با در نظر گرفتن روند رشد برای این سال ها، مشخص گردیده که نرخ رشد انواع آلاینده ها در بخش حمل و نقل ریلی به نسبت کل بخش حمل و نقل، تقریباً ثابت و با انحراف از معیار بسیار کم بوده است. همچنین با در نظر گرفتن هزینه های اجتماعی مربوط به انتشار هر تن از انواع آلاینده ها در بخش حمل و نقل ریلی، با احتساب تورم، نرخ رشد هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت در بخش ریلی نیز ثابت بوده است. با در نظر گرفتن موارد یاد شده، برآورد های زیر انجام و مبنای کار قرار گرفته است^۱.

۱- واحد هزینه ها ریال است.

۲. نتیجه گیری

برآورد هزینه های اجتماعی در بخش حمل و نقل از دو جزء تشکیل شده است؛ جزء اول تقاضای سوخت، به عنوان اصلی ترین عامل ایجاد کننده این هزینه ها و دیگری مقدار هزینه های مربوط به مصرف یک لیتر سوخت در این بخش است. در این مقاله ضمن معرفی دیدگاه های مختلف در خصوص تقاضای سوخت، با استفاده از روش های آماری گوناگون، تابع تقاضای سوخت برآورد و متناسب با این تابع تقاضا پیش بینی از هزینه های اجتماعی مترتب با آن صورت گرفته است.

با بررسی نتایج حاصل از برآورد مدل ساختاری همان طور که انتظار می رفت، تقاضای سوخت نسبت به قیمت دارای کشش منفی و نسبت به ارزش افزوده دارای کشش مثبت است. با توجه به ضرایب حاصل از مدل مشخص می شود که، با افزایش یک واحد در ارزش افزوده در بخش حمل و نقل ریلی، ۸٪ میزان تقاضای سوخت در این بخش افزایش می یابد و با افزایش یک واحد در قیمت سوخت، ۵٪ تقاضای سوخت در این بخش کاهش می یابد. همچنین با وجود عرض از مبدا، معنی دار بودن سایر عوامل تاثیر گذار که در مدل به دلیل فقدان آمار و اطلاعات وارد نشده است (تعداد مسافر و میزان تن بار جا به جا شده) نیز مشخص می گردد.

تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل ریلی، در مدل های خودرگرسیون میانی متحرک $ARIMA(1,10)$ می باشد. این موضوع بیانگر افزایش خطی مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی است. همچنین میزان مصرف سوخت در هر سال، ۰/۲۲ بر مصرف سوخت در سال آتی تاثیر گذار است.

به دلیل این که، مدل های ساختاری اغلب برای شناسایی عوامل تاثیر گذار مدل های سری زمانی $ARIMA$ ، برای پیش بینی های کوتاه مدت (آن هم در شرایطی که باندازه کافی باید داده وجود داشته باشد) استفاده می شود، از سیستم شبکه عصبی - فازی نیز استفاده شده است. این

منابع

- سیستم علاوه بر این که از متغیرهای زبانی استفاده می کند، نیز استفاده شده است. این سیستم علاوه بر این که از متغیرهای زبانی استفاده می کند، از ساختار شبکه عصبی برای آموزش نیز استفاده می کند که منجر به به روز شدن برآورد پارامترها در هر مشاهده می شود. در این قسمت بر اساس مدل سری زمانی، $ARIMA(1,1,0)$ قوانین مربوط، تنظیم شده است.
- با مقایسه این سه دسته از مدل ها، مدل ANFIS به دلیل داشتن شاخصه های ارزیابی بهتر انتخاب شده است. ولی لازم به ذکر است که همواره داشتن ساختار پیچیده برای برآزش مدل لازم نیست. بلکه دقت مورد نظر در پیش بینی و ساختار داده ها، نوع مدل را مشخص می کند.
- در قسمت هزینه های اجتماعی، بیشترین انتشار آلایندهی مربوط به SPM و کمترین آن مربوط به CO و CO_2 است. بر همین اساس بیشترین سهم در ایجاد هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت مربوط به انتشار SPM و کمترین مربوط به CO و CO_2 است. همچنین هزینه های اجتماعی حاصل از مصرف یک لیتر سوخت در بخش حمل و نقل ریلی به سال ۱۳۸۴، ۷۹۵۷ ریال برآورد شده است.
- برآورد هزینه های اجتماعی در بخش ریلی در دو قسمت: ۱- اولویت در توسعه زیربخش (در صورت داشتن هزینه های مستقیم یکسان در سایر زیر بخش های حمل و نقل) و ۲- اخذ تعرفه مناسب، به طوری که تمامی هزینه ها را در این تعرفه ها منظور گردد، به برنامه ریزان کمک می کند. این موضوع در خصوصی کردن زیربخش ها و هدف مند کردن یارا نه ها کمک شایانی می کند. از این رو هر چه این پیش بینی دقیق تر باشد، می توان برنامه ای را در نظر گرفت که در طی سالیان متمادی، هزینه های اجتماعی نیز در تعرفه ها منظور گردد. در این مقاله هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل ریلی برای برنامه توسعه پنجم، نیز پیش بینی شده است.
۱. اقتصاد محیط زیست، دکتر سیاوش دهقانیان، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۹
 2. Theil, H, the Information Approach to DEMAND Analysis, Econometrica, Vol33, 1965.
 ۳. حسینی، نونا؛ مزرعتی؛ "برآورد هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت های فسیلی بر سلامت ساکنان تهران"؛ فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، زمستان ۱۳۸۳.
 ۴. آخانی زهرا، "مدل های برآورد تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل"، مجله برنامه و بودجه، شماره ۲-۳، خرداد و تیر .
 ۵. هندرسون، جمیز ام. و کوانت، ریچاردای، تئوری اقتصاد خرد- رهیافت ریاضی- ترجمه مسعود محمدی، تهران، دفتر نشر فرهنگ اسلامی، ۱۳۷۰.
 ۶. فرگوسن، سی. ای، نظریه اقتصاد خرد، جلد اول، ترجمه محمود روزبهان، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۶.
 7. Redney Samimi.(1995)."Read Transport Energy Demand In Australia". Energy Economics.Vol.17. No.4.
 8. Surveys in Applied Economics: models of consumer Behavior.(1992),The economics Journal
 9. BOX, G.E.P. and G.M JENKINS (1970) "Time series analysis: Forecasting and control ,San Francisco: Holden-Day"
 ۱۰. احمدی، محمود؛ "آشنایی با سیستم های فازی عصبی مطالعه موردی پیش بینی صادرات غیر نفتی ایران"؛ اولین همایش معرفی و کاربرد مدل های ناخطی پویا و محاسباتی در اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی؛ اردیبهشت ماه ۱۳۸۱.
 11. Jang, J.-S. R. 1997. Neuro-Fuzzy and Soft Computing. New Jersey:Prentice-Hall.

- کنفرانس جایگاه حمل و نقل در اقتصاد ایران-دانشگاه بابلسر-اردیبهشت ۱۳۸۴.
۱۶. آمار ناپارامتری، دکتر جواد بهبودیان، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۶۶.
۱۷. خاکساری، علی؛ موسوی، میر حسین؛ "مدل سازی اثرات فعالیت بخش های اقتصادی بر ایجاد آلاینده های زیست محیطی"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۹، شماره ۱، بهار ۸۶
۱۸. ترازنامه انرژی (سال های مختلف)، وزارت نیرو، امور انرژی
12. Keller J. M., R. R. Yager and H. Tahani. 1992. "Neural network implementation of fuzzy logic", *Fuzzy Sets and Systems*, 45:1-12.
13. Civelek-Alpaslan F.N., K.M. Swigger. 1996. "A temporal neural network model for constructing connectionist expert system knowledge bases". *Journal of Network and Computer Applications*, 19:119-133.
14. Jang, J-S. R. 1993, "ANFIS: Adaptive neural network based fuzzy inference system", *IEEE Trans. On systems, man and cybernetics*, 23(03), 665-685.
۱۵. گنجی زهرایی، هادی؛ رضایی ارجرودی، عبدالرضا؛ "پیش بینی حجم ترافیک عبوری در جاده های کشور (مطالعه موردی: محور سواد کوه - قائم شهر)"،

Archive of SID