مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱
بهار ۱۳۹۳
ص. ۳۴-۲۳

طراحی مدل رگرسیون خطی فازی به‌منظور پیش‌بینی انرژی بخش حمل‌ونقل: مطالعهٔ موردی در ایران

محمدرضا تقی‌زاده یزدی[۱]، حامد شکوری گنجوی[۲]، محمدباقر منهاج[۳]، محمدرضا مهرگان[۴]، عالیه کاظمی[۵]

چکیده: در این مقاله، با استفاده از رگرسیون خطی فازی(FLR) و با در نظر گرفتن شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی و حمل‌ونقل، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ پیش‌بینی شده است. برای بررسی تأثیر شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی در تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل، از داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی، جمعیت و تعداد خودرو طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۴ استفاده شده است. در این تحقیق، مقدار انرژی بخش حمل‌ونقل، ۶۲۸ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۴۰۰ پیش‌بینی شده است. نتایج پیش‌بینی با این روش در مقایسه با روش رگرسیون چندمتغیره نشان‌دهندهٔ خطای به مراتب کمتری است، به‌طوری‌که درصد میانگین قدرمطلق خطا از ۱۲/۳۳درصد به ۵/۷۲درصد کاهش یافته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل، رگرسیون خطی فازی.

۱. استادیار مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، ایران
۲. دانشیار مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، ایران
۳. استاد مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران
۴. استاد مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۵. استادیار مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۱۵
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۰۱
نویسندهٔ مسئول مقاله: محمدرضا تقی‌زاده یزدی
E-mail: mrtaghizadeh@ut.ac.ir

مقدمه

رشد و حتی بقای اکثر فعالیت‌های اقتصادی کشورهای در حال توسعه بـه مسـئلهٔ تـأمین انـرژی بستگی دارد. از این‌رو، دولتمردان این کشورها سعی می‌کنند با پیش‌بینی هرچه دقیق‌تـر مصـرف انرژی و برنامه‌ریزی صحیح در هدایت مصرف انرژی، پارامترهای عرضه و تقاضای انـرژی را بـه نحو مطلوب کنترل کنند. تحلیل عوامل مؤثر بر شدت افزایش مصرف و چشم‌اندازی از پیش‌بینی مصرف انرژی، این امکان را برای مدیران فراهم مـی‌سـازد تـا تـدابیر لازم را بـه‌منظـور کنتـرل متغیرهای عرضه و تقاضای انرژی به کار گیرند.

مدل رگرسیون خطی فازی را تاناکـا معرفـی کـرده اسـت (تاناکـا، ۱۹۸۲). ایـن مـدل بـرای کاربردهای متنوعی، از جمله پیش‌بینی‌های مربوط به بازاریابی، انرژی و فروش به کار رفته است (حشمتی و کندل، ۱۹۸۵ ؛ سلیمان، هلال و الکندری، ۱۹۹۹). در روش رگرسیون معمولی، تفاوت میان مقادیر مشاهده و تخمین‌زده‌شده مربوط بـه خطاهـای مشـاهده اسـت، امـا ایـن تفـاوت در رگرسیون خطی فازی ناشی از ابهام ذاتی در سیستم است.

در این مقاله، با استفاده از رگرسیون خطی فازی (FLR)[1] و با در نظر گـرفتن شـاخص‌هـای اقتصادی و اجتماعی، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقـل کشـور طـی سـال‌هـای ۱۳۸۵ تـا ۱۴۰۰ پیش‌بینی شده است. ورودی‌های رگرسیون خطی فازی شامل «تولید ناخالص داخلی[2]، جمعیت و تعـداد خـودرو» و خروجـی رگرسـیون خطـی فـازی «انـرژی مصـرفی در بخـش حمـل‌ونقـل» است. شایان ذکر است که هـر یـک از ورودی‌هـای رگرسـیون خطـی فـازی نیـز بـا اسـتفاده از رگرسیون خطی فازی پیش‌بینی شده‌اند.

در ادامه، پیشینهٔ تحقیق مرور شده است. پس از ارائهٔ رگرسیون خطی فازی، تقاضـای انـرژی بخش حمل‌ونقل کشور پیش‌بینی شده است. نتایج حاصل با روش رگرسیون چندمتغیره مقایسه و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

پیشینهٔ پژوهش

از مدل رگرسیون فازی به‌منظور مدلسازی کردن سیستم‌های مبهم و گنگ و پدیده‌های غیردقیق استفاده می‌شود. الکندری و همکاران مدل رگرسیون خطی فازی را برای پیش‌بینی بار مربوط بـه فصل‌های زمستان و تابستان توسعه داده‌اند. مسئلهٔ تخمین فازی با مدل بهینه‌سازی خطی انجـام شده است (الکنـدری و همکـاران، ۲۰۰۴). سـلیمان و همکـاران، روش جدیـدی بـرای ارزیـابی

1. Fuzzy Linear Regression
2. GDP (Gross domestic product)

هارمونیک در شبکه‌های قدرت ارائه داده‌اند. این روش بر اساس رگرسیون خطی فازی است و در آن از نمونه‌های ولتاژ به‌منظور تخمین مقادیر هارمونیک سیگنال ولتاژ استفاده می‌شود. تأثیرات «فراوانی نمونه‌گیری، اندازهٔ داده‌ها و درجهٔ فازی بودن» روی پارامترهای تخمین‌زده‌شده بررسی شده است (سلیمان و همکاران، ۲۰۰۳). اسریواستاوا و نما رگرسیون خطی فازی را برای پیش‌بینی ترکیب ضایعات جامد دهلی (هندوستان) مربوط به سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۴ به کار گرفته‌اند. یافته‌ها اهمیت پیش‌بینی ترکیب ضایعات و تفکیک ضایعات را برای بازیابی یا انهدام نشان می‌دهد (اسریواستاوا و نما، ۲۰۰۸). حشمتی و کندل برای پیش‌بینی فروش کامپیوتر در ایالات متحده از رگرسیون خطی فازی استفاده کرده‌اند. فرایند فازی‌سازی آنها بر اساس مدل Armstrong (که مربوط به پیش‌بینی فروش دوربین است) و با توجه به بازار دوربین است (حشمتی و کندل، ۱۹۸۵). پوکسک و همکاران، انرژی بخش حمل‌ونقل کرواسی را برای درازمدت پیش‌بینی کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از مدل شبیه‌سازی‌شده، انرژی بخش حمل‌ونقل کرواسی را مدلسازی کرده‌اند. مدل ارائه‌شده، حمل‌و نقل‌های جاده‌ای، ریلی، هوایی، عمومی و آبی را تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کرده است (پوکسک، کراجاسیک، لوئیس، متیسن و دوئیس، ۲۰۱۳). موکاتاش و همکارانش، در تحقیقشان از روش هموارسازی نمایی برای پیش‌بینی تقاضای انرژی حمل‌ونقل اردن استفاده کرده‌اند. آن‌ها برای ارائهٔ مدل، از داده‌های تقاضای انرژی حمل‌ونقل اردن طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹ استفاده کرده و از مدل حاصل به‌منظور پیش‌بینی تقاضای انرژی حمل‌ونقل برای آینده، بهره برده‌اند. نتایج این تحقیق، برای برنامه‌ریزی سیاست‌های آیندهٔ انرژی حمل‌ونقل اردن بسیار مفید خواهد بود (موکاتاش، القندور و عمر، ۲۰۱۲). ژانگ و همکاران، تقاضای انرژی حمل‌ونقل چین را برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی تحت دو سناریو پیش‌بینی کرده‌اند. آن‌ها در تحقیقشان، تقاضای انرژی حمل‌ونقل چین را برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ بر اساس تولید ناخالص داخلی، نرخ شهرنشینی، جابه‌جایی مسافر و جابه‌جایی بار تحلیل کرده‌اند (ژانگ، مو، لی و نینگ، ۲۰۰۹). ابدالات و همکاران، در تحقیقشان از سیستم استنتاج فازی ـ عصبی انطباقی (ANFIS)[1]، به منظور مدلسازی کردن تقاضای انرژی حمل‌ونقل اردن استفاده کرده‌اند. در مدل ارائه‌شده از شاخص‌های اجتماعی ـ اقتصادی و حمل‌ونقل اردن شامل تعداد سالانهٔ وسایل نقلیه، میزان درآمد و هزینه‌های سوخت استفاده شده است. مدل مذکور با استفاده از داده‌ها اعتبارسنجی و نتایج خیلی دقیقی از آن حاصل شده است (ابدالات، القندور، سامهوری، الراواشده و قمر، ۲۰۱۱).

1. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

القندور و همکاران (۲۰۱۲)، برای مدلسازی و پیش‌بینی تقاضای انرژی حمل‌ونقل اردن، رویکرد جدیدی مبتنی بر ANFIS و روش هموارسازی نمایی ارائه کرده‌اند. در مدل ارائه‌شده از شاخص‌های اجتماعی ـ اقتصادی و حمل‌ونقل شامل تعداد سالانهٔ وسایل نقلیه، سطح درآمد و هزینه‌های سوخت استفاده شده است. ابتدا از روش هموارسازی نمایی به‌منظور پیش‌بینی شاخص‌های متفاوت حمل‌ونقل استفاده شده و سپس با به کارگیری نتایج حاصل و مدل ANFIS برای پیش‌بینی تقاضای انرژی حمل‌ونقل در دو دههٔ آینده استفاده شده است (القندور، سامهوری، الهینت، جابر و الراواشده، ۲۰۱۲).

در این مقاله، با استفاده از رگرسیون خطی فازی و با در نظر گرفتن شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ پیش‌بینی شده است. ورودی‌های رگرسیون خطی فازی شامل «تولید ناخالص داخلی، جمعیت و تعداد خودرو» و خروجی رگرسیون خطی فازی «انرژی مصرفی در بخش حمل‌ونقل» است. لازم به ذکر است که هر یک از ورودی‌های رگرسیون خطی فازی نیز با استفاده از رگرسیون خطی فازی پیش‌بینی شده است.

رگرسیون خطی فازی

در این بخش، مدل رگرسیون خطی فازی تشریح شده است. در این مدل، ورودی‌ها و خروجی‌ها، داده‌های غیرفازی هستند. مدل پایه به‌صورت تابع خطی است که در زیر ارائه شده است:

رابطهٔ ۱) $$\tilde{y} = f\left(x, \tilde{A}\right) = A_0 + \tilde{A}_1 X_1 + \tilde{A}_2 X_2 + \ldots + \tilde{A}_n X_n$$

که $A_{\mathrm{i}}(\mathrm{i} = ۱, ۲, \ldots, \mathrm{n})$ ضرایب فازی به‌صورت (p_{i}, c_i) هستند به‌نحوی که p_{i} پارامتر میانه و c_i پارامتر گسترهٔ عدد فازی است.

همچنین، رابطهٔ ۱ را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

رابطهٔ ۲) $$\tilde{y}_j = (p_0, c_0) + (p_1, c_1) x_{1j} + (p_2, c_2) x_{2j} + \ldots + (p_n, c_n) x_{nj} \quad j = 1,2,\ldots, m$$

که m تعداد مشاهدات است.

ما قصد داریم ضرایب $\tilde{A}_i = (p_i, c_i)$ را به‌نحوی بیابیم که مقدار پارامتر گسترهٔ عدد فازی خروجی مربوط به مجموعهٔ داده‌ها می‌نیمم شود. معادلهٔ ۳ تابع هدف را نشان می‌دهد (مونتگمری، ۱۹۸۲):

رابطهٔ ۳)
$$Min \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i|x_{ij}|)$$

هدف مدل رگرسیون، تعیین مقادیر بهینهٔ پارامترهاست به‌طوری‌که مشاهدهٔ y_j با درجهٔ عضویت حداقل h متعلق به $\tilde{y}(y)$ (تابع عضویت عدد فازی خروجی) باشد. بنابراین، داریم (ردن و وودال، ۱۹۹۶):

رابطهٔ ۴)
$$\tilde{y}(y_j) \geq h, \quad j = 1,2,...,m$$

درجهٔ عضویت h توسط کاربر تعیین می‌شود، بنابراین داریم:

رابطهٔ ۵)
$$y_j \geq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} - (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i|x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m$$
$$y_j \leq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} + (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i|x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m$$

توضیحات بالا به مدل برنامه‌ریزی خطی زیر منجر می‌شود (تاناکا، اوجیما و آسای، ۱۹۸۲):

رابطهٔ ۶)
$$Min \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i|x_{ij}|)$$
$$s.t.$$
$$y_j \geq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} - (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i|x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m$$
$$y_j \leq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} + (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i|x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m$$
$$c_i \geq 0, \qquad p_i \geq 0$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

روش‌شناسی پژوهش

پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل با استفاده از رگرسیون خطی فازی

در این بخش، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل ایران با استفاده از مدل رگرسیون خطی فازی، با توجه به شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی و حمل‌ونقل، از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ پیش‌بینی شده است. سه متغیری که اثرات زیادی بر تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل دارند عبارت‌اند از:

- تولید ناخالص داخلی
- جمعیت
- تعداد خودرو

بنابراین، به‌منظور پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰، ابتدا به پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی، جمعیت و تعداد خودرو از سال ۱۳۸۵ تا نیاز ۱۴۰۰بوده است که این پیش‌بینی‌ها به کمک رگرسیون خطی فازی انجام شده‌اند. در اینجا، برای پیش‌بینی، مدل رگرسیون خطی فازی طراحی شده (شامل ۴ مدل رگرسیون خطی فازی)، که ساختار آن در شکل ۱ ارائه شده است:

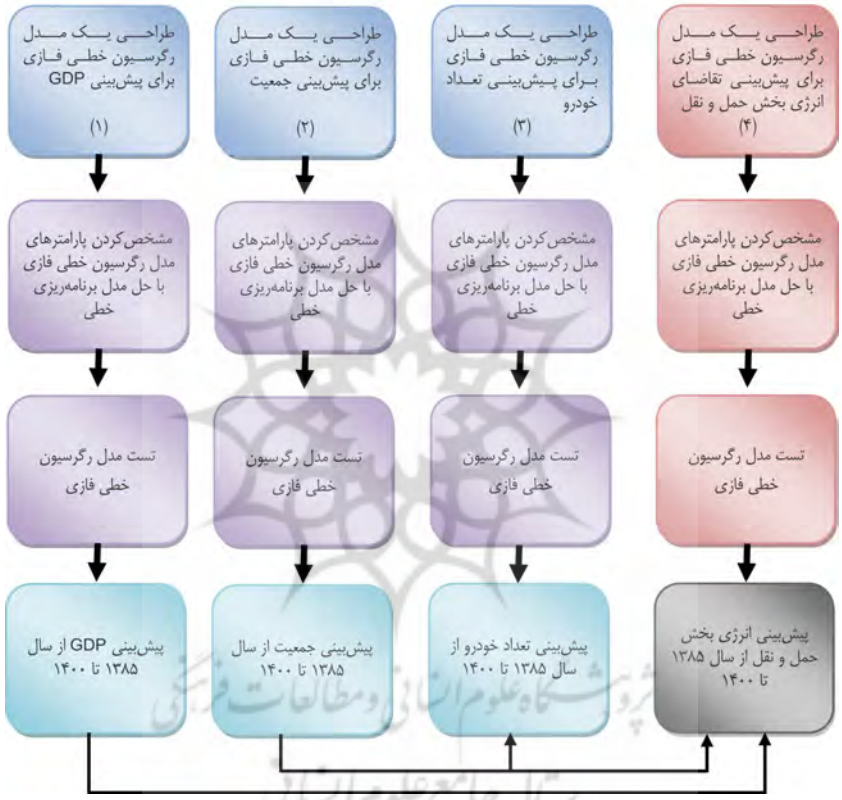
شکل ۱. ساختار مدل رگرسیون خطی فازی طراحی‌شده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از منابع مختلف جمع‌آوری و در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱. داده‌های ورودی مدلسازی

سال	تولید ناخالص داخلی(میلیارد ریال)	جمعیت	تعداد خودرو	مصرف نهایی انرژی در بخش حمل‌ونقل(میلیون بشکه معادل نفت خام)
۱۳۷۲	۲۵۸۶۰۱/۴	۵۷۷۶۷۵۶۰/۲۵	۳۰۹۱۳۴۰	۱۲۲/۱۰
۱۳۷۳	۲۵۹۸۷۶/۳	۵۸۶۵۷۱۸۰/۶۸	۳۱۶۲۶۹۷	۱۴۴/۶۰
۱۳۷۴	۲۶۷۵۳۴/۲	۵۹۵۳۱۱۷۲/۶۷	۳۲۵۳۸۵۴	۱۴۱/۹۰
۱۳۷۵	۲۸۳۸۰۶/۶	۶۰۴۱۲۲۳۴/۰۲	۳۳۷۹۳۹۶	۱۴۷/۹۰
۱۳۷۶	۲۹۱۷۶۸/۷	۶۱۳۰۹۳۵۵/۷	۳۵۵۵۷۷۶	۱۵۳/۲۰
۱۳۷۷	۳۰۰۱۳۹/۶	۶۲۲۲۲۸۶۵/۱	۳۷۶۰۹۶۰	۱۶۱/۲۰
۱۳۷۸	۳۰۴۹۴۱/۲	۶۳۱۵۹۳۱۹/۲۲	۳۹۷۵۴۱۳	۱۷۰/۳۰
۱۳۷۹	۳۲۰۰۶۸/۹	۶۴۱۲۵۶۵۶/۸	۴۳۴۱۹۲۷	۱۸۳/۴۰
۱۳۸۰	۳۳۰۵۶۵	۶۵۱۲۶۰۱۷/۰۵	۴۷۴۱۴۹۳	۱۹۴/۲۰
۱۳۸۱	۳۵۵۵۵۴	۶۶۱۶۸۰۳۳/۳۲	۵۳۰۰۴۶۳	۲۰۸/۹۰
۱۳۸۲	۳۷۹۸۳۸	۶۷۲۵۶۴۹۷/۴۷	۶۰۸۴۹۷۳	۲۲۰/۸۰
۱۳۸۳	۳۹۸۲۳۴/۶	۶۸۳۹۹۸۵۷/۹۳	۷۰۲۷۱۲۴	۲۳۳/۴۰
۱۳۸۴	۴۱۹۷۰۵	۶۹۶۱۰۵۳۵/۴۱	۸۰۳۳۷۳۷	۲۵۲/۳۰

داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی، جمعیت و انرژی بخش حمل‌ونقل از وزارت نیرو و داده‌های مربوط به تعداد خودرو از سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران جمع‌آوری شده‌اند (وزارت نیروی ایران، ۲۰۰۵). طبق نظر خبرگان داده‌های مربوط به سال‌های جنگ از صحت کافی برخوردار نیستند؛ بنابراین، در این تحقیق از داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۷۲ به بعد استفاده شده است. چارچوب پیش‌بینی برای سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. چارچوب پیش‌بینی

مدل‌های فازی مورد استفاده در این تحقیق، در جدول ۲ آورده شده‌اند. تعریف متغیرهای استفاده‌شده در مدل‌های فازی در زیر ارائه شده‌اند:

POP: جمعیت

VEH: تعداد خودرو

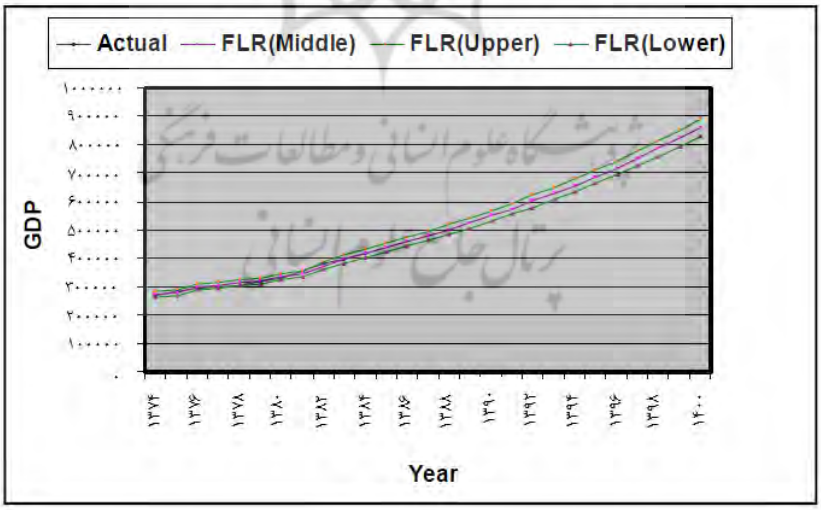
EN: انرژی بخش حمل‌ونقل

جدول۲. مدل‌های فازی تولید ناخالص داخلی، جمعیت، تعداد خودرو و انرژی بخش حمل‌ونقل

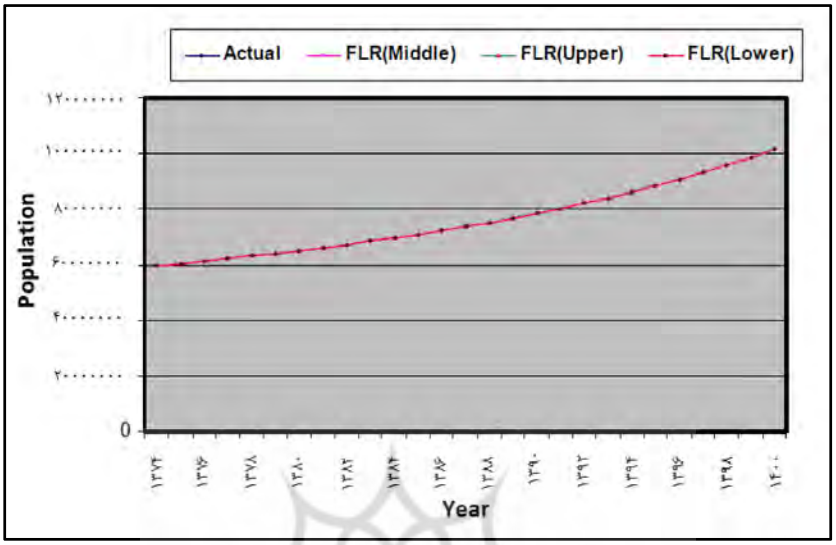
FLR	مدل‌های فازی
۱	$GDP(t+1)=(p_0,c_0)+(p_1,c_1)\,GDP(t)+(p_2,c_2)\,GDP(t-1)$
۲	$POP(t+1)=(p_0,c_0)+(p_1,c_1)\,POP(t)+(p_2,c_2)\,POP(t-1)$
۳	$VEH\ (t+1)=(p_0,c_0)+(p_1,c_1)\,VEH(t)+(p_2,c_2)\,VEH(t-1)(p_3+c_3)$ $POP(t+1)+(p_4+c_4)\,GDP(t+1)/POP(t+1)$
۴	$EN\ (t+1)=(p_0,c_0)+(p_1,c_1)\,EN(t)+(p_2,c_2)\,EN(t-1)(p_3+c_3)VEH(t+1)+$ $(p_4+c_4)\,POP(t+1)+(p_5+p_5)\,GDP(t+1)/POP(t+1)$

یافته‌های پژوهش

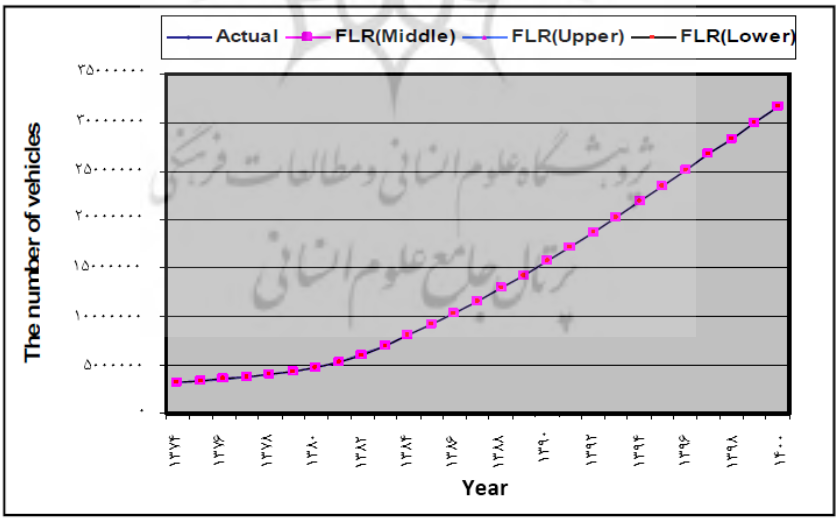
برای پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل طی سال‌های۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰، به مقادیر پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی، جمعیت و تعداد خودرو طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ نیاز است. این مقادیر با استفاده از رویکرد رگرسیون خطی فازی پیش‌بینی و نتایج حاصل در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ ارائه شده‌اند. در این تحقیق، از نرم‌افزارهای Excel و Lingo استفاده شده است.



شکل۳. پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی(GDP)

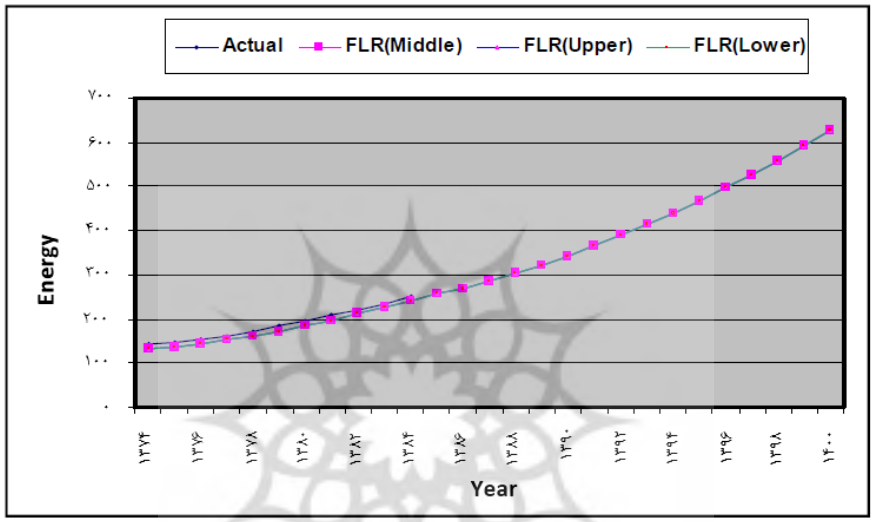


شکل٤. پیش‌بینی جمعیت



شکل۵. پیش‌بینی تعداد خودرو

پس از پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی، جمعیت و تعداد خودرو طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ با استفاده از رویکرد رگرسیون خطی فازی پیش‌بینی شده که نتایج آن در جدول زیر ارائه شده است. بدین ترتیب، پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ مطابق شکل ۶ است.



شکل٦. پیش‌بینی انرژی بخش حمل‌ونقل

مقایسهٔ پیش‌بینی به روش رگرسیون چندمتغیره و پیش‌بینی با استفاده از رگرسیون خطی فازی

در پیش‌بینی به روش رگرسیون چندمتغیره، معادلهٔ رگرسیون چندمتغیره به‌صورت زیر به‌دست آمد:

$$EN(t+1) = -194/422820 + 0/525198 \times EN(t) + 0/200227 \times EN(t-1) + 0/000002 \times VEH(t+1) + 0/000004 \times POP(t+1) - 6680/139 \times GDP(t+1)/POP(t+1)$$

نتایج حاصل از پیش‌بینی با استفاده از رگرسیون خطی فازی در مقایسه با روش مذکور خطای به مراتب کمتری نشان داد که در جدول ۳ ارائه شده است:

جدول ۳. مقایسهٔ خطای پیش‌بینی به روش رگرسیون چندمتغیره و رگرسیون خطی فازی

شاخص خطا ـ نام روش	رگرسیون چندمتغیره	رگرسیون خطی فازی
درصد میانگین قدرمطلق خطا	٪۱۲/۳۳	٪۵/۷۲

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله، با استفاده از رگرسیون خطی فازی و با در نظر گرفتن شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل کشور پیش‌بینی شده است. متغیرهای ورودی شامل تولید ناخالص داخلی، جمعیت و تعداد خودرو و متغیر خروجی، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل است. هر یک از متغیرهای ورودی نیز با استفاده از رگرسیون خطی فازی پیش‌بینی شده‌اند. در این تحقیق، از داده‌های سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۴ استفاده شده است. همچنین، تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ پیشبینی شده است.

نتایج زیر از این تحقیق به دست آمده‌اند:

- تولید ناخالص داخلی به سطح ۸۵۹۹۹۲ میلیارد ریال در سال ۱۴۰۰ خواهد رسید.
- جمعیت به۱۰۱۶۸۱۶۹۹ نفر در سال ۱۴۰۰ خواهد شد.
- تعداد خودرو به ۳۱۶۷۶۹۶۶ در سال ۱۴۰۰ خواهد رسید.
- انرژی بخش حمل‌ونقل به ۶۲۸ میلیون بشکه معادل نفت خام خواهد رسید.

نتایج حاصل از پیش‌بینی انرژی بخش حمل‌ونقل کشور به روش رگرسیون خطی فازی و رگرسیون چندمتغیره مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از مقایسهٔ دو روش بیانگر این امر بود که پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی فازی خطای به مراتب کمتری نسبت به روش رگرسیون چندمتغیره دارد.

در این تحقیق، سه متغیر متغیرهای ورودی در نظر گرفته شده است، برای تحقیقات آینده پیشنهاد میشود به متغیرهای ورودی دیگری مثل قیمت انرژی، میانگین مصرف انرژی خودروها و سایر متغیرهای ورودی مرتبط نیز توجه شود.

منابع

Abdallat, Y., Al-Ghandoor, A., Samhouri, M., Al-Rawashdeh, M. & Qamar, A. (2011). Jordan Transport Energy Demand Modelling: the Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Technique, *International Review of Mechanical Engineering*, 5 (7): 1321. Available in: http://connection.ebscohost.com/c/articles/76127888/.

Al-Ghandoor, A., Samhouri, M., Al-Hinti, I., Jaber, J. & Al-Rawashdeh, M. (2012). Projection of future transport energy demand of Jordan using adaptive neuro-fuzzy technique, *Energy*, 38 (1): 128-135.

Al-Kandari, A. M., Soliman, S. A. & El-Hawary, M. E. (2004). Fuzzy short-term electric load forecasting, *Electrical Power and Energy Systems*, 26 (2): 111–122.

Heshmaty, B. & Kandel, A. (1985). Fuzzy linear regression and its applications to forecasting in uncertain environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 15 (2): 159-191.

Iran Ministry of Energy. (2005). Deputy of Electricity and Energy Affairs, Energy Planning Department, Energy Balances of Islamic Republic of Iran.

Montgomery, D. C. & Peck, E. A. (1982). *Introduction to Linear Regression Analysis*. Wiley, New York.

Mukattash, A., Al-Ghandoor, A. & Qamar, A.M. (2012). Jordan transport energy demand forecasting: The application of time series technique, *International Review of Mechanical Engineering*, 6 (1): 166-169.

Puksec, T., Krajacic, G., Lulic, Z., Mathiesen, B. V. & Duic N. (2013). Forecasting long-term energy demand of Croatian transport sector, *Energy*, 57 (1): 169-176.

Redden, D. T., Woodall, W. H. (1996). Further examination of fuzzy linear regression, *Fuzzy Sets and Systems*, 79 (2): 203-211.

Soliman, S. A., Alammari, R. A. & El-Hawary, M. E. (2003). Frequency and harmonics evaluation in power networks using fuzzy regression technique, *Electric Power Systems Research*, 66: 171-177.

Soliman, S. A., Helal E. & Al-Kandari, A. M. (1999). Fuzzy linear regression for measurement of harmonic components in a power system, *Electric Power Systems Research*, 50 (2): 99-105.

Srivastava, A. K. & Nema A. K. (2008). Forecasting of solid waste composition using fuzzy regression approach: a case of Delhi, *International Journal of Environment and Waste Management*, 2 (1): 65-74.

Tanaka, H., Uejima, S., Asai, K. (1982). Fuzzy linear model, fuzzy linear regression model, IEEE Trans. System Man Cybernet, 12: 903- 907.

Tanaka, H., Uejima, S. & Asai, K. (1982b). Fuzzy linear regression model. IEEE Tans System Man Cybernetics, 10: 2933–2938.

Zhang, M., Mu, H., Li, G. & Ning Y. (2009). Forecasting the transport energy demand based on PLSR method in China, *Energy*, 34(9): 1396-1400.