

تحلیل فازی - عصبی جریان عابرین پیاده در عبور از تقاطعات شهری

حمید بهبهانی، استاد تمام، راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

وحید نجفی مقدم گیلانی (مسئول مکاتبات)، دانشجوی دکتری عمران - راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

امیر امینی، دانشجوی دکتری عمران - راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

ندا کامبوزیا، استادیار، راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

سید محسن حسینیان، دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

E-mail: Vahid.moghaddam90@gmail.com

چکیده

در تمامی سفرها بخشی از سفر ناگزیر به صورت پیاده انجام می‌گیرد. قسمتی از این سفر، عابرین پیاده در عبور از عرض تقاطع‌ها و محل‌های خط‌کشی و غیر خط‌کشی می‌باشد. از این رو هرگونه اختلال در تقاطعات توسط عابرین پیاده باعث کاهش ظرفیت شبکه می‌شود. لذا مهم‌ترین اقدام شناخت ویژگی‌های عابرین پیاده در عبور از عرض تقاطعات شهری است. شناخت مواردی مانند سرعت، حجم و چگالی عابرین پیاده امری ضروری جهت کنترل جریان ترافیک و میزان تأخیر است و می‌تواند به طراحی بهتر امکانات مرتبط با عابرین منتهی شود. هدف این پژوهش دستیابی به رابطه میان سرعت، چگالی و نرخ جریان عابرین در عبور از عرض تقاطعات چراغ‌دار و بدون چراغ می‌باشد. از این رو با تصویربرداری از ۲ تقاطع چراغ‌دار و ۲ تقاطع بدون چراغ به مدت ۱۵ ساعت در کلان‌شهر رشت به جمع‌آوری اطلاعات ۱۴۸۹ عابر عبوری پرداخته شد. نتایج نشان داد بین نرخ جریان و چگالی یک رابطه با ضریب همبستگی $0/9828$ برقرار است، اما ارتباط بین متغیرهای سرعت - نرخ جریان و سرعت - چگالی به ترتیب با ضریب همبستگی $0/08$ و $0/1334$ ارتباط معناداری با یکدیگر ندارند. همچنین نتایج مدل ANFIS نشان داد ضریب همبستگی در حدود $0/99$ می‌باشد که نشان‌دهنده کارایی بالای این مدل در پیش‌بینی مقادیر چگالی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عابر پیاده، سرعت، چگالی، نرخ جریان، ANFIS

۱. مقدمه

قرار دادند. پارامترهای جریان پیاده روی شامل سرعت، چگالی و حجم را در شرایط تراکم کم و تراکم زیاد با استفاده از ضبط ویدئویی به دست آوردند و سپس با تجزیه و تحلیل اطلاعات به یافتن رابطه بین داده‌ها پرداختند. در نهایت با استفاده از رگرسیون آماری و سازگاری با واقعیت، مدل جریان ترافیک عابر پیاده در مورد سرعت - چگالی و حجم - چگالی و روابط برای استفاده از تمام امکانات مشاهده شده تعیین شده است. پلا^۱ و همکاران، چگالی عابری پیاده را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با فیلم برداری از عابری پیاده در یک ساختمان سرپوشیده به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته و با استفاده از مدل‌های ریاضی و داده‌های

تجربی شبیه‌سازی عددی انجام دادند و یک روش برای محاسبه - ی تراکم عابری پیشنهاد نموده‌اند.

پلا و همکاران در مقاله‌ای دیگر روشی برای محاسبه‌ی چگالی ارائه کردند. آن‌ها روش‌های مختلف محاسبه‌ی چگالی را مورد بحث و بررسی قرار داده و آن‌ها را برای شرایط مختلف به لحاظ جمعیتی و هندسی مقایسه کردند. در پایان الگوریتمی برای محاسبه‌ی چگالی ارائه دادند.

تانگ^۲ و همکاران، سرعت و چگالی عابری پیاده را در ژاپن و چین مقایسه نمودند. آنها دریافتند که در اوقات فراغت سرعت آهسته و چگالی کم است؛ در زمان عجله سرعت زیاد و چگالی بالاست؛ سرعت در معابر پلکانی کندتر از معابر تخت است و در نهایت نتایج نشان داد که در چین مردم برای سریع‌تر به مقصد رسیدن از راه‌های میانبر استفاده می‌کنند؛ اما در ژاپن با سرعت بیشتری حرکت می‌کنند.

در این مقاله با بررسی جریان عابری پیاده به تفکیک در عبور از دو تقاطع چراغ‌دار و دو تقاطع بدون چراغ و همچنین با استفاده از تحلیل رگرسیونی و فازی - عصبی، به بررسی روابط بین سرعت، چگالی، نرخ جریان و عابر بر واحد سطح پرداخته می‌شود.

۲. روش تحقیق

پیاده‌روی یکی از طُرُق حمل و نقل است که در زمان عدم وجود سایر ابزارهای حمل و نقلی به خصوص وسایل نقلیه موتوری، می‌تواند ارتباط بین یک محیط خصوصی، محیط و جامعه برقرار نماید. یکی از مسائل مهم در بحث عابر پیاده مسئله‌ی تأثیر آن‌ها بر شبکه حمل و نقل می‌باشد که این امر به حضور بی‌نظم عابری در خیابان‌ها و در زمان‌های غیرمجاز در هنگام عبور از تقاطع برمی‌گردد. ایمنی راه‌ها تا حد زیادی وابسته به رفتار واقعی کاربران راه می‌باشد. این رفتار با نگرش‌ها، باورها و انتظارات آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند. در نتیجه درک باورها و نگرش‌ها ممکن است به فهم رفتار ترافیکی کمک نماید.

با توجه به عادات متنوع راه رفتن افراد، تفاوت رفتار عابری با توجه به خصوصیات فردی (جنسیت، سن)، تعداد افراد در غالب یک گروه، نوع پوشش، حتی سطح فرهنگی و سطح اقتصادی فرد، تنوع بسیار زیادی در مواردی از قبیل نوع تصمیم‌گیری برای عبور از تقاطع، سرعت راه رفتن، حجم افراد در ساعات روز خواهیم داشت؛ ولی در مورد خودروها تنوع رفتاری بسیار کمتر از عابری است.

بررسی حجم و ظرفیت تقاطع‌ها و رفتار خودروها بارها مورد مطالعه قرار گرفته است؛ اما در مورد عابری کمتر به این مسئله پرداخته شده است. شمار مطالعات صورت گرفته در زمینه عابر پیاده در مقایسه با سایر مباحث حمل و نقلی اندک است و از میان مطالعات صورت گرفته بیشتر آن‌ها با محوریت وضعیت معابر پیاده و طراحی سیستم‌های پیاده‌روی و همین‌طور ایمنی عابری پیاده مطالعه شده‌اند و کمتر به رفتار خود عابر پیاده و مفاهیمی از قبیل سرعت، چگالی و حجم پرداخته شده است. باین وجود در کشورهای مختلف تحقیقات ارزنده‌ای انجام گرفته است تا به شناخت هرچه بیشتر رفتار عابری بیانجامد.

چن^۱ و همکاران به بررسی جریان طولی عابری پیاده در معابر سرپوشیده پرداختند و سطح صاف، راه‌پله نزولی، راه‌پله صعودی و راه‌پله دوطرفه را در ایستگاه متروی شانگهای چین مورد بررسی

تحلیل فازی - عصبی جریان عابرين پياده در عبور از تقاطعات شهري

عبارت e_i مانده نام دارد. روش رايج براي به دست آوردن پارامترها، روش كمتريين مربعات است. در اين روش پارامترها را با كمينه كردن تابع رابطه ۳ به دست مي آورند:

$$SSE = \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (3)$$

در مورد رگرسيون ساده، پارامترها با اين روش برابر روابط ۴ و ۵ خواهند بود:

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$\widehat{\beta}_0 = \bar{y} - \widehat{\beta}_1 \bar{x} \quad (5)$$

رگرسيون پركاربردترين روش آماري است كه براي سنجش و ارائه مدل ارتباط دو متغير به كار مي رود. در اين پژوهش با ترسيم نمودار براكنش و برازش منحنی در نرم افزار SPSS از روش رگرسيون معادلات موردنياز به دست آمد.

۲-۲-۲ مدل استنتاجی تطبیقی فازی - عصبی

(ANFIS)

نحوه ارتباط بين منطق فازی و شبکه عصبی باعث به وجود آمدن انواع مختلفی از سيستم ها شده است. به عبارتی اختصار نوروفازی به سيستم ترکیبی حاصل از شبکه عصبی و سيستم استنتاجی فازی گفته شده كه در آن شبکه عصبی به عنوان تعيين كننده پارامترهای سيستم فازی مورداستفاده قرار مي گيرد. در مقابل نوروفازی، شبکه عصبی فازی قرار دارد كه در آن از منطق فازی برای بهبود عملكرد شبکه عصبی استفاده مي شود. مدل استنتاجی تطبیقی فازی - عصبی (ANFIS) توسط يانگ در سال ۱۹۹۶ بسط يافت. اين مدل اجازه مي دهد كه سيستم های فازی در مباحث آموزش پارامترها، از الگوريتم آموزش انتشار خطا به عقب تطبیقی استفاده نمايند. يك ساختار ANFIS كه از مجموعه ای از قواعد IF-THEN فازی نوع (TSK) فقط برای يك قانون) تشكيل گرديده است، می توان جهت مدل سازی و نگاهش داده های ورودی - خروجی استفاده كرد. ساختار مدل ANFIS به صورت شكل ۱ خواهد بود:

۱-۲ روش نمونه برداری

در انجام اين تحقيق ۴ تقاطع مهم و شلوغ در شهر رشت انتخاب گرديد كه دو تقاطع دارای چراغ راهنمایی و دو تقاطع ديگر فاقد چراغ راهنمایی بودند. سپس با استفاده از ضبط ويدئویی توسط دوربین فيلم برداری، اقدام به جمع آوری داده ها شد و با مشاهده فيلم ها كار آمار برداری شروع شد. در نهايت جهت دستيابی به حجم جريان عبوری عابرين در هر دقيقه، تعداد عابرين عبوری شمرده شد؛ سرعت عبور از عرض عابرين با به دست آوردن زمان عبور آن ها از دو نقطه با طول ثابت تعيين شده و دسته بندی عابرين پياده به تفكيك جنسيت و تعداد گروه های دونفره، سه نفره يا به ندرت چهار نفره انجام شد.

۲-۲ روش تحلیل و مدل سازی

پس از برداشت اطلاعات ۸۴۸۹ عابر پياده، با مدل های رگرسيون خطی و غيرخطی و تحليل فازی - عصبی به ارزيابی جريان عابرين پياده پرداخته شد كه در ادامه شرح داده می شود.

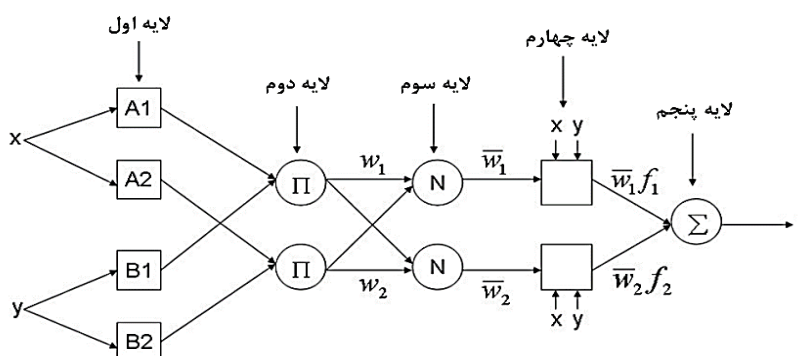
۱-۲-۲ رگرسيون

در مبحث رگرسيون هدف اين است كه يك رابطه رياضي بين يك يا چند متغير مستقل و يك متغير وابسته به منظور پيش بينی مقدار متغير وابسته به دست آوريم. هم چنين هم بستگی بين اين متغيرها نيز بررسی می گردد. در رگرسيون خطی، متغير وابسته y_i ترکیب خطی ای از ضرایب (پارامترها) است. مثلاً تحليل رگرسيونی ساده رابطه ۱ با N نقطه، متغير مستقل x_i و ضرایب β_0 و β_1 خطی است:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

ε_i مقدار خطاست و پانویس i شماره هر مشاهده (هر جفت x_i و y_i) را نشان می دهد. با داشتن مجموعه ای از اين نقطه ها می توان مدل را طبق رابطه ۲ به دست آورد:

$$y_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_i + e_i, \quad e_i = y_i - \widehat{y}_i \quad (2)$$



شکل ۱. ساختار مدل ANFIS

$$Q_{5,i} = \sum w_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i} \quad (12)$$

در این پژوهش برای بررسی میزان عملکرد شبکه از معیارهای ضریب همبستگی^۴ (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا^۵ (RMSE) و ضریب تغییرات^۶ (COV) استفاده شده است. ضریب R^2 جهت سنجش همبستگی مقادیر پیش‌بینی شده حاصل از شبکه و مقادیر واقعی، ضریب RMSE جهت سنجش خطای مدل و ضریب COV جهت ارزیابی میزان پراکندگی داده‌ها به ازای میانگین آن‌ها استفاده شده است. در روابط ۱۳ تا ۱۵، پارامترهای Y^{mea} ، Y^{pre} و \bar{Y} به ترتیب مقادیر مشاهده‌شده، پیش‌بینی شده و میانگین مقادیر مشاهده می‌باشد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y^{pre} - Y^{mea})^2}{n}} \quad (13)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y^{mea} - Y^{pre})^2}{\sum_{i=1}^n (Y^{mea} - \bar{Y})^2} \quad (14)$$

$$COV = \frac{RMSE}{|\bar{Y}^{mea}|} \times 100 \quad (15)$$

۳. بحث و بررسی

در این پژوهش سرعت عبوری میانگین و صدک پانزدهم افراد عبوری در دو تقاطع چراغ‌دار در زمان‌های صبح، ظهر و عصر و دو تقاطع بدون چراغ در زمان اوج تردد، به تفکیک جنسیت، نوع پوشش، حرکت‌های یک نفره و گروهی به ترتیب مطابق جدول ۱ و ۲ برداشت گردید.

در لایه اول در شکل ۱، ورودی‌ها از توابع عضویت مطابق روابط ۶ و ۷ عبور می‌کنند. توابع عضویت هر تابع مناسبی می‌تواند باشد که در اکثر موارد توابع گاوسین انتخاب می‌شوند. مثل تابع زنگی شکل عمومی که بر اساس مجموعه پارامترها اولیه تعریف می‌شود (رابطه ۸).

$$Q_{1,i} = \mu A_i(x), \quad \text{for } i = 1, 2 \quad (6)$$

$$Q_{1,i} = \mu B_i(x), \quad \text{for } i = 3, 4 \quad (7)$$

$$\mu A(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (8)$$

در لایه دوم، هر گره، یک گره ثابت به نام P می‌باشد که خروجی آن‌ها محصول تمام سیگنال‌های ورودی مطابق رابطه ۹ می‌باشد. همچنین لایه سوم و چهارم به ترتیب مطابق با روابط ۱۰ و ۱۱، یک گره ثابت به نام N می‌باشد و I امین گره، نسبت I امین قاعده شدت برانگیختگی را برای تمام قاعده‌های شدت برانگیختگی محاسبه می‌کند. خروجی این لایه نرمالیزه شده لایه قبلی است.

$$Q_{2,i} = W_i = \mu A_i(x) \mu B_i(x), \quad i = 1, 2 \quad (9)$$

$$Q_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2 \quad (10)$$

$$Q_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (11)$$

در لایه پنجم، تنها گره، یک گره ثابت Σ می‌باشد که تمامی خروجی‌ها را به‌عنوان مجموع همه سیگنال‌های ورودی طبق رابطه ۱۲ محاسبه می‌کند. خروجی این لایه، لایه خروجی کلی سیستم است:

تحلیل فازی - عصبی جریان عابرين پياده در عبور از تقاطعات شهري

جدول ۱. نتايج به دست آمده از بررسي تقاطعات چراغ دار

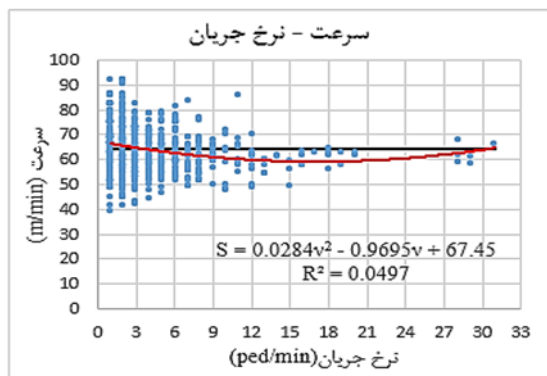
تقسيم بندي	تعداد افراد	ميانگين سرعت	انحراف معيار	ميانه	مد	V ₁₅	کمترين سرعت مشاهده شده	بيشترين سرعت مشاهده شده
آقايمان	۱۳۸۰	۱/۲۹	۰/۱۸۱	۱/۲۹	۱/۲۵	۱/۰۳	۰/۵۳	۲/۲۲
بانوان با پوشش معمولی اسلامی	۶۱۹	۱/۱۹	۰/۱۵۵	۱/۲۰	۱/۲۵	۰/۹۴	۰/۷۵	۱/۶۷
بانوان با پوشش چادر اسلامی	۲۴۲	۱/۱۰	۰/۱۵۲	۱/۱۱	۱/۱۱	۰/۸۴	۰/۶۱	۱/۵۴
حرکت های گروهی	۸۳۳	۱/۱۱	۱/۱۳۲	۱/۱۱	۱/۱۱	۰/۸۸	۰/۹۱	۱/۶۷

جدول ۲. نتايج به دست آمده از بررسي تقاطعات بدون چراغ

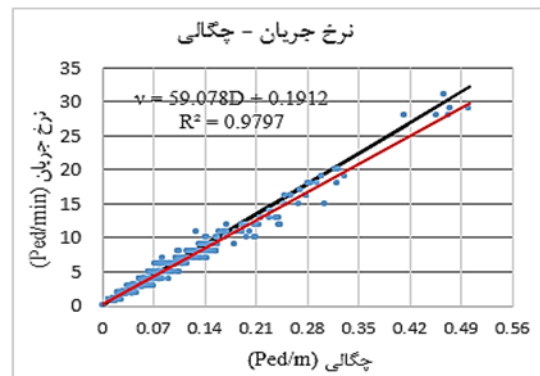
تقسيم بندي	تعداد افراد	ميانگين سرعت	انحراف معيار	ميانه	مد	V ₁₅	کمترين سرعت مشاهده شده	بيشترين سرعت مشاهده شده
آقايمان	۱۹۲	۱/۱۳	۰/۱۹۸	۱/۱۲	۱/۱۲	۰/۸۴	۰/۷۰	۱/۸۲
بانوان با پوشش معمولی اسلامی	۱۳۳	۱/۰۴	۰/۱۲۹	۱/۰۵	۱/۱۲	۰/۸۰	۰/۶۷	۱/۳۳
بانوان با پوشش چادر اسلامی	۲۵	۰/۹۹	۰/۱۲۵	۱/۰۰	۱/۰۲	۰/۷۴	۰/۷۵	۱/۲۹
حرکت های گروهی	۱۶۲	۰/۹۹	۰/۱۰۹	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۷۶	۰/۸۰	۱/۲۵

از رابطه $v=S \times D$ ، مقادير چگالي (D) براي هر دقيقه محاسبه شد. در پايان نمودارهای چگالي - نرخ جريان، سرعت - نرخ جريان و سرعت - چگالي مطابق شکل های ۲ و ۳ ترسيم شدند. در نهايت با استفاده از رگرسيون، روابط رياضي بين متغيرها به دست آمد که فرمولها بر روی نمودارها قابل مشاهده است. مقدار R (ضريب همبستگي پيرسون) ميزان تطبيق نمودار پيش بيني را با اطلاعات واقعي نشان مي دهد. همان طور که در نمودارها مشاهده مي شود، بيشتري ميزان ارتباط بين متغيرها در نمودارهای چگالي - نرخ جريان مشاهده مي شود.

هدف اصلي اين پژوهش تعيين رابطه ي بين سرعت، چگالي و حجم عابرين پياده است که در اين بخش به آن پرداخته شده است. براي تعيين اين روابط، ابتدا تعداد افراد عبوري در هر تقاطع از محل در هر دقيقه از روی تصاویر ضبط شده به دست آورده شد که به اين ترتيب نرخ جريان (V) در هر نوبت آماربرداري در هر تقاطع مشخص شد. سپس با استفاده از کرنومتر زمان عبور افراد از تقاطع براي تمامی عابرين (۸۴۸۹ عابر پياده) به دست آمد که از تقسيم مسافت طی شده به زمان عبور، سرعت حرکت افراد (S) حاصل می شود. سپس با استفاده

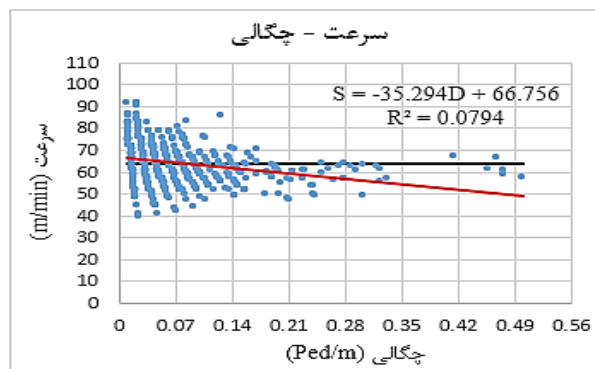


(ب)



(الف)

شکل ۲. رابطه نرخ جریان در کل تقاطعات برداشت شده با: (الف) چگالی (ب) سرعت



شکل ۳. رابطه سرعت و چگالی در کل تقاطعات برداشت شده

بالایی از رابطه خطی $v=S \times D$ پیروی می کنند. این رابطه با جایگذاری مقدار میانگین یعنی مقدار ثابت $S=6v/79$ (متر بر دقیقه) تبدیل به رابطه ۱۶ می شود. خط مشکی در نمودار شکل ۲ (الف) نشان دهنده این رابطه می باشد.

$$v = 67.97 \times D \quad (16)$$

جهت پیش بینی چگالی جریان تحت تاثیر نرخ جریان، سرعت و عابر بر دقیقه مطابق با جدول ۳ مدل ANFIS با ساختار مختلف و بر اساس تعداد توابع عضویت و الگوریتم توابع عضویت های مختلف طراحی و مورد سنجش قرار داده شده است.

با توجه به گستردگی داده های برداشت شده از زمان خلوت تا شلوغ، نمودار شکل های ۲ (ب) و ۳ سهمی بوده که به دلیل تغییرات در سرعت عابرین در شرایط مختلف اشباع، نیمه اشباع و غیراشباع می باشد. بنابراین در این نمودارها اوج سهمی را تقریباً می توان روی سرعت میانگین در نظر گرفت که این سرعت در نمودارها با خطوط مشکی نشان داده شده اند. با توجه به پراکندگی اندک داده ها از سرعت میانگین، می توان برای شهر رشت سرعت عابرین پیاده را فارغ از چگالی دانسته و به صورت ثابت در نظر گرفت.

مقادیر نرخ جریان (v) و چگالی (D) با ضریب همبستگی بسیار

تحلیل فازی - عصبی جریان عابرين پياده در عبور از تقاطعات شهري

جدول ۳. طراحی مدل ANFIS با استفاده از تعداد توابع عضویت و الگوریتم مختلف آموزش شبکه

ساختار شبکه	داده‌های ورودی			الگوریتم توابع عضویت	تعداد Epoch
	نرخ جریان	سرعت	عابر بر دقیقه		
تعداد توابع عضویت					
NFD-1	۲	۲	۲	triangular	۱۰۰
NFD-2	۳	۳	۳	triangular	۱۰۰
NFD-3	۲	۲	۳	triangular	۱۰۰
NFD-4	۳	۳	۴	triangular	۱۰۰
NFD-5	۴	۴	۴	triangular	۱۰۰
NFD-6	۲	۲	۲	Trapezoidal	۱۰۰
NFD-7	۳	۳	۳	Trapezoidal	۱۰۰
NFD-8	۲	۲	۳	Trapezoidal	۱۰۰
NFD-9	۳	۳	۴	Trapezoidal	۱۰۰
NFD-10	۴	۴	۴	Trapezoidal	۱۰۰
NFD-11	۲	۲	۲	gauss	۱۰۰
NFD-12	۳	۳	۳	gauss	۱۰۰
NFD-13	۲	۲	۳	gauss	۱۰۰
NFD-14	۳	۳	۴	gauss	۱۰۰
NFD-15	۴	۴	۴	gauss	۱۰۰
NFD-16	۲	۲	۲	gbell	۱۰۰
NFD-17	۳	۳	۳	gbell	۱۰۰
NFD-18	۲	۲	۳	gbell	۱۰۰
NFD-19	۳	۳	۴	gbell	۱۰۰
NFD-20	۴	۴	۴	gbell	۱۰۰
NFD-21	۲	۲	۲	gauss2	۱۰۰
NFD-22	۳	۳	۳	gauss2	۱۰۰
NFD-23	۲	۲	۳	gauss2	۱۰۰
NFD-24	۳	۳	۴	gauss2	۱۰۰
NFD-25	۴	۴	۴	gauss2	۱۰۰

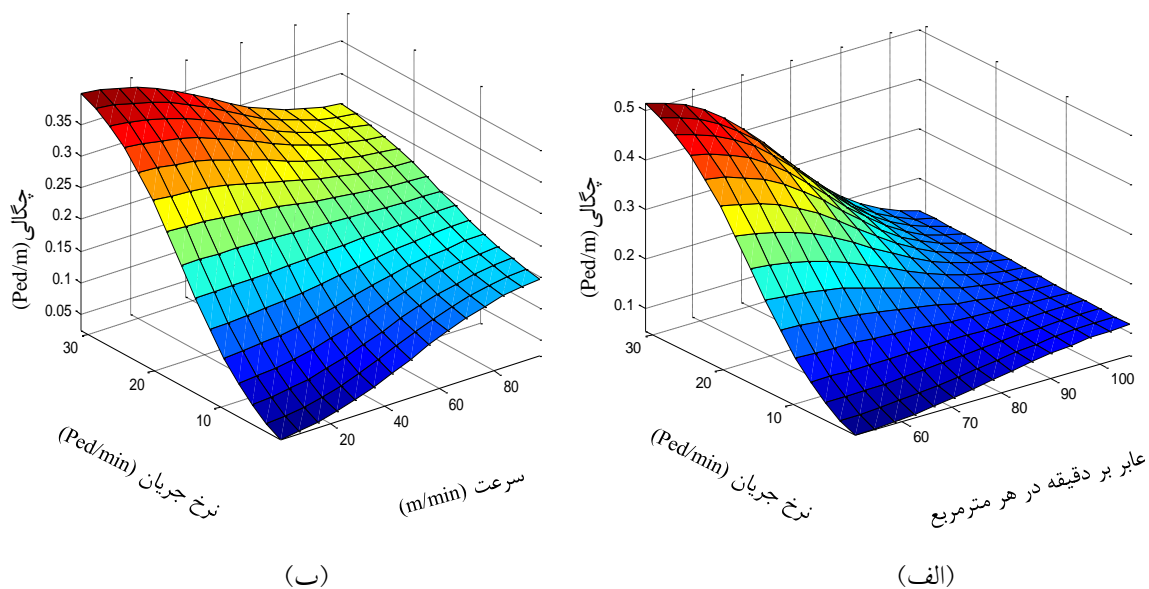
با توجه به پارامترهای آماری در جدول ۴، نتایج نشان می‌دهد بهترین ساختار مدل ANFIS جهت مدل‌سازی چگالی جریان با ۲ تابع عضویت برای هر ورودی و الگوریتم گوسین می‌باشد.

جدول ۴. مقایسه نتایج آماری مدل ANFIS بر اساس تعداد توابع عضویت و الگوریتم‌های متفاوت شبکه

ساختار شبکه	داده‌های آموزش			داده‌های آموزش			مجموع داده‌ها				
	RMSE	COV	R ²	RMSE	COV	R ²	RMSE	VAF%	MAPE%	COV	R ²
NFD-1	۰/۰۰۲۵	۲/۰۹۳۴	۰/۹۹۹۰	۰/۰۰۹۲	۶/۷۰۶	۰/۹۹۰۱	۰/۰۰۵۰	۹۹/۷۳	۵/۸۱۹	۳/۸۳۸	۰/۹۹۶۵
NFD-2	۰/۰۰۲۶	۲/۱۷۷۲	۰/۹۹۹۱	۰/۰۱۰۶	۷/۶۷۶۴	۰/۹۸۷۱	۰/۰۰۵۱	۹۹/۶۶	۶/۷۰۳	۴/۳۰۹	۰/۹۹۶۹
NFD-3	۰/۰۰۲۵	۲/۰۷۴۵	۰/۹۹۹۲	۰/۰۰۹۳	۶/۷۴۳۲	۰/۹۹۰۰	۰/۰۰۴۷	۹۹/۷۳	۵/۸۴۰	۳/۸۴۶	۰/۹۹۶۸
NFD-4	۰/۰۰۲۶	۲/۱۷۵۸	۰/۹۹۹۱	۰/۰۱۰۵	۷/۶۰۳۲	۰/۹۸۷۳	۰/۰۰۵۲	۹۹/۶۷	۶/۶۶۷	۴/۲۷۲	۰/۹۹۶۶
NFD-5	۰/۰۰۲۵	۲/۱۱۰۱	۰/۹۹۹۲	۰/۰۱۰۷	۷/۸۰۶۹	۰/۹۸۶۶	۰/۰۰۵۳	۹۹/۶۶	۶/۶۳۹	۴/۳۴۱	۰/۹۹۶۵
NFD-6	۰/۰۰۵۵	۴/۶۷۶۳	۰/۹۹۶۰	۰/۰۱۱۳	۸/۱۸۶۵	۰/۹۸۵۳	۰/۰۰۷۱	۹۹/۳۹	۱۰/۴۷۰	۵/۷۸۳	۰/۹۹۳۷
NFD-7	۰/۰۰۳۶	۳/۰۵۲۲	۰/۹۹۸۳	۰/۰۱۱۱	۸/۰۴۸۰	۰/۹۸۵۸	۰/۰۰۵۹	۹۹/۵۷	۷/۲۵۱	۴/۸۴۳	۰/۹۹۵۶
NFD-8	۰/۰۰۹۷	۸/۱۸۴۳	۰/۹۸۷۸	۰/۰۱۲۲	۸/۸۲۷۷	۰/۹۸۲۹	۰/۰۱۰۲	۹۹/۶۸	۱۱/۷۰۰	۸/۶۳۸	۰/۹۹۶۸
NFD-9	۰/۰۰۳۴	۲/۸۹۵۷	۰/۹۹۸۵	۰/۰۱۱۲	۸/۱۵۶۲	۰/۹۸۵۴	۰/۰۰۵۹	۹۹/۵۸	۷/۱۶۷	۴/۸۱۷	۰/۹۹۵۶
NFD-10	۰/۰۰۳۴	۲/۸۸۵۶	۰/۹۹۸۵	۰/۰۱۲۰	۸/۶۹۴۰	۰/۹۸۳۴	۰/۰۰۶۲	۹۹/۵۴	۶/۸۰۶	۵/۰۴۷	۰/۹۹۵۲
NFD-11	۰/۰۰۲۵	۲/۱۴۱۸	۰/۹۹۹۲	۰/۰۰۷۵	۵/۴۲۳۵	۰/۹۹۳۵	۰/۰۰۴۰	۹۹/۸۰	۴/۸۷۷	۳/۳۰۵	۰/۹۹۷۹
NFD-12	۰/۰۰۲۴	۲/۰۰۱۸	۰/۹۹۹۳	۰/۰۰۸۰	۵/۷۹۲۶	۰/۹۹۲۶	۰/۰۰۴۲	۹۹/۷۹	۴/۷۹۸	۳/۳۹۷	۰/۹۹۷۸
NFD-13	۰/۰۰۲۴	۲/۰۵۱۶	۰/۹۹۹۲	۰/۰۰۷۶	۵/۵۳۹۵	۰/۹۹۳۳	۰/۰۰۴۱	۹۹/۸۰	۴/۸۸۹	۳/۳۱۱	۰/۹۹۷۹
NFD-14	۰/۰۰۲۴	۲/۰۳۵۳	۰/۹۹۹۲	۰/۰۰۸۶	۶/۲۶۸۷	۰/۹۹۱۴	۰/۰۰۴۴	۹۹/۷۶	۵/۲۵۶	۳/۳۱۶	۰/۹۹۷۵
NFD-15	۰/۰۰۲۳	۱/۹۴۶۸	۰/۹۹۹۳	۰/۰۰۹۱	۶/۵۹۵۱	۰/۹۹۰۵	۰/۰۰۴۶	۹۹/۷۴	۴/۹۴۳	۳/۷۲۹	۰/۹۹۷۴
NFD-16	۰/۰۰۲۷	۲/۲۶۲۷	۰/۹۹۹۱	۰/۰۰۸۲	۵/۹۸۷۱	۰/۹۹۲۱	۰/۰۰۴۴	۹۹/۷۷	۵/۴۴۹	۳/۵۹۹	۰/۹۹۷۶
NFD-17	۰/۰۰۲۴	۲/۰۵۲۷	۰/۹۹۹۲	۰/۰۰۸۰	۵/۷۹۵۴	۰/۹۹۲۶	۰/۰۰۴۲	۹۹/۷۹	۴/۸۶۶	۳/۴۲۱	۰/۹۹۷۸
NFD-18	۰/۰۰۸۲	۲/۰۲۸۷	۰/۹۹۹۳	۰/۰۰۸۳	۵/۹۷۲۱	۰/۹۹۲۲	۰/۰۰۴۳	۹۹/۷۸	۵/۱۷۱	۳/۴۸۷	۰/۹۹۷۷
NFD-19	۰/۰۰۲۶	۲/۱۷۴۱	۰/۹۹۹۱	۰/۰۰۹۶	۶/۹۵۲۳	۰/۹۹۲۴	۰/۰۰۴۹	۹۹/۷۱	۵/۳۲۳	۳/۹۸۰	۰/۹۹۷۰
NFD-20	۰/۰۰۲۴	۲/۰۱۱۲	۰/۹۹۹۳	۰/۰۰۹۰	۶/۵۲۳۳	۰/۹۹۰۷	۰/۰۰۴۶	۹۹/۷۵	۵/۱۳۴	۳/۷۲۲	۰/۹۹۷۴
NFD-21	۰/۰۰۲۸	۲/۳۵۶۹	۰/۹۹۹۰	۰/۰۰۹۰	۶/۵۰۵۸	۰/۹۹۰۷	۰/۰۰۴۷	۹۹/۷۲	۵/۵۷۲	۳/۸۶۴	۰/۹۹۷۲
NFD-22	۰/۰۰۲۷	۲/۳۱۰۹	۰/۹۹۹۰	۰/۰۰۹۷	۷/۰۳۶۸	۰/۹۸۹۱	۰/۰۰۵۰	۹۹/۷۰	۵/۹۹۲	۴/۰۷۴	۰/۹۹۶۹
NFD-23	۰/۰۰۲۵	۲/۱۱۶۴	۰/۹۹۹۲	۰/۰۰۸۰	۵/۸۱۷۰	۰/۹۹۲۶	۰/۰۰۴۲	۹۹/۷۸	۴/۸۷۱	۳/۴۵۹	۰/۹۹۷۸
NFD-24	۰/۰۰۲۶	۲/۱۷۸۷	۰/۹۹۹۱	۰/۰۰۹۸	۷/۱۵۰۵	۰/۹۸۸۸	۰/۰۰۵۰	۹۹/۷۰	۵/۷۳۱	۴/۰۷۰	۰/۹۹۶۹
NFD-25	۰/۰۰۲۶	۲/۲۱۱۹	۰/۹۹۹۱	۰/۰۱۰۷	۷/۷۶۲۰	۰/۹۸۶۸	۰/۰۰۵۳	۹۹/۶۶	۶/۲۴۳	۴/۳۵۸	۰/۹۹۶۴

در شکل ۴، ارتباط بین نرخ جریان، سرعت و عابر بر دقیقه و چگالی در قالب نمودارهای سه بعدی نمایش داده شده است.

تحلیل فازی - عصبی جریان عابرين پياده در عبور از تقاطعات شهري

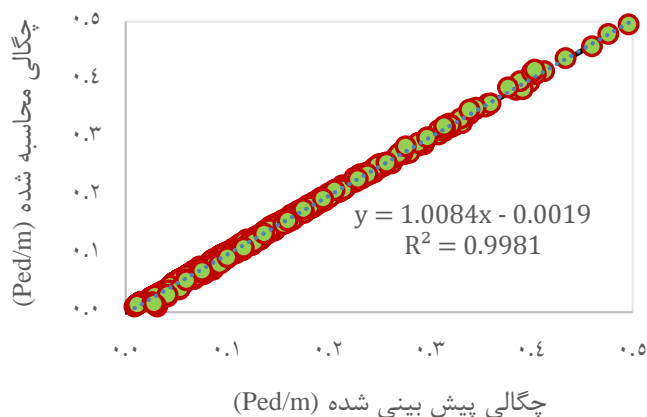


شکل ۴. رابطه نرخ جریان و چگالی در کل تقاطعات برداشت شده با:

الف) عابر بر دقیقه در هر متر مربع (ب) سرعت

چگالی می باشد.

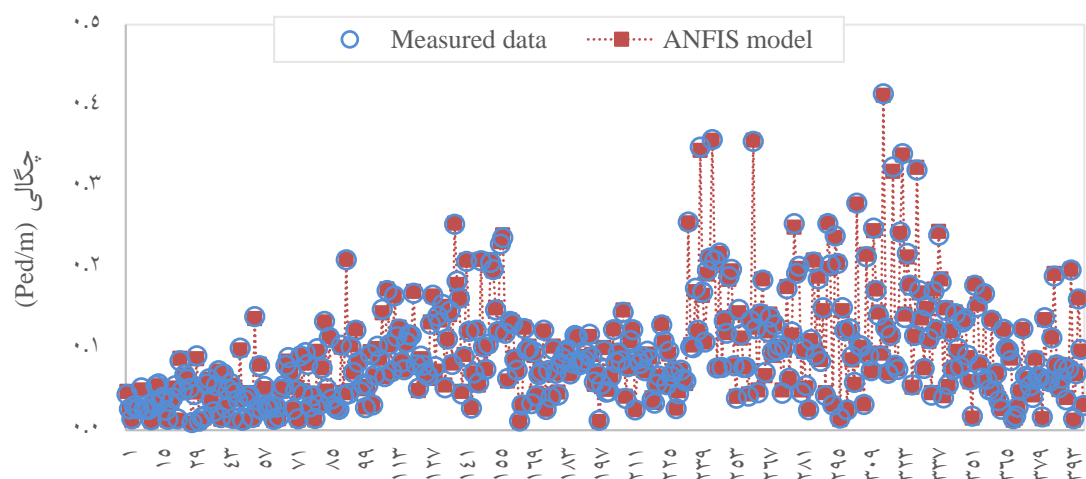
در شکل ۵ به مقایسه مقادیر پیش بینی شده چگالی به کمک مدل ANFIS و مقادیر مشاهده شده پرداخته شده است. با توجه به نتایج، ضریب همبستگی در مدل ANFIS در حدود ۹۹٪ می باشد که نشان دهنده کارایی بالای این مدل در پیش بینی مقادیر



شکل ۵. مقایسه مقادیر پیش بینی شده و مشاهده شده چگالی در کل تقاطعات برداشت شده

قابلیت بسیار بالایی در پیش بینی مقادیر چگالی در کل تقاطعات برداشت شده از خود نشان می دهد.

در شکل ۶ بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده چگالی مقایسه نقطه به نقطه صورت گرفته که بر اساس نتایج، اختلاف بین مقادیر پیش بینی شده در مدل ANFIS با مقادیر مشاهده شده بر اساس برداشت نتایج بسیار کم می باشد. به عبارت دیگر، مدل ANFIS



شکل ۶. مقایسه نقطه به نقطه نتایج خروجی از مدل و مشاهده شده برای چگالی در کل تقاطعات برداشت شده

۴. نتیجه گیری

بهینه ترین تابع جهت مدل سازی چگالی جریان با ۲ تابع عضویت برای هر ورودی و الگوریتم استفاده شده است.

این پژوهش با هدف شناخت رفتار عابرین پیاده در عبور از تقاطعات شهری انجام شد و با بررسی های انجام شده بسیاری از ویژگی های رفتاری عابرین پیاده مشخص شد:

۵. پی نوشت ها

1. Chen
2. Plaue
3. Tang
4. Squared Correlation Coefficient
5. Root Mean Square Error
6. Coefficient of Variation

- در مورد رابطه ی نرخ جریان و چگالی بدیهی است با افزایش نرخ جریان و تعداد عابرین عبوری، چگالی نیز افزایش خواهد یافت؛ بنابراین نتیجه گرفته می شود در شهر رشت، نرخ جریان و چگالی تأثیر زیادی بر سرعت عبور افراد ندارد اما چگالی با افزایش نرخ جریان افزایش می یابد.

۶. مراجع

- Gehl, J.a.G., L., Winning back public space, in Sustainable transport. 2003: p. 97-106.

- روابط سرعت، چگالی و نرخ جریان عابرین نشان داد در عبور افراد از تقاطعات، نرخ جریان و چگالی به شدت به یکدیگر وابسته اند، اما این دو متغیر تأثیر زیادی بر سرعت عابرین ندارند.

- Papadimitriou, E., A. Theofilatos, and G. Yannis, Patterns of pedestrian attitudes, perceptions and behaviour in Europe. Safety science, 2013. 53: p. 114-122.

- برای عابرین پیاده، بین نرخ جریان و چگالی یک رابطه با ضریب همبستگی ۰/۹۸۲۸ برقرار است، اما ارتباط بین سرعت - نرخ جریان و سرعت - چگالی به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۰۸ و ۰/۱۳۳۴ ارتباط معناداری با یکدیگر ندارند.

- Hamed, M.M., Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. Safety science, 2001. 38(1): p. 63-82.

- مدل ANFIS قابلیت بسیار بالایی در پیش بینی مقادیر چگالی در کل تقاطعات برداشت شده از خود نشان داد (ضریب همبستگی ۹۹٪). در این مدل از تابع گوسین به عنوان

- Boles, W., The effect of density, sex, and group size upon pedestrian walking velocity. Man-environment systems, 1981.

- Manual, H.C., A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Transportation Research Board, Washington, DC, 2016.
- Abdous, H. and A. Mahmoudabadi, PW 0580 Vulnerability of female pedestrians in different crash locations, a case-study for iran. 2018, BMJ Publishing Group Ltd.
- Chen, X., J. Ye, and N. Jian, Relationships and characteristics of pedestrian traffic flow in confined passageways. Transportation Research Record, 2010. 2198(1): p. 32-40.
- Plaue, M., et al. Trajectory extraction and density analysis of intersecting pedestrian flows from video recordings. in ISPRS Conference on Photogrammetric Image Analysis. 2011. Springer.
- Plaue, M., G. Bärwolff, and H. Schwandt, On measuring pedestrian density and flow fields in dense as well as sparse crowds, in Pedestrian and Evacuation Dynamics 2012. 2014, Springer. p. 411-424.
- Tang, S., Kwal, D., Kitahara, T., Study on Pedestrian's Speed and Density under the Mid-low Density: Comparison of Pedestrian Behavior on the Station Square between Chiba, Japan and Shanghai, China. 26th annual congress, 2012.
- Craig, E., Routledge encyclopedia of philosophy: questions to sociobiology. Vol. 8. 1998: Taylor & Francis.
- 11. Kök, B.V., et al., Neural network modeling of SBS modified bitumen produced with different methods. Fuel, 2013. 106: p. 265-270.
- Manual, H.C., Highway capacity manual. Washington, DC, 2000.
- Manual, H.C., Transportation Research Board of the National Academies. Washington, DC, 2010: p. 2010.