

ارائه مدل جریان عبوری عابران پیاده در تسهیلات پیاده شهری با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری

(مطالعه موردی: شهر رشت)*

مقاله پژوهشی

سیدابراهیم عبدالمنافی^(۱)، ترمه ودادی گرگری^(۲)، سید امیر سعادتجو^(۳)، سعید فاطمی^(۴)، سید علی ضیائی^(۵)

چکیده رفتار عابران پیاده نقش مهمی در طراحی تسهیلات پیاده به خصوص در مناطق پرتردد ایفا می‌کنند. یکی از این خصوصیات رفتاری، سرعت راه رفتن آنان از پیاده‌روها و پیاده‌راه‌ها شده می‌باشد؛ بنابراین مهم‌ترین اقدام قبل از هر چیز شناخت پارامترهای جریان عابران پیاده در هنگام عبور از تسهیلات مختلف شهری است. هدف از این پژوهش مدل‌سازی جریان عابران پیاده عبور از تسهیلات پیاده مختلف شهری (پیاده‌رو و پیاده‌راه) می‌باشد. از این‌رو با تصویربرداری از یک پیاده‌رو و یک پیاده‌راه، به جمع‌آوری اطلاعات ۱۰۲۱۰ عابر پیاده عبوری پرداخته شد. سپس با استفاده از مدل‌های رگرسیون و روش الگوریتم ژنتیک، روابط جریان عابران پیاده از قبیل سرعت، نرخ جریان و چگالی مدل‌سازی شد. نتایج نشان داد که دقت مدل‌ها برای تسهیلات مختلف شامل پیاده‌رو، پیاده‌راه با استفاده از الگوریتم ژنتیک دارای دقت پیش‌بینی بالاتری نسبت به روش رگرسیونی و به ترتیب برابر با ۰/۹۴۵۱ و ۰/۹۰۶۲ می‌باشند؛ بنابراین می‌توان در این زمینه الگوریتم ژنتیک را به عنوان یکی از روش‌های فراابتکاری که دارای دقت بیشتری می‌باشد، به عنوان مدل برتر معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی عابر پیاده، سرعت، نرخ جریان، چگالی، رگرسیون، روش الگوریتم ژنتیک

مقدمه

از انسان و بالطبع آن، برآورده کردن نیازها در جهت نیل به افزایش این سهم است. مدل‌سازی تردد عابران پیاده می‌تواند پیش‌زمینه طراحی تسهیلات بهینه، به منظور پیاده‌مدار کردن یک شهر باشد. رفتار عابران پیاده تحت تأثیر متغیرهای مستقلی از جمله سرعت عبور از عرض آن‌ها، چگالی و نرخ جریان عبور قرار دارد که این متغیرها تحت تأثیر سن، جنسیت، وزن، فردی یا گروهی رفتن عابران و حتی نوع پوشش می‌توانند منجر به رفتارهای متفاوت آنان را نتیجه دهد [4]. از این‌رو یکی از مهم‌ترین مواردی که در مبحث تسهیلات پیاده و مدل‌سازی عابران پیاده مورد بررسی قرار می‌گیرد، شناخت رفتارهای آن‌ها در حالت‌های مختلف است و نحوه هدایت مسیر عابران پیاده به سمت مسیرهای مناسب همراه با بروز کمترین برخوردها میان عابران پیاده است؛ بنابراین پیش از طراحی تسهیلات عابرین پیاده می‌بایست پارامترهای ترافیکی عابران پیاده از جمله سرعت، چگالی، نرخ جریان، نحوه حرکت،

امروزه اغلب این احساس به وجود می‌آید که عابر پیاده در اجرای عملیات ساخت و سازی که ناشی از یک برنامه‌ریزی بر مبنای حرکت سواره است، نقش چندم و بی‌اهمیتی را ایفا می‌کند. وجود این شرایط در تخصیص سطوح کاربری‌های عمومی، واقعیت‌ها را غیر از آنچه که است، نشان می‌دهد [3]. همانند گذشته، امروزه نیز عابران پیاده بیشترین سهم را در تردد دارند و به همین دلیل، مهم‌ترین عامل در تردد می‌باشند، اما حوزه قانونی سیستم رفت‌وآمد امروزی، از مرحله پیش‌بینی تا مرحله نتیجه‌گیری، به کلی به سود خودروسواران و در نتیجه به نفع تردد اتومبیل‌ها است. در این روند، توقع و انتظار بیشتری برای ایجاد شرایط بهتر برای خودروها به وجود آمده و ساخت‌وسازهای بعدی نیز این توقعات را جامع عمل پوشانده است. از این‌رو، افزایش سهم پیاده‌روی در حمل‌ونقل شهری، نیازمند حصول شناختی صحیح

* تاریخ دریافت مقاله ۱۴۰۰/۹/۷ و تاریخ پذیرش آن ۱۴۰۰/۱۱/۱۶ می‌باشد.

ضبط شده در پایانه مسافربری ژنژمن در چین و تحلیل آماری این اطلاعات، روابط جریان-چگالی و سرعت-چگالی را بدست آوردند. چن، یی و جیان [8] در سال ۲۰۱۰ در مطالعه روابط و ویژگی‌های جریان ترافیک عابرپیاده در معابر محصور به جریان طولی عابران پیاده در معابر سرپوشیده پرداختند. پارامترهای جریان پیاده روی شامل سرعت، چگالی و نرخ جریان را در شرایط تراکم کم و تراکم زیاد با استفاده از ضبط ویدئویی بدست آوردند و سپس با تجزیه و تحلیل اطلاعات به یافتن رابطه بین داده‌ها پرداختند و با استفاده از رگرسیون آماری و سازگاری با واقعیت، مدل جریان ترافیک عابرپیاده در مورد سرعت-چگالی و حجم-چگالی برای استفاده از تمام امکانات مشاهده شده تعیین شده است. پلا و همکاران [9] در سال ۲۰۱۱ در مطالعه‌ای پیرامون تعیین مسیر و تجزیه و تحلیل چگالی از جریان تداخلی عابران پیاده از تصاویر ضبط شده چگالی عابران پیاده را مورد بررسی قرار دادند. تانگ و همکارانش [10] در مطالعه بر روی سرعت و چگالی عابران پیاده در شرایط چگالی کم و متوسط در محوطه ایستگاه چیبای ژاپن و شانگهای چین سرعت و چگالی عابران پیاده را در ژاپن و چین به منظور روشن کردن ویژگی‌های مختلف رفتار عابرپیاده، در زمینه‌های فرهنگی متفاوت مقایسه نمودند و دریافتند که در اوقات فراغت سرعت آهسته و چگالی کم است، در زمان عجله سرعت زیاد و چگالی بالا است، سرعت در معابر پلکانی کندتر از معابر تخت است و در پایان نتیجه بر این شد که در چین مردم برای سریع تر به مقصد رسیدن از راه‌های میانبر استفاده می‌کنند اما در ژاپن با سرعت بیشتری حرکت می‌کنند. راستوگی و همکاران [11] در مطالعه مشخصات جریان عابرپیاده برای تسهیلات و موقعیت‌های متفاوت عابران پیاده با جمع‌آوری اطلاعات راه‌رفتن عابران پیاده، در ۱۹ مکان در ۵ شهر هند و طبقه‌بندی تسهیلات عابران پیاده بر اساس عرض دریافتند که رابطه بین سرعت و چگالی در پیاده‌روهایی با عرض‌های متفاوت، یک رابطه نمایی می‌باشد. همچنین اظهار داشتند که کم‌عرض‌تر شدن پیاده‌روها سبب کاهش سرعت جریان آزاد می‌شود. شفابخش و همکاران [12] در سال ۲۰۱۳ طی مطالعه‌ای با تجزیه و تحلیل سرعت عابران پیاده در پیاده‌روهای ایران (با توجه به سالمندان) به منظور برآورد اثر جمعیت سالمندان در جریان

ظرفیت محدوده مورد نظر و همچنین پارامترهای رفتاری عابران از جمله نوع پوشش، سن، وزن و میزان تاثیر جنسیت بر رفتار حرکتی و مواردی از این دست مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین در این مطالعه همگام با بررسی رفتار عابران پیاده و محاسبه پارامترهای ترافیکی مرتبط با آن از جمله سرعت، چگالی و نرخ جریان به مدل‌سازی تردد عابران پیاده در تقاطعات و تسهیلات پیاده پرداخته خواهد شد که بتوان با استفاده از این مدل رفتار عابران پیاده را به صورت دقیق‌تر نسبت به دیگر مدل‌ها در نمونه‌های آماری مختلف پیش‌بینی کرد.

مرور بر مطالعات پیشین

حجم شمار مطالعات انجام گرفته در زمینه عابرپیاده در مقایسه با سایر مباحث حمل‌ونقلی بسیار اندک است و از میان این مطالعات، بیشتر به موضوعاتی با محوریت وضعیت معابر پیاده و طراحی سیستم‌های پیاده‌روی و همین‌طور ایمنی عابران پیاده پرداخته شده است و جریان خود عابرپیاده و مفاهیمی از قبیل سرعت، چگالی و حجم در تسهیلات پیاده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود در کشورهای مختلف تحقیقات ارزنده‌ای انجام گرفته است تا به شناخت هرچه بیشتر جریان عابران پیاده و ایجاد امکانات برای این دسته از کاربران راه بینجامد. هلیبگ و همکاران [5] در مطالعه‌ای بر روی حرکت زائران در شهر مکه در سال ۲۰۰۷، نمودار چگالی عابران پیاده را مبتنی بر شبیه‌سازی ارائه کردند. این نمودار مبتنی بر مدل‌سازی حرکت عابران پیاده بر اساس مدل نیروی اجتماعی است و از آن برای مقایسه مقادیر چگالی در حالت شبیه‌سازی استفاده نمودند. لیو و همکاران [6] در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی پیرامون مدل‌سازی جریان عابران پیاده در راه‌پله‌های ایستگاه قطار زیرزمینی شانگهای با جمع‌آوری مشخصات جریان عابران پیاده در راه‌پله‌های چند مرکز توزیع عابران پیاده در چین از قبیل ایستگاه قطار زیرزمینی شانگهای و ایستگاه قطار شانگهای، با استفاده از تحلیل کیفی، روابط چگالی-سرعت و چگالی-جریان را به صورت توابعی بدست آوردند. همچنین جریان عابران پیاده در راه‌پله‌ها را با جریان وسایل نقلیه مقایسه نمودند. هونگ فی و همکاران [7] در سال ۲۰۰۹، با برداشت اطلاعات جریان عابران از روی تصاویر

مختلف تقاطعی (۹۰ درجه، ۱۳۵ درجه و ۱۸۰ درجه) مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که اثرات متقابل با افزایش زاویه تسهیلات پیاده کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ظرفیت تسهیلات پیاده با افزایش زاویه جریان پیاده، کاهش می‌یابد. لی و همکاران [18] آزمایش‌های مختلفی را برای مقایسه ویژگی‌های حرکتی عابران از راهروهایی با عرض‌های مختلف عبور می‌کنند، انجام دادند. نتایج آنان نشان داد که ارتباط بین جریان و عرض راهروها با جدا کردن این مسیرها که متأثر از ابعاد بدن و انگیزه‌ها و هدف سفر عابران پیاده می‌باشد، منجر به زاویه انحراف عابر پیاده و انحراف در نمودار گاوس خواهد شد و دامنه حرکتی عابران پیاده، با افزایش سرعت فردی محدود می‌شود.

با توجه به بررسی‌های مطالعات پیشین مشخص شد که این مطالعه‌ها در ۳ دسته‌بندی کلان‌نگر، میان‌نگر و خردنگر قرار می‌گیرند و هر کدام از پژوهشگران در دنیا، جریان عابران پیاده را تحت تأثیر پارامترهای مشخص مورد ارزیابی و بررسی قرار داده‌اند. از همین رو در این مقاله به بررسی و مدل‌سازی کلان‌نگر رفتار عابران پیاده پرداخته می‌شود.

روش‌شناسی و روش مدل‌سازی

داده‌های مورد نیاز در پژوهش حاضر در شهر رشت جمع‌آوری شده است که یکی از شهرهای ایران و مرکز استان گیلان است و بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر شمال ایران نیز محسوب می‌شود. برای جمع‌آوری اطلاعات عابران پیاده جهت مدل‌سازی تردد آنان، مهم‌ترین و شلوغ‌ترین تسهیلات پیاده‌روی شهر انتخاب و اقدام به فیلم‌برداری از تسهیلات موردنظر شد. این تسهیلات از بین بیش از ۵۰ مکان در سطح شهر رشت برگزیده شدند. پیاده‌روها و پیاده‌راه مطالعه حاضر مطابق با شکل (۱) در نقاط مختلف شهر رشت جمع‌آوری شده است که شامل پیاده‌روهای خیابان‌های امام خمینی (ره) و خیابان سعدی می‌باشد. همچنین پیاده راه مورد بررسی نیز واقع در خیابان اعلم‌الهدی شهر رشت می‌باشد. هدف از انتخاب پیاده‌روهای مطالعه حاضر، انتخاب مکان‌هایی با تردد بسیار عابران پیاده و با هدف‌های سفر مختلف از جمله درمانی، آموزشی و خرید بود. همچنین از بین دو پیاده‌راه شهر رشت (شهرداری و اعلم‌الهدی) پیاده‌راه اعلم‌الهدی با توجه به چگالی و نرخ جریان بالاتر

حرکت عابران پیاده در پیاده‌رو با استفاده از روش شبیه‌سازی میکرو اقدام به شبیه‌سازی عابران پیاده نمودند. چاندرا و کومار [13] با جمع‌آوری سرعت عبور از عرض و راه رفتن عابران پیاده از ۷ پیاده‌رو و تقاطع در هند اشاره کردند که سرعت عابران پیاده با توجه به سن، جنسیت و مکان تسهیلات عابران پیاده متفاوت می‌باشد و اختلاف معناداری بین سرعت راه رفتن و عبور از عرض عابران پیاده وجود دارد. همچنین آن‌ها بیان کردند که سرعت عابران پیاده در پیاده‌روهای عریض به‌طور قابل توجهی با دیگر تسهیلات عابر پیاده تفاوت دارد. داس و همکاران [14] با استفاده از آنالیز میکروسکوپی به تعیین بازده ماکروسکوپی برای توسعه مدل‌های جریان عابر پیاده پرداختند. مدل‌های توسعه یافته و مقادیر برآورد شده پارامترهای جریان مانند سرعت و ظرفیت آزاد جریان با داده‌های واقعی مقایسه شده و خطای تخمین زده شده کمتر از ۱۰٪ بود. گل آکیا و همکاران [15] به بررسی تبدیل شریان‌های شهری ۶ خطه به ۴ خطه تحت تأثیر مانورهای جریان عابران پیاده پرداختند. در نهایت با استفاده از مدل‌های رگرسیونی به ارائه رابطه ریاضی بین جریان عابران پیاده و ظرفیت وسایل نقلیه عبوری پرداختند. رابطه بین عبور متقابل عابر پیاده و افت ظرفیت جریان عبوری می‌باشد و همچنین هنگامی که عبور متقاطع عابران پیاده محدود به ۲۰۰ عابر پیاده در ساعت باشد، هیچ تأثیری بر ظرفیت جریان عبوری وسایل نقلیه ایجاد نخواهد داشت. با این حال، با افزایش سطح عبور و مرور عابران پیاده به ۱۵۵۰ عابر در ساعت؛ ظرفیت ۳۲ درصد کاهش می‌یابد. ژو و همکاران [16] چندین شبیه‌سازی با استفاده از ترکیبات مختلف سرعت عابر پیاده با استفاده از مدل‌های ریاضی را مورد بررسی قرار دادند. همچنین روابط بین سرعت-چگالی در انواع تسهیلات عابر پیاده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که جریان عابر پیاده منجر به ایجاد روابط مختلف بین سرعت-چگالی و تراکم جریان را در تسهیلات مختلف عابر پیاده خواهد شد. همچنین عابران پیاده با سرعت راه رفتن کمتر، تأثیر معنی‌داری بر میانگین سرعت جریان عابر پیاده دارد. شریفی و همکاران [17] در مطالعه‌ای به ارائه یک مدل چگالی-سرعت برای جریان عابر پیاده در یک مسیر دوطرفه پرداختند و همچنین مدل مورد مطالعه را برای محیط‌های مختلف پیاده با زاویه‌های

وابسته به منظور پیش‌بینی مقدار متغیر وابسته با استفاده از مقدار یا مقادیر متغیرهای مستقل بدست آورده شود. بنابراین در رگرسیون، علاوه بر اینکه همبستگی بین چند متغیر مستقل و یک متغیر وابسته بررسی می‌گردد، نوع و شکل رابطه ریاضی نیز تعیین می‌گردد. رگرسیون پرکاربردترین روش آماری است که برای سنجش و ارائه مدل ارتباط دو متغیر به کار می‌رود. رگرسیون خطی ضرایب معادله خطی که نزدیک‌ترین هماهنگی با داده‌های مشاهده شده را داراست برآورد می‌کند. با استفاده از معادله خط برگشت، امکان پیشگویی مقادیر بعدی نیز امکان‌پذیر می‌شود. در معادله رگرسیون یک متغیر مستقل و یک متغیر وابسته وجود دارد که در معادله رگرسیون چندمتغیره تعداد متغیرهای مستقل بیش از یکی است. در این پژوهش با ترسیم نمودار پراکنش و برازش منحنی، در نرم‌افزارهای اکسل و SPSS و با استفاده روش رگرسیون، معادلات مورد نیاز استخراج شدند [20,21].

عابرین پیاده عبوری انتخاب شد که در نهایت از محل‌های خاص نظیر ساختمان‌های بلند مجاور، پل عابریاده و با استفاده از جرثقیل بالابر اقدام به فیلم‌برداری شد [19]. سپس با مشخص کردن مقطعی ثابت به واحد طول (متر) در تصاویر فیلم‌برداری شده و همچنین مدت زمان طی شده هر عابر عبوری در این مقطع مشخص، سرعت راه رفتن هر یک از عابران پیاده استخراج گردید. به منظور انجام عملیات آماربرداری، با توجه به اوج عبوری در محل‌های انتخاب شده، ساعت اوج عصر ۱۷ تا ۲۰ در اوایل فصل بهار انتخاب شد. زمان انتخاب شده برای آماربرداری با توجه به روشن بودن هوا، اشباع بودن جریان تردد عابران پیاده و زمان اوج تردد عابران پیاده بوده است. در نهایت اطلاعات ۱۰۲۱۰ عابریاده جهت استفاده به عنوان داده‌های مدل‌سازی آماده گردید. یکی از روش‌های استفاده شده برای مدل‌سازی در این مطالعه، مدل رگرسیون است. در این مدل‌ها، هدف این است که یک رابطه ریاضی بین یک یا چند متغیر مستقل و یک متغیر



شکل ۱ محل‌های مورد مطالعه و برداشت اطلاعات

مرحله به مرحله اصلاح شده و گسترش می‌یابند. جمعیت اولیه از درخت‌ها، با استفاده از مجموعه توابع و مجموعه ترمینال‌ها، در ابتدای فرآیند پردازش ساخته می‌شود. به منظور جلوگیری از طولانی شدن زمان حل مساله و نیز طول روابط نهایی، محدودیت‌های اندازه و عمق به درخت‌ها اعمال می‌شود [22-26].

بررسی و تحلیل داده‌ها

بررسی سرعت تردد عابران پیاده

سرعت عبور از عرض و سرعت راه رفتن میانگین و صدک پانزدهم عابران پیاده عبوری در تمامی تسهیلات پرتردد پیاده در زمان اوج تردد، به تفکیک جنسیت، پوشش لباس بانوان عبوری، تفکیک تسهیلات، حرکت‌های انفرادی و گروهی و شرایط جوی عادی و بارش باران مطابق جدول (۱) برداشت گردید.

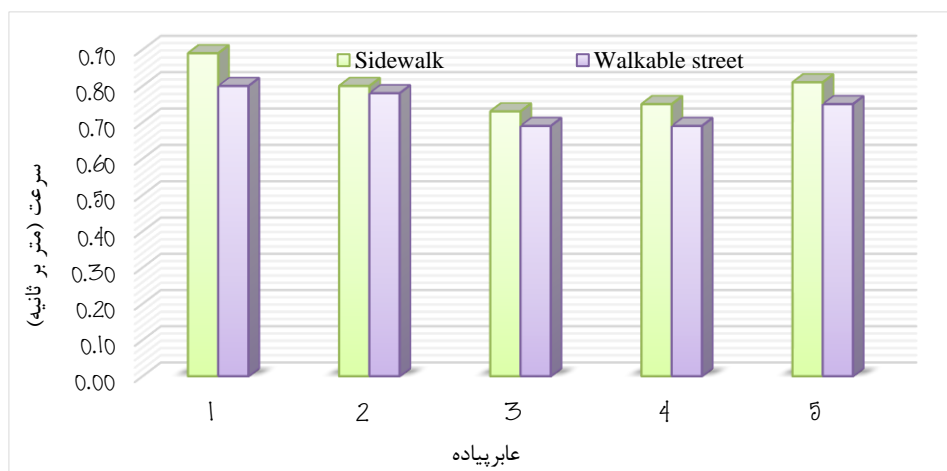
از طرف دیگر، الگوریتم‌های فراابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی هستند که دارای راهکارهای برون‌رفت از نقاط بهینه محلی هستند و قابلیت کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل را دارند. روش الگوریتم ژنتیک تکنیک گسترش‌یافته الگوریتم تکاملی بدست آمده از تئوری تکاملی داروین می‌باشد. بطورکلی این روش را می‌توان به عنوان روش ابزاری فراگیر معرفی نمود که به جستجوی فضای مساله به جای فضای داده‌ها می‌پردازد. به عبارتی برنامه‌نویسی ژنتیک نوعی روش بهینه‌سازی و ارائه رگرسیون می‌باشد که با استفاده از اصل انتخاب طبیعی داروین، راه‌حلی جهت حل مسئله تولید می‌کند. برنامه‌نویسی ژنتیک به صورت تصادفی تعداد بسیار زیادی برنامه کامپیوتری با اندازه و شکل‌های مختلف می‌سازد و این برنامه‌ها به رقابت با هم پرداخته و با کمک عملگرهای ژنتیکی

جدول ۱ سرعت عبور از عرض و راه رفتن عابران پیاده در شرایط و مکان‌های مختلف

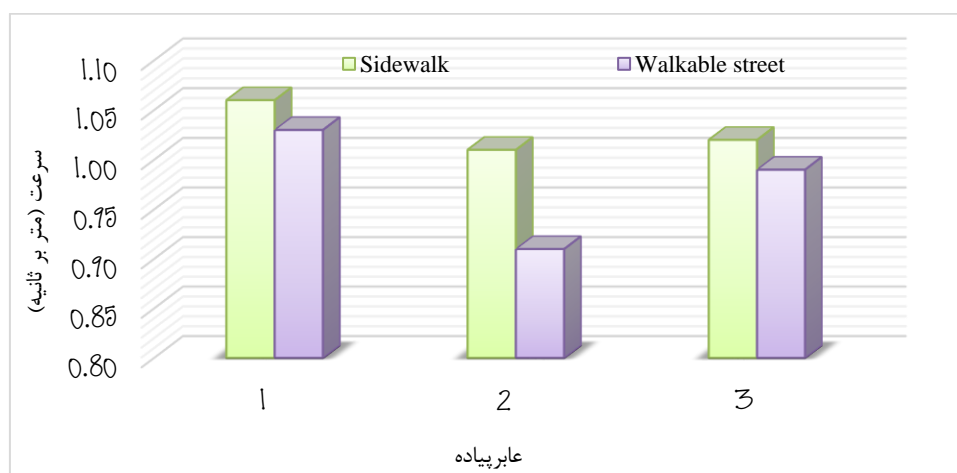
نوع تسهیلات	شرایط هوایی	تقسیم‌بندی	تعداد افراد	میانگین سرعت (متر بر ثانیه)	انحراف معیار	۷۱ ^ه (متر بر ثانیه)	
پیاده‌رو	عادی	آقایان	۳۰۸۱	۱/۱۰	۰/۱۶۹	۰/۸۹	
		بانوان با پوشش معمولی	۲۷۷۵	۱/۰۱	۰/۱۱۲	۰/۸۰	
		بانوان با پوشش چادر	۷۶۵	۰/۹۴	۰/۱۸۹	۰/۷۳	
		حرکت‌های گروهی	۵۳۴	۰/۹۷	۰/۱۲۳	۰/۷۵	
		کلیه عابران	۶۶۲۱	۱/۰۳	۰/۱۳۹	۰/۸۱	
بارش باران	بارش باران	آقایان	۳۵۴	۱/۲۱	۰/۱۸۱	۱/۰۶	
		بانوان	۱۷۱	۱/۱۲	۰/۱۳۹	۱/۰۱	
		کلیه عابران	۵۲۵	۱/۱۵	۰/۱۴۱	۱/۰۲	
پیاده‌راه	عادی	آقایان	۱۱۱۴	۱/۰۴	۰/۱۵۵	۰/۸۰	
		بانوان با پوشش معمولی	۱۰۳۶	۰/۹۴	۰/۱۹۲	۰/۷۸	
		بانوان با پوشش چادر	۲۰۲	۰/۸۹	۰/۱۳۷	۰/۶۹	
		حرکت‌های گروهی	۶۹۹	۰/۸۸	۰/۱۴۵	۰/۶۹	
	بارش باران	بارش باران	کلیه عابران	۲۳۵۲	۰/۹۷	۰/۱۷۳	۰/۷۵
			آقایان	۳۴۲	۱/۱۵	۰/۱۹۳	۱/۰۳
			بانوان	۳۷۰	۱/۰۹	۰/۱۱۹	۰/۹۱
			کلیه عابران	۷۱۲	۱/۱۲	۰/۱۷۴	۰/۹۹

دو شرایط جوی عادی و بارش باران مربوط به پیاده راه می باشد و عابران با آرامش بیشتر و با هدف تفریح و خرید از این معابر حرکت می کنند. با بررسی مقادیر سرعت شکل (۲) می توان درک کرد که در زمان بارش باران عابران میل به افزایش سرعت دارند بطوریکه سرعت آنان در تسهیلات پیاده رو بسیار نزدیک به مطالعات مشابه در تقاطع چراغدار می باشد [27-29].

بر اساس نتایج بدست آمده و همان طور که در شکل های (۲) و (۳) نشان داده شده است، بیشترین مقادیر سرعت صدک پانزدهم در هر دو شرایط جوی عادی و بارانی در همه تسهیلات پیاده مربوط به آقایان است و این در حالی است که بانوان و به خصوص بانوان چادری در تمام شرایط با سرعت پایین تری راه می روند و کمترین مقادیر سرعت صدک پانزدهم مربوط به آنان است. همچنین کمترین سرعت در بین همه تسهیلات پیاده در هر



شکل ۲ مقایسه سرعت گروه های مختلف عابر پیاده در شرایط جوی عادی



شکل ۳ مقایسه سرعت گروه های مختلف عابر پیاده در شرایط جوی بارانی

جدول ۲ نتایج مدل‌های بدست آمده چگالی با استفاده از روش رگرسیون

خطی و غیرخطی

Sig.	R ^۲	نوع مدل	مدل	شماره مدل‌ها
۰/۰۰۰	۰/۹۰۰۱	نرخ جریان- چگالی	پیاده‌رو	۱
۰/۰۰۱	۰/۸۵۷۲	سرعت- نرخ جریان		۲
۰/۱۴۱	۰/۹۱۰۳	سرعت- چگالی		۳
۰/۰۲۱	۰/۸۳۱۴	نرخ جریان- چگالی	پیاده‌راه	۴
۰/۰۰۰	۰/۷۹۰۱	سرعت- نرخ جریان		۵
۰/۰۰۱	۰/۹۰۸۲	سرعت- چگالی		۶

مدل‌سازی با روش الگوریتم ژنتیک

در مدل‌سازی با روش الگوریتم ژنتیک، با استفاده از متغیرهای مستقل نرخ جریان و چگالی، مدل پیش‌بینی چگالی عابران پیاده با استفاده از به کار بردن کدهای مرتبط با روش الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار متلب بدست آمد. نتایج روابط جریان عابران پیاده برای تسهیلات پیاده‌رو و پیاده‌راه روابط (۷) و (۸) می‌باشد.

در پیاده‌روها:

$$D = 0.0248v - 0.1837S + 0.4917\sin(\cos(S)) - 0.6141\sin(\sin(\cos(S))) - 0.2846\cos(S) - 0.0011(S - \cos(v))(v + \cos(S)) + 2.284 \quad (۷)$$

در پیاده‌راه‌ها:

$$D = 0.0125v - 0.0816S - 0.022\tanh(3.021\cos(S)) - 0.0229\cos(v-S) + 0.0238e^{\cos(s)} - 0.0209\sin(S^2 \times \cos(S)) + 1.102 \quad (۸)$$

بر اساس مدل‌های ارائه شده، نتایج مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی برای مدل‌های چگالی بدست آمده برای تسهیلات مختلف پیاده‌رو و پیاده‌راه در شکل (۴) نشان داده شده است که نتایج دقت پیش‌بینی این مدل‌ها به ترتیب برابر با ۰/۹۴۵۱ و ۰/۹۰۶۲ می‌باشند.

مدل‌سازی جریان عابران پیاده

هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی روابط بین پارامترهای مختلف جریان عابران پیاده از قبیل سرعت، چگالی و نرخ جریان در تسهیلات پیاده مورد مطالعه می‌باشد. برای تعیین این روابط، ابتدا تعداد افراد عبوری از طول مشخص شده در پیاده‌روها و پیاده‌راه‌ها هر دقیقه از روی تصاویر ضبط شده بدست آمد، به این ترتیب نرخ جریان (v) در هر نوبت آماربرداری در هر کدام از تسهیلات عابرپیاده مشخص شد. سپس با استفاده از کرنومتر، زمان راه رفتن افراد از این تسهیلات برای تمامی عابران تعیین گردید که از تقسیم مسافت طی شده به زمان راه رفتن، سرعت حرکت افراد (S) بدست آمد. در نهایت با استفاده از رابطه‌ی $(v = S \times D)$ مقادیر چگالی (D) برای هر دقیقه محاسبه شد. جهت مدل‌سازی روابط بدست آمده از سه روش رگرسیون خطی و غیرخطی و روش الگوریتم ژنتیک استفاده شد.

مدل‌سازی رگرسیون

مدل‌های بدست آمده بین نرخ جریان- چگالی، سرعت- نرخ جریان و سرعت- چگالی برای شرایط عبور عابران پیاده از پیاده‌رو مطابق روابط (۱) تا (۶) ارائه شده است. همچنین نتایج مقادیر R^۲ مدل‌های بدست آمده مطابق با جدول (۲) ارائه شده است.

در پیاده‌روها:

$$v = -23/42D^2 + 24/7e^D - 0/91 \quad (۱)$$

$$S = -0/017v^2 - 0/0317v + 63/14 \quad (۲)$$

$$S = -0/81D^2 - 2/59D + 52/11 \quad (۳)$$

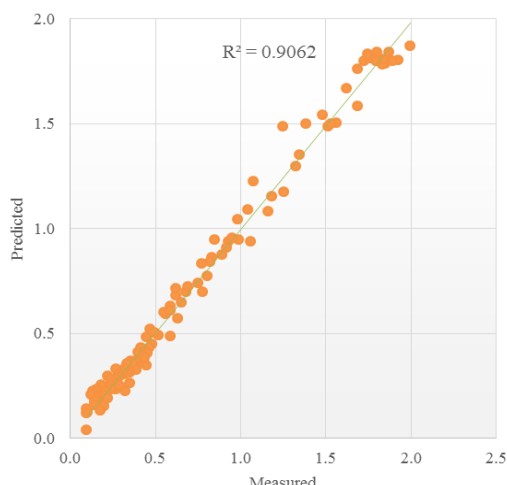
در پیاده‌راه‌ها:

$$v = -12/42D^2 + 60/19D - 0/42 \quad (۴)$$

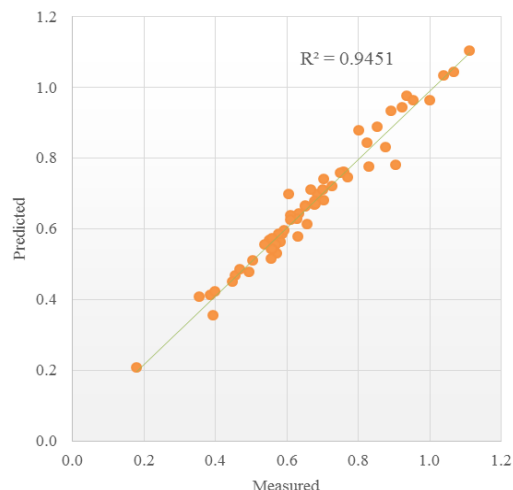
$$S = -0/005v^2 - 0/0247v + 13/63 \quad (۵)$$

$$S = -1/74D^2 - 3/24D + 42/52 \quad (۶)$$

که در این رابطه‌ها، (D) چگالی، (v) نرخ جریان و (S) سرعت جریان عابرپیاده می‌باشد.



(ب)



(الف)

شکل ۴ مقایسه سرعت گروه‌های مختلف عابریاده در شرایط جوی بارانی نمودارهای مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک برای (الف) پیاده‌رو، (ب) پیاده‌راه

۲. سرعت عابران در پیاده‌روها و در هنگام عبور از عرض گذرگاه‌ها با یکدیگر برابر می‌باشد و دارای مقادیر بسیار پایینی نسبت به عبور از تقاطعات می‌باشند. همچنین کمترین سرعت در بین همه تسهیلات پیاده در هر دو شرایط جوی عادی و بارش باران مربوط به پیاده‌راه می‌باشد؛ شاید دلیل این موضوع، طراحی اختصاصی پیاده‌راه‌ها با اولویت عابریاده و همچنین قرار گرفتن پیاده‌راه‌ها در مناطق توریستی، تفریحی یا با هدف خاص خرید باشد.

۳. با سطح اطمینان ۹۵ درصد در گروه‌های سنی میان‌سال و مسن با گروه وزنی معمولی اختلاف سرعت بانوان با پوشش چادر و بانوان با پوشش معمولی به لحاظ آماری معنادار است و پوشش چادر بر سرعت افراد اثرگذار بوده، بطوریکه بانوان با پوشش چادر در مقایسه با بانوان با پوشش معمولی، مردان و حرکت‌های گروهی دارای کمترین مقادیر سرعت می‌باشند. بنابراین از آنجاکه پیش‌بینی اینکه چه افرادی با چه نوع پوششی در یک دوره‌ی زمانی از منطقه مورد نظر عبور می‌نمایند، امکان‌پذیر نیست؛ پس بهتر است نوع پوشش برای طراحی تسهیلات پیاده‌روی بانوان در نظر گرفته شود.

۴. در بین مدل‌های مختلف بدست آمده با استفاده از روش رگرسیون خطی و غیرخطی، برای تمامی تسهیلات پیاده، مدل نرخ جریان- چگالی دارای بالاترین دقت پیش‌بینی می‌باشد.

۵. دقت مدل‌ها برای تسهیلات مختلف، پیاده‌رو، پیاده‌راه، تقاطعات بدون چراغ و چراغ‌دار با استفاده از روش الگوریتم

مقایسه نتایج

روش‌های مختلف مدل‌سازی جریان عابریاده در پیاده‌رو و پیاده‌راه شهر رشت مطابق با جدول (۳) نشان داده شده است. همانطور که از این نتایج مشخص است دقت روش ژنتیک در مقایسه با سایر روش رگرسیونی بالاتر می‌باشد. از همین رو می‌توان بیان کرد الگوریتم‌های متاهیوریستیک دارای دقت بالاترین در مدل‌سازی رفتار عابریاده می‌باشند.

جدول ۳ مقایسه نتایج مدل‌سازی مطالعه حاضر

نوع تسهیلات	روش مدل‌سازی	نتایج R^2
پیاده‌رو	رگرسیونی	۰/۹۱۰۳
	ژنتیک	۰/۹۴۵۱
پیاده‌راه	رگرسیونی	۰/۹۰۸۲
	ژنتیک	۰/۹۰۶۲

نتیجه‌گیری

با بررسی مشخصات رفتاری عابران پیاده در تسهیلات پیاده، اهم نتایج زیر حاصل شد:

۱. بیشترین مقادیر سرعت صدک پانزدهم در هر دو شرایط جوی عادی و بارانی در همه تسهیلات پیاده مربوط به آقایان است و این در حالی است که بانوان و بخصوص بانوان چادری در تمام شرایط با سرعت پایین‌تری راه می‌روند و کمترین مقادیر سرعت صدک پانزدهم مربوط به آنان است.

مدل‌سازی رگرسیونی می‌باشد؛ بنابراین می‌توان این روش را به عنوان یکی از روش‌های فراابتکاری که دارای دقت بیشتری می‌باشد به عنوان یکی از بهترین روش‌های مدل‌سازی معرفی کرد.

ژنتیک دارای دقت پیش‌بینی به ترتیب برابر است با ۰/۹۴۵۱، ۰/۹۰۶۲، ۰/۹۶۸۲ و ۰/۹۹۳۸ می‌باشند.

۶. الگوریتم فراابتکاری ژنتیک در همه نوع تسهیلات پیاده دارای دقت بیشتری در پیش‌بینی جریان عابران پیاده نسبت به

مراجع

1. Bargegol, I., Amlashi, A. T., and Najafi Moghaddam Gilani, V., "Evaluation average discharge headway at near-side legs of signalized intersections", *Journal UMP Social Sciences and Technology Management*, Vol. 3, pp 670-675, (2015).
2. Trolly, R.S., "Winning back public space", *Sustainable Transport: Planning for Walking and Cycling in Urban Environments*. Woodhead, Cambridge, pp 713-736, (2003).
3. Bargegol, I. and Najafi Moghaddam Gilani, V., "Estimating delay of vehicles in nearside legs of the signalized intersections under expectation method in under-saturation conditions for isolated intersection", *Trends Journal of Sciences Research*, Vol. 2(4), pp 121-125, (2015).
4. Papadimitriou, E., Theofilatos, A. and Yannis, G., "Patterns of pedestrian attitudes, perceptions and behaviour in Europe", *Safety Science*, Vol. 53, pp 114-122, (2013).
5. Helbing, D., Johansson, A. and Al-Abideen, H., "Dynamics of crowd disasters: An empirical study", *Physical Review*, Vol.75, pp. 046109, (2007).
6. Liu, W., Zhou, H. and He, Q., "Modeling Pedestrians Flow on Stairways in Shanghai Metro Transfer Station", *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, Vol. 2, pp. 263-267, (2008).
7. Hongfei, J., Lili, Y. and Ming, T., "Pedestrian Flow Characteristics Analysis and Model Parameter Calibration in Comprehensive Transport Terminal", *Journal of Transportation Systems Engineering Aand Information Technology*, Vol. 9(5), pp 117-123, (2009).
8. Chen, X., Ye, J., Jian, N., "Relationships and Characteristics of Pedestrian Traffic Flow on Confined Passageways", TRB, National Research Council, Washington, D.C., (2010).
9. Plaue, M., Chen, M., Bà rwofff, G. and Schwand, H., "Trajectory extraction and density analysis of intersecting pedestrian flows from video recordings", Technische Universität Berlin, (2011).
10. Tang, Sh., Kwal, D. and 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, China, (2012).
11. Rastogi, R., Ilango, T. and Chandra, S., "Pedestrian Flow Characteristics for Different Pedestrian Facilities and Situations", *European Transport*, Vol. 53, pp. 1-5, (2013).
12. Shafabakhsh, Gh., Mohammadi, M. and Mirzanimadi, R., "Analysis of Pedestrians' Walking Speed in Iran's Sidewalks", *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, Vol. 3(3), pp 172-182, (2013).
13. Chandra, S., Rastogi, R., Vivek, R.D. and Ilango, T., "Pedestrian behaviour under varied traffic and spatial conditions", *European Transport*, Vol. 56, pp. 45-55, (2014).
14. Das, P., Parida, M. and Katiyar, V.K., "Macroscopic Pedestrian Flow Modelling Using Ssimulation

- Technique", *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, Vol. 8(2), pp. 166-176, (2018).
15. Golakiya, H.D., Patkar, M. and Dhamaniya, A., "Impact of midblock pedestrian crossing on speed characteristics and capacity of urban arterials", *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 10, pp 8675-8689. (2019).
 16. Zhou, X., Hu, J., Ji, X. and Xiao, X., "Cellular automaton simulation of pedestrian flow considering vision and multi-velocity", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 514, pp 982-992, (2019).
 17. Sharifi, M.S., Song, Z., Esfahani, H.N. and Christensen, K., "Exploring heterogeneous pedestrian stream characteristics at walking facilities with different angle intersections", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 540, pp 123112, (2020).
 18. Li, H., Zhang, J., Song, W. and Yuen, K.K.R., "A comparative study on the bottleneck pedestrian flow under different movement motivations", *Fire Safety Journal*, Vol. 120, pp. 103014, (2020).
 19. Bargegol, I., Gilani, V. N. M., & Farghedayn, S., "Analysis of the effect of vehicles conflict on pedestrian's crossing speed in signalized and un-signalized intersection", *Advances in Environmental Biology*, Vol. 245, pp. 502-510, (2014).
 20. Behbahani, H., Najafi Moghaddam Gilani, V., Amini, A., Kamboozia, N. and Hosseinian, S. M., "Fuzzy-neural analysis of pedestrian flow crossing urban intersections", *18th International Conference on Traffic & Transportation Engineering*, (2020).
 21. Ahmed, A., Jalal, A. and Kim, K., "A novel statistical method for scene classification based on multi-object categorization and logistic regression", *Sensors*, Vol. 20(14) pp 38-71, (2020).
 22. Mullainathan, S., and Spiess, J., "Machine learning: an applied econometric approach", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 31(2), pp 87-106, (2017).
 23. Chen, X., "Traffic flow prediction at varied time scales via ensemble empirical mode decomposition and artificial neural network", *Sustainability*, Vol. 12(9): pp. 36-78, (2020).
 24. Bargegol, I., Najafi Moghaddam Gilani, V., and Jamshidpour, F., "Modeling pedestrian flow at central business district", *Journal of UMP Social Sciences and Technology Management*, Vol. 3(3), pp. 250-265, (2015).
 25. Bargegol, I., Najafi Moghaddam Gilani, V. and Jamshidpour, F., "Relationship between pedestrians' speed, density and flow rate of crossings through urban intersections (case study: Rasht metropolis)", *International Journal of Engineering*, Vol. 30(12), pp 1814-1821 (2017).
 26. Liu, W., Wang, Z., Liu, X., Zeng, N., Liu, Y., Alsaadi, F., "A survey of deep neural network architectures and their applications", *Neurocomputing*, Vol. 234, pp 11-26, (2017).
 27. Bargegol, I., and Najafi Moghaddam Gilani, V., "The effect of rainy weather on walking speed of pedestrians on sidewalks", *Buletin Teknol Tanaman*, Vol. 12, pp 217-22, (2015).
 28. Bargegol, I., Taghizadeh, N., and Najafi Moghaddam Gilani, V., "Evaluation of pedestrians speed with investigation of un-marked crossing", *Computational Science*, Vol. 12, pp 150-5, (2015).
 29. Behbahani, H., Najafi Moghaddam Gilani, V., Samet, M. J., and Salehfard, R., "Analysis of crossing speed of the pedestrians in marked and unmarked crosswalks in the signalized and un-signalized intersections (case study: Rasht city)", *Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 245(4), pp 042014, (2017).