

ارزیابی تاثیر حرکت گروهی عابران در سرویس دهی پیاده‌روهای شهری

مهدی محمدی، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

غلامعلی شفافبخش (مسئول مکاتبات)، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

E-mail: Shafabakhsh@semnan.ac.ir

دریافت: ۹۳/۱۲/۱۹ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱۴

چکیده

حرکت گروهی افراد در پیاده‌روها به دلیل خصوصیات متفاوتی که با حرکت عابرین تنها دارد، می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در جریان حرکتی عابرین و در نتیجه سطح رضایتمندی آنها از پیاده‌رو داشته باشد. در این مقاله از یک روش جدید تحت عنوان میکروشبیه‌سازی برای ارزیابی سطح سرویس پیاده‌روها در کشور استفاده شده است. برای این کار شش سناریوی مختلف شامل حضور ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی گروه دو نفره، ۱۰ و ۲۰ درصدی گروه سه نفره و حضور ترکیبی ۲۵ درصد گروه دو نفره و ۱۵ درصد گروه سه نفره یکبار برای پیاده رو با عرض ۳ متر و یکبار برای پیاده رو با عرض ۵/۵ متر در نظر گرفته شد. علاوه بر این برای به دست آوردن پارامترهای ورودی نرم افزار، ۸ پیاده رو در ۴ منطقه از شهر تهران مورد مطالعه قرار گرفت. طبق نتایج تحقیق میانگین فضای حرکتی با افزایش ترافیک گروه‌های عابر پیاده کاهش می‌یابد. همچنین روند کاهش سطح سرویس در پیاده‌رو عریض‌تر با شیب ملایم‌تری نسبت به پیاده‌رو باریک‌تر اتفاق می‌افتد. نتایج این تحقیق، در کنار آیین‌نامه‌های موجود می‌تواند به عنوان راهنمایی مناسب برای مدیران و طراحان شهری برای بهبود روند طراحی‌های مسیرهای پیاده شهری، افزایش رضایتمندی شهروندان و صرفه‌جویی در هزینه انجام پروژه‌ها در کشور مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: طراحی پیاده‌رو، شهر، سرویس‌دهی، گروه عابران پیاده، فضای ح

ارزیابی تاثیر حرکت گروهی عابران در سرویس‌دهی پیاده‌روهای شهری

۱. مقدمه

در طراحی پیاده‌روها و نیز طرح‌های بهسازی مورد استفاده قرار گیرد.

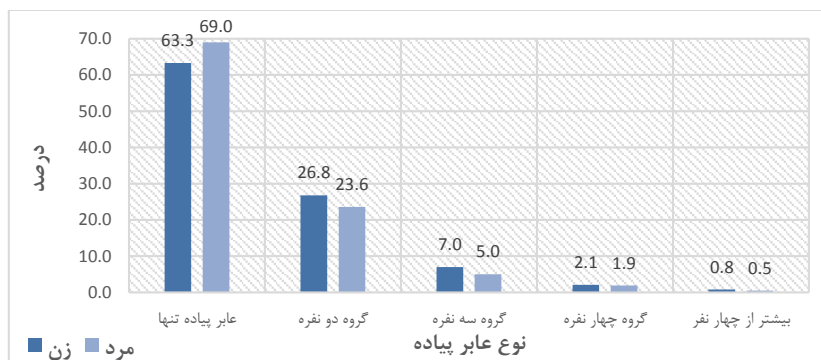
۲. پیشینه تحقیق

رضایت عابرین از محیط پیاده‌روی تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند تسهیلات موجود در پیاده‌رو [Mitchell and Older, 1968]، شرایط فیزیکی پیاده‌رو [MacGregor, 2008]، نوع مسیر پیاده‌روی [and Robertson et al. 1994]، خصوصیات عابرین پیاده [Smith, 1995] و تراکم و تداخل موجود در پیاده‌رو [Shafabakhsh et al. 2013] است. تراکم و تداخل در محیط پیاده‌روی می‌تواند ناشی از حضور و حرکت گروه‌های اجتماعی در پیاده‌رو باشد. حرکت گروهی افراد در پیاده‌روها به دلیل خصوصیات متفاوتی که با حرکت عابرین تنها دارد، می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در جریان حرکتی عابرین در پیاده‌رو داشته باشد. بنابراین توجه به این موضوع در طراحی پیاده‌روها برای ارتقای سطح رضایت‌مندی عابرین و جذب آنها به پیاده‌روی می‌تواند باعث بهبود شرایط حاکم بر پیاده‌روها شود. [Shafabakhsh et al. 2015].

طبق گزارش فاز اول مطالعات سطح سرویس انجام شده در شهر نیویورک که بر روی ۸۸۷۱ عابر پیاده انجام شد، ملاحظه گردید که ۵۸۹۴ نفر به صورت تنها، ۲۲۲۱ نفر به صورت گروه دو نفره، ۵۲۴ نفر به صورت گروه سه نفره، ۱۷۸ نفر به صورت گروه چهار نفره و ۵۴ نفر به صورت گروه‌های بیش از چهار نفر حرکت می‌کنند [Bloomberg and Burden, 2006]. در شکل ۱ جزئیات بیشتری از این تحقیق ارائه شده است.

پیاده‌روی، ساده‌ترین، قدیمی‌ترین، ارزان‌ترین و ضروری‌ترین نوع حمل و نقل است که منجر به بهبود کیفیت زندگی شهری، افزایش نشاط اجتماعی و پویایی شهری و ارتقای سطح سلامت عمومی می‌شود [Pakzad, 2004]. افراد برای انجام ساده‌ترین نیازهای روزانه خود مانند خرید یا طی قسمتی از مسیر، برای مثال فاصله ایستگاه مترو تا ایستگاه تاکسی پیاده‌روی می‌کنند. پیاده‌روها محل حضور عمومی همه شهروندان و مشارکت آنها در زندگی اجتماعی است. مسیرهای پیاده‌روی در مقیاس همه شهر عمل کرده و پذیرای همه اقشار مختلف شهروندان است و علاوه بر نقش ارتباطی و دسترسی یک مکان امن و راحت برای ارتباط اجتماعی، گردش و تفریح را فراهم می‌آورد [Abbaszadeh and Tamari, 2012]. توجه به مکان‌های پیاده‌روی در جوامع شهری موجب تشویق افراد به حضور در محیط شهر شده و شهروندان را به حضور داوطلبانه در شهر فرا خواهد خواند. بنابراین توجه بیشتر مدیران شهری به فضاهای حرکتی شهری مانند "پیاده‌رو"، یکی از اساسی‌ترین بخش‌های سیاست‌های شهری برای رسیدن به توسعه پایدار است.

همواره بخشی از افراد حاضر در پیاده‌روها را گروه‌های دو یا چند نفره تشکیل می‌دهند. این در حالی است که در طراحی پیاده‌روها تاثیر این نوع از عابران پیاده در نظر گرفته نمی‌شود و محاسبات بر اساس عابران پیاده تنها انجام می‌شود. اما مشخصات حرکتی و ابعاد فیزیکی متفاوت گروه عابران پیاده مسلماً روی سطح سرویس طراحی شده پیاده‌رو اثرگذار خواهد بود. بنابراین بررسی تاثیر حضور گروه‌های عابرین پیاده در پیاده‌روها می‌تواند به عنوان راهنمایی برای طراحان شهری و مهندسان شهرسازی



شکل ۱. درصد عابران پیاده بر اساس تعداد اعضای گروه و جنسیت [Bloomberg and Burden, 2006]

در این مقاله برای ارزیابی تاثیر حضور گروه های عابران پیاده در فضای حرکتی پیاده‌روها استفاده می‌شود، Micro-PedSim [Teknono, 2002] است.

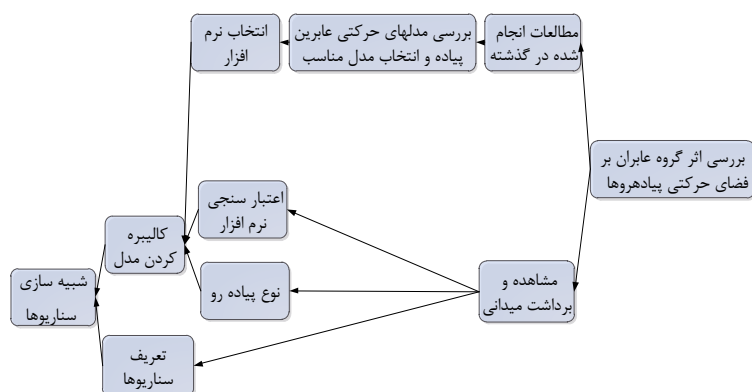
۳. روش شناسی تحقیق

روند کلی تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است. برای بررسی تاثیر حضور گروه عابران پیاده، روی فضای حرکتی سایر عابرین پیاده در پیاده‌روها، از روش میکرو شبیه‌سازی استفاده شد. در مدل میکرو شبیه‌سازی عابرین پیاده رفتار هر عابر پیاده به طور منحصر به فرد مدل‌سازی می‌شود. مدل‌های شبیه‌سازی میکروسکوپی عابرین پیاده بر اساس معیارهای درونی مدل به ۳ نوع مختلف: "مدل‌هایی که اساس سلولی دارند"، "مدل‌هایی که بر اساس تئوری شبکه و صف‌بندی ایجاد شده‌اند" و "مدل‌هایی که بر اساس نیروهای فیزیکی شکل گرفته‌اند"، تقسیم می‌شوند. در راستای روش‌های مبتنی بر نیروهای فیزیکی، دو مدل نیروی مغناطیسی و نیروی اجتماعی ارائه شده‌اند. مدل نیروی مغناطیسی توسط اوکازاکی (۱۹۷۹) پیشنهاد شد و توسط اوکازاکی و ماتوشیتا (۱۹۸۱) توسعه یافت. مدل نیروی اجتماعی توسط هلبینگ (۱۹۹۱) ارائه شد و توسط محققین دیگر [Helbing and Molnar, 1995] توسعه و بهبود یافت. از میان مدل‌های ارائه شده برای میکرو شبیه‌سازی پیاده‌رو، مدل نیروی اجتماعی به دلیل دارا بودن ماهیت ریاضی دقیق‌تر، مناسب‌ترین روش را برای توضیح رفتار حرکت عابرین ارائه می‌دهد [Shafabakhsh, 2013].

نرم‌افزاری که در این مقاله به منظور شبیه‌سازی جریان حرکتی پیاده‌روها مورد استفاده قرار می‌گیرد، Micro-Pedsim است. اساس کار این نرم‌افزار برای ارزیابی حرکت عابران در پیاده‌رو، روش شبیه‌سازی میکرو و مدل نیروی اجتماعی است. این نرم‌افزار امکان مدل‌سازی تداخل و رفتار عابرین پیاده را به صورت میکروسکوپی فراهم می‌سازد؛ همچنین بین رفتار میکروسکوپی تک تک عابرین پیاده و رفتار ماکروسکوپی ترافیک پیاده‌روها ارتباط برقرار می‌کند. نرم‌افزار می‌تواند حضور افراد در پیاده‌روها را به روش تصادفی یا منظم توزیع نماید. در این نرم‌افزار امکان مدل‌سازی حداکثر دو جهت در مسیر پیاده‌روی وجود دارد.

بطور کلی برنامه‌ریزی و طراحی مسیرهای پیاده‌روی بر اساس سطح سرویس انجام می‌شود. مبنای اساسی تعریف سطوح سرویس رابطه بین چگالی و سرعت عابران پیاده است و عوامل مختلفی نظیر شکل و ابعاد بدن عابران پیاده روی تعیین سطح سرویس پیاده‌رو اثر گذار هستند. برای اولین بار فروین (۱۹۷۱) سطوح سرویس مخصوصی برای پیاده‌روها تعریف کرد. فروین از یک رویه ترکیبی کیفی-کمی برای ارزیابی سطح سرویس پیاده‌روها استفاده کرده است. به طور کلی طراحی پیاده‌رو می‌بایست برای زمان اوج ترافیک مسیر پیاده‌روی انجام گیرد. همچنین در طراحی پیاده‌رو باید به عوامل اثر گذار در کاهش سطح سرویس مانند تاثیر دستفروشان، کاربری تجاری اطراف پیاده‌رو و میزان حضور گروه‌های عابرین پیاده در پیاده‌روها توجه شود. یکی از پارامترهای اثرگذار در سطح سرویس پیاده‌روها، فضای حرکتی عابرین پیاده است. فروین نشان داد که حدود ۷۰ تا ۷۵ سانتی متر فضای عرضی و ۲۴۰ تا ۳۰۰ سانتی متر فضای طولی برای حرکت راحت هر عابر مورد نیاز است. طبق نتایج همان تحقیق ۱/۸۵ تا ۲/۷۵ متر مربع فضای حرکتی برای هر عابر نیاز است. سپس فروین در مطالعه‌ای نشان داد که حداقل فضای حرکتی مورد نیاز برای هر عابر پیاده جهت حرکت راحت در مسیر پیاده روی ۳/۲۵ متر مربع است [Fruin, 1971].

در گذشته مهندسان ترافیک از مدل‌هایی که در مورد تحلیل‌های ترافیکی وسایل نقلیه بکار می‌برند، برای تعیین سطح سرویس جریان عابرین پیاده استفاده می‌کردند [HCM, 2000; Dixon, 1999; Milazzo et al. 1996]. نوع متداول این مدل‌سازی‌ها استفاده از رگرسیون خطی برای اندازه‌گیری جریان عبوری عابران پیاده بود [Fruin, 1971 and Dixon, 1996]. در حال حاضر سه روش عمده مطالعه میدانی، مصاحبه و شبیه‌سازی در زمینه مطالعه رفتار عابران پیاده مطرح است [Shafabakhsh, 2013]. در این مقاله از یک روش جدید تحت عنوان میکرو شبیه‌سازی برای ارزیابی ظرفیت ترافیکی پیاده‌روها در کشور استفاده شده است. با توجه به اینکه این روش می‌تواند تعداد زیادی از فاکتورهای دخیل در تحلیل ظرفیت ترافیکی پیاده‌روها را شبیه‌سازی نماید، در سالهای اخیر استفاده از این روش به طور گسترده افزایش یافته است. متعاقباً با گسترش این روش، نرم‌افزارهای مختلفی نیز در سطح جهان برای استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی میکرو پیاده‌روها سازماندهی شده است. نرم‌افزاری که



شکل ۲. نمودار روند تحقیق

مدل کالیبره شده (۱۰۰٪ عابرین پیاده تنها فرض شدند) مقایسه شد.

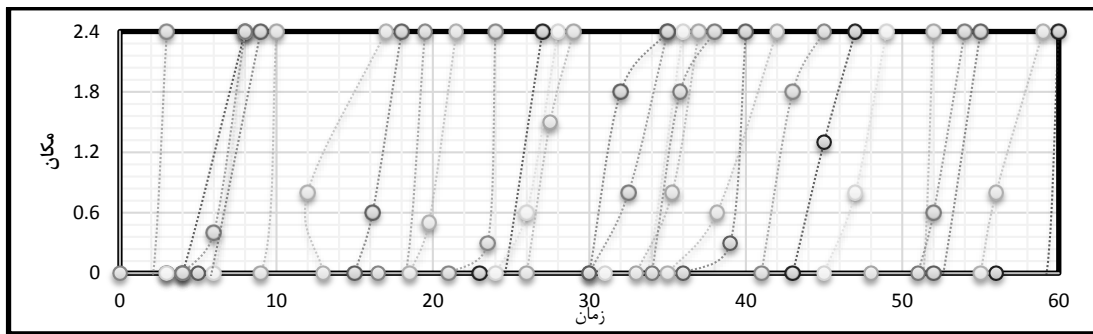
۴. اعتبارسنجی نرم افزار Micro-PedSim

هیچ تضمین آماری وجود ندارد که پارامترهای تعریف شده در نرم‌افزار Micro-PedSim برای مناطق مورد مطالعه توسط نویسندگان معتبر باشند. به همین علت برای مقاصد عملی، نیاز به اعتبارسنجی پارامترهای موجود در نرم‌افزار با توجه به رفتار حرکتی جامعه آماری مورد مطالعه است. برای اعتبارسنجی نرم افزار مورد استفاده از ۸ "پیاده‌رو" با شرایط تقریباً یکسان از نظر عرض، شیب، کاربری اطراف و نوع روسازی در مناطق ۴، ۷، ۱۳ و ۲۰ شهر تهران در سه بازه ۱۰ دقیقه‌ای، صبح، ظهر و عصر در تاریخ ۳ تا ۶ اسفند ۱۳۹۲ تصویر برداری شد. در انتخاب مقاطع مورد مطالعه دو ویژگی یکسان بودن شرایط فیزیکی و امکان تصویربرداری نامحسوس از زاویه بالا می‌بایست رعایت می‌شد. از میان تمام تصاویر برداشت شده ۳ بازه زمانی ۱ دقیقه ای به صورت تصادفی انتخاب شد. هدف از این انتخاب، مقایسه میانگین فضای حرکتی عابران پیاده به دست آمده از مطالعه میدانی (حالت واقعی) و روش شبیه‌سازی جهت اعتبارسنجی نرم‌افزار بود. نمودار مکان-زمان مربوط به یکی از بازه‌های ۶۰ ثانیه‌ای حرکت عابرین در مقاطع مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. نمودار درصد توزیع فراوانی حاصل از مشاهده میدانی و شبیه‌سازی در شکل ۴ الف و ب نشان داده شده است.

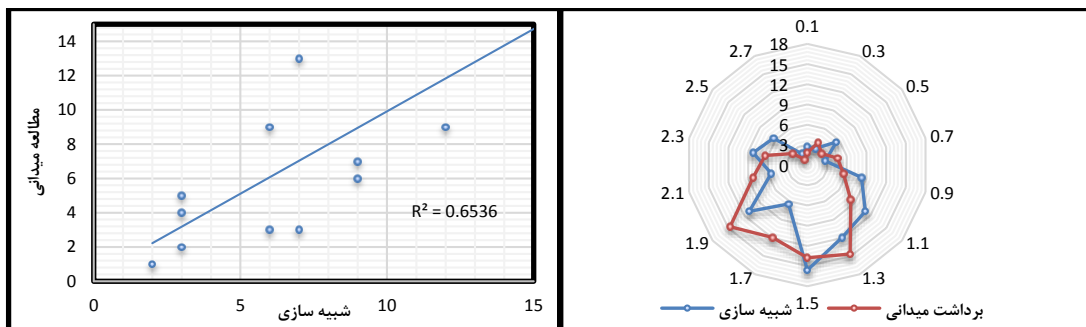
در این تحقیق ابتدا رفتار واقعی افراد از طریق فیلم‌های برداشت شده بررسی، و داده‌های مربوط به فضای حرکتی استخراج گردید. سپس رفتار مشاهده‌شده از حرکت افراد در مقاطع مورد مطالعه در نرم‌افزار مدلسازی شد. در نهایت نتایج حاصل از مطالعه میدانی و مدلسازی جهت اعتبارسنجی نرم افزار با همدیگر مقایسه شدند.

در این مطالعه ۲ نوع کلی پیاده‌رو با عرض ۳ و ۴/۵ متر شبیه‌سازی گردید. همچنین برای ساده‌تر کردن مدل‌ها، فرض شد که مسیر عبوری افراد فقط در یک جهت باشد. برای کالیبره کردن مدل‌های ساخته‌شده خصوصیات همه عابران پیاده در نرم‌افزار وارد شد. نتایج با مقادیر حداکثر و حداقل مجاز میانگین فضای حرکتی ارائه شده در آیین نامه تسهیلات پیاده روی ایران [Iran's Sidewalk Facility Code No. 144-3, 1997] مقایسه گردید.

در ادامه برای بررسی تاثیر حضور گروه‌های عابرین دو و سه نفره در فضای حرکتی سایر عابرین پیاده ۶ سناریو مختلف شامل حضور ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی گروه دو نفره، ۱۰ و ۲۰ درصدی گروه سه نفره و حضور ترکیبی ۲۵ درصد گروه دو نفره و ۱۵ درصد گروه سه نفره یکبار برای پیاده‌رو با عرض ۳ متر (مدل ۱) و یکبار برای پیاده‌رو با عرض ۴/۵ متر (مدل ۲) شبیه‌سازی شدند. پس از شبیه‌سازی سناریوهای مختلف، میانگین فضای حرکتی به دست آمده از تحلیل شبیه‌سازی با نتایج حاصل از



شکل ۳. نمودار مکان- زمان مربوط به یک بازه ۶۰ ثانیه‌ای از حرکت عابرین



ب. نمودار اعتبار سنجی

الف. درصد توزیع فراوانی فضای حرکتی

شکل ۴. نمودار درصد توزیع فراوانی فضای حرکتی و نمودار اعتبار سنجی توزیع درصد فراوانی فضای حرکتی در دو حالت شبیه‌سازی شده و برداشت میدانی

۵. میکرو شبیه‌سازی تاثیر حضور گروه‌های

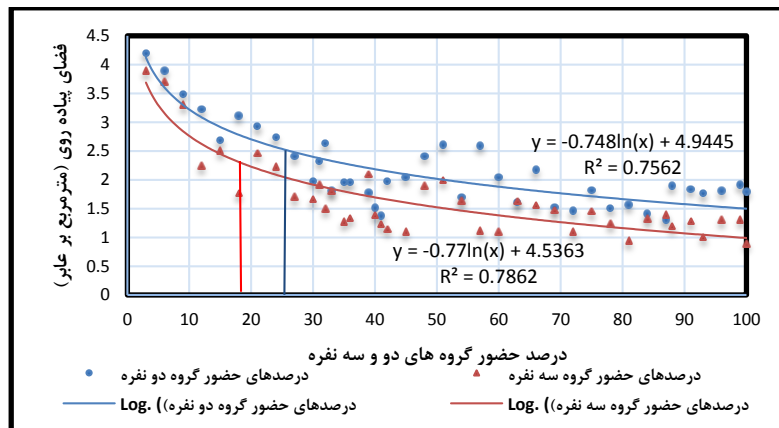
عابران پیاده رو در فضای حرکتی سایر عابران

اثر پارامترهای مختلفی مانند گروه سنی و جنسیت در منابع مختلف [HCM, 2000; MUTCD, 2003; TCDH, 2001; Dewarr, 1999] در کاهش فضای حرکتی عابرین پیاده در پیاده‌روها در نظر گرفته شده است. با این وجود اشاره مشخصی به تاثیر میزان حضور گروه‌های عابرین پیاده در کاهش فضای حرکتی در پیاده‌روها نشده است. به همین منظور نویسندگان با استفاده از میکرو شبیه‌سازی عابرین تاثیر حضور درصدهای مختلف گروه‌های دو و سه نفره را در تغییرات فضای حرکتی متوسط کل پیاده رو به دست آوردند. به همین منظور با استناد با نشریه ۱۴۴ معاونت راهبردی ریاست جمهوری [Iran's Sidewalk Facility Code No. 144-3, 1997: 70] ابتدا یک مسیر پیاده‌روی در سطح سرویس C در نرم‌افزار شبیه‌سازی شد. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، متوسط فضای حرکتی عابران پیاده در پیاده‌روها با افزایش درصد حضور گروه‌های دو و سه نفره به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد.

تغییرات شیب منحنی به دست آمده در حضور ۲۵٪ درصد گروه دو نفره و ۱۹٪ درصد گروه سه نفره در پیاده رو مشهود است. اندازه بدن عابر مورد مطالعه و سرعت پیاده‌روی دو پارامتر قابل تنظیم در نرم‌افزار Micro-PedSim است. نرخ تردد عابران پیاده (نفر بر دقیقه بر متر) به عنوان داده ورودی شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. برای به دست آوردن سرعت حرکتی گروه عابران، در ۴ منطقه از شهر تهران مطالعات میدانی بر روی ۸ پیاده‌رو توسط نویسندگان انجام شد. نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

شبیه‌سازی عابران پیاده در نرم‌افزار به صورت سطح دایره‌ای انجام می‌گیرد. مطابق با پیشنهاد نشریه ۱۴۴ معاونت راهبردی ریاست جمهوری [Iran's Sidewalk Facility Code No. 144-2, 1996] ضخامت و پهنای همه عابران تنها، به ترتیب ۴۳cm و ۷۰cm است. بنابراین با تبدیل سطح مستطیلی به سطح دایره‌ای قطر دایره عابرین پیاده مورد نیاز برای شبیه‌سازی مطابق جدول ۲ تعیین شد. البته با توجه به اینکه ابعاد حرکتی گروه سه نفره در نشریه ۱۴۴ [Iran's Sidewalk Facility Code No. 144-2, 1996] ذکر نشده است، بنابراین در این مورد به گزارش NCHRP [Fitzpatrick, 2006] مراجعه شد.

ارزیابی تاثیر حرکت گروهی عابران در سرویس‌دهی پیاده‌روهای شهری



شکل ۵. منحنی تغییرات متوسط فضای پیاده‌روی عابران پیاده در پیاده‌روها با افزایش درصد حضور گروه‌های دو و سه نفره

جدول ۱. نتایج حاصل از مطالعه میدانی

انحراف معیار	سرعت میانگین (متر بر ثانیه)	تعداد افراد مشاهده شده در پیاده‌رو	نوع عابرین پیاده
۰/۱۶	۱/۲	۳۸۳	عابر پیاده تنها
۰/۱۲	۱/۰۷	۱۳۴	گروه دو نفره
۰/۲۳	۰/۹۸	۳۱	گروه سه نفره

جدول ۲. قطر دایره مورد استفاده در نرم‌افزار (تمامی اعداد بر حسب سانتی‌متر می‌باشند).

نوع عابر پیاده	پهنای عابران	ضخامت عابران	قطر دایره مورد استفاده در نرم‌افزار
عابر پیاده تنها	۷۰	۴۳	۶۲
گروه دو نفره	۱۴۰	۴۳	۸۸
گروه سه نفره	۲۶۰	۴۳	۱۲۰

برای افراد معمولی در نرم‌افزار وارد شد. سپس نتایج با مقادیر حداکثر و حداقل میانگین فضای حرکتی ارائه شده در جدول ۳، مقایسه گردید. شکل ۶ میانگین فضای حرکتی عابران پیاده را برای هر یک از سطوح سرویس حاصل از مدل کالیبره شده نشان می‌دهد.

مطابق با شکل شماره ۶ ملاحظه می‌شود که میانگین فضای حرکتی حاصل از شبیه‌سازی در هر دو مدل ساخته‌شده در روند شبیه‌سازی بین مقادیر حداقل و حداکثر ارائه شده در نشریه ۱۴۴ معاونت راهبردی ریاست جمهوری [Iran's Sidewalk Facility Code No. 144-3, 1997: 67] قرار دارد. بنابراین شایستگی مدل‌های ساخته شده قابل تایید است.

برای ساده‌تر کردن مدل‌ها، فرض شد که مسیر عبوری افراد فقط در یک جهت باشد. برای تخمین تاثیر حضور گروه‌های دو و سه نفره در پیاده‌روها، طول مشخصی از ۲ نوع مختلف پیاده‌رو در نظر گرفته شد. ۲ پیاده‌رو با عرض ۳ و ۴/۵ متر و با طول یکسان ۱۰ متر انتخاب شدند. نرخ تردد عابران پیاده مورد استفاده در مدل‌سازی‌ها، بصورت بازه‌های تعریف شده در جدول ۳ است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نیز با متوسط بازه فضای حرکتی متناظر با میانگین نرخ تردد عابران پیاده مقایسه خواهند شد. برای استخراج این مقادیر از جدول ۴ استفاده می‌شود.

برای کالیبره کردن مدل‌های ساخته شده (قبل از ساخت مدل‌های اصلی که شامل گروه‌های دو یا سه نفره نیز هستند) ابتدا خصوصیات همه عابران پیاده به صورت متوسط نرخ تردد عابر

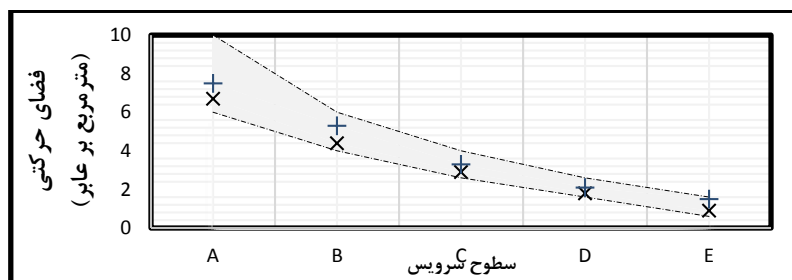
جدول ۳. معیارهای پیشنهادی برای سطح سرویس معابر پیاده در شرایط کشور ایران

[Iran's sidewalk facility code No. 144-3, 1997: 67]

نرخ تردد عابر (ped/m/min)	فضای حرکت (m ² /ped)	سطح سرویس
≤ 13	≥ 6	A
≤ 19	≥ 4	B
≤ 27	≥ 2/6	C
≤ 41	≥ 1/6	D
≤ 68	≥ 0/6	E
متغیر	< 0/6	F

جدول ۴. میانگین معیارهای نرخ تردد عابر مورد استفاده در شبیه‌سازی‌ها

سطح سرویس E	سطح سرویس D	سطح سرویس C	سطح سرویس B	سطح سرویس A	
۴۲	۲۸	۲۰	۱۴	۰	مقدار کمیته جدول ۳
۵۵	۳۴	۲۳	۱۶	۶	مدل ۱
۵۵	۳۴	۲۳	۱۶	۶	مدل ۲
۶۸	۴۱	۲۷	۱۹	۱۳	مقدار بیشینه جدول ۳



شکل ۶. میانگین فضای حرکتی عابرین پیاده در مدل‌های کالیبره شده در مقایسه با بازه‌های مجاز جدول ۳ (مترمربع بر عابر)

۶. نتایج

۵/۹۷٪ کاهش در فضای حرکتی عابران پیاده پیش‌بینی می‌شود، در حالی که این کاهش برای تردد بیشتر (سطح سرویس E) در حضور ۱۰ درصدی گروه دو نفره حدود ۱۱/۱۱٪ است. در مدل ۲، مسیر پیاده‌روی پهن شده است (۴/۵ متر) و انتظار می‌رود در این حالت با پهن‌تر شدن مسیر جریان عبوری، امکان حرکت آزادتر برای افراد تنها و گروه بیشتر گردد و در نتیجه فضای حرکتی عابران نیز افزایش یابد. شکل ۸ جزئیات مربوط به کاهش فضای حرکتی عابران پیاده را در اثر حضور گروه‌های عابر پیاده مختلف براساس سناریوهای تعریف شده نشان می‌دهد. همانند مدل ۱، با متراکم‌تر شدن تردد عبوری، میانگین فضای حرکتی نیز بیشتر کاهش می‌یابد. در این حالت نسبت به مدل ۱ عرض پیاده‌رو بیشتر شده است و کاهش فضای حرکتی

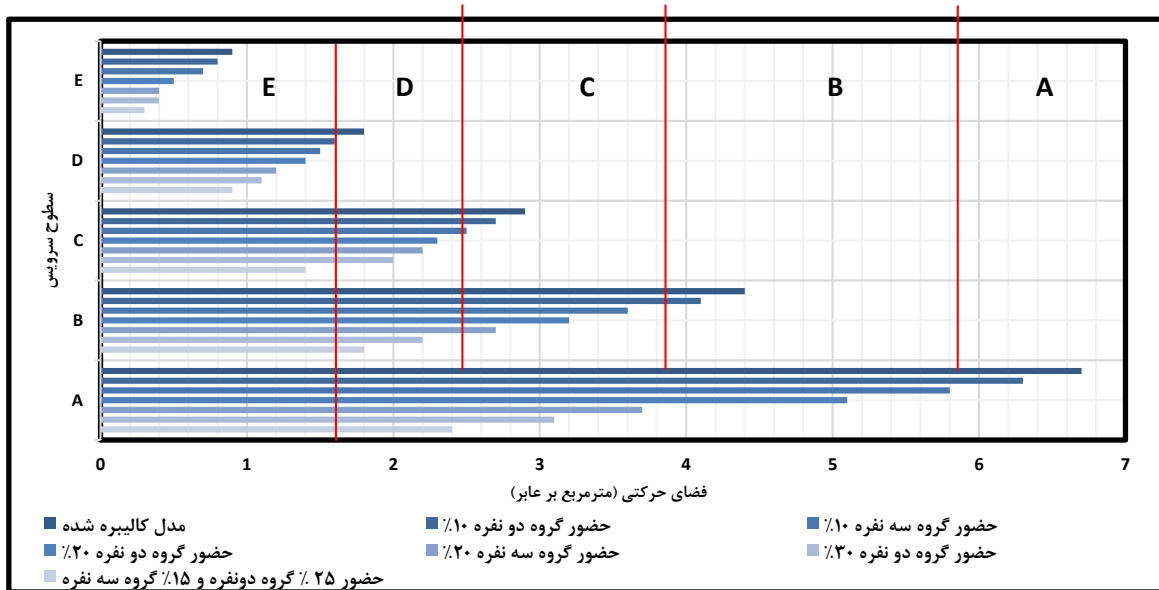
میانگین فضای حرکتی به دست آمده از تحلیل شبیه‌سازی مدل ۱ با نتایج حاصل از مدل کالیبره شده مقایسه شد. شکل ۷ تاثیر حضور گروه‌های عابر پیاده مختلف براساس سناریوهای تعریف شده، در کاهش نسبت میانگین فضای حرکتی عابران پیاده را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، میانگین فضای حرکتی متناظر با میانگین نرخ تردد عابران پیاده اعمالی، با افزایش ترافیک گروه‌های عابر پیاده کاهش یافته است. همچنین در مقایسه با تردد عابران پیاده کمتر، هرچه تعداد افراد حاضر در پیاده‌رو بیشتر باشد (سطوح سرویس پایین تر)، میانگین فضای حرکتی نیز بیشتر کاهش می‌یابد. برای مثال، در شرایط تردد کم (سطح سرویس A) در حضور ۱۰ درصدی گروه دو نفره حدود

ارزیابی تاثیر حرکت گروهی عابران در سرویس‌دهی پیاده‌روهای شهری

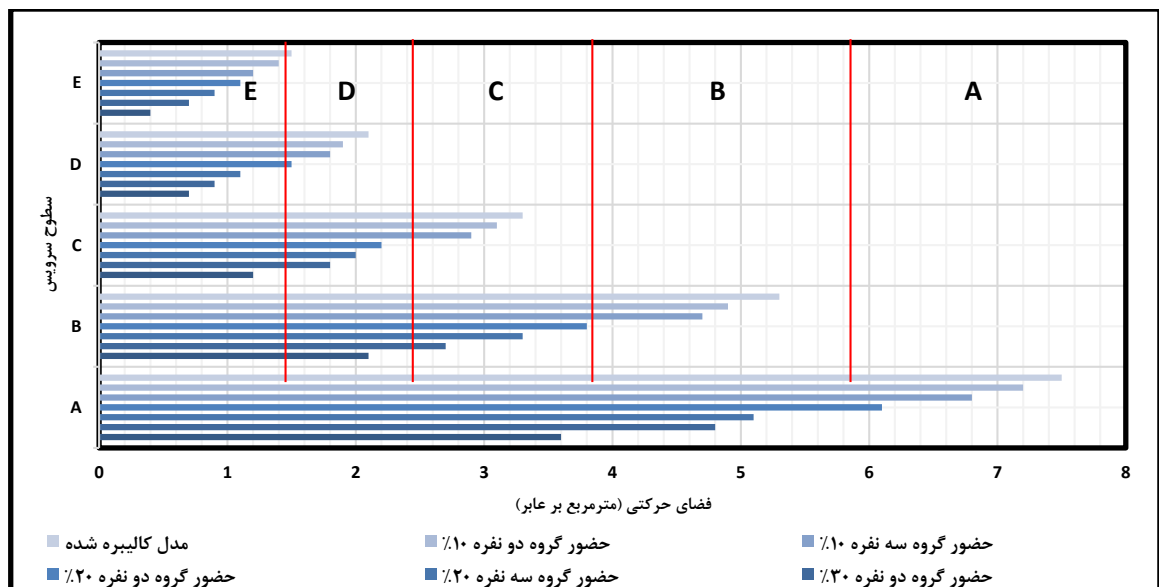
۷. بحث

هدف از این تحقیق میکروشبیه‌سازی تاثیر حرکت گروهی عابران بر سطح سرویس پیاده‌روها و ارزیابی فضای حرکتی موجود در پیاده‌روها است. طبق نشریه ۱۴۴ معاونت راهبردی ریاست جمهوری بیشتر پیاده‌روهای ایران در سطح سرویس‌های C و D ساخته می‌شوند. بر اساس نتایج تحقیق، حضور گروه‌های عابران در پیاده‌روها منجر به کاهش سطح سرویس و در نتیجه تراکم و تداخل بین عابران در پیاده‌روها می‌شود.

نسبت به حالت کالیبره شده کمتر تغییر کرده است. برای مثال، در شرایط تردد کم (سطح سرویس A) در حضور ۱۰ درصدی گروه دو نفره حدود ۴/۰۱٪ کاهش در فضای حرکتی عابران پیاده پیش‌بینی می‌شود، در حالی که این کاهش برای تردد بیشتر (سطح سرویس E) در حضور ۱۰ درصدی گروه دو نفره حدود ۶/۶۷٪ است.



شکل ۷. میانگین فضای حرکتی با درصد‌های مختلف حضور گروه‌های عابران در سطح سرویس‌های مختلف برای مدل ۱



شکل ۸. میانگین فضای حرکتی با درصد‌های مختلف حضور گروه‌های عابران در سطح سرویس‌های مختلف برای مدل ۲

از پروژه‌های عمران شهری نظیر پیاده‌روسازی‌ها و اصلاحات پیاده‌روها بدون انجام مطالعات مهندسی و بدون استفاده از متخصصان این زمینه انجام می‌شود. طبق نتایج این تحقیق در صورت استفاده از رویکرد مهندسی در این نوع پروژه‌ها، علاوه بر رضایتمندی شهروندان، می‌توان هزینه‌های انجام پروژه‌ها را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. واضح است هزینه احداث یا بهسازی یک پیاده‌رو در سطح سرویس C یا D به مراتب کمتر از هزینه دستیابی به سطوح سرویس A و B است. بنابراین هدف اولیه تحقیق اثبات این ادعاست که می‌توان هزینه‌های پروژه‌های عمران شهری را با مطالعات مهندسی به مراتب کاهش داد و دید مهندسی را در اجرای این پروژه‌ها به کار گرفت. در کنار این مطلب تخمین درصد گروه‌های دو یا سه نفره و یا حتی تخمین حضور این نوع گروه‌ها در هر پیاده‌رو از شهر امری مشکل به نظر می‌رسد. با این وجود مطالعات مختلفی در سطح دنیا نظیر مطالعه‌ای که توسط Bloomberg and Burden در سال ۲۰۰۶ انجام گرفته و یا مطالعه میدانی انجام گرفته در این تحقیق به بررسی درصد حضور گروه‌های مختلف عابرین در پیاده‌روها پرداخته‌اند. به همین دلیل استفاده از مطالعات ترافیکی عابرین پیاده در پروژه‌های عمران شهری می‌تواند منجر به بهبود وضعیت موجود در مدیریت شهری، افزایش رضایتمندی شهروندان و صرفه‌جویی در هزینه‌های پروژه‌های مذکور گردد.

۹. مراجع

- پاکزاد، جهان‌شاه (۱۳۸۳) "راهنمای طراحی فضاهای شهری در ایران"، وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت شهرسازی و معماری، دبیرخانه شورای عالی شهرسازی و معماری.

- سازمان برنامه و بودجه. معاونت امور فنی (۱۳۷۵) "تسهیلات پیاده روی - نشریه ۱۴۴ - جلد ۲" - تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه.

- سازمان برنامه و بودجه. معاونت امور فنی (۱۳۷۶) "تسهیلات پیاده روی - نشریه ۱۴۴ - جلد ۳" - تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه

برای مثال با فرض این‌که طبق آیین‌نامه تسهیلات پیاده‌روی ایران [Iran's sidewalk facility code No. 144-3, 1997: 67] پیاده‌رو با عرض ۳ متر (شکل ۷) برای سطح سرویس C طراحی شده باشد، با حضور ۱۰ درصد گروه عابرین دو نفره همچنان در همان سطح سرویس باقی می‌ماند، ولی در صورت حضور ۲۰ و ۳۰ درصد گروه عابرین دونفره و ۱۰ و ۲۰ درصد گروه عابرین سه نفره یک سطح از کیفیت سرویس دهی پیاده‌رو کاسته شده و سطح سرویس آن به D می‌رسد. این در حالی است که حضور ترکیبی ۲۵ درصد گروه عابرین دونفره و ۱۵ درصد گروه عابرین سه نفره منجر به کاهش دو پله‌ای سطح سرویس شده و سطح سرویس همان پیاده‌رو به E انتقال یافته است. همین روند در مورد مدل ۲ نیز صادق است ولی با توجه به اینکه عرض پیاده‌رو در مدل ۲ بیشتر از مدل ۱ است، بنابراین روند کاهش سطح سرویس با شیب ملایم‌تری نسبت به مدل ۱ اتفاق می‌افتد. علت این امر فضای حرکتی بیشتر عابران در پیاده‌رو عریض‌تر است.

۸. نتیجه گیری

نتایج این تحقیق، شکل‌های ۷ و ۸، در کنار آیین‌نامه‌های موجود می‌تواند به عنوان راهنمایی مناسب برای مدیران و طراحان شهری برای بهبود روند طراحی‌های مسیرهای پیاده‌کشور مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال طبق شکل ۷ اگر طراحی پیاده‌روها برای سطح سرویس B انجام شود، در صورت حضور اجتناب‌ناپذیر گروه‌های عابرین پیاده، سطح سرویس پیاده‌رو در بدترین شرایط تعریف‌شده در این تحقیق (حضور ترکیبی ۲۵ درصد گروه عابرین دونفره و ۱۵ درصد گروه عابرین سه نفره)، در سطح سرویس D که همان سطح سرویس پیشنهادی آیین‌نامه‌های موجود نیز است، باقی خواهد ماند. این در حالی است که می‌توان طراحی همان پیاده‌رو را در سطح سرویس A نیز انجام داد که در این صورت نتیجه همان خواهد بود اما از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر نیست.

همانطور که بیان شد، هدف از این تحقیق میکروشبیه‌سازی تاثیر حرکت گروهی عابران بر سطح سرویس پیاده‌روها و ارزیابی فضای حرکتی موجود در پیاده‌روها است. قصد نویسندگان از انجام تحقیق نشان‌دادن اهمیت بررسی‌های مهندسی قبل از اجرای پروژه‌های عمران شهری با هزینه‌های بالا است. بسیاری

- Milazzo, J., Allen, D., Hummer, J. and Roupail, N. (1999) "Quality of service for interrupted pedestrian facilities in the 2000 highway capacity manual", Transportation Research Board Annual Meeting.
- Mitchell, D. H. and MacGregor Smith, J. (2001) "Topological network design of pedestrian networks", *Transp. Res. B. Methodology.*, Vol. 35, No. 2, pp. 107-135.
- Montgomery, D. C. (2008) "Design and analysis of experiments", New York, John Wiley and Sons Inc.
- Okazaki, S. (1979) "A study of pedestrian movement in architectural space, Part 1: Pedestrian movement by the application on of magnetic models", *Trans. of A.I.J.*, No.283, pp.111-119.
- Okazaki, S. and Matsushita, S. (1981) "A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and queuing", *Proceeding of the International Conference on Engineering for Crowd Safety*, pp.271-280.
- Older, S. (1968) "Movement of pedestrians on footways in shopping streets", *Traffic Eng. Cont.*, No. 10, pp. 160-163.
- Robertson, H. D., Hummer, J. E. and D.C. Nelson, D. C. (1994) "Manual of transportation engineering studies", Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Shafabakhsh, Gh., Mirzanamadi, R. and Mohammadi, M. (2013) "Micro simulation of the elderly population's effect on iran's pedestrian's walking flow", *Journal of Promet- Traffic and Transportation*, Vol. 25 , No. 4, pp. 331-342.
- Shafabakhsh , Gh., Mirzanamadi, R. and Mohammadi, M. (2015) "Pedestrians' mental satisfaction's relationship with physical characteristics on sidewalks using analytical hierarchy process: case study of Tehran, Iran." *Transportation Letters*, Vol. 7, No. 3, pp.121-132.
- Smith, R. (1995) "Density, velocity and flow relationships for closely packed crowds. *Safety Sci.*, Vol. 18 No. 4, pp. 321-327.
- Tanaboriboon, Y. and Guyano, J. A. (1991) "Analysis of pedestrian movements in Bangkok", *Transportation Research Record*, No. 1294, pp. 52-56.
- Teknomo, K. (2002) "Microscopic pedestrian flow characteristics: development of an image processing data collection and simulation model", Department
- شفافبخش، غلامعلی و محمدی، مهدی (۱۳۹۲) "شبیه سازی حرکت عابرین پیاده با استفاده از مدل نیروی اجتماعی"، *مدل سازی در مهندسی*، جلد ۱۱، شماره ۳۴، ص. ۶۲-۴۹
- عباس زاده، شهاب و تمری، سودا (۱۳۹۱) "بررسی و تحلیل مولفه های تاثیرگذار بر بهبود کیفیات فضایی پیاده راهها به منظور افزایش سطح تعاملات اجتماعی، مطالعه موردی: محورهای تربیت و ولیعصر تبریز"، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات شهری*، شماره ۴، ص.۱-۱۰.
- Bloomberg, M. and Burden, A. (2006) "New York City pedestrian level of service study phase i., New York Cith, department of City Planning, Transportation Division.
- Dewarr, R. E. (1999) Chapter 2: "Road users; In *Traffic Engineering Handbook (5th edition, J. Pline, ed.)*. Institute of Transportation Engineers, Washington, DC.
- Dixon, L. (1996) "Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems", *Transportation Research Record*, 1538, Available from <www.trb.org>, pp. 1-9.
- Fitzpatrick, K., Turner, Sh., Brewer, M., Carlson, P., Ullman, B., Trout, N., Park, S. E. and Whitacre, J. (2006) "Improving pedestrian safety at unsignalized crossings", *NCHRP Report 562*, Transportation Research Board, Washington, DC.
- Fruin, J. J. (1971) "Designing for pedestrian: a level-of-service concept." *Highway Research Record*, Vol. 35, No. 1, pp.1-15.
- Helbing, D. (1991) "A mathematical model for the behaviour of pedestrians", *Behavioural Science*, No. 36, pp. 298-310.
- Helbing, D. and Molnar, P. (1995) "Social force model for pedestrian dynamics", *Physical Review* , No. 51, pp. 4282-4286.
- Helbing, D. and Vicsek, T. (1995) "Optimal self-organization", *New Journal of Physics*, No. 1, pp.13.1-13.17.
- Institute of Transportation Engineers (2001) "Traffic control devices handbook", USA: Institute of Transportation Engineers.

- U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration (2003) "Manual on uniform traffic control devices for streets and highways (MUTCD), USA.

of Human Social Information Sciences, Tohoku, Tohoku University, Japan.

-Transportation Research Board (2000) "Highway capacity manual -4th. Edition", TRB, National Research Council, Washington, D.C.

غلامعلی شفاعبخش، درجه کارشناسی ارشد در رشته راه و ترابری را از دانشگاه علم و صنعت و در رشته مهندسی عمران از دانشگاه INSA کشور فرانسه اخذ نمود. در سال ۱۳۷۶ موفق به کسب درجه دکتری در رشته عمران- راه و ترابری، از دانشگاه INSA فرانسه گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان راهسازی، روسازی، راه آهن، فرودگاه، مدیریت و نگهداری راه، ترافیک، ایمنی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استاد در دانشگاه سمنان است.



مهدی محمدی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران- عمران را در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه امام حسین(ع) و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- راه و ترابری را در سال ۱۳۹۱ از دانشگاه سمنان اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی حمل و نقل و ترافیک، مطالعات عابرین پیاده و تکنولوژی های نوین در حمل و نقل بوده و در حال حاضر دانشجوی دوره دکتری رشته مهندسی عمران- راه و ترابری در دانشگاه سمنان است.

