فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱٤، شماره ۳، بهار ۱٤۰۲، ص. ۲۸۲۳-۲۸۰۹

مقاله علمی-پژوهشی

تحلیل رفتاری تردد عابر با استفاده از مدل های شبیه سازی، به جهت بهبود پارامترهای ترافیکی

نوید اردبیلی، گروه عمران، دانشکده عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

هومن رحیمی (مسئول مکاتبات)، گروه عمران،دانشکده عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

E-mail: hoomanrahimit@yahoo.com

حمیدرضا حبشی، گروه عمران،دانشکده فنی و مهندسی، شهر قدس ،دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: ۱٤۰۱/۰۸/۲۲ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۸/۲۸

چکیده

امروزه یکی از چالشهای اصلی ترافیک متاثر از عابر پیاده میباشد که رفتارهای متفاوت افراد بر پارامترهای ترافیکی اثر مستقیم دارد.هدف اصلی این پژوهش بهبود و ارتقا جریان ترافیک و بهبود عبور و مرور برای وسایل نقلیه و عابر پیاده می باشد. بدین منظور مطالعه موردی جهت نحوه رفتار عابرین پیاده در تقاطع همسطح (میدان شهدا تهران) پرداخته شد. ابتدا آمار ترافیک سواره تردد عابر پیاده در هشت گذرگاه این تقاطع در بازه های زمانی مذکور برداشت شدندو بااستفاده از شبیه سازی ترافیک برای تردد سواره و پیاده در این تقاطع و همچنین درنظرگیری و اعمال پارامترهای رفتاری و کالیبراسیون برای وسایل نقلیه و برای عابرین پیاده در نظر گرفته شد. به منظور شناسایی اثر رفتار عابر پیاده وتطبیق آن با واقعیت در مطالعه موردی سه سناریو در نظر گرفته شد که در آن سناریو اول مربوط به شبیه سازی تقاطع بدون در نظر گیری تردد عابر پیاده، سناریو دوم شبیه سازی تقاطع با در نظرگیری تردد عابر پیاده و در نهایت سناریو سوم با در نظرگیری تردد عابر پیاده رفتار واقعی افراد با شبیه سازی ان در viswalkمی باشد. نتایج نشان داد وضعیت کیفیت پارامترهای ترافیکی در سناریو ۲ و ۳ نسبت به سناریو ۱ به ترتیب به صورت میانگین ۱۳,۵ و ۲۵ درصد برای سرعت کل وسایل نقلیه کاهش و همچنین ۲۱ و ۳۸ درصد برای چگالی افزایش داده است، درواقع اثر تداخل حرکت و رفتار عابر پیاده و سواره بر پارامترهای جریان ترافیک زانشان می دهد

کلمات کلیدی: رفتار عابر پیاده، شبیه سازی ترافیک، پارامترهای جریان ترافیک

۱. مقدمه

امروزه فناوریهای حمل و نقل هوشمند و شبیه سازی های ترافیکی برای کاهش ازدحام ترافیک در تسهیلات مختلف استفاده شده است. با این حال، بسیاری از این مطالعات در هنگام شبیه سازی توجه تنها به وسایل نقلیه داشته و تداخل حرکتی عابران پیاده با تسهیلات حمل و نقل نظیر پارکینگ های عمومی، ایستگاه های حمل و نقل عمومی، رفتار حرکت عابر پیاده در تقاطعات و ... در نظر نگرفتند. در این تحقیق با استفاده از بررسی های میدانی و کالیبراسیون رفتاری حرکت عابر پیاده که با برررسی ها و مشاهدات میدانی اندازه گیری نی شود و سپس در نرم افزار شبیه ساز ترافیک به شبیه سـازی و بررسی سناریو ممکن با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری در یک مطالعه موردی شهری پرداخته می شود. در نهایت پارامترهای جریان ترافیک نظیر سرعت، تراکم، تاخیر و ... با توجه به الگوهای حرکتی عابرین پیاده مقایسه می نماید و بهترین سناریو انتخاب خواهد شد.

۲. بیان مسئله

با ادامه رشد در جمعیت شهری و تعداد وسایل نقلیه شخصی، ازدحام ترافیک و تأخیر در زمان سفر از موارد مهم برای پایداری کلی سیستم های حمل و نقل شهری در سراسر جهان است. سواره و هم برای پیاده می تواند در مواقع بحرانی و وقوع حوادث طبیعی مانند زلزله اهمیت حیاتی خود را نمایان می سازد. یکی از موضوعات اصلی که برنامه ریزان و مسئولین شهری به آن توجه می کنند فراهم نمودن بستری مناسب برای عبور و مرور افراد می باشد. پیاده‌روی به عنوان یک شیوه تردد در شهر، تحت تأثیر مسائل مختلفی بوده است. به طوری که رکود اقتصادی دهه ۱۹۳۰، پیاده‌روی را از یک طرف معنی می‌بخشد و از سوی دیگر با مطرح شدن مفاهیم نوین در معماری و مطالعات شهرسازی و عمدتاً جنبش مدرنیسم، که حاکمیت ارزش‌های جدیدی در شهر و شهرسازی را ارائه می‌کند، زمینه فراموش شدن عابر پیاده بوجود می‌آید .این روند بعد از دهه ۱۹۳۰ همچنان ادامه یافته و با توسعه اقتصادی دهه ۱۹۵۰ میلادی به اوج خود می‌رسد. چنین تحولاتی به ایجاد سرعت، شتاب و در نتیجه گسترش استفاده از اتومبیل در دهه شصت و ظهور معضل حمل و نقل در شهرها منتهی شد. به عبارت بهتر، پرداختن به پیاده‌روی در حمل و نقل شهری اصولاً جزئی از یک تفکر کلی بشمار میرود که هدفِ منطبق نمودن شهر با معیارهای انسانی فراموش شده را دنبال می کند تا بدین‌وسیله انسان‌ها را از التهاب و اضطراب ناشی از توسعه بی‌رویه شهرها برهاند.

۳. محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این تحقیق، میدان شهدا واقع در شرق شهر تهران بزرگ می باشد. محله و میدان شهدا، مکانی در شرق شهر تهران، پایتخت ایران، است. این میدان که پیشتر با نام میدان ژاله شناخته شده بود، محل وقوع حادثه ۱۷ شهریور است و به همین علت پس از انقلاب ۱۳۵۷، میدان شهدا نام گرفت. این میدان از اطراف، در میان خیابان‌ها ۱۷ شهریور (شهباز سابق)، پیروزی (فرح‌آباد سابق) و خیابان مجاهدین اسلام (ژاله سابق) قرار داشته و تا میدان بهارستان امتداد دارد. ایستگاه متروی میدان شهدا در خط ٤ متروی تهران در شمال این میدان واقع شده است.

خیابان‌های ژاله (خیابان مجاهدین اسلام)، فرح‌آباد (خیابان پیروزی) و شهباز (خیابان هفده‌شهریور) به میدان ژاله می‌رسند. این میدان پس از پیروزی انقلاب ۱۳۵۷ و به مناسبت رویداد ۱۷ شهریور سال ۱۳۵۷ به میدان شهدا تغییر نام داد. در ضلع شمال شرقی میدان شهدا ساختمان شرکت توزیع برق منطقه‌ای تهران واقع است. دو سینما میلاد و شکوفه از اماکن فرهنگی در دو ضلع جنوبی میدان هستند.شکل ۱ نمایش داده شده است.

شکل ۱. نقشه موقعیت نسبی محدوده مطالعاتی (ترسیم: نگارنده)

٤. روش تحقیق

یکی از مباحث مورد توجه در شبیه‌سازی تخلیه عابران پیاده در شرایط اضطراری، پرداختن به الگوی حرکتی و رفتارهای عابران پیاده در مکان‌های عمومی است. شناخت رفتارهای عابران پیاده در حالت‌های مختلف است و نحوه هدایت مسیر عابران پیاده به سمت مسیرهای مناسب همراه با بروز کمترین برخوردها میان عابران پیاده است. پیش از طراحی مسیرها برای تخلیه عابران پیاده می‌بایست نحوه حرکت، سرعت عابران پیاده در محدوده موردنظر، ظرفیت محدوده موردنظر و موارد دیگری از این قبیل مورد بررسی قرار گیرد. از این رو مطالعات تخلیه اضطراری عابران پیاده نیاز به مطالعات حرکت‌شناسی و رفتارشناسی جامعه هدف در محدوده مطالعه دارد .پیاده‌روها ،پلکان‌ها تقاطع‌های شهری ، چگالی پیاده‌روها و انتقال اثر آن به ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی و یا تقاطع‌های منتهی به آنها از جمله دیگر موارد تسهیلات عابران پیاده می‌باشند که تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر روی جریان ترافیک دارند. در تقاطع‌هایی (با و بدون چراغ راهنمایی) بررسی پارامترهای رفتاری عابران پیاده از جمله میزان تبعیت عابران پیاده از چراغ راهنمایی در تقاطعات چراغ‌دار، اندازه فاصله عابران پیاده از یکدیگر، میزان تأثیر جنسیت بر رفتار حرکتی از جمله موارد اساسی در طراحی این نوع از تسهیلات می‌باشند.در این تحقیق تردد عابران پیاده هم به صورت مدل سازی ریاضی و هم به شیوه شبیه‌سازی نرم‌افزاری انجام خواهد شد. بنابراین روش انجام مطالعه می‌بایست به گونه‌ای تعریف شود که پاسخگوی هر دو رویکرد اصلی در نظر گرفته شده در مطالعه باشد.

۵. پیشینه تحقیق

میزان ترافیک کشور روز به روز افزایش می‌یابد که باعث سختی کنترل و مدیریت ترافیک شده است. حجم ترافیک به طور مرتب افزایش می‌یابد در نتیجه کنترل ترافیک توسط پلیس راهنمایی سخت شده و موجب افزایش تعداد تصادفات شده است. یکی از راهکارهای کنترل ترافیک در طراحی مناسب تسهیلات مختلف حمل و نقلی می‌باشد. از میان مهمترین تسهیلات حمل و نقل که در جریان ناپیوسته ترافیک و سطح سرویس معابر به طور کلی تاثیرگذارند، تقاطعات شهری هستند، و حرکت خودروها و پیاده‌ها را در بر می‌گیرد. روش‌های مناسب طراحی و زمان‌بندی چراغ‌ها و تحلیل عملکرد تقاطع‌های چراغدار، ایجاب می‌کنند رفتار رانندگان و پیاده‌ها در تقاطع چراغدار به گونه‌ای مدل شود که بتوان آن را به سادگی محاسبه و بهینه‌سازی نمود. با وجود اینکه زمان‌بندی‌های چراغ‌های راهنمایی برای وسایل نقلیه ، انجام می‌شود و برای عبور عابران پیاده نیز کنترل می‌شود، توجه به ایمنی و بازدهی نسبی برای هر دو مورد، ضروری است. قابل ذکر است فرآیند زمان‌بندی و طراحی چراغ‌های راهنمایی با رویکرد تردد عابر پیاده، که شامل تمام پتانسیل‌های پیچیده و تمام جنبه‌های آن در یک موقعیت مشخص باشد ، عملاً غیرممکن است.

٦. مروری بر ادبیات تحقیق

حدود ۳۰ درصد از تصادفات و تصادفات رانندگی در چین مربوط به تقاطع بوده است(وانگ و همکاران ۲۰۱۵). تقاطع ها نقاط کلیدی در سیستم های ترافیکی شهری هستند که بر کارایی و ایمنی وسایل نقلیه و همچنین عابران پیاده تأثیر می گذارد. علاوه بر این ، تحلیل رفتار شرکت کنندگان همیشه یک موضوع محبوب در مطالعات حمل و نقل است . وسایل نقلیه و عابران، اجزای اصلی یک تقاطع هستند. طبق آمار جهانی ۲۰۱۸، عابران پیاده حدود ۲٦ درصد از کل تلفات تصادفات رانندگی را در سطح جهان به خود اختصاص می دهند و آن‌ها نسبت به خودروها آسیب‌پذیر و کم‌تر محافظت می‌شوند. بسیاری از کشورها برای محافظت از عابران، بر روی ایجاد سیاست‌ها و مقررات ترافیکی مربوطه و افزایش سهم پیاده‌روی به عنوان یک حالت حمل و نقل کار کرده‌اند . این سیاست ها می تواند به کاهش استفاده از خودرو کمک کند برای اجرای بهتر این سیاست‌ها، نیاز به درک رفتار عابر پیاده وجود است. در ادامه به بررسی برخی از رفتارهای عابر پیاده و بررسی تحقیقات انجام شده پیرامون متغیرها و روش های آن ها ملاحظه می شود

٦-۱ عابر پیاده

تجاوز به معنای عبور غیرقانونی از یک خیابان است. این نوع رفتار معمولاً در تقاطع‌های علامت دار اتفاق می‌افتد. به طور معمول ، سه مرحله برای عابران وجود دارد : فاز سبز ، فاز قرمز و فاز سبز براق . اگرچه مقررات کمی متفاوت در بین کشورها وجود دارد، اما یک قانون کلی این است که عابران پیاده مجاز به شروع عبور در مرحله چشمک زدن سبز نیستند و کسانی که قبلاً در گذرگاه‌ها بوده‌اند باید قبل از شروع مرحله قرمز کار را تمام کنند. از محل غیر مجاز رد شدن خطرات بالقوه برای عابران پیاده را به همراه می‌آورد و ارتباط نزدیکی با خطرات و تصادفات دارد. نشان داده شد که عبور از چراغ‌ها و گذشتن از نزدیک به نورها هر دو خطر تصادف را تقریباً هشت برابر بیشتر از تقاطع قانونی تقاطع دو تقاطع نشان می‌دهند . پدیده تخلف عابر پیاده در تقاطع های شهری کاملاً رایج است. مشخص شد که ۸۵,۲ درصد از افراد پیاده تصمیم گرفته‌اند تا در طول فاز سبز روشن از مرز عبور کنند و ۷۹ ٪ آن‌ها قبل از شروع مرحله قرمز از مرز عبور نکرده اند . مشاهده شد که ۳۷,۲ درصد از عابران پیاده در مرحله قرمز عبور کردند . بیش‌ترین سهم آن‌ها نقض قوانین ترافیک برای صرفه‌جویی در زمان و برای راحتی است . بسیاری از عوامل بر رفتار عبور عابرین تاثیر می‌گذارند . اقدامات متقابل می‌توانند برای بهبود سازگاری پیاده در تقاطع‌ها اعمال شوند . آنالیز آماری برای یافتن عوامل پنهان مفید است ..برای انجام مدلسازی، مرحله اول نیازمند جمع‌آوری و سازماندهی داده‌ها از منابع است. در جدول ۱ ، مقالات نماینده برای کسب شناخت در تحقیقات فعلی در مورد آنالیز رفتار عابران در پیاده رو بررسی می‌شوند.

جدول ۱. مروری بر ادبیات تحقیق

یافته ها و کاربردها	متغیرها	موضوع	نویسنده
اندازه گپ و فاصله عبوری بیش‌ترین تاثیر را بر رفتار عبور دارند. علاوه بر این، با افزایش زمان انتظار، احتمال پذیرش شکاف در شرایط مشابه افزایش می‌یابد.	اندازه گپ، گذر از مسافت، تعداد عابران پیاده، زمان انتظار، حجم ترافیک خودروها و موقعیت عابران پیاده	مدل پذیرش کمبودها در تقاطع‌ها	ژایو و همکاران ۲۰۱۹
صحبت تلفنی همراه بیش‌ترین تاثیر را بر رفتار غیرایمن عابران دارد در حالی که گوش دادن به موسیقی کم‌ترین تاثیر را دارد.	جنسیت، سن، تعداد از همراهی عابرین پیاده، نحوه استفاده از موبایل استفاده از تلفن، مکان از تقاطع	مدلی برای پیش‌بینی رفتار غیرایمن در تقاطع‌های بدون علامت	Pesic و همکاران ۲۰۱٦

نویسنده	موضوع	متغیرها	یافته ها و کاربردها
پاوار و همکاران ۲۰۱۶	تحلیل منطقه دوراهی در تقاطع بدون علامت	فاصله شکاف فضایی، سرعت حرکت ماشین ها	مرزهای بالا و پایین منطقه دشوار را می‌توان برای توسعه یک سیستم کمک پیاده در گذرگاه‌های مرزی برای حرکت ایمن عابران استفاده کرد.
کوه و وونگ ۲۰۱۴	مدل پذیرش گپ از متخلفان در تقاطع‌ها	ویژگی‌های شخصی، طول شکاف موجود، نوع شکاف (با یا بدون عبور قبلی) و مرحله عبور	درک بیشتری از رفتار عابران پیاده در گذر از گذر، به اطلاع رانندگان از وقوع تصادف عابر پیاده بالقوه (پذیرش شکاف‌های کوتاه) در جریان عابر پیاده کمک می‌کند در نتیجه احتمال بروز اختلاف یا سانحه را کاهش می‌دهد.
Alhajyasee در سال ۲۰۱۳	شکاف گردش به چپ پذیرش – پذیرفته شدن مدل در تقاطع ها با علامت	اندازه تاخیر/فاصله زمانی، نوع تاخیر/شکاف (۵ نوع)	رانندگان در مقایسه با عابران پیاده، تمایل به پذیرش کوتاه‌تر و وقفه‌های کوتاه‌تر دارند. درگیری‌هایی که در سطوح پایین تقاضای پیاده رخ می‌دهند، نسبت به آن‌هایی که در سطوح بالا تقاضای بالایی دارند، شدیدتر است.
ایریوآسانو و همکاران ۲۰۱۴	مدل رفتار عابر پیاده در شروع سبز شدن چشمک زن عابر پیاده (PFG)	فاصله تا یک خط عابر پیاده، سرعت در شروع، طول خط عابر پیاده، تقاضای عابر پیاده	مدل تصمیم‌گیری توقف و مدل توزیع سرعت نمایش کمی مانور پیاده‌ها را ارایه می‌دهد. احتمال وقوع و شدت درگیری‌های خودروی پیاده می‌تواند شبیه‌سازی و به صورت کمی ارزیابی شود.
ایریوآسانو و الحاجیاسی 2017	مدل رفتاری تغییر سرعت در تقاطع‌های باعلامت	سرعت پیاده‌روی لازم برای عبور کامل از گذرگاه قرمز، سرعت فعلی و حضور خودروهای تبدیل در منطقه درگیری	شبیه‌سازی مونت کارلو از پروفایل سرعت نشان می‌دهد که این مدل می‌تواند توزیع زمان سفر را دقیق‌تر از مدل سرعت ثابت باشد. می توان از آن برای تخمین خطر مناقشه عابر پیاده به عنوان بخشی از شبیه‌سازی‌های ترافیک برای ارزیابی ایمنی استفاده کرد.
Hashimoto و همکاران ۲۰۱۶	عبور از مدل رفتاری در تقاطع‌های با علامت	وضعیت سیگنال ترافیک، قصد عابران، نوع حرکت و عابران پیاده	این سیستم می‌تواند تصمیم عبور عابرین را در عرض چند ثانیه از سیگنال ترافیک و اطلاعات موقعیت پیاده‌ها تشخیص دهد.
Koehler و همکاران ۲۰۱۳	قصد عابر پیاده مدل برای ورود به خط	داده‌های ویدیویی	این نشان می‌دهد که یک عابر پیاده قصد دارد در عرض ۱۲۰ – ۳۴۰ ms در سطح دقت ۸۰ درصد وارد این مسیر شود. پیش‌بینی مبتنی بر زیرساخت با ترکیب اطلاعات زیر بنایی با داده‌های خودروی محلی، هدف بهبود ایمنی جاده‌ها است.

۷. تحلیل یافته

در این فصل ابتدا به شناخت کلی شهر مورد مطاطعه پرداخته، سپس اطلاعات دقیق تری در خصوص محدوده مورد مطالعه و شبیه سازی در شهر معرفی می شود، در نهایت به پیاده کردن مدل و شبیه سازی در نرم افزار vissim و visswalk به شبیه سازی پرداخته و خروجی های هر سناریو مورد بررسی قرار می گیرد.هدف این گزارش تعیین این است که چگونه مشارکت عابران پیاده در شبیه‌سازی‌ها در Vissim بر توصیف ظرفیت یک تقاطع علامت‌دار تأثیر می‌گذارد. این گزارش همچنین به دنبال پاسخ به این است که چگونه استفاده از ماژول جدید عابر پیاده، Viswalk، در Vissim بر توصیف ظرفیت یک تقاطع علامت‌دار تأثیر می‌گذارد.این کار با انتخاب یک تقاطع با میزان تردد عابران پیاده و وسایل نقلیه متفاوت و ایجاد سه سناریوی مختلف برای تقاطع شهدا انجام می شود. برای هر تقاطع دوربین فیلمبرداری برای فیلمبرداری از ترافیک تقاطع به منظور شمارش وسایل نقلیه، عابران پیاده و و همچنین امکان ساخت دو مدل مجزا برای تقاطع ها در Vissim قرار داده شده است. پس از این، سه سناریو برای هر دو تقاطع ساخته می شود:

سناریوی ۱: شبیه سازی تقاطع بدون عابر پیاده

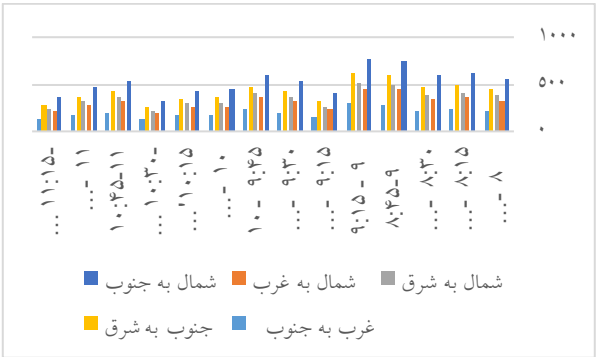
سناریو ۲: شبیه سازی تقاطع با عابران پیاده اما بدون استفاده از Viswalk

سناریو ۳: شبیه سازی تقاطع با عابران پیاده و با استفاده از Viswalk

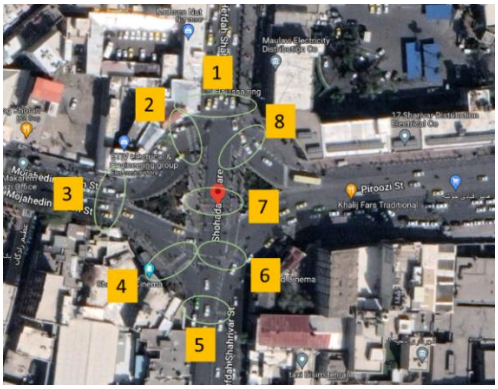
ذکر این نکته ضروری است که مدل هر تقاطع در تمام سناریوها به غیر از نحوه شبیه سازی عابران پیاده دقیقاً یکسان است. برای مقایسه این سه سناریو، داده‌های زمان سفر برای تمام مسیرهای ممکن و طول صف در هر علامت توقف در Vissim برای هر تقاطع جمع‌آوری می‌شود. سپس اینها مقایسه می‌شوند و آزمون‌های آماری برای تعیین اینکه آیا تفاوت آماری معنی‌داری بین میانگین زمان‌های سفر (داده‌ها معمولاً توزیع نمی‌شوند) برای سه سناریو انجام می‌شود.

وضعیت احجام ترافیکی در ساعت های مختلف

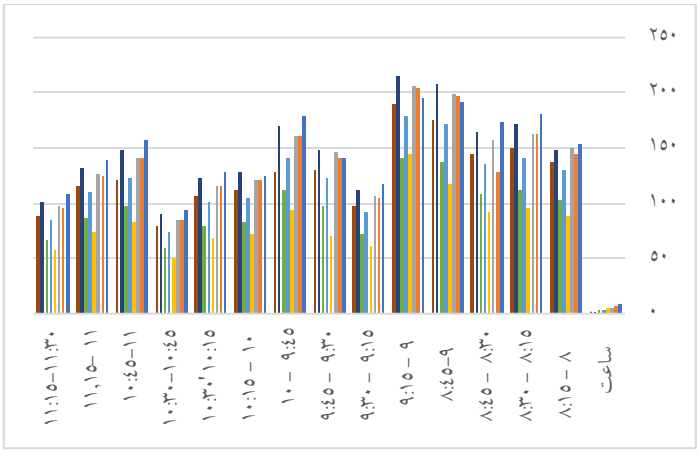
آمارگیریهای شمارش حجم وسایل نقلیه مختلف در روزهای کاری وسط هفته (یکشنبه تا چهارشنبه) انجام می شود. همانطور که مشخص است، تعداد وسایل نقلیه به تفکیک سواری شخصی و تاکسی، وانت، موتور، اتوبوس و مینی بوسگردآوری می شود. در این تحقیق ساعت اوج در بازه زمانی صبح مورد محاسبه قرار گرفته است. همچنین در شکل ۲ محل گذر گاه های عابر پیاده در میدان شهدا شماره گذاری شده است و در نمودار ۱ و ۲ احجام آمده است.



نمودار ۱. احجام ترافیک در بازه های ۱۵ دقیقه راستای حرکت در میدان شهدا



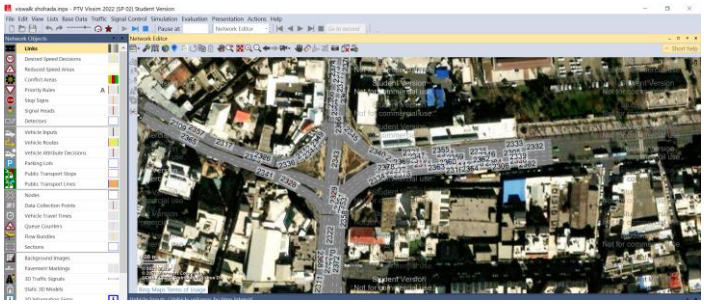
شکل ۲. موقعیت تردد عابر پیاده در زمان برداشت صبح در گذرگاه های میدان شهدا



نمودار ۲. تردد عابرین پیاده در بازه های ۱۵ دقیقه با توجه به موقیت گذرگاه عابر پیاده

۷-۱ مدل شماره یک: شبیه سازی تقاطع بدون عابر پیاده

پس از ورود مشخصات فیزیکی تقاطع به نرم افزار و اعمال اطلاعاتی چون نحوهی رعایت حق تقدمها در تقاطع، نحوهی گردشها، ورودیهای مورد نیاز نرم افزار، اطلاعات پایه ای نرم افزار تعریف شده است. این اطلاعات به طور خلاصه شامل مواردی چون شتاب، سرعت، ابعاد و خصوصیات عملکردی وسایل نقلیه، تعریف انواع وسایل نقلیه، تنظیم پارامترهای رفتاری رانندگان برای هر وسیله نقلیه و تخصیص و اطلاعات دیگر میباشد (Dwell time) .آنها به مسیرها، تعیین اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ی زمان توقف خودرو ها در نرما فزار لازم به ذکر است که مدلهای رفتاری رانندگان مانند مدل پیروی خودروها تعریف شده است و پارامترهای هر مدل به نحو منلسب برای هر یک تغییر داده شده است تا شریط واقعی تاحد ممکن شبیه سازی گردد.



شکل ۳. نمای مدل شبیه سازی مدل شماره یک در vissim

۷-۲ نحوه ورود اطلاعات احجام ترافیکی

همانطور که گفته شد، ورود اطلاعات احجام ساعتی ترافیک در نرم افزار رهسسهئ به صورت traffic state می باشد که در واقع حجم ورودی هر لینک در حوزه مداخله مطالعه موردی و شبیه سازی باید وارد نرم افزار شود، نتایج مربوط به شبیه سازی مدل یک در خصوص پارامترهای ترایک شبکه حمل و نقل سواره به صورت جدول ۲ می باشد:

جدول ۲. خروجی پارمترهای ترافیکی در مدل شماره یک

پارامتر ترافیکی	کمیت
DELAYAVG(ALL)	0/5
STOPSAVG(ALL)	0/01
SPEEDAVG(ALL)	50/26
DELAYSTOPAVG(ALL)	0/01
DISTTOT(ALL)	68/79
TRAVTMTOT(ALL)	4927/1
DELAYTOT(ALL)	207/5
STOPSTOT(ALL)	4
DELAYSTOPTOT(ALL)	2/72
VEHACT(ALL)	48
VEHARR(ALL)	367
DELAYLATENT	20/4
DENSITYTOT (ALL)	101

۷-۳ مدل شماره ۲: شبیه سازی تقاطع با عابران پیاده اما بدون استفاده از Viswalk

این سناریو با در نظرگیری تردد عابر پیاده بدون رفتار سنجی و کالیبراسیون عابر پیاده در شبکه لینکهای تقاطع شهدا در تهران در نظر گرفته می شود.زمانبندی با توجه به تعداد فاز آن ها و و حرکت رویکرد ها در وضع موجود در نرم افزار vissim اعمال می شود، در این حالت باید یک لایه کنترل پلان تعریف نمود و تمامی زمان بندی های تقاطع ها چراغدار را اعمال نمود و در نهایت با تعریف و بارگذاری بر روی سناریوهای مختلف و تعریف control plan زمان بندی چراغ عابر پیاده در نرم افزار اعمال نمود همچنین نتایج کلی مدل شبیه سازی شده مربوط به سناریو ۲ به صورت جدول ۳ و٤ می باشد.

جدول ۳. خروجی پارمترهای ترافیکی در مدل شماره دو

پارامتر ترافیکی	کمیت
DELAYAVG(ALL)	1/04
STOPSAVG(ALL)	0/08
SPEEDAVG(ALL)	43/4
DELAYSTOPAVG(ALL)	0/06
DISTTOT(ALL)	75/3
TRAVTMTOT(ALL)	5536/4
DELAYTOT(ALL)	246/9

پارامتر ترافیکی	کمیت
STOPSTOT(ALL)	11
DELAYSTOPTOT(ALL)	3/45
VEHACT(ALL)	52
VEHARR(ALL)	301
DELAYLATENT	24/5
DENSITYTOT (ALL)	121

جدول ٤. خروجی پارامترهای تردد عابر پیاده (سطح سرویس و رنج طول صف) در مدل شماره دو

LOS Density For pedestrain for Model 2					
Sim Status	**Area of Pathway**	**Dens Max**	**Space Modulus**	**LOS Walk(p/m^2)**	**LOS Queues (m^2/p)**
Max	1	1/06	0/917	E	B
Max	2	1/34	0/738	F	C
Max	3	1/55	0/615	F	C
Max	4	1/54	0/614	F	C
Max	5	1/46	0/707	F	C
Max	6	1/32	0/754	E	C
Max	7	1/21	0/778	E	C
Max	8	1/14	0/915	E	B

شایان به ذکر است که رنج سطح سروی برای ترددد عابرپیاده و

طول صف در HCM 2010 به شرح جدول ٥و ٦ می باشد.

جدول ٥. سطح سرویس پیاده روی در HCM

Level of Service (LOS)	Space Modulus	Pedestrian Flow
LOS A	$> 5.6\ m^2/p$	$\leq 16p/min/m$
LOS B	$3.7 - 5.6\ m^2/p$	$16 - 23p/min/m$
LOS C	$2.2 - 3.7\ m^2/p$	$23 - 33p/min/m$
LOS D	$1.4 - 2.2\ m^2/p$	$33 - 49p/min/m$
LOS E	$0.75 - 1.4\ m^2/p$	$49 - 75p/min/m$
LOS F	$< 0.75\ m^2/p$	$varies\ p/min/m$

جدول ٦. رنج سطح سرویس صف در HCM

Level of Service (LOS)	Space Modulus
LOS A	$> 1.2\ m^2/p$
LOS B	$0.9 - 1.2\ m^2/p$
LOS C	$0.6 - 0.9\ m^2/p$
LOS D	$0.3 - 0.6\ m^2/p$
LOS E	$0.2 - 0.3\ m^2/p$
LOS F	$< 0.2\ m^2/p$

٤-٧ مدل شماره ۳: شبیه سازی تقاطع با عابران پیاده و با استفاده از Viswalk

در ادامه برای کالیبراسیون رفتار عابر پیاده در تقابل با وسایل نقلیه و همچنین کالیبراسون آن در مدل شماره سه که ترکیبی از استفاده از نرم افزر شبیه سازی vissim با ماژول viswalk می باشد، بررسی می شود همچنین نتایج کلی مدل شبیه سازی شده مربوط به سناریو ۳ به صورت جدول۷ و۸ می باشد.

جدول ۷. نتایج متغیرها و پارامترهای ترافیکی در سناریو شماره ۳

پارامتر ترافیکی	کمیت
DELAYAVG(ALL)	1/41
STOPSAVG(ALL)	0/15
SPEEDAVG(ALL)	37/7
DELAYSTOPAVG(ALL)	0/11
DISTTOT(ALL)	81/4
TRAVTMTOT(ALL)	5756/9
DELAYTOT(ALL)	279/8
STOPSTOT(ALL)	14
DELAYSTOPTOT(ALL)	3/87
VEHACT(ALL)	62
VEHARR(ALL)	292
DELAYLATENT	27/8
DENSITYTOT (ALL)	138

جدول ۸. خروجی پارامترهای تردد عابر پیاده (سطح سرویس و رنج طول صف) در مدل شماره سه

LOS Density For pedestrain for Model 3					
Sim Status	Area of Pathway	Dens Max	Space Modulus	LOS Walk(p/m^2)	LOS Queues (m^2/p)
Max	1	1/15	0/888	E	C
Max	2	1/41	0/701	F	C
Max	3	1/59	0/592	F	D
Max	4	1/71	0/562	F	D
Max	5	1/66	0/688	F	C
Max	6	1/44	0/744	F	C
Max	7	1/29	0/789	E	C
Max	8	1/17	0/902	E	B

۸. بررسی نتایج تحلیل

همانطور که گفته شد هدف اصلی این پژوهش بهبود و ارتقا جریان ترافیک و بهبود عبور و مرور برای وسایل نقلیه و عابر پیاده می باشد. بدین منظور پس از بررسی و شناخت مبانی مورد نظر در خصوص مدل سازی در نرم افزار و شبیه سازی توامان عابر پیاده و سواره و همچنین بررسی تحقیقات گذشتگان، یک مطالعه موردی جهت ارزیابی و نحوه رفتار عابرین پیاده در یک تسهیل حمل و نقل تقاطع همسطح (میدان شهدا تهران) انتخاب شد. این تقاطع در مرکز کار و فعالیت شهری تهران متمایل به شرق شهر و در منطقه ۱۲ تهران قرار دارد. ابتدا آمار ترافیک سواره در بازه های زمانی مورد برداشت قرار گرفت و حجم ساعتی اوج (صبح) بر اساس واحد همسنگ سواری (PCU) محاسبه شده و همچنین آمار تردد عابر پیاده در هشت گذرگاه این تقاطع در بازه های زمانی مختلف برداشت شدند. در ادامه با استفاده از شبیه سازی ترافیک برای تردد سواره و پیاده در این

تقاطع و همچنین درنظرگیری و اعمال پارامترهای رفتاری و کالیبراسیون هم برای وسایل نقلیه و هم برای عابرین پیاده در نظر گرفته شد. مدل سازی و شبیه سازی در نرم افزار شبیه ساز vissim برای ترافیک سواره تقاطع و viswalk برای شبیه سازی رفتار عابر پیاده در آن استفاده شده است. با توجه به اینکه بهترین نمودار جهت سنجش وضعیت ترافیک نمودار سرعت–چگالی می باشد، وضعیت کیفیت پارامترهای ترافیکی در سناریو ۲ و ۳ نسبت به سناریو ۱ به ترتیب به صورت میانگین ۱۳,۵ و ۲۵ درصد برای سرعت کل وسایل نقلیه کاهش و همچنین ۲۱ و ۳۸ درصد برای چگالی افزایش داده است، که این درواقع اثر تداخل حرکت و رفتار عابر پیاده و سواره بر پارامترهای جریان ترافیک نشان می دهد.

۹. نتیجه گیری

برای نتیجه گیری دقیق تر پارامترهای جریان ترافیک برای سه سناریو و همچنین سطح سرویس عابر پیاده برای دو سناریو بهتر است به کمیت های مقایسه شده در جدول ۹ توجه شود.

جدول ۹. مقایسه پرامترهای جریان ترافیک سواره برای سه سنایوی مختلف شبیه سازی شده

پارامتر ترافیکی	کمیت (سناریو۱)	کمیت (سناریو۲)	کمیت (سناریو۳)
DELAYAVG(ALL)	0/5	1/04	1/41
STOPSAVG(ALL)	0/01	0/08	0/15
SPEEDAVG(ALL)	50/26	43/4	37/7
DELAYSTOPAVG(ALL)	0/01	0/06	0/11
DISTTOT(ALL)	68/79	75/3	81/4
TRAVTMTOT(ALL)	4927/1	5536/4	5756/9
DELAYTOT(ALL)	207/5	246/9	279/8
STOPSTOT(ALL)	4	11	14
DELAYSTOPTOT(ALL)	2/72	3/45	3/87
VEHACT(ALL)	48	52	62
VEHARR(ALL)	367	301	292
DELAYLATENT	20/4	24/5	27/8
DENSITYTOT (ALL)	101	121	138

همانطور که گفته شد با توجه به اینکه بهترین نمودار جهت سنجش وضعیت ترافیک نمودار سرعت–چگالی می باشد، وضعیت کیفیت پارامترهای ترافیکی در سناریو ۲ و ۳ نسبت به سناریو ۱ به ترتیب به صورت میانگین ۱۳,۵ و ۲۵ درصد برای سرعت کل وسایل نقلیه کاهش و همچنین ۲۱ و ۳۸ درصد برای چگالی افزایش داده است، که این درواقع اثر تداخل حرکت و رفتار عابر پیاده و سواره بر پارامترهای جریان ترافیک نشان می دهد.نتیجه این است تردد عابر پیاده و رفتارسنجی و کالیبراسون دقیق تردد عابر پیاده بر ظرفیت تقاطع ها تأثیر می گذارد، چه رفتار عابران پیاده را شامل شود یا نه. این تفاوت بسیار واضح وقابل اندازه گیری در مطالعه موردی یعنی تقاطع شهدا در منطقه ۱۲ است، جایی که اگر عابران پیاده را در نظر نگیرید، سرعت میانگین ۱۳٪ بیشتر است. این به این معنی است که قرار دادن عابران پیاده در تقاطع هایی با حجم بالای عابران پیاده همراه با حجم زیادی از وسایل نقلیه که گردشهای متفاوتی دارند، تفاوت زیادی ایجاد می کند.

نتیجه دیگر این است که اگر از Viswalk برای شبیه سازی رفتار ترددی عابران پیاده استفاده می شود چه میزان بر ظرفیت تقاطع تأثیر می گذارد. در این سناریو سرعت میانگین وسایل نقلیه به طور متوسط ۱۲ درصد تحت تاثیر نحوه تردد و رفتار

عابری پیاده و در مجموع ۲۵ درصد نسبت به حالت صفر (بدون در نظرگیری تردد عابر پیاده در تقاطع) است. ضمن آنکه رفتار سنجی در viswalk در برخی از گذرگاه های عابر پیاده در تقاطع شهدا یک سطح کیفیت سرویس برای عابرین را تنزل داده است. این بدان معناست که صرف نظر از تعداد عابران پیاده و وسایل نقلیه در این دو تقاطع، تفاوت قابل توجهی در زمان و سرعت سفر بین شبیه سازی عابران پیاده با ویس واک (شبیه سازی رفتاری عابر پیاده در تقاطع) یا بدون ویزواک وجود دارد.

۱۰. منابع

– افندی زاده،ش، صفار زاده،م، قرقی،م، الگوریتم تصمیم گیری در خصوص تبدیل میدان به تقاطع چراغدار و بالعکس، چهاردهمین کنفرانس حمل ونقل ترافیک، ۱۳۹۳.

– آرمان، م. و دیگران. (۱۳۹۲) . بررسی متغیرهای موثر بر تأخیر وسایل نقلیه در اثر تداخل با عابران پیاده در تقاطع ها چراغدار و بدون چراغ در شهر تهران، سیزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل ترافیک.

– بهارک ببری ده مجنونی، محمد مهدی مقدسی، امید دژدار، ۱۴۰۰، بررسی تاثیر عوامل کالبدی و فعالیتی در ایجاد کیفیات حسی در پیاده‌راه‌های شهری(مطالعه موردی: پیاده‌راه طاق‌بستان کرمانشاه)، مجله پژوهشی معماری و شهرسازی ایران، دوره ۱۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰.

– حاجی حسینلو، م. بلال، ا .(۱۳۹۰). مطالعه تاثیر پارکینگ حاشیه‌ای در ترافیک معابر اصلی درون شهری در محیط AIMSUN، فصل نامه مطالعات مدیریت ترافیک.

– حقانی، م.شاه‌حسینی، ز. (۱۳۹۱). برنامه ریزی حمل و نقل و مهندسی ترافیک به همراه مروری بر آمار و احتمالات.

– راهنمای ظرفیت بزرگراهها « ویرایش چهارم» ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰.

– رضایی،م، رحمتی،ی، و روش ماشین سیار HCM-2000 محاسبه تأخیر در تقاطعهای چراغ دار از دو روش، چهاردهمین کنفرانس حمل ونقل ترافیک، ۱۳۹۳.

– سیدکمال،س.ح. (۱۳۸۸). بررسی تقاطعهای همسطح و غیر همسطح در نرم افزار Aimsun کارشناسی ارشد تهران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

– شهرام اسدی، رضا موحدی کلیبر، ۱۳۹۶، نقش استراتژیک توسعه پایدار و رفتار فردی بر ساختار حمل و نقل، فصلنامه علمی تخصصی معماری سبز، سال سوم، شماره نه، زمستان ۹۶.

– عزیزی، صفا بخش، شبیه سازی و ارائه روش جدید زمان بندی چراغ های هوشمند ترافیکی با استفاده از سیستم های چند عاملی از طریق اتوماتای یادگیری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امیر کبیر، ۱۳۸۶.

– غلامعلی، ب. بهزاد، ر. (۱۳۹۰). بررسی تاثیر رعایت رده عملکردی بر سطح سرویس و زمان سفر در معابر درون شهری به کمک شبیه‌سازی جریان ترافیک، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.

– قنبری ابوالفضل، هادی الهام, هادی الناز، ۱۳۹۹، بررسی تطبیقی پیاده راه های تربیت و ولیعصر شهر تبریز از منظر مؤلفه های پیاده مداری، نشریه آمایش محیط، پاییز ۱۳۹۹ , دوره ۱۳ , شماره ۵۰ ; از صفحه ۸۵ تا صفحه ۱۰۹.

– گرکانی،م، ناظریان،ع، ارائه الگوریتم هماهنگ سازی دو تقاط ع مجاور، مطالعه موردی :تقاطع های فرحزادی - دریا و

فرحزادی -دادمان چهاردهمین کنفرانس حمل ونقل ترافیک، ۱۳۹۳.

– محسن عسکری، محمود رحیمی، ۱۳۹۷، بررسی میزان پذیرش اجتماعی استفاده از دوچرخه در سطح کلانشهرها، مطالعه موردی: کلانشهر تهران، دوره ۲۸، شماره ۱ –شماره پیاپی ٦٥، بهار ۱۳۹٦ صفحه ۱۸۵–۲۰٦.

– محمدی، زاهدی، مقایسه زمانبندی چراغ راهنمایی به روشهای وبستر، اکسلیک، HCM 85 و زمانبندی هوشمند در نرم افزار (SCATS مطالعه موردی تقاطعهای کرمانشاه) کنفرانس بین المللی علوم وتکنولوژی، ۱۳۹۵.

– معینی، صفارزاده، بهینه سازی زمان بندی چراغ راهنمایی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۷.

– ملکان،خ، حاج علی،م، اسدی،م، ارزیابی تأثیر اجرای پروژه خط سفید بر شاخص های ترافیکی در تقاطع های چراغ دار، چهاردهمین کنفرانش حمل ونقل، ۱۳۹۳.

– یزدان پناه، ح.، براتیان قرقی، ف.، عابدینی، م. (۱۳۹۰). بررسی میزان تأثیر اجرای دورکاری در بهبود شاخص‌های ترافیکی شبکه معابر شهر تهران، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل-ونقل و ترافیک.

– Aji, R.Taufiq, I. (2012).Comparison Of The Tow Microsimulation Software Aimsun And Sumo For Highway Traffic Modelling,Likoping University Electronic Press.

– Alkandri, Alsheikhli, najaa, Comparative Study between Traffic Control Methods Using Simulation Software, International Journal of Machine Learning and Computing, Vol. 3, No. 5, October 2013.

– Atomode,T,I. (2013) . Assessment of Traffic Delay Problems and Characteristics at Urban Road Intersections, A Case Study of Ilorin, Nigeria. IOSR Journal Of Humanities And Social Science, Volume 12, Issue 4, PP. 6-16.

– Barcelo, J. (2010). Fundamentals of Traffic Simulation, Springer Verlag, New York.

– Carvero, R. Transit-oriented development's ridership bonus: a product of self-selection and public policies (2007).

– Fruin, J.J. Designing for Pedestrian: a level-of-service concept (1971).

– Hall mark, s. and smithe, D. (2002). Temrperary speed bump impact evaluation, usa: center for trans portation Research and Education.

– Hashimoto,y,gu,T,Hsu,T, A probabilistic model of pedestrian crossing behavior at signalized intersections for connected vehicles, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, October 2016, Pages 164–181.

– Highway Capacity Manual (2010).

– Highway Capacity Manual, 4th edition, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, 2000.

– Highway Capacity Manual, 5th edition, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, 2010.

– http://www.esfmap.ir/accessed 6 August. (2015).

– L. S. Jones, A. J. Sullivan, N. Cheekoti, (2004). Traffic Simulation Software Comparison Study, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Alabama at Birmingham Birmingham, Alabama, UTCA Report 02217.

– LiezeMerten, DelfienVan Dyck, BenedicteDeforche, IlseDe Bourdeaudhuij, RubenBrondee, JelleVan Cauwenberg, 2019, "Individual, social, and physical environmental factors related to changes in walking and cycling for transport among older adults: A longitudinal study", Health & Place Volume 55, January 2019, Pages 120-127.

– Manual of Uniform Traffic Control Devices, Millennium Edition, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington DC, 2000.

– Morikawa, T., Dissanayake, D., (2008), Impact assessment of satellite centre-based telecommuting on travel and air quality in developing countries by exploring the link between travel behaviour and urban form, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 42, Issue 6, pp 883-894.

– Robert, G.S. Verification and validation of simulation models (2011).

– Stephans,M,Beanland,V, A driving simulator evaluation of potential speed reductions using two innovative designs for signalised urban intersections, Accident Analysis & Prevention, January 2017, Pages 25–36.

– The Geography of Transport Systems, FIFTH EDITION, Jean-Paul Rodrigue (2020), New York: Routledge, 456 pages. ISBN 978-0-367-36463-2.

– Transport Simulation Systems. (2012).Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual, Transport Simulation Systems, S.L.

– Ya-Ting Peng, Zhi-Chun Li, Keechoo Choi. Transit-oriented development in an urban rail transportation corridor (2017).

– Yoongho Ahn, Tomoya K., Hiroshi T., Upali V. Estimation of passenger flow for planning and management railway station (2016).

نوید اردبیلی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه ازاد اسلامی شاهرود أخذ نمود. ایشان در سال ۱۳۹۵ موفق به کسب درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- حمل و نقل از دانشگاه آزاد اسلامی ملارد گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان، ایمنی جاده ای، تصادفات ترافیکی و مدلسازی، بهینه‌سازی است

هومن رحیمی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- حمل و نقل را در سال‌های ۱۳۷٦ و ۱۳۸۱ از دانشگاه ازاد تهران مرکز اخذ نمود. ایشان در سال ۱۳۹۸ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران- حمل و نقل از دانشگاه تهران مرکز ایران گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان ارزیابی ها و برنامه ریزی در حمل و نقل، ایمنی و ترافیک است. ایشان در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشگاه ازاد اسلامی تهران مرکز می باشد.

حمیدرضا حبشی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- سازه را در سال-های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۳ از دانشگاه ازاد تهران مرکز و صنعتی امیرکبیر اخذ نمود. ایشان در سال۱۳۸۹ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران- سازه از دانشگاه صنعتی امیر کبیرا گردید.. ایشان در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشگاه ازاد اسلامی شهر قدس می باشد.

.