نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵

Vol.4, No.2, Summer 2016

۶۵-۸۱

توسعهٔ مدلی عامل-بنیان برای شبیه‌سازی مکان‌مند رفتار عابران در گذر از خیابان و استفاده از پل‌های عابر پیاده

فرهاد حسینعلی[۱]، محمد عزیزخانی[۲]

۱- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد GIS، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۷/۱۱

چکیده

عناصر ترافیکی از اجزای مهم در مدیریت ترافیک محسوب می‌شوند. ازدحام خودروها در شهرها سبب شده است که عناصر ترافیکی در ایران بیشتر به‌صورت سواره‌محور باشند تا پیاده‌محور و از این رو کمتر به رفاه و امنیت عابران اهمیت داده شده است. یکی از مهمترین عناصر ترافیکی که تأثیر بسزایی در امنیت عابران در گذر از عرض خیابان دارد، پل عابر پیاده است. یافتن مکان نصب پل‌های عابر پیاده معمولاً با توجه به آیین‌نامه‌ها و شرایط ذکر شده در آن‌ها انجام می‌شود و کمتر نگاه تحلیلی جامعی به این موضوع شده است. این امر سبب گردیده است که بسیاری از پل‌های عابر نصب شده از کارایی لازم برخوردار نباشند و افراد گذر از عرض خیابان را به استفاده از این گذرگاه‌های امن ترجیح دهند. در این تحقیق ضمن بهره‌گیری ازاطلاعات و ابزار تحلیل مکانی، مدلی عامل-بنیان برای بررسی و پیاده‌سازی رفتار عابران در گذر از عرض خیابان توسعه داده شده است. مدل عامل-بنیان امکان لحاظ نمودن فرایند تصمیم‌گیری و شرایط دخیل در آن را فراهم می‌آورد که منتج به ارائهٔ نتایجی نزدیک به واقعیت می‌شود. مدل توسعه داده شده برای ارزیابی چهار دستگاه پل عابر موجود در بلوار پاسداران شیراز مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که کارایی کم استفاده‌ترین پل موجود با یک جا به جایی ۱۵۰ متری می‌تواند حدود ۲۷ درصد نسبت به وضعیت فعلی افزایش یابد. سپس از مدل برای یافتن مکان مناسب برای نصب پنجمین پل استفاده شد و دو مکان برای این پل پیشنهاد گردید. نتایج مدل نشان می‌دهد که در صورت نصب پل پنجم در مکان‌های پیشنهادی، میزان استقبال از آن بیش از چهار پل موجود خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: مدل عامل-بنیان، پل عابر پیاده، شیراز، *GIS*

نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، لویزان، خیابان شعبانلو، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، دانشکدهٔ مهندسی عمران

تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰

Email: f.hosseinali@srttu.edu

۱- مقدمه

عبور و مرور در شهرها و مناطق مسکونی شامل دو بخش عبور خودروها و رهگذران پیاده می‌شود. در حالیکه مقررات راهنمایی و رانندگی، طراحی هندسی راه‌ها و خیابان‌ها و ابنیهٔ فنی آن‌ها جهت تسهیل ترافیک و رفت و آمد آسان‌تر خودروها است، تدابیر مرتبط با رهگذران، بیشتر مرتبط با حفظ جان آن‌ها است. به‌دلیل کم توجهی عمومی به رفت و آمد عابرین پیاده در شهرها، امروزه مسألهٔ شهرهای پیاده‌محور مطرح شده است، بدین معنی که طراحی خیابان‌ها و امکانات مختلف آن‌ها در جهت عبور و مرور ساده‌تر رهگذران پیاده انجام پذیرد [۱ و ۲]. با این حال در بسیاری از شهرهای ایران و از جمله تهران، پیاده‌محوری کاملاً مغفول مانده است و یکی از نمودهای بارز آن این است که در خیابان‌های متعددی از شهر در مقاطعی عبور رهگذران در امتداد خیابان بدون ورود به سواره رو غیر ممکن است.

مسألهٔ دیگری که جان رهگذران را به شدت تهدید می‌کند عبور از عرض خیابان است. جهت عبور امن از عرض خیابان چند راهکار وجود دارد که عبارتند از : نصب چراغ قرمز برای خودروها، خط عابر پیاده و بالاخره زیرگذر و پل روگذر عابر پیاده [۳]. نصب چراغ قرمز به‌دلیل اخلال در عبور و مرور خودروها معمولاً در ایران فقط در چهارراه‌ها به ضرورت ترافیکی انجام می‌شود و رویکرد پیاده‌محور ندارد. خط عابر پیاده نیز به سهولت قابل ایجاد است و معمولاً در محل‌های پر رفت و آمد و نیز چهارراه‌ها رسم می‌شود، با این وجود این عنصر ترافیکی تضمینی در حفاظت از جان رهگذران ندارد. زیرگذر عابر پیاده نیز به دلیل دشواری و هزینهٔ بسیار بالای احداث و همچنین ایجاد مشکلات اجتماعی و معضلاتی نظیر نظافت، روشنایی و دفع آب‌های سطحی؛ چندان مقبول و مورد توجه نیست. در نتیجه، پل روگذر عابر پیاده امن‌ترین گزینه برای حفاظت از جان رهگذران در عبور از عرض خیابان به‌شمار می‌رود [۴]. نگاهی به تعداد تصادفات و همچنین تلافات جانی ناشی از برخورد خودروها با رهگذران، اهمیت این عنصر ترافیکی را بیشتر روشن خواهد ساخت. بنا بر گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، تصادفات رانندگی در بین هشت عامل اصلی مرگ و میر جوانان ۱۵-۲۹ ساله در جهان است [۵].

اما احداث پل رهگذر پیاده نیز دارای ملاحظاتی است. نخست آن‌که احداث هر پل عابر دارای هزینه‌ای حداقل چند ده میلیون تومانی است. همچنین پل‌ها باید حداقل از یکدیگر ۲۰۰ متر فاصله داشته باشند و هر پل نیز تنها حدود هفتاد متر از طول خیابان را در دو سمت خود به طور مؤثر پوشش می‌دهد [۶]. نکتهٔ مهم دیگر اینکه احداث پل‌های متعدد علاوه بر هزینه از جنبهٔ منظر شهری مشکل‌زا است. با این اوصاف تعیین محل‌های بهنیهٔ احداث پل عابر پیاده اهمیت بسیار زیادی دارد و اولویت‌بندی محل‌های احداث این پل‌ها از ضروریات است. این مقاله می‌کوشد رهیافتی نوین مبتنی بر نیاز رهگذران به عبور از عرض خیابان برای یافتن مناسب‌ترین مکان‌های احداث پل روگذر عابر پیاده ارائه دهد. راهکار این پژوهش استفاده از مدل عامل-بنیان است که روشی پایین به بالا[1] است [۷] و لذا منعکس کنندهٔ رفتار و تمایلات عابران خواهد بود. همچنین با استفاده از این راهکار می‌توان مقبولیت پل‌های عابر احداث شده را نیز مورد سنجش و واکاوی قرار داد.

ارزانی نسبی و سهولت نصب پل‌های عابر پیاده سبب شده است که در هر مکانی بدون مطالعهٔ مناسب و کافی، به سرعت نصب و راه‌اندازی شوند. با این حال هزینهٔ ساخت و نصب چند ده تا چند صد میلیونی از یک سو و ضرورت رغبت عابران پیاده برای استفاده از آن‌ها از سوی دیگر، ضرورت تأمل و تحلیل بیشتر در محل احداث آن‌ها را به روشنی برملا می‌سازد.

برای اجتناب از روش‌های سنتی تعیین محل نصب پل که عموماً بر تجارب و مشاهدات استوارند، استفاده از

[1] Bottom-up

مدل عامل-بنیان جهت شبیه‌سازی رفتار عابرینی که از خیابان قصد گذر دارند، گزینه‌ای راهگشا و توجیه‌پذیر است که کارایی پل‌های موجود و یا احتمالی را نشان خواهد داد. از آنجا که مکان‌یابی به طور عام و محل نصب پل به‌طور خاص، تحلیلی بر پایهٔ اطلاعات مکانی است، سیستم اطلاعات مکانی (GIS[1]) بستر اطلاعاتی لازم را برای اجرای مدل فراهم خواهد ساخت. از سوی دیگر با وجود اینکه رفتار رهگذران و شیوهٔ تردد آن‌ها یکی از موضوعات مورد علاقه در GIS است [۸، ۹ و۱۰]، تحقیق در مورد مکان‌های نصب پل‌های عابر کمتر مورد توجه بوده است. دلایلی برای این شرایط وجود دارد. برای مثال در برخی کشورها از زیرگذر به‌جای پل عابر استفاده می‌شود و در برخی دیگر نیز به دلایل اخلال در منظر شهری، نصب پل عابر با محدودیت‌های زیادی مواجه است و در بسیاری موارد نیز خط عابر وظیفهٔ پل عابر را به دوش می‌کشد. با این وجود کماکان پل عابر پیاده دو فاکتور امنیت و کم‌هزینگی را به‌صورت همزمان فراهم می‌آورد و از این‌رو شرایط منحصر به فردی را در میان المان‌های ترافیکی دارد.

تعداد مطالعات منتشر شده در مورد مکان‌یابی بهینهٔ پل‌های عابر پیاده، چندان قابل توجه نیست در این زمره می‌توان به کتاب جسوالد[2] اشاره نمود که در کنار مطالب مربوط به طراحی و ساخت انواع گذرگاه‌های عابر پیاده، اشارات مختصری هم به ویژگی‌های مکان مطلوب نصب پل عابر پیاده داشته است [۱۱]. آنچه واضح است بیشتر، ضوابط محلی و دستورالعمل‌های تدوین شده در شهرداری‌ها و سازمان‌های مربوطه در کنار درخواست‌ها و نیازهای دریافت شده از عموم مردم، ملاک اصلی برای تعیین محل نصب پل‌های عابر پیاده بوده و هست [۶]. به تبع آن مطالعات مبتنی بر GIS کمتر و مطالعات بر پایهٔ GIS و مدل عامل‌بنیان تقریباً نادر است. از این رو عرصه برای پژوهش در این زمینه بسیار گسترده است.

در بین مطالعات انجام شده با رویکرد GIS می‌توان به تحقیق انجام شده توسط حسینعلی و همکاران در سال ۱۳۸۹ اشاره داشت. آنان در تحقیق خود دو مدل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ فرایند تحلیل سلسه مراتبی (AHP[3]) و فرایند تحلیل شبکه (ANP[4]) را برای یافتن بهترین مکان‌های نصب پل عابر پیاده در منطقهٔ ۵ تهران مورد ارزیابی قرار دادند. مهمترین معیارهای مورد استفاده در آن تحقیق، عرض خیابان، سرعت تردد، نزدیکی به چهارراه‌ها و دوری از پل‌های عابر موجود بود. تحقیق مذکور برتری جزیی روش ANP را نسبت به AHP در این مورد نشان داد و ما حصل آن مشخص نمودن محدوده‌های مناسب برای نصب پل عابر پیاده بود. همچنین نتایج آن تحقیق نشان داد چند پل از بین ۲۳ پل عابر موجود، در منطقهٔ مناسبی قرار نگرفته‌اند ولی بنا به تفسیر پژوهشگران فوق، اندکی جابجایی می‌تواند آن‌ها را در محل مناسب‌تری قرار دهد [۱۲]. در پژوهش دیگری، قدرت‌آبادی و همکاران به بررسی اثر متغیرهای هندسی و نوع کاربری‌های قرار گرفته در حوزهٔ نفوذ پل‌های عابر پیاده بر میزان استفاده از پل‌ها پرداختند. در تحقیق مزبور از مدل روانگرای پواسون و اطلاعات شهرداری منطقهٔ ۲ تهران استفاده گردید و نتایج آن نشان می‌دهد سهولت استفاده از پل عابر (نظیر استفاده از پلهٔ برقی درآن) به همراه قرارگیری در مجاورت کاربری‌های آموزشی و تجاری و نیز ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی سبب افزایش استفاده از پل می‌شود در حالی که مجاورت با کاربری‌های اداری و تفریحی تأثیر چندانی بر استفاده از پل نخواهد داشت [۱۳]. نیکومرام و همکاران در مطالعه‌ای که در مورد شهر تهران انجام داده‌اند یکی از مهم‌ترین علل تصادفات را رفتار عابرین بیان کرده‌اند و

[1] Geospatial Information System
[2] Jeswald
[3] Analytical Hierarchy Process
[4] Analytical Network Process

این رفتار را ناشی از عدم استفاده از پل عابر پیاده دانسته‌اند. همچنین در این پژوهش ذکرشده است که با توجه به افزایش روزافزون وسایل نقلیه به‌طور خاص در ایران و پیشرفت مدنیت، اولویت به وسایل نقلیه داده شده است درصورتی‌که عابرین جزء لاینفک سیستم حمل‌ونقل هستند [۱۴]. از دید منصور خاکی و همکاران، یکی از دلایل عدم کارایی گذرگاه‌های عابر پیاده در سطح شهر تهران مخصوصاً گذرگاه‌های غیر هم‌سطح، مکان‌یابی نامناسب و قصور در اعمال تدابیر لازم برای افزایش جذابیت این گذرگاه است. آنان در تحقیق خود میزان کارایی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح عابر پیاده را تابعی از نوع تجهیزات به‌کاررفته و نحوهٔ نگهداری از آن‌ها و سطح امنیت تأمین‌شده، میزان سهولت دسترسی و تعداد استفاده‌کنندگان از این تسهیلات بیان‌کرده‌اند. این پژوهشگران در نهایت سعی بر ارائهٔ راه‌حلی برای جانمایی بهینه در ایجاد پل‌های عابر پیاده کرده‌اند بدون آنکه راهکاری برای وضع موجود بدهند [۱۵]. در مقاله‌ای از رونالد[1] و همکاران در سال ۲۰۰۷ میلادی مدل‌سازی عابرین پیاده با این اعتقاد مورد بررسی قرار گرفته است که پیچیدگی مدل‌سازی رفتار عابرین به خاطر حرکت‌های غیرقابل پیش‌بینی عابرین و خود منبعث از غیرقابل پیش‌بینی بودن تصمیم‌گیری عابرین است. با توجه به این نکته که شبیه‌سازی شیءگرا حرکتی دور شونده از شبیه‌سازی کنترلی و کاملاً پیش‌بینی‌شده به سمت واقعیت است مدل عامل-بنیان برای بررسی رفتار عابرین می‌تواند گزینهٔ مناسبی باشد. بدین صورت می‌توان رفتار متفاوت عابرین تحت تأثیر محیط را با توجه به خصوصیت متفاوت عابرین مورد بررسی قرارداد [۱۶] با این حال در تحقیق مذکور مدل‌سازی رفتار عابران مد نظر بوده و به مقولهٔ پل عابر نپرداخته است. لی و لی[2] در مقاله‌ای در سال ۲۰۰۸ میلادی طراحی کلی[3] را مهمترین عامل موفقیت پل عابر پیاده در جذب رهگذران دانستند. از دید آنان طراحی کلی شامل مکان‌یابی و طرح فیزیکی پل است. محققین سپس سعی در تدوین مبانی مکان‌یابی بهینهٔ پل عابر پیاده با توجه به استانداردهای موجود و نیز تجارب کسب شده در چند شهر دنیا نموده و در ادامه روش برنامه‌ریزی خطی و درجه‌بندی[4] را برای مکان‌یابی پل‌های عابر مورد استفاده قرار داده‌اند. در پژوهش دیگری، یانگ و جیانگ[5] در سال ۲۰۱۲ میلادی احداث روگذرهای عابر پیاده را با رویکرد کاهش دادن حجم ترافیک وسایل نقلیه در تقاطع‌های شلوغ و در مجاورت مراکز پر تردد مورد بررسی قرار دادند و آن را راهکار بسیار مناسبی هم برای روان‌سازی ترافیک و هم جهت حفظ جان عابران پیاده دانستند. در پژوهش مزبور، خیابان‌های اصلی شهر در مجاورت مراکز تجاری مهم و پایانه‌های شهری، مکان‌های مناسبی برای احداث پل‌های عابر پیاده معرفی شده است [۱۷].

آنچه از مرور تحقیقات در زمینهٔ مکان‌یابی پل‌های عابر پیاده برمی‌آید گویای این حقیقت است که این امر تا حدود زیادی مغفول مانده است و به نسبت اهمیتی که دارد چندان به‌صورت دقیق به آن پرداخته نشده است و تنها در سازمان‌های اجرایی به‌صورت پراکنده ضوابطی برای آن‌ها ذکر گردیده یا به‌صورت کلی مناطق مستعد نصب این پل‌ها ذکر شده است. از این رو مجال تحقیق در این زمینه بسیار فراخ به نظر می‌رسد. چنانچه صرفاً به مقولهٔ عابرین پیاده بپردازیم، در روش‌های مدل‌سازی قدیمی برای تشریح جریان عابرین پیاده از فنون رگرسیون آماری استفاده می‌کنند [۱۸]. ولی مدل‌سازی واقعی و میکروسکوپیک حرکت عابرین بسیار دشوار و نیازمند توانان محاسباتی بالایی است تا بتواند از تمام جهات مدل را شبیه واقعیت کند.

[1] Ronald
[2] Li and Li
[3] Genarl layout
[4] Grading
[5] Yang and Jiang

با این وصف مدل‌سازی عامل-بنیان به‌عنوان یک روش ریزشبیه‌ساز پایین به بالا می‌تواند با در نظر گرفتن عابران به عنوان عامل‌هایی که در محیطی از المان‌های شهری قرار گرفته‌اند، رفتار آن‌ها را شبیه‌سازی نماید و با اخذ نتیجه‌ای برآیند از تعامل فیمابین و تعامل عابرین با محیط، عملکرد رهگذران را با دقت مناسبی نشان دهد. از آنجا که تصمیمات رهگذران در خیابان بسیار پیچیده و تابع پارامترهای فراوانی است، محدود کردن آن‌ها به رهگذرانی که قصد گذر از عرض خیابان را دارند، محدودهٔ تصمیمات و پیچیدگی مدل را کاسته و به همین نسبت بر صحت و درستی آن خواهد افزود. بر این اساس رویکرد اصلی این پژوهش بهره‌گیری از مدلی عامل-بنیان برای بررسی رفتار عابرینی است که قصد عبور از عرض خیابان را دارند. با این رویکرد برخی از عابران استفاده از پل‌های عابر را ترجیح خواهند داد و برخی دیگر خیر. لذا می‌توان میزان مفید بفایده بودن پل‌ها را سنجید و یا در مورد احداث پل‌های جدید میزان استفاده از آن‌ها را پیش‌بینی نمود.

یکی از دشواری‌های کار با مدل‌های عامل-بنیان، تنظیم نمودن آن‌ها برای انطباق با شرایط واقعی است. در موضوع این تحقیق، پل‌های عابر موجود می‌توانند معیار خوبی برای تنظیم مدل باشند و با ارزیابی دقیق عملکرد آن‌ها می‌توان مدل را برای شرایط موجود تنظیم نمود و با استفاده از مدل تنظیم شده، هر سناریویی را بررسی نمود.

در ادامهٔ این مقاله، روش‌شناسی تحقیق تشریح و پس از آن منطقهٔ مورد مطالعه معرفی می‌گردد. سپس پیاده‌سازی مدل و استفاده از مدل جهت بهبود وضع موجود توضیح داده می‌شود و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادهای تحقیق ذکر خواهد شد.

۲- روش‌شناسی تحقیق

مدل‌ها برداشتی از واقعیت هستند که تا حدود زیادی ساده‌سازی شده‌اند و جنبه‌های خاصی از پدیده‌ها یا اشیاء مورد مدلسازی را شامل می‌شوند [۱۹]. به‌طور کلی دو رویکرد بالا به پایین[1] و پایین به بالا در مدل‌سازی پدیده‌های مکانی وجود دارد. در رویکرد بالا به پایین بدون در نظر گرفتن اجزای تشکیل دهندهٔ آن پدیده سعی می‌شود رفتار کلی آن پدیده سعی می‌شود با کمک اطلاعات آماری و با استفاده از معادلات ریاضی رفتار آن پدیده تحلیل شود. در مقابل این رویکرد، رویکرد تازه‌تری قرار دارد که رفتار کلی یک پدیده را حاصل اثر رفتار ریزاجزای تشکیل دهندهٔ آن می‌داند [۲۰]. مدل‌های پایین به بالا که تابع این رویکرد هستند نیاز به توان محاسباتی بالایی دارند و از سوی دیگر باید به‌صورت میکروسکوپی بر روی عملگرد ریزاجزای سازندهٔ یک پدیده متمرکز شوند. این گونه مدل‌ها برای شبیه‌سازی پدیده‌هایی که از اجزای تصمیم‌گیر تشکیل شده‌اند، موفق‌تر از مدل‌های بالا به پایین عمل کرده‌اند .مدل عامل-بنیان به‌عنوان یک مدل پایین به بالا دارای خصوصیات کاملاً مناسبی برای شبیه‌سازی پدیده‌های اجتماعی و از جمله رفتار عابران در خیابان است چراکه در این پدیده‌ها هر فرد در مورد رفتار خود تصمیم‌گیری می‌کند [۲۱].

تعاریف مختلفی در مورد مدل عامل ذکر شده است که در این‌جا به تعریف مائس[2] اکتفا می‌شود: «یک عامل، سیستمی است که مجموعه‌ای از اهداف را در یک محیط پیچیده و پویا برآورده می‌سازد. عامل در یک محیط قرار دارد و می‌تواند محیط را از طریق حسگرهایش حس نماید و به وسیلهٔ عملگرهایش در آن به فعالیت بپردازد» [۲۲]. مدل عامل-بنیان مدلی شامل یک یا چند عامل به همراه محیطی است که عامل‌ها در آن قرار گرفته‌اند به‌صورتی که امکان تعامل، ارتباط و تصمیم‌گیری برای عامل‌ها فراهم می‌باشد [۲۳]. بنا به تعریف فربر[3]، در سیستم چندعامله محیط باید دارای خصوصیات زیر باشد [۲۴]:

[1] Top-down
[2] Maes
[3] Ferber

- مجموعه‌ای از حوزه‌های قابل مشاهده که عامل‌ها قادر باشند آن‌ها را درک، ایجاد و نابود نمایند و یا تغییر و تحول دهند.
- مجموعه‌ای از عامل‌ها به منزلهٔ اشیاء دارای قدرت عمل که موجودیت‌های فعال سیستم را تشکیل می‌دهند.
- مجموعه‌ای از عملکردهای در نظر گرفته شده برای عامل‌ها به منظور ایجاد، درک، تغییر و تحول و یا نابودی حوزه‌های قابل مشاهده.
- مجموعه‌ای از روابط که حوزه‌های قابل مشاهده را به هم ارتباط می‌دهد.
- مجموعه‌ای از قوانین حاکم بر محیط که واکنش محیط نسبت به عملکرد عامل‌ها را نمایش می‌دهند.

عامل‌ها می‌توانند در نقش‌های مختلفی در مدل ظاهر شوند [۲۵] که در این تحقیق عامل‌ها در نقش رهگذرانی هستند که از مبدئی در یک سوی خیابان رهسپار مقصدی در سوی دیگر خیابان هستند. از طرف دیگر رهگذران را می‌توان در دسته‌های مختلفی جای داد که در این‌جا مهمترین خصوصیات تصمیم‌گیری آن‌ها یعنی سن و جنسیت دخیل می‌گردد. حال هر یک از رهگذران برای عبور از خیابان سه گزینهٔ عبور از عرض خیابان، استفاده از پل عابر و عبور از خط‌کشی عابر پیاده را خواهد داشت بر این اساس می‌توان میزان استفاده از هر پل موجود را برآورد نمود و افزون بر آن میزان استفاده از هر پل جدید الاحداث احتمالی یا تأثیر جا به جایی پل‌های موجود را نیز ارزیابی کرد. شکل (۱) مراحل کلی کار را نشان می‌دهد.

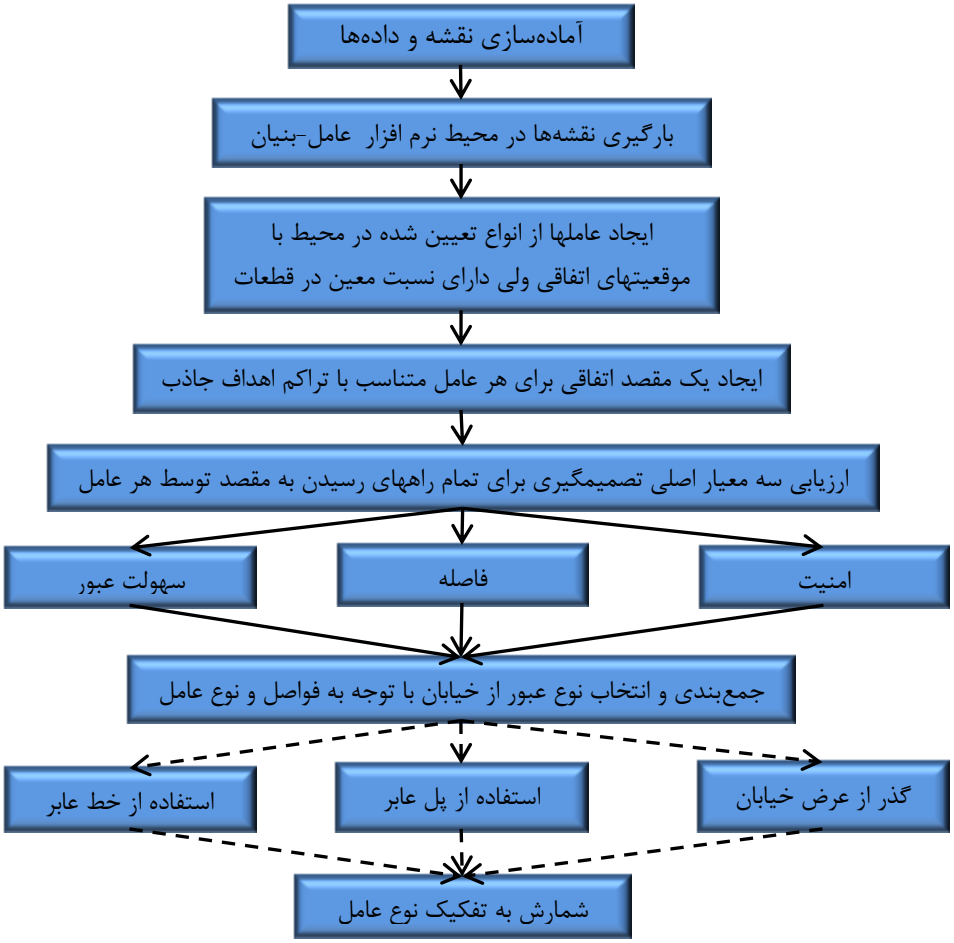
آنچه مهم است و میزان کارایی مدل تا حدود زیادی به آن وابسته است، تصمیم‌گیری عابران برای انتخاب یا عدم انتخاب پل برای عبور از عرض خیابان است. هر فرد در گذر از خیابان تأثیر عوامل در ذهن خود را به‌طور کلی به حالات درونی خود ترجمه می‌کند. این حالات درونی برای عابر در شرایط سنی و جنسی متفاوت معنای متفاوت پیدا می‌کند. یک فرد جوان به ناامنی کمتر از یک فرد میان‌سال اهمیت می‌دهد در صورتی که در بحث راحتی عکس این قضیه حاکم است. بر این اساس در این پژوهش عوامل در سه دستهٔ امنیت، راحتی و فاصله تقسیم شده‌اند که دو عامل اول بیانگر اثر عوامل مختلف محیطی در افراد هستند که عموماً فقط در عرض خیابان مورد بررسی قرار می‌گیرند و دسته سوم متأثر از مکان پل‌های عابر و خطوط عابر پیاده است. این سه عامل را می‌توان در مفهومی به نام سختی مسیر خلاصه نمود. بدین صورت که هر رهگذر با توجه به موقعیت فعلی و مقصد خود سختی مسیر استفاده از پل و یا گذر از عرض خیابان را برآورد می‌کند و مسیری را برمی‌گزیند که سختی کمتری داشته باشد. در اغلب موارد به جز مواردی که مبدأ یا مقصد عابر دقیقاً در مجاورت پل باشد، فاصلهٔ مورد نیاز برای طی کردن جهت استفاده از پل بیش از فاصلهٔ گذر از عرض خیابان است. همچنین به‌دلیل غیر همسطح بودن پل عابر، سهولت گذر از عرض خیابان طبعاً بیشتر است ولی در عوض عبور از عرض خیابان با خطر مواجه است در حالی‌که پل عابر پیاده گذرگاهی بسیار امن است.

در این شرایط هر رهگذر بر طبق سن و جنسیت خود این سه عامل را در ذهن خود تلفیق نموده، مسیر مرجح را برمی‌گزیند. در این تحقیق با استفاده از داده‌های برداشت شده تصمیم‌گیری عابران برای عامل‌ها شبیه‌سازی می‌گردد. تابع درونی هر عامل برای تصمیم‌گیری مطابق رابطهٔ (۱) خواهد بود:

$$p = [w_1, w_2, w_3] \times \begin{bmatrix} s \\ c \\ 1/d \end{bmatrix} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه، p شاخص تصمیم‌گیری، s شاخص امنیت، c سهولت و d فاصله می‌باشد. W_1 ، W_2 و W_3 نیز وزن‌های متناظر با هر یک از شاخص‌ها است که برای عابری در رده‌های مختلف متفاوت است. در این تحقیق شاخص‌های s و c با نظر کارشناسان تعیین گردیدند. تعیین اوزان نیز با کالیبراسیون مدل

نسبت به داده‌های واقعی انجام گرفت. در ادامه هر یک از شاخص‌ها مختصراً معرفی می‌شوند:



شکل ۱ : روندنمای مراحل کلی کار. خط‌چین به معنی انتخاب یکی از سه روش است

۲-۱- امنیت

این معیار میزان امن بودن مسیر را با یک عدد بین صفر و یک بیان می‌کند که عدد یک نشانگر امنیت کامل و عدد صفر مخالف آن است. به دلیل اینکه عابر در هر سه مسیر به‌طور مشترک قسمتی را در پیاده‌رو طی می‌کند پس تنها قسمت متمایزکننده مسیر از نظر امنیت نحوه عبور از خیابان است. پس می‌توان شاخص عبور از عرض خیابان را به‌عنوان شاخص امنیت آن مسیر در نظر گرفت بیان کرد. شاخص‌های امنیت هر یک از مسیرهای قابل انتخاب در جدول (۱) آمده است.

در مسیری که پل عابر پیاده استفاده می‌شود علیرغم عدم تداخل با مسیر خودروها وجود بعضی از آسیب‌های دیگر مانند بزهکاری اجتماعی (کیف زنی، زورگیری) و یا آسیب‌های جسمی مانند زمین خوردن در راه‌پله پل سبب می‌شود شاخص امنیت در نهایت ممکن قرار نگیرد. البته گفتنی است که شاخص امنیت در خیابان و یا در خطوط عابر پیاده، از خیابانی به خیابان دیگر متفاوت خواهد بود.

۲-۲- سهولت عبور

میزان راحتی و دسترسی هر مسیر جهت استفاده عابرین از آن مسیر با شاخص سهولت عبور

سنجیده می‌شود. این شاخص نیز مانند امنیت با عددی بین صفر تا یک مشخص می‌شود. عدد یک نشان‌دهندهٔ مسیری راحت در استفاده و عدد صفر نشان یک مسیر غیرقابل دسترس و سخت است. در این شاخص نیز تنها قسمت متمایزکننده سه مسیر طریقهٔ عبور از خیابان است. در نتیجه در مسیری که پل عابر پیاده استفاده می‌شود با توجه به ساختار سازه‌ای و طریقهٔ دسترسی به سطح پل، میزان سهولت عبور (راحتی) از دو گزینهٔ دیگر کمتر در نظر گرفته می‌شود. درمسیر شامل خط عابر پیاده نیز به این دلیل که معمولاً مسیر خاصی در پیاده‌روی خیابان به خط عابر منتهی می‌گردد سهولت عبور اندکی بیش از گذر از عرض خیابان است (جدول (۱)).

جدول ۱ : مقادیر در نظر گرفته شده برای شاخص‌های امنیت و سهولت عبور

روش عبور	گذر از خیابان به‌وسیله پل	گذر از خیابان به‌وسیله خط عابر	گذر مستقیم از خیابان
شاخص امنیت	۰/۹	۰/۷۵	۰/۲
شاخص سهولت عبور	۰/۶	۰/۸۵	۰/۸

۲-۳- فاصله

معیار سوم تصمیم‌گیری مسافت پیموده شده توسط هر عابر در هر مسیر است که وابسته به نقاط شروع و پایان مسیر و نیز نوع گذر از عرض خیابان است. در بحث فاصله، فرض می‌شود که هر عابر توانایی تخمین مسافت را دارد. در نظر گرفتن عکس مسافت سبب می‌شود که فواصل کمتر اولویت بیشتری بیابند. به منظور هم مقیاس‌سازی شاخص‌ها، سه مقدار به‌دست آمده برای شاخص فاصله (مربوط به سه حالت ممکن عبور از خیابان) بر بزرگ‌ترین آن‌ها تقسیم می‌گردد و بدین ترتیب مقادیر این شاخص نیز بین صفر تا یک قرار خواهند گرفت.

۳- منطقهٔ مورد مطالعه و دلایل انتخاب آن

شهر شیراز منطقهٔ اصلی مورد مطالعه را شامل می‌شود و نیاز بود که یکی از خیابان‌های این شهر برای پژوهش برگزیده شود. خیابان مورد جستجو باید این خصوصیات را داشته باشد: دارای چند پل عابر پیاده باشد، نسبتاً پرترافیک و دارای کاربری‌های متنوع در دو طرف خیابان باشد، دارای خط ویژه نباشد و همچنین امکان عبور عابران از عرض خیابان هم فراهم باشد. با جستجوهای انجام گرفته پس از بررسی گزینه‌هایی مانند بلوار کریمخان زند، بلوار جمهوری اسلامی و خیابان معالی‌آباد، نهایتاً بلوار پاسداران واجد تمامی شرایط لازم شناخته و لذا برای پیاده‌سازی این تحقیق انتخاب شد. در این خیابان حضور عابرین و رفت و آمد وسایل نقلیه بسیار قابل توجه می‌باشد و برای گذر عابرین از عرض خیابان هیچ‌گونه مانعی ایجاد نشده است و از همه مهمتر اینکه در این خیابان چهار پل عابر پیاده اجرا شده است. شکل (۲) تصویر منطقهٔ مورد مطالعه و همچنین موقعیت پل‌های عابر موجود در آن را نشان می‌دهد.

شکل ۲ : خیابان پاسداران شیراز و پل‌های عابر موجود در آن

۴- جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها

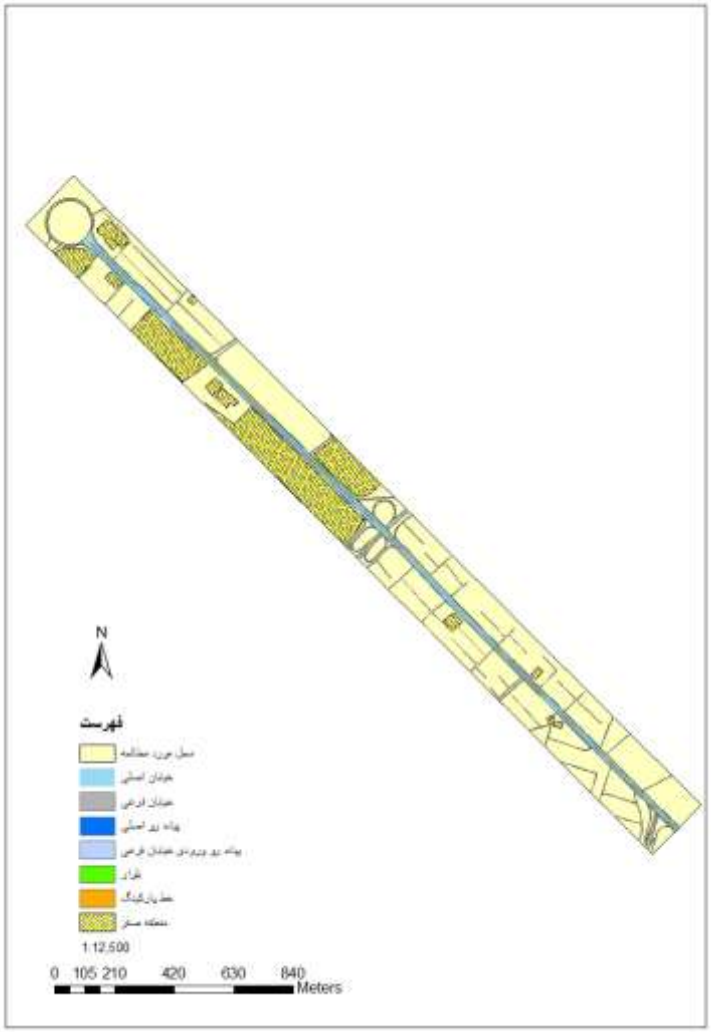
از آنجا که موقعیت نسبی پل‌ها و خیابان نقش اصلی را در این تحقیق ایفا می‌نماید، موقعیت مطلق خیابان نقشی ایفا نخواهد کرد. به‌همین دلیل برای تهیهٔ نقشه‌های مورد نیاز، از تصاویر موجود در گوگل ارث[1] استفاده شد. هرگونه کمبود و یا نقص اطلاعات نیز با بازدید میدانی از محل برطرف گردید. سپس نقشهٔ منطقهٔ مورد نظر در نرم‌افزار اتوکد رقومی‌سازی، در نرم‌افزار آرک جی آی اس نسخه ۱۰.۳[2] ویرایش و به فرمت شیپ فایل[3] درآمد. نرم‌افزار مورد استفاده برای پیاده‌سازی مدل عامل‌بنیان نت لوگو[4] همراه با گسترش GIS آن می‌باشد که قادر به استفاده از فرمت شیپ فایل است. بدون استفاده از گسترش سیستم اطلاعات‌مکانی این نرم‌افزار، بارگذاری نقشه و در نتیجه استفاده از مختصات و توزیع مکانی ناممکن است. در حالی‌که ذات این موضوع پژوهش مکانی است و توزیع مکانی عامل‌ها و مقاصد آن‌ها و نیز موقعیت پل‌ها و سایر اجزای نقشه از اجزای جدایی‌ناپذیر و پایهٔ این مسأله هستند. نقشهٔ آماده شده به همراه لایه‌های اطلاعاتی آن در شکل (۳) قابل مشاهده است.

از سوی دیگر برای تنظیم و اعتبارسنجی مدل به اطلاعاتی در مورد حرکت عابرین در خیابان و به‌خصوص میزان استفاده از پل‌های موجود نیاز است. باتوجه به عدم وجود اطلاعات در مورد توزیع عابران در خیابان و یا در اختیار نگذاشتن آن از سوی سازمان‌های ذیربط، کار میدانی برای جمع‌آوری داده‌ها، تنها راه باقیمانده بود. لذا نسبت به جمع‌آوری اطلاعات میدانی و آماری مورد نیاز اقدام گردید.

برای تعیین میزان بهره‌وری پل‌های عابر موجود، در مدت یک روز کاری عابرینی که از محدودهٔ هر پل عبور کردند به تفکیک سن و جنسیت سرشماری شدند. بنابراین مشخص شد که از هر ردهٔ سنی کودک، جوان،

[1] Google Earth
[2] Arc GIS 10.3
[3] ShapeFile
[4] NetLogo

میان‌سال و سال‌خورده به تفکیک زن و مرد چند درصد از پل استفاده می‌کنند و چند درصد عبور از خیابان را ترجیح می‌دهند. از طرف دیگر با توجه به تنوع کاربری‌ها در اطراف خیابان، تجمع عابرین درقسمت‌های خیابان متفاوت است و برای پی بردن به توزیع نسبی عابرین در پیاده‌روها در دو نوبت (ساعت ۸ صبح که شروع ساعت کار اداری است و ساعت ۹:۳۰ صبح که زمان شروع فعالیت مشاغل آزاد است) اقدام به فیلمبرداری از خیابان با سرعت ثابت شد. سپس پیاده‌روی شمالی به شش قسمت و پیاده‌روی جنوبی به هفت قسمت تقسیم گردید و براساس شمارش افراد، توزیع نسبی رهگذران در خیابان مشخص گردید.



شکل ۳ : خیابان پاسداران شیراز و مناطق حاشیهٔ آن

۵- پیاده‌سازی و آزمایش مدل

پس از بارگذاری نقشه در نرم‌افزار، نخستین کار تعریف عامل‌ها و ایجاد آن‌ها در محیط است. تعداد عابرین سرشماری شده در منطقه حدود ۲۵۰۰ تن است و برای سرعت بخشیدن به اجرای مدل، تعداد ۵۰۰ عامل با همان توزیع مکانی و توصیفی عابران مشاهده شده در نظر گرفته شدند. توزیع نسبی عابرین پیاده از نظر سن و جمعیت در جدول (۲) مشاهده می‌شود. اندازه سلول در نظر گرفته شده برای محیط نیز معادل دو متر بر روی زمین است.

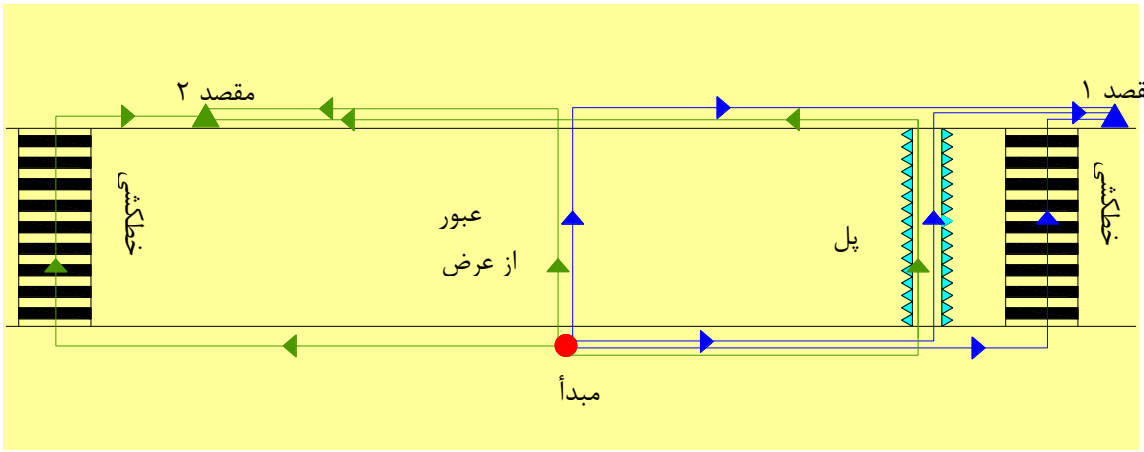
جدول ۲ : توزیع نسبی عابرین در منطقه براساس سن و جنسیت

سالمند		میانسال		جوان		کودک	
مرد	زن	مرد	زن	مرد	زن	مرد	زن
۶/۲	۱/۷۴	۱۴/۴	۱۸/۲	۳۱	۲۴/۸	۲/۰۹	۱/۴۷

به تعداد عامل‌های توزیع شده در دو سوی خیابان، باید اهدافی برای سفر به سوی دیگر خیابان وجود داشته باشد که این کار نیز به‌صورت اتفاقی ولی متناسب با نوع کاربری‌های اطراف خیابان انجام می‌گردد مثلاً در مجاورت کاربری‌های تجاری اهداف سفر بیشتر و در مجاورت دیوار منطقهٔ نظامی اهداف سفری به مراتب کمتر در نظر گرفته می‌شود. سپس هر یک از اهداف سفر به صورت اتفاقی به یک از عابران در سوی دیگر خیابان منتسب می‌شود و عابر می‌تواند یکی از گزینه‌های عبور از نزدیک‌ترین پل عابر، نزدیک‌ترین خط‌کشی و یا عبور از عرض خیابان را انتخاب نماید. هر عابر با توجه به ردهٔ خود و سختی سفر یکی از این گزینه‌ها را انتخاب و از آن استفاده می‌کند و مدل اقدام به شمارش انواع سفر صورت گرفته می‌کند. شایان ذکر است در فرایند تصمیم‌گیری برای منطقی‌تر شدن مدل، فاصلهٔ اثر نیز در نظر گرفته شده است. بدین صورت که اگر اختلاف مسافت مسیر شامل پل یا خط عابر با مسیر گذرنده از عرض خیابان از دو برابر فاصلهٔ اثر پل و یا خط عابر بیشتر باشد؛ عابر گذر از خیابان را برمی‌گزینند. فاصلهٔ اثر پل ۲۰۰ متر و فاصلهٔ اثر خط عابر ۵۰ متر می‌باشد [۶]. شکل (۴)، نمایشی از مسیرهای قابل استفاده توسط عابر را نشان می‌دهد. جهت راستی‌آزمایی[1] مدل و غلط‌زدایی، مدل با تک عابر در قسمت‌های مختلف منطقه امتحان گردید و اصلاحات به‌صورتی انجام گرفت که در هر شرایطی، عامل رفتار مورد انتظار را بروز دهد. اقدام دیگر جهت اطمینان یافتن از صحت پیاده‌سازی حذف پل بود. بدین صورت که یکی از پل‌ها حذف گردید و به‌درستی مشاهده شد که نسبت عابران گذرنده از عرض خیابان به مجموع عابران گذر کرده از روی پل‌ها افزایش یافت.

سپس مرحلهٔ تنظیم و کالیبراسیون مدل انجام گرفت. در این مرحله حرکت عابران از عرض خیابان باید به گونه‌ای باشد که با سرشماری صورت گرفته حداکثر تطابق را داشته باشد. پارامترهایی که برای این تطابق تغییر می‌یابند همان وزن‌های متناظر با سه شخاص مورد استفاده می‌باشند. در این قسمت جهت تنظیم هرچه بهتر اوزان از مقایسهٔ زوجی استفاده شد. بدین صورت که برای مقایسهٔ دو به دوی شاخص‌ها مقیاسی از یک تا ده در نظر گرفته شد که ۱۰ معرف بیشترین رجحان و ۱ مؤید ارجحیت برابر است. این ارجحیت‌ها در ماتریس مقایسهٔ زوجی قرار گرفته و به‌مانند AHP وزن‌ها محاسبه می‌شوند [۲۶]. استفاده از این روش هم به روش مقایسهٔ انسان‌ها شباهت خواهد یافت که ماحصل آن تصمیم‌گیری است و هم تعداد حالت‌های ممکن اوزان را از نامتناهی بودن خارج می‌سازد. به‌دلیل خاصیت احتمالی بودن مدل، هر تنظیم آن ده بار اجرا گردید و میانگین تعداد عامل‌های رد شده و نشده از پل با تعداد شمرده شده مقایسه گردید تا بهترین حالت به‌دست آید. مقادیر به‌دست آمده در جدول (۳) نمایش داده شده است. جدول (۴) نیز نتایج به‌دست آمده از سرشماری عابران را نشان می‌دهد.

[1] Verification



شکل ۴ : انتخاب‌های عابر برای رفتن به دو مقصد فرضی در آن سوی خیابان

جدول ۳ : ارجحیت‌های به‌دست آمده برای شاخص‌ها

رده سنی	کودک		جوان		میانسال		سالمند	
جنسیت / معیارها	زن	مرد	زن	مرد	زن	مرد	زن	مرد
امنیت به راحتی	۳	۷	۶	۱/۲	۱	۲	۳	۶
امنیت به مسافت	۱/۳	۱/۷	۱/۱۰	۱/۲	۱/۴	۱/۷	۱/۶	۱/۹
راحتی به مسافت	۱/۱۰	۱/۸	۱/۹	۱/۱۰	۱/۸	۱/۶	۱/۷	۱/۱۰

جدول ۴ : نتایج به‌دست آمده از آمارگیری به تفکیک دسته‌بندی عابرین

رده سنی	جنسیت	تعداد عابرین گذر کرده بدون استفاده از پل	تعداد عابرین گذر کرده از پل عابر پیاده
کودک	زن	۵	۳۳
	مرد	۱۲	۴۲
جوان	زن	۳۷۳	۲۷۱
	مرد	۴۳۱	۳۷۲
میانسال	زن	۳۰۲	۱۷۰
	مرد	۲۵۸	۱۱۶
کهنسال	زن	۲۰	۲۵
	مرد	۸۳	۷۶

۶- استفاده از مدل برای بهبود و یا تغییر وضع فعلی پل‌های عابر

بهترین ملاک برای ارزیابی وضعیت پل‌های موجود، مشاهده است و مدل طوری تنظیم می‌شود که از وضعیت مشاهده شده تبعیت نماید. لیکن وقتی مدل توانست شرایط موجود را شبیه‌سازی نماید می‌تواند برای بهبود کارایی پل‌ها و یا یافتن بهترین مکان‌ها برای احداث پل‌های جدید مورد استفاده قرار گیرد.

مشاهدات نشان داد که در میان پل‌های موجود، پل شمارهٔ ۴ پر رفت و آمدترین و پل شمارهٔ ۱ کم رفت

و آمدترین پل است (شکل (۲)). لذا در ابتدا سعی می‌شود که از مدل جهت یافتن مکان بهتری برای پل ۱ استفاده شود. بررسی منطقه نشان می‌دهد که پل شمارهٔ یک علیرغم قرارگیری در یک منطقهٔ پر رفت و آمد بسیار به تقاطع نزدیک است و لذا رهگذران به‌دلیل کم شدن سرعت خودروها احساس امنیت بیشتری در عبور از عرض خیابان می‌کنند و به‌همین دلیل از پل کمتر استفاده می‌کنند. گزینهٔ پیشنهادی جا به جایی این پل حدوداً به اندازهٔ ۱۵۰ متر به سمت شرق بود (شکل (۵)) و نتایج کار توسط مدل بررسی گردید. با توجه به اینکه فاصله اثر پل ۲۰۰ متر است در نتیجه جا به جایی پل به این میزان و یا بیشتر از این مقدار در صورت وجود پل‌های دیگر باعث وارد شدن به حریم پل‌های مجاور یا خارج شدن منطقه مورد بررسی از حریم پل مورد نظر می‌شود. بدین سبب بیشترین جا به جایی برای این منظور فاصله ۱۵۰ متر و با در نظر گرفتن میدان، در جهت شرق می‌باشد.

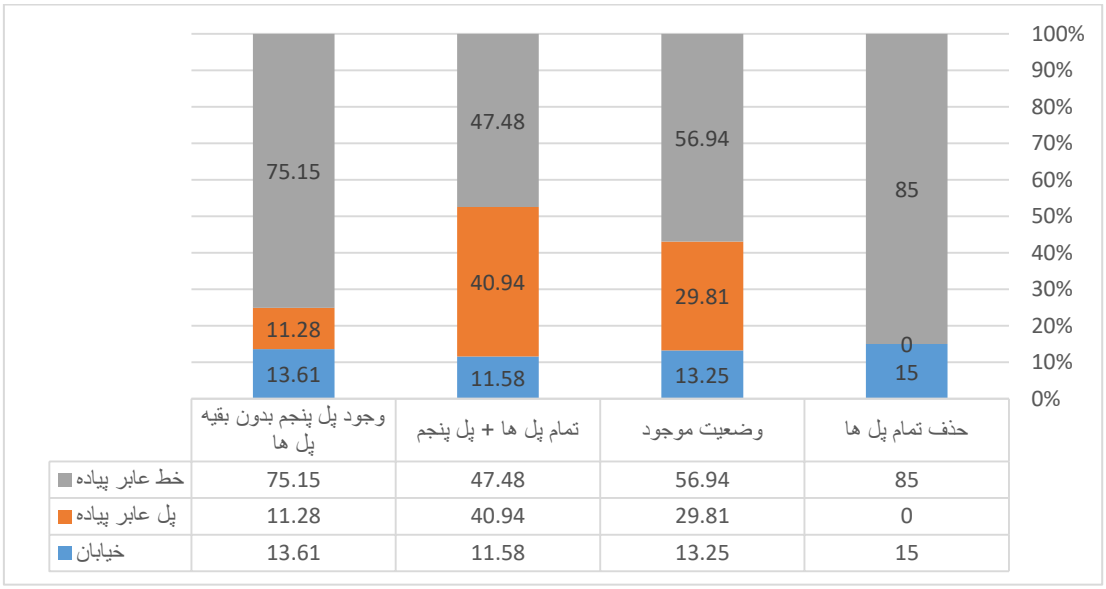
شکل ۵ : موقعیت پیشنهادی برای جا به جایی پل

اجرای مدل نشان داد که استفادهٔ عابران از پل یک پس از جا به جایی از ۴/۰۶ درصد به ۵/۱۴ درصد افزایش پیدا کرد که با توجه به میزان استفاده فعلی، یک جهش حدوداً ۲۷ درصدی است. لذا چنانچه قرار است در این محدوده پلی وجود داشته باشد، مکان پیشنهادی، گزینه‌ای بهتر است.

برای یافتن مکان مناسب جهت استقرار پل، به توزیع عابران در خیابان و نیز کاربری‌های اطراف مراجعه شد و با توجه به عوامل مزبور دو موقعیت برای احداث چنین پلی در نظر گرفته شد که در شکل (۶) قابل مشاهده است.

شکل ۶ : موقعیت‌های پیشنهادی برای احداث پل جدید

شکل (۷) نشان می‌دهد که چگونه با افزودن پل پنجم در موقعیت اول استفاده از پل‌ها بیش از یازده درصد افزایش می‌یابد به‌طوری که این پل، به پر استفاده‌ترین پل در میان پنج پل تبدیل می‌گردد. اما انتقال پل پنجم به موقعیت دوم حتی وضع را بهتر از این خواهد کرد و میزان استفاده از این پل از ۱۱/۲۸ درصد در موقعیت اول به ۱۷/۱۲ درصد افزایش خواهد یافت که بسیار قابل توجه است. بنابر این موقعیت دوم به‌عنوان مناسب‌ترین منطقه برای احداث پل جدید پیشنهاد می‌گردد.



	وجود پل پنجم بدون بقیه پل ها	تمام پل ها + پل پنجم	وضعیت موجود	حذف تمام پل ها
خط عابر پیاده	75.15	47.48	56.94	85
پل عابر پیاده	11.28	40.94	29.81	0
خیابان	13.61	11.58	13.25	15

شکل ۷ : تأثیر پل پنجم در موقعیت پیشنهادی اول بر نحوهٔ عبور عابران از عرض خیابان در مدل

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مقاله به موضوع ارزیابی و مکان‌یابی پل‌های عابر پیاده پرداخت. پل‌های عابر پیاده امن‌ترین مسیر عبور از عرض خیابان می‌باشند و از این رو یک عنصر ترافیکی مهم جهت افرایش ایمنی تردد رهگذران تلقی می‌گردند. نصب این پل‌ها هم دارای هزینهٔ فراوان می‌باشد و از طرفی هم به جهت منظر شهری و هم حداقل فواصل تصب، دارای محدودیت است. به همین دلیل یافتن بهترین مکان‌ها برای نصب این پل‌ها داری اهمیت فراوانی است. در این تحقیق از مدل عامل-بنیان و GIS برای یافتن مکان‌های مناسب استقرار پل‌های عابر پیاده و نیز ارزیابی پل‌های موجود در بلوار پاسداران شیراز استفاده گردید. مدل عامل‌بنیان بار شبیه‌سازی رفتار رهگذران در گذر از عرض خیابان پس از تنظیم با وضع موجود می‌تواند به خوبی میزان استفاده از پل در هر مکان پیشنهادی را نشان دهد.

در این تحقیق با گردآوری اطلاعات آماری به‌صورت میدانی ضمن تنظیم مدل عامل-بنیان میزان استفادهٔ عابران از هر یک از چهار پل عابر موجود مشخص گردید. سپس با استفاده از مدل تنظیم شده امکان بهینه‌سازی مکان کم‌استفاده‌ترین پل بررسی شد و مشخص گردید که با یک جا به جایی چندصد متری می‌توان استفاده از پل را فزونی بخشید. از طرف دیگر دو مکان مناسب برای احداث پل پنجم در خیابان پیشنهاد شد و مدل نشان می‌دهد که این پل در صورت نصب و راه‌اندازی به پراستفاده‌ترین پل در این خیابان مبدل خواهد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل عامل-بنیان، به طراحان و برنامه‌ریزان امکان می‌دهد که انواع سناریوها و گمانه‌زنی‌ها برای تغییر عناصر ترافیکی نظیر پل عابر پیاده در یک محیط پویا مانند خیابان را به راحتی در یک محیط مصنوعی پیاده‌سازی نمایند و با بهره‌گیری از نتایج آن، ضمن افزایش بهره‌وری، هزینه‌های عمرانی را به شکل قابل توجهی کاهش دهند.

در این تحقیق با وجود اینکه گذر از خطوط عابر نیز در نظر گرفته شده بود، به دلیل نبود داده‌های لازم، این گزینه قابل ارزیابی و تحلیل نبود. پیشنهاد می‌شود با تکمیل داده‌ها این گزینه نیز مورد آزمون قرار گیرد. همچنین آمارهای تهیه شده نشان داد که جوانان و افراد میان‌سال و پس از آن سالمندان به‌خصوص از جنس مذکر، کمترین استفاده از پل را داشته‌اند. بدیهی است که دلیل عدم استفادهٔ برخی سالمندان از پل، پله‌های متعدد و در نتیجه سختی عبور است. برای جذب سالمندان به استفاده از پل می‌توان تجهیز پل به آسانسور و پلهٔ برقی را مد نظر قرار داد و برای جلب توجه جوانان و میان‌سالان پیشنهاد می‌شود که کاربری‌های فرهنگی و تفریحی در پل ایجاد شود. مدل توسعه یافته در این پژوهش قادر است سناریوهای تجهیز پل‌های عابر پیاده به پله برقی و آسانسور و همچنین تبدیل پل به نگارخانه و نظایر آن برای جلب عابران را مورد ارزیابی قرار دهد. لازمهٔ این کار تجهیز یکی از پل‌ها به امکانات مذکور و آماربرداری جدید از آن جهت کالیبراسیون مدل می‌باشد.

مراجع

[1] R. Cervero and C. Radisch, "Travel choices in pedestrian versus automobile oriented neighborhoods," *Transport Policy*, vol. 3, 1996 ,pp. 127-141.

[2] K. M. Leyden, "Social Capital and the Built Environment: The Importance of Walkable Neighborhoods "*,American Journal of Public Health*, vol. 93, 2003,pp. 1546-1551.

[3] J. Pucher and L. Dijkstra, "Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health: Lessons From The Netherlands and Germany," *American Journal of Public Health*, vol. 9, 2003 ,pp. 1509-1516.

[4] M. Ishaque and R. Noland, "*Making roads*

safe for pedestrians or keeping them out of the way?: An historical perspective on pedestrian policies in Britain" *The Journal of Transport History*, vol. 27, 2006,pp. 115-137.

[5] W. H. Organization, "*WHO global status report on road safety 2013: supporting a decade of action*".

[6] Municipalities Coordination Office of Transport and Traffic Organization, "*Criteria of site selection and construction of mechanized pedestrian bridges with the participation of the private sector*", (Persian) 2013.

[7] X. Li, "*Emergence of bottom-up models as a tool for landscape simulation and planning*", *Landscape and Urban Planning*, vol. 100, 2011,pp. 393-395.

[8] D. Dai, "*Identifying clusters and risk factors of injuries in pedestrian–vehicle crashes in a GIS environment*", *Journal of Transport Geography*, vol. 24, 2012, pp. 206-214.

[9] D. S. Rodrigues, P. J. G. Ribeiro, and I. C. da Silva Nogueira, "*Safety classification using GIS in decision-making process to define priority road interventions*", *Journal of Transport Geography*, vol. 43, 2015 ,pp. 101-110.

[10] R. O. Petch and R. R. Henson, "*Child road safety in the urban environment*, "*Journal of Transport Geography*, vol. 8, 2000, pp. 197-211.

[11] P. Jeswald, "*How to build paths, steps & footbridges : the fundamentals of planning, designing, and constructing creative walkways in your home landscape*". North Adams, MA: Storey Publishing, 2005.

[12] F. Hosseinali, M.R. Malek and T.Silavi, "*Analysis of AHP and ANP multi-criteria decision making methods for optimized site selection of pedestrian bridges in a GIS environment*", Quaterly of Geospatial Information Technology, vol. 1, 2010, pp. 31-41, (Persian).

[13] M. Ghodratabadi, M.M. Masoudi and A. Bagheri, "*Modeling the rate of pedestrian bridges usage due to the geometric variables and land-use, case study: district 2 of Tehran municipality*", presented at the 12th International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran, Iran, 2012 (Persian).

[14] H. Nikoomaram, H. Vazifehdoost and S. Khani, "*Evaluate and analyze the effectiveness of pedestrian bridges within the city*", *The Identity of the City* ,vol. 2, 2008, pp. 3-12, (Persian).

[15] A. Mansourkhaki, R. Erfaninasab, R. Babagoloi, "*Pathology of pedestrian bridges in Tehran*", presented at the 12th International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran, Iran, (Persian), 2012.

[16] N. Ronald, L. Sterling, and M. Kirley, "*An agent-based approach to modelling pedestrian behaviour*", *International Journal of Simulation*, vol. 8, 2007, pp. 25-38.

[17] Z. Yang and Y. Jiang, "*Discussion on Downtown Area Overpass Pedestrian System*," *International Journal of Information and Computer Science*, vol. 1, 2012, pp. 52-56.

[18] M. Khatoon, G. Tiwari, and N. Chatterjee, "*Impact of grade separator on pedestrian risk taking behavior*", *Accident Analysis & Prevention*, vol. 50, pp. 861-870.

[19] P. A. Longley, M. Goodchild, D. J. Maguire, and D. W. Rhind, "*Geographic Information Systems and Science*", John Wiley & Sons, 2010.

[20] C. R. Larrison, "*A Comparison of Top-down and Bottom-up Community Development Interventions in Rural Mexico: Practical and Theoretical Implications for Community Development Programs*", Edwin Mellen

Press, 2002.

[21] H. R. Gimblett, *Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for Simulating Social and Ecological Processes*: Oxford University Press, 2002.

[22] P. Maes, 1993, "*Modeling Adaptive Autonomous Agents*", *Artificial Life*, vol. 1, 1993, pp. 135-162.

[23] R. Conte, R. Hegselmann, and P. Terna, *"Simulating Social Phenomena"*: Springer Berlin Heidelberg, 2013.

[24] J. Ferber, *"Multi-agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*: Addison-Wesley", 1999

[25] N. Malleson, A .Heppenstall, and L. See, "*Crime reduction through simulation: An agent-based model of burglary*" *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 34, 2010,pp. 236-250.

[26] T. L. Saaty, 1980, "*The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation: McGraw-Hill*", 1980.

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.4, No.2, Summer 2016

Developing an agent-based model for spatial simulation of pedestrian's behavior passing across the street and using the pedestrian bridges

Farhad Hosseinali[1]*, Mohammad Azizkhani[2]

1- Assistant professor in Department of Geomatics, Faculty of Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University
2- Graduate master student of GIS in Department of Geomatics, Faculty of Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University

Abstract

Traffic elements are considered as important elemnts in traffic management. In Iran, overcrowding of automobiles in the cities led the traffic elemnts to be more vehicle-driven rather than pedestrian-oriented hence safety and well-being of pedestrains took less into consideration. Pedestrian bridge is one of the most important traffic elements which is strongly effects the security of pedestrians passing across the streets. Finding the best locations to install pedestrian bridges is normally done based on less comprehend and analytic prepared regulations. This causes low efficiency of many bridges and people choose the street itself instead of these safe passages. In this research alongside usage of spatial processing tools, an agent-based model is developed for assessing the pedestrians behaviors while going across the street. Agent-based model provides the possibility of taking the decision making process and its efficient situations into account which results in more reliable consequences. The developed model was used to evaluate four existent pedestrian bridges in Pasdaran Blvd, Shiraz. The results showed that performance of the least used bridge can be improved up to 27% by a 150 meters displacement. Then, the model was deployed to find two best places for a new bridge. The model anticipate that if a new bridge is constructed in each of new suggested locations, the pedestrians will use it more often than the existing four pedestrian bridges.

Key words: Agent-based model, Pedestrian bridge, Shiraz, GIS

Correspondence Address Department of Geomatics, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran.
Tel: +98 21 22970060-9.
Email: f.hosseinali@srttu.edu