



بهینه سازی محل گذرگاه های غیرهمسطح عابر پیاده با استفاده از الگوریتم ژنتیک

علی عبدی کردانی^{*}، حسین ایزدپناه، مجید شادمان

^۱گروه برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران
^۲دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
^۳گروه برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۷-۱۱-۰۳
بازنگری: ۱۳۹۸-۰۱-۰۱
پذیرش: ۱۳۹۸-۰۲-۰۳
ارائه آنلاین: ۱۳۹۸-۰۴-۱۳

کلمات کلیدی:

مکان یابی
عابر پیاده
بهینه سازی
الگوریتم ژنتیک
تحلیل سلسله مراتبی

خلاصه: امروزه سهم قابل توجهی از جابجایی ها برای فواصل زیر یک کیلومتر با پا صورت می پذیرند. جداسازی حرکت عابران پیاده با ترافیک عبوری راه ها با حجم و سرعت بالا از مسایلی است که علاوه بر تأمین ایمنی عابران، روان شدن ترافیک مسیر مورد نظر را نیز در بر دارد. یکی از روش های گذر ایمن عابر پیاده از این مقاطع احداث گذرگاه های غیر همسطح عابر (روگذر یا زیرگذر) می باشد. مدل ریاضی در این تحقیق با هدف کمترین مجموع فاصله عابرین به گذرگاه طراحی شد. ورودی های مدل با استفاده از قابلیت ها نرم افزار ArcGIS مانند اعمال جمعیت به کاربری ها و بدست آوردن فواصل آماده شد. سپس با حل این مدل به روش الگوریتم ژنتیک مکان یابی بهینه گذرگاه های غیر همسطح انجام شد. برای کاربردی تر کردن و مدیریت بهینه هزینه های اجرای پروژه گذرگاه ها براساس پارامترهای تأثیرگذار اولویت بندی شدند. بنابراین با شناخت پارامترهای تأثیر گذار مانند حجم عابر و سرعت وسایل نقلیه با استفاده از نرم افزار ArcGIS لایه های اطلاعاتی پارامترها ایجاد شده و با روش تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی لازم به این لایه ها اعمال شد و با این روش اولویت بندی گذرگاه های غیر همسطح عابر پیاده انجام شدند. مطالعه موردی بر روی روش تحقیق انجام گردید و گذرگاه های غیر همسطح عابر برای منطقه مورد مکان یابی گردید. پارامترهای اثر گذار برای اولویت بندی گذرگاه های غیر همسطح، تصادف عابرین و همچنین حجم عابرین عبوری از معبر دارای بیشترین ضریب اهمیت بوده است. در نهایت ۲۱ نقطه محل احداث عابر پیاده به دست آمد که بنا بر الگوریتم ژنتیک اولویت بندی شدند.

۱- مقدمه و تاریخچه مطالعات

عبور عابرین پیاده بر روی رفتار عبور عابران تمرکز یافته است [۳-۱]. بر همین اساس مطالعات در مورد مسأله ایمنی عابرین پیاده نیز انجام شده است [۴،۵]. تمایلات اخیر در نواحی شهری در حال توسعه دوستدار عابر پیاده باعث به وجود آمدن علاقه ای برای آزمودن مجدد روشهای مهندسی رایج مورد استفاده در جریان عبوری عابرین پیاده شده است [۶-۹]. گذرگاه عرضی غیرهمسطح عابر پیاده از جمله تسهیلات پیاده روی است که بر مبنای جداسازی عمودی تردد پیاده و سواره به صورت زیرگذر یا روگذر احداث می شود. گذرگاه غیرهمسطح عابر پیاده به عنوان گزینه های بدون تداخل حرکت عابر با ترافیک عبوری از ایمن ترین و مطمئن ترین گزینه ها است. ضرورت

پیاده روی جایگاه ویژه ای در سیستم حمل و نقل شهری به خود اختصاص داده است و بخش عمده ای از سفرهای درون شهری بصورت پیاده انجام می شود. سیستم پیاده روی در مقایسه با سایر سیستم های حمل و نقل شهری از خصوصیات منحصر به فردی برخوردار است که از آن جمله می توان به انعطاف پذیری، ارزانی، مصرف انرژی کمتر، هماهنگی با ملاحظات زیست محیطی و ... اشاره کرد. یکی از مهمترین مسائل مورد توجه در مدیریت حمل و نقل شهری توجه به ایمنی عابران پیاده در معابر شهری می باشد. اخیراً مطالعات

^{*} نویسنده عهده دار مکاتبات: aliabdi@eng.ikiu.ac.ir



احداث یک گذرگاه عرضی غیرهمسطح عابر پیاده بر اساس ملاحظات ترافیکی، ایمنی، اقتصادی و راهبردی تعیین می شود.

مکان‌یابی صحیح این نوع گذرگاه عرضی عابر در گرو شناخت صحیح پارامترهای اثرگذار مکان‌یابی گذرگاه‌های غیرهمسطح عابر است. در این پژوهش پارامترهای تاثیرگذار در مکان‌یابی گذرگاه غیرهمسطح از قبیل حجم وسایل نقلیه، حجم عابرپیاده، سرعت وسایل نقلیه، زمان مورد نیاز برای عبور، فاصله از گذرگاه عرضی مجاور، اطلاعات تصادفات و کاربری زمین اطراف و موارد دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. مکان‌یابی فرآیند تصمیم‌گیری با دوره زمانی طولانی است زیرا تعداد زیادی از شاخص‌های موجود باید آزمایش و نتیجه تصمیمات ممکن ارزیابی شوند. مکان‌یابی مناسب وقتی صورت می‌پذیرد که یک ارزیابی دقیق، همگون و سریع از جذابیت مکان‌های مختلف برای یک کاربری خاص وجود داشته باشد. روش‌های مکان‌یابی توسعه شهری با توجه به موقعیت مکانی یا جغرافیایی، وسعت و نوع کاربری‌های پیشنهادی از یکدیگر متمایزند. چنان که مکان‌یابی یک نوع کاربری مد نظر باشد، باید مکان مناسب همراه با شرایط و وضعیت کاربری همجوار و احیاناً برخی پیشنهاد‌های تغییر کاربری‌ها در جهت هماهنگی و همخوانی کاربری‌ها با یکدیگر ارائه شوند [۱۰]. پارامترهای موثر در مکان‌یابی فعالیت‌های مختلف را می‌توان در سه مورد ذیل برشمرد: حالت اول مقیاس اقتصادی است که معمولاً در مواقعی که یک فعالیت عمومی در یک مقیاس بزرگ انجام می‌شود قابل لمس است. حالت دوم هزینه حمل و نقل کالا یا مسافر از یک محل به محل دیگر یا هدف مسأله کل هزینه حمل و نقل می‌باشد که البته به عنوان معیاری برای توزیع حمل و نقل می‌تواند مورد توجه باشد. درنهایت سومین حالت اثر متقابل بین فعالیت‌ها است. مطالعه پیرامون استقرار فعالیت‌ها در مکان‌های مختلف از دیرباز مورد توجه اقتصاددانان و جغرافی‌دانان بوده است [۱۱]. از حیث نگرش‌های موجود، نظریه‌های مکان‌یابی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: دسته اول نظریه حداقل کردن هزینه که تمرکز آن بر کمینه کردن هزینه حمل و نقل، مواد اولیه و حمل کالا یا محصول تولید شده است. دسته دوم نظریه تجزیه و تحلیل شعاع عملکرد است که در این نظریه تأکید بیشتر بر تقاضا و بازار است و هر چه از مکان تولید (یا محل بنگاه) دور شویم، هزینه تمام شده کالا به علت بعد مسافت برای مصرف‌کننده بیشتر می‌شود و بنابراین تقاضا کمتر خواهد شد [۱۲].

دسته سوم نظریه روش کسب سود است که در این تئوری هدف یافتن مکانی است که بیشترین تفاوت بین هزینه کل و درآمد کل را داشته باشد که در نتیجه سود بیشتری از بازار بدست آید [۱۳]. مدل‌های مکان‌یابی برای پیش‌بینی محدودیت‌ها و بررسی امکانات و ایجاد ارتباط بین آن‌ها به کار گرفته شده است. این مدل‌ها بر آنند که با استخراج قوانین عمومی بر اساس عوامل و متغیرهای مؤثر بر مکان‌یابی، ساختار موجود مکان فعالیت‌ها را توضیح داده و بهترین مکان را معرفی کنند [۱۳]. مدل‌های مکان‌یابی در حالت کلی به دو بخش انتزاعی و فیزیکی تقسیم می‌شوند. مدل‌های فیزیکی به صورت ماکت کوچکی از شیء مورد مطالعه بوده که به راحتی قابل درک هستند اما در عین حال نمی‌توانند رفتار کامل سیستم را توصیف نمایند [۱۴]. در مدل‌های انتزاعی از نمادها برای نمایش موقعیت جهانی واقعی بجای وسایل فیزیکی استفاده می‌شود که خود به دو بخش مدل‌های ریاضی و رقومی (دیجیتال) تقسیم می‌شوند. معمولاً از مدل‌های ریاضی برای مطالعات شهری استفاده می‌شود. از طرف دیگر مدل‌های رقومی که حاصل سال‌ها کار در زمینه تلفیق ریاضیات و گرافیک به کمک رایانه است اشیاء واقعی را با استفاده از فرمول‌های ریاضی و پردازش تصویر رایانه‌ای به صورت دوبعدی و سه بعدی ترسیم می‌کند. مدل‌های مختلف تحقیق در عملیات که در نظریه مکان‌یابی استفاده می‌شوند را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود. در مدل‌های گروه اول که مدل‌های پیوسته نامیده می‌شوند، یک یا تعدادی فعالیت در هر نقطه از یک سطح مورد نظر می‌توانند واقع شوند. تعیین جواب بهینه یا مناسب برای این مدل بر اساس روش‌های ریاضی صورت می‌گیرد. در مدل‌های گروه دوم که مدل‌های گسسته نامیده می‌شوند، فعالیت‌ها در یک مجموعه نقاط بالقوه که از پیش تعیین شده‌اند، باید ساخته شوند. نقطه یا نقاط بهینه این مجموعه نقاط با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی حاصل می‌شوند.

مسئله مکان‌یابی از جمله مسائل مهم در برنامه ریزی شهری می‌باشد که در کشورهای پیشرفته و درحال توسعه تحقیقات زیادی بر روی آن انجام شده است. لذا با پیشرفت تکنولوژی در زمینه اطلاعات جغرافیایی، پیشرفت‌های شگرفی روی داد. در این میان ایمنی و امنیت خاطر عبور عابرین پیاده هنگام عبور از گذرگاه‌ها، اهمیت بالایی پیدا کرده است. نیکومرام و همکاران (۲۰۰۸) پژوهشی درباره ارزیابی میزان اثربخشی پل‌های عابر پیاده درون‌شهری انجام دادند و

منظور اندیس‌ها و پارامترهای مدل و دیگر موارد مرتبط با مدل تعریف می‌گردند.

۲-۱- تعریف مدل ریاضی

در ادامه، مدل ریاضی طراحی شده برای مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر همسطح شرح داده می‌شود. این مدل که با الهام از مدل آرمانی چارنز و کوپر در سال ۱۹۶۱ اقتباس شده، سعی دارد تا به صورت همزمان با توجه به وزن هر پارامتر تابع هدف را حداقل نماید [۲۰]. در حقیقت هدف از طراحی این مدل حداقل کردن مجموعه فاصله بین نقاط تقاضا و گذرگاه‌های غیر همسطح عابر پیاده است. در ادامه جزئیات مدل ریاضی بیان خواهد شد.

مجموعه‌های تعریف شده برای فضای مسأله

$$N_i = \{j \mid d_{ij} \leq L\} \quad (1)$$

که در آن I مجموعه نقاط تقاضا برای گذرگاه غیرهمسطح عابر، J مجموعه مکان‌های کاندیدا برای گذرگاه غیرهمسطح عابر، k مجموعه مکان خاص آیین‌نامه‌ای و N_i مجموعه‌ای از مکان‌هایی که می‌توانند نقاط تقاضای i را پوشش دهند، است.

- متغیرهای تصمیم مدل

متغیرهای تصمیم به این صورت تعریف می‌شوند: x_j اگر گذرگاه عابر در مکان j قرارگیرد یک و در غیر این صورت صفر است و y_{ij} : اگر تقاضای مکان i به گذرگاه عابر مستقر در مکان j اختصاص یابد یک و در غیر این صورت صفر است.

- پارامترهای مدل

h_i مقدار تقاضای i (ضریبی که نشان دهنده اهمیت نقطه i است یا به عبارتی معکوس جمعیت بلوک i)، d_{ij} فاصله نقاط تقاضای i تا مکان گذرگاه غیرهمسطح j ، R_{kj} فاصله مکان آیین‌نامه‌ای k تا مکان گذرگاه غیرهمسطح j ، L مسافت لازم برای خدمت دهی و پوشش متقاضیان توسط گذرگاه غیرهمسطح عابر (که در این مدل با سناریوی ۴۰۰ متر انجام می‌شود).

- تابع هدف

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{j \in N_i} h_i d_{ij} R_{kj} y_{ij} x_j \quad (2)$$

راهکارهای فرهنگی و قانونی و نیز راهکارهایی که بر جنبه کالبدی ساختار تأکید دارند، پیشنهاد نمودند [۱۵]. معینی (۲۰۰۸) رفتار عابر پیاده را در ارتباط با مکان‌های مسکونی و تجاری ارزیابی نمودند و با استفاده از قابلیت GIS و تهیه نقشه‌های پتانسیل پیاده‌روی در دو کاربری مسکونی و تجاری، شاخص‌های فرهنگی-اجتماعی را از عوامل تأثیرگذار روی حرکت عابر پیاده تشخیص را دادند [۱۶]. سلطانی و مزینی (۲۰۱۰) در پژوهشی عوامل اثرگذار بر تمایل شهروندان برای استفاده از پل‌های عابر پیاده را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که وجود موانع فیزیکی می‌تواند راهکار کوتاه‌مدت مناسبی جهت ترغیب عبور عابری پیاده از روی پل باشد [۱۷]. جوانی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی مدل اولویت‌بندی ایمن‌سازی معابر پیاده شهری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) پرداختند و مدلی جدید برای اولویت‌بندی معابر پرخطر شهری از نقطه‌نظر عابری پیاده ارائه کردند که فرآیند اولویت‌بندی معابر پرخطر شهری را برای عابری پیاده بهبود می‌بخشد [۱۸]. واکر (۱۹۹۵) ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیویورک را از لحاظ مکانی ارزیابی و مدلی رایانه‌ای را به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای این منظور طراحی نمود [۱۹]. وجود الگوریتمی برای یافتن بهینه نقاط برای احداث گذرگاه غیر همسطح عابر پیاده یکی از موارد مهم است که به نظر می‌رسد یافتن راهی برای تخصیص مناسب نقاط بهینه با توجه به فشردگی معابر شهری و هزینه بالای پل عابر پیاده بسیار حائز اهمیت باشد.

۲-۲- تعریف مسأله و اهداف پژوهش

مدل سازی هر مسأله یکی از مهم‌ترین فرآیندهای حل آن مسأله است و بدون در نظر گرفتن این فرآیند ادامه کار دشوار خواهد بود. کلیات روش تحقیق در این پژوهش به این صورت است که به منظور مکان‌یابی بهینه، ابتدا یک مدل ریاضی تعریف شده و سپس با استفاده از روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک (GA) به حل مسأله پرداخته خواهد شد. حل این مسأله بر اساس پارامترهای تعریف شده از طریق نرم‌افزار Matlab صورت خواهد گرفت. مدل ریاضی مذکور با الهام از مدل آرمانی چارنز و کوپر (۱۹۶۱) ارائه شده است و سعی دارد تا به صورت همزمان و با توجه به وزن هر پارامتر، تابع هدف را حداقل نماید. هدف از طراحی این مدل، حداقل کردن مجموعه فاصله بین نقاط تقاضا و گذرگاه‌های غیرهمسطح عابر پیاده است. به این

این تابع هدف مجموعه فاصله بین نقاط تقاضا و گذرگاههای غیر همسطح عابر پیاده را حداقل می کند.

- محدودیت ها

سه محدودیت به تابع هدف اعمال می شود که مطابق روابط (۳) تا (۶) نشان داده شده اند. رابطه (۳) محدودیت تعداد گذرگاه های غیرهمسطح عابر پیاده را نشان می دهد، رابطه ۴، محدودیت مربوط به تخصیص تقاضا را بیان می کند، رابطه (۵) محدودیت پوشش تقاضا را نشان می دهد و در نهایت رابطه (۶) محدودیت ساختاری تابع هدف را منعکس می کند.

$$\sum_{j \in N_i} x_j \leq J \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad i = I, \quad y_{ij} \in (0,1) \quad (4)$$

$$y_i = \sum_{j \in N_i} x_j \leq 0, \quad x_j \in (0,1) \quad (5)$$

اندیس های بکاررفته در روابط فوق به این صورت هستند که i نقاط تقاضا برای گذرگاه غیرهمسطح عابر پیاده، j مکان کاندیدا برای گذرگاه غیرهمسطح عابر پیاده و k مکان نقاط خاص آیین نامه ای مانند تقاطع و مدارس ابتدایی و پیش دبستانی هستند.

در این تحقیق منظور از بلوک کلیه بلوک های مسکونی، اداری و آموزشی و ... می باشد که می تواند هر کاربردی داشته باشد. فاصله بلوک ها تا گذرگاه نشان دهنده فاصله تقاضای بلوک i تا گذرگاه کاندیدای j است. در حالت کلی مدل به سمتی می رود که کوتاه ترین فاصله ها را انتخاب کند. این فاصله در مدل با d_{ij} نشان داده می شود. انتخاب گذرگاه بهینه توسط مدل پارامتری به مدل اضافه شده است که یک وزن دهی به گذرگاه های عابر کاندیدا می دهد. این وزندهی به صورتی است که هرچه فاصله گذرگاه عابر کاندیدا از این نقاط کمتر باشد وزن بیشتری به آن اختصاص می یابد. این فاصله در مدل با R_{kj} نشان داده می شود.

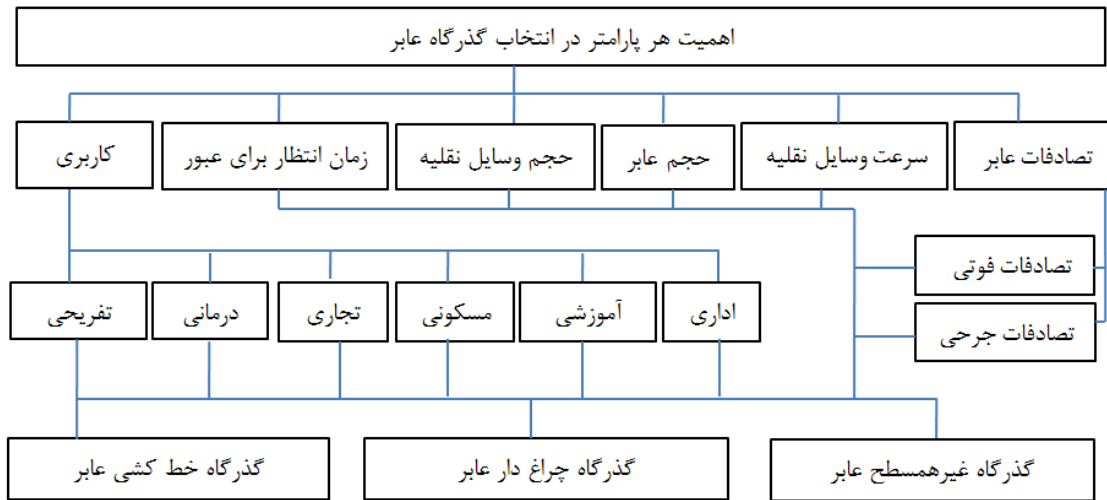
۲-۲- روش حل مسأله

برای حل مدل های برنامه ریزی ریاضی می توان از یکی از دو روش کلاسیک یا فراابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک استفاده کرد. روش های

کلاسیک جواب های دقیقی را نتیجه می دهند و برای مدل های خطی مناسب هستند. روش های فراابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک با سرعت بالا در بهینه سازی جواب های تقریبی نزدیک جواب های دقیق را نتیجه می دهند و برای مدل های غیر خطی مانند مدل مورد استفاده در این تحقیق که در قسمت قبل شرح داده شد، مناسب می باشند. در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک یکی از مهم ترین الگوریتم های فراابتکاری می باشد که از آن برای بهینه سازی توابع مختلف استفاده می شود. در این الگوریتم اطلاعات گذشته با توجه به موروثی بودن الگوریتم استخراج شده و در روند جستجو مورد استفاده قرار می گیرد. الگوریتم ژنتیک، تکنیک جستجوی تصادفی است که بر اساس انتخاب طبیعی و نسل شناسی طبیعی کار می کند.

هنگامی که مدل ریاضی مکان های بهینه جهت احداث گذرگاه های غیر همسطح عابر پیاده ایجاد شد، باید با توجه به پارامترهایی که ضریب اهمیت هر گذرگاه را مشخص می کند، اولویت بندی اجرایی هر کدام از گذرگاه ها انجام شود. اولویت بندی بر اساس یک سری از پارامترهای تأثیر گذار انجام می گردد که بر اساس مطالعات پیشین انتخاب می گردند. بخشی از پارامترهای تأثیرگذار در مکان یابی گذرگاه عابر مانند فاصله گذرگاه تا تقاطع مجاور و فاصله گذرگاه تا گذرگاه مجاور در مدل ریاضی طراحی شده است. در مجموع می توان پارامترهای مؤثر در مکان یابی گذرگاه غیرهمسطح عابر را به حجم عابر پیاده، حجم وسایل نقلیه، تصادفات عابر پیاده، فاصله زمانی مورد نیاز برای عبور عابر از خیابان، سرعت وسایل نقلیه و کاربری زمین های ناحیه مورد بررسی محدود کرد.

با توجه به اهمیت متفاوت پارامترهای تأثیرگذار می بایست وزن هر پارامتر مشخص شود. به همین منظور انجام وزن دهی به پارامترها از طریق روش تحلیل سلسه مراتبی و با استفاده از نرم افزار Expert Choice انجام می شود و در گام اول ساختار سلسله مراتبی ایجاد و سپس پرسشنامه ای تنظیم شده و پس از تنظیم فرمت نهایی، پرسشنامه در اختیار متخصصین و صاحب نظران حمل و نقل و ترافیک قرار داده می شود تا مقایسه زوجی پارامترها انجام گردد. آن گاه با استفاده از نرم افزار Expert Choice وزن هر یک از پارامترها بدست می آیند. شکل ۱ سلسله مراتب اهمیت و ارتباط



شکل ۱. سلسله مراتب اهمیت پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی

Fig. 1. Importance hierarchy of effective parameters in locating

آنها را با هم نشان می دهد.

۳-۲- گردآوری اطلاعات

آمارهای مورد نیاز برای انجام پژوهش تعداد وسایل نقلیه به تفکیک سواری، کامیون و اتوبوس و موتور سیکلت است که ضریب همسنگ سواری برای آنها به ترتیب ۱، ۲/۵ و ۰/۴ می باشد. همچنین حجم عابر پیاده در گذرگاه های همسطح و غیرهمسطح و نیز نقاط خاص نظیر مدارس و ... (در محدوده ۱۵ متری از طرفین خط عابر پیاده) مورد ارزیابی قرار گرفتند. زمان انتظار برای عبور و مرور عابرین پیاده از عرض خیابان از دیگر داده های مورد نیاز بود که با در نظر گرفتن میانگین زمان ۵ بار عبور با سرعت متعارف از خط عابر پیاده به دست آمد. همچنین سرعت متوسط عبور وسایل نقلیه از عرض معبر اندازه گیری شد. در نهایت آمار مربوط به میزان تصادفات جرحی و فوتی در معبر با استفاده از آمار پلیس راهور نیز حاصل گردید. با استفاده از قابلیت GIS نقشه ها، لایه های اطلاعاتی در نرم افزار ArcMap به صورت Raster ایجاد شده و با استفاده از قابلیت ماشین حساب رستری وزن دهی لایه های اطلاعاتی عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی انجام می شود.

است. روش حل مسأله در مرحله اول به این صورت است که ابتدا یک خیابان شریانی در نظر گرفته شده و نقشه رقومی آن تهیه می گردد، سپس آمار جمعیت منطقه که شامل جمعیت هر بلوک است بررسی می گردد. در مرحله بعد مناطق مسکونی به قطعات کوچک تر تقسیم شده و با استفاده از GIS فواصل آنها از هم تعیین می شود. در ادامه نقاط مناسب برای احداث گذرگاه غیر همسطح عابر پیاده در هر خیابان هدف مشخص می شوند و فاصله این نقاط و نیز نقاط خاص با استفاده از GIS از بلوک ها تعیین می شوند. در مرحله بعد با استفاده از مدل ریاضی چند نقطه بهینه برای گذرگاه ها از بین نقاط کاندیدا با شرط کمترین مجموع فاصله نسبت به بلوک تعیین می شوند تا توسط به حداقل رساندن تولید سفر منطقه عابرین تمایل بیشتری جهت استفاده از گذرگاه ها داشته باشند. در مرحله دوم متدولوژی حل مسأله پارامترهای تأثیرگذار برای اولویت بندی گذرگاهها مشخص می شوند و با آماربرداری میدانی اطلاعات لازم بدست می آیند. با استفاده از GIS لایه اطلاعاتی هر پارامتر در لایه آن ایجاد می شود. در نهایت با انجام تحلیل سلسله مراتبی وزن لازم با توجه به میزان تأثیرگذاری هر لایه مشخص می شود و در GIS اعمال می شود تا اولویت هر گذرگاه مشخص گردد.

۳- متدولوژی حل مسأله

دو متدولوژی برای انجام این پژوهش در نظر گرفته شده که اول مکان‌یابی بهینه گذرگاه های غیر همسطح و دوم اولویت بندی آنها

۴- اعتبارسنجی الگوریتم

به منظور راستی‌آزمایی الگوریتم ارائه شده مطالعه موردی از مباحث ارائه شده فوق انجام شده که در ادامه به آن اشاره می شود.



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه
Fig. 2. Area of study

آنچه در این تحقیق برای جمعیت بلوک های غیر مسکونی فرض شده است این است که برای مثال جمعیت هر بلوک اداری برابر است با کل جمعیتی که به طور میانگین طی یک روز اداری فعال در آن اداره سکونت دارند. جمعیت هر بلوک مسکونی با توجه به آمار نفوس و مسکن بدست می آید و برای هر بلوک مسکونی منظور می گردد. از آنجایی که این محدوده شامل بلوک های زیادی می باشد تنها بخشی از جدول جمعیتی بلوک ها را در جدول ۱ آمده است.

برای به دست آوردن فاصله بلوک ها تا گذرگاه همان طور که در فصل سوم شرح داده شد با استفاده از قابلیت ArcMap مرکز سطح هر بلوک و فاصله مرکز سطح هر بلوک تا گذرگاه های کانیدیا بدست می آید با توجه به این که تعداد بلوک ها و همچنین تعداد فاصله ها زیاد است بخشی از فاصله ی بلوک تا گذرگاه های کانیدیا در جدول ۲ آمده است.

برخی از نقاط به عنوان نقاط خاص آیین نامه ای در نظر گرفته شده اند؛ مانند تقاطع ها، ورودی ایستگاه های اتوبوس BRT و مترو،

اطلاعات مورد نیاز مدل برداشت شده و یا از مراکز مرتبط تهیه شدند. پس از به دست آوردن اطلاعات با استفاده از نرم افزار Matlab مدل مذکور به روش الگوریتم ژنتیک حل می گردند. در نتیجه مکان های بهینه ای که بیشترین پوشش محلی همراه با کمترین میزان فاصله را نسبت به بلوک ها دارند انتخاب می شوند. سپس با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از نرم افزار Expert Choice پارامترهای مؤثر در مکان یابی گذرگاه های غیرهمسطح عابر پیاده وزن دهی شده و اولویت احداث هر گذرگاه مشخص می شوند.

منطقه ای که برای مطالعه موردی انتخاب شد، بخشی از خیابان شریعتی واقع در منطقه ۷ تهران است که از شمال به بزرگراه رسالت، از جنوب به خیابان های ملک و حیدری، از شرق به بزرگراه شهید صیاد شیرازی و از غرب به خیابان سهوردی محدود می گردد. طول محدوده مورد مطالعه ۲۵۰۰ متر است که وجود کاربری های مختلف جاذب سفر در این خیابان و کوچه های اطراف آن باعث افزایش امکانات سفر شده است.

جدول ۱. نمونه جدول جمعیتی یک بلوک
Table 1. Sample population table of a block

ردیف	i (جمعیت بلوک)	h' (نفر)	h (سطح)
۱	۱۲۳	۱۱	۰/۰۹۱
۲	۱۲۶	۱۷	۰/۰۵۹
۳	۱۲۷	۱۸	۰/۰۵۵
۴	۱۲۹	۲۵	۰/۰۴۰
۵	۱۳۰	۵	۰/۲۰۰
۶	۱۳۴	۱۲	۰/۰۸۳
۷	۱۳۵	۲۶	۰/۰۳۸
۸	۱۳۷	۲۵	۰/۰۴۰
۹	۱۳۹	۳۰	۰/۰۳۰

جدول ۲. فاصله بلوک از گذرگاه کانیدیدا
Table 2. Distance of block from candidate crossing

ردیف	j	i	d (متر)
۱	۱	۳۲۲۷	۲۹۳
۲	۲	۱۹۱۲	۲۰۰
۳	۵	۳۲۱۷	۲۶۷
۴	۷	۳۰۲۷	۶۴
۵	۸	۲۴۳۱	۳۸۲
۶	۹	۲۹۶۹	۳۲۳
۷	۱۸	۴۴۶۵	۱۹۶
۸	۱۹	۵۱۷۳	۶۱
۹	۲۱	۵۳۳۸	۳۰۳

فاصله گذرگاه‌های عابر کانیدیدا تا نقاط خاص آیین‌نامه‌ای با استفاده از قابلیت‌های ArcMap فاصله را بدست آورده و برای ورودی مدل آماده سازی می‌کنیم که بخشی از این اطلاعات در جدول ۳ آمده است.

۵- نتایج حل مسأله با الگوریتم ژنتیک

کروموزوم‌های الگوریتم مذکور از ۲۱ ژن تشکیل شده‌اند که در

و همچنین بعضی نقاط که به این میزان جذب و تولید سفر ندارد ولی به لحاظ ایمنی می‌بایست یک گذرگاه ایمن برای عبور عابر پیاده در نزدیک ترین فاصله از آن قرار داشته باشد. از جمله این نقاط مدارس ابتدایی و پیش دبستانی و آسایشگاه‌های سالمندان و معلولین می‌باشد. این نقاط مدل را به سمتی سوق می‌دهند که گذرگاه‌ها در فاصله‌ای کمتری از این نقاط واقع شوند. برای بدست آوردن

جدول ۳. فاصله نقاط خاص تا گذرگاه عابر پیاده

Table 3. Distance of specific spots to pedestrian crossing

ردیف	j	k	R (متر)
۱	۱	۱	۵
۲	۳	۲	۲۰
۳	۴	۲	۲۴
۴	۷	۳	۸۴
۵	۸	۳	۱۴
۶	۱۰	۴	۲۳
۷	۱۱	۵	۲۱
۸	۱۷	۶	۲۱
۹	۲۱	۷	۲۰

جدول ۴. بهترین مقادیر پارامترهای الگوریتم ژنتیک

Table 4. The best values of Genetic Algorithm parameters

احتمال بازمانده	نرخ جهش	احتمال باز ترکیب	جمعیت
۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۶۰	۱۰۰

گذرگاه را مشخص می‌کند اولویت بندی اجرایی هر کدام از گذرگاه‌ها انجام می‌گردد. اولین داده‌های مورد نیاز برای انجام تحلیل‌های آتی، آمار مربوط به حجم وسایل نقلیه می‌باشد. بدین منظور برای تکمیل ایستگاه‌های آماربرداری با بازدید از منطقه، مکان‌هایی که تغییر حجم وسایل نقلیه به دلیل وجود خیابان‌های به عنوان ایستگاه‌های آمار برداری انتخاب می‌شوند و در این مکان‌ها آمار برداری حجم وسایل نقلیه در مسیرهای رفت و برگشت خیابان انجام شده است. برداشت آمار در روزهای هفتم تا چهاردهم مهرماه از ساعت ۷:۳۰ تا ۸:۳۰ صبح انجام گردیده است. شمارش وسیله نقلیه به تفکیک وسایل نقلیه سبک و سنگین و موتورسیکلت صورت پذیرفته است. ضریب واحد سواری (PCU) برای کامیون و اتوبوس ۲/۵ و برای موتورسیکلت ۰/۴ بوده است.

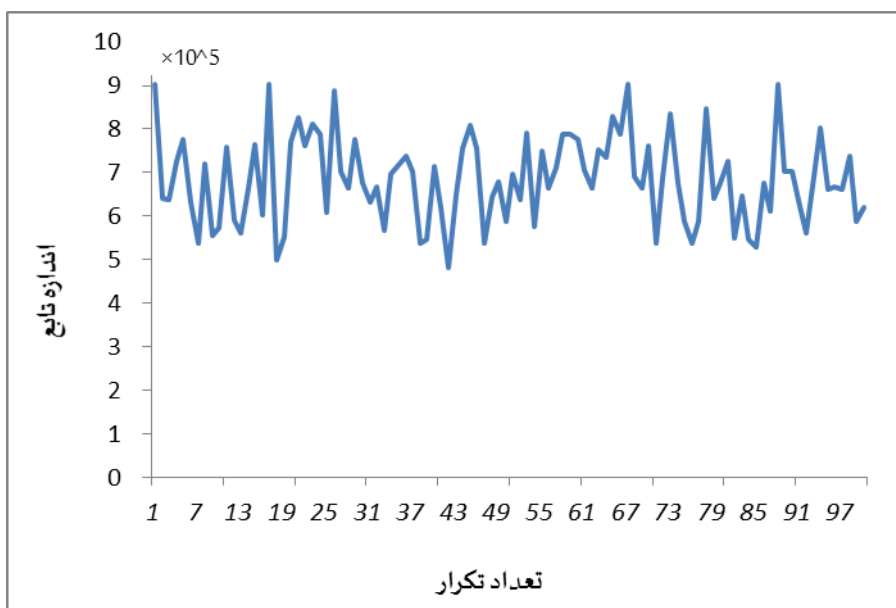
از دیگر موارد نیاز آمار مربوط به حجم عابر پیاده می‌باشد که در مرحله‌ی اولیه تحقیق مکان‌هایی که گذرگاه‌های غیرهمسطح و همسطح عابر پیاده داشتند و همچنین نقاط با کاربری‌های خاص

واقع مانند یک ماتریس ۱×۲۱ است که درایه‌های آن صفر یا یک بوده‌اند. این مسأله با جمعیت‌های مختلفی حل شده که با توجه به بزرگ بودن مسأله برای شروع با جمعیت ۳۰ کروموزوم و تعداد تکرار ۴۰ حل گردید که در نهایت در شرایطی که جمعیت کروموزوم‌ها به ۱۰۰ افزایش یافت و همچنین تعداد تکرارها به ۱۰۰ نسل رسید بهترین جواب حاصل گردید و تابع کمترین حالت را بدست آورد. در جدول ۴ نرخ پارامترها و اطلاعات ورودی مدل آمده است.

الگوریتم با تعداد تکرارهای مختلف حل شد که در حالت ۱۰۰ تکرار با جمعیت ۱۰۰ کروموزوم بهترین جواب را به مسأله داد که برابر با $۴/۸ \times ۱۰^۵$ بوده است. پس از حل مدل به تعداد تکرار ۱۰۰ کروموزوم جواب که یک ماتریس ۱×۲۱ بود، به صورت شکل ۳ بدست آمد که در حقیقت اعداد «۱» نشان دهنده گذرگاه‌ها مکان‌یابی شده می‌باشند.

۵-۱- اولویت بندی گذرگاه‌ها

در این مرحله با توجه به پارامترهایی که ضریب اهمیت هر



شکل ۳. نمودار حل تابع با ۱۰۰ تکرار

Fig. 3. Function solving diagram with 100 Iterations

[۱۰۱۰۱۰۰۱۰۱۱۱۰۱۱۰۱۰۱۱۰]

شکل ۴. جواب نهایی به دست آمده از Matlab

Fig. 4. The final answer obtained from MATLAB

آمده است. با توجه به نتیجه حاصل از نرم‌افزار Expert Choice وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی تشکیل شده در نرم‌افزار ArcMap انجام می‌شود.

در این مرحله از تحقیق با استفاده از نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی و با استفاده از قابلیت ماشین حساب رستری در ArcMap وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای تأثیرگذار در مکان‌یابی گذرگاه‌های غیرهمسطح انجام می‌گردد. نتایج حاصل از وزن دهی انجام شده در شکل ۵ آمده است که به ترتیب اهمیت هرگذرگاه برای احداث گذرگاه غیر همسطح عابر از ۱ تا ۲۱ اولویت بندی شده‌اند. بنابراین در شکل ۶ گذرگاه‌های غیرهمسطح عابر مکان‌یابی شده آمده است.

مدل طراحی شده در یک منطقه مینیمم تعداد گذرگاه موجود را انتخاب می‌کند. در این مدل نقاطی به عنوان نقاط آیین نام‌های آمده است که توصیه شده در نزدیک‌ترین نقطه به آن گذرگاه ایمن احداث گردد. در جواب‌های بدست آمده ۱۰۰٪ نقاط آیین نام‌های پوشش داده شده‌اند یعنی نزدیکترین گذرگاه کاندیدا به این نقاط انتخاب

مانند مدارس پیش دبستانی و دبستان و همچنین دیگر نقاطی که احتمال عبور عابر پیاده از آن می‌رفت به عنوان محل‌های مناسب قرار گرفتن گذرگاه عابر پیاده در نظر گرفته شدند. سرعت متوسط معبر یکی دیگر از پارامترهای است که برای انجام اولویت بندی ضروری است. شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران متوسط سرعت تردد در خیابان‌های شریانی درجه ۱ را ۱۸ کیلومتر در ساعت اعلام کرده است. با استفاده از قابلیت ArcMap نقشه‌هایی از اطلاعاتی که در بخش‌های قبل شرح داده شد تهیه می‌شود.

۵-۲- تعیین وزن لایه‌های اطلاعات

اولین گام در تعیین وزن دهی به پارامترها ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی در نرم‌افزار Expert Choice می‌باشد. ساختار سلسله‌مراتبی در چهار سطح طراحی می‌شود. سطح اول هدف مسأله می‌باشد؛ سطح دوم پارامترهای تأثیرگذار در اولویت بندی است؛ سطح سوم زیر پارامترها می‌باشند و سطح چهارم معیارهای تحقیق است. در جدول ۵ وزن نهایی هر پارامتر در انتخاب گذرگاه غیر همسطح

جدول ۵. جدول وزندهی به پارامترها
Table 5. Table of weighting to parameters

وزن نهایی	پارامترها	ردیف
۰/۲۳۹	تصادفات فوتی	۱
۰/۲۰۰	حجم عابر	۲
۰/۱۹۳	حجم وسایل نقلیه	۳
۰/۱۴۱	تصادفات جرحی	۴
۰/۰۴۱	سرعت وسایل نقلیه	۵
۰/۰۴۱	زمان انتظار برای عبور	۶
۰/۰۵۵	آموزشی	۷
۰/۰۲۷	درمانی	۸
۰/۰۲۰	تجاری	۹
۰/۰۱۵	تفریحی	۱۰
۰/۰۱۸	اداری	۱۱
۰/۰۱۰	مسکونی	۱۲



شکل ۵. اولویت بندی احداث گذرگاه غیر همسطح عابر از ۱ تا ۲۱
Fig. 5. Prioritization of non-level pedestrian crossing construction from 1 to 21



شکل ۶. اولویت بندی احداث گذرگاه غیر همسطح عابر مکان یابی شده
 Fig. 6. Prioritization of located non-level pedestrian crossing construction

احداث به تنهایی ۳۸٪ است که با توجه به پنج معیار دیگر دارای ضریب اهمیت بالای می باشد.

۶- نتیجه گیری

با مطالعات مقررات و استانداردهای آیین نامه‌ای در خصوص عابر پیاده و ضرورت توجه به پیاده روی و یافتن پارامترهای اصلی برای تسهیل پیاده روی مدلی برای مکان‌یابی گذرگاه‌های غیرهمسطح طراحی شد. برای حل این مدل و رسیدن به جواب بهینه با توجه به تحقیقات پیشین تصمیم گرفته شد که مدل به روش الگوریتم ژنتیک حل شود. بنابراین در مطالعه موردی که بخشی از منطقه ۷ شهرداری تهران به این روش عمل شد و گذرگاه‌های غیرهمسطح مکان‌یابی شدند. برای کاربردی تر کردن این تحقیق با توجه به شناخت و میزان اهمیت پارامترهای ضروری در احداث گذرگاه غیر همسطح به روش سلسله مراتبی، احداث گذرگاه‌های غیرهمسطح عابر پیاده اولویت بندی گردید.

شده اند.

از میان ۲۱ گذرگاه‌ها کاندیدا ۵۷٪ گذرگاه‌ها به عنوان مکان بهینه گذرگاه غیر همسطح انتخاب شده‌اند به عبارتی ۱۲ گذرگاه انتخاب گردیده است. از میان گذرگاه‌های غیرهمسطح عابر موجود که دو گذرگاه عابر به شماره ۱ و ۱۰ بوده‌اند که به ترتیب در جنوب بزرگراه رسالت، و روبه روی خیابان اندیشه ششم واقع در خیابان شریعتی قرار دارند، که هر دو گذرگاه در مکان‌یابی انجام شده توسط مدل انتخاب شده اند و به ترتیب به عنوان گذرگاه اول و هفتم اولویت بندی شده‌اند. به عبارتی هر دو گذرگاه موجود، که به عنوان نقاط کاندیدا بوده‌اند ۱۰۰٪ انتخاب شده‌اند اما گذرگاه کاندیدای شماره ۱۰ (روبه روی خیابان اندیشه ششم) در اولویت بندی هفتم برای احداث قرار دارد که با اولویت بندی احداث این تحقیق مغایرت دارد.

مبحث دیگری که باید به آن اشاره نمود ضریب اهمیت عامل تصادفات در اولویت بندی احداث گذرگاه غیر همسطح عابر می باشد. از نظر کارشناسان میزان اهمیت عامل تصادف در اولویت بندی

- simulation model combined with a tactical model for route choice behaviour, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 855-842 (2010) (6)18
- [7] W. Ma, X. Yang, W. Pu, Y. Liu, Signal timing optimization models for two-stage midblock pedestrian crossing, *Transportation research record*, 144-133 (2010) (1)2198
- [8] P. Murray-Tuite, B. Wolshon, Evacuation transportation modeling: An overview of research, development, and practice, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 45-25 (2013) 27
- [9] P.V. Thakuriah, P. Metaxatos, J. Lin, E. Jensen, An examination of factors affecting propensities to use bicycle and pedestrian facilities in suburban locations, *Transportation research part D: transport and environment*, 348-341 (2012) (4)17
- [10] M. Pourmohammadi, *Urban Land-Use Planning*, SAMT Publications, 2003, (In Persian)
- [11] L. Kaufman, F. Broeckx, Two families of location-transportation problems, *SCIENTIFIC MANAGEMENT OF TRANSPORT SYSTEMS EDITED BY NK JAISWAL*, (1981)
- [12] A. Parhizkar, Presentation of suitable locating of urban service centers with research in models and urban GIS, PhD Dissertation, Tarbiat Modarres University, Tehran, 1997, (In Persian)
- [13] K. Ziari, *Schools, Theories and Models of Plan and Regional Planning*, University of Tehran Press, Tehran, 2004, (In Persian)
- [14] C. Lee, *Models in planning: an introduction to the use of quantitative models in planning*, Elsevier, 2016
- [15] H. Nikoumaram, H. Vazifedoust, S. Khani, Evaluation and Analysis of Effectiveness of Urban Footbridges (Casestudy: Tehran City), *Hoviatshahr (SRBIAU)*, (2)2 12-3 (2009), (In Persian)
- [16] M. Moeini, *Pedestrian Behaviour Related to Residential and Bussines Regions Honar-ha-ye-Ziba Memari-va-Shahrsazi*, 2007) 2), (In Persian)
- [17] A. Soltani, S. Mazini, Evaluation of Effective Factors on Citizens Tendency to Footbridges use, *Journal of Geography and Planning* (2010), (In Persian)
- [18] H. Javani, M. Saffarzadeh, N. Alavi, S. Saber, Evaluation

پس از اجرای روش تحقیق در مطالعه‌ی موردی و مشاهده نتایج و آنالیز پاسخ‌ها و همچنین مطالعات پیرامون تحقیق نتایج زیر حاصل شد:

- مدل طراحی شده در یک منطقه مینیمم تعداد گذرگاه موجود را انتخاب می‌کند در این مدل نقاطی به عنوان نقاط آیین نامه ای آمده است که توصیه شده در نزدیک‌ترین نقطه به آن گذرگاه ایمن احداث گردد. در جواب های بدست آمده ۱۰۰٪ نقاط آیین نامه ای پوشش داده شده‌اند یعنی نزدیکترین گذرگاه کاندیدا با توجه به این نقاط انتخاب شده اند.
- از نظر کارشناسان میزان اهمیت عامل تصادف (تصادفات فوتی و جرحی) در اولویت بندی احداث به تنهایی ۳۸٪ است که با توجه به پنج معیار دیگر دارای ضریب اهمیت بالا می‌باشد.
- در اولویت بندی احداث گذرگاه‌های غیر همسطح عابر ضریب اهمیت تصادفات فوتی با ۲۳/۹٪، حجم عابرین با ۲۰٪ و حجم وسایل نقلیه ۱۹/۳٪ به ترتیب بیشترین تأثیر را دارند.
- کاربری آموزشی نیز نسبت به سایر کاربری‌ها از اهمیت بیشتری در اولویت بندی احداث گذرگاه های غیر همسطح برخوردار است.

منابع و مراجع

- [1] V. Wickramasinghe, A. Priyankara, Evaluation of Pedestrians' Illegal Road-Crossing Behavior in Developing Countries Using Conjoint Analysis, *Evaluation*, (2012)
- [2] B. Li, A bilevel model for multivariate risk analysis of pedestrians' crossing behavior at signalized intersections, *Transportation research part B: methodological*, (2014) 65 30-18
- [3] G. Yannis, E. Papadimitriou, A. Theofilatos, Pedestrian gap acceptance for mid-block street crossing, *Transportation planning and technology*, 462-450 (2013) (5)36
- [4] H. Guo, W. Wang, W. Guo, X. Jiang, H. Bubb, Reliability analysis of pedestrian safety crossing in urban traffic environment, *Safety Science*, 973-968 (2012) (4)50
- [5] P. Koh, Y. Wong, P. Chandrasekar, Safety evaluation of pedestrian behaviour and violations at signalised pedestrian crossings, *Safety science*, 152-143 (2014) 70
- [6] M. Asano, T. Iryo, M. Kuwahara, Microscopic pedestrian

Thesis Imam Khomeini International University, Qazvin,
2008, (In Persian)
[20] L. Cooper, Location-allocation problems, Operations
research, 343-331 (1963) (3)11

of Prioration Model of Making Safety of Urban Walkways
with Artificial Neural Network Approach, Traffic
Management Studies, 2010) 16), (In Persian)
[19] M. Kamrani, Locating of Firefighting Stations, M.Sc.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

A. Abdi Koradni, H. Izadpanah, M. Shadman, Optimization of Non-level Pedestrian Crossings
Using Genetic Algorithm, Amirkabir J. Civil Eng., 52(7) (2020) 1875-1888.

DOI: [10.22060/ceej.2019.15691.6001](https://doi.org/10.22060/ceej.2019.15691.6001)



