

## مکانیابی گذرگاه عرضی غیر همسطح عابر پیاده با استفاده از نرم افزار ArcGIS در شبکه‌های ترافیکی درونشهری

منصور حاجی حسینلو<sup>1</sup>، وحید ترقی<sup>2</sup>، محمدرضا احدی<sup>3</sup>

<sup>1</sup>استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>2</sup>کارشناس ارشد راه و ترابری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>3</sup>استادیار، عضو هیئت علمی پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری

### چکیده

جداسازی حرکت عابران پیاده با ترافیک عبوری راه در مقاطع با حجم و سرعت بالا از مسایلی است که علاوه بر تامین ایمنی عابران، روانی ترافیک مسیر مورد نظر را نیز در بر دارد. یکی از روش‌های گذر ایمن عابر از این مقاطع احداث گذرگاه‌های غیر همسطح عابر (روگذر یا زیرگذر) می‌باشد. مکانیابی صحیح این نوع گذرگاه عرضی عابر در گروی شناخت صحیح پارامترهای تاثیرگذار است. در این مقاله ابتدا پارامترهای تاثیرگذار در مکانیابی گذرگاه غیرهمسطح از قبیل حجم وسایل نقلیه، حجم عابریاده، سرعت وسایل نقلیه، زمان مورد نیاز برای عبور، مشخصات هندسی مقطع، فاصله از گذرگاه عرضی مجاور، اطلاعات تصادفات و کاربری زمین اطراف مورد بررسی قرار گرفته است. هریک از پارامترهای مفروض تحت لایه‌های اطلاعاتی مجزا در نرم‌افزار ArcGIS تعریف و در نهایت لایه‌های مربوط به پارامترهای مکانیابی گذرگاه‌های عابریاده پس از وزن‌دهی به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با یکدیگر ترکیب و مکان بهینه گذرگاه عرضی غیرهمسطح عابریاده توسط نرم‌افزار ArcGIS تعیین شده است. به عنوان مطالعه موردی مکان بهینه گذرگاه عابر غیرهمسطح یکی از خیابان‌های شریانی شهر تهران تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از این روش ضمن صرفه‌جویی در زمان، نتایج مطلوبی را در تعیین گذرگاه‌های عرضی غیرهمسطح عابریاده ارائه می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** ArcGIS، مکانیابی، گذرگاه غیرهمسطح عابر، ایمنی ترافیک و AHP

<sup>1</sup> استادیار، 0218877006.mansour@kntu.ac.ir

<sup>2</sup> کارشناس ارشد، 09124017470.v\_taraghi@sina.kntu.ac.ir

<sup>3</sup> استادیار، 02188889979.ahadi@rahiran.ir

## 1- مقدمه

گذرگاه عرضی غیرهمسطح از جمله تسهیلات پیاده‌روی است که بر مبنای جداسازی عمودی تردد پیاده و سواره به صورت زیرگذر یا روگذر احداث می‌شود. گذرگاه غیرهمسطح به عنوان گزینه‌ای با کمترین تداخل حرکت عابر با ترافیک عبوری در بسیاری از موارد از ایمن‌ترین و مطمئن‌ترین گزینه‌ها است. در حال حاضر در مکانیابی گذرگاه‌های عرضی غیرهمسطح عابر، از یک سیستم امتیازدهی استفاده می‌شود. ضرورت احداث یک گذرگاه عرضی غیرهمسطح بر اساس ملاحظات ترافیکی، ایمنی، اقتصادی و راهبردی تعیین می‌شود. برخی از عوامل مؤثر را می‌توان با استفاده از یک روش امتیازدهی با یکدیگر ترکیب کرده و یک شاخص تصمیم‌گیری بدست آورد. مجموع امتیازهای بدست آمده می‌تواند مبنای مقایسه طرح‌های مختلف و اولویت بندی آن‌ها قرار می‌گیرد [1]. در گزارشی به نام ضوابط جانمایی و احداث پل‌های عابرپیاده مکانیزه با مشارکت بخش خصوصی که توسط دفتر هماهنگی حمل و نقل و ترافیک سازمان شهرداری‌های کشور به چاپ رسیده است، معیارهایی از قبیل حجم وسایل نقلیه و عابرپیاده، کاربری، مشخصات هندسی مقطع، تصادفات و سرعت وسایل نقلیه به عنوان پارامترهای تعیین مکان بهینه گذرگاه غیرهمسطح عابر انتخاب و این پارامترها برای مکان مناسب امتیازدهی می‌شوند. در واقع در انتخاب محل بهینه گذرگاه عرضی غیر-همسطح عابرپیاده نیز مانند روش قبل، از نوعی روش امتیازدهی استفاده شده است [2]. آیین‌نامه‌های معتبر از جمله MUTCD [3]، FHWA [4]، HCM [5]، ITE [6]، AASHTO [7] و ... هر یک جزئیاتی در خصوص ضوابط مربوط به عابرپیاده در پیاده‌روها و گذرگاه‌های عابرپیاده ذکر کرده‌اند. کشورهای مختلف نیز با توجه به معیارهای ذکر شده در این آیین‌نامه‌ها و در نظر گرفتن شرایط محلی، سلسله مراتبی را برای مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده پیشنهاد داده‌اند. از آن جمله می‌توان به Pedestrian Crossing Treatment Warrants [8]، Pedestrian Design Considerations [9]، Pedestrian Crosswalks [10]، Pedestrian Policies and Design Guideline [11] و ... اشاره کرد. در این آیین‌نامه‌ها با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده به صورت کمی، نوع و مکان بهینه گذرگاه‌های عابرپیاده تعیین می‌شود. اما نکته قابل توجه در این آیین‌نامه‌ها نیز در نظر گرفتن اجرای این معیارها به صورت سنتی و همراه با قضاوت مهندسی است. از طرفی چون در نظر گرفتن تمام پارامترهای مکانیابی در کنار یکدیگر به منظور تعیین موقعیت بهینه گذرگاه عابرپیاده مشکل می‌باشد، هر یک از آیین‌نامه‌های مذکور چند مورد از پارامترهای مکانیابی را به عنوان مبنا در نظر گرفته و طبق آن پارامترها، موقعیت بهینه گذرگاه‌های عابرپیاده را تعیین می‌کنند. در این مقاله سعی شده است پس از شناسایی پارامترهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه غیرهمسطح، با ارائه روشی از تمام پارامترهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده استفاده شود تا با این روش کاستی موجود در روش‌های مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده مرتفع گردد.

## 2- تعیین پارامترهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه‌های غیرهمسطح عابرپیاده

با وجود تفاوت‌های موجود در ضوابط مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده در کشورهای مختلف، اگر با دقت به روش‌ها و پارامترهای مورد استفاده توجه شود، این نتیجه حاصل می‌شود که در اکثر روش‌های معرفی شده، پارامترها تقریباً یکی است. اما شیوه بیان و محدودیت‌های اعمال شده برای پارامترها در آیین‌نامه‌ها و مطالعات مختلف تحت شرایط گوناگون متغیر است. هرچه تعداد پارامترهای مفروض بیشتر شود، از طرفی دقت مکانیابی بیشتر خواهد شد و از طرف دیگر، پروسه تحلیل و ارزیابی پیچیده‌تر خواهد گردید. در مجموع می‌توان پارامترهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه غیرهمسطح عابر را به شرح ذیل عنوان نمود:

- حجم عابرپیاده
- حجم وسایل نقلیه
- فاصله دید
- فاصله زمانی مورد نیاز برای عبور عابر از خیابان
- سرعت وسایل نقلیه
- فاصله از گذرگاه‌های عابرپیاده مجاور
- فاصله از تقاطع مجاور
- تعداد خطوط عبوری وسایل نقلیه
- تصادفات عابرپیاده
- کاربری زمین‌های ناحیه مورد بررسی

## 3- شیوه مطالعه

پس از تعیین پارامترهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه غیرهمسطح عابرپیاده، لایه‌های اطلاعاتی این پارامترها در محیط نرم افزار ArcGIS ایجاد می‌گردد. برای ترکیب این لایه‌های اطلاعاتی و تعیین موقعیت‌های مناسب برای احداث گذرگاه غیرهمسطح عابر از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. بدین منظور نرم افزار Expert Choice مورد استفاده قرار گرفته است. در نهایت با ترکیب لایه‌های اطلاعاتی به کمک وزن‌های بدست آمده از تحلیل سلسله مراتبی، مکان بهینه گذرگاه‌های غیرهمسطح عابرپیاده تعیین خواهد شد.

## 4- معرفی داده‌های میدانی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی GIS

خیابان شریعتی تهران به عنوان نمونه مطالعاتی برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز به منظور مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده انتخاب شده است. این خیابان به عنوان یک خیابان شریانی درجه یک محسوب می‌گردد [12]. موقعیت ارتباطی خیابان شریعتی به لحاظ فراهم کردن دسترسی به مناطق مختلف شهر و همچنین وجود کاربری‌های مختلف جاذب سفر در طول این خیابان و کوچه‌های اطراف آن باعث افزایش تقاضای سفر در طول آن شده است. محدوده میدان قدس تا پل رومی به طول حدود 1500 متر با توجه به کاربری‌های حاشیه‌ای جاذب سفر آن و همچنین وجود مراکز آموزشی، بهداشتی و درمانی، اداری و تفریحی در طول خیابان و کوچه‌های اطراف آن از تقاضای سفر سواره و پیاده نسبتاً

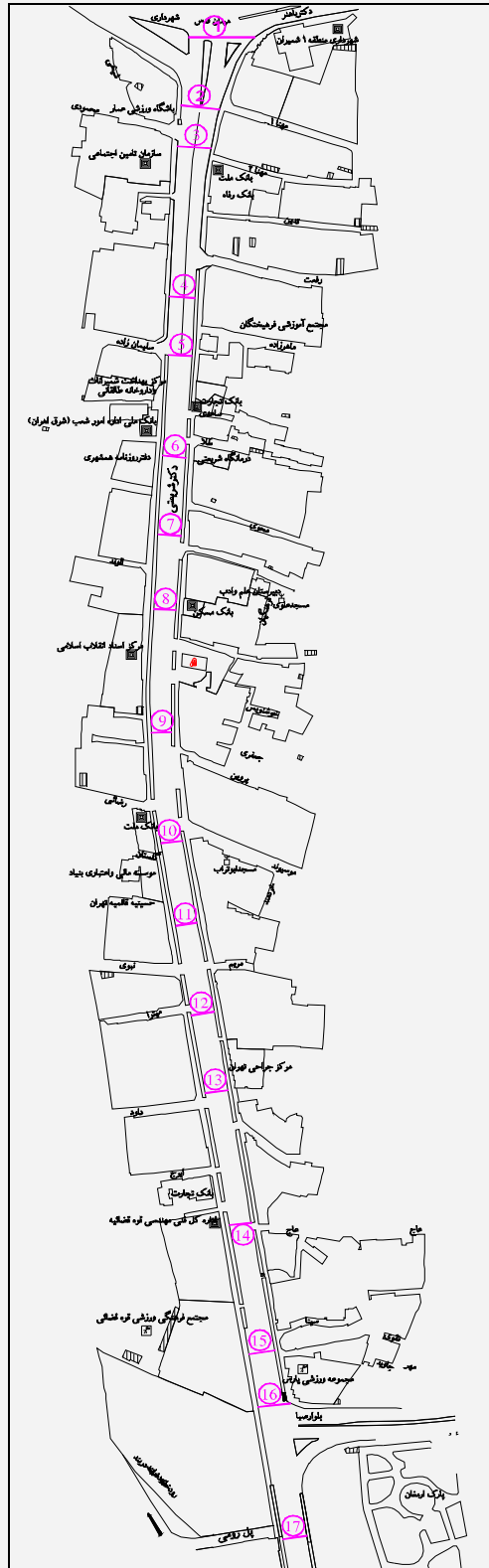
بالایی در ساعات اوج ترافیک و همچنین در غیر ساعات اوج برخوردار می باشند. لذا این محدوده به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شده است. ایستگاه های برداشت حجم وسایل نقلیه و عابر پیاده در شکل 1 نشان داده شده است. جدول 1 حجم وسایل نقلیه در ساعت اوج ایستگاه های آمارگیری وسایل نقلیه را نشان می دهد. لازم به ذکر است آمارگیری حجم وسایل نقلیه در ایستگاه های 1، 2، 3، 7، 10، 16 و 17 انجام شده است. حجم عابر پیاده عبوری از عرض خیابان نیز در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 1: حجم وسایل نقلیه ایستگاه های آماربرداری

شماره ایستگاه	حجم ساعت اوج
1	2265
2	2203
3	1231
7	2018
10	1576
16	903
17	2478

جدول 2: حجم عابر پیاده ایستگاه های آماربرداری

شماره ایستگاه	حجم عابر پیاده
1	2189
2	1414
3	798
4	247
5	232
6	220
7	418
8	95
9	144
10	129
11	72
12	53
13	84
14	99
15	84
16	110
17	144



شکل 1: ایستگاه‌های آمارگیری حجم وسایل نقلیه و عابر پیاده

یکی دیگر از داده‌های مورد نیاز برای انجام تحلیل‌های آتی، مدت زمان انتظار عابر برای به دست آوردن فاصله زمانی ایمن برای عبور از بین وسایل نقلیه است. بدین منظور شخص آماربردار با 5 مرتبه عبور در شرایط سرعت نرمال پیاده‌روی زمان‌های انتظار برای به دست آوردن فاصله زمانی ایمن بین عبور وسایل نقلیه برای گذر از عرض خیابان را ثبت کرده است. میانگین زمان‌های انتظار ثبت شده در 5 مرتبه عبور شخص به عنوان زمان انتظار عابر برای عبور از عرض خیابان در نظر گرفته شده است [13]. در جدول-3 زمان‌های ثبت شده نشان داده شده است.

جدول 3: زمان انتظار عابر برای عبور از خیابان در ایستگاه‌های آمارگیری عابرپیاده

شماره ایستگاه آمارگیری	فاصله زمانی مورد نیاز (ثانیه)
1	80
2	10
3	4
4	5
5	4
6	4
7	5/5
8	6/75
9	5/75
10	6
11	4/5
12	4/5
13	4/75
14	4/5
15	3
16	70
17	78

سرعت وسایل نقلیه به عنوان یک پارامتر مهم در مطالعات عابرپیاده در نظر گرفته می شود. بدین منظور با حرکت وسیله نقلیه در سرعت نرمال جریان ترافیک، فاصله زمانی‌ای که وسیله نقلیه از یک تقاطع تا تقاطع مجاور را طی می کند ثبت کرده و با توجه به طول بین دو تقاطع، سرعت سفر متوسط در لینک مورد نظر محاسبه می گردد. در جدول 4 سرعت متوسط معبر در نقاط آماربرداری شده نشان داده شده است.

جدول 4: سرعت متوسط معابر محدوده مطالعاتی

ردیف	حداصل خیابان ها	سرعت متوسط (Km/hr)
1	باهنر تا برادران واعظی	17
2	برادران واعظی تا موسیوند	19
3	موسیوند تا بلوار صبا	34
4	بلوار صبا تا پل رومی	10
5	بعد از پل رومی	20

معمولاً در مطالعات و ارزیابی اقتصادی بسیاری از پروژه‌ها، یکی از پارامترهای اساسی میزان تصادفات می‌باشد و از این واقعیت سرچشمه می‌گیرد که تصادفات یکی از منابع اصلی ضرر و زیان‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع است. بدین منظور یکی از پارامترهای اساسی در مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده، تعداد تصادفات عابرپیاده اتفاق افتاده در محدوده مورد بررسی است. این اطلاعات از اداره راهنمایی و رانندگی شهر تهران برای خیابان شریعتی از سال 1383 تا 1387 دریافت شده است. فاصله دید به عنوان یکی از پارامترهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده، فاصله دید توقف در نظر گرفته شده است که این پارامتر از فرمول زیر محاسبه می‌گردد [14].

(1)

$$S = 0.27Vt + \frac{V^2}{254(F \pm G)}$$

که در رابطه فوق

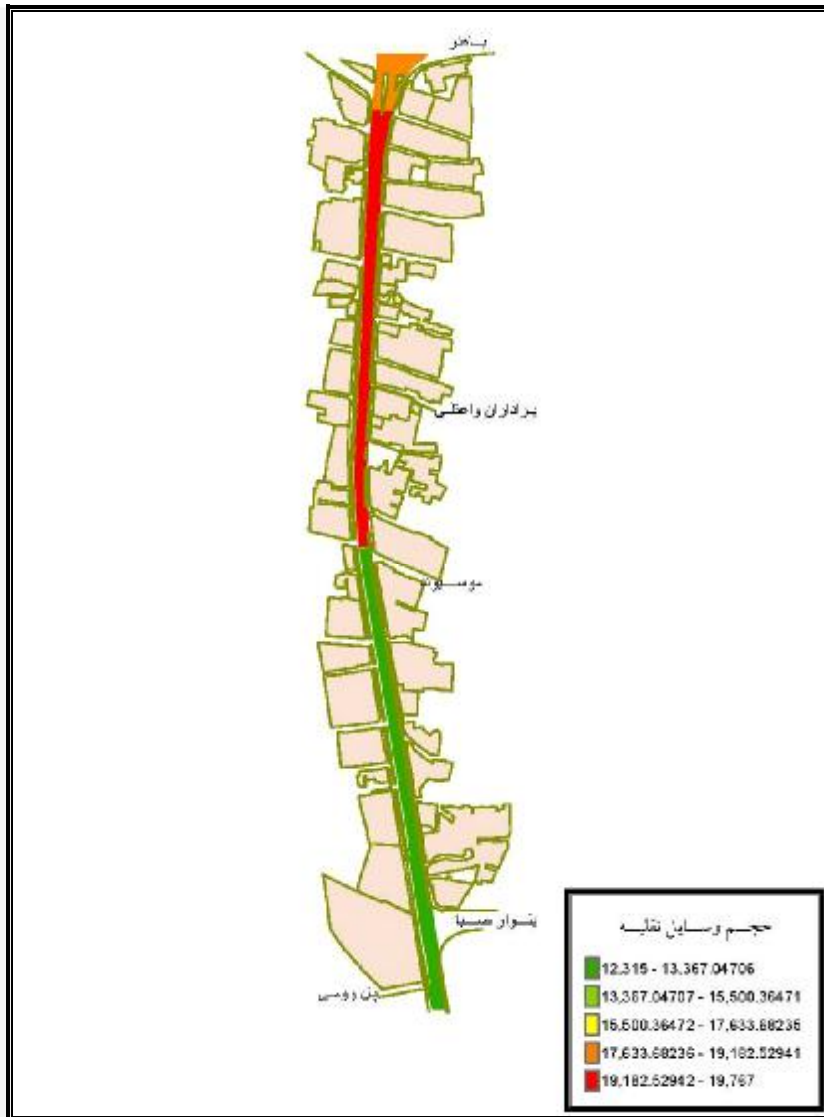
V: سرعت خودرو بر حسب Km/hr

F: ضریب اصطکاک در امتداد حرکت در روسازی خیس

G: قدرمطلق شیب راه بر حسب درصد که مقدار آن در سربالایی مثبت و در سرپایینی منفی خواهد بود. اطلاعات مربوط به مشخصات هندسی مقطع و کاربری نیز با برداشت میدانی گردآوری شده است. ذکر این نکته لازم است که با بررسی آیین‌نامه‌های مختلف مشخص شده است که حداقل فاصله مناسب بین یک گذرگاه غیرهمسطح عابرپیاده و یک گذرگاه ایمن عابرپیاده مجاور آن 200 متر می‌باشد.

##### 5- تهیه لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای مکانیابی و ترکیب آن‌ها

پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، لایه‌های اطلاعاتی هر یک از پارامترهای مکانیابی با توجه به اطلاعات برداشت شده در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه می‌شود. شکل 2 نمونه‌ای از لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده که اختصاص به حجم وسایل نقلیه دارد را نشان می‌دهد.



شکل 2: لایه اطلاعاتی حجم وسایل نقلیه

به این ترتیب لایه‌های اطلاعاتی حجم عابرپیاده، فاصله دید، فاصله زمانی مورد نیاز برای عبور از عرض خیابان، سرعت وسایل نقلیه، فاصله از گذرگاه عابرپیاده مجاور، فاصله از تقاطع مجاور، تعداد خطوط عبوری وسایل نقلیه و تصادفات عابرپیاده تهیه شده است. برای ترکیب لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده لازم است میزان تاثیر هریک از پارامترهای مکانیابی در تعیین نوع و مکان بهینه گذرگاه‌های عابرپیاده مشخص شود. بدین منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی در این مقاله استفاده شده است. در گام اول پرسشنامه‌ای تنظیم و طی سه مرحله ویرایش و اصلاح طبق نظر کارشناسان ترافیکی، فرمت آن نهایی شد. این پرسشنامه در اختیار متخصصین سازمان حمل و نقل و ترافیک، سازمان کنترل ترافیک، پژوهشکده حمل و نقل، کارشناسان با تجربه راهنمایی و رانندگی، اساتید دانشگاهی و افراد با تجربه و



متخصص، خصوصاً آشنا با مسائل عابرپیاده قرار گرفته است. در شکل 3 ساختار سلسله مراتبی در نظر گرفته شده برای تعیین وزن پارامترهای مؤثر در امر مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده ارائه شده است.



شکل 3: ساختار سلسله مراتبی تعیین نوع تسهیلات مناسب عابرپیاده

پس از جمع آوری پرسشنامه‌ها، نظرات کارشناسان با استفاده از میانگین هندسی تلفیق و ماتریس‌های مقایسه نهایی تعیین شدند. این ماتریس‌های مقایسه در نرم افزار Expert Choice<sup>۱۱</sup> معرفی و وزن‌های نهایی هر یک از لایه‌های اطلاعاتی مشخص گردید. در ادامه مراحل انجام این فرآیند توضیح داده شده است.

#### 5-1- مراحل تعیین وزن لایه‌ها در نرم افزار Expert Choice

اولین گام در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد ساختار سلسله مراتبی با توجه به هدف مسئله است [15]. در شکل 3 ساختار سلسله مراتبی مفروض برای انتخاب نوع تسهیلات مناسب عابرپیاده ارائه شده است. برای انجام تحلیل‌های آتی لازم است ساختار مفروض در نرم افزار Expert Choice وارد شود. یکی از قابلیت‌های این نرم افزار، امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی است. ساختار سلسله مراتبی مورد نظر در چهار سطح تعریف شده است. سطح یک در سلسله مراتبی هدف را نشان داده که تعیین نوع مناسب تسهیلات عابرپیاده در نظر گرفته شده است. در سطح دوم معیارهای مسئله که همان پارامترهای مؤثر در تعیین نوع و مکان بهینه تسهیلات عابرپیاده می باشد، مطرح گشته و در سطح سوم زیر معیارهای یکی از پارامترهای تعیین نوع مناسب تسهیلات عابرپیاده (کاربری) معرفی شده است. در سطح چهارم نیز گزینه‌ها (انواع تسهیلات مفروض عابرپیاده) نشان داده شده اند. پس از تعریف ساختار سلسله مراتبی در محیط نرم افزار، گام بعد ارزیابی عناصر با مقایسه زوجی می باشد. مقایسه زوجی، فرآیندی برای مقایسه اهمیت، ارجحیت یا درستی‌نمایی دو عنصر نسبت به عنصر سطح بالاتر است [15].

پس از وارد کردن ماتریس‌های مقایسه زوجی حاصل از نظر سنجی کارشناسان در نرم‌افزار، وزن مطلق هر یک از پارامترها که نشان دهنده میزان تاثیر پارامتر مفروض در تعیین نوع و مکان بهینه گذرگاه‌های عابرپیاده می باشد، به کمک نرم‌افزار تعیین می گردد. لازم به ذکر است میزان نرخ ناسازگاری سلسله مراتبی از 0/1 کوچکتر بوده و نشان دهنده مطلوبیت قضاوت‌ها در خصوص معیارهای مورد بررسی است [15]. در جدول 5 خلاصه نتایج وزن‌های محاسبه‌شده در خصوص پارامترهای مکانیابی برای احداث گذرگاه غیرهمسطح عابر ارائه شده است.

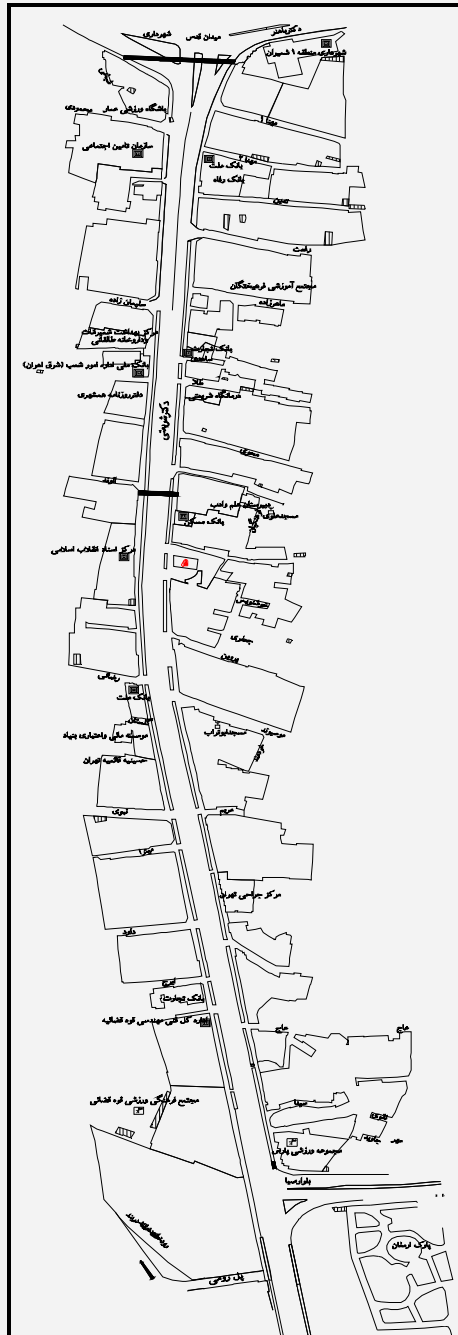
جدول 5: میزان تاثیر پارامترهای مؤثر در مکانیابی گذرگاه غیرهمسطح عابر

وزن پارامتر	نوع پارامتر
0/26	حجم عابر پیاده
0/178	حجم وسایل نقلیه
0/01	کاربری مسکونی
0/015	کاربری تفریحی
0/07	کاربری آموزشی
0/022	کاربری تجاری
0/03	کاربری بهداشتی - درمانی
0/017	کاربری اداری
0/235	تصادفات عابر پیاده
0/04	زمان انتظار عابر پیاده
0/037	فاصله دید توقف وسایل نقلیه
0/033	سرعت وسایل نقلیه
0/053	عرض خیابان عبوری

#### 6- تعیین مکان بهینه گذرگاه غیرهمسطح عابر پیاده

الگوریتم معرفی شده در نرم افزار به منظور تعیین بهترین مکان احداث تسهیلات عابر پیاده به این صورت می باشد که در گام اول نرم افزار از بین تمام مقاطع عرضی محدوده مورد مطالعه، مقطعی که بیشترین مطلوبیت گذرگاه غیرهمسطح عابر را داراست انتخاب می کند. در گام بعد با رعایت حداقل فاصله لازم بین تسهیلات عرضی عابر پیاده، دومین مقطع از لحاظ مطلوبیت احداث گذرگاه غیرهمسطح عابر پیاده انتخاب می شود. این روند تا بررسی تمام نقاط محدوده مطالعاتی ادامه خواهد داشت. در شکل 4 خروجی نهایی نرم افزار به منظور احداث گذرگاه غیرهمسطح عابر پیاده نشان داده شده است. باتوجه به شکل مقابل کوچه الوند و تقاطع خیابان شهید باهنر و دکترا شریعتی به عنوان مکان‌های پیشنهادی به

منظور احداث پل عابر پیاده می باشند. وجود دبستان در کوچه الوند و کاربری های آموزشی در کوچه های اطراف علاوه بر کاربری های تجاری و اداری طرفین محدوده مورد نظر از دلایل پیشنهاد احداث گذرگاه غیرهمسطح در این نقطه است. همچنین وجود حجم زیاد عابر پیاده عبوری از عرض خیابان و ثبت 10 تصادف جرحی عابر در تقاطع خیابان شهید باهنر و دکتر شریعتی، از جمله دلایل احداث تقاطع غیرهمسطح عابر در این محدوده است.



شکل 4: مکان بهینه ایجاد گذرگاه غیرهمسطح عابر پیاده

## 7- نتیجه گیری

در این مقاله پس از شناسایی پارامترهای مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده، لایه‌های اطلاعاتی این پارامترها در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه و با استفاده از وزن‌های بدست‌آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی با کمک نرم‌افزار *Expert Choice*، با یکدیگر ترکیب و خروجی نهایی حاصل گردید. مراحل فوق برای یک نمونه مطالعاتی در خیابان شریعتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحلیل موقعیت مناسب گذرگاه غیرهمسطح عابرپیاده محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به طور خلاصه نتایج حاصل از این مطالعه را می‌توان به شرح ذیل بیان نمود:

- هرچه فراوانی تصادفات عابرپیاده اتفاق افتاده در یک نقطه بیشتر باشد، احتمال انتخاب گذرگاه غیرهمسطح افزایش خواهد یافت.
- حجم عابرپیاده، تصادفات عابرپیاده و حجم وسایل نقلیه در انتخاب گذرگاه غیرهمسطح از اهمیت بیشتری برخوردار است.
- با پیش‌بینی موقعیت بهینه احداث گذرگاه عابرپیاده، هزینه‌های تحمیلی در خصوص ساخت، اجرا و نگهداری گذرگاه‌های غیرهمسطح عابرپیاده کاهش خواهد داشت.
- مکانیابی گذرگاه‌های عابرپیاده با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS با توجه به توانایی‌های ویژه این نرم‌افزار در مدیریت بانک‌های اطلاعاتی و همچنین در بحث‌های مکانیابی، یک روش بسیار مناسب می‌باشد.

## منابع

- [1]- معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی (1375)، "تسهیلات پیاده روی (جلد دوم) توصیه‌ها و معیارهای فنی"، سازمان برنامه و بودجه، 1375.
- [2] سازمان شهرداری‌های کشور، "ضوابط جانمایی و احداث پل‌های عابرپیاده مکانیزه با مشارکت بخش خصوصی"، دفتر هماهنگی حمل و نقل و ترافیک.
- [3]. U.S. Department of transportation, Federal highway administration (2003), "Manual on Uniform Traffic Control Devices", 2003.
- [4]. Shawn Turner, Laura Sandt, Jennifer Toole, Robert Benz, and Robert Patten (2006), "Federal Highway Administration University Course on Bicycle and Pedestrian Transportation", Federal Highway Administration (FHWA), July 2006.
- [5]. Transportation research board (2000), "Highway Capacity Manual", National Research Council, Washington, D.C., 2000.
- [6]. Nazir Lalani & The ITE Pedestrian And Bicycle Task Force (2001), "Alternative Treatments for At-Grade Pedestrian Crossing", Institute of Transportation Engineers 2001.
- [7]. American Association of State, Highway and Transportation Officials (2001), "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", Washington, D.C., 2001.
- [8]. Transplan Associates (1996), "Pedestrian Crossing Treatment Warrants", City Of Boulder Transportation Division, 1996.



[9]. Washington State Department of Transportation (2009), "*Pedestrian Design Considerations*", Warwickshire County Council, June 2009.

[10]. Arizona Department of Transportation (2008), "*Pedestrian Crosswalks*", November 2008.

[11]. Maricopa Association of Governments (2005), "*Pedestrian Policies and Design Guideline*", City Of Boulder Transportation Division, April 2005.

[12]- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (1386)، "حمل و نقل و ترافیک تهران در یک نگاه"، انتشارات شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، 1386.

[13]. Graeme Fitton, Planning, Transport and Economic Strategy (2006), "*Policy for the Provision of Pedestrian Crossings and Pedestrian Phases at Traffic Signals*", Warwickshire County Council, 2006.

[13]. Ruediger Iamm, Basil Psarianos, Theodor Analaender, (1999) "*Highway Design And Traffic Safety Engineering Handbook*" Mc Graw-Hill, 1999.

[15]- دکتر سید حسن قدسی پور، (1387) "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، زمستان 1387.