



فصلنامه علوم محیطی، دوره بیستم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱

۲۵۹-۲۷۶

مقاله پژوهشی

شاخص قابلیت پیاده‌روی: رویکردی برای توسعه پایدار شهری (مورد مطالعه: منطقه ۱۶ شهرداری تهران)

حسین وحیدی^۱، مجید رضانی مهریان^۲، حسین خسروی^۳، آزاده علی حسینی^۴ و امین جلاپور^{۵*}

^۱ گروه پژوهشی محیط‌زیست، پژوهشکده محیط‌زیست، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فن‌آوری پیشرفته، کرمان، ایران

^۲ گروه مطالعات محیطی، پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی (سمت)، تهران، ایران

^۳ گروه آموزشی طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران

^۴ گروه طراحی شهری، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۵ گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۱۶

وحیدی، ح.، م. رضانی مهریان، ح. خسروی، آ. علی حسینی و ا. جلاپور. ۱۴۰۱. شاخص قابلیت پیاده‌روی: رویکردی برای توسعه پایدار شهری (مورد مطالعه: منطقه ۱۶ شهرداری تهران). فصلنامه علوم محیطی. ۲۰(۴): ۲۵۹-۲۷۶.

سابقه و هدف: توسعه زیرساخت‌های لازم برای بهبود قابلیت پیاده‌روی (پیاده‌رواری) در مناطق شهری نقش مهمی در توسعه پایدار شهری دارد و از جنبه‌های مختلف محیط زیستی، سلامت عمومی و عدالت اجتماعی می‌تواند باعث بهبود کیفیت زندگی در شهر شود. بر این اساس هدف این مطالعه معرفی شاخصی برای ارزیابی قابلیت پیاده‌روی با رویکرد توسعه شهر پایدار در منطقه ۱۶ شهرداری تهران به‌عنوان یکی از سبزترین مناطق شهری تهران بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از روش تحقیق اسنادی، به مطالعه و جمع‌آوری معیارها، کیفیت‌ها، ویژگی‌ها و متغیرهای کالبدی، عملکردی و فضایی محیط انسان‌ساخت مؤثر بر پیاده‌روی در منطقه ۱۶ شهرداری تهران پرداخته شده است. سپس با استفاده از تحلیل مکانی GIS و ارجحیت بندی شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به قابلیت پیاده‌روی بخش‌های مختلف منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

نتایج و بحث: معیارهای مؤثر بر پیاده‌روی در منطقه ۱۶ شهر تهران در ۹ دسته اصلی و ۳۰ زیر معیار به حالت ساختار سلسله مراتبی دسته‌بندی و اطلاعات مکانی و فضایی آن‌ها گردآوری شد. تنوع و طیف وسیع شاخص‌های مورد ارزیابی تحلیل جامعی از وضعیت موجود را نتیجه می‌دهد که می‌توان آن را یکی از نقاط قوت این مطالعه دانست. هر یک از این شاخص‌ها برای منطقه مورد مطالعه مورد تحلیل و وضعیت قابلیت پیاده‌روی در منطقه ۱۶ شهرداری تهران بر اساس هر یک از شاخص‌های مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از ارجحیت بندی معیارهای بر اساس نظر خبرگان و روی هم‌گذاری لایه‌های مختلف در نهایت نقشه درجه قابلیت پیاده‌روی (پیاده‌رواری) و نقشه

* Corresponding Author: Email Address. Amin.jalayer@ut.ac.ir

<http://dx.doi.org/10.48308/envs.2022.1165>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1401.20.4.12.7>

درجه قابلیت پیاده‌روی شبکه معابر در سطح منطقه ۱۶ شهرداری تهران به دست آمد. بر نتایج به‌دست‌آمده ارزش فضایی به ترتیب در محلات خزان، نازی‌آباد و باغ آذری بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. علاوه بر این به ترتیب خیابان‌های بخارایی، خیابان مدائن، خیابان رجایی و خیابان مجاور بوستان بعثت عنوان محورها با بالاترین میزان پیاده‌روی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند.

نتیجه‌گیری: محورهای پیاده‌رهور مشروط بر بررسی‌های تفصیلی ترافیک، بهترین مکان‌ها برای تعریف پیاده‌راه و یا سبز راه‌های شهری شناسایی شدند و از آنجاکه این محورها حجم ترافیک پیاده‌بالایی را به خود اختصاص می‌دهند اهمیت توجه به نیازهای انسان پیاده در آن‌ها بسیار حائز اهمیت است. سه محله نازی‌آباد، علی‌آباد شمالی و خزان به‌عنوان سه منطقه مناسب برای توسعه محورهای پیاده‌رهور منطقه شناسایی و جهت تمرکز بیشتر شهرداری منطقه معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: توانایی پیاده‌روی، منطقه شهری، ArcGIS، تحلیل سلسله‌مراتبی، شهرداری تهران.

مقدمه

دسترسی عمومی؛ اختلاط کاربری‌ها؛ حفاظت از فضاهای سبز؛ افزایش قابلیت پیاده‌روی و بهبود شبکه حمل‌ونقل عمومی می‌شود (Fernandez-Maldonado, 2012; Urbanism, 2000). با توجه به توضیحات مطرح‌شده به نظر می‌رسد، خصوصیات فضایی شهر (توزیع فضایی کاربری‌ها و خدمات در سطح شهر) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. برای مثال آلودگی به نسبت خصوصیات فضایی در سطح شهر پراکنش دارد؛ بنابراین تعیین محل مناسب برای کاربری صنعتی، حمل‌ونقل عمومی، خدمات آموزشی، بهداشتی و تفریحی برای ساخت شهر پایدار امری حیاتی است.

این مقاله درصدد توسعه چنین شاخصی است و با توجه به اهمیت مقوله پیاده‌روی و ارتباط آن با سایر مباحث مرتبط با توسعه شهر پایدار عنوان قابلیت پیاده‌روی را برای آن انتخاب‌شده است. این پیشنهاد بر اساس این فرض که شهر پیاده‌محور اغلب ویژگی‌های شهر پایدار را دارا است مطرح‌شده است. شهر پیاده‌محور شهری است که در آن اختلاط کاربری‌ها صورت پذیرفته؛ از پراکنش مناسب فضای سبز برخوردار است؛ دسترسی پیاده به خدمات مختلف در آن فراهم است و ساکنان آن تمایل زیادی به پیاده‌روی دارند. در یک شهر پیاده‌محور سرانه مصرف انرژی و تولید آلودگی پایین است. همچنین به‌واسطه تأثیر پیاده‌روی بر سلامت افراد، یک شهر پیاده‌محور از سطح بالای سلامت عمومی برخوردار است.

در دنیای کنونی شهرها بخش عمده‌ای از جمعیت را در خود جای داده‌اند. بر اساس برآوردهای سازمان ملل تا سال ۲۰۳۰، جمعیت شهرها به حدود ۶۰ درصد افزایش خواهد یافت و تا سال ۲۰۴۵ جمعیت شهرها به بیش از ۶ میلیارد خواهد رسید (Desa, 2018; Nations, 2014) که این روند، چالشی جدی در مسیر تحقق توسعه پایدار است. شهرها با توجه به تراکم جمعیت، تمرکز فعالیت‌های انسانی و فشار بر محیط‌زیست از مهم‌ترین موانع پیش‌روی توسعه پایدار هستند. بر این اساس، موضوعاتی از قبیل چگونگی توسعه، شکل‌دهی و مدیریت شهرها همواره بخش عمده‌ای از مباحث مرتبط با توسعه پایدار را به خود اختصاص می‌دهد.

شهر پایدار شهری است که در آن، میان توسعه نواحی شهری و حفاظت از محیط‌زیست توازن برقرار باشد و همچنین از سطح بالایی از عدالت اجتماعی برخوردار باشد (Hiremath et al., 2013). با توجه به این تعاریف و به‌طور خلاصه می‌توان عناوین مرتبط با توسعه پایدار شهری را شامل: حمل‌ونقل، کاربری زمین، توزیع فضایی خدمات، حفاظت محیط‌زیست، عدالت اجتماعی و زیرساخت‌های سبز دانست (Telega et al., 2021). در ادبیات مربوط به توسعه شهر پایدار اصول اساسی توسعه شهر پایدار شامل مواردی از قبیل توسعه شهر متراکم و مقابله با توسعه شهری گسترده؛ افزایش دسترسی فضایی از طریق طراحی مطلوب شبکه دسترسی؛ ایجاد فضاها و شبکه‌های

بر اساس سه هدف سفر خاص (شغل، تحصیل و خرید) علاوه بر تمامی سفرها در ۱۱۲ منطقه تحلیل ترافیک شهر رشت، کالیبره شد. با توجه به نتایج این مطالعه، تنوع به‌عنوان بارزترین معیار شاخص‌های پیاده‌روی مشخص شد.

در مطالعه‌ای که توسط Mavoia *et al.* (2018) انجام شد، امکان‌سنجی محاسبه شاخص پیاده‌روی در کشور استرالیا با استفاده از اطلاعات کلان‌شهر ملبورن به‌عنوان مطالعه موردی بررسی گردید. این مطالعه بر چالش‌های دوگانه انتخاب یک معیار مناسب از ترکیب کاربری زمین و شناسایی منبع داده‌های کاربری مناسب متمرکز گردید. یک اندازه‌گیری ترکیبی کاربری اراضی آنتروپی با سه مجموعه داده مختلف کاربری زمین استرالیا محاسبه شد. مقایسه انجام‌شده از اقدامات ترکیبی کاربری اراضی حاصل، تفاوت‌ها را در مجموعه داده‌های کاربری زمین برجسته کرد که طبق آن به این نتیجه می‌توان رسید که هیچ‌یک از سه مجموعه داده کاربری زمین برای استفاده در یک معیار ترکیبی در سطح ملی مناسب نیستند.

در مطالعه‌ای که Labdaoui *et al.* (2021) انجام دادند، شاخص آسایش حرارتی را به مجموعه شاخص‌های متداول پتانسیل پیاده‌روی در مناطق شهری اضافه و به‌صورت موردی در منطقه‌ای در مرکز شهر آناپا الجزایر وضعیت پتانسیل پیاده‌روی را بررسی نمودند. برای این منظور، شاخص پیاده‌روی آسایشی (Comfort Walkability Index (CWI) در مقیاس میکرو محله پیشنهاد شد. نتایج نشان می‌دهد که بیش از ۹۵ درصد از شاخص‌های پیشنهادی بسیار مهم و ضروری برآورد شده‌اند. این مقاله اهمیت ارزیابی امکانات رفاهی عابر پیاده در مقیاس کوچک محله و توجه به اهمیت آسایش حرارتی در ارتقاء یک تجربه پیاده‌روی رضایت‌بخش را مورد توجه قرار داد.

با توجه به توضیحات ارائه‌شده، هدف این مقاله تدوین شاخصی برای ارزیابی و سنجش قابلیت پیاده‌روی در

سلامت عمومی به خاطر رابطه شدیدی که با دیگر بخش‌های توسعه دارد در سیاست‌های کلان‌شهرهای جهان از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است. فعالیت‌های فیزیکی منظم نتایج اثبات‌شده زیادی در کاهش مرگ غیرطبیعی و بیماری‌های قلبی-عروقی دارد. با این وجود زندگی مکانیکی امروزه، زمان انسان را برای انجام فعالیت‌های ورزشی محدود کرده است. لذا پیاده‌روی به‌عنوان متواترترین فعالیتی که به‌موازات دیگر افعال زندگی روزمره انجام می‌شود و زمان خاصی را به خود اختصاص نمی‌دهد، محمل مناسبی برای سرمایه‌گذاری عمومی و یا دولتی در بخش سلامت است. از طرف دیگر مشخص است که محورهای پرتردد پیاده به دلیل نظارت اجتماعی‌ای که تأمین می‌کنند، امنیت محیط را بسیار افزایش می‌دهند. سلامت بر دیگر جنبه‌های پایداری اجتماعی نیز تأثیرگذار است. به عبارت دیگر، سلامت بر کیفیت آموزش (به‌عنوان یکی از بخش‌های اصلی پایداری اجتماعی)، کیفیت زندگی و شغلی (به‌عنوان اهداف پایداری اجتماعی) و نهایتاً بر کیفیت روابط اجتماعی و میزان تساهل و اعتماد بین گروه‌های مختلف (به‌عنوان معیارهای اصلی سرمایه اجتماعی) تأثیری مستقیم می‌گذارد.

تحقیقات بسیاری نشان می‌دهد که محیط انسان‌ساخت تأثیر معنی‌داری بر میزان پیاده‌روی شهروندان دارد (Forsyth, 2015; Brownson, 2016; Rundle *et al.*, 2019). در این تحقیقات که عمدتاً در محیط شهری کشورهای غربی (و کمتر در کشورهای در حال توسعه) انجام شده، با روش‌های مختلف تحقیق (ذهنی و عینی) به استخراج معیارهای کالبدی مؤثر بر میزان پیاده‌روی اقدام شده است (Kashef, 2011; Cerin *et al.*, 2006; Owen *et al.*, 2004).

در مقاله‌ای (Habibian and Hosseinzadeh (2018) مفهوم شاخص پیاده‌روی بر اساس سهم پیاده‌روی منطقه‌ای در شهر رشت را توسعه دادند. شاخص پیاده‌روی

به‌دست‌آمده، نقشه میزان پیاده‌مداری تدوین شود. نقشه نهایی به‌دست آمده از کاربردهای بسیار مهمی برخوردار است که یکی از آن‌ها امکان شناسایی نقاط ضعیف پیاده‌روی و تلاش برای برطرف کردن عدم جذابیت‌های محیطی برای این فعالیت فیزیکی است.

محدوده مورد مطالعه

منطقه ۱۶، به‌عنوان یکی از مناطق شهرداری تهران در جنوب شرقی این شهر واقع شده است. این منطقه از شمال به خیابان شوش، از جنوب به بزرگراه آزادگان، از شرق به خیابان فدائیان اسلام و از غرب به خیابان بهمن یار محدود می‌شود. منطقه ۱۶ دارای جمعیتی معادل ۲۹۱۱۶۹ نفر می‌باشد. سهم منطقه ۱۶ تهران از کل جمعیت شهر تهران ۳.۹۶ درصد می‌باشد.

انتخاب معیارها

در مطالعه‌ای که توسط *Pikora et al.* (2003) انجام شد، چارچوبی برای ارزیابی عوامل تعیین‌کننده محیطی پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری مورد مطالعه قرار گرفت. ایشان پس از مصاحبه با متخصصین موضوع و استفاده از روش دلفی، اقدام به پیشنهاد یک چارچوب چهار مؤلفه‌ای شامل عرصه‌های عملکردی، امنیت، زیبایی‌شناختی و مقصدی برای بررسی عوامل مؤثر بر میزان فعالیت‌های فیزیکی کرد که در بسیاری از مطالعات مشابه تاکنون به‌عنوان شاخص‌های اصلی مطالعه وضعیت پیاده‌روی در مناطق شهری مورد استفاده قرار گرفته است:

جدول ۱- دسته‌بندی عوامل مؤثر بر میزان پیاده‌روی و سلامت

Table 1. Factors that may influence walkability and health (Pikora et al., 2003)

نشانه‌گر Indicators	عناصر Elements	عوامل فیزیکی، محیط زیستی Physical environmental factors
وجود و دسترسی گزینه‌های مختلف حمل‌ونقل و زیرساخت (مثلاً راه‌های سواره، پیاده‌روها و مسیرهای دوچرخه)	سطوح پیاده Walking Surface	
Availability and accessibility of various transportation options and infrastructure (e.g., bike paths, sidewalks, and bike paths)	خیابان‌ها Streets	عملکردی Functional
کمک‌هزینه‌های دولت محلی برای مسیرهای پیاده و دوچرخه Local government grants for footpaths and cycle ways	ترافیک Traffic	
تواتر حمل‌ونقل‌های غیر موتوری (با توجه به هدف و مسافت سفر) Frequency of non-motorized transportation (according to the purpose and distance of travel)		

ادامه جدول ۲- دسته‌بندی عوامل مؤثر بر میزان پیاده‌روی و سلامت
Table 1. Cont. Factors that may influence walkability and health (Pikora *et al.*, 2003)

نشانهگر Indicators	عناصر Elements	عوامل فیزیکی، محیط زیستی Physical environmental factors
میزان اتصال بین کاربری‌های مسکونی و تجاری در مناطق با تراکم بالا The degree of connectivity between residential and commercial uses in high-density areas	نفوذپذیری Permeability	عملکردی Functional
وجود فاکتورهای حفاظتی اجتماعی و فقدان اختلالات و بزهکاری‌های اجتماعی The presence of social protection factors and the absence of social disorders and delinquencies	فردی Personal	ایمنی و امنیت Safety
تواتر و سرعت ترافیک Traffic frequency and speed	ترافیکی Traffic	
وجود جذابیت و آسایش Presence of attraction and comfort	منظر خیابان Streetscape	زیبایی‌شناختی Aesthetic
فقدان اغتشاشات فیزیکی Absence of physical disturbances	دیدها Views	
موجود و در دسترس بودن تسهیلات یا کیفیات طبیعی برای فعالیت Availability and availability of facilities or natural qualities for the activity	خدمات Facilities	مقصد سفر Destination
کمک‌هزینه‌های دولت محلی برای پارک‌ها و تسهیلات تفریحی Local government grants for parks and recreation facilities		

مقایسه زوجی و امتیازدهی مذکور نیز بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی صورت گرفت. در بخش «امتیاز نهایی معیارها» امتیاز به‌دست‌آمده از تحلیل‌های صورت گرفته در نرم‌افزار Expert Choice آورده شده است.

تلفیق معیارها و تدوین شاخص

تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیر معیارها، دوبه‌دو آن‌ها را باهم مقایسه می‌کنیم (Vahidi *et al.*, 2014). به‌عنوان مثال می‌گوییم که در مکان‌یابی سبزر راه معیار نزدیکی به یک کاربری مذهبی از اهمیت بالاتری برخوردار است یا واقع‌شدن در یک پیاده‌راه شهری؟ مبنای قضاوت در این امر مقایسه جدول ۹ کمیتی زیر است که بر اساس آن و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری معیار i نسبت به معیار j ، a_{ij} تعیین می‌شود. تمامی معیارها دوبه‌دو باهم مقایسه می‌شوند. لذا برای n معیار تعداد زوج قابل‌بررسی $n(n-1)/2$ می‌باشد. توضیحات تکمیلی درباره روش تحلیل سلسله مراتبی را می‌توان در منابع مختلفی مشاهده نمود که مرتبط‌ترین آن مطالعات (Saaty 2004) است.

در این مقاله یک چارچوب دومؤلفه‌ای برای بررسی وضعیت پتانسیل پیاده‌روی در منطقه ۱۶ تهران پیشنهاد شده است. لذا، پیاده‌مداری در یک مسیر به دو مؤلفه کیفیات مربوط به مسیر و کیفیات مربوط به مقصد مربوط است هرچند که گاهی تفکیک مسیر از مقصد به‌آسانی امکان‌پذیر نیست. بعلاوه در این قسمت به دلیل جلوگیری از تکرار مندرجات، از آوردن خلاصه عوامل مؤثر بر میزان پیاده‌روی خودداری شده است.

تحلیل ظرفیت معیارها

بایستی به این موضوع توجه داشت که کدام‌یک از کاربری‌ها، مراکز و عناصر کارکرد پیاده‌راه و یا سبزر راه‌های شهری را بهبود می‌بخشند. همچنین بایستی توجه داشت که ارزش (امتیاز) این عناصر، ویژگی‌ها و خدمات در تحلیل مکان‌یابی به‌هیچ‌وجه با یکدیگر برابر نیست؛ به‌عنوان مثال، معیار اختلاط کاربری‌ها نسبت به معیار تراکم انسانی از امتیاز بالاتر و عناصر سبزر عمومی در مقایسه با آن از امتیاز پایین‌تری برخوردار بوده‌اند. به این موضوع تعیین ظرفیت و وزن دهی بین معیارها گفته می‌شود. در این تحقیق امتیازدهی بین متغیرها بر اساس

جدول ۳- مقیاس ۹ کمیته ساعتی برای مقایسه زوجی معیارها
Table 2- Saaty's Scale of Importance Intensities (Saaty, 2004)

توضیح	تعریف Definition	درجه اهمیت یا ارجحیت Intensity of Importance
در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند. In achieving the goal, two criteria are equally important	اهمیت مساوی Equal Importance	1
است از آن‌دکی بیشتر از تجربه نشان می‌دهد که اهمیت Experience shows that i is slightly more important than j	اهمیت اندکی بیشتر Moderately Importance	2
است از بیشتر از تجربه نشان می‌دهد که اهمیت Experience shows that i is more important than j	اهمیت بیشتر Strungly Importance	3
است از خیلی بیشتر از تجربه نشان می‌دهد که اهمیت Experience shows that i is much more important than j	اهمیت خیلی بیشتر Very Strungly Importance	4
به اثبات رسیده است. z به اهمیت خیلی بیشتر It has been proven that i is much more important than j	اهمیت مطلق Extremely Importance	5
هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد. When there are intermediate states		2,4,6,8

داوری قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که اگرچه در تحلیل‌های سلسله مراتبی مبنای قضاوت گزینه‌ها در ارتباط با معیارها همان مقیاس ۹ کمیته ساعتی است (به‌گونه‌ای که این بار بجای سؤال «کدام معیار مهم‌تر است؟»، می‌بایست سؤال «کدام گزینه ارجح است؟» پرسیده شود) (Padash et al., 2021)؛ ولی در این طرح اولاً تعداد گزینه‌ها به تعداد تمامی نقاط شهر است (بی‌نهایت گزینه وجود دارد)، ثانیاً بجای قضاوت در مورد ارتباط گزینه و معیار، نزدیکی (هم‌جواری) گزینه با مکان معیار و با توجه به فاصله‌ای که معیار موردنظر تأثیرگذار خواهد بود، موردبررسی قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال این‌گونه گفته می‌شود که حداکثر فاصله‌ای که یک عابر پیاده برای نیل به مقصد خود تمایل به پیاده‌روی دارد ۴۰۰ متر است (Chippendale and Boltz, 2015). البته بایستی توجه شود که در این زمینه تحقیق روشمندی انجام‌نشده و بیشتر ابعاد بر اساس ذهنیات نویسنده و یا اندازه‌های جهانی است، درحالی‌که این موضوع (پیاده‌روی) شدیداً تحت تأثیر فرهنگ جوامع قرار دارد. بر این اساس حداکثر فاصله‌ای که یک مکان می‌تواند در ارتباط با یک کاربری مؤثر (در اینجا معیارهای مکان‌یابی)، تحت تأثیر قرار گیرد ۴۰۰ متر است. با این تفاوت که در ۵۰ متر اول تأثیر بسیار بیشتر، در ۵۰ متر دوم تأثیر کمی کمتر و به همین ترتیب، لذا بجای دسته‌بندی ۹ گانه

مقایسات زوجی در یک ماتریس $n \times n$ ثبت می‌شود و این ماتریس «ماتریس مقایسه زوجیات زوجی معیارها»، نامیده می‌شود. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل شروط معکوس در فرایند تحلیل سلسله مراتبی اگر اهمیت i نسبت به j برابر با $1/k$ باشد، پس اهمیت عنصر j نسبت به i برابر با k خواهد بود. در هر مقایسه زوجی دو مقدار a_{ij} و $1/a_{ij}$ خواهیم داشت. برای محاسبه ضریب اهمیت معیارها چند روش عمده از جمله روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و ... وجود دارد که محاسبه و مقادیر و بردارهای ویژه‌زمانی که ماتریس A دارای ابعاد بزرگی باشد بسیار طولانی و وقت‌گیر خواهد شد. لذا مقیاس ساعتی روش‌های تقریبی شامل مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی و ... را ارائه کرده است (Saaty, 2004). در این مطالعه از روش میانگین هندسی که دقت بیشتری نسبت به روش‌های تقریبی دارد، استفاده شده است. در این روش برای محاسبه ضریب اهمیت معیارها، ابتدا میانگین هندسی ردیف‌های ماتریس A را به دست آورده و سپس آن‌ها را نرمالیزه می‌کنیم.

تعیین ضریب اهمیت گزینه‌ها

بعد از تعیین ضرایب اهمیت معیارها، ضریب اهمیت گزینه باید تعیین شود. در این مرحله ارجحیت هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از معیارها مورد قضاوت و

اختصاص بخشی از اراضی آزادشده به سبز راه به تنهایی سه مورد را اصلاح می کند به این معنی که از یک سو موجب افزایش سرانه فضاهای سبز و باز شهری (به عنوان گونه ای از کاربری های خدماتی) می شود، از دیگر سو می تواند موجب کاهش آلودگی های محیطی گردد و نهایتاً در صورتی که جایگزین کاربری های صنعتی، کارگاهی، ترابری و انبارها شود، می تواند از نقش کارگاهی منطقه بکاهد.

بر این اساس در تحلیل مکان یابی سبز راه در منطقه ۱۶ شهر تهران می باید میزان نزدیکی به کاربری های عمومی از جمله کاربری های زیر به عنوان معیارهای اصلی در نظر گرفته شود کاربری های تجاری، فضای سبز، گردشگری و ... می باشد. همچنین تحقیقات نشان داده که میزان دسترسی به پایانه و ایستگاه های حمل و نقل شهری نیز بر روی پیاده مداری نقاط اطراف آن ها مؤثر است، لذا این مورد نیز، می بایست به لیست معیارهای مکان یابی اضافه شود. همچنین است در مورد دسترسی به تسهیلاتی همچون مکان های ورزشی که می بایست به لیست معیارها اضافه گردد.

در مقیاس کلان، بخش قابل توجهی از مقالاتی که بر پیاده رهواری متمرکزند، اذعان داشته اند که پیاده روی ساکنان و شهروندان به صورت معنی داری تحت تأثیر سه متغیر تراکم، درهم تنیدگی شبکه و تنوع و اختلاط کاربری زمین قرار دارد. بر این اساس ضروری است که عناصر مذکور نیز در مکان یابی پیاده راه یا سبز راه شهری مورد استفاده قرار گیرند.

در رابطه با شبکه معابر متأسفانه همان طور که گفته شد در سطح اطلاعات سیستم جغرافیایی تهران، اطلاعاتی در زمینه کیفیت معابر و عرض پیاده روها در زمان این تحلیل در اختیار نیست تا موارد مذکور نیز در تحلیل نهایی وارد شوند. همچنین است در مورد کیفیت امنیت که به عنوان معیار مهمی بر روی پیاده مداری از آن یاد شده است. باین حال در این تحلیل

ساعتی که گزینه ها نسبت به معیارها بررسی می شدند در اینجا گزینه ها نسبت به نزدیکی به مکان ها اندازه گیری می شوند.

تعیین امتیاز نهایی (اولویت) گزینه ها

تا این مرحله، می بایست ضرایب اهمیت معیارها در ارتباط با هدف و نیز ضرایب اهمیت (امتیاز) گزینه ها در ارتباط با هر یک از معیارها اندازه گیری شده باشد. در این مرحله از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، «امتیاز نهایی» هر یک از گزینه ها تعیین خواهد شد. این کار نیز بر اساس «اصل ترکیب سلسله مراتبی» ساعتی که منجر به یک بردار اولویت با در نظر گرفتن همه قضاوت ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می شود، استفاده خواهد شد.

$$g_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m W_k W_i (g_{ig}) \quad (1)$$

که در آن W_k ضریب اهمیت معیار k ، W_i ضریب اهمیت معیار i و g_{ij} امتیاز گزینه i در ارتباط با معیار i است.

محاسبه ارزش های فضایی نهایی

طبق نتایج بخش قبل به تفکیک معیارهای مؤثر بر مکان گزینی سبز راه، مورد امتیازدهی قرار گرفت. در این بخش برآیندی از کل امتیاز معیارها به دست می آید. قابل ذکر است که امتیاز معیارها برابر نخواهد بود. امتیاز نهایی هر گزینه که در این طرح گزینه های مکان یابی کلیه نقاط روی نقشه است، همانند مرحله قبل از معادله ۱ به دست می آید. بر این اساس امتیاز نهایی نقاط برای مکان یابی سبز راه به دست خواهد آمد.

نتایج و بحث

مکان یابی پیاده راه و یا سبز راه در منطقه ۱۶ شهرداری تهران خود یکی از اقداماتی است که می تواند تأثیر قابل توجهی در تغییر نگرش نسبت به منطقه داشته باشد. کاستن از نقش کارگاهی منطقه در عین

صرفاً به تحلیل تراکم معابر با توجه به عرض معبر (فارغ از نسبت بین پیاده و سواره) اکتفا شده است. نهایتاً باید توجه داشت که تحقیقات بر پیچیدگی فضایی به‌عنوان یک معیار اصلی با شاخص‌های اختلاط کاربری‌ها و کاربری‌های مختلط تأکید داشته‌اند. لذا نه تنها باید چنین کاربری‌هایی به لیست معیارها اضافه شود، بلکه می‌بایست، از فضاها تک عملکردی (خصوصاً با کاربری‌های صنعتی و نظامی) به‌عنوان کاربری‌های ناسازگار (رجوع شود به بخش‌های قبلی) دوری جست. سازگاری اندک پیاده راه‌های شهری با فضاها درمانی بدین دلیل است که اگرچه این کاربری در فعالیت‌های تفریحی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، با این حال حجم قابل توجهی از ترافیک پیاده برای مراجعه مستقیم و یا بازدید اقوام و دوستان بستری شده بدان رجوع می‌کنند. بر این اساس میزان ناسازگاری این کاربری به‌اندازه ناسازگاری کاربری‌های صنعتی و نظامی نیست. لذا بر اساس آنچه گفته شد، معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پیاده راه و سبز راه‌های شهری را می‌توان به‌صورت جدول صفحه بعد خلاصه کرد. شرح دقیق کلیه آیتم‌های این جدول (عناصر، خدمات، ویژگی‌ها و فعالیت‌های مذکور) در بخش‌های بعدی آورده شده است. نهایتاً باید توجه داشت که این جدول، برای ارزیابی امتیاز (وزن) نسبی هر یک از این معیارها، نسبت به یکدیگر کافی نیست؛ این مهم در بخش آخر، بر اساس جدول ارزیابی ۹ کمیته ساعتی صورت می‌پذیرد.

در ادامه شاخص‌های اصلی مدل برای منطقه ۱۶ شهرداری تهران توضیح داده شده‌اند:

تراکم انسانی: در این تحقیق از جمعیت بلوک‌های آماری و با استفاده از تحلیل تراکم کرنل (Kernel Density) برای امتیازدهی فضایی به منطقه ۱۶ شهرداری تهران استفاده شده است.

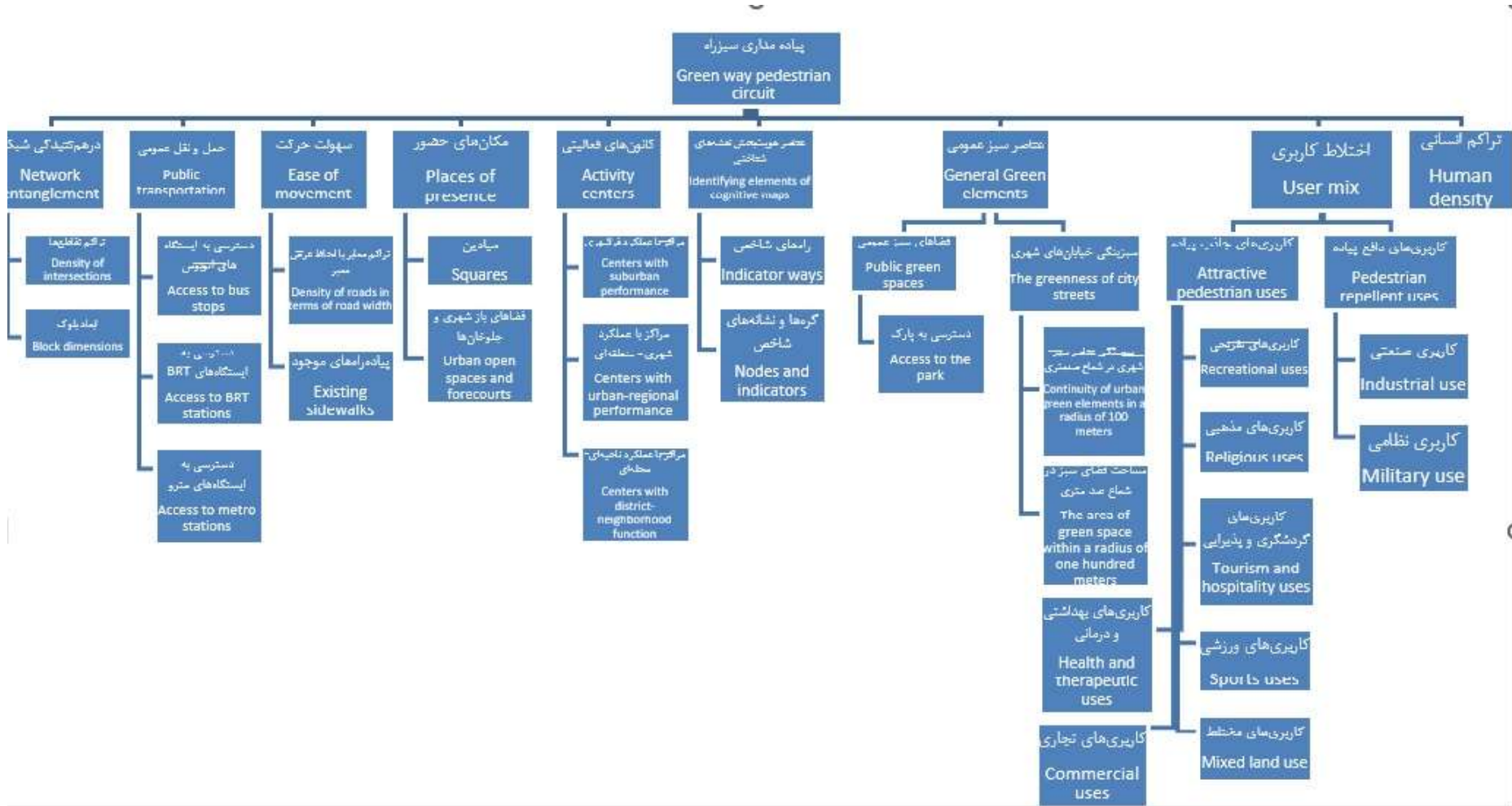
اختلاط کاربری: تقریباً تمامی سفرهای روزانه شهری به‌قصد رسیدن به یک مکان مشخص صورت می‌پذیرد. این مکان‌های مشخص همان کاربری‌های شهری هستند. با این حال باید توجه داشته که نه تنها تمامی کاربری‌ها از یک‌میزان توانایی در جذب عابر پیاده برخوردار نیستند بلکه برخی از کاربری‌ها نه تنها جاذب نیستند، بلکه عابران پیاده را از خود دور می‌کنند.

کاربری‌های جاذب پیاده: کاربری‌های جاذبی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند شامل تجاری، مذهبی، ورزشی، تفریحی، گردشگری، مختلط غیرمسکونی، تجاری، بهداشتی و درمانی بوده است. با استفاده از تحلیل کرنل و تحلیل شبکه، ارزش فضایی به‌دست‌آمده منتج از هم‌جواری مکان‌های منطقه ۱۶ با این کاربری‌ها به‌دست‌آمده است.

کاربری‌های دافع پیاده: کاربری‌های دافع پیاده‌روی‌های شهری شامل دو کاربری صنعتی و نظامی است. با استفاده از تحلیل کرنل و تحلیل شبکه، ارزش فضایی به‌دست‌آمده منتج از هم‌جواری مکان‌های منطقه ۱۶ با این کاربری‌ها به‌دست‌آمده است.

عناصر سبز عمومی: فضاها سبز عمومی که خود به دودسته عمده عناصر سبز قابل دسته‌بندی هستند، تأثیر قابل توجهی بر میزان پیاده‌روی شهروندان دارند تأثیر معنی‌دار فضاها سبز و توانایی آن‌ها در جذب عابر پیاده یکی به دلیل بهبود و ارتقاء منظر فضاها شهری و دیگری به دلیل ایجاد آسایش اقلیمی در خرده فضاها شهری است.

عناصر هویت‌بخش در نقشه‌های شناختی: نقشه‌های شناختی و اهمیت آن در خوانایی فضاها شهری از زمان نظریه‌پرداز شهری کوین لینچ مورد توجه قرار گرفت. امروزه تحقیقات نشان می‌دهد که برهم‌کنش قابل توجهی بین وضوح نقشه‌های شناختی و تعدد عناصر شاخص در آن‌ها و میزان پیاده‌روی شهری وجود دارد



شکل ۱- معیارهای موثر بر مکان یابی پیاده راه ها و سبزه راه های منطقه ۱۶ شهر تهران
 Fig. 1- Criteria affecting the location of sidewalks and greenways in the 16th district of Tehran

مورد استفاده قرار می‌گیرد و خودروی شخصی اجازه ورود در آن ندارد)، استعمال‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که درون منطقه ۱۶ هیچ پیاده‌روی وجود ندارد. این موضوع چندان هم عجیب نیست، زیرا که عمده پیاده راه‌های شهری در بخش‌های تاریخی و توریستی مکان‌یابی می‌شوند. در رابطه با عرض و کیفیت پیاده‌روها نیز متأسفانه نقشه‌های GIS شهر تهران، فاقد هرگونه اطلاعاتی است. با این حال تنها روش دست‌یابی به این متغیر رجوع به عرض معابر موجود بوده است. با این پیش‌فرض که هرچه عرض معبر بیشتر می‌شود، عرض پیاده‌رو نیز افزایش می‌یابد. این موضوع تا خیابان‌های شهری (با عرض ۳۰ متر) صادق است. به عبارتی در معابر عریض‌تر کارا کتر معبر تغییر کرده و به عبوری و بزرگراهی تبدیل می‌شود. چنانچه پرواضح است، معابر کلان‌مقیاس توان جذب پیاده را ندارند. بر این اساس برای اندازه‌گیری معیار سهولت حرکت تنها از «تراکم معابر با لحاظ عرض معبر» استفاده شد.

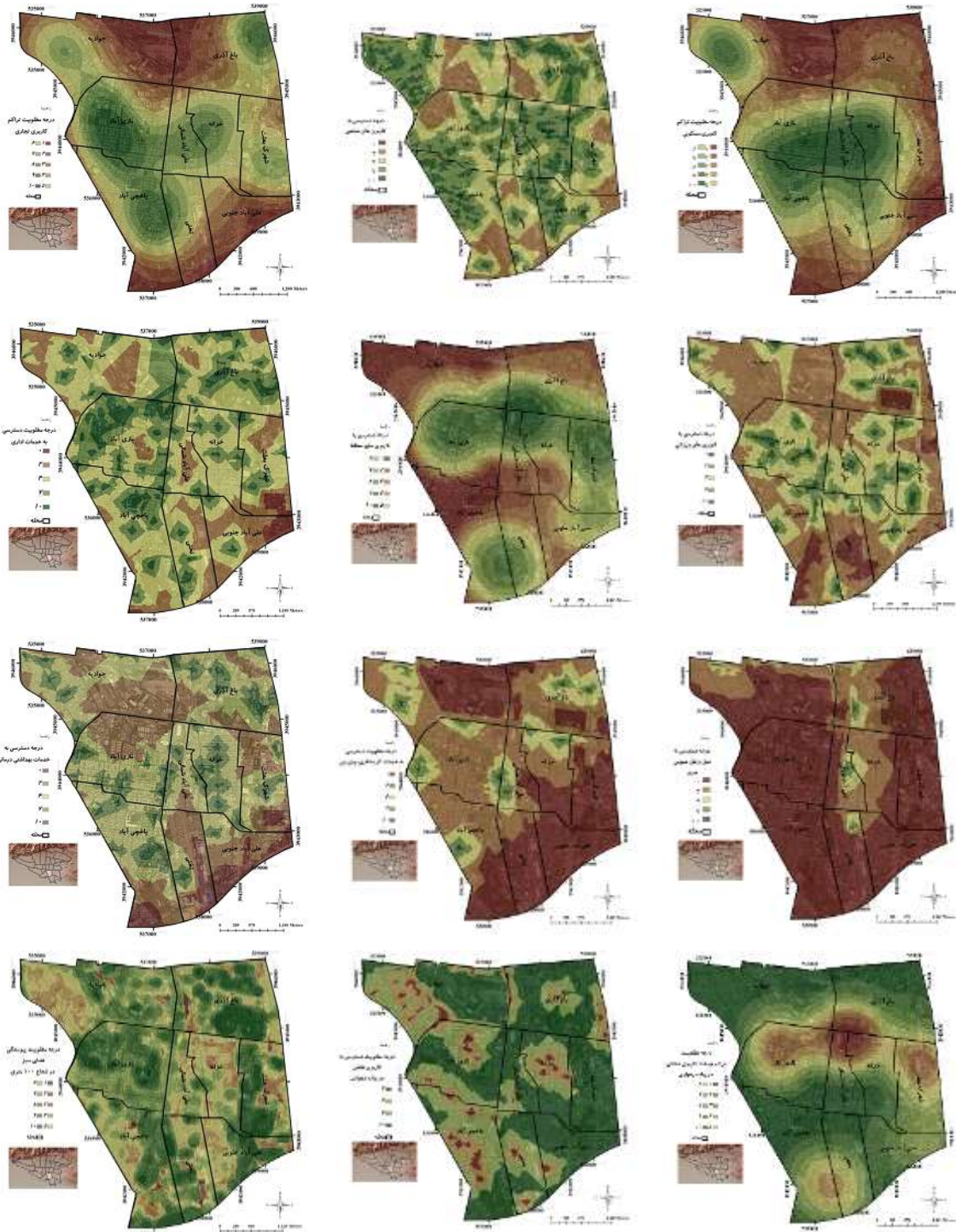
حمل‌ونقل عمومی: پایانه‌ها مکان‌هایی پرترددی هستند که برای چند لحظه هم که شده، انسان‌های سواره را به عابران پیاده تبدیل می‌کند. لذا برای مکان‌یابی سبز راه نقاط مناسبی به نظر می‌رسند، ضرورت این مکان‌ها زمانی بارزتر می‌شود که شخص ساعت‌های متمادی درون خودرو یا مترو و ... حبس بوده و تنها برای چند لحظه زمان دارد، نیازهای فیزیولوژیک خود را برطرف کند. علاوه بر این موارد هر فضای شهری برای اینکه مورد استفاده همه گروه‌های اجتماعی و اقتصادی قرار بگیرد نیاز دارد که با طیف متنوعی از عناصر حمل‌ونقل، خصوصاً حمل‌ونقل عمومی مورد پشتیبانی قرار بگیرد. بر این اساس نقاط هم‌جوار با ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی مکان‌های مناسبی برای مکان‌یابی کاربری‌های و عملکردهای شهری است. در این تحقیق این متغیر مهم به تفکیک ایستگاه‌های مترو (قطار زیرزمینی)، ایستگاه‌های اتوبوس و ایستگاه‌های اتوبوس‌های تندرو (بی.آر.تی) اندازه‌گیری شد.

کانون‌های فعالیتی: از مهم‌ترین نقاط جاذب جمعیت شهری است که افراد نه‌تنها در هنگام خرید، بلکه در هنگام وقت‌گذرانی و پرسه‌زنی به‌عنوان گونه‌های مختلف استفاده از فضاهای شهری نیز از آن‌ها استفاده می‌شود. با این حال این عناصر مهم بر اساس معیارهای مختلفی دسته‌بندی شده‌اند. یکی از رایج‌ترین روش‌های تفکیک کانون‌های فعالیت کاربست متغیر مقیاس است. سه تصویر زیر با استفاده از تحلیل شبکه، به ترتیب ارزش فضایی به‌دست‌آمده منتج از هم‌جواری مکان‌های منطقه ۱۶ با مراکز با عملکرد فرا شهری، مراکز با عملکرد شهری-منطقه‌ای و مراکز با عملکرد ناحیه‌ای-محله‌ای را نمایش می‌دهد (لازم به ذکر است از میان لیست وسیع کاربری‌ها با مقیاس عملکردی فرا شهری و شهری، صرفاً اقدام به انتخاب آن دسته از کاربری‌هایی شد که توانایی قابل توجهی در جذب عابر پیاده دارند، بر این اساس از انتخاب مراکز صنعتی و ... پرهیز شده است).

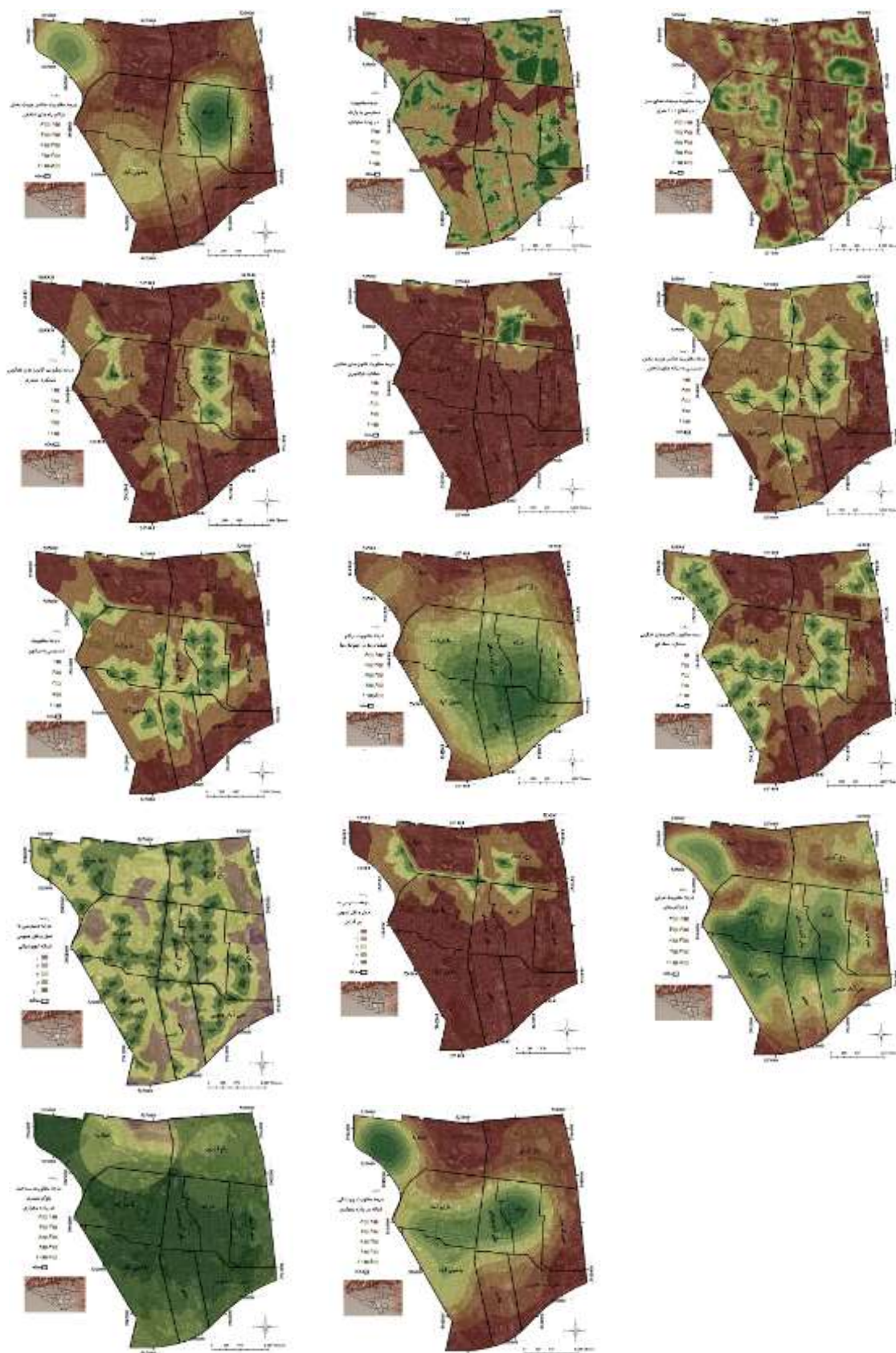
مکان‌های حضور: گره‌های فعالیتی مکان‌هایی هستند که معمولاً بیشترین تعداد انسان (تراکم انسانی پیاده) را در خود جای می‌دهند. این مکان‌ها شامل میدان‌ها، فضاهای باز شهری، فرهنگسراها و امثال آن است. تحقیقاتی که در رابطه با تحلیل‌های چیدمان فضایی صورت گرفته، نشان داده است در بین تمامی فضاهای باز شهری، مکان‌های حضور بیشترین درصد رفتار حضور (و نه عبور) را به خود اختصاص می‌دهد. عناصر مورد تحلیل در این بخش شامل «میدان‌ها» و «فضاهای باز شهری و جلوخان‌ها» بوده است. **سهولت حرکت:** سهولت حرکت یکی از کیفیت‌های قدیمی طراحی شهری است که از اوایل دوران مدرنیسم مورد توجه بوده است. تحقیقات معاصر نشان داده که توقف‌های ناخواسته در طی یک مسیر موجب ایجاد تنش در استفاده‌کنندگان از فضا می‌شود؛ و برعکس، حرکت آسوده، سیال و روان موجبات افزایش کیفیت‌های ادراک‌شده از فضا را فراهم می‌کند. در رابطه با پیاده راه‌های شهری (مسیرهایی که صرفاً توسط انسان پیاده

بر میزان پیاده‌روی دارد. در این تحقیق به تبعیت از ادبیات موضوع درهم‌تنیدگی شبکه با دو شاخص مساحت بلوک‌های شهری و تراکم تقاطع‌های شبکه معیار اندازه‌گیری شده است.

درهم‌تنیدگی شبکه: از کیفیت درهم‌تنیدگی (Interconnectedness) در اسناد طراحی شهری به نفوذپذیری (Permeability) نیز یاد شده است. تحقیقات زیادی نشان داده است که نفوذپذیری تأثیری قابل توجه



شکل ۲- وضعیت پتانسیل پیاده‌روی در منطقه ۱۶ شهرداری تهران بر اساس هر یک از شاخص‌های مورد بررسی
 Fig. 2 - Status of pedestrian potential in District 16 of Tehran Municipality based on each of the studied indicator



شکل ۳- وضعیت پتانسیل پیاده‌روی در منطقه ۱۶ شهرداری تهران بر اساس هر یک از شاخص‌های موردبررسی
Fig. 2 - Status of pedestrian potential in District 16 of Tehran Municipality based on each of the studied indicators

محاسبه امتیاز نهایی معیارها

مشخص است اختلاط کاربری با ۰/۲۷۸ بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. سه رتبه بعد به عناصر سبز عمومی (با امتیاز ۰/۲۲۶)، حمل و نقل عمومی (با امتیاز ۰/۱۷۴) و عناصر هویت بخش نقشه‌های شناختی (با امتیاز ۰/۱۰۶) اختصاص دارد. کم‌تأثیرترین معیارها در مکان‌یابی پیاده راه و سبز راه‌های شهری به تراکم انسانی (با امتیاز ۰/۰۱۸)، مکان‌های حضور (با امتیاز ۰/۰۲۴) و کانون‌های فعالیتی (با امتیاز ۰/۰۳۹) اختصاص دارد.

در این بخش بر اساس ساختار سلسله‌مراتب ارائه شده در شکل ۱ اقدام به مقایسه زوجی معیارها و بررسی امتیاز نسبی آن‌ها شده است. در هر مقایسه میزان و ضریب سازگاری ارزیابی نیز بررسی شده است. بر این اساس، در ابتدا معیارهای مکان‌یابی می‌بایست مورد مقایسه زوجی ساعتی قرار گرفته و امتیاز نسبی نرمال شده آن‌ها استخراج شود. شکل ۳ خروجی نرم‌افزار در مقایسه معیارهای مکان‌یابی است. چنانکه

Synthesis with respect to: Goal: Walkability

Overall Inconsistency = .05



شکل ۴- وزن نهایی شاخص‌های اصلی مورد بررسی نسبت به یکدیگر

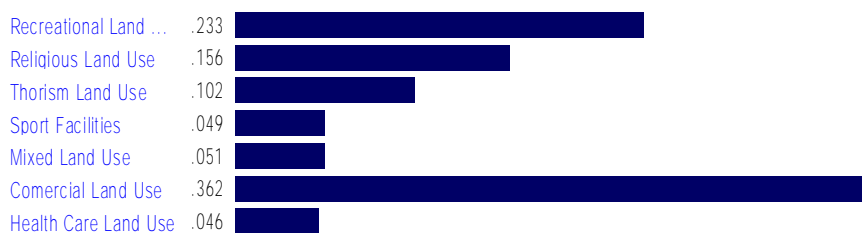
Fig. 3 - The final weight of the main indicators in relation to each other

شدیدی است که ادبیات موضوع بر رابطه بین این کاربری و میزان پیاده‌روی داشته است. پس از کاربری تجاری بالاترین امتیازات به سه کاربری تفریحی (با امتیاز ۰/۲۳۳)، کاربری مذهبی (با امتیاز ۰/۱۵۶) و تفریحی-گردشگری (با امتیاز ۰/۱۰۶) اختصاص می‌یابد. همچنین شکل ۴ نشان می‌دهد که کمترین تأثیر بر میزان پیاده‌روی به کاربری‌های مختلط، ورزشی و نهایتاً درمانی مربوط است.

پس از مقایسه و امتیازدهی به معیارهای مکان‌یابی، نوبت به مقایسه زوجی زیرمعیارهای هر یک از معیارها می‌رسد. از آنجاکه اطلاعات مربوط به این قسمت حجم بالایی دارد تنها به ارائه نمونه‌ای نتایج آن اکتفا شده است. به‌عنوان مثال، رابطه با کاربری‌های جاذب جمعیت (شکل ۴) نشان می‌دهد که بیشترین امتیاز (۰/۳۶۲) به کاربری‌های تجاری اختصاص دارد. دلیل این موضوع تأکید

Synthesis with respect to: Goal: Walkability Atractive Destinations

Overall Inconsistency = .07



شکل ۵- وزن شاخص‌های زیرمجموعه رابطه با کاربری‌های جاذب جمعیت نسبت به یکدیگر

Fig. 4 - Weight of subset indicators Relationships with population-absorbing uses relative to each other

محاسبه ارزش‌های فضایی نهایی

شکل ۵ به صورت فازی نشان‌دهنده میزان پیاده‌مداری کلیه نقاط منطقه ۱۶ است؛ درحالی‌که شکل ۶ همین موضوع را بر روی شبکه معابر این منطقه نشان می‌دهد. بر اساس این دو نقشه نشان داده می‌شود که ارزش فضایی به ترتیب در محلات خزانه، نازی‌آباد و باغ آذری بیشترین مقدار است. علاوه بر این به ترتیب خیابان‌های بخارایی، خیابان مدائن، خیابان رجایی و خیابان بخارایی (در جوار بوستان بعثت) عنوان محورها با بالاترین میزان پیاده‌رهوری منطقه را به خود اختصاص می‌دهند. پس‌ازاین موارد بلوار ابریشم (بین خیابان دستواره و محور راه‌آهن) و خیابان جوادیه (بین کوچه نائینی تا اشرفی‌زاده) پیاده‌رهورترین محورهای منطقه هستند. در رابطه با نقاط و کانون‌ها، پیاده‌رهورترین گره‌گاه‌های منطقه به ترتیب شامل فلکه دوم بخارایی، میدان بازارچه نازی‌آباد، فلکه چهارم بخارایی، میدان مدائن (تقاطع محور شهید رجایی و خیابان مدائن)، تقاطع بزرگراه بعثت و بخارایی، تقاطع خیابان امام‌یاری و جوادیه، تقاطع خیابان شهید رجایی و بزرگراه بعثت است.



شکل ۷- درجه قابلیت پیاده‌روی شبکه معابر در سطح منطقه ۱۶

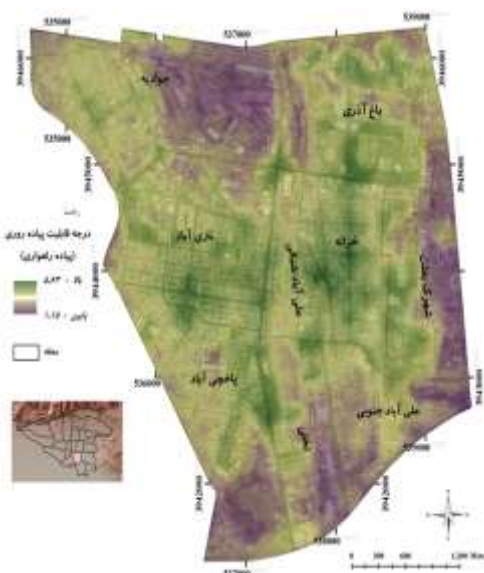
شهرداری تهران

Fig. 6- Degree of walking capability of the road network in the 16th district of Tehran Municipality

نتیجه‌گیری

از نقشه‌های پیاده‌رهوری برای تعریف و اولویت‌بندی طیف متنوعی از پروژه‌های شهرسازی، طراحی شهری، معماری (عمومی) و محیط‌زیستی می‌توان بهره گرفت. به‌عنوان مثال محورهای پیاده‌رهور مشروط بر بررسی‌های تفصیلی ترافیک، بهترین مکان‌ها برای تعریف پیاده‌راه و یا سبز راه‌های شهری هستند. از آنجاکه این محور حجم ترافیک پیاده‌بالایی را به خود اختصاص می‌دهند اهمیت توجه به نیازهای انسان پیاده در آن‌ها بسیار حائز اهمیت است. همان‌طور که در این مطالعه مشاهده شد، برای بررسی میزان پتانسیل پیاده‌رهوری در منطقه ۱۶ شهرداری تهران توسط ۳۰ شاخص گوناگون بررسی و درنهایت هم‌پوشانی آن‌ها به صورت لایه‌های روی هم قرارداد شده به دست آمد.

طبق نتایج آن سه محله خزانه، علی‌آباد شمالی و نازی‌آباد بیشترین پتانسیل پیاده‌روی را دارند. لذا می‌توان انتظار داشت که شهرداری منطقه ۱۶ تهران به‌عنوان متولی مدیریت شهری، تمرکز ویژه‌ای برافزایش امکانات و زیرساخت‌های مرتبط با پیاده‌روی در این سه محله داشته باشد و برنامه‌های مدونی برای فرهنگ‌سازی و ترغیب



شکل ۶- درجه قابلیت پیاده‌روی (پیاده‌رهوری) در سطح منطقه

۱۶ شهرداری تهران

Fig. 5 - Degree of pedestrian capability in the 16th district of Tehran Municipality

عمومی شاخص (همچون فرهنگسراها، سینماها، گالری‌ها و ...)، طرح‌های موضوعی طراحی شهری (مانند تغییر کاربری و تعریف محورهای تجاری سرزنده) اشاره کرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود به منظور توسعه مطالعه حاضر در آینده، از لایه‌های اطلاعات مکانی بیشتر با دقت و جامعیت بیشتر استفاده شود و در ادامه می‌توان اثر محلات مجاور بر منطقه مورد مطالعه را بررسی نمود. لازم به ذکر است محدودیت‌های مطالعه عمدتاً بر مشکلات جمع‌آوری اطلاعات میدانی، دقت اطلاعات مکانی با توجه به تغییرات سالیانه مناطق شهری و همچنین دشواری در اخذ آخرین اطلاعات از ارگان‌های دولتی متمرکز بوده است.

Adlakha, D., Hipp, J.A. and Brownson, R.C., 2016. Adaptation and evaluation of the neighborhood environment walkability scale in India (NEWS-India). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 13(4), 401 .

Cerin, E., Saelens, B.E., Sallis, J.F. and Frank, L.D., 2006. Neighborhood Environment Walkability Scale: validity and development of a short form. *Medicine and science in sports and exercise*. 38(9), 1682 .

Chippendale, T., and Boltz, M. (2015). The neighborhood environment: Perceived fall risk, resources, and strategies for fall prevention. *Gerontologist*, 55(4), 575-583. doi:10.1093/geront/gnu019

Desa, U., 2018. World urbanization prospects 2018. United Nations Department for Economic and Social Affairs .

Fernandez-Maldona, A.M., 2012. ICT and Spatial Planning in European Cities: Reviewing the New Charter of Athens. *Built Environment*. 38(4), 469-483 .

شهروندان همراه با بهبود شاخص‌های پیاده‌روی در نظر داشته باشد. به طور خلاصه می‌توان اثر این مطالعه را آگاهی بر مسیرهای با پتانسیل بالای پیاده‌روی دانست و در نتیجه می‌توان با تمرکز بر اجرای طرح‌های بهسازی به بهبود کیفیت این مسیرها و جلب مشارکت شهروندی بیشتر رسید.

از جمله پیشنهادهایی که می‌تواند باعث بهبود کیفیت پیاده‌روی در سطح منطقه ۱۶ شود می‌توان به اجرا و پیاده‌سازی طرح‌های نوسازی و بهسازی جداره‌های شهری، پروژه‌های کف‌سازی پیاده‌روهای شهری، طرح‌های ساماندهی مبلمان شهری، طرح نوسازی و ارتقا سیما و منظر، طرح‌های نورپردازی شهری، مکان‌یابی کاربری‌های

منابع

Forsyth, A., 2015. What is a walkable place? The walkability debate in urban design. *Urban Design International*. 20(4), 274-292.

Habibian, M. and Hosseinzadeh, A., 2018. Walkability index across trip purposes. *Sustainable Cities and Society*. 42, 216-225 .

Hiremath, R. B., Balachandra, P., Kumar, B., Bansode, S. S., and Murali, J., 2013. Indicator-based urban sustainability—A review. *Energy for Sustainable Development*. 17(6), 555-563 .

Kashef, M., 2011. Walkability and residential suburbs: a multidisciplinary perspective. *Journal of Urbanism*, 4(1), 39-56 .

Labdaoui, K., Mazouz, S., Acidi, A., Cools, M., Moeinaddini, M. and Teller, J., 2021. Utilizing thermal comfort and walking facilities to propose a comfort walkability index (CWI) at the neighbourhood level. *Building and Environment*. 193, 107627 .

Mavoa, S., Boulangé, C., Eagleson, S., Stewart, J., Badland, H. M., Giles-Corti, B., and Gunn, L., (2018). Identifying appropriate land-use mix

- measures for use in a national walkability index. *Journal of Transport and Land Use*. 11(1), 681-700.
- Nations, U. (2014). World urbanization prospects. *World urbanization prospects: Highlights*. 28 .
- Owen, N., Humpel, N., Leslie, E., Bauman, A. and Sallis, J. F., 2004. Understanding environmental influences on walking: review and research agenda. *American Journal of preventive medicine*. 27(1), 67-76 .
- Padash, A., Vahidi, H., Fattahi, R. and Nematollahi, H. 2021. Analyzing and Evaluating Industrial Ecology Development Model in Iran Using FAHP-DPSIR. *International Journal of Environmental Research*. 1-15 .
- Pikora, T., Giles-Corti, B., Bull, F., Jamrozik, K. and Donovan, R. (2003). Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Social science & medicine*. 56(8), 1693-1703 .
- Rundle, A. G., Chen, Y., Quinn, J. W., Rahai, N., Bartley, K., Mooney, S. J., and Neckerman, K. M., 2019. Development of a neighborhood walkability index for studying neighborhood physical activity contexts in communities across the US over the past three decades. *Journal of urban health*. 96(4), 583-590 .
- Saaty, T. L., 2004. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and systems Engineering*, 13(1), 1-35 .
- Telega, A., Telega, I., and Bieda, A., 2021. Measuring walkability with GIS—Methods overview and new approach proposal. *Sustainability*. 13(4), 1883 .
- Urbanism, C. f. t. N. (2000). Charter of the new urbanism. *Bulletin of Science, Technology and Society*. 20(4), 339-341 .
- Vahidi, H., Ghazban, F., Abdoli, M., Kazemi, V. and Banaei, S., 2014. Fuzzy Analytical Hierarchy Process Disposal Method Selection for an Industrial State ;Case Study Charmshahr. *Arabian Journal for Science and Engineering (Springer Science & Business Media BV)*. 39. (2)





Environmental Sciences Vol.20 / No.4 / Winter 2023

259-276

Original Article

Walkability index: an approach to urban sustainable development (The case of District 16 of Tehran Municipality)

Hossein Vahidi,¹ Majid Ramezani Mehrian,² Hossein Khosravi,³ Azadeh Ali Hosseini⁴ and Amin Jalayer^{5*}

¹ Department of Environmental Research, Environmental Research Institute, Kerman Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

² Department of Environmental Studies, Research Institute for Humanities Research and Development (SAMT), Tehran, Iran

³ Department of Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Arts, Tehran, Iran

⁴ Department of Urban Design, Faculty of Urban Planning, Fine Arts Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

⁵ Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2022.02.24 Accepted: 2022.10.08

Vahidi, H., Ramezani Mehrian, M., Khosravi, H., Ali Hosseini, A. and Jalayer, A., 2023. Walkability index: an approach to urban sustainable development (The case of District 16 of Tehran Municipality). *Environmental Sciences*. 20(4): 259-276.

Introduction: The development of the necessary infrastructure to enhance the walkability in urban areas has an important role in sustainable urban development and from various aspects of the environment, public health and social justice can improve the quality of life. This study aimed to investigate the pedestrian capability approach for the development of a sustainable city in District 16 of Tehran Municipality as one of the greenest urban areas in Tehran.

Material and methods: In this research, the criteria, qualities, characteristics and physical, functional and spatial variables of the man-made environment that affect the amount of walking in the D16 of Tehran Municipality have been studied and collected. Then, using GIS spatial analysis and prioritization of indicators using Analytical Hierarchical Process, the pedestrianization of different parts of the region has been investigated.

Results and discussion: Criteria affecting the location of sidewalks and greenways in the D16 in 9 main categories and 30 sub-criteria were collected in a hierarchical structure and their spatial information was

* Corresponding Author: *Email Address*. Amin.jalayer@ut.ac.ir

collected. The diversity and wide range of indicators evaluated results in a comprehensive analysis of the current situation can be considered as one of the strengths of this study. Each of these indicators was analyzed for the study area and the situation of walking potential in the D16 was studied based on each of the indicators. Using the preference of criteria based on the opinion of experts and the overlap of different layers, finally, the map of the degree of walkability and the map of the degree of the walkability of the road network in the 16th district of Tehran Municipality was obtained. According to the results, the spatial value shows the highest values in Khazaneh, Naziabad and Bagh Azari neighborhoods, respectively. In addition, Bukharai Street, Madaen Street, Rajaei Street and Street next to Besat Park are the axes with the highest amount of pedestrian traffic in the region, respectively.

Conclusion: Based on detailed traffic studies, the best places to define sidewalks or urban greenways were identified, and since these axes have a high volume of pedestrian traffic, it is very important to pay attention to the needs of pedestrians in them. The three neighborhoods of Naziabad, Aliabad North and Khazaneh were identified as three suitable areas for the development of pedestrian axes in the region and were introduced to further concentrate the municipality of the region.

Keywords: Walk ability, Urban area, ArcGIS, Analytical Hierarchical Process, Tehran Municipality.