شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری با هدف بهبود ترافیک شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۰ شهر تهران)

مقاله علمی - پژوهشی

حمید شیرمحمدی*، دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
فرزاد رحیمی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
فرهاد حدادی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: h.shirmohammadi@urmia.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰- پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸
صفحه ۳۷۸-۳۵۹

چکیده

استفاده از سیستم دوچرخه به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر توسعه سیستم حمل‌ونقل پایدار شهری و کاهش معضلات ترافیکی، و زیست‌محیطی است. بنابراین به منظور بهبود ترافیک شهری و توسعه این سیستم حمل‌ونقلی، هدف پژوهش حاضر، ابتدا شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری و سپس اولویت‌بندی مسیرها در خیابان‌های کارون، قصرالدشت، دامپزشکی و حیحون در منطقه ۱۰ تهران می‌باشد. در ابتدای پژوهش، عوامل مؤثر بر مسیر دوچرخه‌سواری با استفاده از روش پرسشنامه‌ای شناسایی می‌شوند و سپس روابط علت و معلولی با ۲۰ نفر افراد خبره و ۲۸۰ شهروند براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر تکنیک دلفی و روش دیمتل تعیین می‌گردد. به‌علاوه، از فرآیند تحلیل شبکه و آزمون تی-تست برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر در مسیر دوچرخه‌سواری و رتبه‌بندی مسیرهای پیشنهادی استفاده می‌شود. بنابراین بر اساس پرسشنامه مورد استفاده در پژوهش حاضر، ۵ معیار و ۲۸ زیرمعیار مرتبط به انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری در مسیرهای موردمطالعه شناسایی شدند که پایایی و روایی پرسشنامه بر اساس این عوامل ۰/۹ به‌دست آمد و این عوامل بر اساس اهمیت و میانگین وزنی اولویت‌بندی شدند. نتایج حاصل از بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری در پژوهش حاضر براساس داده‌های پرسشنامه و استفاده از فرآیند تحلیل شبکه، دیمتل و تی-تست نشان داد که خیابان قصرالدشت با بیشترین مقدار میانگین مؤثر به عنوان رتبه اول در انتخاب مسیر برای دوچرخه‌سواری در جهت بهبود ترافیک شهری می‌باشد و به‌ترتیب خیابان‌های دامپزشکی، کارون و حیحون در رتبه‌های بعدی برای انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری بر اساس عوامل مؤثر قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: مسیر دوچرخه‌سواری، عوامل مؤثر، ترافیک شهری، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

۱-مقدمه

رشد روز افزون جمعیت شهری، منجر به افزایش تردد ساکنان شهر با وسایل نقلیه موتوری می‌شود. برهمین اساس با افزایش میزان تردد، نرخ ترافیک افزایش می‌یابد و مشکلات بسیاری برای شهروندان ایجاد خواهد شد. در نتیجه نیاز است برای کاهش معضلات ترافیک ناشی از افزایش میزان حمل‌ونقل نظیر آلودگی هوا، برنامه‌ها و طرح‌های متنوعی با استفاده از روش‌های نوین ارزیابی مدیریت شهری اجرا گردند (فتحی و تقوایی، ۱۳۹۰، شیرمحمدی و حدادی، ۱۳۹۸). استفاده از

دوچرخه مزایای قابل‌توجهی با توجه به ویژگی‌هایی نظیر، ارزان‌بودن، عدم مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش‌دهنده نرخ ترافیک و آلودگی‌های زیست‌محیطی دارد که می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر در ادغام با سیستم حمل‌ونقل شهری مورد استفاده قرار گیرد (مرتضایی و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین، استفاده از دوچرخه به عنوان یکی از برنامه‌هایی است که با اجرای عملی و صحیح آن می‌توان تا حد قابل توجهی آرامش را به سیستم حمل‌ونقل و تردد شهری بازگرداند که این برنامه با عنوان توسعه حمل‌ونقل انسان‌گرای دوچرخه‌سواری شناخته می‌شود (قربانی و اسدی، ۱۳۸۹).

یکی از عوامل اثرگذار بر استفاده از دوچرخه، ایجاد مسیرهای مخصوص دوچرخه‌سواری است. ازاین‌رو، مطالعات متمرکز بر طراحی مسیرهای دوچرخه‌سواری در شبکه حمل‌ونقل از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. با توجه به تعدد معیارهای اولویت‌بندی در احداث مسیرهای دوچرخه‌سواری، استفاده از روشی که بتواند معیارهای مرتبط در فرآیند اولویت‌بندی را مورد بررسی قرار دهد از اهمیت بالایی برخوردار است (Eren, and Uz, 2020; Majumdar et al., 2020). امروزه، تأمین شرایط استفاده از دوچرخه نیز در سیستم حمل‌ونقل شهری، سیاستی است که در بسیاری از شهرهای دارای مشکلات ترافیک سنگین و آلودگی هوا، در حال اجراست. برخی شهرها نظیر نیویورک و لس‌آنجلس به تهیه برنامه‌های کلان در زمینه افزایش استفاده از سیستم دوچرخه و افزایش مسیرهای دوچرخه‌سواری پرداخته‌اند. در راستای اجرای این سیاست‌ها در سایر نقاط جهان تنظیم سطح سواره‌رو در معابر به گزینه‌های سازگارتر با محیط‌زیست با استفاده از دوچرخه به‌عنوان یک سیاست مطرح‌شده است (Litman, 1994; Joseph and Andrew, 1997). استفاده از دوچرخه به‌عنوان یک سیستم حمل‌ونقل عمومی، موضوعی است که هم‌اکنون توجه همه مدیران و سیاست‌گذاران شهری را به طرف خود افزایش داده است. دوچرخه‌سواری نیز برای استفاده‌کنندگان آن مزیت‌های فراوان دارد، برای سایر اقشار جامعه نیز دارای فایده است. از اصلی‌ترین شاخص‌ها در این موضوع، عدم ایجاد آلودگی‌های هوایی و صوتی، فضای اشغال کمتر و هزینه تمام‌شده پایین‌تر برای راه‌اندازی زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری را می‌توان بیان نمود (اسدالهی و همکاران، ۱۳۹۰). از طرفی دیگر، عامل مهم دیگری که می‌تواند بر رفتار ایمنی دوچرخه‌سواران تأثیرگذار باشد، عوامل انسانی نظیر وزن، سن، مهارت و تجربه کافی است (امینی، ۱۳۹۲).

دوچرخه‌سواران با رعایت نکردن یک سری مقررات می‌توانند این وسیله را به عنوان وسیله‌ای بدون استفاده و پرخطر نشان دهند. در واقع یکی از عواملی که تأثیر بیشتری در آسیب‌های ترافیکی برای دوچرخه‌سواران داشته، رفتارهای دوچرخه‌سواری پرخطر است. براساس آمارها تخمین زده می‌شود که ۴۰ درصد تصادفات دوچرخه‌سواران، به چند رفتار خطرناک آنان به‌ویژه در عدم رعایت قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی یا رفتارهای هیجانی دوچرخه‌سوار هنگام رانندگی برمی‌گردد (Belda et al., 2008). استفاده از دوچرخه می‌تواند باعث کاهش آلودگی هوا و ترافیک شود و هزینه کمتری نسبت به سیستم‌های حمل‌ونقل دیگر را به ارمغان آورد. امروز شناسایی عوامل مؤثر بر مسیر دوچرخه‌سواری تأثیر به‌سزایی در پویایی و کاهش حجم ترافیک در کلان‌شهرها دارد که برای انتخاب این عوامل مهم، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری ضروری است (حبیبیان و همکاران، ۱۳۹۶). بسیاری از این روش‌ها، تحت عنوان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] مطرح می‌باشند. به‌طورکلی، این روش‌ها مبتنی بر شناسایی عوامل مهم و مؤثر با توجه به هدف تعریف‌شده در سیستم می‌باشند و سپس اهمیت گزینه‌های موردمطالعه بر اساس ضرایب وزنی بررسی می‌شوند و درنتیجه اولویت‌بندی گزینه‌ها انجام می‌گیرد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱؛ حدادی و شیرمحمدی، ۱۳۹۶). روش‌ها و مدل‌های تصمیم‌گیری کاربرد زیادی در ارزیابی و شناسایی عوامل مؤثر بر ایمنی و توسعه‌پایدار حمل‌ونقل شهری دارند (حسن‌پور و همکاران، ۱۴۰۱؛ Shirmohammadi et al., 2018؛ Hasheminezhad et al., 2021).

بنابراین به‌منظور بهبود ترافیک شهری، هدف پژوهش حاضر، ابتدا شناسایی عوامل مؤثر در مسیر دوچرخه‌سواری در خیابان‌های کارون، دامپزشکی، جیحون و قصرالدشت در منطقه ۱۰ شهر تهران با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر تکنیک‌های دلفی[2]، و دیمتل[3] می‌باشد. عوامل مؤثر براساس معیارهای و زیرمعیارهای مرتبط انسانی، ایمنی، زیست‌محیطی، ترافیکی و سایر عوامل شناسایی می‌شوند. هدف دیگر پژوهش حاضر اولویت‌بندی خیابان‌های مورد مطالعه بر اساس عوامل مؤثر بر انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری با استفاده از فرآیند

تحلیل شبکه (ANP)[4] و آزمون تی-تست[5] در منطقه ۱۰ شهر تهران است.

۲- پیشینه تحقیق

امروزه دوچرخه به‌عنوان ابزاری مفید برای گذران اوقات فراغت فعال و وسیله‌ای ورزشی و تفریحی، در نقش یک وسیله نقلیه درون‌شهری غیرموتوری در سامانه حمل‌ونقل نوین شناخته شده و جایگاه ویژه‌ای دارد (سرایی و شمسی، ۱۳۹۱). در کشورهای درحال‌توسعه رفتار سیستم حمل‌ونقل حاضر، مانع استفاده جامعه از مزایای بلندمدت دوچرخه‌سواری در کاهش آلودگی محیط‌زیست، افزایش بهداشت عمومی و پویایی شهری می‌شود. بنابراین نیاز است تا با رویکرد سیستم‌های چندوجهی با این مشکل مقابله کرد.

این رویکرد باید مبتنی بر سیستم ایمنی باشد و تجهیزات و محیط اطراف دوچرخه و احداث زیرساخت‌های لازم با توجه به فعالیت‌های انسانی را فراهم آورد. مسائل مهم در افزایش نرخ ایمنی در دوچرخه‌سواری به رفتار سایر کاربران جاده، برای بهبود ایمنی و کاهش نرخ ترافیک وابسته است (Useche et al., 2018; Saplıoğlu, and Aydin. 2018).

خادم‌الحسینی و صفی‌خانی (۱۳۸۹)، در پژوهشی به بررسی راهکار کاهش حجم نرخ ترافیک در مناطق پرجمعیت و متراکم شهر شیراز به‌وسیله ایجاد مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که تنها با افزایش نرخ استفاده از دوچرخه نمی‌توان به میزان قابل توجهی حجم ترافیک شهری را کاهش داد، بلکه نیاز است تا عوامل دیگری هم چون مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری نیز احداث شود تا بر کاهش نرخ ترافیک اثربخش باشد. بندختی و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی به بررسی نقش سیستم دوچرخه در جهت افزایش پایداری سیستم حمل‌ونقل شهر اصفهان در مناطق جغرافیایی مختلف شهر با استفاده از روش پرسشنامه‌ای نشان دادند که رابطه معناداری میان نرخ دسترسی بهتر به ایستگاه‌های دوچرخه و میزان استفاده از آن‌ها به‌عنوان وسیله حمل‌ونقل وجود دارد. اگرچه نرخ استفاده از دوچرخه در شهر اصفهان به عنوان یک وسیله تفریحی- ورزشی است و هنوز جایگاه مناسب خود را به‌عنوان یک وسیله نقلیه در جهت سفرهای شهری و کاهش بار ترافیکی ندارد. سرمایه‌گذاری در بخش سیستم دوچرخه‌سواری سودمندتر از سرمایه‌گذاری در سایر گزینه‌های حمل‌ونقل است (Glavić et al., 2019). درحالی‌که فواید اجتماعی فراوانی از دوچرخه‌سواری حاصل می‌شود، اما آسانی و آزادی موجود برای استفاده از خودرو شخصی یک مانع محسوب می‌شود، لذا افزایش مالیات برای خرید و استفاده از خودروها و اعمال برخی محدودیت‌های ترافیکی می‌تواند راهی برای کاهش هزینه‌های تحمیل شده باشد (Dai et al., 2020). نیکوخصلت و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی با بررسی عوامل مؤثر نظیر عوامل انسانی شامل رضایت شهروندان و گرایش دوچرخه‌سواران به استفاده بیشتر از این سیستم، عوامل زیست‌محیطی نظیر آلودگی صوتی و هوا و عوامل ترافیکی شامل ویژگی‌های هندسی نظیر شیب طولی، طول مسیر بر انتخاب مسیرهای دوچرخه‌سواری با استفاده از روش پرسشنامه‌ای نشان دادند که به‌ترتیب عوامل انسانی، ترافیکی و زیست‌محیطی نقش مؤثری بر انتخاب مسیردوچرخه‌سواری دارند. حبیبیان و همکاران (۱۳۹۶)، نیز در پژوهشی با مطالعه بر تعیین بهترین مسیر احداث خط دوچرخه‌سواری در شهر شیراز با رویکرد حمل‌ونقل پایدار مبتنی بر عوامل عوامل ایمنی، ترافیکی و زیست‌محیطی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی نشان دادند که عوامل ایمنی نظیر شیب طولی مسیر و سرعت استاندارد نقش مؤثری بر انتخاب خط دوچرخه‌سواری دارد. رضایی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با ارزیابی معیارهای مکان‌گزینی مسیرهای پیشنهادی دوچرخه‌سواری با استفاده از روش در شهر یزد نشان دادند که در انتخاب مسیرهای دوچرخه‌سواری باید به عوامل ایمنی، ترافیکی و انسانی توجه کرد. همچنین سیستم دوچرخه نقش مؤثری در کاهش حجم ترافیک شهر یزد داشته است.

براساس عوامل ایمنی، ترافیکی و انسانی بهترین و بدترین مسیرهای دوچرخه‌سواری نیز شناسایی شد. آصفی و همکاران (۱۳۹۸) به ارایه مدل اهمیت-عملکردی برای ویژگی‌های مسیر دوچرخه‌سواری مؤثر بر تصمیم دوچرخه‌سواران پرداختند. آن‌ها نشان دادند که عوامل انسانی نقش مؤثری در احداث مسیر سیستم دوچرخه‌سواری نسبت به عوامل ایمنی، ترافیکی و زیست‌محیطی دارند زیرا سیستم دوچرخه‌سواری مستقیم با وضعیت جسمی، سلامتی و گرایش افراد به استفاده از دوچرخه مرتبط می‌باشد و مبتنی بر رضایت افراد و عملکرد این نوع سیستم می‌باشد. در پژوهشی دیگر ساگادیلها و دآپنها سانچس (۲۰۱۴) با بررسی عوامل مؤثر بر سیستم دوچرخه‌سواری در

احداث خطوط مرتبط به این نوع سیستم حمل‌ونقل با استفاده از عوامل ایمنی، ترافیکی، زیست‌محیطی و ترافیکی نشان دادند که عامل ایمنی نقش مؤثری بر احداث این نوع سیستم حمل‌ونقل برای دوچرخه‌سواران نسبت به دیگر عوامل دارد (Segadilha and da Penha Sanches; 2014).

همچنین استفاده از دوچرخه در سیستم حمل‌ونقل شهری مستلزم ایجاد ملاحظاتی مهم در سیستم برنامه‌ریزی شهری است. افزایش میزان استفاده از دوچرخه و حضور آن سبب ایجاد برجستگی خاصی در سیستم حمل‌ونقل عمومی شهری شده و معرفی آن به عنوان یک وسیله نقلیه عمومی می‌شود. بنابراین افزایش تعداد دوچرخه‌سواران باعث افزایش آگاهی و دید آنان در مورد قوانین و مقررات تردد در خیابان‌ها می‌شود. همچنین استفاده از سیستم دوچرخه در سطح شهرها به صورت همگانی و فردی است. دلایلی که متخصصان دوچرخه‌سواری همگانی را ایمن‌تر از دوچرخه‌سواری شخصی می‌دانند، بسیار شبیه به موارد مشاهده‌شده در رعایت اصول ایمنی دوچرخه‌سواران است (Pucher, 1998; Abraham et al., 2002; Dickinson et al., 2003). بسیاری از متخصصان طراحی دوچرخه را یکی از دلایلی اصلی در رعایت اصول ایمنی دوچرخه‌سواران در مسیرهای دوچرخه‌سواری عنوان کردند. به نظر آنان استفاده از سیستم دوچرخه اشتراکی علاوه بر ملزم‌کردن استفاده دوچرخه سواران از کلاه‌ایمنی، دارای ایمنی بالاتری می‌باشد (Wind and Koorey, 2007; Saaty, 1980). به‌طورکلی، در مصاحبه با متخصصان این زمینه سیستم دوچرخه اشتراکی به عنوان سیستمی نسبتاً ایمن شناخته شده است. به نظر متخصصان، در مجموع بهبود زیرساخت‌ها و رواج استفاده از کلاه ایمنی مهم‌ترین راهکارها برای بهبود ایمنی دوچرخه‌سوارن در هنگام دوچرخه‌سواری در مناطق مورد نظر می‌باشد (Stinson, and Bhat, 2004; Hunt, and Abraham, 2007).

۲-۱ -عوامل مؤثر در انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری

بر اساس مطالعات انجام‌شده، عوامل مؤثر در انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری بر اساس میزان دسترسی به اطلاعات مورد نیاز، میزان ارتباط با مسیر، میزان احساس نیازهای دوچرخه‌سواران و میزان ارتباط با سیستم حمل‌ونقل پایدار به‌صورت عوامل زیر عبارتند از: ۱- انسانی ۲- ایمنی ۳- زیست‌محیطی ٤- ترافیکی ٥- سایر عوامل.

۱- عوامل انسانی مرتبط به ویژگی‌های فردی، سن، وزن، سلامتی و ورزش، تجربه استفاده از سیستم دوچرخه، کاهش زمان رسیدن سرنشینان به‌عنوان عامل مؤثر در جذب دوچرخه‌سواران در مسیر، محدودیت افراد مورداستفاده از دوچرخه و مهارت آن‌ها هنگام دوچرخه‌سواری مرتبط می‌باشد (سرایی و شمسی، ۱۳۹۱؛ نیکوخصلت و همکاران، ۱۳۹٦؛ Ortúzar 2000; Abraham et al., 2002; Moudon et al. 2005, Stinson and Bhat, 2005; Heinen et al, 2011; Rondinella et al, 2012; Majumdar and Mitra, 2017;).

۲- عامل ایمنی نیز به عنوان عامل مهم دیگر به معیارهایی نظیر شیب طولی مسیر، پیوستگی مسیر، سرعت استاندارد، راحتی و آسانی مسیر، لغزش در برابر شرایط بد آب‌وهوایی، نداشتن بدنه مقاوم در مقابل ضربه، تابلو و نمادهای ایمنی در مسیر، عدم وجود مقررات مرتبط با دوچرخه‌سواری، عدم خط‌کشی مخصوص مسیر دوچرخه، ایمنی مسیر در برابر موانع، وضعیت اقلیمی مسیر، و ایمنی نسبت به سایر وسایل نقلیه می‌باشد (کنف‌الاخر، ۱۳۸۱؛ قریب، ۱۳۸۳؛ شهابیان، ۱۳۸۲؛ Stinson and Bhat, 2005; Sener et al., 2009; Menghini et al, 2010; Love et al., 2012; Stewart and McHale, 2014 El; Assi et al., 2017; Majumdar and Mitra, 2017; Useche et al., 2018)

۳- عوامل زیست‌محیطی شامل عواملی می‌باشند که به اثرگذاری سیستم دوچرخه در فضای شهری و اثرات زیست‌محیطی نظیر زیبایی شهر، آلودگی صوتی، و انرژی پاک را شامل می‌شود (شهابیان، ۱۳۸۲؛ اسدالهی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Simeoni ،Johansson et al., 2017; Qiu and He, 2018 and De (Crescenzo, 2018

٤- عوامل ترافیکی شامل عواملی هستند که با این نوع سیستم حمل‌ونقل چه به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر ترافیک شهری در ارتباط می‌باشد که شامل کاهش تعداد خودروها در مسیرهای رفت‌وآمد، کاهش خودروهای تک سرنشین، عدم جاگیری کمتر نسبت به سایر وسایل نقلیه، استفاده در محدوده طرح زوج و فرد، کنترل ترافیک با هر مسیر هندسی، و کنترل ترافیک وسایل نقلیه عمومی می‌باشد (شهابیان، ۱۳۸۲؛ قریب، ۱۳۸۳؛ حبیبیان و همکاران، ۱۳۹٦؛ EL-Geneidy et al, 2007, Sener et al , 2009; Aultman-Hall et al., 1997; Winters et al., 2010; Casello et al., 2011).

۵- سایر عوامل، عواملی غیر از عوامل انسانی، ایمنی، زیست‌محیطی، و ترافیکی می‌باشند و شامل بعدهای اجتماعی، اقتصادی، بعد فرهنگی و شرایط آب‌وهوایی و پارکینگ مخصوص می‌باشند (قریب، ۱۳۸۳؛ فتحی و تقوایی، ۱۳۹۰؛ Segadilha and da Penha Sanches; 2014).

بنابراین، با بررسی مطالعات گذشته می‌توان نشان داد که این مطالعات، عوامل مؤثر بر مسیر دوچرخه‌سواری نظیر عوامل انسانی، ایمنی، زیست‌محیطی، ترافیکی و سایر عوامل را به صورت جامع برای اولویت‌بندی در مسیرهای دوچرخه‌سواری به‌منظور بهبود ترافیک شهری درنظرنگرفتند. همچنین بررسی مطالعات پیشین نشان داد که این مطالعات به اولویت‌بندی مسیرهای دوچرخه‌سواری بر اساس عوامل مؤثر و هدف بهبود ترافیک شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نپرداختند. درحالی‌که در پژوهش حاضر، ابتدا عوامل مؤثر به صورت جامع برای مسیر دوچرخه‌سوای به منظور بهبود ترافیک شهری شناسایی و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر تکنیک‌های دلفی، و دیمتل اولویت‌بندی می‌شوند و سپس مسیرهای دوچرخه‌سواری بر اساس عوامل مؤثر مبتنی بر روش‌های فرآیند تحلیل شبکه، و آزمون تی-تست نیز اولویت‌بندی می‌شوند. همچنین یکی دیگر از نوآوری‌های پژوهش حاضر بررسی ارتباط اثرگذاری و اثرپذیری عوامل مؤثر بر مسیر دوچرخه‌سواری و اهمیت عوامل موردمطالعه در بهبود و ترافیک شهری مبتنی بر روش دیمتل می‌باشد که بر اساس ارتباط عوامل می‌توان میزان اثرگذاری عوامل مؤثر بر اثرپذیری شاخص‌ها یا معیارهای بهبود ترافیک شهری و توسعه پایدار را شناسایی کرد.

۳- روش تحقیق

با توجه به این‌که هدف پژوهش حاضر شناسایی عوامل مؤثر در مسیر دوچرخه‌سواری و اولویت‌بندی مسیرهای دوچرخه‌سواری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر روش‌های دلفی، دیمتل، فرآیند تحلیل شبکه، و آزمون آماری تی-تست به منظور کاهش و بهبود ترافیک شهری است. بر اساس مطالعه تحقیقات پیشین عوامل اصلی و زیرمعیارها در تعیین مسیر دوچرخه‌سواری مطابق جدول (۱) انتخاب می‌شوند. سپس پرسشنامه‌ای از معیارها و زیرمعیارها طبق نظرات خبرگان و افراد عادی امتیازدهی داده می‌شوند، داده‌های حاصل از نظر خبرگان با استفاده از به‌کارگیری روش دیمتل- تحلیل شبکه‌ای به تحلیل و تجزیه پرداخته می‌شود، به‌طوری‌که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی) هم رابطه علت و معلولی بین عوامل و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نشان می‌دهد. در این مرحله، هدف کلی موضوع در رأس تصمیم‌گیری و سپس ویژگی‌ها و معیارهایی که به نحوی در کیفیت هدف تأثیرگذار هستند در مرتبه پایین‌تر و در نهایت در آخرین سطح گزینه‌های تصمیم‌گیری قرار می‌گیرند. در کل این یک چارچوب کلی و استاندارد است که برای کلیه مسائل یکسان است (Colville-Andersen , 2018). مهم‌ترین بخش در این مرحله انتخاب معیارها و عوامل مؤثر بر تحقیق است. تعیین معیارها و زیرمعیارها در تصمیمات انفرادی چندان مشکل نیست. چراکه تصمیم‌گیرنده این عوامل را به‌شخصه تعیین می‌کند؛ اما در تصمیم‌گیری‌های گروهی به دلیل اختلاف علایق و تخصص افراد ممکن است عوامل متفاوتی در نظر گرفته شود. درنتیجه در این مرحله استفاده از فنون معمول تصمیم‌گیری گروهی می‌تواند کارساز باشد. توصیه معمول در این زمینه استفاده از تکنیک دلفی برای تعیین فاکتورها می‌باشد (Buehler and Pucher 2012). در پژوهش حاضر، افراد خبره شامل کسانی است که با مسائل حمل‌ونقل، ترافیک شهری، طرح‌های مدیریت شهری و مهندسی راه و ترافیک سروکار داشته‌اند. بنابراین از افراد موجود در شهرداری منطقه موردمطالعه، مأموران ترافیکی و راهنمایی رانندگی، مهندسین راه و ترافیک ناحیه و ادارات راه و ترابری این منطقه به علت آشنایی با منطقه ۱۰ تهران و الگوی حمل‌ونقل آن به‌عنوان افراد صاحب‌نظر استفاده شد. بنابراین ۲۰ نفر افراد خبره به‌عنوان پاسخ‌دهندگان به این پرسشنامه‌ها استفاده‌شده است. به‌علاوه، برای پرسشنامه‌های افراد عادی، ۲۸۰ نفر مردم منطقه و ناحیه موردمطالعه بر اساس محاسبه حجم نمونه توسط فرمول کوکران[۶] مطابق معادله (۱) تعیین شدند که ویژگی‌های افراد خبره و عادی و نتایج جامعه آماری آن‌ها در جدول (۲) نشان داده می‌شود.

$$n = \frac{\frac{z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N}\left(\frac{z^2 pq}{d^2} - 1\right)} \qquad (۱)$$

که در معادله (۱)، n برابر حجم نمونه آماری، N برابر حجم جامعه آماری، d نشان‌دهنده خطای مجاز که برابر ۰/۰۵ می‌باشد. z نشان‌دهنده مقدار متغیر نرمال با سطح اطمینان $1-\alpha$ است. مقدار z برای سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ و برای سطح اطمینان ۹۹ درصد برابر ۲/۵۸ می‌باشد. متغیر p برابر با نسبت برخورداری جامعه آماری از نمونه

موردنظر و $q=1-p$ نسبت عدم برخورداری جامعه آماری از نمونه موردنظر می‌باشد. در معادله (۱)، p و q برابر ۰/۵ درنظرگرفته می‌شود. همچنین روایی پرسشنامه حاضر بر اساس ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۰ می‌باشد که درستی و اطمینان پرسشنامه حاضر برای هدف پژوهش حاضر نشان داده می‌شود.

جدول ۱. عوامل اصلی پژوهش

عوامل اصلی	زیر معیارها
عوامل انسانی	استفاده همگانی (Abraham et al., 2002)
	سن استفاده کنندگان (Ortúzar, 2000)
	شرایط وزنی استفاده کنندگان (کیلوگرم) (نیکوخصلت و همکاران، ۱۳۹۶)
	مهارت (Moudon et al., 2005)
	تجربه کافی (Moudon et al., 2005)
	کاهش زمان رسیدن/رفتن افراد به/از مبدا و مقصد (Stinson and Bhat, 2005)
	محدودیت سرنشینان (Majumdar and Mitra, 2017)
	عدم طی مسافت طولانی (Heinen et al, 2011; Rondinella et al, 2012)
	سلامتی و ورزش (سرایی و شمسی، ۱۳۹۱؛ نیکوخصلت و همکاران، ۱۳۹۶)
عوامل ایمنی	وضعیت اقلیمی مسیر (Sener et al., 2009; El-Assi et al., 2017)
	ایمنی در برابر تصادفات (Belda et al., 2008)
	ایمنی نسبت به سایر وسایل نقلیه (Majumdar and Mitra, 2017)
	پیوستگی مسیر (قریب، ۱۳۸۳)
	شیب طولی (کنف‌الاخر، ۱۳۸۱؛ قریب، ۱۳۸۳)
	سرعت استاندارد (کنف‌الاخر، ۱۳۸۱)
	ایمنی مسیر در مقابل موانع (Useche et al., 2018)
	راحتی و آسانی مسیر (شهابیان، ۱۳۸۲، تقوایی ۱۳۹۰)
	لغزش در شرایط بد آب‌وهوایی (Menghini et al, 2010)
	نداشتن بدنه مقاوم در مقابل ضربه (حبیبیان و همکاران، ۱۳۹۶)
	تابلو و نمادهای ایمنی در مسیر (Stinson and Bhat, 2005)
	عدم وجود مقررات مرتبط با دوچرخه سواری (Majumdar and Mitra, 2017)
	عدم خط کشی مخصوص مسیر دوچرخه (Love et al., 2012; Stewart and McHale, 2014)
عوامل زیست‌محیطی	زیبایی مسیر (کاهش تعداد خودرو) (شهابیان، ۱۳۸۲)
	آلودگی صوتی (اسدالهی و همکاران، ۱۳۹۰)
	آلودگی هوا (اسدالهی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Johansson et al., 2017; Qiu and He, 2018)
	انرژی پاک (Simeoni and De Crescenzo, 2018)
عوامل ترافیکی	کاهش تعداد خودروها در مسیرهای رفت و آمد (EL-Geneidy et al, 2007, Sener et al , 2009)
	کاهش خودروهای تک سرنشین (Aultman-Hall et al., 1997; Winters et al., 2010)
	عدم جاگیری کمتر نسبت به سایر وسایل نقلیه (Casello et al. 2011)
	استفاده در محدوده طرح زوج و فرد (شهابیان، ۱۳۸۲)
	کنترل ترافیک با هر مسیر هندسی (قریب، ۱۳۸۳)
	کنترل ترافیک وسایل نقلیه عمومی (حبیبیان و همکاران، ۱۳۹۶)
سایر عوامل	پارکینگ مخصوص (فتحی و تقوایی، ۱۳۹۰)
	شرایط آب‌وهوایی (Segadilha and da Penha Sanches, 2014)
	بعد اقتصادی (فتحی و تقوایی، ۱۳۹۰)
	بعد اجتماعی (Majumdar and Mitra, 2017)
	بعد فرهنگی (قریب، ۱۳۸۳)

جدول ۲. توزیع فراوانی اطلاعات عمومی افراد

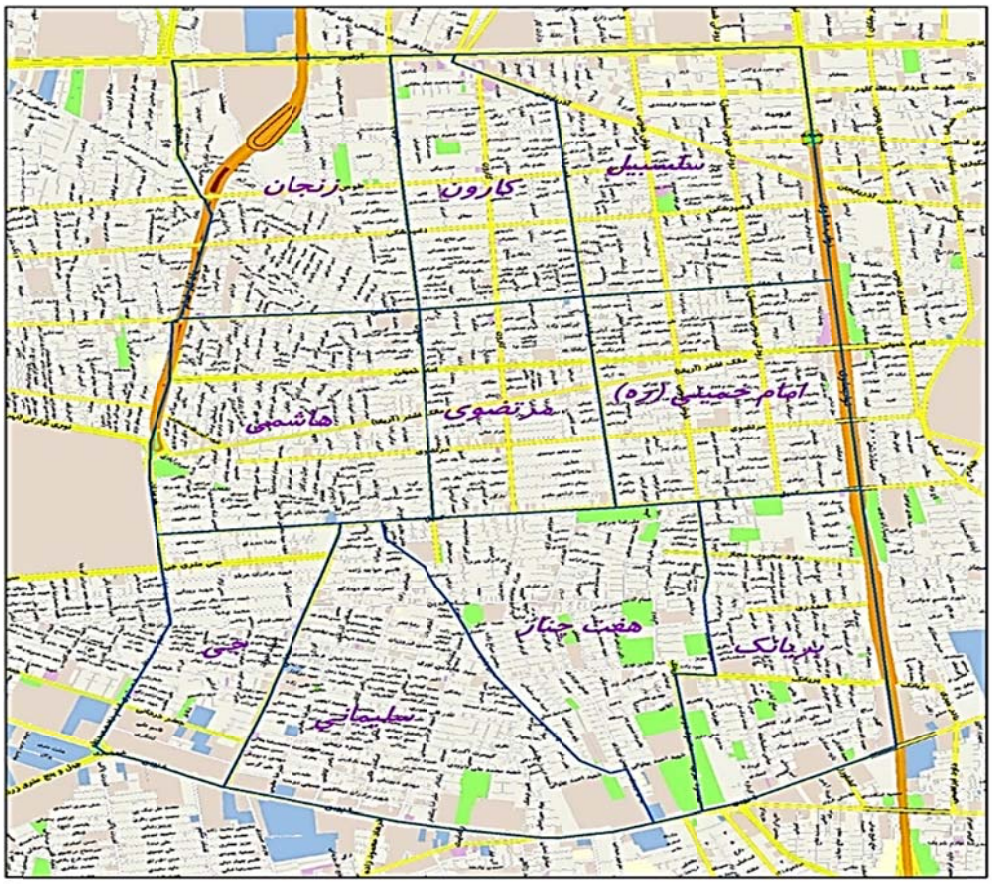
	جنسیت	تعداد	درصد
جنسیت	زن	۷۲	۲٤/۰۰
	مرد	۲۲۸	۷٦/۰۰
سن	کمتر از ۳۰	٤۸	۱٦/۰۰
	۳۵-۳۱	۵۳	۱۷/٦۷
	٤۰-۳٦	۸۲	۲۷/۳۳
	٤۵-٤۱	٦۵	۲۱/٦۷
	بیشتر از ٤۵	۵۲	۱۷/۳۳
تحصیلات	زیر دیپلم	۱۰۲	۳٤/۰۰
	دیپلم	۷۱	۲۳/٦۷
	فوق دیپلم	۵۲	۱۷/۳۳
	لیسانس	۳۹	۱۳/۰۰
	فوق لیسانس	۳۱	۱۰/۳۳
	دکتری	۵	۱/٦۷

۳-۱- مطالعه موردی

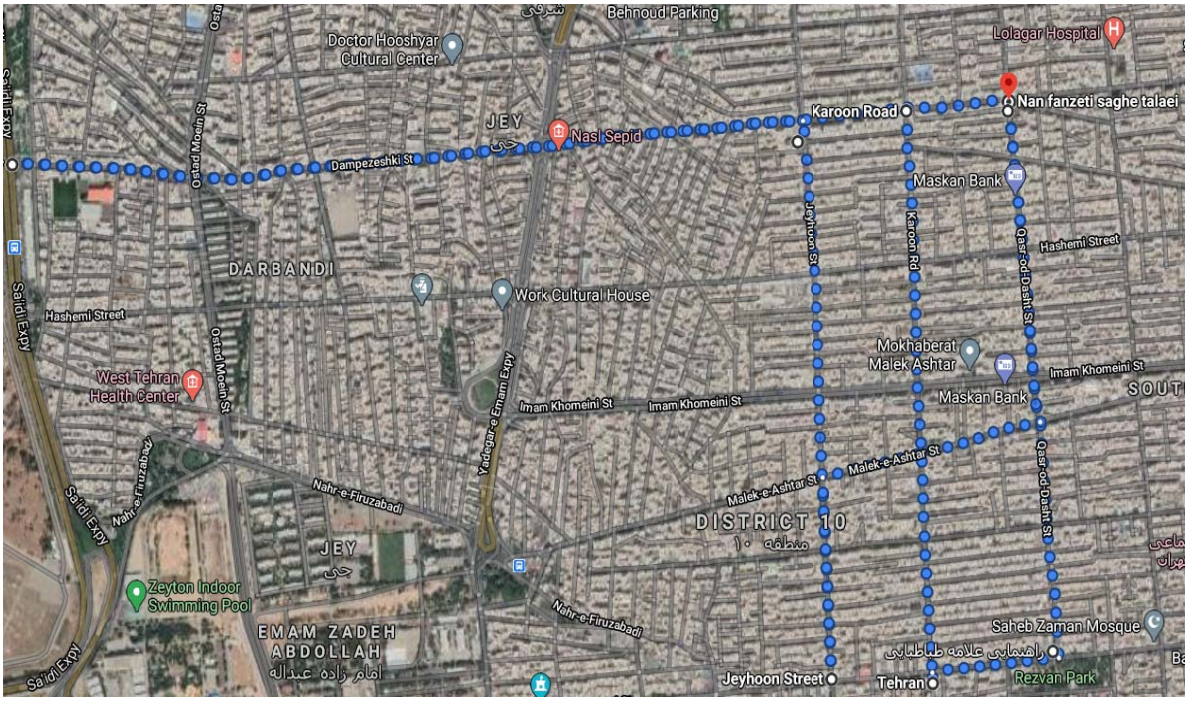
در پژوهش حاضر، منطقه ۱۰ شهر تهران به‌عنوان محدوده مورد مطالعه برای مسیر دوچرخه‌سواری انتخاب‌شده است. موقعیت منطقه ۱۰ شهر تهران در محدوده مرکزی شهر و در مجاورت بخش تهران ناصری قرار گرفته است. همچنین منطقه ۱۰، مطابق شکل (۱) از سمت شمال، شرق، جنوب و غرب به ترتیب به مناطق مهمی نظیر خیابان آزادی، بزرگراه نواب، خیابان منطقه ۱۰ شهرداری تهران و خیابان شهیدان و هرمزان و پادگان جی محدود می‌شود. بنابراین، چهار خیابان کارون، قصرالدشت، جیحون و دامپزشکی به علت قرارگیری در مناطق مرکزی شهر و حجم قابل‌توجه ترافیک و رفت‌وآمد مردم مورد بررسی قرار می‌گیرند که در شکل (۲) نشان داده می‌شوند.

۳-۲- روش دلفی

از روش دلفی برای جمع‌آوری نظرات در مورد موضوعات خاص و یافتن توافق جمعی درباره‌ی موضوعی مورد اختلاف استفاده می‌شود. اگر میانگین اختلاف داده‌ها از ۰/۰۱ کمتر باشد، در مرحله بعد حذف می‌شوند و سؤالاتی که میانگین کمتر از ٤ داشته باشند حذف خواهند شد. بنابراین عوامل مؤثر براساس نظر کارشناسان و خبرگان این حوزه به‌صورت مجموعه‌ای از معیارها شناسایی می‌شوند. بنابراین، درمجموع ۵ معیار کلی و ۲۸ زیرمعیار برای بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری شناسایی شد. سپس با استفاده از روش دلفی امتیازدهی‌های ۲۰ نفر افراد خبره تجزیه و تحلیل که نتایج آن توسط میانگین هندسی وارد تکنیک دیمتل می‌شود.



شکل ۱. محلات ده‌گانه منطقه ۱۰ استان تهران (معاونت توسعه و برنامه‌ریزی شهرداری تهران، ۱۳۹۰)



شکل ۲. چهار خیابان مورد بررسی در منطقه ۱۰ استان تهران (Google Map)

۳-۳- تکنیک دیمتل

تکنیک دیمتل یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد که توسط فونتلا و گابیوس (Fontela and Gabus, 1976) ارایه شد که در چهار مرحله بر اساس تأثیرگذاری ماتریس ارتباطات با روابط درونی به‌دست می‌آید. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، هم رابطه عللی و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد. برای هر یک از معیارها باید این تحلیل‌ها صورت پذیرد و در بین این معیارها بیشترین معیار مؤثر و روابط بین معیارها پیدا شود.

۱) نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم (M):

در این مرحله با استفاده از معادله (۲) ماتریس ارتباط مستقیم تشکیل شده نرمالیزه می‌شود.

$$N = K * M \qquad (۲)$$

که در معادله (۲)، متغیر K به‌صورت معادله (۳) زیر محاسبه می‌گردد. ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود و سپس معکوس بزرگ‌ترین عدد سطر و ستون، مقدار K را مشخص می‌کند.

$$K = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^{n} a_{ij}} \qquad (۳)$$

۳) محاسبه ماتریس ارتباط کامل: برای محاسبه این ماتریس به‌صورت زیر استفاده می‌شود که عبارت است از: از معادله (٤)

$$T = N * (I - N)^{-1} \qquad (٤)$$

که در معادله (٤)، I نماد ماتریس یکه یا همانی است.

۲) ایجاد نمودار علت:

برای ایجاد نمودار علت مبتنی بر متغیرها و عوامل به‌کارگرفته شده، مراحل زیر به صورت ادامه شرح داده می‌شوند.

هدف ارزیابی عوامل از نظر تأثیرگذاری و تأثیر پذیری است که از طریق تحلیل روابط علت و معلولی توسط نمودار علت[۷] و معلول به دست می‌آید. تکنیک دیمتل در چهار مرحله زیر بدست می‌آید که عبارتند از (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳).

-تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (M): زمانی که از دیدگاه چند نفر برای انتخاب معیارها و زیرمعیارها استفاده می‌گردد. استفاده از میانگین ساده نظرات ضروری است که در ماتریسی به نام ماتریس ارتباط مستقیم (M) قرار داده می‌شوند. در این نوع ماتریس از تأثیرگذاری معیارها و طیف یا مقیاس کلامی بر اساس جدول (۳) استفاده می‌شود.

-جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عوامل است که میزان تأثیرگذاری متغیرها را نشان می‌دهد.

- جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عوامل است (میزان تأثیرپذیری متغیرها).

- بردار افقی (D + R) که اهمیت[۸] نامیده می‌شود، میزان اثرگذاری هر متغیر را نشان می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل ارتباط نزدیکی با سایر عوامل سیستم دارد.

- بردار عمودی (D-R) که ارتباط[۹] نامیده می‌شود، قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طورکلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علت محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

- در نهایت یک دستگاه مختصات دکارتی ترسیم می‌شود. در این دستگاه محور طولی مقادیر D+R یا همان محور اهمیت و محور عرضی بر اساس D - R یا همان محور ارتباط بین متغیرها را نشان داده می‌شود.

جدول ۳. جدول طیف کلامی میزان تأثیرگذاری

عبارت کلامی	عدد متناظر
بدون تأثیر	۰
تأثیرگذاری خیلی کم	۱
تأثیرگذاری کم	۲
تأثیرگذاری زیاد	۳
تأثیرگذاری خیلی زیاد	٤

۳-٤-مدل فرآیند تحلیل شبکه (ANP)

ساعتی (Saaty, 1996)، روش گسترش یافته‌ای تحت عنوان فرآیند تحلیل شبکه (ANP)، برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره ارایه نمود. در روش ANP شبکه‌ای ترسیم می‌شود که گره‌های موجود در این شبکه معادل هدف، معیارها و گزینه‌هاست. یکی از راه‌های انجام محاسبات در روش ANP این است که وزن‌های به‌دست آمده از انجام مقایسه‌های زوجی در ماتریسی به نام سوپر ماتریس قرار می‌گیرد. سوپر ماتریس، ماتریسی از روابط بین اجزای شبکه است که از بردارهای ویژه این روابط به دست می‌آید (Saaty, 1996). بنابراین جهت اولویت‌بندی معیارها از تکنیک ANP استفاده می‌شود (Saaty, 2001). بنابراین در پژوهش حاضر، از مدل مقایسه زوجی ساعتی برای طراحی پرسشنامه افراد خبره استفاده می‌شود. سپس با استفاده از این مدل اهمیت نسبی معیارها با استفاده از روش ANP محاسبه می‌شود، که رتبه هر عامل و زیرمعیار تعیین می‌گردد که فرآیند امتیازدهی به پرسشنامه‌ها بر اساس مقیاس ۹ درجه ساعتی براساس جدول (٤) می‌باشد.

جدول ٤. ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به مقیاس نه درجه ساعتی (Wind and Saaty, 1980)

ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	ترجیح یکسان	شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد.
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم‌تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مرجح	گزینه i از j مطلقاً مهم‌تر و قابل‌مقایسه با j نیست.
۸-٦-٤-۲	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد.

با توجه به‌این‌که روش پژوهش حاضر، اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای مؤثردر مسیر دوچرخه‌سواری با مدل تصمیم‌گیری است. بنابراین الگوریتم مورداستفاده از روش انجام مراحل بر مبنای عملیات ماتریسی استفاده می‌شود. بدون درنظرگرفتن روابط درونی معیارها می‌توان از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) [۱۰] نیز استفاده کرد. اما به دلیل وجود ارتباط متقابل معیارها بر یکدیگر از مدل شبکه‌ای و تکنیک سلسله مراتبی در پژوهش حاضر استفاده می‌شود. ساختار سوپر ماتریس اولیه (ناموزون) در مدل ANP مطابق معادله (۵) می‌باشد.

$$w = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & w_{32} & w_{33} \end{pmatrix} \qquad (۵)$$

که در معادله (۵): w_{21}، بردار تأثیر هدف پژوهش بر معیارهای اصلی می‌باشد. w_{22}، نشان‌دهنده بردار نماد روابط درونی بین معیارها و زیرمعیارها است. w_{32}، بردار تأثیر معیارهای اصلی بر زیرمعیارها می‌باشد.

بنابراین، شناسایی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در مسیر دوچرخه‌سواری با مدل تصمیم‌گیری به صورت سه مرحله است که به صورت گام در ادامه بررسی می‌شوند.

گام اول: شناسایی معیارهای اصلی در گام نخست باید معیارهای اصلی تصمیم‌گیری شناسایی شوند. سپس مجموعه

معیارهای شناسایی‌شده، به عنوان معیارهای نهائی انتخاب می‌شوند. پس از انتخاب معیارهای اصلی بر اساس هدف اصلی پژوهش، معیارها به‌صورت زوجی مقایسه می‌شوند و با محاسبه بردار ویژه، میزان اهمیت آنان مشخص و تعیین اولویت می‌گردند (W_{21}).

گام دوم: شناسایی روابط درونی

در صورت وجود ارتباط درونی میان معیارها و زیرمعیارها، با روابط درونی شناسایی می‌شوند و سپس با استفاده از مقایسه‌های زوجی این روابط نیز وارد مدل می‌شوند. در تکنیک ANP این گام نیز طی شده و به‌صورت بردار W_{22} در سوپر ماتریس نامتقارن وارد می‌شود. بنابراین در پژوهش حاضر، برای شناسایی روابط درونی از تکنیک دیمتل استفاده می‌شود.

گام سوم: تعیین اولویت‌های کلی

برای تعیین اولویت‌های کلی و تبیین روابط بین آن‌ها، ساختار سوپر ماتریس اولیه بدون وزن تشکیل می‌شود. بر مبنای نظریه ساعتی، پس از تشکیل سوپر ماتریس اولیه، گام بعدی تعیین اولویت است. برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال‌سازی[11] و میانگین وزن‌ها استفاده می‌شود (Saaty, 1996). پس از نرمال‌کردن، میانگین موزون مقادیر هر سطر گرفته خواهد شد. برای نرمال کردن مقادیر مطابق معادله (٦) به‌دست می‌آیند.

$$r_{ij} = \frac{\overline{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \qquad (٦)$$

که در معادله (٦)، r_{ij} درایه نرمال شده متناظر با درایه a_{ij} در سوپر ماتریس اولیه می‌باشد. با تشکیل سوپر ماتریس حد[12] (با توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون به‌دست می‌آید) چنانچه سوپر ماتریس تشکیل شده، کل شبکه را در نظر گرفته باشد، یعنی تمامی گزینه‌ها در سوپر ماتریس لحاظ شده باشند، اولویت زیرمعیارها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپر ماتریس حد نرمالیزه به‌دست می‌آید. اگر سوپر ماتریس فقط بخشی از شبکه که وابستگی متقابل دارند را شامل شود و گزینه‌ها در سوپر ماتریس در نظر گرفته نشوند، محاسبات بعدی برای تعیین اولویت گزینه‌ها الزامی است (قدسی‌پور، ۱۳۸۷).

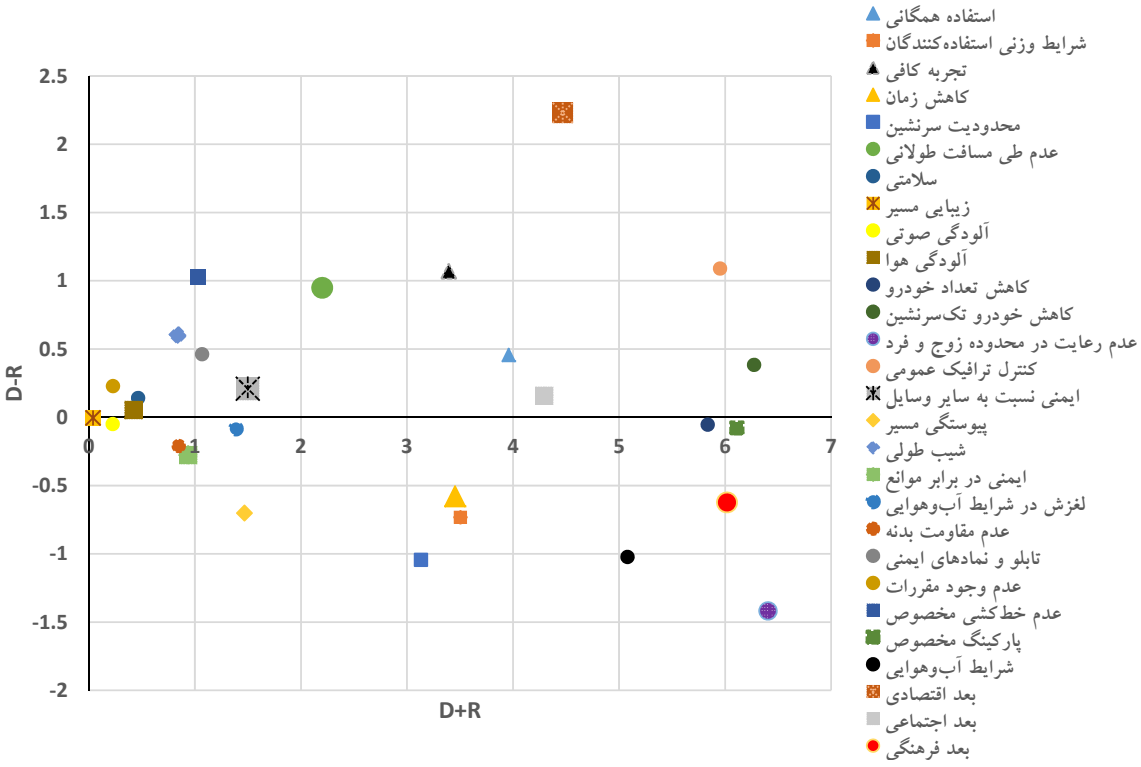
٤- نتایج و یافته‌های پژوهش

نتایج مدل‌های پیشنهادی به منظور شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در مسیر دوچرخه‌سواری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری پیشنهادی و آزمون تی-تست به صورت زیر نشان داده می‌شوند که به شرح زیر بیان می شوند.

٤-١-مدل دیمتل

نتایج حاصل از اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب مسیردوچرخه‌سواری توسط شهروندان بر اساس مدل دیمتل، و معادلات (٢) تا (٤) در شکل (٣) نشان داده می‌شوند. مطابق شکل (٣)، زیرمعیارهایی که تأثیرگذاری مثبت داشته‌اند به عنوان علت وارد تحلیل شبکه‌ای می‌شوند که عبارتند از: عوامل انسانی نظیر استفاده همگانی، تجربه کافی، عدم طی مسافت طولانی و سلامتی، عوامل ایمنی نظیر ایمنی نسبت به سایر وسایل، شیب طولی، تابلو و نمادهای ایمنی، عدم وجود مقررات، عدم خط‌کشی مخصوص، عوامل زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا، عوامل ترافیکی شامل کاهش خودرو تک‌سرنشین، کنترل ترافیک عمومی، و سایر عوامل نظیر پارکینگ مخصوص، بعد اقتصادی، و بعد اجتماعی به عنوان علت شناسایی می‌شوند. باید درنظر داشت که با افزایش میزان اثرگذاری این عوامل بر ترافیک شهری، میزان رضایت‌مندی و بهبود شرایط ترافیکی افزایش می‌یابد و دوچرخه‌سواران بیشتری از این نوع سیستم حمل‌ونقلی استفاده می‌کنند و درنتیجه مسیرهای بهینه و مناسبی برای مسیر دوچرخه‌سواری انتخاب می‌گردد. با انتخاب مسیرهای بهینه و مناسب مبتنی بر عوامل انسانی، ایمنی، ترافیکی، زیست‌محیطی و سایر عوامل می‌توان رضایت‌مندی را در دوچرخه‌سواران افزایش داد که این خود باعث افزایش استفاده از این نوع سیستم حمل‌ونقلی می‌گردد که به توسعه پایدار شهری کمک قابل ملاحظه‌ای می‌کند. همچنین از میان سایر عوامل نظیر بعد فرهنگی، شرایط آب‌و-هوایی، و عوامل انسانی نظیر شرایط وزنی استفاده‌کنندگان، کاهش زمان، محدودیت سرنشین، و از عوامل زیست‌محیطی زیرمعیارهای زیبایی مسیر، و آلودگی صوتی، و از عوامل ترافیکی زیرمعیارهایی نظیر کاهش تعداد خودرو، و عدم رعایت در محدوده زوج و فرد و از عوامل ایمنی زیر معیارهایی نظیر پیوستگی مسیر، ایمنی در برابر موانع، لغزش در شرایط آب‌وهوایی، و عدم مقاومت بدنه زیرمعیارهای معلولی

نام‌گذاری می‌شوند. با بررسی این عوامل می‌توان نشان داد که ایت عوامل تحت تأثیر عومل دیگر، اثرپذیر هستند. این بدان معنا می‌باشد که هر چه معیارهای اثرگذاری افزایش پیدا می‌کنند. اثرگذاری عوامل علتی بر عوامل اثرپذیر یا معلول بیشتر می‌شود و هدف موردمطالعه سریع‌تر از حد انتظار اتفاق می‌افتد و به حد ایده‌آل خود نزدیک‌تر می‌شود. با رسیدن هدف به ایده‌آل خود که در پژوهش حاضر بهبود ترافیک شهری و توسعه پایدار می‌باشد. با توجه به شکل (۳) می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین عامل تأثیرگذار بر مسیردوچرخه‌سواری بعد اقتصادی که مرتبط به سرمایه‌گذاری برای ایجاد مسیر دوچرخه‌سواری است و عدم رعایت در محدوده زوج و فرد به عنوان تأثیرپذیرترین عامل می‌باشد. بقیه عوامل از نظر تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و اهمیت دارند. بنابراین به منظور بهبود ترافیک شهری، مهندسان ترافیک، برنامه‌ریزان ومسئولان شهری، در ابتدا باید به بعد اقتصادی طرح سیستم دوچرخه‌سواری و هزینه‌های اجرای خطوط در شهرها بپردازند و اثرگذاری اجرای این نوع سیستم را بر بهبود ترافیک شهری نظیر عدم رعایت در محدوده زوج و فرد ترافیک شهری در نظر بگیرند. طرح مسیردوچرخه‌سواری با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر بر محدودیت زوج و فرد اثرگذار می‌باشد. زیرا افراد بیشتری از مسیرهای دوچرخه‌سواری استفاده می‌کنند که دیگر لازم به رعایت محدودیت زوج و فرد نمی‌باشد که با گسترش این سیستم، استفاده از خودروهای تک‌سرنشین کاهش و بر بسیاری عوامل منفی ترافیک اثر مثبتی در راستای بهبود وضعیت ترافیکی و زیست‌محیطی می‌گذارد. اگرچه دولت در ابتدا ممکن است هزینه‌هایی صرف اجرای خطوط نماید ولی با گذشت زمان می‌توان اثرات مثبتی در راستای توسعه پایدار شهری و کاهش ترافیک دست یافت.



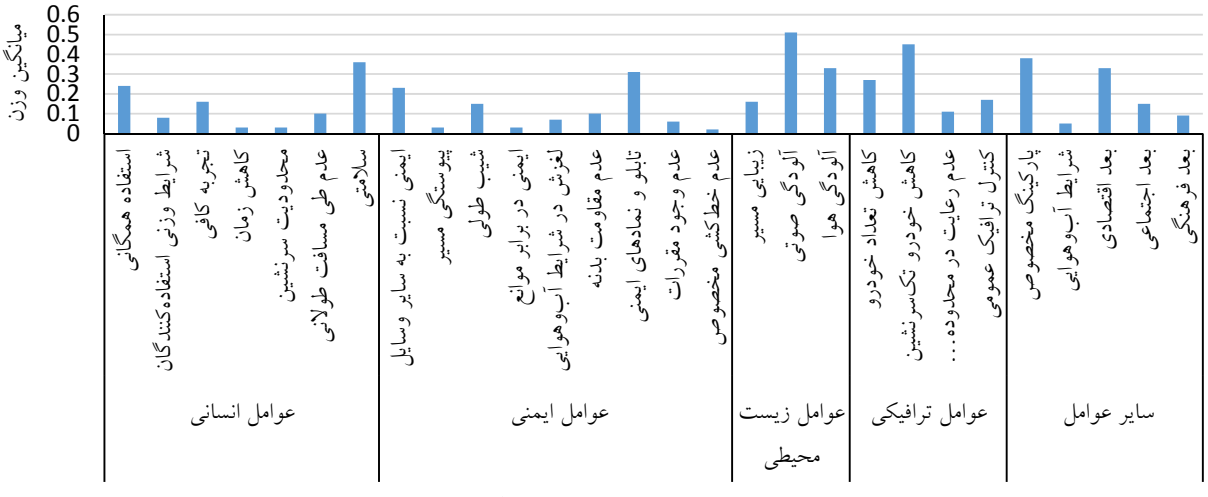
شکل ۳. نمودارهای علت و معلولی معیارها

۲-٤- مدل فرآیند تحلیل شبکه (ANP)

نتایج حاصل از فرآیند تحلیل شبکه (ANP) مطابق معادلات (۵) و (٦) برای اولویت‌بندی معیارها و زیر معیارهای مرتبط اثرگذار بر انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری در خیابان‌های موردمطالعه توسط دیدگاه کارشناسان خبره در جدول (۵) به‌صورت ماتریس زوجی نشان داده می‌شود. در جدول (۵)، هر عدد بیانگر میزان سهم برتری و یا عدم برتری معیار ازنظر متخصصین در قیاس با سایر معیارها می‌باشد. به‌طور مثال درآیه (٤،۵) که برابر ۵/۲۵ شده است نشان‌دهنده این است که ازنظر متخصصین و کارشناسان خبره، پارامتر ترافیکی به نسبت ۵/۲۵ نسبت به سایر عوامل برتری دارد و یا درآیه (۱،٤) که برابر ۰/۵۰ بیانگر برتری پارامتر ترافیک نسبت به عوامل انسانی با نسبت ۰/۵ می‌باشد. بنابراین رتبه‌بندی نهایی برای عوامل اصلی مطابق شکل (٤) نشان داده می‌شود. براساس شکل (٤)، می‌توان نتیجه گرفت که در عامل انسانی، پارامتر سلامتی بالاترین وزن را به خود اختصاص داده است و به ترتیب در عوامل ایمنی، زیست‌محیطی، ترافیکی و سایر عوامل، زیرمعیارهای تابلو و نمادهای ایمنی، آلودگی صوتی، کاهش خودرو تک سرنشین و پارکینگ مخصوص بالاترین اوزان را دارند. بنابراین بیشترین عوامل وزن‌دار نظیر آلودگی صوتی و کاهش خودرو تک سرنشین از عوامل زیست‌محیطی و ترافیکی نسبت به سایر عوامل وزن‌دار و قابل اهمیت می‌باشند. بنابراین سیستم دوچرخه نقش به‌سزایی در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حجم ترافیک خودروهای تک سرنشین دارد که باعث کاهش ترافیک در مناطق شلوغ و در نتیجه ارتقاء کیفیت زندگی و پویایی شهری می‌شود.

جدول ۵. ماتریس زوجی برآیند برای معیارهای اصلی نسبت به هدف

M	انسانی	ایمنی	زیست‌محیطی	ترافیکی	سایر عوامل
انسانی	۱	۲/۵٦	۱/۸	۰/۵	۳/۷۳
ایمنی		۱	۰/۵	۰/۲۵	۱/۷۲
زیست‌محیطی	---	---	۱	۰/۳۳	۲/۸٤
ترافیکی	---	---	---	۱	۵/۲۵
سایر عوامل	---	---	---	---	۱



معیارها و زیرمعیارهای مسیر دوچرخه سواری

شکل ٤. رتبه‌بندی اوزان عوامل پنج‌گانه

۳-٤- مقایسه پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین

این قسمت از پژوهش به مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مطالعات پیشین می‌پردازد. همانطور که اشاره شد، بر اساس پژوهش حاضر، مهم‌ترین عوامل مؤثر در انخاب مسیر دوچرخه‌سواری عبارتند از عوامل ایمنی، زیست‌محیطی، ترافیکی، عامل انسانی و سایر عوامل می‌باشند.

نتایج پژوهش حاضر با مطالعه ساگادیلها و دآپنها سانچس (۲۰۱٤) مطابقت دارد. آن‌ها با بررسی عوامل مؤثر بر سیستم دوچرخه‌سواری در احداث خطوط نشان دادند که عوامل ایمنی، ترافیکی، و زیست‌محیطی نقش مؤثری بر احداث این نوع سیستم حمل‌ونقل دارند. اگرچه اثرگذاری عوامل انسانی در انتخاب مسیرهای دوچرخه‌سواری در پژوهش ساگادیلها و دآپنها سانچس (۲۰۱٤) نشان داده نشد ولی می‌توان نتیجه گرفت که پژوهش حاضر برای مسیرهای دوچرخه‌سواری در کلان‌شهرها که ایمنی و ترافیک بیشتر مد نظر مسئولان و برنامه‌ریزان هستند مناسب می‌باشد. همچنین، نتایج مشابهی در مطالعه حبیبیان و همکاران (۱۳۹٦) یافت شد. آن‌ها نشان دادند که عوامل ایمنی، ترافیکی و زیست‌محیطی مهم‌ترین عوامل احداث خطوط دوچرخه‌سواری موردتوجه برنامه‌ریزان حمل‌ونقل شهری می‌باشند. اگرچه در مطالعه حبیبیان و همکاران عامل ترافیکی و زیست‌محیطی با اختلاف جزئی در رتبه‌بندی با نتایج اولویت‌بندی پژوهش حاضر می‌باشند ولی به‌طور کلی نشان‌دهنده مطابقت بودن اهداف پژوهش حاضر با پژوهش حبیبیان و همکاران (۱۳۹٦) است زیرا بیشتر بر جنبه مسئله ترافیک و رابطه با عوامل زیست‌محیطی در هر دو مطالعه اشاره و بررسی شده است. رضایی و همکاران (۱۳۹۱) نیز با بررسی اولویت‌بندی به مهم‌ترین عوامل مؤثر نظیر عوامل ایمنی، ترافیکی و انسانی در احداث بهینه‌ترین مسیر دوچرخه‌سواری اشاره کردند. در حالی‌که در پژوهش آنها عامل زیست‌محیطی اشاره نشده است و در پژوهش حاضر به‌صورت جامع به همه عوامل بررسی و اولویت‌بندی شده است.

٤-٤- آزمون تی- تست

آزمون تی – تست برای ارزیابی میزان یکسانی و عدم یکسانی میانگین نمونه‌ای با میانگین جامعه در شرایط مجهول بودن انحراف معیار جامعه استفاده می‌شود. بنابراین جهت سنجش میانگین عامل‌ها و مقایسه آن با مقداری استاندارد یا مفروض، از آزمون تی-تست نمونه‌ای استفاده شده است.

برای استفاده از آزمون تی-تست، ابتدا دامنه نمرات پرسشنامه بر اساس مقیاس لیکرت[۱۳]، ۵ گزینه‌ای برای افراد عادی از ۱ تا ۵ انتخاب شد که مطابق جدول (٦) نشان داده می‌شود. سپس آزمون تی-تست برای میانگین داده‌های به‌دست‌آمده مطابق جدول (٦) نسبت به مقدار میانگین گزینه‌های طیف لیکرت ($\text{Average}_{\text{Likert}} = \frac{1+2+3+4+5}{5} = 3$) سنجیده می‌شود ومحاسبات به‌دست می‌آید. عواملی که حاصل اختلاف مبانگین آن‌ها با مقدار ۳ کمتر باشند، معنی‌دار نمی‌باشند و درحالی‌که عواملی با بیشترین اختلاف با مقدار ۳ به‌عنوان عوامل معنی‌دار در انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری شناسایی می‌شوند. بنابراین، نتایج حاصل از آزمون تی-تست مطابق شکل (۵) و جدول (٦) نشان داده می‌شود.

براساس شکل (۵) و جدول (۷)، خیابان قصرالدشت با میانگین مؤثر ۳/٤۹٦، به عنوان اولین خیابان در ضرورت استفاده از دوچرخه در این منطقه نسبت به سایر خیابان با هدف کاهش حجم ترافیک در اولویت قرار می‌گیرد. همچنین به ترتیب خیابان دامپزشکی با میانگین مؤثر ۳/٤٤٤، خیابان کارون با میانگین مؤثر ۳/٤۲٤ و خیابان جیحون با میانگین مؤثر ۳/٤۲۲ در رتبه‌های دوم تا چهارم استفاده از دوچرخه قرار می‌گیرند.

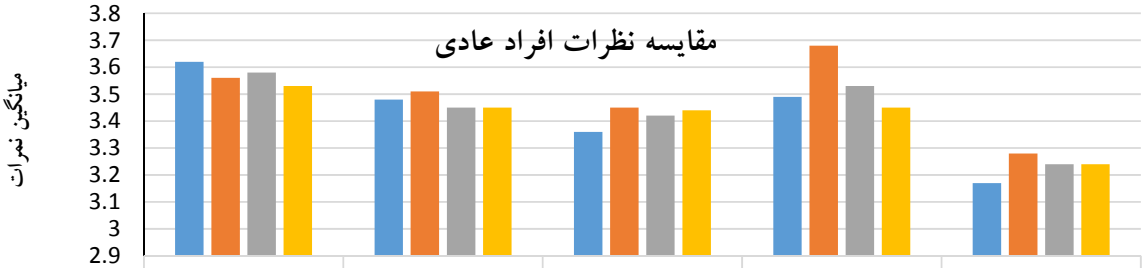
از نظر عامل انسانی، خیابان کارون با میانگین وزنی ۳/٦۲ به‌عنوان مهم‌ترین خیابان و از نظر عوامل ایمنی، زیست‌محیطی، ترافیکی و سایر عوامل به ترتیب با میانگین ۳/۵۱، ۳/٤۵، ۳/٦۸ و ۳/۲۸ برای خیابان قصرالدشت به‌عنوان مهم‌ترین خیابان نسبت به خیابان‌های دیگر در اولویت مسیردوچرخه‌سواری می‌باشند. با بررسی نتایج حاصل از اولویت‌بندی خیابان‌های موردمطالعه، خیابان قصرالدشت به‌دلیل افزایش اثرگذاری عوامل موردمطالعه بر زیرمعیارهای بهبود وضعیت ترافیک و افزایش پویایی شهری نسبت به خیابان‌های دیگر در اولویت اجرای خطوط دوچرخه‌سواری موردتوجه قرار می‌گیرد.

اگرچه در معیار انسانی نسبت به سایر خیابان‌ها در اولویت بعدی می‌باشد. ولی با توجه به‌این‌که در کلان‌شهرها مسئله ترافیک شهری از مهم‌ترین چالش مهندسان ترافیک محسوب می‌شود. از این نظر خیابان قصرالدشت و خیابان‌های مشابه قصرالدشت در دیگر مکان‌ها را می‌توان در اولویت مسیر

دوچرخه‌سواری با توجه معیارهای ترافیکی، زیست‌محیطی و ایمنی قرار داد که این به نظر مشاوران و مهندسان حمل‌ونقلی بستگی دارد. از نظر عامل انسانی خیابان کارون را می‌توان برای مسیردوچرخه‌سواری انتخاب کرد که این متناسب خیابان‌هایی که ترافیک کم و استفاده عابران از آن زیاد است مناسب می‌باشد، زیرا تنها عابران نقش مهمی در رضایت‌مندی استفاده از خطوط دوچرخه‌سواری در این خیابان دارند. درحالی‌که، از دیدگاه عوامل ترافیکی، زیست‌محیطی، و ایمنی نسبت به سایر خیابان‌ها در اولویت بعدی مسیر دوچرخه‌سواری قرار می‌گیرد. بنابراین اگر در انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری معیارهای ترافیکی، ایمنی، زیست‌محیطی مورد توجه مهندسان و برنامه‌ریزان شهری باشد خیابان قصرالدشت در اولویت انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری قرار می‌گیرند. در غیراینصورت اگر تنها عامل انسانی مدنظر باشد، خیابان کارون برای این نوع مسیرها مناسب می‌باشد.

جدول ٦. آزمون تی-تک نمونه‌ای جهت بررسی مقایسه میانگین متغیرهای اصلی با مقدار استاندارد (معیار = ۳)

خیابان	عامل ها	میانگین	تفاوت میانگین	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
کارون	عامل انسانی	۳/٦۲۳	۰/٦۲۳	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ایمنی	۳/٤۸۲	۰/٤۸۲	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل محیطزیست	۳/۳٦۲	۰/۳٦۲	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ترافیکی	۳/٤۹٤	۰/٤۹٤	٦۹	< ۰/۰۰۱
	سایر عوامل	۳/۱٦۸	۰/۱٦۸	٦۹	< ۰/۰۰۱
قصرالدشت	عامل انسانی	۳/۵٦۳	۰/۵٦۳	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ایمنی	۳/۵۰۹	۰/۵۰۹	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل محیطزیست	۳/٤٤۸	۰/٤٤۸	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ترافیکی	۳/٦۷۸	۰/٦۷۸	٦۹	< ۰/۰۰۱
	سایر عوامل	۳/۲۷۷	۰/۲۷۷	٦۹	< ۰/۰۰۱
دامپزشکی	عامل انسانی	۳/۵۸٤	۰/۵۸٤	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ایمنی	۳/٤٤۸	۰/٤٤۸	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل محیطزیست	۳/٤۲۲	۰/٤۲۲	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ترافیکی	۳/۵۲۷	۰/۵۲۷	٦۹	< ۰/۰۰۱
	سایر عوامل	۳/۲٤٤	۰/۲٤٤	٦۹	< ۰/۰۰۱
جیحون	عامل انسانی	۳/۵۳۱	۰/۵۳۱	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ایمنی	۳/٤٤۷	۰/٤٤۷	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل محیطزیست	۳/٤٤	۰/٤٤	٦۹	< ۰/۰۰۱
	عامل ترافیکی	۳/٤۵	۰/٤۵	٦۹	< ۰/۰۰۱
	سایر عوامل	۳/۲۳۸	۰/۲۳۸	٦۹	< ۰/۰۰۱



	عامل انسانی	عامل ایمنی	عامل زیست محیطی	عامل ترافیک	سایر عوامل
کارون	3.62	3.48	3.36	3.49	3.17
قصرالدشت	3.56	3.51	3.45	3.68	3.28
دامپزشکی	3.58	3.45	3.42	3.53	3.24
جیحون	3.53	3.45	3.44	3.45	3.24

شکل ۵. نمودار پاسخ افراد عادی نسبت به چهار خیابان مورد مطالعه

جدول ۷. مقایسه نظرات افراد عادی

نام خیابان	میانگین مؤثر	رتبه
کارون	۳/٤۲٤	۳
قصرالدشت	۳/٤۹٦	۱
دامپزشکی	۳/٤٤٤	۲
جیحون	۳/۲۲٤	٤

۵- نتیجه‌گیری

سیستم دوچرخه به عنوان یکی از راهکارهای توسعه سیستم حمل‌ونقل پایدار شهری و بهبود ترافیک شهری در بسیاری از نقاط جهان پیشنهاد می‌شود، این سیستم به دلیل ارزان بودن، دسترسی سریع و عمومی، با وجود زیرساخت‌های مناسب می‌تواند جهت تردد در سطح شهرها و روان‌شدن ترافیک در نقاط پرتردد شهرها استفاده شود. بنابراین به منظور بهبود ترافیک شهری و توسعه این سیستم حمل‌ونقلی، هدف پژوهش حاضر، ابتدا شناسایی عوامل مؤثر بر مسیر دوچرخه‌سواری و سپس اولویت‌بندی مسیر دوچرخه‌سواری با هدف بهبود ترافیک شهری در خیابان‌های کارون، قصرالدشت، دامپزشکی و جیحون در منطقه ۱۰ شهرداری تهران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر تکنیک‌های دلفی، و دیمتل و روش‌های فرآیند تحلیل شبکه (ANP)، و آزمون تی-تست مبتنی بر نظر شهروندان و کارشناسان خبره می‌باشد.

نتایج حاصل پژوهش عبارتند از:

۱- نتایج حاصل از مدل دیمتل نشان داد که زیرمعیارهای مرتبط به عامل انسانی نظیر استفاده همگانی، تجربه کافی، عدم طی مسافت طولانی و سلامتی، و زیر معیارهای ایمنی نظیر ایمنی نسبت به سایر وسایل، شیب طولی، تابلو و نمادهای ایمنی، عدم وجود مقررات، عدم خط‌کشی مخصوص، و زیرمعیارهای مرتبط به عامل زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا، زیرمعیارهای مرتبط به عامل ترافیکی نظیر کاهش خودرو تک‌سرنشین، کنترل ترافیک عمومی و زیرمعیارهای مرتبط به سایر عوامل نظیر پارکینگ مخصوص، بعد اقتصادی، و بعد اجتماعی در سایر عوامل به عنوان علت یا عوامل اثرگذار شناخته شده‌اند. بنابراین بیشترین عامل تأثیرگذار بر مسیردوچرخه‌سواری بعد اقتصادی که مرتبط به سرمایه‌گذاری برای ایجاد مسیر دوچرخه‌سواری است و عدم رعایت در محدوده زوج و فرد به عنوان تأثیرپذیرترین عامل در انتخاب مسیردوچرخه‌سواری شناسایی می‌شوند. بقیه عوامل نیز از نظر تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و اهمیت بر انتخاب مسیر دوچرخه‌سواری اولویت‌بندی می‌شوند.

۲- نتایج فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) نشان داد که بیشترین عوامل وزن‌دار نظیر آلودگی صوتی و کاهش خودرو تک سرنشین از عوامل زیست‌محیطی و ترافیکی نسبت به سایر عوامل از اهمیت بیشتری در انتخاب مسیردوچرخه‌سواری برخوردار می‌باشند.

۳- نتایج آزمون تی-تست نشان داد که خیابان قصرالدشت با میانگین مؤثر ۳/٤۹٦، به عنوان اولین خیابان در ضرورت استفاده از دوچرخه در این منطقه نسبت به سایر خیابان با هدف کاهش حجم ترافیک انتخاب شده است. همچنین به ترتیب خیابان دامپزشکی با میانگین مؤثر ۳/٤٤٤، خیابان کارون با میانگین مؤثر ۳/٤۲٤ و خیابان جیحون با میانگین مؤثر ۳/٤۲۲ در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار دارند. همچنین ازنظر عامل انسانی خیابان کارون با میانگین وزنی ۳/٦۲ به‌عنوان مؤثرترین خیابان و از نظر عوامل ایمنی، زیست‌محیطی، ترافیکی و سایر عوامل به ترتیب با میانگین وزنی ۳/۵۱، ۳/٤۵، ۳/٦۸ و ۳/۲۸، خیابان قصرالدشت به‌عنوان مهم‌ترین خیابان نسبت به سایر خیابان‌ها در اولویت مسیر دوچرخه‌سواری می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به مهندسان ترافیک، برنامه‌ریزان و مسئولان شهری برای شناسایی عوامل مؤثر بر مسیر دوچرخه‌سواری و راهکارهای افزایش بهره‌وری و بهبود ترافیک شهری، کمک کند. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان عوامل تأثیرگذار بر انتخاب مکان دوچرخه‌سواری را شناسایی کرد و عوامل مؤثر برای بهبود و اصلاح این نوع سیستم حمل‌ونقل پیشنهاد داد. اصلاح و بهبود این نوع سیستم حمل‌ونقل باعث افزایش تمایل شهروندان از این نوع سیستم و در نتیجه بهبود و اصلاح ترافیک شهری به‌خصوص در شهرهای بزرگ می‌شود.

٦- پی‌نوشت‌ها

1-Multi-Criteria Decision Making (MCDM)
2- Delphi technique
3- DEMATEL technique
4- Analytical Network Process (ANP)
5- T-Test
6- Cochran formula
7- Causal diagram
8- Importance
9- Relation
10- Analytical Hierchery Network (AHP)
11- Normalize
12- Limit super matrix
13- Likert Scale

۷- مراجع

-اسدالهی، ر.، حسن پور، ش.، باقری، ر.، (۱۳۹۰)، "بررسی نقش دوچرخه در برنامه‌ریزی سیستم‌های حمل‌ونقل درون‌شهری و ارایه راهکارهای افزایش مطلوبیت دوچرخه‌سواری"، اولین کنفرانس بین‌المللی دوچرخه شهری، تهران، ستاد مدیریت حمل‌ونقل و سوخت کشور.

-امینی، و.، (۱۳۹۲)، "یک تحلیل کمی از تأثیر جنسیت بر میزان تمایل برای سفر با دوچرخه"، پژوهشنامه حمل‌ونقل، ۱۰(٤).

-آصفی، ا.ع.، عفیفه. ج، طغرایی، ح.، (۱۳۹۸)، "تحلیل اهمیت ـ عملکرد ویژگی‌های مسیرهای دوچرخه موثر بر تصمیم دوچرخه سواری با کاربرد مدل IPA"، نشریه مدیریت ورزشی، سال یازدهم، شماره یکم، ص. ۱۷۳-۱۵۵.

-بندختی، ا.، مختاری ملک‌آبادی، ر.، رحیمی پردنجانی، م.، (۱۳۹۲)، "مطالعه تطبیقی گردشگری با دوچرخه در کشور ایران و هلند و ارائه راهکارهای مطلوب (مطالعه موردی: اصفهان و آمستردام)"، در اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پایدار.

-حبیبی، آ.، ایزدیار، ص.، سرافرازی، ا.، (۱۳۹۳)، "تصمیم‌گیری چند معیاره فازی"، رشت، انتشارات کتیبه گیل.

-حبیبیان، م.، هامونی، پ.، حقشناس، پ.، (۱۳۹٦)، "تعیین بهترین مسیر احداث خط دوچرخه سواری با رویکرد حمل ونقل پایدار (مطالعه موردی: منطقه ۱ شهر شیراز)"، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، سال سوم، شماره چهل و نهم، ص. ٦۰۲-۵۹۳.

-حسن‌پور, ش.، حدادی، ف.، (۱٤۰۱)، "اولویت‌بندی عوامل زیرساختی مؤثر بر ایمنی راه‌های دوخطه با رویکردهای پیشگیرانه و واکنش‌گرا (مطالعه موردی: محور اهر-تبریز)"، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، سال پنجاه‌وچهارم، شماره چهارم، ص. ۱٤٤۰-۱٤۱۹.

-خادم‌الحسینی، ا.، صفی‌خانی، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی ویژگی‌های کالبدی استفاده از دوچرخه جهت گردش و تفریح در شهرها مطالعه تطبیقی منطقه ۳ و ٦ صفهان"، در همایش منطقه‌ای توریسم و توسعه.

-رضایی، م.ر.، حیدری، ی.، نظری مهر، ا. ح.، (۱۳۹۱)، "ارزیابی معیارهای مکان‌گزینی مسیرهای پیشنهادی دوچرخه سواری با استفاده از مدل AHP نمونه موردی : شهر یزد"، دوازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، تهران.

-سرایی، م. ح.، شمسی، ه.، (۱۳۹۱)، "احیاء دوچرخه سواری، و حمل‌ونقل پایدار شهری با تاکید بر توسعه پایدار شهر یزد"، احیاء دوچرخه سواری و حمل ونقل پایدار شهری با تاکید بر توسعه پایدار شهر یزد.

-شهابیان، پ.، (۱۳۸۲)، "خطر سواره در تقاطع دوچرخه‌ها"، مجله شهردارهای، سال پنجم، شماره سیزدهم، ص. ۱۷-۱.

-حدادی، ف. شیرمحمدی، حمید.، (۱۳۹٦)، "ارزیابی و اولویت‌بندی تصمیم‌گیران شهری در یکپارچه‌سازی سیستم حمل و نقل عمومی با استفاده از روش کوپراس (مطالعه موردی: شهر ارومیه)"، فصلنامه علمی و پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال هشتم، شماره سی‌ام، ص. ۸۲-٦۵.

-شیرمحمدی، ح.، حدادی، ف.، (۱۳۹۸)، "بررسی مشکلات ترافیک شهری و ارائه راهکارهای مبتنی بر طراحی خط ویژه اتوبوس (مطالعه موردی: خیابان‌های کاشانی – امینی شهرستان ارومیه)"، جاده، سال نود و هفتم، شماره بیست و هفتم، ص. ۱۰۵-۱۲۰.

-فتحی، ع.، تقوایی، م، (۱۳۹۰)،"معیارهای مکان‌گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه سواری (با تأکید بر شهر اصفهان)،" سال بیست و دوم، شماره سوم، ص. ۱۵۲-۱۳۵.

-قدسی‌پور، ح.، (۱۳۸۷)" کتاب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

-قربانی، ر.، اسدی، ا.، (۱۳۸۹)، "بررسی عوامل مؤثر بر کاهش تمایل به استفاده از دوچرخه در سفرهای شهری (مطالعه

موردی شهر زنجان)"، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال نوزدهم، شماره پنجاه و یکم، ص.۲۸۸-۲۶۷.

-قریب، ف، (۱۳۸۳)، "امکان سنجی ایجاد مسیرهای پیاده و دوچرخه در محدوده تهران قدیم"، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۹، ص. ۲۸-۱۷.

-کنف‌الاخر، ه.، (۱۳۸۱)، "اصول برنامه‌ریزی (طراحی) تردد پیاده و دوچرخه"، ترجمه دکتر فریدون قریب، انتشارات دانشگاه تهران.

-مرتضایی، ع.، حسینیان، س.ن.، قربانزاده، س.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی چالش‌های عدم تحقق پذیری سیستم حمل‌ونقل غیرموتوری در منطقه یک مشهد،" پژوهشنامه حمل‌ونقل سال پانزدهم، شماره چهارم، ص. ۲۴۶-۲۳۵.

-معاونت توسعه و برنامه‌ریزی شهرداری تهران، (۱۳۹۰). https://www.tehran.ir

-نیکوخصلت، س.، بدری آ.، یعقوب، ش.، احد، ف. ا.، سعید، فریدفتحی, م.، (۱۳۹۶)، "ارزیابی وضعیت موجود و اثر بخشی مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری شهر تبریز"، پژوهش‌های معاصر در مدیریت ورزشی، سال هفتم، شماره سیزدهم، ص. ۴۲-۳۱.

-Abraham J.E., McMillan, S., Brownlee, A.T., Hunt, J.D., (2002), "Investigation of Cycling Sensitivities", (WashingtoAn, DC: Transportation Research Board).

-Aultman-Hall, L., Hall, F. L., Baetz, B. B., (1997), "Analysis of Bicycle Commuter Routes Using Geographic Information Systems: Implications for Bicycle landing", Transportation Research Record, nº 1578, pp. 102-110.

-Belda, J.F., Marina, S., Rafael, B., Andreas, M., María, L.G., Gerardo, A., Francisco, J. M., (2008), "The predictive performance of a pharmacokinetic model for manually adjusted infusion of liquid sevofluorane for use with the Anesthetic-Conserving Device (AnaConDa): a clinical study", Anesthesia & Analgesia 106 (4), pp. 1207–1214.

-Buehler, R., Pucher J., (2012), "Cycling to Work in 90 Large American Cities: New Evidence on the Role of Bike Paths and Lanes", Transportation 39(2), pp. 409–432.

-Casello, J. M., Nour, A., Rewa, K. C., Hill, J., (2011), "An analysis of stated preference and GPS data for bicycle travel forecasting", In Proceedings of the Transportation Research Board 90th Annual Meeting, Washington, DC, USA, pp. 22-26.

-Colville-Andersen, M., (2018), "Copenhagenize: The definitive guide to global bicycle urbanism", Island Press.

-Dai, H., Yubo, T., Hai, L., (2020), "Visual analytics of urban transportation from a bike-sharing and taxi perspective", Journal of Visualization, pp. 1–18.

-Dickinson, J. E., Kingham, S., Copsey, S., Hougie, D.J.P., (2003), "Employer travel plans, cycling and gender: will travel plan measures improve the outlook for cycling to work in the U?", Transportation Research Part D, 8(1), pp. 53-67.

-El-Assi, W., Salah Mahmoud, M., Nurul Habib, K., (2017), "Effects of built environment and weather on bike sharing demand: A station level analysis of commercial bike sharing in Toronto", Transportation, 44, pp. 589–613.

-El-Geneidy, A., Krizek, K. J., Iacono, M., (2007), "Predicting bicycle travel speeds along different facilities using GPS data: a proof of concept model", 86th Annual Meeting of Transportation Research Board.

-Eren, E., Uz, V. E., (2020), "A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand", Sustainable Cities and Society, 54, 101882.

-Fontela, E., Gabus, A., (1976), "The DEMATEL observer, DEMATEL 1976 Report", (Battelle Geneva Research Cente, Geneva, Switzerland).

-Glavić, D., Mladenović, M. N., Milenković, M., (2019), "Decision Support Framework for Cycling Investment Prioritization", Journal of Advanced Transportation.

-Hasheminezhad, A., Hadadi, F., & Shirmohammadi, H. (2021), "Investigation and prioritization of risk factors in the collision of two passenger trains based on fuzzy COPRAS and fuzzy DEMATEL methods", Soft Computing, 25(6), pp.4677-4697.

-Heinen, E., Maat, K., Wee, B. V., (2011), "The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances", Transportation research Part D, 16, pp. 102–109.

-Hunt, J.D., Abraham, J.E., (2007), "Influences on bicycle use", Transportation, 34, pp. 453-470.

-Johansson, C., Lövenheim, B., Schantz, P., Wahlgren, L., Almström, P., Markstedt, A., & Sommar, J.N., (2017), "Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle", Science of the total environment, 584, pp. 55-63.

-Joseph, B. Rose, S. Lynn Andrew Executive, (1997), "New York City Bicycle Master Plan

-Saplıoğlu, M., Aydın, M. M., (2018), "Choosing safe and suitable bicycle routes to integrate cycling and public transport systems", Journal of Transport & Health, 10, pp. 236-252.
-Segadilha, A.B.P., da Penha Sanches, S., (2014), "Identification of factors that influence cyclistś route choice", Procedia-Social and Behavioral Sciences, 160, pp. 372-380.
- Sener, I. N., Eluru, N., & Bhat, C. R, (2009)," Who are bicyclists? Why and how much are they bicycling?", Transportation Research Record, 2134(1), pp. 63-72.
-Shirmohammadi, H., & Hadadi, F. (2019). Optimizing total delay and average queue length based on fuzzy logic controller in urban intersections, International Journal of Supply and Operations Management, 6(2), pp.142-158.
-Shirmohammadi, H., Najib, A. S., & Hadadi, F., (2018), "Identification of road critical segments using wavelet theory and multi-criteria decision-making method", European Transport-trasporti Europei, (68).
-Simeoni, F., De Crescenzo, V., (2018), "Ecomuseums (on clean energy), cycle tourism and civic crowdfunding: A new match for sustainability?", Sustainability, 10(3), 817.
-Stewart, K., McHale, A., (2014), "Cycle lanes: their effect on driver passing distances in urban areas", Transport, 293, pp.307–316.
-Stinson, M. A., Bhat, C. R., (2005), "A Comparison of the Route Preferences of Experienced and Inexperienced Bicycle Commuters", 84th Annual Meeting of Transportation Research Board, Transportation from the Customer's Perspective.
-Stinson, M.A., Bhat C. R., (2004), "Frequency of Bicycle Commuting: Internet-Based Survey Analysis", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, nº1878, pp.122-130.
-Useche, S., Luis, M., Francisco, A., Oscar O.T., (2018), "Infrastructural and Human Factors Affecting Safety Outcomes of Cyclists", Sustainability, 10 (2).
-Wind, Y., Saaty T.L, (1980), "Marketing applications of the analytic hierarchy process," Management science, 26 (7), pp. 641–658.
-Winters, M., Teschke, K., Grant, M., Setton, E. M., Brauer, M., (2010), "How far out of the way will we travel? Built environment influences on route selection for bicycle and car travel", 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
(1997)", National Association of City Transportation Officials.
-Koorey, G., (2007), "Are you a cyclist or do you cycle? The language of promotion cycling", presentation in New Zealand Cycling Conference.
-Litman, T., (1994), "Bicycling and transportation demand management", Transportation Research Record, 1441.
-Love, D.C., Breaud, A., Burns, S., Margulies, J., Romano, M., Lawrence, R., (2012), "Is the three-foot bicycle passing law working in Baltimore, Maryland?", Accid. Anal. Prev. 48, pp. 451–456.
-Majumdar, B. B., Mitra, S., Pareekh, P., (2020), "On identification and prioritization of motivators and deterrents of bicycling", Transportation letters, 12(9), pp. 591-603.
-Majumdar, B.B., Mitra, S., (2017), "Valuing factors influencing bicycle route choice using a stated-preference survey, Journal of urban planning and development, 143(3), 04017001.
-Menghini, G., Carrasco, N., Schüssler, N., Axhausen, K.W., (2010), "Route choice of cyclists in Zurich", Transportation Research Part A, 44, pp. 754-765.
-Moudon, A.V., Chanam, L., Allen, D. Cheadle, C.W. Collier, D.J., Thmas, L.S., Robert, D., (2005), "Cycling and the built environment, a US perspective", Transportation Research Part D: Transport and Environment, 3(10), pp. 257-261.
-Ortúzar, J., (2000), "Estimating demand for a cycle-way network", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 5(34), pp. 353-373.
-Pucher, J., (1998), "Urban transport in Germany: providing feasible alternatives to the car", Transport Reviews, 18(4), pp. 285-310.
-Qiu, L. Y., He, L. Y., (2018), "Bike sharing and the economy, the environment, and health-related externalities", Sustainability, 10(4), 1145.
-Rondinella, G., Fernández-Heredia, A., Monzón, A., (2012), "Analysis of perceptions of utilitarian cycling by level of user experience", 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board.
-Saaty, T. L., (1996), "Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process", ISBN 0-9620317-9-8.
-Saaty, T. L., (2001), "Fundamentals of the analytic hierarchy process." The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making, Springer, pp. 15–35.

Identifying and Prioritization Effective Factors on the Selection of Bicycle Route to Improve Urban Traffic Quality (Case Study: District 10 of Tehran City)

Hamid Shirmohammadi, Associate Professor, Department of Civil Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
Farzad Rahimi, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
Farhad Hadadi, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.

E-mail: h.shirmohammadi@urmia.ac.ir

Received: March 2023- Accepted: August 2023

ABSTRACT
The use of bicycle is one of the effective ways to develop sustainable urban transportation system and reduce traffic and environmental problems. Therefore, in order to eliminate traffic issues and develop this kind of transportation system, the present study is firstly aimed to identify effective factors on the selection of the bicycle route in Karun, Qasr Al-Dasht, Dampezeshki and Jeyhun streets in the district 10 of Tehran city and secondly the streets are prioritized based on the criteria and subcriteria for the bicycle route. For achieving the purposes, firstly, factors contributed to the improvement of urban traffic quality using a questionnaire survey based on 20 experts and 280 citizens are investigated. Secondly, criteria and subcriteria related to bicycle route factors are examined based on multi-criteria decision making (MCDM) methods including Delphi technique and cause-effect relationships by decision making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) method. In addition, analytic network process (ANP) and T-test are applied for prioritizing effective factors and studied streets in order to place bicycle routes. Therefore, according to the questionnaire survey, 5 criteria and 28 subcriteria related to the selection of the bicycle routes were found and the reliability of the questionnaire survey was obtained 0.9. Furthermore, the relative importance and weighting average values for criteria and subcriteria were obtained. Finally, the results of the present study for prioritizing effective factors using the questionnaire survey, DEMATEL, ANP and T-test methods indicated that Qasr Al-Dasht street with the highest score is selected as the first ranked street for the selection of bicycle route to improve urban traffic quality and Dampezeshki, Karun and Jeyhun streets are ranked in the next ranks for the bicycle route, respectively.

Keywords: Bicycle Route, Effective Factors, Urban Traffic Quality, Multi-Criteria Decision Making Methods