نوع مقاله: علمی-پژوهشی
شماره ۳۳ / زمستان ۱۳۹۸ / ص ۲۷ تا ۳۸

رتبه‌بندی شیوه‌های زمانبندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی

مطالعه موردی: شهر مشهد

مسعود کدخدایی - دانشجوی دکتری راه و ترابری، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
روزبه شاد[1] - دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۳۰

چکیده
در اجرای سیاست قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرها، نحوه تغییرات نرخ عوارض نسبت به زمان اهمیت زیادی دارد و در میزان کارایی طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک و بازدارندگی آن در میزان استفاده از خودروهای شخصی مؤثر است. بنابراین انتخاب مناسب‌ترین شیوه برای زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک نیازمند تحلیل و بررسی دقیق شیوه‌های مختلف زمان‌بندی و ارزیابی آنها با توجه به ویژگی‌های ترافیکی و اجتماعی شهر مورد نظر است. در کلانشهرهای توریستی به دلیل حضور گردشگران، حجم سفرهای با اهداف تفریحی و خرید در این کلانشهرها بیشتر از سایر شهرهاست. از طرفی بخش زیادی از رانندگان نیز با مسیر آشنایی نداشته و موجب متفاوت شدن الگوی سفرهای درون‌شهری در این کلانشهرها با سایر شهرها می‌شوند. به همین دلیل، انتخاب شیوه مناسب زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی اهمیت بیشتری می‌یابد. در این تحقیق، سه شیوه زمان‌بندی عوارض ثابت، عوارض زمان‌بندی شده و عوارض هوشمند برای زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی انتخاب شده و با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) و براساس مقایسات زوجی و نظرات کارشناسان رتبه‌بندی شدند. براساس نتایج، شیوه عوارض زمان‌بندی شده برای طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک با وزن نرمال ۰/۴۹ در رتبه نخست و شیوه‌های عوارض ثابت و عوارض هوشمند به ترتیب با وزن‌های نرمال ۰/۲۶ و ۰/۲۵ در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. مؤثرترین شاخص‌های این ارزیابی به ترتیب شاخص‌های کاهش زمان سفر، افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی، کاهش تردد خودروهای تک‌سرنشین، افزایش سرعت عملکردی و کاهش تصادفات با عابرپیاده، موتور و دوچرخه سواران شناخته شدند. استفاده از نتایج این تحقیق در سیاست‌گذاری‌های مدیریت شهری موجب بهینه‌سازی سیاست قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی مانند شهر مشهد شده و اثرگذاری این سیاست در کاهش تراکم ترافیک و مشکلات ناشی از آن را افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: کنترل تراکم ترافیک، قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، گردشگری، فرآیند تحلیل شبکه‌ای.

۱ نویسنده مسئول مقاله: r.shad@um.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه گسترش استفاده از خودروهای شخصی در سفرهای درون‌شهری و افزایش مشکلاتی مانند آلودگی هوا، آلودگی صوتی و افزایش زمان سفر در سفرهای درون شهری موجب افزایش هرچه بیشتر نارضایتی شهروندان و مسافران شده است (Mirbaha et al., 2016: 354). با توجه به این که در کلانشهرهای توریستی علاوه بر خودروهای شهروندان، خودروهای گردشگران نیز در معابر شهری تردد دارند، این مشکلات در این کلانشهرها شدیدتر از سایر شهرهاست (Kadkhodaei and Shad, 2017: 1). مجموعه سیاست‌هایی که برای کنترل تراکم ترافیک وجود دارند شامل دو دسته سیاست‌های کلی افزایش عرضه و مدیریت تقاضا هستند. افزایش عرضه به معنی توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی و افزایش ظرفیت معابر است. اما با افزایش عرضه، پس از مدتی تقاضای سفر هم افزایش می‌یابد که باعث افزایش مجدد تراکم ترافیک در معابر می‌شود. همچنین معمولاً تأمین هزینه‌های افزایش عرضه از توان دستگاه‌های مدیریت شهری خارج است. بنابراین مدیریت و کاهش تقاضا نسبت به افزایش عرضه ارجحیت دارد (Carey and Srinvasan, 1993: 218). در میان روش‌های مدیریت تقاضای سفر، قیمت‌گذاری تراکم ترافیک یکی از مناسب‌ترین شیوه‌ها برای مدیریت کارآمد و مؤثر تراکم ترافیک در کلانشهرهاست. با اعمال این سیاست و تعیین عوارض مناسب و بهینه، حجم زیادی از رانندگان خودروهای شخصی تغییر مسیر داده و معابری با بار ترافیکی کمتر را انتخاب می‌کنند یا مدل حمل‌ونقلی خود را از خودروی شخصی به سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی تغییر می‌دهند و بدین ترتیب تراکم ترافیک ناشی از تردد خودروهای شخصی در معابر مورد نظر تا حد زیادی کاهش می‌یابد (Saffarzadeh and Rasooli, 2015: 40).

یکی از مهمترین بخش‌های طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، نحوه تغییرات آن در طول زمان است که می‌تواند به صورت ثابت، زمان‌بندی شده و یا هوشمند باشد. انتخاب شیوه زمان‌بندی مناسب از میان سه شیوه مطرح شده به ویژگی‌های سفرهای درون‌شهری منطقه مورد مطالعه و نوع و اهداف آن سفرها دارد. بنابراین در انتخاب شیوه زمان‌بندی مناسب طرح‌های قیمت‌گذاری در یک کلانشهر توریستی لازم است به نوع و اهداف سفرهای درون‌شهری آن کلانشهر نیز توجه شود. با توجه به این که گردشگران در کلانشهرهای توریستی و مذهبی مانند مشهد، مسافرانی با اهداف سفر تفریحی، زیارتی و گردشگری هستند، الگوی سفر و توزیع زمانی سفرهای آنها نیز متفاوت با الگوی سفر و توزیع زمانی سفرهای سایر شهروندان در سفرهای شهری است (Shad et al., 2017: 10). مطابق آیین‌نامه ظرفیت راه‌های آمریکا (HCM)، حجم ترافیک در راه‌های عبوری گردشگران، نسبت به سایر راه‌های درون شهری و برون شهری، تغییرات ماهانه، هفتگی، روزانه و ساعتی شدیدتری دارند. از طرفی طراحی راه‌ها براساس حجم ترافیک ساعت طرح انجام می‌شود و حجم ترافیک ساعت اوج سالیانه به دلیل نادر بودن در طراحی ظرفیت راه مد نظر قرار نمی‌گیرد. بنابراین به دلیل تغییرات شدیدتر حجم ترافیک در راه‌های عبوری گردشگران، این مسیرها در ساعات اوج ترافیک و در ایام خاصی از سال، با تراکم ترافیک و راه‌بندان‌های طولانی مواجه می‌شوند (Transportation Research Board., 2000: 8/3). درنتیجه انتخاب مناسب‌ترین شیوه زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی نیازمند ارزیابی شیوه‌های مختلف زمان‌بندی این طرح‌ها با توجه به ویژگی‌های اجتماعی و ترافیکی کلانشهرهای توریستی است. هدف این پژوهش نیز رتبه‌بندی شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی با توجه به ترکیب نوع سفرهای درون‌شهری در این نوع کلانشهرهاست. به عنوان مطالعه موردی نیز، کلانشهر مشهد در این تحقیق انتخاب شده است.

با توجه به این که از هر ۱۰ خودروی در حال حرکت در کلانشهر مشهد، هشت خودرو تک‌سرنشین هستند (News Site of "Mashhad fowri", 2017) و اغلب سفرهای کاری در این شهر با استفاده از خودروهای شخصی انجام می‌شوند (Sajjadi et al., 2016: 127)، در این مقاله فرض شده، قیمت‌گذاری تراکم ترافیک و اخذ عوارض صرفاً به خودروهای شخصی اختصاص یافته و سایر مدل‌های سفرهای درون‌شهری مانند حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل غیرموتوری بدون نیاز به اخذ عوارض فرض شوند. پرسش‌هایی که در این مقاله مطرح شده و به دنبال پاسخ آنها هستیم عبارتند از این که معیارهای مؤثر در رتبه‌بندی سه شیوه مورد مطالعه برای زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی چه معیارهایی هستند؟ و کدام‌یک اهمیت بیشتری در این ارزیابی دارند؟ و با توجه به این معیارها، کدام‌یک از شیوه‌های یاد شده برای طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی مانند شهر مشهد مناسب‌تر هستند؟

۲. چارچوب نظری

روش قیمت‌گذاری تراکم ترافیک معمولاً به این صورت اجرا می‌شود که برای ورود خودروهای شخصی به محدوده طرح ترافیک، هزینه‌ای تعیین می‌شود. ایده قیمت‌گذاری معابر نخستین بار در سال ۱۹۲۰ برای محاسبه میزان عوارض بهینه یک مسیر پر رفت‌وآمد مطرح شد. چنانچه در روش قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، تعیین عوارض در ساعات اوج ترافیک مقدار بیشتری از عوارض در ساعات غیراوج داشته باشد، اعمال این سیاست نقش مؤثرتری در کنترل تقاضای سفر خواهد داشت (Yang and Huang, 1999: 140). قیمت‌گذاری تراکم ترافیک به روش‌های گوناگونی مانند قیمت‌گذاری به روش مجوز ناحیه‌ای، قیمت‌گذاری مجوز ورود، قیمت‌گذاری براساس مسافت پیموده شده در محدوده طرح ترافیک و قیمت‌گذاری براساس مدت زمان حضور در محدوده طرح ترافیک اجرا می‌شود (Rostami and Ataeian, 2006: 2).

زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک معمولاً به سه شیوه عوارض ثابت، عوارض زمان‌بندی شده و عوارض هوشمند

انجام می‌شود. مزایا و معایب هر کدام از این شیوه‌ها نیز بسته به ویژگی‌های جمعیتی و اجتماعی هر شهر با سایر مناطق متفاوت است. به عنوان مثال، شاخص آشنایی رانندگان با مسیر، یکی از پارامترهای مؤثر بر انتخاب شیوه مناسب زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک است. رانندگانی که با مسیر آشنایی کافی نداشته باشند، در فرآیند مسیریابی خود، توقف‌های بیشتری در مسیر داشته و با سرعت کمتری از مسیر عبور می‌کنند و همین امر سرعت عملکردی سایر خودروهای عبوری را نیز کاهش می‌دهد و موجب ایجاد کندی در جریان ترافیک می‌گردد. بدیهی است هرچه میزان رانندگانی مانند گردشگران که آشنایی کافی به مسیر راه ندارند بیشتر باشد، اثرات منفی تردد آنها بر سطح سرویس راه و تراکم ترافیک مسیر نیز بیشتر می‌شود. به همین دلیل در آیین‌نامه ظرفیت راه‌های آمریکا (HCM) فاکتوری برای میزان آشنایی راننده با مسیر تعریف شده است که در تعیین حجم معادل ترافیک راه مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرچه میزان آشنایی رانندگان با مسیر کمتر باشد، مقدار این ضریب کاهش می‌یابد و کاهش این ضریب به معنی افزایش ترافیک معادل و کاهش سطح سرویس راه است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت راه‌هایی که غالب سفرهای آنها را سفرهای گردشگری تشکیل می‌دهند، در یک حجم ترافیک ثابت، در مقایسه با سایر راه‌هایی که به وسیله شهروندان استفاده می‌شوند، سطح سرویس پایین‌تری داشته و احتمال ایجاد گرفتگی و تراکم در جریان ترافیک خودروها در آنها بیشتر است (Transportation Research Board., 2000: 21/ 11).

در شیوه عوارض ثابت، نرخ قیمت‌گذاری در تمام ساعات مقداری ثابت بوده و تغییری ندارد. به دلیل مشکلات اجرایی، در گذشته زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک به شیوه عوارض ثابت انجام می‌گرفت. گفتنی است چنانچه قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در زمان‌های خاصی با مقدار ثابت وجود داشته و در ساعات یا روزهای خاصی وجود نداشته باشد، این شیوه زمان‌بندی نیز عوارض ثابت است. به عنوان مثال، در قیمت‌گذاری تراکم ترافیک شهر لندن، عوارض با یک مقدار ثابت در روزهای غیرتعطیل از رانندگان گرفته شده و در روزهای تعطیل، اخذ عوارض انجام نمی‌گرفت (Litman, 2006: 1).

در شیوه عوارض زمان‌بندی شده، مقادیر نرخ قیمت‌گذاری شده در ساعات مختلف یک روز، یا در طی روزهای هفته و یا در طول یک فصل از سال تغییر می‌کنند و این تغییرات مطابق برنامه‌ای از پیش تعیین شده هستند. در این شیوه زمان‌بندی، فواصل زمانی بین تغییرات قیمت‌گذاری‌ها در طول طرح می‌تواند متفاوت باشد (FHWA, 2009: 10).

در شیوه اخذ هوشمند عوارض نیز، مقادیر نرخ قیمت‌گذاری تراکم ترافیک با توجه به شرایط ترافیک و میزان تراکم ترافیک موجود در زمان واقعی و یا نزدیک به زمان واقعی تعیین می‌شوند. به عبارت ساده‌تر، در این شیوه زمان‌بندی، هرچه میزان تراکم ترافیک در محدوده مورد نظر بیشتر شود، عوارض بیشتری نیز برای آن تعیین می‌شود تا تأثیر طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک یاد شده، اثر بیشتری بر کاهش تقاضای تردد در معبر مورد نظر داشته باشد. اخذ عوارض به صورت هوشمند واکنشی است. بدین معنی که با یک تأخیر زمانی کوتاه به عنوان تابعی از سطوح تراکم فعلی تنظیم می‌شوند (Sayyad and Saffarzadeh, 2013: 4).

در تحقیقی که به وسیله میربها و همکاران در سال ۱۳۹۳ انجام شد، با استفاده از روش رجحان بیان شده، تأثیر قیمت‌گذاری معابر بر شیوه انتخاب وسیله کاربران مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، چهار گزینه شامل وسیله نقلیه شخصی، حمل‌ونقل همگانی، تاکسی و عدم انجام سفر به کاربران ارائه شد و با توجه به ماهیت گسسته داده‌ها، از مدل لوجیت چندگانه برای مدل‌سازی استفاده شد. نتایج این تحقیق بیانگر این بود که سیاست قیمت‌گذاری معابر می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای مدیریت تقاضای وسایل نقلیه شخصی به کار رود (Mirbaha et al., 2015: 137).

در تحقیقی که احمدی‌آذری و همکاران در سال ۲۰۱۳ انجام دادند، تقاضا برای اهداف مختلف سفر در سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری تراکم ترافیک مورد بررسی قرار گرفتند. نتیجه این مطالعه نشان داد که حساسیت استفاده‌کنندگان از راه نسبت به قیمت‌گذاری تراکم ترافیک و پارکینگ در سفرهای کاری و غیرکاری با یکدیگر متفاوت است. در این تحقیق سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری به مسافران عرضه شده و پاسخ‌های آنها با استفاده از مدل لوجیت چند جمله‌ای مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج این مطالعه، با توجه به این که بیشتر سفرهای نواحی تجاری مرکزی شهر مشهد را سفرهای کاری تشکیل می‌دهند، سیاست‌های قیمت‌گذاری پارکینگ و قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در تغییر تقاضای سفرهای کاری در مناطق تجاری مرکزی موثر هستند و در سفرهای غیرکاری نیز تأثیر این سیاست‌ها بیشتر است (Ahmadi Azari et al., 2013: 43).

گنجی در سال ۱۳۹۷ با بهره‌گیری از مفهوم مشتقات مالی، در قیمت‌گذاری تراکم ترافیک از پارامتر مشتق زمان سفر استفاده کرد و قیمت‌گذاری مشتق زمان سفر را نیز با استفاده از روش مونت کارلو[1] انجام داد. در این روش، علاوه بر سطح ترافیک، تغییرات آن نیز در قیمت‌گذاری در نظر گرفته می‌شوند. با پیاده‌سازی این روش قیمت‌گذاری در محور تهران-کرج با مقدار آستانه‌ای ۷۲ دقیقه، زمان سفر در دوره مورد نظر، کمتر از مقدار آستانه‌ای به دست آمد. بنابراین مطابق نتایج این مطالعه، در این محور و در دوره مورد نظر، حجم ترافیک کم بوده و استفاده از مسیر، دارای کیفیت سفر قابل قبولی ارزیابی می‌شود (Ganji Zahraei, 2018: 301).

امیرقلی و همکاران در سال ۲۰۱۵ تحقیقی در مورد قیمت‌گذاری چند منظوره تراکم ترافیک برای کنترل تداخل‌های طولانی مدت ترافیک در مناطق بزرگ شهری انجام داده‌اند. در این تحقیق، قیمت‌گذاری تراکم ترافیک به عنوان یک عامل مؤثر در مدیریت تقاضای تسهیلات حمل‌ونقلی در نظر گرفته شده و با استفاده از یک مدل بهینه دو سطحی، قیمت‌گذاری یک منطقه تجاری مرکزی شهر انجام شده است. براساس نتایج این

1 Monte **Carlo** method

مطالعه، گروه‌های مختلف مسافران در مراکز تجاری شهرها نظیر خریداران، خرده‌فروشان، کارکنان کسب و کارهای ساده و... هر کدام حساسیت متفاوتی در برابر قیمت‌گذاری تراکم ترافیک از خود نشان می‌دهند (Amirgholy et al., 2015: 2).

لارا[1] و همکاران در سال ۲۰۱۳ در تحقیق خود به بررسی نقش قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت شهری در شهر پاریس پرداختند. در این مطالعه دو طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک براساس مسافت سفر در محدوده و قیمت‌گذاری تراکم ترافیک براساس هزینه ورود به محدوده در نظر گرفته شده و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج این تحقیق بیانگر این بود که قیمت‌گذاری بهینه تراکم ترافیک در حالت عدم افزایش هزینه‌های عملیاتی وسیله نقلیه، شعاع حوزه نفوذ طرح ترافیک و میانگین مسافت سفرها را به ترتیب ۳۴ و ۱۵ درصد کاهش می‌دهد (Lara et al., 2013: 282).

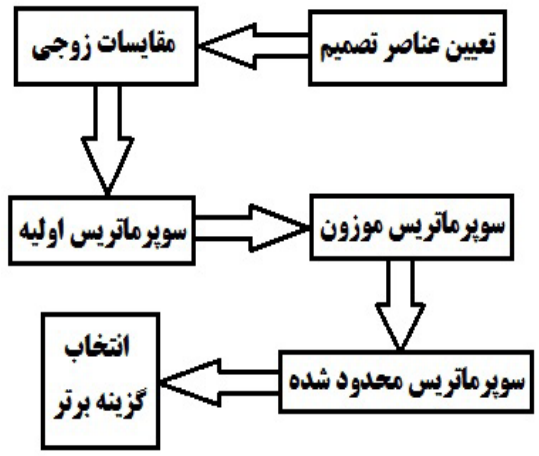
در مطالعه‌ای که کوریا[2] و همکارانش در سال ۲۰۱۵ انجام دادند، یک مدل پویا با در نظر گرفتن روابط متقابل غلظت آلودگی و جریان ترافیک، برای حل مسئله قیمت‌گذاری تراکم ترافیک ارائه شد که هدف آن، کاهش آلودگی هوا بود. براساس نتایج این مطالعه، با توجه به این که پارامتر آلودگی هوا ناشی از تراکم ترافیک وسایل نقلیه، توأمان تحت تأثیر خصوصیات فنی خودروها و همچنین شرایط جوی است، مدل‌های قیمت‌گذاری پویای تراکم ترافیک نسبت به سایر مدل‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک دارای دقت بیشتری هستند (Coria et al., 2015: 191).

داگانزو[3] و لهه[4] در سال ۲۰۱۵ تحقیقی در مورد قیمت‌گذاری تراکم ترافیک براساس مسافت در مناطق مرکزی شهر انجام دادند. این مطالعه ناهمگونی و عدم تطابق مسافت سفرها با قیمت‌گذاری تراکم ترافیک را نشان می‌دهد و پیشنهاد می‌کند قیمت‌گذاری تراکم ترافیک براساس مسافت سفر انجام شود تا سفرهای با طول کوتاه‌تر برای عبور از مناطق مرکزی شهر در اولویت قرار گیرند. مطابق نتایج این مطالعه، قیمت‌گذاری تراکم ترافیک براساس مسافت سفر نسبت به سایر طرح‌های قیمت‌گذاری سنتی تراکم ترافیک اثر بیشتری در کاهش تراکم ترافیک دارد (Daganzo and Lehe, 2015: 89). باندیرا[5] و همکاران نیز در سال ۲۰۱۲ با استفاده از اطلاعات برداشت شده در خصوص قیمت‌گذاری یک آزادراه، وضعیت تغییر مسیر کاربران را در تقابل با قیمت‌گذاری مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن نشان داد که قیمت‌گذاری می‌تواند تا حد قابل توجهی در کاهش آلاینده‌های Nox و CO مؤثر باشد (Bandeira et al., 2012: 1147).

در مطالعه‌ای که به وسیله ژانگ[6] و یانگ[7] در سال ۲۰۰۴ انجام شد، قیمت‌گذاری تراکم ترافیک با هدف کاهش تراکم ترافیک در مراکز شهرهای بزرگ و تک مرکز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شهر شانگهای چین نشان داد، برای زمان سفرهای متفاوت نسبت میزان تقاضا کاهش یافته و سطح رفاه اجتماعی افزایش می‌یابد (Zhang and Yang, 2004: 535).

در تحقیقی که بوجین[8] و همکاران در سال ۲۰۱۵ انجام داده‌اند یک مدل قیمت‌گذاری تراکم ترافیک برای شبکه‌هایی با تقاضای الاستیک و محدودیت ظرفیت ارائه کرده‌اند که نه‌تنها به حداقل رساندن هزینه سیستم، بلکه محدودیت ظرفیت را نیز مورد توجه قرار داده است (Bojian et al., 2015: 77). دانگ[9] و همکاران نیز در سال ۲۰۰۷ با توسعه الگوریتمی برای قیمت‌گذاری براساس پیش‌بینی تراکم ترافیک در یک جاده دارای خطوط (HOT)، نشان دادند که این نوع قیمت‌گذاری‌ها می‌توانند اخلال در جریان را پیش‌بینی کنند و جریان را در وضعیت بهتری نسبت به قیمت‌گذاری واکنشی حفظ کنند (Dong et al., 2009: 656).

هو[10] و صالح در سال ۲۰۰۵ مطالعه‌ای در مورد اثرات قیمت‌گذاری تراکم ترافیک بر سفرهای با هدف خرید انجام داده‌اند و با مطالعه روی سه منطقه بزرگ شهری نیوزلند، محدودیت‌هایی که با اعمال قیمت‌گذاری تراکم ترافیک به منظور کاهش تمایل به استفاده از خودروی شخصی و تشویق به استفاده از گزینه‌های جایگزین می‌توان ایجاد نمود را شناسایی کرده‌اند. به طور کلی با اعمال قیمت‌گذاری تراکم ترافیک و کاهش تراکم ترافیک در شبکه ترافیک، می‌توان افزایش بهره‌وری اقتصادی، کاهش آلودگی هوا و افزایش کارآیی شبکه حمل‌ونقل را در شهرها شاهد بود (Hu and Saleh, 2005: 443).



تصویر شماره ۱: فلوچارت مراحل روش تحلیل شبکه‌ای

۳. روش

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که کاربرد وسیعی در مطالعات مربوط به شهرسازی دارد، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است (Ghodsipoor, 2016). در روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با استفاده از اجزای تصمیم مانند معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها، یک ساختار سلسله مراتبی تشکیل می‌شود که عناصر

1 Lara
2 Coria
3 Daganzo
4 Lehe
5 Bandeira
6 Zhang
7 Yang
8 Bojian
9 Dong
10 Hu

تصمیم در آن مستقل از یکدیگر فرض شده‌اند. به همین دلیل یکی از محدودیت‌های مهم روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، عدم در نظر گرفتن وابستگی‌های بین عناصر تصمیم است. اما در روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) که تعمیم یافته روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است، محدودیت مذکور برطرف شده و وابستگی‌های میان عناصر تصمیم نیز در نظر گرفته می‌شود (Zebardast, 2010). به همین دلیل در این پژوهش از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) برای ارزیابی و اولویت‌بندی شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک استفاده شد. فلوچارت مراحل انجام این روش در تصویر شماره۱ نشان داده شده است. گفتنی است، تشکیل ماتریس‌های اولیه، موزون و محدود شده و اولویت‌بندی گزینه‌ها در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions که برای انجام روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) طراحی شده، انجام شدند.

نخستین گام در روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، تعیین عناصر تصمیم شامل گزینه‌ها، معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی است. با توجه به مطالعات گذشته در مورد شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، سه شیوه زمان‌بندی اخذ عوارض مطابق جدول شماره۱ به عنوان شیوه‌های پیشنهادی زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی در این تحقیق انتخاب شدند.

جدول شماره۱: شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی

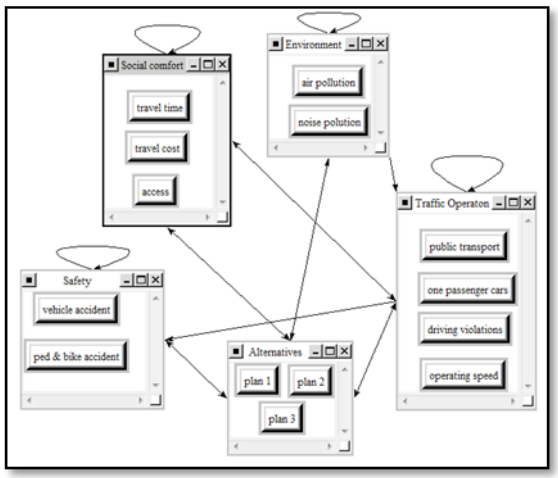
نام طرح	شیوه قیمت‌گذاری
Plan 1	عوارض ثابت
Plan 2	عوارض زمان‌بندی شده
Plan 3	عوارض هوشمند

مطالعات گذشته نشان می‌دهد، در طرح‌های مختلف ترافیکی در کلانشهرها چهار معیار عملکرد ترافیکی، ایمنی، زیست محیطی و رفاه اجتماعی بسیار مورد توجه هستند. بنابراین در این پژوهش نیز برای ارزیابی شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک از این چهار معیار به عنوان معیارهای ارزیابی استفاده شد. برای هر کدام از این معیارها، زیرمعیارهایی نیز در نظر گرفته شد که در جدول شماره۲ نشان داده شده‌اند.

جدول شماره۲: معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی

معیار	زیرمعیار
رفاه اجتماعی	کاهش زمان سفر
	کاهش هزینه سفر
	تسهیل و افزایش دسترسی
عملکرد ترافیکی	افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی
	کاهش تردد خودروهای تک سرنشین
	کاهش تخلفات رانندگی
	افزایش سرعت عملکردی
ایمنی	کاهش تصادفات خودروها با یکدیگر
	کاهش تصادفات با عابران پیاده و موتور و دوچرخه سواران
زیست محیطی	کاهش آلودگی هوا
	کاهش آلودگی صوتی

پس از تعیین گزینه‌ها، معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی، درخت تصمیم مطابق تصویر شماره۲ در نرم‌افزار Super Decisions تشکیل می‌شود. پس از تشکیل درخت تصمیم، مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی و همچنین گزینه‌های ارزیابی، با توجه به وابستگی‌های میان عناصر تصمیم انجام می‌شوند.



تصویر شماره۲: درخت تصمیم روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) در نرم‌افزار Super Decisions

برای انجام مقایسات زوجی، ابتدا لازم است گروه خبرگان و کارشناسان ارزیابی انتخاب شوند. بدین منظور با توجه به این که ارزیابی انجام شده در این پژوهش، با وضعیت و شرایط ترافیکی کلانشهر مشهد انجام شده، تعداد ۲۰ نفر از فارغ‌التحصیلان رشته‌های راه و ترابری و حمل‌ونقل که محل زندگی ایشان شهر مشهد بوده و به خوبی با شرایط ترافیکی و تقاضای سفرهای درون‌شهری این کلانشهر توریستی آشنایی داشته‌اند، به عنوان گروه خبرگان برای انجام مقایسات زوجی میان عناصر تصمیم انتخاب شدند و در تابستان سال ۱۳۹۷ مقایسات زوجی بین عناصر تصمیم در این ارزیابی به وسیله ایشان انجام شد.

مقایسات زوجی بین عناصر تصمیم براساس مقیاس ۹ درجه‌ای ساعتی که در جدول شماره۳ نشان داده شده، انجام می‌شوند (Afandizadeh et al., 2016: 4). پس از ثبت امتیازات مقایسات زوجی به وسیله کارشناسان، مقادیر نهایی مقایسات زوجی برای ورود به نرم‌افزار با استفاده از میانگین‌گیری هندسی از امتیازات ثبت شده توسط کارشناسان تعیین شده و در نرم‌افزار Super Decisions وارد می‌گردند.

جدول شماره۳: تعریف امتیازات مقیاس ۹ درجه‌ای مورد استفاده در روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)

امتیاز	تعریف
۱	اهمیت مساوی
۳	اهمیت اندکی بیشتر
۵	اهمیت بیشتر
۷	اهمیت خیلی بیشتر
۹	اهمیت مطلق
۶،۴،۲،۸	ترجیحات بینابین

(مأخذ: Afandizadeh et al., 2016)

گفتنی است مقادیر نهایی مقایسات زوجی باید از سازگاری لازم برخوردار بوده و ضریب سازگاری جداول مقایسات زوجی کوچکتر از ۰/۱ باشد. در غیر این صورت باید مقایسات زوجی و ثبت نظرات کارشناسان مجدداً تکرار گردند تا مقادیر نهایی مقایسات زوجی از سازگاری لازم برخوردار شوند (Zebardast, 2010). در این پژوهش، ضرایب سازگاری جداول مقایسات زوجی، به وسیله نرم‌افزار Super Decisions محاسبه شده است.

براساس مقادیر نهایی مقایسات زوجی بین عناصر تصمیم و وابستگی‌های موجود میان آنها، اوزان نسبی عناصر تصمیم نسبت به یکدیگر در قالب سوپرماتریس اولیه محاسبه و تشکیل می‌گردند. سپس با ضرب مقادیر وزنی هر کدام از خوشه‌ها در عناصر آن خوشه و زیرمعیارهای آن، سوپرماتریس موزون حاصل می‌شود. اما مقادیر وزنی عناصر تصمیم نسبت به هر کدام از دیگر عناصر تصمیم، متفاوت است. بنابراین برای تعیین وزن نهایی هر کدام از عناصر تصمیم، باید سوپرماتریس موزون به توان بی‌نهایت برسد. بنابراین باید به دفعات در خودش ضرب شود تا اعداد آن ثابت شده و دیگر تغییری نکنند. این مقادیر، اوزان نهایی معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌های ارزیابی هستند که اولویت‌بندی شاخص‌ها و گزینه‌های ارزیابی براساس آنها انجام می‌شود. به ماتریس حاصل شده نیز، سوپرماتریس محدود شده یا حدی گفته می‌شود (Zebardast, 2010).

در این تحقیق به عنوان مطالعه موردی، کلانشهر توریستی مشهد انتخاب شده است. شهر مشهد دومین کلانشهر و نخستین کلانشهر توریستی و مذهبی کشور است و هر ساله بیشتر از ۲۵ میلیون گردشگر به آن سفر می‌کنند، به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است (Saghaei and Javanbakht, 2013: 73). بیش از نیمی از سفرهای زیارتی در شهر مشهد شامل سفرهای شهروندان و گردشگران، در محدوده مرکزی شهر انجام می‌شود که این مسئله موجب شده در ایام پیک سفرهای گردشگران به این کلانشهر توریستی، حجم تقاضای ترافیک در نواحی مرکزی شهر، بیشتر از ظرفیت این معابر گردد (Abbasi and Gharebaghi, 2015: 2). به همین دلیل و با هدف کاهش مشکلات ترافیکی در نواحی مرکزی شهر و به خصوص خیابان‌های منتهی به حرم امام رضا (ع)، در سال‌های اخیر طرح ترافیک نوبتی زوج و فرد در محدوده مرکزی شهر مشهد به اجرا درآمده است. اهداف اجرای این طرح کاهش ترافیک، کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا در محدوده مرکزی شهر مشهد بوده است (Kadkhodaei and Shad, 2018: 604).

جمعیت شهر مشهد حدود سه میلیون نفر است (Ghazaei et al., 2017: 38) اما در ایام تعطیلات نوروزی بیش از پنج میلیون نفر به این کلانشهر سفر می‌کنند (News Site of "Voice of Iran", 2018) و بیش از ۸۰ درصد این گردشگران نیز با استفاده از خودروی شخصی سفر خود را انجام می‌دهند (News Site of "Ilna", 2018). به همین دلیل، الگوی سفرهای درون‌شهری با استفاده از خودروی شخصی در کلانشهر مشهد در ایام تعطیلات نوروز یا تابستان با سایر ایام سال متفاوت است. در این ایام، حجم سفرهای با هدف زیارتی، تفریحی و خرید با استفاده از خودروهای شخصی بسیار افزایش می‌یابد. در حالی که در سایر ایام سال سفرهای با این سه هدف، تنها ۳۳ درصد از سفرهای روزانه در کلانشهر مشهد را تشکیل می‌دهند (Deputy of studies and planning of Mashhad municipality, 2018). از طرفی با توجه به آشنا نبودن گردشگران به مسیرهای اصلی و فرعی شهر مشهد، میزان توقف‌های آنها در تقاطعات برای مسیریابی بسیار زیاد بوده و همین امر موجب می‌شود، انتخاب مناسب‌ترین شیوه زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در این کلانشهر بسیار اهمیت پیدا کند.

٤. بحث و یافته‌ها

٤،١. تشکیل سوپرماتریس اولیه

پس از تعیین معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌های ارزیابی در روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، مقایسات زوجی در دو مرحله با استفاده از نظرات کارشناسان انجام می‌شوند. در مرحله نخست مقایسات زوجی بین معیارها و زیرمعیارها و عناصری که به یکدیگر وابستگی داشته‌اند، انجام می‌شود. در مرحله دوم نیز در هر کدام از زیرمعیارها بین گزینه‌های ارزیابی مقایسات زوجی انجام می‌شود تا با توجه به هر زیرمعیار، گزینه‌ها به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه گردند. پس از انجام مقایسات زوجی به وسیله ۲۰ نفر از کارشناسان و صاحب‌نظران با میانگین‌گیری هندسی از امتیازات ثبت شده، سوپرماتریس اولیه مطابق جدول شماره۴ تشکیل می‌شود.

٤،٢. تشکیل سوپرماتریس موزون

با توجه به این که در محاسبه مقادیر سوپرماتریس اولیه، وزن خوشه‌ها در نظر گرفته نشده، برای رسیدن به اوزان نهایی زیرمعیارها ضروری است وزن هر خوشه در وزن زیرمعیارهای آن خوشه ضرب گردد. ماتریس جدیدی که با اعمال وزن خوشه‌ها در مقادیر سوپرماتریس اولیه به دست می‌آید را سوپرماتریس موزون یا وزن‌دار شده می‌نامند.

٤،٣. تشکیل سوپرماتریس محدود شده

در سوپرماتریس موزون برای هر یک از عناصر تصمیم نسبت به سایر عناصر، وزن‌های متفاوتی در ماتریس قرار گرفته است. بنابراین برای رسیدن به وزن نهایی هر عنصر تصمیم باید وابستگی و میزان تأثیر سایر عناصر تصمیم بر هر عنصر اثر داده شود تا وزن نهایی هر کدام از گزینه‌ها و زیرمعیارها مشخص گردد. برای رسیدن به این مقصود، باید سوپرماتریس موزون آنقدر در خودش ضرب گردد تا اعداد آن ثابت شده و تغییری نکنند. ماتریس جدیدی که حاصل می‌شود را سوپرماتریس محدود شده یا حدی می‌نامند.

٤،٤. اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها

با توجه به این که وزن نهایی هر کدام از عناصر تصمیم‌گیری در

جدول شماره٤: سوپرماتریس اولیه

سوپرماتریس اولیه		گزینه‌ها			زیست محیطی		ایمنی		رفاه اجتماعی			عملکرد ترافیکی			
		Plan 1	Plan 2	Plan 3	Air pollution	Noise pollution	Ped & bike accident	Vehicle accident	access	Travel cost	Travel time	Driving violations	One passenger cars	Operating speed	Public transport
گزینه‌ها	Plan 1	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۵۶	۰/۵۲۴	۰/۳۲۱	۰/۵۲۸	۰/۱۲۹	۰/۱۴۵	۰/۱۳۸	۰/۵۸۷	۰/۳۴۶	۰/۲۵۲	۰/۳۰۰
	Plan 2	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۲۲	۰/۳۵۲	۰/۵۴۱	۰/۳۱۰	۰/۳۳۶	۰/۲۸۰	۰/۶۱۸	۰/۲۹۰	۰/۶۲۱	۰/۶۰۰	۰/۵۸۹
	Plan 3	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۲۲	۰/۱۲۴	۰/۱۳۸	۰/۱۶۲	۰/۵۳۵	۰/۵۷۵	۰/۲۴۴	۰/۱۲۳	۰/۱۴۵	۰/۱۴۹	۰/۱۱۱
زیست محیطی	Air pollution	۰/۷۸۹	۰/۷۸۹	۰/۷۸۹	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	Noise pollution	۰/۲۱۱	۰/۲۱۱	۰/۲۱۱	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ایمنی	Ped & bike accident	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۸۴۶	۰/۰۰۰
	Vehicle accident	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۵۴	۰/۰۰۰
رفاه اجتماعی	access	۰/۴۶۰	۰/۴۶۰	۰/۴۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۸۳	۰/۲۸۳	۰/۲۸۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	Travel cost	۰/۲۰۷	۰/۲۰۷	۰/۲۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۰۳	۰/۲۰۳	۰/۲۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	Travel time	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۱۴	۰/۵۱۴	۰/۵۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰
عملکرد ترافیکی	Driving violations	۰/۱۰۵	۰/۱۰۵	۰/۱۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷
	One passenger cars	۰/۳۱۲	۰/۳۱۲	۰/۳۱۲	۰/۴۰۰	۰/۴۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۶۷	۰/۳۶۷	۰/۳۶۹	۰/۳۶۷
	Operating speed	۰/۱۲۱	۰/۱۲۱	۰/۱۲۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۴۵	۰/۲۴۵	۰/۲۳۰	۰/۲۴۵
	Public transport	۰/۴۶۲	۰/۴۶۲	۰/۴۶۲	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۱	۰/۲۵۱	۰/۲۶۴	۰/۲۵۱

سوپرماتریس حدی مشخص شده، براساس این اوزان نهایی می‌توان گزینه‌ها و زیرمعیارها را اولویت‌بندی نمود. بنابراین اولویت‌بندی زیرمعیارها و گزینه‌ها به ترتیب مطابق جدول‌های شماره۵ و ۶ به دست می‌آیند.

جدول شماره۵: اولویت بندی زیرمعیارهای ارزیابی

رتبه	زیرمعیار	وزن در سوپرماتریس حدی
۱	کاهش زمان سفر	۰/۱۱۲
۲	کاهش تردد خودروهای تک سرنشین	۰/۰۹۷
۳	افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی	۰/۰۹۷
۴	افزایش سرعت عملکردی	۰/۰۹۵
۵	کاهش تصادفات با عابران پیاده و موتور و دوچرخه سواران	۰/۰۸۷
۶	تسهیل و افزایش دسترسی	۰/۰۸۶
۷	کاهش هزینه سفر	۰/۰۴۵
۸	کاهش آلودگی هوا	۰/۰۳۴
۹	کاهش تخلفات رانندگی	۰/۰۳۲
۱۰	کاهش تصادفات خودروها با یکدیگر	۰/۰۱۶
۱۱	کاهش آلودگی صوتی	۰/۰۰۸

مطابق با نتایج ارزیابی انجام شده در این تحقیق و اولویت‌بندی شاخص‌ها و زیرمعیارهای ارزیابی که در جدول شماره۷ نشان داده شده‌اند، مهمترین شاخص مؤثر در ارزیابی شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، شاخص زمان سفر است. این مسئله نشان می‌دهد کاهش زمان تأخیر وسایل نقلیه در اثر تراکم ترافیک و ایجاد صف‌های بعضاً طولانی از خودروهای شخصی تا چه اندازه در ارزیابی شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک مؤثرواقع می‌شود.

شاخص‌های کاهش تردد خودروهای تک‌سرنشین و افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی نیز در این ارزیابی هم وزن و در اولویت برابر با یکدیگر ارزیابی شده‌اند که نشان دهنده ارتباط تنگاتنگ و وابستگی زیاد این دو شاخص به یکدیگر است. بدین معنا که با کاهش تردد خودروهای تک‌سرنشین، استفاده از حمل‌ونقل عمومی افزایش می‌یابد. وزن زیاد این دو شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها، این دو شاخص را در اولویت‌های دوم و سوم شاخص‌های این ارزیابی قرار داده است. با توجه به این که مطابق بررسی‌های انجام شده از هر۱۰ خودروی در حال حرکت در کلانشهر مشهد، هشت خودرو تک‌سرنشین هستند (News Site of "Mashhad fowri", 2017) و اغلب سفرهای کاری با استفاده

از خودروهای شخصی انجام می‌شوند (Sajjadi et al., 2016: 127)، کاملاً واضح است که با تبدیل شیوه سفرهای درون‌شهری از خودروی شخصی به حمل‌ونقل همگانی، به خصوص در نواحی وجود تراکم ترافیک می‌توان بخش اعظمی از راه‌بندان‌ها و تراکم‌های ترافیکی و افت شدید سطح کیفیت راه در این مسیرها در ساعات اوج ترافیک را کاهش داد. همچنین با توجه به این که خودروهای تک‌سرنشین در کلانشهرهای توریستی غالباً سفرهای شهروندان را شامل می‌شود، با کاهش آنها و تبدیل شیوه سفر این دسته از سفرهای شهروندان به حمل‌ونقل همگانی، تراکم ترافیک نواحی مرکزی شهر کاهش یافته و سطح سرویس این مسیرها برای گردشگرانی که با خودروی شخصی سفر کرده‌اند نیز بهبود می‌یابد که این مسئله با تأثیر مستقیم بر رضایت گردشگران، میزان جذب گردشگر در کلانشهرهای توریستی را نیز افزایش می‌دهد (Saghaei, 2014: 2).

افزایش سرعت عملکردی نیز که اولویت چهارم را در جدول شماره۵ به خود اختصاص داده است از دیگر شاخص‌های مؤثر در ارزیابی شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی است که با کاهش بار ترافیک خیابان‌ها و کاهش زمان و تعداد توقف‌های اتومبیل‌ها در تراکم‌های ترافیکی، افزایش یافته و موجب بهبود سطح سرویس معابر کلانشهرهای توریستی می‌گردد (Saghaei, 2014: 2).

با توجه به این که در نواحی مرکزی کلانشهرهای توریستی تردد گردشگران به صورت پیاده‌روی بسیار زیاد است، شیوه‌ای برای زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری و کنترل تراکم ترافیک در این کلانشهرها مناسب است که بیشتر از سایر شیوه‌ها بتواند تصادفات خودروها با عابران پیاده را کاهش دهد. بنابراین مطابق جدول شماره۵ در ارزیابی انجام شده در این تحقیق نیز شاخص کاهش تصادفات با عابران پیاده و موتورسیکلت‌ها و دوچرخه‌سواران وزن بسیار بیشتری نسبت به شاخص کاهش تصادفات خودروها با یکدیگر کسب کرده و در اولویت بالاتری قرار گرفته است.

با وجود این که شاخص تسهیل و افزایش دسترسی نیز در جدول شماره۵ اولویت ششم را به خود اختصاص داده اما اختلاف وزن اندکی با شاخص‌های بالاتر از خود دارد که نشان دهنده نقش و اهمیت زیاد این شاخص در کارایی و مطلوبیت طرح‌های قیمت‌گذاری و کنترل تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی است. همانگونه که در جدول شماره۵ مشاهده می‌شود، شاخص آلودگی هوا در مقایسه با سایر شاخص‌های ارزیابی روش‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی اولویت پایینی را کسب کرده که دلیل آن وجود وابستگی این شاخص به سایر شاخص‌های ارزیابی است. بدین معنا که با تغییر در سایر شاخص‌ها مانند استفاده از حمل‌ونقل عمومی و کاهش تردد خودروهای تک‌سرنشین، شاخص آلودگی هوا نیز تغییر خواهد کرد.

با توجه به وزن نهایی گزینه‌ها در سوپرماتریس حدی در روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، گزینه‌های ارزیابی یا شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی مطابق جدول شماره۶ اولویت‌بندی می‌گردند. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌گردد، عوارض زمان‌بندی شده برای قیمت‌گذاری تراکم ترافیک با وزن نرمال شده ۰٫۴۹ به عنوان بهترین شیوه زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی شناخته شده است.

جدول شماره٦: اولویت‌بندی شیوه‌های زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی

رتبه	گزینه‌ها	وزن در سوپرماتریس حدی	وزن نرمال شده
۱	عوارض زمان‌بندی شده	۰/۱۴۳	۰/۴۹
۲	عوارض ثابت	۰/۰۷۶	۰/۲۶
۳	عوارض هوشمند	۰/۰۷۲	۰/۲۵
مجموع		۰/۲۹۱	۱/۰۰

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به ارزیابی انجام شده در این تحقیق، مناسب‌ترین شیوه زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی، عوارض زمان‌بندی شده است و شیوه‌های عوارض ثابت و عوارض هوشمند به ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. براساس وزن‌دهی انجام شده برای معیارهای ارزیابی در روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، مؤثرترین معیارهای ارزیابی به ترتیب معیار عملکرد ترافیک، معیار رفاه اجتماعی، معیار ایمنی و معیار زیست محیطی شناخته شده‌اند. همچنین در میان زیرمعیارها نیز شاخص‌های کاهش زمان سفر، کاهش تردد خودروهای تک‌سرنشین، افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی، افزایش سرعت عملکردی، کاهش تصادفات با عابران پیاده، موتورسیکلت‌ها و دوچرخه‌سواران و تسهیل و افزایش دسترسی به عنوان مؤثرترین شاخص‌های ارزیابی در این تحقیق شناسایی شده‌اند و گزینه‌های مورد نظر برای شیوه زمان‌بندی مناسب طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی براساس این شاخص‌ها و وزن آنها اولویت‌بندی گردیده‌اند.

براساس نتایج این تحقیق، دو شیوه عوارض ثابت و عوارض هوشمند برای طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی، از وزن نرمال شده تقریباً یکسانی برخوردارند و در یک درجه اهمیت قرار دارند. علت این مسئله نیز خصوصیات و ویژگی‌های سفرهای درون‌شهری در کلانشهرهای توریستی است. زیرا با توجه به این که بخش زیادی از ترافیک نواحی مرکزی کلانشهرهای توریستی را سفرهای گردشگران و مسافران تشکیل می‌دهند و گردشگران مدت کوتاهی در کلانشهرهای توریستی اقامت دارند، میزان آشنایی آنها با مسیرهای ترافیکی و معابر قیمت‌گذاری شده بسیار اندک است و در صورت اعمال شیوه عوارض هوشمند برای قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی، این شیوه کارایی لازم برای کاهش ترافیک در این کلانشهرها را نخواهد داشت و موجب

افزایش ترافیک در نواحی مرکزی نیز می‌گردد. به عنوان نمونه، گردشگر و مسافری که در سفر با خودروی شخصی خود مسیری با قیمت‌گذاری پایین را برای سفر در کلانشهر توریستی مورد نظر انتخاب کرده، در صورت هوشمند بودن اخذ عوارض آن مسیر و افزایش میزان عوارض آن مسیر به دلیل افزایش تراکم ترافیک در روزی دیگر، از افزایش عوارض هوشمند آن مسیر اطلاعی نداشته و مجدداً همان مسیر را انتخاب خواهد کرد. در مواجهه با مقدار عوارض افزایش یافته نیز، به دلیل عدم آشنایی با مسیرهای ترافیکی و معابر آن کلانشهر توریستی امکان تغییر مسیر برایش وجود نداشته و در صورت وجود نیز استفاده از همان مسیر قبلی با عوارض جدید را با مطلوبیت بیشتری ارزیابی و انتخاب می‌کند. به همین دلیل، باوجود تطابق بیشتر شیوه عوارض هوشمند برای قیمت‌گذاری تراکم ترافیک با عدالت اجتماعی، نسبت به سایر شیوه‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در سایر کلانشهرها، در کلانشهرهای توریستی به دلیل ناآشنایی گردشگران با معابر و مسیرهای موجود در این کلانشهرها و مطابق نتایج این تحقیق، شیوه عوارض هوشمند در این کلانشهرها کارایی مناسبی نخواهد داشت و تنها بر سفرهای شهروندان آنها تأثیر خواهد گذاشت.

در میان شیوه‌های مورد ارزیابی برای زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی در این مطالعه، شیوه عوارض زمان‌بندی شده به دلیل مقادیر متفاوتی که برای عوارض در قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در نظر می‌گیرد نسبت به شیوه عوارض ثابت، تطابق بیشتری با شاخص‌های عدالت اجتماعی دارد و از طرفی به دلیل ثابت نبودن مقادیر عوارض، نسبت به شیوه عوارض ثابت، اثرگذاری بیشتری بر رفتار رانندگان و کاربران راه به خصوص در انتخاب و تغییر مسیر خواهد داشت.

مطالعات گذشته نشان می‌دهد قیمت‌گذاری تراکم ترافیک معابر و تعیین عوارض راه‌ها چنانچه در ساعات اوج ترافیک مقدار بیشتر و در ساعات غیراوج مقدار کمتری داشته باشد، تأثیر بیشتری در کنترل تقاضای سفر خواهد داشت (Yang and Huang, 1999: 140). بنابراین در کلانشهرهای توریستی که در ساعات اوج ترافیک، تردد خودروهای شخصی در معابر مرکزی شهر بسیار افزایش می‌یابد، شیوه قیمت‌گذاری تراکم ترافیک با عوارض زمان‌بندی شده نسبت به شیوه عوارض ثابت ارجحیت دارد. طبق نتایج این تحقیق نیز وزن نرمال شده شیوه عوارض زمان‌بندی شده حدود دو برابر وزن نرمال شده شیوه عوارض ثابت به دست آمده است که نشان‌دهنده ارجحیت کامل شیوه عوارض زمان‌بندی شده برای طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک نسبت به شیوه عوارض ثابت است.

علاوه بر این، شیوه عوارض زمان‌بندی شده برای قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی، نسبت به شیوه عوارض هوشمند نیز اولویت داشته و وزن نرمال شده دو برابر آن را کسب کرده است که دلیل آن، کارایی تقریباً یکسان شیوه عوارض هوشمند با شیوه عوارض ثابت در قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی است. از طرفی استفاده از شیوه عوارض زمان‌بندی شده در طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی امکان استفاده از توابع پیش‌بینی میزان جریان ترافیک و تشخیص نقاط محتمل برای ایجاد تراکم ترافیک را نیز فراهم می‌نماید.

نتایج این پژوهش می‌تواند به منظور افزایش بهره‌وری و کارایی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی نظیر شهر مشهد، بسیار مفید و مؤثر واقع شود. در کلانشهرهای توریستی نظیر مشهد بخش زیادی از حجم ترافیک خودروهای شخصی به گردشگران و زائران تعلق دارد. اهداف سفر این دسته از کاربران راه نیز غالباً یکی از اهداف سه‌گانه خرید، تفریح و زیارت است. این سه دسته از انواع سفر نیز معمولاً در ساعات اوج ترافیک انجام می‌شوند. به همین دلیل در کلانشهرهای توریستی اختلاف حجم ترافیک معابر شهری در ساعات اوج و غیراوج اختلاف چشمگیری با یکدیگر دارد. بنابراین استفاده از شیوه عوارض ثابت برای زمان‌بندی طرح قیمت‌گذاری ترافیک در این کلانشهرها کارایی بسیار پایینی دارد. شیوه عوارض هوشمند نیز به دلیل تغییرات لحظه‌ای سطح عوارض، نسبت به شیوه عوارض زمان‌بندی شده اثرگذاری کمتری روی مدیریت تقاضای استفاده از خودروی شخصی به وسیله گردشگران دارد. اما با استفاده از شیوه عوارض زمان‌بندی شده و اختصاص سطح عوارض بهینه در ساعات اوج، طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک مربوطه بیشترین تأثیر را روی کاهش تردد خودروهای شخصی شهروندان و گردشگران خواهد گذاشت. برهمین اساس و مطابق نتایج به دست آمده در این تحقیق، مناسب‌ترین شیوه زمان‌بندی طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی مانند مشهد، شیوه عوارض زمان‌بندی شده است.

Refrences:

- Ahmadi Azari, K., Arintono, S., Hamid, H., Davoodi, S. R. (2013). "Evaluation of demand for different trip purposes under various congestion pricing scenarios", Journal of Transport Geography, Vol. 29, pp. 43-51.
- Amirgholy, M., Rezaeestakhruie, H., Poorzahedy, H. (2015). "Multi-objective cordon price design to control long run adverse traffic effects in large urban areas", NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking, Vol. 16, pp. 1-52.
- Bandeira, J., Coelho, M., Pimental, M., Khattak, A. (2012). "Impact of intercity tolls in Portugal-An environmental perspective", Procedia-Social and Behavioral Sciences, Vol. 48, pp. 1174-1183.
- Bojian, Z., Bliemer, M., Yang, H., He, J. (2015). "A trial-and-error congestion pricing scheme for networks with elastic demand and link capacity constraints", Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 72, pp. 77-92.

- - Carey, M., Srinvasan, A. (1993). “Externalities, average and marginal costs, and Tolls on congested networks with time varying flows”, Operational Research, Vol. 41, No. 1, pp. 217-231.
- - Coria, J., Bonilla, J., Grundstrom, M., Pleijel, H. (2015). “Air pollution dynamics & the need for temporally differentiated road pricing”, Transportation Research Part A: Policy & Practice, Vol. 75, 178-195.
- - Daganzo, C. F., Lehe, L. J. (2015). “Distance-dependent congestion pricing for downtown zones”, Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 75, pp. 89-99.
- - Deputy of studies and planning of Mashhad municipality. (2018). 14th Transportation Statistics of Mashhad City, Mashhad Municipality, Mashhad. [in Persian]
- - Dong, J., Lu, C., Erdogan, S., Mahmassani, H. S. (2009). “State-dependent pricing for real-time freeway management: static, reactive and anticipatory”, 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- - FHWA, (2009). Transit and congestion pricing: A primer, U.S. Department of Transportation, Washington, DC.
- - Ganji Zahraei, H. (2018). “The Monte Carlo method in the pricing of travel time derivatives”, Journal of Mohandesie Mali va Modiriate Owraghe Bahadar, Vol. 34, pp. 293-303. [in Persian]
- - Ghazaei, M., Pakshir, A., Lotfi, S., Soltani, A., Goli, A. (2017). “Studying the Urban Segregation of different groups in Mashhad with an emphasis on residential features”, Journal of Geographic Space, Vol. 16, No. 56, pp. 33-51. [in Persian]
- - Ghodsipoor, H. (2016). Analytical hierarchy process (AHP), Amirkabir University of Technology, Tehran. [in Persian]
- - Hu, S., Saleh, W. (2005). “Impacts of Congestion Charging on Shopping Trips in Edinburgh”, Transport Policy, Vol. 12, No. 5, pp. 443-450.
- - Kadkhodaei, M., Shad, R. (2017). “Analysis and evaluation of methods for controlling traffic congestion in metropolises using Analytical Hierarchy Process (AHP)”, First International Conference on Advanced Development in Civil Engineering, Shomal University, Amol. [in Persian]
- - Kadkhodaei, M., Shad, R. (2018). “Analysis and Evaluation of Traffic Congestion Control Methods in Touristic Metropolis Using Analytical Hierarchy Process (AHP)”, Civil Engineering Journal, Vol. 4, No. 3, pp. 602-608.
- Lara, M., Palma, A., Kilani, M., Piperno, S. (2013). “Congestion pricing and long term urban form- Application to Paris region”, Regional Science and Urban Economics, Vol. 43, pp. 282-295.
- Litman, T. (2006). “London congestion pricing _ implications for other cities”, CESifo DICE Report, Vol. 3, No. 3, pp. 17-21.
- Mirbaha, B., Saffarzadeh, M., Seyed-Abrishami, S. E., Sherafati, S. (2015). “Effect of Congestion Pricing on Users’ Mode Split Using Stated Preference Technique”, Journal of Omran Modarres, Vol. 4, pp. 137-148. [in Persian]
- Mirbaha, B., Sherafatipoor, S., Mahpoor, A. (2016). “Congestion pricing model for urban congested roads (Case Study: Sadr elevated Bridge)”, Journal of Mohandesi Hamlonaghl, Vol. 7, No. 2, pp. 353-365. [in Persian]
- News Site of “Ilna”. (2018). “82 percent of passengers arrive to Mashhad with a personal car”, Available in:
- https://www.ilna.ir/-15/607231-بخش-استان‌ها-وارد-درصد-مسافران-به-مشهد-با-خودروی-شخصی [in Persian]
- News Site of “Mashhad fowri”. (2017). “Mashhad in the capture of single-occupant vehicles”, Available in:
- http://www.mashhadfori.com/detail/65903/-مشهد-در-تسخیر-خودروهای-تک‌سرنشین [in Persian]
- News Site of “Voice of Iran”. (2018). “The arrival of 7 million people in Mashhad in Nowruz 97”, Available in:
- http://sedayiran.com/fa/news/182720/-ورود-7-میلیون-نفر-به-مشهد-در-نوروز-97 [in Persian]
- Rostami, H., Ataeian, H. (2006). “Mechanized control of traffic planning range”, 7th Conference on Traffic & Transportation Engineering in Iran, Tehran. [in Persian]
- Saffarzadeh, M., Rasooli, A. (2015). “Optimal management of traffic congestion by getting smart tolls from interstellar passages (Sadr bridge)”, Journal of Pazhoohesh haye Omran va Mohite

Zist, Vol.1, pp. 39-49. [in Persian]

- Saghaei, M., Javanbakht, Z. (2013). "An analysis of the statistics of domestic tourists and domestic visitors entering the Mashhad metropolis using time series models", Journal of Tahghighate Karbordi Oloom Joghrafiaei, Vol. 28, pp. 71-94. [in Persian]
- Saghaei, M. (2014). "Strategic Analysis of Welfare Areas of Religious Tourism in Mashhad Metropolitan Area with Emphasis on Coherent Quality Management of Religious Tourism", 6th National Conference on Urban Planning and Management, Mashhad. [in Persian]
- Sajjadi, S.A., Biglari, H., Mazloomshahri, S.B., Shakeri, H. (2016). "Objectives of personal transport in urban environments; Review of traffic management in order to improve public health", Journal of Ofoghe Danesh, Vol. 21, pp. 123-128. [in Persian]
- Sayyad, S., Saffarzadeh, M. (2013). "Investigating the effective parameters in determining the type of pricing plan for congestion in urban roads with the aim of reducing traffic and air and noise pollution", First Conference on Air and Sound Pollution Management, Tehran. [in Persian]
- Shad, R., Kadkhodaei, M., Kadkhodaei, M. (2017). "The role of transportation in the tourism and tourism industry", First International Conference and 8th National Conference on Urban Planning and Management, Mashhad. [in Persian]
- Transportation Research Board. (2000). Highway Capacity Manual (HCM), Published by the National Research Council, Washington, DC.
- Yang, H., Huang, H. (1999). "Carpooling and congestion pricing in a multilane highway with high-occupancy-vehicle lanes", Transportation research part A: Policy and practice, Vol. 33, No. 2, pp. 139-155.
- Zebardast, E. (2010). "Application of Analytical Network Process (ANP)", Journal of Fine Arts, Architecture and Urban Development, No. 41, p. 79-90. [in Persian]
- Zhang, X., Yang, H. (2004). "The optimal cordon-based network congestion pricing problem", Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 38, Issue 6, pp. 517-537.

۳۸
شماره سی‌وسه
زمستان ۱۳۹۸
فصلنامه
علمی-پژوهشی
مطالعات شهری

رتبه‌بندی شیوه‌های زمانبندی طرح‌های قیمت‌گذاری
تراکم ترافیک در کلانشهرهای توریستی