

ارزیابی مد ترکیبی دوچرخه اشتراکی و قطار سبک شهری (LRT) در کلان شهرها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

مطالعه موردی: شهر مشهد

شهریار افندی زاده^۱، مسعود کدخدای بلقور^۲، محسن کدخدای بلقور^۳، محمدجواد کدخدای بلقور^۴

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

۴- کارشناس مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

چکیده

یکی از مهمترین عوامل تأمین کارایی حمل و نقل همگانی در کلان شهرها، وجود و توسعه حمل و نقل های ترکیبی و چند مدی می باشد تا امکان سفر بین تمام مبادی و مقاصد سفرهای درون شهری برای شهروندان فراهم باشد. یکی از این سیستم های ترکیبی که بسیار پاک و همگام با حفظ محیط زیست می باشد، حمل و نقل ترکیبی بین دوچرخه های اشتراکی و قطار سبک شهری می باشد که در این تحقیق نیز، همین شیوه ترکیبی در کلان شهر مشهد مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. رویکرد این تحلیل و ارزیابی نیز، بررسی بخشی از ایستگاه های دوچرخه اشتراکی شهر مشهد و مسیرهای آن که در محدوده ی مسیرهای منتهی به خط ۱ قطار شهری این شهر قرار گرفته اند می باشد. روش و متدولوژی این تحلیل و ارزیابی نیز به صورت تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از نظرات کارشناسان حمل و نقل بوده است. در تحلیل سلسله مراتبی با بررسی شاخص های مربوط به نوع مسیر و نوع وسیله و نحوه بهره برداری و نیز ایمنی، اهمیت هرکدام از این معیارها و زیرمعیارهای آنها در مطلوبیت سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته است و آنالیز نتایج نیز در تحلیل سلسله مراتبی مربوطه به وسیله نرم افزار Expert choice انجام شده است.

واژگان کلیدی: تحلیل سلسله مراتبی، حمل و نقل همگانی، حمل و نقل ترکیبی، دوچرخه اشتراکی، قطار سبک شهری

۱- مقدمه

ترافیک درون شهری و رفع معضلات آن به شمار می رود. در این میان یکی از راهکارهای اساسی، افزایش کارایی حمل و نقل عمومی می باشد. در کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه، پروژه ها و سیستم های حمل و نقلی مختلفی اجرا شده است که در میان آنها سیستم مترو و قطار سبک شهری (LRT) گزینه هایی بسیار مناسب برای شهرهای پرجمعیت و کلان شهرها می باشند. قطار شهری در بسیاری از شهرهای دنیا در حال کار است و روندی رو به توسعه دارد. علت توسعه ی این سیستم، هزینه ی پایین احداث و راه اندازی آن در مقایسه با مترو است. برتری سیستم قطار سبک شهری نسبت به سیستم های حمل و نقل موتوری مانند تاکسی و اتوبوس، در زمان سفر کوتاه تر، حجم جابجایی

افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن، رشد شهرنشینی و توسعه ی کلان شهرها و گسترش فعالیت های شهری و همچنین ازدحام شهرها و افزایش وسائط نقلیه و افزایش سفرهای درون شهری و ایجاد ترافیک، مسئولین و کارشناسان امر را بر آن داشته تا جهت رفاه شهروندان و تأمین نیاز آنها به فکر ایجاد سیستم های حمل و نقل عمومی سریع السیر با بازدهی و مطلوبیت کافی که بتواند نیاز به حمل و نقل سریع، آسان، راحت و ایمن را فراهم نماید، باشند. در همین راستا امروزه توسعه حمل و نقل عمومی و افزایش کارایی آن به عنوان یکی از مؤثرترین روشهای مدیریت

در این مسیر، بیشتر استفاده کنندگان از قطار شهری که مقصد نهایی سفرشان در مسیر قطار شهری نبود، پس از استفاده از قطار شهری، برای رسیدن به مقصد نهایی خود، از تاکسی‌های خطی مستقر در مسیرهای فرعی استفاده می‌کردند و از حمل و نقل ترکیبی قطار شهری و تاکسی برای انجام سفر خود استفاده می‌نمودند. اما هم اکنون که ایستگاه‌های دوچرخه همگانی در مسیر ایستگاه‌های قطار شهری راه‌اندازی شده‌اند، با جابجایی سیستم حمل و نقل ترکیبی قطار شهری و تاکسی با سیستم حمل و نقل ترکیبی قطار شهری و دوچرخه می‌توان ترافیک مسیرهای منتهی به قطار شهری را کاهش داده و اقدامات مؤثری در جهت بهبود ترافیک شهری، کاهش آلودگی هوا، افزایش مطلوبیت سیستم‌های حمل و نقل غیرموتوری و افزایش کارایی حمل و نقل همگانی انجام داد. اما با توجه به اینکه این سیستم حمل و نقل ترکیبی به تازگی در دسترس مسافری قرار گرفته، توسعه‌ی این سیستم حمل و نقلی در سایر مسیرها، نیازمند تحلیل و ارزیابی فنی و دقیق اثرات ترافیکی این سیستم در حال اجرا در مسیر یاد شده می‌باشد.

۳- ساختار متدولوژی پیشنهادی

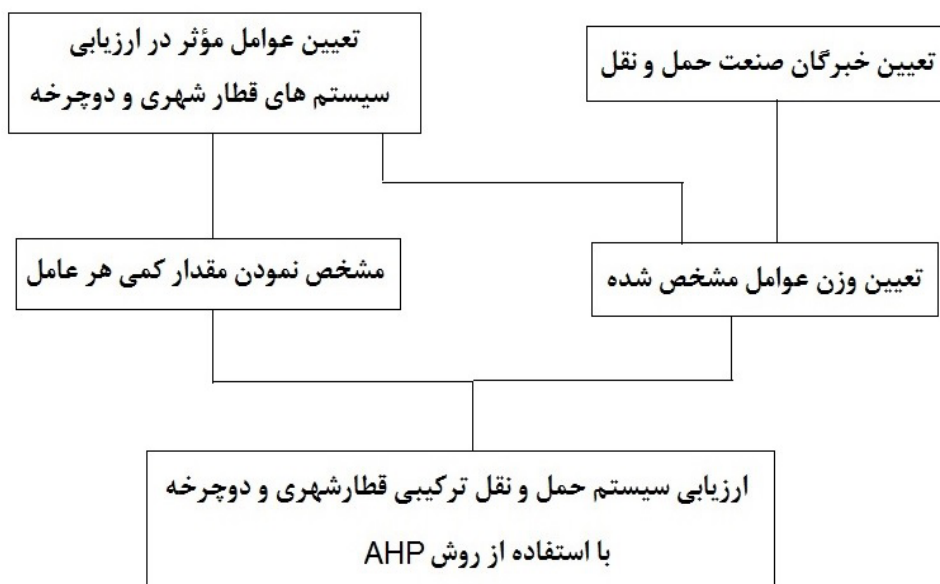
متدولوژی‌ای که برای ارزیابی سیستم حمل و نقل ترکیبی قطار سبک شهری (LRT) و دوچرخه اشتراکی در این تحقیق به کار گرفته شده است، تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد. بدین ترتیب که

مسافر بیشتر کاهش مصرف سوخت و به تبع آن کمک به حفظ محیط زیست و جلوگیری از افزایش آلودگی بیشتر شهرها است.

سیستم حمل و نقلی دیگری که هماهنگ با سیاست‌های حفظ محیط زیست و جلوگیری از افزایش آلودگی هوا می‌باشد، سیستم دوچرخه‌های همگانی است. دوچرخه از نظر مصرف انرژی با صرفه‌ترین وسیله نقلیه است و انرژی‌ای که انسان برای راندن آن طی مسافتی تقریباً معادل ششصد کیلومتر مصرف می‌کند، فقط برابر با انرژی یک لیتر بنزین است. بعلاوه دوچرخه در مناطق شهری می‌تواند سرعتی قابل قبول داشته باشد و تجربه نشان می‌دهد که برای پیمودن مسافت‌های کوتاه در شهرها غالباً متوسط سرعت دوچرخه از متوسط سرعت دیگر وسایل نقلیه بیشتر است و تقریباً هیچگونه اثر نامطلوبی بر محیط زیست ندارد و استفاده از آن به سلامت افراد نیز کمک می‌کند.

۲- تعریف مسئله و اهداف تحقیق

در این مقاله، هدف ارزیابی تأثیرات سیستم حمل و نقل ترکیبی این دو مد حمل و نقلی در شهر مشهد می‌باشد. در شهر مشهد خط یک مترو که تنها خط متروی در حال کار شهر می‌باشد، به صورت قطار سبک شهری (LRT) اجرا شده است و در سالهای اخیر ایستگاه‌های متعدد دوچرخه‌ی همگانی نیز در این مسیر راه‌اندازی شده‌اند. تا پیش از راه‌اندازی ایستگاه‌های دوچرخه



شکل ۱: نمودار نحوه ارزیابی سیستم در متدولوژی پیشنهادی

شامل پارامترهای توصیفی هستند می‌شوند. اما با توجه به اینکه سیستم قطار شهری مشهد در گذشته مورد ارزیابی قرار گرفته است و در این تحقیق نیز هدف ارزیابی سیستم حمل و نقل ترکیبی قطار شهری و دوچرخه می‌باشد، صرفاً شاخص‌های مربوط به ارزیابی سیستم دوچرخه‌های اشتراکی که توسط مسافرین قطار شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند مورد بررسی قرار گرفته است که این شاخص‌ها در جدول ۱ آمده است. [۵]

۴- تعریف معیارهای ارزیابی و امتیاز دهی به آنها

۴-۱ پیوستگی مسیرهای عبور دوچرخه:

پیوستگی و ممتد بودن مسیر حرکت دوچرخه از لحاظ مرتبط کردن کاربری‌های متنوعی که در سطح شهرها به صورت پراکنده ایجاد شده است بسیار قابل اهمیت می‌باشد و موجب سهولت دسترسی‌ها برای دوچرخه سوار می‌گردد. از طرفی مسیرهای پیوسته موجب افزایش ضریب ایمنی مسیر و امنیت خاطر استفاده‌کنندگان می‌گردد. در نتیجه رعایت پیوستگی مسیر عامل مهمی برای گسترش دوچرخه سواری و افزایش تعداد دوچرخه سواران می‌باشد که رعایت آن در طراحی مسیرها از عوامل ضروری می‌باشد. [۱]

ابتدا معیارهای کمی و کیفی که در ارزیابی سیستم‌های حمل و نقلی قطار سبک شهری (LRT) و دوچرخه اشتراکی مؤثر هستند، مطابق با استانداردهای موجود انتخاب می‌شوند تا وزن اثر هر یک از آنها با نظرسنجی از کارشناسان و صاحبان تجربه تعیین گردد. سپس جهت ارزیابی سیستم، ابتدا کارشناسان و خبرگان حمل و نقل و ترافیک را مشخص می‌کنیم و با استفاده از نظر آنها برای هر یک از معیارها وزن تأثیر تعیین می‌گردد که جمع اوزان باید یک باشد. سپس با وزن دهی به شاخص‌های هر معیار، امتیاز کلی هر معیار به دست می‌آید. [۳]

در این مقاله نیز از نظرات تعدادی از کارشناسان و صاحب نظران حمل و نقل که دوره کارشناسی ارشد حمل و نقل را گذرانده‌اند. استفاده شده است. با توجه به مطالعات گذشته در سطح دنیا نیز ۴ دسته معیار کلی برای ارزیابی سیستم حمل و نقل ترکیبی دوچرخه و LRT وجود دارد که به همراه شاخص‌هایی که برای هرکدام از این معیارها در نظر گرفته شده است در جدول ۱ آمده‌اند.

جهت ارزیابی سیستم‌های حمل و نقلی قطار سبک شهری و دوچرخه اشتراکی معیارها و شاخص‌های متعددی وجود دارد که شامل معیارهای کمی که قابل اندازه‌گیری براساس روش‌های گوناگون محاسباتی هستند و معیارهای کیفی که

جدول ۱: معیارهای ارزیابی حمل و نقل ترکیبی قطار سبک شهری و دوچرخه‌های اشتراکی

شاخص	معیار
پیوستگی مسیرهای عبور دوچرخه	نوع مسیر
پوشش مسیرهای فرعی	
راحتی مسیر	
ایمنی مسیر	
تجهیزات فنی	نوع وسیله نقلیه
سهولت ثبت نام و استفاده از دوچرخه‌ها	نحوه بهره برداری
فواصل ایستگاه‌ها	
ظرفیت و تعداد دوچرخه در ایستگاه‌ها	
به کار گیری ITS	
نوع دریافت کرایه	
تعداد ساعات بالای ارائه خدمات	ایمنی
دسترسی به بیمارستان در محدوده مسیر	

۴-۲ پوشش مسیرهای فرعی:

با توجه به اینکه یکی از اهداف راه‌اندازی دوچرخه‌های اشتراکی در کلان شهرها، ترغیب شهروندان به جایگزینی مدهای حمل و نقلی مبتنی بر استفاده از سوخته‌های فسیلی با مدهای حمل و نقلی همراستا با حفظ محیط زیست می‌باشد، و با توجه به اینکه اصولاً دوچرخه در سفرهای شهری برای سفرهای کوتاه پیشنهاد می‌شود و مطلوبیت دارد، تا حد امکان باید مسیرهای فرعی اطراف قطار شهری به وسیله‌ی این سیستم پوشش داده شوند تا برای تمام مقاصد دور و نزدیک در مسیرهای فرعی امکان انتخاب مد دوچرخه برای سفر وجود داشته باشد.

۴-۳ راحتی مسیر:

یکی از شاخص‌های ارزیابی مسیرهای دوچرخه، راحتی استفاده از آنها برای دوچرخه سوار می‌باشد که به کیفیت روسازی راه و صاف و محکم بودن کفسازی آن و وضعیت روشنایی آن و شیب طولی آن و همچنین مناسب بودن آن برای شرایط آب و هوایی مختلف مربوط می‌شود. هرچه کیفیت و راحتی مسیر برای استفاده‌ی دوچرخه سوار بهتر و مناسب تر باشد، ترغیب بیشتری برای استفاده از این مد حمل و نقلی وجود خواهد داشت [۲].

۴-۴ ایمنی مسیر:

مهمترین اصل در انتخاب مسیرهای مجزای دوچرخه، افزایش ایمنی است. شاخص‌های مورد استفاده عبارتند از حجم و سرعت وسایل نقلیه. رابطه میان این شاخص‌ها و استانداردهای ایمنی نیاز به کاربرد مسیر مجزای دوچرخه را توجیه می‌نمایند. انواع مسیرهای دوچرخه عبارتند از:

الف) مسیر درجه ۳ دوچرخه: سواره رو مشترکی است که با تابلوهای مخصوص به عنوان مسیر دوچرخه مشخص می‌شود و در استفاده از آن، وسایل نقلیه موتوری باید اولویت را به دوچرخه‌ها بدهند.

ب) مسیر درجه ۲ دوچرخه (خط ویژه): قسمتی از سواره‌رو است که با خط‌کشی مشخص می‌شود و به عبور دوچرخه‌ها اختصاص دارد. خط ویژه باید یک طرفه و موافق جهت ترافیک موتوری باشد. اگر رعایت اصل کوتاه نگه داشتن مسیر ایجاب کند، با رعایت شرایط زیر می‌توان خط ویژه را در خلاف جهت ترافیک موتوری قرار داد:

- سرعت ۸۵٪ وسایل نقلیه موتوری در اوقات خلوت از ۴۰ کیلومتر در ساعت بیشتر نباشد.

- عرض خط ویژه از ۲ متر کمتر نباشد.

ج) مسیر درجه ۱ دوچرخه: راه مجزایی است که به حرکت دوچرخه‌ها اختصاص تام دارد. مسیر درجه ۱ گاهی در امتداد سواره رو و گاهی در امتدادی مستقل قرار دارد، توسط مانعی فیزیکی از قسمت ترافیک موتوری جدا است و عموماً ورود خودروها به آن (به جز تقاطع‌ها) غیرممکن است. انواع مسیرهای درجه ۱ به شرح ذیل است:

- مسیر مجزای دوچرخه در امتداد و به موازات سواره‌رو راهها

- خیابان‌های مخصوص دوچرخه

- دوچرخه‌رو با قرارگیری مستقل در امتداد راهها یا در امتدادی کاملاً مستقل [۲]

یک گزارش نیز که در سال ۱۹۹۳ در خصوص مطالعه وضعیت دوچرخه سواری توسط وزارت حمل و نقل آمریکا منتشر شد، نشان می‌دهد که دوچرخه سواران در سال ۹/۶ تا ۳۵/۵ میلیارد کیلومتر در ایالات متحده آمریکا دوچرخه سواری می‌کنند و این میزان ۰/۲۸ تا ۱ درصد کل مسافتی است که وسایل نقلیه سواری می‌پیمایند. در حدود نیمی از این دوچرخه سواری‌ها جابگیرین سفرهای وسایل نقلیه شده است و نیم دیگر آن تفریحی می‌باشد. آمارها نشان می‌دهد که تقریباً ۰/۴ درصد از سفرهای عبوری ایالات متحده به وسیله دوچرخه انجام می‌شود. دو سوم از سفرهای شهری ایالات متحده کوتاه تر از ۸ کیلومتر است و بر مبنای بررسی‌های در سال ۱۹۹۰، اگر پارکینگ مطمئن و تسهیلات مناسب در دسترس باشد، ۱۷ درصد از بزرگسالان توسط دوچرخه تردد خواهند نمود و اگر محرک‌های مالی برای کارکنان و کارمندان وجود داشته باشد، ۱۸ درصد با دوچرخه تردد خواهند نمود و اگر خط دوچرخه ایمن موجود باشد، به ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت [۴].

۴-۵ تجهیزات فنی:

دوچرخه‌های مورد استفاده در سیستم اشتراکی، هرچه به تجهیزات فنی بهتری نظیر ترمزهای قوی تر و صندلی محکم تر و راحت تر و... مجهز باشند برای شهروندان مقبولیت بیشتری خواهند داشت و در صورت مجهز بودن دوچرخه‌ها به دنده، امکان استفاده‌ی بهتر از آن در شیب‌های مختلف زمین نیز فراهم

می‌شود.

۴-۶ سهولت ثبت نام و استفاده از دوچرخه‌ها:

با توجه به در دسترس بودن و سهولت استفاده از حمل و نقل‌های موتوری نظیر تاکسی و اتوبوس برای شهروندان، هرچه روند ثبت نام برای استفاده از دوچرخه‌های اشتراکی ساده تر و کم هزینه تر باشد، افراد بیشتری استفاده از این مدل حمل و نقلی را برمی‌گزینند و سیستم کارآیی بیشتری خواهد داشت.

۴-۷ فواصل ایستگاه‌ها:

با توجه به اینکه دوچرخه در سفرهای شهری برای مسیرهای کوتاه پیشنهاد می‌شود، فاصله‌ی زیاد ایستگاه‌های تحویل دوچرخه، باعث کاهش کارآیی سیستم می‌شود و هر چه فاصله‌ی ایستگاه‌ها مناسب تر باشد، ترغیب و مقبولیت بیشتری برای انتخاب این مدل حمل و نقلی ایجاد می‌شود. لذا یکی از شاخص‌های ارزیابی این سیستم، فاصله‌ی ایستگاه‌ها از یکدیگر می‌باشد.

۴-۸ ظرفیت و تعداد دوچرخه در ایستگاه‌ها:

کم بودن ظرفیت و تعداد دوچرخه‌ها در ایستگاه‌ها موجب می‌شود، در صورت مراجعه‌ی همزمان افرادی با تعدادی بیشتر از ظرفیت ایستگاه، کارآیی و بهره‌وری سیستم کاهش یابد. لذا با توجه به تشویقی که برای استفاده از حمل و نقل‌های پاک نظیر دوچرخه در کلان شهرها می‌شود، ظرفیت و فضای ایستگاه‌ها باید متناسب با تقاضای سالهای بعد در نظر گرفته شود و یکی از شاخص‌های ارزیابی سیستم دوچرخه‌های اشتراکی نیز ظرفیت و تعداد دوچرخه‌های ایستگاه‌ها می‌باشد.

۴-۹ به کار گیری ITS:

کاربرد تکنولوژی ITS در سیستم دوچرخه‌های اشتراکی شامل تحویل و عودت مکانیزه‌ی دوچرخه، اطلاع‌رسانی تعداد دوچرخه‌های هر ایستگاه در هر لحظه و اطلاع‌رسانی در مورد وضعیت ترافیک مسیرهای اطراف ایستگاه و مواردی از این دست می‌شود. لذا استفاده‌ی هرچه بیشتر از تکنولوژی در سیستم‌های حمل و نقلی چند مدی و در جهت هماهنگی بیشتر این مدها نقش به‌سزایی در بهبود کارآیی سیستم داشته و یکی از مهمترین شاخص‌های ارزیابی آن نیز محسوب می‌شود.

به عنوان نمونه در سیستم دوچرخه‌های اشتراکی شهر وین در کشور اتریش، نرم افزار رسمی طراحی شده برای تلفن‌های همراه، این امکان را برای کاربران محیا می‌کند تا به وسیله نقشه، نزدیکترین ایستگاه و مسیر دسترسی به آن را پیدا کرده و با اطلاع دقیق از تعداد دوچرخه‌های فعال و تعداد جایگاه‌های خالی، خود را به ایستگاه مورد نظر رسانده و از امکانات آن استفاده کنند. این نرم افزار با پشتیبانی از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) نحوه دسترسی شهروندان را راحت تر کرده و با طراحی در سه نسخه مربوط به سیستم عامل اندروید، iOS و ویندوز فون، برای بخش کثیری از دارندگان تلفن‌های هوشمند قابل بارگزاری است.

۴-۱۰ نوع دریافت کرایه:

نوع دریافت کرایه بسته به اینکه پیش یا پس از استفاده از سیستم اخذ شود و بسته به اینکه به صورت نقدی یا مکانیزه و از طریق کارت‌های اعتباری دریافت شود، روی کارآیی و ترغیب افراد به استفاده از سیستم تأثیر می‌گذارد. لذا یکی از شاخص‌های ارزیابی سیستم دوچرخه‌های اشتراکی نوع دریافت کرایه می‌باشد.

۴-۱۱ ساعات بالای ارائه خدمات:

با توجه به اینکه امکان استفاده از سیستم دوچرخه‌های اشتراکی در ساعات پایانی روز و ساعات اولیه شب می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش ترافیک کلان شهرها در این ساعات داشته باشد، بنابراین با افزایش ساعات خدمات کارآیی سیستم نیز افزایش خواهد یافت. لذا یکی از شاخص‌های ارزیابی این سیستم، ساعات بالای ارائه‌ی خدمات آن می‌باشد.

۴-۱۲ دسترسی به بیمارستان در محدوده مسیر:

با توجه به اینکه در تمام خیابان‌ها امکان احداث مسیر اختصاصی دوچرخه وجود ندارد و از مسیرهای مشترک با سایر وسایل نقلیه استفاده می‌شود، یکی از مهمترین خطراتی که دوچرخه سواران را تهدید می‌کند، خطر برخورد و تصادف با سایر وسایل نقلیه می‌باشد. با توجه به آسیب پذیری زیاد دوچرخه و راکب آن در برابر سایر وسایل نقلیه، لازم است که دسترسی به بیمارستان تا حد امکان با سهولت و آسانی صورت گیرد. لذا یکی از شاخص‌های ارزیابی سیستم در زمینه‌ی ایمنی، دسترسی به بیمارستان در محدوده‌ی مسیر می‌باشد.

۵- تعیین وزن معیارهای ارزیابی

-ایمنی ۰،۰۷۰

وزن دهی به شاخص‌های هر معیار نیز به همین صورت و با استفاده از نرم افزار Expert choice با توجه به نظرات کارشناسان و نخبگان انجام شده و به همراه وزن معیارها و امتیاز اختصاص داده شده به هر شاخص، در جدول نهایی وارد می‌شوند. ماتریس قضاوت گروهی حاصل شده و مقایسات زوجی نیز از سازگاری لازم برخوردار بوده و تمام پرسش نامه‌ها قابل قبول شناخته شده‌اند.

محاسبه‌ی امتیاز نهایی هر شاخص نیز مطابق رابطه‌ی زیر انجام می‌شود که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

امتیاز نهایی هر شاخص = وزن معیار × وزن شاخص × امتیاز شاخص

مدل سلسله مراتبی AHP برای ارزیابی این سیستم در دو سطح وزن دهی گریده است. در سطح اول وزن هر معیار و در سطح دوم نیز، تعیین وزن شاخص‌های مربوط به هر معیار با استفاده از نتایج پرسشنامه‌ای که قبلاً تنظیم شده و نرم افزار Expert choice انجام شده است. مقدار کمی وزن هر معیار نیز به صورت زیر تعیین شده است:

- نوع مسیر ۰،۲۹۱

- نوع وسیله نقلیه ۰،۱۲۱

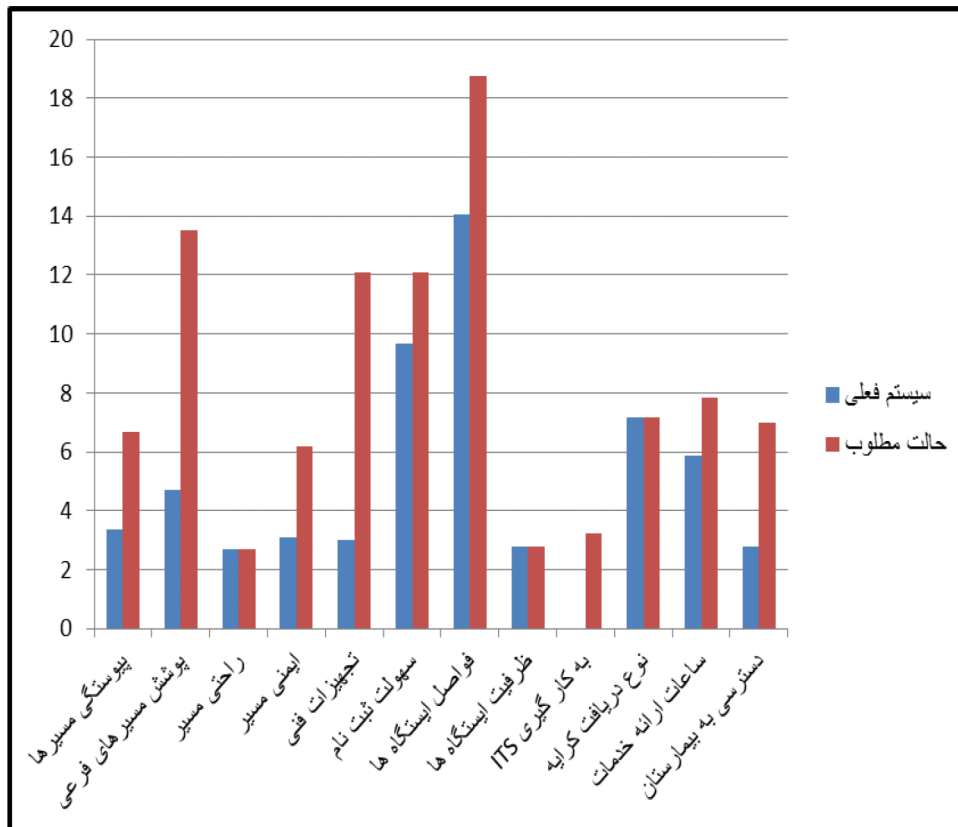
- نحوه بهره برداری ۰،۵۱۸

جدول ۲: محاسبه امتیاز نهایی معیارهای ارزیابی سیستم دوچرخه اشتراکی ترکیبی با قطار سبک شهری

معیار	شاخص	وزن معیار	وزن شاخص	امتیاز شاخص نهایی
نوع مسیر	پیوستگی مسیرهای عبور دوچرخه	۰،۲۹۱	۰،۲۳۰	۳،۳۴۷
	پوشش مسیرهای فرعی		۰،۴۶۴	۴،۷۲۶
	راحتی مسیر		۰،۰۹۲	۲،۶۷۷
	ایمنی مسیر		۰،۲۱۳	۳،۰۹۹
نوع وسیله نقلیه	تجهیزات فنی	۰،۱۲۱	۱	۳،۰۲۵
نحوه بهره برداری	سهولت ثبت نام و استفاده از دوچرخه‌ها	۰،۵۱۸	۰،۲۳۳	۹،۶۵۶
	فواصل ایستگاه‌ها		۰،۳۶۲	۱۴،۰۶۴
	ظرفیت و تعداد دوچرخه در ایستگاه‌ها		۰،۰۵۴	۲،۷۹۷
	به کار گیری ITS		۰،۰۶۲	۰،۰۰۰
	نوع دریافت کرایه		۰،۱۳۸	۷،۱۴۸
	تعداد ساعات بالای ارائه خدمات		۰،۱۵۱	۵،۸۶۶
ایمنی	دسترسی به بیمارستان در محدوده مسیر	۰،۰۷۰	۱	۲،۸۰
	مجموع			۵۹،۲۰۵

جدول ۳: مقایسه سیستم فعلی و حالت مطلوب

معیار	امتیاز سیستم	امتیاز استاندارد	اختلاف	درصد تحقق
نوع مسیر	۱۳،۸۴۹	۲۹	۱۵،۱۵۱	۴۸
نوع وسیله نقلیه	۳،۰۲۵	۱۲	۸،۹۷۵	۲۵
نحوه بهره برداری	۳۹،۵۳۱	۵۲	۱۲،۴۶۹	۷۶
ایمنی	۲،۸۰۰	۷	۴،۲۰۰	۴۰
جمع	۵۹،۲۰۵	۱۰۰	۴۰،۷۹۵	٪ ۵۹



شکل ۲: نمودار میله‌ای مقایسه سیستم دوچرخه اشتراکی ترکیبی با LRT با حالت مطلوب

جدول ۴: زیرشاخص‌ها به ترتیب اهمیت وزن

ردیف	شاخص	وزن نهایی
۱	فواصل ایستگاه‌ها	۰,۱۸۸
۲	پوشش مسیرهای فرعی	۰,۱۳۵
۳	تجهیزات فنی	۰,۱۲۱
۴	سهولت ثبت نام و استفاده از دوچرخه‌ها	۰,۱۲
۵	تعداد ساعات بالای ارائه خدمات	۰,۰۷۸
۶	نوع دریافت کرایه	۰,۰۷۱
۷	دسترسی به بیمارستان در محدوده مسیر	۰,۰۷
۸	پیوستگی مسیرهای عبور دوچرخه	۰,۰۶۷
۹	ایمنی مسیر	۰,۰۶۲
۱۰	به کارگیری ITS	۰,۰۳۲
۱۱	ظرفیت و تعداد دوچرخه در ایستگاه‌ها	۰,۰۲۸
۱۲	راحتی مسیر	۰,۰۲۷

هست تا جای امکان از مسیرهای درجه ۱ و کاملاً اختصاصی برای دوچرخه‌ها استفاده شود.

۳- در صورت استفاده از مسیرهای اختصاصی برای دوچرخه‌های اشتراکی، تا زمانی که پیوستگی و ارتباط مستقیم تمام ایستگاه‌ها با یکدیگر تأمین نشود، وجود مسیرهای اختصاصی و درجه ۱ دوچرخه به تنهایی نمی‌تواند رضایت شهروندان و مطلوبیت سیستم را تأمین کند.

۴- ایجاد هر سیستم و مد حمل و نقلی جدید در مجموعه سیستم‌های حمل و نقل همگانی کلان شهرها مستلزم این است که شرایط ثبت نام و استفاده از این سیستم تا حد امکان تسهیل پیدا کند و از تحمیل هزینه‌های اضافی و غیرمعقول به شهروندان خودداری شود.

۵- در صورت ایجاد سیستم دوچرخه‌های اشتراکی به عنوان سیستم تغذیه کننده برای مدهای اصلی مانند قطار سبک شهری و مترو در حمل و نقل‌های ترکیبی، باید جایگذاری ایستگاه‌های دوچرخه به گونه‌ای باشد که امکان انجام سفر در تمام مسیرهای فرعی منتهی به مسیر اصلی فراهم باشد و سیستم حمل و نقلی تغذیه کننده، غالب مسیرهای فرعی را پوشش دهد.

۷- مراجع

۱- تقوایی، مسعود. فتحی، عفت. معیارهای مکان‌گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه سواری (با تأکید بر شهر اصفهان). جامعه‌شناسی کاربردی. ۱۳۹۰؛ ۲۲(۳): ۱۵۲-۱۵۳

۲- تفضلی، محمد سروش. اکبری آلاشتی، اکبر. ۱۳۹۰، "پیش شرط‌های طراحی مسیر برای دوچرخه سواران"، اولین کنفرانس بین‌المللی دوچرخه شهری، تهران، ستاد مدیریت حمل و نقل و سوخت کشور

۳- حسن قدسی پور، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۹

۴- "اثرات استفاده از حمل و نقل غیرموتوری در مراکز شهرهای بزرگ"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت ایران، دکتر شاهی، قدرت افتخاری

۵- "ارزیابی اقتصادی پروژه قطار شهری مشهد"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت ایران، دکتر شیرازیان، سهیل عربی

در ارزیابی سیستم حمل و نقل ترکیبی دوچرخه اشتراکی و قطار سبک شهری دو گزینه در نظر گرفته شده است که گزینه اول، سیستم فعلی و گزینه دوم همین سیستم در حالت مطلوب و استاندارد بوده است و برای ارزیابی مطلوبیت این سیستم حمل و نقل ترکیبی، سیستم فعلی با حالت مطلوب و استاندارد مقایسه شده است. با در نظر گرفتن امتیاز کامل برای شاخص‌ها در حالت مطلوب و با جمع کردن امتیازات نهایی شاخص‌های مربوط به هر معیار، می‌توانیم سیستم فعلی را با حالت مطلوب مقایسه نماییم که نتایج آن در شکل ۲ و جدول ۳ آمده است. زیر معیارها به ترتیب وزن نیز در جدول ۴ آمده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، سیستم دوچرخه اشتراکی ترکیبی با LRT، ۵۹٪ از امتیاز سیستم در حالت مطلوب را کسب کرده است و تنها در یک معیار توانسته امتیازی بیشتر از ۵۰٪ کسب کند. بنابراین نمی‌توان این امتیازات را خوب توصیف نمود. با توجه به نمودار نشان داده شده در شکل ۳ نیز می‌توان نتیجه گرفت مهمترین عوامل کاهنده مطلوبیت سیستم به ترتیب، عدم پوشش تمام مسیرهای فرعی، عدم پیوستگی مسیرها به طور کامل، کیفیت پایین دوچرخه‌های مورد استفاده، عدم وجود مسیر اختصاصی در تمام مسیرها، عدم به کارگیری ITS و عدم سهولت دسترسی به بیمارستان در زمان تصادف می‌باشند. لذا می‌توان با ارتقا امکانات دوچرخه‌ها و اصلاح نواقص مسیرها و ایستگاه‌ها و رفع سایر نواقص، کیفیت سیستم رو بالا برده و با افزایش مطلوبیت سیستم برای شهروندان این کلان شهر، کارایی سیستم را افزایش داده و از مزایای آن در زمینه‌ی کاهش بار ترافیکی روزانه و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا بهره مند شد.

۶- نتیجه‌گیری

۱- در میان شاخص‌های ارزیابی سیستم دوچرخه‌های اشتراکی در ترکیب با سایر مدهای حمل و نقلی مانند قطار سبک شهری، نحوه بهره برداری از سیستم و مدیریت آن بیشترین تأثیر و اهمیت را در افزایش کارایی سیستم ایفا می‌کند و پس از آن نیز شاخص‌های مربوط به نوع مسیر حائز اهمیت می‌باشند.

۲- زیرمعیار مربوط به درجه ایمنی مسیر دوچرخه در میان معیارهای مربوط به نوع مسیر بیشترین تأثیر را در جلب رضایت و اعتماد مسافری و شهروندان ایفا می‌کند و جهت ترغیب هر چه بیشتر شهروندان کلان شهرها به انتخاب دوچرخه اشتراکی به جای تاکسی و خودروی شخصی لازم

noitulavE fo deniabmoc dom fo ekib gnirahs dna thgil-liar tisanart(TRL) ni eht sesiloportem gnisu lacitylanA yhcraeiH process(AHP)"(case study: mashhad city)

Shahriar Afandizadeh, Masoud kakhodaye balghoor, Mohsen Kakhodaye balghoor, mohammad javad kakhoday balghoor

- 1-Associate professor, civil department, Iran university of science and technology
- 2-M.Sc. student, transportation engineering, Iran university of science and technology
- 3-bachelor of science student, civil engineering, Islamic azad university of Mashhad

Abstract:

enO fo eht tson tnatropmi srotcaf ni gnirusne eht yeneiciffe fo cilbup trospnart ni rojam seitic, eht ecnetsixe dna tnempoleved fo itlum-modal trospnart dna era denibmoc ot wolla levart neewteb lla snigiro dna snoitanitsed rof spirt nihtiw eht ytic's snezitic. enO fo eseht dirbyh smetsys era yrev naelc dna htiw eht tnemnorivne is denibmoc trospnart dna thgil-liar si derahs neewteb eht ekib. ni eht hcraeser, siht senibmoc hcaorppa evah neeb desylana dna detaulave in eht siloportem fo dahhsaM. ehT hcaorppa fo siht sisylana is the yduts fo ekib gnirahs snoitats ni dahhsaM dna sti setuor nihtiw eht setuor gnidael ot eht ytic's ortem enil 1 si detacol. ehT citylanA yhcraeiH secidni detaler ot eht epyt fo kcart dna eht epyt dna rennam fo noitarepo dna ytefas, eht ecnatropmi fo hcae fo eseht airtirc dna bus-airtirc era detaulave ni eht ytilitu metsys dna sisylana fo eht stluser fo eht sisylana fo lacihrareih detcudnoc yb trepxE eciohc erawtfos.

Keywords: Hierarchical analysis, public transportation, Combined transportation, shared bicycle, urban light train.