پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۳
ص ۳۷۱-۳۸۹

مکان‌یابی مسیرهای بهینهٔ تردد دوچرخه مبتنی بر استانداردهای محلی و بین‌المللی با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس (IHWP) (مطالعهٔ موردی شهر کرمان)

قدیر صیامی* - عضو هیئت علمی دانشگاه بین‌المللی امام رضا(ع) و دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه فردوسی
سیدمعین موسوی ندوشن– مدرس دانشکدهٔ فنی‌وحرفه‌ای شهید چمران کرمان و کارشناس ارشد طراحی شهری دانشگاه بین‌المللی امام رضا(ع)

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۱۱ تأیید مقاله: ۱۳۹۳/۸/۴

چکیده

در اغلب شهرهای بزرگ ایران همچون کرمان که با معضلات ترافیکی متعدد مواجه‌اند، به دلیل نبود امنیت لازم برای تردد دوچرخه، هنوز دوچرخه‌سواری جایگاه شایستهٔ خود را در ساختار حمل‌ونقل درون شهری نیافته است. در همین راستا، هدف این پژوهش تحلیل و سنجش مطلوبیت مسیرهای مختلف در شهر کرمان و مکان‌سنجی بهینهٔ مسیرهای تردد دوچرخه در این شهر است. روش تحقیق در این پژوهش توصیفی- تحلیلی بوده و تکنیک به‌کاررفته در آن تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس (IHWP) است. در این تحقیق از آیین‌نامه‌ها و استانداردهای بین‌المللی همچون AASHTO، آیین‌نامه‌های مورد تأیید ایران، شاخص سازگاری دوچرخه‌سواری (BCI) و شاخص اتحادیهٔ دوچرخه‌سواری شیکاگو (CBF) نیز استفاده شده است. پس از استخراج این شاخص‌ها با استفاده از مدل وزن‌دهی دلفی، ضریب تأثیر هر شاخص در کیفیت نهایی مسیر محاسبه شد و سپس با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس سطوح کیفی مسیرها و نیز سطح کیفی ایده‌آل در شهر کرمان مشخص گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در بین شاخص‌های تحت ارزیابی در شهر کرمان، شاخص سازگاری دوچرخه‌سواری (BCI) بیشترین ضریب تأثیر و شاخص دوچرخه «اتحادیهٔ دوچرخه‌سواری شیکاگو» (CBF) کمترین ضریب تأثیر را در مکان‌گزینی مسیرهای تردد بهینهٔ دوچرخه در شهر کرمان به خود اختصاص داده‌اند. همچنین از ده مسیر پیشنهاد شده، بلوار جمهوری و خیابان شهاب بالاترین درجهٔ کیفی و بلوار دانشگاه پایین‌ترین درجهٔ کیفی را به خود اختصاص دادند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس (IHWP)، کرمان، مسیر دوچرخه، مکان‌یابی

نویسندهٔ مسئول:
* E- mail: siami. FUM@gmail.Com

مقدمه

به دنبال گسترش کاربرد اتومبیل و وسایل نقلیهٔ موتوری و در پی آن، گسترش همه‌جانبهٔ جاده‌ها، مسیرها و معابر برون‌شهری و درون‌شهری بعد از انقلاب صنعتی، مشکلات پیچیده‌ای در شبکهٔ حمل‌ونقل و عبورومرور شهری به‌ویژه در شهرهای بزرگ و مراکز شهری پدیدار شد (Taghvaie and Fathi, 2011). با پایان یافتن جنگ جهانی و به علت کاهش قیمت دوچرخه، واردات آن افزایش یافت و به عنوان یک وسیلهٔ نقلیه اهمیت زیادی پیدا کرد؛ به‌طوری که در شهری مانند اصفهان، برای عبور و مرور دوچرخه خطوط ویژه‌ای احداث شد. با رشد سریع استفاده از وسایل نقلیهٔ موتوری و اختصاص سطح معابر به تردد آنها، به‌تدریج دوچرخه در بسیاری از شهرها اهمیت خود را به عنوان وسیلهٔ نقلیه از دست داد و فقط جنبهٔ تفریحی آن در حد بسیار ضعیفی باقی ماند. با وجود این، هم اکنون در شهرهایی مانند اصفهان، کاشان و یزد هنوز از دوچرخه به عنوان وسیلهٔ نقلیه استفاده می‌شود (Hataminezhad, 2008).

در شهرهایی همچون بناب و میاندوآب نیز دوچرخه‌سواران سهم عمده‌ای در ترافیک شهری دارند و حتی مسیرهای ویژهٔ دوچرخه‌سواری دارند. در شهر اصفهان ۱/۲۹ درصد کل سفرهای روزانه در شهرها توسط دوچرخه انجام می‌گیرد (GozarRah Consulting Engineers, 2005). تجربیات دیگر کشورها نیز نشان می‌دهد که عمدهٔ سفرها با شیوهٔ دوچرخه‌رانی، عموماً توسط افراد جوان و در گروه سنی بین ۱۰ تا ۵۰ سال انجام می‌گیرد (Asadollahi and Saffarzadeh, 2011). شهر کرمان از جمله شهرهای بزرگ، پرجمعیت و تاریخی مرکز و جنوب شرق ایران است که با توجه به شاخص‌هایی چون ساختار سنی جمعیت (قرارگیری ۸۰ درصد جمعیت در بازهٔ سنی ۱۰ تا ۵۰ سال)، وجود سایت‌های تاریخی و گردشگری متعدد پراکنده در سطح شهر، وجود مراکز دانشگاهی (تعداد ۴ دانشگاه دولتی، ۷ دانشگاه غیرانتفاعی، ۲ دانشگاه آزاد، ۱۲ دانشگاه جامع علمی- کاربردی و همچنین ۴ دانشگاه فنی‌وحرفه‌ای) و تعداد زیادی دانشجو که هم از نظر سنی و هم از نظر نوع فعالیت جزو استفاده‌کنندگان برتر از دوچرخه محسوب می‌شوند (Baltes, 1997:98)، ظرفیت‌های زیادی برای طراحی، توسعه و تجهیز مسیرهای دوچرخه‌سواری دارد. بااین‌حال، تاکنون بررسی و تحقیقی علمی و مبتنی بر استانداردهای بین‌المللی در باب مکان‌پذیری بهینه در این شهر برای مسیرهای دوچرخه‌سواری صورت نگرفته است. در این پژوهش، بر اساس برداشت‌های میدانی از شبکهٔ مسیرها و بررسی آنها توسط شاخص محلی و بین‌المللی، همچون آیین‌نامه‌های مورد قبول ایران، آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی (AASHTO, 2010)، استاندارد سازگاری دوچرخه‌سواری (BCI)، استاندارد سطح سرویس دوچرخه (BLOS)، شاخص حمل‌ونقل ایلینوی (IDOT) و اتحادیهٔ دوچرخه‌سواری شیکاگو (CBF)، مکان‌پذیری بهینهٔ مسیر تردد دوچرخه در این شهر ارزیابی و پیشنهاد می‌گردد.

مبانی نظری تحقیق

حمل‌ونقل در کنار مسکن، کار و تفریح نه‌تنها به عنوان یکی از چهار رکن اساسی ساختارهای شهر معاصر، بلکه یکی از مهم‌ترین مسائل و چالش‌های پیش روی شهرها محسوب می‌شود. ازاین‌رو، حرکت به سمت حمل‌ونقل پایدار مهم‌ترین و اجتناب‌ناپذیرترین راهکار برای حل معضلات زیست‌محیطی شهرها تلقی می‌گردد. نارسایی و ناکارآمدی در ساختار و نظام حمل‌ونقل درون شهری عموماً پدیدآورندهٔ معضلاتی چون مصرف زیاد انرژی، اتلاف وقت و هزینه، آلودگی هوا، آلودگی‌های صوتی و بصری، کاهش ایمنی و افزایش خطرات جانی و همچنین از بین رفتن بافت‌ها و فضاهای سنتی

شهرهاست (Jahanshahloo and Amini, 2006). در میان وسایل ترابری شهری، دوچرخه وسیلهٔ ساده‌ای است که هر کس می‌تواند طرز استفاده از آن را به‌راحتی فرا گیرد. ارزان بودن آن نسبت به دیگر وسایل حمل‌ونقل سبب می‌شود اغلب افراد جامعه بتوانند آن را تهیه کنند. دوچرخه از نظر مصرف انرژی یکی از باصرفه‌ترین وسائل نقلیه است (Aal Ebrahim, 2002). در سفرهای کوتاه شهری، سرعت جابه‌جایی با دوچرخه معمولاً از سرعت جابه‌جایی با اتومبیل کمتر نیست. در ساعات شلوغ این سرعت برای دوچرخه عملاً بیشتر است. برای پیمودن مسافت‌های کوتاه در شهرها (زیر 6*Km*) غالباً متوسط سرعت جابه‌جایی دوچرخه بیشتر از متوسط سرعت دیگر وسایل حمل‌ونقل است (Sheikoleslami, 1995). عموماً فضای مورد نیاز دوچرخه برای عبور در شبکهٔ حمل‌ونقل شهری (۰/۲۵ تا ۰/۲۵ متر) بوده و این وسیله به فضای بسیار کمتری در پارکینگ یعنی حدود (۰/۱m) نیازمند است؛ به‌گونه‌ای که در فضایی که برای توقف یک خودرو در نظر گرفته می‌شود، می‌توان ۱۵ دوچرخه را به سادگی پارک کرد (Sheikoleslami, 1995). از سوی دیگر هزینهٔ تملک و نگهداری (هزینه‌های ثابت و جاری) آن نیز ناچیز است (Shahabian, 2003) و هزینهٔ احداث راه و پارگینگ برای دوچرخه‌ها نیز بسیار کمتر از دیگر وسایل نقلیه است. می‌توان ادعا کرد دوچرخه منابع تجدیدناپذیر (سوخت‌های فسیلی) را مصرف نمی‌کند و با توسعهٔ پایدار سازگار است. از سوی دیگر انرژی که انسان برای راندن آن طی ۴۰۰ کیلومتر صرف می‌کند، حدوداً معادل انرژی حاصل از یک لیتر بنزین است (Aal Ebrahim, 2002). بنابراین انرژی لازم برای ساخت صد دوچرخه معادل ساخت یک اتومبیل است. مهم‌تر اینکه دوچرخه‌سواری به ارتقای سلامت و کیفیت زندگی افراد جامعه نیز کمک فراوانی می‌کند (Housing and Urban Development Ministry, 1996). از این رو است که کارشناسان و متخصصان سلامتی از دوچرخه‌سواری به سبب دارا بودن مزیت‌های قلبی و عروقی برای انسان و تأثیر مثبتی که در روحیهٔ افراد ایجاد می‌کند دفاع می‌کنند. معمولاً دوچرخه تهدید کمتری برای امنیت عابران پیاده ایجاد می‌کند و در عین حال نقشی چشمگیر در کاهش آلودگی هوا و آلودگی صوتی محیط شهری دارد. عوامل مختلفی همچون شکل دوچرخه، قابلیت‌های انسانی، توپوگرافی منطقه و عوامل فرهنگی و... در استفاده از دوچرخه در ترابری شهری مؤثرند. برخی از این عوامل را می‌توان به گروه‌های عوامل اجتماعی فرهنگی، عوامل فیزیکی، ساختار فضایی شهر، زیرساخت‌های حمل‌ونقل غیر موتوری و موتوری، سیاست‌های دولت و ویژگی‌های شخصی افراد در جامعه دسته‌بندی کرد (Kenf, 2002). در تقسیم‌بندیِ دیگر عوامل تأثیرگذار بر کارکرد دوچرخه به عنوان وسیلهٔ نقلیه می‌توان به شرح جدول ۱ اشاره کرد.

جدول ۱. عومل تأثیرگذار در استفاده از دوچرخه (مأخذ: نگارندگان)

عوامل کیفی	عوامل کمّی
• ایمنی	• شیب منطقه
• امنیت	• عرض معابر
• کیفیت هوا	• کیفیت و جنس رویهٔ مسیر
• نگهداری و نظافت	• تعداد و نوع تقاطع و فواصل
• جاذبه	• سرعت ترافیک
• تمایلات و روحیات و ویژگی‌های شخصی	• حجم عبور عابر پیاده
• کاربری و عملکرد فضا	• یک‌طرفه بودن خیابان‌ها
• سیاست‌های دولت در بخش حمل‌ونقل	• حجم ترافیک دیگر وسایل حمل‌ونقل

پیشینهٔ تحقیق

از جمله پژوهش‌های انجام‌گرفته در حوزهٔ مطالعات و امکان‌سنجی مسیرهای دوچرخه، می‌توان به تحقیق شیخ‌الاسلامی (۱۳۷۴) با عنوان *مطالعات طرح ایجاد شبکهٔ دوچرخه‌سواری به عنوان یک شبکهٔ حمل‌ونقل شهری* اشاره کرد که محقق در آن فواید و نظریه‌های مرتبط با توسعهٔ دوچرخه‌سواری در شهرها را به عنوان پارادایم حمل‌ونقل سبز و سالم به‌صورت نظری تشریح کرده است (Sheikoleslami, 1995). با وجود این، وی در باب مکان‌گزینی مسیرهای دوچرخه به‌صورت عملی و در شهرهای ایران رهنمون خاصی ارائه نداده است. همچنین، هنرور (Honarvar, 2006) نیز در مقاله‌ای با عنوان *نگرش‌ها در زمینهٔ گسترش سامانه‌های حمل‌ونقل پاک با تأکید بر دوچرخه‌سواری*، به دوچرخه به عنوان وسیله‌ای باارزش در سفرهای کوتاه و تفریحی در شهر اشاره می‌کند و آن را به عنوان ابزاری برای توسعهٔ سلامت و گردشگری در شهرها برمی‌شمرد. اسداللهی (Asadollahi, 2010) نیز در رویکردی تطبیقی و در مقاله‌ای با عنوان *مطالعه و بررسی تطبیقی شاخص‌های سنجش راه‌ها برای امکان دوچرخه‌سواری*، شاخص‌های عیارسنجی راه‌های دوچرخه در آیین‌نامه‌های مختلف را بررسی کرده است (Asadollahi, 2010). در میان تحقیقات لاتین نیز می‌توان به پژوهش لینتاک[1] در سال ۱۹۹۲ اشاره کرد که در کتاب خود تحت عنوان *دوچرخه و ترافیک شهری در لندن*، یکی از اثرگذارترین راه‌های جلوگیری از تصادفات و برخوردها را استفاده از دوچرخه و مسیرهای مخصوص به آن می‌داند (Lintock, 1992). کنف الاخر در کتابش با عنوان *اصول برنامه‌ریزی تردد پیاده و دوچرخه* که در سال ۲۰۰۸ به چاپ رسید، به واسطهٔ آمار و محاسبات ریاضی، استانداردهایی را برای مسیرهای مخصوص دوچرخه و پیاده طراحی کرده است (Kenf, 2002). بالتز (Baltes, 1997) نیز تحقیقی دربارهٔ شهرهای امریکا انجام داده که نشان می‌دهد تراکم زیاد جمعیت شهری، آب‌وهوای معتدل و وجود درصد فراوانی از دانشجویان و دانش‌آموزان از جمله عوامل اصلی مرتبط با سهم زیاد دوچرخه در سفرهای کاری شهری است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مواد و روش‌ها

روش و فرایند تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش کاربردی – توسعه‌ای و از نظر چارچوب پژوهش به شیوهٔ تحلیلی توصیفی است که به گونهٔ پیمایشی در سطح شهر کرمان انجام گرفته است. در این پژوهش ابتدا آیین‌نامه‌های مورد تأیید ایران، آیین‌نامه‌های معتبر جهانی (AASHTO)، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای محلی استاندارد سازگاری دوچرخه‌سواری (BCI)، استاندارد سطح سرویس دوچرخه (BLOS)، شاخص حمل‌ونقل ایلینویز (IDOT) و اتحادیهٔ دوچرخه‌سواری شیکاگو (CBF) بررسی شده و بر اساس آن معیارها وشاخص‌های یک مسیر دوچرخه‌سواری مطلوب و بهینه استخراج گردیده است. در مرحلهٔ بعد، اطلاعات هندسی، فیزیکی و حمل‌ونقل و جمعیتی از محدودهٔ تحت مطالعه در شهر کرمان لایه‌های اطلاعاتی در قالب یک فلوچارت و جدول تهیه و محاسبهٔ مقدار عددی هر یک از شاخص‌ها به‌دست آمده است. امتیاز این شاخص‌ها بر

1. Lintock

اساس مدل دلفی (مبتنی بر نظرهای کارشناسی) رتبه‌بندی شده و سپس معکوس رتبهٔ هر لایه به عنوان وزن آن شاخص در تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس (IHWP) در نظر گرفته شده است. در مدل دلفی با توجه به نظر متخصصان و کارشناسان این رشته چهار شاخص بین‌المللی (BCI)، (CBF)، (IDOT) و (BLOS) با توجه به ضریب اهمیت آنها رتبه‌بندی شدند. با توجه به استانداردهای تحت بررسی، کیفیت و شرایط مسیرها و طی فرایند برهم‌نهی لایه‌های مطالعاتی به‌دست‌آمده (Overlap)، مسیرهای موجود ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی شدند. به این ترتیب، ورودی این مدل «مقادیر عددی شاخص‌های سنجش راه‌ها برای دوچرخه سواری»، «مشخصات هندسی و توپوگرافی منطقهٔ تحت مطالعه»، «کاربری اراضی» و نیز «تقاضای دوچرخه» است و خروجی آن جداولی است که با توجه به نتایج، کیفیت و مطلوبیت مسیر را بر اساس استانداردهای مورد نظر ارزش‌گذاری و اولویت‌سنجی می‌کند.

محاسبهٔ امتیاز لایه‌های انتخاب‌شده

در این مرحله، هر مسیر بر اساس شاخص‌های مطرح شدهٔ جهانی و نیز آیین‌نامهٔ احداث مسیرهای دوچرخه‌سواری تأییدشدهٔ ایران با هدف شاخص‌گزینی بررسی و تحلیل شد و با توجه به مجموع امتیازی که از مدل دلفی (نظرهای کارشناسی) و نهایتاً تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس (IHWP) به‌دست آمد، در یکی از شش طبقهٔ مطلوبیت (از کاملاً نامطلوب تا کاملاً مطلوب) قرار گرفت.

$X = D / N$

X = امتیاز اولیهٔ هر شاخص

D = امتیاز به‌دست‌آمده از مدل دلفی

N = تعداد کلاس‌های هر شاخص

$J_k = D-(N-i)\ X$

J_k = امتیاز به‌دست‌آمده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هرشاخص

i = رقم تخصیص یافته به طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص

W = مجموع امتیازهای به‌دست‌آمده برای هر مسیر

مراحل اجرای روش دلفی

این پژوهش برای طراحی مدل وزن‌دهی به اطلاعات و شاخص‌ها، فرایند زیر را از آغاز یعنی «تشکیل تیم اجرا و نظارت بر انجام دلفی» تا مرحلهٔ پایانی یعنی «آماده‌سازی گزارش» به شرح نمودار ۱ طی کرد.

مهم‌ترین نکته در این فرایند، درک هدف‌های به‌کاررفته در روش دلفی از طرف شرکت‌کنندگان در وزن‌دهی شاخص‌هاست. در صورت درک نادرست، محققان عموماً با پاسخ‌های نامرتبط شرکت‌کنندگان مواجه می‌شوند. ازاین‌رو، محققان برای وزن‌دهی شاخص‌ها در روش دلفی و در انتخاب پاسخ‌دهندگان، باید کسانی را برگزینند که از معلومات و اطلاعات کافی در حوزهٔ مورد پژوهش برخوردار باشند و با ادبیات نظری و موضوعی مقولهٔ مورد بحث آشنایی کافی و حداقل نسبی داشته باشند (Ludwig, 2005). ازاین‌رو، تلاش شد تا مصاحبه‌شوندگان در این تکنیک عموماً از میان

خبرگان و کارشناسان شهری کرمان انتخاب گردند. در جدول ۲ مقایسهٔ عوامل مؤثر در شاخص‌ها پس از بررسی نتایج دلفی و امتیازبندی این شاخص‌ها مبتنی بر نظر خبرگان آمده است.

نمودار ۱. طراحی مدل وزن‌دهی به اطلاعات و شاخص‌ها (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۲. مقایسهٔ عوامل مؤثر در شاخص‌ها پس از بررسی نتایج مدل دلفی

شاخص	BCI	BLOS	IDOT	CBF
عرض دوچرخه‌راه				
عرض شانهٔ روسازی‌شده				
عرض خط کناری	✓	✓	✓	✓
حجم ترافیک	✓	✓	✓	✓
سرعت ترافیک	✓	✓		✓
وجود خط پارکینگ	✓			
نوع کاربری کنار راه	✓			
زمان پارک	✓			
حجم گردش به راست	✓			
حجم کامیون سنگین خط کناری	✓	✓		
تعداد خط عبور در یک جهت		✓		
کیفیت روسازی		✓	✓	
تعداد تقاطع‌ها				
جمع امتیاز مدل دلفی مبتنی بر نظر کارشناسی D	۴	۳	۲	۱

شاخص‌ها و معیارهای تحت مطالعه

شاخص‌های اساسی و مورد استفاده در این پژوهش چهار شاخص به شرح زیر است:

شاخص سازگاری دوچرخه‌سواری (BCI)

بـر اسـاس تحقیقـات سـورتون و والـش، شـاخص سـازگاری دوچرخـه‌سـواری (BCI) در سـال ۱۹۹۸ توسـط مـدیریت بزرگ‌راه‌های ایالتی[1] ارائه شد (FHWA, 2006). این شاخص عموماً «اجزای راه» را بررسی می‌کرد و نه تقاطع‌هـا را. در این شاخص هشت متغیر برای درک ایمنی مسیر مورد استفاده قرار گرفته و «دوچرخه‌راه» و «شـانه‌هـای روسـازی‌شـدهٔ بالای ۳ فوت» مهم تلقی می‌شود. رابطهٔ ریاضی این شاخص به شرح زیر است:

$$BCI = 3.67 - 0.966(BL) - 0.410(BLW)^{\circ}\ 0.498(CLW) + 0.002(CLV) + 0.0004(OLV) + 0.022(SPD) + 0.506(PKG) - 0.264(AREA) + AF$$

که در آن:

BL = اگر «دوچرخه‌راه» یا شانهٔ روسازی‌شده بزرگ‌تر از (۰/۹) متر باشد، برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با صفر است

PKG = در صورت وجود خط پارکینگ با بیش از (۳۰ درصد) تملک برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با صفر است

BLW = عرض دوچرخه‌راه یا شانهٔ روسازی‌شده (به متر)

CLW = عرض خط کنار جدول (به متر)

CLV = حجم خط کنار جدول در یک جهت (وسیلهٔ نقلیه در ساعت)

OLV = حجم خطوط دیگر در جهت مشابه (وسیلهٔ نقلیه در ساعت)

SPD = سرعت ترافیک ۸۵ درصد (کیلومتر در ساعت)

AREA = نوع توسعهٔ کنار راهی: مسکونی برابر با (۱)، دیگر برابر با (صفر)

AF ضریب اصلاح= Ft + Fp + Frt

Ft = ضریب اصلاح برای حجم کامیون

Fp = ضریب اصلاح برای پارکینگ برگشتی

Frt = ضریب اصلاح برای حجم گردش به راست

مقدار AF از جمع سه ضریب اصلاح برای حجم کامیون، پارکینگ برگشتی و حجم گردش به راست مطابق جدول ۳ محاسبه شده است.

1. Federal Highway Administration

جدول ۳. ضرایب اصلاح حجم کامیون، پارکینگ برگشتی و حجم گردش به راست

حجم ساعتی کامیون سنگین خط عبور کنار جدول	Ft	محدودهٔ زمان پارک (دقیقه)	Fp	حجم ساعتی گردش به راست	Frt
۱۲۰ <	۰/۵	> ۱۵	۰/۶	۲۷۰ <	۰/۱
۶۰–۱۱۹	۰/۴	۳۰–۱۶	۰/۵	< ۲۷۰	۰
۳۹–۵۹	۰/۳	۶۰–۳۱	۰/۴		
۱۹–۳۹	۰/۲	۱۲۰–۶۱	۰/۳		
۱۰–۱۹	۰/۱	۲۴۰–۱۲۱	۰/۲		
> ۱۰	۰	۴۸۰–۲۴۱	۰/۱		

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، شش محدودهٔ مختلف برای مقدار این شاخص تعیین گردیده که متناظر با سطوح سرویس A تا F و به‌ترتیب، معادل به‌شدت بالا تا به‌شدت پایین است.

جدول ۴. میزان سطح سرویس و مناسب بودن مسیر بر اساس شاخص BCI

امتیاز به‌دست‌آمده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص $J=D-(N-i)X$ (j_5)	امتیاز اولیهٔ هر شاخص $X = D/N$ (x)	امتیاز مدل دلفی (D)	BCI Grade (i)	BCI Score	شرح وضعیت
۴	(۰/۶۶۶)	(۴)	(۶)A	۱/۵≤	به‌شدت مناسب
۳/۳۳۴			(۵)B	۱/۵۱–۲/۳	خیلی مناسب
۲/۶۶۸			(۴)C	۲/۳۱ ° ۳/۴	نسبتاً مناسب
۲/۰۰۲			(۳)D	۳/۴۱ ° ۴/۴	نسبتاً پایین
۱/۳۳۶			(۲)E	۴/۴۱ ° ۵/۳	خیلی پایین
۰/۶۶۶			(۱)F	۵/۳>	به‌شدت پایین

سطح سرویس دوچرخه (BLOS) مبتنی بر استاندارد بین‌المللی (AASHTO, 2010)

لندیس و همکاران در سال ۱۹۹۷ در این روش به‌جای عکس‌العمل راکب در یک شرایط مجازی از یک مسیر واقعی استفاده کردند. سطح سرویس دوچرخه (BLOS) بسیار شبیه به شاخص (BCI) در حساسیت به عرض خط عبور کنار جدول است. در این روش وابستگی حجم ترافیکی به‌صورت لگاریتمی، با تغییر در سطح ترافیک کم و متوسط، افزایش می‌یابد (AASHTO, 2010). رابطهٔ ریاضی این شاخص به شرح زیر است:

BLOS = 0. 507 x ln (Vol15/Ln) + 0. 199 x SPt (1+10. 38HV) 2 + 7. 066 x (1/PR5)2 - 0. 005 x (We) 2 + 0. 76

که در آن:

حجم ترافیک جهتی در ۱۵ دقیقه (برابر با۱۵ وول) = (ADT x D x Kd) / (4 x PHF)

ADT = متوسط ترافیک روزانه

D = ضریب جهتی (فرض می‌شود ۰/۵۶۵)

Kd = اوج ضریب روزانه (فرض می‌شود ۰/۱)

PHF = ضریب ساعت اوج (فرض می‌شود ۰/۱)

Ln= تعداد خطوط مستقیم جهتی

SPt = سرعت مجاز مؤثر برابر با (1.1199 x Ln (SPp ° 20) + 0.8103)

SPp = سرعت مجاز قبل

HV = درصد وسایل نقلیهٔ سنگین

FHWA = نمره برای شرایط روسازی (۵ بهترین شرایط روسازی :PR5)

We= میانگین عرض مؤثر خط مستقیم کناری

جدول ۵. میزان سطح سرویس و مناسب بودن مسیر بر اساس شاخص (BLOS)

شرح وضعیت Description	BLOS Score	BLOS Grade (i)	(D) امتیاز مدل دلفی	(x) امتیاز اولیهٔ هر شاخص X = D/N	(j_3) امتیاز به‌دست‌آمده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هرشاخص J=D-(N-i)X
محیط دوچرخهٔ عالی	۱/۵≤	(۶)A			۳
محیط دوچرخهٔ خوب	۲/۳– ۱/۵۱	(۵)B			۲/۵
محیط متوسط (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه و تازه‌کار)	۲/۳۱ ° ۳/۴	(۴)C			۲
محیط ضعیف (قابل‌قبول برای دوچرخه‌سواران باتجربه)	۳/۴۱ ° ۴/۴	(۳)D		(۰/۵)	۱/۵
(غیرقابل‌قبول برای دوچرخه‌سواران باتجربه و مبتدی)	۴/۴۱ ° ۵/۳	(۲)E			۱
نامناسب و غیرقابل‌قبول	۵/۳>	(۱)F			۰/۵

شاخص نقشهٔ دوچرخه «وزارت حمل‌ونقل ایلینوی (IDOT)» (IDOT, 1995)

در این روش، چهار معیار شامل نوع روسازی، عرض خط، شانهٔ روسازی‌شده و متوسط ترافیک روزانه به سه محدوده تقسیم شده است. جدول ۶ مقادیر مربوط به هر کدام از معیارهای چهارگانهٔ ذکرشده در بالا را در این روش نشان می‌دهد (IDOT, 1995).

جدول ۶. مقادیر عوامل پیشنهادی توسط شاخص IDOT

معیار	سطح راه			عرض خط			عرض شانهٔ روسازی‌شده			متوسط ترافیک روزانه در خط		
شرح	بالا	پایین	کثیف و روغنی	≥۱۲	۱۰–۱۱/۹	<۱۰	≤۴	۳–۱	هیچکدام	<۷۵۰	۷۵۰–۲۰۰۰	>۲۰۰۰
مقدار	۰/۰۵۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶	۰/۱۸۹	۰/۰۵۲	۰/۰۱۹	۰/۱۳۲	۰/۰۳۳	۰/۰۱۲	۰/۳۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۲۸

مقادیر به‌دست‌آمده از جدول ۶ را با هم جمع می‌گردد و حاصل آن به‌صورت نتیجهٔ قابل اظهار طبق جدول ۷ ارائه می‌شود.

جدول ۷. سنجش مناسب بودن مسیر با شاخص IDOT

متوسط ترافیک روزانه بر خط		کمتر از ۲۰۰۰ یا ۲۰۰ کامیون		بیشتر از ۲۰۰۰ یا ۲۰۰ کامیون	
نمره IDOT	≥ /	۰/۳–۰/۵	>۰/۵	۰/۰۰۳>	>۰/۰۰۳
رتبه	قرمز/ بد (۱)	زرد/ متوسط (۲)	سبز/ خوب (۳)	قرمز/ بد (۳)	زرد/ متوسط (۲)
(D) امتیاز مدل دلفی		(۲)			
(x) امتیاز اولیهٔ هر شاخص X = D/N		(۰/۶۶۶)			
(j 2) امتیاز برای طبقه‌بندی‌های مختلف J=D-(N-i)X	۰/۶۶۶	۱/۳۳۳	۳	۰/۶۶۶	۱/۳۳۳

شاخص نقشهٔ دوچرخه «اتحادیهٔ دوچرخه‌سواری شیکاگو» (CBF), (CBF, 2000)

در این روش تنها پارامترهای حجم ترافیک، سرعت ترافیک و عرض خط کناری جدول (به‌علاوهٔ شانهٔ روسازی‌شده/ عرض دوچرخه‌راه) به‌کار رفته است. شاخص ارائه‌شده به‌سرعت ترافیک و عرض دوچرخه‌راه/ شانهٔ روسازی‌شده بستگی دارد. همچنین ممکن است که به عرض خط کناری جدول نیز ارتباط و وابستگی شدیدی داشته باشد (CBF, 2000). در جدول ۸ به این شاخص و معیارهای آن اشاره شده است.

جدول ۸. شاخص مناسب بودن مسیر با شاخص CBF به‌ازای عرض دوچرخه‌راه/ شانهٔ روسازی‌شده (عرض بر حسب یارد)

ADT/Lane		زیر ۵۰۰	۱۲۵۰–۵۰۰	۱۲۵۰–۵۰۰۰	بالای ۵۰۰۰
سرعت	عرض خط	۱۲–۱۳–۱۴	۱۲–۱۳–۱۴	۱۲–۱۳–۱۴	۱۲–۱۳–۱۴
< Mph		سبز	سبز	زرد سبز	قرمز زرد
۳۵–۴۵ Mph		سبز	زرد سبز	قرمز زرد	-- قرمز
۴۵–۵۰ Mph		زرد سبز	قرمز زرد سبز	-- قرمز زرد	-- قرمز
> Mph		زرد سبز	قرمز زرد سبز	-- قرمز	--

در همین چارچوب و در جدول ۹ مناسب بودن مسیرها با کمک شاخص CBF سنجیده و ارزیابی شده است.

جدول ۹. سنجش مناسب بودن مسیر با شاخص CBF

شاخص نقشهٔ دوچرخه(CBF)				
نمره CBF	سبز	زرد	قرمز	غیرپیشنهادی
(D) امتیاز مدل دلفی			(۱)	
(x) امتیاز اولیهٔ هر شاخص X = D/N			(۰/۲۵)	
(1 j) امتیاز به‌دست‌آمده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص J=D-(N-i)X	۱	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با بررسی تطبیقی این شاخص‌ها، ویژگی‌های نسبی هر یک مشخص گردید. ملاحظه شد که شاخص BLOS بیشتر تحت تأثیر حجم ترافیک وسایل نقلیهٔ سنگین است و هر چند شباهت زیادی به روش BCI دارد، ولی روش BCI نیز متأثر از عرض خط و نیز شرایط پارکینگ حاشیه‌ای است. در روش IDOT فقط پارامترهای ترافیک، عرض خط و شرایط روسازی مؤثر است، ولی در روش CBF سرعت و حجم ترافیک دو عامل مؤثرند (Saffarzadeh and Asadollahi, 2011). هدف تمام این شاخص‌ها، سنجش میزان مناسب بودن مسیر برای دوچرخه‌سواری است، ولی هرکدام بر اساس پارامترهای مختلف و با ضریب متفاوت این متغیر را سنجیده‌اند. ازاین‌رو، باتوجه به هدف مورد نظر (در صورت تأکید بر یک پارامتر)، باید از این شاخص‌ها استفاده شود. در غیر این صورت و در شرایط ثابت، روش دقیق و جامع برای اندازه‌گیری مناسب بودن مسیرهای موجود برای دوچرخه‌سواری، استفاده از همهٔ این شاخص‌ها است. برای این منظور، یکسان‌سازی دامنهٔ خروجی شاخص به یک محدودهٔ مشترک برای ارزیابی و مقایسهٔ نتایج الزامی است. بدین ترتیب، مسیرهای تحت مطالعه برای مناسب بودن دوچرخه‌سواری توسط یکایک این شاخص‌ها ارزیابی شده و نمرهٔ نهایی آن حاصل میانگین عددی امتیازات و نمرات به‌دست‌آمده از شاخص‌های مذکور خواهد بود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معرفی محدودهٔ تحت مطالعه

شهر کرمان از شهرهای به‌شدت درحال‌توسعه است. بر اساس آخرین سرشماری رسمی (۱۳۹۰) جمعیتی بالغ بر ۵۳۴۴۴۱ نفر در وسعتی در حدود ۵۲۲۴ هکتار ساکن شده‌اند. در این شهر حدود ۱۴۸۰۰۰ اتومبیل شخصی در رفت‌وآمد است که با توجه به شرایط کالبدی و کاربری معابر شهر باعث ایجاد ترافیک متراکم و سنگین در سطح شهر می‌شود. سفر ۷۸۱۴ نفر گردشگر خارجی و ۸۶۱۴۲ نفر گردشگر داخلی به این شهر در سال ۱۳۹۰ مبین پتانسیل بالای این شهر در جذب گردشگر و ایجاد دوچرخه‌راه‌ها در مسیرهای تاریخی است (سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان کرمان، ۱۳۸۹). از سوی دیگر، به دلیل اقلیم (گرم و خشک) و توپوگرافی (تقریباً هموار)، این بوم جزو شهرهایی است که می‌توان با سرمایه‌گذاری مناسب بر مقولهٔ دوچرخه و پیاده در آن، نتایج مطلوبی به‌دست آورد. بر اساس تجربیات دیگر کشورها، عمدهٔ سفرهایی که با شیوهٔ دوچرخه‌رانی انجام‌گرفته، توسط افرادی در گروه سنی ۱۰ تا ۵۰ سال بوده است.

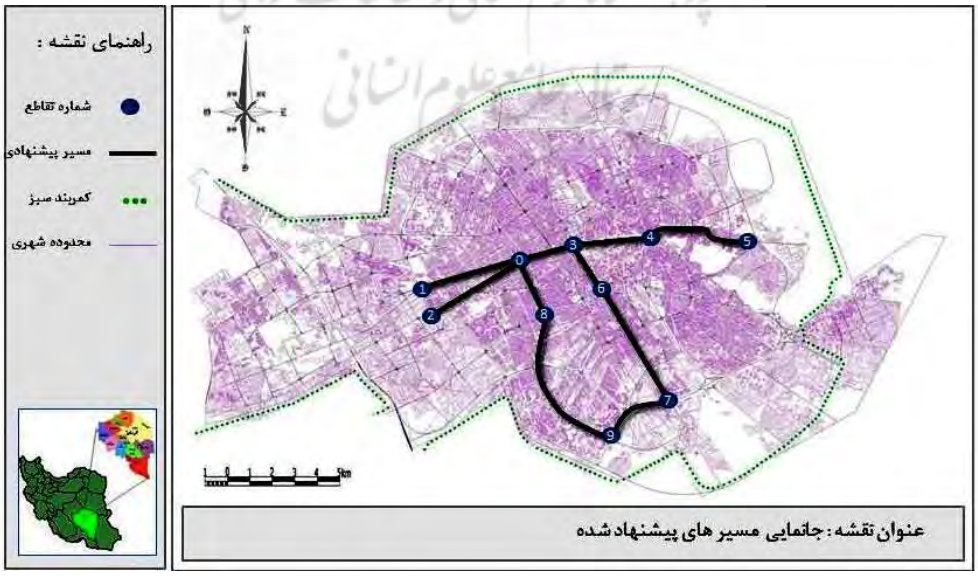
(Saffarzadeh and Asadollahi, 2011). سفرهای افراد زیر ۱۰ سال معمولاً تفریحی و به‌ندرت و در بعضی مواقع سفر به سمت مدارس و محیط‌های آموزشی است. در شهر کرمان با توجه به آمار مرکز آمار کشور، نزدیک به ۸۰٪ جمعیت مربوط به این بازهٔ سنی می‌شود و می‌تواند در این مورد نیز از پتانسیل بالایی در رابطه با سرمایه‌گذاری در این بحث برخوردار باشد. کرمان از شهرهای دانشجویی ایران است و از این جهت قشر دانشجو هم از نظر نوع فعالیت و هم از نظر سن و سال جزو گزینه‌های برتر استفاده‌کنندگان از دوچرخه است (Baltes, 1997). بنابراین، به نظر می‌رسد کرمان با توجه به موارد مطرح‌شده برای مطالعهٔ موردی مناسب باشد.

امکان‌سنجی و تعیین پتانسیل مطلوبیت مسیرهای مورد نظر

برای تعیین پتانسیل مطلوبیت سفر دوچرخه در یک شهر، بررسی همهٔ شریان‌ها و معابر شهر لازم است تا بتوان مسیری پیوسته و یکنواخت که دارای استانداردهای لازم است را پیشنهاد داد. اما با توجه به شرایط موجود و تحلیل‌های اولیهٔ ناشی از ملاحظات میدانی، این مطالعه فقط به بررسی برخی از مسیرهای پراهمیت و پرتقاضا در شهر کرمان اختصاص دارد (بررسی همهٔ معابر از حوصلهٔ این مقاله خارج است). در این معابر شرایط اولیهٔ ایجاد مسیرهای دوچرخه دیده شده است. سعی شده در انتخاب مسیرها مواردی از قبیل تعداد سفرهای حداقل لازم، شرایط و ضوابط کالبدی حداقل، طول مناسب مسیر (۴ کیلومتر)، کاربری مبدأ و مقصد و کاربری جاده‌ها که معمولاً لازمهٔ ایجاد مسیرهای دوچرخه‌سواری است، لحاظ شود. همهٔ مسیرهای پیشنهادی از نظر موارد فوق از مطلوبیت نسبی برخوردارند.

جانمایی مسیرهای پیشنهادی برای بررسی روی نقشه

همان‌طور که در نقشهٔ ۱ نشان داده شده است، شبکهٔ مسیرهای تحت بررسی تقریباً مسیر شرق به غرب شهر کرمان که عموماً مراکز تجاری و تفریحی شهر در محدودهٔ این مسیرها قرار دارد را به هم متصل می‌کند و همچنین مسیرهای



نقشهٔ ۱. جانمایی مسیرهای پیشنهادی روی نقشه

مرکزی شهر به سمت جنوب که عموماً مراکز آموزش عالی شهر در انتهای جنوبی این شبکهٔ معابر قرار دارد و می‌توانند نیاز اغلب دوچرخه‌سواران را برآورده کنند را پوشش می‌دهند. البته بدیهی است برای نهادینه کردن استفاده از دوچرخه به عنوان یک وسیلهٔ رسمی حمل‌ونقل در سطح شهر، می‌بایست شبکهٔ مسیرهای به‌هم‌پیوسته و حلقه‌ای شکل را پیشنهاد داد؛ اما چون هدف در این پژوهش تعیین مطلوبیت مسیرها است، به همین ۹ مسیر پیشنهادی اکتفا شده است.

بررسی مقاطع از نظر شاخص سازگاری دوچرخه‌سواری (BCI)

نتایج رابطهٔ ریاضی شاخص BCI و جدول ۴ منتج از تکمیل جدول امتیازدهی مسیرها بر اساس شاخص سطح سرویس هر یک از معابر مشخص شده و همچنین امتیاز عددی هر مسیر با توجه به تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس (IHWP) نشان می‌دهد بلوار جمهوری اسلامی و خیابان شهاب به دلیل وجود حجم کم کامیون عبوری، عرض مناسب خط کناره، حجم ترافیک پایین و وجود پارکینگ مناسب بیشترین امتیاز را کسب کرده‌اند.

جدول ۱۰. امتیاز مسیرها بر اساس شاخص BCI

مبدأ	مقصد	نام خیابان	مقدار BCI	سطح سرویس	میزان مناسب بودن	امتیاز عددی مسیر (j_4)
۱	۰	بلوار جمهوری	۱/۸۱	B	خیلی بالا	۳/۳۳۴
۰	۲	بلوار صدوقی	۲/۹	C	نسبتا بالا	۲/۶۶۸
۰	۳	خیابان شریعتی(غ)	۴/۳	D	نسبتا پایین	۲/۰۰۲
۰	۸	خیابان خواجو	۴	D	نسبتا پایین	۲/۰۰۲
۴	۵	خیابان زریسف	۳/۱۵	C	نسبتا بالا	۲/۶۶۸
۳	۶	خیابان قرنی	۴	D	نسبتا پایین	۲/۰۰۲
۳	۴	خیابان شریعتی(ش)	۴/۲	D	نسبتا پایین	۲/۰۰۲
۶	۷	خیابان شهاب	۲/۲	B	خیلی بالا	۳/۳۳۴
۸	۹	خیابان رسالت	۳/۱	C	نسبتا بالا	۲/۶۶۸
۷	۹	بلوار دانشگاه	۴/۹	E	به‌شدت پایین	۱/۳۳۶

بررسی مقاطع از نظر سطح سرویس دوچرخه (BLOS)

با توجه به نتایج رابطهٔ ریاضی شاخص BLOS و همچنین امتیازهای مشخص شده در جدول ۵، مسیرهای بلوار جمهوری، بلوار شهید صدوقی و خیابان شهاب بیشترین سطح سرویس را در این شاخص کسب کرده‌اند. این نتایج و امتیاز عددی به‌دست‌آمده از تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس در جدول ۱۱ ارائه شده است. یکی از دلایلی که بلوار شهید صدوقی از نظر این شاخص مطلوبیت بهتری پیدا کرده است، وابستگی بیشتر شاخص BLOS به شرایط روسازی و عرض مسیر نسبت به شاخص BCI است.

جدول ۱۱. امتیاز مسیرها بر اساس شاخص BLOS

مبدأ	مقصد	نام خیابان	مقدار BLOS	سطح سرویس	میزان مناسب بودن	امتیاز عددی مسیر(j_3)
۱	۰	بلوار جمهوری	۱/۷	B	محیط دوچرخه خوب	۲/۵
۰	۲	بلوار صدوقی	۲/۴	B	محیط دوچرخه خوب	۲/۵
۰	۳	خیابان شریعتی(غ)	۴	D	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه)	۱/۵
۰	۸	خیابان خواجو		D	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه)	۱/۵
۴	۵	خیابان زریسف	۳/۵	C	محیط متوسط (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه و تازه‌کار)	۲
۳	۶	خیابان قرنی	۴/۴	D	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه)	۱/۵
۳	۴	خیابان شریعتی(ش)	۳/۸	D	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه)	۱/۵
۶	۷	خیابان شهاب	۲/۴	B	محیط دوچرخه خوب	۲/۵
۸	۹	خیابان رسالت	۳/۴	C	محیط متوسط (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه و تازه‌کار)	۲
۷	۹	بلوار دانشگاه	۳/۴۵	C	محیط متوسط (برای راکبان باتجربه و تازه‌کار)	۲

بررسی مقاطع از نظر شاخص نقشهٔ دوچرخه «وزارت حمل‌ونقل ایلینوی» (IDOT)

با توجه به نتایج جدول ۶ و امتیازهای مشخص‌شده در جدول ۷، مشخص شد که مسیرهای بلوار جمهوری، بلوار شهید صدوقی، خیابان شهاب و خیابان رسالت بالاترین سطح سرویس را از نظر این شاخص کسب کرده‌اند. این نتایج در جدول ۱۲ ارائه شده است. حساسیت شدید این شاخص به تعداد کامیون عبوری، بلوار دانشگاه را که آمار عبور کامیون بالایی دارد در ردهٔ انتهایی امتیازها قرار داده است.

جدول ۱۲. امتیاز مسیرها بر اساس شاخص IDOT

مبدأ	مقصد	نام خیابان	مقدار IDOT	سطح سرویس	میزان مناسب بودن	امتیاز عددی مسیر (j_2)
۱	۰	بلوار جمهوری	۰/۷۴۹	سبز	خوب	۳
۰	۲	بلوار صدوقی	۰/۴۰۳	سبز	متوسط	۳
۰	۳	خیابان شریعتی(غ)	۰/۳۲۳	زرد	متوسط	۱/۳۳۴
۰	۸	خیابان خواجو	۰/۳۲۳	زرد	متوسط	۱/۳۳۴
۴	۵	خیابان زریسف	۰/۳۲۳	زرد	متوسط	۱/۳۳۴
۳	۶	خیابان قرنی	۰/۳۲۳	زرد	متوسط	۱/۳۳۴
۳	۴	خیابان شریعتی(ش)	۰/۳۲۳	زرد	متوسط	۱/۳۳۴
۶	۷	خیابان شهاب	۰/۷۴۹	سبز	خوب	۳
۸	۹	خیابان رسالت	۰/۷۴۹	سبز	خوب	۳
۷	۹	بلوار دانشگاه	۰/۲۶۶	قرمز	بد	۰/۶۶۶

بررسی مقاطع از نظر شاخص نقشهٔ دوچرخه «اتحادیهٔ دوچرخه‌سواری شیکاگو» (CBF)

همان‌طور که در جدول ۱۳ ملاحظه می‌شود، امتیازها و سطح سرویس مسیرها و شریان‌ها به استناد نتایج کسب‌شده از جدول ۸ و جدول ۹ ارائه شده است. نتایج ارائه‌شده نسبت به روش‌های قبل تا حدودی متفاوت است و این نکته به دلیل حساسیت این روش به عرض مسیر و سرعت اتومبیل‌های عبوری از لاین کناری است. ملاحظه می‌شود که بلوار جمهوری اسلامی و بلوار شهید صدوقی که از روش‌ها و شاخص‌های قبلی نتایج بهتری کسب می‌کردند، به دلیل سرعت بالای طرح از این روش امتیاز کمتری اخذ کرده‌اند. در عوض خیابان خواجو و زریسف به دلیل سرعت کمتر حرکت اتومبیل نسبت به روش‌های قبلی امتیاز بهتری کسب کرده‌اند.

جدول ۱۳. امتیاز مسیرها بر اساس شاخص CBF

مبدأ	مقصد	نام خیابان	مقدار CBF	سطح سرویس	میزان مناسب بودن	امتیاز عددی مسیر (j_1)
۱	۰	بلوار جمهوری	-	زرد	کمی قابل پیشنهاد	۰/۷۵
۰	۲	بلوار صدوقی	-	زرد	کمی قابل پیشنهاد	۰/۷۵
۰	۳	خیابان شریعتی(غ)	-	زرد	کمی قابل پیشنهاد	۰/۷۵
۰	۸	خیابان خواجو	-	سبز	پیشنهاد می‌شود	۱
۴	۵	خیابان زریسف	-	سبز	پیشنهاد می‌شود	۱
۳	۶	خیابان قرنی	-	زرد	کمی قابل پیشنهاد	۰/۷۵
۳	۴	خیابان شریعتی(ش)	–	زرد	کمی قابل پیشنهاد	۰/۷۵
۶	۷	خیابان شهاب	–	زرد	کمی قابل پیشنهاد	۰/۷۵
۸	۹	خیابان رسالت	–	قرمز	دارای مخاطره	۰/۵
۷	۹	بلوار دانشگاه	-	غیر پیشنهادی	غیرقابل استفاده	۰/۲۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جمع‌بندی نتایج

برهم‌نهی و مجموع امتیازات عددی مسیرها

با جمع‌بندی امتیازهای هر مسیر که با توجه به مجموع امتیازی که از مدل دلفی و نهایتاً تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس به‌دست آمده، می‌توان امتیاز نهایی و کلی هر مسیر را از نظر مطلوبیت و مناسب بودن آن محاسبه کرد. در این مرحله می‌توان با استفاده از وزنی که هر شاخص از مدل دلفی گرفته است، نسبت تأثیر کلی امتیاز را در نتیجهٔ نهایی لحاظ کرد.

جدول ۱۴. امتیاز مسیرها به تفکیک شاخص‌ها و امتیاز نهایی

نام خیابان	امتیاز عددی فاکتور BCI	امتیاز عددی فاکتور BLOS	امتیاز عددی فاکتور IDOT	امتیاز عددی فاکتور CBF	مجموع امتیازات $\sum_{k=1}^{4} jk = W$
بلوار جمهوری	۳/۳۳۴	۲/۵	۳	۰/۷۵	۹/۵۸۴
بلوار صدوقی	۲/۶۶۸	۲/۵	۳	۰/۷۵	۸/۹۱۸
خیابان شریعتی(غ)	۲/۰۰۲	۱/۵	۱/۳۳۴	۰/۷۵	۵/۵۸۶
خیابان خواجو	۲/۰۰۲	۱/۵	۱/۳۳۴	۱	۵/۸۳۶
خیابان زریسف	۲/۶۶۸	۲	۱/۳۳۴	۱	۷/۰۰۲
خیابان قرنی	۲/۰۰۲	۱/۵	۱/۳۳۴	۰/۷۵	۵/۵۸۶
خیابان شریعتی(ش)	۲/۰۰۲	۱/۵	۱/۳۳۴	۰/۷۵	۵/۵۸۶
خیابان شهاب	۳/۳۳۴	۲/۵	۳	۰/۷۵	۹/۵۸۶
خیابان رسالت	۲/۶۶۸	۲	۳	۰/۵	۸/۱۶۸
بلوار دانشگاه	۱/۳۳۶	۲	۰/۶۶۶	۰/۲۵	۴/۲۵۲

در این مرحله از پژوهش برای مشخص کردن طیف امتیازها، از مسیرهایی فرضی با کیفیت فوق‌العاده کم و فوق‌العاده زیاد در محاسبات استفاده شده است. این راه برای مشخص شدن کمترین و بیشترین حد مطلوبیت مسیرها و نهایتاً ایجاد طیف مناسب درجه‌بندی کیفیت استفاده شده است.

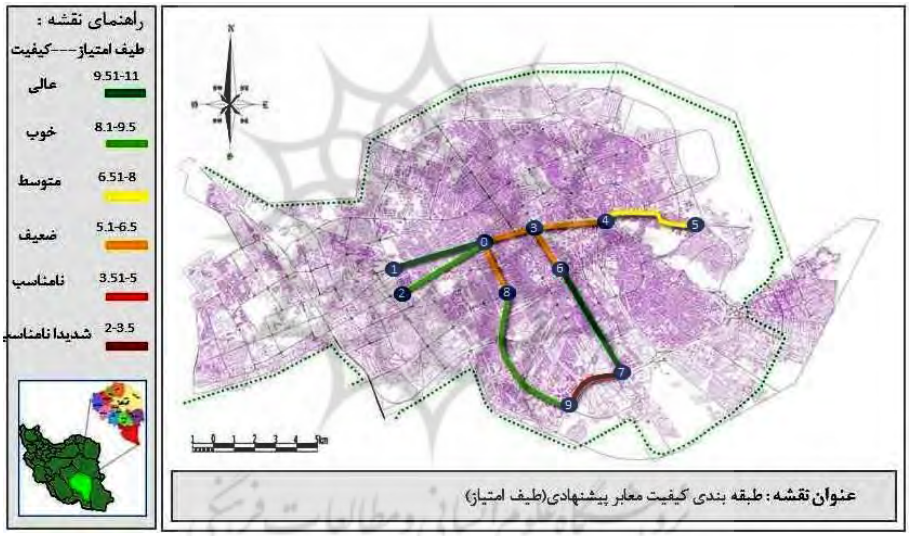
جدول ۱۵. طیف امتیازها و کیفیت مسیرها

روابط مجموع امتیازهای عددی مسیر و کیفیت مسیر					
طبقه بندی نتایج	۹/۵۱–۱۱	۸/۱–۹/۵	۶/۵۱–۸	۵/۱–۶/۵	۳/۵۱–۵	۲–۳/۵
کیفیت مسیر	محیط دوچرخهٔ عالی	محیط دوچرخهٔ خوب	محیط متوسط (قابل‌قبول برای راکبان تازه‌کار)	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای راکبان باتجربه)	(غیرقابل‌قبول برای راکبان باتجربه و مبتدی)	نامناسب و غیرقابل‌قبول

با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۱۴ و تطبیق با جدول ۱۵ که در آن طیف امتیازدهی مشخص شده، درجهٔ مطلوبیت هر مسیر و برآیند کلی نتایج در جدول ۱۶ و به دنبال آن در نقشهٔ ۲ نمایان شده است.

جدول ۱۶. ارائهٔ کیفیت مسیرها با توجه به امتیاز

نام خیابان	مجموع امتیازات	کیفیت مسیر
بلوار جمهوری	۹/۵۸۴	محیط دوچرخهٔ عالی
بلوار صدوقی	۸/۹۱۸	محیط دوچرخهٔ خوب
خیابان شریعتی(غ)	۵/۵۸۶	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای دوچرخه‌سواران باتجربه)
خیابان خواجو	۵/۸۳۶	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای دوچرخه‌سواران باتجربه)
خیابان زریسف	۷/۰۰۲	محیط متوسط (قابل‌قبول برای دوچرخه‌سواران باتجربه و تازه‌کار)
خیابان قرنی	۵/۵۸۶	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای دوچرخه‌سواران باتجربه)
خیابان شریعتی(ش)	۵/۵۸۶	محیط ضعیف (قابل‌قبول برای دوچرخه‌سواران باتجربه)
خیابان شهاب	۹/۵۸۶	محیط دوچرخهٔ عالی
خیابان رسالت	۸/۱۶۸	محیط دوچرخهٔ خوب
بلوار دانشگاه	۴/۲۵۲	غیرقابل‌قبول (برای دوچرخه‌سواران باتجربه و مبتدی)



نقشهٔ ۲. نتایج نهایی مطلوبیت مسیرها

با توجه به نتایج نهایی ملاحظه می‌شود خیابان شهاب و بلوار جمهوری اسلامی بیشترین امتیاز و بالاترین کیفیت و مطلوبیت را اخذ کرده‌اند و بلوار دانشگاه هم کمترین کیفیت و مطلوبیت را دارد.

تحلیل نتایج

همان‌طور که از نتایج استنباط می‌شود و در نقشهٔ بالا ملاحظه می‌گردد، در صورت تقویت برخی از مسیرها مانند مسیر (۰–۳) و مسیر (۳–۴) و مسیر (۳–۶) و خیابان (۰–۸) می‌توان از یک شبکهٔ دوچرخه‌سواری پیوسته (حلقه) در شهر کرمان سود برد. عمدهٔ ایرادات این مسیرها حجم عبور وسایل نقلیه و عرض کم خیابان است که با اختصاص دادن مسیرهای اختصاصی دوچرخه یا تقویت سیستم حمل‌ونقل عمومی در جهت کم کردن حجم ترافیک یا پایین آوردن سرعت مجاز، مطلوبیت این مسیرها را می‌توان افزایش داد. همچنین در مسیر (۹–۷) به دلیل فاصلهٔ زیاد تا محدودهٔ مطلوب می‌توان از

سرمایه‌گذاری در این مسیر اجتناب کرد. در این مسیر به دلیل بالا بودن حجم عبوری کامیون و همچنین بالا بودن سرعت طرح این مسیر، نتایج ضعیفی از لحاظ مطلوبیت به‌دست آمده است. در این مسیر می‌توان در صورت تمایل، مسیر عبور و مرور دوچرخه در مسیر پیاده‌رو و به‌صورت خطی اختصاصی پیشنهاد شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این مقاله، امکان طرح‌ریزی برای مسیرهای یک شبکهٔ شهری مطلوب برای دوچرخه در شهر کرمان مبتنی بر شاخص سازگاری دوچرخه‌سواری (BCI)، سطح سرویس دوچرخه (BLOS)، شاخص نقشهٔ دوچرخه «وزارت حمل‌ونقل ایلینوی» (IDOT) و شاخص نقشهٔ دوچرخه «اتحادیهٔ دوچرخه‌سواری شیکاگو» (CBF) محاسبه شد و نتایج آن از تک‌تک شاخص‌ها با هم‌پوشانی ارائه و در تصمیم‌گیری استفاده شد. در هر یک از این شاخص‌ها تأکید بر موارد خاص بیشتر بوده و باعث شده که در بعضی مسیرها نتایج متفاوتی ایجاد شود. برای اینکه تأثیر عوامل مختلف بر مطلوبیت مسیر سنجیده شود، لازم بود همهٔ شاخص‌ها در کنار هم دیده شوند تا نتایج قابل اعتمادی به‌دست آید. در پایان، با جمع‌بندی امتیازهای هر مسیر که با توجه به مجموع امتیازی که از مدل دلفی و نهایتاً تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس به‌دست آمده، امتیاز نهایی و کلی هر مسیر از نظر مطلوبیت و مناسب بودن آن محاسبه گردید. این پژوهش نشان داد خیابان شهاب و بلوار جمهوری اسلامی بیشترین امتیاز و بالاترین کیفیت و مطلوبیت را اخذ کرده است و بلوار دانشگاه هم کمترین کیفیت و مطلوبیت را دارد.

همان‌طور که بیان شد، تأکید عمدهٔ این شاخص‌ها بر روی عرض مسیر، سرعت مجاز طرح، حجم ترافیک عبوری و در بعضی پارامترها کیفیت روسازی و حجم کامیون عبوری مبتنی بوده است. اما عواملی مانند شرایط تقاطع‌های موجود در طول مسیر، یا مشخصه‌های محلی مانند نوع کاربری بدنهٔ راه، یا کاربری مبدأ و مقصد نیز می‌تواند در مطلوبیت مسیر تأثیرگذار باشد که هیچ‌کدام از شاخص‌های مطرح‌شده به بررسی و اعمال این شرایط نپرداخته‌اند. پیشنهاد می‌شود از شاخص قطعهٔ راه IEI[1] و شاخص ارزشیابی تقاطع RSI[2] که فاکتورهای مورد نظر را هم اعمال کرده‌اند، در بررسی‌های جامع‌تر نیز استفاده شود (AASHTO, 2006). در ضمن، شاخص مسیر کناری برای دوچرخه SPSM[3]، فاکتورهای ترافیک و شرایط تقاطع و پیوستگی مسیر و برش در جدول کناری و استفادهٔ هم‌زمان عابر پیاده و دوچرخه و پارامترهای دیگر را نیز تحت تأثیر قرار داده که به نظر می‌رسد (Barostti,2001) در طراحی‌های حرفه‌ای و دقیق شاخص مناسبی باشد.

1. Interswction Evaluation Index
2. Road SafetyIndex
3. Side Path Suitability Measure

منابع

اسداللهی، رضا؛ صفارزاده، محمود؛ ممدوحی، امیررضا؛ (۱۳۹۰). ارائهٔ الگویی برای شبکهٔ مسیرهای دوچرخه‌سواری، پژوهش‌نامهٔ حمل‌ونقل شمارهٔ دوم.

----------؛ (۱۳۸۹). مطالعه و بررسی تطبیقی شاخص‌های سنجش راه‌ها برای امکان دوچرخه‌سواری، فصلنامهٔ مهندسی ترافیک، شمارهٔ ۴۵.

آل‌ابراهیم، پیمان؛ (۱۳۸۱). تدوین فرایند گسترش دوچرخه‌سواری در شهرها با نگاه خاص به برنامه‌ریزی کالبدی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه علم‌وصنعت ایران، دانشکدهٔ معماری و شهرسازی.

تقوایی، مسعود؛ فتحی، عفت؛ (۱۳۹۰). معیارهای مکان‌گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه‌سواری، فصلنامهٔ جامعه‌شناسی کاربردی شمارهٔ ۴۳.

شهابیان، پویان؛ (۱۳۸۵). خطر سواره در تقاطع دوچرخه‌ها، مجلهٔ شهرداری‌ها، سال پنجم، شمارهٔ ۵۸.

شیخ‌الاسلامی، علیرضا؛ (۱۳۷۴). مطالعات طرح ایجاد شبکهٔ دوچرخه‌سواری به عنوان یک روش حمل‌ونقل شهری، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مهندسی راه‌وترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران.

جهانشاهلو، لعیا؛ امینی، الهام؛ (۱۳۸۵). برنامه‌ریزی شهری و نقش آن در دستیابی به حمل‌ونقل پایدار شهری، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، تهران.

حاتمی‌نژاد، حسین؛ اشرفی، یوسف؛ (۱۳۸۸). دوچرخه و نقش آن در حمل‌ونقل پایدار شهری؛ نمونهٔ موردی بناب، فصلنامهٔ پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شمارهٔ ۷۰.

کنف‌الاخر، هرمان؛ (۱۳۸۱). اصول برنامه‌ریزی طراحی تردد پیاده و دوچرخه، ترجمهٔ دکتر فریدون قریب، انتشارات دانشگاه تهران.

مهندسین مشاور گذرراه؛ (۱۳۸۴). تسهیلات دوچرخه‌سواری، انتشارات شیوه، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران.

وزارت مسکن و شهرسازی؛ (۱۳۷۵). آیین‌نامهٔ طراحی راه‌های شهری، بخش ۱۱؛ مسیرهای دوچرخه، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی.

هنرور، افشار؛ شریفیان، اسماعیل؛ فرزان، فرزام؛ (۱۳۸۵). نگرش‌ها در زمینهٔ گسترش سامانه‌های حمل‌ونقل پاک با تأکید بر نقش دوچرخه‌سواری، عوامل، موانع و راهکارها، دومین همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت، تهران.

AASHTO; (2010). guide for the development of bicycle facilities, American association of highway and transportation officials.

Baltes, M.; (1997). Factors Influencing Nondiscretionary Work Trips by Bicycle Determined from 1990 US Census Metropolitan Area Statistical Area Data, Transportation Research Record 1538, pp 96˚ 101.

Chicagoland Bicycle Federation memo by Randy Neufeld and Ed Barsotti, (2000). August.

Barostti, Ed; Kilgore, Gin; (2001). The Road Network is the Bicycle Network: Bicycle Suitability Measures for Roadways and Sidepaths.

Federal Highway Administration University Course on Bicycle and Pedestrian ransportation, Final Report; (2006). July, Publication No. FHWA-HRT-05-133.

Illinois Department of Transportation memo by Craig Williams; (1994). September 5.

MCC Lintock, Hugh; (1992). bicycle and city traffic in London, Belhaven Press, London 1999, Hlasted Press, John Wiley and sons, New York.