فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۷، شماره ٤، تابستان ۱٤۰۵، ص. ۵۷۵۷-۵۷٤۱
مقاله علمی-پژوهشی

سنجش ایمنی ترافیک در قطعات ترکیبی معبر و کاربری

غزال احمدعلی‌نژاد، کارشناس ارشد، گروه مهندسی ژئوتکنیک و حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران، اب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
مرتضی اسدامرجی (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه مهندسی ژئوتکنیک و حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران، اب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
E-mail: m_asadamraji@sbu.ac.ir

دریافت: ۱٤۰٤/۰۹/۰۵ پذیرش: ۱٤۰۵/۰۲/۲۲

چکیده

طراحی معبر شهری در ارتباط متقابل با کاربری قرار دارد، وجود هر کاربری تولید و جذب سفر مخصوص به خود را به همراه دارد. هر گونه تغییر در ویژگی‌های کاربری زمین می تواند الگوی سفر را تغییر دهد. توزیع بهینه کاربری‌ها می تواند بر ایمنی ترافیک محدوده کاربری و معبر مجاو تاثیر بگذارد. کاربری‌های چند منظوره به دلیل جذب و تولید سفر بالا جزو کاربری‌های مهم به حساب می آیند. در این مقاله به منظور ارزیابی تاثیرات ایمنی ترافیکی کاربری‌های چند منظوره از مدل کوداس استفاده شده است. مدل کوداس توانایی ترکیب و تحلیل داده های مختلف را دارد همچنین کنترل مضاعفی که در روش کوداس انجام میشود به افزایش دقت مدل سازی کمک می کند. از ترکیب گروه کاربری‌های مختلف و رده‌های عملکردی مختلف و ۲۰ مورد از کاربری‌های چند منظوره شهر تهران انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. پس از دسته بندی معیارهای مربوط به کاربری و معبر، برای وزن دهی معیارها از روش ترکیبی آنتروپی شانون و بهترین-بدترین استفاده شده است. طبق نتیجه بیشترین وزن در بخش کاربری به «مساحت زیربنای کاربری» (۰,۳۲٤) و در بخش معبر به «شاخص شدت تصادف» (۰,۲۲۶) تعلق گرفته است .در ادامه قطعات معبر شامل کاربری‌ها به لحاظ ایمنی ترافیک با مدل ترکیبی کوداس رتبه‌بندی شدند. این مطالعه بر مبنای ترکیب کاربری‌ها در نظر گرفته‌شده‌است. طبق نتایج کاربری‌های چندمنظوره در مجاورت رده عملکردی بزرگراه با گروه ساختمانی د ریسک ایمنی بیشتری دارند و پس از آن گروه ج در مجاورت معابر بزرگراهی قرار داشتند. از نتایج این پژوهش می‌توان در اولویت‌بندی و ایمن سازی محدوده ی کاربری‌های چند منظوره، تخصیص بودجه ی ایمنی در محدوده ی مربوطه و در اجرایی شدن مبحث ۲۳ مقررات ملی ساختمان در زمینه ی الزامات ترافیکی ساختمان‌ها استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ایمنی ترافیک، کاربری‌های چند منظوره، معبر بلافصل، مدل کوداس

۱. مقدمه و بیان مسأله

ایمنی ترافیک به عنوان یکی از ارکان اصلی برنامه‌ریزی و طراحی شهری، در محدوده کاربری‌های چندمنظوره از پیچیدگی و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کاربری چندمنظوره به کاربری‌ای اطلاق می‌شود که در آن انواع مختلفی از فعالیت‌ها مانند مسکونی، تجاری، اداری و فراغتی در مجاورت یکدیگر و یا حتی در یک ساختمان قرار گرفته‌اند. این رویکرد که از اصول کلیدی کاربری درون‌زا و نوشهرگرایی است، علی‌رغم مزایای متعدد از جمله کاهش وابستگی به خودرو، افزایش پیاده‌مداری و سرزندگی شهری، چالش‌های خاصی را برای ایمنی ترافیک به وجود می‌آورد [WHO,2019].

کاربری زمین و سیستم حمل‌ونقل دو روی یک سکه هستند. هر کاربری زمین، به دلیل نوع فعالیتی که در آن جریان دارد، "تولید و جذب سفر" خاص خود را ایجاد می‌کند. برای مثال، یک مجتمع تجاری تعداد زیادی سواره و پیاده را در ساعات اوج به خود جذب می‌کند، در حالی که یک کاربری مسکونی عمدتاً در ساعات شروع و پایان روز تولید سفر دارد. در یک محیط چندمنظوره، این الگوهای سفر مختلف در هم آمیخته شده و تعاملات پیچیده‌ای بین استفاده‌کنندگان مختلف (عابران پیاده، دوچرخه‌سواران، وسایل نقلیه موتوری) ایجاد می‌کند. این تعاملات اگر به درستی مدیریت نشوند، می‌توانند به کانون‌های بالقوه برخورد و تصادف تبدیل شوند.

یکی از کاربری هایی که ایمنی تایک محدوده آن حایز اهمیت است، کاربری های چند منظوره است. کاربری های چند منظوره به دلیل تولید و جذب سفر متنوع و تقاضا برای سفرهای متفاوت از دسته کاربری‌های حایز اهمیت بر ایمنی معبر است. در نتیجه لازم است که مورد توجه ویژه قرار گیرد.

شاخص‌های متعددی می‌تواند بر ایمنی مجاور کاربری‌های چند منظوره تاثیر بگذارد. این شاخص‌ها را می‌توان در دو دسته معیارهای مربوط به کاربری چندمنظوره نظیر تعداد طبقات، ظرفیت پارکینگ، مساحت کاربری، میزان تولید و جذب سفر و... می تواند تاثیر متفاوتی بر روی ایمنی کاربری‌های ذکر شده بگذارد در نتیجه وجود کاربری‌های چند منظوره تاثیر گذار بر روی ایمنی معبر بلافصل خود است.

تهران به عنوان کلان‌شهری با تراکم جمعیتی حدود ۱۲ میلیون نفر و روزانه میلیون‌ها سفر درون‌شهری، با معضلات حاد ترافیکی، آلودگی هوا و سایر مشکلات شهری مواجه است که حاصل دهه‌ها برنامه‌ریزی مبتنی بر تفکیک کاربری‌ها (جدا بودن مناطق مسکونی از تجاری و اداری) و اتکای افراطی به خودروی شخصی می‌باشد. در چنین بستری، کاربری‌های مختلط با کاربری‌های چندمنظوره (ترکیب هماهنگ کاربری مسکونی، تجاری، اداری، خدماتی و تفریحی در یک مجتمع یا محدوده) راهبردی کارآمد برای کاهش سفرهای غیرضروری، افزایش پیاده‌مداری و بهبود سرزندگی شهری محسوب می‌شوند. با این حال، پیاده‌سازی این مدل در تهران با چالش‌های ساختاری و حقوقی منحصربه‌فردی روبه‌رو است: از یک سو، قوانین تفکیک‌شده‌ی کاربری اراضی در طرح‌های جامع و تفصیلی، عملاً ایجاد فضاهای چندمنظوره را با محدودیت‌های جدی مواجه کرده است؛ از سوی دیگر، مالکیت‌های خرد و پراکنده‌ی زمین، کمبود سیستم حمل‌ونقل عمومی کارآمد در بسیاری از مناطق، مقاومت اجتماعی در برابر تغییر کاربری محله‌های شمال شهر، و نبود نهاد هماهنگ‌کننده میان دستگاه‌هایی مانند شهرداری، وزارت راه و شهرسازی و سازمان میراث فرهنگی از موانع اصلی بر سر راه ایجاد کاربری‌های چندمنظوره در پایتخت به شمار می‌روند.

با توجه به این موضوع در این مقاله ریسک ایمنی ترافیک در محدوده کاربری‌های چندمنظوره با استفاده از مدل کوداس و با استفاده از معیارهای مربوط به کاربری و مربوط به معبر بلافصل مورد بررسی قرا می‌گیرد.

۲. ادبیات پژوهش

۲-۱ رابطه مستقیم بین کاربری زمین و تصادفات ترافیکی

مطالعه رابطه مستقیم بین تصادفات ترافیکی و کاربری های زمین برای اولین بار در دهه نود توسط لوین و همکاران (۱۹۹۵) آغاز شد [Lopan,1995]. در سال 2012 اویانگ و همکاران برای بررسی عوامل محیطی بر روی تصادفات از متغیرهای ترافیکی و حمل و نقل، شامل: نوع تراکم، طراحی هندسی، دسترسی به مقصد و فاصله تا مقصد جهت تحلیل داده های تصادف استفاده کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد طول خیابان و تراکم محیط کارگاهی در افزایش فراوانی تصادفات تاثیر گذار است. با این حال، افزایش تعداد تقاطعات نتیجه منفی در افزایش فراوانی تصادفات را نشان داد [Liu et al.,2012]. کاربری زمین یکی از مهمترین شاخص‌های گسترش شبکه شهری و به دنبال آن افزایش حجم تردد است. در حالی که تأکید زیادی بر تأثیر عوامل انسانی، ویژگی‌های وسیله نقلیه، شرایط جاده و سایر متغیرهای محیطی، مانند آب و هوا یا زمان روز، بر تصادفات وسایل نقلیه شده است، مطالعات کمی در مورد بررسی رابطه بین کاربری زمین و تصادفات وسایل نقلیه موتوری انجام شده است (کیم و همکاران، ۲۰۱۰). لوین و همکاران بر اساس داده‌های هاوایی، مشاهده کردند که بیشتر تصادف‌ها نزدیک‌تر به مراکز کار اتفاق می‌افتند. آنها همچنین به این نتیجه رسید که تصادفات در مناطق روستایی به احتمال زیاد تصادفات کشنده یا همراه با آسیب جدی هستند که می‌توانند مربوط به رانندگی در شب و تاثیر الکل باشد. در سال 2011 ایوان و همکاران تأثیر جمعیت، اشتغال، کاربری زمین و فعالیت اقتصادی را بر تصادفات وسایل نقلیه موتوری شناسایی کرده اند. آنها مدل های خطی، پواسون و دوجمله ای منفی را مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند، مدرسه و کابری تجاری با تصادفات همبستگی مثبت و معناداری دارد [Ewing et al.,2011].

کانیپه و همکاران پژوهشی با هدف تعامل بین تراکم ترافیک و کاربری زمین در سال ۲۰۲۱ انجام داده اند. برای این منظور چهل و پنج مقاله از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ مورد تحلیل قرار گرفت. این مقالات بر اساس ویژگی های کاربری و معبر در دسته بندی های مختلف مورد تجزیه و تحلیل و طبقه بندی قرار گرفتند. همچنین برای کشف رابطه بین تراکم کابری زمین و ترافیک استفاده از داده های نقشه آنلاین پیشنهاد کرد. همچنین از آنجایی که در هند شهرنشینی به سرعت در حال رشد است، طبق مطالعات انجام شده دریافتند که رابطه مثبتی بین ناهمگونی در توزیع کاربری زمین و تراکم ترافیک وجود دارد. این مطالعه نشان داد که رگرسیون خطی بیشترین استفاده را دارد (۲۱ مقاله) و پس از آن تحلیل همبستگی (۱۷ مقاله) و کمترین استفاده را روش مدلسازی معادلات ساختاری دارد. تراکم مهمترین معیار استفاده از زمین است. از بین مقالات استفاده شده، ۸۷ درصد از تراکم در مورد تراکم ترافیک استفاده کردند. این مطالعه همچنین نشان داد که ایالات متحده سهم عمده‌ای در استفاده از تراکم ترافیک و زمین داشته است. همچنین در حالت کلی کاربری تجاری تأثیر نسبتا بالایی بر تراکم ترافیک دارد و یک جامعه زمانی متعادل در نظر گرفته می شود که دارای توزیع مسکونی و شغلی تقریباً برابر باشد [Kanyepe et al., 2021].

در سال ۲۰۲۳ به منظور ارزیابی و کاهش تصادفات در معابر شهری آفریقای جنوبی، معیارهای ترافیکی مربوط به معابر جمع آوری شد و با استفاده از مدل رگرسیون دو جمله ای به این نتیجه رسیدند که تعداد جاده‌های دسترسی، عرض جاده، عرض میانه و سرعت وسیله نقلیه بر بروز تصادف‌های ترافیکی تأثیر می‌گذارند. نتایج تحقیق مذکور نشان داد اثر ترکیبی محدودیت عرض جاده، محدود کردن تعداد جاده‌های دسترسی، افزایش عرض میانه و کاهش سرعت می‌تواند وقوع تصادفات ترافیکی را تا بیش از ٤٠ درصد کل تصادف‌هایی که در سناریوی معمولی رخ می‌دهد کاهش دهد [Dillip Kumar Das, 2023] .

۲-۲ اثرات کاربری‌های چندمنظوره برای ایمنی ترافیک

براساس بررسی اسناد مختلف، وجود کاربری‌های چند منظوره اثراتی بر ایمنی ترافیک خواهد داشت. به عنوان مثال چالش‌های این کاربری‌ها عبارتند از:

ترافیک ترکیبی و تعارضات: اختلاط بالای وسایل نقلیه، عابران پیاده و دوچرخه‌سواران در یک فضای محدود، احتمال بروز تعارض و تصادف را افزایش می‌دهد [Asadamraji et al.,2024].

تقاضای بالای پارکینگ: کاربری‌های چندمنظوره تولید سفر بالا دارند که often با تقاضای زیاد برای پارکینگ همراه است. این امر می‌تواند منجر به توقف‌های غیرقانونی، کاهش دید رانندگان و ایجاد مانع برای تردد عابران پیاده شود [Volker, and Thigpen,2022].

پیچیدگی طراحی: طراحی معابر در چنین مناطقی باید پاسخگوی نیازهای همه کاربران به صورت عادلانه باشد. یافتن توازن بین ظرفیت سواره‌رو، ایمنی عابر پیاده و فضای کیفی عمومی یک چالش طراحی است [Effati and Saheli, 2022].

مزایایی که از ایجاد این کاربری‌ها ایجاد می‌شود به شرح زیر است:

تمرکز فعالیتها در یک محدوده: با تمرکز و قرارگیری مقاصد در یک نقطه، نیاز به استفاده از تعداد بیشتر خودرو برای انجام فعالیت‌های روزمره کاهش می‌یابد و در صورت کاربری مدهای مختلف حمل و نقل از آنها استفاده خواهد شد [Pulugurtha et al.,2013].

وجود "چشم‌های خیابان :"حضور مداوم مردم در ساعات مختلف روز و شب به دلیل تنوع کاربری‌ها، به طور طبیعی نظارت بر فضای عمومی را افزایش داده و موجب احساس امنیت بیشتر و کاهش تخلفات می‌شود [Bruck and Soteropoulos.2022].

کاهش تصادفات شدید: این امر به نوبه خود باعث کاهش حجم تردد وسایل نقلیه موتوری و در نتیجه کاهش احتمال تصادفات شدید می‌شود.

۲-۳ نظریه‌های کلیدی و اسناد مهم در زمینه ایمنی ترافیک کاربری‌های چندمنظوره

در خصوص موضوع مقاله نظریه‌هایی نیز وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از:

نظریه تئوری تعادل ریسک: این تئوری پیشنهاد می‌کند که رانندگان سطح ریسک پذیرفته‌شده‌ای دارند. اگر محیطی (مانند یک خیابان عریض در مرکز شهر) ایمن‌تر به نظر برسد، رانندگان ممکن است با سرعت رانندگی کنند و سطح ایمنی را به حالت قبلی بازگردانند. بنابراین، طراحی معابر در کاربری‌های چندمنظوره باید به گونه‌ای باشد که به راننده حس درستی از محیط دهد (برای مثال، با باریک کردن مسیرها یا استفاده از مبلمان شهری) [Stanković et al., 2020].

تئوری جریان تعارض: این تئوری بر شناسایی نقاطی تمرکز دارد که در آن مسیر حرکت کاربران مختلف (وسایل نقلیه، عابران، دوچرخه‌ها) با یکدیگر تلاقی می‌کنند. در کاربری چندمنظوره، این نقاط تعارض بسیار زیاد هستند و نیازمند راهکارهای طراحی خاصی مانند گذرهای عابر پیاده برجسته، جزیره میانی، چراغ‌های عابر پیاده و تفکیک واضح مسیرها هستند [Merlin et al.,2020].

برخی اسناد مهمی که در زمینه ایمنی ترافیک کاربری‌های چندمنظوره وجود دارد عبارتند از:

مبحث ۲۳ مقررات ملی ساختمان با عنوان الزامات ترافیکی ساختمانها که در آن به موضوع اثرسنجی ترافیکی ساختمان بر معابر بلافصل، ایمنی ترافیک محدوده عملیات ساختمانی و ترافیک داخل ساختمانها اشاره کرده است [code 23, 1401].

۳. روش پژوهش

این پژوهش از نظر نوع، کاربردی است که وزن‌دهی معیارهای آن از روش ترکیبی آنتروپی شانون و بهترین- بدترین انجام شده است و رتبه‌بندی ریسک ایمنی محدوده کاربری‌های چندمنظوره آن با استفاده از تکنیک کوادس (ارزیابی مبتنی بر فاصله ترکیبی) صورت پذیرفته است. معیار های برداشت شده برای کاربری شامل: طول صف خودرو، تعداد ورودی خودرو، عرض ورودی خودرو، تعداد ورودی عابر، عرض ورودی عابر، تمهیدات ایمن سازی برای سالمندان و معلولین، تولید و جذب سفر(برگرفته از مطالعات و کتاب نرخ سفرسازی کاربری‌های شهر تهران ۱۴۰۳)، مساحت کاربری، ظرفیت پارکینگ کاربری و تعداد طبقات کاربری است.

طول صف خودروها در ساعت اوج ترافیک به صورت میدانی و از طریق مشاهده ی مستقیم برای یک ساعت ثبت شده است.

معیارهای برداشت شده برای معبر مجاور کاربری شامل: پارک حاشیه‌ای و دوبل، گذرگاه عابر پیاده، عرض پیاده، تجهیزات آرام سازی، کندرو، تامین مثلث دید، ، طرح هندسی مسیر دسترسی به کاربری و شعاع قوس، معبر مجاورروسازی معبر مجاور، عرض معبر، سرعت مجاز معبر و شاخص شدت تصادف است. شاخص شدت تصادف یک معیار عددی در حمل و نقل است که برای اندازه گیری شدت و اهمیت تصادفات در یک منطقه استفاده می‌شود.در این شاخص انواع مختلف تصادف بر اساس میزان خسارت انسانی و مالی وزن دهی می‌شود.

پس از برداشت داده ها آن ها از روش آنتروپی شانون و بهترین- بدترین وزن دهی می‌شوند. در ادامه مراحل این دو روش ذکر شده است. پس از وزن دهی معیارها، کاربری های مشخص شده به وسیله مدل کوداس از نظر ایمنی ترافیک رتبه بندی می شوند.

روش آنتروپی شانون یک روش وزن‌دهی عینی در تصمیم‌گیری چندمعیاره است که اهمیت شاخص‌ها را بر اساس میزان پراکندگی و تنوع داده‌ها تعیین می‌کند. هرچه تغییرات یک شاخص بیشتر باشد، اطلاعات بیشتری داشته و وزن بالاتری می‌گیرد. این روش باعث کاهش دخالت نظر شخصی و افزایش دقت در تحلیل می‌شود.

مراحل آنتروپی شانون به صورت زیر است:

- مرحله اول

تشکیل ماتریس تصمیم (X) به شکل رابطه ۳-۱:

$$X = [x_{ij}]_{n\times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}, \qquad (۱)$$

x_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) نشان‌دهنده ارزش عملکرد i امین گزینه در شاخص j امین شاخص است. ($j \in \{1i \in \{1, \dots, n\}$) است (جایی که i بین ۱ و n و j بین ۱ و m است).

- مرحله دوم

نرمال کردن ماتریس تصمیم بالا و هر درایه نرمال شده، p_{ij} نامیده می‌شود. نرمال شدن در رابطه ۳-۲ نشان داده شده است که درایه هر ستون بر مجموع ستون تقسیم می‌شود.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}, \qquad (۲)$$

- مرحله سوم

آنتروپی هر معیار (E_j) را به‌شکل رابطه ۳-۳ محاسبه کرده:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{n} p_{ij} \ln p_{ij}, \qquad (۳)$$

- مرحله چهارم

مقدار (درجه انحراف) d_j با رابطه ۳-٤ محاسبه می‌شود

$$d_j = 1 - E_j, \qquad (٤)$$

- مرحله پنجم

سپس مقدار وزن w_j با رابطه ۳-۵ محاسبه می‌گردد. در واقع وزن شاخص برابر با هر d_j تقسیم بر مجموع d_j ها می‌باشد.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{m} d_j}, \qquad (۵)$$

روش بهترین_بدترین (BWM) یک روش تعیین وزن تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در آن ابتدا بهترین و بدترین معیار مشخص می‌شوند، سپس سایر معیارها نسبت به این دو مقایسه می‌شوند تا وزن هر معیار تعیین شود. این روش با تعداد مقایسه کمتر و سازگاری بیشتر، دقت بالایی در وزن‌دهی دارد و

وابستگی به قضاوت‌های متعدد را کاهش می‌دهد در این روش از ۷۰ تن از خیرگان حمل و نقل و راه و ترابری که در سازمانهای حمل و نقل، دانشگاه‌ها و پلیس بودند استفاده شد. این متخصصین حداقل دارای ۵ سال سابقه کار در زمینه ایمنی ترافیک بودند و ۵۷ درصد مرد و ٤٣ درصد خانم بودند.

مراحل تعیین وزن‌ها به روش بهترین-بدترین (BWM)

- مرحله اول

در این مرحله ابتدا بهترین و بدترین شاخص تعیین می‌شود. درواقع در این مرحله شاخصی که اهمیت و تاثیرگذاری بیشتری دارد را تعیین کرده و آن را بهترین میزان نامیده و شاخصی که کمتر از بقیه دارای اهمیت است را انتخاب کرده و بدترین شاخص نامیده می‌شود.

- مرحله دوم

حال دو جدول ساخته می‌شود و پس از این که بهترین شاخص از نظر خود را تعیین کرده، در جدول اول معیار اهمیت داشتن هر یک از سایر معیارها را نسبت به مهم‌ترین معیار به صورت یک عدد بین ۱ تا ۹ نمایش داده می‌شود. در واقع برتری بهترین معیار نسبت به سایر معیارها مشخص می‌شود. سپس این کار برای بدترین معیار هم به صورت مشابه در جدول دوم انجام داده می‌شود، با این تفاوت که در این جدول میزان کم اهمیت بودن این شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها با عدد بزرگتری در جدول نمایش داده می‌شود.

- مرحله سوم

با حل یک مسأله بهینه سازی غیرخطی رابطه ۳-٦ می‌توان مقدار اوزان و هم‌چنین نرخ سازگاری را به‌دست آورد:

$$\begin{aligned} &\min \xi \\ &s.t. \\ &\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right| \le \xi \quad \forall j, \\ &\left|\frac{w_j}{w_W} - a_{jW}\right| \le \xi \quad \forall j, \\ &\sum_j w_j = 1 \\ &w_j \ge 1 \quad \forall j \end{aligned} \tag{٦}$$

این نرخ سازگاری در بازه [۰ ، ۱] قرار می‌گیرد و هر چه به صفر نزدیکتر باشد مقایسات از سازگاری و ثبات بیشتری برخوردارند و هر چه به یک نزدیکتر باشد مقایسات از سازگاری و ثبات کمتری برخوردارند.

$$CR = \frac{\xi^*}{CI}. \tag{۷}$$

برای رتبه‌بندی معیارها از مدل کوداس استفاده‌شده است. کوداس با ترکیب دو نوع فاصله اقلیدسی و تاکسی، توانایی بالایی در رتبه‌بندی گزینه‌ها و تشخیص گزینه برتر دارد. همچنین کوداس نسبت به تغییرات وزن معیارها حساسیت کمی دارد.

مراحل مدل ترکیبی کوداس

- گام صفر: آماده‌سازی ماتریس تصمیم

$$X = \left[x_{ij}\right]_{n\times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \tag{۸}$$

$$i \in \{1,2,\dots,n\}$$

$$j \in \{1,2,\dots,\mathrm{m}\}$$

$$x_{ij} \ge 0$$

x_{ij} ارزش گزینه **i**م براساس معیار **j**م

- گام اول: نرمال کردن ماتریس تصمیم

$$n_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij}}{\max\limits_i x_{ij}} & j \in N_b \\ \dfrac{\min\limits_i x_{ij}}{x_{ij}} & j \in N_c \end{cases} \tag{۹}$$

N_b معیارهای مثبت

N_c معیارهای منفی

- گام دوم: محاسبه ماتریس نرمال وزن‌دار

$$r_{ij} = w_j n_{ij} \tag{۱۰}$$

w_j وزن معیار **j**م

- گام سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل منفی

$$ns = \left[ns_j \right]_{1\times m} \quad (11)$$

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (12)$$

- گام چهارم: تعیین فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل منفی

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (13)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^{m} \left| r_{ij} - ns_j \right| \quad (14)$$

- گام پنجم: تعیین ماتریس ارزیابی نسبی

$$Ra = \left[h_{ik} \right]_{n\times n}$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k))$$

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 & |x| \geq \tau \\ 0 & |x| < \tau \end{cases}$$

$$\mathrm{k} \in \{1, 2, ..., \mathrm{n}\}$$

$$\tau = 0.02$$

- گام ششم: محاسبه نمره ارزیابی گزینه‌ها

$$H_i = \sum_{k=1}^{n} h_{ik}$$

٤. تحلیل داده‌ها

برای به کار گیری الگوی ارائه شده، شهر تهران انتخاب شد. دلیل انتخاب شهر تهران وجود کاربری‌های چندمنظوره زیاد و همچنین ترکیب رده‌های عملکردی معابر مختلف و تلفات بالای تصادفات(حدود ٦٠٠ کشته تصادف در سال ١٤٠٣) می‌باشد. و برای اتکای بیشتر به نتیجه ی نهایی از ترکیب رده‌های معابر بزرگراهی، شریانی، جمع و پخش‌کننده و محلی و ساختمان‌های نوع ج و د استفاده شده است و مورد تحلیل قرار گرفته است. در جدول ١ اسامی کاربری های بررسی شده ذکر شده است. برای وزن دهی داده‌ها از طریق روش آنتروپی ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری ایجاد می شود. معیار ها به دو دسته ی مرتبط به کاربری و مرتبط به معبر تفکیک شده است و هر دو دسته جداگانه وزن دهی می شود.

در جدول ٢ مقادیر مربوط به ١٢ معیار ترافیکی و هندسی معابر مجاور هر کاربری ثبت شده است. مقادیری مانند «شاخص شدت تصادف» و «سرعت مجاز معبر» بیشترین تنوع را در بین کاربری‌ها دارند که نشان‌دهنده تأثیر بالای این دو معیار بر ریسک ایمنی است. اعداد ١,٢، ١,٤، ١,٢٥ و ١,٥ که در جداول ٢و٣ بکار رفته است وزن های بکار رفته در سند ایمنی ترافیک محدوده کاربریها در IRAP می‌باشد [Nazir et al.,2024]. جدول 3شامل ٩ معیار مرتبط با خود کاربری مانند مساحت، ظرفیت پارکینگ، تعداد طبقات و جذب‌وتولید سفر است . اختلاف قابل‌توجه در مقادیر «جذب و تولید سفر» و «مساحت کاربری» بین ردیف‌ها، نشان می‌دهد که این دو معیار نقش کلیدی در تمایز ریسک ایمنی کاربری‌ها دارند.پس از تشکیل ماتریس تصمیم طبق مراحل بیان شده وزن پارامتر ها را از دو روش آنتروپی و بهترین- بدترین بدست می آوریم. در جدول ٤ وزن نهایی پارامتر ها از میانگین وزنی دو روش ذکر شده بدست آمده است. بر اساس نتایج وزن‌دهی ترکیبی (آنتروپی و بهترین-بدترین)، بیشترین وزن در بخش کاربری به «مساحت کاربری» (٠,٣٢٤) و در بخش معبر به «شاخص شدت تصادف» (٠,٢٢٦) تعلق گرفته است.

وزن بسیار کم «کندرو» (٠,٠٢١) و «پارک حاشیه‌ای» (٠,٠٢٣) نشان می‌دهد که این معیارها در مقایسه با سایر شاخص‌ها تأثیر کمتری بر ایمنی ترافیک محدوده دارند .بر اساس این نمودار، **مرکز خرید کوروش و میرداماد** (هر دو با گروه ساختمانی «د» در مجاورت بزرگراه) بالاترین ریسک ایمنی را دارند و در رتبه‌های اول و دوم قرار گرفته‌اند .در مقابل، **کاربری‌های رویال ادرس و سام سنتر** (با گروه ساختمانی «ج» در مجاورت معابر محلی) کمترین ریسک ایمنی را نشان می‌دهند که تأثیر مستقیم **نوع معبر مجاور و گروه ساختمانی** را بر ایمنی ترافیک تأیید می‌کند.

روایی پرسشنامه BWM و ترکیبی آنتروپی-بهترین-بدترین با نرخ سازگاری ٠,٠٧٤ محاسبه شد که در بازه پذیرش (کوچک‌تر

از ۰,۱) قرار می‌گیرد و نشان‌دهنده ثبات مقایسات زوجی است. همچنین تکرارپذیری نتایج مدل کوداس با تغییر در وزن معیارها تا ۵± درصد، تغییری کمتر از ۳ درصد در رتبه نهایی کاربری‌ها ایجاد کرد که بیانگر پایایی مناسب مدل است.

برای اعتبار سنجی این مطالعه، نتایج این رتبه بندی، با رتبه بندی IRAP مقایسه شده است. سیستم مدیریت ایمنی IRAP که تاکنون در صدها کشور دنیا پیاده شده است، پراستفاده‌ترین روش در ارزیابی ایمنی راه شناخته میشود که با شناسایی نقاط مستعد حادثه سهم بسیار زیادی در ایمن سازی شبکه راه ها ایفا کرده است[Murozi ET AL.,2022] . رتبه‌های بدست آمده از روش کوداس با رتبه بندی روش IRAP به اندازه ۸۳ درصد متناسب بوده است. برای مثال نتایج IRAP کاربری های کوروش و میرداماد که به ترتیب بیش ترین ریسک ایمنی و رویال آدرس و سام سنتر که دارای کمترین ریسک ایمنی هستند کاملاً با تعداد ستاره‌های کسب شده در سیستم IRAP متناسب بود.

جدول ۱. اسامی کاربری های بررسی شده

۱	**سیوان سنتر**	۱۱	**نبوت**
۲	**میرداماد**	۱۲	**یوتوبیا**
۳	**پارسیان**	۱۳	**رویال ادرس**
٤	**ایده ال**	١٤	**مال ملل**
٥	**عتیق**	١٥	**سام سنتر**
٦	**افریقا**	١٦	**پلاتین**
٧	**امرالد**	١٧	**لیدوما**
٨	**نارمک**	١٨	**میلاد نور**
٩	**سون سنتر**	١٩	**ستین**
١٠	**کوروش**	٢٠	**پردیس**

جدول ۲. ماتریس تصمیم معیارهای معبر بلافصل محدوده کاربری چند منظوره

شاخص شدت تصادف	سرعت مجاز معبر	عرض معبر (کلی)	روسازی معبر مجاور	طرح هندسی مسیر دسترسی به کاربری و شعاع قوس	معبر مجاور	تامین مثلث دید	تجهیزات آرامسازی دارد	کندرو	عرض پیاده	پارک حاشیه‌ای	گذرگاه عابر پیاده	
٦	٤٠	١٥	٢	١	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٣	١,٢	١,٢	سیوان سنتر
٥	٤٠	١٢	٢	٢	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٤	١,٢	١,٢	میرداماد
٦	٤٠	١٥	٢	٢	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٥	١,٢	١,٢	پارسیان
١٥	٤٠	٩	٢	١	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٤	١,٢	١,٤	ایده ال
١٨	٤٠	٩	٢	١	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٤	١,٢	١,٤	عتیق
٩	٣٠	١٢	٣	٢	١	١,٢	١,٢٥	١,٥	٤	١,٢	١,٢	افریقا
٣	٥٠	١٥	٣	١	٢	١,٢	١,٢٥	١,٥	٣	١,٢	١,٤	امرالد
٣	٥٠	١٠	٣	١	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٤	١,٢	١,٤	نارمک
١٥	٣٠	١٠	٢	١	٢	١,٢	١,٢٥	١,٥	٤	١,٢	١,٢	سون سنتر
٤٦	٨٠	٢٥	٣	٢	٢	١,٢	١,٢٥	١,٥	٧	١,٢	١,٢	کوروش
٣	٥٠	١٥	٣	١	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٣	١,٢	١,٤	نبوت
٤	٤٠	٧	٢	٢	١	١,٢	١,٢٥	١,٥	٢	١,٢	١,٢	یوتوبیا
٤	٢٠	٧	٢	٣	١	١,٤	١,٢٥	١,٥	٢	١,٢	١,٢	رویال ادرس
٣	٤٠	٧	٢	٣	١	١,٢	١,٢٥	١,٥	٣	١,٢	١,٤	مال ملل
٣	٤٠	٧	٣	٣	١	١,٤	١,٢٥	١,٥	٣	١,٢	١,٢	سام سنتر
٣٣	٥٠	٢٠	٣	٢	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٥	١,٢	١	پلاتین
٣٣	٥٠	٢٠	٣	٢	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٥	١,٢	١	لیدوما
٣٣	٥٠	٢٠	٣	٢	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٥	١,٢	١	میلاد نور
٣٣	٥٠	٢٠	٣	٢	٢	١,٤	١,٢٥	١,٥	٥	١,٢	١	ستین

شاخص شدت تصادف	سرعت مجاز معبر	عرض معبر (کلی)	روسازی معبر مجاور	طرح هندسی مسیر دسترسی به کاربری و شعاع قوس	معبر مجاور	تامین مثلث دید	تجهیزات آرامسازی دارد	کندرو	عرض پیاده	پارک حاشیه‌ای	گذرگاه عابر پیاده	
۲	۳۰	۷	۲	۲	۱	۱,۲	۱,۲۵	۱,۵	۲	۱,۲	۱,٤	پردیس

جدول ۳. ماتریس تصمیم پارامتر های توسعه چند منظوره

تعداد طبقات توسعه	ظرفیت پارکینگ توسعه	مساحت (با جزییات)	جذب و تولید سفر	عرض ورودی عابر	عرض ورودی خودرو	تعداد ورودی خودرو	تعداد ورودی عابر	طول صف برحسب خودرو	
٦	۷۰۰	۳۰۰۰۰	۵۸۲۰	۲	٦	۱	۲	۱۰	سیوان سنتر
۱	۱,۲	۵۰۰۰	۱٤۸۷	۸	۱,۲	۱,۲	٤	۱,۲	میرداماد
۱۰	۲۰۰	٤۰۰۰	۱۱٦۲	٦	٦	۱	۲	۷	پارسیان
٦	۲۵۰	۱۱۰۰۰	۳۹۷۰,۷	٦	۷	۱	۱	۸	ایده ال
٤	۲۰۰	۳۲۰۰	۵۰۱,٦	۲	٦	۱	۳	۱۲	عتیق
۵	۱,۲	۲۵۰۰	۷٤۳,۵	۳	۱,۲	۱,۲	۲	۱,۲	افریقا
۱٤	۱۰۰۰	۹۸۰۰	۲۹۹۳,۲	۳	۸	۱	۲	۱۰	امرالد
۲	۱,۲	۲۰۰۰	٤۷۰,۵	٦	۱,۲	۱,۲	۲	۱,۲	نارمک
۱۰	۳۰۰	۲۰۰۰۰	۳۲۷۲,۵	۲	٦	۱	۳	۱۰	سون سنتر
۱۸	۲۰۰۰	۹۵۰۰	٤۲۹۵,٤۵	۳	٦	۱	٤	۱۰	کوروش
٤	۱,۲	٤۰۰۰	٦۷٤	٦	۱,۲	۱,۲	۲	۱,۲	نبوت
۱۳	۳۲۰	٦۰۰۰	۵۳۲۵	۲,۵	٦	۱	۱	۷	یوتوبیا
۱٤	۲۷۰	۱۵۰۰۰	۳۱۵۸,۵	۲,۵	٦	۱	۱	۷	رویال ادرس
۹	۱٤۰	۳٦۰۰	۲۸۸٦	٤	٦	۱	۲	۱۰	مال ملل
۹	۲٤۰	۱۷۰۰۰	۳۰۷۵	۳	۷	۱	۱	۱۰	سام سنتر
۱٤	۵۰۰	٦۵۰۰۰	۱۱٦۵۲	۲,۵	۸	۱	۲	۱۲	پلاتین

	طول صف برحسب خودرو	تعداد ورودی عابر	تعداد ورودی خودرو	عرض ورودی خودرو	عرض ورودی عابر	جذب و تولید سفر	مساحت (با جزییات)	ظرفیت پارکینگ توسعه	تعداد طبقات توسعه
لیدوما	۱۰	۳	۱	٦	۲,۵	۸۲۹٤,۵	۳۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۲
میلاد نور	۱۲	۳	۱	٦	۲,۵	۲۷۱۵	۷۷۰۰	۲۵۰	۱۱
ستین	۱۰	۱	۱	٦	۲,۵	۱۱۰٦	۷۰۰۰	۲٤۰	٦
پردیس	۱,۲	۱	۱,۲	۱,۲	٦	۳۹٤,۵	۲۵۰۰	۱,۲	۵

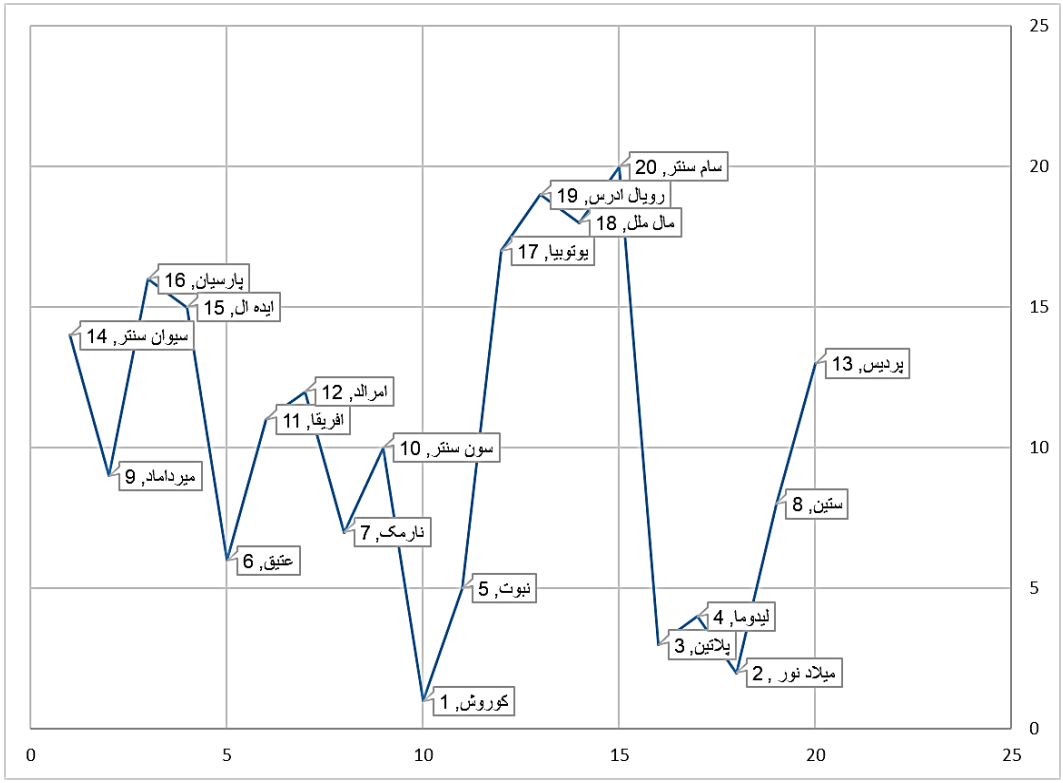
جدول ٤. وزن نهایی پارامترها

وزن نهایی پارامتر های کاربری		وزن نهایی پارامتر های معبر	
۰,۰۵۵۲۱۸	طول صف برحسب خودرو	۰,۰۳۲۱٤۳	گذرگاه عابر پیاده
۰,۰۵۹٦۳٤	تعداد ورودی عابر	۰,۰۲۳۸۹٤	پارک حاشیه ای و دوبل
۰,۰٦۷۸۱۱	تعداد ورودی خودرو	۰,۰۵۲۵۲۸	عرض پیاده‌رو
۰,۰۵۰۲۷۱	عرض دسترسی ورودی خودرو	۰,۰٤۱۰۷۵	کندرو
۰,۰۳۷۸۸۱	عرض دسترسی ورودی عابر	۰,۰۳	تجهیزات آرامسازی
۰,۱۱۸۱۳۷	جذب و تولید سفر	۰,۰۲۷٤۵۳	مثلث دید
۰,۳٤٤۰۵٦	مساحت کاربری	۰,۰۵۷۲٤	معبر بلافصل
۰,۲۱٤۸۹٦	ظرفیت پارکینگ کاربری	۰,۰٦۵۵٤۷	طرح هندسی مسیر دسترسی به کاربری و شعاع قوس
۰,۰۵۲۰۹٦	تعداد طبقات کاربری	۰,۰۳۱٤۵	روسازی معبر مجاور
		۰,۰۷۷۱۵٤	عرض معبر
		۰,۱۳٤٦٦۸	سرعت مجاز معبر
		۰,٤۲٦۸٤۷	شاخص شدت تصادف SI

جدول ۵. متغیر های مربوط به روش فاصله نسبی

	پارامتر های معبر			پارامتر های کاربری		
	H index	فاصله تاکسی	فاصله اقلیدسی	H index	فاصله تاکسی	فاصله اقلیدسی
سیوان سنتر	−۲,۲٤٥۸	۰,۲۰۰۹۳۲	۰,۰۷٥٤۳۱	−۱,۲۰٦٤٤	۰,۱۰۹۸۳۸	۰,۰٥۳٦۱٦
میرداماد	−۲,۷٦۸٤	۰,۱٥۷٥٦	۰,۰٥۷۹۱	۳,۹۰٥۳۱	۰,۳۰۹۰٤٤	۰,۲۲۳٦٦
پارسیان	−۲,۷۲۱۸۷	۰,۱٥٤۱٥۱	۰,۰٥۹٤٥۸	−۱,۷۰۲۹٤	۰,۰۷۰٥٤٥	۰,۰۳۷۰۰٥
ایده ال	−۱,۳۳۱۲	۰,۲٤۰۰۲	۰,۱۰٥۹۸۸	−۱,۷۹۸٥۷	۰,۰٥٤۱۱۲	۰,۰۳۳۷۹۲
عتیق	−۰,۹۲٥۳	۰,۲٤٥۱٦	۰,۱۱۹٥۲۷	−۰,۸٦٦٤۸	۰,۱۱۹۱۸٦	۰,۰٦٤۹٦٥
افریقا	−۲,۹۱۹٤	۰,۱۱٦۳۰۸	۰,۰٥۲۷۸٥	۳,۸۰٦٦٤٥	۰,۳۰۲۷۳۲	۰,۲۲۰۳۹۷
امرالد	−۲,۰۳۹۳۸	۰,۲۰۱٥۸٤	۰,۰۸۲۳۲۱	−۱,۱۷٤۱٦	۰,۱۰٥۷۲۸	۰,۰٥٤٦۹
نارمک	−۲,۲٦۳۱۷	۰,۱٦۰٤۳۹	۰,۰۷٤۷۹	۳,۷۸۳٥۱۳	۰,۲۸۲۸۲۱	۰,۲۱۹٦۷۸
سون سنتر	−۱,٤۹۷۹۸	۰,۲۱۹٦۷٦	۰,۱۰۰٤۰٦	−۰,۹۷۰۳٦	۰,۱۲۹٤٥٥	۰,۰٦۱٥۰٦
کوروش	٤,٥۳۹۲٦٥	۰,٤۹۰۲۱٥	۰,۳۰۰۹۹٤	−۰,٦۱۰۸	۰,۱٤۸٥۱	۰,۰۷۳٥۰٦
نبوت	−۲,۱۰۹۸۷	۰,۱۸٤٦۲٤	۰,۰۷۹۹٤٤	۳,۷۸٦۷٤۹	۰,۲۸۸۰۲	۰,۲۱۹۷۷۲
یوتوبیا	−۲,۷٥۷٥۹	۰,۱۳٦۷٦٤	۰,۰٥۸۲۳۳	−۱,٤۹٦۳۹	۰,۰۸٥۰۰۹	۰,۰٤۳۹۱۷
رویال ادرس	−۳,۲٤۳٤۲	۰,۰۷٥۲۱۲	۰,۰٤۱۸٦٤	−۱,٤٥۹٤۳	۰,۰۸٦۳۹۳	۰,۰٤٥۱٥۲
مال ملل	−۳,۲٤۲٦	۰,۰۸٤٥۳٥	۰,۰٤۱۹۱۲	−۱,۳۷٥۷٦	۰,۰۹۰۹٦۳	۰,۰٤۷۹٤۹
سام سنتر	−۳,۱٥۰۳۲	۰,۰۸۸۳۰۱	۰,۰٤٥۰۰۷	−۱,۳۹٤٤۸	۰,۰۸۲۷٥۷	۰,۰٤۷۳۱۷
پلاتین	۱,۷۲۳۳٥۲	۰,۳٥۰۷۷۲	۰,۲۰۷۷۲	−۰,۸٤٦٤	۰,۱٤۰٤٤	۰,۰٦٥٦٤۷
لیدوما	۱,۷۲۳۳٥۲	۰,۳٥۰۷۷۲	۰,۲۰۷۷۲	−۰,۹۸۷٦٤	۰,۱۳۳۹۹۲	۰,۰٦۰۹۳۳
میلاد نور	۱,۷٥۰۸۹۳	۰,۳٦٤٤٦٤	۰,۲۰۸٦۲	−۰,۸٤۳۱۷	۰,۱۳۰٦۷٥	۰,۰٦٥۷٤۹
ستین	۱,۷۲۳۳٥۲	۰,۳٥۰۷۷۲	۰,۲۰۷۷۲	−۱,٤۰۲۹٦	۰,۰۷۸۳۰٦	۰,۰٤۷۰۲۹
پردیس	−۳,۱٦۱۰٤	۰,۰۸۹۸٥۸	۰,۰٤٤٦٥۱	۳,۷۷۲۹٦۲	۰,۲۷٤۷۷٤	۰,۲۱۹۳٤۷

سنجش ایمنی ترافیک در قطعات ترکیبی معبر و کاربری



شکل ۱. نمودار رتبه بندی ریسک ایمنی محدوده توسعه‌های چندمنظوره

۵. بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که از میان معیارهای مرتبط با کاربری، «مساحت»، «ظرفیت پارکینگ» و «جذب و تولید سفر» و از میان معیارهای مرتبط با معبر، «شاخص شدت تصادف»، «سرعت مجاز» و «عرض معبر» بیشترین وزن را در تعیین ریسک ایمنی کاربری‌های چندمنظوره دارند. این یافته با مطالعه **کیم و یاماشیتا (۲۰۰۷)** در هاوایی همخوانی دارد که نشان داد کاربری‌های تجاری و مراکز جاذب سفر، همبستگی مثبتی با تصادفات دارند. همچنین **ایوان و همکاران (۲۰۱۳)** تأیید کردند که کاربری‌های تجاری بیشترین ارتباط را با افزایش تصادفات نشان می‌دهند که با وضعیت مجتمع‌های تجاری بزرگ در این پژوهش (مانند کوروش و میرداماد) سازگار است. از سوی دیگر، نقش پررنگ «سرعت مجاز معبر» در مدل ارائه‌شده، با نتایج **دیلیپ کومار داس (۲۰۲۳)**مطابقت دارد که سرعت وسیله نقلیه را یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تصادفات معرفی کرد. در مقابل، بر خلاف مطالعه **کانیپه و همکاران (۲۰۲۱)** که تأکید زیادی بر تراکم کاربری داشت، در پژوهش حاضر معیارهایی مانند «تعداد طبقات» و «کندرو» وزن نسبتاً کمی کسب کردند که می‌تواند ناشی از تفاوت در بافت شهری تهران (غلبه حمل‌ونقل شخصی و پراکندگی کاربری‌ها) باشد. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان داد که کاربری‌های گروه ساختمانی «د» در مجاورت معابر بزرگراهی بالاترین ریسک ایمنی را دارند. این الگو با **نظریه تعادل رانک تاین** قابل تبیین است: رانندگان در معابر پرسرعت، سطح ریسک بالاتری را می‌پذیرند و با سرعت بیشتری رانندگی می‌کنند که ایمنی را کاهش می‌دهد.

٦. نتیجه‌گیری

در این مقاله به منظور بررسی ایمنی ترافیک کاربری‌های چند منظوره، پارامتر های مخصوص کاربری و معبر بلافصل بیست مورد از کاربری های چند منظوره شهر تهران برداشت شده است. پس از دسته بندی داده ها آنها از روش آنتروپی شانون و بهترین–بدترین وزن دهی شده اند. برای روش بهترین–بدترین پرسش نامه‌ایی تعبیه شده است که هفتاد نفر از افراد متخصص، نخبگان و نمایندگان سازمان های مرتبط با حمل و نقل به آن پاسخ دادند و به پارامتر های ذکر شده امتیاز دادند. برای پارامتر های مخصوص معبر از یک تا سه به ترتیب: شاخص شدت تصادف در معبر، سرعت مجاز معبر و عرض معبر بیش ترین وزن را شامل می‌شدند. برای پارامتر های مخصوص کاربری چند منظوره از یک تا سه به ترتیب: مساحت کاربری، ظرفیت پارکینگ کاربری و جذب و تولید سفر به کاربری بیش ترین وزن را شامل می‌شدند.

برای رتبه بندی کاربری ها از مدل کوداس استفاده شده است. ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل شده است. سپس مقادیر مورد نیاز از معیارهای فاصله اقلیدسی و تاکسی و در نهایت فاصله نسبی محاسبه شده است و در نهایت رتبه بندی شده‌اند. طبق نتایج کاربری‌های چندمنظوره با گروه ساختمانی د و در مجاورت رده عملکردی بزرگراهی ریسک ایمنی بیشتری دارند و پس از آن گروه ج در مجاورت معابر بزرگراهی قرار داشتند. باتوجه به معیارهای دارای اهمیت و کاربریه‌ها و قطعات معابر دارای ریسک ایمنی بیشتر می‌توان در کاربردهای اجرایی برنامه‌ریزی کرد. از نتایج این پژوهش می‌توان در اولویت‌بندی و ایمن سازی محدوده ی مالها، تخصیص بودجه ی ایمنی ترافیک در محدوده مربوطه و در اجرایی شدن مبحث ۲۳ مقررات ملی ساختمان در زمینه ی الزامات ترافیکی ساختمان‌ها استفاده نمود.

تغییرات در بخشی از قطعات معابر شهری و تغییر رده عملکردی انها به صورت مقطعی و عدم ثبت دقیق داده‌های تصادفات رانندگی در معابر شهری از محدودیت های این پژوهش به شمار می‌رود.

برای مطالعات آینده می‌توان وزن دهی به پارامترهای حمل و نقل عمودی در کاربری ها، تعیین دامنه شمول ساختمانها برای خدمات مهندسی ترافیک، ارزیابی ایمنی سایر کاربری ها در معابر شهری، بکارگیری مدلهای critic و سایر مدلهای مشابه

برای وزن دهی به عوامل موثر در ایمنی کاربری‌های چند منظوره و مقایسه با نتایج پژوهش انجام شده را درنظر گرفت.

۷. مراجع

– گزارش رسمی پزشکی قانونی: آمار متوفیات و مصدومین ناشی از حوادث رانندگی ارجاعی به مراکز پزشکی قانونی کشورطی سال ۱۴۰۰.

– مبحث ۲۳ مقررات ملی ساختمان(الزامات تزافیکی ساختمان، دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان، ۱۴۰۱.

– اسدامرجی، مرتضی و احمدعلی نژاد، غزال،۱۴۰۲،ارزیابی ریسک ایمنی ترافیک معابر بلافصل ساختمانهای در حال ساخت با بکارگیری ترکیب فاصله اقلیدسی و تاکسی.

– Ewing, R., Greenwald, M., Zhang, M., Walters, J., Feldman, M., Cervero, R., &Thomas, J. (2011). Traffic generated by mixed-use developments—six-region study using consistent built environmental measures. Journal of Urban Planning and Development, 137(3), pp. 248-261.

– Effati, M., & Saheli, M. V. (2022). Examining the influence of rural land uses and accessibility-related factors to estimate pedestrian safety: The use of GIS and machine learning techniques. International journal of transportation science and technology, 11(1),pp. 144-157.

– Asadi, M., Ulak, M. B., Geurs, K. T., Weijermars, W., & Schepers, P. (2022). A comprehensive analysis of the relationships between the built environment and traffic safety in the Dutch urban areas. Accident analysis & prevention, 172, 106683.

– Kim, K., & Yamashita, E. (2002). Motor vehicle crashes and land use: empirical analysis from Hawaii. Transportation research record, 1784(1),pp. 73-79.

– Musa, I. J., & Moses, A. O. (2014). An analysis of the effect of land use on road traffic accidents in Zaria. International Journal of Development and Sustainability, 3(3),pp. 520-529.

– Zhong, S., Jiang, Y., & Nielsen, O. A. (2022). Lexicographic multi-objective road pricing optimization considering land use and transportation effects. European Journal of Operational Research, 298(2),pp. 496-509.

– Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E. H., Seto, E., & Bhatia, R. (2009). An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning. Accident Analysis & Prevention, 41(1),pp. 137-145.

– Naderan, A., & Saffarzadeh, M. Evaluating the Spatial Effect of the Contribution of Different Types of Land Use in the Occurrence of Accidents (Case Study: Shiraz Metropolis).

– Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E. H., Seto, E., & Bhatia, R. (2009). An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning. Accident Analysis & Prevention, 41(1),pp. 137-145.

– Pulugurtha, S. S., Duddu, V. R., & Kotagiri, Y. (2013). Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use characteristics. Accident Analysis & Prevention,no. 50,pp. 678-687.

– Staab, J., Schady, A., Weigand, M., Lakes, T., & Taubenböck, H. (2022). Predicting traffic noise using land-use regression—a scalable approach. Journal of exposure science &

Shanghai. Landscape and Urban Planning, 106(1),pp. 73-87.

– Kanyepe, J., Tukuta, M., & Chirisa, I. (2021). Urban land-use and traffic congestion: mapping the interaction. Journal of Contemporary Urban Affairs, 5(1),pp. 77-84.

– Naderan, A., & Saffarzadeh, M. Evaluating the Spatial Effect of the Contribution of Different Types of Land Use in the Occurrence of Accidents (Case Study: Shiraz Metropolis).
– g. Wagner, T., 2009. Verkehrswirkungen von Logistikansiedlungen – Abschatzung ¨ und regionalplanerische Bewertung. Harburger Berichte zur Verkehrsplanun.

– Zayerzadeha, A., & Zavareh, M. F. (2019). School zone road safety assessment using the iRAP Star Rating for Schools (SR4S) methodology in Khorasan Razavi Province. Journal of injury and violence research, 11(4).

– Asadamraji, M., Mahmoudabadi, M., & Nadimi, N. (2024). Developing a Hybrid Method for Weighted Distance-Based Prioritization (HWDP) to Prioritize the Implementation of Urban Intelligent Transportation Systems Projects. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, 48(2). pp.1061-1071.

– Pulugurtha, S. S., Duddu, V. R., & Kotagiri, Y. (2013). Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use characteristics. Accident Analysis & Prevention, 50, 678-687.

– Mubiru, J., & Evdorides, H. (2025). Contextualising Pedestrian Countermeasure Effectiveness in Developing Countries: A Variant iRAP Model with Weighted Risk Adjustment.

environmental epidemiology, 32(2),pp. 232-243.

– Bruck, E., & Soteropoulos, A. (2022). Traffic-land use compatibility and street design impacts of automated driving in Vienna, Austria. Journal of Transport and Land Use, 15(1),pp. 137-163.

– Volker, J., & Thigpen, C. (2022). Not enough parking, you say? A study of garage use and parking supply for single-family homes in Sacramento and implications for ADUs. Journal of Transport and Land Use, 15(1),pp. 183-206.

– Stanković, M., Stević, Ž., Das, D. K., Subotić, M., & Pamučar, D. (2020). A new fuzzy MARCOS method for road traffic risk analysis. Mathematics, 8(3),pp. 457.

– Pamučar, D., Puška, A., Stević, Ž., & Ćirović, G. (2021). A new intelligent MCDM model for HCW management: The integrated BWM–MABAC model based on D numbers. Expert Systems with Applications, 175, 114862.
– WHO. (2019). Global status report on road safety 2018 (2018). In: World Health Organization.

– Das, D. K. (2023). Exploring the significance of road and traffic factors on traffic crashes in a South African city. International Journal of Transportation Science and Technology, 12(2),pp. 414-427.

– Merlin, L. A., Guerra, E., & Dumbaugh, E. (2020). Crash risk, crash exposure, and the built environment: A conceptual review. Accident Analysis & Prevention, 134, 105244.

– Liu, Y., Wang, F., Xiao, Y., & Gao, S. (2012). Urban land uses and traffic ‘source-sink areas’: Evidence from GPS enabled taxi data in

سنجش ایمنی ترافیک در قطعات ترکیبی معبر و کاربری

مرتضی اسدامرجی، درجه دکتری تخصصی در رشته مهندسی عمران گرایش راه وترابری را در سال ۱۳۹۷ از دانشگاه تربیت مدرس أخذ نمود و از سال ۱۳۹۹ با سمت استادیار در دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید بهشتی مشغول به تدریس و پژوهش می‌باشد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی در ترافیک، مطالعات رفتاری رانندگان، درک خطر، مهندسی ترافیک، سیستمهای حمل و نقل هوشمند و تصمیم گیری چند معیاره در سیاستهای حمل و نقلی است.

غزال احمد علی‌نژاد، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۹ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی و درجه کارشناسی ارشد در مهندسی عمران- حمل و نقل را در سال ۱۴۰۳ از دانشگاه شهید بهشتی اخذ نمود. زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان در ترافیک، تحلیل ایمنی ترافیکی معابر است