نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

Vol.12, No.4, Winter 2025

۵۷ -۸٤

مقاله پژوهشی

تحلیل و پهنه‌بندی جُرم در مناطق شهری با تلفیق داده‌های سنتی و اطلاعات مکانی کاربر ساخت

محمد هادی احمدی[۱]، محمد طالعی[۲*]

۱- کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استاد گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

چکیده

از میان جرایمی که در سطح معابر رخ می‌دهند برخی تابعی از فرم شهر و ویژگی‌های شبکه معابر از جمله نوع کاربری، قابلیت دید، روشنایی و غیره، هستند. این پارامترها می‌توانند مانع یا تسهیل‌کننده وقوع جرائم در سطح معابر شوند. برای بررسی این موضوع معمولاً از داده‌های سنتی تولید شده تحت نظارت سازمان‌های متولی از جمله سازمان نقشه‌برداری و یا شهرداری‌ها استفاده شده است، ولی امروزه با پیشرفت فناوری، منابع داده‌ای دیگر تحت عنوان اطلاعات مکانی مردم‌گستر یا کاربر ساخت (*VGI*) در دسترس قرار گرفته است. این اطلاعات دارای مزایایی همچون سرعت به‌روزرسانی بالا و دسترسی بدون محدودیت هستند و با در اختیار داشتن داده‌های *VGI* و داده مربوط به جرائم، امکان انجام تحلیل‌های مختلف مکانی از جمله بررسی ارتباط میان فرم شهری و وقوع جرائم، فراهم می‌گردد. در این تحقیق داده‌های مرسوم سنتی با داده-های مردم گستر ترکیب شده و ارتباط میان وقوع جرائم با پارامترهای فرم کاربری‌ها و معابر شهری، با استفاده از روش مدل‌سازی داده‌محور رگرسیون وزنی جغرافیایی-زمانی (*GTWR*) مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس تحلیل های عددی و تعداد و حجم داده‌های مربوط به جرم که در فرآیند مدلسازی مورد استفاده قرار گرفت، روش *GTWR* به طور میانگین عملکردی با دقت در حدود ۵۵ درصد در فرآیند پیش‌بینی ارائه نمود. سپس موثرترین شاخص‌ها در وقوع جرائم شناسایی شده و با استفاده از آن، احتمال وقوع جرائم در معابر مختلف بر اساس شاخص‌های تعیین شده در این تحقیق، تخمین زده شد. این اطلاعات به برنامه‌ریزان شهری کمک می‌کند تا در مرحله تهیه طرح‌های شهری به ارزیابی ریسک احتمال وقوع جرائم، ناشی از نحوه تنظیم فرم کاربری‌ها و معابر شهری، بپردازند و با ارائه سناریوهای مختلف در این خصوص، بهترین فرم شهری از دیدگاه پیشگیری از وقوع جرایم در معابر شهری را پیشنهاد دهند.

کلیدواژه‌ها : جُرم، اطلاعات مکانی کاربر ساخت، شاخص‌های فرم شهری، تحلیل فضای شهری، داده‌کاوی مکانی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، میدان ونک، بالاتر از تقاطع میرداماد، دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

تلفن: ۰۲۱۸۸۸۷۷۰۷۱

Email: taleai@kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

۱- مقدمه

تحقیق در مورد توزیع جغرافیایی و عوامل محیطی تعیین‌کننده جُرم، یک حوزه مهم موردتوجه در زمینه‌های جُرم‌شناسی، روان‌شناسی محیطی و طراحی و برنامه‌ریزی شهری بوده است. در سال‌های اخیر ارزیابی عملکرد اصول پیشگیری از جرایم از طریق طراحی محیط (*CPTED*)[1] در تحقیقات مختلف موردتوجه قرار گرفته است[۱ و ۲]. *CPTED* به طراحی مناسب و استفاده مؤثر از محیط ساخته شده برای کاهش ترس و وقوع جرم اشاره دارد[۳]. در تحقیقات قبلی در مورد *CPTED*، چهار اصل ۱) مدیریت قلمرو، ۲) نظارت طبیعی، ۳) پشتیبانی از فعالیت و ۴) کنترل دسترسی، معمولاً به‌عنوان مفاهیم کلیدی برای اصلاح محیط ساخته شده برای کاهش جرم در نظر گرفته شده است[۴ ، ۵ و ۶]. از میان چهار اصل ذکر شده، دو اصل نظارت طبیعی و پشتیبانی از فعالیت برای تحلیل رابطه بین جرم و پیکربندی خیابان[۷] و همچنین تأثیر چیدمان خیابان‌ها بر فعالیت عابران پیاده[۸] مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

طرح‌های توسعه و برنامه‌ریزی شهری در رابطه با تغییر یا ایجاد مسیرها، اماکن، المان‌ها و زیرساخت‌های مختلف شهری، تأثیرات مختلفی بر الگوی‌های رفتاری شهروندان دارد که می‌تواند موجب وقوع رویدادهای مختلفی از جمله جرم در محیط‌های شهری شود[۹]. در این راستا ساختار شبکه معابر و کاربری‌ها ممکن است بر الگوی رفتاری شهروندان از جمله وقوع پدیده جرم در مکان‌ها یا زمان‌های مختلف تأثیر داشته باشد[۱۰]. علاوه بر این، موارد دیگر مانند المان‌ها و زیرساخت‌های شهری(مانند موقعیت چراغ‌های روشنایی و ایستگاه‌های پلیس) و سایر ویژگی‌های اجتماعی از جمله تراکم جمعیت، میزان درآمد و تحصیلات شهروندان نیز می‌تواند در وقوع این پدیده تأثیرگذار باشد[۱۱].

مفهوم پیچیدگی در محیط‌های شهری ناشی از شکل و طراحی شهر است که بر اساس سنجه‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. بیشترین شاخص‌های قابل استخراج از طراحی شهری، مربوط به پیچیدگی شبکه راه‌ها و پیچیدگی ناشی از تلفیق کاربری‌های مختلف در محیط شهری هستند[۱۲]. مجموعه این شاخص‌ها تحت عنوان فرم شهری مورد بررسی قرار می‌گیرند. مطالعاتی در این زمینه وجود دارند که به بررسی رابطه فرم شهری با جرم در محیط شهری پرداخته‌اند. از جمله تأثیر منفی شاخص تراکم شبکه جاده‌ای در وقوع جرم دزدی و سرقت از اماکن در بلوک‌های شهری[۱۳]، رابطه مستقیم شاخص‌های تراکم جاده‌ای، تیر چراغ‌برق، جمعیت و وقوع هتل، اماکن سرگرمی، فروشگاه‌ها و قیمت خانه با نرخ سرقت از اماکن و رابطه معکوس شاخص‌های فاصله از ایستگاه‌های پلیس، فاصله از جاده‌ها و فاصله از ایستگاه‌های اتوبوس با نرخ سرقت از اماکن[۱۴] و تأثیر مثبت شاخص‌های تولید ناخالص داخلی (*GDP*)،[2] میزان درآمد و جمعیت مردان بر تعداد جرائم قتل[۱۵]، نمونه‌هایی از این تحقیقات هستند.

از میان مطالعاتی که به تحلیل جرم در محیط‌های شهری پرداخته‌اند، برخی تنها از داده‌های سنتی برای بررسی این موضوع استفاده کرده‌اند. برخی از این مطالعات به‌منظور پهنه‌بندی جرائم در سطح یک منطقه مطالعاتی از داده‌های سنتی استفاده کرده‌اند؛ به‌عنوان مثال بهره‌گیری از تحلیل تخمین چگالی هسته (*KDE*)[3] برای تعیین نرخ وقوع جرم در مناطق مختلف شهری[۱۶]. دسته دیگری از این تحقیقات به بررسی رابطه میان جرم و شاخص‌های فرم شهری و همچنین

[1] *Crime Prevention Through Environmental Design*

[2] *Gross domestic product*

[3] *Kernel Density Estimation*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

پیش بینی نرخ وقوع جرم در مکان‌های مختلف با استفاده از منابع داده‌ای سنتی می‌پردازند. به عنوان مثال تعیین میزان اهمیت شاخص‌های قابلیت اتصال و ادغام در وقوع جرم با استفاده از یک مدل رگرسیون پواسون[۱۷]، استفاده از مدل رگرسیون پواسون به منظور تعیین میزان تأثیر شاخص‌های شبکه معابر در وقوع جرائم[۱۸]، استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون به منظور تعیین شاخص‌های دارای همبستگی مکانی با وقوع جرائم[۱۹]، استفاده از مدل خطی سلسله مراتبی(*HLM*)[1] به منظور تعیین نوع رابطه میان شاخص‌های شبکه معابر با جرم سرقت از منازل مسکونی[۲۰]، پیش بینی نرخ جرم برای مناطق مختلف شهری با استفاده از سه روش مدلسازی رگرسیون پواسون، شبکه عصبی مصنوعی(*ANN*)[2] و الگوریتم افزایش گرادیان (*GB*)[3][۲۱].

علاوه بر تحقیقاتی که در قسمت قبل به آن‌ها اشاره شده، مطالعات دیگری در این زمینه وجود دارد که علاوه بر بررسی ارتباط جرم با شاخص‌های فرم شهری در بعد مکان، در بعد زمان نیز این مسئله را با استفاده از داده‌های سنتی مورد ارزیابی قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال استفاده از یک تحلیل مکانی-زمانی بر پایه مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی (*GWR*)[4] به منظور بررسی نقش قابلیت پیاده‌روی و کاربری اراضی در پیش‌بینی نرخ جرم برای مناطق مختلف شهری[۲۲]، پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی مربوط به جرم سرقت از منازل برای مناطق مختلف شهری با استفاده از مدل‌های ساختاریافته و غیرساختاریافته زمانی و مکانی نظریه تقریبی لاپلاس[۲۳]، پیش‌بینی نرخ وقوع جرم برای مناطق مختلف شهری در بازه‌های زمانی مختلف با استفاده از متغیرهای جمعیتی آماری و کاربری‌های شهری و به وسیله روش‌های مدل‌سازی رگرسیون و شبکه عصبی[۲۴]، پیش‌بینی نرخ وقوع جرم سرقت در مناطق مختلف شهری برای یک دوره زمانی با استفاده از دو مدل توزیع دوجمله‌ای و توزیع پواسون[5][۲۵].

امروزه با ارائه برنامه‌های کاربردی تحت تلفن همراه، فرصت‌های بیشتری برای عموم شهروندان برای ارائه اطلاعات مکانی داوطلبانه یا مردم گستر (*VGI*)[6] فراهم شده است. این اطلاعات توسط کاربر به‌صورت بلادرنگ به کمک برنامه‌ها و ابزارهای موجود در گوشی‌های هوشمند تولید شده و در هر مکان و زمانی در دسترس است. امروزه این اطلاعات مکانی نقش مهمی در حوزه‌های مختلف ایفا می‌کند [۲۶] و [۲۷]. در حوزه برنامه‌ریزی شهری، یکی از موضوعات موردبحث، مسئله وقوع جرایم است. در این زمینه مطالعاتی وجود دارند که از منابع داده *VGI* به منظور تحلیل جرم در محیط-های شهری بهره گرفته‌اند. از جمله استفاده از تحلیل نقطه داغ[7] به منظور شناسایی نقاط داغ جرم‌خیز در محیط شهری با بهره‌گیری از داده‌های تویتر[8][۲۷]، مدیریت و کنترل جرم در منطقه ۲۲ شهر تهران با استفاده از داده‌های دریافتی از یک سیستم[۲۸] و انجام عملیات مسیریابی خیابان‌های شهر لس‌آنجلس به منظور یافتن ایمن‌ترین مسیر از طریق انجام تحلیل مکانی روی داده‌های منبع *VGI*[۲۹].

با توجه به وجود نواقصی مانند استفاده از مقیاس مکانی و زمانی کوچک، کم توجهی به ارزیابی میزان تأثیر برخی از پارامترها در وقوع جرائم و همچنین پایین‌بودن دقت مدل‌سازی در برخی از بازه‌های زمانی در مطالعات انجام شده در قبل، این تحقیق به دنبال بررسی رابطه

[1] *Hierarchical Linear Model*
[2] *Artificial Neural Network*
[3] *Gradient Boosting*
[4] *Geographically Weighted Regression*
[5] *Poisson distribution*
[6] *Volunteered geographic information*
[7] *Hot Spot*
[8] *Twitter*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

میان جرم و انواع شاخص‌های فرم شهری به روشی متفاوت است. در این رویکرد علاوه بر اینکه داده‌های جُرم و داده‌های مربوط به شبکه راه‌ها، از منابع *VGI* شامل *OSM* و *Spot Crime* تهیه گردیده‌اند، رابطه میان شاخص‌های فرم شهری و جرم در بُعد مکان و زمان با استفاده از فنون داده‌کاوی، مورد تحلیل قرار می‌گیرند. همچنین در این تحقیق بر خلاف تحقیقات قبلی که عموماً به بررسی آماری وقوع جرم در سطح محدوده‌های شهری پرداخته‌اند، واحد تحلیل مکانی مورداستفاده، یال یا هر قطعه از شبکه معابر است که امکان تحلیل‌های مکانی و زمانی دقیق‌تر را فراهم می‌کند؛ بنابراین شاخص‌های مربوط به فرم شهری برای تک‌تک معابر مورد بررسی قرار گرفته و شاخص‌های تحلیلی مستخرج از داده‌های مرسوم با شاخص‌های مستخرج از منابع داده *VGI* در سطح شبکه معابر، تلفیق می‌شوند تا یک مدل‌سازی جامع و کامل‌تر از محیط شهری و ارتباط آن با وقوع جرایم ارائه گردد.

به‌طورکلی اهداف این تحقیق شامل موارد ذیل است:

- توسعه یک مدل تلفیقی داده مبنا و مبتنی بر تلفیق داده‌های سنتی و داده‌های *VGI* جهت تحلیل جرائم.
- استفاده از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی - زمانی (*GTWR*)[1] جهت تعیین ارتباط مکانی- زمانی وقوع جرائم و فرم کاربری‌ها و معابر شهری.
- استخراج شاخص‌های اساسی تأثیرگذار در وقوع جرم در معابر به کمک داده‌های *VGI* و کاربرد آن در پیش‌بینی احتمال وقوع جُرم، ناشی از نوع طراحی فرم شهری منتخب.

در ادامه تحقیق در بخش دوم، مواد و روش انجام تحقیق، در بخش سوم، نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش پیشنهادی پژوهش در منطقه مطالعاتی منتخب، در بخش چهارم، بحث در مورد نتایج و در بخش پنجم نیز نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی، بیان می‌گردند.

۲- مواد و روش

همان‌طور که گفته شد این تحقیق به دنبال بررسی رابطه میان شاخص‌های فرم شهری و وقوع جرائم با استفاده از تلفیق داده‌های سنتی و اطلاعات مکانی مردم گستر(*VGI*) در بعد مکان و زمان است. شکل (۱) مراحل کلی انجام تحقیق را نشان می‌دهد. پس از انجام پیش‌پردازش‌ها و برخی از تحلیل های دیگر، شاخص‌های مستخرج از داده‌های سنتی و منابع اطلاعات مکانی مردم‌گستر تعیین شده و به عنوان شاخص‌های فرم شهری در شبکه معابر تلفیق می‌شوند. سپس با استفاده از روش *GTWR* رابطه میان این شاخص‌ها و وقوع انواع جرائم در هر دو بُعد مکان و زمان مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله بعد به منظور ارزیابی عملکرد مدل، اقدام به پیش بینی نرخ وقوع جرائم بر اساس پارامترهای فرم کاربری‌ها و معابر در معابر منتخب گردیده و در نهایت با مقایسه نتایج مدل‌سازی با داده‌های مشاهداتی جرائم در معابر منتخب، دقت پیش بینی مدل، تعیین گردیده و اقدام به شناسایی موثرترین شاخص‌ها در وقوع جرائم در هر یک از بازه‌های زمانی شبانه روز می‌گردد و معابر منطقه مورد مطالعه بر اساس این شاخص‌ها، طبقه‌بندی می‌شوند.

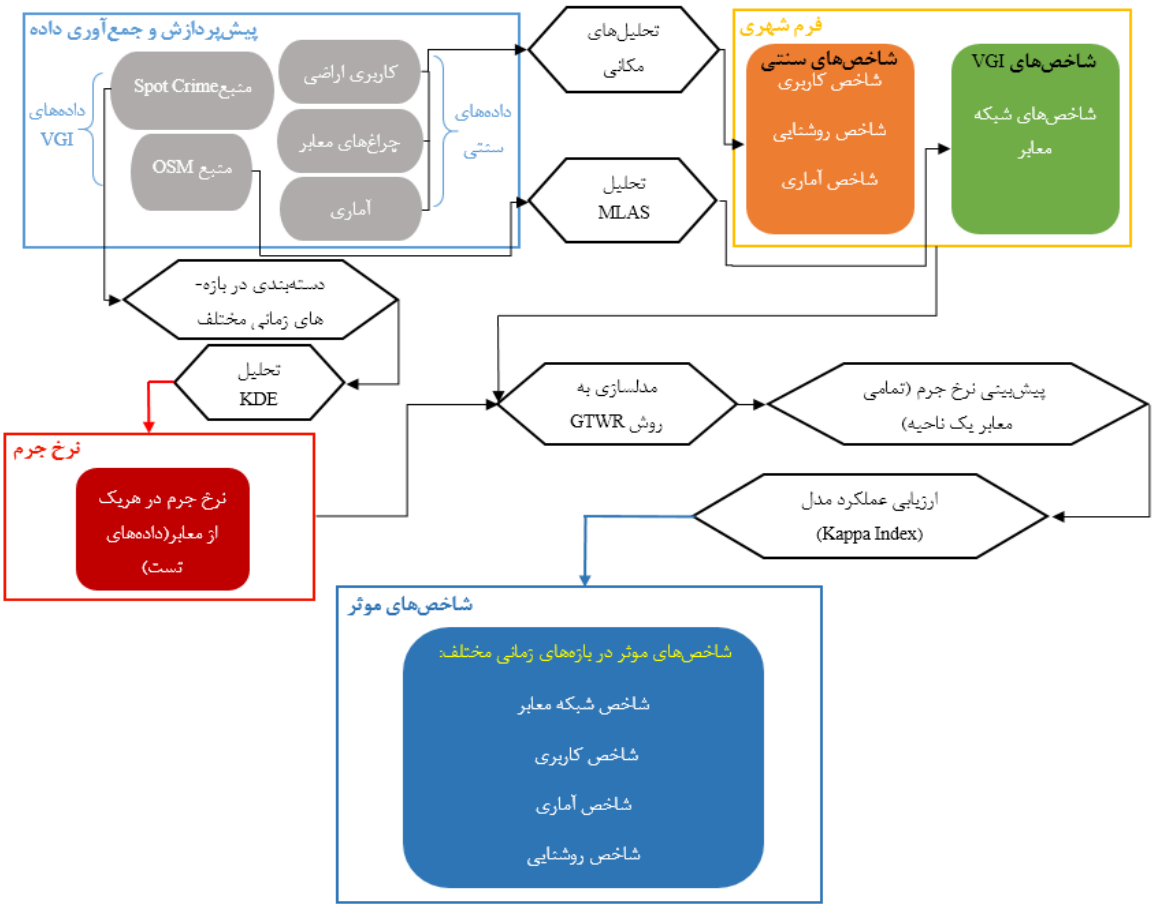
۲-۱- جمع‌آوری و پیش‌پردازش داده‌ها

منطقه مطالعاتی این تحقیق شهر لس‌آنجلس در ایالت کالیفرنیای کشور آمریکا است. به دلیل حضور سالیانه تعداد زیادی از گردشگران در این منطقه، آمار جرم و جنایت و ناهنجاری‌های اجتماعی در این شهر بالا رفته است به‌گونه‌ای که بر اساس آمارهای منبع *USA TODAY* در مناطق پایین‌شهر، سالانه به ازای هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت به طور میانگین تعداد ۳۰۰ نوع از انواع جرائم گزارش شده است *[۳۰]*.

داده‌های این تحقیق به دو دسته کلی داده‌های مرسوم سنتی و داده‌های *VGI* طبقه‌بندی می‌شوند.

[1] *Geographical and Temporal Weighted Regression*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]



شکل ۱: مراحل بررسی ارتباط میان شاخص‌های فرم شهری و وقوع جرائم در بُعد مکان و زمان

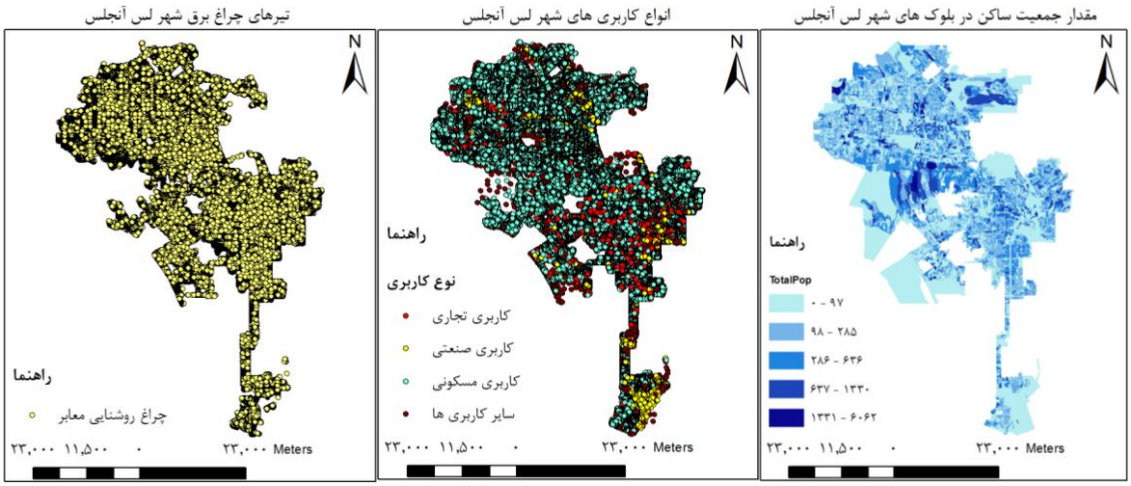
داده‌های سنتی مـورد اسـتفاده در ایـن تحقیـق شـامل جمعیت گروه‌های مختلف سنی مربـوط بـه بلـوک‌هـای شهری، نقاط مربوط به کاربری‌های شـهری و داده‌هـای مربوط تیرهای چراغ‌برق معابر و شبکه خیابان‌هـا اسـت (شکل(۲)). داده‌های جمعیتی شامل تعداد افراد زیر ۱۸ سال، افراد ۱۸ تا ۲۴ سال، افراد ۲۵ تا ۴۴ سـال، افـراد ۴۵ تا ۶۴ سال و افراد بالای ۶۵ سال سـاکن در بلـوک-های شهری می‌باشد. داده‌های جمعیتی از سایت مرکـز داده سرشماری میسوری[1] جمـع‌آوری شـده اسـت [۳۱]، سپس با استفاده از ژئوکد مربوط به هریک از آن‌هـا، بـه بلوک‌های شهری متصل گردیده‌اند کـه شـامل ۳۰۶۹۱ بلوک شهری می‌باشد. داده‌هـای کـاربری شـامل نقـاط مربوط به مرکز هندسی کاربری‌هـای تجـاری، صـنعتی، مسکونی و سایر کاربری‌ها می‌باشد که از سایت ژئوهاب لـس‌آنجلـس[2] تهیـه گردیـده اسـت [۳۲]. کـه شـامل ۷۹۵۸۵۱ نقطـه مـی‌باشـند. داده مربـوط بـه تیـرهـای چراغ‌برق معابر که شامل نقاط قرارگیری آن‌ها در معـابر است از منبع ژئوهاب لس‌آنجلس تهیه شده است [۳۲]، که شامل ۲۱۷۶۳۹ نقطه می‌باشد.

[1] *Missouri*

[2] *Los Angeles Geo Hub*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

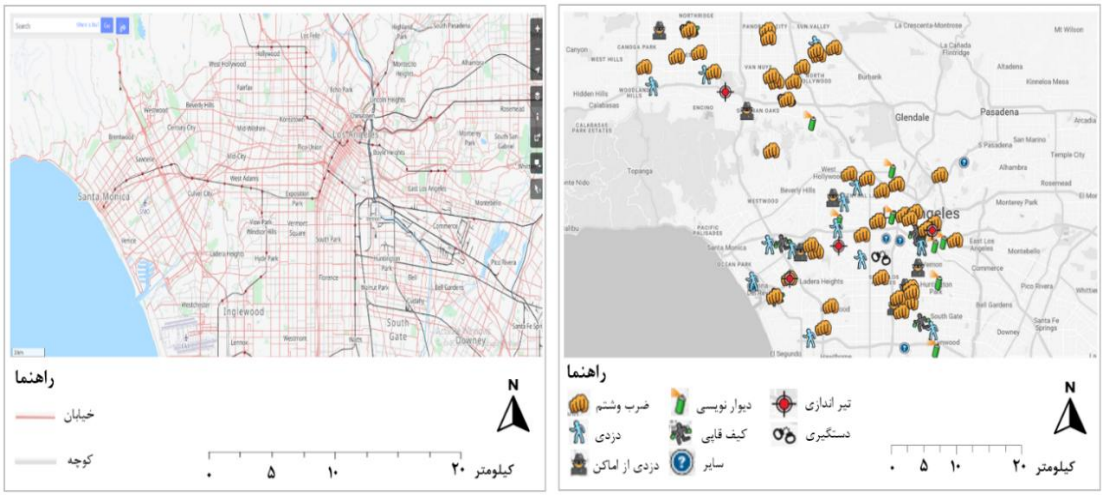
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]



(الف) (ب) (ج)

شکل۲: الف) داده‌های سنتی شامل جمعیت گروه‌های سنی ساکن در بلوک‌های شهری، ب)نقاط مربوط به مرکز هندسی کاربری-های شهر، ج) نقاط مربوط به تیرهای چراغ‌برق معابر

داده‌های *VGI* مورداستفاده در این تحقیق شامل داده-های جرائم شهری و داده‌های مربوط به شبکه معابر است. داده‌های مربوط به جرائم از طریق جداول اطلاعاتی موجود در سامانه *Spot Crime* جمع‌آوری و آماده‌سازی گردیده که شامل جرائم ضرب و شتم و دیوارنویسی است (شکل (۳ الف)). داده‌های مربوط به جرائم از تاریخ ۲۰۲۱/۳/۲ تا ۲۰۲۱/۵/۲ میلادی برای منطقه مطالعاتی جمع‌آوری گردیده‌اند که شامل تعداد ۴۹۵۳ مورد ضرب و شتم و ۱۶۸۰ مورد برای دیوار-نویسی هستند. داده‌های مربوط به شبکه معابر که به‌صورت مجموعه‌ای از یال‌ها است از طریق منبع *OSM* (شکل (۳ ب)) و با استفاده از کتابخانه *OSMnx* در محیط پایتون و در تاریخ ۲۰۲۱/۳/۲ میلادی جمع‌آوری شده‌اند که شامل ۱۲۸۱۵۰ قطعه یال هستند.



(ب) (الف)

شکل۳: الف) جرائم ثبت شده در منطقه لس آنجلس از طریق منبع *Spot Crime* ، ب) شبکه معابر لس آنجلس در منبع *OSM*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

۲-۲- تعیین نرخ وقوع جُرم در معابر

در این تحقیق به منظور تحلیل نرخ وقوع جُرم مشاهده شده در معابر شهری، از تحلیل تخمین تراکم هسته (*KDE*) استفاده شده است. به کمک این تحلیل می‌توان کانون یک پدیده(مانند جرم) را شناسایی نمود. اگر تعداد وقوع یک پدیده در یک ناحیه خاص شمرده شود می‌توان قدرت وقوع آن را تخمین زد*[۳۳]*. تابع تخمین چگالی هسته برای به‌دست‌آوردن تخمینی از یک سطح صاف که نشان‌دهنده چگالی توزیع نقاط است، مورداستفاده قرار می‌گیرد؛ که تعریف *KDE* طبق رابطه (۱) است*[۳۴]*. منظور از سطح صاف یا هموار[1] سطحی است که دارای تغییرات تدریجی در نرمال‌های وارد بر آن سطح است. یا به عبارتی دارای تغییرات تدریجی در شیب است. این در حالی است که در یک سطح ناصاف، نرمال‌های وارد بر آن سطح دارای تغییرات ناگهانی هستند*[۳۵]*.

$$f(x.y) = \frac{1}{nh^2}\sum_{i=1}^{n} k\left(\frac{d_i}{h}\right) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱)، $f(x.y)$ مقدار نرخ وقوع جرم در هر نقطه از منطقه با مختصات $(x.y)$ ، n تعداد نقاط وقوع جرم در سطح منطقه، h پهنای باند منطقه مورد نظر، d_i فاصله بین نقطه وقوع جرم i ام و مکان دلخواه با مختصات $(x.y)$ می‌باشد و k تابع چگالی است که به عنوان هسته شناخته می‌شود. در این تحقیق ابتدا داده‌های جُرم که همان نقاط وقوع جرائم در سطح معابر هستند بر اساس زمان وقوع آن‌ها در طول شبانه‌روز به چهار دسته شامل بازه‌های زمانی (۰-۶)، (۶-۱۲)، (۱۸-۱۲) و (۱۸-۲۴) طبقه‌بندی شده و سپس وارد تحلیل *KDE* می‌شوند. در نهایت برای هر یک از بازه‌های زمانی یک سطح رستری تولید می‌شود که هر سلول آن با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد و مقدار آن بیانگر نرخ وقوع جُرم مشاهداتی در هر سلول است.

[1] *Smooth*

۲-۳- استخراج پارامترهای مرتبط با فرم شهری

بررسی فرم طرح شهری به دلیل پیچیدگی‌های ذاتی و تنوع مسائل و موضوعات مرتبط با آن، همیشه یک کار چالش‌برانگیز بوده است. طراحی شهری را می‌توان به طور مؤثر با روش‌های تحلیلی که در مراحل خاص یک فرایند طراحی به کار می‌رود مورد بررسی قرار داد. این روش‌ها دارای ماهیت فضایی هستند. اگر این فضا از طریق تجزیه و تحلیل ویژگی‌های پیکربندی مربوط به آن درک شود، تحلیل فضا می‌تواند بین فضا و شهروندان ارتباط برقرار نماید*[۳۶]*. به‌طورکلی روش‌ها و نظریه‌های نحوی فضا رویکردهایی را ارائه می‌دهند که می‌توانند تأثیری را که ساختار فضایی بر زندگی اجتماعی دارد را در مواجهه با ساختارها در فضای معماری شهر و با نشان‌دادن تداوم بین این عوامل، آشکار کند*[۳۷]*. متغیرهای اصلی و مبنای نحو فضا شامل قابلیت اتصال، مقدار عمق، مقدار کنترل و مقدار ادغام می‌باشد*[۳۸]*. نظریه و روش‌های نحوی فضا مدت‌ها است که در گستره وسیعی از تحقیقات به منظور بررسی رابطه میان تحولات شهری و فعالیت‌های اجتماعی به کار گرفته شده‌اند*[۳۹]*. به‌عنوان مثال استفاده از نحو فضا برای تحلیل ادغام فیزیکی شهرها*[۴۰]*، طراحی ایستگاه‌های مترو با استفاده از فضای نحوی و بر اساس پارامترهای مسیریابی کاربر، جهت‌گیری و دید در فضای زیر زمینی*[۴۱]* ، بررسی میزان تأثیر متغیرهای نحو فضا از جمله شاخص‌های یکپارچگی، انتخاب و کنترل بر توزیع کاربری زمین در محیط‌های شهری به منظور دستیابی به پایداری محیط شهری*[۴۲]* و استفاده از فضای نحوی به منظور بررسی تأثیر پارامتر قابلیت دسترسی بر جرائم شهری*[۴۳]*، برخی از این مطالعات هستند. در این تحقیق شبکه مورداستفاده برای تحلیل پیکربندی فضایی شامل شبکه معابر شهری به‌صورت مجموعه‌ای از یال‌ها و گره‌ها می‌باشد. در این شبکه، یال‌ها به‌عنوان معابر و گره‌ها به‌عنوان نقاط شکستگی، تقاطع و یا بن‌بست در نظر

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

گرفته می‌شوند. همچنین در این تحلیل سایر عوارض مرتبط با شبکه راه‌ها مانند کاربری‌ها و زیرساخت‌های شهری و همچنین سایر اطلاعات دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرند که در ادامه چگونگی استخراج پارامترهای مرتبط با هر دسته مورد بررسی قرار می‌گیرد.

• استخراج شاخص‌های مربوط به شبکه راه‌های شهری با استفاده از منابع داده *VGI*

با توجه به اینکه در این تحقیق از روش‌های نحوی فضا به منظور بررسی رابطه فضای شهری با پدیده جُرم استفاده شده است، ازاین‌رو شاخص‌هایی می‌بایست از این فضا استخراج گردند که برگرفته از متغیرهای اصلی نحو فضا باشند. به‌طورکلی سه روش برای تجزیه‌وتحلیل فضا وجود دارد. اولین تحلیل، تحلیل‌محوری است که بر اساس یال‌های شبکه فضایی عمل می‌کند. دومین تحلیل، تحلیل ایزویست ناحیه‌ای را در بر می‌گیرد که می‌تواند توسط یک کاربر خاص از یک نقطه خاص در فضا دیده یا درک شود و تحلیل سوم شامل تحلیل نقشه محدب می‌باشد[۳۸]. شاخص‌های مورداستفاده در این تحقیق در جدول (۱) نشان داده شده‌اند که همگی بر مبنای چهار متغیر اصلی (قابلیت اتصال، مقدار عمق، مقدار کنترل و مقدار ادغام) فضای نحوی تولید شده‌اند. از میان این شاخص‌ها، شاخص‌های طول، قابلیت اتصال، انتخاب، قابلیت ادغام و مجموع عمق بر اساس تحلیل‌محوری و شاخص قابلیت دید بر اساس تحلیل ایزویست ناحیه‌ای تولید شده‌اند. استخراج این شاخص‌ها بر اساس ویژگی‌های مربوط به هر یال(برای همه شاخص‌ها به جز قابلیت دید) و همچنین بر اساس سطح محصور میان ساختمان‌ها (برای شاخص قابلیت دید) در شبکه راه‌های شهری می‌باشد. جدول (۱) به بررسی هر یک از این شاخص‌ها پرداخته و روابط و توضیحات مربوط به هر یک از آنها را شرح می‌دهد.

جدول ۱: شاخص‌های شبکه معابر

شاخص‌ها	روابط	توضیحات
طول	-	طول هر یال در شبکه راه‌های شهری
قابلیت اتصال	رابطه (۲) $C_i = k$	تعداد خیابان‌های متصل به یک خیابان در همسایگی آن
انتخاب	رابطه (۳) $B_i = \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}(d_{jk}(i), d_{jk})$	تعداد تکرار یک یال در انتخاب کوتاه‌ترین مسیر بین دو یال در شبکه معابر شهری
قابلیت ادغام	رابطه (۴) $I_i = (\sum_{k=1}^{n} d_{ik})^{-1}$	این شاخص بر اساس مجموع طول کوتاه‌ترین مسیر در شبکه راه‌های شهری به دست می‌آید
مجموع عمق	رابطه (۵) $D_i = \sum_{d=1}^{s} d * N_d$	این شاخص برگرفته از شاخص اتصال است، با این تفاوت که از یال‌ها در همسایگی یال موردنظر استفاده می‌کند، اما با درجه همسایگی بالاتر
قابلیت دید	-	این شاخص محدوده دید در نقاط مختلف از سطح شبکه راه‌های محصور بین ساختمان‌ها را مشخص می‌کند

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

در جدول(۱) و در رابطه(۲) k تعداد یال‌های متصل به یال i می‌باشد[۴۴]. در رابطه(۳)، n تعداد یال‌های موجود در همسایگی یال i ، B_i مقدار شاخص انتخاب برای یال i ، $d_{jk}(i)$ بیانگر طول کوتاه‌ترین مسیر بین یال j و یال k که شامل یال i باشد و d_{jk} طول کوتاه-ترین مسیر بین یال j و یال k است[۴۴]. در رابطه(۴)، d_{ik} طول کوتاه‌ترین مسیر بین یال i و یال k است[۴۴]. در رابطه (۵)، d کوتاه‌ترین فاصله از نقطه i ، N_d تعداد نقاط مربوط به کوتاه‌ترین فاصله d و s مقادیر مختلفی بین ۱ تا n می‌تواند داشته باشد و در صورتی که ۱ باشد رابطه فوق مقدار شاخص قابلیت اتصال را محاسبه می‌نماید[۴۵]. از میان شاخص‌های ذکر شده در جدول(۱) برای محاسبه شاخص‌های انتخاب ، قابلیت ادغام و مجموع عمق در شبکه معابر از تحلیل قطعه‌ای زاویه‌ای[1] که یکی از مدل‌های تحلیلی پیکربندی فضا می‌باشد، استفاده شده است. در این نوع از تحلیل برای هر یال از شبکه، یک رتبه یا گام[2] در نظر گرفته می‌شود که مشخص‌کننده تعداد یال‌های مورد استفاده در تحلیل می‌باشد که در مجاورت(همسایگی) مستقیم یا غیر مستقیم هر یال قرار دارند. این تحلیل بر اساس تغییرات زاویه‌ای میان هر یال با یال‌های موجود در مجاورت خود کوتاه‌ترین مسیر را انتخاب می‌کند. به منظور استفاده از این تحلیل ابتدا شعاع همسایگی تحلیل از نظر رتبه یا گام تعیین شده که بسته به نوع استفاده می‌تواند از ۲ تا n در نظر گرفته شود. که از شعاع های همسایگی با رتبه ۲، ۳ و ۴ برای سه شاخص انتخاب، قابلیت ادغام و مجموع عمق استفاده شده و در نهایت تمامی شاخص‌های ذکر شده، تولید می‌گردند. به منظور تولید شاخص‌های ذکر شده از نرم افزار *depthmapX3.0* استفاده شده است که یکی از ابزارهای تحلیل فضای نحوی می‌باشد.

• استخراج شاخص‌های مربوط به کاربری‌های شهری به استفاده از منابع داده رسمی

در مورد استخراج شاخص‌های مربوط به کاربری‌های شهری مطالعاتی بسیاری صورت‌گرفته که یکی از شاخص‌های مرتبط با تنوع کاربری‌های شهری، شاخص سیمپسون می‌باشد که برای تعیین غنای یک‌گونه در یک منطقه ایجاد شده است و از طریق شمارش تعداد یک نوع کاربری خاص در میان تمامی کاربری‌های موجود در یک ناحیه تعیین می‌گردد [۴۶]. علاوه بر این، شاخص‌های تنوع کاربری دیگری همچون شاخص یکنواختی شانون وینر، شاخص یکنواختی هیپ، شاخص اسمیت ویلسون و سایر شاخص‌ها وجود دارند که همگی بر اساس شمارش و یا اندازه‌گیری مساحت سطح اشغال شده توسط یک نوع کاربری خاص تعیین می‌گردند[۴۷].

در این تحقیق با توجه به نقطه‌ای بودن ماهیت داده-های کاربری مورد استفاده، استخراج شاخص کاربری بر اساس تعداد هر یک از انواع کاربری‌های موجود در محدوده هر خیابان، محاسبه می‌گردد. برای انجام این کار، ابتدا در نرم‌افزار آرک جی آی اس[3] روی لایه شبکه معابر کلیک راست نموده سپس با استفاده از ابزار *Joins and Relates* و با انتخاب لایه نقاط کاربری‌ها و انتخاب گزینه *field showing how close that points Distance is*، فاصله معابر تا نقاط مربوط به مکان کاربری‌های مجاور خود به دست می‌آید. سپس با استفاده از تحلیل محدوده حائل[4] یک محدوده به‌اندازه حداکثر فاصله میان نقاط کاربری تا معابر (بر اساس داده‌های این تحقیق ۴۵ متر) در اطراف قطعات مربوط به معابر ایجاد می‌شود به‌گونه‌ای که تمام کاربری‌های موجود در اطراف معابر را پوشش دهد. سپس داده‌های مربوط به کاربری‌های شهری بر اساس نوع هر یک از آن‌ها

[1] *Angular Segment Analysis*
[2] *Step*
[3] *ArcGIS*
[4] *Buffer*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

کلاسه‌بندی شده و در نهایت تعداد هر نوع کاربری موجود در هر یک از معابر شهری به‌عنوان شاخص نوع کاربری غالب معابر، در نظر گرفته می‌شوند.

• استخراج شاخص جمعیتی آماری با استفاده از منابع داده رسمی

اطلاعات مربوط به داده‌های آماری و جمعیتی از نظر مکانی عمدتاً در قالب بلوک‌ها و مناطق مختلف شهری بیان می‌گردند. ازاین‌رو برای تمامی معابر موجود در بلوک‌های شهری یکسان در نظر گرفته می‌شوند. برای حل این مشکل در این تحقیق به منظور تعیین اطلاعات جمعیتی آماری برای هر یک از معابر شهری ابتدا با استفاده از تحلیل *Spatial Join* اطلاعات مربوط به بلوک‌های شهری به هریک از معابر متعلق به آن منتسب می‌گردد. سپس به منظور تعیین جمعیت هر یک از معابر موجود در بلوک‌ها از رابطه (۶) استفاده می‌شود که در آن p_i جمعیت معبر i ، P جمعیت ساکن در بلوک مورد نظر، l_i بیانگر طول معبر i واقع در طرفین بلوک و L محیط بلوک می‌باشد.

$$p_i = P * (\frac{l_i}{L}) \quad \text{رابطه (۶)}$$

• استخراج شاخص مربوط به تیرهای روشنایی معابر با استفاده از منابع داده رسمی

چراغ‌های روشنایی موجود در معابر بخشی از مبلمان شهری به‌حساب می‌آیند. برخی از محققان نشان داده‌اند که تاریکی در معابر سبب افزایش وقوع برخی جرائم خیابانی می‌گردد و ایجاد روشنایی در خیابان‌ها به طور سنتی یکی از اقدامات مبارزه با جرائم شبانه می‌باشد[۴۸]؛ بنابراین می‌توان گفت که تیرهای چراغ‌برق خیابان به دلیل تأثیر در میزان روشنایی معابر به‌ویژه در بازه‌های زمانی شبانه، ممکن است سبب تأثیر بر وقوع برخی از جرائم شوند. در این تحقیق با توجه به در اختیار داشتن مکان مربوط به تیرهای چراغ‌برق معابر، از تعداد تیرهای چراغ‌برق موجود در محدوده خیابان‌ها و طول معابر شاخص روشنایی هر قطعه معبر، تولید می‌شود (رابطه (۷)).

$$SL_i = \frac{N_i}{l_i} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در رابطه (۷)، SL_i مقدار شاخص روشنایی معبر i ، N_i تعداد چراغ موجود در معبر i و l_i طول معبر i می‌باشد.

۲-۴- مدلسازی مکانی-زمانی

به منظور بررسی و کشف روابط بین وقوع جرائم و شاخص‌های ذکر شده در قسمت قبل از نظر بعد مکانی و زمانی، نیازمند فرایند مدل‌سازی هستیم. تاکنون مدل‌های مختلفی در این زمینه معرفی شده‌اند که قابلیت مدل‌سازی مکانی_زمانی را دارند و در مسائل مختلفی مورداستفاده قرار گرفته‌اند. به‌عنوان مثال در استفاده از مدل‌های *SVR*[1] و *LR*[2] در مدل‌سازی جریان ترافیک در زمان‌های مختلف مشخص شد که مدل *SVR* از دقت بالاتری در زمان‌های مختلف برخوردار می‌باشد[۴۹]. در مطالعهٔ دیگری به منظور بررسی رشد و توسعه مناطق شهری در طول زمان با استفاده از تلفیق مدل خودکاره سلولی (*CA*)[3] با مدل رگرسیون *PLS*[4] مشخص شد که مدل *PLS* از دقت بالایی در پیش‌بینی نتایج برخوردار است[۵۰].

به منظور مدل‌سازی داده‌محور رابطه میان شاخص‌های فرم شهری و جرائم از نظر مکانی و زمانی، ابتدا می‌بایست متغیرهای وابسته و مستقل را تعیین نمود. متغیر وابسته همان نرخ مشاهداتی وقوع جرائم است که با استفاده از تحلیل *KDE* در بازه‌های زمانی مختلف تعیین می‌شود. متغیرهای مستقل، شاخص‌های استخراج شده از شبکه راه‌ها، کاربری‌های شهری، شاخص آماری مربوط به جمعیت گروه‌های مختلف سنی ساکن در معابر و چراغ‌های روشنایی موجود در خیابان‌ها هستند. قبل از انجام فرایند مدل‌سازی رابطه میان این شاخص‌های استخراج شده و وقوع جرائم از

[1] *Support Vector Regression (SVR)*
[2] *Linear regression*
[3] *Cellular automata*
[4] *Partial Least Squares (PLS) regression*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

نظر میزان همبستگی مکانی مورد بررسی قرار می‌گیرد که به این منظور از تحلیل شاخص موران[1] استفاده گردید. همچنین قبل از انجام فرایند مدل‌سازی می‌بایست به این نکته توجه داشت که میان متغیرهای مستقل(شامل شاخص‌های استخراج شده) افزونگی وجود نداشته باشد که به این منظور از شاخص تورم واریانس(*VIF*)[2] استفاده می‌شود. به منظور مدل‌سازی مکانی-زمانی جُرم، ابتدا هر یک از انواع جرائم از نظر زمان مربوط به وقوع آن‌ها به چهار بازه زمانی مختلف شامل (۰-۶)، (۶-۱۲)، (۱۲-۱۸) و (۱۸-۲۴) دسته‌بندی می‌گردند. سپس خیابان‌های درگیر در هر یک از این جرائم اتفاق افتاده باهدف انجام فرایند مدل‌سازی و با استفاده از تحلیل *Spatial join* مشخص می‌شوند و پس از تلفیق شاخص-های فرم شهری در مراکز هندسی هریک از آن‌ها به‌عنوان داده‌های آزمون (به‌صورت مجموعه‌ای از نقاط) در نظر گرفته می‌شوند. در مرحله بعد میزان نرخ جرم داده‌های آزمون با استفاده از مقادیر تحلیل *KDE* و انجام تحلیل تقاطع[3] تعیین شده و در نهایت به‌عنوان نقاط ورودی در فرایند مدل‌سازی برای هر یک از بازه‌های زمانی ذکر شده مورداستفاده قرار می‌گیرند.

مدل *GTWR* یا به عبارتی مدل رگرسیون وزن‌دار مکانی-زمانی یک مدل آماری خطی است که قابلیت پیش‌بینی و مدل‌سازی رابطه بین نرخ جرم مشاهداتی معابر و شاخص‌های فرم شهری را دارا می‌باشد. ماهیت این مدل مشابه مدل *GWR* می‌باشد، با این تفاوت که علاوه بر بعد مکان، بعد زمان را هم در نظر می‌گیرد. رابطه (۸) مربوط به این مدل است[۵۱].

رابطه (۸)

$$y_i = B_0(u_i.v_i.t_i) + \sum_k^d B_k(u_i.v_i.t_i)x_{ki} + \varepsilon_i$$
$$.i = 1 \ldots . n$$

در رابطه (۸)، y_i متغیر وابسته (نرخ وقوع جرم در معبر i)، $B_0(u_i.v_i.t_i)$ ضریب ثابت معبر i ، $B_k(u_i.v_i.t_i)$ ضریب مربوط به شاخص فرم شهری k ام در معبر i ، x_{ki} مقدار متغیر مستقل k ام(مقدار شاخص فرم شهری k ام) ، ε_i مقدار خطای مدلسازی و d تعداد متغیرهای مستقل می‌باشد. برای محاسبه ضرایب مربوط به متغیر-های مستقل از رابطه (۹) استفاده می‌گردد. $W(u_i.v_i.t_i)$ نشان‌دهنده وزن مربوط به معبر i ام در یک مکان و پنجره زمانی مشخص است[۵۱].

رابطه (۹)

$$\hat{B} = (X^t W(u_i.v_i.t_i)X)^{-1}X^t W(u_i.v_i.t_i)y$$

$W(u_i.v_i.t_i)$ یک ماتریس قطری می‌باشد که در آن n تعداد معابر ورودی در فرآیند مدل‌سازی است. خروجی این مدل شامل مقادیر ضریب ثابت و ضرایب مربوط به شاخص های فرم شهری برای معابر درگیر در وقوع جرم در پنجره‌های زمان‌های مشخص می‌باشد که میزان اهمیت هر شاخص در نرخ وقوع جرائم را نشان می‌دهد.

۲-۵- پیش‌بینی نرخ جرائم با استفاده از مدل پیشنهادی

به منظور پیش‌بینی نمودن نرخ وقوع جرائم برای سایر معابر و خیابان‌هایی که فاقد داده جرم هستند، بعد از مدل‌سازی خیابان‌های درگیر در وقوع جرم به روشی که در قسمت قبل گفته شد، نرخ جرم برای تمامی خیابان‌های یک ناحیه از منطقه موردنظر(که شامل داده-های آزمون نیز هستند) پیش‌بینی می‌شود. در روش *GTWR* ضرایب به‌دست‌آمده از خروجی فرایند مدل‌سازی، با توجه به مقدار ریشه میانگین مربعات خطا (*RMSE*)[4] و مقدار مشاهداتی نرخ وقوع جرم در مراکز هندسی خیابان‌ها، به‌تمامی خیابان‌ها از جمله خیابان‌های فاقد داده جرم موجود در آن ناحیه نسبت داده می‌شوند. این کار برای یک منطقه مرکزی از شهر لس‌آنجلس انجام شده است که شامل خیابان‌های فاقد داده جرم از میان ۳۰۸۰۶ معبر شهری مختلف می-باشد. یکی از دلایل استفاده از مدل خطی *GTWR* در

[1] *Morans I*
[2] *Variance Inflation Factor*
[3] *Intersect*
[4] *Root Mean Squared Error*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

فرایند پیش‌بینی این است که پس از تعیین مقادیر پیش-بینی کننده‌ی نرخ جُرم برای هر یک از معابر، امکان تعیین سهم هر یک از شاخص‌ها در نرخ وقوع جُرم معابر، از طریق ضرب نمودن ضرایب به‌دست‌آمده در خروجی فرایند مدل‌سازی، در مقدار هر یک از شاخص‌ها وجود دارد. این مهم برای فراهم نمودن یکی از اهداف پژوهش به منظور برآورد تخمینی از نرخ وقوع جُرم بر اساس شاخص‌های مدنظر تحقیق برای طرح‌های آتی شهری، موردنیاز است. درحالی‌که در سایر مدل‌های پیش‌بینی‌کننده غیرخطی امکان تعیین میزان سهم هر شاخص در وقوع جرم برای هر معبر وجود ندارد.

۲-۶- ارزیابی عملکرد مدلسازی

به منظور ارزیابی عملکرد روش مدل‌سازی می‌توان از اختلاف مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده نرخ جرم استفاده نمود که به آن دقت پیش‌بینی می‌گویند. پس از پیش‌بینی مقادیر نرخ جرم برای تمامی معابر موردنظر با استفاده از مدل پیشنهادی پژوهش، در این مرحله به منظور مقایسه میان مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده نرخ وقوع جرائم از شاخص کاپا (*Kappa Cohen's*) استفاده گردید. این شاخص که یک معیار آماری قوی می‌باشد، برای تست قابلیت اطمینان بین ارزیاب کننده‌ها یا درون ارزیاب کننده‌ها استفاده می-شود و مشابه با ضرایب همبستگی می‌تواند مقادیر بین ۱- تا ۱+ داشته باشد که مقدار ۱ نشان‌دهنده توافق کامل بین ارزیاب کننده‌ها و مقدار ۰ نشان‌دهنده اختلاف کامل میان آن‌ها می‌باشد. رابطه (۱۰) مربوط به چگونگی محاسبه این شاخص است[۵۲].

$$k = \frac{Pr(a)-Pr(e)}{1-Pr(e)}$$ رابطه (۱۰)

در رابطه (۱۰)، $Pr(a)$ مقدار توافق مشاهداتی واقعی میان پارامترهای پیش‌بینی‌کننده وقوع جرم و $Pr(e)$ نشان‌دهنده شانس این توافق است.

۲-۷- تعیین میزان تأثیر پارامترهای فرم شهری در وقوع جُرم

با توجه به استفاده از مدلی با ماهیت خطی در فرایند مدل‌سازی، این امکان وجود دارد که میزان تأثیر تک‌تک پارامترهای فرم شهری مورداستفاده در فرایند مدل‌سازی و پیش‌بینی وقوع جرم در معابر، تعیین شود. اگر رابطه (۱۱) را به‌عنوان یک فرم کلی از یک معادله خطی برای پیش‌بینی نرخ وقوع جرم در نظر بگیریم، طبق آن ضرایب β_0 تا β_n میزان اهمیت هر یک از پارامترهای فرم شهری و x_1 تا x_n مقادیر این پارامتر ها را نشان می‌دهند.

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n$$ رابطه (۱۱)

میزان تأثیر شاخص $n-1$ ام در وقوع جرم با داشتن ضریب مربوط به اهمیت این شاخص و مقدار این شاخص در هر معبر به صورت رابطه (۱۲) قابل محاسبه است.

$$E_{n-1}(i.t) = \beta_{n-1}(i.t) * x_{n-1}(i)$$ رابطه (۱۲)

در رابطه (۱۲)، E_{n-1} میزان تأثیر شاخص $n-1$ ام در وقوع جرم در معبر i در پنجره ی زمانی t می‌باشد. به همین ترتیب از این فرآیند می‌توان برای تعیین میزان تأثیر دیگر شاخص‌های فرم شهری در وقوع انواع جرائم برای سایر معابر و در بازه‌های زمانی مختلف استفاده نمود.

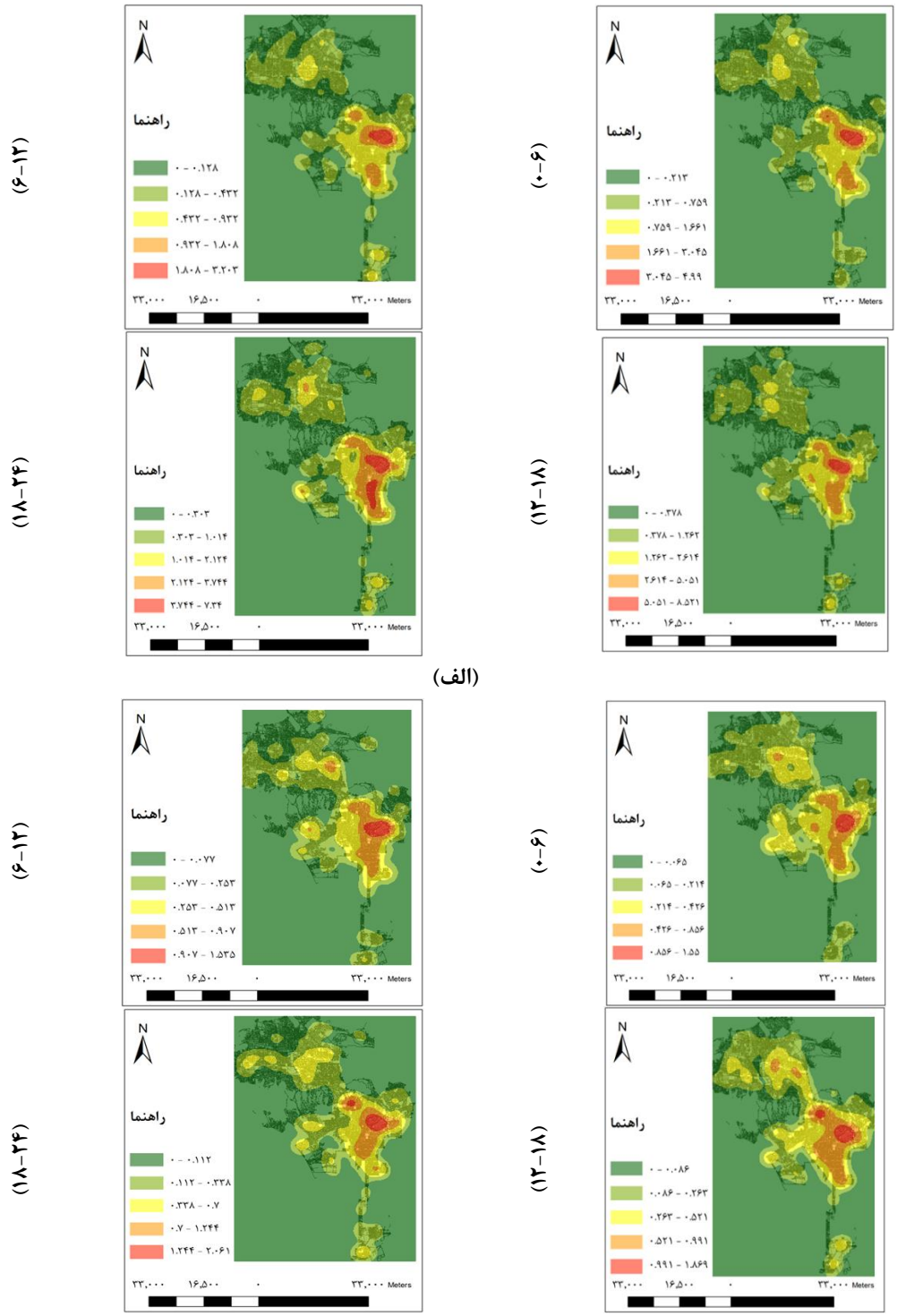
۳- نتایج پیاده سازی مدل

در این بخش، نتایج حاصل از اجرای مدل پیشنهادی پژوهش در منطقه مطالعه موردی، ارائه شده است.

۳-۱- تعیین نرخ جُرم مشاهداتی در معابر

در این مرحله داده‌های مربوط به جرائم پس از جمع‌آوری با توجه به هر نوع از جرم که گزارش شده است، طبقه‌بندی می‌گردند. در مرحله بعد با درنظرگرفتن زمان مربوط به رویداد جرم، هر نوع جرم با توجه به زمان وقوع آن در یکی از بازه‌های زمانی (۶-۰)، (۱۲-۶)، (۱۸-۱۲) و (۱۸-۲۴) قرار می‌گیرد. سپس به منظور تعیین نرخ وقوع جرم در معابر منطقه مطالعاتی، از تحلیل تخمین چگالی هسته (*KDE*) استفاده می‌گردد (شکل (۴)).

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]



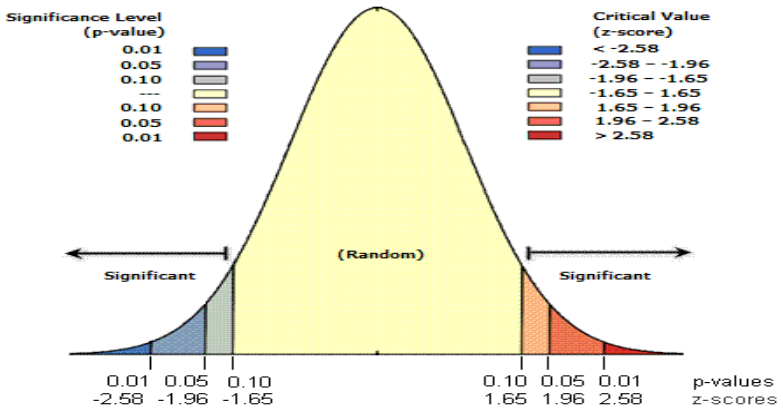
شکل ۴: الف) خروجی تحلیل *KDE* برای جرائم ضرب و شتم و ب) دیوارنویسی در بازه‌های زمانی (۰-۶) ، (۶-۱۲) ، (۱۲-۱۸) و (۱۸-۲۴)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

۳-۲- مدلسازی رابطه میان پارامترهای فرم شهری و جرائم

مقادیر مربوط به خروجی تحلیل همبستگی شاخص موران در جداول (۲) و (۳) نمایش داده شده است. خروجی این تحلیل شامل مقادیر شاخص موران، *P_Value* و انحراف استاندارد (*Z_Score*) می‌باشد. انحراف استاندارد یک معیار آماری پراکندگی مقادیر از میانگین آن‌ها می‌باشد که هر چه مقدار آن بزرگ‌تر باشد، بیانگر یک الگوی طبقه‌بندی شده میان ویژگی‌ها می‌باشد[۵۳]. طبق شکل (۵) می‌توان فهمید که مقادیر *Z_Score* بالاتر از ۲٫۵۸ بیانگر بالاترین مقدار الگوی همبستگی میان نرخ جُرم و مقادیر هر یک از شاخص‌ها می‌باشد. طبق جدول (۲) می‌توان دریافت که با توجه به مقادیر شاخص *Morans I* (نزدیک به ۱ و بزرگتر از آن)، *P_Value* (نزدیک به صفر) و *Z_Score* (بزرگتر از ۲٫۵۸) تقریبا میان تمامی شاخص های استخراج شده و جرائم مختلف یک الگوی طبقه‌بندی شده وجود دارد و به عبارتی تجمع خیابان‌های دارای مقادیر بالا از شاخص‌های گفته شده در یک ناحیه، منجر به افزایش جرم در آن ناحیه می‌گردد.



شکل ۵: نمودار توزیع نرمال رابطه میان مقادیر *Z_Score* ، *P_Value* و الگوی تصادفی یا طبقه‌بندی شده ویژگی‌ها[۵۳]

جدول ۲: مقادیر شاخص *Morans I* ، *P_Value* و *Z_Score* برای تعیین نوع همبستگی مکانی میان شاخص های استخراج شده و جرائم

شاخص فرم	ضرب و شتم *Morans I , P , Z*	دیوارنویسی *Morans I , P , Z*	شاخص فرم	ضرب و شتم *Morans I , P , Z*	دیوارنویسی *Morans I , P , Z*
قابلیت اتصال	۵۱٫۲۶ ۰ ۰٫۹۶	۱۱٫۳۴ ۰ ۰٫۷۰	قابلیت دید	۱۰۱٫۷۴ ۰ ۱٫۹۰	۱۶٫۳۴ ۰ ۱٫۰۲
طول	۳۲٫۸۲ ۰ ۰٫۶۱	۱۴٫۵۹ ۰ ۰٫۹۰	کاربری تجاری	۳۳٫۳۲ ۰ ۰٫۶۱	۹٫۰۸ ۰ ۰٫۵۶
انتخاب-۲	۴۶٫۱۷ ۰ ۰٫۸۶	۱۳٫۳۰ ۰ ۰٫۸۳	کاربری صنعتی	۳۱٫۹۹ ۰ ۰٫۶۰	۱۳٫۷۱ ۰ ۰٫۸۴
انتخاب-۳	۴۱٫۷۵ ۰ ۰٫۷۸	۱۴٫۳۱, ۰ ۰٫۸۹	کاربری مسکونی	۹۰٫۳۸ ۰ ۱٫۶۸	۳۵٫۸۲ ۰ ۲٫۱۲
انتخاب-۴	۳۸٫۰۶ ۰ ۰٫۷۱	۱۴٫۸۹ ۰ ۰٫۹۲	سایر کاربری‌ها	۳۷٫۴۵ ۰ ۰٫۶۸	۱۴٫۰۳ ۰ ۰٫۸۴
ادغام-۲	۵۳٫۵۰ ۰ ۰٫۹۹	۱۲٫۵۵ ۰ ۰٫۷۸	جمعیت(زیر ۱۸)	۵۰٫۵۰ ۰ ۰٫۹۴	۲۷٫۸۳ ۰ ۱٫۷۲
ادغام-۳	۴۸٫۹۱ ۰ ۰٫۹۱	۱۲٫۶۵ ۰ ۰٫۷۹	جمعیت(۱۸-۲۴)	۴۱٫۹۵ ۰ ۰٫۷۸	۱۱٫۰۳ ۰ ۰٫۶۶
ادغام-۴	۴۵٫۱۲ ۰ ۰٫۸۴	۱۳٫۳۲ ۰ ۰٫۸۳	جمعیت(۲۵-۴۴)	۹۴٫۳۸ ۰ ۱٫۷۶	۱۹٫۳۵ ۰ ۱٫۱۹
مجموع عمق-۲	۳۶٫۹۱ ۰ ۰٫۶۹	۱۰٫۸۸ ۰ ۰٫۶۸	جمعیت(۴۵-۶۴)	۲۳۸٫۸۰ ۰ ۴٫۴۲	۱۶٫۶۷ ۰ ۱٫۰۳
مجموع عمق-۳	۲۸٫۰۳ ۰ ۰٫۵۲	۱۱٫۳۴ ۰ ۰٫۷۰	جمعیت(بالای۶۵)	۴۹٫۰۲ ۰ ۰٫۸۸	۵٫۰۹ ۰ ۰٫۲۷
مجموع عمق-۴	۲۸٫۸۳ ۰ ۰٫۵۴	۱۱٫۶۵ ۰ ۰٫۷۲	روشنایی	۴۶٫۸۸ ۰ ۰٫۸۷	۱۳٫۶۷ ۰ ۰٫۸۳

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

در مرحله بعد به منظور جلوگیری از پدیده چندخطی بودن در فرایند مدل‌سازی، از ضریب *VIF* استفاده می‌شود. اگر پیش‌بینی‌کننده‌های مرتبط به هم در یک مدل رگرسیونی با هم بررسی شوند، پدیده چندخطی می‌تواند ایجاد شود. از این پدیده با عنوان افزونگی یا همبستگی بزرگ میان پیش‌بینی‌کننده‌های یک مدل رگرسیون مبنا نیز یاد می‌شود و می‌تواند موجب افزایش خطای استاندارد در مقادیر تخمین‌ها شود. یکی از روش‌های جلوگیری از این پدیده، حذف متغیر یا متغیرهایی است که پدیده افزونگی را ایجاد می‌کنند *[۵۴]*. در این تحقیق به منظور شناسایی این متغیرها از شاخص *VIF* استفاده گردیده است. طبق این شاخص، تنها از متغیرهایی در فرایند مدل‌سازی استفاده می‌گردد که دارای مقادیر *VIF* کمتر یا مساوی با ۷٫۵ باشند *[۵۵]*. در جدول (۳) شاخص‌های مورداستفاده در فرایند مدل‌سازی به همراه مقادیر *VIF* آن‌ها قابل‌مشاهده است و در نهایت برآیند مدل‌سازی با استفاده از معابر درگیر در وقوع جرائم در بازه‌های زمانی مختلف انجام می‌شود (شکل (۶)).

جدول ۳: مقادیر مربوط شاخص تورم واریانس برای شاخص های استخراج شده

شاخص	*VIF*	شاخص	*VIF*	شاخص	*VIF*	شاخص	*VIF*
قابلیت اتصال	۲٫۴۱	مجموع عمق-۳	۲٫۲۷	کاربری مسکونی	۱٫۱۵	جمعیت(۲۵-۴۴)	۷٫۵۶
طول	۲٫۱۷	قابلیت دید	۱٫۱۷	سایر کاربری‌ها	۱٫۰۱	جمعیت(۴۵-۶۴)	۴٫۱۷
انتخاب-۴	۲٫۷۶	کاربری تجاری	۱٫۲۴	جمعیت(زیر ۱۸)	۳٫۱۳	جمعیت(بالای ۶۵)	۱٫۳
ادغام-۴	۴٫۲۷	کاربری صنعتی	۱٫۰۴	جمعیت(۱۸-۲۴)	۲٫۰۱	روشنایی	۲٫۱۱

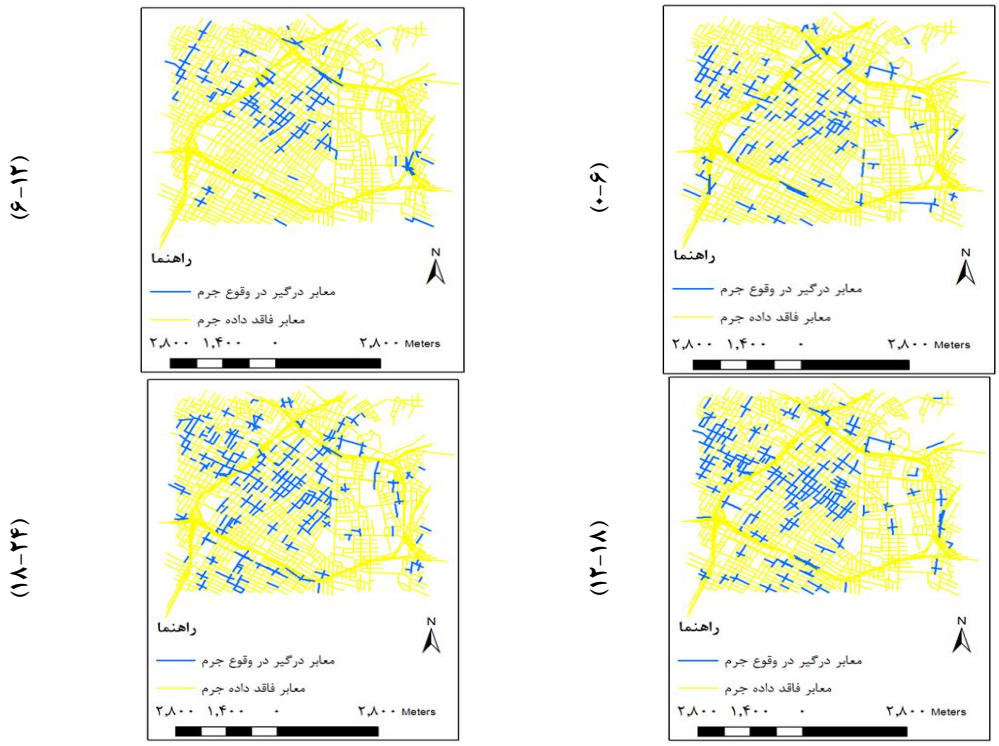
خروجی فرایند مدل‌سازی شامل جداول (۴) و (۵) می‌باشد که مقادیر آن‌ها ارائه دهنده ضرایب مربوط به هر یک از شاخص ها و تغییرات آن‌ها در طول زمان، و بازه زمانی که بیشترین تأثیر مثبت در وقوع هر نوع جرم را داشته اند، است. همچنین مقادیر شاخص‌های *RMSE* ، R^2 و معیار اطلاعات *Akaike* (*AIC*)[1] در خروجی فرآیند مدلسازی تولید می‌شود (جدول (۶)).

RMSE بیانگر ریشه میانگین مربعات خطا هاست و هرچه قدر کمتر باشد خطای مدل‌سازی نیز کمتر است. R^2 برای تعیین عملکرد یک مدل بر مبنای رگرسیون محاسبه شده و میزان مطابقت یک مدل با متغیر وابسته (که همان نرخ جرم) است را نشان می‌دهد و مقداری بین ۰ و ۱ می‌تواند داشته باشد. *AIC* به منظور تعیین پهنای باند مکانی و زمانی بهینه مدل *GTWR* محاسبه شده و بیانگر اختلاف بین مدل تعیین شده و مشاهدات دنیای واقعی می‌باشد *[۵۶]*. همانطور که گفته شد، مقادیر *RMSE* و R^2 مقدار دقت فرآیند مدلسازی را نشان می‌دهند که هر قدر مقدار *RMSE* کمتر و مقدار R^2 بزرگتر باشد، روش مدلسازی از دقت بالاتری برخوردار است.

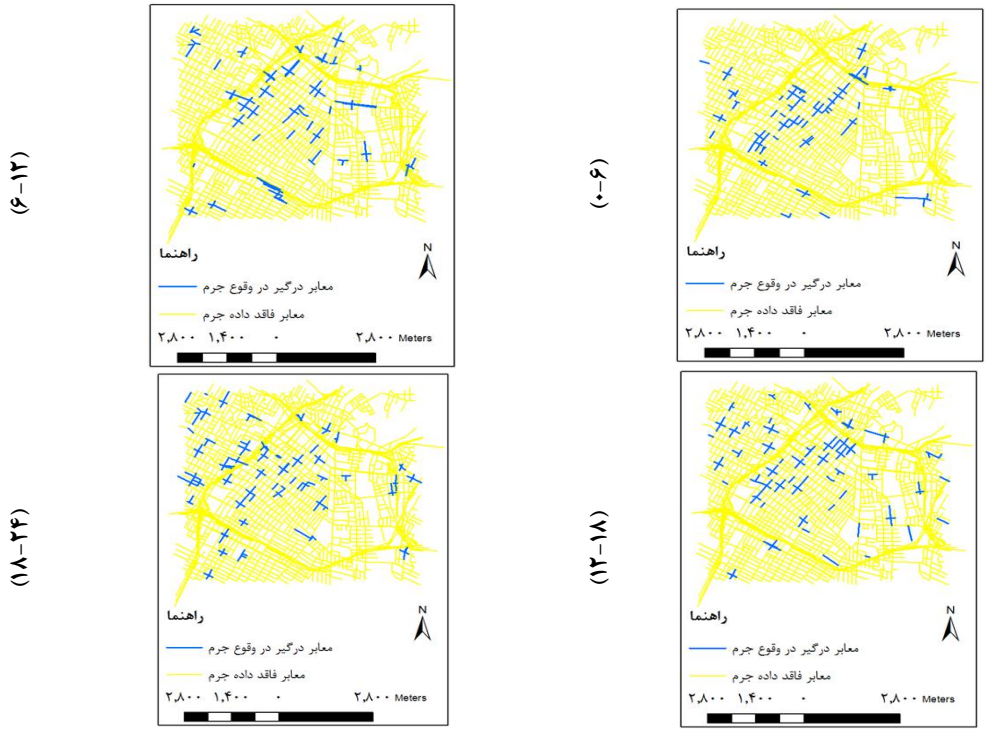
[1] *Akaike information criterion*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]



(الف)



(ب)

شکل۶: الف)خیابان‌های درگیر در وقوع جرم ضرب و شتم و ب)دیوارنویسی در بازه‌های زمانی (۰-۶) ، (۶-۱۲) ، (۱۲-۱۸) و (۱۸-۲۴)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

جدول ۴: مقادیر ضرایب مربوط به مدل *GTWR* برای جرم ضرب و شتم در بازه‌های زمانی مختلف

شاخص‌ها	ضرب و شتم (۰-۶) بیشینه-کمینه	ضرب و شتم (۶-۱۲) بیشینه-کمینه	ضرب و شتم (۱۲-۱۸) بیشینه-کمینه	ضرب و شتم (۱۸-۲۴) بیشینه- کمینه
قابلیت اتصال	-۰٫۳۵۳ ۰٫۰۶۷	-۰٫۳۳۲ ۰٫۰۶۸	-۰٫۳۴ ۰٫۰۹	-۰٫۴۰۶ ۰٫۱۴۴
طول	-۳۵۲٫۴۲۹ ۸٫۱۳۴	-۲۹۰٫۲۶۵ ۲۳٫۲۷۷	-۵۹۰٫۸۱۹ ۴۶٫۵۶	-۶۲۹٫۴۰۳ -۶٫۸۷۶
انتخاب-۴	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۰۰۱	-۰٫۰۰۱ ۰	-۰٫۰۰۳ ۰٫۰۰۰۵	-۰٫۰۰۲ -۰٫۰۰۰۱
ادغام-۴	-۰٫۰۰۶ ۰٫۰۳۵	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۲۸	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۶۲	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۵۴
مجموع عمق-۳	۰ ۰٫۰۰۹	-۰٫۰۰۰۶ ۰٫۰۰۵	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۱۵	-۰٫۰۰۰۸ ۰٫۰۱۱
قابلیت دید	-۰٫۰۰۴ ۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۳ ۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۶ ۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۶ ۰٫۰۰۲
جمعیت(زیر ۱۸)	-۰٫۰۱۹ ۰٫۰۴۸	-۰٫۰۲۷ ۰٫۰۱۴	-۰٫۰۴۲ ۰٫۰۴۵	-۰٫۰۲۷ ۰٫۰۵۶
جمعیت(۱۸-۲۴)	-۰٫۰۲۴ ۰٫۰۲۲	-۰٫۰۱۹ ۰٫۰۲۴	-۰٫۰۴۷ ۰٫۰۶۶	-۰٫۰۴۲ ۰٫۰۸۸
جمعیت(۲۵-۴۴)	-۰٫۰۵۱ ۰٫۰۲۷	-۰٫۰۱۴ ۰٫۰۲	-۰٫۰۶۹ ۰٫۰۵۲	-۰٫۰۸۵ ۰٫۰۲۵
جمعیت(۴۵-۶۴)	-۰٫۰۲۹ ۰٫۰۲۵	-۰٫۰۱۳ ۰٫۰۱۲	-۰٫۰۳۱ ۰٫۰۴	-۰٫۰۳۵ ۰٫۰۱۳
جمعیت(بالای ۶۵)	-۰٫۰۶ ۰٫۰۲	-۰٫۰۳ ۰٫۰۱	-۰٫۰۶۱ ۰٫۰۲۳	-۰٫۰۳۵ ۰٫۰۵۴
کاربری تجاری	-۰٫۰۲۴ ۰٫۰۷۸	-۰٫۰۱۶ ۰٫۰۳۲	-۰٫۰۴۵ ۰٫۱۱۳	-۰٫۰۳۱ ۰٫۱۰۳
کاربری صنعتی	-۰٫۰۳ ۰٫۱۵۴	-۰٫۰۱۹ ۰٫۰۹۶	-۰٫۰۴۴ ۰٫۱۷۱	-۰٫۱۳۶ ۰٫۱۱۷
کاربری مسکونی	-۰٫۰۰۹ ۰٫۰۰۶	-۰٫۰۰۵ ۰٫۰۰۴	-۰٫۰۰۷ ۰٫۰۱۲	-۰٫۰۰۶ ۰٫۰۰۷
سایر کاربری‌ها	۰٫۰۵۴ ۰٫۲۵	-۰٫۲۳۳ ۰٫۳۸	-۰٫۳۱۷ ۰٫۲۳۹	-۰/۱۷۱ ۰٫۲۱۱
روشنایی	-۰٫۰۰۲ ۰٫۰۴۶	-۰٫۰۰۴ ۰٫۰۴۶	-۰٫۰۳۳ ۰٫۰۸۲	-۰٫۰۰۷ ۰٫۰۸۴

جدول ۵: مقادیر ضرایب مربوط به مدل *GTWR* برای جرم دیوارنویسی در بازه‌های زمانی مختلف

شاخص‌ها	دیوارنویسی (۰-۶) بیشینه-کمینه	دیوارنویسی (۶-۱۲) بیشینه-کمینه	دیوارنویسی (۱۲-۱۸) بیشینه-کمینه	دیوارنویسی (۱۸-۲۴) بیشینه-کمینه
قابلیت اتصال	-۰٫۰۸۵ ۰٫۰۲۸	-۰٫۰۷۷ ۰٫۰۸۳	-۰٫۱۳۳ ۰٫۰۱۵	-۰٫۱۳۲ ۰٫۰۳۹
طول	-۹۹٫۶۴۴ ۴۲٫۵۳۷	-۱۲۳٫۶۸۹ ۱۳٫۳۰۴	-۱۲۰٫۸۹۴ ۷٫۳۰۱	-۱۵۵٫۴۱۵ ۳۳٫۲۳۸
انتخاب-۴	۰ ۰٫۰۰۰۶	-۰٫۰۰۰۵ ۰٫۰۰۰۱	-۰٫۰۰۰۸ ۰٫۰۰۰۱	-۰٫۰۰۰۷ ۰٫۰۰۰۱
ادغام-۴	-۰٫۰۰۰۹ ۰٫۰۱۳	-۰٫۰۰۲ ۰٫۰۰۸	-۰/۰۰۱ ۰/۰۱۴	-۰٫۰۰۲ ۰٫۰۱۳
مجموع عمق-۳	-۰٫۰۰۳ ۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۰۴ ۰٫۰۰۳	-۰٫۰۰۰۶ ۰٫۰۰۳	-۰٫۰۰۰۴ ۰٫۰۰۴
قابلیت دید	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۰۰۷	-۰٫۰۰۲ ۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۳ ۰٫۰۰۱
جمعیت(زیر ۱۸)	-۰٫۰۰۸ ۰٫۰۱	-۰٫۰۰۶ ۰٫۰۰۷	-۰٫۰۱۸ ۰٫۰۱۳	-۰٫۰۱۳ ۰٫۰۱۱
جمعیت(۱۸-۲۴)	-۰٫۰۱۴ ۰٫۰۰۷	-۰٫۰۱۶ ۰٫۰۳۷	-۰٫۰۰۴ ۰٫۰۴۱	-۰٫۰۲۳ ۰٫۰۲۵
جمعیت(۲۵-۴۴)	-۰٫۰۰۷ ۰٫۰۰۷	-۰٫۰۱۴ ۰٫۰۰۸	-۰٫۰۱۵ ۰٫۰۰۹	-۰٫۰۲۴ ۰٫۰۱
جمعیت(۴۵-۶۴)	-۰٫۰۱ ۰٫۰۰۶	-۰٫۰۱۳ ۰٫۰۱۱	-۰٫۰۱۴ ۰٫۰۱	-۰٫۰۱۶ ۰٫۰۱۶
جمعیت(بالای ۶۵)	-۰٫۰۰۸ ۰٫۰۱	-۰٫۰۱۵ ۰٫۰۰۸	-۰٫۰۲ ۰٫۰۰۴	-۰٫۰۱۱ ۰٫۰۱۲
کاربری تجاری	-۰٫۰۰۶ ۰٫۰۱۴	-۰٫۰۱۲ ۰٫۰۱	-۰٫۰۲۴ ۰٫۰۱۶	-۰٫۰۲۶ ۰٫۰۱۶
کاربری صنعتی	-۰٫۰۲۴ ۰٫۰۸۳	-۰٫۰۳۶ ۰٫۰۵	-۰٫۰۱۴ ۰٫۰۶۸	-۰٫۱۰۴ ۰٫۱۲
کاربری مسکونی	-۰٫۰۰۳ ۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۷ ۰٫۰۰۶	-۰٫۰۰۶ ۰٫۰۰۶	-۰٫۰۰۱ ۰٫۰۰۵
سایر کاربری‌ها	-۰٫۰۴ ۰٫۱۲۸	-۰٫۰۷۹ ۰٫۱۱۲	-۰٫۰۴۴ ۰٫۱۱	-۰٫۰۹ ۰٫۱۰۹
روشنایی	-۰٫۰۰۸ ۰٫۰۱۶	-۰٫۰۰۵ ۰٫۰۱۶	-۰٫۰۰۲ ۰٫۰۱۵	-۰٫۰۰۸ ۰٫۰۳

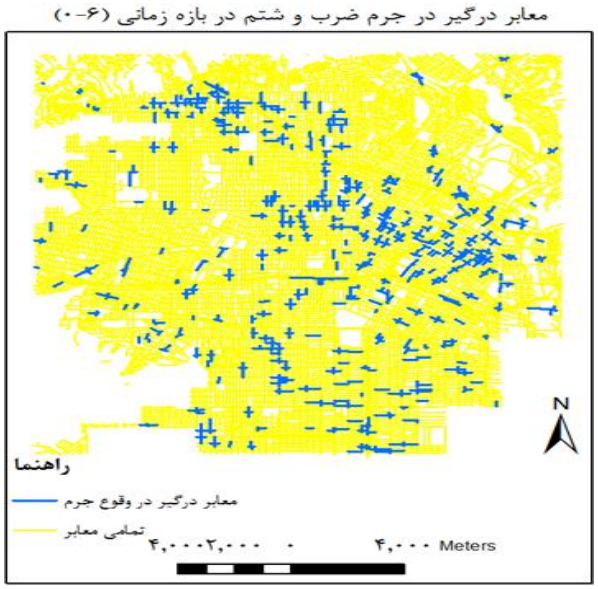
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

جدول ۶: مقادیر شاخص‌های *RMSE*، R^2 و *AICc* مربوط به خروجی مدل *GTWR* به ازای جرائم ضرب و شتم و دیوارنویسی در بازه‌های زمانی مختلف

	ضرب و شتم (۰-۶)	ضرب و شتم (۶-۱۲)	ضرب و شتم (۱۲-۱۸)	ضرب و شتم (۱۸-۲۴)	دیوار-نویسی (۰-۶)	دیوار-نویسی (۶-۱۲)	دیوار-نویسی (۱۲-۱۸)	دیوار-نویسی (۱۸-۲۴)
RMSE	۰٫۶۷۳	۰٫۴۰۱	۱٫۱۴۷	۰٫۹۴۲	۰٫۱۷۱	۰٫۱۵۸	۰٫۲	۰٫۲۵۹
R^2	۰٫۶۸۴	۰٫۷۶۲	۰٫۶۷۲	۰٫۶۷۴	۰٫۷۷۲	۰٫۷۹۷	۰٫۷۵۶	۰٫۷۲۵
AICc	۶۲۶٫۲	۲۲۶۲٫۱۲	۱۴۰۰۶٫۶	۱۲۲۷۲	-۳۸۳٫۸۳۹	-۶۹۱٫۲۱۱	-۱۲۰٫۱۸	۶۴۹٫۳۶۲

با توجه به مقادیر *RMSE* و R^2 در جدول (۶) می‌توان دریافت که مدل *GTWR* دارای عملکرد مناسبی به منظور مدلسازی رابطه میان شاخص‌های فرم شهری و جرم می‌باشد. از طرفی با توجه به این که فرآیند مدلسازی تنها با استفاده از داده‌های آزمون (خیابان‌های درگیر در وقوع جرم) صورت پذیرفته است به منظور ارزیابی نهایی عملکرد مدل مورد استفاده، ابتدا فرآیند پیش‌بینی نرخ وقوع جرم برای تمامی معابر موجود در منطقه (شکل (۷)) که شامل معابر فاقد داده جرم نیز می‌باشند، انجام می‌شود.

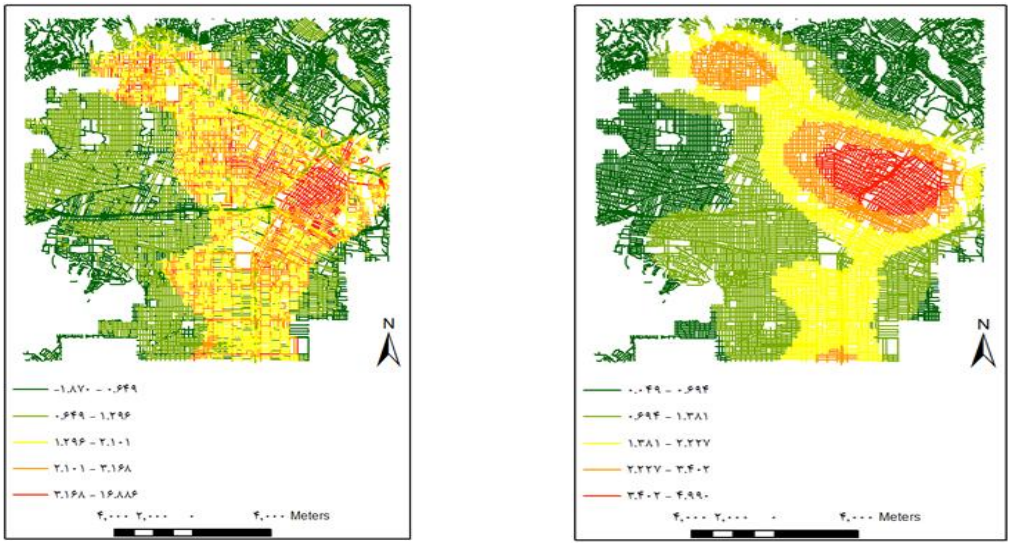


شکل ۷: معابر مورد استفاده در فرآیند پیش‌بینی نرخ جرم

۳-۳- پیش بینی نرخ جُرم

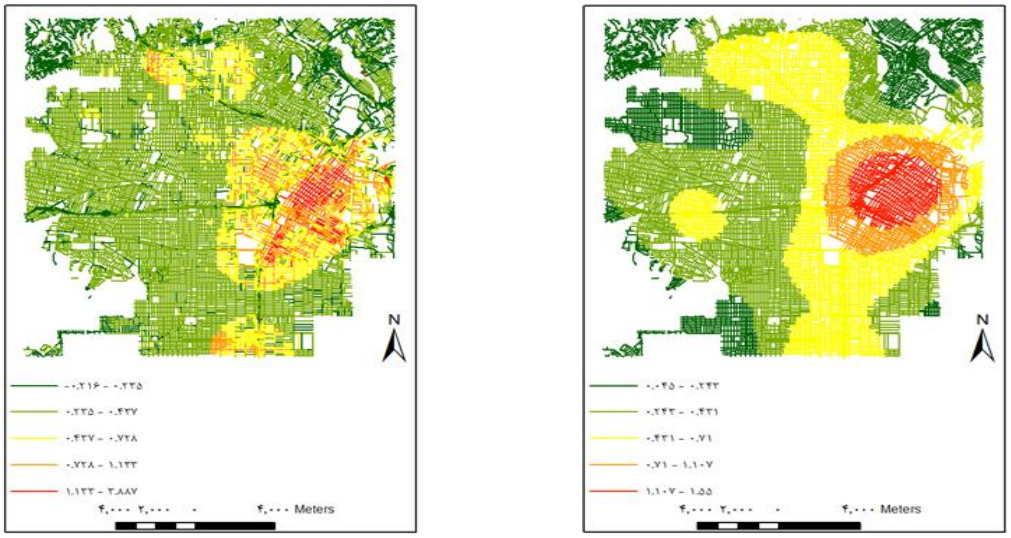
به منظور پیش‌بینی نرخ وقوع جرائم برای معابر موجود در شکل (۷)، در روش *GTWR* ضرایب به‌دست‌آمده در خروجی فرایند مدل‌سازی، با توجه به مقدار *RMSE* و مقدار مشاهداتی نرخ وقوع جرم در مراکز هندسی خیابان‌ها، به‌تمامی خیابان‌های موجود در شکل (۷) نسبت داده می‌شوند. نتایج مربوط به پیش‌بینی نرخ جرم ضرب و شتم و نرخ جرم دیوارنویسی با استفاده از روش مدلسازی *GTWR* برای بازه زمانی (۰-۶) در شکل (۸) و (۹) نشان داده شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]



(ب) (الف)

شکل ۸: الف) مقادیر مشاهداتی و ب) پیش بینی شده، نرخ وقوع جرم ضرب و شتم در مدل *GTWR* در بازه زمانی (۰-۶)



(ب) (الف)

شکل ۹: الف) مقادیر مشاهداتی و ب) پیش بینی شده، نرخ وقوع جرم دیوارنویسی به وسیله مدل *GTWR* در بازه زمانی (۰-۶)

۳-۴- ارزیابی عملکرد مدل

بـه منظـور ارزیـابی نهـایی عملکـرد روش مـدل‌سـازی پیشنهادی این پژوهش، همان‌طور که گفته شد از شاخص کاپا استفاده می‌گردد. در جدول (۷) مقادیر شاخص کاپـا برای مقایسه مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده نرخ وقوع جرائم در معابر منطقه موردنظر در شکل (۷) برای بـازه-های زمانی مختلف استفاده شـده اسـت. طبـق مقـادیر جدول (۷) مقدار شاخص کاپـا بـرای مـدل *GTWR* بـه طورمیانگین در محدوده ۵۵ درصد است. بنـابراین مـی-توان نتیجـه گرفـت کـه مـدل *GTWR* دارای دقتـی در محدوده متوسط به بالا در پیش‌بینی نرخ جُرم معـابر در منطقه مورد نظر می‌باشد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

جدول ۷: مقادیر شاخص کاپا مربوط به پیش بینی نرخ جرم برای منطقه دارای معابر فاقد داده جرم در بازه‌های زمانی مختلف با استفاده از مدل *GTWR*

شاخص کاپا	دیوارنویسی	شاخص کاپا	ضرب و شتم
۰٫۴۰۴	(۰-۶)	۰٫۶۱۵	(۰-۶)
۰٫۵۲۳	(۶-۱۲)	۰٫۵۵۸	(۶-۱۲)
۰٫۴۵۵	(۱۲-۱۸)	۰٫۵۶۰	(۱۲-۱۸)
۰٫۶۸۹	(۱۸-۲۴)	۰٫۵۴۴	(۱۸-۲۴)

۳-۵- بررسی میزان تأثیر شاخص‌های استخراج شده در وقوع جُرم در بُعد زمان و مکان

برای تعیین میزان تأثیر هر شاخص در وقوع جرائم مختلف با استفاده از مدل *GTWR*، می‌بایست از طریق فرایند ضرب نمودن ضرایب مربوط به هر کدام از شاخص‌ها در خروجی فرایند مدل‌سازی در مقدار هر شاخص اقدام شود (جدول (۸)). انجام این کار در درجه اول سبب می‌شود که میزان تأثیر شاخص‌های مورداستفاده در فرایند مدل‌سازی، بر وقوع جرم در طول بازه‌های زمانی مختلف مشخص شود. همچنین این فرایند موجب می‌شود که معابر و خیابان‌هایی که به‌واسطه تأثیر این شاخص‌ها دارای نرخ جرم بالایی هستند در طول بازه-های زمانی مختلف شناسایی گردند.

طبق جدول (۸) بر اساس تحلیل داده‌ها مقادیر مربوط به میزان تأثیر حداکثر شاخص‌های فرم شهری بر وقوع جرم ضرب و شتم و دیوارنویسی در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه شده است. همچنین برای هر دسته از شاخص-های شبکه، کاربری و جمعیتی یک شاخص که دارای بیشترین مقدار تأثیر در نرخ جرم است به عنوان موثرترین شاخص در نظر گرفته شده که مقادیر مربوط به آن‌ها به صورت پر رنگ مشخص شده‌اند.

جدول ۸: میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها در وقوع جرم ضرب و شتم و جرم دیوارنویسی در بازه‌های زمانی مختلف

بیشترین تأثیر شاخص‌ها	ضرب و شتم (۰-۶)	ضرب و شتم (۶-۱۲)	ضرب و شتم (۱۲-۱۸)	ضرب و شتم (۱۸-۲۴)	دیوار-نویسی (۰-۶)	دیوار-نویسی (۶-۱۲)	دیوار-نویسی (۱۲-۱۸)	دیوار-نویسی (۱۸-۲۴)
قابلیت اتصال	۰٫۱۲۷	۰٫۱۹۳	۰٫۳۵۶	۰٫۷۹۷	۰٫۱۴۲	۰٫۳۵۵	۰٫۰۶	۰٫۱۱۷
طول	-۰٫۰۰۰۸	-۰٫۰۰۰۲	۰	۰	۰٫۱۲۵	۰٫۰۳۴	-۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۰۴
انتخاب-۴	۰	۰٫۰۰۰۴	۰	۰	۰	۰٫۰۳۵	۰	۰
ادغام-۴	**۳٫۸۳۸**	**۳٫۱۴۴**	**۶٫۴۶۶**	**۵٫۲۴**	**۱٫۷۹۹**	۰٫۸۶۲	**۱٫۴۱۸**	**۱٫۲۸۴**
مجموع عمق-۳	۲٫۴۴۵	۱٫۸۱۸	۴٫۹	۳٫۵۴۳	۰٫۴۶	**۰٫۹۲۱**	۱٫۰۵۲	۱٫۱۲۷
قابلیت دید	-۰٫۰۰۵۲	۰٫۶۱۶	۰٫۲۶۶	۰٫۵۰۹	۰٫۰۴۶	۰٫۰۸	۰٫۲۰۳	۰٫۱۳۳
کاربری تجاری	**۱۳٫۵۷۸**	۱٫۱۶۳	**۱۱٫۵۸**	**۴٫۷۶۶**	۱٫۰۱	۰٫۳۷۴	۰٫۴۰۴	۰٫۰۹۹
کاربری صنعتی	۳٫۶۱۹	۱٫۷۴۲	۳٫۸۰۹	۳٫۱۳۸	۱٫۰۶۵	۰٫۵۲۷	۰٫۴۹۵	**۱٫۳۶۷**
کاربری مسکونی	۰٫۰۶۸	۰٫۴۱۳	۰٫۲۲۸	۰٫۹۸۸	۰٫۱۰۱	۰/۰۰۰۸	۰٫۱۸۵	۰٫۱۷۶
سایر کاربری‌ها	۶٫۲۶۶	**۷٫۸۵۹**	۱٫۵۰۹	۴٫۲۳۹	**۳٫۷۰۶**	**۱٫۴۶۷**	**۱٫۲۷۹**	۰٫۲۲۴
جمعیت(زیر ۱۸)	۰٫۳۴۳	۰	۰٫۸۹۸	۰٫۶۳۸	۰٫۰۰۰۴	۰٫۳۳۴	۰٫۰۴۱	۰٫۱۲۳
جمعیت(۱۸-۲۴)	۰	۱٫۴۰۴	**۷٫۱۹۴**	**۴٫۹۵۹**	۰٫۳۷۹	**۱٫۹۹۶**	**۲٫۳۷**	۲٫۱۶۹
جمعیت(۲۵-۴۴)	**۶٫۶۵۹**	**۱٫۹۷۹**	۳٫۱۶۸	۲٫۴۹۷	**۱٫۲۱۶**	۰٫۸۶۲	۰٫۰۸۵	۱٫۰۱۳
جمعیت(۴۵-۶۴)	۰	۰٫۹۵۴	۱٫۱۹۹	۱٫۳۷۶	۰٫۱۱۷	۱٫۳۰۶	۰٫۱۲۶	۰٫۰۴۴
جمعیت(بالای ۶۵)	۳٫۴۳	۱٫۵۱	۲٫۴۷۴	۱٫۲۱	۰٫۲۳۶	۰٫۰۱۳	۰٫۲۵۲	**۲٫۴۶۴**
روشنایی	۵٫۴۰۶	۴٫۲۰۷	۱۰٫۶۸۸	۸٫۱۲۸	۱٫۲۶۱	۱٫۲۸۹	۱٫۶۲۸	۵٫۵۵۳

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

در مرحله بعد به منظور درک میزان اهمیت هر یک از این شاخص‌های انتخاب شده از جنبه مکانی نقشه مربوط به مقادیر تلفیق شده میزان اهمیت این شاخص-ها در شبکه معابر تولید می‌شود که در شکل (۱۰) قابل مشاهده است. با توجه به نقشه‌های طبقه‌بندی تولید شده در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) می‌توان مشاهده نمود که در هر یک از بازه‌های زمانی مقادیر مورداستفاده برای شاخص‌های مربوط به معابر مکمل یکدیگر هستند و برآیند آنها میزان نرخ وقوع جرم برای هر یک از معابر را مشخص می‌کند. همان‌طور که مشاهده شد از میان شاخص‌های شبکه راه‌ها، شاخص ادغام-۴ در بازه‌های زمانی (۰-۶)، (۱۲-۱۸) و (۱۸-۲۴) دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرائم در تمامی معابر ناحیه موردنظر می-باشد. شاخص مجموع عمق-۳ در بازه زمانی (۶-۱۲) دارای تأثیر مثبت بر وقوع جرم دیوارنویسی در برخی از معابر ناحیه موردنظر می‌باشد.

از میان شاخص‌های مربوط به کاربری‌های شهری، شاخص‌های کاربری تجاری، سایر کاربری‌ها و کاربری صنعتی دارای بیشترین تأثیر بر وقوع انواع جرائم هستند. شاخص کاربری تجاری در بازه‌های زمانی (۰-۶)، (۱۲-۱۸) و (۱۸-۲۴) دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرم ضرب و شتم در برخی از معابر ناحیه موردنظر می‌باشد. شاخص مربوط به سایر کاربری‌ها در بازه زمانی (۶-۱۲) دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرائم ضرب و شتم و دیوارنویسی و در بازه‌های زمانی (۶-۰) و (۱۲-۱۸) دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرم دیوارنویسی در برخی از معابر محدوده موردنظر می-باشد. شاخص کاربری صنعتی در بازه زمانی (۱۸-۲۴) دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرم دیوارنویسی در تمامی معابر ناحیه موردنظر می‌باشد.

در مورد شاخص مربوط به جمعیت گروه‌های سنی ساکن در معابر، تمامی گروه‌های سنی به غیر از گروه-های سنی زیر ۱۸ سال و ۴۵ تا ۶۴ سال، دارای بیشترین تأثیر بر نرخ وقوع انواع جرائم هستند. گروه سنی ۱۸ تا ۲۴ سال در بازه زمانی (۱۲-۱۸) برای جرائم ضرب و شتم و دیوارنویسی دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرم در برخی از معابر ناحیه موردنظر می-باشد. گروه سنی ۲۵ تا ۴۴ سال در بازه زمانی (۰-۶) دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرم ضرب و شتم در تمامی معابر و دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرم دیوارنویسی در برخی از معابر ناحیه موردنظر می‌باشد. گروه سنی بالای ۶۵ سال در بازه زمانی (۱۸-۲۴) دارای تأثیر مثبت بر نرخ وقوع جرم دیوارنویسی در برخی از معابر منطقه موردنظر می‌باشد.

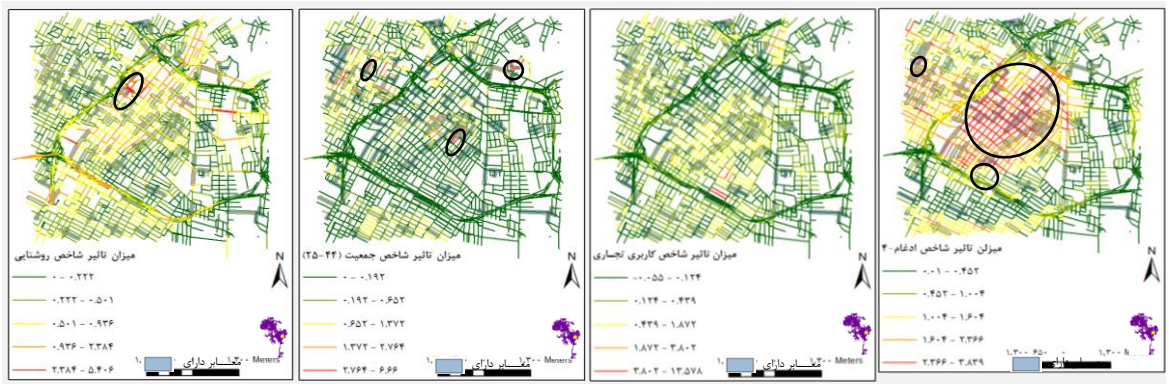
شاخص مربوط به تیرهای روشنایی معابر در تمامی بازه‌های زمانی شبانه‌روز دارای تأثیر بر نرخ وقوع انواع جرائم می‌باشد. این شاخص در بازه‌های زمانی شبانه (۶-۰) و (۱۸-۲۴) برای جرم دیوارنویسی دارای بیشترین تأثیر منفی بر نرخ وقوع جرم در برخی از معابر ناحیه موردنظر می‌باشد.

همچنین در شکل (۱۰) و شکل (۱۱) علاوه بر نمایش میزان تأثیر مؤثرترین شاخص‌ها بر نرخ وقوع جرائم در شبکه معابر، محدوده معابر دارای جرمی که دارای بیشترین تأثیر از هر یک از این شاخص‌ها هستند با رنگ سیاه مشخص شده‌اند که می‌توان براین‌اساس علت وقوع جرم در هر یک از آن‌ها را به بالابودن مقدار آن شاخص نسبت داد. به‌عنوان مثال در شکل (۱۰) و در بازه زمانی ۰ تا ۶ شاخص ادغام-۴ سبب بروز جرائم در معابر موجود در محدوده‌های سیاه‌رنگ شده است. برای سایر بازه‌های زمانی نیز محدوده‌هایی(سیاه‌رنگ) که شامل معابر دارای جرمی که دارای بیشترین تأثیر از شاخص‌های منتخب هستند، مشخص شده‌اند؛ بنابراین این دیدگاه می‌تواند به‌عنوان یک الگو در جهت شناسایی عوامل محیطی مؤثر در وقوع جرائم در معابر شهری و همچنین در راستای چگونگی طراحی و برنامه‌ریزی محیط شهری مورد استفاده قرار گیرد.

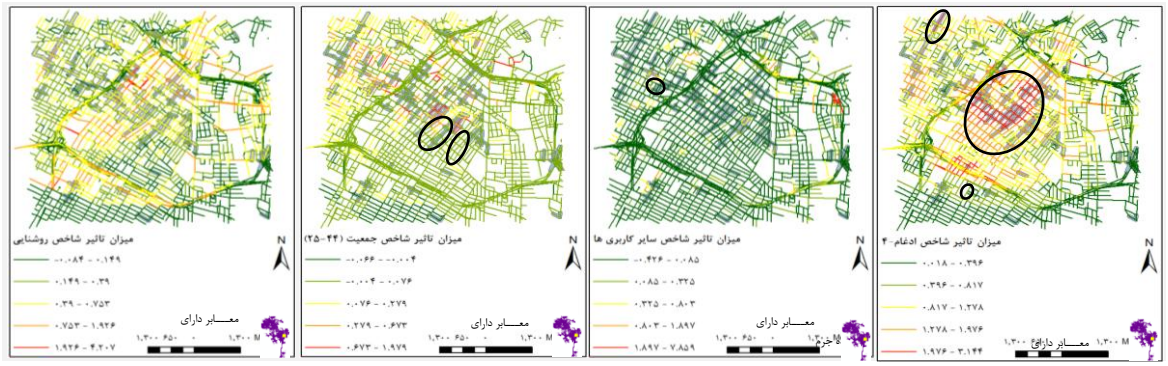
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

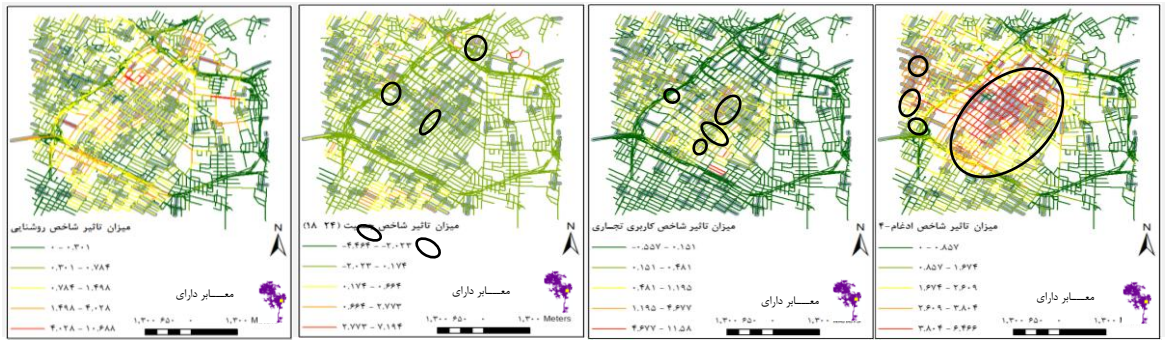
ضرب و شتم (۰-۶)



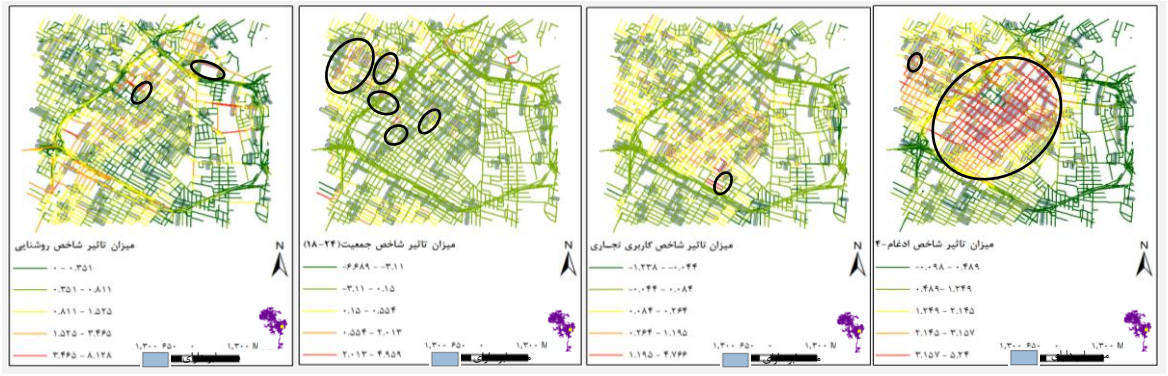
ضرب و شتم (۶-۱۲)



ضرب و شتم (۱۲-۱۸)



ضرب و شتم (۱۸-۲۴)

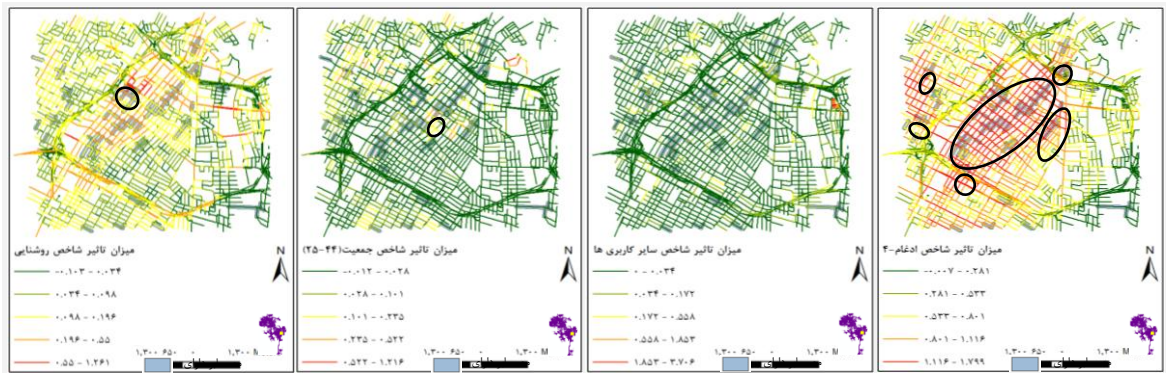


شکل۱۰: نقشه‌های طبقه‌بندی شده معابر بر اساس میزان تأثیر موثرترین شاخص‌ها در وقوع جرم ضرب و شتم برای بازه‌های زمانی مختلف

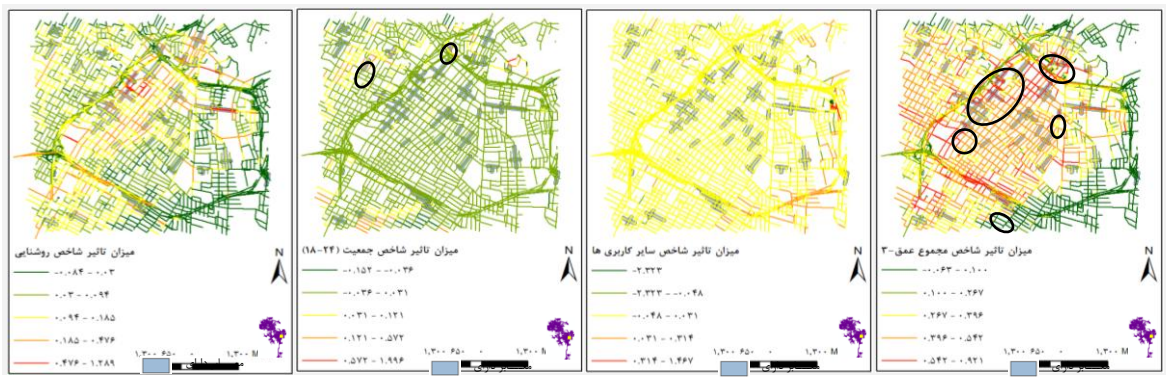
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

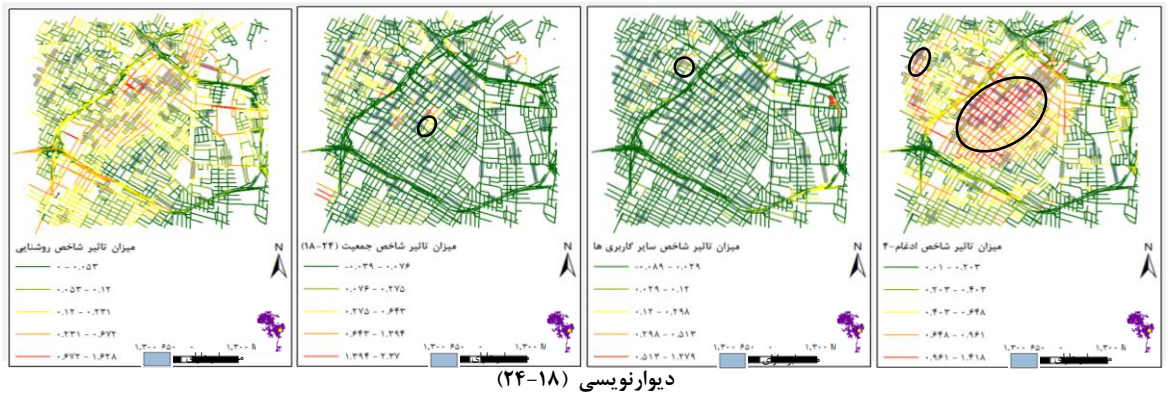
دیوارنویسی (۰-۶)



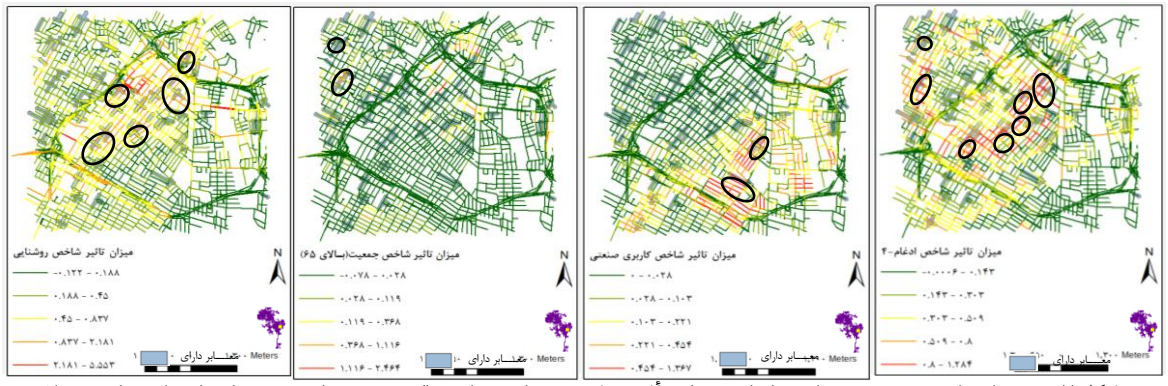
دیوارنویسی (۶-۱۲)



دیوارنویسی (۱۲-۱۸)



دیوارنویسی (۱۸-۲۴)



شکل۱۱: نقشه‌های طبقه‌بندی شده معابر بر اساس میزان تأثیر موثرترین شاخص‌ها در وقوع جرم دیوارنویسی برای بازه‌های زمانی مختلف

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

همان‌طور که گفته شد وقوع جرم در محیط‌های شهری تا حدود زیادی به فعالیت افراد در این محیط باز می‌گردد. از آن جایی که عمده فعالیت شهروندان به‌صورت حمل‌ونقل و جابه‌جایی از طریق شبکه معابر است، بنابراین در این تحقیق به بررسی نقش شبکه راه‌ها و سایر پارامترها و اطلاعات مربوط به آن در وقوع جرم پرداختیم. در این راستا ساختار شبکه معابر و نوع طراحی آن، کاربری‌ها و زیرساخت‌های شهری درون این شبکه معابر و همچنین سایر اطلاعات آماری مربوط به معابر و مناطق مختلف شهری مورد ارزیابی قرار گرفت. منابع اطلاعاتی مورداستفاده در این زمینه علاوه بر داده‌های رسمی، شامل اطلاعات مکانی مردم‌گستر (*VGI*) بود. پس از تلفیق این دو نوع منبع داده، از آن‌ها به منظور استخراج شاخص‌های فرم شهری و تعیین نرخ وقوع جرم معابر در زمان‌های مختلف استفاده گردید. در نهایت به منظور بررسی ارتباط شاخص‌های فرم شهری و وقوع جرم، از روش مدل‌سازی *GTWR* در بعد مکان و زمان استفاده شد تا تأثیر شاخص‌های فرم شهری در وقوع جرم مشخص شود و با تعمیم نتایج حاصل از فرایند مدل‌سازی برای تمامی معابر یک ناحیه از منطقه مطالعاتی، بتوان مؤثرترین شاخص‌ها در بعد مکان و زمان را شناسایی نمود.

در این تحقیق مشخص شد که از میان شاخص‌های شبکه راه‌ها، شاخص قابلیت ادغام با شعاع همسایگی ۴ به دلیل ایجاد قابلیت دسترسی برای معابر از همه مسیرها موجب فراهم‌شدن شرایط برای ارتکاب تمامی انواع جرائم به‌خصوص در بازه‌های زمانی مربوط به قبل از ظهر می‌شود. شاخص مجموع عمق با شعاع همسایگی ۳ به دلیل ایجاد تراکم در اتصالات معابر موجب مهیا نمودن شرایط برای فرار مجرم شده و سبب می‌شود که ردیابی مجرم دشوارتر شود. این شاخص در بازه زمانی بعدازظهر که مربوط به ساعات کاری روزانه است دارای بیشترین تأثیر بر روی جرائم می‌باشد. از میان شاخص‌های مربوط به کاربری شهری، شاخص کاربری تجاری در ساعات غیرکاری ابتدایی و پایانی روز به دلیل تعطیل بودن موجب افزایش وقوع جرائم می‌شود. شاخص مربوط به سایر کاربری‌ها (مانند آموزشی، اداری) در ساعات تعطیلی بعدازظهر به دلیل تعطیل بودن آن‌ها موجب وقوع جرائم می‌شود. شاخص کاربری صنعتی در ساعات پایانی شبانه‌روز به دلیل تعطیل بودن آن‌ها موجب روی‌دادن برخی از جرائم می‌گردد. از میان گروه‌های سنی مختلف ساکن در معابر، گروه سنی ۱۸ تا ۲۴ و ۲۵ تا ۴۴ سال به دلیل داشتن توانایی جسمی بالاتر در تمامی بازه‌های زمانی از شبانه‌روز مرتکب جرم می‌شوند. گروه سنی بالای ۶۵ سال به دلیل داشتن توانایی جسمی پایین در بازه زمانی پایانی از شبانه‌روز مورد سوءقصد به وسیله جرم دیوارنویسی قرار می‌گیرند. شاخص مربوط به تیرهای روشنایی معابر به دلیل ایجاد روشنایی در ساعات ابتدایی و پایانی شبانه‌روز موجب کاهش وقوع برخی از جرائم می‌گردد.

از میان تحقیقاتی که در زمینه رابطه میان پارامترهای مختلف فرم شهری با وقوع جرائم صورت پذیرفته است، مطالعاتی وجود دارند که نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق را تأیید می‌نمایند. به‌عنوان مثال تحقیق انجام شده توسط بلا (۲۰۱۷) نشان می‌دهد که از میان شاخص‌های مربوط به شبکه معابر، شاخص قابلیت ادغام دارای تأثیر مثبت قابل‌توجه و شاخص انتخاب دارای تأثیر مثبت و نزدیک به صفر بر وقوع جرائم هستند [۱۸]. مطالعه انجام شده توسط دیویس (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که افزایش تعداد کاربری‌های مسکونی سبب کاهش جرم سرقت از اماکن می‌شود[۲۰].

از مزایای نتایج این تحقیق نسبت به تحقیقات ذکر شده، می‌توان به دستیابی به‌دقت بالاتر در فرایند مدل‌سازی مکانی -زمانی، امکان پیش‌بینی نرخ جرم برای معابر، تعیین سهم هر شاخص در وقوع جرائم در مقیاس‌های مکانی و زمانی ریزتر، یعنی برای واحد

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

مکانی قطعه معبر و در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر (هر ۶ ساعت) و امکان شناسایی مؤثرترین شاخص‌های وقوع جرم به تفکیک هر معبر و در بازه‌های زمانی مختلف از شبانه‌روز، اشاره کرد.

به‌عنوان انجام کارهای تحقیقاتی بیشتر در این زمینه می‌توان اقداماتی را در جهت افزایش دقت فرایند مدل‌سازی انجام داد، از جمله افزایش تعداد پارامترهای پیش‌بینی‌کننده مانند استفاده از معیار نزدیکی معابر به ایستگاه‌های پلیس، ایستگاه‌های اتوبوس و حمل‌ونقل عمومی، استفاده از کاربری‌های با تنوع بیشتر مانند کاربری‌های تفریحی، اداری و سایر اماکن دیگر. در فرایند مدل‌سازی نیز می‌توان از مدل‌های دیگری به منظور بررسی عملکرد آن‌ها در جهت دستیابی به‌دقت بالاتر در پیش‌بینی نتایج استفاده نمود. همچنین تلفیق مدل *GTWR* با روش‌های دیگر و افزایش تعداد و حجم داده‌های مربوط به جرائم می‌تواند موجب بهبود عملکرد و نتایج مدل شود.

مراجع

[1] D.-W. Sohn, "Residential crimes and neighbourhood built environment: Assessing the effectiveness of crime prevention through environmental design (CPTED)," Cities, vol. 52, pp. 86-93, 2016.

[2] J. S. Lee, S. Park, and S. Jung, "Effect of crime prevention through environmental design (CPTED) measures on active living and fear of crime," Sustainability, vol. 8, no. 9, p. 872, 2016.

[3] T. Crow, "Crime prevention through environmental design," ed: Boston: Butter Worth-Heiman, 2000.

[4] S. P. Carter, S. L. Carter, and A. L. Dannenberg, "Zoning out crime and improving community health in Sarasota, Florida:"crime prevention through environmental design"," American Journal of Public Health, vol. 93, no. 9, pp. 1442-1445, 2003.

[5] P. M. Cozens, "Sustainable urban development and crime prevention through environmental design for the British city. Towards an effective urban environmentalism for the 21st century," Cities, vol. 19, no. 2, pp. 129-137, 2002.

[6] S. Kajalo and A. Lindblom, "Creating a safe and pleasant shopping environment: A retailer's view," Property Management, vol. 33, no. 3, pp. 275-286, 2015.

[7] S. Ballintyne, K. Pease, and V. McLaren, Secure foundations: key issues in crime prevention, crime reduction and community safety. Institute for Public Policy Research, 2000.

[8] B. Hillier, "Can streets be made safe?," Urban design international, vol. 9, pp. 31-45, 2004.

[9] M. Saraiva and P. Pinho, "A comprehensive and accessible approach to crime prevention in the planning and design of public spaces," Urban Design International, vol. 16, pp. 213-226, 2011.

[10] L. Summers and S. D. Johnson, "Does the configuration of the street network influence where outdoor serious violence takes place? Using space syntax to test crime pattern theory," Journal of quantitative criminology, vol. 33, pp. 397-420, 2017.

[11] Y. Xu, C. Fu, E. Kennedy, S. Jiang, and S. Owusu-Agyemang, "The impact of street lights on spatial-temporal patterns of crime in Detroit, Michigan," Cities, vol. 79, pp. 45-52, 2018.

[12] G. Boeing, "Measuring the complexity of urban form and design," Urban Design International, vol. 23, no. 4, pp. 281-292, 2018.

[13] C. Ye, Y. Chen, and J. Li, "Investigating the influences of tree coverage and road density on property crime," ISPRS

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

International Journal of Geo-Information, vol. 7, no. 3, p. 101, 2018.

[14] L. Sun et al., "Explore the Correlation between Environmental Factors and the Spatial Distribution of Property Crime," ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 11, no. 8, p. 428, 2022.

[15] L. G. Alves, H. V. Ribeiro, E. K. Lenzi, and R. S. Mendes, "Distance to the scaling law: a useful approach for unveiling relationships between crime and urban metrics," PloS one, vol. 8, no. 8, p. e69580, 2013.

[16] I. Setiawan, M. Dede, D. Sugandi, and M. A. Widiawaty, "Investigating urban crime pattern and accessibility using geographic information system in Bandung City," KnE Social Sciences, pp. 535–548-535–548, 2019.

[17] L. Nubani and J. Wineman, "The role of space syntax in identifying the relationship between space and crime," in Proceedings of the 5th space syntax symposium on space syntax, delft, holland, 2005, pp. 13-17.

[18] E. di Bella, M. Corsi, L. Leporatti, and L. Persico, "The spatial configuration of urban crime environments and statistical modeling," Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, vol. 44, no. 4, pp. 647-667, 2017.

[19] M. Zeng, Y. Mao, and C. Wang, "The relationship between street environment and street crime: A case study of Pudong New Area, Shanghai, China," Cities, vol. 112, p. 103143, 2021.

[20] T. Davies and S. D. Johnson, "Examining the relationship between road structure and burglary risk via quantitative network analysis," Journal of Quantitative Criminology, vol. 31, pp. 481-507, 2015.

[21] Y. Lamari, B. Freskura, A. Abdessamad, S. Eichberg, and S. de Bonviller, "Predicting spatial crime occurrences through an efficient ensemble-learning model," ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 9, no. 11, p. 645, 2020.

[22] C. Cowen, E. R. Louderback, and S. S. Roy, "The role of land use and walkability in predicting crime patterns: A spatiotemporal analysis of Miami-Dade County neighborhoods, 2007–2015," Security Journal, vol. 32, pp. 264-286, 2019.

[23] M. Mahfoud, W. Bernasco, S. Bhulai, and R. van der Mei, "Forecasting spatio-temporal variation in residential burglary with the integrated laplace approximation framework: Effects of crime generators, street networks, and prior crimes," Journal of Quantitative Criminology, vol. 37, pp. 835-862, 2021.

[24] A. Rummens, W. Hardyns, and L. Pauwels, "The use of predictive analysis in spatiotemporal crime forecasting: Building and testing a model in an urban context," Applied geography, vol. 86, pp. 255-261, 2017.

[25] T. Hu, X. Zhu, L. Duan, and W. Guo, "Urban crime prediction based on spatio-temporal Bayesian model," PloS one, vol. 13, no. 10, p. e0206215, 2018.

[26] M. Attard, M. Haklay, and C. Capineri, "The potential of volunteered geographic information (VGI) in future transport systems," Urban Planning, vol. 1, no. 4, pp. 6-19, 2016.

[27] G. Javadi, M. Taleai, ''Integration of User Generated Geo-contents and Official Data to Assess Quality of Life in Intra-national Level''. Social Indicators Research, vol 152, no. 1, pp.205-235, 2020.

[28] M. Jelokhani-Niaraki, R. Bastami Mofrad, Q. Yazdanpanah Dero, F. Hajiloo, and A. Sadeghi-Niaraki, "A volunteered geographic information system for monitoring and managing urban crimes: a case study of Tehran, Iran," Police Practice and Research, vol. 21, no. 6, pp. 547-561, 2020.

[29] A. Keler and J. D. Mazimpaka, "Safety-aware routing for motorised tourists based on open data and VGI," Journal of location Based services, vol. 10, no. 1, pp. 64-77,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

2016.

[30] USA TODAY, <https: www.usatoday.com >.

[31] Missouri Census Data Center, U.S. Bureau of theCensus, <https:mcdc.missouri.edu>.

[32] Los Angeles Geo Hub, U.S. government, <https:geohub.lacity.org>.

[33] B. R. Prathap and K. Ramesha, "Geospatial crime analysis to determine crime density using Kernel density estimation for the Indian context," J Comput Theor Nanosci, vol. 171, pp. 74-86, 2020.

[34] S. P. Chainey, "Examining the influence of cell size and bandwidth size on kernel density estimation crime hotspot maps for predicting spatial patterns of crime," Bulletin of the Geographical Society of Liege, vol. 60, pp. 7-19, 2013.

[35] Esri 1969, global market leader in geographic information system (GIS) website, GIS DICTIONARY < https://support.esri.com>.

[36] K. Karimi, "A configurational approach to analytical urban design:'Space syntax'methodology," Urban Design International, vol. 17, no. 4, pp. 297-318, 2012.

[37] V. M. Netto, "'What is space syntax not?'Reflections on space syntax as sociospatial theory," Urban Design International, vol. 21, pp. 25-40, 2016.

[38] W. Dettlaff, "Space syntax analysis– methodology of understanding the space," PhD Interdisciplinary Journal, vol. 1, pp. 283-291, 2014.

[39] S. Griffiths, "The use of space syntax in historical research: current practice and future possibilities," in Proceedings of the Eighth International Space Syntax Symposium, 2012, vol. 8193, pp. 1-26: PUC (8193) Santiago de Chile.

[40] W. Zheng, N. Du, and X. Wang, "Understanding the city-transport system of urban agglomeration through improved space syntax analysis," International Regional Science Review, vol. 45, no. 2, pp. 161-187, 2022.

[41] F. van der Hoeven and A. van Nes, "Improving the design of urban underground space in metro stations using the space syntax methodology," Tunnelling and Underground Space Technology, vol. 40, pp. 64-74, 2014.

[42] C. Alalouch, S. Al-Hajri, A. Naser, and A. Al Hinai, "The impact of space syntax spatial attributes on urban land use in Muscat: Implications for urban sustainability," Sustainable Cities and Society, vol. 46, p. 101417, 2019.

[43] D. Sahajramani, S. Purkayastha, J. Ranjit, and A. Vyas, "Determination of correlation between street accessibility and crimes using space syntax network graph analysis," in Proceedings of the 39th Asian Conference on Remote Sensing, Kuala Lumpur, Malaysia, 2018, pp. 15-19.

[44] A. Jayasinghe, K. Sano, and K. Rattanaporn, "Application for developing countries: Estimating trip attraction in urban zones based on centrality," Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), vol. 4, no. 5, pp. 464-476, 2017.

[45] Q. Guo, P. Xu, X. Pei, S. Wong, and D. Yao, "The effect of road network patterns on pedestrian safety: A zone-based Bayesian spatial modeling approach," Accident Analysis & Prevention, vol. 99, pp. 114-124, 2017.

[46] D. Comer and J. S. Greene, "The development and application of a land use diversity index for Oklahoma City, OK," Applied Geography, vol. 60, pp. 46-57, 2015.

[47] S. R. Gehrke and K. J. Clifton, "Operationalizing land use diversity at varying geographic scales and its connection to mode choice: Evidence from Portland, Oregon," Transportation Research Record, vol. 2453, no. 1, pp. 128-136, 2014.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

[48] K. G. Willis, N. A. Powe, and G. D. Garrod, "Estimating the value of improved street lighting: A factor analytical discrete choice approach," Urban Studies, vol. 42, no. 12, pp. 2289-2303, 2005.

[49] J. Ahn, E. Ko, and E. Y. Kim, "Highway traffic flow prediction using support vector regression and Bayesian classifier," in 2016 International conference on big data and smart computing (BigComp), 2016, pp. 239-244: IEEE.

[50] Y. Feng, M. Liu, L. Chen, and Y. Liu, "Simulation of dynamic urban growth with partial least squares regression-based cellular automata in a GIS environment," ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 5, no. 12, p. 243, 2016.

[51] J. Shim and C. Hwang, "Kernel-based geographically and temporally weighted autoregressive model for house price estimation," PloS one, vol. 13, no. 10, p. e0205063, 2018.

[52] M. L. McHugh, "Interrater reliability: the kappa statistic," Biochemia medica, vol. 22, no. 3, pp. 276-282, 2012.

[53] T. Prior, F. Roth, L. Maduz, and F. Scafetti, "Mapping social vulnerability in Switzerland: a pilot study on flooding in Zürich," ETH Zurich2017.

[54] C. G. Thompson, R. S. Kim, A. M. Aloe, and B. J. Becker, "Extracting the variance inflation factor and other multicollinearity diagnostics from typical regression results," Basic and Applied Social Psychology, vol. 39, no. 2, pp. 81-90, 2017.

[55] Esri 1969, global market leader in geographic information system (GIS) website, ArcGIS Pro, Tool Refrence, Geoprocessing Tools, Spatial Statistics toolbox, Modeling Spatial Relationships toolset concepts, How Exploratory Regression works, < https://pro.arcgis.com>.

[56] A. S. Fotheringham, R. Crespo, and J. Yao, "Geographical and temporal weighted regression (GTWR)," Geographical Analysis, vol. 47, no. 4, pp. 431-452, 2015.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.12, No.4, Winter 2025

Research Paper

Analysis and Zoning of Urban Crime Using Integration of Traditional Spatial Data and VGI

Mohammad Hadi Ahmadi [1], Mohammad Taleai [2]*

1- MSc of geospatial information system at Faculty of Geomatics, K. N. Toosi University of Technology
2- Professor of GeoInformatics at Faculty of Geomatics, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

Among the crimes that occur in cities, some are influenced by urban form, land use, and road network characteristics, such as road types, visibility, lighting, etc. These factors can either deter or facilitate street-level criminal activities. While the traditional data generated by the trusted organizations, such as mapping agencies or municipalities, has been used to study this phenomenon for years, recent technological advancements have introduced new data sources known as user-generated or volunteered geographic information (VGI), which offer advantages such as high_speed updating and unrestricted accessibility. By integrating VGI with the traditional data and crime-related information, various spatial analyses can be conducted, including the exploration of the relationship between the urban form and street crimes. In this research, we initially examined the connection between crime occurrences and the urban forms using the GTWR data-driven method, which achieves an average forecasting accuracy of 55%. Next , we identified the most influential indicators in the occurrence of crimes and used them to estimate the possibility of crime occurrence on different roads. The results obtained from this approach can provide the urban planners with valuable insights which help them estimate the probability of crime perpetration within the proposed urban plans and propose the best urban forms that can prevent crime perpetration in the urban areas.

Key words: *Crime, Volunteered geographic information (VGI), urban form indexes, urban analysis, spatial data mining.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61882/jgit.12.4.57]

Correspondence Address: *GIS Group, Department of Geomatics, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.*
Tel : *021-88877071*
Email*: taleai@kntu.ac.ir*