ارزیابی شدت حواس‌پرتی راننده ناشی از استفاده از تلفن همراه با استفاده از ابزارهای GIS

مقاله علمی - پژوهشی

غزل حسین زاده کاشانی، دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

***روزبه شاد (نویسنده مسئول)**، دانشیار، گروه راه و ترابری، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

سید علی ضیائی، دانشیار، گروه راه و ترابری، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول:r.shad@um.ac.ir**

دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۲- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

صفحه ۳۲۸-۳۱۹

چکیده

افزایش استفاده از تلفن همراه در حین رانندگی به یکی از چالش‌های مهم ایمنی ترافیک در کشورهای توسعه‌یافته تبدیل شده است. این مطالعه با هدف شناسایی و تحلیل فضایی حواس‌پرتی رانندگان ناشی از استفاده از تلفن همراه (اعم از مکالمه و ارسال پیامک) در شهر سان مونتگومری، ایالت مریلند ایالات متحده، انجام شده است. داده‌های تصادفات رانندگی طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ از پایگاه اطلاعاتی پلیس محلی استخراج و در سه دسته شدت‌سارتی، جرحی و فوتی طبقه‌بندی گردید. سپس داده‌ها به محیط نرم‌افزار سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی منتقل و با استفاده از روش تخمین چگالی هسته، الگوهای مکانی پراکندگی تصادفات شناسایی شد. برای تحلیل شدت حواس‌پرتی، از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده گردید و متغیرهایی چون ویژگی‌های راننده، شرایط محیطی، ویژگی‌های خودرو و شدت تصادف، در قالب شاخص‌های نرمال شده وارد مدل شدند. نتایج نشان داد که لکه‌های با شدت بالای حواس‌پرتی ناشی از ارسال پیامک عمدتاً در نواحی اطراف مدارس، مراکز خرید و مناطق با فعالیت‌های متمرکز هستند. در مقابل، شدت مکالمه با تلفن همراه بیشترین تمرکز را در ناحیه مرکزی، در مجاورت ایستگاه مترو و مراکز تجاری پرتردد دارد. تحلیل مکانی الگوهای حواس‌پرتی نشان داد که این رفتارهای پرخطر در مناطق دارای کاربری مختلط، تراکم بالای جمعیت و حجم زیاد ترافیک بیشتر بروز می‌یابند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به مدیران شهری در طراحی سیاست‌های پیشگیرانه و مداخلات ایمنی هدفمند در نقاط پرریسک کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: حواس‌پرتی راننده، تلفن همراه حین رانندگی، تخمین چگالی هسته، رگرسیون وزنی جغرافیایی، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی

۱- مقدمه

مطالعات اخیر در زمینه تصادفات وسایل نقلیه نشان داده است که حواس‌پرتی رانندگان تأثیر منفی بیشتری بر ایمنی رانندگی در مقایسه با عواملی نظیر مستی ناشی از مصرف الکل و خستگی دارد (Qin et al., 2019). سازمان ملی ایمنی حمل‌ونقل بزرگراه‌های آمریکا، حواس‌پرتی در رانندگی را هرگونه فعالیتی تعریف می‌کند که باعث انحراف توجه راننده از رانندگی ایمن شود (National Highway Traffic Safety Administration, 2020). یکی از رایج‌ترین انواع حواس‌پرتی راننده، حواس‌پرتی دستی است. حواس‌پرتی دستی زمانی رخ می‌دهد که راننده دست‌های خود را از روی فرمان برداشته و به انجام کاری غیرمرتبط با رانندگی می‌پردازد. در این دسته از حواس‌پرتی، اقداماتی نظیر استفاده از تلفن همراه، صحبت با سرنشینان، تنظیم رادیو، کار با سیستم ناوبری، استفاده از سایر تجهیزات درون خودرو و خم شدن برای برداشتن شیء

در صندلی عقب قرار می‌گیرند. این نوع از حواس‌پرتی راننده در دسته‌بندی کارهای ثانویه نیز قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، تمامی فعالیت‌هایی که راننده را از وظیفه اصلی یعنی رانندگی منحرف می‌کنند یا بخشی از وظیفه اصلی محسوب نمی‌شوند، به عنوان کارهای ثانویه شناخته می‌شوند (Ferdinand & Menachemi, 2014; Liang & Yang, 2021; Moslemi et al., 2021; Sun et al., 2021). امروزه استفاده گسترده از تلفن همراه در حین رانندگی به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های ایمنی در سطح جهانی تبدیل شده است. بررسی‌ها در مدیریت کارهای ثانویه هنگام رانندگی نشان داده است که استفاده از تلفن همراه، از جمله مکالمات، استفاده از اپلیکیشن‌ها و ارسال پیامک، طی سال‌های اخیر به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است (Huemer et al., 2018). استفاده از تلفن همراه هنگام رانندگی در سال ۲۰۲۲ در ایالات متحده باعث مرگ ۴۰۲ نفر، بیش از ۲۶۰۰۰۰ مورد جراحت در تصادفات وسایل نقلیه موتوری، و ۱۰ میلیارد دلار هزینه اقتصادی (شامل هزینه‌های درمانی و خدمات فوریت‌های پزشکی) شده است (Wu et al., 2022).

مسئله حواس‌پرتی راننده، به‌ویژه ناشی از استفاده از تلفن همراه، طی دهه گذشته توجه قابل‌توجهی را در پژوهش‌های ایمنی ترافیک به خود جلب کرده است. مطالعات متعددی آثار نامطلوب استفاده از تلفن همراه حین رانندگی بر نرخ تصادفات و شدت جراحات را مستند کرده‌اند.

حواس‌پرتی ناشی از تلفن همراه شامل ابعاد بصری، دستی و شناختی است که همگی توانایی راننده در کنترل ایمن وسیله نقلیه را تضعیف می‌کنند (Wu et al., 2022). افزایش مالکیت گوشی‌های هوشمند و کاربردهای مبتنی بر اینترنت همراه موجب تشدید شیوع حوادث رانندگی ناشی از حواس‌پرتی در سطح جهان شده است. بررسی‌های اخیر هرناندز و رحمان (۲۰۲٤) نشان داده است که مناطق تحت پوشش سیگنال تلفن همراه و حجم ترافیک جاده‌ای، تأثیر قابل‌توجهی بر نرخ تصادفات ناشی از حواس‌پرتی دارند؛ به‌طوری‌که پوشش بالای شبکه و حجم بالای تماس‌ها با افزایش ریسک تصادف و شدت جراحات همبستگی دارد (Hernandez & Rahman, 2014). در تکمیل این یافته‌ها، گاریاتزو و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از نقشه‌برداری جمعیتی مبتنی بر سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی نشان دادند که افزایش حجم ترافیک تلفن همراه به‌طور مستقیم با نرخ بالاتر تصادفات فوتی مرتبط است و شواهد تجربی ارزشمندی را برای مداخلات هدفمند مکانی فراهم می‌کند (Gariazzo et al., 2018). ادغام GIS در پژوهش‌های ایمنی ترافیک، امکان تحلیل الگوهای مکانی و زمانی تصادفات را برای پژوهشگران فراهم کرده است. تحلیل‌های مبتنی بر GIS در شناسایی نقاط پرخطر و درک توزیع جغرافیایی حواس‌پرتی راننده نقش مؤثری دارند (Shahi, 2022). مطالعات لی و همکاران (۲۰۱۹) این رویکرد را با ترکیب داده‌های حسگرهای تلفن همراه و بسترهای GIS توسعه دادند و توانستند صحنه‌های رانندگی پرخطر را به‌صورت فردمحور شناسایی کنند که رویکردی مقیاس‌پذیر برای پایش شخصی ایمنی جاده ارائه می‌دهد (Li et al., 2019). یک مرور نظام‌مند جامع توسط حسن و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی روش‌های گردآوری داده، چارچوب‌های تحلیل تصادفات و راهبردهای مداخله‌ای مرتبط با حواس‌پرتی راننده پرداخت و بر ضرورت ثبت یکپارچه وظایف ثانویه مانند استفاده از تلفن همراه در پایگاه‌های داده تصادفات تأکید کرد (Hasan et al., 2022). علاوه بر این، توربا‌غان و همکاران (۲۰۲۲) ظرفیت فناوری‌های دیجیتال نوظهور (شامل سامانه‌های پایش راننده مبتنی بر تلفن همراه) را در کاهش ریسک حواس‌پرتی به‌صورت آنی برجسته کردند. تحلیل‌های تجربی بیشتر توسط حسن و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از مدل‌های لاجیت آمیخته برای بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات ناشی از حواس‌پرتی در نیوجرسی انجام شد و نشان داد که رفتار راننده در ارتباط با استفاده از تلفن همراه به‌طور معناداری احتمال وقوع تصادف را به‌ویژه در مناطق شهری افزایش می‌دهد(Torbaghan et al., 2018). یافته‌های مشابهی توسط گارسیا–هریرو و همکاران (۲۰۲۱) ارائه شد که نشان داد چگونه حواس‌پرتی‌های ناشی از فناوری به تخلفات رانندگی و در نهایت افزایش شدت تصادفات منجر می‌شوند(Garcia-Herrero et al., 2021).

با وجود آگاهی عمومی نسبت به خطرات استفاده از تلفن همراه حین رانندگی، هنوز شکاف‌های قابل توجهی در درک ابعاد فضایی و مکانی این پدیده وجود دارد. مطالعات پیشین عمدتاً بر عوامل فردی یا روان‌شناختی متمرکز بوده‌اند، در حالی که تأثیرات محیطی، موقعیت‌های جغرافیایی و شدت‌های مکانی در بروز تصادفات کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. از این‌رو، بهره‌گیری از ابزارهای تحلیل فضایی مانند GIS می‌تواند چشم‌اندازهای جدیدی در شناسایی نقاط پرخطر و درک بهتر

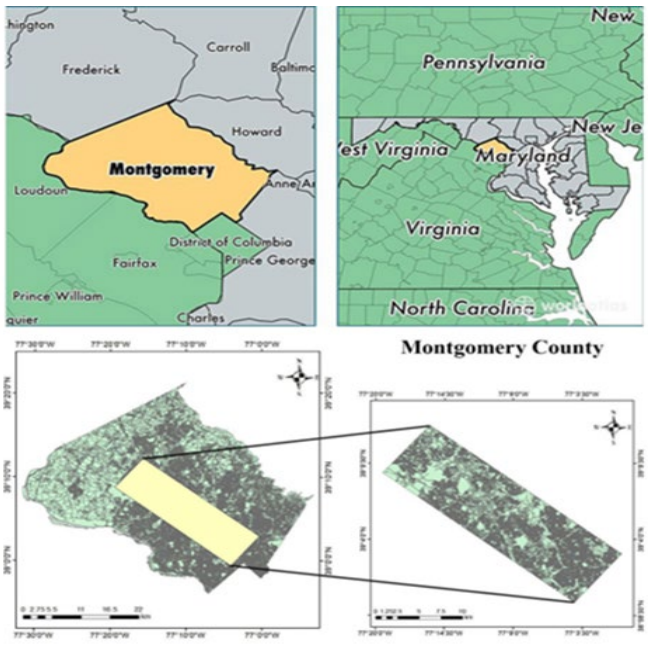
الگوهای مکانی حواس‌پرتی رانندگان ارائه دهد. هدف این پژوهش، تحلیل فضایی شدت و پراکندگی حواس‌پرتی ناشی از استفاده از تلفن همراه و بررسی ارتباط آن با ویژگی‌های محیطی، وسیله نقلیه و راننده با استفاده از رویکرد GIS و مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) است.

۲-محدوده مورد مطالعه

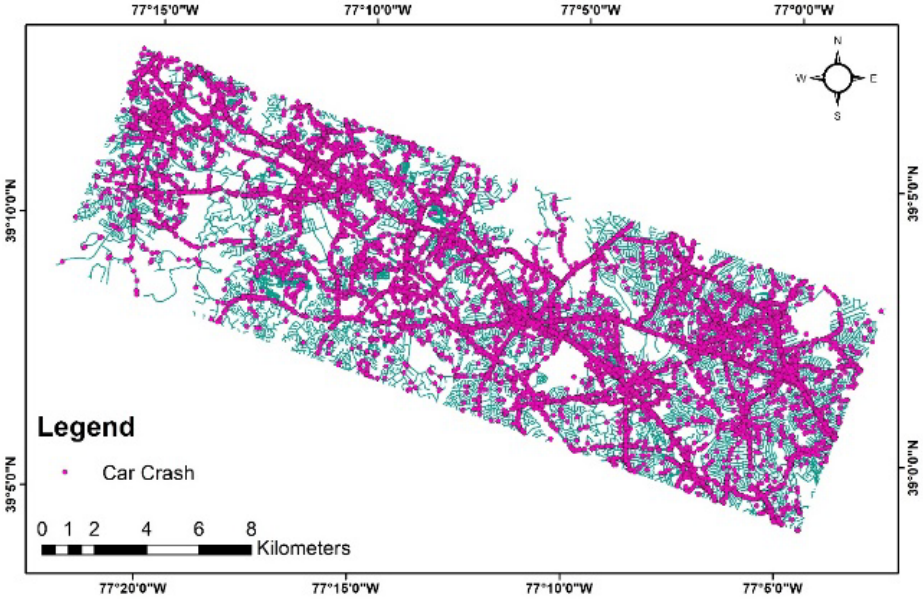
حدوده‌ی این مطالعه شهرستان مونتگومری در مریلند را شامل می‌شود. شهرستان با بالاترین جمعیت در مریلند که در "۳۹°۰۸'۱۱ شمالی "۷۷°۱۲'۱۵ غرب واقع شده است. مساحت این شهرستان ۴۹۷ مایل مربع است و در مجاورت پایتخت ایالات متحده، واشنگتن دی سی قرار دارد. بر اساس گزارش اداره حمل‌ونقل مونتگومری، بیش از ۵۹۰۰۰ تصادف از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ رخ داده است که منجر به بیش از ۱۲۰۰ جراحت تهدید کننده زندگی و تقریباً ۱۵۰ کشته شده است (Transportation MCDO, 2019). به منظور ارزیابی حواس‌پرتی راننده ناشی از استفاده از تلفن همراه، منطقه‌ای که حاوی تعداد زیادی تصادف بود به عنوان محدوده مورد مطالعه جدا شد. شکل ۱ محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳-داده‌ها

در این پژوهش، از پایگاه داده تصادفات شهرستان مونتگومری استفاده شده است که از طریق سامانه خودکار ثبت تصادفات متعلق به پلیس ایالت مریلند در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ گردآوری شده است. شکل ۲ نقاط تصادفات را نمایش می‌دهد. در این مطالعه، سه عامل اصلی مؤثر بر ایمنی ترافیک انتخاب شدند: راننده، وسیله نقلیه و محیط پیرامونی (Sathyanarayana, 2013). برای هر یک از این عوامل، یک یا چند متغیر انتخاب شد. برای عامل راننده، متغیرهای هوشیاری راننده (از نظر مصرف الکل، دارو و مواد روان گردان) و حواس‌پرتی راننده در نظر گرفته شد؛ برای عامل وسیله نقلیه، متغیرهای سن وسیله نقلیه و سالم بودن تجهیزات آن انتخاب گردید؛ و برای عامل محیط پیرامونی، متغیرهای وضعیت آب‌وهوا، شرایط سطح روسازی راه و وضعیت روشنایی لحاظ شد. برای سنجش شدت هر متغیر، بر اساس پیشنهادهای کارشناسان، به هر متغیر عددی بین صفر تا یک اختصاص داده شد. تنها متغیر حواس‌پرتی راننده از این قاعده مستثنا بود؛ چرا که شدت آن مشخص نیست و فقط وقوع یا عدم وقوع نوع خاصی از حواس‌پرتی ثبت شده است. بر اساس سایر متغیرها، هدف این مطالعه ارزیابی شدت حواس‌پرتی راننده ناشی از استفاده از تلفن همراه بود.



شکل ۱. نقشه شهرستان مونتگومری و محدوده مطالعاتی



شکل ۲. توزیع تصادفات در محدوده مطالعاتی

٤- تخمین چگالی هسته

به تصویر کشیدن آمار مکانی نقش قابل‌توجهی در توصیف و ارائه رویدادهای مکانی دارد. ابزارهای مکانی بسیاری برای کمک به درک تغییر جغرافیای الگوهای نقاط در دسترس است. مناسب‌ترین این ابزارها، تخمین چگالی هسته است که عموماً نتایج دقیقی را ارائه می‌دهد و نیازی به دانش قبلی ندارد (Anderson, 2009; Özcan & Küçükönder, 2020; Polat & Ozden, 2006). تخمین چگالی هسته به توانایی شناسایی الگوهای مکانی بر اساس چگالی رویدادها با توجه به فاصله بین هر نقطه و رویداد مشهور است. با استفاده از تخمین چگالی، الگوی نقطه‌ای نه تنها در محل رخداد بلکه در هر نقطه از محدوده‌ی مطالعاتی دارای چگالی است. روش تخمین چگالی هسته این امکان را به ما می‌دهد که رویدادها را در یک صفحه مدل کرده و خوشه‌های مکانی را به تصویر بکشیم. این روش مزایای زیادی دارد، اما مزیت اصلی آن این است که می‌تواند گسترش خطر تصادف را تخمین بزند. گسترش ریسک به منطقه اطراف یک خوشه تعریف‌شده اشاره دارد که در آن تصادف به دلیل وابستگی مکانی شانس بیشتری برای وقوع دارد. به‌علاوه، این روش چگالی به ما اجازه می‌دهد تا یک واحد فضایی همگن را برای تجزیه‌وتحلیل تعریف کنیم که امکان مقایسه و طبقه‌بندی را فراهم می‌کند. روش تخمین چگالی هسته همچنین به ما امکان می‌دهد شدت تصادف را بر اساس فوتی، جرحی یا هیچ‌کدام ارزیابی کنیم (Hashimoto et al., 2016; Shafabakhsh et al., 2017; Yücel, 2020).

تخمین چگالی هسته یک سطح متقارن را در نقطه مرکزی قرار می‌دهد تا فاصله بین نقطه مرکزی و مکان‌های تصادف را ارزیابی کند. در این ارزیابی، تمام سطوح در یک محل تصادف معین با استفاده از یک تابع ریاضی و سپس جمع‌کردن مقادیر آن‌ها ارزیابی می‌شود. پس از تکرار این روش برای نقاط متوالی، با جمع‌کردن هسته‌ها روی هر مشاهده، یک تخمین چگالی برای توزیع نقاط تصادف به دست می‌آید (Fotheringham et al., 2000).

معادله (۱) یک تابع کلی تخمین چگالی هسته را تعریف می‌کند.

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

در این معادله، $f(x,y)$ تخمین چگالی را در مکان (x,y) نشان می‌دهد؛ n تعداد کل تصادفات است؛ h به پهنای باند اشاره دارد؛ K تابع هسته است که اثر کاهش فاصله را محاسبه می‌کند و d_i فاصله بین مکان (x,y) و تصادف iام را تعیین می‌کند (Levine, 2004).

در این مطالعه، از روش تخمین چگالی هسته به‌عنوان یکی از قابلیت‌های پردازش داده‌های مکانی در ArcGIS برای تعیین شدت تصادفات استفاده شد. این کار با کمک فرمول زیر انجام گرفت که پیش‌تر توسط متخصصان این حوزه پیشنهاد شده بود.

$$Accident\ \text{Severity}=0.5012\times F+0.3520\times \text{I}+0.1468\times \text{P} \qquad (۲)$$

در این فرمول F نشان‌دهنده تصادفات فوتی، I نشان‌دهنده تصادفات جرحی و P نشان‌دهنده تصادفات خسارتی است.

رگرسیون وزنی جغرافیایی

داده‌های عددی را می‌توان با استفاده از روش‌های رگرسیون مدل‌سازی و تحلیل کرد. رگرسیون وزنی جغرافیایی یک تکنیک جدید برای مدل‌سازی فرآیندهای مکانی ناهمگن است و به دلیل قابلیت تجزیه‌وتحلیل بالا و جزئیات‌گرا بودن، قادر است نتایج دقیقی را ارائه دهد (Ahmadi et al., 2018). روش رگرسیون وزنی جغرافیایی با ترکیب یک پارامتر جغرافیایی در رگرسیون جهانی پدیدار شد (Chu, 2012). ضرایب مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی که بر اساس مختصات مکانی است، برخلاف مدل‌های رگرسیون حداقل مربعات معمولی، در کل محدوده مطالعاتی ثابت نمی‌ماند. اولین بار از رگرسیون وزنی جغرافیایی در علوم اجتماعی استفاده شد و با محبوبیت یافتن، کاربرد آن به علوم طبیعی نیز گسترش یافت. امروزه از این روش در زمینه‌های مختلف مطالعاتی مانند علوم انسانی، علوم طبیعی، شهرسازی، علوم محیطی، سنجش از دور، علوم کشاورزی و علوم زمین‌شناسی استفاده می‌شود. رگرسیون وزنی جغرافیایی ارتباط بین متغیرهای جغرافیایی مربوط به موقعیت جغرافیایی هر نمونه را فراهم می‌کند و می‌تواند پارامترهای مربوطه را به‌صورت محلی ارزیابی کند. بنابراین، رگرسیون وزنی جغرافیایی تغییرات مکانی را بهتر، به عنوان یک تابع محلی، نسبت به سایر روش‌های عمومی ارائه می‌دهد. علاوه بر این، رگرسیون وزنی جغرافیایی می‌تواند روابط مکانی غیرثابت مانند متغیرهای جغرافیایی را شناسایی کند (Nazarpour et al., 2022). معادله (۳) مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی را تعریف می‌کند:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \qquad (۳)$$

(u_i, v_i) نشان‌دهنده محل نقطه i در فضا است؛ β_0 محل تقاطع است؛ β_k ضریب متغیرهای مستقل است که با هر نقطه نمونه‌گیری تغییر می‌کند و ε_i به خطای تصادفی برای هر نقطه نمونه اشاره دارد (Nazarpour et al., 2022; Fotheringham et al., 2009).

در این مطالعه، از این روش برای پیش‌بینی میزان حواس‌پرتی راننده ناشی استفاده از تلفن همراه، بر اساس شدت تصادف و سایر عوامل مرتبط با تصادف استفاده شد.

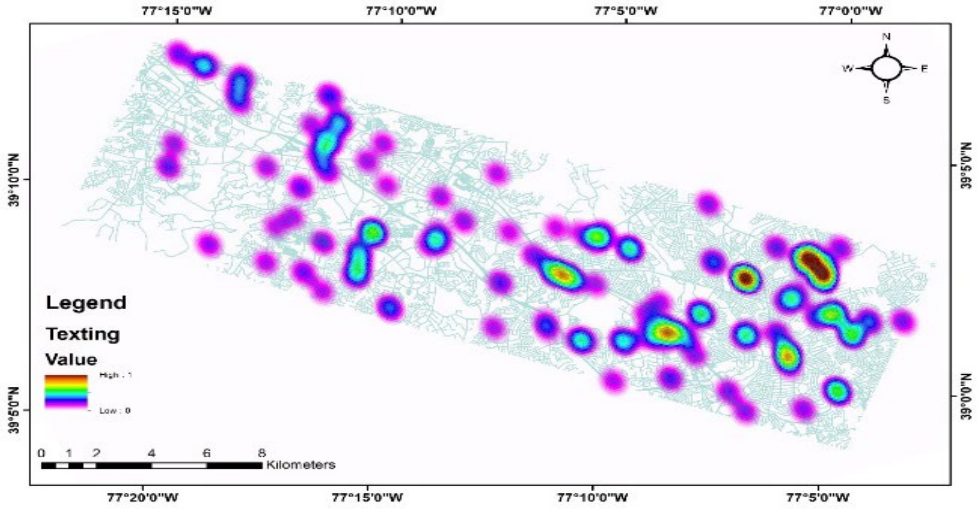
در این مطالعه، نقشه‌ای از حواس‌پرتی راننده در اثر استفاده از تلفن همراه حین رانندگی ارائه شده است. این نقشه به‌عنوان یک محصول نوآورانه، اطلاعات کاربردی و ارزشمندی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان و مدیران شهری قرار می‌دهد و می‌تواند به شناسایی نقاط پرخطر و برنامه‌ریزی اقدامات ایمنی کمک کند. به‌منظور دستیابی به این هدف، مراحل مشخصی طراحی و اجرا شد. ابتدا، داده‌های تصادفات شهرستان مونتگومری در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ جمع‌آوری و به سه دسته فوتی، جرحی و خساراتی تقسیم گردید. سپس اطلاعات این تصادفات به محیط GIS منتقل و به لایه‌های مکانی تبدیل شد. این تبدیل امکان تحلیل فضایی و شناسایی الگوهای مکانی تصادفات را فراهم کرد. در مرحله بعد، با استفاده از روش تخمین چگالی هسته، نقشه‌های رستری پراکنش تصادفات تهیه گردید. این نقشه‌ها با در نظر گرفتن شرایط محلی، نقاط بحرانی را شناسایی کرده و شدت تصادف را برای هر پیکسل بین صفر و یک نمایش دادند؛ به‌طوری‌که یک نشان‌دهنده بیشترین و صفر کمترین شدت است. در این مرحله، امکان شناسایی الگوی توزیع مکانی تصادفات و نقاط با بیشترین احتمال وقوع تصادف فراهم شد.

در ادامه، مکان‌های تحت تأثیر حواس‌پرتی راننده ناشی از استفاده از تلفن همراه شناسایی و از روش GWR برای ارزیابی شدت این حواس‌پرتی استفاده شد. در این مرحله، دو نوع حواس‌پرتی شامل صحبت کردن با تلفن همراه و ارسال پیامک به‌طور مجزا در نظر گرفته شد و کلیه تحلیل‌ها برای هر یک به‌صورت جداگانه انجام گردید. این تفکیک امکان بررسی تفاوت‌های مکانی و شدت اثر هر نوع حواس‌پرتی را فراهم کرد. متغیرهای مؤثر بر ایمنی ترافیک شامل عوامل راننده، وسیله نقلیه، محیط و همچنین شدت تصادفات تحلیل گردید. پارامتر هوشیاری راننده بر اساس مصرف الکل، مواد مخدر و دارو تعریف شد و اطلاعات هر تصادف توسط پلیس مریلند جمع‌آوری و در یک پایگاه داده ذخیره شد. سپس داده‌ها بر اساس نظر کارشناسان به مقیاس صفر تا یک نرمال‌سازی گردید؛ به‌طوری‌که عدد یک نشان‌دهنده بیشترین و صفر کمترین تأثیر است. در بخش وسیله نقلیه، سن خودرو و سالم بودن تجهیزات آن به عنوان شاخص انتخاب و به هر تصادف تخصیص داده شد. این متغیرها نیز بین صفر و یک استانداردسازی و به‌صورت لایه‌های مجزا ذخیره شدند. عامل محیطی شامل شرایط آب‌وهوا، وضعیت سطح جاده و روشنایی محیط بود که مشابه سایر عوامل به مقیاس صفر تا یک تبدیل شد؛ به‌طور مثال، مقدار نزدیک به یک در پارامتر آب‌وهوا نشان‌دهنده بیشترین تأثیر آن بر احتمال تصادف است. روش GWR برای پیش‌بینی شدت حواس‌پرتی راننده ناشی از استفاده از تلفن همراه در تمام مکان‌های تصادف به‌کار گرفته شد. شکل ۳ و ٤ نتایج این تحلیل را برای حواس‌پرتی ناشی از ارسال پیامک و صحبت کردن با تلفن همراه را نمایش می‌دهد. در راهنمای شکل‌ها، مقدار پارامتر حواس‌پرتی بین صفر (حداقل حواس‌پرتی) و یک (حداکثر حواس‌پرتی) ترسیم شده است. نقاط قرمز نواحی با بیشترین شدت حواس‌پرتی راننده را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند.

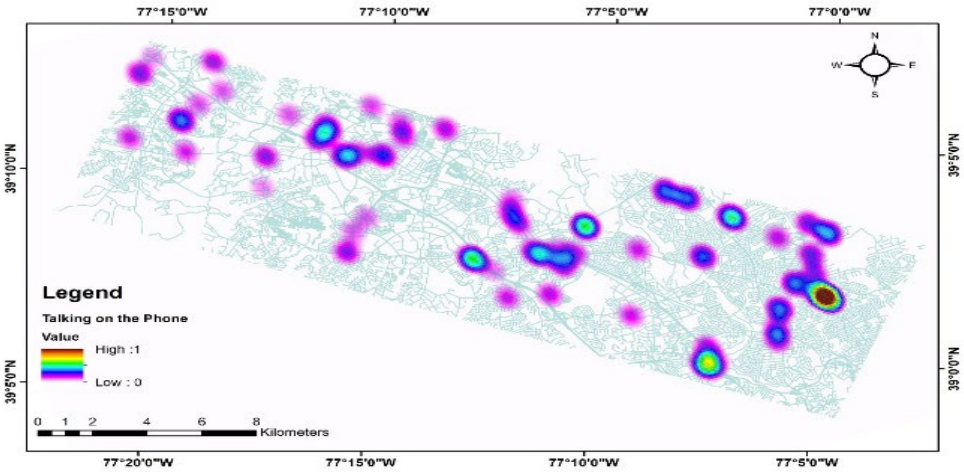
نتایج حاصل از تحلیل مکانی نشان داد که حواس‌پرتی ناشی از ارسال پیامک الگوی مکانی مشخصی را دنبال می‌کند و به نظر می‌رسد که با نوع کاربری زمین و فعالیت‌های انسانی در نواحی

مختلف مرتبط باشد. لکه‌های حاصل از مدل GWR حاکی از تمرکز این رفتار پرخطر در مناطق پیرامون مراکز آموزشی و تجاری است. به‌ویژه نواحی Glenmont، Richard Montgomery High School و Kensington Shopping Center دارای بیشترین شدت حواس‌پرتی بوده‌اند. این نواحی عموماً دارای ویژگی‌هایی همچون تراکم جمعیتی بالا، ترکیب کاربری‌های آموزشی-تجاری و وجود گره‌های ترافیکی هستند که به افزایش احتمال استفاده از تلفن همراه هنگام رانندگی می‌انجامد. این ویژگی‌ها معمولاً با افزایش تعاملات اجتماعی و نیاز به ارتباط تلفنی مرتبط‌اند که احتمال استفاده از تلفن همراه در حین رانندگی را افزایش می‌دهد. این یافته‌ها با نتایج گاریاتزو و همکاران (۲۰۱۸) و هرناندز و همکاران (۲۰۲٤) هم‌راستا است که تأثیر تراکم فعالیت‌های انسانی و پوشش سیگنال تلفن همراه را بر افزایش نرخ تصادفات ناشی از حواس‌پرتی تأیید کرده‌اند (Anderson, 2009; Özcan & Küçükönder, 2020).

در مقابل، حواس‌پرتی ناشی از مکالمه تلفنی بیشترین تمرکز را در ناحیه مرکزی Wheaton نشان می‌دهد. این منطقه دارای ترکیب کاربری متراکم، وجود ایستگاه مترو و مراکز خرید پرتردد است که زمینه‌ساز زمان‌های توقف بیشتر و افزایش تماس‌های تلفنی در حین رانندگی می‌شود. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که مکالمه تلفنی به‌سبب بار شناختی و تداوم زمانی، باعث کاهش توجه دیداری، افزایش زمان واکنش و خطاهای رانندگی می‌شود (Boboc et al., 2022; Cuentas-Hernandez et al., 2024). توزیع لکه‌های آبی‌رنگ با شدت متوسط نیز بیانگر آن است که در مناطق با تراکم کاربری متوسط، مکالمه تلفنی به‌صورت گسترده‌تر رخ می‌دهد؛ احتمالاً به دلیل ماهیت مداوم‌تر این رفتار نسبت به ارسال پیامک. این نتایج از نظر برنامه‌ریزی ایمنی ترافیک اهمیت قابل توجهی دارند، زیرا امکان تمرکز اقدامات کنترلی مانند نصب تابلوهای هشدار، افزایش نظارت پلیس و اجرای کمپین‌های آموزشی در نقاط پرخطر فراهم می‌شود. علاوه‌براین، مقایسه نقشه‌های حواس‌پرتی ناشی از تماس تلفنی و ارسال پیامک می‌تواند در اولویت‌بندی اقدامات پیشگیرانه مؤثر باشد.

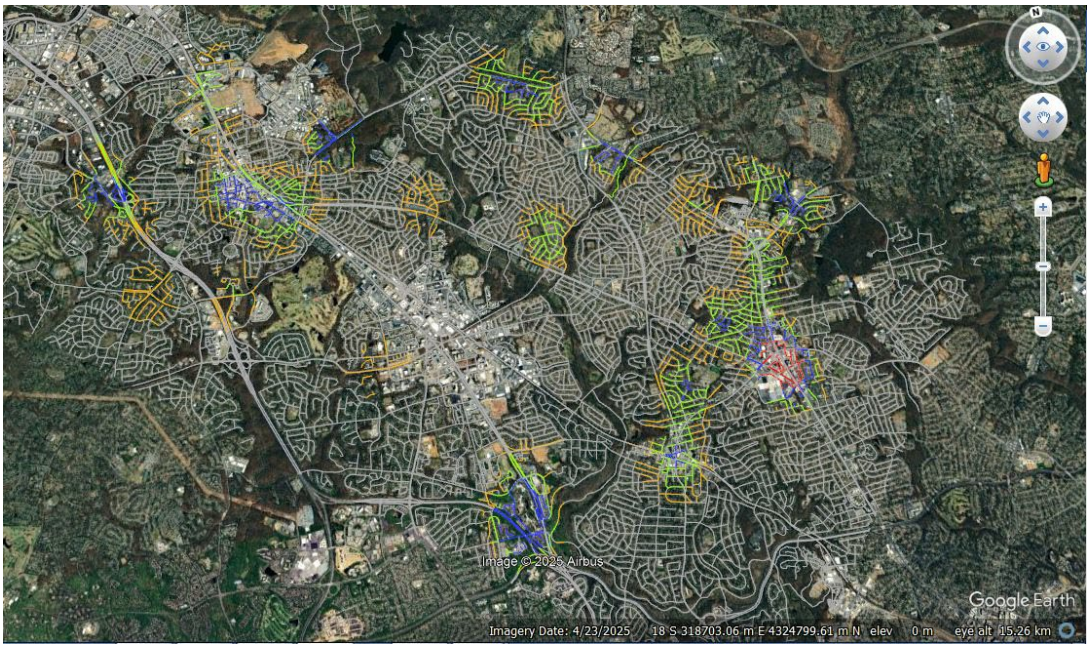


شکل ۳. شدت تصادف ناشی از ارسال پیامک



شکل ٤. شدت تصادف ناشی از صحبت کردن با تلفن همراه

شکل ۵. مناطق با بیشترین شدت حواس‌پرتی ناشی از ارسال پیامک



شکل ٦. مناطق با بیشترین شدت حواس‌پرتی ناشی از صحبت کردن با تلفن همراه

۵- نتیجه‌گیری

استفاده از تلفن همراه در حین رانندگی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش ایمنی ترافیک شناخته می‌شود. در این مطالعه، با هدف تحلیل فضایی شدت حواس‌پرتی رانندگان ناشی از استفاده از تلفن همراه، داده‌های تصادفات رانندگی در شهرستان مونتگومری ایالت مریلند بررسی شد. این تحلیل با استفاده از ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی، تخمین چگالی هسته و مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی انجام گرفت و تمرکز آن بر شناسایی الگوهای مکانی رفتارهای پرخطر رانندگان بود. نتایج نشان داد که حواس‌پرتی ناشی از ارسال پیامک بیشتر در نواحی اطراف مراکز آموزشی و تجاری مانند Glenmont و Rockville متمرکز است، در حالی که حواس‌پرتی ناشی از مکالمه تلفنی در مناطقی با تراکم بالای ترافیک و کاربری‌های

ترکیبی، به‌ویژه در منطقه Wheaton، شدت بیشتری دارد. این تفاوت بیانگر نقش تعیین‌کننده ویژگی‌های محیطی و الگوهای کاربری زمین در بروز این دو نوع حواس‌پرتی است. یافته‌های تحقیق، قابلیت استفاده در برنامه‌ریزی ایمنی شهری، شناسایی نقاط پرریسک، و تدوین سیاست‌های کنترلی هدفمند را دارند. با این وجود، محدودیت‌هایی نظیر نبود داده‌های رفتاری دقیق از رانندگان و نبود اطلاعات لحظه‌ای از استفاده تلفن همراه، می‌تواند بخشی از تحلیل‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، از داده‌های زمانی–مکانی دقیق‌تر، سوابق رانندگان، و تحلیل‌های چندمقیاسی استفاده شود تا شناخت جامع‌تری از عوامل مؤثر بر حواس‌پرتی راننده به دست آید.

۷-مراجع

-Ahmadi, M., Kashki, A., & Dadashi Roudbari, A. (2018). Spatial modeling of seasonal precipitation–elevation in Iran based on aphrodite database. *Modeling Earth Systems and Environment,* 4(2): 619–633.

-Anderson, T. K. (2009). Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. *Accident Analysis & Prevention,* 41(3): 359–364.

-Boboc, R. G., Voinea, G. D., Buzdugan, I. D., & Antonya, C. (2022). Talking on the phone while driving: A literature review on driving simulator studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 19(17): 10554.

-Chu, H. J. (2012). Assessing the relationships between elevation and extreme precipitation with various durations in southern Taiwan using spatial regression models. *Hydrological Processes,* 26(21): 3174–3181.

-Cuentas-Hernandez, S., Li, X., King, M. J., Lewis, I., & Oviedo-Trespalacios, O. (2024). Driven to distraction: A systematic literature review on the role of the driving context in mobile phone use. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour,* 106: 215–243.

-Ferdinand, A. O., & Menachemi, N. (2014). Associations between driving performance and engaging in secondary tasks: A systematic review. *American Journal of Public Health,* 104(3): e39–e48.

-Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2009). Geographically weighted regression. The Sage Handbook of Spatial Analysis, 1: 243–254.

-Fotheringham, A. S., Charlton, M., & Brunsdon, C. (2000). Quantitative geography: perspectives on spatial data analysis.

-Garcia-Herrero, S., Febres, J. D., Boulagouas, W., Gutierrez, J. M., & Mariscal Saldana, M. A. (2021).Assessment of the influence of technology-based distracted driving on drivers' infractions and their subsequent impact on traffic accidents severity. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 18(13): 7155-7156.

-Gariazzo, C., Stafoggia, M., Bruzzone, S., Pelliccioni, A., & Forastiere, F. (2018). Association between mobile phone traffic volume and road crash fatalities: A population-based case-crossover study .*Accident Analysis & Prevention,* 115: 25–33.

-Hashimoto, S., Yoshiki, S., Saeki, R., Mimura, Y., Ando, R., & Nanba, S. (2016).Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition),* 3(3): 262–270.

-Hernandez, S., & Rahman, M. M. (2024).Assessing the impact of cellular coverage areas on distracted driving, crashes, and injuries. *International Conference on Transportation and Development 2024*: 178–191.

-Huemer, A. K., Schumacher, M., Mennecke, M., & Vollrath, M. (2018). Systematic review of observational studies on secondary task engagement while driving. *Accident Analysis & Prevention,* 119: 225–236.

-Levine, N. (2004).CrimeStat III: a spatial statistics program for the analysis of crime incident locations (version 3.0).

-Liang, O. S., & Yang, C. C. (2021). Determining the risk of driver-at-fault events associated with common distraction types using naturalistic driving data. *Journal of Safety Research,* 79: 45–50.

-Moslemi, N., Soryani, M., & Azmi, R. (2021). Computer vision-based recognition of driver distraction: A review. *Concurrency and Computation: Practice and Experience,* 33(24): e6475.

-National Highway Traffic Safety Administration. 2020. *Distracted driving.*

-Nazarpour, A., Paydar, G. R., Mehregan, F., Hejazi, S. J., & Jafari, M. A. (2022). Application of geographically weighted regression (GWR) and singularity analysis to identify stream sediment geochemical anomalies, case study, Takab Area, NW Iran. *Journal of Geochemical Exploration,* 235: 106953.

-Özcan, M., & Küçükönder, M. (2020). Investigation of spatiotemporal changes in the incidence of traffic accidents in Kahramanmaraş, Turkey, using GIS-based density analysis. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing,* 48(7): 1045–1056.

-Polat, E., & Ozden, M. (2006). A nonparametric adaptive tracking algorithm based on multiple feature distributions. I*EEE Transactions on Multimedia,* 8(6): 1156–1163.

-Torbaghan, M. E., Sasidharan, M., Reardon, L., & Muchanga-Hvelplund, L. C. (2022). Understanding the potential of emerging digital technologies for improving road safety. *Accident Analysis & Prevention,* 166: 106543.
-Transportation MCDo. (2019). Predictive Safety Analysis – Executive Summary.
-Wu, P., Song, L., & Meng, X. (2022). Temporal analysis of cellphone-use-involved crash injury severities: Calling for preventing cellphone-use-involved distracted driving. *Accident Analysis & Prevention,* 169: 106625.
-Yücel, H. (2020). An alternative approach to accident analysis and prevention: Road safety audit.
-Zaid, O., Ahmad, J., Siddique, M. S., et al. (2021). A step towards sustainable glass fiber reinforced concrete utilizing silica fume and waste coconut shell aggregate. *Scientific Reports: 11282*.
-Zaid, O., Ahmad, J., Siddique, M. S., & Aslam, F. (2021). Effect of incorporation of rice husk ash instead of cement on the performance of steel fibers reinforced concrete. *Frontiers in Materials,* 8: 665625. **doi.org/10.3389/fmats.2021.665625**
-Qin, L., Li, Z. R., Chen, Z., Bill, M. A., & Noyce, D. A. (2019). Understanding driver distractions in fatal crashes: An exploratory empirical analysis. *Journal of Safety Research,* 69: 23–31.
-Sajid Hasan, A., Jalayer, M., Heitmann, E., & Weiss, J. (2022). Distracted driving crashes: A review on data collection, analysis, and crash prevention methods. *Transportation Research Record,* 2676(8): 423–434.
-Sathyanarayana, A. (2013). Advancements in driver distraction and driving performance assessment for robust in-vehicle systems. *The University of Texas at Dallas*.
-Shafabakhsh, G. A., Famili, A., & Bahadori, M. S. (2017). GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition),* 4(3): 290–299.
-Shahi, S. (2022). Spatial analysis of road traffic crashes and assessment of road safety issues from road users' perspective: A case study of Rotterdam and the surrounding urban conurbation. University of Twente.
-Sun, W., Si, Y., Guo, M., & Li, S. (2021). Driver distraction recognition using wearable IMU sensor data. *Sustainability,* 13(3): 1342.

Evaluating Driver Distraction Severity Caused by Mobile Phone Use Using GIS

Ghazal Hosseinzadeh Kashani, Ph.D., Candidate of Highway and Transportation, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

***Rouzbeh Shad,** Associate Professor, Department of Highway and Transportation, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Seyed Ali Ziaee, Associate Professor, Department of Highway and Transportation, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

E-mail: r.shad@um.ac.ir

Received: February 2026- Accepted: May 2026

ABSTRACT

The increasing use of mobile phones while driving has become one of the major traffic safety challenges in developed countries. This study aimed to identify and spatially analyze driver distraction caused by mobile phone use (both talking and texting) in Montgomery County, Maryland, United States. Traffic crash data from 2015 to 2021 were obtained from the local police database and classified into property-damage-only, injury, and fatal crashes. The data were then imported into a Geographic Information System (GIS) environment, and spatial crash distribution patterns were identified using the Kernel Density Estimation (KDE) method. To analyze distraction severity, a Geographically Weighted Regression (GWR) model was applied, incorporating variables such as driver characteristics, environmental conditions, vehicle attributes, and crash severity in the form of normalized indices. The results indicated that high-intensity distraction hotspots related to texting were primarily concentrated around schools, shopping centers, and areas with clustered activities. In contrast, mobile phone conversations while driving showed the highest concentration in the central area, particularly near metro stations and high-traffic commercial centers. Spatial analysis of distraction patterns revealed that these risky behaviors were more prevalent in areas with mixed land use, high population density, and heavy traffic volumes. The findings of this study can support urban managers in designing preventive policies and implementing targeted safety interventions in high-risk locations.

Keywords: Driver Distraction, Mobile Phone Use While Driving, Kernel Density Estimation (KDE), Geographically Weighted Regression (GWR), Geographic Information Systems (GIS)