J. RS. GEOINF. RES. 2(1): 65-78, Winter & Spring 2024

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Exploring Factors Influencing High Volume of Requests to Rescue Centers: A Geographically Weighted Regression Analysis

M. Minaei[1], M.H. Vahidnia[*,2], Z. Rezaei[1]

[1] Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
[2] Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 26 January 2024
Reviewed: 15 April 2024
Revised: 24 April 2024
Accepted: 21 May 2024

KEYWORDS:
Emergency and Rescue Centers
Geographically Weighted Regression
Geospatial Information
Ordinary Least Square

* Corresponding author
mh_vahidnia@sbu.ac.ir
(+9821) 29902281

ABSTRACT

Background and Objectives: Spatial data mining techniques offer optimal efficiency in scenarios demanding thorough examination and extraction of results from extensive data sources. Emergency calls, due to their gravity and the involvement of rescue and emergency forces, present a scenario well-suited for geographical data mining. Typically, environmental science and geography researchers employ models such as ordinary least squares (OLS) regression to understand spatial relationships between variables. However, OLS has limitations, particularly at the local scale, prompting the utilization of Geographically Weighted Regression (GWR) in this study to address these shortcomings.

Methods: This study employs OLS and GWR methods to analyze the relationship between the high volume of emergency calls in Dallas, USA, and the influencing factors. Various statistical tests were employed for evaluation. Dependent variables include the number and dispersion of emergency calls, while independent variables encompass population, education levels, peak call hours, and distance from the city center. Spatial-statistical analysis and mapping were conducted using ArcGIS Pro software.

Findings: Results indicate that population, education levels, distance from the city center, and peak call time respectively exert the greatest influence on the occurrence of emergency calls. In the OLS method, Koenker and Jarque-Bera indices, assessing model stationarity and residual normality respectively, did not yield satisfactory results. Evaluation of both OLS and GWR models revealed an R^2 value of approximately 0.61 for GWR and 0.41 for OLS, suggesting greater proximity to reality in the GWR model. Spatially, the weight of population parameter is higher in central city areas, while the weight of peak call time parameter is more pronounced in northern, southern, and western regions. Additionally, the weight of education level parameter is higher in southern parts of the city.

Conclusion: Collectively, the identified factors exhibit a cumulative effect on the occurrence of emergency calls, enabling prediction of future occurrences. Leveraging these insights, appropriate tools can be devised for optimal management and control of regional issues.

NUMBER OF REFERENCES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF TABLES
30	9	4

مقاله پژوهشی

بررسی عوامل موثر بر حجم بالای درخواست‌های مردمی به مراکز امداد و نجات با استفاده از رویکرد رگرسیون جغرافیایی وزن‌دار

مژده مینایی[۱]، محمد حسن وحیدنیا*[۲]، زهرا رضائی[۱]

[۱] مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۲] گروه سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: از تکنیک های داده کاوی مکانی می توان در شرایطی که بررسی و استخراج نتایج از منابع داده ای با حجم زیاد و گستردگی ابعاد پایگاه اطلاعاتی مورد نظر باشد، با بالاترین کارایی استفاده نمود. مسئله تماس های اضطراری به علت خطیر بودن موضوع و درگیر نمودن نیروهای امداد و اورژانس مسئله ای است که بر اساس داده کاوی مکانی می توان به الگوهای نهفته در آن پی برد. بطور متداول، برای درک ارتباطات فضایی بین متغیرها، محققان علوم محیط زیست و جغرافیا از الگوهایی چون رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) بهره می گیرند که اساس کار این تحلیل، ارتباط بین متغیرهای مستقل برای متغیر پیش بینی شونده است. اما این روش دارای کاستی های بسیاری در ارائه ی نتایج فضایی بویژه در مقیاس محلی است. رگرسیون وزن دار جغرافیایی (GWR) در این مطالعه به منظور درک روابط بین متغیرهای فضایی در سطح محلی استفاده می شود تا پوششی در رفع نواقص روش تحلیلی OLS باشد.

روش‌ها: در این تحقیق از روش های OLS و GWR در تحلیل ارتباط بین موضوع حجم بالای تماس های اضطراری در منطقه مورد مطالعه (ایالات دالاس امریکا) و عوامل موثر بر رخداد این مساله استفاده می گردد. همچنین آزمون های آماری متعدد برای ارزیابی بکارگرفته شد. برای این مقصود، تعداد و پراکندگی تماس های اضطراری را به عنوان متغیر وابسته و پارامترهایی همچون جمعیت، تعداد افراد تحصیل کرده، بیشترین ساعت تماس و فاصله از مرکز شهر را متغیرهای مستقل مساله در نظر گرفته و چگونگی تاثیر این عوامل در بروز این موضوع بررسی می گردد. در این مطالعه، نرم افزار ArcGIS Pro برای انجام تحلیل های مکانی-آماری و ارائه نقشه ها بکارگرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان دهنده این مساله است که پارامترهای جمعیت، تعداد افراد تحصیل کرده، فاصله از مرکز شهر و بیشترین زمان تماس به ترتیب در بروز این مساله بالاترین اثر را داشته اند. در روش OLS شاخص های Koenker و Jarque-Bera که به ترتیب نشان دهنده ثبات مدل و نرمال بودن باقیمانده ها می باشد رضایتبخش نبودند. نتایج ارزیابی دو مدل OLS و GWR نشان داد که مقدار R2 در مدل GWR حدود ۰/۶۱ و در مدل OLS حدود ۰/۴۱ بوده که نشان دهنده این امر است که نتایج حاصل از مدل GWR به واقعیت نزدیک تر است. در مدل جغرافیایی، وزن پارامتر جمعیت در قسمت های مرکزی شهر بیشتر از اطراف آن بوده، در حالیکه وزن پارامتر بیشترین زمان تماس در قسمت‌های شمالی، جنوبی و غربی شهر بیشتر از سایر نقاط می باشد. همچنین وزن پارامتر تعداد افراد تحصیل کرده در قسمت های جنوبی شهر بیشتر می باشند.

نتیجه‌گیری: جمیع عوامل مطرح شده در کنار هم بر روی بروز متغیر وابسته اثر افزایشی داشته و در کنار این تحلیل‌ها، پیش بینی وقوع این مساله در چند ساله آینده نیز امکان پذیر می باشد. با تکیه بر این نتایج می توان ابزار مناسبی جهت مدیریت و کنترل بهینه مشکلات منطقه در اختیار مسئولین امر قرار داد.

تاریخ دریافت: ۶ بهمن ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۲۷ فروردین ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۵ اردیبهشت ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱ خرداد ۱۴۰۳

واژگان کلیدی:
اطلاعات مکانی
حداقل مربعات معمولی
رگرسیون جغرافیایی وزن دار
مراکز امداد و نجات

* نویسنده مسئول
mh_vahidnia@sbu.ac.ir
۰۲۱-۲۹۹۰۲۲۸۱

مقدمه

تکنیک های داده کاوی در شرایطی که بررسی و استخراج نتایج از منابع داده‌ای با حجم زیاد و گستردگی ابعاد پایگاه اطلاعاتی مورد نظر باشد نمود بیشتری می‌یابد. با توسعه سامانه های اطلاعات جغرافیایی و استفاده بیش از پیش داده‌های مکانی در مدل های برنامه ریزی و تصمیم گیری، بکارگیری روش های داده کاوی مکانی در این سامانه‌ها مورد توجه قرار گرفت. دو عامل، یکی افزایش پیچیدگی در ساختارهای اطلاعات مکانی که منتج از گسترش سطوح تحلیلی بود و دیگری ساخت نیافته بودن مسائل مکانی که منجر به تعمیم ناپذیری در حل آنها می شد تجزیه و تحلیل و اکتشاف دانش از آنها را در قالب یک فرآیند تکرارپذیر و کارا با مشکلاتی مواجه کرد [۱]. امروزه حجم داده‌های گردآوری شده در سامانه اطلاعات مکانی به میزان فزاینده ای افزایش یافته است، به گونه ای که پردازش، تجزیه و تحلیل و درک روندهای موجود در آنها به روش های معمول امکان پذیر نمی باشد. جهت حل این مشکل رهیافت داده کاوی مکانی ارائه شده است که مبتنی بر تعمیم تکنیک‌های آماری، فن آوری پایگاه داده و نیز نمایش توصیفی اطلاعات می باشد. دسترسی به حجم بالایی از داده ها با ماهیت مکانی-زمانی و نیاز به استخراج دانش و اطلاعات مفید، سبب ایجاد داده

کاوی گردید. داده کاوی فرآیندی است برای استخراج الگوهایی که به طور ضمنی در پایگاه داده ای عظیم، انبار داده و دیگر مخازن بزرگ اطلاعات، ذخیره شده است. هدف از داده کاوی کشف و استخراج الگوهای جدید، مفید و قابل درک از داده های موجود در یک پایگاه داده بزرگ بوده و هدفی که در داده کاوی مکانی-زمانی دنبال می شود، آشکار کردن رابطه های مکانی-زمانی می باشد [۲ و ۳]. برخلاف تکنیک‌های آمار کلاسیک، تکنیک های آمار مکانی از فضا و محیط، فاصله، مجاورت، جهت گیری و روابط فضایی به طور مستقیم در محاسبات خود استفاده می کنند [۴]. تکنیک های آمار مکانی، یکی از مهمترین بخش‌های تحلیل فضایی به شمار می روند و در بیانی ساده، شامل مجموعه ای از تکنیک ها برای توصیف و مدلسازی داده های مکانی هستند. این ابزارها به روش های مختلف، آنچه چشم و ذهن برای ارزیابی الگوها، روندها، پراکنش ها، فرایندها و روابط مکانی انجام می دهند را توسعه می دهند.

مسئله تماس های اضطراری به علت خطیر بودن موضوع و درگیر نمودن نیروهای امداد و اورژانس مسئله ای است که بر اساس داده کاوی مکانی می توان به الگوهای نهفته در آن پی برد [۵، ۶ و ۷]. تماس‌های اضطراری، از جمله زمینه‌های حیاتی در سیستم بهداشت و درمان هستند که مستقیماً به ایمنی و سلامت افراد ارتباط دارند. این تماس‌ها، بستری برای ارتباط بین جامعه و سیستم بهداشت و درمان فراهم می‌کنند و در شرایط اورژانسی به ارزش زندگی افراد اهمیت ویژه‌ای می‌بخشند. از این رو، تحلیل دقیق و جامع این تماس‌ها از لحاظ کمی و کیفی، ابزاری حیاتی در بهبود عملکرد و ارتقای خدمات اورژانس می‌باشد. در سال‌های اخیر، با پیشرفت فناوری و روند دیجیتالی‌شدن، حجم تماس‌های اضطراری افزایش یافته است. از طرفی، این افزایش حجمی می‌تواند نشان‌دهنده افزایش خطرات و ریسک‌ها در جامعه باشد. از سوی دیگر، تحلیل دقیق و کمی این تماس‌ها اطلاعات قابل توجهی در خصوص الگوها و میزان فراوانی وقوع حوادث و بیماری‌های مختلف فراهم می‌آورد که به سازمان‌های بهداشتی و اورژانسی کمک می‌کند تا منابع و خدمات خود را بهینه‌سازی کنند [۸]. علاوه بر تحلیل کمی، تحلیل کیفی تماس‌های اضطراری نیز اطلاعات ارزشمندی ارائه می‌دهد. این تحلیل می‌تواند الگوهای رفتاری، نیازها و انتظارات جامعه را در مواجهه با بحران‌ها و اورژانس‌ها روشن کند [۹]. همچنین، این تحلیل قادر است بر روی مسائل مانند کیفیت خدمات، زمان پاسخگویی، و موانع موجود در دسترسی به خدمات اورژانسی تأکید کند.

در چنین مطالعاتی تکنیک های غیر مکانی، روش کارایی برای ارائه واقعیات مکانی نیستند، لذا در سال های اخیر روش هایی نوین، ساده، مؤثر و کارا برای بررسی ارتباطات مختلف مکانی توسعه یافته اند. به عنوان نمونه روش رگرسیون وزن دار جغرافیایی برای مدل سازی روابط مکانی بین متغیرهای مختلف، و بر اساس روش حداقل مربعات معمولی بسط داده شده و بسیار کاربردی می باشد [۱۰]. ضریب همبستگی فضایی (نـظیر موران و جری) نمونه هایی دیـگر از این روش محـسوب می‌شوند که درجه وابستگی میان متغیرهای فضایی را نشان می دهند [۱۱]. مسأله مهمی که در داده های مکانی وجود دارد این است که الگوهای رگرسیونی معمولی برای دو متغیر مستقل و وابسته مکانی تنها متوسطی از داده های غیر مکانی را ارائه می دهد. بنابراین قادر نخواهند بود خود همبستگی های مکانی بین متغیرها را بیان کنند. آن ها اغلب در نشان دادن واقعیات ارتباطات مختلف مکانی ناتوان هستند و تنها برازشی از یک خط رگرسیونی گلوبال برای کل داده ها ارائه می دهد. ازاین رو برخی از واقعیات محلی در این زمینه پنهان می ماند و در نهایت نتیجه معقول و منطقی برای داده های مکانی ارائه نمی دهد. الگوی رگرسیون وزن دار جغرافیایی از روش های هموارسازی و رگرسیون محلی نشأت گرفته که بر پایه قانون اول جغرافیا بنا شده است. طبق این قانون هر چیزی مرتبط با چیزهای دیگری است، اما در نزدیکی مشخصه های مکانی ارتباطات بیشتر و قوی تر است و با فاصله گرفتن از آن ها کمتر می شود. این قانون موسوم به اصل جغرافیایی توبلر شناخته می شود. تحلیل رگرسیون GWR امکان مدلسازی، بررسی و اکتشاف روابط مکانی بین داده ها را برای درک بهتر الگوهای مکانی عوامل مشاهده شده (متغیرهای مستقل) و قابلیت پیش بینی صحیح برپایه این عوامل را فراهم می آورد [۱۲ و ۱۳].

در این تحقیق نیز، بمنظور بررسی دقیق عوامل مرتبط با حجم بالای درخواستهای مردمی به مراکز امداد و نجات، داده های تماس ضروری ۹۱۱ در ایالت دالاس امریکا مورد بررسی قرارگرفته است. بررسی عوامل موثر در بروز چنین مسائلی بزرگترین قسمت تحلیل این مشکلات بوده و محوریت تحلیل رگرسیون بر همین مبنا می باشد. بهره گیری از تحلیل رگرسیون جغرافیایی وزندار (GWR) روشی نوآورانه در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی است که به طور فزاینده‌ای در حوزه‌های مختلف از جمله علوم اجتماعی، بهداشت عمومی و جرم‌شناسی به کار گرفته می‌شود. GWR با گستردگی حوزه اثر مختلف و کاربردهای گوناگون برای مدل‌سازی روابط مکانی بین متغیرها طراحی شده است. فرضیه این است که این روش در مقایسه با روش‌های سنتی رگرسیون خطی، مزایای قابل توجهی برای تحلیل تعداد تماس‌ها با مرکز فوریت‌های ۹۱۱ ارائه می‌دهد، به خصوص زمانی که متغیرهای مستقل در سراسر منطقه مورد مطالعه از نظر فضایی ناهمگن باشند. ماهیت متغیر بودن تأثیر معیارها در GWR می تواند برای تحلیل تماس‌های اورژانس مفید باشد، زیرا الگوهای تماس‌ها و دلایل آن ممکن است در محله‌های مختلف یا مناطق یک شهر یا منطقه متفاوت باشد.

از این رو در این مطالعه، تعداد تماسهای اضطراری با مرکز ۹۱۱ به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای مستقل و توضیحی پارامترهایی همچون جمعیت، تعداد افراد تحصیل کرده، فاصله از مرکز شهر و بیشترین زمان تماس در نظر گرفته می شوند. نتایج بدست آمده از این بررسی ها می تواند عوامل بوجود آورنده حجم بالای تماسهای اضطراری را شناسایی و تحلیل نموده و در برنامه ریزی های جامعه به منظور کاهش مشکلات جوامع و کاهش نرخ تماس‌های غیر ضروری مردمی به مراکز امداد و نجات، و یا تجهیز هرچه بهتر مراکز پر تماس نقش شاخصی داشته باشد.

مطالعات مرتبط

در ادامه برخی از نمونه های علمی و کاربردی تحلیل های GWR و OLS در ارتباط با متغیرهای مختلف محیطی مرور می شود. بلیانی در سال ۲۰۱۷، با استفاده از روش های رگرسیون مکانی GWR و OLS به تحلیل مکانی بارش سالانه استان خوزستان پرداخت که نتایج دو مدل OLS و GWQبرای پیش بینی بارش سالانه حاکی از برآورد مقادیر پیش-بینی بهتر در مدل GWR بود. به گونه ای که میزان برآورد حاصل از روش GWR در استان خوزستان، نشان از مقادیر پایین باقیمانده های خطا، مقادیر بالای R2 ، عدم وجود خودهمبستگی مکانی و نرمال بودن مقادیر باقیمانده مدل داشت [۱۴]. در تحقیق دیگری، بحری و همکاران در سال ۱۳۹۸، در مدل سازی روابط فضایی دمای سطح دریای عمان، به مقایسه روش های رگرسیون وزن دار جغرافیایی و روش حداقل مربعات پرداختند و از SST به عنوان متغیر وابسته و از متغیرهایی نظیر سرعت باد سطحی، غلظت کلروفیل طول و عرض جغرافیایی نیز به عنوان متغیر مستقل استفاده نمودند. نتایج حاصل از ارزیابی دو مدل، نشان دهنده نزدیکتر بودن نتایج حاصل از مدل GWR به واقعیت بود به طوریکه مقدار R2در مدل GWR حدود ۰/۸۵ و در مدل OLS این مقدار برابر ۰/۵۵ بدست آمد [۱۵]. در تحقیقی، میرباقری و همکاران در سال ۱۳۹۷، به منظور بهبود پیش بینی رشد اراضی شهری از رگرسیون وزنی جغرافیایی و روش سلول های خودکار استفاده کردند. در این مطالعه، بررسی رشد شهری مبتنی بر رگرسیون لجستیک مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج این مطالعه در به کارگیری مدل GWLR و با تعریف قوانین تبدیل CA حاکی از افزایش قابل توجه دقت پیش بینی رشد شهری در مقایسه با مدل Logistic-CA می باشد [۱۶].

راخوری و همکاران (۲۰۲۰) بمنظور درک الگوی مکانی-زمانی شیوع کووید۱۹ در هند با استفاده از GIS و رفتار هند در مدیریت این پاندمی با استفاده از رگرسیون چندجمله‌ای، رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR) و با داده های رسمی وزارت بهداشت هند، به بررسی پارامترهای داده‌های سری زمانی مربوط به موارد مبتلا، بهبودیافته و مرگ، داده‌های جمعیت برای تحلیل GWR پرداخته و خوشه‌بندی مکانی توسط ANN و تحلیل روند زمانی توسط رگرسیون چندجمله‌ای از نتایج این تحقیق می باشد [۱۷]. اویس و همکاران در تحقیقی (۲۰۱۹) برای محاسبه ناهمگنی مکانی با استفاده از مدل GWR ، مدل‌های محلی را با توجه به پردازشهای مکانی در محاسبات تغییرات محلی متغیرهای متفاوتی در حوزه کاربرد GWR و مقایسه آن با OLR را با استفاده از داده‌های بررسی جمعیتی و سلامت (DHS) از تانزانیا بررسی نمودند. در این تکنیک از وزن های جغرافیایی در تعیین ارتباط بین متغیر خروجی تحقیق و عوامل مرتبط با آن استفاده شده و تحلیلها نشان دهنده این است که این وزن های جغرافیایی برای مشاهداتی که در نزدیکی نقطه رگرسیون قرار دارند نسبتاً بزرگ هستند (یعنی نزدیک به ۱) تا برای مشاهداتی که دورتر از نقطه رگرسیون قرار دارند. در تحقیق مذکور، برای تعیین ارتباط بین درصد عفونت حاد تنفسی (ARI) در کودکان با عوامل مرتبط با آن تمرکز گردید و محققین با استفاده از مدل OLR دریافتند که درصد زنان با تحصیلات عالی بیشترین ارتباط معنی داری را با ARI داشته و از سوی دیگر، نتیجه حاصل از ضرایب بازگشتی GWR در منطقه مورد مطالعه در مقایسه با ضریب جهانی از مدل OLR متغیر است [۱۸].

لی و همکاران در تحقیقی (۲۰۲)، از مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی مبتنی بر مجاورت مکانی (S-GWR) با در نظر گرفتن غیرایستایی مکانی داده‌های زمین لغزش برای ارزیابی حساسیت زمین لغزش استفاده کردند. مجاورت مکانی شرط ورودی اولیه برای مدل S-GWR پیشنهادی بوده و چالش این تحقیق در تعریف مناسب مجاورت مکانی بوده که ویژگی های جغرافیایی زمین لغزش ها را نشان داده و بنابراین بر توانایی مدل S-GWR تأثیرگذار است. محققین در این تحقیق به جای واحد شبکه در DTM ، واحد شیب را به عنوان مجاورت مکانی انتخاب کرده و چند خطی بین عوامل مؤثر بر زمین لغزش از طریق روش فاکتور تورم واریانس (VIF) و تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) حذف گردید. نتایج اعتبارسنجی با استفاده از سطح زیر منحنی ROC (ویژگی عملکرد گیرنده) و منحنی نرخ موفقیت نشان می‌دهد که مدل GWR مبتنی بر مجاورت فضایی با واحد شیب دارای بالاترین دقت پیش‌بینی است [۱۹].

تیو (۲۰۱۱) ارتباط بین کاربری اراضی و کیفیت منابع آب را در بوستن امریکا با استفاده از GWR بررسی و تحلیل کرد. نتایج تحقیقات وی نشان داد که ارتباطات مختلف فضایی بین کیفیت منابع آب زیرزمینی و تغییرات کاربری با در نظر گرفتن فاصله از شهر بوستون در ایالات متحده وجود دارد، همچنین بر کارایی این الگو در نشان دادن همبستگی های فضایی تأکید کرد [۲۰]. لیی و همکاران (۲۰۱۰) از مدل GWR به منظور بررسی مقیاس های مختلف در اثرگذاری دما و فاکتورهای محیط زیستی بر محیط شهری، بهره گرفتند و بررسی آنها نشان داد که این مدل در تحلیل مذکور کارایی بالایی دارد [۲۱].

رابینسون و همکاران (۲۰۱۳) به منظور نقشه سازی دی اکسید نیتروژن در هوا از الگوی GWR بهره گرفتند و از روش های آماری متداول نیز استفاده کردند. نتایج نقشه سازی ها و پیش بینی های آن ها بر این نکته تأکید داشت که الگوی GWR کارایی مطلوبی نسبت به الگوهای آماری معمولی در ارائه خروجی های فضایی دارد [۲۲]. سو و همکاران (۲۰۱۲) تحلیل های چند مقیاسی ارتباطات مختلف فضایی بین الگوهای اراضی کشاورزی و شهرسازی را با استفاده از الگوی GWR نشان دادند. آنها دریافتند که این الگو ظرفیت بالایی در رفتارهای مختلف توسعه بخش کشاورزی و مناطق مختلف شهری دارا است [۲۳].

برون و همکاران (۲۰۱۲) با ارزیابی ارتباطات مختلف فضایی مرتبط بین تغییرات کاربری اراضی و منابع آب سطحی نشان دادند که روش‌های آماری اغلب در داده های مختلف فضایی سنتی همانند OLS قادر به بیان ارتباط های فضایی مختلف نیستند و در مقابل با معیارهایی همانند GWR مشخص شد که کارایی الگوهای ضریب تبیین محلی و ضریب اطلاعات اکائیک بهبود در بیان داده های فضایی را نشان می دهند [۲۴]. در مطالعات جدیدتر در حوزه علوم اطلاعات مکانی نیز

کرنل‌های مکانی همانند آنچه در GWR استفاده می شود، برای اهدافی چون توصیه گری در شبکه های اجتماعی مکان-مبنا به عنوان یک عامل تعیین کننده اولویت های بازید محلی مورد استفاده قرار گرفته اند [۲۵].

بطور کلی رگرسیون وزن دار جغرافیایی، یک روش رگرسیون محلی و فضایی است که برای مدل سازی روابط متغیر های فضایی استفاده می شود. تحلیل رگرسیون این امکان را می دهد که به مدلسازی، بررسی و اکتشاف روابط مکانی بین داده‌ها پرداخته و الگوهای مکانی عوامل مشاهده شده (متغیرهای مستقل) را بهتر درک نموده، و پیش بینی صحیحی را برپایه این عوامل ارائه نماییم. بنابراین شیوه GWR در مقایسه با OLS مبنای این پژوهش برای مطالعه رابطه عوامل مختلف با میزان تماس با مراکز امداد و نجات قرار می‌آگیرد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شهر دالاس (Dallas)، چهارمین کلانشهر آمریکا و سومین شهر بزرگ در ایالت تگزاس است. مساحت دالاس حدود ۹۹۹/۳ کیلومتر مربع است و این شهر از نظر قومی تنوع زیادی دارد. جمعیت دالاس در آخرین تخمین اداره سرشماری آمریکا در سال ۲۰۲۱ برابر با ۷۶۳۷۳۸۷ نفر تخمین زده شده است. شکل ۱ موقعیت شهر دالاس را نمایش می‌دهد.

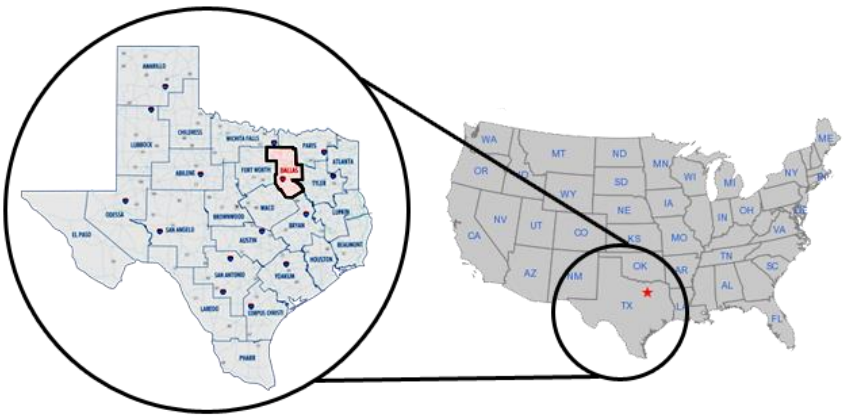
داده های این پژوهش شامل لایه پارسل‌های شهر دالاس و لایه تماس‌ها با شماره تلفن اضطراری ۹۱۱ می باشد که در شکل ۲ نشان داده شده است. مناطق شهری که حاوی اطلاعات جمعیتی و تعداد افراد تحصیل کرده هر منطقه از این شهر نیز می باشد از سایت اینترنتی «Koordinates» تهیه شده است. لایه تماس‌های شهری که حاوی موقعیت نقاط و مشخصات فرد تماس گیرنده و بیشترین ساعت تماس می باشد نیز از سایت اینترنتی «TNRIS » تهیه شده است.

در این مطالعه از روش‌های حداقل مربعات معمولی (OLS) و رگرسیون وزن دار جغرافیایی (GWR) برای تخمین متغیرها و بررسی ضرایب استفاده و با هم مقایسه شده اند. در مدل‌های آماری، تحلیل رگرسیون، یک فرایند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می‌باشد. این روش شامل تکنیک‌های زیادی برای مدل‌سازی و تحلیل متغیرهای خاص و منحصر بفرد، با تمرکز بر رابطه بین متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل، می‌باشد. تحلیل رگرسیون خصوصاً کمک می‌کند در فهم اینکه چگونه مقدار متغیر وابسته با تغییر هرکدام از متغیرهای مستقل و با ثابت بودن دیگر متغیرهای مستقل تغییر می‌کند. به‌منظور مقایسه الگوهای رگرسیونی ذکر شده، ارتباطات مختلف فضایی بین آمار تماس های اضطراری در منطقه دالاس در امریکا با متغیرهای مستقلی همچون جمعیت، تعداد افراد تحصیل کرده در هر منطقه، بیشترین ساعت تماس و فاصله هر منطقه از مرکز شهر بررسی شده است. هدف اصلی تحقیق مقایسه کارایی دو الگوی OLS و GWR در نشان دادن ارتباطات مختلف مکانی- زمانی است.

الگوی رگرسیون حداقل مربعات معمولی در واقع یک الگوی رگرسیون معمولی همانند الگوی جهانی است که با فرض ارتباطات ثابت در فضا استوار است و متغیرها را بطور مشابه، همانند دیگر مناطق مورد مطالعه تخمین می زند. رابطه عمومی این الگو در معادله ۱ نشان داده شده است که در آن y متغیر وابسته، β_0 عرض از مبدا، β_i ضرایب تخمینی برای متغیر مستقل x، p تعداد متغیرهای مستقل و ε جزء خطا است.

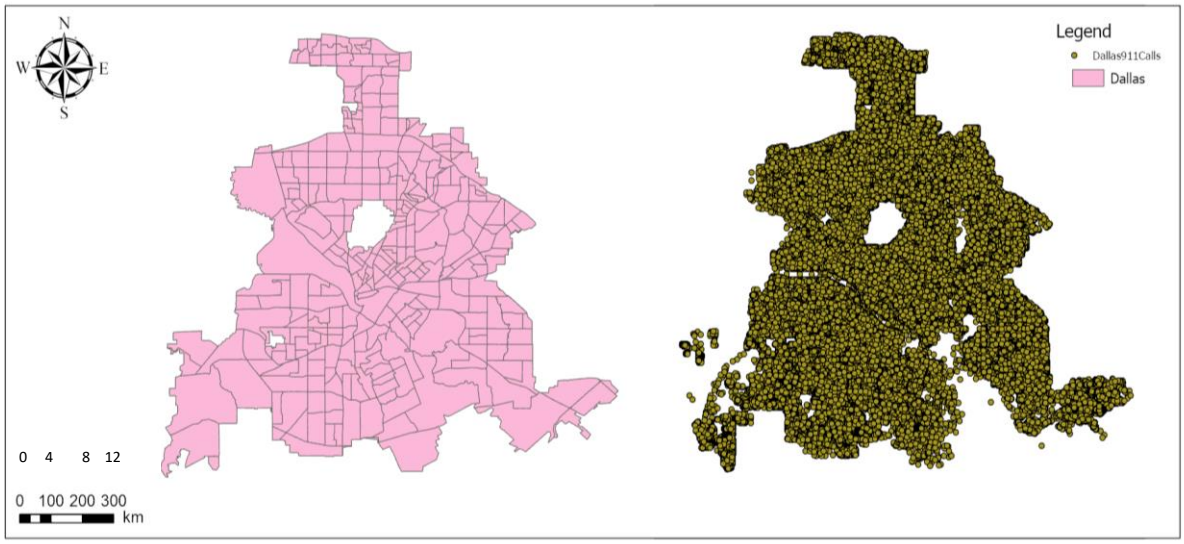
$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i x_i + \varepsilon \qquad (۱)$$

در رگرسیون وزندار جغرافیایی(GWR) ، تابع هسته یا کرنل (تابع وزن) نقشی اساسی در تعیین نحوه محاسبه ضرایب رگرسیون در نقاط مختلف یک منطقه جغرافیایی ایفا می‌کند. این تابع به نقاط داده‌ای که در نزدیکی نقطه مورد نظر قرار دارند، وزن بیشتری اختصاص می‌دهد و وزن نقاط دوردست کمتر است. سه نوع تابع هسته در این حوزه قابل استفاده است؛ هسته گاوسی، که رایج‌ترین نوع بوده و وزنی را به نقاط داده‌ای اختصاص می‌دهد که به طور پیوسته با فاصله از نقطه مورد نظر کاهش می‌یابد. هسته مثلثی به نقاط داده‌ای که در یک فاصله مشخص از نقطه مورد نظر قرار دارند، وزن ثابتی اختصاص می‌دهد و به نقاط خارج از این فاصله وزن صفر اختصاص می‌دهد. هسته اپتیمال با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی انتخاب می‌شود تا بهترین تناسب را با داده‌ها داشته باشد.



شکل ۱: موقعیت شهر دالاس

Fig. 1: Location of Dallas



شکل ۲: توزیع داده های تماس با مراکز اضطراری مورد استفاده در پژوهش
Fig. 2: Distribution of data related to the position of calls to emergency centers

علاوه بر نوع تابع هسته، پهنای باند نیز نقش مهمی در GWR ایفا می‌کند. پهنای باند عرض ناحیه‌ای را که در اطراف نقطه مورد نظر برای محاسبه ضرایب رگرسیون استفاده می‌شود، تعیین می‌کند. پهنای باند بزرگتر منجر به صاف‌تر شدن سطح رگرسیون و کاهش جزئیات محلی می‌شود، در حالی که پهنای باند کوچکتر منجر به ناهموارتر شدن سطح رگرسیون و افزایش جزئیات محلی می‌شود. انتخاب پهنای باند مناسب برای GWR نیز به عوامل مختلفی از جمله اندازه نمونه، توزیع فضایی داده‌ها و سوالی که می‌خواهید به آن پاسخ دهید، بستگی دارد. به طور کلی، پهنای باند بزرگتر برای مجموعه داده‌های بزرگ و توزیع‌های فضایی صاف مناسب است، در حالی که پهنای باند کوچکتر برای مجموعه داده‌های کوچکتر و توزیع‌های فضایی ناهموار مناسب‌تر است.

الگوی GWR نسبت به الگوی جهانی به ضرایب محلی اجازه می دهد که تخمین در هر موقعیت نمونه انجام شود و بدین ترتیب به صورت معادله ۲ نوشته می شود که در آن u و v مختصات هر موقعیت برای j ، $\beta_0(u_j, v_j)$ محل تقاطع برای موقعیت j ، $\beta_i(u_j, v_j)$ ضریب محلی که متغیر مستقل x را در موقعیت j تخمین می زند و ε_j نیز خطای تصادفی با فرض نرمال بودن می باشد.

$$y_i = \beta_0(u_j, v_j) + \sum_{i=1}^{p} \beta_i(u_j, v_j) x_{ij} + \varepsilon_j \qquad (۲)$$

براساس مطالعات، نتایج GWR نسبت به انتخاب عملکرد وزنی حساس می باشد و به انتخاب عملکرد وزنی پهنای باند حساس است. چنانچه تعیین ارزش بهینه ای از پهنای باند در الگوی GWR لازم باشد، می توان در الگوی GWR پهنای باند، هموارسازی داده ها را ایجاد نمود. در الگوی هسته تطابقی که نقاط رگرسیونی محدود به مکان است، وقتی نقاط رگرسیونی زیاد باشد پهنای باند کمتر به کار گرفته می شوند. وزن k امین نقطه رگرسیونی توسط i داده نقطه ای در زیر محاسبه می گردد:

$$w_{ik} = \left[1 - \left(\frac{d_{ik}}{h_i}\right)^2\right]^2 \quad when\ d_{ik} \le h_i \qquad (۳)$$
$$w_{ik} = 0 \quad when\ d_{ik} \ge h_i$$

در انتخاب پهنای باند در الگوها از تکنیک معیار اطلاعات اکائیک تصحیح شده برای برازش نقاط رگرسیون استفاده شده است. معیار اطلاعاتی اکائیکه یا AIC معیاری برای سنجش نیکویی برازش است. این معیار بر اساس مفهوم انتروپی بنا شده است و نشان می‌دهد که استفاده از یک مدل آماری به چه میزان باعث از دست رفتن اطلاعات می‌شود. به عبارت دیگر، این معیار تعادلی میان دقت مدل و پیچیدگی آن برقرار می‌کند. رابطه AIC بصورت معادله ۴ می باشد که در آن n اندازه نمونه، σ انحراف معیار تخمین زده شده در مورد خطا و $tr(s)$ اندازه ماتریس برازشی (ماتریس وزنی برمبنای فاصله نقاط نمونه و رگرسیون) است. با توجه به روش های مختلفی که در محاسبه پهنای باند وجود دارد، حداقل معیار اطلاعات اکائیک تصحیح شده، بیشترین پهنای باند را ارائه می دهد [۲۶].

$$AIC_c = 2nlog_e(\hat{\sigma}) + nlog_e(2\pi) + n\left\{\frac{n+tr(s)}{n-2-tr(s)}\right\} \qquad (۴)$$

به منظور مقایسه کارایی دو الگوی OLS و GWR از چهار شاخص مهم آماری شامل، انحراف معیار باقیمانده استاندارد شده، معیار اطلاعات اکائیک تصحیح شده، خودهمبستگی فضایی باقیمانده ها و ضریب تبیین محلی بهره گرفته شد. این شاخص‌ها بطور کلی نشان دهنده تناسب الگوی مورد استفاده با داده ها بوده و دقت برازش الگو بر روی هر کدام از نمونه داده ها و همبستگی فضایی آن‌ها در تعیین تشابه های مکانی و مقداری بین واحدها است.

به طور کلی باقیمانده در الگوهای آماری در واقع تفاضل بین ارزش واقعی داده مشاهده شده با مقدار حاصل پیش بینی شده متغیر مستقل می‌باشد و صحت الگوی رگرسیونی محلی را تعیین می کند. همچنین

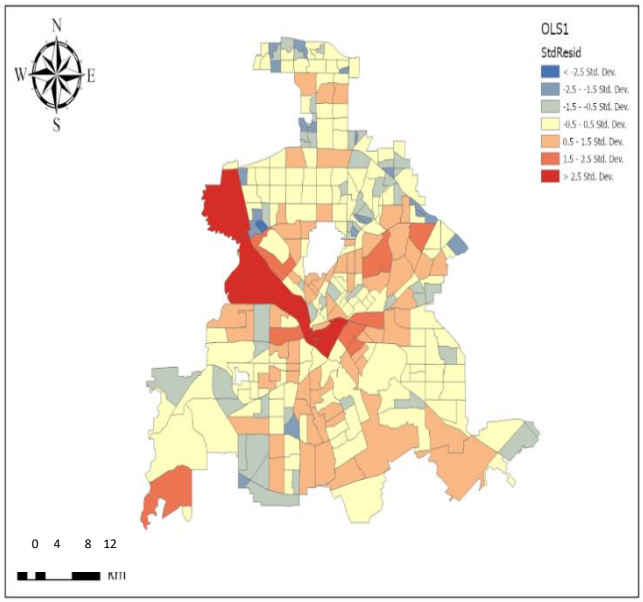
این مقدار توسط تقسیم خطای استاندارد روی باقیمانده ها محاسبه می‌گردد. ارزش های ضریب تغییرات باقیمانده استاندارد شده فراتر از ۲/۵ ± ، غیرمعمول بودن مشاهدات را نشان می دهد. بنابراین داده هایی که از دامنه مذکور خارج هستند نشان از عدم مطلوبیت الگو در ارائه ارتباطات در آن نقطه یا نقاط است [۲۷].

تشابه مقداری یا مکانی را وابستگی فضایی می گویند و وقتی مشاهدات یک ترتیب دنباله ای طبیعی داشته باشند این همبستگی را تعبیر به خودهمبستگی می کنند. خودهمبستگی می تواند به این دلیل پیش آید که باقیمانده های مجاور هم ممکن است در ابعاد فضایی و زمانی مشابه هم باشند و یا مشاهدات نمونه گیری شده از نقاط نمونه ای نزدیک به هم یا در نواحی مجاور بوده که ارتباط همبسته ای داشته باشند، زیرا آن ها ممکن است تحت تأثیر شرایط خارجی مشابه قرار گرفته باشند [۲۸]. ازاین رو عده ای از محققان به منظور رفع عیوب الگوی رگرسیون حداقل مربعات متداول، بحث جدیدی به نام خودهمبستگی فضایی یا وابستگی فضایی را برای داده های مکانی بسط دادند [۲۹]. همبستگی فضایی ممکن است مثبت یا منفی باشد. همبستگی مثبت هنگامی اتفاق می افتد که مقادیر کم و یا زیاد دو یا چند متغیر تصادفی مشابه، تمایل به دسته بندی و جمع شدن در کنار هم در یک دسته را داشته باشند. در حالی که همبستگی منفی هنگامی است که نواحی جغرافیایی مجاور یا هم مرز، شامل همسایگانی با مقادیر و ویژگی های متفاوت و غیرمشابه باشند [۳۰].

نتایج و بحث

در این مطالعه برای انجام تحلیل های مکانی از محیط نرم افزار ArcGIS Pro استفاده شده است. این نرم افزار یکی دیگر از محصولات شرکت ESRI می باشد که نسبت به نرم افزار ArcMap دارای ابزارها و امکانات پیشرفته تر می باشد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، برای هر منطقه از محدوده مورد مطالعه تعداد بسیار زیادی از تماس های اضطراری با مشخصات متفاوت هر تماس وجود دارد. یکی از این مشخصات تاریخ و ساعت تماس برای هر موقعیت بوده که ساعت تماس از آن استخراج شده است. برای بدست آوردن بیشترین ساعت تماس در هر منطقه با استفاده همزمان از تحلیل های مکانی و آماری بیشترین ساعت تماس های اضطراری هر منطقه محاسبه و به منطقه مورد نظر اختصاص داده شده است. بعد از این مرحله با استفاده از تحلیل های مکانی، فاصله هر منطقه از مرکز شهر محاسبه و به هرکدام از مناطق اختصاص داده شده است.

در مرحله بعد بر اساس تحلیل الحاق مکانی در محیط نرم افزار ArcGIS Pro، برای مشخص شدن تعداد تماس های هر منطقه، موقعیت تماس‌ها به پلیگون مربوط به هر بخش اختصاص داده شد. سپس از تحلیل رگرسیون کمترین مربعات استفاده نمودیم که از پارامتر جمعیت به عنوان متغیر مستقل و از پارامترهای تعداد تماس های هر منطقه به عنوان متغیر وابسته استفاده شده است. شکل ۳ نشان دهنده توزیع خطاها یا انحراف معیار استاندارد باقیمانده‌ها می‌باشد.



شکل ۳: تحلیل رگرسیون کمترین مربعات معمولی با یک متغیر مستقل
Fig. 3: Regression with ordinary least square method and one independent variable

آنگونه که در شکل ۳ مشاهده می شود توزیع خطاها نرمال نبوده و به صورت بصری ملاحظه می شود که تجمعی از رنگ های قرمز که بصورت پیش بینی نادرست هستند وجود داشته و پراکندگی آن ها به طور تصادفی به خوبی رعایت نشده است. با نگاهی به جدول ۱ در می یابیم مقدار p-value برای این تحلیل کمتر از حد آستانه ۰/۰۵ بوده و این نشان دهنده معنی دار بودن آزمون می باشد.

جدول ۱: متغیرهای بدست آمده از مدل کمترین مربعات
Table 1: Results of ordinary least square method taking one independent variable

متغیرها Variables	ضریب Coefficient	خطای استاندارد Standard error	مقدار p-value p-value value
Intercept	395/390706	90/344745	0/000020
Population	0/224094	0/020526	0/000000

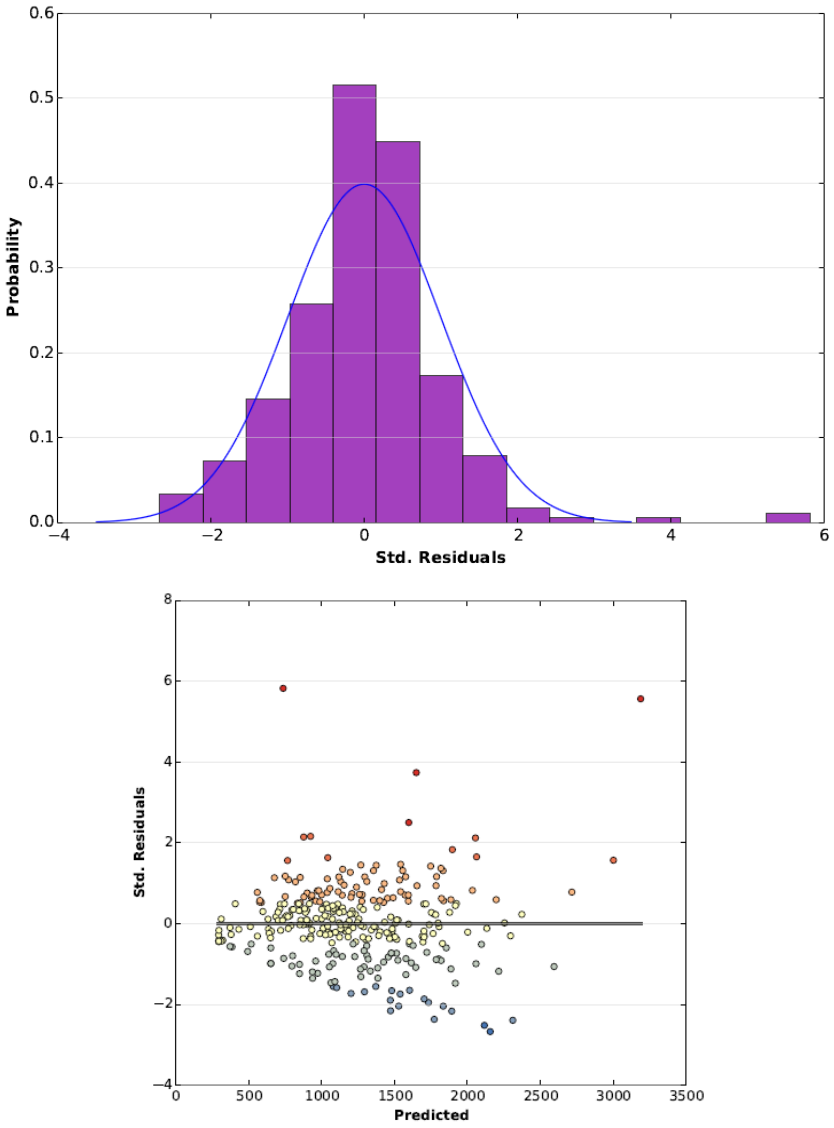
جدول ۲: شاخص های آماری بدست آمده از تست های مختلف روی مدل رگرسیون کمترین مربعات
Table 2: Obtained statistics based on different tests on the ordinary least square model

شاخص‌های آماری Statistical indicators	مقادیر قابل قبول Acceptable values	مقادیر Amounts
Multiple R-Squared [d]	>0/5	0/284337
Adjusted R-Squared [d]	>0/5	0/281952
Joint F-Statistic [e]	<=0/05	0/000000
Joint Wald Statistic [e]	<=0/05	0/000000
Koenker (BP) Statistic [f]	>0/05	0/000010
Jarque-Bera Statistic [g]	>0/05	0/000000
Akaike's Information Criterion (AICc) [d]	تا حد امکان پایین As low as possible	4793/668585

علاوه بر موارد ذکر شده انجام سایر تست های آماری روی این مدل میزان قابل قبول بودن یا نبودن آن را نشان می دهد که در جدول ۲ بیان شده است. طبق نتایج، شاخص های R^2 و R^2 تعدیل شده برای مقادیر کمتر از حد آستانه ۰/۵ به عنوان رگرسیون ضعیف در نظر گرفته می شود که همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود هردوی این مقادیر کمتر از حد آستانه استاندارد می باشد. علاوه بر آن در صورتی که مقدار Joint F-Statistic و Joint Wald Statistic کمتر از ۰/۰۵ باشد به لحاظ آماری کل مدل معنا دار خواهد بود که در مدل کمترین مربعات اجرا شده این مقادیر کمتر از حد آستانه بوده که نشان دهنده معنی دار بودن مدل است. در خصوص شاخص های Koenker و Jarque-Bera که به ترتیب نشان دهنده ثبات مدل و نرمال بودن باقیمانده ها می باشد، مقادیر بیش از حد آستانه ۰/۰۵ مطلوب می باشند. اما طبق نتایج، هردوی این مقادیر کمتر از ۰/۰۵ بوده و نشان می دهد مدل دارای ثبات خوبی نبوده، و باقیمانده ها نرمال نمی باشند. شکل ۴ نیز بصورت بصری عدم نرمال بودن توزیع متغیرها را نمایش می دهد. طبق شکل که در تعداد تماس های کم پیش بینی قابل قبول بوده ولی در تعداد تماس‌های بیشتر خطا بیشتر بوده و پیش بینی خوبی از مدل حاصل نشده است.

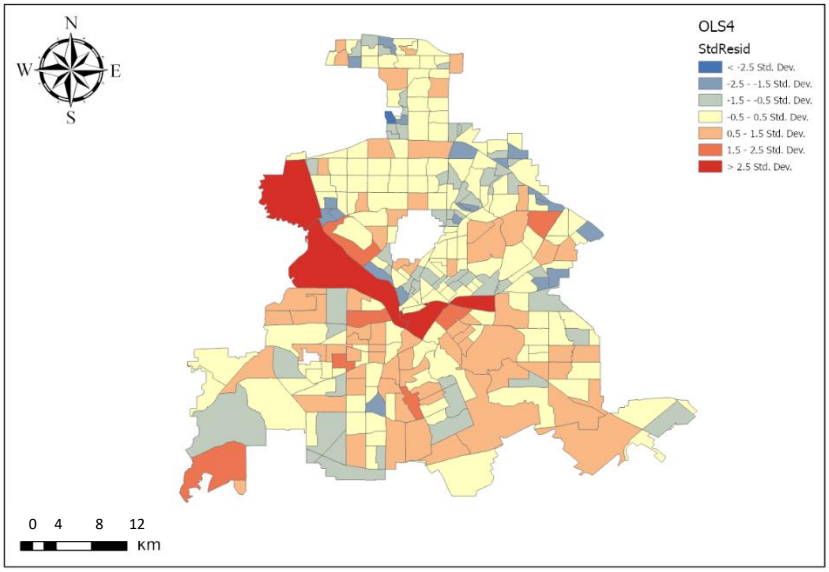
در مرحله بعد با استفاده از مدل کمترین مربعات معمولی، تعداد متغیرهای مستقل را بالاتر برده و علاوه بر پارامتر جمعیت از متغیرهای تعداد افراد تحصیل‌کرده، بیشترین زمان تماس و فاصله هر منطقه از مرکز شهر استفاده می‌کنیم. شکل ۵ خروجی مدل را نمایش می‌دهد.

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود توزیع خطاها نسبت به شکل ۳ دارای پراکندگی بهتری هستند. با نگاهی به جدول ۳ در می‌یابیم مقدار p-value در این تحلیل برای تمامی متغیرها از حد آستانه ۰/۰۵ کمتر بوده و این نشان‌دهنده معنی‌دار بودن آن متغیر است. همچنین در این جدول نشان داده می شود که رابطه جمعیت و فاصله از مرکز با تعداد تماس‌ها منفی می‌باشد.



شکل ۴: بررسی نرمال بودن در مدل کمترین مربعات با یک متغیر: هیستوگرام باقیمانده‌های استاندارد (راست)؛ نمودار پیش‌بینی (چپ)

Fig. 4: Test of normalization in OLS model using one independent variables: Histogram of standard deviations (Right); Prediction graph (Left)



شکل ۵: تحلیل رگرسیون کمترین مربعات معمولی با چهار متغیر مستقل

Fig 5: Regression analysis using ordinary least square method with four independent variables

جدول ۳: متغیرهای بدست آمده از مدل کمترین مربعات با چهارمتغیر

Table 3: Results of obtained values for four variables using ordinary least square method

متغیرها Variables	ضریب Coefficient	خطای استاندارد Standard error	مقدارp-value p-value value
Intercept	-2946/297808	855/729122	0/000671
Population	0/315667	0/026573	0/000000
Max Call Time(s)	216/324785	51/612667	0/000041
Education	-0/130698	0/030054	0/000022
Distance(m)	-0/008470	0/001980	0/000030

جدول ۴: شاخص های آماری بدست آمده از تست های مختلف روی مدل رگرسیون کمترین مربعات با چهار متغیر

Table 4: Statistics obtained from various tests on the ordinary least square method with four independent variables

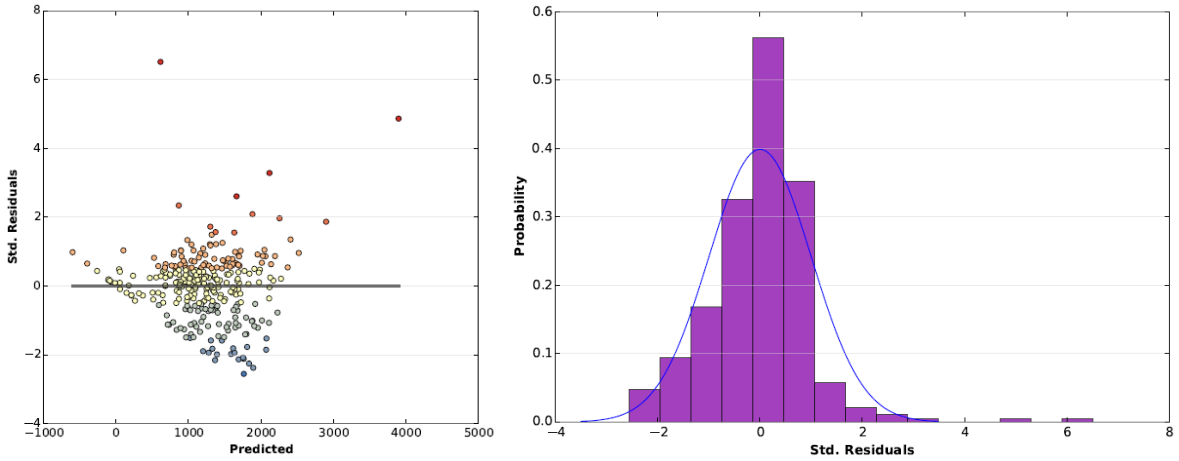
شاخص‌های آماری Statistical indicators	مقادیر قابل قبول Acceptable values	مقادیر Amounts
Multiple R-Squared [d]	>0/5	0/408744
Adjusted R-Squared [d]	>0/5	0/400781
Joint F-Statistic [e]	<=0/05	0/000000
Joint Wald Statistic [e]	<=0/05	0/000000
Koenker (BP) Statistic [f]	>0/05	0/000011
Jarque-Bera Statistic [g]	>0/05	0/000000
Akaike's Information Criterion (AICc) [d]	تا حد امکان پایین As low as possible	4742/203199

علاوه بر این، انجام سایر تست‌های آماری روی این مدل میزان قابل قبول بودن یا نبودن آن را نشان می‌دهد که در جدول ۴ بیان شده است. با توجه به یافته ها، شاخص‌های R^2 و R^2 تعدیل شده کمتر از حد آستانه استاندارد ۰/۰۵ می‌باشد. علاوه بر آن مقدار شاخص‌های Joint F-Statistic و Joint Wald Statistic کمتر از ۰/۰۵ بوده که نشان می‌دهد به لحاظ آماری، کل مدل معنادار است. شاخص‌های Koenker و Jarque-Bera که به ترتیب نشان‌دهنده ثبات مدل و نرمال بودن باقیمانده ها می‌باشد کمتر از حد آستانه ۰/۰۵ بوده و بیانگر این است مدل دارای ثبات خوبی نبوده و باقیمانده‌ها نرمال نمی‌باشند. از نمودارهای موجود در شکل ۶ نیز به این نتیجه می‌رسیم که توزیع باقیمانده‌ها در این مدل پراکندگی بهتری دارند، اما همچنان مدل دارای ثبات خوبی نیست و این نشان می‌دهد احتمالا داده‌ها دارای الگوی مکانی بوده و نیاز به استفاده از رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی می‌باشد.

با استفاده از تحلیل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی روی داده ها خروجی لایه باقیمانده‌ها بصورت شکل ۷ بدست آمده و نمایش داده می‌شود. تفسیر بصری نشان دهنده پراکندگی و نامشخص تر بودن الگوی باقیمانده ها در مدل GWR نسبت به OLS می باشد.

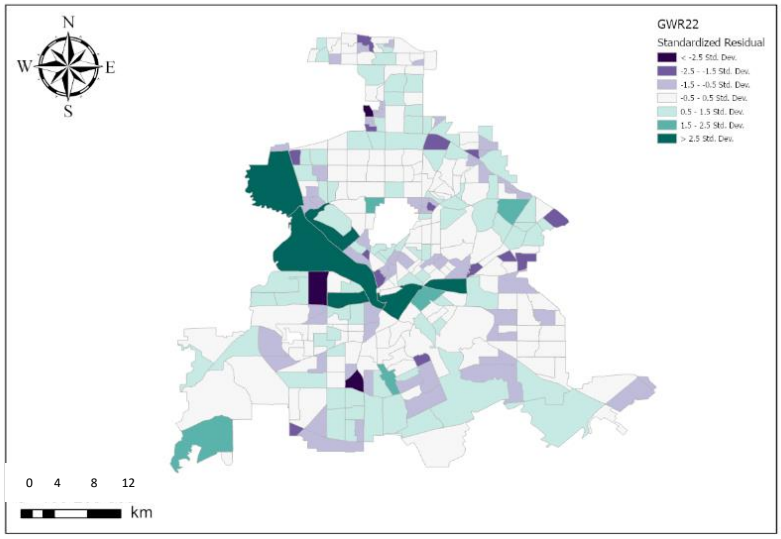
در روش GWR، ضرایب رگرسیون و مقدار R^2 را در هر منطقه بطور مجزا بدست آمد. همچنین برای هر کدام از متغیرها ضرایب Coefficient بطور مجزا محاسبه شده است. نمودارهای شکل ۸ نشان‌دهنده توزیع نرمال، ثبات مدل و صحیح بودن پیش بینی برای تماس‌های اضطراری می‌باشد. یکی دیگر از ویژگی‌های رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی این است ضرایب در موقعیت‌های مختلف باهم تفاوت دارند. در این مرحله اقدام به تهیه نقشه های رستری از وزن پارامترها از روش GWR نمودیم. این نقشه‌های رستر می توانست بینش بهتری نسبت به رابطه قوی یا ضعیف هر متغیر وابسته با میزان تماس ها به صورت محلی به دست دهد. شکل ۹ وزن پارامترهای بکار برده شده در مدل را در موقعیت‌های متفاوت نمایش می‌دهد. همانطورکه در شکل ۹ نشان داده شده است، وزن پارامتر جمعیت در قسمت‌های مرکزی شهر بیشتر از اطراف آن بوده، در حالیکه وزن پارامتر بیشترین زمان تماس در قسمت‌های شمالی، جنوبی و غربی

شهر بیشتر از سایر نقاط می‌باشد. همچنین وزن پارامتر تعداد افراد تحصیل‌کرده در قسمت‌های جنوبی شهر بیشتر بوده و وزن پارامتر فاصله از مرکز شهر در مناطق مرکزی به سمت غرب بیشتر از سایر نقاط می‌باشد.



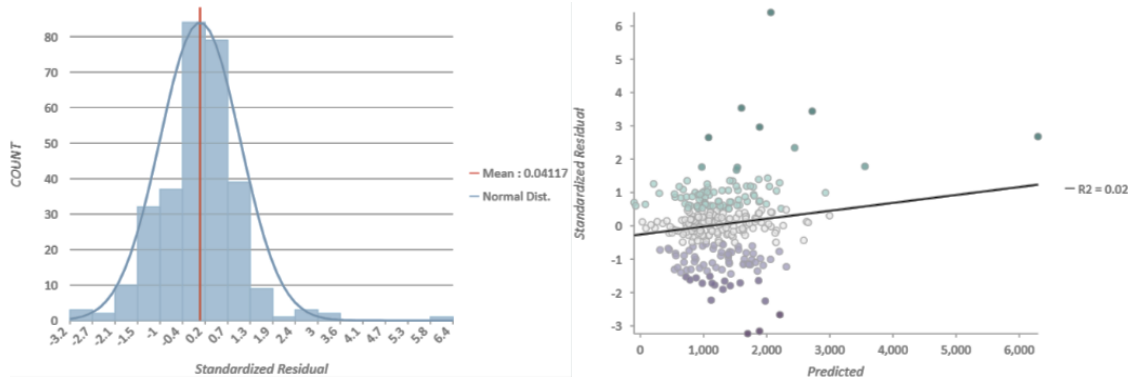
شکل ۶: بررسی نرمال بودن در مدل کمترین مربعات با چهار متغیر: هیستوگرام باقیمانده‌های استاندارد (راست)؛ نمودار پیش‌بینی (چپ)

Fig. 6: Test of normalization in OLS model using four independent variables: Histogram of standard deviations (Right); Prediction graph (Left)



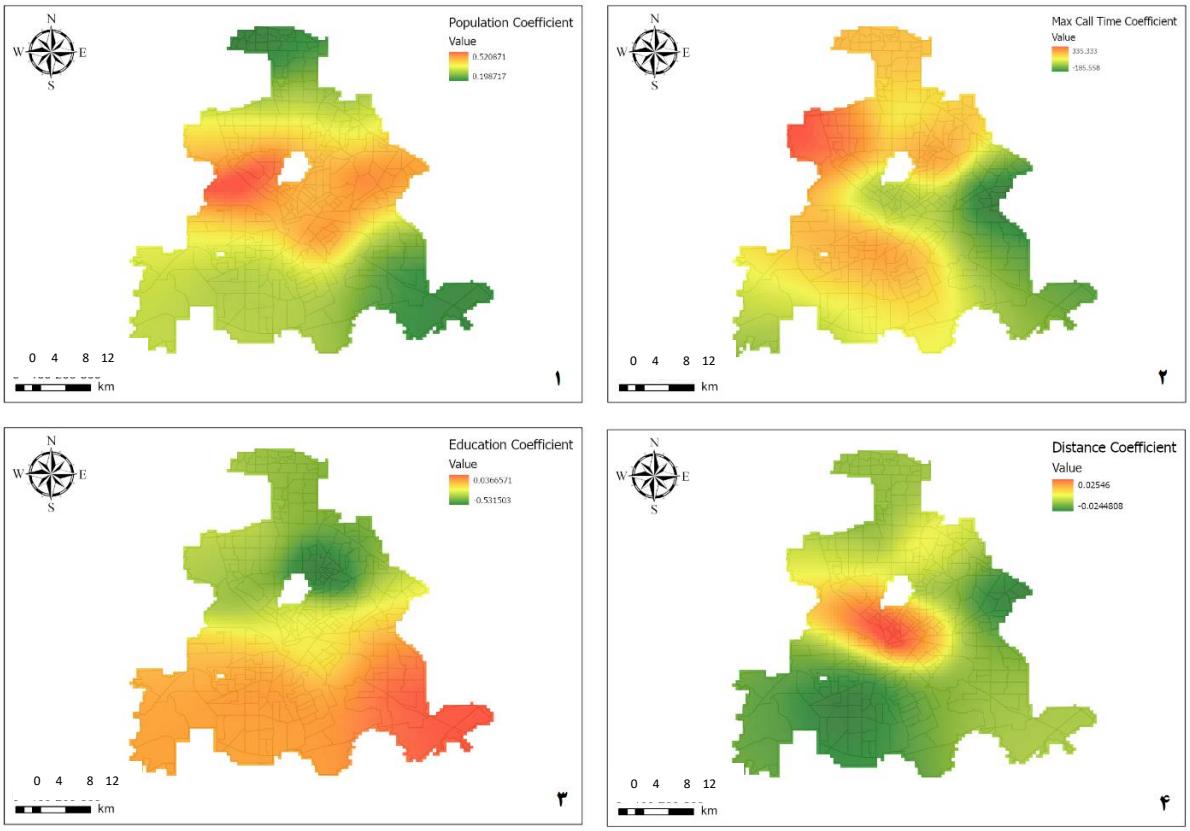
شکل ۷: تحلیل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی با چهار متغیر مستقل

Fig. 7: Results of geographically weighted regression with four independent variables



شکل ۸: بررسی نرمال بودن در مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی با چهار متغیر: (راست) هیستوگرام باقیمانده‌ها (چپ) نمودار پیش‌بینی

Fig. 8: Test of normalization in GWR model using four independent variables: Histogram of standard deviations (Right); Prediction graph (Left)



شکل ۹: توزیع مکانی وزن پارامترهای (۱) جمعیت (۲) بیشترین زمان تماس (۳) تعداد افراد تحصیل‌کرده (۴) فاصله از مرکز
Fig. 9: Spatial distribution map of coefficient weight: Population (1); Max call time (2); Education (3); Distance from the city center

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، داده‌های تماس ضروری ۹۱۱ در ایالت دالاس امریکا مورد بررسی قرار گرفت که تعداد تماس‌های اضطراری با مرکز ۹۱۱ به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای مستقل و توضیحی پارامترهایی همچون جمعیت، تعداد افراد تحصیل-کرده، فاصله از مرکز شهر و بیشترین زمان تماس در نظر گرفته شدند. در ابتدا با استفاده از تحلیل حداقل مربعات معمولی OLS ، عوامل تأثیرگذار (متغیرهای مستقل) بر بالا بودن میزان تماس‌های دریافتی (متغیر وابسته) به همراه نتایج بررسی گردید. در ادامه با استفاده از تحلیل GWR متغیر وابسته نسبت به متغیرهای مستقل پیش‌بینی گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل‌های انجام شده، به علت به وجود توزیع مکانی در پارامترهای استفاده شده در این مطالعه، مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی نسبت به مدل‌های رگرسیون خطی دارای توزیع نرمال‌تر و ثبات بیشتر مدل می‌باشد. تحلیل GWR نسبت به OLS امکان مدل‌سازی و بررسی و اکتشاف روابط مکانی بین داده‌ها را فراهم آورده و درک بهتری از الگوهای مکانی عوامل مشاهده شده یعنی متغیرهای مستقل و پیش‌بینی بر پایه این عوامل را ایجاد می‌کند. خروجی تحلیل GWR، پیش‌بینی متغیر وابسته به تفکیک هر محدوده مکانی به همراه محاسبه مقادیر باقیمانده‌ها می‌باشد. نتایج این تحلیل نشان دهنده سطح رابطه هر متغیر پیش‌بینی کننده با متغیر وابسته در هرکدام از این مناطق و پلی گون‌ها می‌باشد. ضرایب به دست آمده در مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی حاکی از آن است که تأثیر پارامترهای جمعیت، تعداد افراد تحصیل کرده، فاصله از مرکز شهر و بیشترین زمان تماس به ترتیب مؤثرترین پارامترها بوده و دارای وزن بیشتری می‌باشند. همچنین تصاویر توزیع پراکندگی وزن پارامترها در مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی نشان‌دهنده آن است که پارامترهای جمعیت، تعداد افراد تحصیل کرده، فاصله از مرکز و بیشترین زمان تماس به ترتیب تأثیر بیشتری در این مدل برای پیش‌بینی تماس‌های اضطراری داشته‌اند. همچنین نتایج ارزیابی دو مدل OLS و GWR نشان داد که مقدار R2 در مدل GWR حدود ۰/۶۱ و در مدل OLS حدود ۰/۴۱ بوده که نشان دهنده این امر است که نتایج حاصل از مدل GWR به واقعیت نزدیک‌تر است. نتایج این پژوهش نشان می دهد که در مسئله تماس های اضطراری یک رابطه خطی گلوبال حاکم نمی باشد و نمی توان ضرایب ثابتی برای متغیرها در نظر گرفت. بنابراین، با داشتن تعداد قابل توجه تقسیم بندی های شهری به سطح بخش ها یا بلوک ها و اختصاص آمار مربوط به متغیرها به آن سطوح، می توان برای تعمیم مدلسازی به مناطق دیگر نیز از رگرسیون وزن دار جغرافیایی استفاده نمود.

این تحلیل می‌تواند برای متغیرهای مستقل که در آینده می‌تواند هرگونه تغییراتی داشته باشند نیز بررسی شده و تعیین گردد که در کدام یکی از این پلی گون‌ها بر اساس کدام متغیر، متغیر مستقل چه وضعیتی

خواهد داشت. نکته حائز اهمیت در خصوص به‌کارگیری روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی حاکی از قدرت تحلیل دقیق و بالای این روش در محاسبه نرخ اثرگذاری متغیرهای مختلف در بروز پدیده‌هایی با توجه به روابط مکانی و مجاورت‌های منتج از آن می‌باشد. مسائل اجتماعی همچون شناسایی پهنه‌های جرم خیز، معضلات محیط زیستی همچون خشک‌سالی، آلودگی آب، هوا، منابع آبی و غیره ازجمله مواردی هستند که با استفاده از روش‌های مبتنی بر مدل‌های رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی می‌توان عوامل مؤثر بر آن‌ها را بررسی و نتایج کاهشی و یا افزایشی آن‌ها را در بروز این پدیده‌ها به‌صورت مدل‌های قابل مطالعه استخراج نمود و از این نتایج در مدل‌های پیش‌بینی کننده نیز به منظور یاری به مسئولین در تصمیم سازی‌ها بهره‌برداری نمود.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله نویسندگان سهم نسبتاً برابری در ایده پردازی، مدل‌سازی، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل، و نگارش داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

از سردبیر نشریه و داوران به خاطر کمک به افزایش کیفیت این مقاله سپاسگزاریم.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است

منابع و مآخذ

[1] Mennis J, Guo D. Spatial data mining and geographic knowledge discovery—An introduction. Computers, Environment and Urban Systems. 2009 Nov 1;33(6):403-8. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.11.001

[2] Montgomery DC, Peck EA, Vining GG. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons; 2021 Feb 24.

[3] Alijani B. Spatial analysis in geography studies. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazarts. 2015 Oct 10;2(3):1-4. http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.1

[4] Shamshiri S, Shahbazi H, Taghipour Javi S. Analyzing the Relations Between Spatial Variables in Khanmirza Plain: Comparison of Geological Weighted Regression and Ordinary Least Square Models. Geography and Development. 2017 Sep 23;15(48):95-112. https://doi.org/10.22111/gdij.2017.3350

[5] Liu Z, Wang C. Design of traffic emergency response system based on internet of things and data mining in emergencies. IEEE Access. 2019 Aug 13; 7:113950-62. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2934979

[6] Fan B. Hybrid spatial data mining methods for site selection of emergency response centers. Natural hazards. 2014 Jan; 70:643-56. https://doi.org/10.1007/s11069-013-0833-5

[7] Dagaeva M, Garaeva A, Anikin I, Makhmutova A, Minnikhanov R. Big spatio-temporal data mining for emergency management information systems. IET Intelligent Transport Systems. 2019 Nov;13(11):1649-57. https://doi.org/10.1049/iet-its.2019.0171

[8] Photis YN, Grekousis G. Locational planning for emergency management and response: An artificial intelligence approach. International Journal of Sustainable Development and Planning. 2012 Sep 3;7(3):372-84. doi: 10.2495/SDP-V7-N3-372-384

[9] Chipendo PI, Shawar YR, Shiffman J, Razzak JA. Understanding factors impacting global priority of emergency care: a qualitative policy analysis. BMJ Global Health. 2021 Dec 1;6(12):e006681. https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-006681

[10] Fischer MM, Getis A, editors. Handbook of applied spatial analysis: software tools, methods and applications. Berlin: Springer; 2010.

[11] Karasová V, Krisp JM, Virrantaus K. Application of spatial association rules for improvement of a risk model for fire and rescue services. Proceedings of ScanGIS2005. 2005 Jun 13.

[12] Fotheringham AS, Charlton ME, Brunsdon C. Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis. Environment and planning A. 1998 Nov;30(11):1905-27.

[13] Brunsdon C, Fotheringham AS, Charlton ME. Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity. Geographical analysis. 1996 Oct;28(4):281-98.

[14] BALYANI S. Spatial analysis of annual precipitation of Khuzestan province; an approach of spatial regressions analysis. Journal of Geographical Science. 2017;16(43):125-147.

[15] Bahri A, Khosravi Y, Tavakoli A. Comparison of the Performance of Geographically Weighted Regression and Ordinary Least Squares for modeling of Sea surface temperature in Oman Sea. Engineering Journal of Geospatial Information Technology. 2019 Dec 10;7(3):159-72.

[16] Mirbagheri B, Alimohammadi A. Evaluating the Capability of Geographically Weighted Regression in Improvement of Urban Growth Simulation Performance Using Cellular Automata.

[17] Bag R, Ghosh M, Biswas B, Chatterjee M. Understanding the spatio-temporal pattern of COVID-19 outbreak in India using GIS and India's response in managing the pandemic. Regional Science Policy & Practice. 2020 Dec 1;12(6):1063-104. https://doi.org/10.1111/rsp3.12359

[18] Raza O, Mansournia MA, Foroushani AR, Holakouie-Naieni K. Geographically weighted regression analysis: A statistical method to account for spatial heterogeneity. Archives of Iranian medicine. 2019 Mar 1;22(3):155-60.

[19] Li Y, Liu X, Han Z, Dou J. Spatial proximity-based geographically weighted regression model for landslide susceptibility assessment: a case study of Qingchuan area,

[30] Wheeler DC. Geographically weighted regression. In Handbook of regional science 2021 Jan 14 (pp. 1895-1921). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

مژده مینایی دانشجوی دکترای سنجش از دور و GIS دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران می‌باشد. ایشان مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی نقشه‌برداری و سنجش از دور و GIS به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ از دانشگاه علم و صنعت ایران-واحد اراک و دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران دریافت نمودند. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در حوزه کاربرد GIS و سنجش از دور در مطالعات آب و فاضلاب و همچنین خدمات شهری می‌باشد. در حال حاضر ایشان بیش از ۲۰ مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های علمی ارائه نموده‌اند و همچنین در داوری دو کنفرانس علمی ملی فعالیت داشته‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: تحلیل‌های مکانی در حوزه‌های آب و فاضلاب، کاربردهای GIS در مطالعات آب‌های زیرزمینی، و سیستم اطلاعات مکانی تحت وب.

Minaei, M. Ph.D. student at the Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

mojde.minaei@gmail.com

محمد حسن وحیدنیا استادیار مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی می‌باشند. ایشان مدرک کارشناسی ارشد و دکتری خود را در رشته مهندسی نقشه برداری گرایش GIS بترتیب در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۳ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی دریافت نمودند. فعالیت‌های پژوهشی اخیر وی در حوزه جمع سپاری در پورتال‌های مکانی و سیستم‌های توصیه گر در شبکه‌های اجتماعی مکان-مبنا می‌باشد. تاکنون بیش از ۳۰ مقاله علمی در مجلات علمی و کنفرانس‌های خارجی و بیش از ۳۰ مقاله در نشریات وکنفرانس‌های داخلی از ایشان منتشر شده است. زمینه‌های تخصصی وی عبارتند از: هوش مصنوعی در اطلاعات مکانی، منطق و هستی شناسی مکانی، محاسبات هندسی، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی، خدمات مکان-مبنا، و اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه.

Vahidnia, M.H. Assistant Professor at the Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

mh_vahidnia@sbu.ac.ir

China. Applied Sciences. 2020 Feb 7;10(3):1107. https://doi.org/10.3390/app10031107

[20] Tu J. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. Applied Geography. 2011 Jan 1;31(1):376-92. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.08.001

[21] Shamshiri S, Shahbazi H, Taghipour Javi S. Analyzing the Relations Between Spatial Variables in Khanmirza Plain: Comparison of Geological Weighted Regression and Ordinary Least Square Models. Geography and Development. 2017 Sep 23;15(48):95-112. https://doi.org/10.22111/gdij.2017.3350

[22] Robinson DP, Lloyd CD, McKinley JM. Increasing the accuracy of nitrogen dioxide (NO2) pollution mapping using geographically weighted regression (GWR) and geostatistics. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2013 Apr 1;21:374-83. https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.11.001

[23] Su S, Xiao R, Zhang Y. Multi-scale analysis of spatially varying relationships between agricultural landscape patterns and urbanization using geographically weighted regression. Applied Geography. 2012 Mar 1;32(2):360-75. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.06.005

[24] Brown S, Versace VL, Laurenson L, Ierodiaconou D, Fawcett J, Salzman S. Assessment of spatiotemporal varying relationships between rainfall, land cover and surface water area using geographically weighted regression. Environmental Modeling & Assessment. 2012 Jun;17:241-54. https://doi.org/10.1007/s10666-011-9289-8

[25] Vahidnia MH. Point-of-interest recommendation in location-based social networks based on collaborative filtering and spatial kernel weighting. Geocarto international. 2022 Dec 13;37(26):13949-72. https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2086626

[26] Tu J, Xia ZG. Examining spatially varying relationships between land use and water quality using geographically weighted regression I: Model design and evaluation. Science of the total environment. 2008 Dec 15;407(1):358-78. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.031

[27] Sisman S, Aydinoglu AC. A modelling approach with geographically weighted regression methods for determining geographic variation and influencing factors in housing price: A case in Istanbul. Land use policy. 2022 Aug 1;119:106183. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106183

[28] Billor N, Chatterjee S, Hadi AS. A re-weighted least squares method for robust regression estimation. American journal of mathematical and management sciences. 2006 Feb 1;26(3-4):229-52. https://doi.org/10.1080/01966324.2006.10737673

[29] Zhang Z, Sun L, Zhao X, Sun J. Regression analysis of interval-censored failure time data with linear transformation models. Canadian Journal of Statistics. 2005 Mar;33(1):61-70. https://doi.org/10.1002/cjs.5540330105

زهرا رضائی دانشجوی دکترای سنجش از دور و GIS دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران می‌باشد. ایشان مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی نقشه‌برداری از دانشگاه علم و صنعت ایران در سال ۱۳۸۴و کارشناسی ارشد را در رشته سنجش از دور و GIS از دانشگاه واحد علوم و تحقیقات، تهران در سال ۱۳۹۳ دریافت نمودند. فعالیت¬های پژوهشی اخیر وی در حوزه SDI، آنتـولوژی، SDSS، VGI در حـوزه‌های مختلف تولیـد اطلاعات مـکانی، و همچنین همسان رقومی در مدیریت ترافیک می¬باشد. تاکنون بیش از ۳۰ مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های علمی از ایشان منتشر شده است. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: GIS و توابع تحلیل مکانی، SDI، آنتولوژی، VGI و دیجیتال توئین.

Rezaei, Z. Ph.D. student at the Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

rezaee.ncc@gmail.com

Citation (Vancouver): Minaei M, Vahidnia M.H, Rezaei Z. [Exploring Factors Influencing High Volume of Requests to Rescue Centers: A geographically weighted regression analysis]. *J. RS. GEOINF. RES. 2024; 2(1): 65-78*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2024.10780.1061

COPYRIGHTS

© 2024 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)