نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸

Vol.7, No.3, Autumn 2019

۷۹-۱۰۲

مقاله پژوهشی

تعیین عوامل موثر بر دمای سطح زمین شهر تهران با استفاده از تصاویر لندست و ترکیب رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی و الگوریتم ژنتیک

عامر کریمی[۱]، پرهام پهلوانی[۲*]، بهناز بیگدلی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استاد گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳- دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۰۹

چکیده

با توجه به توسعه شهرنشینی و تغییر در محیط حرارتی شهری، شناسایی عوامل مکانی موثر بر دمای سطح زمین در مناطق شهری از اهمیت بالایی برخوردار است. از این‌رو با شناسایی این عوامل می‌توان در جهت پیشگیری هرچه بیشتر این پدیده بااستفاده از آموزش عمومی، وضع قوانین و سیاست‌های مدیریتی کارآمد و نظارت بیشتر جهت مقابله با عوامل محرک افزایش دمای سطح زمین برآییم. در این تحقیق، هدف شناسایی ترکیب بهینه عوامل مکانی موثر بر دمای سطح زمین شهر تهران است. در این راستا، جهت شناسایی عوامل موثر از روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (*GWR*) و جهت انتخاب ترکیب بهینه عوامل موثر بر روی دمای سطح زمین شهر تهران از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. روش ترکیبی پیشنهادی روش مناسبی برای مسائل رگرسیون مکانی است زیرا این روش با دو خواص منحصر به فرد داده‌های مکانی یعنی خودهمبستگی و ناایستایی مکانی سازگار می‌باشد. در این تحقیق داده‌های دمای سطح زمین شهر تهران در دو تاریخ ۲۷ مرداد ۹۳ و ۳۰ مرداد ۹۴ بااستفاده از تصاویر ماهواره لندست۸ بدست آمد و از دو روش وزن‌دهی گوسین و مکعبی سه‌گانه در *GWR* استفاده شد. مقدار تابع برازش *($1-R^2$)* برای دو تاریخ اشاره شده در فوق، بااستفاده از هسته گوسین ۰٫۲۱۷۵۲ و ۰٫۲۳۴۴۸ و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه ۰٫۱۰۴۵۲ و ۰٫۱۴۴۹۴ به‌دست آمد. تاثیر عوامل کاربری اراضی، تراکم ساخت و ساز و فاصله از راه‌ها در دمای سطح زمین شهر تهران از سایر عوامل بیشتر بود. همچنین با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه برای وزن‌دهی در *GWR*، نتایج دقیق‌تر و مناسب‌تری به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: دمای سطح زمین، رگرسیون وزندار جغرافیایی، الگوریتم ژنتیک.

نویسنده مکاتبه‌کننده: دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران.

تلفن: ۶۱۱۱۴۵۲۴

Email: pahlavani@ut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

۱- مقدمه

گسترش سریع شهرنشینی و رشد جمعیت و تغییر خواص فیزیکی سطح زمین شهری باعث تنوع قابل‌توجهی در محیط‌های حرارتی شهری شده است[۱]. یکی از آشناترین اثرات آب و هوایی محلی، پدیده‌ای به نام جزایر گرمایی شهری (*UHI*[1]) است، که در آن دمای سطح زمین در مناطق شهری چند درجه بالاتر از مناطق غیرشهری اطراف می‌باشد[۲]. تاکنون تحقیقات قابل‌توجهی با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی برای تشخیص ویژگی‌های حرارتی سطوح شهری انجام شده است [۱، ۳، ۴ و ۵]، اما برخلاف تحقیق حاضر، در عمده این تحقیقات تنها از شاخص‌هایی مانند پوشش گیاهی، سطوح غیرقابل نفوذ، سطوح آبی که از تصاویر ماهواره‌ای قابل تفکیک و استخراج بوده‌اند تمرکز شده است و از سایر عوامل و لایه‌های مکانی تاثیرگذار مانند ارتفاع ساختمان‌ها، تراکم ساخت و ساز، انواع کاربری اراضی با سطح تفکیکی، فاصله از راه‌ها و تراکم جمعیت که در این مقاله به آنها پرداخته شده است، استفاده نشده است. بنابراین در بیشتر تحقیقات صورت گرفته جنبه سنجش از دوری تحقیقات بسیار قوی‌تر از جنبه مکانی آن است. اما در این تحقیق عوامل در موقعیت‌های محلی مختلف و با الگوهای مکانی مختلف بررسی شده‌اند و تاثیر هر عامل روی دمای سطح زمین مورد ارزیابی قرار گرفته است. لی و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی عوامل مکانی ساکن و موثر در دمای سطح زمین شهر شنژن چین پرداخته‌اند [۱]. در این تحقیق چند نوع کاربری اراضی شامل زمین کشاورزی، مناطق ساخته شده، جنگل، باتلاق، زمین بایر و چمنزار و همچنین ارتفاع زمین و فاصله از راه‌ها به‌عنوان عوامل موثر مورد بررسی قرار گرفته و نتایج را به صورت مختصر تشریح نموده اند. در این تحقیق تنها عامل کاربری اراضی بررسی شده است و همچنین برای تولید داده‌های دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ استفاده شده است. پنگ و همکاران نیز در سال ۲۰۱۷ به بررسی عوامل موثر بر دمای سطح زمین در منطقه سیچوآن چین پرداخته‌اند[۶]. در این تحقیق عوامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، مناطق ساخته‌شده و کاربری اراضی شامل جنگل، چمنزار، باتلاق و زمین بایر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از این بود که ارتفاع زمین و انواع کاربری به طور معنی‌داری با دمای سطح زمین رابطه دارند و شیب و جهت شیب به‌عنوان عوامل کم اهمیت‌تر معرفی شده است. در این میان تحقیقاتی نیز در مورد روابط کمّی بین الگوهای مکانی *UHI* و عوامل اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی در جهت کاهش اثرات حرارتی مضر ناشی از توسعه شهری نیز صورت گرفته است [۷]. در همین راستا هوانگ و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی رابطه الگوهای مکانی دمای سطح زمین و عوامل اجتماعی و اقتصادی در شهر بالتیمور ایالت مریلند در کشور آمریکا پرداختند که نتیجه آن با بررسی عوامل سطحی زمین، بالاتر بودن دمای سطح زمین در مناطق فقیرنشین، کم سواد و قومی بود. دلیل این افزایش، بالا بودن درصد سطوح غیرقابل نفوذ، فقر پوشش گیاهی و جمعیت زیاد بیان شد [۸]. رونالد و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی و مقایسه اثرات سطوح غیرقابل نفوذ و پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین مناطق شهری با استفاده از تصاویر لندست۸ پرداختند که نتیجه آن افزایش دمای ۳ درجه سانتیگراد در مناطق غیرقابل نفوذ بود [۹]. همچنین چن و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی اثرات انواع پوشش زمین بر تغییرات روزانه درجه حرارت شهری با استفاده از تصاویر حرارتی مودیس[2] و تصاویر چندطیفی اسپات[3] نمودند [۱۰]. خیاوو و همکاران نیز با استفاده از تصاویر لندست۵ کاربری اراضی، تراکم ساخت و راه‌ها و همچنین با استفاده از تصاویر پانکروماتیک اسپات ارتفاع ساختمان‌های شهر پکن را استخراج کردند و این عوامل را با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه[4] در دمای سطح زمین مورد بررسی قرار دادند که در نتایج آن جنگل‌ها، زمین‌های کشاورزی و مناطق آبی در بین کاربری اراضی کم‌ترین دما را داشتند و اما مناطق ساخته‌شده با تراکم بالا از بیشترین دمای سطح زمین برخوردار بودند [۱۱]. در پژوهشی دیگر از شاخص‌های پوشش گیاهی از جمله شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (*NDVI*[5])، شاخص نرمال شده آب

[1] *Urban Heat Island*

[2] *MODIS*
[3] *SPOT*
[4] *Multiple Linear Regression*
[5] *Normalized Difference Vegetation Index*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

(*NDWI*[1]) و شاخص نرمال شده سازه (*NDBI*[2]) برای ایجاد ارتباط بین دمای سطح شهری و کاربری و پوشش اراضی (*LULC*[3]) استفاده کردند [۱۲]. تحقیق دیگری در شهر بالتیمور توسط ژوو و همکاران در سال ۲۰۱۱ انجام شد که بااستفاده از تحلیل‌های همبستگی و رگرسیون خطی چندگانه به بررسی تاثیر پوشش اراضی در دمای سطح زمین شهر بالتیمور ایالات متحده پرداخته‌اند که در نتایج این تحقیق به مثبت بودن ضرایب رگرسیون مربوط به درصد پوشش ساختمان‌ها و پیاده‌روها در *LST* به معنی تأثیر مثبت در افزایش دمای سطح زمین و منفی بودن ضرایب پوشش گیاهی و آبی به معنی تاثیر کاهنده در دمای سطح زمین اشاره شده است [۱۳]. در بررسی روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته اگرچه روابط رگرسیون چند متغیره جهانی جواب‌های نسبتا قابل قبولی دارد، اما جوابگوی مسائل مکانی نیست. در حقیقت، مشاهده شده که الگوها و فرآیندهای مکانی و زیست‌محیطی در طبیعت، بر خلاف قوانین فیزیکی جهانی، تمایل به داشتن متغیر مکانی دارند [۱۴]. به عبارت دیگر، حتی اگر فرآیندهای طبیعی یک فرآیند جهانی و کلی هستند، الگوهای مکانی واقعی با موقعیت‌های محلی، متفاوت خواهند بود و رگرسیون جهانی پاسخگوی آنها نیست [۱۵]. تحلیل رگرسیون‌های معمولی مانند مدل حداقل مربعات معمولی[4] (*OLS*) بر پایه‌ی فرض مشاهدات مستقل است، در نتیجه زمانی که به داده‌های زمین مرجع اعمال می‌شوند به علت حضور داده‌های مکانی وابسته با شکست مواجه می‌شوند[۱]. برای غلبه بر این محدودیت، برانسدون و همکاران یک روش رگرسیون محلی به نام رگرسیون وزندار جغرافیایی (*GWR*[5]) را پیشنهاد کردند[۱۶]. در مقایسه با برخی از مدل‌های آماری جدید مانند مدل مختلط خطی، مدل تجمعی تعمیم‌یافته، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و شبکه عصبی تابع پایه شعاعی، مدل *GWR* می‌تواند ضرایب رگرسیون را در هر موقعیت مکانی برآورد کند، و عملکرد پیشگویانه‌ی بهتری را برای متغیر نهایی ارائه دهد. علاوه بر این، باقی‌مانده‌های مدل *GWR* حالت تصادفی بودن مکانی آن مطلوب‌تر از باقی‌مانده‌های بدست آمده از مدل‌های دیگر است [۱۷].

هدف از این تحقیق، تعیین عوامل موثر بر دمای سطح زمین مناطق شهری است که در این تحقیق شهر تهران به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. جهت تعیین عوامل موثر می‌توان از مدل *GWR* استفاده نمود اما ترکیب‌های مختلف عوامل موثر، نتایج متفاوتی را در مدل‌سازی دمای سطح زمین ایجاد می‌کند. از این رو از الگوریتم ژنتیک که به‌صورت ضمنی وابستگی بین عوامل را در نظر می‌گیرد و با توجه به آن بهترین زیرمجموعه از عوامل را انتخاب می‌کند جهت انتخاب ترکیب بهینه عوامل موثر بر دمای سطح زمین استفاده شد. همچنین در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای لندست۸ برای بازیابی دمای سطح زمین شهر تهران استفاده شد. عوامل مکانی مختلفی در موثر بودن دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفتند که از چالش‌های پیش روی این تحقیق یافتن ترکیبی از این عوامل با بیشترین تاثیر روی دمای سطح زمین است که بدین منظور از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. براساس تحقیقات پیشین انجام شده در بررسی دمای سطح زمین، تاکید بیشتر بر به‌کارگیری و بررسی عوامل سطحی بوده و عوامل اتمسفریک کمتر مورد توجه واقع شده است. در این تحقیق نیز با توجه به محدودیت‌های داده‌ای موجود، ۸ عامل مکانی وابسته به سطح زمین شامل کاربری اراضی، فاصله از جاده‌ها، تراکم جمعیت، تراکم ساخت و ساز، جهت شیب، مقدار شیب، ارتفاع ساختمان و ارتفاع سطح زمین مورد بررسی قرار گرفت.

در ادامه این تحقیق، در بخش ۲ به مبانی نظری در تعیین دمای سطح زمین پرداخته می‌شود. در بخش ۳ این تحقیق به معرفی منطقه مورد مطالعه، داده‌های مورد استفاده، روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی و الگوریتم ژنتیک مورد استفاده جهت یافتن بهترین ترکیب عوامل می‌پردازیم، در بخش ۴ نتایج به‌دست آمده ارائه و پیرامون آن‌ها بحث شده است و در نهایت، در بخش ۵ به نتیجه‌گیری از این تحقیق می‌پردازیم.

۲- تعیین دمای سطح زمین[6]

در سال های اخیر، تغییرات آب و هوایی به یکی از مسائل مهم زیست محیطی جهان تبدیل شده است[۱۸]. بازیابی

[1] *Normalized Difference Water Index*
[2] *Normalized Difference Build-up Index*
[3] *Land Use and Land Cover*
[4] *ordinary least squares*
[5] *Geographically Weighted Regression*
[6] *Land Surface Temperature*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

دمای سطح زمین برای تعیین تغییرات آب و هوایی و به ویژه تعیین جزایر حرارتی شهری بسیار مهم است [۱۹ و ۲۰]. دمای سطح زمین در مناطق شهری، دمای هوای لایه‌ی پایین اتمسفر شهری را مشخص می‌کند و یک عامل اصلی در تعیین تابش سطحی و تبادل انرژی، دمای داخلی ساختمان‌ها و آسایش مردم در شهرها می‌باشد [۲۰]. خواص فیزیکی مانند انواع مختلف سطوح شهری، رنگ سطوح، عامل دید به آسمان[1]، هندسه خیابان‌ها، فشار ترافیکی و فعالیت‌های انسانی از عوامل مهم در تعیین دمای سطح زمین محیط شهری می‌باشد [۲۱]. اطلاعات بدست آمده از دمای سطح زمین می‌تواند اطلاعات مفیدی در زمینه مطالعه پدیده‌های مختلف از جمله تجزیه و تحلیل جزایر حرارتی شهری، تشخیص آنومالی‌های حرارتی مربوط به زلزله، شناسایی منابع زمین گرمایی، پایش خشکسالی و آتش‌سوزی ارائه دهد [۲۲].

تاکنون الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی جهت تعیین دمای سطح زمین ارائه شده‌اند. از جمله این الگوریتم‌ها می‌توان به روش تک‌پنجره[2] [۲۳]، روش پنجره مجزا[3] [۲۴ و ۲۵]، روش تک‌کاناله[4] [۲۶، ۲۷ و ۲۸] و روش تفکیک دما/انتشار[5] [۲۹] اشاره کرد. در این تحقیق اگرچه تصاویر ماهواره لندست۸ با دو باند حرارتی مورد استفاده قرار گرفته است اما برای تعیین LST از الگوریتم تک‌کاناله برای محاسبه دمای سطح زمین استفاده شد. ماهواره‌های لندست از اوایل سال ۱۹۷۰ به طور مداوم تصاویر چندطیفی از زمین را ثبت کرده‌اند. لندست ۵ و ۷ برای مطالعه‌های حرارتی دارای تنها یک باند حرارتی هستند اما لندست۸ دارای دو باند حرارتی می‌باشد؛ اگرچه در حال حاضر به دلیل اشکال در باند ۱۱ توصیه می‌شود تنها از یک باند آن یعنی باند ۱۰ استفاده شود [۳۰ و ۳۱]. به همین دلیل در این تحقیق از الگوریتم تک‌کاناله با استفاده از باند ۱۰ تصاویر لندست ۸ جهت تعیین دمای سطح زمین شهر تهران استفاده شد.

قبل از بررسی و محاسبه LST، تصاویر لندست۸ برای بهبود کیفیت نیاز به پیش‌پردازش دارند. تصحیح رادیومتریکی تصاویر در نرم افزار انوی[6] و با استفاده از روش $FLAASH$[7] صورت گرفت[۳۲]. در این روش از فایل فراداده[8] برای تصحیح باندهای چندطیفی و حرارتی استفاده شد. بعد از تصحیح اتمسفری باندها، باید عدد دیجیتالی[9] (DN) باندها بین عدد ۰ و ۱ نرمال شوند که این کار در نرم افزار انوی و با استفاده از رابطه(۱) انجام می‌شود[۳۳].

بعد از عملیات پیش‌پردازش تصاویر برای برآورد دمای سطح زمین باید مراحل زیر به ترتیب طی شود.

۲-۱-۱- برآورد دمای روشنایی از تصاویر TIRS لندست۸

نحوه محاسبه دمای روشنایی در سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده[10] به صورت رابطه (۲) بیان شده است[۳۴] که در این رابطه T_s دمای روشنایی در ماهواره بر حسب کلوین، K_1، K_2 ثابت حرارتی برای باند حرارتی است. L_λ درخشندگی طیفی جو بالا[11] که از رابطه (۳) قابل محاسبه می باشد [۳۴]. در این رابطه M_L عامل تغییر مقیاس ضرب شونده[12]، Q_{cal} باند مورد نظر و A_L عامل تغییر مقیاس اضافه شونده[13] می‌باشد.

۲-۱-۲- برآورد قابلیت انتشار سطح زمین[14] (LSE)

قابلیت انتشار سطح یک پارامتر کلیدی است که قدرت جذب تابشی یک سطح در طول موج مورد نظر را توصیف می‌کند[۳۰]. قابلیت انتشار سطح زمین وابسته به ترکیب لایه‌های روی سطح هدف مانند حضور خاک یا پوشش گیاهی، نوع خاک و پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی و ناهمواری سطح است[۳۵ و ۳۶]. از معیارهای ضروری در تعیین دمای سطح زمین، برآورد قابلیت انتشار سطح زمین است که در رابطه (۴) قابل مشاهده است[۳۵ و ۳۶]. در این رابطه ε قابلیت انتشار سطح زمین یا همان LSE می‌باشد، $\varepsilon_{v\lambda}$ قابلیت انتشار پوشش گیاهی در طول موج مورد نظر می‌باشد که ۰٫۹۸۷ در نظر گرفته شد و $\varepsilon_{s\lambda}$

[1] *Sky view factor*
[2] *Mono-window*
[3] *Split-window*
[4] *Single channel*
[5] *Temperature/emissivity separation*

[6] *ENVI Software*
[7] *Fast Line- of- sight Atmospheric Analysis of*
[8] *Meta data*
[9] *Digital Number*
[10] *United States Geological Survey*
[11] *Top Of Atmosphere (TOA) Spectral Radiance*
[12] *RADIANCE_MULT_BAND_x*
[13] *RADIANCE_ADD_BAND_x*
[14] *Land Surface Emissivity*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

قابلیت انتشار خاک در باند مورد نظر می‌باشد که برابر ۰/۹۷۱ درنظر گرفته شد و P_v نسبت پوشش گیاهی در هر پیکسل است که از رابطه (۵) محاسبه می‌شود[۳۷].

$$DN = (b_1 \text{ le}0)*0 + (b_1 \text{ ge}10000)*1 + (b_1 \text{ gt}0 \text{ and } b_1 \text{ lt}10000)*\text{float}(b_1)/10000$$ رابطه(۱)

$$T_s = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L_\lambda}+1)}$$ رابطه(۲)

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L$$ رابطه(۳)

$$\varepsilon = \varepsilon_{v\lambda}.P_v + \varepsilon_{s\lambda}.(1-P_v) + C_\lambda$$ رابطه(۴)

$$P_v = (\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v + NDVI_s})^2$$ رابطه(۵)

به C_λ نیز اثر حفره[1] گویند که ناشی از زبری سطح است و از رابطه (۷) محاسبه می‌شود[۳۸].

در اینجا $NDVI_v$ و $NDVI_s$ به ترتیب $NDVI$ مربوط به پوشش گیاهی کامل و خاک لخت هستند که در منابع مختلف این مقادیر را برابر ۰,۹۹ برای $NDVI_v$ و ۰,۱۷ برای $NDVI_s$ در نظر گرفته‌اند. شاخص $NDVI$ از معروف‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های شناخته شده در زمینه مطالعات پوشش گیاهی می‌باشد که از رابطه(۶) بدست می‌آید[۳۹].

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$ رابطه(۶)

مقادیر بدست آمده برای $NDVI$ اعدادی بین ۱- و ۱ است که اعداد مثبت حاکی از حضور پوشش گیاهی و اعدا منفی عدم پوشش گیاهی را نشان می‌دهند[۴۰]. پارامتر دیگر یعنی اثر حفره از رابطه (۷) بدست می‌آید [۳۸].

$$C_\lambda = (1-\varepsilon_{s\lambda}).\varepsilon_{v\lambda}.F'.(1-P_v)$$ رابطه(۷)

که F' عامل هندسی نام دارد و مقدار متوسط ۰/۵۵ را برای آن در نظر گرفته‌اند.

۲-۱-۳- برآورد دمای سطح زمین (الگوریتم تک‌کاناله)

الگوریتم‌های تک کاناله محاسبه LST به الگوریتم‌هایی گفته می‌شود که دمای سطح زمین را تنها با استفاده از یک باند حرارتی به همراه استخراج اطلاعات از سایر باندهای چندطیفی برآورد می‌کنند. رابطه (۸) روند کلی الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش را بیان می‌نماید و روابط (۹) تا (۱۳) به نحوه محاسبه و تعیین پارامترهای موجود در الگوریتم را بیان می‌نمایند [۲۸].

$$LST = \gamma[\frac{1}{\varepsilon}(\psi_1 L_\lambda + \psi_2) + \psi_3] + \delta$$ رابطه(۸)

$$\gamma = [\frac{C_2 L_\lambda}{T_s^2}(\frac{\lambda^4 L_\lambda}{C_1} + \frac{1}{\lambda})]^{-1}$$ رابطه(۹)

$$\delta = -\gamma.L_\lambda + T_s$$ رابطه(۱۰)

$$\psi_1 = \frac{1}{\tau}$$ رابطه(۱۱)

$$\psi_2 = -L^\downarrow - \frac{L^\uparrow}{\tau}$$ رابطه(۱۲)

$$\psi_3 = L^\downarrow$$ رابطه(۱۳)

که ψ_3،ψ_2،ψ_1 توابع اتمسفری هستند که به‌منظور تصحیح تاثیر اتمسفری از آنها استفاده شده است و بخش مهمی در بازیابی دمای سطح زمین به شمار می‌روند. توابع اتمسفری با استفاده از پارامترهای اتمسفری محاسبه می‌شوند. این پارامترها شامل انتقال اتمسفر[2] (τ)، درخشندگی جو بالا[3] ($L^\uparrow$) و درخشندگی جو پایین[4] ($L^\downarrow$) که می‌توان آن‌ها را از سایت ناسا برای تصویر مورد نظر بدست آورد[۴۱]. C_1 و C_2 ثابت‌های پرتو پلانک هستند، $C_1=1.19104\times10^8 W.\mu m^4.m^{-2}$ و $C_2=1.143877\times10^4 \mu m.K$ و λ طول موج موثر باند ۱۰ ماهواره لندست۸ می‌باشد. شکل (۱) دمای سطح زمین شهر تهران را در ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ و ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ بر حسب درجه سلسیوس نشان می‌دهد که توسط الگوریتم تک‌کاناله بدست آمده است.

[1] *Cavity effect*

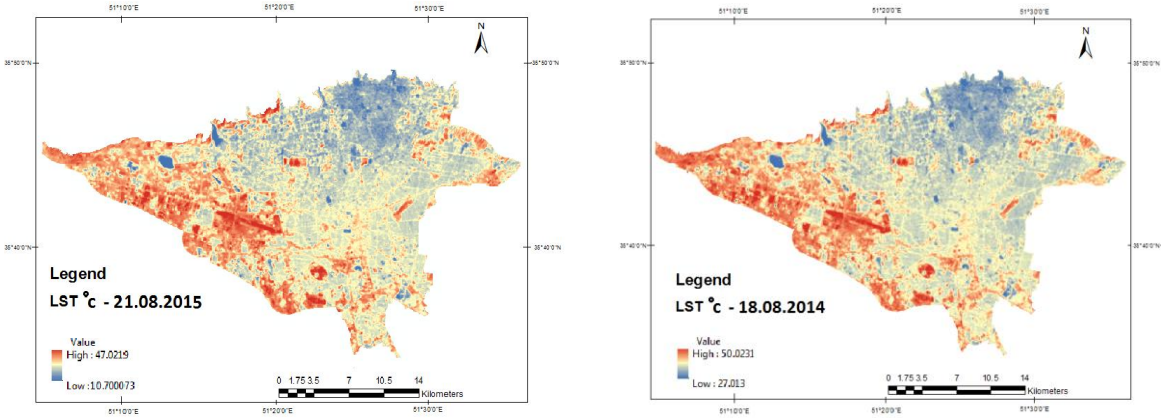
[2] *Atmospheric Transmission*

[3] *Up-welling Atmospheric Radiance*

[4] *Down-welling Atmospheric Radiance*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]



(ب) (الف)

شکل۱: دمای سطح زمین شهر تهران در تاریخ (الف) ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ و (ب) ۲۱ آگوست ۲۰۱۵

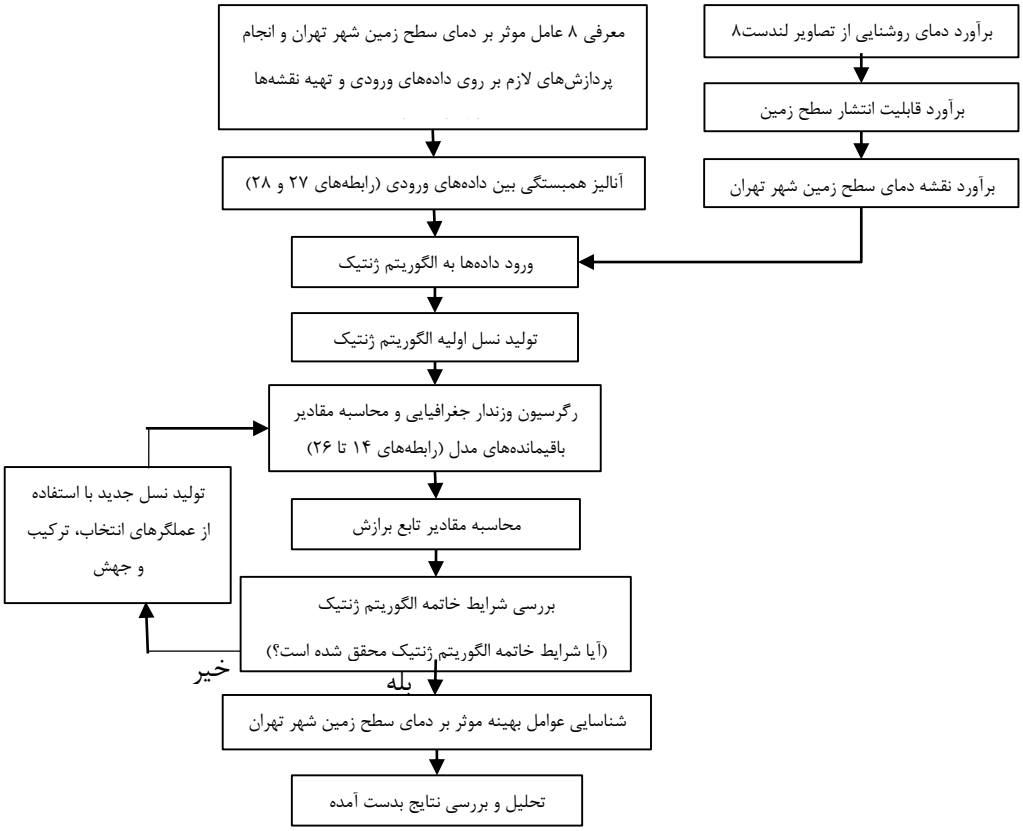
۳- مواد و روش‌ها

در مرحله اول نقشه عوامل مورد بررسی و دمای سطح زمین شهر تهران به‌عنوان داده‌های ورودی تهیه شد. سپس همبستگی بین عوامل بررسی شد و عواملی که همبستگی کمی نسبت به هم داشتند وارد الگوریتم شدند. جهت تعیین تأثیر عوامل روی دمای سطح زمین شهر تهران از رگرسیون وزندار جغرافیایی با دو هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه استفاده شد. در این مرحله جهت تعیین عواملی که بیشترین دقت را در برآورد دمای سطح زمین شهر تهران دارند از ترکیب همزمان الگوریتم تکاملی ژنتیک با رگرسیون وزندار جغرافیایی استفاده شد که منجر به معرفی یک ترکیب بهینه از عوامل موثر جهت برآورد دمای سطح زمین شهر تهران شد. در پایان نیز نتایج به دست آمده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. روند کلی روش پیشنهادی این تحقیق در شکل (۲) ارائه شده است.

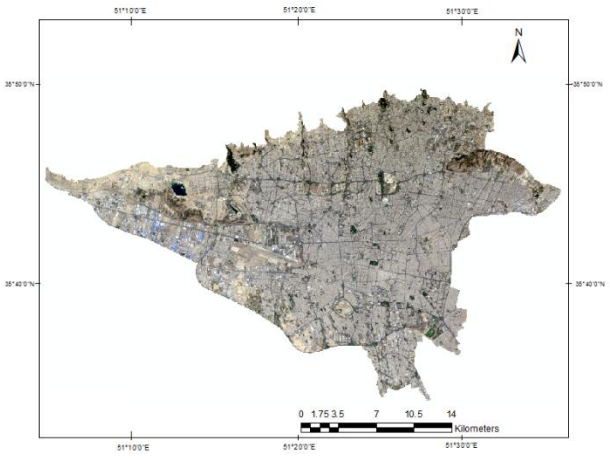
۳-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر تهران پایتخت جمهوری اسلامی ایران در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی قرار دارد. این شهر از دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز تا حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران واقع شده است. هرچه از جنوب این شهر به سمت شمال پیش برویم به ارتفاعات این شهر اضافه می‌شود به گونه‌ای که ارتفاع جنوب این شهر ۱۰۵۰ متر و ارتفاع مرکز آن ۱۲۰۰ متر و ارتفاع شمال شهر ۱۸۰۰ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. تهران بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر ایران با حدود ۱۱ میلیون جمعیت و بیست و پنجمین شهر پرجمعیت جهان با مساحتی حدود ۷۳۰ کیلومتر مربع می‌باشد. رشد جمعیت موجب گسترش شهرسازی و تغییر در ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین شده است و این شهر را تبدیل به یک مرکز کلیدی صنعتی، تجاری و مسکونی کرده است. توسعه شهری بی‌رویه و فقدان برنامه‌ریزی مناسب تاثیرات زیادی روی محیط حرارتی این شهر گذاشته است. شکل (۳) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]



شکل۲: روند کلی روش پیشنهادی تحقیق



شکل۳: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (شهر تهران)

۳-۲- داده‌ها

بخشی از داده‌های مورد نیاز این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست۸ و در دو زمان مختلف یعنی ۲۷ مرداد ۱۳۹۳ (۱۸ آگوست ۲۰۱۴) و ۳۰ مرداد ۱۳۹۴ (۲۱ آگوست ۲۰۱۵) برای بازیابی دمای سطح زمین شهر تهران بدست آمد. این دو تاریخ به دلیل موجود بودن تصاویر و نزدیک بودن زمان آنها در دو سال پیاپی جهت مقایسه بهتر با هم و همچنین قرار داشتن در اواسط تابستان و برجسته بودن خاصیت گرمایی تصاویر و نداشتن لکه‌های ابر در آنها مورد بررسی قرار گرفتند و داده‌های دیگر از قبیل مدل رقومی ارتفاعی[1] (*DEM*) منطقه، جهت شیب، مقدار شیب، شبکه راه‌ها و جاده‌ها، کاربری اراضی، تراکم جمعیت، تراکم ساخت و ساز و ارتفاع ساختمان‌ها مربوط به شهر تهران در سال ۱۳۹۰ با فرمت برداری در

[1] *Digital Elevation Model*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

دسترس بودند که در بخش‌هایی که نیاز بود این داده‌ها در نرم افزار آرک جی‌آی‌اس[1] به فرمت رستری تبدیل شدند. در مورد لایه‌های تولید شده و نحوه تولید آن‌ها در بخش پیاده‌سازی توضیحاتی ارائه شده است.

۳-۳- مدل‌سازی

در این بخش ابتدا به معرفی رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی پرداخته و سپس به معرفی الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از عوامل مؤثری که رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی به ازای آن‌ها بهترین عملکرد را داشته است پرداخته خواهد شد.

۳-۳-۱- رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی[2]

رگرسیون وزندار جغرافیایی یک روش رگرسیون جهانی است که توسط برانسدون و همکاران برای داده‌های مکانی ارائه شد[۱۶]. این روش رگرسیون با هدف ایجاد انعطاف در رگرسیون‌های معمولی توسعه یافته است و در فضای مورد مطالعه به صورت محلی عمل می‌کند و ضرایب را در مکان‌های مختلف ثابت و یا یکسان در نظر نمی‌گیرد[۴۲]. شکل کلی مدل رگرسیون جهانی بصورت رابطه (۱۴) است[۱۶].

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^{p} \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i \qquad \text{رابطه(۱۴)}$$

در این رابطه y_i متغیر وابسته، X_{ij} *متغیرهای مستقل و* ε_i خطای باقیمانده مدل است (i تعداد موقعیت‌هایی که مسئله دارد و p تعداد متغیرهای مستقل است). در این رابطه هیچ اطلاعاتی از موقعیت جغرافیایی مسئله در نظر گرفته نشده است و تمام پارامترها، بر اساس میانگین کلی مجموعه داده‌ها به دست می‌آیند. بر همین اساس جهت اعمال داده‌های مکانی روش *GWR* ارائه شده است که یک تعمیم از رگرسیون جهانی با اضافه کردن داده‌های مکانی به آن است.

داده‌های مکانی نوع خاصی از داده‌ها با ویژگی‌های منحصربفرد هستند. دو نمونه از این ویژگی‌ها عبارتند از:

(الف) خودهمبستگی مکانی[3] بر اساس قانون اول تابلر که بیانگر رابطه معکوس وابستگی‌ها با فاصله است [۴۳]، به این معنی که شباهت و همبستگی بین مشاهداتی که به هم نزدیک‌تر هستند بیشتر است.

(ب) ناایستایی مکانی[4] که بیانگر تغییر خودهمبستگی مکانی در فضا و ناهمگونی محیط است، به این معنی که این خودهمبستگی در مکان‌های مختلف شبیه به هم نیست. روش کمترین مربعات معمولی[5] (*OLS*) نمی‌تواند با این دو ویژگی سازگار شود زیرا در این روش داده ها کاملاً مستقل از هم فرض می‌شوند و محیط نیز همگون است بنابراین *OLS* بدون در نظر گرفتن وابستگی‌های مکانی برای تمامی نقاط منطقه یک دسته جواب ارائه می‌دهد [۱].

درروش *GWR*، وابستگی‌های مکانی مشاهدات به صورت ماتریس‌های وزن در نظر گرفته می‌شود و به دلیل ناهمگونی محیط و وجود ناایستایی مکانی، ضرایب رگرسیون به صورت محلی و برای هر نقطه به طور جداگانه به دست می‌آید. رابطه کلی *GWR* در رابطه (۱۵) بیان شده است[۱۶].

رابطه (۱۵) همان معادله رگرسیون جهانی است با این تفاوت که موقعیت نقاط مشاهداتی (u,v) به آن اضافه شده است. برخلاف *OLS*، *GWR* یک روش سرشکنی وزن‌دار است و ضرایب رگرسیون را از طریق رابطه (۱۶) بدست می‌آورد[۱۶] که در آن W ماتریس وزن مشاهدات است که خود تابعی از موقعیت نقاط می‌باشد. این ماتریس یک ماتریس قطری شامل وزن‌های جغرافیایی به شکل رابطه(۱۷) است[۱۶].

تعیین وزن‌های جغرافیایی در *GWR* برای تعیین پارامترها مورد استفاده قرار می‌گیرد و از اهمیت بالایی برخوردار است. وزن‌دهی بر اساس نزدیکی مشاهدات به نقطه ویژه i تعیین می‌شود، به این معنی که فاصله بین مشاهدات و نقطه i وزن مشاهدات را مشخص می‌کند. جهت تعیین وزن‌ها از توابعی استفاده می‌کنند که به هسته[6] معروفاند. تاکنون هسته‌های متعددی بعنوان تابع وزن ارائه شده است. دو نمونه از این هسته‌ها که کارآیی بالایی را ثابت کرده‌اند هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه[7] می‌باشند که به ترتیب در روابط (۱۸) و (۱۹) نشان داده شده‌اند [۴۴].

---

[1] *ArcGIS Software*
[2] *Geographically Weighted Regression*
[3] *Spatial autocorrelation*
[4] *Spatial non-stationarity*
[5] *Ordinary Least Squares*
[6] *Kernel*
[7] *Tricube*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

$$y_i = \beta_0(u,v) + \sum_{j=1}^{p} \beta_j(u,v) X_{ij} + \varepsilon_i$$ رابطه(۱۵)

$$\hat{\beta}(u,v) = \left(X^T W(u,v) X\right)^{-1} X^T W(u,v) y$$ رابطه(۱۶)

$$W = \begin{bmatrix} W_1(u,v) & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & W_n(u,v) \end{bmatrix}$$ رابطه(۱۷)

$$w_{ij} = \varphi\left(\frac{d_{ij}}{\sigma h}\right)$$ رابطه(۱۸)

$$w_{ij} = f(x) = \begin{cases} (1-(\frac{d_{ij}}{h})^3)^3, & d_{ij} \le h \\ 0, & d_{ij} > h \end{cases}$$ رابطه(۱۹)

که W_{ij} وزن جغرافیایی مربوط به مشاهده jام در نقطه iام، φ تابع توزیع نرمال استاندارد، d_{ij} فاصله اقلیدسی دو نقطه i و j، σ انحراف استاندارد مقادیر d_{ij} به ازای هر نقطه و h پارامتر پهنای باند می‌باشد. مسئله مهم در تعیین وزن‌های جغرافیایی انتخاب پهنای باند مناسب است زیرا چنانچه این پارامتر بیش از حد بزرگ باشد، نتایج *GWR* به سمت *OLS* میل می‌کند و اگر بیش از حد کوچک انتخاب شود، واریانس نتایج به شدت افزایش می‌یابد [۴۵]. روش‌های مختلفی برای تعیین پهنای باند بهینه وجود دارد. یکی از آن ها روش اعتبارسنجی متقابل[1] است که تابع آن به‌صورت رابطه(۲۰) است [۱۶] که n تعداد مشاهدات، y_i مشاهده iام و $\hat{y}_i$ مقدار برآورد شده مشاهده iام با استفاده از سایر مشاهدات است که خود تابعی از پارامتر پهنای باند است و هر پهنای باندی که این تابع را مینیمم کند به‌عنوان پهنای باند بهینه در نظر گرفته می‌شود.

خروجی *GWR* شامل پارامترهای متعددی است که از آن میان معمولا پارامتر ضریب تشخیص[2] R^2 برای سنجش خوب بودن برازش مدل به کار می‌رود [۴۵](روابط(۲۱) تا (۲۳)).

$$\sum_{i=1}^{n} \left[y_i - \hat{y}_i(h)\right]^2$$ رابطه(۲۰)

$$R^2 = 1 - \frac{SS_E}{SS_T}$$ رابطه(۲۱)

$$SS_E = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2$$ رابطه(۲۲)

$$SS_T = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2$$ رابطه(۲۳)

که در آن SS_E همان خطای باقیمانده مدل یا مجموع مربعات خطاها است زمانی که از متغیرهای مستقل استفاده می‌شود، اما SS_T مجموع مربعات خطاها است زمانی که از متغیرهای مستقل استفاده نمی‌شود و در واقع تابع تخمین تنها یک عدد ثابت است و n تعداد مشاهدات، y_i مشاهده iام، $\hat{y}_i$ مقدار برآورد شده مشاهده iام و $\bar{y}$ میانگین مشاهدات است.

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، *GWR* توانایی مدل‌سازی تغییرات محلی و ناایستایی مکانی را دارد. آماره‌ای که می‌توان از آن برای تعیین میزان تغییرپذیری ضرایب رگرسیون در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود، انحراف استاندارد ضرایب رگرسیون است که با رابطه (۲۴) بیان می‌شود [۱۶] که در آن $\beta_{i,j}$ ضریب رگرسیون فاکتور jام در مشاهده iام، β_j میانگین ضریب رگرسیون فاکتور jام در کل مشاهدات و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

همچنین مقادیر خطای جذر میانگین مربعات[3] *(RMSE)* و *RMSE* نرمال‌شده *(NRMSE*[4]*)* باقیمانده‌های مدل که از روابط زیر به‌دست می‌آیند، به منظور سنجش توزیع این

[1] *Cross Validation*
[2] *Coefficient of Determination*
[3] *Root Mean Squares Error*
[4] *Normal Root Mean Squares Error*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

باقیمانده‌ها به کار می‌روند[۱۶] (روابط(۲۵) و (۲۶)).

رابطه(۲۴) $$v_j = \sqrt{\sum_i (\beta_{ij} - \beta_{.j})^2 / n}$$

رابطه(۲۵) $$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y - \hat{y})^2}$$

رابطه(۲۶) $$\mathrm{NRMSE} = \mathrm{RMSE} / \sigma_{\hat{y}}$$

که در این روابط n تعداد داده‌ها، y مقدار واقعی متغیر وابسته، $\hat{y}$ مقدار برآورد شده آن و $\sigma_{\hat{y}}$ انحراف معیار مقادیر برآورد شده متغیر وابسته است. باید یادآور شد که مقادیر کمتر برای *RMSE* بهتر است اما هنگام استفاده از دو روش با داده‌های مختلف از *NRMSE* برای مقایسه بهتر استفاده می‌شود. در این تحقیق از دو هسته مختلف و داده‌های دو سال مختلف استفاده شده است.

در این تحقیق روش *GWR* در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شد و تمامی لایه‌های رستری در نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس تولید شدند.

همانطور که قبلا اشاره شده جهت ورود داده‌ها به الگوریتم ابتدا بایستی همبستگی بین متغیرهای مستقل به دست آید. در این راستا به منظور بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل، ضرایب همبستگی برای هر زوج متغیر با توجه به روابط (۲۷) و (۲۸) محاسبه می‌شود [۴۶].

رابطه(۲۷) $$Cov(X,Y) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n}$$

رابطه(۲۸) $$r = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

که در آن‌ها $Cov(X,Y)$ کوواریانس دو مجموعه داده x و y، $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ میانگین این دو مجموعه داده، n تعداد داده‌های هر مجموعه و r ضریب همبستگی بین دو مجموعه داده با انحراف معیارهای σ_X و σ_Y است.

۳-۳-۲- الگوریتم ژنتیک

هدف از این بخش انتخاب زیرمجموعه‌ای از عوامل مؤثری است که الگوریتم *GWR* به ازای آن‌ها بهترین عملکرد را داشته باشد. یکی از روش‌های انتخاب عوامل بهینه در میان چندین عامل مؤثر استفاده از الگوریتم ژنتیک است که در این تحقیق از الگوریتم ژنتیک ارائه شده در یک پژوهش انجام شده در این زمینه برای انتخاب عوامل بهینه استفاده شد[۴۷]. این الگوریتم به صورت ضمنی وابستگی بین عوامل را در نظر می‌گیرد و با توجه به آن بهترین زیرمجموعه از عوامل را انتخاب می‌کند. الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم اکتشاف جستجوگرایانه[1] بوده که بر اساس انتخاب طبیعی کار می‌کند. این اکتشاف اغلب برای حل مسائل جستجو و بهینه‌سازی به کار برده می‌شود. در الگوریتم ژنتیک اغلب یک جمعیت از راه‌حل‌های نماینده (کروموزوم) به سمت بهینه کلی حرکت می‌کنند. روند بهینه‌سازی از یک جمعیت (نسل) تشکیل شده از کروموزوم‌های تولید شده به صورت اتفاقی شروع می‌شود.

در هر نسل تابع برازش برای تمامی کروموزوم‌های آن نسل محاسبه می‌شود. این تابع برازش معمولاً تابع هدف مسئله بهینه‌سازی است. همان‌طور که در بخش قبل بیان شد، تابع برازش الگوریتم ژنتیک پیشنهادی این تحقیق، $1\text{-}R^2$ و هدف ما از بهینه‌سازی مینیمم نمودن آن است.

بر اساس مکانیسم نخبه‌گرایی[2]، بهترین کروموزوم هر نسل به صورت مستقیم به نسل بعد منتقل می‌شود. همچنین، کروموزوم‌های دارای مقدار تابع برازش کمتر به صورت اتفاقی در هر نسل براساس مکانیسم انتخاب؛ انتخاب شده و ژنوم[3] این کروموزوم‌ها با اعمال تغییراتی از سوی عملگرهای ژنتیک (ترکیب ضربی[4] و جهش[5]) به نسل بعد انتقال می‌یابند. این نسل جدید از کروموزوم‌های تولید شده در حلقه تکرار بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین ترتیب، زمانی الگوریتم ژنتیک خاتمه می‌یابد که یا به تعداد بیشینه نسل‌ها و یا به مقدار تابع برازش رضایت بخش رسیده باشد. بر این اساس، شکل (۴) نحوه کدگذاری الگوریتم ژنتیک پیشنهادی این تحقیق برای حل مسئله یافتن عوامل بهینه را نشان می‌دهد به گونه‌ای که a_i به iامین عامل اشاره دارد.

۴- پیاده‌سازی و ارزیابی

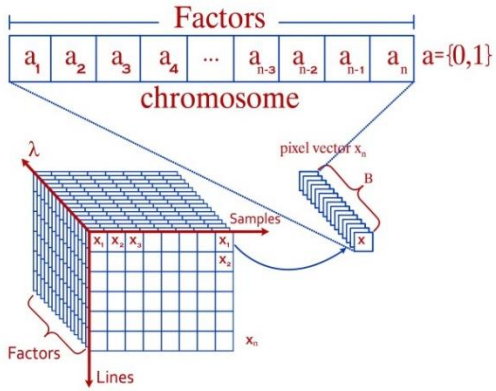
در این تحقیق به بررسی وابستگی بین دمای سطح زمین شهر تهران و هشت عامل مختلف ارائه شده در مقدمه پرداخته شد. این هشت عامل باتوجه به مطالعات و تحقیقات صورت گرفته در گذشته و محدودیت‌های موجود در دسترسی به داده‌ها انتخاب شده‌اند. دمای سطح زمین شهر تهران از تصاویر ماهواره‌ای لندست۸ بدست آمد و از

[1] *Search Heuristic*
[2] *Elitism*
[3] *Genome*
[4] *Crossover*
[5] *Mutation*

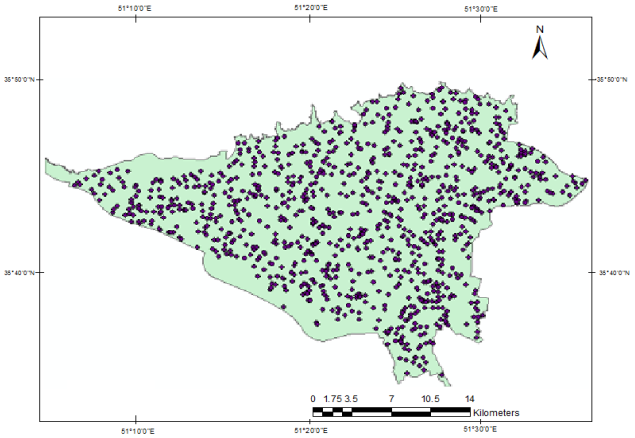
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

مختصات نقاط نیز برای محاسبه وزن جغرافیایی نقاط انتخابی در الگوریتم استفاده شد.

روش *GWR* با تعداد نقاط بالا بهتر نتیجه می‌دهد، بنابراین ۱۰۰۰ نقطه به صورت تصادفی در منطقه مورد مطالعه با توزیع تصادفی یکنواخت تولید شد (شکل (۵)). سپس، مقادیر همه لایه‌های اطلاعاتی موجود در آن‌ها محاسبه شد.



شکل۴: نحوه کدگذاری هر کروموزم الگوریتم ژنتیک پیشنهادی این تحقیق برای حل مسئله یافتن عوامل بهینه

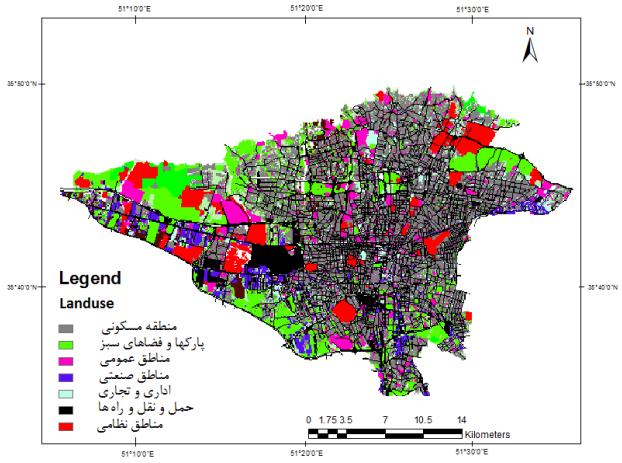


شکل ۵: تولید ۱۰۰۰ نقطه تصادفی در منطقه مورد مطالعه

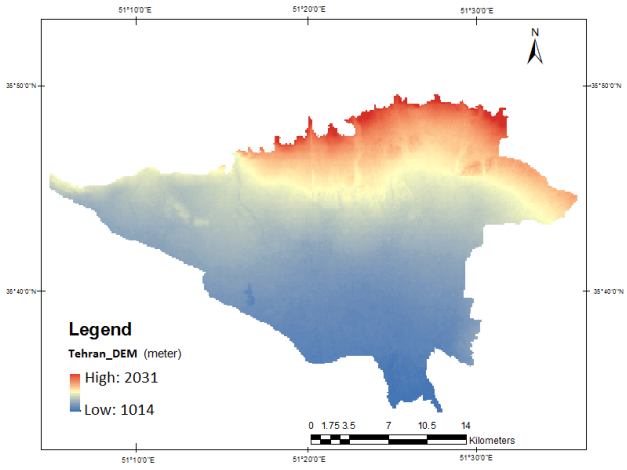
لایه‌های اطلاعاتی کاربری اراضی، تراکم جمعیت، تراکم ساخت و ساز، ارتفاع ساختمان‌ها و شبکه راه‌ها در مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه شده‌اند که لایه کاربری اراضی شامل هفت کاربری در شکل (۶) می‌باشد. لایه تراکم جمعیت به صورت نسبت جمعیت در هکتار و لایه تراکم ساخت و ساز نسبت مساحت ساخته شده در هکتار می‌باشد که به چهار دسته تراکم زیر ۲۵٪، تراکم ۲۵٪ تا ۵۰٪، تراکم ۵۰٪ تا ۷۵٪ و تراکم بیش از ۷۵٪ دسته‌بندی شد. مدل رقومی ارتفاعی منطقه از سازمان نقشه برداری کشور و با قدرت تفکیک ۳۰ متر تهیه شده و با استفاده از آن در نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس لایه‌های اطلاعاتی شیب و جهت شیب بر حسب درجه با قدرت تفکیک ۳۰ متر تولید شد. لایه‌های اطلاعاتی کاربری اراضی، تراکم جمعیت، تراکم ساخت و ساز، ارتفاع ساختمان‌ها و شبکه راه‌ها دارای فرمت برداری بودند، بنابراین با استفاده از نرم افزار آرک جی‌آی‌اس به داده‌های رستری با قدرت تفکیک ۳۰ متر تبدیل شدند. لایه فاصله از راهها با استفاده از تحلیل مکانی فاصله اقلیدسی تولید شده است و هر موقعیت از نقشه، عددی را نشان می‌دهد که بیانگر فاصله تا نزدیک‌ترین راه است. لایه ارتفاع ساختمان‌ها بر اساس تعداد طبقات ساختمان‌ها دسته‌بندی شد. همچنین لایه تعداد طبقات ساختمان‌ها از لایه بلوک‌های آماری گرفته شده است که میانگین طبقات

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

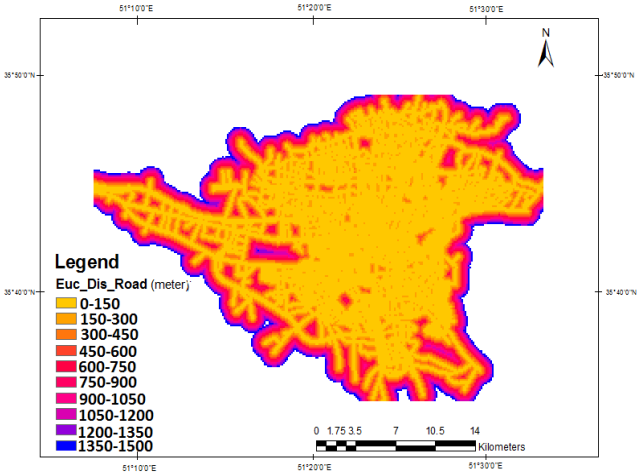
یک بلوک را در نظر گرفته است. لازم به‌ذکر است نقاطی که داخل بلوک‌های بزرگی مانند فرودگاه قرار گرفته‌اند چک شده‌اند تا مشخص شود که بر روی ساختمان یا سطح زمین قرار گرفته‌اند. همچنین باید یادآور شد که از دو عامل اتمسفریک فشار و رطوبت در این تحقیق صرفنظر شده است. لایه‌های اطلاعاتی را می‌توان در شکل‌های (۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱) مشاهده نمود.



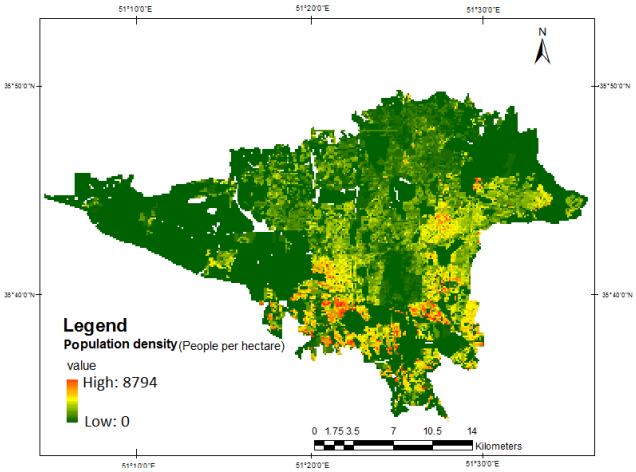
شکل۶: لایه کاربری اراضی شهر تهران



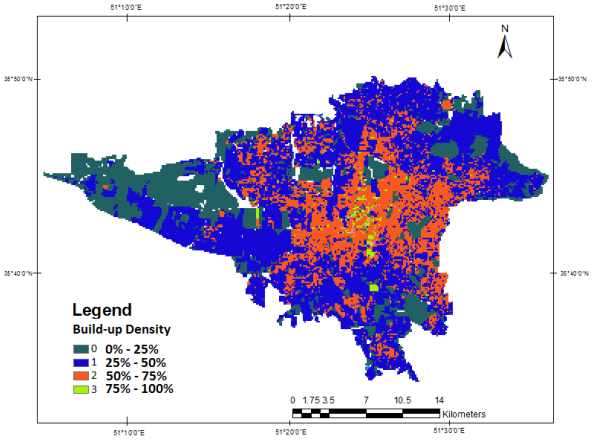
شکل۷: لایه مدل ارتفاعی زمین (*DEM*) شهر تهران



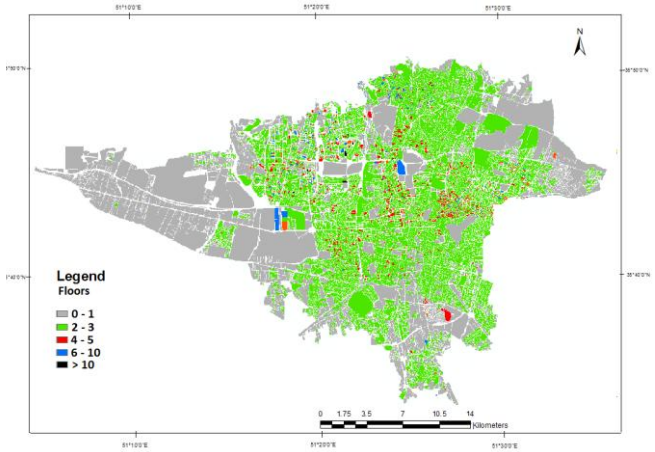
شکل ۸: لایه فاصله از راه‌ها (بر حسب متر) در شهر تهران



شکل ۹: لایه تراکم جمعیت (بر حسب نفر در هکتار) شهر تهران



شکل ۱۰: لایه تراکم ساخت و ساز (چهار دسته ۰ – ۲۵، ۲۵–۵۰، ۵۰–۷۵ و ۷۵–۱۰۰ درصد) در شهر تهران



شکل۱۱: لایه تعداد طبقات ساختمان‌ها در شهر تهران

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

روند پیاده‌سازی به‌گونه‌ای است که در ابتدا جهت ورود داده‌ها به الگوریتم، باید همبستگی بین متغیرهای مستقل از رابطه (۲۸) محاسبه شود. پس از محاسبه همبستگی بین متغیرها، بیشترین ضریب همبستگی بین تراکم جمعیت و تراکم ساخت و ساز با مقدار ۰٫۵۷ بدست آمد و مقادیر ضریب همبستگی بین سایر عوامل کمتر از این مقدار و بیشتر آنها بسیار نزدیک به صفر بدست آمد که نشان از عدم همبستگی بین عوامل مورد استفاده می‌باشد. با توجه به این‌که در الگوریتم ژنتیک تحلیل همبستگی و حساسیت به صورت ضمنی بین عوامل یا متغیرهای مستقل صورت می‌گیرد و متغیرهای وابسته از ورود به الگوریتم حذف می‌شوند، بنابراین با توجه به نتایج جدول(۱) از تمامی آن‌ها در الگوریتم *GWR* استفاده شد.

در پیاده‌سازی الگوریتم *GWR* از هر دو هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه استفاده شد و برای بهینه‌سازی پارامتر پهنای باند نیز روش اعتبارسنجی متقابل بکارگرفته شد. هشت عامل موثر، کروموزوم‌های الگوریتم ژنتیک را به‌صورت مقادیر دودویی مشابه شکل (۱۲) تشکیل می‌دهند، که مقدار یک به‌معنی انتخاب عامل و مقدار صفر به‌معنی عدم انتخاب عامل است. مقادیر پارامترهای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در این تحقیق نیز در جدول(۲) آمده است.

جدول ۱: ضرایب همبستگی بین عوامل موثر بر دمای سطح زمین شهر تهران

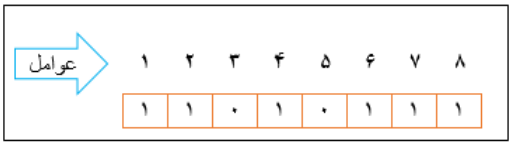
	ارتفاع	تراکم‌ساخت	طبقات	تراکم‌جمعیت	کاربری اراضی	شیب	جهت شیب	فاصله از جاده
ارتفاع	۱							
تراکم ساخت	-۰٫۰۳۲۶	۱						
طبقات	۰٫۰۳۷۰	۰٫۴۹۱۳	۱					
تراکم جمعیت	-۰٫۱۸۶۶	۰٫۵۷۰۲	۰٫۵۰۶۲	۱				
کاربری اراضی	-۰٫۰۳۷۵	-۰٫۳۵۰۵	-۰٫۳۶۳۶	-۰٫۳۷۵۱	۱			
شیب	۰٫۳۱۴۳	-۰٫۰۷۹۲	-۰٫۰۵۰۱	-۰٫۱۲۳۵	۰٫۰۲۶۵	۱		
جهت شیب	۰٫۰۳۲۲	-۰٫۰۵۲۸	-۰٫۰۳۵۸	-۰٫۰۲۱۹	-۰٫۰۰۱۶	۰٫۰۲۶۶	۱	
فاصله از جاده	۰٫۰۵۵۰	-۰٫۱۵۷۷	-۰٫۱۴۰۳	-۰٫۱۹۳۴	۰٫۱۴۴۸	۰٫۰۰۶۷	۰٫۰۲۱۴	۱

جدول ۲: پارامترهای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده

پارامتر	مقدار
اندازه جمعیت[1]	۲۰
تعداد نسل[2]	۱۰۰
نرخ ترکیب ضربی[3]	۰/۸
کسر مهاجرت[4]	۰/۲
فواصل مهاجرت[5]	۲۰
مقیاس (جهش گوسین)[6]	۰/۵
کاهش (جهش گوسین)[7]	۰/۷
تعداد نخبه[8]	۱

[1] *Population size*
[2] *Number of Generations*
[3] *Crossover rate*
[4] *Migration Fraction*
[5] *Migration Interval*
[6] *Scale (Gaussian Mutation)*
[7] *Shrink (Gaussian Mutation)*
[8] *Elite count*

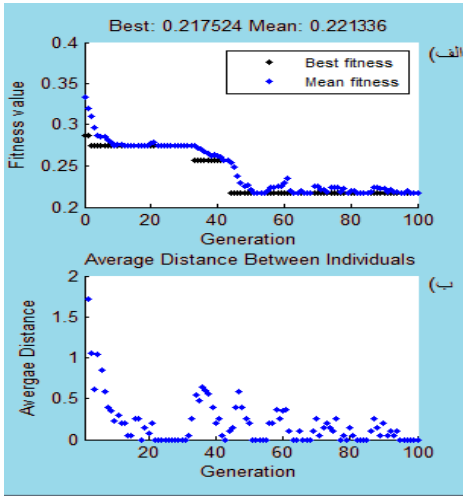
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]



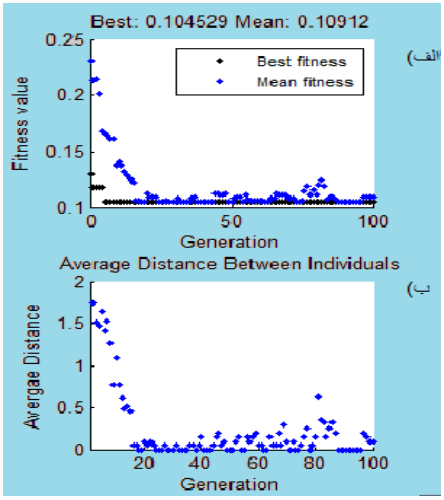
شکل ۱۲: نحوه قرارگیری ژن‌ها (عوامل) در یک کروموزوم

پس از اجرای الگوریتم، مقدار $1\text{-}R^2$ برای دمای سطح زمین شهر تهران در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ با استفاده از هسته گوسین برابر ۰٫۲۱۷۵۲ و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه برابر ۰٫۱۰۴۵۲ بدست آمد و در تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ با استفاده از هسته گوسین برابر ۰٫۲۳۴۴۸ و با استفاده از هسته مکعبی ساده برابر ۰٫۱۴۴۹۴ بدست آمد. در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ با استفاده از هسته گوسین چهار عامل ارتفاع زمین، تراکم ساخت و ساز، کاربری اراضی و فاصله از راه‌ها و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه شش عامل ارتفاع زمین، تراکم ساخت و ساز، تراکم جمعیت، کاربری اراضی، جهت شیب و فاصله از راه‌ها به عنوان عوامل موثر بر دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه شناخته شد. در تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ با استفاده از هسته گوسین چهار عامل ارتفاع زمین، تراکم ساخت و ساز، کاربری اراضی و فاصله از راه‌ها و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه پنج عامل تراکم ساخت و ساز، تراکم جمعیت، کاربری اراضی، جهت شیب و فاصله از راه‌ها به عنوان عوامل موثر بر دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه شناخته شد. شکل‌های (۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶) مربوط به نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک با پارامترهای مذکور در جدول (۲) در دو تاریخ مورد مطالعه و با استفاده از دو هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه با تابع برازش $1\text{-}R^2$ می‌باشد.

مقادیر *RMSE* و *NRMSE* و همچنین بهترین مقدار $1\text{-}R^2$ در دو تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ و ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ با استفاده از هسته‌های گوسین و مکعبی سه‌گانه در جدول (۳) قابل مشاهده می‌باشد. نتایج جدول ۳ برتری هسته مکعبی سه‌گانه را نسبت به هسته گوسین نشان می‌دهد. هر سه مقدار *RMSE*، *NRMSE* و تابع برازش برای تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ و هسته مکعبی سه‌گانه کمترین مقادیر را داراست. مقدار *RMSE* تفاوت مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل با مقدار واقعی را نشان می‌دهد و مقدار *NRMSE* نرمال شده *RMSE* است که برای مقایسه چند مدل و یا استفاده از چند نوع داده است. مقدار مناسب بودن برازش در این تحقیق $1\text{-}R^2$ است. مقدار R^2 یا ضریب تشخیص معروف‌ترین معیار سنجش نیکویی برازش مدل است.

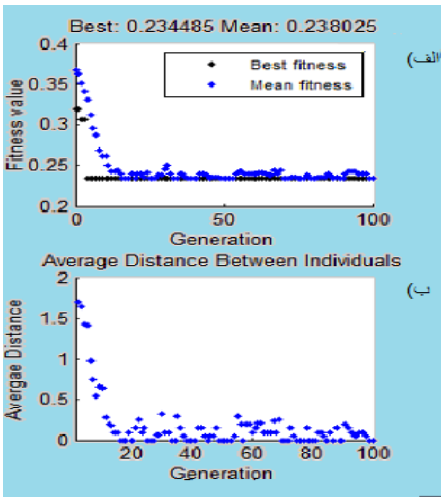


شکل ۱۳: الف) بهترین مقدار و میانگین مقادیر تابع برازش و ب) میانگین فاصله بین افراد هر نسل با استفاده از هسته گوسین و داده‌های ۱۸ آگوست ۲۰۱۴

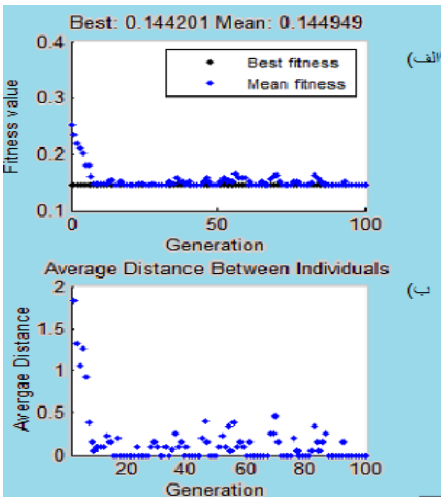


شکل ۱۴: الف) بهترین مقدار و میانگین مقادیر تابع برازش و ب) میانگین فاصله بین افراد هر نسل با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه و داده‌های ۱۸ آگوست ۲۰۱۴

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]



شکل ۱۵: الف) بهترین مقدار و میانگین مقادیر تابع برازش و ب) میانگین فاصله بین افراد هر نسل با استفاده از هسته گوسین و داده‌های ۲۱ آگوست ۲۰۱۵



شکل ۱۶: الف) بهترین مقدار و میانگین مقادیر تابع برازش و ب) میانگین فاصله بین افراد هر نسل با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه و داده‌های ۲۱ آگوست ۲۰۱۵

جدول ۳: مقادیر *RMSE* ، *NRMSE* و بهترین مقدار تابع برازش در تاریخ‌های ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ و ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ با استفاده از دو هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه در روش رگرسیون وزندار جغرافیایی

	گوسین		مکعبی سه‌گانه	
	۱۸ آگوست ۲۰۱۴	۲۱ آگوست ۲۰۱۵	۱۸ آگوست ۲۰۱۴	۲۱ آگوست ۲۰۱۵
RMSE	۱٫۳۸۸۷	۲٫۳۸۷۰	۰٫۹۶۲۷	۱٫۸۷۶۸
NRMSE	۰٫۵۷۰۹	۰٫۶۰۳۹	۰٫۳۵۰۷	۰٫۴۲۹۲
Best Fitness Value	۰٫۲۱۷۵	۰٫۲۳۴۴	۰٫۱۰۴۵	۰٫۱۴۴۲

جداول (۴ و ۵) حداقل، حداکثر، دامنه تغییرات، عامل تورم واریانس[1] و انحراف معیار به دست آمده از روش رگرسیون وزندار جغرافیایی برای ضرایب متغیرهای مورد استفاده در سه سال مورد بررسی را نمایش می‌دهد. تقریبا تمامی عوامل دارای دامنه تغییرات و انحراف معیار کم هستند که این نشانگر تاثیر تقریبا یکنواخت این عوامل روی دمای سطح زمین است اما کمترین دامنه تغییرات و انحراف معیار مربوط به جهت شیب است. بیشترین این مقادیر مربوط به تراکم ساخت و ساز است که نشانگر تاثیرات متفاوت آن در مکان‌های مختلف روی دمای سطح زمین است که می‌تواند ناشی از غیرخطی بودن رابطه این عامل با *LST* باشد. در جداول (۴) و (۵) عامل تورم واریانس برای اندازه‌گیری شدت هم خطی بین متغیرهای مستقل (هم خطی چندگانه[2]) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این عامل نشان می‌دهد که واریانس ضرایب تخمینی تا چه حد نسبت به حالتی که متغیرهای تخمینی، هم بستگی خطی ندارند، متورم شده‌است. در جداول (۴ و ۵) می‌توان دید که این مقدار برای همه متغیرها کمتر از ۳ به دست آمده است و بیانگر این موضوع است که مشکل هم‌خطی چندگانه در میان متغیرها وجود ندارد. غالباً عامل تورم واریانس در صورتی می‌تواند نگران‌کننده باشد که متغیرها مقدار آن برای متغیرها بیشتر از ۷٫۵ یا ۱۰ باشد[۴۸]. همچنین در جداول ۴ و ۵ مقادیر حداقل، حداکثر و دامنه تغییر ضرایب بدست آمده است که با توجه به مقادیر نزدیک به صفر انحراف معیار ضرایب بدست آمده می‌توان به نرمال بودن ضرایب به دست آمده پی برد.

[1] *Variance Inflation Factor*

[2] *Multicollinearity*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

جدول ۴: ضرایب عوامل موثربر دمای سطح زمین در روش رگرسیون وزندار جغرافیایی با گوسین برای دو تاریخ مورد بررسی (۲۰۱۴ ، ۲۰۱۵)

عوامل	تاریخ	حداقل	حداکثر	دامنه تغییر	عامل تورم واریانس	انحراف معیار
ارتفاع	۲۰۱۴	-۰٫۰۱۰۴۴	-۰٫۰۰۶۷۹	۰٫۰۰۳۶۵	۱٫۲۲	۰٫۰۰۰۸۱
	۲۰۱۵	-۰٫۰۱۰۸	-۰٫۰۰۶۹	۰٫۰۰۳۹	۱٫۳۱	۰٫۰۰۰۸۶
تراکم ساخت و ساز	۲۰۱۴	۰٫۲۷۴۵۲	۰٫۴۹۹۶	۰٫۲۲۵۰۸	۱٫۸۵	۰٫۰۵۵۷۵
	۲۰۱۵	۰٫۲۸۸۱۴	۰٫۵۰۸۳۱	۰٫۲۲۰۱۷	۲٫۵۹	۰٫۰۵۴۴۶
تعداد طبقات	۲۰۱۴	-۰٫۲۲۱۹۳	-۰٫۱۰۴۱۸	۰٫۱۱۷۷۵	۲٫۰۱	۰٫۰۳۱۰۳
	۲۰۱۵	-۰٫۲۰۸۷۰	-۰٫۱۰۶۷۳	۰٫۱۰۱۹۷	۱٫۶۰	۰٫۰۲۸۲۱
تراکم جمعیت	۲۰۱۴	-۰٫۰۰۵۸۳	-۰٫۰۰۲۸۳	۰٫۰۰۳	۲٫۲۶	۰٫۰۰۰۶۳
	۲۰۱۵	-۰٫۰۰۵۸۱	-۰٫۰۰۲۸۱	۰٫۰۰۳	۱٫۵۸	۰٫۰۰۰۶۳
کاربری	۲۰۱۴	۰٫۰۶۴۲۳	۰٫۱۱۹۹۳	۰٫۰۵۵۷	۱٫۵۹	۰٫۰۰۹۳۹
	۲۰۱۵	۰٫۰۶۵۳۹	۰٫۱۱۹۷۳	۰٫۰۵۴۳۴	۱٫۹۳	۰٫۰۰۹۲۴
شیب	۲۰۱۴	۰٫۰۲۲۲۵	۰٫۰۶۱۹۴	۰٫۰۳۹۶۹	۱٫۴۷	۰٫۰۰۷۹۸
	۲۰۱۵	۰٫۰۲۰۶۴	۰٫۰۵۶۱۰	۰٫۰۳۵۴۶	۱٫۳۳	۰٫۰۰۷۴۹
جهت شیب	۲۰۱۴	-۰٫۰۰۰۸۱	-۰٫۰۰۰۴۸	۰٫۰۰۰۳۳	۱٫۰۹	۰٫۰۰۰۰۷
	۲۰۱۵	-۰٫۰۰۱۰۲	-۰٫۰۰۰۵۴	۰٫۰۰۰۴۸	۱٫۲۰	۰٫۰۰۰۰۸
فاصله از جاده‌ها	۲۰۱۴	۰٫۰۰۱۲۹	۰٫۰۰۳۸۰	۰٫۰۰۲۵۱	۱٫۱۲	۰٫۰۰۰۵۱
	۲۰۱۵	۰٫۰۰۱۳۴	۰٫۰۰۳۷۸	۰٫۰۰۲۴۴	۱٫۳۴	۰٫۰۰۰۵۰

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

جدول ۵: ضرایب عوامل موثربر دمای سطح زمین در روش رگرسیون وزندار جغرافیایی با هسته مکعبی سه‌گانه برای دو تاریخ مورد بررسی (۲۰۱۴ ، ۲۰۱۵)

عوامل	تاریخ	حداقل	حداکثر	دامنه تغییر	عامل تورم واریانس	انحراف معیار
ارتفاع	۲۰۱۴	-۰٫۰۰۹۱۹	-۰٫۰۰۶۶۰	۰٫۰۰۲۵۹	۱٫۱۶	۰٫۰۰۰۶۰
	۲۰۱۵	-۰٫۰۱۰۴۷	-۰٫۰۰۷۱۹	۰٫۰۰۵۸۷	۱٫۳۹	۰٫۰۰۰۷۵
تراکم ساخت و ساز	۲۰۱۴	-۰٫۰۴۱۰۳	۰٫۰۸۹۷۵	۰٫۱۳۰۷۹	۲٫۰۷	۰٫۰۲۲۹۷
	۲۰۱۵	۰٫۱۹۷۷۸	۰٫۳۲۸۱۹	۰٫۱۳۰۴۱	۲٫۴۱	۰٫۰۳۰۱۷
تعداد طبقات	۲۰۱۴	-۰٫۰۳۱۱۵	-۰٫۰۱۸۶۲	۰٫۰۱۲۵۳	۱٫۹۵	۰٫۰۳۲۹۵
	۲۰۱۵	-۰٫۰۵۶۲۱	-۰٫۰۲۳۱۱	۰٫۰۳۳۱۰	۱٫۵۵	۰٫۰۰۸۲۱
تراکم جمعیت	۲۰۱۴	-۰٫۰۰۶۱۵	-۰٫۰۰۴۲۱	۰٫۰۰۱۹۴	۲٫۱۱	۰٫۰۰۱۷۲
	۲۰۱۵	-۰٫۰۰۵۵۳	-۰٫۰۰۳۰۲	۰٫۰۰۲۵۱	۱٫۷۹	۰٫۰۰۱۴۳
کاربری	۲۰۱۴	۰٫۱۴۲۰۹	۰٫۱۶۹۴۷	۰٫۰۲۷۳۸	۱٫۵۳	۰٫۰۰۵۹۸
	۲۰۱۵	۰٫۰۷۹۶۲	۰٫۱۱۸۶۹	۰٫۰۳۹۰۷	۱٫۸۷	۰٫۰۰۶۷۰
شیب	۲۰۱۴	۰٫۰۲۹۷۱	۰٫۰۵۴۳۶	۰٫۰۳۴۶۵	۱٫۲۱	۰٫۰۰۵۶۰
	۲۰۱۵	۰٫۰۲۳۰۵	۰٫۰۵۳۹۱	۰٫۰۳۰۸۶	۱٫۲۹	۰٫۰۰۶۹۰
جهت شیب	۲۰۱۴	-۰٫۰۰۰۸۸	-۰٫۰۰۰۵۸	۰٫۰۰۰۳۰	۱٫۱۸	۰٫۰۰۰۰۵
	۲۰۱۵	-۰٫۰۰۰۸۳	-۰٫۰۰۰۵۰	۰٫۰۰۰۳۳	۱٫۲۵	۰٫۰۰۰۰۶
فاصله از جاده‌ها	۲۰۱۴	۰٫۰۰۰۱۸	۰٫۰۰۳۷۰	۰٫۰۰۳۵۲	۱٫۴۳	۰٫۰۰۰۳۷
	۲۰۱۵	۰٫۰۰۱۵۷۳	۰٫۰۰۳۵۲	۰٫۰۰۱۹۴	۱٫۱۳	۰٫۰۰۰۳۹

در این قسمت تنها جهت بررسی بهبود نتایج حاصل از روش ارائه شده در این پژوهش به بررسی نتایج رگرسیون معمولی پرداخته شده است (جداول (۶ و ۷)). همان‌طور که در جداول (۶ و ۷) ملاحظه می‌شود مقدار *R2* برای دمای سطح زمین شهر تهران در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ برابر ۰/۴۱۹ و در تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ برابر ۰/۳۷۳ می‌باشد که این مقدار برای رگرسیون وزندار جغرافیایی در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ و با استفاده از هسته گوسین برابر ۰/۷۸۲ و با استفاده از هسته معکبی سه‌گانه برابر ۰/۸۹۵ و در تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ و با استفاده از هسته گوسین برابر ۰/۷۶۵ و با استفاده از هسته معکبی سه‌گانه برابر ۰/۸۵۵ می‌باشد. برای بررسی معنی‌داری ضرایب متغیرهای مستقل در رگرسیون از آماره *t* استفاده می‌شود و برای بررسی معنی‌داری مدل رگرسیون از آماره *F* و *Wald* استفاده می‌شود. در این حالت هرچه مقدار آماره *t* برای یک متغیر بیشتر باشد معنی‌داری متغیر در مدل بیشتر است و تاثیر آن متغیر مستقل روی متغیر وابسته نیز بیشتر است و علامت منفی آماره *t* به معنی تاثیر منفی و علامت مثب ان به معنی تاثیر مثبت روی متغیر وابسته است. از طرفی، مقادیر بالای آماره‌های استفاده شده (*Wald* & *F*) و مقدار *p* یا همان *p-value* آن‌ها نشانگر معنی‌داری آماری بسیار بالای مدل است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

جدول ۶: نتایج حاصل از رگرسیون معمولی برای تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	احتمال	عامل تورم واریانس
عرض از میدا	۴۳٫۸۱۱	۰٫۸۹۳	۳۸٫۰۹۳	۰٫۰۰۰	-
ارتفاع	-۰٫۰۱۴	۰٫۰۰۱	-۱۶٫۳۴۶	۰٫۰۰۰	۱٫۳۳۷
تراکم ساخت و ساز	۰٫۷۱۷	۰٫۳۰۰	۲٫۴۸۶	۰٫۰۱۳	۱٫۷۴۰
تعداد طبقات	-۰٫۲۷۶	۰٫۲۱۱	-۱٫۳۰۸	۰٫۱۹۱	۱٫۸۰۴
تراکم جمعیت	-۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۱	-۷٫۶۴۷	۰٫۰۰۰	۱٫۶۵۵
کاربری	۰٫۱۶۴	۰٫۰۵۴	۳٫۰۵۶	۰٫۰۰۲	۱٫۳۹۱
شیب	۰٫۰۵۸	۰٫۰۳۹	۱٫۴۸۶	۰٫۱۳۸	۱٫۷۳۲
جهت شیب	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	-۰٫۹۴۴	۰٫۳۴۵	۱٫۵۱۰
فاصله از جاده	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۱	۶٫۹۵۵	۰٫۰۰۰	۱٫۰۹۳
R^2	۰٫۴۱۹	معیار اطلاعاتی آکایک	۵۰۰۷٫۰۳۴	درجه آزادی	۱۰۱۴
آماره F	۵۳٫۶۸۷	احتمال (F<) و درجه آزادی (۸ و ۱۰۰۶)			۰٫۰۰۰
آماره $Wald$	۱۶۱۳٫۵۷۲	احتمال (>کای اسکوئر) و درجه آزادی (۸)			۰٫۰۰۰

جدول ۷: نتایج حاصل از رگرسیون معمولی برای تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	احتمال	عامل تورم واریانس
عرض از میدا	۴۸٫۹۸۰	۰٫۶۹۳	۷۰٫۶۴۱	۰٫۰۰۰	-
ارتفاع	-۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۱	-۱۶٫۴۳۵	۰٫۰۰۰	۱٫۲۸۳
تراکم ساخت و ساز	۰٫۳۶۶	۰٫۱۸۱	۲٫۰۲۰	۰٫۰۴۴	۱٫۸۰۳
تعداد طبقات	-۰٫۱۴۱	۰٫۱۲۷	-۱٫۱۰۶	۰٫۲۶۹	۱٫۷۷۲
تراکم جمعیت	-۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۱	-۷٫۶۲۵	۰٫۰۰۰	۱٫۹۳۱
کاربری	۰٫۰۹۳	۰٫۰۳۲	۲٫۸۸۷	۰٫۰۰۴	۱٫۴۴۰
شیب	۰٫۰۳۷	۰٫۰۲۳	۱٫۵۹۱	۰٫۱۱۲	۱٫۲۱۴
جهت شیب	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	-۰٫۸۱۳	۰٫۲۱۷	۱٫۰۹۱
فاصله از جاده	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۷٫۲۹۴	۰٫۰۰۰	۱٫۱۱۶
R^2	۰٫۳۷۳	معیار اطلاعاتی آکایک	۵۱۰۳٫۶۱۳	درجه آزادی	۱۰۱۴
آماره F	۵۴٫۶۶۲	احتمال (F<) و درجه آزادی (۸ و ۱۰۰۶)			۰٫۰۰۰
آماره $Wald$	۱۷۰۷٫۶۲۳	احتمال (>کای اسکوئر) و درجه آزادی (۸)			۰٫۰۰۰

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

جدول (۸) به بررسی شاخص موران با استفاده از روش رگرسیون وزندار جغرافیایی با هسته گوسین و هسته مکعبی سه‌گانه و روش رگرسیون معمولی پرداخته است. نتایج حاصل با استفاده از شاخص موران نشانگر وجود خودهمبستگی مکانی در باقیمانده‌های به دست آمده از مدل رگرسیون وزندار جغرافیایی و رگرسیون معمولی می‌باشد. وجود خودهمبستگی مکانی نشان‌دهنده ضعف در برخی قسمت‌های مدل است که با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده در جدول (۸) ضعف رگرسیون معمولی در مقایسه با رگرسیون وزندار جغرافیایی بیشتر است. تحلیل باقیمانده‌ها برتری روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیای در برابر رگرسیون معمولی را بیان می‌کند. همانطور که از نتایج جدول پیداست شاخص موران با استفاده از روش رگرسیون وزندار جغرافیایی نتایج نزدیکتری را نسبت به شاخص مورد انتظار ارائه داده است و نزدیک‌ترین مقدار به شاخص مورد انتظار مربوط به روش رگرسیون وزندار جغرافیایی با هسته مکعبی سه‌گانه است که این مقدار برای تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ برابر ۰٫۲۶۰۳۷۰ می‌باشد. از طرفی، مدل رگرسیون وزندار جغرافیایی واریانس کمتری دارد و احتمال تصادفی بودن توزیع در آن بیشتر است (براساس مقادیر *p-value* و *z-score*).

همان‌طور که در شکل‌های (۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶) قابل مشاهده می‌باشد بهترین مقدار تابع برازش و میانگین مقادیر آن برای دمای سطح زمین شهر تهران در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ با استفاده از هسته گوسین به ترتیب برابر ۰٫۲۱۷۵۲۴ و ۰٫۲۲۱۳۳۶ و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه به ترتیب برابر ۰٫۱۰۴۵۲۹ و ۰٫۱۰۹۱۲۰ و همین مقادیر برای دمای سطح زمین شهر تهران در تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ با استفاده از هسته گوسین به ترتیب برابر ۰٫۲۳۴۴۸۵ و ۰٫۲۳۴۰۲۵ و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه به ترتیب برابر ۰٫۱۴۴۲۰۱ و ۰٫۱۴۴۹۴۹ می‌باشد. نتایج حاصل از شاخص موران در جدول ۸ برای روش رگرسیون وزندار جغرافیایی با استفاده از هسته گوسین در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ برابر ۰٫۴۳۲۰۸۹ و در تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ برابر ۰٫۴۵۹۰۳۳ و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ برابر ۰٫۲۶۰۳۷۰ و در تاریخ ۲۱ آگوست ۲۰۱۵ برابر ۰٫۳۷۳۹۳۰ می‌باشد و شاخص مورد انتظار دارای مقدار ۰٫۰۰۰۹۸۶- است که نزدیک‌ترین مقدار به شاخص مورد انتظار مربوط به روش رگرسیون وزندار جغرافیایی با هسته مکعبی سه‌گانه در تاریخ ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ است که این مقدار برابر ۰٫۲۶۰۳۷۰ می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که توانایی هسته مکعبی سه‌گانه در مدل‌سازی روابط بین دمای سطح زمین و عوامل مورد بررسی برای منطقه مورد مطالعه بیشتر است. عوامل کاربری اراضی، تراکم ساخت و ساز و فاصله از راه‌ها در چهار حالت، ارتفاع زمین در سه حالت، تراکم جمعیت و جهت شیب در دو حالت، شیب و ارتفاع ساختمان‌ها نیز در صفر حالت به‌عنوان عوامل مؤثر بر دمای سطح زمین شهر تهران شناخته شدند. از این نتایج می‌توان فهمید که نوع کاربری اراضی، تراکم ساخت و ساز و به تبع آن جنس مصالح مورد استفاده در ساخت و سازها و همچنین راه‌ها و جنس مصالح مورد استفاده در راه‌ها سه عامل انسانی مهم و مؤثر در دمای سطح زمین می‌باشند و باید به صورت جزئی‌تر مورد بررسی قرار گیرند.

جدول ۸: شاخص موران مربوط به رگرسیون وزندار جغرافیایی و رگرسیون معمولی در دو تاریخ ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵

روش	تاریخ	شاخص موران	شاخص مورد انتظار	واریانس	*z-score*	*p-value*
رگرسیون وزندار جغرافیایی (گوسین)	۲۰۱۴	۰٫۴۳۲۰۸۹	-۰٫۰۰۰۹۸۶	۰٫۰۰۰۵۳۸	۱۸٫۶۶۷۴۲۶	۰٫۰۰۰
	۲۰۱۵	۰٫۴۵۹۰۳۳	-۰٫۰۰۰۹۸۶	۰٫۰۰۰۵۳۸	۱۹٫۸۲۹۲۴۶	۰٫۰۰۰
رگرسیون وزندار جغرافیایی (مکعبی سه‌گانه)	۲۰۱۴	۰٫۲۶۰۳۷۰	-۰٫۰۰۰۹۸۶	۰٫۰۰۰۵۰۶	۱۱٫۶۱۸۸۵۵	۰٫۰۰۰
	۲۰۱۵	۰٫۳۷۳۹۳۰	-۰٫۰۰۰۹۸۶	۰٫۰۰۰۵۲۹	۱۶٫۳۰۵۲۶۳	۰٫۰۰۰
رگرسیون معمولی	۲۰۱۴	۰٫۷۰۰۵۵۰	-۰٫۰۰۰۹۸۶	۰٫۰۰۰۵۴۰	۳۰٫۱۸۲۲۷۵	۰٫۰۰۰
	۲۰۱۵	۰٫۹۳۴۰۷۴	-۰٫۰۰۰۹۸۶	۰٫۰۰۰۵۴۰	۴۰٫۲۲۳۲۳۴	۰٫۰۰۰

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به بالا رفتن درجه حرارت کلی سطح زمین مخصوصا در سطح شهرها و به وجود آمدن خطرات جانی، مالی و محیط زیستی ناشی از افزایش دمای سطح زمین، شناسایی عوامل مؤثر بر دمای سطح زمین از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. از این‌رو با شناسایی این عوامل می‌توانیم در جهت پیشگیری هرچه بیشتر این پدیده با استفاده از آموزش عمومی به مردم، وضع قوانین و سیاست‌های مدیریتی کارآمد و نظارت بیشتر در جهت مقابله با عوامل محرک افزایش دمای سطح زمین برآییم.

در این تحقیق سعی شد عوامل مؤثر بر دمای سطح زمین شهر تهران را شناسایی نماییم و برای این منظور از روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی *(GWR)* در ترکیب با الگوریتم ژنتیک استفاده شد. در این تحقیق همچنین از دو حالت وزن‌دهی گوسین و مکعبی سه‌گانه در *GWR* استفاده شد که در مجموع با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه برای وزن‌دهی در *GWR* نتایج دقیق‌تر و مناسب‌تری به‌دست آمد. بهترین مقدار تابع برازش برای مدل *GWR* با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه و برای داده‌های سال ۲۰۱۴ با مقدار ۰/۱۰۴۵۲ به‌دست آمد. عامل کاربری اراضی چهار بار، فاصله از جاده‌ها چهار بار، تراکم جمعیت دو بار، تراکم ساخت و ساز چهار بار، جهت شیب دو بار، مقدار شیب صفر بار، ارتفاع ساختمان صفر بار و ارتفاع سطح زمین سه بار به‌عنوان عوامل موثر بر دمای سطح زمین شناخته شدند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عوامل انسانی مانند کاربری اراضی، تراکم ساخت و ساز و فاصله از راه‌ها بیشترین تاثیر را در افزایش دمای سطح زمین دارند. کمترین تاثیر روی دمای سطح زمین نیز مربوط به دو عامل مقدار شیب و ارتفاع ساختمان‌ها بود.

از جمله تحلیل‌هایی که می‌توان از نتایج این تحقیق به آن پرداخت، بررسی دو به دو و یا چند به چند از عوامل مکانی موثر بر روی دمای سطح زمین است. به‌عنوان مثال، در بررسی دو منطقه مشابه که از نظر تراکم جمعیت (نسبت جمعیت در هکتار) یکسان باشند اما از نظر تراکم ساخت و ساز (نسبت مساحت ساخته شده در هکتار) متفاوت باشند، (مانند بررسی و مقایسه منازل مسکونی بصورت ویلایی و آپارتمانی)، می‌توان در ساخت شهرهای جدید و تغییر بافت شهرهای موجود بسیار کمک‌کننده باشد. همچنین اگر بخواهیم با توجه به ارتفاع زمین یا شیب به بررسی ارتفاع ساختمان‌ها و نقش گرمایی آنها بپردازیم به این معنی که از نظر تولید حرارت شهری در کلان شهرها آیا بهتر است در مناطق مرتفع آسمان خراش‌ها ساخته شود یا در مناطق پست، یا خانه‌های ویلایی در چه جهت شیبی بهتر است ساخته شوند. نتایج بدست آمده همچین تحلیل‌هایی را به دلیل استفاده از روش تحقیق پیشنهادی که به صورت محلی عمل می‌کند، امکان‌پذیر می‌نماید.

در صورتی‌که بخواهیم نتایج این تحقیق را در مقایسه با تحقیق‌های مشابه بررسی کنیم به تحقیق صورت گرفته توسط لی و همکاران که در سال ۲۰۱۰ صورت گرفته است اشاره می‌کنیم. در این تحقیق تاثیر چند نوع کاربری اراضی روی دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفت که مقدار R^2 به‌دست آمده برابر ۰/۵۹ بود. این مقدار در مقایسه با مقادیر R^2 تحقیق حاضر که با استفاده از هسته گوسین در ساله‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۷۷ و با استفاده از هسته مکعبی سه‌گانه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۹۶ است نتایج ضعیف‌تری به حساب می‌آید. در این تحقیق عوامل مورد بررسی نسبت به تحقیق لی و همکاران جامع‌تر است و تحلیل‌های پیچیده‌تر و گسترده‌تری روی داده‌ها صورت گرفته است.

با توجه به مشکلات دسترسی به داده‌ها در این تحقیق در تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود تعداد عوامل مورد بررسی به‌خصوص عوامل انسانی افزایش یابد. از جمله عوامل انسانی مهم که می‌توان در مسأله دمای سطح زمین موثر باشند می‌توان به آلودگی هوا در شهرها، هندسه شهری، جنس انواع کاربری مانند بررسی جنس مصالح ساختمانی یا کف خیابان‌ها و یا انواع گیاهان

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

اشاره کرد. همان‌طور که قبلا هم اشاره شد نوع کاربری اراضی، تراکم ساخت و ساز و به تبع آن جنس مصالح مورد استفاده در ساخت و سازها و همچنین راه‌ها و جنس مصالح مورد استفاده در راه‌ها سه عامل انسانی مهم و مؤثر در دمای سطح زمین می‌باشند که می‌توان این عوامل را به صورت جزئی‌تر و دقیق‌تر مورد بررسی قرار داد. به‌عنوان مثال نوع پوشش گیاهی پارک‌ها و فضاهای سبز، جنس مصالح ساختمانی و جنس راه‌ها در یک شهر را می‌توان در دمای سطح زمین آن شهر مورد مطالعه قرار داد. یکی از مسائلی که در این تحقیق وجود نداشت بررسی دمای سطح زمین در یک سری زمانی طولانی مدت بود که می‌توان داده‌ها را در مقیاس زمانی بزرگتری تهیه نمود و خود زمان را به‌عنوان بعد چهارم وارد مسأله نمود و یک مسأله مکانی-زمانی را به‌وجود آورد.

مراجع

[1] *S. Li, Z. Zhao, X. Miaomiao, and Y. Wang, "Investigating spatial non-stationary and scale-dependent relationships between urban surface temperature and environmental factors using geographically weighted regression," Environmental Modelling & Software, vol. 25, pp. 1789-1800, 2010.*

[2] *G. Xian and M. Crane, "Evaluation of urbanization influences on urban climate with remote sensing and climate observations," in Proceedings of the ISPRS joint conference 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN 2005) 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS 2005) Tempe, AZ, 2005, pp. 14-16.*

[3] *Q. Weng, "A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China," International journal of remote sensing, vol. 22, pp. 1999-2014, 2001.*

[4] *D. R. Streutker, "Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas," Remote Sensing of Environment, vol. 85, pp. 282-289, 2003.*

[5] *R. Pu, P. Gong, R. Michishita, and T. Sasagawa, "Assessment of multi-resolution and multi-sensor data for urban surface temperature retrieval," Remote Sensing of Environment, vol. 104, pp. 211-225, 2006.*

[6] *W. Peng, J. Zhou, L. Wen, S. Xue, and L. Dong, "Land surface temperature and its impact factors in Western Sichuan Plateau, China," Geocarto International, vol. 32, pp. 919-934, 2017.*

[7] *Q. Weng and S. Yang, "Managing the adverse thermal effects of urban development in a densely populated Chinese city," Journal of Environmental Management, vol. 70, pp. 145-156, 2004.*

[8] *G. Huang, W. Zhou, and M. Cadenasso, "Is everyone hot in the city? Spatial pattern of land surface temperatures, land cover and neighborhood socioeconomic characteristics in Baltimore, MD," Journal of environmental management, vol. 92, pp. 1753-1759, 2011.*

[9] *R. C. Estoque, Y. Murayama, and S. W. Myint, "Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia," Science of The Total Environment, vol. 577, p. 11, 15 January 2017.*

[10] *Y.-C. Chen, H.-W. Chiu, Y.-F. Su, Y.-C. Wu, and K.-S. Cheng, "Does urbanization increase diurnal land surface temperature variation? Evidence and implications," Landscape and Urban Planning, vol. 157, p. 12, January 2017.*

[11] *R. Xiao, Q. Weng, Z. Ouyang, W. Li, E. W. Schienke, and Z. Zhang, "Land surface temperature variation and major factors in Beijing, China," Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 74, pp.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

451-461, 2008.

[12] X.-L. Chen, H.-M. Zhao, P.-X. Li, and Z.-Y. Yin, "Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes," Remote sensing of environment, vol. 104, pp. 133-146, 2006.

[13] W. Zhou, G. Huang, and M. L. Cadenasso, "Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes," Landscape and Urban Planning, vol. 102, pp. 54-63, 2011.

[14] P. Dutilleul and P. Legendre, "Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus a statistical concept," Oikos, pp. 152-171, 1993.

[15] W. Jetz, C. Rahbek, and J. W. Lichstein, "Local and global approaches to spatial data analysis in ecology," Global Ecology and Biogeography, vol. 14, pp. 97-98, 2005.

[16] C. Brunsdon, S. Fotheringham, and M. Charlton, "Geographically weighted regression," Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician), vol. 47, pp. 431-443, 1998.

[17] L. Zhang, J. H. Gove, and L. S. Heath, "Spatial residual analysis of six modeling techniques," Ecological Modelling, vol. 186, pp. 154-177, 2005.

[18] A. Sekertekin, S. Kutoglu, S. Kaya, and A. Marangoz, "Analysing the Effects of Different Land Cover Types on Land Surface Temperature Using Satellite Data," The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 40, p. 665, 2015.

[19] S. Kaya, U. G. Basar, M. Karaca, and D. Z. Seker, "Assessment of urban heat islands using remotely sensed data," Ekoloji, vol. 21, pp. 107-113, 2012.

[20] J. A. Voogt and T. Oke, "Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature," International Journal of Remote Sensing, vol. 19, pp. 895-920, 1998.

[21] A. Chudnovsky, E. Ben-Dor, and H. Saaroni, "Diurnal thermal behavior of selected urban objects using remote sensing measurements," Energy and Buildings, vol. 36, pp. 1063-1074, 2004.

[22] Z. Wan, "MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document (LST ATBD)," Institute for Computational Earth System Science, Santa Barbara, vol. 75, 1999.

[23] Z. Qin, A. Karnieli, and P. Berliner, "A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region," International Journal of Remote Sensing, vol. 22, pp. 3719-3746, 2001.

[24] J. Sobrino, Z. Li, M. Stoll, and F. Becker, "Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data," International Journal of Remote Sensing, vol. 17, pp. 2089-2114, 1996.

[25] F. Becker and Z. L. Li, "Surface temperature and emissivity at various scales: Definition, measurement and related problems," Remote Sensing Reviews, vol. 12, pp. 225-253, 1995.

[26] J. C. Jiménez-Muñoz and J. A. Sobrino, "A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data," Journal of Geophysical Research: Atmospheres, vol. 108, 2003.

[27] J. Cristóbal, J. Jiménez-Muñoz, J. Sobrino, M. Ninyerola, and X. Pons, "Improvements in land surface temperature retrieval from the Landsat series thermal band using water vapor and air temperature," Journal of Geophysical Research: Atmospheres, vol. 114, 2009.

[28] J. C. Jiménez-Muñoz, J. Cristóbal, J. A. Sobrino, G. Sòria, M. Ninyerola, and X.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

Pons, "Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat thermal-infrared data," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 47, pp. 339-349, 2009.

[29]A. Gillespie, S. Rokugawa, T. Matsunaga, J. S. Cothern, S. Hook, and A. B. Kahle, "A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images," IEEE transactions on geoscience and remote sensing, vol. 36, pp. 1113-1126, 1998.

[30]B. Tardy, V. Rivalland, M. Huc, O. Hagolle, S. Marcq, and G. Boulet, "A Software Tool for Atmospheric Correction and Surface Temperature Estimation of Landsat Infrared Thermal Data," Remote Sensing, vol. 8, p. 696, 2016.

[31]J. C. Jiménez-Muñoz, J. A. Sobrino, D. Skoković, C. Mattar, and J. Cristóbal, "Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 11, pp. 1840-1843, 2014.

[32]S. M. Adler-Golden, P. K. Acharya, A. Berk, M. W. Matthew, and D. Gorodetzky, "Remote bathymetry of the littoral zone from AVIRIS, LASH, and QuickBird imagery," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 43, pp. 337-347, 2005.

[33]J. Francisco Tavora, J. Seifert-Granzin, J. Bañgate, and M. T. L. Estomata, "LANDSAT Step-by-step Processing Manual Feature Extraction Processing Using LANDSAT 7 ETM+," Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2013.

[34]usgs. (2018). Using the USGS Landsat 8 Product. Available: https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product

[35]J. A. Sobrino, J. C. Jiménez-Muñoz, G. Sòria, M. Romaguera, L. Guanter, J. Moreno, et al., "Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 46, pp. 316-327, 2008.

[36]Z.-L. Li, H. Wu, N. Wang, S. Qiu, J. A. Sobrino, Z. Wan, et al., "Land surface emissivity retrieval from satellite data," International Journal of Remote Sensing, vol. 34, pp. 3084-3127, 2013.

[37]T. N. Carlson and D. A. Ripley, "On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index," Remote sensing of Environment, vol. 62, pp. 241-252, 1997.

[38]J. P. Walawender, M. J. Hajto, and P. Iwaniuk, "A new ArcGIS toolset for automated mapping of land surface temperature with the use of LANDSAT satellite data," in Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, 2012, pp. 4371-4374.

[39]A. Kassa, "Drought risk monitoring for the Sudan using NDVI," M. Sc. thesis, University College, London.(CSA) Central Statistical Agency 2007 Population and Housing Census of Ethiopia, Addis Ababa: Central Statistical Agency, 1999.

[40]M. S. Latif, "Land Surface Temperature Retrival of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm-A Case Study of Ranchi District," Int J Eng Dev Res (IJEDR), vol. 2, pp. 3840-3849, 2014.

[41]nasa. (2018, 28 January). calculate atmospheric parameters Available: http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/

[42]A. S. Fotheringham, C. Brunsdon, and M. Charlton, Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships: Wiley, 2003.

[43]W. R. Tobler, "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region," Economic geography, vol. 46, pp. 234-240, 1970.

[44]D. P. McMillen and J. F. McDonald, "Locally weighted maximum likelihood

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

estimation: Monte Carlo evidence and an application," in Advances in spatial econometrics, ed: Springer, 2004, pp. 225-239.

[45] M. Charlton, S. Fotheringham, and C. Brunsdon, "Geographically weighted regression," White paper. National Centre for Geocomputation. National University of Ireland Maynooth, 2009.

[46] P. Dale, Mathematical Techniques in GIS: CRC Press, 2014.

[47] M. Hasanlou and F. Samadzadegan, "ICA/PCA base genetically band selection for classification of Hyperspectral images," in 31st Asian Conference on Remote Sensing, 2011.

[48] R. F. G. Robert L. Mason, James L. Hess, Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science, 2, illustrated ed. vol. 474: John Wiley & Sons, 2003, 2003.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.7, No.3, Autumn 2019

Research Paper

Determining Effective Factors on Land Surface Temperature of Tehran Using LANDSAT Images And Integrating Geographically Weighted Regression With Genetic Algorithm

Amer Karimi [1], Parham Pahlavani [2]*, Behnaz Bigdeli[3]

1- MSc student of GIS at School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Iran
2- Assisstant professor at School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Iran
3- Assisstant professor at School of Civil Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Abstract

Due to urbanization and changes in the urban thermal environment and since the land surface temperature (LST) in urban areas are a few degrees higher than in surrounding non-urbanized areas, identifying spatial factors affecting on LST in urban areas is very important. Hence, by identifying these factors, preventing this phenomenon become possible using general education, inserting rules and also retaining efficient management policies and more monitoring to counter the stimulating factors of increasing land surface temperature. The goal of this research is to identify the effective factors on land surface temperature in Tehran. In this regard, a geographically weighted regression (GWR) was used to identify the effective factors and a genetic algorithm (GA) was employed to select the best combination of these factors. The recommended combination method is a suitable method for spatial regression issues, because it is compatible with two unique properties of spatial data, i.e. the spatial autocorrelation and spatial non-stationarity. In this study, land surface temperature data in Tehran was obtained on August 18, 2014 and August 21, 2015 using Landsat 8 satellite imagery, and was used in two methods of Gaussian and Tri-cubic weighting in GWR. The values of $1\text{-}R^2$ by using the Gaussian kernel were equal to 0.21752 and 0.23448, as well as by using the the Tri-cubic kernel were equal to 0.10452 and 0.14494 for August 18, 2014 and August 21, 2015, respectively. The results showed that the effects of factors such as land use, construction density, and distance from roads on land surface temperature in Tehran were more than other factors. Also, using the tri-cubic kernel for GWR provided more accurate results.

Key words: *Land Surface Temperature, Geographic Weighted Regression, Genetic Algorithm.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.79]

Correspondence Address *: School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.*
Tel*: 021-61114524.*
Email*: pahlavani @ut.ac.ir*