نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۶، بهار ۹۹

مکان‌یابی جزایر حرارتی و انطباق آن با تصاویر ماهواره‌ای بر اساس مدل تاپسیس در شهر مشهد

دریافت مقاله: ۹۷/۴/۲۳ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۷/۱۱

صفحات: ۹۲-۷۵

مختار کرمی: استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
Email: M.karami08@yahoo.co.uk
رحمان زندی: استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
Email: Rahmanzandi@gmail.com
جلال طاهری: دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار ،ایران[1]
Email: jalaltahere76@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر هم‌زمان با توسعه شهرها انواع پوشش‌های سطح زمین تغییر کرده است. این تغییرات سبب شده برخی از مناطق شهری چند درجه نسبت به اطراف دمای بالاتری داشته باشند. شهر مشهد به‌عنوان یکی از کلان‌شهرها در شمال شرقی ایران قرار گرفته است. پارامترهای مختلفی بر روی تشکیل جزایر حرارتی در این شهر نقش دارند که باید موردبررسی قرارگرفته شود. در این پژوهش از تصاویر TM،ETM+ و OLI برای بدست آوردن دمای سطح زمین در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ استفاده گردید. بررسی تغییرات زمانی دمای سطحی نشان داد که در دوره مورد مطالعه جزایر حرارتی از خارج شهر به داخل شهر انتقال پیداکرده است. الگوی توزیع دمای سطح زمین دچار تغییر شده و از مساحت دماهای متوسط و خنک شهر کاسته شده است و برعکس مقدار مساحت دماهای بسیار بالا (جزایر حرارتی) افزایش قابل‌ملاحظه‌ای یافته است. همچنین برای به دست آوردن عوامل موثر بر شکل گیری جزایر حرارتی از روش تاپسیس استفاده گردید. ۱۳ عامل طبیعی و انسانی مؤثر در تشکیل جزایر حرارتی تشخیص داده شدند. برای مشخص کردن درجه اهمیت هر یک از عوامل نظر کارشناسان استفاده گردید. فاصله از حرم با وزن ۰/۲۳۴ و ترافیک ۰/۱۵۵ بیشترین اهمیت و ارتفاع با وزن ۰/۰۲۲ به‌عنوان یک عامل طبیعی کمترین اهمیت را در تشکیل جزایر حرارتی دارند. نتایج نهایی به‌دست‌آمده از این مدل نشان داد که آن عواملی که در تشکیل جزایر حرارتی مؤثر می‌باشند درست تشخیص داده‌شده و با دور شدن از عوامل امکان تشکیل جزایر حرارتی کاهش پیدا می‌کند.

کلید واژگان: جزایر حرارتی، ماهواره لندست، دمای سطح زمین (LST)، مدل تاپسیس، شهر مشهد.

[1] . **نویسنده مسئول:** سبزوار، توحید شهر، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا ۰۹۱۰۵۶۳۲۰۰۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

مقدمه

امروزه مطالعات اقلیم شهری بیشتر بر روی آن دسته از عناصر شهر متمرکز و تثبیت‌شده که نقش مهمی در تغییر عناصر اقلیمی بازی می‌کنند (رنگرزان و همکاران، ۱۳۹۲). شهرنشینی، انواع پوشش سطح زمین در نواحی شهری را تغییر داده است، این تغییرات باعث شکل‌گیری آب‌وهوای متمایزی شده که آب‌وهوای شهری نامیده می‌شود. روند ساخت‌وساز بی‌رویه و تقلیل فضای سبز به‌عنوان ریه‌های شهری به تغییرات منفی در میکرو اقلیم شهرها می‌انجامد. نوع کاربری اراضی نقش بسیار مهمی در دمای سطحی در شهرها دارند، به‌نحوی‌که برخی مناطق شهری نسبت به سایر مناطق دمای بالاتری داشته و به‌عنوان جزایر حرارتی شناخته می‌شوند (روث و همکاران[1]، ۱۹۸۹: ۱۶۷۰). پس از مطرح شدن مفهوم جزیره حرارتی توسط لوک هاوارد در سال ۱۸۳۳، این موضوع مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفت. اخیراً، با توسعه بیشتر جوامع و شتاب یافتن فرآیند شهرنشینی، پدیده جزیره حرارتی اهمیت بیشتری یافته است(صادقی نیا، ۱۳۹۱: ۲). جزایر حرارتی شهری از معمول‌ترین پدیده‌های شهر هستند که در آن‌ها برخی از مناطق شهری و به‌خصوص مراکز شهرها چند درجه از مناطق اطرافشان گرم‌تر می باشند. جزایر حرارتی شرایط زیست‌محیطی دشواری را برای ساکنان شهرها به وجود آورده و تأثیر زیادی بر کیفیت هوا، مصرف انرژی، آسایش انسان دارند (فلاح زاده، ۱۳۸۸: ۴). نوع سازه، پوشش سطح زمین، ترافیک، ازدحام جمعیت و فعالیت‌های صنعتی منجر به شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری می‌شوند. جایگزین شدن پوشش طبیعی زمین با سنگفرش، سازه‌ها، آسفالت و سایر ساخت‌وسازهای شهری اثرات خنک‌کنندگی سطوح طبیعی را از بین می‌برند. همچنین سازه‌های مرتفع و خیابان‌های باریک جریان هوا را کاهش داده و هوای پیرامون را گرم می‌کنند، علاوه بر این حرارت وسایل نقلیه، کارخانه‌ها و وسایل تهویه کننده هوا، گرمایی محیط را افزایش داده و اثرات جزایر حرارتی را تشدید می‌کنند. جزایر حرارتی با تغییر الگویی بادهای محلی، تقویت رشد ابرها و مه، افزایش تعداد رعدوبرق و تأثیر بر میزان بارش، شرایط هوا اقلیم محلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لیو و هانگ[2]، ۲۰۱۱: ۱۵۳۶). با توجه به این‌که عوامل زیادی در تشکیل جزایر حرارتی نقش دارد، شناسایی هر یک از این عوامل می‌تواند کمک بسیار زیادی در کاهش جزایر حرارتی داشته باشد. تری آنتافیلو و لین[3] (۱۹۹۶: ۲۸۳) اقدام به توسعه روش تاپسیس بر مبنای محاسبات فازی کردند به‌طوری‌که الگوی آن‌ها بیانگر نسبی فازی هر راهبرد بود. چو[4] (۲۰۰۲: ۸۶۰) مدل تاپسیس فازی بر مبنای تصمیم‌گیری گروهی را به‌منظور حل مسائل مرتبط با مکان‌یابی بهینه ارائه کرد. دوست و گورملون[5] (۲۰۰۳ : ۴۳) در تحقیقی که در شهر لس‌آنجلس و پاریس برای مکان‌یابی جزایر حرارتی انجام دادند: خصوصیات فیزیکی سطح زمین بخصوص در مراکز شهری و نواحی صنعتی جزایر گرمایی بزرگ‌تر از ۷ درجه سانتی‌گراد پدید آوردهاند. ژیا و مودی[6] (۲۰۰۵: ۲۷۳) رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین را با الگوی دمای سطح زمین در جنوب چین با استفاده از تصاویر

1 Roth et al
2 Liu&ohong
3 Triantaphyllou
4 Chu
5 Dousset, & Gourmelon
6 Xiao & Moody

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

لندست TM و +ETM بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که دمای سطح زمین با کاربری اراضی رابطه مستقیمی دارد. بر اساس تحقیقاتی که ونگ و همکاران[1] (۲۰۰۷: ۲۰۳) بر روی دمای سطح زمین، الگوی کاربری و پوشش اراضی با استفاده از علم سنجش‌ازدور انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که میزان دما رابطه مثبت با سطوح نفوذناپذیر و رابطه منفی با پوشش گیاهی سبز و متراکم دارد. سلیک و همکاران[2] (۲۰۰۹: ۲۹۰) به‌منظور اولویت‌بندی استراتژی‌ها در بندرها ترکیه به‌منظور افزایش توان رقابتی از روش تاپسیس فازی استفاده کردند. وانگ و همکاران[3] (۲۰۰۹: ۳۷۷) به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان از روش سلسله مراتبی تاپسیس فازی استفاده کردند و در این رابطه الگوریتمی جهت توسعه مدل چن ارائه دادند. عظیمی (۱۳۸۷: ۱۰۹) پهنه‌بندی دمای شهر اهواز را با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده ETM+ انجام داد و به این نتیجه رسید که منطقه ۸ شهر اهواز که کارخانه‌ها عظیم فولاد را دارد، بالاترین دمای سطحی را به میزان ۳۹ درجه سانتی‌گراد و منطقه ۵ که بالاترین میزان فضای سبز را در بین مناطق هشت‌گانه دارد، پایین‌ترین میزان درجه حرات ۳۲/۷ درجه سانتی‌گراد دارا است. همچنین در بین کاربری‌های مختلف، کاربری آب و فضای سبز، کمترین دما و کاربری صنعتی و بایر، بالاترین دمای سطحی را داشته‌اند. معینی و همکاران (۱۳۹۰: ۱۶۷) با استفاده از مدل تاپسیس فازی اقدام به مکان‌یابی محل دفن پسماند در شهر کرج کردند. احمدی و همکاران (۱۳۹۱: ۶۵) در پژوهشی که در شهر شیراز برای بررسی تغییرات زمانی-مکانی الگوهای حرارتی با استفاده از تصاویر سنجنده های TM و ETM+ انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که حلقه‌های دمایی شهر شیراز با مناطق آلوده و پرترافیک شهری انطباق داشته و سردترین مناطق منطبق است با مناطقی که دارای پوشش گیاهی می‌باشند. اصولاً فرایند مکان‌یابی فرایندی است که برای عادل سپهر و همکاران (۱۳۹۱: ۳۳) به‌منظور اولویت‌بندی و رتبه‌بندی شاخص‌های بیابان‌زایی از روش FTOPSIS استفاده کردند. شمسی پو و همکاران(۱۳۹۱: ۱۲۷) در پژوهشی با هدف ردیابی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران، ۲۴ روز از سال ۲۰۰۶ بررسی کردند و با تلفیق میدان دمای به‌دست‌آمده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و میدان باد حاصل از مدل آلودگی هوا (TAPM)، وضعیّت جزیره‌ی گرمایی واکاوی کردند. نتایج نشان داد که در تمامی روزها، میانگین دمای محدوده‌ی شهر تهران بیشتر از دمای ثبت‌شده در حومه‌ی آن است و در شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی، سرعت و جهت باد از بیشترین میزان نقش را دارند. ولی‌زاده کامران و همکاران (۱۳۹۶: ۳۵) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی در شهر زنجان پرداختن. نتایج نشان داد که موثرترین عامل در ایجاد جزایر حرارتی در محدوده شهر زنجان به ترتیب لایه شیب با دارای بیشترین اهمیت و لایه های جهت، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و ارتفاع در اولویت‌های بعدی قرار دارند. بررسی تحقیقات انجام گرفته در رابطه با جزایر حرارتی شهر مشهد نشان می دهد تا به حال پژوهش‌های متعدی این موضوع را مورد بررسی قرار داده اند (کارکن سیستانی و دوستان، ۱۳۹۴؛ زنگنه شهرکی و همکاران، ۱۳۹۳؛ علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۹۴) برخی از این مطالعات به دنبال معرفی الگوریتم های مناسب جهت استخراج دمای سطحی مشهد بوده اند و برخی دیگر با استفاده از یک تصویر

[1] Weng et al
[2] Celik et al
[3] Wang

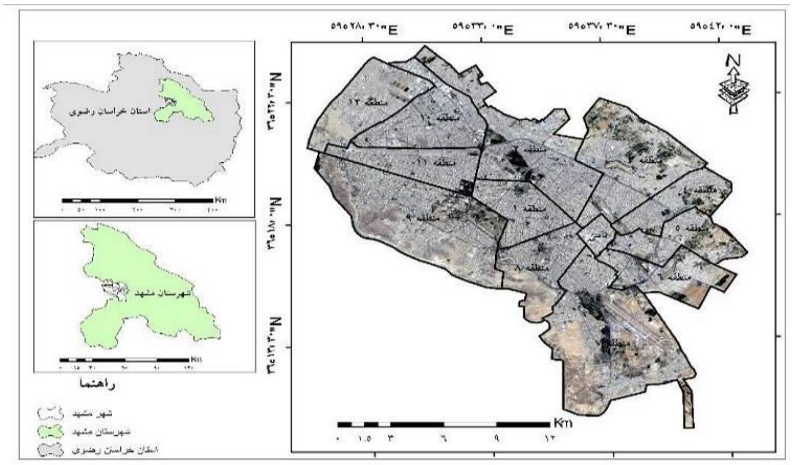
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

حرارتـی، نقـش کـاربری اراضـی را در الگوی حرارتی مشهد مطالعه در بازه زمانی محدود کرده‌اند. ازآنجایی که هیچ یک از پژوهش های به شناسایی عوامل موثر در شهر مشهد مورد مطالعه قرار نداده، در این پژوهش به مکان‌یابی جزایر حرارتی و انطباق آنها با تصاویر ماهواره ای بر اساس مدل تاپسیس شهر مشهد مطالعه شده است. نتایج این پژوهش می تواند به برنامه‌ریزان شهری، منطقه‌ای، سازمان حفاظت محیط زیست و پژوهشگران شهری، کشاورزی و اقتصاد سودمند باشد؛ به مدیران و برنامه‌ریزان شهری کمک کند تا در جهت کاهش اثرات عوامل موثر در تشکیل جزایر حرارتی در شهر مشهد اقداماتی مفید و زیربنایی انجام دهند.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی با ۳۲۸ کیلومترمربع مساحت، در شمال شرق ایران و در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۸ دقیقه و در حوضه آبریز کشف رود، بین رشته‌کوه‌های بینالود و هزار مسجد قرارگرفته است. ارتفاع این شهر از سطح دریا حدود ۱۰۵۰ متر (حداکثر ۱۱۵۰ متر و حداقل ۹۵۰ متر) و فاصله آن از تهران ۸۹۷ کیلومتر می باشد. این شهر از شمال به شهرستان کلات، از شمال غربی به درگز، از غرب به چناران و نیشابور و از شرق به سرخس و تربت‌جام می‌رسد. این شهر در انتهای جنوبی دشت توس واقع گردیده است و رشته‌کوه هزار مسجد در شمال شرقی و رشته‌کوه بینالود در غرب و جنوب غربی آن دیده می‌شوند. مهم‌ترین رشته‌کوهی که با جهت شمال غربی-جنوب شرقی این ناحیه را در برمی‌گیرد اژدر کوه با ارتفاع تقریبی ۳۰۰۰ متر می باشد. شهر مشهد دارای آب‌وهوای متغیر اما معتدل و متمایل به سرد و خشک است و از تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و مرطوب برخوردار است. بیشینه درجه حرارت در تابستان‌ها ۴۳ درجه بالای صفر و کمترین دمای ثبت‌شده آن در زمستان‌ها ۲۳ درجه زیر صفر بوده است. بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ این شهر با ۳۰۰۱۱۸۴ نفر جمعیت، دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران است. این شهر دارای ۱۳ منطقه می باشد شکل(۱).



شکل(۱). موقعیت جغرافیایی مشهد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

دمای سطح زمین (LST)

برای بررسی روند تغییرات دمای سطح زمین در شرایط بسیار الی، داشتن تصاویر یک روز سال بسیار مناسب می باشد. اما با توجه به مشکلی همچون در دسترس نبودن تصویر، ابری بودن هوا استفاده از تصاویری که نزدیک به هم باشد اهمیت دارد. بدین منظوردر این پژوهش تعداد ۶ تصویر از تصاویر ماهواره لندست، TM، ETM و OLI برای استخراج دمای سطح زمین استفاده شد. تصاویر انتخاب شده بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ پوشش می دهند تصاویر مربوط به فصل گرم سال می باشند. باندهای انتخاب‌شده برای استخراج دمای سطح زمین باند ۶ سنجنده های TM, ETM و باند ۱۰و ۱۱ سنجنده OLI می باشند جدول (۱). در جدول(۲) مشخصات شرایط هوا در رابطه میزان ابرناکی، ساعات آفتابی، دما، و رطوبت هوا و برای تاریخ اخذ هر یک از تصاویر آورده شده است.

جدول (۱). مشخصات تصاویر انتخاب‌شده ماهواره لندست

نام سنجنده	تعداد تصویر	تاریخ برداشت	باند حرارتی	دامنه طیفی باند حرارتی (میکرومتر)	رزولوشن (متر)
TM	۳	۱۹۸۷/۷/۲۵	۶	۱۰/۱۲-۴/۵۰	۱۲۰
		۱۹۹۲/۷/۲۰	۶	۱۰/۱۲-۴/۵۰	۱۲۰
		۱۹۹۸/۷/۱۸			
ETM	۲	۲۰۰۴/۶/۱۴	۶	۱۰/۱۲-۴/۳	۶۰
		۲۰۱۰/۷/۱۱			
OLI	۱	۲۰۱۶/۷/۱۹	۱۰	۱/۱-۵۶/۶۶	۳۰

جدول(۲). مشخصات شرایط هوا در تاریخ های اخذ شده تصاویر

	پارامترهای هواشناسی					
تاریخ برداشت تصاویر	**میزان ابرناکی (درصد)**	**ساعات آفتابی (ساعت)**	**حداکثر مطلق دما (سانتیگراد)**	**حداکثر سرعت باد (متر برثانیه)**	**جهت باد (درجه)**	**میانگین رطوبت مطلق روزانه (درصد)**
۱۹۸۷/۷/۲۵	۰	۱۱/۴	۳۳/۲	۱۳	۱۲۵	۳۳
۱۹۹۲/۷/۲۰	۰	۱۲/۶	۳۳/۴	۱۵	۳۶۰	۲۶
۱۹۹۸/۷/۱۸	۰	۱۲/۲	۳۵/۶	۷	۱۰۰	۳۶
۲۰۰۴/۶/۱۴	۰	۱۲/۶	۳۳/۴	۵	۸۰	۲۴
۲۰۱۰/۷/۱۱	۰	۱۲/۲	۳۵	۸	۵۰	۳۱
۲۰۱۶/۷/۱۹	۰	۱۲	۳۵/۴	۱۲	۱۲۰	۳۷

دمای سطح زمین (LST) عامل مهم در مطالعات جهانی و تغییر و تعادل گرما است و به‌عنوان نماینده‌ای برای تغییر آب‌وهوا به شمار می‌رود (سریواستاوا[1]، ۲۰۰۹: ۱۳۲). آگاهی از میزان دمای سطح زمین کمک شایان توجهی به طیف وسیعی از موضوعات مرتبط با علوم زمین نظیر اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیط و بررسی

[1] Srivastava

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

تعاملات انسان و محیط خواهد نمود (مالیک[1]، ۲۰۰۸: ۱۵۶۳). در صورت عدم وجود شبکه متراکم ایستگاه هواشناسی مستقر بر روی زمین، توزیع مکانی-زمانی دمای سطح زمین از طریق تصاویر سنجش‌ازدور می‌تواند به‌عنوان پارامتر کلیدی در مدیریت پایدار، نظیر مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی چشم‌انداز و همچنین در مطالعات کشاورزی و زیست‌محیطی مورداستفاده قرار گیرد (فیضی زاده،۲۰۱۳: ۱۳۱۲). پس از دریافت تصاویر ماهواره ای جهت انتخاب ترکیب باندی بهینه برای طبقه بندی از ضریب شاخص مطلوبیت استفاده شده است. این شاخص، یک شاخص آماری است که اساس آن انحراف معیار و ضریب همبستگی بین باندها می باشد. ترکیب باندی که ضریب شاخص مطلوبیت بالاتری داشته باشند، دارای اطلاعات بالاتری است. با در نظر گرفتن تفکیک پذیری باندها و ضریب شاخص مطلوبیت، باندهای مناسب برای طبقه بندی انتخاب شدند.

برای استخراج دمای سطح زمین در گام نخست باید میزان تابش مرتبط با باند حرارتی را محاسبه گردد. برای محاسبه مقدار تابش هر تصویر از رابطه(۱) استفاده می گردد.

$$L_\lambda = \left(\frac{LMAX_\lambda - LMIN_\lambda}{QMAX - QMIX}\right)*(DN-QMIN)+ LMIN_\lambda$$ رابطه(۱)

در رابطه(۱) $LMAX_\lambda$ مقدار تابش بیشینه، $LMIN_\lambda$ مقدار تابش کمینه، QMAX مقدار بیشینه واسنجی، QMIX مقدار کمینه واسنجی DN باند حرارتی می باشد.

$$T = \frac{K1}{ln(\frac{K2}{L_\lambda} + 1)}$$ رابطه(۲)

گام بعد، محاسبه دمای کلوین می‌باشد. محاسبه دمای کلوین از رابطه(۲) استفاده گردد .

در رابطه(۲) K1 وK2 ضریبی می باشند که توسط طول‌موج مؤثر دریافت شده از حسگر ماهواره محاسبه می‌شوند. ln میزان لگاریتم طبیعی وL_λ تصویری می‌باشد که تابش آن محاسبه گردیده است. اعداد مرتبط با K1 و K2 در جدول ۲ آمده است.

جدول (۲). ضرایب K1 و K2

سنجنده	K1	K2
MSS	۶۷۱/۶۲	۱۲۸۴/۳۰
TM	۶۰۷/۷۶	۱۲۶۰/۵۶
ETM	۶۶۶/۰۹	۱۲۸۲/۷۱
OLI	۷۷۴۰/۸۸۵۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹

در گام بعدی دمای کلوین را به سانتی‌گراد تبدیل گردد برای این کار از رابطه(۳) استفاده شود.

$$T_C = T_K - 273.15$$ رابطه(۳)

در رابطه(۳) T_K دمای کلوین است.

[1] Mallick

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

لازم به ذکر است که برای تبدیل دمای درخشانی به دمای سطح زمین از الگوریتم پتجره ی مجزا استفاده شده است:

-الگوریتمWindow-Split

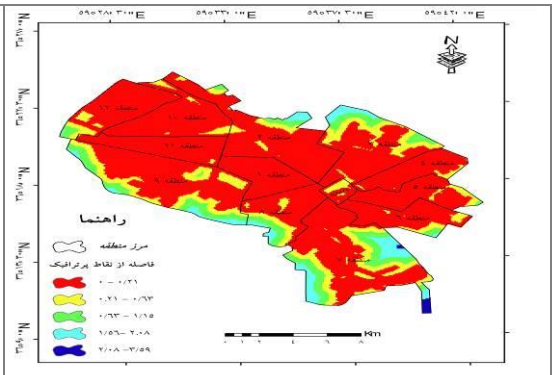
این الگوریتم از جمله روشهای مهم در برآورد دمای سطح زمین به حساب می آید که نسبت به سایر روشها از دقت بهتری برای محاسبه دمای سطح زمین برخوردار می باشد .ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی می باشد. با توجه به این که این الگوریتم اطالعات دقیق در مورد پروفیل جوی در طول کسب ماهوارهای نیاز ندارد، چنین الگوریتم به طورگسترده در بازیابی LSTاز دوسنسور چند طیفی Multi Spectral و سنسور حرارتی Tirs استفاده می کند. با توجه به در دسترس نبودن یک پایگاه داده برای اندازه گیری های LST بالندست ۸ ،ضرایب C از طریق شبیه سازی با اعداد مختلف از شرایط اتمسفر و سطح بدست آمد.

مدل تاپسیس

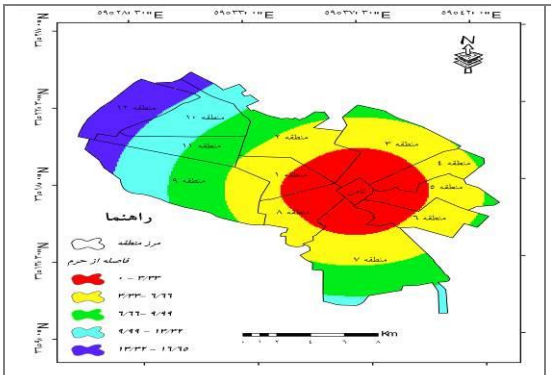
با توجه به اینکه در تشکیل جزایر حرارتی در شهرها معیارهای بسیاری نقش دارند، در این پژوهش ۱۳ معیار در نظر گرفته‌شده است. این معیارها به ترتیب فاصله از حرم، ترافیک، تراکم جمعیت، کاربری‌های خدماتی، پوشش گیاهی، عرض خیابان، میزان تابش، نوع سازه، منابع آب، باد، شیب خاک ارتفاع می‌باشد. هرکدام از این معیارها می‌تواند در تشکیل جزایر حرارتی نقشی داشت. فاصله از حرم، چون این عامل باعث تراکم جمعیت، تمرکز ساختمان‌ها مرتفع (هتل‌ها) در این ناحیه شده است. کمی پوشش گیاهی و سطوح سخت و غیرقابل نفوذ در این ناحیه می‌تواند از عوامل تشکیل جزایر حرارتی در این ناحیه باشد شکل(۲). ترافیک به‌عنوان از یکی اصلی می‌باشد که در تشکیل جزایر حرارتی در شهرها مطرح می‌باشد. متورهای این وسایل نقلیه تولید گرما و دود می‌کند که در تشکیل جزایر حرارتی بسیار مؤثر است شکل(۳). شهر مشهد تراکم جمعیتی نسبتاً بالا وسعت زیادی برخوردار است. شدت جزایر حرارتی شهری با افزایش اندازه شهر و یا جمعیت افزایش می‌یابد و هم‌زمان با رشد شهرها به‌صورت فزاینده در تغییرات اقلیمی حتی فراتر از مقیاس محلی شرکت می‌کنند شکل(۴). شهر مشهد دارای کاربری‌های مختلفی می باشد که کاربری صنعتی، تجاری و نظامی می‌تواند در تولید گرما بسیار مؤثر باشد شکل(۵). پوشش گیاهی نقش بسیار زیادی در میزان آلبدو دارد. مناطقی که دارای پوشش گیاهی می باشند دمای پایین‌تری نسبت به سایر نقاط دارند شکل(۶). خیابان که عرض آن‌ها زیاد است با توجه به اینکه از این خیابان‌ها وسایل نقلیه بیشتری تردد می‌کنند و از طرفی دیگر سطح تیره‌رنگی که به‌واسطه آسفالت به وجود آمده است، دمای بالاتری نسبت به سایر نقاط دارد شکل(۷). میزان دریافت انرژی خورشید در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. در عرض‌های جغرافیایی پایین میزان دریافت انرژی نسبت به عرض‌های بالاتر بیشتر بوده، این می‌تواند در تولید گرما بسیار مؤثر باشد شکل(۸). اجسام سطح زمین در دریافت و بازتابش انرژی خورشید با یکدیگر متفاوت می باشند. سازهای فلزی انرژی خورشید را بیشتر از ساختمان‌های بتونی جذب می‌کنند درنتیجه دمای بالاتری دارند و به محیط اطراف خود را تحت تأثیر قرار می‌دهند شکل(۹). با توجه به اینکه آب نقش بسیار زیادی در جذب تابش خورشید دارد و خاصیت ترمودینامیکی آن، نواحی از شهر که دارای آب باشد دمای کم‌تری نسبت به سایر نقاط دارد شکل(۱۰). باد به‌عنوان از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی می‌تواند نقش بسیار مهمی در عدم تشکیل جزایر حرارتی در کلان‌شهرها داشته باشد چون باعث جابه‌جایی هوا می‌شود شکل(۱۱). درشیب‌های مختلف میزان تابش

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

دریافتی متفاوت می‌باشد. شیب‌های که جهت آن‌ها شمال، شمال شرق و شرق است میزان تابش کمتری دریافت می‌کنند و درنتیجه دمای پایین‌تری دارند و شیب‌های که جهت آن‌ها جنوب و جنوب غرب باشد میزان تابش بیشتری دریافت می‌کنند و دمای بالاتری دارند شکل(۱۲). خاک‌ها با توجه به نوع بافت و رنگی که دارند توان اثر متفاوتی برجذب انرژی تابشی خوشید دارند. خاک‌های که تیره‌رنگ می باشند و بافت درشت‌تری دارای دمایی بالاتر نسبت به سایر خاک‌ها دارند شکل(۱۳). ارتفاع نقش بسیار مهمی در جزایر حرارتی دارد. ارتفاع از دو جهت در شهرها باید بررسی شود، یکی ارتفاع ساختمان‌ها و دیگری ارتفاع از سطح دریا است. نواحی پست و گودال‌ها در طول روز گرمای بیشتری جذب می‌کنند و از طرفی کمتر تحت تأثیر جریان باد قرار می‌گیرند درنتیجه دمایی بالاتری نسبت به نواحی مرتفع دارند شکل(۱۴). برای این‌که مشخص شود کدام معیار در تشکیل جزایر حرارتی اولویت دارد ازنظر کارشناسان استفاده گردیده است. بدین منظور پرسشنامه‌هایی تهیه‌شده است. جامعه آماری ما، دانشجویان دکتری و اساتید اقلیم‌شناسی دانشگاه حکیم سبزواری می باشند. ساختار این پرسشنامه مبتنی بر تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبیAHP می‌باشد و اساس این روش بر مقایسات زوجی استوار می باشد جدول(۳). در این روش وزن هر شاخص با درجه اهمیتی که مقادیر کمی بین ۹-۱ معادل شده‌اند به دست می‌آید؛ سپس با میانگین‌گیری از همه نظرات کارشناسان، وزن نهایی هریک از لایه به دست آمد. برای استخراج وزن نهایی هر یک از معیارها از نرم‌افزار Expert Choice 11 استفاده‌شده است جدول(۴). با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.3 لایه هر یک از معیارها ساخته شد و برای اینکه وزن بگیرد هر یک از لایه‌ها تبدیل به فایل رستری شدند و درنهایت همه لایه‌ها باهم تلفیق شدند و مکان‌های مستعد جزایر حرارتی استخراج گردید. در ادامه نقشه هر یک از موثر بر تشکیل جزایر حرارتی آورد شده است اشکال (۱۴-۲).

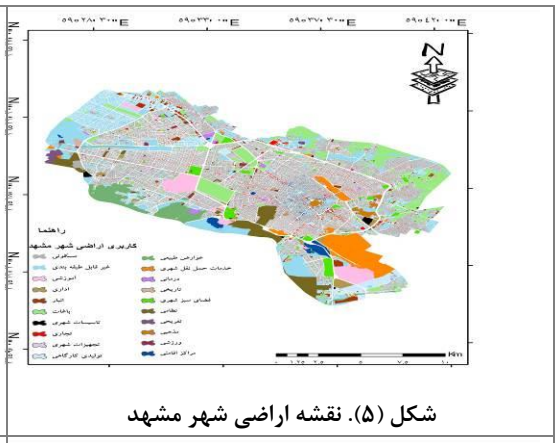


شکل (۳). نقشه فاصله از مکان‌های پرترافیک(به کیلومتر)

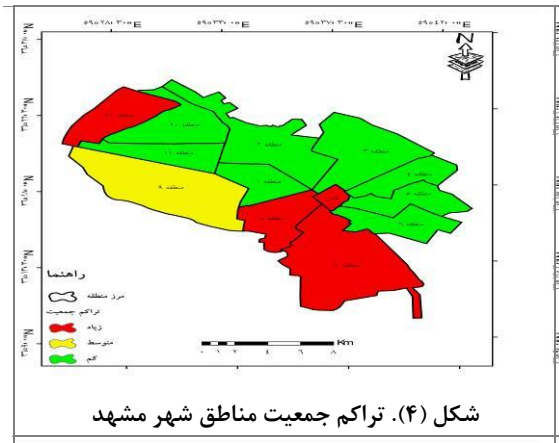


شکل (۲). نقشه فاصله از حرم(به کیلومتر)

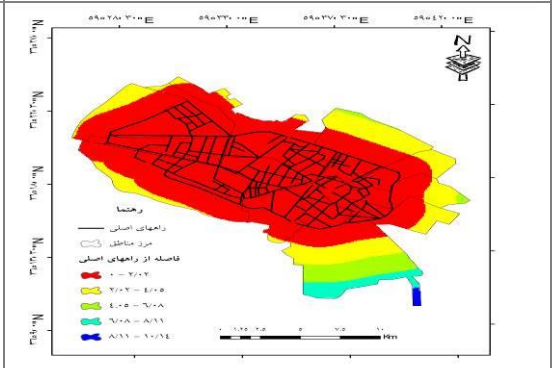
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]



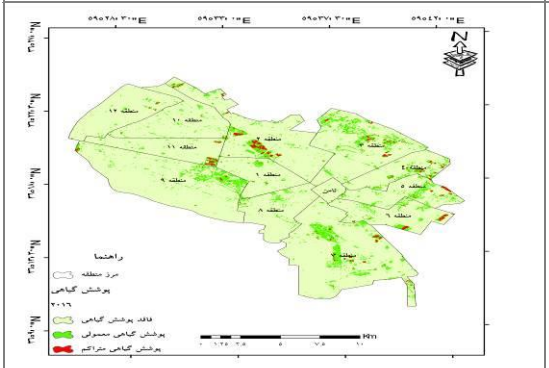
شکل (۵). نقشه اراضی شهر مشهد



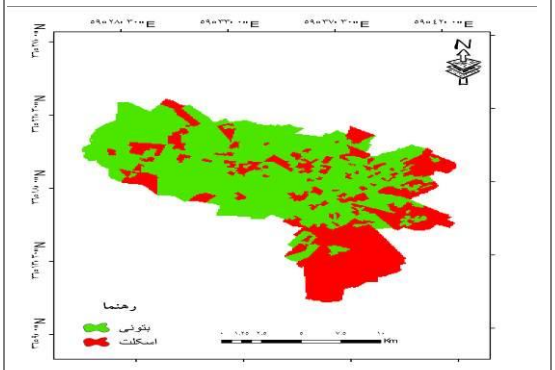
شکل (۴). تراکم جمعیت مناطق شهر مشهد



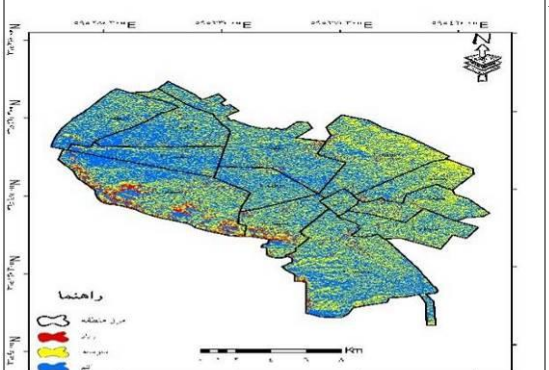
شکل (۷). نقشه فاصله از راههای اصلی(به کیلومتر)



شکل (۶). نقشه پوشش گیاهی سال ۲۰۱۶

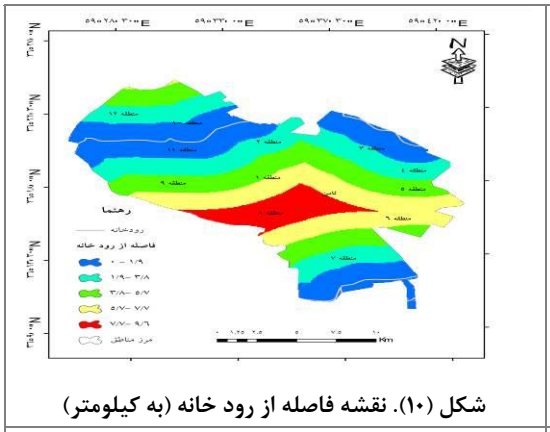


شکل (۹). نقشه نوع سازه

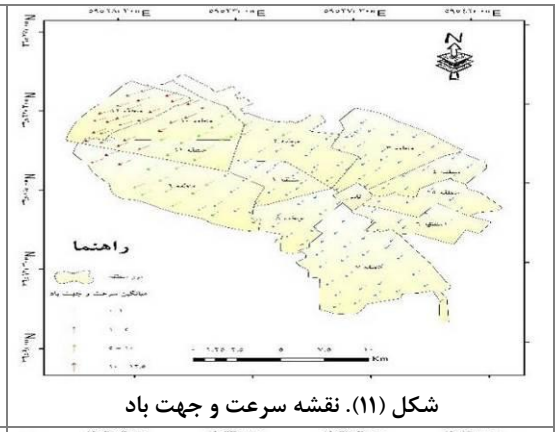


شکل (۸). نقشه میزان تابش

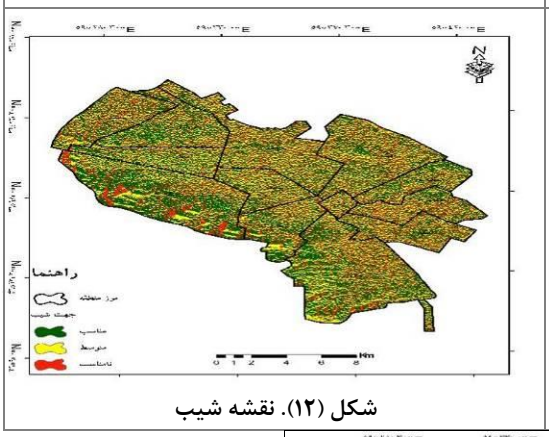
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]



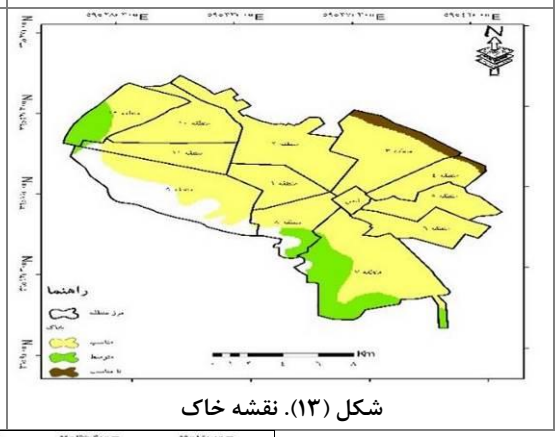
شکل (۱۰). نقشه فاصله از رود خانه (به کیلومتر)



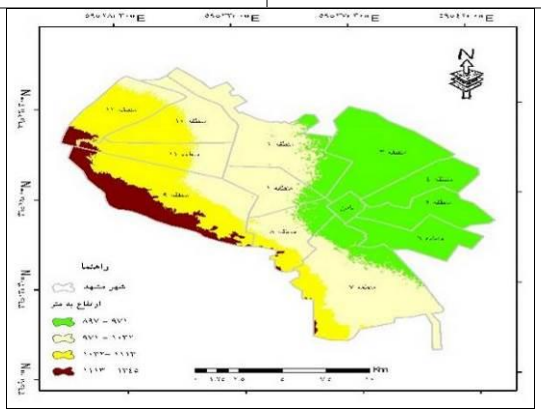
شکل (۱۱). نقشه سرعت و جهت باد



شکل (۱۲). نقشه شیب



شکل (۱۳). نقشه خاک



شکل (۱۴). نقشه ارتفاع از سطح زمین (به متر)

واژه[1] TOPSIS به معنی روش‌های ترجیح بر اساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل است. این مدل توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده‌آل (مثبت) و راه‌حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. راه‌حل ایده آل (مثبت) راه‌حلی است که

1 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و درعین‌حال دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی را دارد. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش TOPSIS گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایده‌آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). فرایند انجام مدل تاپسیس به شرح زیر می باشد:

۱ - تشکیل ماتریس تصمیم:

در تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود؛ بنابراین به هر گزینه بر اساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌تواند بر اساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. درهرصورت باید یک ماتریس تصمیم m×n تشکیل شود.

۲ – نرمال‌کردن ماتریس تصمیم:

مانند سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، ماتریس تصمیم باید نرمال شود. روش برداری برخلاف روش ساده نرمال‌سازی خطی به‌صورت رابطه(۴) انجام می‌شود:

رابطه(۴)

$$\eta_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m x_{ij}^2}}$$

در رابطه(۴) η_{ij} پارامتر بی مقیاس شده، x_{ij} پارامترهای مقیاس دار و m تمام مقادیر می‌باشد.

۳ - تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون:

گام بعدی تشکیل ماتریس نرمال موزون بر اساس وزن معیارها است؛ بنابراین باید از پیش اوزان معیارها با استفاده از تکنیکی مانند AHP یا آنتروپی شانون محاسبه‌شده باشند. موزون کردن بسیار ساده است و وزن هر معیار در درایه‌های مربوط به آن معیار ضرب می‌شود.

۴ - محاسبه ایده آل های مثبت و منفی:

در این گام برای هر شاخص یک ایده آل مثبت (A+) و یک ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود.

۵- فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه‌حل ایده‌آل:

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی با فرمول زیر محاسبه خواهد شد. گام نهائی محاسبه، راه‌حل ایده‌آل است. در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. برای اینکار از رابطه(۵) استفاده شود.

رابطه(۵)

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

در رابطه(۵) CL بین صفر و یک می باشد و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد راهکار به جواب نزدیک‌تر است و راهکار می باشد (حبیبی و همکاران،۱۳۹۳: ۲۷).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

جدول (۳). میانگین نظر کارشناسان برای هر یک از معیارها

فاصله از حرم	فاصله از حرم	ترافیک	تراکم جمعیت	کاربری های خدماتی	پوشش گیاهی	عرض خیابان	میزان انرژی دریافتی	نوع سازه	منابع اب	باد	خاک	شیب	ارتفاع
ترافیک	۳/۵												
تراکم جمعیت	۳	۱											
کاربری های خدماتی	۴	۳	۲										
پوشش گیاهی	۵	۴	۳	۳									
عرض خیابان	۵	۴	۴	۲	۲								
میزان انرژی دریافتی	۶	۳	۴	۳	۲	۲							
نوع سازه	۴	۴	۳	۲	۲	۳	۲						
منابع اب	۵	۶	۴	۳	۲	۴	۲	۳					
باد	۵	۴	۵	۳	۲	۲	۲	۴	۲				
خاک	۵	۴	۵	۴	۲	۲	۳	۴	۲	۱			
شیب	۴	۴	۴	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳		
ارتفاع	۴	۴	۴	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۳	۲	۲	

جدول(۴). وزن نهایی هریک از لایه‌ها

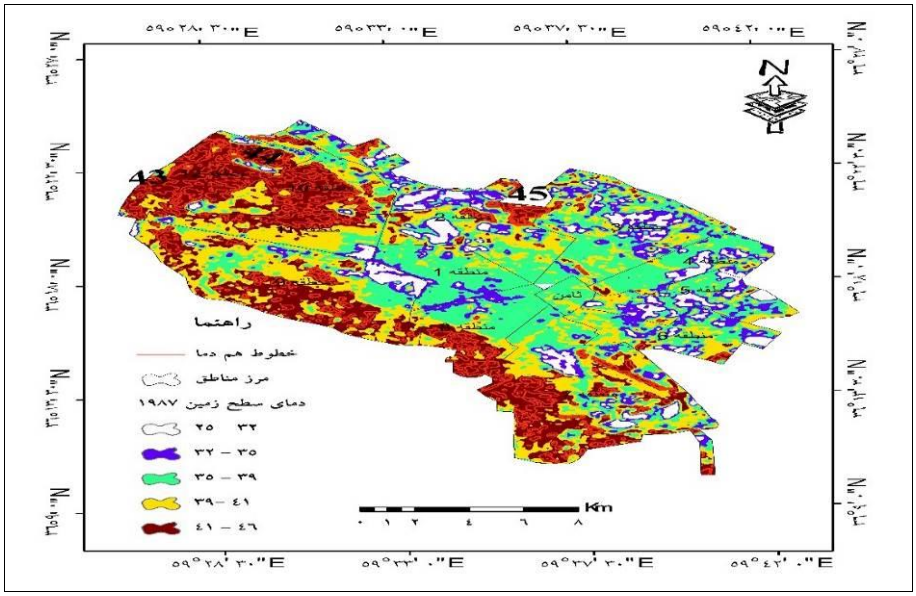
معیار ها	فاصله از حرم	ترافیک	تراکم جمعیت	کاربری های خدماتی	پوشش گیاهی	عرض خیابان	میزان انرژی دریافتی	نوع سازه	منابع آب	باد	خاک	شیب	ارتفاع
وزن نهایی	/۲۳۴	/۱۵۵	/۱۴۲	/۰۹۲	/۰۷۷	/۰۵۷	/۰۴۸	/۰۴۴	/۰۴۲	/۰۳۷	/۰۲۷	/۰۲۳	/۰۲۲

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

نتایج

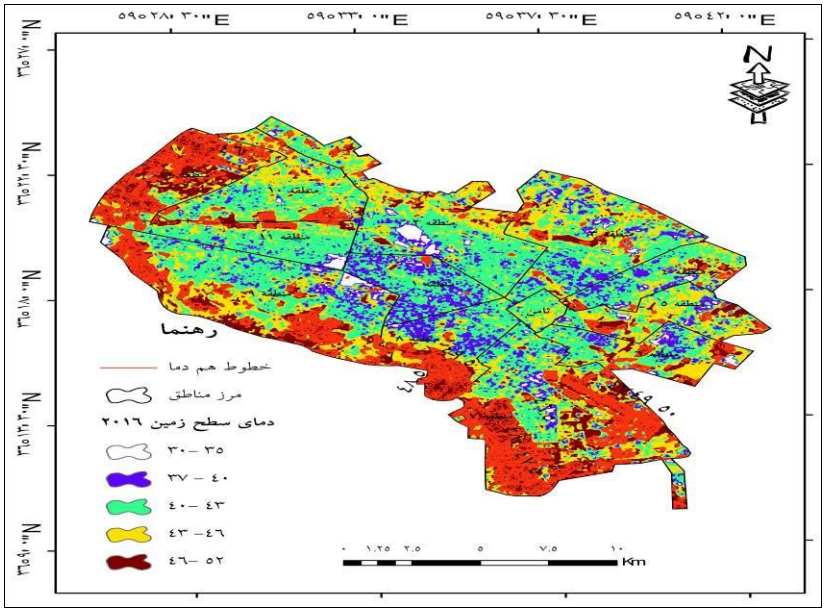
دمای سطح زمین (LST)

با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.3 دمای سطح زمین استخراج گردید. شکل (۱۵) دمای سطح زمین را برای سال ۱۹۸۷ نشان می دهد. از نظر مکانی جزایر حرارتی با نواحی شمالی و غربی شهر منطبق می‌باشند که، جزء زمین‌های بایر و فضاهای باز و غیرمسکونی بوده‌اند که جز جزایر گرمایی شهر لحاظ نمی شودند. در نواحی مرکزی شهر، نزدیک منطقه ثامن، دما نسبت به اطراف بالاتر می‌باشد جزیره حرارتی در این ناحیه شکل‌گرفته است. در سال ۲۰۱۶ مناطقی که دمای بالایی دارند، ازنظر مکانی همانند سال ۱۹۸۷ می‌باشند. جزایر حرارتی از نظر وسعت و تعداد در داخل شهر افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است. در نواحی مرکزی، نزدیک منطقه ثامن، وسعت جزایر حرارتی افزایش‌یافته است شکل(۱۶). ، بیشینه دما در سال ۱۹۸۷، ۴۶ - ۴۱ درجه سانتی‌گراد و در سال ۲۰۱۶، ۵۲-۴۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. کمینه دما در سال ۱۹۸۷، ۲۹-۲۵ درجه سانتی‌گراد و در سال ۲۰۱۶، ۳۷-۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. در سال ۲۰۱۶ بیشتر مناطق در طبقه دمایی ۳۷-۴۰ درجه قرار دارند. برای بررسی نقاطی که دمای یکسان دارند از خطوط هم‌دما استفاده گردید. در سال ۱۹۸۷ خطوط دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر انتخاب شد. در منطقه ۱۲ و ۱۰ بیشترین فشردگی خطوط را دارند. در نواحی مرکزی شهر در اطراف منطقه ثامن فشردگی خطوط بیشتر از سایر مناطق نزدیک به این منطقه می‌باشد که بیانگر یک تشکیل یک جزیره حرارتی می‌باشد سال ۲۰۱۶ با توجه به این‌که دمای سطح زمین افزایش داشته، خطوط هم‌دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد و بالاتر انتخاب‌شده است. در این سال بیشترین فشردگی خطوط در جنوب شهر مربوط به منطقه ۷ می‌باشد. در این سال از فشردگی خطوط در منطقه ۱۰ و ۱۲ کاسته شده و در منطقه ثامن با توجه به انتخاب خطوط هم‌دما با دمای بیشتر بازهم شاهد یک جزیره حرارتی هستیم؛ همچنین در این سال در شمال منطقه ۱ جزیره حرارتی شکل‌گرفته است. شکل(۱۶).



شکل (۱۵). خروجی دمای سطح زمین و خطوط هم‌دما سال ۱۹۸۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]



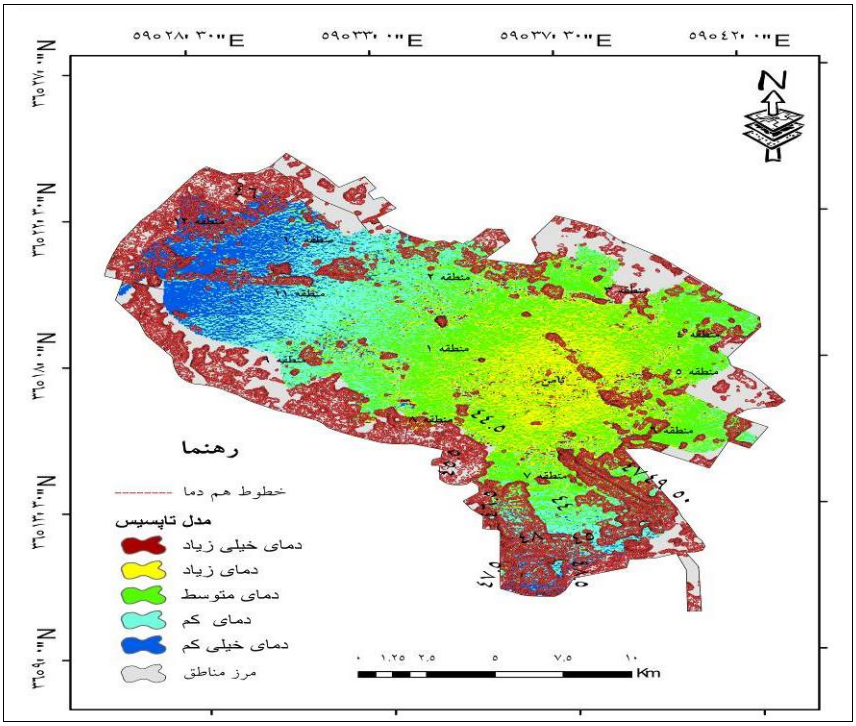
شکل (۱۶). خروجی دمای سطح زمین و خطوط هم‌دما سال ۲۰۱۶

مدل تاپسیس

برای مکان‌یابی جزایر حرارتی در داخل شهر ، از مدل تاپسیس استفاده گردید. برای بحث امکان‌سنجی مکان‌های مستعد برای تشکیل جزایر حرارتی، ۱۳ عامل در نظر گرفته‌شده است. عوامل به دودسته طبیعی و انسانی تقسیم می‌شوند. بر اساس نظر کارشناسان، عوامل انسانی نقش بیشتر و عوامل طبیعی نقش کمتری در تشکیل جزایر حرارتی داخل شهر دارند. بر اساس نظر کارشناسان (اساتید آب و هواشناسی و دانشجویان دکتری دانشگاه حکیم سبزواری) با توجه به اولویت هر یک از پارامترها، به هر یک از لایه‌ها وزنی نسبت داده‌شده، از بین این ۱۳ پارامتر، به ترتیب فاصله از حرم، ترافیک و تراکم جمعیت با وزن‌های ۰/۲۳۴، ۰/۱۵۵ و ۰/۱۴۲ بیشترین تأثیر را در تشکیل جزایر حرارتی دارند و خاک، شیب و ارتفاع به ترتیب با وزن‌های ۰/۰۲۷، ۰/۰۲۳ و ۰/۰۲۲ کمترین تأثیر را در تشکیل جزایر حرارتی دارند. عامل فاصله از حرم وزن بیشتری دارد؛ چون به‌عنوان یک‌قطب جذب زائر در شهر مشهد می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین معیار در تشکیل جزایر حرارتی محسوب شود. حرم مطهر باعث تمرکز جمعیت در این ناحیه می‌شود که این خود گرما تولید می‌کند. از طرفی تمرکز وسایل نقلیه موتوری در این منطقه و ساختمان‌های مرتفع (هتل‌ها، ساختمان‌های تجاری) در اطراف حرم می‌تواند در تولید گرما مؤثر باشند. عامل بعدی ترافیک است؛ چون ازدیاد وسایل نقلیه در یک خیابان باعث تولید دود و انواع آلاینده می‌شود، این آلاینده‌ها مانع از بازگشت انرژی تابیده‌شده به سطح زمین به جو می‌شوند و از طرفی خود این وسایل هم گرمای زیادی تولید می‌کنند و این باعث می‌شود در این مناطق دمای بالاتری داشته باشیم. بدین منظور خیابان‌هایی که در شهر مشهد دارای ترافیک بالا می‌باشند استخراج و فاصله اقلیدسی آن‌ها با سایر نقاط مشخص گردید. بافاصله گرفتن از خیابان‌هایی که دارای ترافیک سنگین می‌باشند

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

دما کاهش می‌یابد. بر اساس امار سال ۱۳۹۵ شهر مشهد مناطق ثامن، ۷، ۸، ۱۲ دارای تراکم بالای نسبت به سایر مناطق می باشند که این خود در تولید گرما بسیار موثر است از بین عوامل طبیعی میزان تابش خورشد نقش بسیار زیادی در تشکیل جزایر حرارتی در شهر مشهد می تواند داشته باشد. با توجه به قرار گرفتن شهر مشهد در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و دارا بودن ۳۰۰-۲۸۰ روز آفتابی در سال، بستری مناسب برای دریافت انرژی فراهم می‌شود و این در تولید گرما بسیار مؤثر است و به‌عنوان یک عامل طبیعی، نقش بسیار مهمی در تشکیل جزایر حرارتی دارد. وزن هریک از پارامتر ها همه لایه‌ها بر روی‌هم قرار گرفتند، شاهد این می باشدیم که نواحی مرکزی و بخصوص منطقه ثامن و مناطقی که دارای ترافیک سنگین و مناطقی که در آن‌ها کاربری صنعتی و نظامی می‌باشند امکان بیشتری برای تشکیل جزایر حرارتی دارند و هر چه از این مناطق دور می‌شویم این امکان کاهش می‌یابد. شکل(۱۷).



شکل(۱۷). خروجی نهایی مدل تاپسیس

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور مکان‌یابی جزایر حرارتی، ابتدا دمای سطح زمین استخراج گردید. تصاویر انتخاب‌شده مربوط به فصل گرم سال و مربوط به سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ می‌باشد. نتایج نشان داد که از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۶ جزایر گرمایی از نواحی شمالی و غربی به مناطق جنوبی مشهد انتقال پیداکرده است. در سال ۱۹۸۷ در منطقه ثامن یک جزیره حرارتی شکل‌گرفته و در مدت موردمطالعه وسعت و همچنین دمای آن افزایش‌یافته است. مناطقی که دمای بالاتری دارند، در سال ۱۹۸۷ بیشتر با

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

زمین‌های بایر منطبق می باشند. بررسی خطوط هم‌دما نشان داد که بیشینه دمای سطح زمین از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۶ افزایش‌یافته است در فاصله سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ ازنظر مکانی جزایر حرارتی به داخل شهر انتقال پیداکرده است و هم‌چنین به وسعت این جزایر افزوده‌شده است ، به علت اینکه در فاصله این سالها بسیاری سطوح طبیعی و کشاورزی ازبین رفته و وسعت مناطق با سطوح سخت و غیر قابل نفوذ (آسفات و سنگ فرش) داخل شهر افزوده شده است. با توجه به این‌که در تشکیل جزایر حرارتی عوامل مختلف انسانی و طبیعی نقش دارند، بدین منظور ۱۳ پارامتر که در تشکیل جزایر حرارتی مؤثر می باشند در شهر مشهد در نظر گرفته‌شده است. برای اینکه درجه اهمیت هر یک از پارامترها مشخص شود، ازنظر کارشناسان استفاده گردید. بر اساس نظر کارشناسان، عوامل انسانی بیشترین نقش را در تشکیل جزایر حرارتی در شهرها دارند. عوامل فاصله از حرم و ترافیک به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۳۴ و ۰/۱۵۵ بیشترین نقش را در تشکیل جزایر حرارتی دارند.

بعد از روی‌هم گذاری لایه‌ها مشخص گردید که بافاصله گرفتن از حرم و مناطق دارای ترافیک، امکان تشکیل جزایر حرارتی کاهش می‌یابد. نتایج نهایی نشان داد که آن عواملی که برای تشکیل جزایر در نظر گرفتیم درست بوده و بافاصله گرفتن از این عوامل امکان تشکیل جزایر حرارتی کاهش پیدا می‌کند. بر اساس نتایج و ارزیابی‌های انجام‌شده در تحقیق، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این زمینه، پیشنهادات زیر در ادامه این موضوع ارائه شده است:

با توجه به اینکه حرم مطهر یکی از مکان‌های اصلی تشکیل جزایر حرارتی می باشد و پوشیده شدن این منطقه با سطوح سخت و کمبود فضای سبز در این ناحیه، فضای سبز را افزایش دهند و از ایجاد ساختمان‌های بلند که مانع از جابجایی هوا می‌شود در این منطقه جلوگیری کنند. با استفاده از نقشه‌های آلودگی هوای شهر، میزان تراکم و با استفاده از نقشه ترافیک، میزان تأثیر این پارامترها بر تشکیل جزایر حرارتی شهر موردبررسی قرار گیرد.

منابع

احمدی، محمود؛ عاشور لو، داوود؛ نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۱). **تغییرات زمانی ـ مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM&ETM+، سنجش‌ازدور و GIS ایران**، ۴(۴) : ۵۵-۶۵

حبیبی، آرش؛ ایزدیار، صدیقه؛ سرافرازی، اعظم. (۱۳۹۳). **تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی**، انتشارات کتیبه گیل:ص۲۷

رنگزن، کاظم؛ فیروزی، محمد علی؛ تقی زاده، ایوب؛ مهدی زاده، رامین. (۱۳۹۰). **بررسی و تحلیل نقش کاربری در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از R.S, GIS نمونه موردی شهر اهواز**، سمینار ملی کاربرد GIS در برنامه‌ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری، تهران.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

زنگنه شهرکی، سعید، کاظم زاده، علی، هاشمی دره بادامی، سیروس. (۱۳۹۳). **تحلیل زمانی - مکانی گسترش کالبدی شهر مشهد و پایش تغییرات کاربری اراضی اطراف**، پژوهش های جغرافیایی برنامه ریزی شهری، ۲(۴)، ۴۸۳-۴۹۹

شمسی پور, علی, مهدیان ماهفروزی, مجتبی, حسین پور, زینب. (۱۳۹۱). **واکاوی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران**. پژوهشهای جغرافیای طبیعی, ۴۴(۳), ۱۲۷-۱۴۶.

صادقی‌نیا، علیرضا؛ علیجانی، بهلول؛ ضیائیان، پرویز. (۱۳۹۱). **تحلیل فضایی- زمانی جزیره حرارتی کلانشهر تهران با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی**، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۴: ۱۷-۱.

عادل سپهر، سید علی المرسی؛ اختصاصی، محمد رضا. (۱۳۹۱). **ایجاد سامانه شاخص های بیابانزایی بر اساس DPSRI (بهره گیری از روش تاپسیس فازی)**، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۱(۴۵) : ۵۰- ۳۳.

عظیمی، فریده. (۱۳۸۷). **پهنه بندی دمای شهر اهواز با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده +ETM**، فصلنامه جغرافیایی سزمین، ۵(۱۷) : ۹۷- ۱۰۹ .

علوی پناه، سید کاظم، هاشمی دره بادامی، سیروس، کاظم زاده، علی (۱۳۹۴). **تحلیل زمانی – مکانی جزیرۀ حرارتی شهر مشهد با توجه به گسترش شهر و تغییرات کاربری - پوشش زمین**، پژوهش های جغرافیایی برنامه ریزی شهری، ۳(۱)، ۱-۱۷.

فلاح زاده، فاطمه. (۱۳۸۸). **مطالعه روند دمای میکرو اقلیم شهر یزد**، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد: ص ۴.

کارکن سیستانی,مرضیه , و دوستان,رضا (۱۳۹۶). **جزیرۀ گرمایی کلان‌شهر مشهد**. جغرافیا و توسعه فضای شهری, ۲(۲), ۱۲۳-۱۳۸.

معین الدینی, مظاهر, خراسانی, نعمت اله, دانه کار, افشین, درویش صفت, علی اصغر. (۱۳۹۰). **مکانیابی محل دفن پسماند شهر کرج با استفاده از تاپسیس فازی سلسله مراتبی (مطالعه موردی شهر کرج)**، نشریه محیط زیست طبیعی, ۶۴(۲), ۱۵۵-۱۶۷.

ولیزاده کامران، خیلیل، غلام نیا، خلیل؛ عینالی، گلزار؛ موسوی، سید محمد. (۱۳۹۶). **برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی شهر زنجان)**، نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۸(۳۰): ۵۰-۳۵ .

Celik, M., Kandakoglu, A., & Er, I. D. (2009). **Structuring fuzzy integrated multi-stages evaluation model on academic personnel recruitment in MET institutions**. Expert Systems with Applications, 36(3), 6918-6927.

Chen, S. J., & Hwang, C. L. (1992). **Fuzzy multiple attribute decision making methods**. In Fuzzy multiple attribute decision making (pp. 289-486). Springer, Berlin, Heidelberg.

Chu, T. C. (2002). **Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 20(11), 859-864.

Dousset, B., & Gourmelon, F. (2003). **Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover**. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 58(1-2), 43-54.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]

Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E., & Kohbanani, H. R. (2013). **Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran**. Journal of Environmental Planning and Management, 56(9), 1290-1315.

Liu, L, & Zhang, Y. (2011). **Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong**. Remote Sensing, 3(7), 1535-1552.

Mallick, J., Kant, Y., and Bharath, B.D, (2008), **Estimation of land surface temperature overDelhi using Landsat–7 ETM+**. Journal of the Indian geography union, V.12 (3), pp.131–140.

Roth, M, Oke, T. R, & Emery, W. J. (1989). **Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology**. International Journal of Remote Sensing, 10(11), 1699-1720.

Srivastava, P. K., Majumdar, T. J., & Bhattacharya, A. K. (2009). **Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data**. Advances in space research, 43(10), 1563-1574.

Triantaphyllou, E., & Lin, C. T. (1996). **Development and evaluation of five fuzzy multiattribute decision-making methods**. International Journal of Approximate reasoning, 14(4), 281-310.

Wang, J. W., Cheng, C. H., & Huang, K. C. (2009). **Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection**. Applied Soft Computing, 9(1), 377-386.

Weng, Q., Liu, H., & Lu, D. (2007). **Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States**. Urban ecosystems, 10(2), 203-219.

Xiao, J., & Moody, A. (2005). **A comparison of methods for estimating fractional green vegetation cover within a desert-to-upland transition zone in central New Mexico, USA**. Remote sensing of environment, 98(2-3), 237-250.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.56.9.0]
[DOI: 10.29252/jgs.20.56.75]