



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۵، دوره ۹ شماره ۲، صص ۶۲۱-۵۷۱

تحلیل فضایی الگوی گسترش کانون‌های جزایر گرمایی در شهر یاسوج

حسین حسینی‌خواه^۱، سیدکرامت هاشمی‌عنا^{۲*}، سید محمد حسینی^۳

۱-دانش‌آموخته دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۲- اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

k.hashemi@yu.ac.ir

۳-دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۲

چکیده

هدف اصلی پژوهش، شناسایی کانون‌های جزایر گرمایی شهر یاسوج و پهنه‌بندی مناطق متأثر از آن و ارائه راهبردهایی برای کاهش پیامدهای منفی جزایر گرمایی است. لذا پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی — تحلیلی است. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای ArcGIS و IDRISI Selva و برای وزن‌دهی شاخص‌ها از مدل تحلیل وزن رابطه خاکستری (GRA) استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد، مقدار UHI مناطق شهری یاسوج به طور میانگین حدود ۷/۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر از نواحی غیر شهری اطراف است که بیانگر شدت بالای جزیره گرمایی شهری در این شهر است. بر اساس تحلیل وزن‌دهی، مهم‌ترین عوامل ایجاد کانون‌های گرمایی در سطح شهر یاسوج به ترتیب شامل مراکز صنعتی با وزن ۰,۰۹۶۰۷؛ خطوط ترافیک با وزن ۰,۰۹۱۸؛ گره‌های ترافیکی با وزن ۰,۰۹۱۰۷؛ تراکم ساختمانی با وزن ۰,۰۸۶۱۸ و تراکم جمعیت با وزن ۰,۰۸۰۳ هستند. پس از آن‌ها، کاربری‌هایی مانند مراکز تجاری، پایانه‌ها، پمپ‌بنزین، کاربری تأسیسات و مراکز اداری در ایجاد کانون‌های گرمایی در سطح شهر یاسوج نقش دارند. در مقابل، باغ‌ها، پارک‌ها، رودخانه‌ها و منابع طبیعی اثر تعدیل‌کننده و کاهنده بر شدت گرما در شهر یاسوج دارند. همچنین تحلیل آماری و رگرسیون نیز نشان می‌دهد مدل پژوهش توان تبیین بالایی (حدود ۹۷٪) از شاخص‌های پژوهش دارد و مراکز صنعتی مهم‌ترین عامل پیش‌بینی‌کننده جزایر گرمایی در یاسوج هستند. در نهایت، راهبردهای از جمله افزایش فضای سبز، کنترل تراکم شهری، بهبود حمل‌ونقل عمومی، کاهش ترافیک و مدیریت کاربری‌های صنعتی اثر تعدیل‌کننده و کاهنده بر شدت گرما در شهر یاسوج دارند.

کلید واژگان: الگوی گسترش، جزایر گرمایی، تعادل حرارتی، شهر یاسوج

مقدمه

رشد سریع شهرنشینی در دهه‌های اخیر موجب تغییرات گسترده‌ای در ساختار فضایی شهرها، الگوی کاربری زمین و تعادل حرارتی محیط شده است. یکی از مهم‌ترین پیامدهای این تحولات، شکل‌گیری پدیده «جزیره گرمایی شهری»^۱ است که در آن دمای مناطق شهری نسبت به نواحی پیرامونی غیرشهری افزایش می‌یابد. این پدیده عمدتاً ناشی از جایگزینی سطوح طبیعی با سطوح مصنوعی، افزایش سطوح نفوذناپذیر، کاهش پوشش گیاهی، تراکم بالای ساخت‌وساز و تولید گرمای انسان‌ساخت در محیط‌های شهری است. در نتیجه این فرآیندها، شهرها به کانون‌های تجمع گرما تبدیل شده و شرایط حرارتی نامطلوبی برای محیط زیست شهری و سلامت ساکنان ایجاد می‌کنند. مطالعات جدید نشان می‌دهد که شدت و الگوی فضایی جزایر گرمایی شهری تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل کالبدی، اقلیمی و کاربری زمین قرار دارد. در سال‌های اخیر استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و روش‌های تحلیل فضایی برای پایش این پدیده گسترش یافته و امکان بررسی دقیق‌تر تغییرات دمای سطح زمین و شناسایی الگوهای مکانی آن فراهم شده است (Zhao et al., 2025). روند پژوهش‌های علمی در سطح جهان نیز نشان‌دهنده تمرکز فزاینده محققان بر درک این تغییرات کالبدی و ارائه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده با استفاده از فناوری‌های نوین داده‌محور است (Kilinc et al., 2025).

علاوه بر این، تحقیقات نظام‌مند بر این موضوع تأکید دارند که ویژگی‌های مورفولوژیک شهرها، ساختار کانیون‌های شهری و الگوی توسعه فیزیکی از عوامل اصلی مؤثر در شدت و توزیع فضایی جزایر گرمایی در لایه سایه‌بان شهری (Canopy Layer) هستند؛ به‌طوری که نوع مصالح و کاهش فضاهای سبز، پویایی حرارتی را به شدت کاهش داده و دمای محلی را افزایش می‌دهد (Li et al., 2023). این چالش در کشورهای در حال توسعه و مناطقی با رشد سریع کالبدی، به دلیل عدم انطباق با معیارهای طراحی اقلیمی، اثرات شدیدتری از خود نشان می‌دهد و نیازمند راهکارهای بومی‌سازی شده است (Darmawan et al., 2025; Huang et al., 2025; Islam et al., 2024).

در سال‌های اخیر، هم‌افزایی میان پدیده جزیره گرمایی شهری و مخاطرات اقلیمی گسترده‌تر نظیر موج‌های گرما، توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. بررسی‌های جامع تاریخی نشان می‌دهد که تلاقی این دو پدیده می‌تواند تاب‌آوری شهری را به مخاطره انداخته و اثرات مخربی بر مصرف انرژی و سلامت عمومی بگذارد (Cheval et al., 2024). این وضعیت به‌ویژه در اقلیم‌های حاره‌ای و گرمسیری که به‌طور طبیعی با بارهای حرارتی بالایی مواجه هستند، ابعاد بحرانی‌تری به خود می‌گیرد و طراحی و برنامه‌ریزی شهری متناسب با اقلیم را به یک ضرورت گریزناپذیر تبدیل می‌کند (Lefevre et al., 2025). از این‌رو، شناخت دقیق تغییرات حرارتی و اتخاذ راهبردهای محیطی کارآمد مانند توسعه زیرساخت‌های سبز و اصلاح بازتابندگی سطوح شهری، گامی اساسی در جهت کاهش این بحران‌های اقلیمی به شمار می‌رود (Chen et al., 2022).

در حال حاضر، مرگ و میر ناشی از رویدادهای گرمای شدید با فرکانس فزاینده‌ای رخ می‌دهد و انتظار می‌رود میزان بروز استرس گرمایی در آینده به طور قابل توجهی افزایش یابد. دمای مناطق شهری در بسیاری از جاهای دنیا به اندازه چشمگیری از مناطق روستایی مشابه‌شان بیشتر است. معمولاً اختلاف دما در شب بیشتر از روز است و این

^۱. Urban Heat Island

هنگامی که وزش باد ضعیف است آشکارتر می‌شود. جزایر گرمایی هم در تابستان و هم در زمستان دیده می‌شود. علت اصلی جزایر گرمایی شهری تغییر چیدمان زمین در پی توسعه شهری است. رشد مراکز پرجمعیت شهری به سطح بزرگتری در شهرها انجامیده و با میانگین دما رابطه متناظر دارد. گذشته از تأثیر بر دما، جزایر گرمایی می‌توانند تأثیرهای فرعی بر آب‌وهوای محلی نیز داشته باشند؛ برای نمونه: تغییر الگوی بادهای محلی، گسترش ایجاد ابرها و مه، رطوبت و میزان بارش (زارع، ۱۳۹۲: ۱). در این میان، کشور ایران، به دلیل اقلیم خشک و نیمه‌خشک و روند سریع شهرنشینی، از این قاعده مستثنی نیست. به طوری که جزیره گرمایی شهری مشهودترین نمود تغییر اقلیم در شهرهای ایران است. در همین راستا، بر اساس بررسی نقشه‌های پیش‌یابی و الگوهای هواشناسی، افزایش نسبی دما و ماندگاری هوای گرم در سطح شهر یاسوج در حال افزایش است. و معضلات و مشکلاتی از جمله نابرابری فضایی کاربری پارک در نواحی چهارگانه شهر یاسوج، عدم استفاده از حمل و نقل عمومی، پایین بودن سرانه فضایی سبز، مسیرها و گره‌های ترافیک، وجود مناطق صنعتی، تراکم جمعیت بالا و تراکم ساختمان مسکونی در بخش‌های از شهر یاسوج، احتمال کانون‌های جزایر گرمایی را در شهر یاسوج افزایش داده است. لذا هدف از پژوهش حاضر شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار در ایجاد جزایر گرمایی شهر یاسوج و پهنه‌بندی مناطق متأثر از جزایر گرمایی شهر و سپس بررسی وضعیت نواحی شهر یاسوج در ارتباط با کانون‌های جزایر گرمایی جهت به حداقل رساندن آسیب‌ها است که در پژوهش پیش‌رو با عنوان موضوع و طرح مسأله اصلی پیگیری می‌شود.

نوآوری این پژوهش در ارائه‌ی چارچوبی تحلیلی و بومی برای شناسایی کانون‌های جزیره گرمایی شهری در شهر یاسوج است. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر دمای سطح زمین یا تعداد محدودی از متغیرها متمرکز بوده‌اند، در این پژوهش با تلفیق داده‌های سنجش‌ازدور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل‌های فضایی، به‌صورت هم‌زمان عوامل اقلیمی، کالبدی، جمعیتی و کاربری زمین در مقیاس ناحیه‌ای شهر یاسوج مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین برای نخستین بار، الگوی مکانی و کانون‌های گرمایی شهر یاسوج شناسایی و بر اساس آن‌ها پهنه‌بندی حرارتی صورت گرفته است. همچنین با تبیین پیوند میان دمای محلی و عواملی چون تراکم ساختمانی و جمعیتی، فقر فضای سبز، شبکه معابر و کاربری‌های صنعتی، این پژوهش امکان تعیین مناطق حساس و اولویت‌دار مداخله را برای تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان شهری فراهم می‌کند.

اهداف پژوهش

مهم‌ترین هدف پژوهش حاضر را می‌توان، شناسایی کانون‌های جزایر گرمایی را در شهر یاسوج در مقیاس عملکردی شهر یاسوج دانست. همچنین اهداف فرعی پژوهش مشتمل بر موارد زیر هستند.

- بررسی وضعیت وجود کانون‌های جزایر گرمایی در شهر یاسوج؛
- شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار در ایجاد کانون‌های جزایر گرمایی شهر یاسوج؛
- بررسی میزان تأثیرگذاری و اولویت‌بندی هریک از پارامترها در تعیین کانون‌های جزایر گرمایی؛
- شناسایی کانون‌های جزایر گرمایی را در شهر یاسوج در مقیاس عملکردی شهر یاسوج؛
- ارائه راهبردها و استراتژی‌های جهت کاهش اثرات و پیامدهای منفی کانون‌های جزایر گرمایی؛

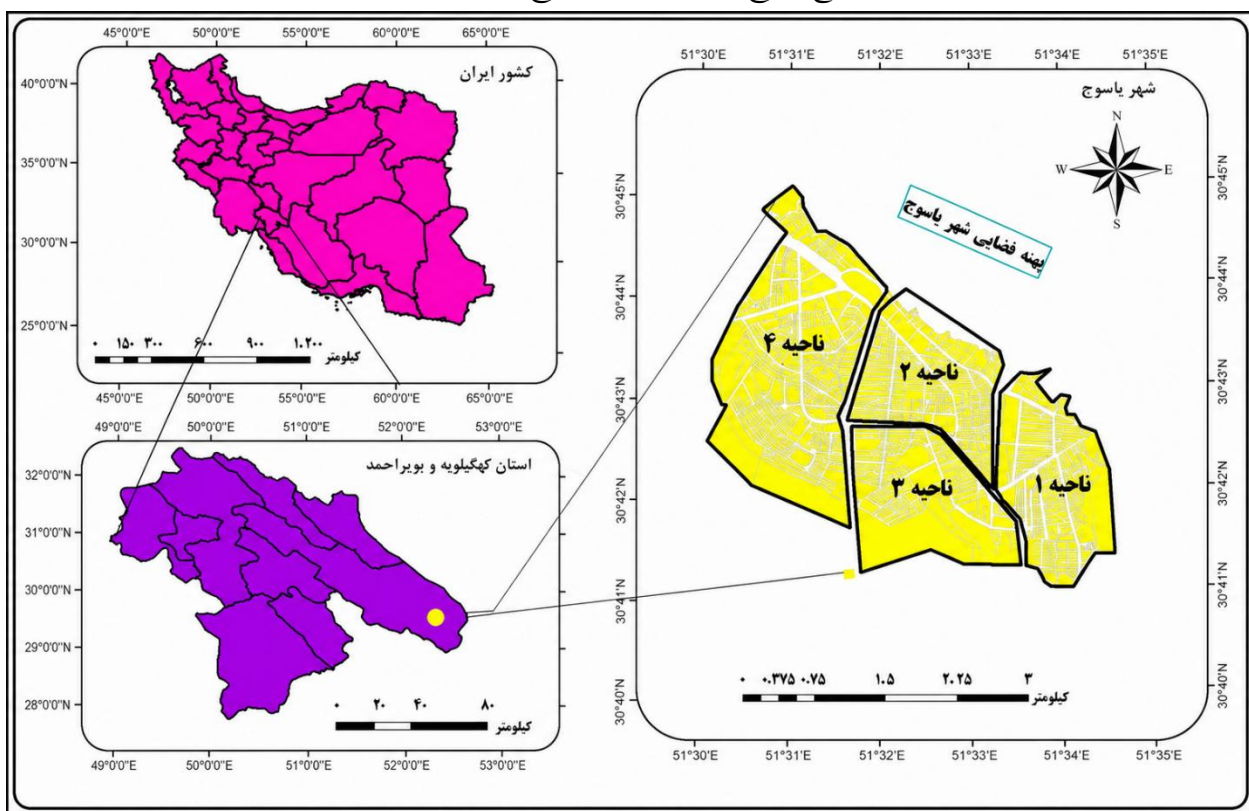
محدوده و قلمرو پژوهش

یاسوج مرکز شهرستان بویراحمد است که در شمال شرقی استان واقع شده است. شهر یاسوج از شمال به شهرستان دنا (کهگیلویه و بویراحمد)، از جنوب به نورآباد ممسنی (فارس)، از شرق به سمیرم (اصفهان) و اقلید (فارس) و از غرب به شهرستان کهگیلویه ختم می شود. در سرشماری سال ۱۳۹۱ جمعیت این شهر ۱۰۰۱۱۴ نفر برآورد شده است و این تعداد جمعیت در ۴ ناحیه سکنی گزیده اند. در بین ناحیه های شهر یاسوج، ناحیه ۴ با ۳۷۶۰۷ پرجمعیت ترین ناحیه و ناحیه ۱ با ۱۷۰۰۰ نفر جمعیت کم جمعیت ترین ناحیه به شمار می روند (طرح تفصیلی شهر یاسوج، ۱۳۹۱).

جدول ۱. اطلاعات کمی و کیفی نواحی ۴ گانه شهر یاسوج

ناحیه	جمعیت	درصد جمعیت
۱	۲۸۸۵۴	۲۵/۲۹
۲	۳۰۶۳۹	۲۶/۸۵
۳	۱۷۰۰۰	۱۴/۸۹
۴	۳۷۶۰۷	۳۲/۹۷

منبع: طرح تفصیلی شهر یاسوج، ۱۳۹۱



شکل ۱. موقعیت فضایی نواحی شهر یاسوج در کشور ایران و استان کهگیلویه و بویراحمد

– مبانی نظری

جزیره گرمایی شهری یکی از پیامدهای مهم گسترش شهرنشینی و تغییر کاربری زمین در دهه‌های اخیر است (Fuladlu et al, 2026). این پدیده زمانی رخ می‌دهد که دمای مناطق شهری نسبت به نواحی پیرامونی یا روستایی بالاتر باشد. افزایش تراکم ساختمانی، گسترش سطوح نفوذناپذیر مانند آسفالت و بتن، کاهش پوشش گیاهی و تمرکز فعالیت‌های انسانی از مهم‌ترین عواملی هستند که باعث تغییر تعادل انرژی در محیط شهری و در نتیجه افزایش دما می‌شوند (Wu et al, 2025). در چنین شرایطی، شهرها توانایی بیشتری در جذب و ذخیره تابش خورشیدی پیدا می‌کنند و همین امر باعث می‌شود گرما در طول شب نیز در محیط شهری باقی بماند و اختلاف دمایی میان شهر و مناطق اطراف شکل گیرد (Santamouris, 2020). در مطالعات مربوط به اقلیم شهری، جزیره گرمایی شهری به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تأثیر شهرنشینی بر محیط طبیعی شناخته می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تغییر در ساختار فضایی شهرها و افزایش جمعیت شهری می‌تواند شدت این پدیده را به طور قابل توجهی افزایش دهد. توسعه افقی و عمودی شهرها، افزایش تراکم ساختمانی و تغییر در الگوی کاربری اراضی، همگی در شکل‌گیری و گسترش جزیره گرمایی نقش دارند. این عوامل با کاهش تهویه طبیعی، افزایش جذب تابش خورشیدی و کاهش تبخیر و تعرق، شرایطی را ایجاد می‌کنند که در آن گرما در محیط شهری تجمع می‌یابد (Yao et al., 2021). یکی از ابعاد مهم در مطالعات جزیره گرمایی شهری، بررسی انواع مختلف این پدیده است. در ادبیات علمی معمولاً دو نوع اصلی از جزیره گرمایی شهری مورد توجه قرار می‌گیرد: جزیره گرمایی سطحی و جزیره گرمایی لایه سایه‌بان شهری. جزیره گرمایی سطحی به اختلاف دمای سطح زمین در مناطق شهری و روستایی اشاره دارد و معمولاً با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در مقابل، جزیره گرمایی لایه سایه‌بان به اختلاف دمای هوای نزدیک سطح زمین مربوط می‌شود و اندازه‌گیری آن بیشتر با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و اندازه‌گیری‌های میدانی انجام می‌شود. تمایز میان این دو نوع جزیره گرمایی برای درک دقیق‌تر سازوکارهای حرارتی در محیط شهری اهمیت زیادی دارد (Yang et al., 2020). پیشرفت فناوری‌های سنجش‌ازدور در سال‌های اخیر نقش مهمی در توسعه مطالعات مربوط به جزیره گرمایی شهری داشته است. تصاویر ماهواره‌ای امکان بررسی الگوهای مکانی دمای سطح زمین را در مقیاس‌های مختلف فراهم می‌کنند و به پژوهشگران اجازه می‌دهند ارتباط میان دما، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و ساختار فضایی شهر را تحلیل کنند. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مانند Landsat و MODIS باعث شده است که تحلیل تغییرات زمانی و مکانی جزیره گرمایی شهری با دقت بیشتری انجام شود و بتوان روندهای بلندمدت این پدیده را نیز بررسی کرد (Assenova et al., 2024). در کنار عوامل کالبدی، تغییرات اقلیمی نیز نقش مهمی در تشدید جزیره گرمایی شهری ایفا می‌کنند. افزایش دمای جهانی و وقوع موج‌های گرما در بسیاری از مناطق جهان باعث شده است که شهرها بیش از گذشته در معرض تنش‌های حرارتی قرار گیرند. مطالعات نشان می‌دهد که هم‌زمانی موج‌های گرما با شرایط جزیره گرمایی شهری می‌تواند خطرات قابل توجهی برای سلامت انسان، مصرف انرژی و کیفیت زندگی در شهرها ایجاد کند. در چنین شرایطی، شهرها به ویژه در دوره‌های گرمای شدید، دمایی به مراتب بالاتر از مناطق پیرامونی تجربه می‌کنند که این مسئله می‌تواند منجر به افزایش مرگ‌ومیر ناشی از گرما و فشار بیشتر بر سیستم‌های انرژی شهری شود (Zhao et al., 2021). از سوی دیگر، تحقیقات جدید بر اهمیت راهبردهای

کاهش جزیره گرمایی شهری تأکید دارند. استفاده از زیرساخت‌های سبز، افزایش پوشش گیاهی، توسعه پارک‌های شهری، استفاده از مصالح با بازتابندگی بالا و بهبود طراحی شهری از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند شدت این پدیده را کاهش دهند. پوشش گیاهی با ایجاد سایه و افزایش فرآیند تبخیر و تعرق می‌تواند دمای محیط را کاهش دهد و به بهبود شرایط اقلیمی شهر کمک کند. همچنین استفاده از بام‌های سبز و سطوح خنک در ساختمان‌ها به عنوان یکی از راهبردهای مؤثر در کاهش جذب گرما در محیط شهری مطرح شده است (Yang et al., 2022). در سال‌های اخیر، توجه به ارتباط میان ساختار شهری و شدت جزیره گرمایی نیز افزایش یافته است. مطالعات نشان می‌دهد که ویژگی‌های مورفولوژیک شهر، مانند ارتفاع ساختمان‌ها، تراکم ساختمانی، نسبت سطح اشغال و جهت‌گیری خیابان‌ها، می‌تواند بر الگوی توزیع گرما در شهر تأثیر بگذارد. در بافت‌های شهری متراکم، کاهش جریان هوا و محدود شدن تهویه طبیعی باعث افزایش تجمع گرما می‌شود. بنابراین، در برنامه‌ریزی شهری توجه به طراحی اقلیم‌محور و ایجاد فضاهای باز و کریدورهای تهویه می‌تواند نقش مهمی در کنترل شرایط حرارتی شهر داشته باشد (Wang et al., 2020). به طور کلی، ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که جزیره گرمایی شهری حاصل تعامل پیچیده میان عوامل طبیعی و انسانی است. تغییر کاربری زمین، رشد جمعیت شهری، ویژگی‌های کالبدی شهر و تغییرات اقلیمی همگی در شکل‌گیری و تشدید این پدیده نقش دارند. از این رو، مطالعه جزیره گرمایی شهری نیازمند رویکردی چندبعدی است که بتواند ارتباط میان محیط طبیعی، ساختار فضایی شهر و فعالیت‌های انسانی را به طور هم‌زمان مورد بررسی قرار دهد. چنین رویکردی می‌تواند به ارائه راهکارهای مؤثر برای کاهش اثرات منفی این پدیده و بهبود پایداری اقلیمی شهرها کمک کند (Cheval et al., 2024).

پیشینه پژوهش

شارما، سینگ و همکاران (۲۰۲۶)؛ در پژوهشی با عنوان «مرور جهانی پژوهش‌های جزیره حرارتی شهری در مناطق اقلیمی مختلف» به بررسی مطالعات انجام‌شده درباره جزیره حرارتی شهری در مناطق اقلیمی مختلف جهان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که شدت و الگوی شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری در اقلیم‌های مختلف متفاوت است و عواملی مانند تراکم ساخت‌وساز، نوع کاربری زمین و میزان پوشش گیاهی نقش مهمی در این تفاوت‌ها دارند. این پژوهش تأکید می‌کند که برای مدیریت مؤثر این پدیده باید راهبردهای برنامه‌ریزی شهری متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه طراحی شود.

هو و همکاران (۲۰۲۶)؛ در مقاله‌ای با عنوان «مرور نظام‌مند کاربرد یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در مدل‌سازی جزیره حرارتی شهری» به بررسی کاربرد روش‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در مدل‌سازی جزیره حرارتی شهری پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی در ترکیب با داده‌های سنجش از دور می‌تواند دقت پیش‌بینی الگوهای دمایی شهری را افزایش دهد. همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مدل‌های مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای و یادگیری ماشین قادرند روابط پیچیده میان ویژگی‌های کالبدی شهر و دمای سطح زمین را بهتر شناسایی کنند.

وانگ و همکاران (۲۰۲۴)؛ در مقاله‌ای با عنوان «مرور نظام‌مند پژوهش‌های جزیره حرارتی شهری و موج‌های گرما (۱۹۹۱-۲۰۲۲)» به بررسی روند مطالعات مرتبط با جزیره حرارتی شهری و موج‌های گرما پرداختند. نتایج این پژوهش

که بیش از ۴۰۰ مطالعه منتشر شده را تحلیل کرده است نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر تمرکز تحقیقات از مطالعات توصیفی ساده به سمت استفاده از داده‌های سنجش از دور، مدل‌سازی فضایی و تحلیل‌های میان‌رشته‌ای حرکت کرده است. این مطالعه همچنین نشان داد که ترکیب داده‌های ماهواره‌ای و روش‌های تحلیلی پیشرفته می‌تواند در شناسایی الگوهای فضایی جزیره حرارتی شهری و ارزیابی اثرات آن بر محیط شهری نقش مهمی داشته باشد.

آسنا و همکاران (۲۰۲۴)؛ در پژوهشی منتشر شده در مجله اقلیم شهری به بررسی عوامل مؤثر بر شدت جزیره حرارتی شهری در شهرهای مختلف پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ساختار فضایی شهر، تراکم ساختمان‌ها، نوع مصالح ساختمانی و میزان پوشش گیاهی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات دمای سطح زمین هستند. این پژوهش همچنین تأکید می‌کند که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانی می‌تواند روند تغییرات جزیره حرارتی شهری را در دوره‌های زمانی مختلف به‌خوبی آشکار سازد.

سانتاموریس (۲۰۲۰)؛ در مطالعه‌ای درباره روندهای جهانی جزیره حرارتی شهری نشان داد که افزایش سطوح نفوذناپذیر، کاهش پوشش گیاهی و گسترش ساخت‌وسازهای متراکم از مهم‌ترین عوامل تشدید این پدیده در شهرهای بزرگ جهان هستند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که استفاده از راهکارهایی مانند توسعه فضاهای سبز شهری، بام‌های سبز و مصالح با بازتابندگی بالا می‌تواند نقش مهمی در کاهش دمای محیط شهری و کنترل اثر جزیره حرارتی داشته باشد.

یائو و همکاران (۲۰۲۱)؛ در پژوهشی درباره «بررسی ارتباط کاربری زمین و دمای سطح زمین با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور» نشان دادند که شاخص‌های سنجش از دور مانند NDVI و NDBI ابزارهای مؤثری برای تحلیل فضایی جزیره حرارتی شهری هستند. نتایج این مطالعه بیانگر آن است که مناطق دارای پوشش گیاهی متراکم معمولاً دمای پایین‌تری دارند، در حالی که مناطق با سطوح ساخته‌شده و نفوذناپذیر دمای بالاتری را تجربه می‌کنند.

سالاری‌مقدم و همکاران (۱۴۰۵)؛ در پژوهشی با عنوان «راهکارهای مبتنی بر طبیعت (Nature-based Solutions) برای مقابله با جزایر گرمایی در شهرها» به بررسی نقش راهکارهای مبتنی بر طبیعت در کاهش اثرات جزایر گرمایی شهری پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش پوشش گیاهی، توسعه بام‌های سبز، استفاده از سطوح نفوذپذیر و بازتابنده و نیز مدیریت مناسب منابع آب شهری، نقش مؤثری در کاهش دمای محیط شهری، بهبود کیفیت هوا و ارتقای تاب‌آوری شهری دارند.

مشایخی و همکاران (۱۴۰۵)؛ در پژوهشی با عنوان «بررسی اثر بام سبز و توده حجمی بر پدیده جزیره گرمایی (نمونه موردی: طراحی سایت در منطقه ۲ تهران)» به بررسی تأثیر ارتفاع ساختمان و نوع بام بر شدت جزیره گرمایی شهری پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از بام سبز در ساختمان‌های کم‌ارتفاع، در مقایسه با ساختمان‌های بلند دارای بام معمولی، موجب کاهش محسوس دمای محیط و بهبود شرایط آسایش حرارتی می‌شود و می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر در کاهش شدت جزیره گرمایی در مناطق متراکم شهری مورد توجه قرار گیرد.

محمودزاده و همکاران (۱۴۰۵)؛ در مقاله‌ای با عنوان «بررسی دینامیک جزیره حرارتی شهری با رویکرد چندزمانی (مطالعه موردی: منطقه چهار کلانشهر تبریز)» با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل شاخص‌های محیطی به بررسی تغییرات فضایی و زمانی جزیره حرارتی شهری پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های پوشش گیاهی مانند NDVI اثر کاهنده بر شدت جزیره حرارتی دارند، در حالی که شاخص‌های مرتبط با سطوح ساخته‌شده مانند

NDBI باعث افزایش شدت این پدیده می‌شوند. همچنین نتایج مدل‌های آماری نشان داد که قدرت تبیین مدل در دوره‌های زمانی مختلف افزایش یافته است.

شکوهی و همکاران (۱۴۰۳)؛ در پژوهشی با عنوان «پایش جزایر حرارتی شهری با رویکرد تکاملی فرکتال ویژه (FNEA) (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)» با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ به تحلیل الگوی فضایی جزیره حرارتی شهری در تهران پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که مناطق دارای تراکم ساختمانی بالا و سطوح نفوذناپذیر گسترده دارای بیشترین شدت جزیره حرارتی هستند، در حالی که مناطق دارای پوشش گیاهی بیشتر دمای پایین‌تری دارند و نقش مهمی در تعدیل شرایط حرارتی شهر ایفا می‌کنند.

محمودی (۱۴۰۳)؛ در پژوهشی با عنوان «تأثیر زیرساخت‌های سبز و آبی شهری بر آسایش حرارتی در فضای باز و کاهش جزیره حرارتی شهری» به بررسی نقش فضاهای سبز و عناصر آبی در کاهش دمای محیط شهری پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش پوشش گیاهی و توسعه زیرساخت‌های سبز و آبی می‌تواند از طریق ایجاد سایه، افزایش تبخیر و تعرق و بهبود گردش هوا به کاهش تنش حرارتی در محیط‌های شهری کمک کند و در کاهش شدت جزیره حرارتی شهری مؤثر باشد.

مواد و روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی - تحلیلی است. در انجام پژوهش، از ترکیب داده‌ها و تکنیک‌های سنجش از دور، تحلیل‌های فضایی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل رابطه خاکستری فازی (Fuzzy Grey Relational Analysis) استفاده شده است. در گام نخست، با مرور مبانی نظری و پژوهش‌های پیشین و همچنین بهره‌گیری از دیدگاه خبرگان و کارشناسان، مهم‌ترین شاخص‌ها و پارامترهای مؤثر بر ایجاد و تشدید کانون‌های جزیره حرارتی شهری شناسایی، انتخاب و طبقه‌بندی شدند. این عوامل، به‌ویژه در ارتباط با کانون‌های مرکزی شهر، در چهار دسته کلی قرار گرفته شدند:

- ازدحام و تراکم انسانی شامل تراکم جمعیت و میزان حضور و تجمع افراد؛
- حمل‌ونقل شامل مسیرها و خطوط پرتردد، گره‌های ترافیکی، پارکینگ‌ها و پایانه‌های مسافربری؛
- زیرساخت‌ها و عناصر طبیعی شامل منابع طبیعی و ملی، رودخانه‌های شهری، باغ‌ها و فضاهای سبز و پارک‌ها؛
- تراکم و نوع کاربری اراضی شامل تمرکز مراکز صنعتی، تجاری، خدماتی و سایر کاربری‌های مولد گرما.

بر این اساس، پارامترهای مؤثر در شناسایی کانون‌های جزیره حرارتی شهر یاسوج انتخاب و در قالب جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۲. پارامترهای مؤثر در شناسایی کانون‌های جزیره حرارتی شهر یاسوج

شاخص	زیر شاخص	روش گردآوری اطلاعات	ابزار تحلیل
ازدحام	تراکم جمعیتی	سرشماری جمعیتی	Euclidian Distance

	طرح تفضیلی (تعداد طبقات)	تراکم ساختمانی	حمل ونقل
	مطالعات میدانی جهت برداشت خطوط ترافیک	خطوط ترافیک	
	مطالعات میدانی جهت برداشت خطوط ترافیک	گره ترافیک	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	پارکینگ	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	پایانه	
Georeferencing - Euclidian -Google earth Distance	Goggle earth	رودخانه شهری	زیرساخت طبیعی
	Goggle earth	منابع طبیعی و منابع ملی	
	Goggle earth	باغ	
Euclidian Distance	Goggle earth	پارک	
Euclidian Distance	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز صنعتی	تراکم کاربری
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز تجاری	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز اداری	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	تأسیسات و تجهیزات	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	پمپ بنزین و گاز	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز نظامی	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز ورزشی	
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز مذهبی	

	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز تفریحی - گردشگری
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	ایستگاههای آشنشانی
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز آموزشی
	برداشت میدانی - طرح تفضیلی	مراکز درمانگاهی

سپس، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر شاخص تهیه و در محیط محیط GIS استانداردسازی شد. در ادامه، به منظور تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها و رتبه‌بندی واحدهای فضایی، از مدل تحلیل رابطه خاکستری فازی استفاده شد. در نهایت، وزن‌های حاصل از مدل بر لایه‌های استاندارد شده اعمال و نقشه پهنه‌بندی کانون‌های جزیره حرارتی شهری تولید شد. مراحل مدل تحلیل رابطه خاکستری فازی مشتمل بر موارد زیر است:

مرحله ۱: اهمیت معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها

اهمیت معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌های جایگزین با توجه به هر معیار به صورت زیر محاسبه می‌شود:
رابطه شماره ۱:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} (\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K), \tilde{w}_j = \frac{1}{K} (\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^K)$$

لگوریتم محاسباتی روش GRA فازی: مسئله فازی را می‌توان به صورت مختصر در قالب یک ماتریس بیان کرد و $\tilde{x}_{ij}$ و $\tilde{w}_j$ متغیرهای زبانی هستند که می‌توانند با اعداد فازی مثلثی توصیف به صورت زیر توصیف شوند:
رابطه شماره ۲:

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}^L, a_{ij}^M, a_{ij}^U) \text{ and } \tilde{w}_j = (w_j^L, w_j^M, w_j^U)$$

مرحله ۲: ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمال

ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمال (عادی) همانطور که توسط R مشخص شده است بدست می‌آید:
رابطه شماره ۳:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} = [r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U]_{m \times n}$$

مرحله: ماتریس تصمیم‌گیری فازی دارای وزنی

ماتریس تصمیم گیری فازی دارای وزنی عادی با توجه به اهمیت متفاوت هر معیار می تواند در معادله زیر استفاده شود.

رابطه شماره ۴:

$$\tilde{Y} = [\tilde{y}_{ij}]_{m \times n} = [\tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j]_{m \times n}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$$

مرحله ۴: بررسی FPIS

رابطه شماره ۵:

$$Y^+ = [\tilde{y}_1^+, \tilde{y}_2^+, \dots, \tilde{y}_n^+] \quad Y^- = [\tilde{y}_1^-, \tilde{y}_2^-, \dots, \tilde{y}_n^-]$$

$$\tilde{y}_j^+ = \left(\max_i y_{ij}^L, \max_i y_{ij}^M, \max_i y_{ij}^U \right)$$

$$\tilde{y}_j^- = \left(\min_i y_{ij}^L, \min_i y_{ij}^M, \min_i y_{ij}^U \right)$$

مرحله ۵: محاسبه ضریب رابطه خاکستری فازی

محاسبه ضریب رابطه خاکستری فازی هر یک از گزینه های FPIS و FNIS با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود.

رابطه شماره ۶:

$$\tilde{\xi}_{ij} = \frac{\tilde{\delta}_{\min} + \zeta \tilde{\delta}_{\max}}{\tilde{\delta}_{ij} + \zeta \tilde{\delta}_{\max}} \quad \tilde{\delta}_{\max} = \max(\tilde{\delta}_{ij}), \quad \tilde{\delta}_{\min} = \min(\tilde{\delta}_{ij}) \text{ and } \zeta \text{ resolving coefficient } \zeta \in [0,1].$$

مرحله ۶: تعیین میزان ضریب رابطه خاکستری فازی

با استفاده از FPIS و FNIS می توانید معادله زیر را برای تعیین میزان ضریب رابطه خاکستری فازی برای هر گزینه جایگزین کنید.

رابطه شماره ۷:

$$\xi_i^+ = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \xi_{ij}^+ \quad \xi_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \xi_{ij}^-, \quad i=1, 2, \dots, m.$$

مرحله ۷: محاسبه درجه رابطه نسبی فازی

محاسبه درجه رابطه نسبی فازی هر جایگزین از FPIS با استفاده از معادله زیر.
رابطه شماره ۸:

$$C_i = \xi_i^+ / (\xi_i^- + \xi_i^+), \quad i=1, 2 \dots m.$$

مرحله ۸: ترتیب رتبه بندی همه گزینه

با توجه به درجه رابطه نسبی فازی، می توان ترتیب رتبه بندی همه گزینه ها را تعیین کرد. اگر هر جایگزین بالاترین مقدار C_i را داشته باشد، مهمترین جایگزین است.

یافته های پژوهش

بررسی وضعیت وجود کانون های جزایر گرمایی در شهر یاسوج با بهره گیری از وضعیت دما در مناطق شهری و غیر شهری

برای بررسی جزایر حرارتی شهر یاسوج می توان از فرمول پایه ی شدت جزیره حرارتی شهری استفاده شده است. در واقع اگر دمای مناطق شهری شهر یاسوج از مناطق نواحی پیرامونی یا نواحی روستایی یا طبیعی شهر یاسوج بیشتر باشد کانون های جزایر گرمایی در شهر یاسوج وجود دارد.

فرمول (۱):

$$UHI = T_u - T_r$$

T_u = دمای ناحیه شهری

T_r = دمای ناحیه روستایی یا پیرامونی غیرشهری

اگر مقدار UHI مثبت باشد، یعنی محیط شهر گرم تر از نواحی پیرامونی یا نواحی روستایی است.

فرمول (۲):

$$SUHI = LST_u - LST_r$$

LST_u : دمای سطح زمین در ناحیه شهری

LST_r : دمای سطح زمین در ناحیه شهری

همچنین طبقه بندی شدت جزیره حرارتی به شرح جدول زیر است:

جدول ۳. طبقه بندی شدت جزیره حرارتی

مقدار UHI	شدت جزیره حرارتی
کمتر از ۱ درجه	بسیار ضعیف
۱ تا ۳ درجه	ضعیف تا متوسط
۳ تا ۵ درجه	نسبتاً شدید
بیشتر از ۵ درجه	شدید

برای بررسی دقیق‌تر وضعیت جزایر گرمایی شهر یاسوج، دمای چند نقطه شهری و چند نقطه غیرشهری در تابستان انتخاب و بررسی شده است.

جدول ۴. وضعیت دما در مناطق شهری و غیر شهری جهت بررسی شدت جزیره حرارتی

نقطه	نوع منطقه	میانگین دما
میدان مرکزی شهر (فلکه ساعت)	شهری	۲۵ C
خیابان‌های پرتراфик (هفت تیر)	شهری	۲۴ C
مناطق مسکونی متراکم (مهریان)	شهری	۲۳ C
باغات اطراف (محمود آباد)	غیر شهری	۲۰ C
دامنه‌های اطراف شهر	غیر شهری	۱۹ C
روستاهای اطراف	غیر شهری	۲۱ C

$$Tu = 25 + 24 + 23 / 3 = 27,3 \text{ C}$$

الف) میانگین دمای شهری

$$Tu = 20 + 19 + 21 / 3 = 20 \text{ C}$$

میانگین دمای غیر شهری

ب)

$$UHI = 27,3 - 20 = 7.3 \text{ C}$$

میانگین دمای غیر شهری

ج)

شدت جزایر گرمایی در شهر یاسوج به علت اینکه بیشتر از ۵ درجه می باشد "شدید" ارزیابی می شود.

شاخص های کلیدی و مؤثر در جهت شناسایی کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج با استفاده از الگوریتم تحلیل خاکستری

در پژوهش حاضر درجهت شناسایی کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج، از ۴ شاخص اصلی از جمله شاخص ازدحام، کانون های ملی و طبیعی، تراکم کاربری ها و گره های حمل و نقلی استفاده شده است. در این راستا، درجهت حفظ منابع، ابتدا معیارهای مؤثر در شناسایی مناطق و پهنه های ارسال که عبارت اند از: مشارکت، آثار و ابنیه تاریخی و بافت های باارزش، مناطق طبیعی و زیست محیطی حفاظت شده، اراضی زراعی، باغ ها و جنگل های مهم و سطوح پیشنهادی طرح های توسعه شهری، با استفاده از مدل تحلیل وزن رابطه خاکستری، تأثیر هر معیار مشخص شده است؛ لذا در مرحله نخست، وزن های هریک از شاخص ها محاسبه و مورد سنجش قرار گرفته است.

جدول ۵. وزن اولیه شاخص های مؤثر در روش UHI

اختصار	X1	X2	X3	X4
شاخص	تراکم کاربری ها	گره های حمل و نقل	کانون های طبیعی و ملی	ازدحام جمعیتی و ساختمان
وزن اولیه	۰/۲۰۲۵	۰/۲۵۰۱	۰/۱۳۲۰	۰/۲۳۰۱

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۵).

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، لایه‌های اطلاعاتی از طریق مدل تحلیل وزن رابطه خاکستری محاسبه و مورد پردازش قرار می‌گیرند. پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و انجام مراحل مدل، به محاسبه ماتریس روابط نهایی می‌پردازیم. در همین راستا نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد شهرک‌ها و مراکز صنعتی به دلیل استقرار آنها در مجاورت شهر یاسوج و به تبع آن افزایش مصرف سوخت، ایجاد آلودگی و افزایش درجه حرارت ناشی از این مراکز در رتبه اول ایجاد کانون‌های گرمایی در نواحی شهری یاسوج و پیرامون آن با وزن ۰,۰۹۶۰۷ قرار گرفته است. از سوی دیگر شاخص‌های خطوط ترافیک و گره‌های ترافیکی به دلیل مسیرهای حمل و نقل سنگین، آلودگی هوا، ازدحام در معابر و معضلات ناشی از آن، نه تنها به کاهش کارایی سیستم حمل و نقل شهری منجر شده، بلکه به ترتیب در رتبه دوم و سوم با وزن‌های ۰,۰۹۱۸۳ و ۰,۰۹۱۰۷ بر ایجاد کانون‌های گرمایی در شهر یاسوج تأثیر می‌گذارد. از سوس دیگر رشد شهرنشینی و صنعتی شدن در سال‌های اخیر موجب افزایش تراکم شهری در بعد جمعیتی و ساختمانی و نیز پدید آمدن اثرات نامطلوب محیطی تحت تأثیر جزایر حرارتی در شهر مهاجرپذیری همچون یاسوج گردیده است که به ترتیب با وزن‌های ۰,۰۸۶۱۸ و ۰,۰۸۰۳ در رتبه پنجم و ششم از عوامل ایجاد کانون‌های گرمایی قرار گرفته است. قطب‌های تجاری و مراکز مسافربری (ترمینال) به دلیل تجمع مراکز تجاری و تفریحی، ازدحام جمعیتی بالا باعث افزایش دمای سطوح کاهش رطوبت و کاهش کیفیت هوای داخل ساختمان شده است که به ترتیب با وزن‌های ۰,۰۶۸۷۳ و ۰,۰۶۷۴۷ در رتبه هفتم و هشتم از عوامل ایجاد کانون‌های گرمایی در شهر یاسوج قرار گرفته است. در واقع مراکز پمپ بنزین و پمپ گاز به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای با وزن ۰,۰۶۴۸۹ در رتبه هشتم، و مراکز تأسیسات و تجهیزات با وزن ۰,۰۶۳۴۱ در رتبه نهم از عوامل ایجاد کانون‌های گرمایی در شهر یاسوج قرار گرفته است. جدول ۳، ماتریس روابط نهایی را نشان می‌دهد.

جدول ۶. شاخص‌های کلیدی و مؤثر در جهت شناسایی پهنه‌های جزایر حرارتی شهر یاسوج

شاخص‌های کلیدی	مجموع (R)	مجموع (J)	R+J	R-J	وزن نهایی
مراکز صنعتی	3.8759	3.1152	6.9912	0.9607	0.09607
خطوط ترافیک	4.0482	3.1298	7.178	0.9183	0.09183
گره‌های ترافیکی	2.5011	3.4118	5.9129	0.9107	0.09107
تراکم ساختمان‌ها	4.2081	3.3463	7.5544	0.8618	0.08618
تراکم جمعیت	2.707	3.51	6.217	0.803	0.0803
مراکز تجاری	2.6236	3.311	5.9346	0.6873	0.06873
مراکز مسافربری (ترمینال)	4.0407	3.466	7.5067	0.6747	0.06747
مراکز پمپ بنزین و پمپ گاز	3.7845	3.1355	6.92	0.6489	0.06489
مراکز تأسیسات و تجهیزات	2.6224	3.2565	5.879	0.6341	0.06341
مراکز اداری	2.6095	3.1298	5.7393	0.5204	0.05204
مراکز آموزشی	3.7216	3.3365	7.058	0.3851	0.03851

0.03445	0.3445	6.3703	3.3574	3.0129	مراکز نظامی
0.02933	0.2933	6.9235	3.5584	3.3651	مراکز درمانی
0.02902	0.2902	6.8735	3.2916	3.5818	پارکینگ
0.02474	0.2474	6.1833	3.1654	3.0179	مراکز ورزشی
0.01642	0.1642	6.4239	3.1298	3.294	مراکز مذهبی
0.01582	0.1582	6.1129	3.1355	2.9773	مراکز ایستگاه های آتشنشانی
0.00959	0.0959	5.8368	2.8705	2.9663	پارک
0.00908	0.0908	6.4454	3.1773	3.2681	مراکز تفریحی - گردشگری
0.00845	0.0845	6.2037	3.1441	3.0596	منابع طبیعی
0.00665	0.0665	6.9032	3.4849	3.4184	باغ
0.000۹8	0.0078	6.5857	3.2967	3.2889	روخانه

بررسی پیشران های کلیدی و مؤثر در جهت شناسایی کانون های جزایر گرمایی در سطوح عملکردی شهر یاسوج نتایج بررسی های حاصل از شناسایی نقاط استراتژیک شهر یاسوج نشان می دهد که مراکز اداری شهر یاسوج با تراکم بالا معمولاً با افزایش سطوح سخت، مصرف انرژی زیاد، ترافیک، و کاهش پوشش گیاهی باعث تشدید جزایر گرمایی شهری در نواحی ۱ و ۲ شده است. این تأثیرگذاری در نواحی مرکزی و پرتراکم بیشتر است. در مناطق با تراکم ساختمانی بالای شهر یاسوج، ساختمان های بلند و نزدیک به هم، جریان طبیعی باد را مسدود می کنند. که این امر باعث محبوس هوای گرم در بین ساختمان ها و کاهش خنک سازی طبیعی هوا در منطقه مرکزی شهر یاسوج شده است. مراکز تجاری شهر یاسوج با متمرکزیت در خیابان های هفت تیر و شصت متری از مهم ترین عوامل تشدید کننده جزایر حرارتی شهری هستند، چون معمولاً تراکم فعالیت انسانی، ساختمان سازی، تردد خودرو و مصرف انرژی در آنها بالاست. مراکز آموزشی شهر یاسوج مانند مدارس، دانشگاه ها و مجتمع های آموزشی با پراکندگی در تمام نواحی شهر یاسوج نیز می توانند در شکل گیری یا تشدید جزایر حرارتی شهری نقش داشته باشند؛ البته شدت این اثر معمولاً از مراکز تجاری یا صنعتی کمتر است، مگر اینکه این مراکز در بافت متراکم و شهری قرار گرفته باشند. در بحث جزایر حرارتی شهری، تأسیسات (به ویژه تأسیسات مکانیکی، برقی و زیرساختی) با پراکندگی در ناحیه مرکزی شهر یاسوج یکی از منابع اصلی تولید «گرمای انسان ساخت» هستند. قرارگیری ایستگاه های آتش نشانی در مناطق متراکم یاسوج (مانند مرکز شهر یا نزدیکی بازار) با ترکیب با ساختمان های اطراف، به پدیده «دره های شهری» کمک می کنند که مانع خروج گرما و تأثیرگذاری بر ایجاد کانون های گرمایی در شهر یاسوج شده است. ارتباط میان باغات (فضاهای سبز) و جزایر گرمایی شهری در شهر یاسوج یکی از حیاتی ترین مباحث در شهرسازی مدرن و مقابله با تغییرات اقلیمی است. این دو موضوع در واقع رابطه «علت و معلول» یا «راه حل و مشکل» با هم دارند. نتایج حاصل از پژوهش نشان می دهد به علت قرارگیری فضاهای باغی و کشاورزی در مناطق حومه ای شهر یاسوج کانون های جزایر گرمایی با شدت کمتری در این

¹. Anthropogenic Heat

². Urban Canyons

مناطق شکل گرفته اند. رابطه بین پمپ‌بنزین‌ها/پمپ گاز و جزایر گرمایی شهری یک بحث بسیار مهم در مدیریت ریسک و برنامه‌ریزی شهری است. لذا پمپ‌بنزین‌ها معمولاً خودشان نوعی «کانون گرمایی» کوچک در شهر یاسوج هستند که در زنجیره ایجاد جزیره حرارتی در بافت های مرکزی یاسوج نقش دارند. ارتباط بین مراکز درمانی (بیمارستان‌ها و کلینیک‌ها) و جزایر گرمایی شهری یک موضوع حیاتی از منظر سلامت عمومی^۲ و مدیریت بحران است. در واقع مراکز درمانی شهر یاسوج به دلیل ساختارشان، به تولید گرما کمک کنند که باعث تشدید جزایر گرمایی شهری در نواحی ۲ و ۳ شهر یاسوج شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد شهرک‌ها و مراکز صنعتی شهر یاسوج به دلیل استقرار آنها در مجاورت شهر یاسوج باعث ایجاد کانون های گرمایی در ناحیه ۳ شهر یاسوج شده است. از سوی دیگر شاخص های خطوط ترافیک و گره های ترافیکی به دلیل مسیرهای حمل و نقل سنگین، آلودگی هوا، ازدحام در معابر و معضلات ناشی از آنباعث ایجاد کانون های گرمایی در مرکز شهر یاسوج تأثیر شده است.

از سوی دیگر رشد شهرنشینی و صنعتی شدن در سال های اخیر موجب افزایش تراکم شهری در بعد جمعیتی و ساختمانی و نیز پدید آمدن اثرات نامطلوب محیطی تحت تأثیر جزایر حرارتی در نواحی یک و دو شهر یاسوج شده است. در واقع قطب های تجاری و مراکز مسافری (ترمینال) به دلیل تجمع مراکز تجاری و تفریحی، ازدحام جمعیتی بالا باعث افزایش دمای سطوح کاهش رطوبت و کاهش کیفیت هوای داخل در بافت مرکزی و ناحیه دو شهر یاسوج شده است. رابطه میان رودخانه‌های شهری و جزایر گرمایی یکی از جذاب‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین مباحث در اکولوژی شهری است. در حالی که در بحث‌های قبلی (مانند پمپ‌بنزین یا ساختمان‌ها) صحبت از «تولید گرما» بود، در اینجا با یک «تعدیل‌کننده طبیعی» روبرو هستیم. رودخانه‌ها می‌توانند به دو صورت عمل کنند: یا به عنوان «رگ‌های خنک‌کننده» شهر عمل می‌کنند، یا اگر به درستی مدیریت نشوند، به بخشی از سیستم گرمایی شهر تبدیل می‌شوند. در این میان رودخانه های شهری شهر یاسوج با پراکندگی در محور غرب و شرق شهر یاسوج باعث «رگ‌های خنک‌کننده» شهر عمل کرده است. رابطه میان مراکز گردشگری و جزایر گرمایی شهری (UHI) یک رابطه دوگانه و پیچیده است. از یک سو، مراکز گردشگری می‌توانند به عنوان «پناهگاه‌های حرارتی»^۴ عمل کنند و از سوی دیگر، اگر با مدیریت ضعیف ساخته شوند، به «کانون‌های حرارتی» تبدیل شوند. در این میان مراکز گردشگری شهر یاسوج با پراکندگی در محور شرق و شمال شهر یاسوج به عنوان «رگ‌های خنک‌کننده» شهر عمل کرده است. مراکز نظامی در شهر یاسوج با پراکندگی در مرکز و شرق شهر به دلیل ماهیت عملیاتی، به «کانون‌های تولید گرمای صنعتی» تبدیل شده اند. مراکز مذهبی در شهر یاسوج با پراکندگی در بافت مرکزی شهر به دلیل ماهیت تجمع به «نقاط تجمع گرمایی عمل‌کننده» تبدیل شده اند. تحلیل رابطه میان پارکینگ‌ها (به‌ویژه پارکینگ‌های سطحی و باز) و جزایر گرمایی شهری یکی از مستقیم‌ترین و مهم‌ترین مباحث در شهرسازی مدرن است. در واقع پارکینگ‌ها با، ذخیره و بازتاب گرما، دما را در بافت مرکزی شهر یاسوج به ویژه خیابان های هفت تیر و شصت متری بالا می‌برند. در حالی که باغات و فضاهای سبز با مصرف گرما دما را مناطق جنوبی و شمالی شهر یاسوج پایین می‌آورند.

¹. Heat Spot

². Public Health

³. Thermal Refuges

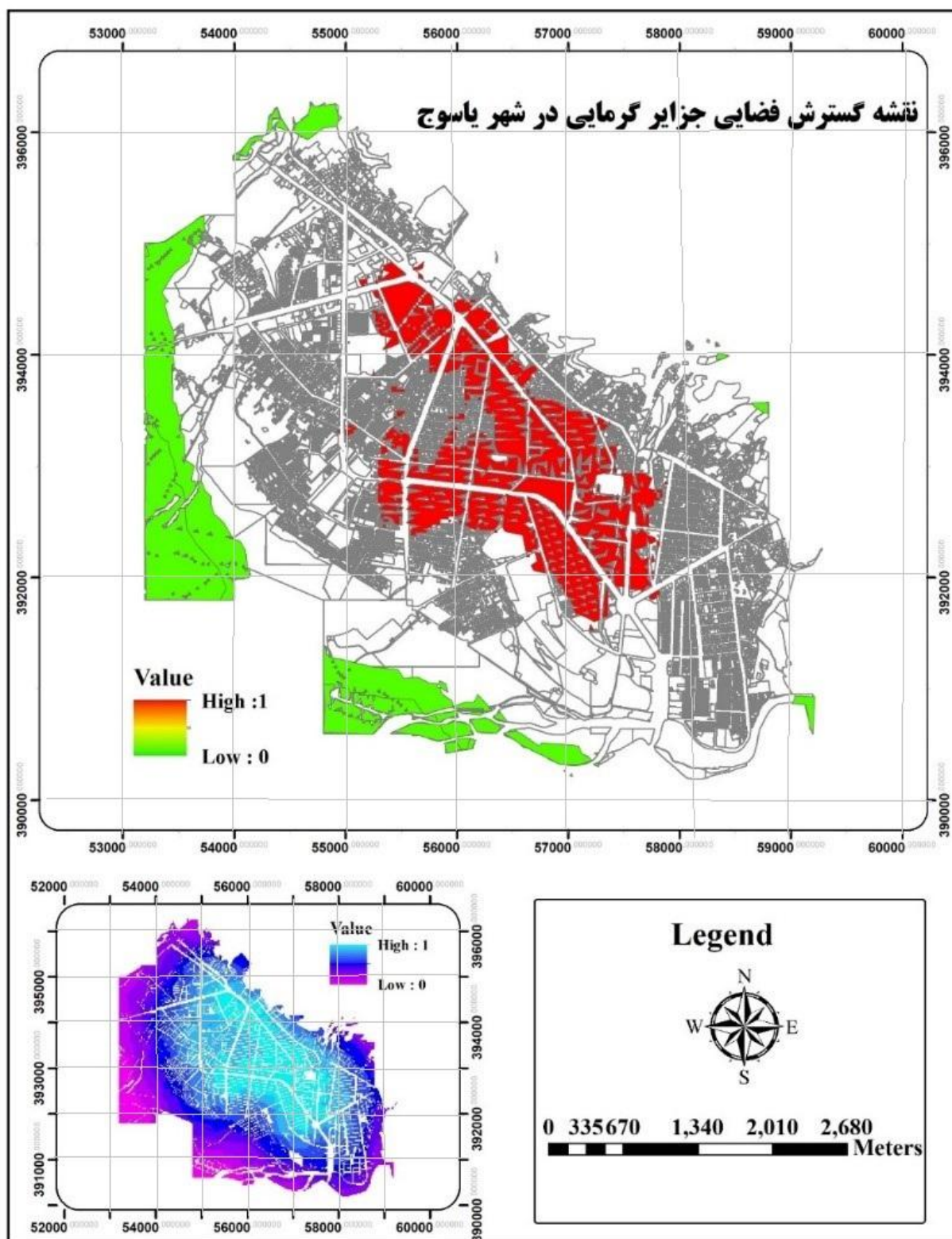
⁴. Heat Hotspots

الگوی گسترش کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج با استفاده از رویکرد (Mapping Trends)

نقشه مفهومی از گسترش کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج به صورت گسترش مرکز - حاشیه است. در واقع گسترش از مرکز به حاشیه باعث ایجاد جزیره گرمایی اصلی در مرکز شهر شده است و با توسعه شهر به سمت شمال و شرق، این جزیره بزرگتر شده و به سمت مناطق اطراف پیشروی می کند. از سوی دیگر با اتصال جزایر کوچک و احداث بزرگراه ها و محورهای اصلی (که خودشان خطوط گرمایی هستند)، جزایر گرمایی کوچک در مناطق مختلف شهر به هم متصل شده و یک ساختار گرمایی یکپارچه را در کل شهر ایجاد می کنند. با توجه به الگوی توسعه شهر، می توان گفت کانون های گرمایی یاسوج در نواحی زیر متمرکز هستند:

- مرکز شهر و بافت قدیمی (High Density Core): کمبود فضای سبز در بافت های مرکزی و وجود خیابان های باریک که جریان هوا را محدود می کنند، باعث ایجاد "ریزاقلیم های گرم" در مرکز شهر می شود.
- محدوده های تجاری و پارکینگ های وسیع: ناحیه هایی که در آن ها مراکز تجاری جدید با پارکینگ های سطحی گسترده احداث شده اند (مانند محورهای اصلی تجاری)، به دلیل وجود سطوح بزرگ آسفالتی، نقاط داغ (Hotspots) محسوب می شوند.
- محورهای توسعه جدید (New Urban Sprawl): یاسوج در سال های اخیر به سمت شمال و شرق گسترش یافته است. این مناطق که اغلب با متراکم های مدرن و کمبود پوشش گیاهی ساخته شده اند، به سرعت در حال تبدیل شدن به جزایر حرارتی جدید هستند.

شکل ۲. الگوی گسترش (Mapping Trends) کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج بر اساس ضریب خاکستری GRA



برای ارزیابی و سنجش شاخص‌های تأثیرگذار در کانون‌های جزایر گرمایی شهر یاسوج نشان داده شده است. در پژوهش حاضر، یکی از آزمون‌های آماری است که برای مقایسه میانگین یک نمونه با یک مقدار مشخص (یا فرضیه‌ای)

به کار می رود. این آزمون در شرایطی استفاده می شود که بخواهید بدانید آیا میانگین نمونه با مقدار مفروض تفاوت معناداری دارد یا خیر. نتایج حاصل از پژوهش نشان می دهد که معیار مراکز صنعتی (با میانگین ۴/۴۵)، خطوط ترافیک (با میانگین ۴/۱۵)، معیار گره های ترافیکی با میانگین (۴/۰۹)، معیار گره های ترافیکی با میانگین (۴/۰۹)، بیشترین تأثیرگذاری را کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج دارند. همچنین معیار باغ (میانگین ۱/۹۵) و منابع ملی و طبیعی (با میانگین ۱/۲۰) کمترین تأثیرگذاری را در کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج داشته اند.

جدول ۷. آزمون T-Test برای شاخص های ایجاد کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج

مقدار تست=۳							شاخص های شهر استرس زا
سطح اطمینان ۰/۹۵		اختلاف میانگین	درجه آزادی	سطح معناداری	آماره t	میانگین	
حد بالا	حد پایین						
-۰/۲۳۶۵	-۰/۴۵۲۶	-۰/۹۶۵۳۲	۳۸۰	۰/۰۰۰	-۶/۰۹۰	۴/۴۵	مراکز صنعتی
۱/۱۲۳۶	۱/۱۲۵۶	۱/۹۸۷۵	۳۸۰	۰/۰۰۰	۲۹/۳۲۶	۴/۱۵	خطوط ترافیک
۰/۶۸۵۴	۰/۳۲۶۵	۰/۳۲۶۵۸	۳۸۰	۰/۰۰۰	۱/۷۵۷	۴/۰۹	گره های ترافیکی
۰/۳۶۵۲	۰/۲۱۵۶	۱/۹۸۶۵۲	۳۸۰	۰/۰۰۰	۸/۳۲۶۵	۴/۰۰	تراکم ساختمان ها
۰/۱۲۵۶	۰/۳۲۶۵	۰/۹۵۶۳۲	۳۸۰	۰/۰۰۰	۲/۱۰۵	۳/۸۸	تراکم جمعیت
۰/۲۶۵۲	۰/۱۲۳۶	۰/۲۳۶۵۴	۳۸۰	۰/۰۰۰	۳/۰۸۳	۳/۵۶	مراکز تجاری
۰/۳۱۸۲	۰/۱۰۶۳	۰/۳۲۶۵۲	۳۸۰	۰/۰۰۰	۳/۹۳۹	۳/۲۳	مراکز مسافربری (ترمینال)
۰/۳۲۶۵	۰/۰۷۳۲	۰/۲۰۴۵۳	۳۸۰	۰/۰۰۲	۳/۰۶۳	۳/۱۹	مراکز پمپ بنزین و پمپ گاز
-۰/۲۴۵۰	-۰/۳۲۶۵	-۰/۳۶۱۸۸	۳۸۰	۰/۰۰۰	-۶/۰۹۰	۲/۹۵	مراکز تأسیسات و تجهیزات
۱/۲۲۴۶	۱/۳۲۶۵	۱/۲۳۱۵۴	۳۸۰	۰/۰۰۰	۶/۶۵۱	۲/۵۰	مراکز اداری
۰/۳۲۶۵	۰/۶۱۳۸	۰/۳۲۶۵۴	۳۸۰	۰/۰۰۰	۷/۷۵۷	۲/۴۹	مراکز آموزشی
۰/۶۱۶۱	۰/۴۰۷۴	۰/۳۲۶۵۴۸	۳۸۰	۰/۰۰۰	۹/۶۴۳	۲/۳۹	مراکز نظامی
۰/۲۲۲۲	۰/۰۰۷۶	۰/۹۸۷۴۵	۳۸۰	۰/۰۰۰	۲/۱۰۵	۲/۲۰	مراکز درمانی
۰/۳۱۶۷	۰/۱۱۰۸	۰/۳۲۶۵۴۱	۳۸۰	۰/۰۰۰	۸/۰۸۳	۲/۱۴	پارکینگ
۰/۳۲۶۵	۰/۱۰۶۳	۰/۳۲۶۵۴	۳۸۰	۰/۰۰۰	۳/۹۳۹	۲/۰۹	مراکز ورزشی
۰/۳۳۵۸	۰/۰۷۳۲	۰/۲۰۴۵۳	۳۸۰	۰/۰۰۲	۳/۰۶۳	۱/۹۹	مراکز مذهبی
۰/۹۸۷۵	۰/۸۵۶۲	۰/۳۲۶۵۴۱	۳۸۰	۰/۰۰۰	۴/۰۸۳	۱/۹۸	مراکز ایستگاه های آتشنشانی
۰/۳۱۶۷	۰/۲۳۲۵	۰/۲۳۲۵	۳۸۰	۰/۰۰۰	۳/۹۳۹	۱/۹۵	پارک
۰/۲۳۶۵	۰/۹۸۷۴	۰/۲۱۲۲۳	۳۸۰	۰/۰۰۰	۳/۰۲۳۶	۱/۹۳	مراکز تفریحی - گردشگری
۰/۳۳۵۸	۰/۰۴۷۸	۰/۳۲۶۵۸	۳۸۰	۰/۰۰۰	۴/۰۸۳	۱/۹۵	منابع طبیعی
۰/۰۲۳۶	۰/۰۰۷۶	۰/۱۱۴۸۸	۳۸۰	۰/۰۰۰	۳/۹۳۹	۱/۲۰	باغ

برای پیش بینی شاخص های تأثیرگذار بر شاخص های تأثیرگذار در کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج، از تحلیل رگرسیون استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون چندگانه به روش توأم حکایت از آن دارد که از بین معیارهای ۲۲ گانه، تمام شاخص های هشت گانه مدل نهایی برازش رگرسیونی، معنی دار هستند. علت این امر را می توان همبستگی قوی معیارهای ذکر شده با متغیر وابسته (کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج) در نظر گرفت (۰/۹۸۵).

معیارهای بررسی شده در مدل به میزان ۹۷ درصد از تلفیق تغییرات شاخص ها را تبیین می کند.

جدول ۸. میزان تبیین تغییرات متغیر وابسته به وسیله شاخص های هشت گانه

ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تبیین تصحیح شده	خطای معیار
۰/۹۸۵	۰/۹۷	۰/۱۰۱۱۵

معناداری مدل رگرسیون نشان می‌دهد که میزان آلفا کمتر از ۰/۰۵ و برابر با سطح معناداری ۰/۰۰۰ می‌باشد. لذا مدل به کار رفته، پیش‌بینی کننده خوبی برای کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج است؛ و این مهم نشان می‌دهد که شاخص های بیست و دوگانه با کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج در سطح اطمینان ۰/۹۵ رابطه معنادار وجود دارد.

جدول ۹. تحلیل واریانس مدل رگرسیونی بین کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج و ابعاد ۲۲ گانه آن

مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F کمیت	سطح معناداری
۳۵۶/۵۶۹	۷	۳۶/۰۸۵	۴۲۱۵/۳۶۵	۰/۰۰۰
۴/۸۶۵	۳۷۵	۰/۰۱۱		
۵۶۹/۲۶۹	۳۸۲			
کل				

پس از تعیین معنادار بودن مقدار ثابت و متغیر پژوهش، ستون ضرایب استاندارد شده، بیانگر ضریب رگرسیونی استاندارد شده یا مقدار بتا است. در این میان، میزان توان شاخص های بررسی شده در سنجش کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج، مساوی و یک جهت نیست و بین شاخص ها ۲۲ گانه با کانون های جزایر گرمایی شهر یاسوج رابطه مستقیم وجود دارد. در بین این شاخص ها، شاخص مراکز صنعتی با ضریب تأثیر ۰/۴۱۰، اثرگذاری و قدرت تبیین بیشتری نسبت به بقیه ابعاد در پیش بینی کانون های جزایر گرمایی شهر دارد. شاخص های خطوط ترافیک، گره های ترافیک، تراکم ساختمان ها و تراکم جمعیت به ترتیب با ضرایب ۰/۳۳۶، ۰/۳۲۰، ۰/۳۱۹ و ۰/۳۱۵ در رتبه های دوم تا پنجم قرار دارند.

جدول ۱۰. آماره های ضرایب مدل رگرسیونی متغیرهای مستقل پژوهش

متغیرها	ضرایب غیراستاندارد		ضرایب استاندارد شده	T	سطح معناداری
	B	خطا B	بتا		
مراکز صنعتی	۰/۸۹	۰/۰۱۷	۰/۴۱۰	۶/۲۵۶	۰/۰۰۰
خطوط ترافیک	۰/۱۱۶	۰/۰۱۹	۰/۳۳۶	۷/۳۶۰	۰/۰۰۰
گره های ترافیکی	۰/۲۳۶	۰/۰۱۵	۰/۳۲۰	۱/۳۰۳ ۲	۰/۰۰۰
تراکم ساختمان ها	۰/۳۱۷	۰/۰۱۸	۰/۳۱۹	۹/۲۳۴	۰/۰۰۰
تراکم جمعیت	۰/۱۱۹	۰/۰۲۰	۰/۳۱۵	۵/۹۵۰	۰/۰۰۰
مراکز تجاری	۰/۱۴۲	۰/۰۲۴	۰/۱۵۰	۳/۰۲۰	۰/۰۰۰
مراکز مسافربری (ترمینال)	-۰/۰۳۸	۰/۰۱۶	-۰/۰۳۶	۲/۶۵۹ -	۰/۰۰۰
مراکز پمپ بنزین و پمپ گاز	۰/۰۶۲	۰/۰۱۹	۰/۰۸۳	۵/۷۱۶ -	۰/۰۰۰
مراکز تأسیسات و تجهیزات	۰/۰۸۳	۰/۰۱۰	۰/۰۵۹	۶/۳۸۵	۰/۰۰۰

۰/۰۰۰	۷/۳۶۰	۰/۰۸۸	۰/۰۱۶	۰/۲۱۶	مراکز اداری
۰/۰۰۰	۱/۳۲۶ .	۰/۲۱۳	۰/۰۱۹	۰/۲۳۶	مراکز آموزشی
۰/۰۰۰	۱/۲۳۴ .	۰/۳۲۶	۰/۰۱۸	۰/۳۱۷	مراکز نظامی
۰/۰۰۰	۱/۹۵۰	۰/۱۰۲	۰/۰۲۰	۰/۱۱۹	مراکز درمانی
۰/۰۰۰	۶/۰۲۰	۰/۱۵۰	۰/۰۲۵	۰/۲۵۶	پارکینگ
۰/۰۰۰	۲/۳۷۴ -	-۰/۰۲۵	۰/۰۱۶	-۰/۰۳۸	مراکز ورزشی
۰/۰۰۰	۵/۷۱۶ -	۰/۰۹۸	۰/۰۱۱	۰/۰۶۲	مراکز مذهبی
۰/۰۰۰	۱/۹۵۰	۰/۱۳۲	۰/۴۶.	۰/۱۱۹	مراکز ایستگاه های آتشنشانی
۰/۰۰۰	۶/۰۲۶	۰/۲۳۶	۰/۰۲۴	۰/۱۴۲	پارک
۰/۰۰۰	۲/۳۷۴ -	-۰/۰۴۱	۰/۰۱۶	-۰/۰۳۸	مراکز تفریحی - گردشگری
۰/۰۰۰	۵/۷۱۶ -	۰/۰۸۳	۰/۰۱۱	۰/۰۶۲	منابع طبیعی

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل الگوی فضایی گسترش و پهنه‌بندی کانون‌های جزایر گرمایی شهری و شناسایی راهبردهای مؤثر برای کاهش پیامدهای آن در شهر یاسوج انجام شد. نتایج نشان داد که شکل‌گیری و تشدید جزیره گرمایی شهری در یاسوج پدیده‌ای یکنواخت و مستقل از ساختار فضایی شهر نیست، بلکه حاصل برهم‌کنش پیچیده میان الگوی گسترش کالبدی، تراکم و فشردگی بافت، تغییرات کاربری زمین، میزان پوشش گیاهی، ویژگی‌های سطوح ساخته‌شده و شرایط توپوگرافی و اقلیمی است. از این منظر، تفاوت فضایی شدت جزیره گرمایی را می‌توان بازتابی از نحوه سازمان‌یابی فضایی شهر و میزان تغییر تعادل میان سطوح طبیعی و مصنوعی دانست.

پهنه‌بندی انجام‌شده نشان داد که کانون‌های دارای شدت بیشتر جزیره گرمایی عمدتاً در محدوده‌هایی شکل می‌گیرند که سهم سطوح نفوذناپذیر و ساخته‌شده افزایش یافته و در مقابل، پوشش گیاهی و فضاهای باز طبیعی کاهش یافته است. این الگوی فضایی بیانگر آن است که توسعه کالبدی شهر، در صورت غلبه رویکرد گسترش فیزیکی و کاهش عناصر طبیعی، می‌تواند با افزایش ذخیره و بازتابش حرارت، کاهش تبادل رطوبتی و محدود شدن فرآیند خنک‌کنندگی طبیعی، زمینه تشدید تنش حرارتی را فراهم کند. در مقابل، پهنه‌هایی که از پیوستگی بیشتر فضاهای سبز، پوشش

گیاهی و سطوح طبیعی برخوردارند، ظرفیت بالاتری برای تعدیل دمای سطح و ایجاد شرایط خرداقليمی مطلوب‌تر نشان می‌دهند.

یکی از مهم‌ترین نتایج پژوهش آن است که جزیره گرمایی شهری در یاسوج را نمی‌توان صرفاً یک مسئله اقليمي تلقی کرد؛ بلکه این پدیده تا حد زیادی یک مسئله برنامه‌ریزی و مدیریت فضایی شهر است. به عبارت دیگر، نحوه استقرار کاربری‌ها، چگونگی توسعه بافت شهری، نسبت سطوح نفوذپذیر به نفوذناپذیر، توزیع فضاهای سبز و باز و میزان پیوستگی عناصر طبیعی، در تعیین الگوی فضایی تنش حرارتی نقش تعیین‌کننده دارند. بنابراین، سیاست‌های کاهش جزیره گرمایی باید از رویکردهای صرفاً فنی و موضعی فراتر رفته و در مقیاس برنامه‌ریزی شهری و مدیریت کاربری زمین دنبال شوند.

بر مبنای این یافته‌ها، راهبرد کاهش اثرات جزیره گرمایی در یاسوج باید بر حفظ و تقویت شبکه سبز شهری، افزایش پیوستگی فضاهای سبز، جلوگیری از حذف پوشش گیاهی در فرآیند توسعه شهری، افزایش سطوح نفوذپذیر، استفاده از مصالح و بام‌های با بازتابندگی حرارتی مناسب، توسعه سایه‌اندازهای طبیعی و مصنوعی، اصلاح هندسه و تراکم ساختمانی در کانون‌های بحرانی و تقویت تهویه طبیعی در بافت شهری استوار باشد. همچنین، هدایت توسعه آتی به سمت الگوی فشرده، متعادل و مبتنی بر ظرفیت‌های محیطی، در کنار جلوگیری از گسترش نامتوازن سطوح مصنوعی، می‌تواند از تشدید کانون‌های حرارتی جدید جلوگیری کند. در این میان، استفاده از راهکارهای مبتنی بر طبیعت (Nature-Based Solutions) می‌تواند به عنوان یکی از مؤثرترین رویکردهای سازگار با شرایط اقليمي و توپوگرافی یاسوج مورد توجه قرار گیرد.

از منظر برنامه‌ریزی فضایی، نتایج پژوهش بر ضرورت اولویت‌بندی مداخلات در کانون‌های حرارتی بحرانی تأکید دارد. به جای اجرای سیاست‌های یکسان در کل محدوده شهر، پیشنهاد می‌شود پهنه‌های شناسایی‌شده بر اساس شدت و گستره تنش حرارتی، میزان تراکم جمعیت، نوع کاربری زمین و ظرفیت دسترسی به زیرساخت‌های سبز، در قالب پهنه‌های اولویت‌دار مدیریت شوند. در پهنه‌های بحرانی، اقدامات فوری همچون افزایش پوشش گیاهی، ایجاد فضاهای سبز کوچک‌مقیاس، سایه‌اندازی معابر و اصلاح سطوح سخت می‌تواند در اولویت قرار گیرد؛ در حالی که در پهنه‌های دارای خطر متوسط، سیاست‌های پیشگیرانه و کنترل توسعه کالبدی می‌تواند از تبدیل آنها به کانون‌های بحرانی در آینده جلوگیری کند.

اهمیت این یافته‌ها در شرایط تغییر اقلیم دوچندان است؛ زیرا افزایش دمای زمینه‌ای و تداوم روندهای گرمایش اقليمي می‌تواند اثرات جزیره گرمایی شهری را تشدید کرده و هم‌زمان فشار بیشتری بر مصرف انرژی، آسایش حرارتی شهروندان و تقاضای آب برای فضای سبز وارد کند. از این رو، مدیریت جزیره گرمایی در یاسوج باید بخشی از یک چارچوب گسترده‌تر برای سازگاری شهری با تغییر اقلیم تلقی شود. چنین رویکردی می‌تواند علاوه بر کاهش دمای سطح و بهبود آسایش حرارتی، به کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها، ارتقای کیفیت محیط شهری، افزایش تاب‌آوری اقليمي و بهبود کیفیت زندگی شهروندان منجر شود.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که کاهش جزیره گرمایی شهری در یاسوج بیش از آنکه به یک اقدام منفرد وابسته باشد، نیازمند مداخله‌ای یکپارچه در ساختار فضایی، کاربری زمین، زیرساخت سبز و الگوی توسعه شهری است.

بر این اساس، کاهش شدت جزایر گرمایی در یاسوج نیازمند اتخاذ سیاست‌هایی همچون افزایش و پیوستگی فضای سبز، حفاظت از باغ‌ها و حریم رودخانه، کنترل توسعه فشرده در هسته مرکزی، کاهش تمرکز کاربری‌های مولد ترافیک، توسعه حمل‌ونقل عمومی، مدیریت استقرار فعالیت‌های صنعتی و استفاده از مصالح با بازتابش حرارتی بیشتر در ساختمان‌ها و معابر شهری است.

پیشنهادهای کاربردی

- توسعه فضای سبز و حفاظت از عناصر طبیعی: افزایش درختکاری در معابر پرتردد، ایجاد پارک‌های محله‌ای، توسعه بام و دیوار سبز و حفاظت از باغ‌ها، پارک‌ها و حریم رودخانه‌ها، به‌ویژه در نواحی مرکزی و پرتراکم شهر، برای کاهش دمای سطح و افزایش سایه‌اندازی ضروری است.

- مدیریت ترافیک و حمل‌ونقل: با توجه به اثر بالای خطوط و گره‌های ترافیکی، توسعه حمل‌ونقل عمومی، بهبود مدیریت تقاطع‌ها، کاهش توقف خودروها، ایجاد مسیر پیاده و دوچرخه و سامان‌دهی پارکینگ‌ها و پایانه‌ها می‌تواند تولید گرمای انسان‌زاد را کاهش دهد.

- کنترل تراکم ساختمانی: بازنگری در ضوابط تراکم، سطح اشغال، ارتفاع بناها و فاصله بین ساختمان‌ها در بافت مرکزی و پهنه‌های بحرانی، برای افزایش جریان هوا و کاهش ذخیره حرارت در محیط ساخته‌شده پیشنهاد می‌شود.

- استفاده از مصالح خنک‌کننده: استفاده از بام‌های خنک، رنگ‌های روشن در نما و بام، کف‌سازی‌های نفوذپذیر و مصالح دارای بازتابش حرارتی بالا در ساختمان‌ها و معابر، به‌ویژه در توسعه‌های جدید شهری، ضروری است.

- مدیریت کاربری‌های صنعتی: کنترل استقرار صنایع جدید در نزدیکی بافت‌های متراکم، ایجاد کمربند سبز پیرامون مراکز صنعتی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و کنترل گرمای خروجی فعالیت‌های صنعتی می‌تواند شدت کانون‌های حرارتی را کاهش دهد.

- پایش مستمر جزیره حرارتی: تهیه دوره‌ای نقشه‌های دمای سطح زمین و کانون‌های حرارتی با تصاویر ماهواره‌ای و GIS، می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری اقلیم‌محور در طرح‌های جامع و تفصیلی شهر یاسوج قرار گیرد.

منابع

- شعبانی، مرتضی، درویشی، شادمان و سلیمانی، کریم. (۱۳۹۹). 'بررسی آثار تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی؛ مطالعه موردی: شهرستان سقز، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ۳۰(۱)، ۳۷-۵۴.

- شریفی پیچون، محمد، شهریار، علی و زارع، محمد حسین. (۱۴۰۱). نقش عوامل ژئومورفولوژی و تغییر سیستم‌های مورفوکلیماتیک در شکل‌گیری و تحول الگوی سکونتگاه‌های انسانی در ایران مرکزی (پیرامون شیرکوه- یزد، برنامه ریزی فضایی، ۱۲(۲)، ۱۶۲-۱۳۷.

سالاری مقدم، حسین؛ نیک‌پویان، کاظم؛ فاروقی، جواد؛ و احمدی، سعید. (۱۴۰۵). راهکارهای مبتنی بر طبیعت برای مقابله با جزایر گرمایی در شهرها. ماهنامه پایا شهر، سال هشتم، شماره ۸۹.

مشایخی، سبا؛ محمدی، مهرگان؛ و کسمائی، امان. (۱۴۰۵). بررسی اثر بام سبز و توده حجمی بر پدیده جزیره گرمایی: نمونه موردی طراحی سایت در منطقه ۲ تهران. مقاله ارائه شده در دهمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و مهندسی و هفتمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی آسیا.

- شکوهی، مهدی؛ حسینی، سیدمحمد و رضایی، علی. (۱۴۰۳). پایش جزایر حرارتی شهری با رویکرد تکاملی فرکتال ویژه (FNEA) (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران). پژوهش‌های سنجش از دور و GIS، ۱۱(۱)، ۹۳-۱۰۸.

- محمودزاده، حسن؛ حکیمی، هادی و اصغری، رامین. (۱۴۰۴). بررسی دینامیک جزیره حرارتی شهری با رویکرد چندزمانی (مطالعه موردی: منطقه چهار کلانشهر تبریز). کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی، ۵(۱۶)، ۱۶-۱.

- محمودی، شقایق. (۱۴۰۳). تأثیر زیرساخت‌های سبز و آبی شهری بر آسایش حرارتی در فضای باز و کاهش جزیره حرارتی شهری. مجموعه مقالات همایش‌های ملی.

- Assenova, I. A., Vitanova, L. L., & Petrova-Antonova, D. (2024). Urban heat islands from multiple perspectives: Trends across disciplines and interrelationships. *Urban Climate*, 54, 102075. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102075>.

- Assenova, V., Chrysoulakis, N., & Mitraka, Z. (2024). Urban heat islands from multiple perspectives: Trends across disciplines and interrelationships. *Urban Climate*, 54, 102075. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102075>.

Chen, X., et al. (2022). A review of recent developments in the impact of environmental measures on urban heat island. *Sustainable Cities and Society*, 87(1), 104233. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104233>.

- Cheval, S., Amihăse, V. A., Chitu, Z., et al. (2024). A systematic review of urban heat island and heat waves research (1991–2022). *Climate Risk Management*, 43(1), 100603. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100603>.

Cheval, S., Amihăesei, V. A., Chitu, Z., et al. (2024). A systematic review of urban heat island and heat waves research (1991–2022). *Climate Risk Management*, 44, 100603. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100603>.

- Darmawan, S., Hernawati, R., & Rahmani, S. (2025). Satellite-based urban heat island study: A PRISMA-based systematic literature review. *Geomatics and Environmental Engineering*, 19(6), 5–40. <https://doi.org/10.7494/geom.2025.19.6.5>

Fuladlu, M (2026), Population increase and raised of environmental consequences: a time series research in Cyprus, *Advances in Space Research*, Volume: Volume 77, Issue 2, Pages: 1815-1829.

- Huang, Z., Duan, L., Xu, Y., Yang, S., Lin, Z., Yue, H., & Yang, J. (2025). Exploring the influence of urban green space and urban morphology on urban heat islands using street view and satellite imagery. *Scientific Reports*, 15, 23759.

- Hu, X., Li, Y., & Zhang, H. (2026). A systematic literature review of machine learning and deep learning for urban heat island modelling. *Sustainable Cities and Society*, 104, 105187.

Islam, S., Karipot, A., Bhawar, R., Sinha, P., Kedia, S., & Khare, M. (2024). Urban heat island effect in India: A review of current status, impact and mitigation strategies. *Discover Cities*, 2(1), Article 33. <https://doi.org/10.1007/s44327-024-00033-3>

Kilinc, M., Aydin, C., Aydin, G. E., & Balci, D. (2025). Exploring the urban heat island effect: A bibliometric and topic modeling analysis. *Sustainability*, 17(17), 8072. <https://doi.org/10.3390/su17178072>.

Lefevre, A., Malet-Damour, B., & Rivière, G. (2025). Urban heat island in the tropics: A review of advances, challenges, and future directions. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 11(1), 100265. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2025.100265>

Li, Y., et al. (2023). A systematic review of studies involving canopy layer urban heat island: Monitoring and associated factors. *Ecological Indicators*, 158(1), 111424. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111424>

- Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research: Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. *Energy and Buildings*, 207, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>

- Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. *Energy and Buildings*, 207, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>

- Sharma, R., Singh, S., & Yogeswaran, N. (2026). Global review of urban heat island research across varied climatic regions. *Urban Climate*, 57, 102312.

- Wang, Y., Berardi, U., & Akbari, H. (2020). Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy and Buildings*, 207, 109569. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109569>.
- Wang, Y., Zhang, X., & Li, D. (2024). A systematic review of urban heat island and heat waves research (1991–2022). *Climate Risk Management*, 43, 100603. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100603>.
- Wu, T., Zhi, Q.(2025), Synergizing climate, energy, and air quality: uncovering urban heat island, energy consumption, carbon emission, and air pollution nexus linkages, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 117.
- Yang, L., Qian, F., Song, D., & Zheng, K. (2020). Research on urban heat island effect based on remote sensing: A review. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101937. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101937>.
- Yang, X., Li, Y., & Zhou, Y. (2022). Urban heat island mitigation through urban greening: A review of recent developments. *Sustainable Cities and Society*, 88, 104279. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104279>.
- Yao, R., Wang, L., Huang, X., Niu, Y., Chen, Y., & Niu, J. (2021). Interactions of urbanization and climate change and their implications for urban heat island effects. *Energy and Buildings*, 242, 110927. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110927>
- Yao, R., Wang, L., Huang, X., Niu, Z., & Liu, F. (2021). The influence of land use and land cover changes on land surface temperature in urban areas. *Remote Sensing*, 13(3), 489. <https://doi.org/10.3390/rs13030489>
- Zhao, L., Fan, X., & Hong, T. (2025). Urban heat island effect: Remote sensing monitoring and assessment—Methods, applications, and future directions. *Atmosphere*, 16(7), 791. <https://doi.org/10.3390/atmos16070791>
- Zhao, L., Oppenheimer, M., Zhu, Q., Baldwin, J. W., Ebi, K. L., Bou-Zeid, E., & Liu, X. (2021). Interactions between urban heat islands and heat waves. *Environmental Research Letters*, 16(3), 034003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdcd7>