



واکاوی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد

کرامت اله زیاری^۱

فوق دکترای مهندسی شهرسازی، استاد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

Zayyari@ut.ac.ir

ابوالفضل منصوری اطمینان

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، ایران.

Mansouri.etminan@ut.ac

چکیده

امروزه از مهم‌ترین پیامدهای تغییرات اقلیمی در سطح شهرها، می‌توان به جزایر حرارتی شهری اشاره نمود. جزیره حرارتی، پدیده‌ای است که به موجب آن مناطق شهری، درجه حرارت گرم‌تر از محیط اطراف خود را تجربه می‌کنند. مبتنی بر مرور پژوهش‌های مختلف، از مهم‌ترین اثرات این پدیده در سطح شهرها می‌توان به کاهش کیفیت آب و آلودگی هوا، افزایش مصرف انرژی، افزایش ناراحتی حرارتی، تهدید سلامت انسان‌ها و غیره اشاره کرد. پژوهش حاضر در راستای واکاوی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد انجام گرفته است. در این پژوهش، مبتنی بر تحلیل محتوای کیفی، به تدوین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد اقدام و در ادامه با مراجعه به ۴۰ نفر از متخصصان و نخبگان مرتبط با موضوع این پژوهش، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی به اولویت‌بندی این عوامل پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از بام‌های سبز، تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان، توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان، استفاده از بام‌های سرد، مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی، توسعه مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، عایق‌بندی ساختمان‌ها و استفاده از مصالح همساز با اقلیم و رعایت تناسب کاربری اراضی از جمله عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد محسوب می‌شوند و همچنین از دید متخصصان، تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان (با امتیاز ۰/۲۲۵)، مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی (با امتیاز ۰/۱۷۶) و توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان (با امتیاز ۰/۱۴۸) به ترتیب در جایگاه‌های اول تا سوم از حیث تأثیرگذاری بیشتر قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، جزایر حرارتی، تحلیل سلسله‌مراتبی، شهر مشهد.



۱- مقدمه

کاهش تابشی زمینی شبانه می شود، تشدید می یابد. رطوبت کم که ناشی از نبود پوشش گیاهی و شرایط آرام هوا منجر به توسعه جزیره حرارتی می شود (افسری، نادى زاده و طاهونی ۱۴۰۲).

مبتنی بر مرور پژوهش های مختلف، از مهم ترین اثرات پدیده جزایر گرمایی در سطح شهرها می توان به کاهش کیفیت آب و آلودگی هوا، افزایش مصرف انرژی، افزایش ناراحتی حرارتی، تهدید سلامت انسان ها و غیره اشاره نمود (Rupard 2019; Leal Filho et al 2018) و از این منظر، جلوگیری از گسترش این پدیده و کاهش اثرات آن در سطح شهرها ضرورتی انکارناپذیر دارد. بدین ترتیب، از سیاست های کاهش پدیده جزیره گرمایی می توان به عواملی همچون استفاده از بام سبز، بام سرد، وسایل و تجهیزات الکترونیکی کم مصرف، پوشش گیاهی و غیره اشاره کرد (Fadhil, Hamoodi & Ziboon 2023).

شهر مشهد به عنوان دومین شهر پرجمعیت ایران، طی دهه های اخیر از رشد جمعیتی بالایی برخوردار بوده است. به طوری که طی سال های ۹۵-۱۳۳۵، جمعیت این شهر از ۲۴۱۹۸۹ نفر به ۳۰۱۱۸۴ نفر رسیده است (مرکز آمار ایران ۱۳۹۵). بدین ترتیب، متأثر از روند روزافزون شهرنشینی، این شهر طی سال های اخیر با پدیده جزایر گرمایی مواجه شده است. طوری که میانگین تفاوت دمایی شهر مشهد با محیط پیرامونی آن بسیار چشمگیر است و هسته مرکزی شهر دارای دمای بالاتر بوده که همین امر منجر به تشکیل پدیده جزیره حرارتی در سطح این شهر شده است که این مسئله نیازمند توجه ویژه در راستای کاهش این پدیده و اثرات آن در سطح شهر مشهد است. با این تفاسیر، پژوهش حاضر در راستای بررسی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد انجام گرفته است.

مبتنی بر بررسی های صورت گرفته از چشم انداز شهرنشینی جهان، جمعیت شهری جهان از حدود ۵۷۰ میلیون نفر (۲۹ درصد از جمعیت جهان) در سال ۱۹۵۰ به ۳/۶۳ میلیارد (۵۲/۱ درصد) در سال ۲۰۱۱ رسیده و انتظار می رود به ۶/۲۵ میلیارد (۶۷/۲ درصد) در سال ۲۰۵۰ برسد (United Nations 2019). همچنین سازمان ملل تخمین زده که جمعیت شهری مناطق در حال توسعه، سالانه به طور متوسط حدوداً ۲/۰۲ میلیارد افزایش می یابد و از ۲/۶۷ میلیارد در سال ۲۰۱۱ به ۳/۹۲ میلیارد در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید (United Nations 2020).

به تبع چنین روند روزافزون شهرنشینی (متأثر از انقلاب صنعتی و نظام سرمایه داری)، بیشتر شهرهای کشورهای جهان و از جمله شهرهای کشورهای در حال توسعه با چالش های فزاینده ای از جمله افزایش شتابان جمعیت و کاهش منابع، تغییرات جمعیتی، رشد فقر، کاهش شاخص های کیفیت زندگی، آلودگی های محیط زیستی، تغییرات آب و هوایی و غیره روبرو هستند که این مسائل پایداری و آینده شهرها را با چالش های عدیده ای روبرو نموده است (شرکت بازآفرینی شهری ایران ۱۳۹۷)؛ اما در این بین، یکی از موضوعات مهمی که طی سال های اخیر توجه روزافزونی را در سطح شهرها به خود جلب نموده، پدیده جزایر حرارتی بوده است.

جزیره حرارتی شهری، پدیده ای است که به موجب آن مناطق شهری، درجه حرارت گرم تر از محیط اطراف خود را تجربه می کنند. این درجه حرارت بالا توسط احتراق سوخت در کارخانه ها، سیستم های حمل و نقل و انتشار گرمای اضافی در شب که در طول روز توسط سطوح شهری ذخیره شده است، تولید می شود. این پدیده توسط آلودگی هوا که سبب



بهره‌گیری از روش گلوله برفی و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و در محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس به اولویت‌بندی این عوامل مبادرت می‌شود. جدول ۱ پیشنهاد پیشینه پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

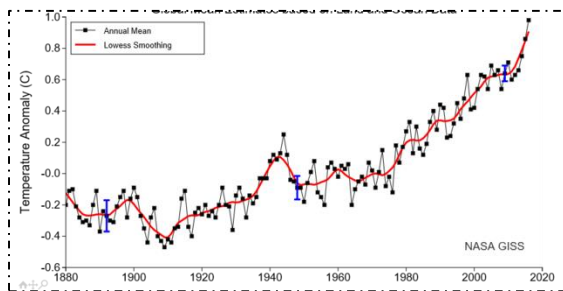
بدین ترتیب، در این پژوهش پس از مرور مبانی و مفاهیم نظری مرتبط، مبتنی بر تحلیل محتوای کیفی و متناسب با شهر مشهد، به تدوین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح این شهر اقدام و در ادامه با مراجعه به ۴۰ نفر از متخصصان و نخبگان مرتبط با موضوع این پژوهش، با

جدول (۱). پیشینه پژوهش

پژوهشگران	سال	عنوان پژوهش	برونداد پژوهش
افسری و همکاران	۱۴۰۲	جزیره حرارتی شهری و اثرات آن در محیط‌های شهری آینده	تقویت فضای سبز، استفاده از حمل‌ونقل عمومی، کنترل میزان تراکم ساختمانی و رعایت تناسب کاربری اراضی، کنترل نظام ارتفاعی در طبقات ساختمان، ارتقای کیفیت محیط‌زیستی، استفاده بهینه از پتانسیل تابش خورشیدی، ایجاد رابطه منطقی بین ساختمان‌ها، باد و تابش خورشیدی جهت کاهش اثر مورفولوژی مؤثر بر جزایر حرارتی شهری، به‌کارگیری مصالح مناسب با وضعیت اقلیم و غیره می‌تواند در کاهش جزایر حرارتی مؤثر واقع شود.
فرمودی و زمانی	۱۴۰۱	کاهش جزایر حرارتی شهری از طریق افزایش سبزی‌نگی و سطوح نفوذپذیر در تهران	مدل بهبود یافته نهایی که شامل درخت، آب، چمن، مصالح نفوذپذیر، بام سبز بود نسبت به وضع موجود باعث کاهش دما تا ۴ درجه سانتی‌گراد، افزایش ۱۰ درصدی در رطوبت نسبی، کاهش ۴ الی ۵ درجه دمای تابش، کاهش غلظت دی‌اکسید کربن و کاهش سرعت باد شد.
حاجی فتحعلی، فیضی و دهقان توران پستی	۱۳۹۹	راهبردهای کوتاه‌مدت برای کاهش اثرات مخرب جزایر گرمایی در مناطق شهری	این پژوهش، باهدف بررسی و شناخت عوامل مؤثر بر جزایر حرارتی، راه‌های کاهش آن و نقش مصالح موجود در نمای ساختمان‌ها بر ایجاد جزایر حرارتی، درصدد است با شناخت علل تشدید از قبیل بازتاب، جذب، گسیل و انتشار کربن، لیستی از مصالح مناسب و جایگزین مصالح موجود برای شهرها و ساختمان‌های آینده ارائه نماید.
ثناگر دربانی و همکاران	۱۳۹۹	کاهش تأثیرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت انسان‌ها از طریق تغییرات فرم شهری در اقلیم گرم و خشک شهر مشهد (نمونه موردی الگوی بافت شطرنجی محله شاهد و بافت ارگانیک محله پاچنار)	ایجاد سایه‌اندازی از طریق ترکیب پوشش گیاهی و همچنین ایجاد تغییرات متنوع در ساختارهای ارتفاع به عرض که هم سایه‌اندازی را افزایش دهد و هم در بخش‌هایی، راه را برای انتشار گرمای محیط باز نماید، می‌تواند در کاهش دمای محیط و سطوح، تأثیرگذار باشد. همچنین استفاده از سطوح شهری نفوذپذیر و انتخاب مصالح جداره‌های ساختمان‌ها با بازتابش کم در جذب کمتر نور خورشید تأثیرگذار است و می‌تواند شدت جزایر حرارتی شهری را کاهش دهد.
برهانی، گودرزی و اسمعیلی	۱۳۹۹	امکان‌سنجی بهره‌گیری از استراتژی‌های سازگاری و کاهش اثر در مقابله با جزایر	استراتژی‌های کاهش اثر (شامل تغییر رنگ پشت‌بام‌ها، جداره‌های شهری به رنگ‌هایی با انعکاس بیشتر و غیره) و استراتژی‌های سازگاری (شامل آموزش شهروندان باهدف وفق با دماهای بیشتر، ترویج و آموزش



پژوهشگران	سال	عنوان پژوهش	برونداد پژوهش
		گرمایی شهری (مطالعه موردی: کلان-شهر تهران)	شهروندان در زمینه صرفه جویی در مصرف برق و گاز، بهره گیری از روش های جلب مشارکت شهروندان و غیره) بیشترین امکان اجرا در کلان شهر تهران را داراست.
پوردیهیمی، تحصیل- دوست و عامری	۱۳۹۸	تأثیر پوشش گیاهی بر کاهش شدت جزایر حرارتی شهری: نمونه موردی کلان شهر تهران	کاربری اراضی و پوشش سبز شهری نقش حیاتی بر شرایط اقلیمی شهر تهران ایفا کرده و پوشش گیاهی دارای میزان همبستگی منفی قابل توجهی با دمای استخراج شده است.
Fadhil, Hamoodi & Ziboon	2023	کاهش اثرات جزیره گرمایی شهری در محیط های شهری: استراتژی ها و ابزارها	از سیاست های کاهش پدیده جزیره گرمایی می توان به عواملی همچون استفاده از بام سبز، بام سرد، وسایل و تجهیزات کم مصرف، پوشش گیاهی و غیره اشاره نمود.



شکل (۱). روند میانگین درجه حرارت جهان طی سال های

(۱۸۵۰-۲۰۲۰ (منبع: Hansen et al 2020)

لاک هاوارد در سال ۱۸۱۹ میلادی، در لندن برای نخستین بار جزیره گرمایی شهری را مطرح نمود، پس از آن، این پدیده را در شهرهای کوچک و بزرگ سراسر جهان تشخیص دادند (برهانی و همکاران ۱۳۹۹). جزیره حرارتی شهری، پدیده ای است که به موجب آن مناطق شهری، درجه حرارت گرم تر از محیط اطراف خود را تجربه می کنند (شکل ۲). این درجه حرارت بالا توسط احتراق سوخت در کارخانه ها، سیستم های حمل و نقل و انتشار گرمای اضافی در شب که در طول روز توسط سطوح شهری ذخیره شده است، تولید می شود. این پدیده توسط آلودگی هوا که سبب کاهش تابشی زمینی شبانه می شود، تشدید می یابد. رطوبت

۲- مبانی نظری پژوهش

در سال های اخیر، بحران های ناشی از وقوع رویدادهای طبیعی در جهان افزایش چشمگیری داشته است (آروین ۱۳۹۹). افزایش تعداد و شدت بلایا، نشان دهنده آسیب پذیری بالای شهرها در این زمینه هستند. بخش عمده ای از این رویدادها تحت تأثیر پدیده ای قرار دارد که به تغییرات اقلیمی معروف است (Chan et al 2019, 6-8).

افزایش طول دوره ی رشد، افزایش دما (شکل ۱)، ذوب شدن یخ های قطب شمال، بالا آمدن تراز آب ها، کاهش بارش، خشک سالی های پیایی و شدید، افزایش رخداد سیلاب، امواج گرمایی و کاهش امواج سرما به عنوان نشانه هایی از تغییر اقلیم، موجب مشکلات اقتصادی و اجتماعی فراوانی در سراسر جهان و به طور ویژه سکونتگاه های انسانی شده اند (Hobbie & Grimm 2020). در این بین، از مهم ترین پیامدهای تغییرات اقلیمی در سطح شهرها می توان به جزایر حرارتی شهری اشاره نمود (حاجی فتحعلی و همکاران ۱۳۹۹).

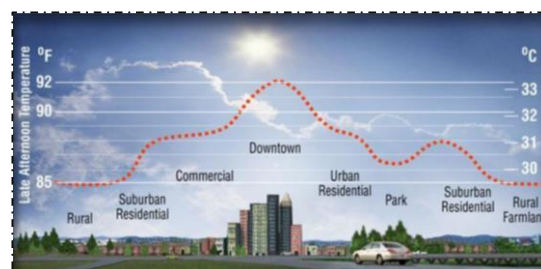


اثرات پدیده جزایر حرارتی در سطح شهرها	
اثرات	شرح
افزایش ناراحتی	جزیره حرارتی شهری، طول مدت و درجه‌ای که ساکنان احساس عدم آسایش حرارتی دارند
حرارتی	را افزایش داده است.
آلودگی هوا	جزیره حرارتی شهری، علاوه بر گرم کردن هوا بر روی آلودگی هوا نیز نفوذ دارند.
(منبع: تحلیل محتوای نگارندگان به استناد از Rupard 2019; Leal Filho et al 2018)	

مبتنی بر مرور پژوهش‌های مختلف، عوامل زیر را می‌توان در کاهش پدیده جزایر گرمایی در سطح شهرها و کاهش اثرات آن مشمر ثمر دانست (Fadhil, Hamoodi & Ziboob 2023؛ برهانی و همکاران ۱۳۹۹؛ افسری و همکاران ۱۴۰۲).

- استفاده از بام سبز
- استفاده از بام سرد
- مدیریت ساخت‌وسازهای شهری
- استفاده از وسایل و تجهیزات الکترونیکی کم‌مصرف
- کاشت پوشش گیاهی
- کنترل میزان تراکم ساختمانی
- استفاده از کف‌پوش‌های سرد
- بهره‌گیری از بام‌های شیب‌دار برای کاهش دریافت نور
- خورشید در طول روز
- استفاده از آب
- استفاده از فضاها در سایه
- عایق‌بندی ساختمان‌ها
- رعایت تناسب کاربری اراضی
- ترویج و آموزش شهروندان در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر
- کنترل نظام ارتفاعی در طبقات ساختمان

کم که ناشی از نبود پوشش گیاهی و شرایط آرام هوا منجر به توسعه جزیره حرارتی می‌شود (افسری و همکاران ۱۴۰۲).



شکل (۲). شماتیک شکل‌گیری پدیده جزایر حرارتی شهری

(منبع: افسری و همکاران ۱۴۰۲)

از مهم‌ترین اثرات پدیده جزایر گرمایی در سطح شهرها می‌توان به کاهش کیفیت آب و آلودگی هوا، افزایش مصرف انرژی، افزایش ناراحتی حرارتی، تهدید سلامت انسان‌ها و غیره اشاره نمود (Rupard 2019; Leal Filho et al 2018) که به‌صورت تفصیلی در جدول ۲ به آن‌ها اشاره شده است.

جدول (۲). اثرات پدیده جزایر حرارتی در سطح شهرها

اثرات	شرح
افزایش مصرف انرژی	دماهای بالاتر منجر به افزایش استفاده از خنک‌کننده‌ها برای تهویه هوا در داخل ساختمان‌ها می‌شود. معمولاً برای رسیدن به آسایش بیشتر در ساختمان‌ها، نیاز به تهویه هوا به شدت افزایش می‌یابد.
کاهش کیفیت آب	جزیره حرارتی شهری همچنین کیفیت آب را مختل می‌کند. تغییرات سریع درجه حرارت در اکوسیستم آب، حاصل از آب گرم رواناب طوفان‌ها می‌تواند عموماً استرس‌زا و برای زندگی آبزیان مرگ‌بار باشد.



گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (دلبری و داودی ۱۳۹۱). مراحل کلی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به شرح ذیل است (موسوی و یزدانی چهاربرج ۱۳۹۴):

❑ **ساخت سلسله‌مراتبی؛** در این مرحله، مسئله تعریف می‌شود و هدف از تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله‌مراتبی از عوامل و عناصر تشکیل‌دهنده تصمیم، ترسیم می‌شود.

❑ **ماتریس مقایسه دو به دو؛** غیر از سطح اول سلسله‌مراتب تصمیم یعنی هدف، در بقیه سطوح (معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها) باید عناصر هر سطح با یکدیگر مقایسه دوه‌دو شوند و تشکیل ماتریس مقایسه دوه‌دو را بدهند.

❑ **محاسبه وزن نسبی؛** برای محاسبه ضریب اهمیت معیارها و گزینه‌ها، روش‌های متعددی ایجاد شده است که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی و میانگین هندسی.

❑ **سازگاری سیستم؛** یکی از مزایای AHP کنترل سازگاری سیستم است. این روش این امکان را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که در صورت ناسازگاری در قضاوت‌های شخصی اشکال را به تصمیم‌گیرنده گزارش دهد.

۴- معرفی مورد پژوهی

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی، دومین شهر پرجمعیت ایران، 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 و در شمال شرقی

✚ تغییر رنگ سطوح خیابان‌ها و پیاده‌روها

✚ توسعه مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری

✚ بهره‌گیری از وسایل تهویه هوا

✚ استفاده بهینه از پتانسیل تابش خورشیدی

✚ به‌کارگیری مصالح متناسب با وضعیت اقلیم

✚ بهره‌گیری از الگوی‌های توسعه حمل‌ونقل عمومی محور

۳- روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر در راستای بررسی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد انجام گرفته است. بدین ترتیب، این پژوهش، از حیث روش جز پژوهش‌های کمی - کیفی، از حیث هدف جز پژوهش‌های کاربردی و از حیث ماهیت، جز پژوهش‌های توصیفی - تحلیلی است؛ بنابراین، در این پژوهش پس از مرور مبانی و مفاهیم نظری مرتبط، مبتنی بر تحلیل محتوای کیفی و متناسب با شهر مشهد، به تدوین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح این شهر اقدام شده است. تحلیل محتوا، یک روش پژوهش از نوع تفسیری غیر سرزده است که به‌منظور مطالعه و تحلیل داده‌های کیفی متنی استفاده می‌شود. در ادامه با مراجعه به ۴۰ نفر از متخصصان و نخبگان مرتبط با موضوع این پژوهش، با بهره‌گیری از روش گلوله برفی و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و در محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس به اولویت‌بندی این عوامل مبادرت شده است.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌عنوان یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره، روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری ابتدا در سال ۱۹۸۰ به‌وسیله توماس ال ساعتی پیشنهاد



تقسیم شده بود؛ اما به مرور تعداد آن به ۱۳ منطقه افزایش یافته است.

۵- یافته‌های پژوهش

در این بخش در راستای حصول به هدف اصلی این پژوهش با استفاده از تحلیل محتوای کیفی پژوهش‌های گوناگون و متناسب با شرایط شهر مشهد، به واکاوی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح این شهر اقدام می‌شود و در ادامه مبتنی بر پرسشگری از ۴۰ نفر از متخصصان و نخبگان، به اولویت‌بندی این عوامل با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و در محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس پرداخته می‌شود؛ اما از آنجا که روش اصلی این پژوهش مبتنی بر پیمایش اجتماعی (ابزار پرسشنامه) بوده است، ابتدا به تشریح یافته‌های توصیفی این پژوهش مبادرت می‌شود.

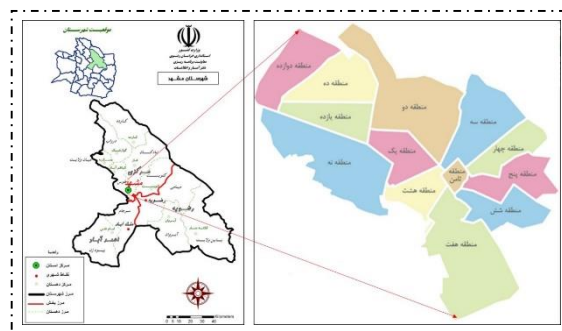
۱-۵- یافته‌های توصیفی پژوهش

همان‌طور که اشاره شد، در این پژوهش به منظور واکاوی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد، اقدام به پیمایش اجتماعی با ابزار پرسشنامه شده است. بدین منظور به صورت هدفمند و با بهره‌گیری از روش گلوله برفی، ۴۰ نفر از متخصصان و نخبگان مرتبط با حوزه‌ی این پژوهش در سطح شهر مشهد مورد پرسشگری واقع شده‌اند که آمار توصیفی مربوط به آن‌ها در جدول ۳ آورده شده است.

جدول (۳). یافته‌های توصیفی پژوهش

یافته‌های توصیفی پژوهش			
شاخصه‌های پرسش‌شوندگان	توصیف	فراوانی (تعداد)	سهم (درصد)
توزیع جنسی	مرد	۲۶	۶۵
	زن	۱۴	۳۵
توزیع سنی	زیر ۳۰ سال	۸	۲۰

ایران واقع شده است (شکل ۳). این شهر به دلیل وجود بارگاه قدسی حضرت امام رضا (ع)، زیارتگاه‌ها و بناهای تاریخی متعدد، آرامگاه فردوسی، ییلاقات و تفرجگاه‌های باصفا یکی از عمده‌ترین کانون‌های فرهنگی، مذهبی و گردشگری کشور به شمار می‌رود. همچنین وجود دانشگاه‌ها و مراکز علمی معتبر، شهرک‌های صنعتی، نمایشگاه بین‌المللی و کارگاه‌ها و کارخانجات متعدد، مشهد را به یکی از اصلی‌ترین مراکز علمی، صنعتی و کانون مهم فرهنگی و اقتصادی کشور نیز مبدل نموده است. با این توصیفات، این شهر در سال ۱۳۸۸، رسماً به عنوان «پایتخت معنوی ایران» انتخاب شد (سایت شهرداری شهر مشهد ۱۴۰۱).



شکل (۳). موقعیت جغرافیایی شهر مشهد

شهر مشهد طی دهه‌های اخیر از رشد جمعیتی بالایی برخوردار بوده است. به طوری که طی سال‌های ۹۵-۱۳۳۵، جمعیت این شهر از ۲۴۱۹۸۹ به ۳۰۰۱۱۸۴ نفر رسیده است. همچنین بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، شهر مشهد دارای ۹۱۴۱۴۶ خانوار و بعد از خانوار آن نیز ۳/۲۸ نفر بوده است (مرکز آمار ایران ۱۳۹۵). تقسیمات این شهر که توسط نهادهای دولتی و خصوصی انجام شده، طبق ملاک‌های مختلف، به چندین منطقه تقسیم شده است و مرزبندی آن‌ها به مرور زمان در حال تغییر و گسترش است. در ابتدا شهر مشهد به چهار منطقه



۲-۵- تدوین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر

حرارتی در سطح شهرها

همان‌طور که اشاره شد، این پژوهش به‌منظور واکاوی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد انجام گرفته است. بدین ترتیب، در این بخش با استفاده از تحلیل محتوای پژوهش‌های گوناگون و مبتنی بر میزان تکرار این عوامل، مطابق با جدول ۴ به تدوین این عوامل در سطح شهر مشهد اقدام شده است.

یافته‌های توصیفی پژوهش

شاخصه‌های پرسش‌شوندگان	توصیف	فراوانی (تعداد)	سهم (درصد)
میزان تحصیلات	۳۰ تا ۴۰ سال	۱۵	۳۷/۵
	۴۱ تا ۵۰ سال	۱۳	۳۲/۵
	بیش از ۵۰ سال	۴	۱۰
میزان تحصیلات	لیسانس	۱۵	۳۷/۵
	فوق‌لیسانس	۱۹	۴۷/۵
	دکتری تخصصی	۶	۱۵

(منبع: یافته‌های پژوهش)

جدول (۴). تدوین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهرها

مجموع	منابع						عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهرها
	Fadhil et al (2023)	Rupard (2019)	افسری و همکاران (۱۴۰۲)	ثناگرو و همکاران (۱۳۹۹)	برهانی و همکاران (۱۳۹۹)	حاجی فتحعلی و همکاران (۱۳۹۸)	
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	استفاده از بام‌های سبز
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان
۱	-	-	-	-	✓	-	آموزش شهروندان باهدف وفق با دماهای بیشتر
۴	✓	✓	-	✓	-	✓	استفاده از وسایل و تجهیزات الکترونیکی کم‌مصرف
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان
۲	-	✓	-	-	-	✓	تغییر رنگ سطوح خیابان‌ها و پیاده‌روها
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	استفاده از بام‌های سرد
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی
۵	✓	✓	✓	✓	-	✓	کاهش آلودگی هوا
۴	✓	✓	-	✓	-	✓	استفاده از آب
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	توسعه مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری
۵	✓	✓	✓	-	✓	✓	استفاده از کف‌پوش‌های سرد و سبز
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	عایق‌بندی ساختمان‌ها و استفاده از مصالح همساز با اقلیم
۶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	رعایت تناسب کاربری اراضی

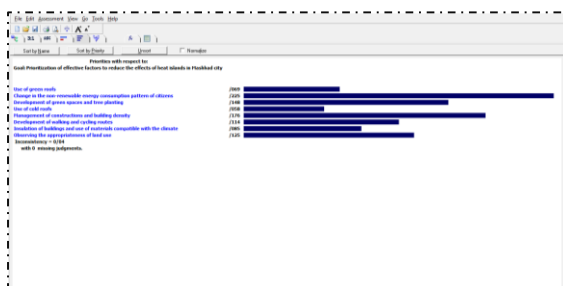
(منبع: یافته‌های پژوهش)



شکل (۴). ساخت سلسله‌مراتبی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد در محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس (منبع: یافته‌های پژوهش)



شکل (۵). مقایسه دوه‌دویی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد در محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس (منبع: یافته‌های پژوهش)



شکل (۶). امتیاز عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد در محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس (منبع: یافته‌های پژوهش)

پس از وارد نمودن عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد به محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس (شکل ۴) و در ادامه مبتنی بر نظرات متخصصان و

همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد، از بین عوامل شناسایی‌شده در پژوهش‌های مختلف در راستای کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهرها، آن‌هایی که بیشترین تکرار را داشته‌اند، انتخاب شدند که در نهایت موارد زیر به‌عنوان عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد مطرح شده‌اند:

- ❖ استفاده از بام‌های سبز
- ❖ تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان
- ❖ توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان
- ❖ استفاده از بام‌های سرد
- ❖ مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی
- ❖ توسعه مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری
- ❖ عایق‌بندی ساختمان‌ها و استفاده از مصالح همساز با اقلیم
- ❖ رعایت تناسب کاربری اراضی

۳-۵- اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد

پس از تدوین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد، در این بخش با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و در محیط نرم‌افزار اکسپرت جویس (شکل-های ۴ تا ۶)، مبتنی بر پرسشگری از ۴۰ نفر از متخصصان و نخبگان مرتبط با موضوع این پژوهش در سطح شهر مشهد، به اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح این شهر مبادرت شده است.



حرارتی شهری اشاره نمود که طی سال‌های اخیر توجه روزافزونی را در سطح شهرها به خود جلب کرده است. جزیره حرارتی، پدیده‌ای است که به موجب آن مناطق شهری، درجه حرارت گرم‌تر از محیط اطراف خود را تجربه می‌کنند. مبتنی بر مرور پژوهش‌های مختلف، از مهم‌ترین اثرات این پدیده در سطح شهرها می‌توان به کاهش کیفیت آب و آلودگی هوا، افزایش مصرف انرژی، افزایش ناراحتی حرارتی، تهدید سلامت انسان‌ها و غیره اشاره نمود.

بدین ترتیب، در این پژوهش، مبتنی بر تحلیل محتوای کیفی، به تدوین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد اقدام و در ادامه با مراجعه به ۴۰ نفر از متخصصان و نخبگان مرتبط با موضوع این پژوهش، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی به اولویت‌بندی این عوامل پرداخته شد.

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از بام‌های سبز، تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان، توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان، استفاده از بام‌های سرد، مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی، توسعه مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، عایق‌بندی ساختمان‌ها و استفاده از مصالح همساز با اقلیم و رعایت تناسب کاربری اراضی از جمله عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد محسوب می‌شوند و همچنین از دید متخصصان، تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان (با امتیاز ۰/۲۲۵)، مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی (با امتیاز ۰/۱۷۶) و توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان (با امتیاز ۰/۱۴۸) به ترتیب در جایگاه‌های اول تا سوم از حیث تأثیرگذاری بیشتر قرار دارند.

نخبگان، اقدام به مقایسه دوبه‌دویی این عوامل (شکل ۵) شده است که در نهایت امتیاز نهایی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد (شکل ۶) مطابق با جدول ۵ به دست آمده است.

جدول (۵). اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات

جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد

اولویت	امتیاز	عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد
۷	۰/۰۶۹	استفاده از بام‌های سبز
۱	۰/۲۲۵	تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان
۳	۰/۱۴۸	توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان
۸	۰/۰۵۸	استفاده از بام‌های سرد
۲	۰/۱۷۶	مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی
۵	۰/۱۱۴	توسعه مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری
۶	۰/۰۸۵	عایق‌بندی ساختمان‌ها و استفاده از مصالح همساز با اقلیم
۴	۰/۱۲۵	رعایت تناسب کاربری اراضی

(منبع: یافته‌های پژوهش)

همان‌طور که جدول ۵ نشان می‌دهد، از بین عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد، تغییر در الگوی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر شهروندان، مدیریت ساخت‌وسازها و تراکم ساختمانی و توسعه فضاهای سبز و کاشت درختان در جایگاه‌های اول تا سوم قرار گرفتند.

۶- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر در راستای واکاوی عوامل مؤثر بر کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر مشهد به رشته تحریر درآمده است. همان‌طور که اشاره شد، امروزه از مهم‌ترین پیامدهای تغییرات اقلیمی در سطح شهرها می‌توان به جزایر



منابع

- ❖ آروین، عباسعلی. ۱۳۹۹. بررسی توریسم شهرستان فریدونکنار تحت شرایط تغییر اقلیم. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره بیست‌ودوم، شماره چهار، صفحات ۲۸۶-۲۷۷.
- ❖ افسری، رسول؛ نادى‌زاده، سامان و طاهونی، مهدیه. ۱۴۰۲. جزیره حرارتی شهری و اثرات آن در محیط‌های شهری آینده. گروه پژوهشی آینده‌پژوهشی راهبردی، مرکز مطالعات راهبردی و آموزش وزارت کشور.
- ❖ برهانی، کاظم؛ گودرزی، صدراله و اسمعیلی، شیوا. ۱۳۹۹. امکان‌سنجی بهره‌گیری از استراتژی‌های سازگاری و کاهش اثر در مقابله با جزایر گرمایی شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، سال ۵۲، شماره ۱، صفحات ۲۸۱-۲۶۳.
- ❖ پوردیهیمی، شهرام؛ تحصیل‌دوست، محمد و عامری، پوریا. ۱۳۹۸. تأثیر پوشش گیاهی بر کاهش شدت جزایر حرارتی شهری: نمونه موردی کلان‌شهر تهران. نشریه علمی پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، سال پنجم، شماره ۱۶، صفحات ۹۷-۱۲۲.
- ❖ ثناگر، الهام؛ رفیعیان، مجتبی؛ حنایی، تکتم و منصفی پراپری، دانیال. ۱۳۹۹. کاهش تأثیرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت انسان‌ها از طریق تغییرات فرم شهری در اقلیم گرم و خشک شهر مشهد (نمونه موردی الگوی بافت شطرنجی محله شاهد و بافت ارگازیک محله پاچنار). علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، سال ۲۲، شماره ۴، صفحات ۳۸۷-۳۷۷.
- ❖ حاجی فتحعلی، مهسا؛ فیضی، محسن و دهقان، عاطفه. ۱۳۹۹. راهبرد های کوتاه مدت برای کاهش اثرات مخرب جزایر گرمایی در مناطق شهری. فصلنامه علمی- پژوهشی (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، سال دهم، شماره دوم، صفحات ۲۱۴-۱۹۵.
- ❖ دلبری، علی و داودی، علیرضا. ۱۳۹۱. کاربرد تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی جاذبه‌های توریستی. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال نهم، شماره دوم، صفحات ۷۹-۵۷.
- ❖ سایت شهرداری شهر مشهد. ۱۴۰۱.
- ❖ شرکت بازآفرینی شهری ایران. ۱۳۹۷. بازآفرینی شهری پایدار در محدوده‌ها و محله‌های ناکارآمد شهری، معاونت مسکن و ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، چاپ اول، نشر نی.
- ❖ فربودی، مرضیه و زمانی، زهرا. ۱۴۰۱. کاهش جزایر حرارتی شهری از طریق افزایش سبزی‌نگی و سطوح نفوذپذیر در تهران. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، سال ۲۴، شماره دوم، صفحات ۴۵-۳۱.
- ❖ مرکز آمار ایران. ۱۳۳۵. نتایج نخستین سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
- ❖ مرکز آمار ایران. ۱۳۹۵. نتایج هشتمین سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
- ❖ موسوی، میرنجف و یزدانی چهاربرج، رسول. ۱۳۹۴. تحلیل تناسب کاربری اراضی برای توسعه شهر تبریز با استفاده از مدل AHP- OWA. پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دوره ۳، شماره ۳، صفحات ۳۸۱-۳۶۱.
- ❖ Chan, E., Janice, H., Hung, H., & Lam, H. 2019. Health impact of climate change in cities of middle-income countries: the case of China, British Medical Bulletin, 130:5-24, doi: 10.1093/bmb/ldz011.
- ❖ Fadhil, M., Hamoodi, M., & Ziboon, A. 2023. Mitigating urban heat island effects in urban environments: strategies and tools, 3rd International Conference on Smart Cities and



Sustainable Planning, doi:10.1088/1755-1315/1129/1/012025.

- ❖ Hansen, J., & et al. 2020. Graph of global annual mean surface air temperature change.
- ❖ Hobbie, S. E., & Grimm, N. B. 2020. Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci, 375, 20190124.
- ❖ Leal Filho, W., & et al. 2018. Coping with the impacts of urban heat islands. A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context, Journal of Cleaner Production, Volume 171, Pages 1140-1149, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.086>.
- ❖ Rupard, M. 2019. Urban Heat Islands: Causes, Impacts, & Mitigation.
- ❖ United Nations. 2019. World Urbanization Prospects the 2018 Revision.
- ❖ United Nations. 2020. World Urbanization Prospects: The 2020 Revision, Department of Economic and Social Affairs Population Division.



Investigating the effective factors on reducing the effects of heat islands in the city of Mashhad

Abstract

Today, one of the most important consequences of climate change in cities is urban heat islands. Heat island is a phenomenon due to which urban areas experience warmer temperatures than their surroundings. Based on the review of various researches, one of the most important effects of this phenomenon at the level of cities is the reduction of water quality and air pollution, increase in energy consumption, increase in thermal discomfort, threat to human health, etc. The current research has been carried out in order to investigate the effective factors in reducing the effects of heat islands in the city of Mashhad. In this research, based on qualitative content analysis, effective factors have been compiled to reduce the effects of heat islands in the city of Mashhad. In the following, by referring to 40 experts and elites related to the subject of this research, using the hierarchical analysis method, these factors have been prioritized. The results of this research show that the use of green roofs, a change in the non-renewable energy consumption pattern of citizens, the development of green spaces and tree planting, the use of cold roofs, the management of constructions and building density, the development of walking and cycling routes, insulation of buildings and use of materials compatible with the climate and compliance with land use are among the effective factors in reducing the effects of heat islands in the city of Mashhad. Also, according to experts, the change in non-renewable energy consumption patterns of citizens (with a score of 0.225), management of constructions and building density (with a score of 0.176) and the development of green spaces and tree planting (with a score of 0.148) are in the first to third places respectively in terms of the most impact.

Key words: Climate changes, Heat islands, Hierarchical analysis, Mashhad city.