

## تحلیل تأثیر تغییرات اقلیم شهری بر میزان توزیع فضایی جمعیت با تأکید بر جزایر حرارتی نمونه موردی: شهر ساری

پریچهر مصری علمداری<sup>۱</sup>  
سید حسن رسولی<sup>۲</sup>

### چکیده

در طول قرن بیستم آب و هوای زمین تعادل خود را از دست داده و دما رو به افزایش گذاشته است و اقلیم در حال تغییر و گرمایش جهانی در حال وقوع است. تغییرات اقلیمی از مباحث مهم اقلیمی است که در سال‌های اخیر افکار پژوهشگران و حتی سران حکومت‌ها و سازمان‌ها را به دلیل اثراتی که بر فعالیت‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و ... دارا می‌باشد، به خود مشغول داشته است. هدف از پژوهش حاضر بررسی میزان اثرات توزیع فضایی جمعیت شهر ساری بر تغییر اقلیم شهری با تأکید بر جزایر حرارتی می‌باشد. در این راستا پژوهش حاضر از نوع تحلیلی - توصیفی بوده و به لحاظ هدف، ماهیتی کاربردی - توسعه‌ای دارد. اطلاعات لازم برای پژوهش حاضر از سازمان‌های مدیریت شهری و ارگان‌هایی که مرتبط با موضوع پژوهش بوده‌اند، بدست آمده است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به جهت بررسی میزان توزیع فضایی جمعیت در هر یک از مناطق شهر ساری، از مدل آنتروپی شانون نسبی و برای محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی معادله عددی - نظری Oke به کار گرفته شده است. همچنین برای تولید نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS و برای بررسی ضریب اسپیرمن از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ارتباط مستقیمی میان شاخص توزیع فضایی جمعیت در نواحی و بیشینه جزایر حرارتی در شهر ساری وجود دارد به طوری که هر ناحیه که توزیع فضایی جمعیت زیاد بوده است، میزان جزایر حرارتی نیز متوسط رو به بالا بوده است. بنابراین در جهت رفع معضلات ناشی از بروز جزایر حرارتی در شهر لازم است تا به مقوله توزیع فضایی جمعیتی در شهر در برنامه‌ریزی جهت طرح‌های توسعه شهری توجه بیشتری شود.

واژگان کلیدی: توزیع فضایی جمعیت، اقلیم شهری، جزایر حرارتی، شهر ساری

### مقدمه

با آغاز انقلاب صنعتی در سال ۱۸۳۰ میلادی و رشد روز افزون دانش بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده و نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید موادی همچون دی اکسید کربن در جو شده است. افزایش جمعیت خود باعث تشدید این پدیده می‌شود. پدیده تغییر آب و هوا باعث به وجود آمدن بسیاری از مشکلات کنونی مانند گرم شدن تدریجی آب و هوا، ذوب شدن یخ‌ها، بالا آمدن سطح آب دریاها، بارش رگبارهای سیل‌آسا، افزایش میزان خشک‌سالی، بارش باران‌های اسیدی و تهدید سلامتی انسان و گونه‌های حیات وحش در مناطق مختلف زمین شده است (صابری‌فر، ۱۳۹۱: ۵۸). تلاش محققان بر آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم از طریق بررسی نوسانات بارش و دما می‌باشد (کریمی احمدآباد و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۴۲). دتینگر و همکاران در سال ۲۰۰۴ بیان می‌کنند که افزایش دمای جهانی به علت افزایش گازهای گلخانه‌ای

<sup>۱</sup>. استادیار، گروه جغرافیا - آب و هوا شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

Email: p\_mesry\_a@yahoo.com - Tel: 09144113202

<sup>۲</sup>. دانشجوی دکتری، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، تهران، ایران

در اتمسفر است و ریزگردهای جو در قرن بیست و یکم آن را تقویت نموده است. مقدار، توزیع و تغییرات زمانی مکانی بارش و دما از عوامل اساسی برای تصمیم‌گیری، مدیریت، برنامه‌ریزی و طراحی به ویژه در مناطقی همچون کشور ایران است که به لحاظ جغرافیایی در نوار عرضی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی قرار دارد و دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است (دارابی و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۵ و ۲۶). تغییرات پوشش زمین، تعادل انرژی سطح محلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Seto & Christensen, 2013: 1). به دلیل پدیداری محسوس تغییرات دمایی در شهرهای بزرگ و آلوده، با وجود آثار شدید شهرها بر بسیاری از عناصر هواشناختی، بیشتر پژوهش‌ها در این بخش مطالعه عنصر هواشناختی دما بوده است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۴). توسعه شهرنشینی و مهاجرت ساکنین روستاها به شهرها برای بهره‌مندی از مزایای تمدن به ویژه در نیمه دوم قرن بیستم سبب توسعه بیش از اندازه شهرها شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۲). با وجود تغییرات سال به سال دمای میانگین که به واسطه تغییرپذیری طبیعی اقلیم است، روندهای افزایشی دمای میانگین سالانه در اکثر مناطق ایران از جمله شهر ساری مشهود است. این روندهای افزایشی عمدتاً به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو (به دلیل سوختن سوخت‌های فسیلی و تغییر در ویژگی‌های سطح مناطق شهری می‌باشد (علیزاده چوبری و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۷۱ و ۵۷۲). در هر حال، در مکان‌های متفاوت، تغییرات اقلیمی، بر تراکم و تفرق سکونتگاه‌ها و جمعیت اثر می‌گذارد و وجود و حضور بعضی از آنها شرایط مناسب و تأثیرگذاری بعضی دیگر شرایط نامطلوب را از نظر چگونگی سیمای زیستی توجیه می‌نمایند و این تشخیص به لحاظ آن است که پدیده‌های اقلیمی تعیین‌کننده نظام استقرار قابل مشاهده و بررسی هستند؛ شهرها و توزیع فضایی جمعیت با موقعیت‌های طبیعی از جمله اقلیم کاملاً در ارتباط هستند. یعنی بر مبنای موقعیت طبیعی، چگونگی استقرار تعیین می‌شوند به عبارتی بر اساس همان موقعیت طبقه‌بندی می‌شوند و ویژگی‌های هر طبقه خصوصیات جمعیتی و فعالیت و چگونگی توسعه و پذیرش یا دفع جمعیت و در نهایت موقعیت کارکردی را تبیین می‌نماید.

در این ارتباط، شهر ساری در محدوده‌ای متراکم از مراکز فعالیت و سکونت قرار داشته و با برخورداری از قابلیت‌های مختلف توانسته است در سطح استان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار گردد. این شهر به دلیل موقعیت راهبردی و آب و هوای مناسب و دارا بودن مکان‌های گردشگری و توانمندی‌های کشاورزی منحصر به فرد با رشد جمعیت و افزایش مهاجرت مواجه است. الگوی پیش‌بینی آینده رشد شهری ساری نشان می‌دهد که شهر با نرخ رشد بالایی در حال گسترش است (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۸۳) با توجه به چالش‌هایی همچون رشد فزاینده جمعیت شهری، گسترش ناموزون و بی‌رویه شهرها، تخریب محیط زیست و غیره که سبب کاهش کیفیت زندگی و ایجاد کاربری‌های ناهمگون در مناطق مختلف شهری شده است؛ پیامد آن فراسنج‌های آب و هوایی منطقه نیز دستخوش تغییر می‌گردد که در این رابطه به بررسی اثر این تغییرات بر شهر ساری و راهکارهایی برای مواجهه با آن پرداخته شده است.

تغییرات آب و هوایی به معنی آن‌گونه تغییری در آب و هوا است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم ناشی از فعالیت‌های انسانی است که سبب تغییر در ترکیبات هواسپهر جهانی می‌گردد. این تغییرات به غیر از تغییرات طبیعی در آب و هوا است که در دوره‌های زمانی مشابه مشاهده می‌شود (اخوان کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸). گرم شدن زمین و به دنبال آن ذوب یخ‌های قطبی منجر به بالا آمدن سطح آب دریاها و جاری شدن سیل به ویژه در مناطق ساحلی مانند مناطق استوایی نیمه‌خشک خواهد شد. تغییرات آب و هوایی بسته به میزان شدت آن می‌تواند منجر به اثرات ناگهانی و جبران‌ناپذیری شود. آسیب‌های ناشی از پدیده تغییرات آب و هوایی موارد زیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد: (شکل ۱)



شکل (۱). آسیب‌های ناشی از پدیده تغییر آب‌وهوایی

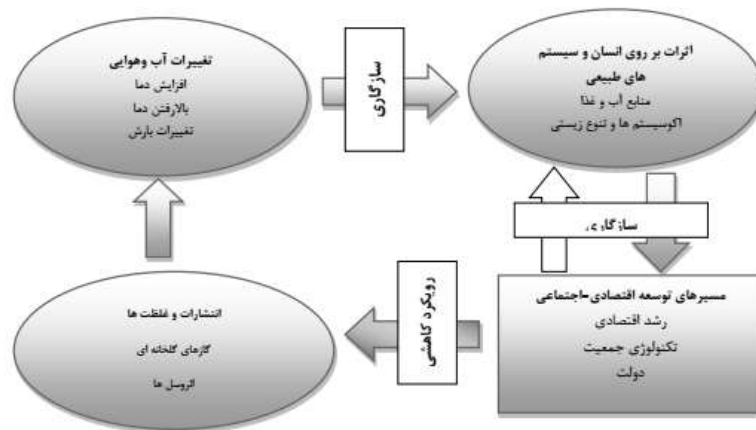
مأخذ: مطالعات نگارنده بر اساس پژوهش‌های اسلامیان و اخروی، ۱۳۹۴؛ خوش‌منش و همکاران، ۱۳۹۴؛ آقااحمدی و اسدی‌کنی، ۱۳۹۵؛ رضویان و همکاران، ۱۳۹۴؛ حسن-زاده قورت تپه، ۱۳۹۲؛ خانکه، ۱۳۹۶؛ برهانی و علیزاده، ۱۳۹۵

اثر جزیره گرمایی شهر به عنوان یکی از شاخص‌های اصلی تأثیرات شهر نشینی و تغییرات آب و هوایی در نظر گرفته می‌شود (Aina et al, 2017: 1) که می‌تواند تأثیر منفی قابل توجهی روی غلظت آلاینده‌ها، کیفیت هوا، مصرف انرژی و آب و سلامت انسان‌ها داشته باشد (Weng et al, 2019: 516). در جزایر گرمایی، توزیع دما به گونه‌ای است که حداکثر درجه حرارت در مرکز دیده می‌شود و با نزدیک شدن به حاشیه‌ی جزیره، دما کاهش می‌یابد (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۲). ارتباط میان رشد جمعیت و انتشار گاز گلخانه‌ای موضوعی پیچیده است و در سطوح مختلف تحلیل با یکدیگر تفاوت دارد. همانطور که از اختلاف فاحش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای دنیا برمی‌آید، اندازه جمعیت به خودی خود عامل اصلی گرم شدن کره زمین نیست. در سطح جهانی، مناطقی که بالاترین نرخ رشد جمعیت را تجربه می‌کنند، دارای سرانه انتشار پایینی هستند. ویژگی‌های جمعیتی تأثیر بسزایی در شیوه مصرف و انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند. در برخی از مناطق شهری، تغییرات ساختارهای سنی، بر روی انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی تأثیر خواهند گذاشت. سن به دلیل محدودیت‌هایی که در درآمد نیروی کار و تغییر در الگوهای مصرف ایجاد می‌کند، در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر خواهد بود (طارمی و همکاران، ۱۳۹۴). تغییر جمعیتی دیگری که ممکن است الگوهای انتشار را در مناطق شهری تحت تأثیر خود قرار دهد، روند افزایش خانوارهای کوچک‌تر است (جلالیان و همکاران، ۱۳۹۵).

دو گزینه اساسی در مواجهه با تغییرات آب و هوایی و کاهش آسیب پذیری ناشی از آن وجود دارد؛ این رویکردها عبارتند از رویکرد کاهش<sup>۱</sup> تغییرات آب و هوایی و دیگری سازگاری<sup>۲</sup> با آن است (Friebeck et al, 2012: 2). دو رویکرد کاهش و سازگاری با تغییرات آب و هوایی، مکمل یکدیگر و نه جایگزین هم هستند چرا که دوره‌های زمانی و بازیگران اصلی هر دو با یکدیگر متمایز هستند این دو رویکرد گاهی می‌توانند متقابلاً یکدیگر را تقویت نمایند. (OECD, 2010: 29). در شکل شماره ۲، جایگاه رویکرد سازگاری و کاهش در مواجهه با تغییرات آب و هوایی نشان داده شده است.

<sup>1</sup> mitigation

<sup>2</sup> adaptation



شکل (۲). جایگاه رویکرد سازگاری و کاهش در مواجهه با تغییرات آب و هوایی

مأخذ: Castro, 2010

هدف از رویکرد کاهش، پیش‌گیری از اثرات مخرب تغییرات آب‌وهوایی در بلندمدت است، درحالی که رویکرد سازگاری برای کاهش اثرات اجتناب تغییرات آب‌وهوایی در میان‌مدت و کوتاه‌مدت صورت می‌گیرد (Davoudi et al, 2010). با اینکه سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی توجهات کمتری نسبت به رویکرد کاهش دریافت نموده است (Füssel, 2007)، اما به عنوان یک ضرورت تلقی می‌شود و تا زمانی که انتشار گازهای گلخانه‌ای به صورت ثابت درنیاید، به کارگرفتن رویکرد سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی لازم است (Picketts et al, 2013). علاوه بر تفاوت در مقیاس زمانی، اثرات رویکرد سازگاری بیشتر در مقیاس‌های محلی تا منطقه اهمیت دارد، اما رویکرد کاهش در مقیاس‌های ملی و فراملی نتیجه‌بخش خواهد بود (Davoudi et al, 2010).

جدول (۲). ویژگی‌های رویکرد کاهش و سازگاری

ویژگی	رویکرد کاهش	رویکرد سازگاری
سیستم‌های هدف	تمامی سیستم	سیستم‌های منتخب
مقیاس اثر	جهانی	محلی تا منطقه‌ای
طول عمر	قرن‌ها	سال‌ها تا قرن‌ها
مدت زمان انجام فرایند	دهه‌ها	بلافاصله دهه‌ها
اثربخشی	قطعی	کمتر قطعی
منافع جانبی	گاهی اوقات	اغلب اوقات
پرداخت آلاینده	به طور معمول بله	لازم نیست
منافع پرداخت کننده	کم	به طور تقریباً کامل
پایش	تقریباً راحت و ساده	سخت و پیچیده

مأخذ: Füssel and Klein, 2006

## داده و روش‌ها

پژوهش حاضر به جهت هدف از نوع کاربردی - توسعه‌ای بوده و با توجه به روش انجام کار، توصیفی - تحلیلی می‌باشد. در این پژوهش به جهت اندازه‌گیری توزیع فضایی جمعیت در نواحی یازده‌گانه شهر ساری، از داده‌های تحت سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. به جهت بررسی میزان توزیع فضایی جمعیت در هر یک از نواحی شهر ساری، از مدل آنتروپی شانون نسبی و برای محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی معادله عددی - نظری Oke به کار گرفته شده است. پس از محاسبه توزیع فضایی جمعیت و

حداکثر شدت جزیره حرارتی، دسته‌بندی نتایج هر یک از دو مدل بر اساس روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی، محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن جهت تعیین میزان همبستگی حداکثر شدت جزایر حرارتی با هر یک از شاخص‌های جمعیتی دخالت داده شده شامل تراکم جمعیتی، تراکم کلی مسکونی و تراکم خالص مسکونی در آنتروپی شانون با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت می‌پذیرد.

ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن توسط چارلز اسپیرمن (۱۸۶۳-۱۹۴۵)، روانشناس و آماردان انگلیسی در سال ۱۹۰۴ معرفی شد. این ضریب میزان همبستگی رابطه میان دو متغیر ترتیبی را نشان می‌دهد و به عبارت دیگر متناظر ناپایداری ضریب همبستگی پیرسون می‌باشد. در این ضریب همبستگی به جای استفاده از خود مقادیر متغیرها از رتبه‌های آنان استفاده می‌شود. رابطه مربوط به ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

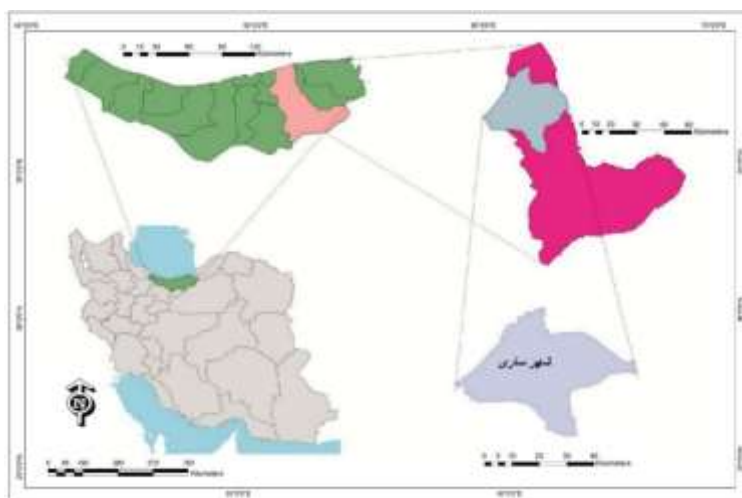
که در آن:

D: تفاوت بین رتبه‌های اعضای متناظر دو گروه مورد بررسی.

n: حجم هر گروه.

### معرفی منطقه مورد مطالعه

ساری مرکز استان مازندران در شمال ایران، یکی از بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهرهای استان مازندران و شمال کشور است که در موقعیت ۵۳ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. از لحاظ موقعیت طبیعی، این شهر در جنوب دریای مازندران و در منطقه جلگه‌ای شهرستان ساری قرار گرفته و تنها قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی آن به کوه‌ها و تپه ماهورهای کم ارتفاع منتهی می‌گردد. ارتفاع شهر از سطح دریاها ۱۸.۵ متر و اختلاف مساحت آن تا ساحل دریای مازندران ۲۴ کیلومتر می‌باشد. شیب عمومی شهر از جنوب به شمال بوده و بسیار ملایم است (مطالعات طرح جامع ساری، مهندسی مشاور مازند طرح، ۱۳۹۴). شکل شماره ۳، موقعیت شهر ساری به عنوان منطقه مورد مطالعه در سلسله‌مراتب تقسیمات کشوری را نشان داده شده است.



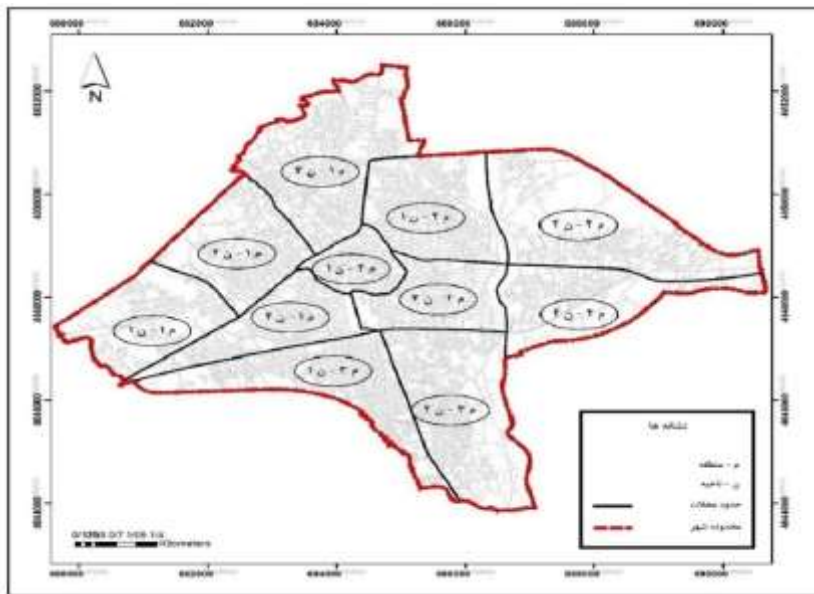
شکل (۳). نقشه موقعیت جغرافیایی شهر ساری

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

## یافته‌های تحقیق

شهر ساری دارای ۴ منطقه و ۱۱ ناحیه است. که در این میان ناحیه ۴ از منطقه یک بیشترین میزان جمعیت و ناحیه ۳ از منطقه ۱ بیشترین مساحت را دارا می‌باشند.

در شکل شماره ۴، تقسیمات کالبدی شهر ساری نشان داده شده است.



شکل (۴). نقشه تقسیمات کالبدی شهر ساری

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

## توزیع فضایی جمعیت در مناطق شهر ساری بر اساس مدل آنتروپی شانون نسبی

در این پژوهش، با استفاده از رابطه شماره ۱، توزیع فضایی جمعیت بر اساس شاخص‌های تراکم جمعیتی، تراکم کلی مسکونی و تراکم خالص مسکونی محاسبه شده است.

رابطه ۱

$$H_k = \left[ - \sum_{i=1}^k P_i * \log_e P_i \right] / \log_e(k)$$

جدول (۳). جمعیت و مساحت مناطق شهر ساری در سال ۱۳۹۵

منطقه	ناحیه	مساحت (He)	جمعیت
۱	۱	۱۱۲.۴۱۵۴	۳۱۴۳۸
	۲	۱۶۱.۳۸۴۷	۴۶۴۵۹
	۳	۲۵۵.۹۴۶۲	۴۷۹۳۷
	۴	۲۰۴.۳۹۵۱	۶۷۷۷۵
۲	۱	۲۳۴.۹۴۲۲	۲۹۱۸۸
	۲	۱۵۲.۰۹۸۳	۲۸۵۱۰
	۳	۱۷۲.۹۵۸۸	۳۷۷۱۸
	۴	۱۴۶.۵۶۲۴	۲۹۶۶۳
۳	۱	۲۰۴.۶۹۰۵	۳۸۱۸۳
	۲	۱۷۵.۰۹۸۷	۳۹۵۷۵
۴	۱	۱۱۱.۹۶۱۴	۳۳۱۷۴
مجموع		۱۹۳۲.۴۵۴	۴۲۹۶۲۰

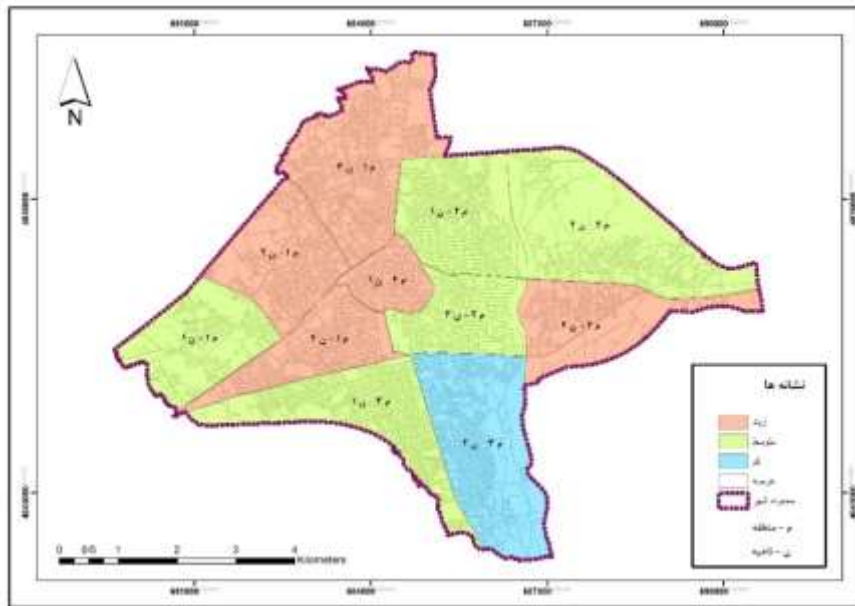
مأخذ: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵ و شهرداری ساری؛ محاسبات نگارنده، ۱۳۹۹

جدول ۴- میزان آنتروپی شانون نسبی در مناطق شهر ساری

مناطق	نواحی	تراکم جمعیتی		تراکم کلی مسکونی		تراکم خالص مسکونی		آنتروپی شانون نسبی
		$P_i$	$P_i * \log_e P_i$	$P_i$	$P_i * \log_e P_i$	$P_i$	$P_i * \log_e P_i$	
۱	۱	۰.۰۲۸	-۰.۰۴۳	۰.۰۳۰	-۰.۰۴۶	۰.۲۰	-۰.۰۳۴	۰.۱۱۸
	۲	۰.۰۲۹	-۰.۰۴۵	۰.۰۳۲	-۰.۰۴۸	۰.۵۲	-۰.۱۴۸	۰.۲۳۲
	۳	۰.۰۱۹	-۰.۰۳۳	۰.۰۲۱	-۰.۰۳۵	۰.۶۰	-۰.۱۳۳	۰.۱۹۳
	۴	۰.۰۳۳	-۰.۰۵۰	۰.۰۳۶	-۰.۰۵۲	۰.۷۳	-۰.۰۹۹	۰.۱۹۳
۲	۱	۰.۰۱۲	-۰.۰۲۳	۰.۰۱۷	-۰.۰۳۰	۰.۷۶	-۰.۰۹۱	۰.۱۳۸
	۲	۰.۰۱۹	-۰.۰۳۳	۰.۰۲۷	-۰.۰۴۲	۰.۰۷	-۰.۰۸۱	۰.۱۵۰
	۳	۰.۰۲۲	-۰.۰۳۶	۰.۰۲۹	-۰.۰۴۵	۰.۷۹	-۰.۰۸۱	۰.۱۵۶
	۴	۰.۰۲۰	-۰.۰۳۴	۰.۰۲۶	-۰.۰۴۱	۰.۱۰	-۰.۰۱	۰.۱۶۸
۳	۱	۰.۰۱۹	-۰.۰۳۳	۰.۰۲۷	-۰.۰۴۲	۰.۸۳	-۰.۰۶۷	۰.۱۳۶
	۲	۰.۰۲۳	-۰.۰۳۸	۰.۰۲۸	-۰.۰۴۳	۰.۹۵	-۰.۰۲۱	۰.۰۹۸
۴	۱	۰.۰۳۰	-۰.۰۴۶	۰.۰۳۴	-۰.۰۶۳	۰.۴۰	-۰.۱۵۹	۰.۲۵۷

مأخذ: محاسبات نگارنده، ۱۳۹۹

پس از خوشه‌بندی نهایی، آنتروپی شانون نسبی هر منطقه در سه دسته کم (اعداد کمتر از ۰.۱)، متوسط (اعداد بین ۰.۱ تا ۰.۱۵) و زیاد (اعداد بیشتر از ۰.۱۵) دسته‌بندی و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ترسیم می‌شوند. در شکل شماره ۵، میزان آنتروپی نسبی در نواحی شهر ساری مشخص شده است.



شکل (۵). نقشه میزان آنتروپی نسبی در نواحی شهر ساری

تنظیم: نگارنده، ۱۳۹۹

مقایسه نواحی نشان از آن دارد که ناحیه دو از منطقه سه، کمترین تعادل را در پراکنش جمعیت دارند و نواحی ۲ و ۳ و ۴ از منطقه یک، نواحی ۳ و ۴ از منطقه ۲ و ناحیه یک از منطقه چهار از بیشترین تعادل در پراکنش فضایی جمعیت برخوردارند.

#### محاسبه بیشینه شدت تغییرات جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در خصوص همبستگی میان شدت جزایر حرارتی با جمعیت صورت پذیرفته است. در پژوهش حاضر همانطور که گفته شد برای محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی از معادله عددی - نظری Oke استفاده شده است. عملکرد این مدل مبتنی بر یک رابطه لگاریتمی است.

رابطه ۲

$$\Delta T = -4.06 - \log p . 2.01$$

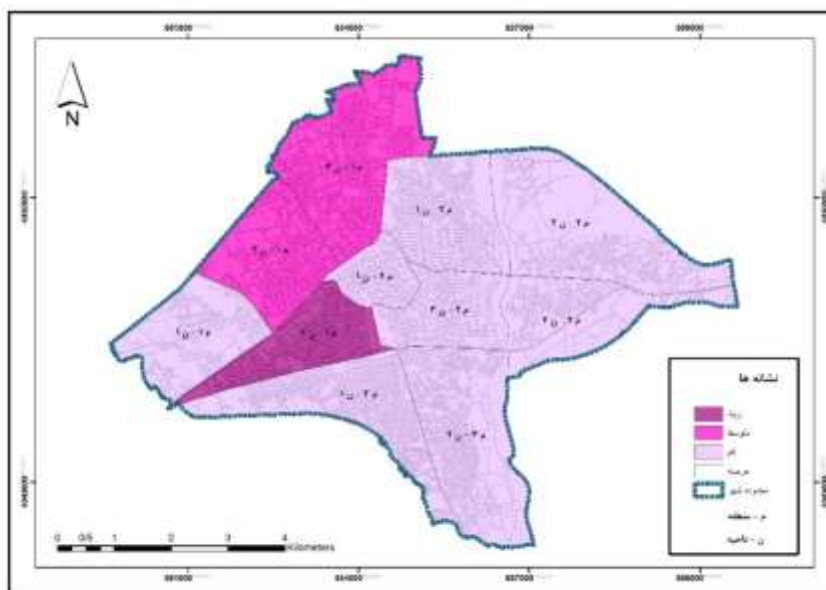
در این رابطه  $\Delta T$  بیشینه شدت جزیره حرارتی ( $^{\circ}\text{C}$ ) و  $p$  جمعیت هر ناحیه است. بیشینه شدت تغییرات شدت تغییرات جزایر حرارتی در هر یک از نواحی شهر ساری به شرح جدول شماره ۵ است. پس از محاسبه بیشینه شدت جزایر حرارتی، این شاخص در سه دسته کم (اعداد کمتر از ۱۳.۳۵)، متوسط (بین ۱۳.۳۵ تا ۱۳.۶۵) و زیاد (اعداد بیشتر از ۱۳.۶۵) دسته‌بندی شده و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ترسیم می‌شوند. در جدول شماره ۵ و شکل شماره ۶ بیشینه شدت جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری مشخص شده است.



جدول (۵). بیشینه شدت جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری

مناطق	نواحی	بیشینه شدت جزایر حرارتی
۱	۱	۱۳.۱۰
	۲	۱۳.۴۴
	۳	۱۳.۴۷
	۴	۱۳.۷۷
۲	۱	۱۳.۰۴
	۲	۱۳.۰۱
	۳	۱۳.۲۶
	۴	۱۳.۰۵
۳	۱	۱۳.۲۷
	۲	۱۳.۳۰
۴	۱	۱۳.۱۵

مأخذ: محاسبات نگارنده، ۱۳۹۹



شکل (۶). نقشه بیشینه شدت جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری

تنظیم: نگارنده، ۱۳۹۹

### بررسی رابطه توزیع فضایی جمعیت و شدت تغییرات حرارتی

پس از بررسی میزان توزیع فضایی جمعیت و شدت تغییرات جزایر حرارتی، این نتیجه حاصل شده است که ارتباط نسبی بین دو شاخص توزیع فضایی جمعیت و شدت تغییرات جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری برقرار می‌باشد. در ناحیه ۲ از منطقه ۳ شهر ساری که کمترین میزان تعادل را در توزیع فضایی جمعیت داشته است، شدت تغییرات جزایر حرارتی نیز کم بوده است و در نواحی که توزیع فضایی جمعیت نیمه‌متعادل بوده است (ناحیه یک از منطقه یک، نواحی ۱ و ۲ و ۳ از منطقه ۲، و ناحیه ۱ از منطقه ۳ شهر ساری)، شدت تغییرات جزایر حرارتی کم بوده است. همچنین در نواحی که توزیع فضایی جمعیت متعادل بوده است، (نواحی ۲ و ۳ از منطقه یک، ناحیه ۴ از

منطقه ۲ و ناحیه یک از منطقه ۴)، شدت تغییرات جزایر حرارتی کم و متوسط بوده است. اما در ناحیه ۴ از منطقه ۱ با وجود تعادل در توزیع فضایی جمعیت شدت تغییرات حرارتی در حالت بیشینه قرار دارد. علت این مسئله با استفاده از محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن بین هر یک از شاخص‌های استفاده شده در توزیع فضایی جمعیت با شدت تغییرات جزایر حرارتی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج به دست آمده گویای این واقعیت است ارتباط مستقیم بین تراکم خالص مسکونی و شدت تغییرات جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری وجود دارد. هرچه میزان تراکم خالص مسکونی رو به افزایش باشد، شدت تغییرات جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری نیز افزایش می‌یابد و هرچه از میزان تراکم خالص مسکونی کاسته می‌شود، شدت تغییرات جزایر حرارتی رو به کاهش است.

در مناطقی که کمترین میزان تعادل را در توزیع فضایی جمعیت داشته‌اند، شدت تغییرات بیشتری در جزایر حرارتی مشاهده شده و در مناطقی که توزیع فضایی جمعیت نیمه متعادل و متعادل بوده است، شدت تغییرات کمتری در جزایر حرارتی نمود پیدا کرده است. از سوی دیگر با توجه به نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن می‌توان گفت مهم‌ترین شاخصه اثرگذار در بیشینه شدت تغییرات جزایر حرارتی که ارتباطی معکوسی با این پدیده دارد، تراکم خالص مسکونی است.

### نتیجه‌گیری

توجه به توسعه و افزایش جمعیت شهرها یک ضرورت مهم در برنامه‌ریزی‌های توسعه شهری محسوب می‌گردد. در ایران رشد سریع و ناموزون جمعیت شهرها از مشکلات اساسی شهرها می‌باشد که همواره پیامدهای منفی برای شهرها را به همراه داشته است. افزایش جمعیت شهرها باعث شکل‌گیری جزایر حرارتی و گرم شدن هوای شهرها شده است. پژوهش حاضر به بررسی رابطه میان توزیع فضایی جمعیت و ایجاد جزایر حرارتی در شهر ساری پرداخته است.

در پژوهش‌های قبلی انجام یافته در راستای موضوع، لی و همکاران روشی جدید را برای تعیین کمیت شدت جزیره حرارتی شهری مورد استفاده قرار دادند که در آن با استفاده از رابطه بین دمای سطح زمین و سطوح غیرقابل نفوذ به تعیین شدت جزیره حرارتی شهری پرداختند که از آنجایی که پژوهش حاضر به بررسی جزایر حرارتی بر اساس رشد جمعیت شهری پرداخته است، متفاوت از پژوهش لی و همکارانش می‌باشد. از طرفی رنجبر سعادت‌آبادی و همکاران، در شهر تهران به مطالعه جزایر حرارتی شهر بر اساس معیارهای آب‌وهوایی و زمان استقرار توده هوای گرم پرداختند که در مقابل پژوهش حاضر دارای روشی متفاوت می‌باشد. ولی از آنجایی که ایشان در پژوهش خود در رابطه با ارتباط شدت جزیره گرمایی با اندازه شهر دریافته‌اند که متوسط شدت نسبی جزیره گرمایی تهران در تابستان روی داده و با گذشت زمان و افزایش روند جمعیت، بیشتر منجر به آزاد شدن انرژی مصنوعی و دست‌ساز بشر به جو، و احتمال وقوع بیشینه شدت جزیره گرمایی در فصول پاییز و زمستان بیشتر می‌گردد. لذا در نتیجه رشد سریع صنعتی شدن و توسعه شهرنشینی سبب افزایش بسیار زیاد روند دمای تهران نسبت به ورامین شده است. یافته‌های پژوهش رنجبر سعادت‌آبادی و همکارانش با یافته‌های پژوهش حاضر که رشد جمعیت سبب بروز جزایر گرمایی شهری و افزایش آن می‌شود، همخوانی دارد.

ولی پژوهش شیروانی مقدم و سعیدی مفرد که پژوهش خود به بررسی توزیع فضایی جمعیت در جزایر حرارتی پرداختند که از این جهت مشابه پژوهش حاضر بوده و نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. یافته‌های پژوهش ایشان نشان داده است که ارتباط مستقیمی میان تراکم خالص مسکونی و شدت تغییرات جزایر حرارتی در مناطق شهر مشهد وجود دارد و هر چه تراکم خالص مسکونی افزایش یابد، شدت جزایر حرارتی در مناطق شهر مشهد نیز بیشتر می‌شود. در پژوهش حاضر نیز مشخص شده است که هرچه از میزان تراکم خالص مسکونی کاسته شود، شدت تغییرات جزایر حرارتی رو به کاهش است. بنابراین یافته‌های دو پژوهش مذکور با هم همخوانی داشته و نتایج پژوهش شیروانی مقدم و سعیدی مفرد، پژوهش حاضر را تأیید می‌کند.

بر اساس یافته‌های این تحقیق ارتباط نسبی بین شاخص‌های توزیع فضایی جمعیت و بیشینه شدت تغییرات جزایر حرارتی در نواحی مختلف شهر ساری وجود دارد. مناطقی که کمترین میزان تعادل را در توزیع فضایی جمعیت داشته‌اند، تغییرات شدیدتری در جزایر حرارتی مشاهده شده و در مناطقی که توزیع فضایی جمعیت نیمه متعادل و متعادل بوده است، شدت تغییرات کمتری در جزایر

حرارتی نمود پیدا کرده است. نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن نشان می دهد که مهم ترین شاخص مؤثر در بیشینه شدت تغییرات جزایر حرارتی تراکم خالص مسکونی است. نواحی در شهر ساری که دارای بیشترین میزان شدت تغییرات جزایر حرارتی بوده اند، از کمترین میزان تراکم خالص مسکونی نیز برخوردار بوده اند. بنابراین به کارگیری سیاست های مناسب از جمله تجدیدنظر و بهبود مدیریت در نحوه بارگذاری های جمعیتی در انواع طرح های توسعه شهری و برنامه ریزی برای مدیریت و ساماندهی ساخت و سازهای شهری در ارتباط با شدت تغییرات جزایر حرارتی امری ضروری است که می تواند، مؤثر واقع شود. همچنین می تواند زمین های مطلوب برای هدایت تدوین سیاست های جمعیتی در انواع طرح های توسعه شهری جهت ایجاد تعادل با پایداری در شهر ساری فراهم آورد.

## منابع

- اخوان کاظمی، مسعود، حسینی، طیبه سادات، بهرامی‌پور، فرشته (۱۳۹۸)، مطالعه واکاوی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر امنیت بین-المللی، فصلنامه مطالعات روابط بین‌الملل، سال دوازدهم، شماره ۴۶، صص ۹-۳۹.
- اسلامیان، سیدسعید، اخروی، سیدسعید (۱۳۹۴)، نگاه کمی به پدیده تغییر اقلیم و راهکارهای سازش با آن، مجله علمی - ترویجی سامانه‌های سطوح آنگیر باران، دوره سوم، شماره ۳، صص: ۲۶-۱۵.
- آقااحمدی، امیرحسین، اسدی کنی، رضا، (۱۳۹۵)، تغییر اقلیم، معاونت امورباغبانی، گروه مطالعات و فن آوری‌های نوین وزارت جهاد کشاورزی.
- برهانی، کاظم. عزیززاده، شیوا (۱۳۹۵)، بررسی نقش تغییر اقلیم در فقر شهری، چهارمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، دبیرخانه دائمی کنفرانس، دانشگاه شهید بهشتی، [https://www.civilica.com/Paper-ICSAU04-ICSAU04\\_2539.html](https://www.civilica.com/Paper-ICSAU04-ICSAU04_2539.html)
- جلالیان، حمید. پاشازاده، اصغر. نامداری، فریوش (۱۳۹۵)، عوامل موثر در تحولات جمعیتی و کالبدی سکونتگاه‌های پیرامون کلانشهرها و پیامدهای آن، پژوهش موردی: شهر قرچک، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، سال هفتم، شماره ۱، پیاپی ۱۳، صص ۵۰-۳۳.
- حسن‌زاده قورت تپه، عبدالله، (۱۳۹۲)، تاثیر تغییر اقلیم بر تنوع گونه‌ای، دومین همایش ملی تغییر و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ۱ مردادماه ۱۳۹۲
- حسینی، سید احمد. ابراهیم‌زاده، عیسی. رفیعیان، مجتبی. مدیری، مهدی. احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۹۴)، نظارت بر پویایی شهرنشینی در ایران معاصر با استفاده از تصاویر چند زمانه DMS/OLS، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۴، شماره ۹۶، صص ۳۷-۲۱.
- خانکه، حمیدرضا، (۱۳۹۶)، **تاثیرات سلامتی تغییرات اقلیم، همایش بین‌المللی تغییرات اقلیمی و نظام سلامت، کرمان:** دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ۲۴ و ۲۵ آبان ماه ۱۳۹۶
- خوش‌منش، بهنوش، پورهاشمی، سیدعباس، سلطانیه، محمد، هیرمیداس بوند، داوود، (۱۳۹۴)، بررسی پیامدهای تغییر اقلیم از دیدگاه حقوق بشر، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره هفدهم، شماره ۴، صص: ۲۲۳-۲۳۴
- دارابی، حسن، جعفری، عباس، اخوان فرشچی، کیمیا (۱۳۹۵). تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن. مطالعات علوم محیط زیست، سال اول، شماره دوم، ۴۰-۲۵.
- رحیمی، جابر، بذرافشان، جواد، رحیمی، علی (۱۳۹۰)، بررسی تغییرات روزهای بارشی تحت تأثیر خرد اقلیم شهری در کلان‌شهر تهران، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، دوره ۷۷، صص ۹۳-۱۰۸.
- رضویان، فاطمه، ایزدیار، صبا، آقاپناه، بهناز، (۱۳۹۴)، عوامل به وجود آورنده تغییرات اقلیمی (گرمایش جهانی) و اثرات آن، دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط زیست، تهران: مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، ۵ اسفند ۱۳۹۴
- رنجبر سعادت آبادی، عباس، علی اکبری بیدختی، عباسعلی، صادقی حسینی، سیدعلیرضا (۱۳۸۴)، آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان‌شهر تهران بر اساس داده‌های مهرآباد و ورامین، مجله محیط‌شناسی، شماره ۳۹، صص: ۶۸-۵۹.
- شکری کوچک، سعید، بهینا، عبدالکریم (۱۳۹۰)، تاثیر پدیده جزیره گرمایی بر تغییر اقلیم محلی در کلان شهر اهواز، مجله علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۳۴، شماره ۱، صص: ۴۳-۳۵.
- شیروانی مقدم، سوسن. سعیدی مفرد، ساناز (۱۳۹۷)، **سنجش اثرگذاری توزیع فضایی جمعیت بر تغییر اقلیم شهری با تأکید بر جزایر حورآرتی**، معماری شهری پایدار، سال ششم، شماره اول، صص ۸۸-۷۹.
- صابری‌فر، رستم (۱۳۹۱)، **تغییرات آب و هوایی و تأثیر آن بر فجاج طبیعی**، سپهر، دوره بیست‌ویکم، شماره هشتادویکم، صص ۶۵-۵۸.

- طارمی، عذرا. متصدی زرنندی، سعید. عابدی، زهرا. علی پناهی، بهاره (۱۳۹۴)، بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل درون شهری و برآورد میزان کاهش هزینه‌های خارجی و اجتماعی با جایگزینی گاز طبیعی؛ (مطالعه موردی: شهر زنجان)، پژوهش‌های محیط زیست، سال ۶، شماره ۱۱، صص ۲۴-۱۵.
- علیجانی، بهلول. طولابی‌نژاد، میثم. صیادی، فریبا (۱۳۹۶)، محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری؛ مورد مطالعه: محله کوچه‌باغ شهر تبریز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۳، صص ۹۹-۱۱۲.
- علیزاده چوبری، امید، نجفی، محمد سعید (۱۳۹۵)، **روند تغییرات دمای هوا و بارش در مناطق مختلف ایران، فیزیک زمین و فضا**، دوره چهل و سوم، شماره سوم، ۵۸۴-۵۶۹.
- کریمی احمدآباد، مصطفی، قاسمی، الهه (۱۳۹۶)، بررسی پدیده تغییر اقلیم با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۱، شماره ۶۱، صص: ۳۶۱-۳۴۱.
- متکان، علی اکبر، نوحه‌گر، احمد، میرباقری، بابک، ترک‌چین، ناهید (۱۳۹۳). تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجیده ASTER (مطالعه موردی: شهر بندر عباس)، **سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی**، سال پنجم، شماره ۴، صص: ۱۴-۱.
- محمودزاده، حسن، غلام‌نیا، خلیل، موسوی، سید محمود (۱۳۹۷). رویکرد سناریو محور در مدلسازی توسعه شهری (مطالعه موردی ساری)، **نشریه جغرافیا و برنامه ریزی**، دوره ۲۲، شماره ۶۴، صص: ۲۸۶-۲۶۷.
- Aina Y.A. , Adam E.M. , Ahmed F.(2017), Spatiotemporal Variations in The Impacts of Urban Land Use Types on Urban Heat Island Effects: The Case of Riyadh, Saudi Arabia, 37th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Tshwane, South Africa, Volume XLII-3/W2, pp: 1-20.
- Castro, Paula (2010), climate change mitigation in advanced developing countries: Empirical analysis of the low-hanging fruit in the current CDM, center for comprehensive and international studies (ETH Zurich and university of Zurich, No.54
- Davoudi, S., Crawford J., Mehmood A. (eds.), (2010), Planning for climate change: strategies for mitigation and adaptation for spatial planners, London, Earthscan.
- Frieseck, Frank, Sophie Schetke and Sheo Kotter (2012), urban planning for climate change, position paper of FIG working group 8.1, Germany
- Füssel H.M & Klein. R, (2006), Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking, Climatic Change, Volume 75, Issue 3, pp 301-329.
- Füssel, H.-M (2007), Adapting planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons, integrated Research System for Sustainability Science and Springer, pp.265-275.
- OECD (2010), cities and climate change, OECD publishing.
- Picketts, I.M., Déry, S.J., Curry, J.A., (2013), Incorporating climate change adaptation into local plans, Journal of Environmental Planning and Management, Volume 57, Issue 7. pp: 37-41
- Seto, Karen C. and Peter. Christensen. (2013), Remote Sensing Science to Inform Change Mitigation Strategies, Urban Climate, In Press, Accepted Manuscript, Available online 21 March.
- Weng Q. , Karimi Firozjarei M. , Sedighi A. , Kiavarz M. , Alavipanah S.K. (2019), Statistical analysis of surface urban heat island intensity variations: A case study of Babol city, Iran, GIScience & Remote Sensing, Volume 56, Issue 4, pp: 517-604.