

# تأثیر پدیده جزیره گرمایی بر تغییر اقلیم محلی در کلان شهر اهواز

سعید شكري كوچك\*<sup>۱</sup> و عبدالکريم بهنيا<sup>۲</sup>

\* - نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز saeed.shokri88@yahoo.com  
۲- استاد بازنشسته گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز behnia1322@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۲

## چکیده

توسعه افقی و عمودی شهرها و روند رو به رشد فعالیتهای صنعتی در آنها منجر به تغییرات زیادی در خصوصیات فیزیکی سطح زمین، انرژی آزاد شده، آلودگی هوا، دما و در نتیجه سبب تغییر اقلیم محلی در کلان شهرها گردیده است. شهرها اغلب گرمتر از محیط اطرافشان هستند. این پدیده به وسیله اختلاف معنی دار بین انرژی شهرها و حومه آن تعیین می شود. برای تعیین این تغییرات در کلان شهر اهواز، داده های هواشناسی ایستگاههای سینوپتیک اهواز و دزفول در طی یک دوره ۴۴ ساله مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. بررسی داده ها نشان داد که میانگین سالیانه دمای حداقل اهواز در ۴۴ سال دارای روند افزایشی  $0.375^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $(0.77^{\circ}\text{C}/\text{Yr})$  است. این در حالی است که میانگین سالانه دمای حداقل دزفول فاقد تغییر بود. نتایج روند افزایشی دما در اهواز نسبت به دزفول روند فزاینده را نشان می دهد که ناشی از اثر جزیره گرمایی شهر اهواز و حاکی از عدم توسعه یافتگی شهر دزفول در گذر زمان می باشد. بیشترین میزان افزایش میانگین ماهانه دمای حداقل اهواز در  $44^{\circ}\text{C}$  سال  $0.14^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $(0.94^{\circ}\text{C}/\text{Yr})$  در ماه آذر و کمترین مقدار آن در  $44^{\circ}\text{C}$  سال  $0.07^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $(0.47^{\circ}\text{C}/\text{Yr})$  در ماه اسفند است. معمولاً وسعت و گسترش شهر مؤثرترین عامل در شدت جزیره گرمایی شناخته می شود و از عوامل مهمی که سبب افزایش شدت اثر جزیره گرمایی و در نتیجه تغییر اقلیم محلی در کلان شهرها گردیده، رشد جمعیت می باشد و جمعیت را به عنوان پارامتری که بیانگر اندازه شهر است در نظر می گیرند. در این تحقیق رابطه ای برای شدت متوسط جزیره گرمایی شهر اهواز برحسب لگاریتم جمعیت بدست آمده است.

**کلید واژه ها:** جزیره گرمایی، اقلیم محلی، سری زمانی، روند افزایشی، رشد جمعیت.

## مقدمه

افزایش دمای هوا در محیطهای شهری نسبت به محیطهای روستایی می شوند. از جمله این عوامل گسیل گرما به موجب فعالیت های انسانی در قالب واحدهای صنعتی، گرمایش مسکونی، وسایل موتوری و غیره می باشند (علی اکبری بیدختی و همکاران، ۱۳۸۲).

شهرها اغلب گرمتر از محیط اطرافشان هستند (لندزبرگ<sup>۲</sup>، ۱۹۸۱). این پدیده بوسیله اختلاف معنی دار بین انرژی شهرها و حومه آن تعیین می شود (کرتوزن<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴). محیطهای شهری روی جو و لایه های مرزی جو اثر می گذارد (رنجر سعاد آبادی و همکاران، ۱۳۸۴ الف). معمولاً پدیده جزیره گرمایی شهری<sup>۴</sup> تحت شرایط پایداری جوی، تشکیل و توسعه می یابد (رنجر سعاد آبادی و همکاران، ۱۳۸۴ ب). در خصوص جزیره گرمایی شهرهای

شهر مهمترین مکان سکونت انسان می باشد. حدود (۵۰ تا ۶۰) درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی می کنند. نیمه دوم قرن گذشته دوره شهرسازی متراکم بوده که زمین هرگز تجربه آن را نداشته است. در حقیقت فقط در طی ۱۰۰ سال جمعیت شهرها از ۱۶۰ میلیون نفر به حدود سه میلیارد نفر افزایش یافته است و انتظار می رود به حدود پنج میلیارد نفر در سال ۲۰۲۵ افزایش یابد. توسعه افقی و عمودی شهرها و روند روبه رشد فعالیتهای صنعتی در آنها، منجر به تغییرات زیادی در خصوصیات فیزیکی سطح زمین، انرژی آزاد شده، آلودگی هوا، دما و در نتیجه سبب تغییر اقلیم محلی در کلان شهرها گردیده است (رنجر سعاد آبادی و همکاران، ۱۳۸۴ الف). زیر ساخت های موجود منابع مورد استفاده، تولید مواد زائد و گازهای خروجی عامل تغییرات زیست محیطی می باشند (هاردی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۱). عوامل مختلفی سبب

2. Landsberg  
3. Crutzen  
4. Urban Heat Island (UHI)

1. Hardy et al.

اقلیمی ناشی از شهر نشینی که بیشترین اثر خود را بر روی دما و باد می‌گذارد بررسی شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

#### موقعیت شهر اهواز

شهر اهواز در ارتفاع ۲۲/۵ متری سطح دریا می‌باشد و بین ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول جغرافیایی تا ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض جغرافیایی، واقع شده است. اقلیم این شهر براساس طبقه بندی دوماتن<sup>۱۵</sup> که متکی به دو متغیر میانگین بارندگی و میانگین دما است، در گروه اقلیم خشک قرار دارد. شایان ذکر است اقلیم خشک برای مناطقی بکار می‌رود که میزان ریزش‌های جوی در آنجا کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال باشد.

براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی اهواز دو ماه تیر و مرداد با متوسط دمای ۳۸/۶ درجه سانتی‌گراد گرمترین ماه‌های سال و ماه‌های دی و بهمن با متوسط ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد، سردترین ماه‌های سال به شمار می‌روند.

در طول ۵۰ سال گذشته، حداقل و حداکثر دمای شهر اهواز به ترتیب ۷- و ۵۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای شهر در همین دوره ۲۵/۳ درجه سانتی‌گراد بوده است. متوسط درجه حرارت در تابستان ۴۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط درجه حرارت در زمستان چهار درجه سانتی‌گراد میزان بارندگی سالانه به طور متوسط ۲۱۳ میلی‌متر است. بیشترین میزان بارندگی در ماه دی روی می‌دهد.

#### موقعیت شهر دزفول

شهرستان دزفول از نظر جغرافیایی در ۴۸ درجه و ۲۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه عرض جغرافیایی گسترده شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۳ متر می‌باشد. دزفول مانند بیشتر شهرهای خوزستان دارای آب و هوای گرم بوده که بعضی از روزها علاوه بر گرم بودن شرایط شرجی نیز بر این منطقه حاکم است. تابستانی گرم و زمستانی مدیترانه‌ای دارد. میانگین بارش سالانه باران ۲۵۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت در تابستان ۴۹ درجه و متوسط درجه حرارت در زمستان سه درجه می‌باشد.

#### موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی

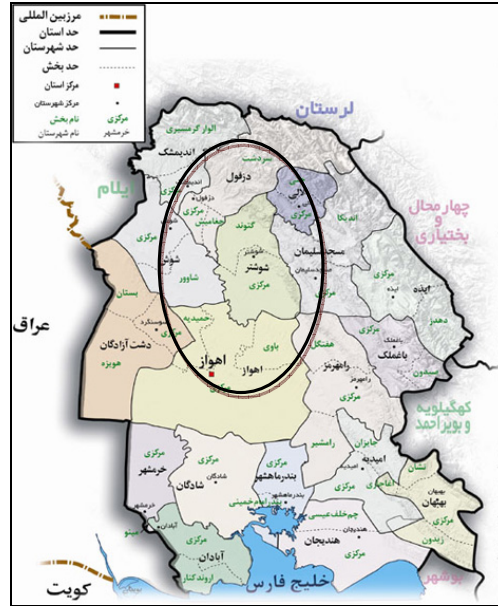
ایستگاه سینوپتیک اهواز در ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۲۲/۵ متری از سطح دریا و ایستگاه سینوپتیک دزفول در ۴۸ درجه و ۲۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۴۳ متری از سطح دریا واقع شده است.

آریزونا و تاکسون آمریکا نتیجه گرفته شد که بادهای محلی ترازهای پایین جو، به طور چشمگیری اثر جزیره گرمایی را از بین می‌برد و ریزش‌های سرد از دره‌های مجاور نیز امکان بوجود آمدن گرمایش شهری را نمی‌دهد (کمری<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰). می‌توان در الگوی جزیره گرمایی، از لگاریتم جمعیت شهری برای بررسی شدت جزیره گرمایی استفاده کرد (تروک<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱).

#### مطالعات و پژوهش‌های انجام شده

اولین بار سند برگ<sup>۳</sup> (۱۹۵۰) ارتباط شدت جزیره گرمایی را با عناصر هواشناسی نظیر ابرناکی، باد، دما و رطوبت با استفاده از مدل رگرسیونی چندگانه بررسی کرد. او نشان داد که پارامترهای ابرناکی و سرعت باد بطور منفی با شدت جزیره گرمایی سازگاری دارند. اخیراً در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است. برای بررسی اقلیم شهری در خیلی از حالتها، انتخاب یک ایستگاه هواشناسی در داخل شهر و ایستگاه دیگر در بیرون شهر می‌تواند مفید باشد. کیم و بایک<sup>۴</sup> (۲۰۰۱) بیشترین شدت جزیره گرمایی شهر سئول را با استفاده از رکوردهای دو ایستگاه هواشناسی یکی در داخل شهر و دیگری در فاصله ۶۰ کیلومتری از شهر در طی دوره ۱۹۷۳ تا ۱۹۹۶ بررسی کردند. اکبری و همکاران (۱۹۹۹)، سانتاموریس<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، کلکترونی<sup>۶</sup> و گیرید هاران (۲۰۰۸) و کلوکتسا<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۹) پژوهش‌های مهمی برای ارزیابی تأثیر پدیده جزیره گرمایی در محیط‌های شهری انجام دادند. سانتاموریس (۲۰۰۷) جزیره گرمایی را در اروپا طی ۱۵ سال گذشته مورد بررسی قرار داد. لیوادا و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۲ و ۲۰۰۷) و میهالاکاکا و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۴) بررسی گسترده در افزایش درجه حرارت شهری تحت تأثیر جزیره گرمایی انجام دادند. پاپانیکولا<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۸) و استاتیهوپولوان<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۰۸ و ۲۰۰۹) گزارش‌هایی از تأثیر باد، پوشش ابر و بطور کلی طوفان‌های شدید و آرام بر میزان و شدت جزیره گرمایی دادند. یاگو<sup>۱۲</sup> و همکاران (۱۹۹۱)، کلسیک و فورتونیاک<sup>۱۳</sup> (۱۹۹۹)، مونتاوز<sup>۱۴</sup> و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که شدت جزیره گرمایی به سیستم‌های هواشناسی حاکم بستگی دارد به طوری که مقدار آن در شب‌های آرام (بی باد) و صاف (بی ابر) بیشترین است. در مطالعه حاضر سعی بر این است که تغییرات

1. Commrie
2. Torok
3. Sundborg
4. Kim. And Baike
5. Santamouris et al.
6. Kolokotron and Giridharan
7. Kolokotsa et al.
8. Livada et al.
9. Mihalakakou et al.
10. Papanikolaou et al.
11. Stathopoulou et al.
12. Yague et al.
13. Klysik and Fortuniak
14. Montaves et al.



شکل ۱- نقشه استان خوزستان

#### تهیه داده‌ها و ارائه روش

بر اساس رابطه ۱ در مدل‌های اصلی اقلیمی، برای مطالعه تغییرات اقلیمی کلان شهرها سه عامل اساسی در نظر گرفته می‌شود. اولین عامل (C) اقلیم اصلی منطقه، دومین عامل (L) اختلاف اقلیمی شناخته شده توسط موقعیت (مثل توپوگرافی، جنگل‌ها، حجم‌های آب و ... ) و سومین عامل (U) تغییرات بوجود آمده در اثر شهرنشینی می‌باشد. معمولاً  $M$  یک سری زمانی می‌باشد که بطور آماری بررسی می‌شود، در نتیجه مدل مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها است که فقط  $M$  یک کمیت شناخته شده می‌باشد (علی اکبری بیدختی و همکاران، ۱۳۸۲).

$$M=L+C+U \quad (1)$$

برای مشخص کردن اثر شهری، باید مقادیر  $M$  را در زمان اولیه (صفر) که شهر به اندازه‌ی کافی رشد نکرده و یا وجود نداشته و زمان بعدی  $t$  که شهر به اندازه کافی گسترش یافته است، با فرض اینکه تغییرات  $L$  و  $C$  در این مدت قابل ملاحظه نبوده، در نظر گرفت. در این صورت

$$M_0 = C + L$$

$$M_t = C + L + U$$

در نتیجه

$$M_t - M_0 = U$$

این تغییرات اقلیمی ناشی از اثر شهرنشینی می‌باشد.

دما کمیتی است که در محیط‌های شهری نسبت به سایر کمیت‌های هواشناسی بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (اوکه<sup>۱</sup>، ۱۹۷۳). عوامل متعددی از جمله شرایط وضع هوا، عرض جغرافیایی، زمان، توپوگرافی، پایداری، باد، آلودگی هوا، منابع گرمای مصنوعی و دست ساز بشر، ارتفاع ساختمان‌ها هندسه‌ی خیابان‌ها و شرایط تخلیه هوای شهر سبب تغییر وضع هوا در محیط‌های شهری می‌شوند. هر یک از عوامل فوق به نحوی جزیره گرمایی و در نتیجه روند افزایش دما را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مثال میدان باد، نقش تعیین کننده‌ای در حذف جزیره گرمایی و یا تضعیف و کاهش شدت آن دارد. بطوری که اگر سرعت باد در شهرها از یک سرعت باد آستانه ( $U_c$ ) بیشتر شود امکان توسعه و تکامل جزیره گرمایی میسر نخواهد بود. سرعت آستانه را می‌توان از رابطه زیر تخمین زد (اوکه و هانل<sup>۲</sup>، ۱۹۷۰).

$$U_c = 3.4 \log(p) - 11.6 \quad (2)$$

$U_c$  بر حسب متر بر ثانیه و  $P$  جمعیت شهر می‌باشد. این رابطه تجربی به عوامل مختلفی مانند ارتفاع ساختمان‌ها بستگی دارد و نتایج بدست آمده توسط لندسبرگ (۱۹۸۱) برای چندین شهر در اروپا، آمریکا و آسیا (ژاپن) نشان داد که این رابطه از اعتبار بالایی برخوردار است.

بنابراین بررسی تغییرات اقلیم محلی ایجاد شده در اثر جزیره گرمایی در کلان شهرها، نیاز به نگاهت‌های طولانی مدت

1. Oke
2. Oke and Hannell

شهرها گردیده است، رشد جمعیت می‌باشد و معمولاً جمعیت را به عنوان پارامتری که بیانگر اندازه شهر است در نظر می‌گیرند. تحقیقات گسترده‌ای در خصوص همبستگی بین شدت جزیره گرمایی با جمعیت صورت گرفته و نتایج آنها نشان دهنده وجود یک رابطه لگاریتمی بصورت زیر می‌باشد (علی اکبری بیدختی و همکاران، ۱۳۸۲):

$$\Delta T_{u-r(\max)} = a \times \log(p) - b \quad (3)$$

در این رابطه  $\Delta T_{u-r(\max)}$  بر حسب درجه سانتی‌گراد، ماکزیمم اختلاف درجه حرارت حداقل بین شهر و روستا و  $p$  بیانگر جمعیت است.  $a$  و  $b$  مقادیر ثابت می‌باشند که برای شهرهای مختلف متفاوت است. در این تحقیق سعی شده است بین اطلاعات جمعیتی و اختلاف دمای حداقل رابطه‌ای لگاریتمی برقرار کنیم.

### نتایج و بحث

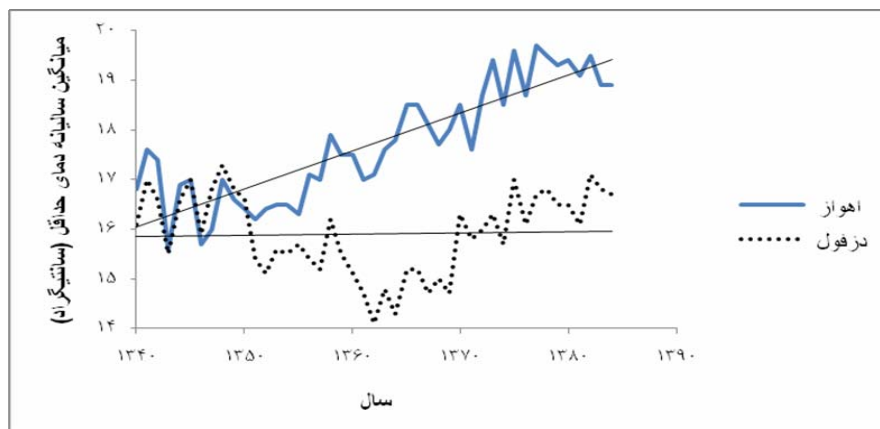
با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ روند میانگین سالانه دمای حداقل اهواز در ۴۴ سال  $3/375^\circ\text{C}$  و در یک سال  $0/077^\circ\text{C}/\text{Iyr}$  می‌باشد در صورتی که میانگین سالانه دمای حداقل دزفول تقریباً هیچگونه تغییری ندارد. روند دمای حداکثر اهواز و دزفول به ترتیب در ۴۴ سال  $0/836^\circ\text{C}$  و  $0/66^\circ\text{C}$  و در یک سال  $0/019^\circ\text{C}/\text{Iyr}$  و  $0/015^\circ\text{C}/\text{Iyr}$  می‌باشد. بنابراین میانگین سالانه دمای حداقل اهواز نسبت به دزفول روند فزاینده را نشان می‌دهد که ناشی از اثر جزیره گرمایی شهر اهواز و حاکی از عدم توسعه یافتگی شهر دزفول در گذر زمان می‌باشد.

کمیت‌های هواشناسی دما و باد دارد. محاسبه روند سریهای زمانی این نداشت‌ها، نحوه تغییرات ایجاد شده را نشان خواهد داد. برای این منظور ابتدا داده‌های هواشناسی اهواز و شهرهای اطراف آن تهیه شد، سپس علاوه بر کنترل کیفی که توسط سازمان هواشناسی روی داده‌ها انجام شده است، مجدداً این داده‌ها از نظر صحت و تکمیل داده‌های گم شده به دقت کنترل و بررسی گردیدند. سرانجام از میان اطلاعات موجود، داده‌های ایستگاه سینوپتیک اهواز و ایستگاه سینوپتیک دزفول به دلیل نداشت‌های کاملتر انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند. ایستگاه اهواز از سال ۱۳۳۰ شروع به کار کرده ولی در شش سال اول اطلاعات آن کامل وجود ندارد و ایستگاه دزفول نیز از سال ۱۳۴۰ راه اندازی شده است. هر دو ایستگاه تا سال ۱۳۸۴ به جز در مواردی دارای اطلاعات کامل می‌باشند. بنابراین برای مقایسه داده‌های دو ایستگاه به ناچار مجبور به استفاده از داده‌های ۱۳۴۰ به بعد ایستگاه اهواز شدیم.

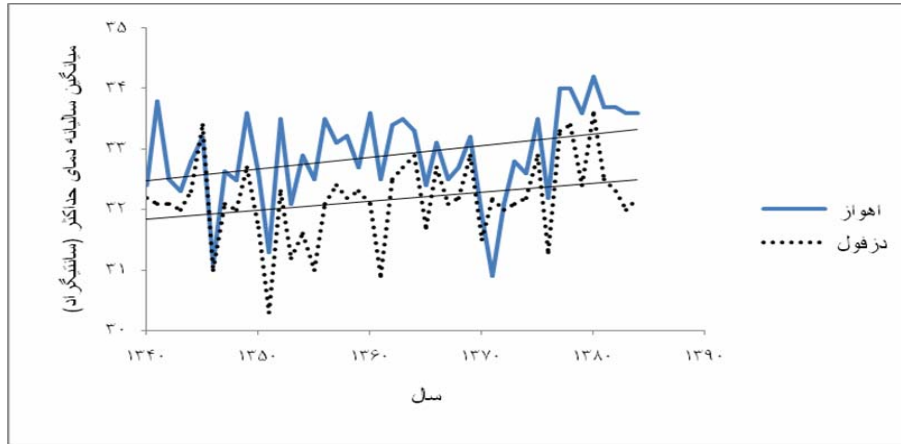
پس از کنترل کیفی، سریهای زمانی، میانگین سالانه و ماهانه دماهای حداقل و حداکثر اهواز و دزفول، مورد بررسی قرار گرفت و روند آنها برای یک دوره ۴۴ ساله محاسبه شد. اختلاف موجود در این روندها بین شهر اهواز به عنوان شهر توسعه یافته و دزفول به عنوان شهر توسعه نیافته آثار جزیره گرمایی که همانا اختلاف درجه حرارت می‌باشد ظاهر می‌شود.

در دنیا به شهرهایی که بالاتر از ۸ میلیون نفر جمعیت دارند کلان شهر گفته می‌شود ولی در ایران به شهرهایی که بالاتر از ۱ میلیون نفر جمعیت دارند کلان شهر می‌گویند.

معمولاً وسعت و گسترش شهر مؤثرترین عامل در شدت اثر جزیره گرمایی شناخته می‌شود و از عوامل مهمی که سبب افزایش شدت اثر جزیره گرمایی و در نتیجه تغییر اقلیم محلی در کلان



شکل ۲- مقایسه میانگین سالانه دماهای کمینه (۱۳۴۰ الی ۱۳۸۴)



شکل ۳- مقایسه میانگین سالانه دماهای بیشینه (۱۳۴۰ تا ۱۳۸۴)

بیشترین و کمترین اختلاف بین روندهای میانگین ماهانه دماهای حداقل اهواز و دزفول (ستون C) به ترتیب در ۴۴ سال به اندازه  $3/92^{\circ}\text{C}$  و  $2/33^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0/089^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  و  $0/053^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه‌های اردیبهشت و آبان است.

بیشترین و کمترین اختلاف بین روندهای افزایشی میانگین ماهانه دماهای حداکثر اهواز و دزفول (ستون F) در ۴۴ سال به ترتیب به اندازه  $1/1^{\circ}\text{C}$  و صفر درجه سانتی‌گراد و در یک سال  $0/025^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  و صفر درجه سانتی‌گراد در سال در ماه مرداد و در ماه بهمن است. ضمناً در ماه خرداد روند کاهش دما وجود دارد ولی روند کاهش دما حداقل در اهواز بیشتر از دزفول می‌باشد.

همانطور که مشاهده می‌شود اختلاف در روند دمای حداقل بسیار چشم‌گیرتر از اختلاف روند دمای حداکثر است. با توجه به تأثیر باد در حذف اثر جزیره گرمایی نتیجه می‌گیریم که پدیده جزیره گرمایی در صبح زود (زمان وقوع دمای حداقل) و در شرایط هوای پایدار و آسمان صاف به وقوع می‌پیوندد و این شرایط تقریباً همان شرایط وقوع پدیده وارونگی دما می‌باشد. اختلاف دمای بین شهر و حومه در زمان وقوع دمای حداکثر (بعد از ظهر) به کمترین مقدار می‌رسد و در طول روز آثار جزیره گرمایی کمتر ظاهر می‌شود، زیرا در اثر افزایش درجه حرارت و اختلاط شدید ناشی از تقویت همرفت روزانه شهری، در طول روز عمق لایه مرزی جو به بیشترین مقدار خود می‌رسد و گرمای تولید شده در شهر در حجم خیلی وسیعتر توزیع می‌گردد. همچنین وجود ذرات معلق بسیار زیاد و آلودگی هوا که می‌تواند آثاری را روی انرژی خورشیدی دریافتی داشته باشد، روند افزایشی دمای حداکثر در اثر توسعه شهرنشینی نمی‌تواند چشمگیر باشد و نه تنها افزایش چندانی را نشان نمی‌دهد بلکه در خیلی از ماه‌ها منفی است. این مطلب با نتایج یاگو و همکاران (۱۹۹۱)، کلسیک و فورتیناک (۱۹۹۹) و مونتاز و همکاران (۲۰۰۰) منطبق می‌باشد.

شکل ۴ اختلاف میانگین ۴۴ ساله دماهای حداقل اهواز و دزفول با توجه به اثر گرادیان قائم دما که در شرایط آرام  $6/5$  درجه سانتی‌گراد به ازای هر  $1000$  متر اختلاف ارتفاع را نشان

در جدول ۱ روند میانگین ماهانه دماهای حداقل و حداکثر اهواز و دزفول برای یک دوره‌ی چهل و چهار ساله (۱۳۴۰-۱۳۸۴) محاسبه و نشان داده شده است. ستون‌های A و B به ترتیب روند دماهای حداقل اهواز و دزفول را نشان می‌دهند. مقایسه این روندها، بیانگر رشد فزاینده دمای اهواز نسبت به دزفول است. بیشترین میزان افزایش میانگین ماهانه‌ی دمای حداقل اهواز در ۴۴ سال  $4/14^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0/094^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه آذر و کمترین مقدار آن در ۴۴ سال  $2/07^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0/047^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه اسفند است. مقادیر مشابه در دزفول برخلاف اهواز که همواره روندی فزاینده دارد، در بعضی از ماه‌ها حتی روند کاهشی نیز دارد. بنابراین بیشترین روند فزاینده در ۴۴ سال  $1/06^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0/024^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در مهر و کمترین روند فزاینده در ۴۴ سال  $0/31^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0/007^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه شهریور مشاهده شده است. همچنین بیشترین روند کاهشی در ۴۴ سال  $-1/67^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $-0/038^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه بهمن و کمترین روند کاهشی در ۴۴ سال  $-0/044^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $-0/001^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه فروردین مشاهده می‌شود.

مقایسه میانگین ماهانه‌ی دماهای حداقل در همه‌ی ماه‌های سال در اهواز بیشتر از مقادیر مشابه در دزفول بوده در حالی که دمای حداکثر چنین نیست.

روند دمای حداکثر اهواز و دزفول به ترتیب در ستون‌های D و E نشان داده شده است. بیشترین میزان افزایش میانگین ماهانه دماهای حداکثر برای اهواز و دزفول به ترتیب در ۴۴ سال به اندازه  $2/38^{\circ}\text{C}$  و  $2/64^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0/054^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  و  $0/06^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه فروردین می‌باشد و کمترین آنها در ۴۴ سال  $-0/18^{\circ}\text{C}$  و  $-0/31^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $-0/004^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  و  $-0/007^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه اسفند است. اختلاف بین روند فزاینده‌ی دماهای حداقل اهواز با دزفول (ستون C) نسبت به اختلاف روند دماهای حداکثر (ستون F) آنها قابل توجه است.

بیشینه شدت جزیره گرمایی در سال‌های گذشته، مجبور به استفاده از اختلاف میانگین دمای حداقل و جمعیت اهواز برای هر ۱۰ سال شدیم. بنابراین رابطه شدت جزیره گرمایی شهر اهواز برحسب لگاریتم جمعیت عبارت است از:

$$\Delta T_{(\min)_{t-r}} = 3.117 \times \log(p) - 15.48 \quad (4)$$

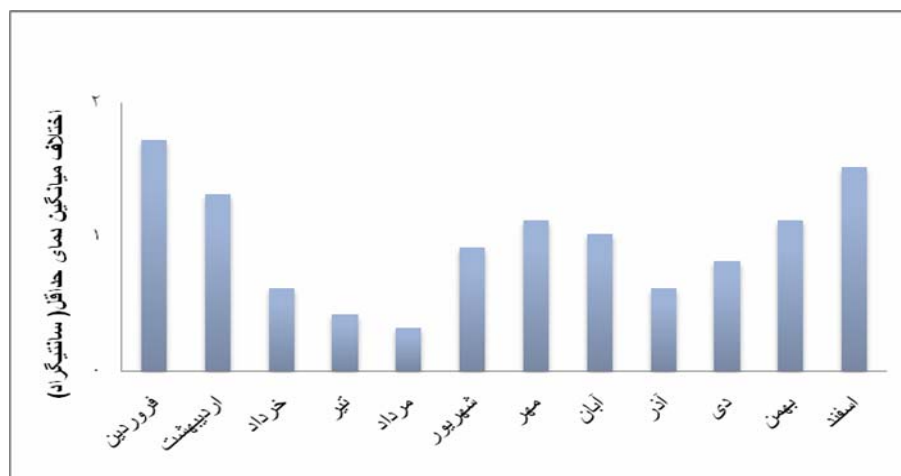
می‌دهد. چنانچه مشخص است این اختلاف از اوایل زمستان اوج گرفته تا اینکه فروردین به بیشترین مقدار حدود  $1/72^\circ\text{C}$  می‌رسد، سپس تا مرداد روند کاهشی دارد دوباره در اوایل شهریور صعود می‌کند.

#### رابطه شدت جزیره گرمایی با اندازه شهر

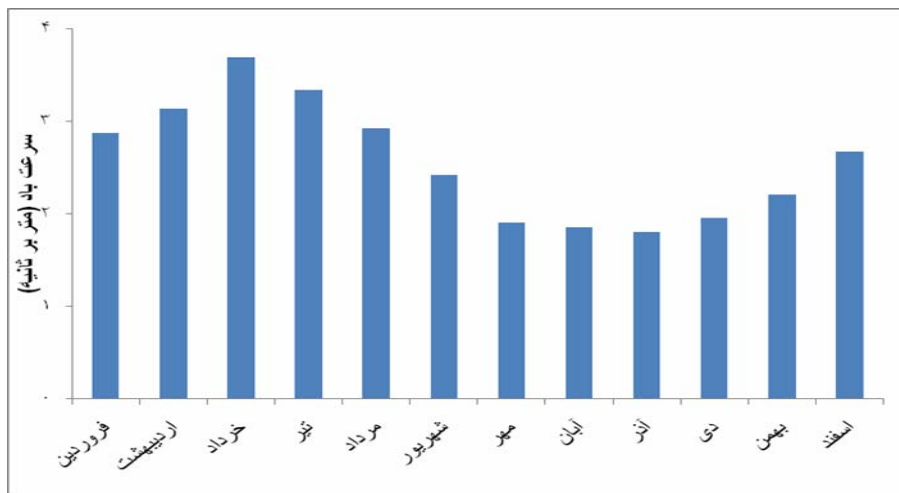
در مطالعه حاضر به دلیل نداشتن آمار جمعیت سالانه (آمار سرشماری در ایران هر ۱۰ سال یکبار انجام می‌گیرد) و همچنین

جدول ۱- تغییرات میانگین ماهانه و سالانه دمای کمینه و بیشینه اهواز و دزفول و اختلاف آنها در طی دوره ۱۳۴۰ الی ۱۳۸۴ (تمامی واحدها  $^\circ\text{C} / \text{year}$  می باشد)

ماه	تغییرات دمای حداقل ( $^\circ\text{C}$ )			تغییرات دمای حداکثر ( $^\circ\text{C}$ )		
	A	B	C=A-B	D	E	F=D-E
فروردین	۰/۰۸۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۸۶	۰/۰۵۴	۰/۰۶	-۰/۰۰۶
اردیبهشت	۰/۰۷۸	-۰/۰۱۱	۰/۰۸۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴	۰/۰۰۵
خرداد	۰/۰۸۱	-۰/۰۰۴	۰/۰۸۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶	-۰/۰۱۱
تیر	۰/۰۹۱	۰/۰۲۲	۰/۰۶۹	۰/۰۲۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۸
مرداد	۰/۰۹۲	۰/۰۱۱	۰/۰۸۱	۰/۰۴۲	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵
شهریور	۰/۰۸۶	۰/۰۰۷	۰/۰۷۹	۰/۰۱۷	۰	۰/۰۱۷
مهر	۰/۰۸۹	۰/۰۲۴	۰/۰۶۵	۰/۰۲	-۰/۰۰۲	۰/۰۲۲
آبان	۰/۰۶۲	۰/۰۰۹	۰/۰۵۳	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
آذر	۰/۰۹۴	۰/۰۲۳	۰/۰۷۱	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۲
دی	۰/۰۷۱	۰/۰۰۸	۰/۰۶۳	۰/۰۲۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۵
بهمن	۰/۰۴۸	-۰/۰۳۸	۰/۰۸۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰
اسفند	۰/۰۴۷	-۰/۰۲۴	۰/۰۷۱	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۳
سالیانه	۰/۰۷۷	۰	۰/۰۷۷	۰/۰۱۹	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴



شکل ۴- اختلاف میانگین دمای حداقل ۴۴ ساله اهواز و دزفول



شکل ۵- میانگین ۴۴ ساله سرعت باد در اهواز در ماه‌های مختلف

### نتیجه‌گیری

رشد سریع شهرنشینی و افزایش جمعیت اهواز سبب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در بعضی از کمیت‌های هواشناسی شده است. روند فزاینده دمای حداقل اهواز نسبت به مقادیر مشابه در دزفول طی دوره ۴۴ ساله در همه‌ی ماه‌های سال قابل ملاحظه است. بیشترین روند افزایشی دمای حداقل اهواز در ماه آذر به اندازه  $0.14^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0.094^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  در ماه آذر بوده است. روند فزاینده میانگین سالانه‌ی دمای حداقل به میزان  $0.375^{\circ}\text{C}$  و در یک سال  $0.077^{\circ}\text{C}/\text{Iyr}$  نسبت به شهر دزفول که هیچ روندی در دمای حداقل مشاهده نشده است در نتیجه رشد سریع و صنعتی شدن و توسعه شهرنشینی می‌باشد و ناشی از اثر جزیره گرمایی شهر اهواز و حاکی از عدم توسعه یافتگی شهر دزفول در گذر زمان می‌باشد. از عوامل مهمی که سبب افزایش شدت اثر جزیره گرمایی و در نتیجه تغییر اقلیم محلی در کلان شهرها گردیده است رشد جمعیت می‌باشد. رابطه ۴، رابطه‌ای برای تعیین شدت جزیره گرمایی شهر اهواز بر حسب لگاریتم جمعیت می‌باشد.

در این رابطه شیب معادله بیانگر میزان آزاد شدن انرژی حاصل از فعالیت انسانی است که در شهرهای صنعتی و آلوده مقدار آن زیاد است. این شیب خط متوسط شدت جزیره گرمایی تقریباً مشابه شهرهای صنعتی جهان است.

### تأثیر باد بر روی پدیده جزیره گرمایی

با توجه به رابطه ۲، اگر جمعیت شهر اهواز را یک میلیون و صد هزار نفر در نظر بگیریم، سرعت باد آستانه‌ای که لازم است از تشکیل و تکامل جزیره گرمایی اهواز جلوگیری کند، تقریباً باید  $8/94$  متر بر ثانیه باشد. در بیشتر زمانها سرعت باد در اهواز خیلی کمتر از این مقدار است. بطوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، میانگین ۴۴ ساله سرعت باد حداکثر ۴ متر بر ثانیه در خرداد اتفاق می‌افتد. بنابراین با وجود اینکه باد مهمترین پارامتری است که در ایجاد و اضمحلال جزیره گرمایی نقش دارد اما در شهر اهواز به دلیل سرعت پایین باد نمی‌تواند جزیره گرمایی را از بین ببرد. همانطور که مشاهده می‌شود در ماه آذر کمترین مقدار سرعت باد را داریم در حالی که بیشترین روند دمای حداقل نیز در همین ماه می‌باشد.

### منابع

- رنجبر سعادت آبادی، ع. علی اکبری بیدختی، ع. و س. س. صادقی حسینی. ۱۳۸۴. مطالعه موردی جزیره گرمایی تهران و شبیه سازی عددی آن. مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۳۱، جلد اول، صفحات ۶۳-۷۸.
- رنجبر سعادت آبادی، ع. علی اکبری بیدختی، ع. و س. س. صادقی حسینی. ۱۳۸۴. آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان شهر تهران بر اساس داده های مهر آباد و ورامین. مجله محیط شناسی، جلد ۳۹، صفحات ۵۹-۶۸.
- علی اکبری بیدختی، ع. و ع. رنجبر سعادت آبادی. ۱۳۸۲. مطالعه اثر اقلیمی جزیره گرمایی. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، صفحات ۱۱۷-۱۱۱.

4. Akbari, H. Konopacki, S. and M. pomerantz. 1999. Cooling energy savings potential of reflective roofs for residential and commercial buildings in the United States. Energy, 24: 391-407.

5. Commrie, A. C. 2000. Mapping a wind modified urban heat island in Tucson, Arizona with comments on integrating research and undergraduate learning *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81: 2417-2431.
6. Crutzen, P. 2004. New directions the growing urban heat and pollution island effect impact on chemistry and climate. *Atmos. Environ*, 38: 3539-3540
7. Hardy, J. E. Mitlin, D. and D. Satterthwaite. 2001. *Environmental problems in an urbanizing world* Earthscan. Publishers London.
8. Kim, Y. H. and J. Baik. 2001. Maximum urban heat island intensity in Seoul. *Appl Meteorol*, 41: 651-659.
9. Klysik. K. and K. Fortuniak. 1999. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. *Atmos Environ*, 33: 3885-3895.
10. Kolokotroni, M. and R. Giridharan. 2008. Urban heat island intensity in London an investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. *Solar Energy*, 82: 296- 998.
11. Kolokotsa, D. Psomas. A. and E. Karapidakis. 2009. Urban heat island in Southern Europe: the case study of Hania Crete. Elsevier, 1871-1883.
12. Landsberg, H. E. 1981. *The urban climate*. Academic press.
13. Livada, I. Santamouris, M. and M. N. Assimakopoulos. 2007. On the variability of summer air temperature during the last 28 years in Athens. *J. Geophys*, 112.D 12103.
14. Livada, I. Santamouris, M. Niachou, K. Papanikolaou, N. and G. Halakakou. 2002. Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed. *J. Theor. Appl. Climatol*, 71: 219-230.
15. Mihalakakou, G. Santamouris, M. Papanikolaou, N. Cartalis, C. and A. Angrassoulis. 2004. Simulation of the urban heat island phenomenon in mediterranean climates. *J. Pure Appl Geophys*, 161: 429-451.
16. Montaves, J. P. Rodriguez, A. and J. I. Jimenez. 2000. A study of the urban heat island of Granada. *Int. J. Climatol*, 20: 889-911.
17. Oke, T. R. and F. G. Hannell, 1970. The form of the urban heat island in Hamilton, Canada. In *Urban Climates*, WMO, Tech. Note, No. 108: 113-126.
18. Oke, T. R. 1973. City size and the urban heat island. *Atmos. Environ*, 7:769-779.
19. Papanikolaou, N. Livada, I. Santamouris, M. and K. Niachou. 2008. The influence of wind speed on heat island phenomenon in Athens Greece *Int. J. Ventilation*, 6 (4): 337- 348.
20. Santamouris, M. 2007. Heat island research in Europe, the state of the art. *J. Adv. Build Energy res.*, ABER.
21. Stathopoulou, E. Mihalakakou, G. Santamouris, M. and H. S. Bagiorgas. 2008. Impact of temperature on tropospheric ozone concentration levels in urban environments. *J. Earth Syst. Sci.*, 117 (3): 227-336.
22. Stathopoulou, M. Synnefa, A. Cartalis, C. Santamouris, M. Karlessi, T. and H. Akbari. 2009. A surface heat island study of Athens using high resolution satellite imagery and measurements of the optical and thermal properties of commonly used building and paving materials. *J. Sustain. Energy*, 28 (1-3): 59-79.
23. Sundborg, A. 1950. The local climatological studies of the temperature conditions in an urban area *Tellus*. 2: 222-232.



24. Torok, S. 2001. Urban heat island features of South East Australian town. *Ast. Met mag.*, 50: 1-13.
25. Yague, C. Zurita, E. and A. Martinez. 1991. Statistical analysis of the Madrid urban heat island. *Atmos. Environ.*, 25B: 327-33.

