

## بررسی تغییرپذیری دمایی فضاهای شهری بابلسر برای شناخت جزیره حرارتی

دکتر یدالله یوسفی<sup>۱\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶

### چکیده:

پژوهش حاضر به بررسی تفاوت دما در شهر بابلسر پرداخته است. هدف اصلی این کار بررسی تفاوت‌های دمایی در نقاط مختلف شهری و تشخیص شکل‌گیری جزیره حرارتی است. بدین منظور از داده‌های برداشت‌شده ساعتی از ۳ دستگاه ثبت‌کننده خودکار دما و ایستگاه بابلسر (در مجموع ۴ ایستگاه) با گام یک ساعته استفاده شد. دستگاه‌ها از تاریخ سوم مهر ۱۳۹۷ در سه نقطه ۱. ورودی شهر (اداره کشاورزی) ۲. سازمان مرکزی دانشگاه مازندران ۳. پردیس دانشگاه به مدت ۱۶۶ روز تا تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۱۹ داده‌های دما را ثبت کردند. در نهایت ۳۴۷۸ داده برداشت و به همراه داده‌های ایستگاه بابلسر سری زمانی داده‌ها در یک ماتریس (۳۴۷۸\*۵) تشکیل شد. در ابتدا بررسی تفاوت‌های ساعتی و در ادامه بررسی تغییرپذیری دما از روش تغییر روزبه‌روز دما (DTD) و تفاوت تغییرپذیری روزبه‌روز دمای بیشینه و کمینه  $\Delta DTD$  که روش‌های مرتبط با هم هستند، انجام شد. بررسی ساعتی نشان داد تفاوت‌های دمای مناطق شهری و حومه تفاوت خاصی در هنگام شب و روز ندارند و تغییرپذیری دمای کمینه همه ایستگاه‌های بررسی‌شده شبیه به هم هستند. بررسی اثر باد بر تفاوت‌های مکانی دما نشان داد با کاهش سرعت باد همسانی دمای نقاط مختلف بابلسر افزایش می‌یابد. با در نظرگیری شاخص‌های لازم برای تشکیل جزیره حرارتی از جمله وقوع جزیره حرارتی در دماهای کمینه، تغییرپذیری کمتر دمای کمینه مناطق شهری در مقایسه با حومه و بیشتر شدن میزان جزیره حرارتی در زمان کاهش سرعت باد این بررسی نشان می‌دهد، با توجه به الگوی زمانی شبانه‌روزی در شهر و تغییرپذیری داده‌ها نشانه دقیقی از تشکیل جزیره حرارتی در بابلسر همانند دیگر شهرهای ساحلی دنیا وجود ندارد.

**کلمات کلیدی:** تغییرپذیری، روزبه‌روز، دما، جزیره حرارتی، بابلسر

## ۱. مقدمه

سازوکارهای زندگی بشر وضعیت سطح زمین را به میزان زیادی تغییر می‌دهد. شهر مشخص‌ترین اثر انسان در طبیعت است. شهرها به‌عنوان مراکز تجمع سکونتگاه‌های انسانی دارای ویژگی‌های خاصی هستند. شرایط محیطی به‌ویژه شرایط آب و هوایی یکی از عوامل تأثیرگذار در ساختار شهرهاست. امروزه شهرها باعث بروز تفاوت‌های آب و هوایی در مقیاس‌های خرد و محلی شده‌اند. در شهرها جایگزینی گیاهان توسط ساختمان‌ها همراه با فعالیت انسان باعث بالا رفتن دمای شهرها می‌شود (Cardoso & Amorim, 2018). تغییر در دمای محیط از نخستین اثرات شهر در محیط به شمار می‌آید. اثر جزیره حرارتی<sup>۱</sup> را به عنوان آشکارترین و بهترین نمونه مستند از دست‌کاری ناخواسته در اقلیم به شمار می‌آورند (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۶). حتی روستاها (با جمعیت ۱۰۰۰ نفر) دارای یک جزیره گرمایی هستند. نه تنها روستاها بلکه مراکز خرید و گروه‌های کوچک ساختمان‌ها نیز گرم‌تر از محیط اطراف خود هستند. جزیره گرمایی در کاهش نیاز به گرم شدن فضا در زمستان مؤثر است؛ اما به دلیل افزایش تقاضای انرژی در هوای تابستان به‌عنوان یک عامل مزاحم عمل می‌کند (Oke, 2002).

شهر بابلسر به دلیل ویژگی‌های توریستی آن در دوره‌های مختلف تاریخی تحولات شهری زیادی به خود دیده است. هدف از این بررسی شناختن این واقعیت است که آیا در این شهر تفاوت‌های دمایی قابل توجهی وجود دارد و در صورت وجود آیا این تفاوت دمایی می‌تواند به دلیل تشکیل جزیره حرارتی باشد؟

## ۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در حال حاضر این حقیقت که بشر وضعیت جو زمین را تغییر می‌دهد، به‌وضوح روشن است. از بین بردن گیاهان برای گسترش شهر باعث بالا رفتن دما در شهرها می‌شود. روند رشد شهرنشینی جهانی هم‌زمان با از بین رفتن منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها در بسیاری از شهرها است (Ayanlade, 2016).

ریز اقلیم شهری یک موضوع بسیار مهم برای سلامت عابران پیاده است. همچنین این موضوع بر کیفیت هوا، مصرف انرژی ساختمان‌ها، سلامت شهروندان و کارکرد شهری مؤثر است. با توجه به توسعه بیشتر شهرها این موضوع بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. بررسی ریزاقلیمی جزیره حرارتی بشر را به طراحی بهتر شهری برای بهبود آسایش گرمایی به شکل بهتری آگاه می‌سازد.

به دلیل وجود منابع گرمایی ناشی از فعالیت انسان‌ها همانند بخاری‌ها، کارخانه‌ها و نیز گرمای نهان کمتر در اثر تبخیر کمتر در سطح شهرها، ظرفیت گرمایی بیشتر دیوارها و پوشش آسفالت و تغییرات موازنه تابش عموماً شهرها نسبت به مناطق حاشیه خود دارای دمای بیشتری هستند. جزیره

<sup>۱</sup> Urban Heat Island

حرارتی نخست در شهر لندن و دیگر شهرهای بزرگ اروپایی در دهه ۱۸۳۰ مشاهده شد و به دنبال آن در شهرهای بزرگ آمریکایی مانند نیویورک و شیکاگو شناخته شد. امروزه این پدیده در حال تبدیل شدن به یک مسئله اساسی در شهرهای آسیایی است (Yamamoto, 2005).

صنعتی شدن و رشد جمعیت به همراه گسترش فعالیت انسان و به‌ویژه تغییر کاربری زمین این اثر را سرعت می‌دهد (Tam, et.al, 2015). بررسی‌ها نشان می‌دهد جزیره حرارتی شهری در سه سطح ۱. بر روی لایه سطحی سطوح شهری ۲. در قسمت پایینی فضای شهری تا ارتفاع تقریباً ۲ متری از سطح زمین و ۳. در بخش‌های بالایی جو شهرها که به‌عنوان لایه مرزی شهر توسط Oke نام‌گذاری شده، ایجاد می‌شود (Sen & Roesler, 2020). برای بررسی جزیره حرارتی سطوح شهری<sup>۱</sup> (Zhou et al., 2019) از دمای سطح زمین LST استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده می‌شود (Rojas, et.al, 2016). وضعیت جزیره حرارتی قسمت پایینی فضای شهری به کمک ایجاد شبکه ایستگاهی اندازه‌گیری زمینی خودکار و یا برداشت توسط ایستگاه‌های متحرک خودکار انجام می‌شود (Lokoshchenko, 2015).

اگرچه شکل‌گیری جزیره حرارتی در اکثر شهرها قابل انتظار است؛ اما ویژگی‌های جغرافیایی مکان در شکل‌گیری این پدیده نقش زیادی دارد. وضعیت آب‌وهوای محلی و بزرگ‌مقیاس، فصل، زمان روز، اندازه، جمعیت و موقعیت جغرافیایی شهر، مورفولوژی شهری و گرمای انسان‌ساخت عوامل مؤثر در شکل‌گیری آن هستند (Kim & Baik, 2005). از لحاظ فصلی شدت جزیره حرارتی در پاییز و زمستان بیشتر و در بهار و تابستان ضعیف است و ازینرو این پدیده یک چرخه سالانه را نشان می‌دهد. (Oke, 1973) جزیره حرارتی را تقریباً با ریشه چهارم جمعیت شهر در ارتباط می‌داند. از عوامل کاهنده‌ی شدت جزیره حرارتی شهرها پهنه‌های آبی هستند (Thomas & Zachariah, 2016). با افزایش سرعت باد و پوشش ابر، شدت جزیره حرارتی کاهش می‌یابد (Ünal et al., 2019). شاید بتوان مهم‌ترین مشخصه جزیره حرارتی شهری را در دمای بیشتر شهر در هنگام شب نسبت به حومه دانست. ایده-آل‌ترین شرایط برای شکل‌گیری جزیره حرارتی وجود باد ضعیف همراه با هوای صاف در شب‌هنگام است. این شرایط تفاوت خرداقلیمی را میان سطوح مختلف تقویت می‌کند و شرایط را برای تشکیل جزیره حرارتی فراهم می‌کند. معمولاً شدت جزیره حرارتی در روز از بین می‌رود. حتی در برخی شهرها اختلاف دمایی میان شهر و حومه در هنگام روز منفی می‌شود (Oke, 2002).

از نکات قابل توجه، تغییرپذیری متفاوت دمای مناطق شهری نسبت به حومه است. عموماً در محیط‌های شهری میزان تغییرپذیری دمای کمینه نسبت به محیط‌های روستایی و حومه کمتر است (Tam, et.al, 2015).

<sup>۱</sup> Surface urban heat island

در بعضی از شهرها در برخی موارد پدیده جزیره سرد حرارتی شهری<sup>۱</sup> (UCI) در پارک‌ها و مناطق سبز دمای پایین‌تری از مناطق اطراف شهر ایجاد می‌کنند. مشهورترین مثال از این جزیره سرد، کاخ امپراتوری و باغ‌های اطراف آن در توکیو است که دارای دمای ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد کمتر در مناطق مرکزی نسبت به محیط اطرافش است (Narita, et.al, 2009). در مناطق گرم بیابانی نیز شهرها اثر معکوسی در جهت ایجاد جزیره سرمایی از خود بر جای می‌گذارند (Oke, 2002). در شهرهای این مناطق به دلیل وجود واحه‌های دارای مناطق سبز و منابع آبی این جزایر سرد بیشتر شکل می‌گیرند. بررسی جزیره حرارتی در شهرهای بزرگ کره و هند نشان داد، شدت جزیره حرارتی در شهرهای ساحلی نسبت به شهرهای داخلی غیرساحلی ضعیف‌تر هستند (Kim & Baik, 2004; Thomas & Zachariah, 2016). برخی از بررسی‌ها در شهرهای تهران، اصفهان و کرمانشاه به وجود یک جزیره سرد حرارتی در روز اشاره می‌کنند (احمدی و داداشی رودباری، ۱۳۹۶؛ مجرد و همکاران، ۱۳۹۸؛ هاشمی دره بادامی و همکاران، ۱۳۹۸).

(Kim & Baik, 2005) با بررسی وضعیت دمایی با استفاده از ۳۱ ایستگاه خودکار در سؤال کره جنوبی به شدت جزیره حرارتی به اندازه ۲.۲ سانتی‌گراد دست یافتند. (Brandsma & Wolters, 2012) با بررسی وضعیت جزیره حرارتی شهر اترخت هلند طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹ و تهیه نیمرخ دمایی به صورت متحرک طی یک مسیر ۱۴ کیلومتری دید آسمان و کاربری را در تفاوت‌های دمایی مؤثر دانسته‌اند. (Wang, et.al, 2015) به شبیه‌سازی شرایط ریز اقلیمی توسط نرم‌افزار ENVI-met در سه منطقه شهری تورنتوی کانادا پرداختند.

رنجبر سعادت آبادی و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی مقایسه‌ای، دمای بالاتر شهر تهران نسبت به ورامین را دلیل شکل‌گیری جزیره حرارتی دانستند. بررسی‌های مقایسه‌ای از طریق ایستگاه‌های ثابت موقت به دلیل بررسی دمای هوا و داشتن نمونه‌های بیشتر امروزه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. رضانی و دخت محمد (۱۳۸۹) با بررسی شرایط دمایی در شهر رشت با استفاده از ۹ ایستگاه موقت و ۲ ایستگاه سینوپتیک موجود به شکل‌گیری جزیره حرارتی در رشت با شدت بیشتر برای دماهای کمینه دست یافتند. شمسی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی وضعیت جزیره حرارتی در شهر تهران حداقل ایستگاه‌های بهمن، آزادی و بازار را محل تشکیل جزیره حرارتی دانستند. بررسی تفاوت‌های دمایی شهر و حومه در بابل نشان داد، دماهای کمینه منطقه شهری بابل به صورت مشخص دارای میزان بیشتری نسبت به حومه آن است (یوسفی، ۱۳۹۷).

جزیره حرارتی در شهرها به آلودگی بیشتر هوا کمک می‌کند. با توجه به اثرات مضر پدیده جزیره حرارتی در شهرها به‌ویژه در دوره‌های گرم سال باید شدت آن را در شهر کاهش داد. برای این هدف برخی از روش‌ها از جمله بام‌های سبز و سفید در ساختمان‌ها، آسفالت سفید که دارای آلودگی بیشتری است، جنگل‌کاری در مناطق آزاد شهرها و فواره‌های شهری را کارساز می‌دانند. رودخانه‌های شهری و

<sup>۱</sup> Urban Cool Island (UCI)

Lokoshchenko, توسعه فضاهای سبز شهرها اهمیت بسیاری در کاهش اثر جزیره حرارتی دارند (Liu & Li, 2018; 2015).

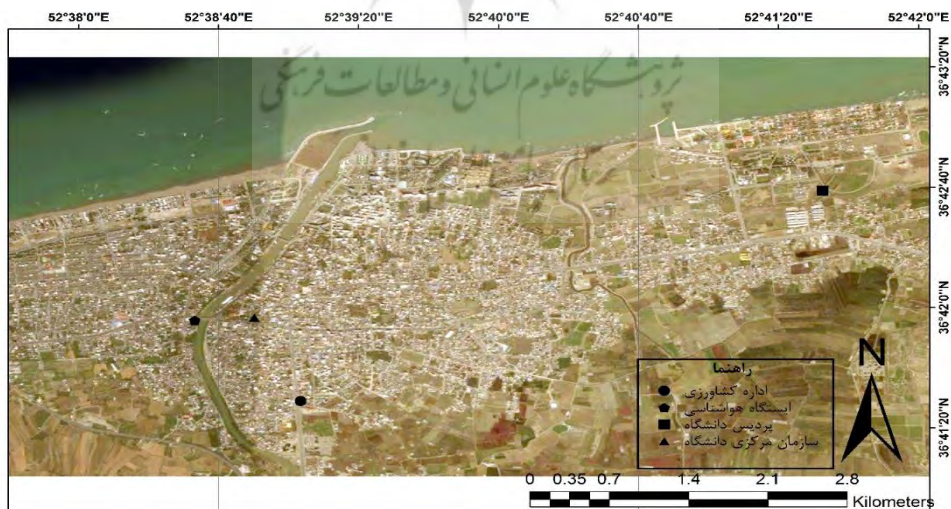
### ۳. روش تحقیق

برای بررسی تفاوت رفتار دما در بابلسر از چهار ایستگاه ثبت داده استفاده شد. علاوه بر استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی بابلسر که در داخل شهر قرار گرفته، سه دستگاه مجهز به ثبت‌کننده خودکار یا دیتالاگر از نوع MIC 98583 USB-Data Logger, Taiwan با قابلیت ثبت داده‌های دما (

شکل ۱) در فواصل زمانی متفاوت در دو محیط شهری (سازمان مرکزی دانشگاه مازندران و اداره کشاورزی بابلسر) و یک فضای برون شهری (پردیس دانشگاه مازندران) نصب شد (شکل ۲).



شکل ۱ دیتالاگر مورد استفاده برای ثبت داده‌های دما در بابلسر



شکل ۲ موقعیت ایستگاه‌های ثبت داده در بابلسر

برای رعایت شرایط یکسان دستگاه‌های اندازه‌گیری، جعبه چوبی مشبکی که جریان هوا بتواند از آن عبور کند، مطابق استاندارد سازمان هواشناسی تهیه و استفاده شد. جعبه پایش در ارتفاع حدود ۱/۵ متری از سطح زمین قرار داده شد (شکل ۳).



شکل ۳ جعبه نگهداری دیتالاگر ثبت داده

قبل از نصب دستگاه‌ها در مکان‌های موردنظر این دستگاه‌ها توسط نماینده شرکت سازنده کالیبره شده و به مدت ۲۴ ساعت در ایستگاه هواشناسی بابلسر مورد آزمایش قرار گرفتند. مقایسه داده‌های برداشت‌شده دستگاه‌های خودکار و برداشت ایستگاه هواشناسی تفاوت خاصی را نشان نداد. دستگاه‌ها در تاریخ ۱۳۹۷/۷/۳ (25 September 2018) شروع به ثبت داده در این سه نقطه نمودند و به مدت ۱۶۶ روز تا تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۱۹ (10 March 2019) در محدوده مورد مطالعه به ثبت داده‌های دما با گام زمانی یک ساعت ادامه دادند. در این بین به دلیل مفقودی یک دستگاه در ایستگاه سازمان مرکزی دانشگاه در فاصله ۱۳ مهر (5 October 2018) تا ۲۱ مهر ماه ۱۳۹۷ (13 October 2018) داده‌های دما ثبت نشده است. در نهایت ۳۴۷۸ داده ساعتی در ۱۵۹ روز برای هر ایستگاه برداشت شد. برای داده‌های باد نیز به دلیل اختلاف مکانی نسبتاً کم ایستگاه‌ها و وجود داده‌های سنجش باد در ایستگاه هواشناسی بابلسر که اثر عوارض سطحی به میزان زیادی از آن کاسته شده، به عنوان نماینده شرایط باد در بررسی استفاده شد.

بررسی تغییرپذیری دما در سه نقطه شهری در فواصل مختلف نسبت به مرکز و یک مکان حومه‌ای شهر برای نشان دادن تفاوت‌های مکانی و پاسخ به این سوال که آیا در این شهر جزیره حرارتی تشکیل می‌شود یا نه؟ انجام شد. با توجه به وضعیت جغرافیایی پردیس دانشگاه مازندران و دورری نسبی آن از شهر، ایستگاه تجهیز شده در این نقطه به‌عنوان فضای حومه‌ای در نظر گرفته شد. به منظور بررسی

تغییرات دما از دو روش ۱. تغییر روزبهروز دما ( $DTD^1$ ) و ۲. تفاوت تغییرپذیری روزبهروز دمای بیشینه با دمای کمینه  $\Delta DTD$  که روش‌های مرتبط با هم هستند، استفاده شد.

بررسی تغییرپذیری روزبهروز دما بدین روش در ابتدا توسط کارل و همکاران (Karl, et.al, 1995) برای مقاصد اقلیمی به کار برده شد و در ادامه توسط گاف (Gough, 2008) توسعه یافت. تغییر روزبهروز دما براساس رابطه زیر استوار است (Wu, et.al, 2016):

$$DTD = \sum |t_i - t_{i-1}| / (n - 1) \quad \text{رابطه ۱}$$

در این معادله  $\sum |t_i - t_{i-1}|$  مجموع قدر مطلق تفاضل دمای دو روز مجاور (هر زمان با زمان قبل از آن) برای مدت‌زمان معین (مثلاً ماهانه) و  $n$  تعداد کل داده‌هاست. این شاخص به‌عنوان روشی جدید در شناسایی جزیره حرارتی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tam et.al., 2015).

پس از محاسبه اختلاف دمای روزبهروز با رابطه بالا برای دو زمان مختلف اختلاف روزبهروز دمای بیشینه و کمینه به‌عنوان شاخص  $\Delta DTD$  به شکل زیر محاسبه می‌شود (Gough & Hu, 2016).

$$\Delta DTD = DTD(t_{max}) - DTD(t_{min}) \quad \text{رابطه ۲}$$

مقادیر مثبت آن بیانگر تغییرات بیشتر دما در روز و مقادیر منفی بیانگر تغییرات بیشتر دما در شب‌هنگام است. این شاخص به‌عنوان معیاری برای تشخیص اثر شهر بر دما و تمایز شهر از مناطق غیرشهری پیشنهاد شده است. در مناطق غیرشهری به‌طورمعمول میزان تغییرات روزبهروز دمای کمینه بیش از تغییرات دمای بیشینه است.

#### ۴. یافته‌ها و بحث

برای شناخت این واقعیت که آیا تفاوت‌های دمایی قابل‌توجهی در شهر بابلسر وجود دارد و آیا این تفاوت‌ها می‌تواند نشانه‌ای از شکل‌گیری جزیره حرارتی باشد و یا خیر، شرایط لازم شکل‌گیری جزیره حرارتی تشریح می‌شود.

اصولاً جزیره حرارتی در دماهای کمینه به شکل مشخص‌تری به وجود می‌آیند و تغییرپذیری دماهای کمینه در مناطق شهری کمتر از مناطق حومه‌ای هستند.

برای شناخت شکل‌گیری جزیره حرارتی در بابلسر دماهای چهار ایستگاه در قالب یک ماتریس (۳۴۷۸\*۵) در ستون اول آن زمان و در ستون‌های بعدی دمای چهار نقطه قرار داده شد. ابتدا تفاوت میانگین دماها، میانگین بیشینه‌ها، میانگین کمینه‌ها، کمینه‌ها و بیشینه‌های مطلق ایستگاه‌ها استخراج شد.

بررسی نقاط برداشت‌شده در بابلسر نشان داد میزان میانگین دمای ایستگاه واقع در اداره کشاورزی در مقایسه با دیگر نقطه‌های دیگر بررسی‌شده (ایستگاه هواشناسی، سازمان مرکزی و پردیس دانشگاه) دارای میزان بیشتری است و با ایستگاه واقع در پردیس دانشگاه حدود یک درجه و با ایستگاه‌های

<sup>1</sup> day to day temperature variation

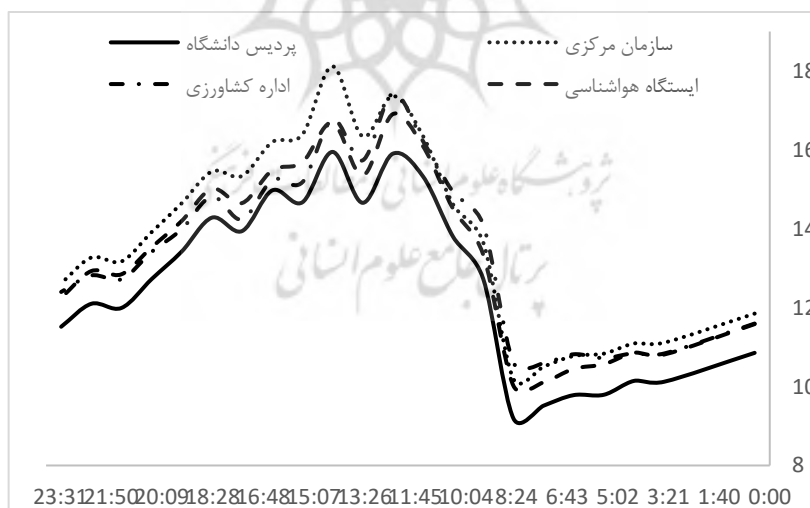
سازمان مرکزی و هواشناسی ۰/۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف دارد. تفاوت دمایی میان مناطق مورد بررسی در دماهای بیشینه بیشتر است و دماهای کمینه آن‌ها تفاوت قابل توجهی ندارند (Error!).  
(Reference source not found).

جدول ۱ ویژگی‌های دمایی ایستگاه‌های مورد بررسی در بابلسر به تفکیک فصل

فصل	ایستگاه	دمای میانگین	میانگین بیشینه	میانگین کمینه	بیشینه	کمینه
پاییز	پردیس	۱۵/۷	۱۹/۲	۱۴/۲	۳۲/۶	۶/۴
	اداره کشاورزی	۱۷	۲۱/۱	۱۳/۴	۳۴/۲	۶/۷
	سازمان مرکزی دانشگاه	۱۶/۵	۲۰/۶	۱۳/۱	۳۳/۲	۷/۱
	هواشناسی	۱۶/۴	۲۰	۱۳	۳۳	۶/۶
زمستان	پردیس	۹/۳	۱۲/۹	۵/۹	۱۸	۱/۳
	اداره کشاورزی	۱۰/۷	۱۵/۸	۶/۷	۲۴/۳	۱/۹
	سازمان مرکزی دانشگاه	۱۰/۲	۱۴/۶	۶/۶	۲۰/۵	۱/۹
	هواشناسی	۱۰/۲	۱۳/۷	۶/۸	۱۹/۸	۲/۲

منبع: داده های استخراج شده از ایستگاهها

بررسی ساعتی تفاوت‌های دمایی نشان می‌دهد، بیشترین اختلاف در بخش‌های مختلف بررسی شده در بابلسر در روز و حوالی ساعت ۱۴ و کمترین میزان هنگام شب رخ می‌دهد.



شکل ۳ الگوی ساعتی نوسان دمایی ایستگاه‌های مورد بررسی

منبع: محاسبات تحقیق حاضر



بررسی تغییرات روزبه‌روز دما (*DTD*) در ایستگاه‌ها نشان داد میزان تغییرپذیری دمای بیشینه در همه ایستگاه‌ها از تغییرپذیری دمای کمینه بیشتر است. میزان تغییرپذیری روزبه‌روز دمای کمینه در مقایسه با دمای بیشینه در میان همه ایستگاه‌ها دارای تفاوت چندانی نیست. براساس بررسیهای پیشین یکی از اثرات شهر کاهش تغییرپذیری نقاط نزدیک تر به مرکز شهر در مقایسه با محیط پیرامونی آن و روستاهاست. ازینرو این بررسی نشان می‌دهد، تمامی ایستگاه‌ها تقریباً دارای تغییرات روزبه‌روز دمای کمینه همسانی هستند و حالت یادشده در میان ایستگاههای بررسی شده ایجاد نشد تا بتوانیم به این نتیجه برسیم که در بابلسر جزیره حرارتی تشکیل شده است. اختلاف تغییرپذیری دمای بیشینه و دمای کمینه ( $\Delta DTD$ ) در اداره کشاورزی دارای بیشترین میزان در مقایسه با دیگر مناطق بررسی شده است. (**Error! Reference source not found.**)

جدول ۲ تغییرپذیری دما در مناطق مختلف شهر بابلسر

فصل	پارامتر	پردیس	اداره کشاورزی	سازمان مرکزی دانشگاه	هواشناسی
پاییز	<i>DTD</i> Max	۱/۸	۲/۲	۲/۲	۱/۸
	<i>DTD</i> Min	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۳۵
	$\Delta DTD$	۰/۳۸	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۴۷
زمستان	<i>DTD</i> Max	۲/۱	۳/۲	۲/۸	۲/۱
	<i>DTD</i> Min	۱/۷	۱/۸	۱/۵	۱/۷
	$\Delta DTD$	۰/۴۳	۱/۴	۱/۲	۰/۴۳

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

بررسی نشان داد، تفاوت و تغییرپذیری دمای ایستگاه‌ها در روز بیشتر است و ایستگاه اداره کشاورزی در روز رفتار متفاوت‌تری را نشان می‌دهد (شکلشکل ۳). با توجه به یافته‌های ناشی از داده های استخراج شده و شرایط لازم برای تشکیل جزیره حرارتی به نظر می‌رسد اختلاف خاصی در میزان و تغییرپذیری دمای مناطق مختلف شهر بابلسر وجود ندارد.

از آنجا که با افزایش سرعت باد و کاهش آرامش هوا شدت جزیره حرارتی کاهش می‌یابد برای نشان دادن اثر باد بر تفاوت های دمایی و شکل‌گیری جزیره حرارتی انحراف معیار چهار نقطه مورد بررسی در هر ساعت محاسبه شد. برای این منظور اثر سرعت باد بر ناهمگنی دمای بابلسر، باد با سرعت بیش از ۲ نات به عنوان متغیر توضیحی در مدل رگرسیون در نرم افزار EViews استفاده شد. بر اساس نتایج، با افزایش هر یک واحد سرعت باد پراکندگی دمایی ایستگاه‌های بررسی شده به شکل

معناداری افزایش می‌یابد. با هر یک واحد افزایش سرعت باد پراکندگی شواهد ۲ صدم بیشتر می‌شود (جدول ۳).

جدول ۴ خروجی بررسی رگرسیون اثر باد بر همگنی دما در بابلسر (متغیر وابسته انحراف معیار دما، متغیر

توضیحی سرعت باد)				
Prob.	t-Statistic	Std. Error	Coefficient	Variable
0.0000	53.92983	0.015443	0.832859	C
0.0012	3.248017	0.006651	0.021604	X
0.866899	Mean dependent var		0.003028	R-squared
0.669671	S.D. dependent var		0.002741	Adjusted R-squared
2.033770	Akaike info criterion		0.668753	S.E. of regression
2.037311	Schwarz criterion		1553.677	Sum squared resid
2.035034	Hannan-Quinn criter.		-3532.692	Log likelihood
0.359884	Durbin-Watson stat		10.54961	F-statistic
			0.001173	Prob(F-statistic)

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

با توجه به این موضوع که در هوای آرام اندازه جزیره حرارتی و تفاوت‌های دمایی افزایش خواهد یافت، بررسی اثر باد در این شهر نشان داد با افزایش سرعت باد تفاوت‌های دمایی در بابلسر بیشتر می‌شود. این در حالی است که با توجه به شرایط لازم برای تشکیل جزیره حرارتی انتظار بر آن بود که در شرایط آرام (باد با سرعت کمتر از ۲ نات) در مقایسه با شرایط دارای جریان هوا میزان اختلاف دمایی میان نقاط بررسی شده بیشتر شود. براساس نتایج این پژوهش با افزایش سرعت جریان اختلاف دمایی در بابلسر افزایش می‌یابد. این نکته خود می‌تواند به عنوان دلیلی برای عدم تشکیل جزیره حرارتی در بابلسر باشد. به عبارت بهتر با فرض تشکیل جزیره حرارتی در این شهر انتظار بر آن بود، با کاهش سرعت باد میزان تفاوت‌های دمایی بیشتر شود؛ اما نتیجه بررسی رگرسیونی خلاف این موضوع را نشان می‌دهد.

##### ۵. نتیجه گیری

با توجه به اختلاف موجود دیده شده توسط نمونه‌گیری انجام‌شده در مناطق مختلف بابلسر در نگاه اول تصور بر آن خواهد بود این اختلافها نشان‌دهنده‌ی وجود جزیره حرارتی در این شهر ساحلی است؛ اما بررسی ساعتی و تغییرات روزبه‌روز دما برای دماهای مختلف (میانگین، کمینه و بیشینه) واقعیت را روشن‌تر می‌نماید. هر چهار مکان موردبررسی الگوی نوسان ساعتی تقریباً یکسانی را نشان می‌دهند (شکل ۳). با نگاه دقیق‌تر ایستگاه‌ها می‌توان دریافت نوسان دمایی دو ایستگاه واقع در سازمان مرکزی دانشگاه و هواشناسی دارای الگوی مشابهی هستند و این در حالی است که ایستگاه واقع در

پردیس دانشگاه و اداره کشاورزی از وضعیت متفاوتی برخوردارند. ایستگاه اداره کشاورزی نسبت به دیگر ایستگاه‌ها دارای میانگین دمای بالاتری است. به نظر این دمای بیشتر به دلیل فاصله بیشتر این ایستگاه از دریا باشد. دمای پردیس دانشگاه نیز دارای کمترین میزان است و تقریباً هم‌عرض با دو ایستگاه واقع در شهر است. با توجه به بحث انجام‌شده و شرایط لازم برای تشکیل جزیره حرارتی می‌توان دریافت، تفاوت تغییرپذیری دما در ایستگاه هواشناسی و سازمان مرکزی دانشگاه با ایستگاه واقع در پردیس دارای اختلاف قابل‌توجهی نبوده و می‌توان آن را به‌عنوان نمونه بسیار ضعیفی از نقش شهر در ایجاد اختلاف دمایی دانست. بررسی میزان تغییرپذیری دمای کمینه (در پاییز و زمستان) در همه ایستگاه‌های بررسی‌شده تفاوت خاصی را نشان نمی‌دهد. به عبارت بهتر الگوهای تغییرپذیری در آن‌ها همسان هستند. این در حالی است که یکی از تأثیرات جزیره حرارتی بر دما، کاستن تغییرپذیری دمای کمینه شهر در مقایسه با حومه است. این در حالی است که در همه بخش‌های بررسی‌شده در بابلسر تغییرپذیری روزبه‌روز دمای کمینه دارای میزان مشابهی است. نبود اختلاف تغییرپذیری دماهای کمینه در میان همه ایستگاه‌ها نشان‌دهنده این واقعیت است که دماهای کمینه تفاوت رفتاری خاصی به دلیل اثر شهر بر روی دما، از خود نشان نداده‌اند.

با توجه به افزایش اثر شهر به صورت اختلاف دمایی بیشتر با حومه آن در هنگام کاهش سرعت باد براساس مبانی نظری تشکیل جزیره حرارتی، یافته‌های تأثیر باد به‌عنوان یک متغیر توضیحی در مدل رگرسیونی با متغیر وابسته انحراف معیار دمای نقاط مورد بررسی، نتیجه متفاوتی را نشان داد. با توجه به افزایش انحراف معیار دماهای نقاط مختلف با افزایش سرعت باد همانند دیگر یافته‌های این بررسی رسیدن به نتیجه به وجود آمدن جزیره حرارتی در بابلسر را تضعیف می‌کند. این در حالی است که انتظار بر آن بود با کاهش سرعت باد تفاوت‌های دمایی نقاط مورد بررسی در بابلسر افزایش یابد. پیشینه‌ها نیز حاکی از آن است پهنه‌های آبی اثر قابل‌توجهی بر روی تعادل دمایی و کاهش تفاوت‌های دمایی دارند (Zhang, et.al, 2016) و موجب کاهش اندازه جزیره حرارتی و یا عدم تشکیل آن می‌شوند. بررسی انجام‌شده در کوچی هندوستان نیز به اثر پهنه‌های آبی در کاهش شدت جزیره حرارتی اشاره دارد (Thomas & Zachariah, 2016).

این بررسی نشان می‌دهد در شهر بابلسر با توجه به اندازه و موقعیت مکانی آن که یک شهر ساحلی است و دو آبراهه در دو سوی آن وجود دارد، امکان شکل‌گیری جزیره حرارتی به آن شکلی که در شهرهای بزرگ به وجود می‌آیند، وجود ندارد.

## منابع

۱. احمدی، محمود و داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۶). شناسایی جزایر حرارتی شهری مبتنی بر رویکرد زیست محیطی (مطالعه موردی کلان شهر اصفهان). *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۲۸(۳): ۱-۲۰.
۲. رمضانی، بهمن و دخت محمد، سیده مریم (۱۳۸۹). شناخت محدوده مکانی رشت تشکیل جزیره گرمایی در شهر. *مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری*، ۱۱(۱): ۴۹-۶۴.
۳. رنجبر سعادت آبادی، عباس؛ علی اکبری بیدختی، عباسعلی، صادقی حسینی، سید علیرضا. (۱۳۸۴). آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان شهر تهران بر اساس داده ورامین. *محیط شناسی*، ۳۲(۳۹): ۵۹-۶۸.
۴. شمسی پور، علی اکبر؛ مهدیان ماهفروزی، مجتبی؛ اخوان، هانیه و حسین پور، زینب (۱۳۹۱). واکاوی جزیره حرارتی شهر تهران. *مجله محیط شناسی*، ۴(۳۸): ۴۵-۵۶.
۵. علیجانی، بهلول؛ طولابی نژاد، میثم و صیادی، فریبا (۱۳۹۶). محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری مورد مطالعه: محله کوچه باغ شهر تبریز. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۳، ۲-۹۹-۱۱۲.
۶. مجرد، فیروز؛ ناصریه، مهتاب و هاشمی، سیروس (۱۳۹۸). بررسی تغییرات دوره ای و فصلی جزیره گرمایی شهر کرمانشاه در شب و روز با استفاده از تصاویر ماهواره ای. *فیزیک زمین و فضا*، ۴۴(۲): ۴۷۹-۴۹۴.
۷. هاشمی دره بادامی، سیروس؛ درویشی بلورانی، علی؛ علوی پناه، سید کاظم؛ ملکی، محمد و بیات، رضا (۱۳۹۸). تحلیل تغییرات جزیره حرارتی سطوح شهری در روز و شب با استفاده از محصولات چند زمانه سنجنده مادیس (مطالعه موردی: کلانشهر تهران). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۹(۵۲): ۱۲۸-۱۱۳.
۸. یوسفی، یدالله (۱۳۹۷). شکل گیری جزیره حرارتی و اثر آن بر تغییرپذیری دما در شهر بابل. *محیط شناسی*، ۴۴(۲): ۳۴۵-۳۵۴.
9. Ayanlade, A. (2016). Variation in diurnal and seasonal urban land surface temperature : landuse change impacts assessment over Lagos metropolitan city. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(4): 1-8.
10. Brandsma, T. & Wolters, D. (2012). Measurement and statistical modeling of the urban heat island of the city of Utrecht (Netherlands). *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(6):1046-1060.
11. Cardoso Dos Santos, R., & Amorim De Costa Trindade, M. C. (2018). Urban heat Island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil. *Investigaciones Geograficas*, 69: 107-118.
12. Gough, W. A. (2008). Theoretical considerations of day-to-day temperature variability applied to Toronto and Calgary, Canada data. *Theoretical and Applied Climatology*, 94(1-2): 97-105.
13. Gough, William A. & Hu, Y. (2016). Day-to-day temperature variability for four urban areas in China. *Urban Climate*, 17: 80-88.
14. Karl, T. R. Knight, R. W. & Plummer, N. (1995). Trends in High Frequency Climate Variability in the Twentieth Century. *Nature*, 377: 217-220.
15. Kim, Y.H. & Baik, J.J. (2005). Spatial and Temporal Structure of the Urban Heat Island in Seoul. *Journal of Applied Meteorology*, 44(5): 591-605.
16. Kim, Y. H. & Baik, J. J. (2004). Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea. *Theoretical and Applied Climatology*, 79(3-4): 151-164.

17. Liu, C. & Li, Y. (2018). Spatio-temporal features of urban heat island and its relationship with land use/cover in mountainous city: A case study in Chongqing. **Sustainability (Switzerland)**, 10(6):1-13.
18. Lokoshchenko, M. A. (2015). For internal non-commercial research and educational institutional or third-party websites are prohibited. Version of the article (e. g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors archiving and manuscript pol. **Urban Climate**, 10: 550–562.
19. Narita, K. Sugawara, H. Yokoyama, H. Misaka, I. & Matsushima, D. (2009). Cold air seeping from an urban green space, Imperial Palace, in central Tokyo. *Proc. ICUC-7*, (May), 2–6.
20. Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, 7(8): 769–779.
21. Oke, T. R. (2002). **Boundary Layer Climates**. Taylor & Francis e-Library.
22. Rojas, J. L. F. Pereira Filho, A. J. & Karam, H. A. (2016). Estimation of long term low resolution surface urban heat island intensities for tropical cities using MODIS remote sensing data. **Urban Climate**, 17: 32–66.
23. Sen, S. & Roesler, J. (2020). Wind direction and cool surface strategies on microscale urban heat island. **Urban Climate**, 31(2020): 1-15.
24. Tam, B. Y. Gough, W. A. & Mohsin, T. (2015). The impact of urbanization and the urban heat island effect on day to day temperature variation. **Urban Climate**, 12: 1–10.
25. Thomas, G. & Zachariah, E. J. (2016). Urban Heat island in a Coastal City Interlaced by Wetlands Urban Heat Island in a Tropical City Interlaced by. **Journal of Environmental Science and Engineering**, 5: 1–7.
26. Ünal, Y. S. Sonuç, C. Y. Incecik, S. Topcu, H. S. Diren-Üstün, D. H. & Temizöz, H. P. (2019). Investigating urban heat island intensity in Istanbul. **Theoretical and Applied Climatology**.
27. Wang, Y. Berardi, U. & Akbari, H. (2015). The Urban Heat Island Effect in the City of Toronto. **Procedia Engineering**, 118(June 2016): 137–144.
28. Wu, F. T. Fu, C. Qian, Y. Gao, Y. & Wang, S. Y. (2016). High-frequency daily temperature variability in China and its relationship to large-scale circulation. **International Journal of Climatology**, 37:570-582.
29. Yamamoto, Y. (2005). Measures to Mitigate Urban Heat Islands. **Environmental and Energy Research Unit. Quaterly Review**, 18: 65–83.
30. Zhang, W. Zhu, Y. & Jiang, J. (2016). Effect of the urbanization of wetlands on microclimate: A case study of XixiWetland, Hangzhou, China. **Sustainability (Switzerland)**, 8(9). 10.3390/su8090885.
31. Zhou, D. Xiao, J. Bonafoni, S. Berger, C. Deilami, K. Zhou, Y. Sobrino, J. A. (2019). Satellite Remote Sensing of Surface Urban Heat Islands: Progress, Challenges, and Perspectives. **Remote Sensing**, 11(48): 1–36.