نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

صفحات ۴۵ – ۵۸

تحلیل فضایی تغییر اقلیم ایران از دیدگاه شار گرمای محسوس و شار گرمای نهان به روش باون

حلیمه شاهزائی؛ دانشجوی کارشناسی‌ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

محسن حمیدیان‌پور[1]؛ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

مهسا فرزانه؛ دکتری تخصصی آب‌وهواشناسی.

دریافت مقاله :۱۴۰۱/۰۸/۲۰ پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۵/۰۱

چکیده

شار گرمای محسوس و شار گرمای نهان از جمله متغیرهایی هستند که ارتباط زیادی به دما و رطوبت دارند و انتقال حرارت را در یک سطح نمایش می‌دهند. پس می‌توان تغییرات آنها را مرتبط به تغییرات دما و رطوبت دانست. در این راستا پژوهش حاضر قصد دارد با بررسی سیر تغییرات شار گرمایی محسوس و گرمای نهان و نسبت بین این دو به واکاوی و آشکارسازی تغییرات اقلیمی ایران بپردازد. بدین منظور از داده‌های باز تحلیلی NCEP/NCAR شامل شار گرمای محسوس و نهان طی دورهٔ ۱۹۴۸–۲۰۲۰ در محدوده ایران استفاده شد. نسبت این دو شار گرمایی، میزان نرخ باون را نشان می‌دهد. برای تحلیل فضایی زمانی – مکانی آنها از روش‌های درون‌یابی استفاده شد. ضمن اینکه با بهره‌گیری از روش‌های ناپارامتریک من کندال و شیب‌سن تغییرات فضایی و زمانی نیز بررسی شد. بخش اوّل نتایج نشان داد که به لحاظ مکانی میزان ضریب باون تابعی از عرض جغرافیایی و ناهمواری‌ها می‌باشد و به لحاظ زمانی کمترین مقدار مربوط به ماه ژانویه و بیشترین مقدار مربوط به ماه ژوئیه است. نتایج بخش دوّم بیانگر این مطلب است که ضریب باون در طول زمان دارای سیر و روندی مثبت است. سیر صعودی آن بیانگر افزایش ضریب خشکی کشور است. به طوری که این وضعیت در روند مثبت و افزایش دما قابل مشاهده است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ضریب باون، گرمایش جهانی، تحلیل فضایی- زمانی.

[1] نویسنده مسئول: Email: mhamidianpour@gep.usb.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

مقدمه

شار گرمای محسوس، میزان هدر رفت یا انتقال گرما به هوا به دلیل اختلاف دما از طریق همرفت و هدایت مولکولی تعریف می‌شود و شار گرمای نهان، میزان تلفات گرما از سطح به علت تبخیر و تعرق را نشان می‌دهد (کمالی و همکاران، ۱۳۹۶). شار گرمایی نهان اصولاً متأثر از سرعت باد و رطوبت نسبی است. چون در جمله، شار گرمایی نهان، گرما هم به صورت تبخیر می‌تواند از سطح اقیانوس خارج و یا هنگام میعان گرما به داخل اقیانوس وارد شود. بنابراین شار گرمای نهان می‌تواند به هر دو صورت ورودی و خروجی به وقوع بپیوندد. امّا شار گرمایی محسوس تحت‌تأثیر سرعت باد و اختلاف دمای هوا- دریا است. انتقال گرما از دریا به جو بسیار آسان‌تر از انتقال گرما در جهت عکس آن است. زیرا گرمای ورودی به جو از پایین، عامل ناپایداری یا کاهش چگالی در سطح زمین می‌شود و باعث همرفت اتمسفری و انتقال سریع گرما می‌شود (عینعلی و چگینی، ۱۳۹۴). مبادلات مهّم رطوبت بین سطح زمین و جو، همانند شار گرمای محسوس، بیشتر به وسیلهٔ دمای لایه‌های پایین جو کنترل می‌شود. گرما در روز به هوا و در شب از هوا به سمت زمین منتقل می‌شود (کاویانی، ۱۳۹۱).

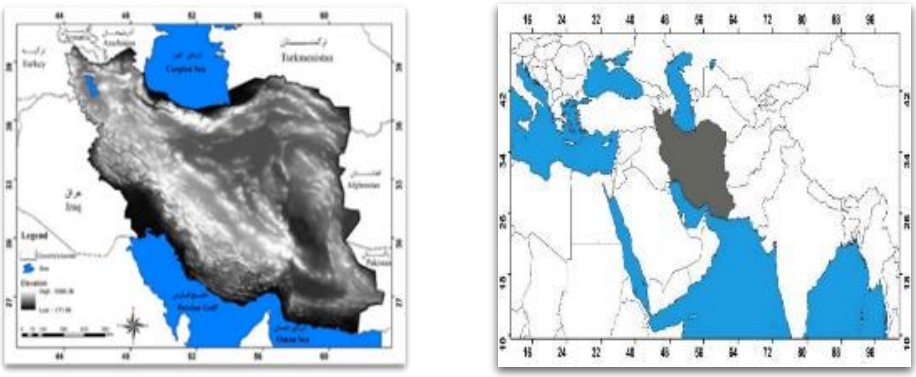
شار محسوس در سطح زمین و بالاتر از آن باعث اختلاف دمای سطح زمین و هوای اطراف آن می‌شود. پس اگر انتقال گرما یا انرژی وجود دارد. به واسطهٔ اختلاف دمایی است که میان سطح زمین و هوای اطراف آن وجود دارد و هر چه این اختلاف دما بیشتر باشد میزان شار گرمای محسوس بیشتر خواهد شد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۵). سطح زمین به طور پیوسته با اتمسفر در تماس بوده و به عنوان یک لایهٔ مرزی نقش تعیین‌کننده‌ای در مبادلهٔ شارهای مختلف فیزیکی و بیولوژیکی مانند گرما، رطوبت و دی‌اکسید کربن در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدّت و بلندمدّت ایفاء می‌کند. شارها پیوسته از طریق فرآیندهای مختلف فیزیکی به اتمسفر وارد شده و ضمن تأثیرگذاری بر کنش‌هایی که بین چرخه‌های آب و انرژی در هیدروسفر، اتمسفر و بیوسفر اتفاق می‌افتد. وضع هوا و اقلیم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. به طوری کلی میزان دمای سطح خاک توسط فرآیندهای مختلفی از جمله میزان تابش خالص دریافتی، میزان انرژی گسیل شده با طول موج بلند از سطح خاک به جو، جریانات همرفتی و فرارفتی هوا، شار گرمای محسوس بین سطح خاک و اتمسفر، میزان تبخیر در سطح خاک و میزان شار گرما به داخل خاک کنترل می‌شود (خوشخو، ۱۳۹۷). شار گرمای محسوس بخشی از تابش خالص خورشیدی است که صرف گرم کردن هوا می‌شود. انتقال حرارت از سطح به اتمسفر، روندی آیرودینامیک است (خاکبازان‌فرد و تجریشی، ۱۳۹۰). مقدار شار گرمای محسوس از سرعت باد و دمای سطحی زمین با بکارگیری یک واسنجی و تنظیم درونی ویژه شامل اختلاف دمای تراز زمین و دمای هوای مجاور حاصل می‌شود (صحراگرد و همکاران، ۱۳۹۸). در تغییرپذیری آب و هوای محلی و منطقه‌ای نقش مهمّی دارد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۵) و اقلیم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. به طوری که امروزه یکی از بحرانی‌ترین موضوعات زیست محیطی که ذهن برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را به خود مشغول کرده تغییر اقلیم است. نباید فراموش کرد که تغییرات اقلیمی می‌تواند اثرات زیادی بر مخاطرات و پدیده‌های فرین اقلیم داشته باشد (حسن‌لی، ۱۳۹۸؛ بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ نمرودی و همکاران، ۲۰۲۰). به هر روی یکی از راه‌های آشکارسازی تغییرات اقلیمی بررسی و تحلیل متغیرهای هواشناسی شامل دما، بارش و ... است. البته بعضاً می‌توان از متغیرهای دیگری که رفتار توأمان دما، بارش، تبخیر و تعرق را در بردارند، مانند شار گرمای محسوس و شار گرمای نهان و ضریب حاصل از آنها استفاده کرد. مطالعات معدودی به تحلیل فضایی- زمانی تغییرات این شارها پرداخته‌اند. به عنوان نمونه می‌توان به مطالعه ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۵) که در خصوص

تحلیل شار گرمای محسوس و ارتباط این متغیر با دما است اشاره نمود. مارتینز و همکاران (Martinez et al, ۲۰۱۰) با بررسی روند دماهای حداقل و حداکثر کاتالونیا طی دوره دریافتند که دمای حداکثر و حداقل سالانه در فصل بهار و تابستان رو به افزایش بوده است و برای فصل زمستان روند افزایشی است. لهمی و همکاران (Lehmi et al, ۱۹۹۳) در پژوهش تعیین شار گرمای محسوس در زمین‌های ساوانای بدون کشت صحرای افریقا با گرماسنج فروسرخ بین داده‌های برآوردی با داده‌های بدست آمده از روش توازن انرژی باون و میانگین مربّعات خطا در حدود ۵۲ وات اختلاف وجود داشت استفاده کردند. جانیسی و ساچنوبو (Janisi & Sagnobo, ۱۹۹۶) شار گرمای محسوس از سطح زمین در شرایط انتقال گرمای همرفتی به طور طبیعی را مطالعه کردند و صدری‌نسب و میوند (۱۳۸۹) شار گرمایی را در خلیج‌عمان با مدل‌سازی نشان دادند. با مطالعه عوامل مختلف مؤثر بر بودجهٔ گرمایی از قبیل زاویهٔ تابش، ابرناکی آسمان، بازتاب سطح آب، رطوبت نسبی هوا، تابش خورشید با طول موج کوتاه و طول موج بلند، انتقال گرمای محسوس، انتقال گرمای نهان‌تبخیر، انتقال گرما توسط جریان‌های اقیانوسی، بارش و وزش باد، شار گرمایی در این منطقه بر اساس داده‌های سازمان جهانی نوآ و استفاده از مدل سه‌بعدی هیدرودینامیکی کوهرنس با تراز قائم سیگما محاسبه شده است. همانطور که مشخص شد نقش دو متغیر شار گرمای محسوس و نهان از دید پژوهشگران پنهان نبوده است. امّا آنچه که نیاز به بررسی بیشتر دارد تحلیل فضایی زمانی این متغیرها می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه نخست تحلیل فضایی – زمانی این دو متغیر و نسبت بین آنها می‌باشد و سپس با استفاده از روش‌های ناپارامتریک به بررسی تغییرات آن پرداخته می‌شود.

داده‌ها و روش کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومترمربّع، مابین ۲۵ تا ۴۰ درجهٔ عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجهٔ طول شرقی واقع شده است. سرزمین ایران از نظر هندسی، به صورت یک چهارضلعی نسبتاً منظم و تقریباً شبیه لوزی مایل است. چنانچه مناطق بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۶۰ درجهٔ شمالی را منطقه معتدلهٔ شمالی بدانیم، در این صورت حدود دو سوم وسعت آن در نیمهٔ جنوبی این منطقه و یک‌سوم بقیهٔ در منطقهٔ گرم سطح زمین قرار دارد. با اتکاء به این عامل و با توجّه به هم عرض بودن ایران با دریای مدیترانه، اصولاً ایران باید دارای آب و هوای معتدل تا نسبتاً گرم مدیترانه‌ای و یا به عبارتی همان شرایطی باشد که بر سرزمین‌های مجاور این دریا حاکم است. امّا مجاورت ایران با فاصلهٔ اندک از مدار رأس‌السرطان موجب شده است تا نوار بیابانی نیمکرهٔ شمالی از این کشور عبور نماید و شرایط نامساعد طبیعی را بر وسعت زیادی از این سرزمین حکم‌فرما سازد (علایی‌طالقانی، ۱۳۸۸).



شکل ۱. محدوده مطالعاتی ایران

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

- **داده ها و روش**

در سال‌های اخیر، استفاده از داده‌های شبکه‌ای افزایش پیدا کرده است. این داده‌ها به طور معمول از درون‌یابی مشاهدات نامنظم فضایی حاصل می‌شود. تخمین بهتر متغیرهای آب و هوایی در نواحی فاقد ایستگاه و امکان مطالعه بهتر هوا و بررسی نوسانات و تغییرات عناصر آب و هوایی از مزایای داده‌های شبکه‌ای است (میری و همکاران، ۱۳۹۵). به منظور تحلیل فضایی زمانی شار گرمایی محسوس و نهان و همچنین نسبت باون از داده‌های بازتحلیلی NCEP/NCAR طی دوره آماری ۱۹۴۸ تا ۲۰۲۰ یعنی دورهٔ ۷۲ سال منطبق با کشور ایران استفاده شد.

در نخستین گام اقدام به چیدمان داده‌ها و تغییر فرمت داده‌ها بود. بنابراین بدین منظور از محیط ماکرونویسی اکسل استفاده شد و داده‌ها از فرمت nc.* به فرمت متنی در محیط اکسل تبدیل شدند. به صورت پیکسل مبنا مقدار متوسط ماهانه، فصلی و سالانه هر یک از متغرهای شار گرمای محسوس (SH)، نهان (LE) و ضریب باون (B_0) محاسبه گردید. نیاز به ذکر است که ضریب باون از نسبت دو متغیر شار گرمای محسوس و شار گرمای نهان به شرح رابطه ۱ بدست می‌آید (طاوسی، ۱۳۹۷).

$$B_O \equiv \frac{SH}{LE} = B_e \qquad (۱)$$

در گام دوم به منظور تحلیل فضایی تغییرات مکانی هر سه متغیر مورد مطالعه، وارد محیط نرم‌افزاری ArcMap شد. روش‌های متعددی در خصوص تحلیل فضایی وجود دارد. در این مطالعه از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شده است. البته بهترین مدل کرینجینگ نیز، بر اساس تحلیل‌های انجام شده در بسط زمین‌آمار انجام شد و نسبت به انتخاب بهترین روش درون‌یابی با استفاده از معیار ارزیابی عملکرد ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE[۲]) استفاده گردید. در نهایت به منظور ارزابی تغییرات زمانی متغیرهای مورد مطالعه ار روش‌های ناپارامتریک من-کندال و شیب سن استفاده شد.

- **روش من- کندال**

در چند سال اخیر شناسایی روند، یک مسئله مهم در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی هواشناسی بوده است. بررسی روند علاوه بر مشخص کردن نوسانات طولانی مدت فرآیندهای دمایی دوره تناوب و دیگر خصوصیات آنها را مشخص می کند. بدین منظور در طی سال های گذشته محققین روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری را جهت بررسی روند ارائه دادند در روش‌های پارامتری نیاز است داده‌ها مستقل بوده و از توزیع نرمال پیروی کنند در صورتی که در روش‌های غیر پارامتری نیاز نیست داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند و این روش‌ها نسبت به داده‌های پرت و گم شده حساسیت کم‌تری دارند نقطه اشتراک دو آزمون پارامتری و ناپارامتری داشتن داده‌های مستقل است. پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمانی و مکانی به دلایل زیادی تغییر می‌کند که باید نحوه تغییرات آنها براساس مشاهدات و با بهره‌گیری از روش‌های آماری تعیین شود. آزمون من–کندال جزء متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌روند. با استفاده از این روش تغییرات داده‌ها شناسایی نوع و زمان آن مشخص می‌گردد. آزمون من–کندال ابتدا توسط Man (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط Kendall در سال ۱۹۷۵ توسعه یافت و کاربرد آن توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه شده است. این آزمون به دو روش محاسبه می‌شود:

۲ - Root-Mean-Square Errore

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

- آزمون آماری (T) من – کندال
- آزمون نموداری من – کندال

آزمون من-کندال یک آزمون ناپارامتریک است، به منظور آشکار کردن هر گونه روند یا جهش ناگهانی در رفتار یک سری زمانی می‌تواند از آزمون گرافیکی و ناپارامتریک من-کندال استفاده نمود و ویژگی این روش در این است که سری زمانی نیاز به تبعیت از توزیع نرمال ندارند و هم‌چنین مزیت دیگر این آزمون، عدم حساسیت به جهش‌های ناگهانی در اثر ناهمگنی با طول سری زمانی است. در یک سری زمانی با طول n (i=۱, ۲,..., n) داده‌ها با رتبه‌هایشان به ترتیب روند افزایشی، جایگزین خواهند شد که Ti برای اعداد Xi < Xi به طوری که j < i است شمرده می شود. برای هر Xi آماره U به روش آماره زیر محاسبه می‌گردد .

$$U = \frac{\sum t_i - E}{\sqrt{V}} \quad (۲)$$

که E و V به ترتیب برابر متوسط و واریانس سری می‌باشند.

$$\mathrm{E} = \frac{n_i(n_i - ۱)}{۴} \quad (۳)$$

$$V = \frac{n_i(n_i - ۱)(۲n_i + ۵)}{۷۲}$$

دیگر مولفه مورد نیاز مقدار U' است که معادل عکس U می‌باشد:

$$U' = \frac{\sum t_i' - E'}{\sqrt{V'}} \quad (۴)$$

که E و V به ترتیب برابر متوسط و واریانس سری معکوس می‌باشند.

$$E' = \frac{n_i(n_i - ۱)}{۴} \quad (۵)$$

$$V' = \frac{n_i(n_i - ۱)(۲n_i + ۵)}{\sqrt{V'}}$$

که N تعداد کل سری زمانی می‌باشد. پس از محاسبات بالا و ترسیم نمودارهای مربوط هرگاه معنی‌داری در داده‌ها وجود داشته باشد، خطوط منحنی U' و U همدیگر را قطع می‌کنند. اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی (۱±/۹۶) هم‌دیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی‌که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است (حمیدیان‌پور، ۱۳۹۴).

- **روش شیب سن**

جهت برآوردن نمودن شیب واقعی یک روند در یک سری زمانی، استفاده از روش ناپارامتریک سن می‌تواند یکی از روش مناسب در این زمینه باشد این روش نخست توسط تیل (Til) در سال ۱۹۵۰ ارائه و سپس توسط سن (Sen) درسال ۱۹۶۸ بسط و گسترش داده شد. این روش هم همانند بسیاری دیگر از روش‌های ناپارامتریک همچون من– کندال بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات سری زمانی استوار است. این روش، زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که روند موجود در سری زمانی یکی روند خطی باشد. روش سن جهت تخمین شیب خط روند (Qi)، نخست می‌بایست شیب بین هر جفت داده‌ی مشاهداتی (N) را در طول زمان با استفاده از معادله زیر محاسبه نمود.

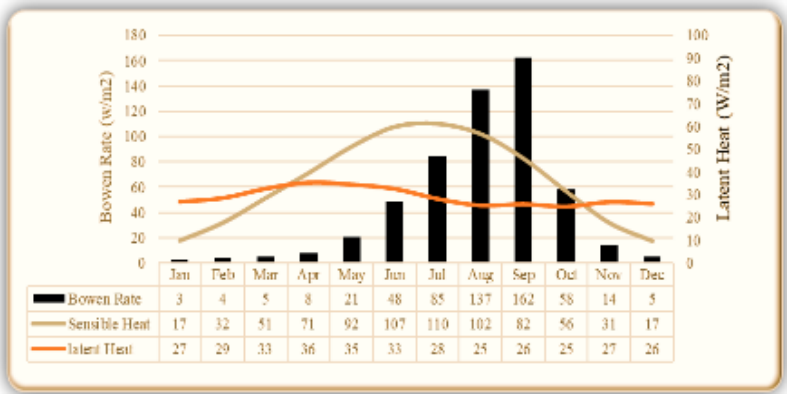
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

$$Q_i = mediam\left[\frac{X_j - X_k}{j - k}\right] \qquad for \quad j = ۱, \dots, N \tag{۶}$$

که Qi شیب خط بین نقاط xj و xk می‌باشد و xj و xk به ترتیب مقادیر مشاهداتی در زمان‌های j و k هستند ($j > k$). میانه تخمین‌های شامل تخمین گر شیب سن است. مقادیر محاسبه شده مثبت نشان از روند افزایش و مقادیر منفی نمایشگر روند کاهش است (حمیدیان‌پور، ۱۳۹۴).

شرح و تفسیر نتایج

شناخت اجزاء تبخیر و تعرق در مدیریت مناسب هدر رفت آب و کاهش تبخیر نقش بسزایی دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰). کشور ایران در نواحی جنب‌حاره گسترش یافته است. لذا توزیع متغیرهای هواشناسی قاعدتاً از رفتار کلان‌مقیاس نیز تبعیت می‌کند. شکل (۲) نمایانگر تغییرات زمانی شار گرمای محسوس است. توزیع زمانی این متغیر نشانگر رفتار کلان‌مقیاس بازیگران اقلیم اعم از تغییرات ظاهری خورشید و جابجایی کمربندهای فشاری است. به طوری که با توجه به شکل (۲) بیشترین مقدار شار گرمای محسوس منطبق بر ماه ژوئیه (تیرماه) و کمترین آن در دوره‌های سرد سال یعنی ژانویه رخ می‌دهد. البته شار گرمای نهان گویای این مطلب نیست و آهنگ تغییرات این متغیر تا حدودی با شار گرمای محسوس متفاوت است. به طوری که کمترین آن در ماه آگوست (شهریور ماه) و بیشترین آن در ماه آوریل (فروردین ماه) رخ داده است. این موضوع می‌تواند با بحث ذوب برف، یخ و همچنین تبخیر در ارتباط باشد. علاوه بر این تفاوت می‌توان بیان کرد که میزان گرمای نهان حدود یک‌سوم شار گرمای محسوس است. این موضوع گویای داشتن اقلیم قاره‌ای در ایران و تا حدودی منعکس‌کننده نبود گستره‌های آبی در سرزمین ایران است. براساس مبانی نظری نسبت بین این دو نوع موسوم به نسبت باون نامیده می‌شود. این ضریب معمولاً برای محاسبهٔ گرمای از دست رفته یا بدست آمده در یک ماده استفاده می‌شود. تغییرات این شاخص دارای رابطهٔ مستقیم (r=۰/۶۲) با شار گرمای محسوس و رابطهٔ معکوس (r= -۰/۴۴) با شار گرمای نهان دارد.



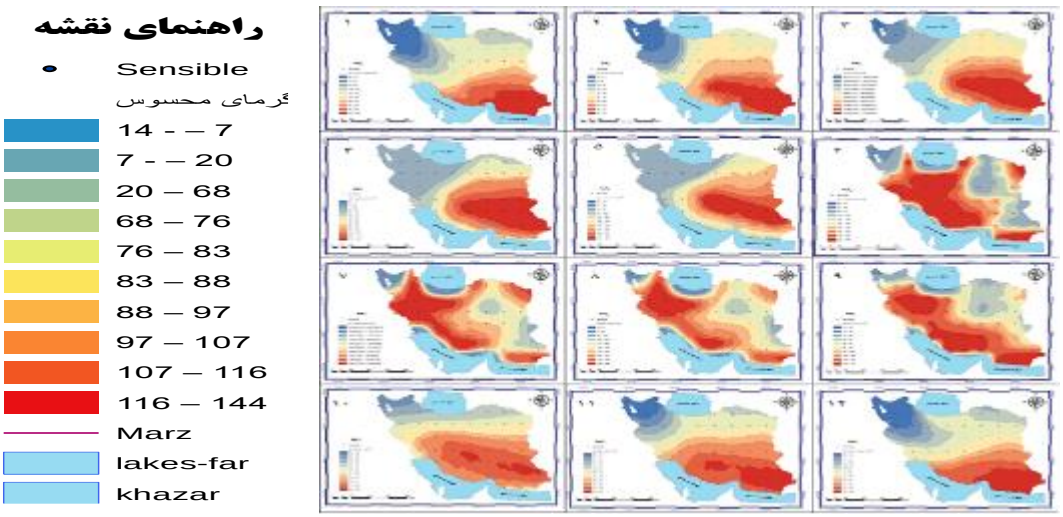
شکل ۲. آهنگ تغییرات زمانی شار گرمای محسوس، نهان و ضریب باون طی دورهٔ آماری (۱۹۴۸-۲۰۲۰) براساس متوسط از کلیهٔ شبکه‌های ایران

- **تحلیل فضایی شار گرمای نهان و محسوس و ضریب باون**

شکل (۳) تغییرات فضایی شار گرمایی محسوس را نشان می‌دهد. میزان شار گرمای محسوس در همه ماه‌ها یکسان نمی‌باشد. تقریباً توزیع فضایی شار گرمای محسوس در ماه‌های ژانویه تا آوریل مشابه یکدیگر است به طوری که کمترین

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

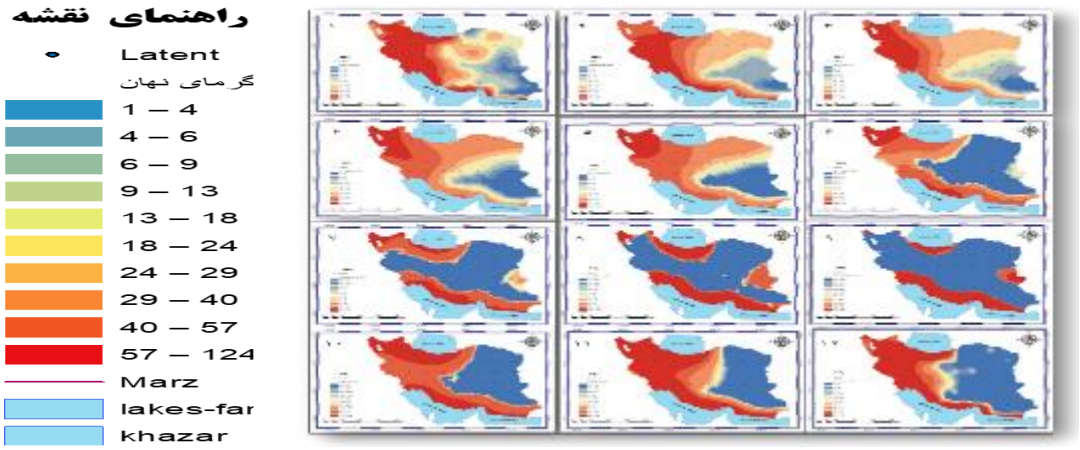
مقدار در شمال غرب حدود ۷ بر متر مربع و بیشترین آن در نواحی شرقی و جنوب شرقی ایران با مقدار بیشتر از ۱۰۰ وات بر متر مربع است. با ورود به ماه می سواحل جنوبی ایران با توجه به اثرات دریا از مقدار شار گرمای کمتری نسبت به مناطق پست شرقی ایران از جمله بیابان لوت و دشت جازموریان دیده می شود ماه ژوئن، ژولای آگوست و تا حدودی ماه سپتامبر رفتار ویژه از خود نشان می‌دهند به طوری که کمترین شار گرمای محسوس را می‌توان در نواحی شرقی ایران درست در محدوده وزش بادهای لوار یا باد سیستان مشاهده نمود. در این دوره نواحی شرقی ایران تحت سیطره و حاکمیت کم‌فشار پاکستان و پرفشار ترکنستان در شرق دریای خزرد قرار دارند و این دو سامانه عوامل اصلی کنترل کننده نواحی شرقی ایران و باعث شکل‌گیری وزش باد لوار در منطقه است (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ حمیدیان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). در سایر ماه‌های باقیمانده بیشترین مقدار شار گرمای محسوس در نواحی جنوبی ایران به ویژه سواحل دریای مکران و مناطق دشت جازموریان، بیابان لوت و غیره مشاهده می گردد. به طور کلی در نیمه گرم سال بیشتر سطح کشور مقدار شار گرمای محسوس به عنوان نمونه در ماه ژولای به حدود ۱۴۰ وات بر متر مربع می‌رسد. این موضوع در دوره سرد سال به کمینه حدود کمتر از ۱۰ وات بر متر مربع می‌رسد. به طور کلی به لحاظ زمانی توزیع مقادیر بالا شار گرمای محسوس در دوره گرم سال از مساحت بیشتری برخوردار است و به لحاظ مکانی رفتار کلی شار گرمای محسوس بدین گونه است که از شمال به جنوب، شمال‌غرب به جنوب‌شرق و غرب به شرق مقدار شار گرمای محسوس افزایش می‌یابد. این موضوع ارتباط مستقیم با تفاوت دمای دوره گرم سال و سرد دارد. همچنین روند افزایش شار گرمای محسوس با توجّه به پستی و بلندی زمین، پوشش‌گیاهی و زاویهٔ تابش خورشید از جنوب به شمال و از شرق به غرب کاهشی است. براساس شکل (۳) بیشترین میزان شار گرمای محسوس در مناطق شرقی از جمله جنوب‌شرق و مناطق مرکزی و قسمت‌هایی از جنوب ایران و کمترین آن در شمال‌غرب و غرب ایران مشاهده می‌شود. می‌توان علت آن را به تفاوت‌های مکانی به ویژه درباره ارتفاعات و پوشش‌گیاهی و رطوبت نسبی منطقه نسبت داد. در جنوب‌شرق ایران مناطق مرکزی و جنوبی ایران به علت ارتفاعات کمتر و پوشش‌گیاهی تنک و دوری از دریاها دارای شار گرمای محسوس بالا می‌باشد.



شکل ۳. نقشه‌های ماهانه شار گرمای محسوس دورهٔ مطالعاتی (۱۹۴۸-۲۰۲۰). به ترتیب شماره ۱ ماه ژانویه و ۱۲ ماه دسامبر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

شکل ۴ توزیع فضایی ماهانهٔ شار گرمای نهان را نشان می‌دهد. آنچه که حائز اهمیت است تفاوت توزیع فضایی متغیر شار گرمای نهان با شکل قبل (شکل ۳) یعنی شار گرمای محسوس است. به طوری که می‌توان بیان کرد که توزیع این متغیر در رابطه عکس با توزیع فضایی شار گرمای محسوس دارد. همانطور که توزیع فضایی آن گویای ارتباط این متغیر با دما است. توزیع فضایی شار گرمای نهان ارتباط معنی‌داری با رطوبت نسبی کشور دارد. به طور کلی روند کلی تغییرات فضایی این متغیر بدین گونه است که از شمال به جنوب، از شمال‌غرب به جنوب‌شرق و از غرب به شرق مقدار آن کاهش می‌یابد به طوری که مقدار آن از از یک وات بر متر مربع در مناطق شرقی ایران تا حدود ۱۲۴ وات بر متر مربع در نواحی شمال‌غربی ایران تغییر می‌کند. البته این نظم فضایی بعضاً به دلیل توزیع دریاها و همچنین کوهستان‌ها یکسان نبوده و تغییر می‌کند به طوری که نواحی ساحلی در جنوب ایران نزدیک سواحل دریای عمان در طول ماه‌های مختلف مقدار شار گرمای نهان بیشتر از نواحی پست و همچنین نواحی شرقی ایران می باشد. در ماه ژوئن با کاهش میزان گرمای نهان و افزایش گرمای محسوس، تلاطم در نوسان‌های سریع و نامنظم سرعت باد معنی پیدا می‌کند، جایی که میانگین عمودی شیب دما و رطوبت وجود دارد (طاوسی، ۱۳۹۷، ۱۴۵) که می‌تواند عاملی برای وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان باشد. حمیدیان‌پور (۱۳۹۲، ۹۶) در مطالعات انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند که در منطقه دشت سیستان در طول شب به جهت محو تلاطم‌های سطحی و به تبع آن کاهش و ناپدید شدن همرفت‌های محلی، میزان تأثیر جریان متلاطم محلی بر ساختار باد مقیاس منطقه‌ای کاهش می‌یابد.

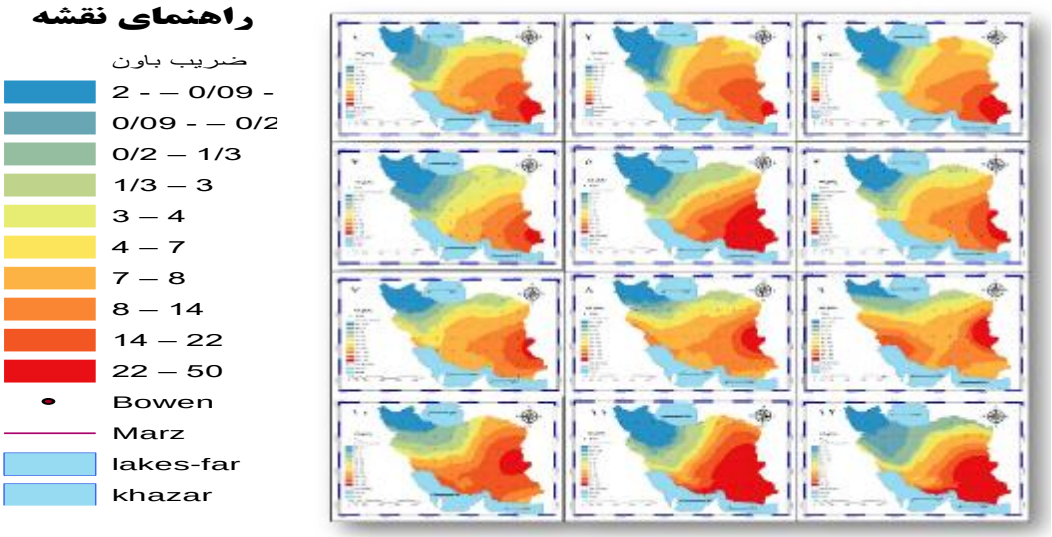


شکل ۴. نقشه‌های ماهانه شار گرمای نهان در دورهٔ مطالعاتی (۱۹۴۸-۲۰۲۰).

از نسبت شار گرمای محسوس به شار گرمای نهان، ضریب باون (β)، بدست می‌آید. یک از فاکتورهای مهم جهت نمایش ضریب خشکی مناطق در نظر گرفته می‌شود به طوری مقدار ضریب باون در نواحی خشک بیشتر از مناطق مرطوب است (محمدی، ۱۴۰۰). شکل (۵) توزیع فضایی نرخ ضریب باون را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل ضریب باون از یک روند شمال به جنوب، شرق به غرب و شمال‌غربی به جنوب‌شرقی برخوردار است. در ساختار روندی بیان شده مقدار ضریب باون افزایش می‌یابد. این موضوع بیانگر قدرت بیشتر فاکتور دمای کشور نسبت به رطوبت است. بدین معنی که نقش دما در ساختار شرایط اقلیمی کشور از نقش بیشتر و قوی‌تری برخوردار می‌باشد. البته توزیع باون از نظم مکانی یکدست‌تری برخوردار است. به طور ی بر اساس این شکل بیشترین مقدار آن در نواحی جنوب‌شرقی ایران منطبق با استان سیستان و بلوچستان مشاهده می‌گردد و کمترین آن متعلق به نواحی شمال‌غرب کشور است. به لحاظ زمانی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

کمینه ضریب باون متعلق به دوره‌های سرد یعنی ماه ژانویه و دسامبر و بالاترین بیشینه آن مربوط به دوره‌های گرم یعنی ماه ژوئیه است.



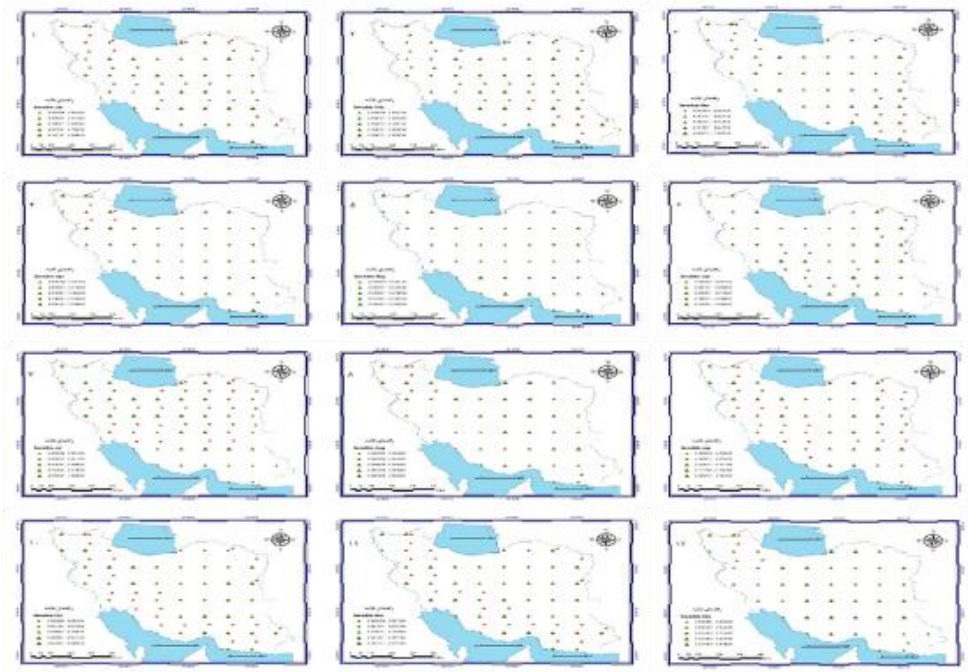
شکل ۵. نقشه‌های ماهانهٔ ضریب باون دوره مطالعاتی (۲۰۲۰-۱۹۴۸)

- **تحلیل تغییرات زمانی – مکانی شار گرمایی محسوس و نهان و ضریب باون**

در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات زمانی متغیرهای مورد مطالعه از روش ناپارامتریک، من کندال و شیب سن استفاده شده است. این آزمون‌ها جزو متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌روند (پودینه و همکاران، ۱۳۹۷). اشکال ۶ تا ۸ نمایش دهنده شرایط روند و ضریب شیب سن را در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد (ستاره‌های داخل شکل) به صورت ماهانه نشان می‌دهد. بر اساس اشکال مذکور مناطق جنوب‌شرق، نواحی مرکزی و نواحی جنوبی دارای بیشترین روند افزایشی است. در واقع مناطق با شار گرمای محسوس بالا و شار گرمای نهان پایین، با بیشترین روند افزایشی نیز روبرو می‌باشند. در یک نگاه کلی با حرکت از شمال‌غرب به سمت جنوب‌شرق شیب روند موجود از افزایش بیشتری برخوردار است. در خصوص شار گرمای محسوس می‌توان به طور کامل بیان کرد که تمامی نقاط شبکه مورد استفاده از روند افزایش دیده می‌شود. به بیانی در طی این سال‌ها شار گرمای محسوس به طور میانگین مثبت بوده است این موضوع با مطالعات پژوهشگران پیشین هم‌راستا است. به طوری که برزو (۱۳۹۵، ۶۷) با استفاده از داده‌های بازتحلیلی برای دورهٔ آماری ۱۹۸۰-۲۰۱۴ در ایران به این نتیجه رسیدند که جز در برخی از سال‌ها که جهش شار گرمای محسوس روندی کاهشی داشته است. در بقیهٔ سال‌های آماری مورد مطالعه با ناهنجاری مثبت ۵۲ درصد روبرو بوده است. علاوه بر آن می‌توان اظهار کرد که شار گرمای محسوس انطباق خوبی با توزیع فضایی پوشش‌گیاهی دارد. در واقع پوشش‌گیاهی و ارتفاعات نقش مستقیمی در توزیع گرمای محسوس کشور دارد. شایان ذکر است امروزه به سبب گرمایش جهانی و از طرفی افزایش جمعیت تغییرات محسوسی در کاربری اراضی مشاهده می‌شود. به عنوان نمونه نتایج مطالعه کمالی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که پراکنش مکانی تولید خالص اولیه (NPP) در حدود ۷۰ درصد کشور دارای روند منفی است و این در حالی رخ می‌دهد که بیشترین روند منفی این متغیر مربوط به فلات شرقی ایران است. شکل ۷ نیز نمایشگر تغییرات زمانی شار گرمای نهان می‌باشد. این اشکال نیز گویای افزایش شار گرمای نهان می‌باشد. ضمن اینکه در بیشتر نقاط شاهد تغییرات معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد می‌باشیم. به منظور تبیین بهتر شرایط

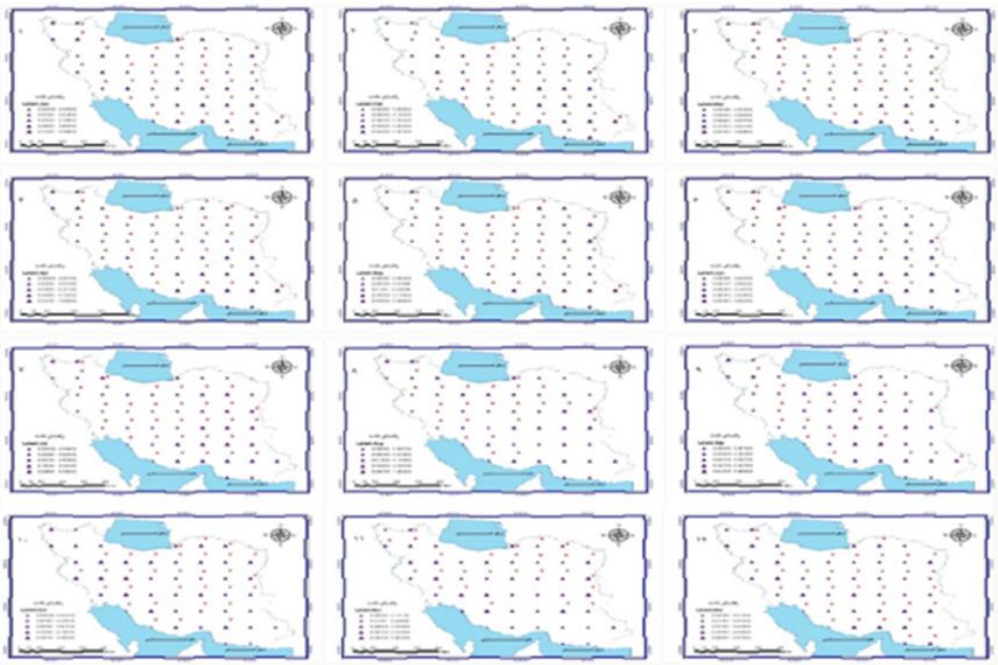
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

اقلیمی و اثر پذیری متغیرهای اقلیمی، شیب روند تغییرات ضریب باون نیز در شکل ۸ آورده شده است. همانطور که پیشتر بیان شده است نرخ باون نسبتی از دو متغیر شار گرمای محسوس و نهان می‌باشد. بر اساس این شکل تمامی ماه‌ها به جز ماه آوریل (به طور بسیار پراکنده در چند نقطه محدود) ضریب باون افزایشی است. افزایش ضریب باون گویای افزایش بیشتر گرمای محسوس در سطح کشور که در صورت معادله ضریب باون قرار دارد است در واقع تفاوت فی مابین شار گرمای محسوس و شار گرمای نهان رو به افزایش است. این به معنی افزایش ضریب خشکی و بری کشور است. مسعودیان و کاویانی (۱۳۸۷) با بررسی تغییرات دمای ایران به این نتیجه رسیده‌اند که بیان دارند رژیم گرمایی کشور الگوی قاره‌ای قوی‌تر پیدا کرده است. این موضوع را با رابطه بین دما و ضریب باون بهتر می‌توان توجیح نمود.



شکل ۶. روند تغییرات زمانی گرمای محسوس (* معنی داری شیب تغییرات در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]



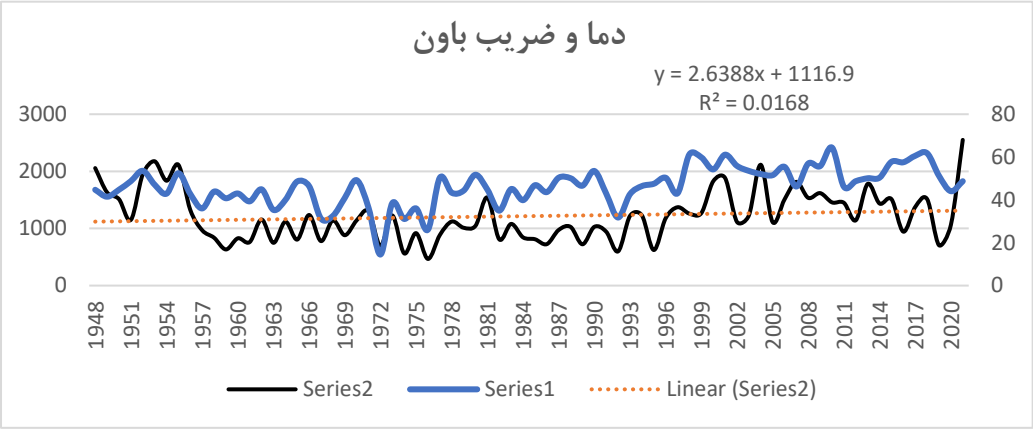
شکل ۷. روند تغییرات زمانی شار گرمای نهان (* معنی داری شیب تغییرات در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

شکل ۸. روند تغییرات زمانی ضریب باون (* معنی داری شیب تغییرات در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

لذا به منظور درک بیشتر تغییرات ضریب باون و اثرات آن بر اقلیم ایران شکل ۹ که بیان از رابطه دما و ضریب باون است ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد رابطه مستقیم و معنی‌داری بین دما و ضریب باون وجود دارد. بر اساس شکل ۹ نرخ ضریب باون همراستا با دما رو به افزایش است پیشتر بیان شد مقدار ضریب باون بالا نمایانگر مناطق خشک است. بنابراین افزایش ضریب باون گویای روند افزایشی ضریب خشکی جو در ایران است. عوامل متعددی در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

افزایش نرخ باون دخیل هستند. عواملی چون افزایش سرعت شهرنشینی و شهرسازی، تغییر کاربری اراضی کشاورزی و جنگلی به خانه‌سازی، شهرسازی و کاربری‌های مختلف دیگر تبدیل شده است. این عامل باعث افزایش گرمای محسوس شده است. به طوری که پژوهشگران دیگر از جمله نایاک و همکاران (Nayak et al, ۲۰۲۱) با ارزیابی پیامدهای LULC (Land use and land cover) یا پوشش کاربری اراضی و پوشش سطح زمین و تغییرات آن را نسبت به تغییرات اقلیم کشور هند با استفاده از مدل‌های Regcm٤ بررسی کرده است.



شکل ۹. سری زمانی دما و ضریب باون با توجّه به ضریب رگرسیون در ایران دورهٔ آماری (۱۹۴۸-۲۰۲۰)

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها و پژوهش انجام شده بر روی تغییرات شار گرمای محسوس و شار گرمای نهان در ایران طی دورهٔ آماری (۱۹۴۸-۲۰۲۰) نشان می‌دهد که میانگین شار گرمای محسوس در این دوره، روندی افزایشی داشته است که در جنوب‌شرق ایران این امر محسوس‌تر بوده است. روند شار گرمای محسوس غربی به شرقی و شمالی به جنوبی است. با توجّه به بیشینه گرمای محسوس و ضریب باون بیشترین میزان در ماه ژوئیه (تیرماه) بوده است. ضریب باون همچون گرمای محسوس در مناطق گرم و خشک افزایش چشمگیری دارد. در مناطقی با پوشش‌گیاهی ضعیف، ارتفاعات پایین، زاویهٔ تابش خورشید و آسمان اغلب صاف گرمای محسوس افزایش داشته است. در مناطقی با کوههای مرتفع و بلند پوشش‌گیاهی مناسب گرمای نهان افزایشی و گرمای محسوس و ضریب باون کاهشی است. نتیجه نهایی اینکه شار گرمای محسوس از لحاظ زمانی، نسبت به دوره‌های قبل افزایش داشته است و روندی افزایشی در طی این ۷۲ سال داشته است. از نظر مکانی مناطقی چون جنوب‌شرق و نواحی مرکزی و جنوبی به دلیل ارتفاعات پایین‌تر از سطح دریا، پوشش‌گیاهی کم و خشکی هوا روندی افزایشی داشته است. ولی در مناطق دیگر با توپوگرافی بالا، پوشش‌گیاهی انبوه و فراوانی آب گرمای محسوس کاهش داشته است. نسبت شار گرمای محسوس دو سوم شار گرمای نهان است که برای محاسبهٔ ضریب باون از این نسبت استفاده می‌شود. این امر گویای اقلیم قاره‌ای در ایران است و تا حدودی گویای نبود گستره‌های آبی در کشور ایران است. ضریب باون معمولاً برای محاسبهٔ گرمای از دست رفته یا بدست آمده در یک ماده استفاده می‌شود که با شاخص گرمای محسوس رابطهٔ مستقیم و گرمای نهان رابطهٔ معکوس دارد. افزایش خشکی در ایران بر اثر افزایش دما و افزایش شار گرمای محسوس است. این امر رابطهٔ مستقیم دما را با شار گرمای محسوس را به خوبی نشان می‌دهد و حکایت از رابطهٔ معنی‌دار بین دما و شار گرمای محسوس دارد. پژوهش حاضر نشان داد که شارهای حرارتی در طی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

سالهای مورد مطالعه روندی افزایشی داشته است و باعث افزایش پدیده‌های حدّی اقلیمی شده است. در این امر عوامل متعددی دخیل هستند مثل عوامل طبیعی و عوامل انسانی. با توجّه به عوامل مختلف در تغییر اقلیم و ایجاد جزایر گرمایی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و سرعت گرفتن تغییر اقلیم، تدابیری را در سطح جهانی می‌طلبد که شروع این حرکت از کشورها باید اتفاق بیفتد.

منابع

بابائیان، ایمان؛ زهرا نجفی‌نیک؛ فاطمه زابل‌عباسی؛ مجید حبیبی‌نوخندان؛ حامد ادب و شراره ملبوسی. ۱۳۸۸. ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دورهٔ ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G، جغرافیا و توسعه، **۱۶**: ۱۳۵-۱۵۲.

برزو، فرزانه. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات زمانی و مکانی شار گرمایی در ایران به منظور شناسایی چشمه‌های ریزگرد، استاد راهنما: حسن دوالفقاری، رسالهٔ دکتری. دانشگاه رازی، دانشکده علوم انسانی.

پودینه، اسمعیل؛ برومند صلاحی؛ محمود خسروی و محسن حمیدیان‌پور. ۱۳۹۷. تحلیل روند تغییرات بیشینه سرعت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان با آزمون‌های من- کندال و شیب تخمین سن، پژوهش‌های دانش زمین، **۳۴**: ۱۱۴-۱۲۸.

حسن‌لی، علی‌مراد. ۱۳۹۸. تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن بر منابع آب و محیط زیست، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

حمیدیان‌پور، محسن.۱۳۹۲. بررسی نحوهٔ شکل‌گیری باد ۱۲۰ روزه سیستان با ریزگردانی دینامیکی جریان‌های تراز زیرین در شرق فلات ایران، رسالهٔ دکتری. دانشگاه خوارزمی تهران.

حمیدیان‌پور، محسن.۱۳۹۴. تحلیل تغییرات فضایی- زمانی تداوم بارش در ایران، پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران.

حمیدیان پور, محسن, عباس مفیدی؛ و محمد سلیقه. ۱۳۹۵. تحلیل ماهیت و ساختار باد سیستان. مجله ژئوفیزیک ایران، **۱۰**: ۸۳-۱۰۹.

خاکبازان‌فرد، فائزه و مسعود تجریشی. ۱۳۹۰. کاربرد الگوریتم بیلان انرژی (SUTSEBAL) در تخمین میزان آب مصرفی در دشت ورامین، فصلنامهٔ علمی پژوهشی شریف، **۲۹**: ۹۴-۸۵.

خوشخو، یونس. ۱۳۹۷. ارزیابی دو روش بیلان انرژی در سطح خاک و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت برآورد میانگین شبانه‌روزی دمای سطح خاک، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، **۲۵**: ۱۷۹-۱۷۸.

ذوالفقاری، حسن؛ جلیل صحرایی؛ جعفر معصوم‌پورسماکوش و فرزانه برزو. ۱۳۹۵. بررسی شار گرمای محسوس و ارتباط آن با تغییر دما و باد طی دورهٔ گرم سال در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، **۴۸**: ۴۵۰-۴۳۱.

صدری‌نسب، مسعود و میوند، بهمن. ۱۳۸۹. مدل‌سازی عددی شار گرمایی در خلیج عمان (خلیج مکران)، دوازدهمین همایش صنایع دریایی، بندر انزلی.

صحراگرد، ستاره؛ عبدعلی ناصری؛ محمد الباجی و مصطفی کابلی‌زاده. ۱۳۹۸. برآورد تبخیر و تعرق واقعی با الگوریتم توازن انرژی سطحی سبال و تصاویر تلفیق شده ماهواره‌ای لندست ۸ و سنتنیل۲ (مطالعه موردی: کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان)، آبیاری و زهکشی ایران، **۱۴**، ۱۶۷-۱۵۶.

طاوسی، تقی. ۱۳۹۷. آب و هواشناسی فیزیکی، چاپ اوّل. انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان.

علایی‌طالقانی، محمود. ۱۳۸۱. ژئومورفولوژی ایران، چاپ پنجم. تهران، نشر قومس.

عینعلی، عباس و وحید چگینی. ۱۳۹۴. محاسبهٔ بودجهٔ گرمایی خلیج چابهار و پزم، نشریه اقیانوس‌شناسی، **۳۲**: ۷۹-۷۱.

کاویانی، محمدرضا.۱۳۹۱. میکروکلیماتولوژی، چاپ ششم. انتشارات سمت.

کریمی، علیرضا؛ سیدعلیرضا مسعودی؛ عبدالمجید لیاقت و بهمن فرهادی‌بانسوله.۱۳۹۰. برآورد تبخیر و تعرق واقعی در مقیاس

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]

منطقه‌ای با استفاده از تصاویر لندست، اولین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی.

کمالی، محمداسماعیل؛ علیرضا فریدحسینی؛ حسین انصاری و محمدعلی غلامی‌سفیدکوهی. ۱۳۹۶. تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی ذرت با استفاده از داده‌های سنجش از دور و الگوریتم سیال، نشریهٔ آبیاری و زهکشی ایران، **۱**: ۲۹-۲۵.

عباس، مفیدی؛ محسن حمیدیان‌پور، محمد سلیقه و بهلول علیجانی. ۱۳۹۲. تعیین زمان آغاز، خاتمه و طول مدت وزش باد سیستان با بهره‌گیری از روش‌های تخمین نقطه تغییر. جغرافیا و مخاطرات محیطی. **۲**: ۶۵-۸۶ .

مسعودیان سید ابوالفضل و محمد کاویانی. ۱۳۸۷. آب و هوای ایران. چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان.

میری، مرتضی؛ قاسم عزیزی؛ فرامرز خوش‌اخلاق؛ و مجتبی رحیمی. ۱۳۹۵. ارزیابی آماری داده‌های شبکه‌ای بارش و دما با داده‌های مشاهده‌ای در ایران، نشریهٔ علمی و پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، **۱۰**: ۵۰-۳۹.

Namroodi, M.; M. Hamidianpour, and M. Poodineh,. ۲۰۲۱. Spatio-temporal analysis of changes in heat and cold waves across Iran over the statistical period. (۱۹٦٦–۲۰۱۸). Arab J Geosci, **۱٤**: ۸۵۷. https://DOI.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۲۵۱۷-۰۲۱-۰۷۱٦۱-۹.

Kamali, A.; M. Khosravi, and M. Hamidianpour. ۲۰۲۰. Spatial–temporal analysis of net primary production (NPP) and its relationship with climatic factors in Iran. Environ Monit Assess, **۱۹۲**, ۷۱۸. https://DOI.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰٦٦۱-۰۲۰-۰۸٦٦۷-۷.

Lhomme J.P.; B. Montney.; A. Chehbouni, & D. Troufleau. ۱۹۹٤. Determination of sensible heat flux over Sahelian fallow Savannah using infrared thermometry, Agricultural and Forest Meteorology. ٦۸: ۹۳-۱۰۵.

Junsei.; K, & I. Sahinobu. ۱۹۹٦. Sensible heat flux from the earth's surface under convective conditions. Journal of atmospheric science, **٥٤**: ٤۹۸-٥۰۹.

Nayak, S.; M. Mandal, and S. Maity. ۲۰۲۱. Assessing the impact of landuse and land-cover lndia using a regional chimate model (RegCM٤)۰. Climate Research, **۸٥**, ۱-۲۰, Doi: ۱۰,۳۳٥٤/cr ۰۱٦٦٦.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.3.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.45]