



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۵
پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۲۵۶-۲۳۹

یونس خسروی^۱
حسن لشکری^۲
علی اکبر متکان^۳
حسین عساکره^۴

تحلیل مکانی-زمانی روند فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۹

چکیده

در پژوهش حاضر روند تغییرات یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی یعنی فشار بخار آب بررسی شده است. بدین منظور از دو آزمون من-کندال و سنس استیمیتور به ترتیب برای تحلیل روند و شیب تغییرات فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران و به دو صورت ایستگاهی و پهنه‌ای بهره گرفته شده است. بر این اساس ابتدا ۱۲ ایستگاه با طول دوره آماری ۴۴ ساله (۱۹۶۷ تا ۲۰۱۰) به عنوان ایستگاه‌های شاخص مورد آزمون قرار گرفتند. برای محاسبات پهنه‌ای نیز ابتدا محدوده مطالعاتی با توجه به بهینه‌ترین تفکیک مکانی، به یاخته‌های ۹×۹ کیلومتر (۳۳۳۸ یاخته) تقسیم و سپس مقادیر فشار بخار آب به صورت میانگین ماهانه، فصلی و سالانه برای هر یاخته و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB استخراج شد. در نهایت با قابلیت برنامه‌نویسی در نرم‌افزار MATLAB، برنامه آزمون‌های من-کندال و سنس استیمیتور نوشته شد و بر روی تمامی یاخته‌ها اعمال گردید. پس از ارزیابی تکنیک‌های مختلف زمین‌آماری

E-mail: khosravi@znu.ac.ir

۱- استادیار گروه علوم محیط‌زیست دانشگاه زنجان.

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی.

۳- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی.

۴- استاد گروه جغرافیا دانشگاه زنجان.

نظیر IDW، Kriging و RBF، از بهینه‌ترین روش یعنی کریجینگ به‌منظور رسم نقشه‌ها استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از وجود روند افزایشی فشار بخار آب در نواحی پست ساحلی خلیج فارس و به‌ویژه استان بوشهر است. از طرف دیگر وضعیت روند معنی‌داری نزولی منطبق بر ارتفاعات به‌ویژه ارتفاعات زاگرس مشاهده گردید.

کلید واژه‌ها: روند، تغییرات، من-کندال، سنس استیمیتور، فشار بخار آب.

مقدمه

آشکارسازی رفتار عناصر اقلیمی نقش بسزایی در بررسی تغییر اقلیم یک منطقه ایفاء می‌کند. بررسی رفتار این‌گونه عناصر در دهه‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان علاقه‌مند به مسأله تغییر اقلیم قرار گرفته است؛ اما در این زمینه آنچه که بیش از همه مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات زیادی بر روی آن انجام شده است، تغییرات دمایی مناطق مختلف بوده و کم‌تر به سایر عناصر جوی توجه شده است (آبراهام و همکاران^۵، ۲۰۱۱: ۱۱؛ سورت و همکاران^۶، ۲۰۱۱: ۲۰۹؛ استینفورس و همکاران^۷، ۳۱: ۲۰۱۲؛ فایرام و همکاران^۸، ۲۰۱۴: ۱۱۵ و بروکس و همکاران^۹، ۲۰۱۴: ۱۹۹۴). از جمله عناصر اقلیمی که کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است، رطوبت جو می‌باشد که به علت نقش بسزایی که در ترازمندی انرژی سیاره زمین دارد می‌تواند در تبیین تغییرات اقلیمی مؤثر باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی رطوبت به تنهایی نمی‌تواند دلیل قاطعی بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌بخشد (سرانو و همکاران^{۱۰}، ۸۶: ۱۹۹۹)؛ که این ویژگی ناشی از تعدد عوامل گوناگون کنترل‌کننده سامانه اقلیمی می‌باشد. یکی از روش‌های پایش تغییر اقلیم، بررسی تغییرات سری زمانی عناصر اقلیمی است که این تغییرات عموماً در دو دسته تغییرات بلندمدت (روند) و تغییرات کوتاه‌مدت (نوسان) قابل بررسی می‌باشند. در این مطالعه به تغییرات بلندمدت سری‌های زمانی پرداخته شده است.

وجود سیر صعودی و یا نزولی در داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی حاکی از وجود روند می‌باشد. حال رخداد هرگونه تغییر طبیعی و یا غیرطبیعی در این سری داده، منجر به تغییر روند خواهد شد. از طرفی دیگر وجود روند در

5- Abraham et al

6- Sorte et al

7- Stainforth et al

8- Fayram et al

9- Brooks et al

10- Serrano et al

سری داده‌های اقلیمی می‌تواند فرض رخداد تغییر اقلیم را تقویت ببخشد. بررسی وجود روند در سری داده‌های اقلیمی به دو صورت عمده روش‌های آمار پارامتری و ناپارامتری امکان‌پذیر است. در هر دو روش هدف اصلی مطرح شدن دو فرض صفر (H_0) و یک (H_1) می‌باشد. با این توضیح که تأیید فرض صفر به منزله عدم وجود روند در داده‌ها و تأیید فرض یک حاکی از وجود روند معنی‌دار در سری داده‌ها می‌باشد. در روش‌های پارامتری فرض بر نرمال بودن داده‌ها است. لذا در سری داده‌هایی که تابع توزیع آماری خاصی نیستند، بررسی روند با یکسری محدودیت‌هایی روبرو خواهد شد. این شرط در روش‌های آماری ناپارامتری صادق نبوده و فرض اصلی بر تفاوت بین داده‌های مشاهداتی است. به‌گونه‌ای که این روش‌ها مستقل از توزیع آماری سری زمانی بوده و خصوصاً برای سری‌هایی که چولگی یا کشیدگی زیادی دارند مناسب‌تر تشخیص داده می‌شوند (بیهارت و مهمتیک^{۱۱}، ۲۰۰۴: ۲۴۸)؛ بنابراین در صورتی که به نرمال بودن داده‌ها اطمینان نداریم به‌کارگیری آزمون‌های ناپارامتری محتاطانه به نظر می‌رسد. از جمله رایج‌ترین آزمون‌های ناپارامتری می‌توان به آزمون من-کندال و روش سنس استیمیتور^{۱۲} اشاره کرد.

با بررسی تحقیقات انجام شده در ارتباط با موضوع پژوهش مشخص شد که مطالعات اندکی در ارتباط با تغییرات بلندمدت فشار بخار آب صورت گرفته است. از آن جمله می‌توان به پژوهش کوتلر و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۷: ۲۰۰۵) اشاره کرد که به بررسی اختلاف فشار بخار آب ساعتی بین مناطق شهری و روستایی در ناحیه کرفلد (Kerfeld) آلمان در بازه زمانی یک‌ساله (۲۰۰۱ تا ۲۰۰۲) پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از وجود مقادیر رطوبت بسیار پایین در طول سال و مشاهده‌ی بیشینه‌ی رطوبت شهری در هر ماه و با شدت و ضعف‌های مختلف بوده است. به‌گونه‌ای که در روزهای تابستان و همچنین نیمه دوم شب‌ها بیش‌ترین مقدار قابل مشاهده بوده است. در مطالعه‌ای مشابه هونیکا^{۱۴} (۱۹۸۹: ۲۲۹۱) روند تغییرات فشار بخار آب را برای یک دوره زمانی پانزده ساله (۱۹۷۹ تا ۱۹۹۳) بررسی کردند و مشخص نمودند که فشار بخار آب طی این دوره همواره با یک روند افزایشی همراه بوده است. از طرف دیگر کیزر^{۱۵} (۲۰۰۰: ۲۱۹۳) نیز چنین پژوهشی را در چین و با استفاده از داده‌های سالانه فشار بخار آب ۱۹۶ ایستگاه برای سال‌های ۱۹۵۴ تا ۱۹۹۴ انجام دادند. نتایج این مطالعه حاکی از افزایش قابل‌توجه فشار بخار آب در بخش‌های جنوبی و شرقی چین است. فاسولو و همکاران^{۱۶} (۲۰۰۵: ۷۴۱) با مطالعه روندها و تغییرپذیری بخار آب در ستون یکپارچه اتمسفر، دریافتند که در نواحی حاره روندها به‌وسیله تغییرات در بارش که به‌طور چرخشی با

11- Bihart and Mehmetcik

12- Sen's Estimator

13- Kuttler et al

14- Hoinka

15- Kaiser

16- Fasullo et al

جریان همگرایی رطوبت به‌وسیله بادهای تجاری پیوسته هستند، متأثر شده است. در مطالعه‌ای دیگر تونکاز و همکاران^{۱۷} (۲۰۰۷: ۲۹) به بررسی تأثیر پروژه‌ی توسعه منابع آبی SAP (Sothern Anatolian Project) بر روند تغییرات فشار بخار آب در مناطق نیمه‌خشک ترکیه پرداختند. ایشان ضمن انجام آزمون‌هایی نظیر آزمون من-کندال، سنس استیمیتورو کروسکال والیس، تغییرات طولانی‌مدت فصلی و الگوهای دهه‌ای میانگین ماهانه فشار بخار آب را مورد بررسی قرار دادند و روندهای مثبت و منفی فشار بخار آب را در فصول مختلف سال مشخص کردند. سون لی و همکاران^{۱۸} (۲۰۱۰: ۱۳۹۹) با استفاده از ۲۰۰ ایستگاه طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ به بررسی و مطالعه منبع رطوبت و بخار آب بارش‌های سنگین شمال‌شرق چین پرداختند و نتیجه گرفتند بخار آب برای تقویت بارش‌های سنگین از منطقه موسمی نیمه گرمسیری، دریای چین جنوبی و غرب منطقه موسمی گرمسیری سرچشمه می‌گیرد. در ایران هم در ارتباط با رطوبت و اشکال آن از جمله فشار بخار آب مطالعات انگشت‌شماری صورت گرفته است. در مطالعه‌ای که توسط زند پارسا و همکاران (۱۳۸۷: ۱۰۲۰) بر روی تغییرات روزانه و فصلی فشار بخار هوا در شیراز طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۵ انجام گرفته است، نتایج وجود روند صعودی در بهار، روند حداکثری آن در اواسط تابستان و میزان حداقل این پارامتر در زمستان را نشان می‌دهد. محمدی (۱۳۸۰: ۱) با بررسی روند تغییرات دما، بارش، رطوبت و ساعات آفتابی در تهران به این نتیجه رسیدند که تغییرات سالانه ساعات آفتابی و حداکثرهای دما، روند کاهشی و مابقی پارامترها روند افزایشی داشته‌اند. رحیم‌زاده و خوشکام (۱۳۸۲: ۵۳) با مطالعه تغییرات سری‌های رطوبت در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور به این نتیجه رسیدند که در مورد رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم هم روند افزایشی و هم روند کاهشی وجود دارد. قائدی و مسعودیان (۱۳۸۶: ۱۸۵) در تحقیقی نشان دادند که سواحل شمال و جنوب کشور در طول دوره ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۲۰۰۰ با روند مثبت و مناطق مرتفع و کوهستانی کشور با روند منفی رطوبت مواجه بوده‌اند.

بنابراین با توجه به اهمیت موضوع تغییر اقلیم، در این پژوهش سعی بر آن است تا ضمن تحلیل ماهانه، سالانه و فصلی روند فشار بخار آب در جنوب و جنوب‌غرب ایران، تغییرات مکانی آن نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

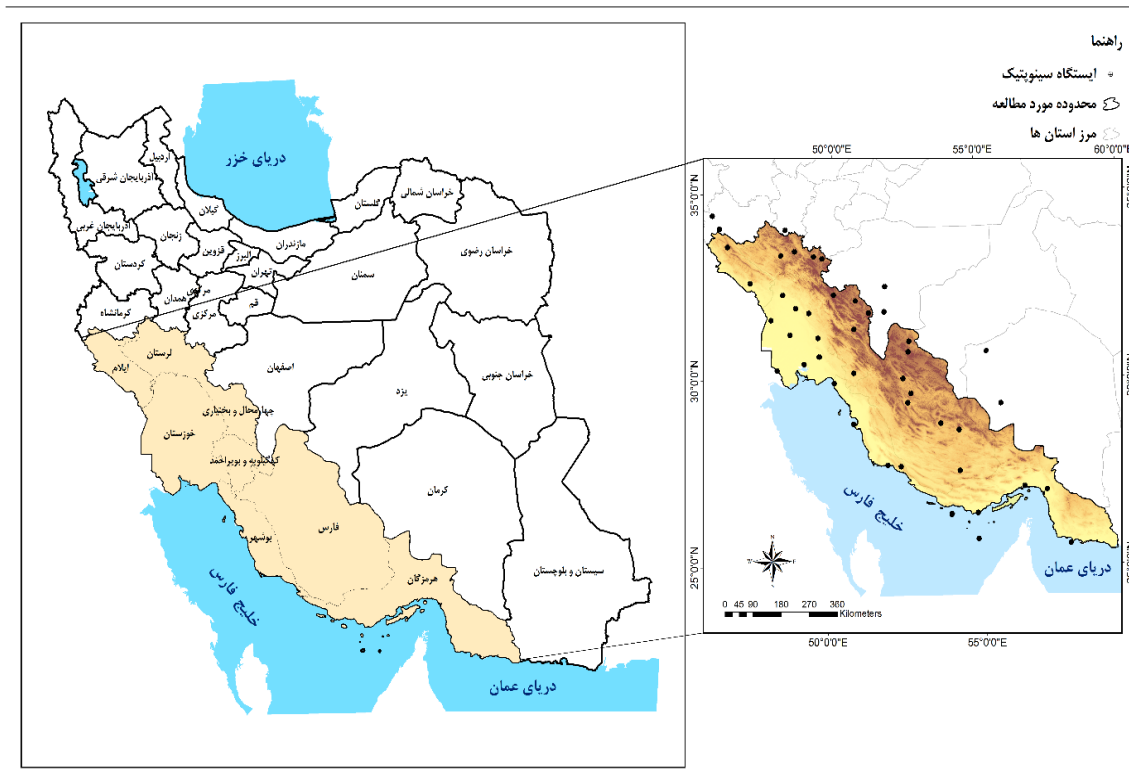
مشخصات منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این پژوهش در جنوب و جنوب‌غرب ایران و در بین عرض‌های ۲۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول‌های ۴۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی واقع شده است. این محدوده شامل استان‌های هرمزگان، بوشهر، فارس، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، لرستان

17- Tonkaz et al

18- Sun Li et al

و ایلام می باشد. در پژوهش حاضر از داده های فشار بخار آب ۲۸ ایستگاه سینوپتیک موجود در جنوب و جنوب غرب ایران که دارای آمار بیش از ۱۶ سال از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۰ بوده و از پراکنش نسبتاً مناسبی برخوردار بودند استفاده گردید. موقعیت ایستگاه های مذکور در (شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه های مورد مطالعه در آن

مواد و روش ها

تحلیل تغییرات زمانی-مکانی عناصر اقلیمی، رویکردهای مختلفی را می طلبد. در یک دسته بندی کلی می توان دو رویکرد را برای این گونه مطالعات در نظر گرفت: ۱- توجه به تحلیل های نقطه ای ۲- مطالعه و بررسی پهنه ای با اتکاء بر روش های میان یابی. در رویکرد اول نقاط منفرد یا مجاور در کانون توجه قرار گرفته می شود؛ اما در رویه دوم با استفاده از داده های نقطه ای متعدد، تغییرات زمانی-مکانی عنصر مورد نظر بررسی می شود که متکی بر محاسبه و تحلیل جبری نقشه هاست. بدین صورت که نقشه هایی با مشخصات مربوطه تهیه شده و عملیات تحلیلی بر روی یاخته های آن انجام می گیرد. این رویه اگرچه روشی حجیم در محاسبه و برآورد تغییرات به شمار می رود اما از دقت و صحت بالایی برخوردار است و علاوه بر آن نقص ایستگاه ها را از لحاظ کمبود داده ها و یا داده های گمشده جبران

می‌نماید. بسیاری از مطالعات مرتبط با تغییرات زمانی و مکانی عناصر اقلیمی فقط در بررسی آماری این عناصر خلاصه شده است. از این‌رو برای انجام تحلیل روند و شیب تغییرات فشار بخار آب، هر دو رویکرد ایستگاهی و پهنه‌ای اختیار شد.

پس از گردآوری داده‌های فشار بخار آب، به منظور بررسی همگن بودن داده‌ها از آزمون ران تست^{۱۹} استفاده گردید. سپس با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و سنس استیمیتور جهت تحلیل روند و شیب تغییرات استفاده شد. برای انجام آزمون‌های مذکور به صورت ایستگاهی، ۱۲ ایستگاه با طول دوره آماری ۴۴ ساله (۱۹۶۷ تا ۲۰۱۰) اختیار شدند. از طرف دیگر در تحلیل پهنه‌ای، از ایستگاه‌هایی با طول دوره آماری بیش از ۱۶ سال (۴۷ ایستگاه، از بدو تأسیس تا ۲۰۱۰) استفاده شد. برای محاسبه دو روش من-کندال و سنس استیمیتور بر روی کل پهنه مورد مطالعه، ابتدا داده‌های ایستگاهی به صورت ماتریسی با آرایش گاه-جای (زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) تنظیم شدند و با استفاده از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار سورفر^{۲۰} و با روش میان‌یابی کریجینگ^{۲۱} به یاخته‌هایی با قدرت تفکیک ۹×۹ کیلومتر تقسیم گردید. در نهایت و به منظور ورود به تحلیل‌های هدف، مقادیر فشار بخار آب به صورت میانگین ماهانه، فصلی و سالانه برای هر یاخته با استفاده از نرم‌افزار MATLAB استخراج شد و ماتریسی به ابعاد ۳۳۳۸×۳۰ تهیه گردید. پس از آماده شدن ماتریس‌های مربوطه، دو روش من-کندال و سنس استیمیتور که با کمک نرم‌افزار MATLAB برنامه‌نویسی شده بود، بر روی تمامی یاخته‌ها مورد آزمون قرار گرفت. در نهایت روندها و شیب تغییرات به دست آمده از آزمون‌های مورد استفاده، به نرم‌افزار ArcGIS 10.2 وارد شده و نقشه‌های پهنه‌بندی آن پس از ارزیابی تکنیک‌های مختلف زمین‌آماري نظیر IDW، Kriging و RBF، توسط روش کریجینگ ترسیم گردید.

همان‌طور که در بخش قبل گفته شد در پژوهش حاضر از دو روش آمار ناپارامتری من-کندال و سنس استیمیتور برای تحلیل روند و شیب تغییرات استفاده گردید که در ادامه به طور مختصر به آن‌ها پرداخته شده است. آزمون من-کندال به عنوان یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های ناپارامتری تبیین روند در سری داده‌های هیدرولوژیکی و آب‌وهواشناسی به شمار می‌آید. این روش ابتدا توسط من^{۲۲} (۱۹۴۵: ۲۴۹) ارائه و سپس توسط کندال^{۲۳} (۱۹۷۵: ۳۴) بسط و توسعه یافت. از نقاط قوت این آزمون، تأثیرپذیری اندک از مقادیر حدی و مناسب بودن برای سری داده‌هایی است که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند. در این روش ابتدا داده‌ها بر حسب زمان وقوع‌شان مرتب شده و

19- Run Test
20- Surfer
21- Kriging
22- Mann
23- Kendall

رتبه‌بندی می‌گردند. سپس به محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهدات و اعمال تابع علامت^{۲۴} (sgn) و استخراج پارامتر S که در ادامه می‌آید پرداخته می‌شود:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

در این رابطه n تعداد مشاهدات، x_j و x_k به ترتیب داده‌های زام و kام سری مشاهدات می‌باشد. تابع علامت (sgn) طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{اگر } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{اگر } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{اگر } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

در مرحله بعد واریانس آزمون (Var (s)) مورد محاسبه قرار می‌گیرد. با توجه به این‌که نقاط مورد استفاده در این پژوهش بیش‌تر از ۱۰ نقطه می‌باشد، بنابراین واریانس آزمون طبق رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{Var}(s) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

در فرمول فوق n تعداد داده‌ی مشاهداتی (طول دوره آماری)، q تعداد گروه‌های ایجاد شده (با داده‌های برابر و بیش‌تر از دو عضو)، t_p تعداد داده‌های برابر در p امین گروه می‌باشد. با توجه به مقیاس S، آماره Z (آماره کندال) به شرح زیر استخراج خواهد شد:

$$S > 0 \rightarrow Z = \frac{(s-1)}{\sqrt{\text{Var}}} \quad S = 0 \rightarrow Z = 0 \quad S < 0 \rightarrow Z = \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}}}$$

در فرمول‌های فوق Z آماره کندال، S مجموع تابع علامت داده‌های زام و kام سری مشاهدات و var واریانس آزمون است. در روش من‌کندال دو فرض صفر (H0) و یک (H1) مورد آزمون قرار می‌گیرد. به طوری که تأیید فرض صفر عدم وجود روند در داده‌ها و تأیید فرض یک حاکی از وجود روند معنی‌دار در سری داده‌ها می‌باشد؛ بنابراین فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2}$$

در این رابطه Z آماره کندال، α سطح معنی‌داری و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\frac{\alpha}{2}$ استفاده شده است. در این پژوهش آزمون برای سطح ۹۵٪ به کار گرفته شده است. در صورت مثبت بودن آماره Z ، روند صعودی و در صورت منفی بودن، روند نزولی در سری داده‌ها حاکم می‌باشد. به دلیل حجم گسترده محاسبات، تمامی مراحل و محاسبات در محیط نرم‌افزار MATLAB انجام پذیرفت. بررسی چگونگی تغییرات در ایستگاه‌های مورد مطالعه، به کمک روش سنس استیمیتور انجام شد. این روش توسط سن^{۲۵} (۱۹۶۸: ۱۳۹۷) ارائه شده و همانند آزمون من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی استفاده می‌شود. از مزایای این روش، قابلیت استفاده آن در زمان وجود داده‌های گمشده است (بوزادینو و همکاران^{۲۶}، ۲۰۰۸: ۲۳۵). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد. پذیرش فرض یک و یا به عبارت دیگر رد فرض صفر، دال بر وجود روند در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت کردن در مورد معنی‌داری شیب به دست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است. روش محاسبه این آزمون به شرحی است که در ادامه ذکر می‌شود:

الف: در مرحله اول شیب بین هر جفت داده در سری داده‌ها محاسبه می‌شود:

$$Q = \frac{(X_j - X_k)}{j - k}$$

در این معادله، X_j و X_k به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های j و k است و j همیشه بزرگ‌تر از k می‌باشد. با اعمال رابطه فوق برای هر دو جفت داده، به ازای n داده $N = n * (n-1) / 2$ تا سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌شود که از محاسبه میانه N ، سری زمانی شیب خط روند (Q_{med}) به دست می‌آید. در صورتی که Q_{med} مثبت باشد، روند صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

ب: شیب به دست آمده در دو سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار می‌گیرد. برای انجام این آزمون از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$C_{\alpha} = Z_{1-\alpha/2} \times \sqrt{\text{var}(s)}$$

در این رابطه $\text{var}(s)$ همان واریانس محاسبه شده در آزمون من-کندال، α سطح معنی‌داری و Z آماره توزیع نرمال استاندارد است که در یک آزمون دو دامنه، بسته به سطح اطمینان مورد آزمون می‌تواند مقادیر متفاوتی به خود بگیرد. این آماره برای سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر با ۱/۹۶ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد برابر با ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

ج: حدود اعتماد پایین (M_1) و بالا (M_2+1) به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$M_1 = \frac{N_Q - C_\alpha}{2}$$

$$M_2 = \frac{N_Q - C_\alpha}{2}$$

در این رابطه N_Q تعداد شیب های محاسبه شده در بند الف است که برابر با $(n-1)/2$ می باشد و C_α نتیجه آزمون شیب به دست آمده از بخش ب می باشد.

د: در مرحله نهایی، حدود اطمینان مورد نظر محاسبه می گردد. بدین ترتیب که از بین شیب های محاسبه شده توسط رابطه بند الف، M_1 امین و M_2+1 امین شیب ها استخراج می گردند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده قرار بگیرد، فرض صفر پذیرفته شده و بر سری زمانی مورد آزمون نمی توان هیچ گونه روندی در سطح اطمینان به کار گرفته شده نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و می توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی داری در سطح اطمینان مورد آزمون می باشد.

یافته ها و بحث

روند و چگونگی تغییرات فشار بخار آب در ایستگاه های شاخص واقع در جنوب و جنوب غرب ایران در مقیاس ماهانه و سالانه در (جدول ۱ تا ۳) قابل مشاهده است. با تحلیل این جداول مشخص گردید که در اکثر ماه ها به جز ماه های آبان، آذر و بهمن روند معنی دار (صعودی و یا نزولی) فشار بخار آب وجود داشته است. به طوری که چهار ایستگاه بندرلنگه، بوشهر، دزفول و شیراز فقط روند افزایشی و ایستگاه های آبادان، اهواز، بندرعباس، خرم آباد، شهرکرد و آباد، روند کاهشی فشار بخار آب را تجربه کرده اند. عدم معنی داری روند فشار بخار آب را می توان فقط در دو ایستگاه فسا و بروجن مشاهده کرد. با بررسی دقیق تر نوع روند فشار بخار آب در ماه های مختلف سال مشخص گردید که نیمه اول سال که همواره با دماهای بالاتری مواجه هستیم، نوع روند مشاهده شده در اکثر ایستگاه ها به دو صورت کاهشی و افزایشی بوده است؛ اما در نیمه دوم سال (فصول سرد) نوع روند به جز در مهرماه، به صورت کاهشی و یا فاقد روند معنی دار بوده است (جدول ۲)؛ بنابراین می توان به این نتیجه مهم رسید که همزمان با ورود توده هوای سرد و در نتیجه سرمایش مناطق جنوب و جنوب غرب (به ویژه جنوب غرب)، منطقه مورد مطالعه با کاهش مقادیر فشار بخار آب روبرو بوده است. در بین ایستگاه های آزمون شده ایستگاه شهرکرد دارای بیشترین تعداد روند کاهشی در مقادیر فشار بخار آب بوده است. از طرف دیگر ایستگاه دزفول بیشترین تعداد روند افزایشی فشار بخار آب را تجربه کرده است. با بررسی شیب تغییرات فشار بخار آب اطلاعات کامل تری از نحوه روند و

تغییرات حاصل خواهد شد. با توجه به (جدول ۳) مشخص می‌شود که تغییرات منفی (کاهش) روند فشار بخار آب در ماه‌های گرم سال همواره نسبت به ماه‌های سرد بیش‌تر بوده است؛ به طوری که خردادماه بیش‌ترین مقادیر تغییرات منفی را در ایستگاه‌های مورد مطالعه تجربه کرده است. از طرف دیگر ماه بهمن کم‌ترین مقادیر شیب تغییرات منفی را در تمامی ایستگاه‌ها داشته است. گواه این موضوع، مقادیر آماره آزمون من-کندال در ماه بهمن موجود در (جدول ۱) می‌باشد.

جدول ۱- مقادیر آماره کندال (Z) داده‌های فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری ۴۴ ساله (۲۰۱۰-۱۹۶۷)

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
آبادان	-۰/۴۱	-۱/۹۷	-۲/۳۱	-۱/۸۶	۰/۷۳	-۱/۴۱	-۰/۰۷	-۱/۲۳	۰/۳۷	۰/۷۳	۰/۳۵	۰/۸۹	-۱/۲۹
اهواز	-۰/۶۸	-۳/۷۴	-۲/۵۳	-۱/۹۸	-۱/۰۲	۱/۵۱	-۰/۶۲	-۱/۲۷	۰/۰۶	۰/۷۹	-۰/۲۸	-۱/۲۱	-۴/۱۳۴
بندرعباس	-۲/۴۸	-۳/۱۱	-۲/۳۲	-۱/۱۴	-۲/۰۱	-۰/۹۷	-۰/۹۴	-۰/۹۸	-۱/۶	-۰/۹۷	۰/۲۷	-۱/۳۷	-۴/۲۸۴
بندرلنگه	۲/۵۴	۲/۱۸	۲/۳۱	۳/۲۳	۱/۲۷	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۶۷	۰/۱۹	۰/۲	۱/۰۳	۱/۵۹	۳/۱۲۵
بوشهر	۱/۹۱	۰/۵۴	۱/۵	۲/۷۲	۳/۶۸	۲/۹	۲/۳۵	۰/۵۱	۱/۵۴	۱/۵۵	۱/۹۲	۱/۰۴	۳/۶۲۲
دزفول	۱/۳	۰/۰۷	۲/۶۵	۲/۵۶	۲/۱۹	۳/۶۲	۳/۰۴	۰/۶۴	۰/۴	۱/۱۸	۰/۸۵	۰/۶۲	۴/۵۲۵
فسا	۰/۲۷	-۱/۶۱	-۰/۷۹	۰/۱۲	-۱/۱۱	-۰/۷۵	-۰/۳۹	-۰/۷۷	-۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۱۷	-۰/۲۹	-۰/۳۵۵
خرم‌آباد	۰/۲۵	-۱/۸۸	-۳/۹۷	-۳/۴۳	-۳/۲۹	-۳/۴۲	-۱/۵۶	-۱/۱۵	-۱/۵۰	-۲/۱۸	-۱/۶۳	-۲/۷۱	-۵/۳۵۷
شیراز	-۰/۹۳	-۱/۶۳	۰/۵	۰/۶	۲/۱۱	۲/۰۳	۱/۲۹	۰/۱۵	۰/۰۵	-۰/۳۱	۰/۴۴	-۱/۸۳	۰/۳۱۳
شهرکرد	-۱/۳۴	-۴/۰۶	-۳/۸۱	-۳/۶۴	-۵/۱۲	-۴/۲۵	-۳/۲۶	-۰/۲۴	۰/۰۶	۱/۰۱	۱/۴۹	-۱/۹۷	-۴/۴۱۷
آباده	۰/۹۳	-۱/۱۶	-۱/۴۷	-۲/۲۷	-۲/۶۸	-۲/۳۱	-۱/۷۶	-۰/۸۷	-۰/۵۷	-۱/۵۸	۰/۵۷	-۲/۰۶	-۲/۴۰۱
بروجن	۱/۱	-۱/۳۲	۱/۷۷	۰/۶۱	-۰/۷۵	۰/۶۴	-۰/۹۴	۰/۳۸	۰/۱۹	-۰/۴۵	-۰/۷۹	-۱/۵۱	-۲/۱۹

با بررسی تغییرات شیب فشار بخار آب به صورت ایستگاهی مشخص می‌شود که بالاترین شیب تغییرات منفی در ایستگاه شهرکرد و در ماه مرداد به میزان $-۰/۱۰۲$ در سال بوده است؛ بنابراین در یک نتیجه‌گیری کلی مشخص می‌شود که شیب تغییرات منفی فشار بخار آب در ماه‌های گرم سال نسبت به ماه‌های سرد مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داده است. بیش‌ترین مقادیر شیب تغییرات مثبت (افزایشی) در ایستگاه‌های بندرلنگه، بوشهر و دزفول مشاهده می‌شود که از لحاظ زمانی در نیمه اول سال و همزمان با گرمایش منطقه است. در بین ایستگاه‌های یاد شده، دزفول بالاترین شیب تغییرات مثبت را به میزان $۰/۰۹۷$ در سال تجربه کرده است.

جدول ۲- روند معنی داری داده های فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری ۴۴ ساله (۱۹۶۷-۲۰۱۰)

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
آبادان	۰	-۱	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اهواز	۰	-۱	-۱	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱
بندرعباس	-۱	-۱	-۱	۰	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱
بندرلنگه	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
بوشهر	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱
دزفول	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱
فسا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خرم آباد	۰	۰	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	۰	۰	-۱	۰	-۱	-۱
شیراز	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شهرکرد	۰	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	۰	۰	۰	۰	-۱	-۱
آباده	۰	۰	۰	-۱	-۱	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱
بروجن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱

۱: معنی دار بودن روند داده ها و روند صعودی
 ۱: معنی دار بودن روند داده ها و روند نزولی
 ۰: عدم معنی دار بودن روند داده ها

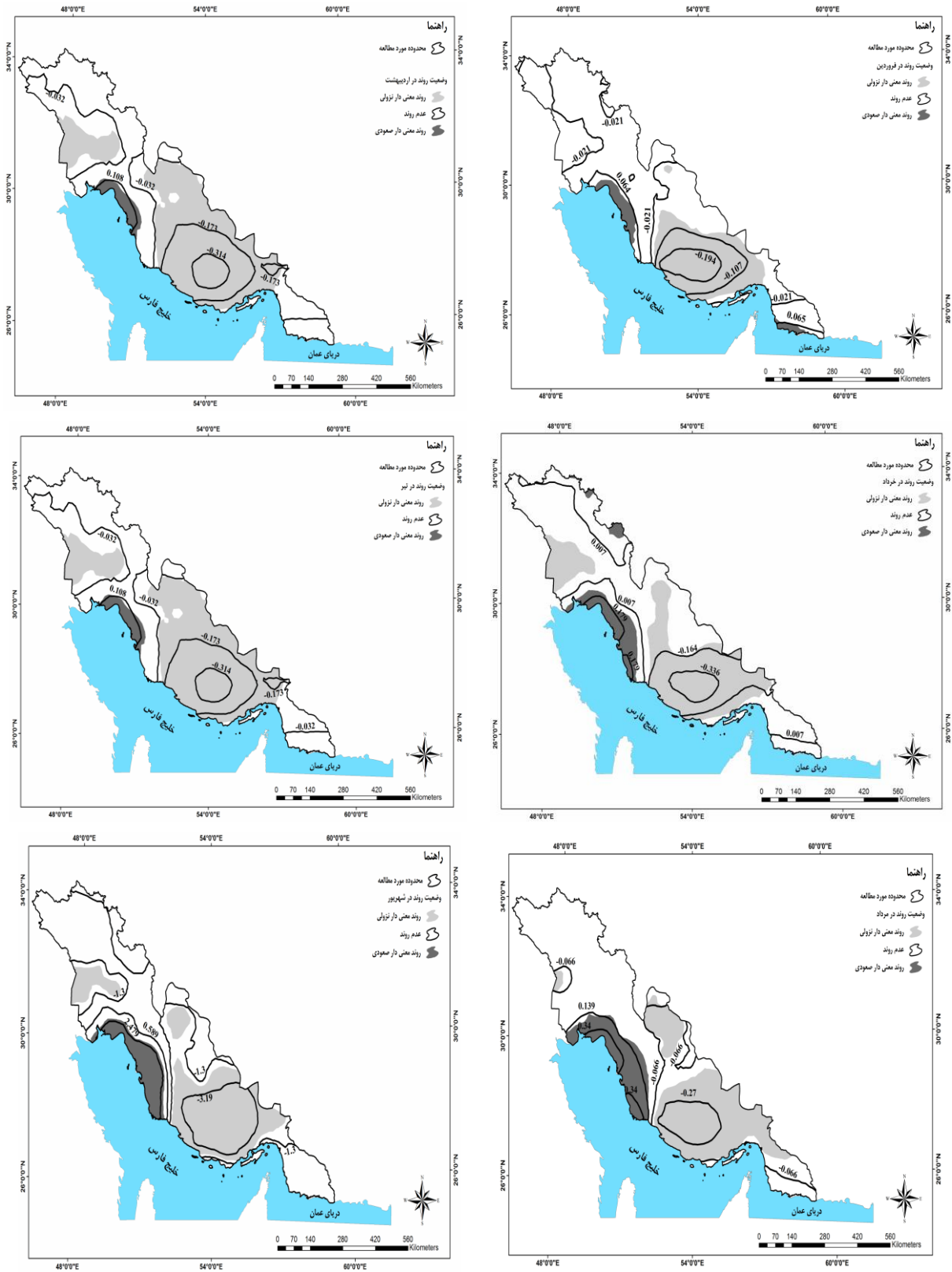
جدول ۳- مقادیر شیب روند تغییرات حاصل از روش سنس استیمیتور برای داده های فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری ۴۴ ساله (۱۹۶۷-۲۰۱۰)

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
آبادان	-۰/۰۱۲	-۰/۰۵۶	-۰/۰۴۶	-۰/۰۰۴	۰/۰۲۸	-۰/۰۳۶	-۰/۰۰۴	-۰/۰۲۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۴
اهواز	-۰/۰۱۶	-۰/۰۷۸	-۰/۰۵۳	-۰/۰۰۵	-۰/۰۳۳	-۰/۰۳۷	-۰/۰۱۷	-۰/۰۲۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱۷	-۰/۰۰۵	-۰/۰۲۸	-۰/۰۲۶
بندرعباس	-۰/۰۳۱	-۰/۰۰۹	-۰/۰۷۱	-۰/۰۲۳	-۰/۰۴۵	-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۷	-۰/۰۳۹	-۰/۰۳۵	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۷	-۰/۰۲۲	-۰/۰۳۲
بندرلنگه	۰/۰۰۴	۰/۰۶۱	۰/۰۵۹	۰/۰۵۱	۰/۰۲۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۰/۰۳۴
بوشهر	۰/۰۲۹	۰/۰۱۵	۰/۰۵۲	۰/۰۶۱	۰/۱۶۲	۰/۰۶۱	۰/۰۶۵	۰/۰۰۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲۶	۰/۰۳۲	۰/۰۱۶	۰/۰۴۱
دزفول	۰/۰۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۶۹	۰/۰۹۷	۰/۰۸۶	۰/۱۱۱	۰/۰۸۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵
فسا	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۵	-۰/۰۰۳	-۰/۰۲۶	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۸	-۰/۰۱۴	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۸
خرم آباد	۰/۰۰۳	-۰/۰۳۳	-۰/۰۷۶	۰/۶۳	-۰/۰۵۹	-۰/۰۶۲	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۱۸	-۰/۰۰۲	-۰/۰۱۴	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۳
شیراز	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۳۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
شهرکرد	-۰/۰۱۴	-۰/۰۴۶	-۰/۰۹۵	-۰/۰۹۳	-۰/۱۰۲	-۰/۰۸۳	-۰/۰۴۳	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	-۰/۰۱۷	-۰/۰۴۳
آباده	۰/۰۱۴	-۰/۰۲۴	-۰/۰۳۵	-۰/۰۵۵	-۰/۰۵۷	-۰/۰۲۷	-۰/۰۲۸	-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۷	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۱	-۰/۰۲۲
بروجن	۰/۰۱۷	-۰/۰۵۷	۰/۰۶۳	-۰/۰۰۱	-۰/۰۲۸	۰/۰۱۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۱۴	-۰/۰۲۱	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۸

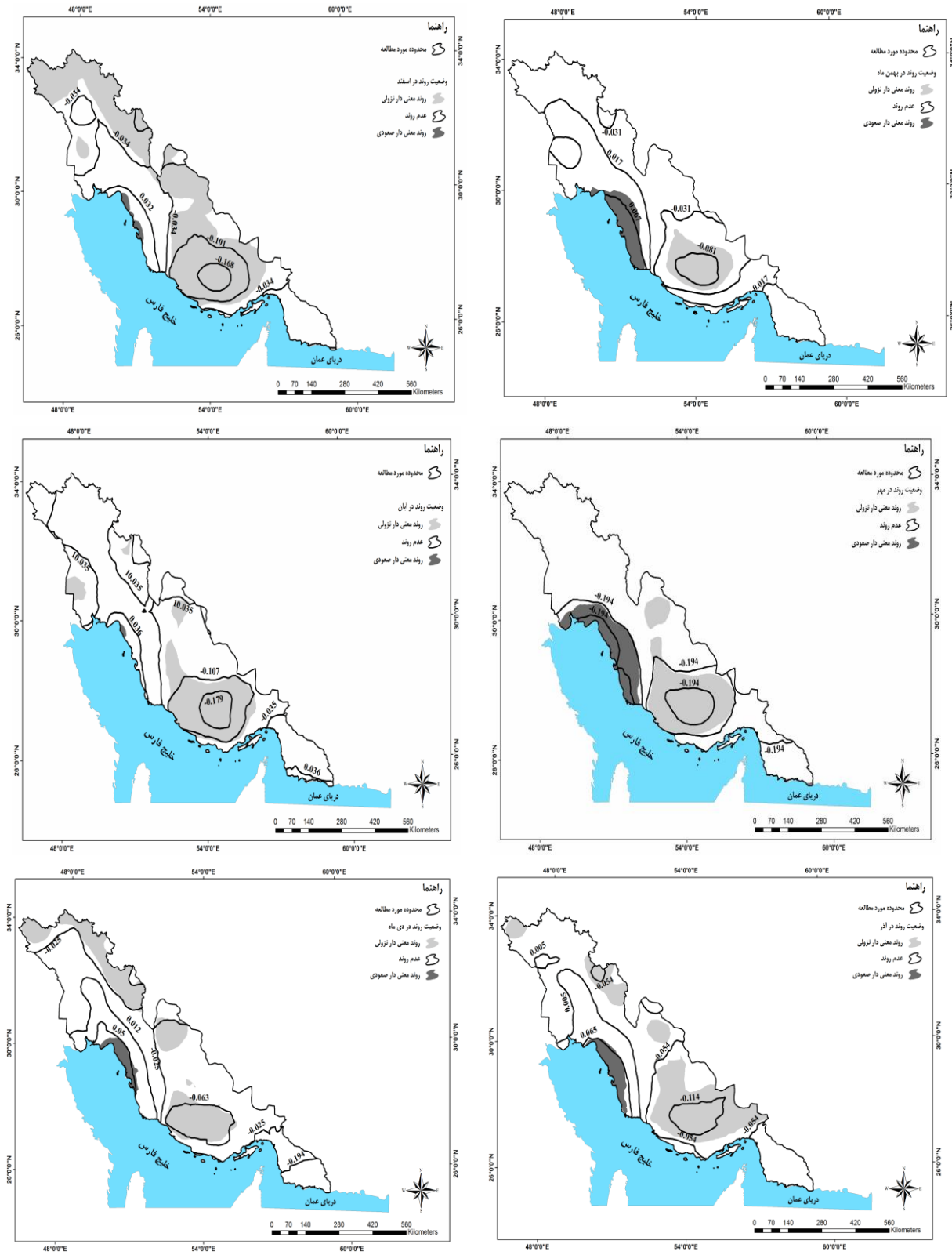
لازم به ذکر است رخداد تغییرات مثبت فشار بخارآب به‌طور مداوم در تمامی ماه‌های سال فقط در سه ایستگاه بندرلنگه، بوشهر و دزفول قابل مشاهده است. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان نمود که در اکثر ماه‌های سال مقادیر شیب تغییرات مثبت در حاشیه ساحلی خلیج فارس واقع شده است. از طرف دیگر با فاصله گرفتن از سواحل خلیج فارس و نزدیک شدن به ارتفاعات، روند تغییرات فشار بخارآب به‌صورت منفی (کاهش) درآمده است. دلیل این امر را می‌توان به نقش مهم خلیج فارس در تغذیه رطوبتی نوار ساحلی و همچنین تأثیر ارتفاعات بر نقش بازدارندگی ورود رطوبت به ارتفاعات و نفوذ به مناطق مرکزی دانست.

در این پژوهش علاوه بر ایستگاه‌های شاخص، تحلیل روند و شیب تغییرات فشار بخارآب بر روی پهنه‌ی جغرافیایی جنوب و جنوب غرب ایران انجام پذیرفت. نقشه‌های روند و شیب تغییرات فشار بخارآب به تفکیک ماهانه و سالانه ترسیم شد. در این نقشه‌ها مناطق با روند افزایشی، کاهش و یا فاقد روند و همچنین میزان شیب تغییرات فشار بخارآب مشخص شده است. بر اساس نقشه‌های ماهانه روند فشار بخارآب (شکل ۲) مشخص می‌گردد که بیش‌ترین و کم‌ترین مساحت روند معنی‌دار صعودی به‌ترتیب در مرداد و آبان رخ داده است. توزیع مکانی روند معنی‌دار صعودی نشان از حاکمیت این مقادیر در حاشیه ساحلی خلیج فارس به‌خصوص در استان بوشهر و در برخی ماه‌های سال و در مساحت کم‌تری در استان‌های خوزستان و فارس است.

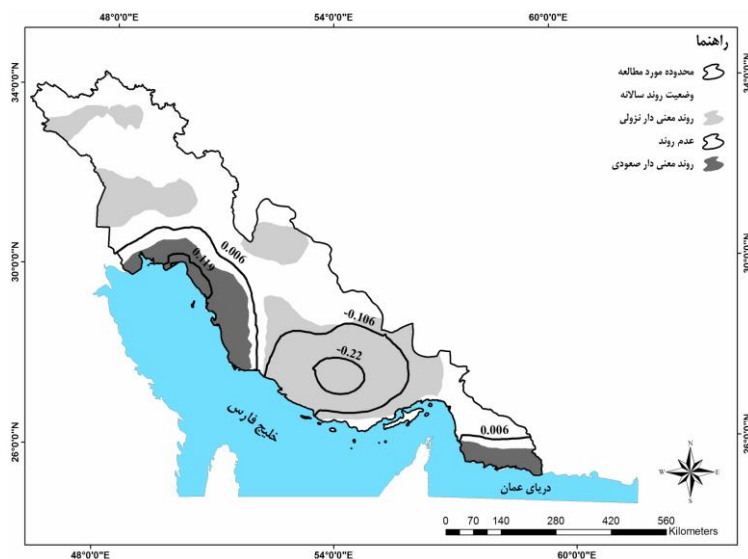
وجود روند معنی‌دار نزولی در استان‌های هرمزگان و فارس و در ماه‌های گرم سال بیش‌تر قابل مشاهده است؛ این روند در ماه‌های سرد به مناطق مرتفع و ارتفاعات زاگرس کشیده می‌شود. بررسی ماه‌های دی، بهمن و اسفند (فصل زمستان) حاکی از استیلای روند منفی فشار بخارآب بر منطقه است که عمده دلایل آن را می‌توان به سرمایش منطقه و ورود سیستم‌های تأثیرگذار در فصل زمستان به این منطقه نسبت داد. به دلیل پسروی این سیستم‌ها در فصل بهار و روند گرم شدن منطقه، روند معنی‌دار نزولی فشار بخارآب در نواحی مرتفع به شکل مناطق فاقد روند درآمده است. نکته قابل توجه در فصل تابستان به‌ویژه ماه‌های مرداد و شهریور، حاکمیت روند معنی‌دار صعودی در حاشیه ساحلی خلیج فارس به‌ویژه در استان بوشهر و بخش‌های استان خوزستان است که در این فصل بیش‌ترین مساحت را نسبت به دیگر فصول تجربه کرده است. در سه ماهه فصل پاییز نیز به دلیل سرمایش نسبی منطقه به‌ویژه در ارتفاعات، با عبور از خط ساحلی و رفتن به ارتفاعات، وسعت مناطق با روند معنی‌دار نزولی فشار بخارآب در حال افزایش بوده است. بررسی نقشه سالانه روند تغییرات فشار بخارآب (شکل ۳) نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه، سواحل جنوبی کشور به‌جز بخش‌هایی از استان هرمزگان همواره با یک روند افزایشی بخار آب روبرو بوده است. این در حالی است که در مناطق مرتفع هیچ‌گونه روند صعودی معنی‌داری مشاهده نشده است و به دو صورت روند نزولی و یا فاقد روند دیده می‌شوند.



شکل ۲: توزیع مکانی روند ماهانه فشار بخار آب (پس زمینه) و تغییرات شیب در جنوب و جنوب غرب ایران



ادامه شکل ۲: توزیع مکانی روند ماهانه فشار بخار آب (پس زمینه) و تغییرات شیب در جنوب و جنوب غرب ایران



ادامه شکل ۲: توزیع مکانی روند ماهانه فشار بخار آب (پس زمینه) و تغییرات شیب در جنوب و جنوب غرب ایران

با بررسی توزیع فضایی شیب تغییرات فشار بخار آب ماهانه (شکل ۲) مشخص می‌شود که بیشترین شیب تغییرات نزولی (شیب منفی) منطبق بر بخش‌های زاگرس جنوبی (واقع در بخش‌هایی از استان هرمزگان و به مقدار بیش‌تر در بخش‌های جنوبی استان فارس) بوده است که این وضعیت در شهریور ماه و به میزان $3/19$ هکتوپاسکال رخ داده است. از طرف دیگر کم‌ترین شیب تغییرات نزولی در دی ماه به میزان $0/063$ هکتوپاسکال و با جابجایی رو به شمال نسبت به زاگرس جنوبی مشاهده می‌شود. با مشاهده (شکل ۲) همچنین مشخص گردید که بیشترین شیب صعودی تغییرات فشار بخار آب در شهریور و به میزان $2/47$ هکتوپاسکال در استان بوشهر و کم‌ترین شیب تغییرات صعودی در آبان ماه و به میزان $0/36$ در بخش‌های شمالی استان بوشهر رخ داده است. با توجه به نقشه سالانه شیب تغییرات فشار بخار آب (شکل ۳) مشخص می‌گردد که در اکثر مناطق روند تغییرات حالت نزولی داشته است؛ اما به جز بخش‌هایی از جنوب استان فارس، شیب تغییرات بسیار اندک بوده است. از طرف دیگر استان بوشهر و بخش‌هایی از جلگه خوزستان و همچنین نواحی ساحلی دریای عمان همواره از یک شیب صعودی فشار بخار آب تبعیت می‌کنند. همان‌طور که در مقدمه گفته شد، اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی رطوبت به تنهایی نمی‌تواند دلیل قاطعی بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد؛ بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌بخشد (سرانو و همکاران^{۲۷}، ۱۹۹۹: ۸۶). از آن‌جا که بخار آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای به‌شمار می‌آید، بنابراین می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در گرمایش جهانی و در نتیجه تغییر اقلیم داشته باشد. وجود بخار آب فراوان در جو می‌تواند مانعی برای عبور طول موج‌های بلند زمینی شود که نتیجتاً منجر به افزایش دمای یک منطقه خواهد شد.

همین افزایش می‌تواند تأثیری منفی بر اکوسیستم‌ها، توسعه پایدار و حیات انسانی و جانوری داشته باشد. با توجه به این‌که اقلیم به‌عنوان دستگاہ بزرگی است که حاصل عملکرد عناصر مختلف اقلیمی می‌باشد لذا می‌توان هرگونه تغییر در فشار بخارآب را تأثیرگذار در عناصر مرتبط نظیر دما و بارش دانست که خود به‌عنوان عناصر مهم در پایش تغییر اقلیم به حساب می‌آیند؛ بنابراین در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که به دلیل گستردگی دستگاہ اقلیم، بررسی همزمان عناصر مختلف اقلیمی می‌تواند نتایج جامع و کامل‌تری را ارائه نماید.

نتیجه‌گیری

وجود بخارآب در جو سبب تقویت اثر گلخانه‌ای و نقش مهمی در گرمایش جهانی دارد. از این رو مطالعه بخارآب می‌تواند نقش مهمی در بررسی تغییر اقلیم یک منطقه ایفاء کند. در پژوهش حاضر به منظور بررسی روند و شیب تغییرات فشار بخارآب در جنوب و جنوب‌غرب ایران به ترتیب از دو روش من-کندال و سن استیمیتور استفاده گردید. بدین منظور دو روش ایستگاهی و پهنه‌ای اختیار شد. نتایج تحقیق بر روی ایستگاه‌های شاخص حاکی از این بود که در نیمه اول سال که همواره با دماهای بالاتری روبرو هستیم، نوع روند مشاهده شده در اکثر ایستگاه‌ها به دو صورت کاهشی و یا افزایشی بوده است. در نیمه دوم سال (فصول سرد) نوع روند به‌جز در مهرماه، به‌صورت کاهشی و یا فاقد روند معنی‌دار مشاهده می‌شود. توزیع مکانی روند فشار بخارآب در جنوب و جنوب‌غرب ایران نشان داد که بیش‌ترین حاکمیت روند معنی‌دار صعودی و نزولی به ترتیب در حاشیه ساحلی خلیج فارس به‌خصوص در استان بوشهر و در ارتفاعات به‌ویژه ارتفاعات زاگرس است. نکته قابل توجه در این مورد، مشاهده بیش‌ترین وسعت روندهای مذکور در ماه‌های گرم سال است. با مشاهده نحوه توزیع روند فشار بخارآب در جنوب و جنوب‌غرب ایران می‌توان دلایل عمده رخداد چنین توزیعی را به چگونگی توزیع ارتفاعات، نوع سیستم‌های ورودی به منطقه در فصول مختلف، گرمایش و سرمایش در ماه‌های مختلف سال و همچنین چگونگی دریافت رطوبت از دو منبع عظیم خلیج فارس و دریای عمان نسبت داد. با مقایسه نتایج تحقیق حاضر و نتایج پژوهش‌هایی نظیر قانیدی و مسعودیان (۱۳۸۶: ۱۶۵)، رحیم‌زاده و خوشکام (۱۳۸۲: ۵۳)، زند پارسا و همکاران (۱۳۸۷: ۱۰۲۰) مشخص گردید که تمامی نتایج ضمن هماهنگی با یکدیگر، بر رخداد روندهای صعودی فشار بخارآب و یا دیگر اشکال رطوبت در ماه‌های گرم و وقوع روندهای نزولی در ماه‌های سرد تأکید دارند. تأییدی دیگر بر نتایج تحقیق حاضر، پژوهش قانیدی و مسعودیان (۱۳۸۶: ۱۶۵) می‌باشد که نشان می‌دهد مناطق پست و ساحلی با روند مثبت رطوبت و مناطق مرتفع و کوهستانی کشور با روند منفی روبرو بوده‌اند.

منابع

- رحیمزاده، ف؛ خوشکام، م (۱۳۸۲)، «تغییرات سری‌های رطوبت در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور»، سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، اصفهان، سازمان هواشناسی کشور، دانشگاه اصفهان، ۲۹ مهر تا ۱ آبان ۱۳۸۲، صص ۶۲-۵۳.
- زندپارسا، ش؛ فرزانه، م؛ مصطفوی، ا (۱۳۸۷)، «بررسی روند تغییرات فشار بخار هوا در طول روز و فصول مختلف سال»، دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱ بهمن ۱۳۸۷، صص ۱۰۳۲-۱۰۲۰.
- قائدی، س؛ مسعودیان، ا (۱۳۸۶)، «بررسی روند رطوبت جو ایران در نیم سده گذشته»، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، شماره ۶، صص ۱۷۳-۱۶۵.
- محمدی، م (۱۳۸۰)، «بررسی روند تغییرات دما، بارش، رطوبت و ساعات آفتابی در تهران (۱۳۷۴-۱۳۴۰)»، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- Abraham, J. P., Gorman, F., Reseghetti, K. E., Trenberth, W., Minkowycz, J., (2011), "A new method of calculating ocean temperatures using expendable bathythermographs", *Energy and Environment Research*, 1: 11- 12.
- Bihart, O., Mehmetcik, B., (2003), "The power of statistical tests for trend detection", *Turkish Journal of of Engineering and Environmental Science*, 27: 247-251.
- Bouza, D. R., Ternero, R. M., Fernandez, E. A. J., (2008), "Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain)", *Journal of Hydrology*, 361: 227-239.
- Brooks, J., Oxley, D., Vedlitz, A., Zahran, S., Lindsey, C., (2014), "Abnormal daily temperature and concern about climate change across the United States", *Review of Policy Research*, 31 (3): 199-217.
- Fasullo, J., Lesley, S., Trenberth, KE., (2005), "Trends and variability in column-integrated atmospheric water vapor", *Climate Dynamic*, 24: 741-758.
- Fayram, A. H., Tober Griffin, J. D., Wendel, J. L., (2014), "Effects of localized temperature and precipitation on historic Walleye recruitment in Wisconsin", USA with implications for climate change, *Ecosystem Health & Management*, 17 (2): 115-121.
- Hoinka, K. P., (1998), "Mean global surface pressure series evaluated from ECMWF reanalysis data", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 124(551): 2291-2297.

- Kaiser, DP., (2000), "Decreasing cloudiness over China: an updated analysis examining additional variables", *Geophysical Research Letters*, 27: 2193–2196.
- Kendall, M. G., (1975), "Rank correlation methods", Charles Griffin, London.
- Kuttler, W., Weber, S., Schonfeld, J., Hesselschwerdt, A., (2007), "Urban/rural atmospheric water vapour pressure differences and urban moisture excess in Krefeld, Germany", *International Journal of Climatology*, 27: 2005– 2015.
- Mann, H. B., (1945), "Nonparametric tests against trend", *Econometrica*, 13: 245-259.
- Sen, P. K., (1968), "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau", *Journal of the American Statistical Association*, 63: 1397-1389.
- Serrano, A., Mateos, V. L., Garcia, J. A., (1999), "Trends analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1995", *Journal of Physical Chemistry*, 24: 84-90.
- Sorte, C. J., Jones, S. J., Miller, L. P., (2011), "Geographic variation in temperature tolerance as an indicator of potential population responses to climate change", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 400 (1): 209-217.
- Stainforth, D. A., Chapman, S. C., Watkins, N. W., (2013), "Mapping climate change in European temperature distributions", *Environmental Research Letters*, 8 (3): 31-34.
- Sun, Li., Sheen, B., Sui, Bo., (2010), "A Study on water vapor transport and budget of heavy rain in northeast China", *Advances in Atmospheric Sciences*, 27 (6): 1399–1414.
- Tonkaz, T., Cetin, M., Simsek, M., (2003), "Observed changes of some climatic parameters of Sanliurfa Province", *Journal of Agricultural Science*, 18: 29–38.