

مطالعه تغییرات زمانی برخی عناصر آب و هوایی در شمال شرق ایران (مطالعه موردی استان‌های خراسان شمالی و خراسان رضوی)

علی الهی گل

کارشناس مرکز پیش بینی اداره کل هوشناسی استان خراسان شمالی

چکیده

هدف این پژوهش مطالعه تغییر برخی عناصر آب و هوایی در ناحیه شمال شرق ایران از حالت نرمال می‌باشد. محاسبات و تحلیل‌ها بر روی میانگین دمای کمینه، بیشینه، بارش و رطوبت انجام شده است. مقطع زمانی مورد مطالعه در این تحقیق یک دوره 20 ساله است که بین سال‌های 1986 تا 2005 واقع می‌گردد و ایستگاه‌های مشهد، بجنورد، قوچان، سبزوار، سرخس و تربت حیدریه را شامل می‌شود. ابتدا با استفاده از روش رتبه‌ای من-کندال، تغییرات داده‌ها شناسایی شدند و سپس نوع آن که روند یا نوسان بوده است مشخص گردیده است. در تمام ایستگاه‌ها دمای کمینه و بیشینه روند معنی‌دار افزایشی را نشان می‌دهند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که درصد تغییرات دما در فصل زمستان نسبت به سایر فصول بیشتر است که این می‌تواند بتدریج سبب تغییر الگوی بارش و در نهایت تغییر الگوی جریان گردد و پیامدهایی را در مدیریت منابع آب منطقه و کیفیت آن ایجاد نماید. بارش و رطوبت روند مشخصی را از خود نشان نمی‌دهند و از روندها و نوسانات متنوعی در فصل‌های مختلف برخوردار می‌باشند. با توجه به روند معنی‌دار افزایش دما می‌توان انتظار داشت که در این منطقه در صورت ادامه یافتن این تغییرات، الگوی بارش و جریان تغییر کرده و شرایط حدی را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت موجب افزایش سیل‌ها و خشکسالی‌ها گردد.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، من کندال، روند، نوسان

مقدمه

طی قرن بیستم آب و هوای کره زمین، بویژه در دو دهه اخیر از حالت تعادل خود خارج شده و تمایل به افزایش دما نشان داده است (هیات بین الدول تغییر اقلیم، 2001). از سوی دیگر پیش‌بینی‌ها برای قرن 21 نیز افزایش دمای جهانی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای و هواویزهای جو را هشدار می‌دهد. افزایش دماهای پیش‌بینی شده تا 2/5 درجه سلسیوس در اواخر قرن حاضر بطور بالقوه می‌تواند منجر به تغییر چرخه آب و در نتیجه بارش بیشتر، تبخیر سریعتر و تغییر در آبهای جاری شده و ناهنجاری‌های آب‌شناسی، همچون خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها را تشدید کند (گلیک 1989، آرورا و بویر 2003، مورل 2001، نیجسن و همکاران 2001). نقش انسان و فعالیت‌های متنوع او در زمینه‌های مختلف در این تغییر بسیار بارز است و روند آن مسیری را دنبال می‌کند که نتایج بعدی آن به طور کامل برای اقلیم‌شناسان روشن نیست. از این رو مسئله تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره زمین و پیامدهای بوم‌شناسی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولتمردان و سیاستمداران را نیز در سرتاسر دنیا به خود جلب کرده است. به طور کلی پیامدهایی نظیر خشکسالی‌ها، سیلاب‌های شدید و ناگهانی، امواج هوای سرد و گرم، از جمله آثار و شواهد ناهنجاری‌های اقلیمی است که کره زمین را با بحران‌های مختلف مواجهه نموده است. بدین ترتیب بدون شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمی حال و آینده، مدیران و برنامه‌ریزان قادر به اجرای برنامه‌های مختلف نخواهند بود. در مورد تغییرات اقلیم معاصر مطالعات انجام گرفته بر محور تغییرات دما متمرکز می‌باشد. در این مورد تحقیقات بسیار گسترده‌ای در ارتباط با روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای انجام پذیرفته است (گیل و واتارد 1991، هاسلمن 1997، اشلسینگر و رامندکوتی 1994، نورث و کیم 1995، نورث و همکاران 1995).

در ارتباط با تغییرات صورت گرفته در الگوهای جهانی دمای متوسط کره زمین تحقیقاتی توسط سانتر و همکاران 1995، هگرل و همکاران 1996، هگرل و همکاران 1997، جونز و هگرل 1998 انجام گرفته است. همچنین در ایران بر اساس نتایج طرح آشکارسازی تغییر اقلیم، در اکثر ایستگاه‌های ایران روند افزایش دما مشاهده گردیده است (رحیم زاده 1382، 58).

بر اساس تحلیل فضایی که بر روی دمای ماهانه ایران انجام شده، نواحی دارای روند افزایشی و کاهش دما در ایران مشخص شده است (مسعودیان 1383، 32). عزیزی و همکاران (25، 1384) ضمن مطالعه روند دمای چند دهه اخیر در ایران به ارتباط این روند با افزایش گاز CO₂ جو پرداختند. آنها با بررسی روی 12 ایستگاه برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون خود همبستگی مرتبه اول و گردش حول میانه (ران تست) استفاده کردند و از آزمون ناپارامتریک من-کندال جهت تعیین میزان، جهت و معنی‌داری روند استفاده نمودند و دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه (ایستگاه‌های همدیدی) روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده می‌گردد، که ممکن است از افزایش میزان CO₂ جو متأثر گردیده باشند. همچنین مدل‌های گردش عمومی و مطالعات انجام شده، بیانگر افزایش درجه حرارت به میزان 1 الی 2 درجه سانتی‌گراد و افزایش بارندگی، به میزان 3 الی 15 درصد می‌باشند. اما به دلیل الگوی غیر یکنواخت توزیع بارش، در مناطق خشک و نیمه خشک، کاهش بارندگی و در مناطق مرتفع و مرطوب افزایش بارندگی مشاهده می‌شود (هیات بین الدول تغییر اقلیم، 1996). بررسی و مطالعات تغییر اقلیم نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی باعث نوساناتی در میزان برف و باران و به خصوص کاهش نسبت برف به باران و همچنین تغییراتی در میزان رطوبت خاک، شدت و فراوانی طوفان‌ها، رواناب، سیلاب‌ها، طول خشکی و خشکسالی‌ها شده است (راگاب، 2000؛ توبایلو، 1999؛ گلیک، 1998).

چائوچه و همکاران (2010) برخی از قسمت‌های مدیترانه را که به تغییر اقلیم حساس هستند مطالعه نمودند. آنها آزمون من کندال را برای یافتن روندهای بارندگی، دما و تبخیر و تعرق بصورت ماهانه و سالانه بررسی کردند که در دما و بارندگی روندهایی بدست آوردند. زو و همکاران (2010) با استفاده از روش من-کندال روند بارندگی و رواناب را برای رودخانه اصلی چین بررسی نمودند تا نقش بشر را در روند تغییرات از 1951 تا 2000 بررسی نمایند. امینی نیا و همکاران (2010) تغییرات بارش برف سنگین در شمال شرق ایران را تحلیل نمودند. تحلیل آنها نشان می‌دهد که بارش در همه ایستگاه‌ها در طی دوره آماری تغییرات زیاد و روند نزولی دارد. همچنین استفاده از آزمون من-کندال رتبه‌ای در ایستگاه‌ها نشان دهنده روند کاهشی در دریافت بارش سنگین برف در تبریز و ارومیه دارد و فقدان هر روندی را در اردبیل و خوی نشان می‌دهد.

امیدوار و خسروی (2010) با استفاده از روش من-کندال تغییرات برخی فاکتورهای اقلیمی را در سواحل شمالی خلیج فارس بررسی نمودند. نتایج مطالعاتشان نشان می‌دهد که تغییرات در میانگین دما در همه ایستگاه‌ها شبیه تغییرات در روند دمای کمینه است، بطوریکه دمای کمینه عاملی است که میانگین دمای ایستگاه‌ها را در این مطالعه افزایش داده است و اغلب بارندگی‌ها روند معنی‌دار کاهشی را نشان می‌دهد.

رمضانپور و همکاران (2011) روش من-کندال را برای تحلیل روند فصلی بارندگی و رواناب در گیلان بکار بردند. نمودار رواناب روند کاهشی را در همه فصل‌ها بویژه در فصل بهار و زمستان نشان می‌دهد، اما بارندگی روند افزایشی را برای پاییز دارد در حالیکه تابستان هیچ روندی را نشان نمی‌دهد. بطور کلی روند رواناب از تغییرات بارندگی پیروی می‌کند. گندمکار و همکاران (2011) با استفاده از روش من-کندال به تحلیل روند بارندگی و دما در حوضه رودخانه سفیدرود پرداخته‌اند. نتایج بدست آمده از تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که تغییر اقلیم کوتاه مدت بوده و روند داشته است. تحلیل

میانگین دما نشان می‌دهد که روند افزایشی معنی‌داری دارد در حالی که بارندگی روند معنی‌دار کاهشی داشته است. آرون موندال و همکاران (2012) با استفاده از آزمون من-کندال به مطالعه روند تغییر بارندگی در شمال شرق کاتاک دیستریکت در هند پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بارش در برخی از ماه‌ها نرخ افزایشی و در برخی دیگر روند کاهشی داشته است.

در این مقاله با توجه به اهمیت پدیده تغییر و ارتباط تغییرات جهانی با تغییرات منطقه ای و محلی سعی شده متغیرهای دما، بارش و رطوبت که طیف وسیع‌تری از پدیده تغییر اقلیم را پوشش می‌دهند مورد بررسی و تحلیل قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

در مطالعات تغییر اقلیم، آمارهای بلند مدت می‌توانند تغییرات، چگونگی و خصوصیات آن را تا اندازه زیادی نمایش دهند. در ایران تأسیس شبکه ایستگاه‌های هواشناسی از سال 1951 می‌باشد که علاوه بر کوتاهی دوره آماری مشکلات دیگری نیز در این زمینه وجود دارد. در این رابطه می‌توان به ناکافی بودن شبکه ایستگاه‌ها، سالهای فاقد آمار در ایستگاه‌ها و همچنین تغییرات صورت گرفته در محل و ادوات ایستگاه‌ها اشاره کرد که باعث شده، مطالعه تغییر اقلیم در کشور با مشکلات جدی روبرو باشد (عزیزی و همکاران 1384، 32). در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات اقلیمی شمال شرق کشور محدوده جغرافیایی مدار $28^{\circ} 38'$ تا $14^{\circ} 34'$ عرض شمالی و نصف النهار $43^{\circ} 55'$ تا $18^{\circ} 61'$ طول شرقی انتخاب شده است. این محدوده در نیمه شمالی کشور ایران و نیمه جنوبی کمربند معتدله کره زمین واقع شده است. منطقه مطالعاتی از شمال به ترکمنستان و از شرق به افغانستان محدود و از جنوب به استانهای خراسان رضوی و سمنان و از غرب به گلستان محدود شده است. محاسبات و تحلیل بر روی میانگین دمای کمینه و بیشینه، بارش و رطوبت انجام

$t > T$ - (T) t (باشد هیچ گونه روند معنی داری در سری ها مشاهده نمی شود و سری ها تصادفی هستند.

در این آزمون نیازی به توزیع فراوانی نرمال یا خطی بودن رفتار داده ها نداشته و در برابر مقادیر فرین (برای مثال داده هایی که کشیدگی زیاد دارند مانند داده های بارندگی) و داده هایی که از رفتار خطی انحراف چشمگیری دارند بسیار قوی می باشد (WMO, 2000).

به منظور ارزیابی وجود روند نیز فرضیات زیر را مورد آزمون قرار می دهیم: فرض صفر در این آزمون دلالت بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد.

H_0 = مشاهدات فاقد رفتار افزایشی - کاهش می باشد (فرض مانایی).

$H1$ = روند یکنواخت در امتداد زمان وجود دارد (نامانایی). در این روش، n_i از مجموع تعداد عناصر y_i قبلی آن که کمتر از آن است محاسبه می شود.

آماره آزمون t بوسیله معادله زیر بدست می آید:

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (4)$$

و تابع توزیع آن، تحت فرض صفر، که به طور معادل با نرمال شده، با میانگین و واریانس زیر است:

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad \text{var } t = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (5)$$

در نبود هر فرضی راجع به وجود یک روند در رشته داده شده، تست فقط در شکل دو طرفه صحیح است.

$$u(t) = [t - E(t)] / \sqrt{\text{var } t} \quad (6)$$

اگر احتمال α_1 با استفاده از جدول توزیع نرمال استاندارد تعیین شده باشد، بطوریکه:

$$(\alpha_1 = P(|u| > |u(t)|)) \quad (7)$$

فرض صفر در سطح α بسته به اینکه $\alpha_1 < \alpha$ یا $\alpha_1 > \alpha$ باشد پذیرفته یا رد می شود. زمانی که مقادیر $u(t)$ معنی دار

شده است. مقطع زمانی مورد مطالعه در این تحقیق یک دوره 20 ساله (بین سالهای 1986 تا 2005) می باشد و ایستگاههای مشهد، بجنورد، قوچان، سبزوار، سرخس و تربت حیدریه را شامل می گردد. جدول 1 مشخصات آن ها را نشان می دهد. اطلاعات مورد نیاز از مرکز آمار سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است. در ابتدا همگنی داده ها با استفاده از روش گردش حول میانه (ران تست) بررسی شده است. روش مورد استفاده در این تحقیق، آزمون آماری من-کندال و میانگین متحرک پنج ساله است. این آزمون برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سریها استفاده می شود.

برای تعیین و بررسی تصادفی بودن داده ها از تست زیر استفاده می شود:

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

که T آماره من-کندال، N تعداد کل سال های آماری مورد استفاده و P مجموع تعداد رتبه های بزرگتر از ردیف ni که بعد از آن قرار می گیرند بوده و از رابطه زیر بدست می آید:

$$P = \sum_{i=1}^n n_i \quad (2)$$

این آماره برای $N > 10$ به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\frac{4N+10}{9(N-1)}$ شبیه است که برای سنجش معنی دار بودن آماره T از رابطه زیر استفاده می شود:

$$(T)_t = \pm t g \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (3)$$

که در این فرمول N تعداد کل سال های آماری، t برابر سطح احتمال معنی دار بودن آزمون و $(T)_t$ آماره من-کندال می باشد که با توجه به مقدار بحرانی بدست آمده برای $(T)_t$ ، اگر $(T)_t > T$ باشد روند مثبت در سری زمانی خواهیم داشت، اگر $(T)_t < T$ باشد نشان دهنده روند منفی و در صورتی که $(T)_t$

بودن داده ها با عدم وجود روند مشخص می گردد. سطح معنی داری مورد قبول برای تشخیص روند در این مطالعه از سطح معنی داری 70 درصد به بالا با ضریب تغییرات (CV) کوچکتر از یک می باشد. در اینجا روندها با ضریب تغییرات بزرگتر از یک رد شده است.

هستند، یک روند افزایشی یا کاهشی بسته به اینکه $u(t)$ یا $u(t) < 0$ باشد دیده می شود. در ابتدا این آزمون برای مشخص کردن غیر پارامتریک بودن سریها بکار می رود. بدین ترتیب که سریهای آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه بندی می شوند در این آزمون تصادفی

جدول شماره (1) مشخصات ایستگاههای انتخابی شمال شرق

نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی (درجه شرقی)	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)
مشهد	999/2	59° 38'	16° 36'
بجنورد	1091	57° 19'	37° 28'
قوچان	1287	58° 30'	37° 4'
سبزوار	977/6	57° 43'	36° 12'
سرخس	235	61° 10'	32° 36'
تربت حیدریه	950/4	65° 35'	35° 15'

جدول 2 دیده می شود در ماههای فوریه، ژولای و آگوست و سپتامبر روند کاهشی در اکثر ایستگاهها دیده می شود ولی در ماههای ژانویه و نوامبر این روند افزایشی است. رطوبت نسبی در ماههای ژوئن، نوامبر و دسامبر دارای روند افزایشی بوده و در ماههای فوریه، مارس و اکتبر در اکثر ایستگاهها روند کاهشی دارد.

بررسی روند فصلی

نتایج حاصل از آزمون من کندال برای داده های فصلی و سالانه در جدول شماره 3 آورده شده است.

بررسی این جدول نشان دهنده روند افزایشی دمای کمینه و بیشینه در فصل زمستان در تمام ایستگاههای مورد مطالعه می باشد. دمای بیشینه و کمینه در تابستان نیز در تمام ایستگاهها بجز بجنورد روند افزایشی از خود نشان می دهد. در فصل پاییز تنها مشهد روند افزایشی معنی دار دمای کمینه و بیشینه از خود نشان

بحث و نتایج

نتایج روندهای حاصله از آزمون من کندال برای داده های ماهانه در جدول شماره 2 آورده شده است. همانطور که در جدول مشاهده می شود این روندها برای زمانی که $CV < 1$ (یعنی ضریب تغییرات کوچکتر از یک است) و $SL \geq 70\%$ (یعنی سطح معنی داری بالای 70 درصد است) آورده شده است که نشان دهنده وجود روند معنی دار در داده ها است. آمار ماهانه نشان دهنده روند افزایشی قابل ملاحظه ای در ماههای فوریه، مارس، اوت، سپتامبر و اکتبر در میانگین دمای بیشینه اکثر ایستگاهها دیده می شود که در همین ماهها به علاوه ژانویه در میانگین دمای کمینه اکثر ایستگاهها نیز همین روند افزایشی مشاهده می شود.

در ماههای ژانویه، فوریه، آگوست و سپتامبر که روند افزایشی در دمای کمینه و بیشینه دیده می شود، در مقابل روند کاهشی برای بارندگی داریم. در مورد بارندگی همانطور که در

نشان دهنده تغییرپذیری بالای بارندگی در فصلهای مختلف در این ناحیه از کشور می باشد.

بررسی روند سالانه

بررسی روند سالانه تغییرات پارامترهای هواشناسی منطقه شمال شرق کشور نیز که در جدول شماره 3 آمده است، نشان دهنده وجود روند افزایشی معنی دار با سطح معنی داری بالایی در تمام ایستگاههای منطقه در میانگین دمای کمینه و بیشینه سالانه می باشد. این امر نمایانگر آن است که اقلیم این منطقه از نظر دمایی طی دوره 20 ساله 1986 تا 2005 میلادی از افزایش معنی دار برخوردار بوده است. از طرفی تغییرات میانگین رطوبت نسبی سالانه نشان دهنده روند کاهشی این پارامتر در ایستگاههای تربت حیدریه و سبزوار و روند مثبت در بجنورد و قوچان می باشد. همچنین روند بارش سالانه بجنورد و قوچان مطابق محاسبات که در جدول آمده است افزایشی بوده و در سبزوار کاهشی می باشد. شکل 1 میانگین متحرک 5 ساله دمای بیشینه ایستگاههای مورد مطالعه را نشان می دهد که از بین عناصر اقلیمی مورد مطالعه به دلیل حجم زیاد نمودارها یک مورد به عنوان نمونه آورده شده است. جدول 4 نتایج حاصل از تحلیلها را بصورت آماری یعنی فراوانی وقوع و درصد تغییرات عناصر اقلیمی ایستگاههای مورد مطالعه، نشان می دهد.

می دهد و ایستگاههای تربت، بجنورد و قوچان تنها روند افزایش در دمای کمینه در این فصل از خود نشان میدهند. همچنین در فصل بهار تربت حیدریه، قوچان، مشهد و سرخس از روند افزایش دمای کمینه برخوردار بوده است. رطوبت نسبی در فصل زمستان روند کاهشی در تربت حیدریه، مشهد و سبزوار از خود نشان می دهد و تنها در این فصل روند تغییر رطوبت نسبی کاهشی است و در سایر فصول در ایستگاههای که روند وجود دارد این روند سیر تغییرات افزایشی را نشان می دهد که در بهار بجنورد و قوچان و در تابستان تربت حیدریه و در پاییز بجنورد، قوچان، مشهد و سرخس روند افزایشی رطوبت نسبی را طی دوره 20 ساله (1986 تا 2005) نشان می دهند.

در مورد بارندگی روند مشخصی در فصلهای مختلف وجود ندارد و نمی توان قطعی برای نحوه تغییرات این پارامتر در طی دوره 20 ساله مورد بررسی بیان نمود اما همانطور که جدول 3 نشان می دهد در زمستان مشهد روند کاهشی و سرخس روند افزایشی بارش را طی دوره نشان می دهد. در فصل بهار هیچ روند معنی داری در ایستگاههای مورد مطالعه مشاهده نمی شود. در فصل تابستان تنها سرخس روند کاهشی 90٪ معنی داری بارش را طی دوره نشان می دهد و در پاییز تنها قوچان روند افزایشی بارش دارد. جدول 3 روندهای بارندگی

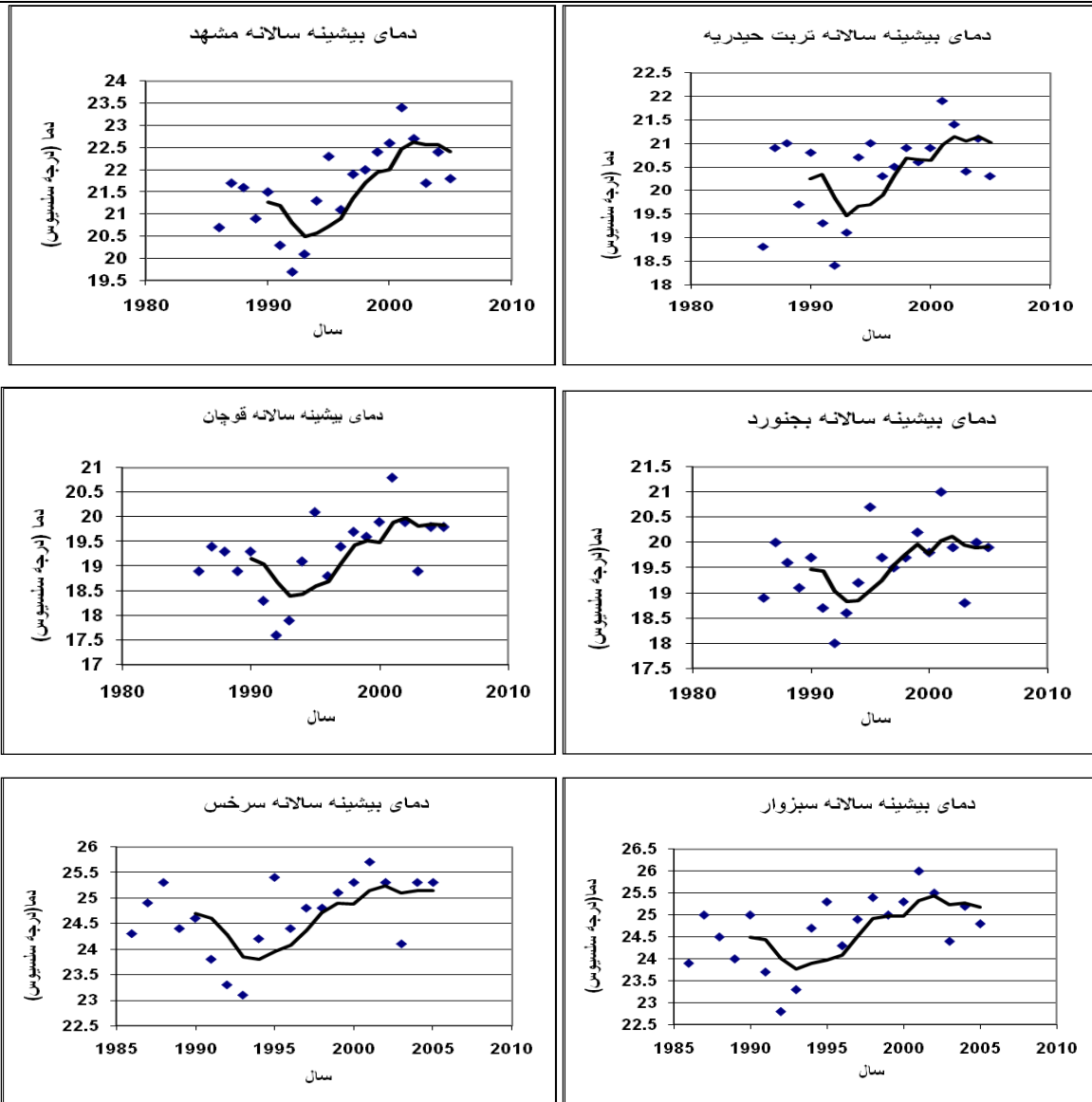
جدول شماره (2) تعیین روند ماهانه پارامترهای هواشناسی

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین ماهانه دمای بیشینه تربت حیدریه	+	٪95	٪95	+	+	+	-	+	+	٪90	-	-
میانگین ماهانه دمای بیشینه بجنورد	+	+	٪90	+	-	-٪75	-	+	80٪	80٪	-	-
میانگین ماهانه دمای بیشینه قوچان	٪75	٪80	٪95	+	-	+	-	٪70	80٪	80٪	-	-
میانگین ماهانه دمای بیشینه مشهد	+	٪90	٪95	٪70	+	+	٪85	٪95	٪95	٪85	-	-
میانگین ماهانه دمای بیشینه سبزوار	+	٪90	٪95	+	+	+	+	٪75	+	٪85	-	-
میانگین ماهانه دمای بیشینه سرخس	+	80٪	٪90	-	+	-	-	٪85	٪90	+	-	-
میانگین ماهانه دمای کمینه تربت حیدریه	+	+	80٪	+	+	+	-	٪95	+	٪90	-	+
میانگین ماهانه دمای کمینه بجنورد	٪95	+	+	+	-	-	-	-	80٪	80٪	+	+
میانگین ماهانه دمای کمینه قوچان	٪95	80٪	٪75	+	-	٪70	+	٪70	٪75	٪95	+	+
میانگین ماهانه دمای کمینه مشهد	٪85	٪85	٪85	٪75	+	٪70	80٪	٪90	٪95	٪95	+	+
میانگین ماهانه دمای کمینه سبزوار	٪85	٪80	٪85	-	-	-	-	+	+	٪75	-	-
میانگین ماهانه دمای کمینه سرخس	+	٪75	٪75	٪75	٪85	٪95	80٪	٪85	٪90	80٪	+	-
میانگین ماهانه رطوبت نسبی تربت حیدریه	-	-٪95	-٪90	-	+	٪70	٪90	+	+	-80٪	-	-٪85
میانگین ماهانه رطوبت نسبی بجنورد	+	-	-	+	+	٪75	+	+	+	+	80٪	٪85
میانگین ماهانه رطوبت نسبی قوچان	+	-	-٪70	+	٪75	٪90	+	-	-	+	٪90	٪75
میانگین ماهانه رطوبت نسبی مشهد	-	-٪90	-٪75	-٪80	-	-	-	-	-	-٪75	٪90	+
میانگین ماهانه رطوبت نسبی سبزوار	-	-٪99	-٪85	-	-	-	-	-	-	-٪95	٪90	+
میانگین ماهانه رطوبت نسبی سرخس	+	-	-٪70	-	-	-	-	+	+	+	٪95	٪85
بارندگی ماهانه تربت حیدریه	٪95	-٪90	+	+	-	-٪75	-٪95	-٪99	-٪99	-٪70	٪85	-
بارندگی ماهانه بجنورد	+	+	-	+	+	-	+	-	-٪95	+	٪95	-
بارندگی ماهانه قوچان	+	-	+	+	٪70	+	-	-80٪	-٪99	+	٪99	-
بارندگی ماهانه مشهد	-	-٪99	-	-٪85	-	-	+	-٪95	-٪99	-	٪99	-
بارندگی ماهانه سبزوار	٪90	-٪99	-	-٪75	-	-	+	-٪99	-٪99	-٪70	٪90	-80٪
بارندگی ماهانه سرخس	٪80	-٪75	+	-	+	-٪99	-٪99	-٪99	-٪99	-	٪99	-

- درصدهای موجود در جدول روندهای عناصر اقلیمی، با سطح معنی داری بالای 70 درصد و ضریب تغییرات کوچکتر از یک را نشان می دهند. علامت مثبت تغییرات افزایشی و علامت منفی تغییرات کاهش یافته را نشان می دهند.

جدول شماره (3) تعیین روند و نوسان فصلی و سالانه پارامترهای هواشناسی

پاییز	تابستان	بهار	زمستان	سالانه	پارامتر
+	+	+	+/.95	+/.80	میانگین دمای بیشینه تربت حیدریه
+	+	-	+/.90	+/.90	میانگین دمای بیشینه بجنورد
+	+/.80	-	+/.95	+/.95	میانگین دمای بیشینه قوچان
+/.85	+/.99	+	+/.95	+/.99	میانگین دمای بیشینه مشهد
+	+/.90	+	+/.95	+/.95	میانگین دمای بیشینه سبزوار
-	+/.95	+	+/.90	+/.85	میانگین دمای بیشینه سرخس
+/.80	+/.80	+/.70	+/.85	+/.95	میانگین دمای کمینه تربت حیدریه
+/.80	+	+	+/.95	+/.95	میانگین دمای کمینه بجنورد
+/.95	+/.90	+/.75	+/.99	+/.99	میانگین دمای کمینه قوچان
+/.95	+/.99	+/.90	+/.95	+/.99	میانگین دمای کمینه مشهد
+	+/.85	+	+/.95	+/.85	میانگین دمای کمینه سبزوار
+	+/.99	+/.90	+/.90	+/.99	میانگین دمای کمینه سرخس
-	+/.75	+	-/.90	-/.75	میانگین رطوبت نسبی تربت حیدریه
+/.95	+	+/.75	-	+/.85	میانگین رطوبت نسبی بجنورد
+/.90	+	+/.90	+	+/.90	میانگین رطوبت نسبی قوچان
+/.75	-	-	-/.75	-	میانگین رطوبت نسبی مشهد
+	-	-	-/.75	-/.90	میانگین رطوبت نسبی سبزوار
+/.95	+	+	-	+	میانگین رطوبت نسبی سرخس
-	+	+	-	-	بارندگی تربت حیدریه
+	+	+	-	+/.75	بارندگی بجنورد
+/.85	-	+	+	+/.90	بارندگی قوچان
+	-	-	-/.80	-	بارندگی مشهد
-	-	-	-	-/.75	بارندگی سبزوار
+	-/.90	-	+/.70	+	بارندگی سرخس



شکل شماره (1) میانگین متحرک 5 ساله دمای بیشینه سالانه ایستگاههای مورد مطالعه

جدول شماره (4) فراوانی وقوع و درصد تغییرات عناصر اقلیمی در ایستگاههای مورد مطالعه

پاییز	تابستان		بهار		زمستان		سالانه		زمان	نوع تغییر
	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد		
41.7	10	41.7	10	26	6	56.5	13	66.7	16	روند افزایشی (مثبت)
0	0	4.2	1	0	0	17.1	4	12.5	3	روند کاهش (منفی)
16.6	4	25	6	30.4	7	17.1	4	12.5	3	کاهش
41.7	10	29.1	7	43.4	10	8.3	2	8.3	2	افزایش

یا مخازن، آب برای فصلهای گرم ذخیره گردد. از طرفی با افزایش دما در این مخازن، بتدریج زمینه برای رشد میکروبها و حشرات فراهم می گردد. همچنین میزان اکسیژن موجود در آب با افزایش دما کاهش می یابد.

رطوبت نسبی و بارش که تابعی از یکدیگر هستند روندهای پراکنده ای را در منطقه نشان می دهند. مشاهده می گردد که افزایش رطوبت نسبی، افزایش بارش سالانه را در بجنورد و قوچان به همراه دارد و بالعکس کاهش رطوبت نسبی در سبزوار با کاهش بارش سالانه آن متناسب می باشد.

در مجموع طبق یافته های جدول 4 مشاهده می گردد که بیشتر تغییرات در کل دوره با 46.6 درصد از نوع روند مثبت و کمترین تغییرات با 6.8 درصد از نوع روند منفی می باشد. همچنین 20.3 درصد از تغییرات (بدون داشتن روند معنی دار) از نوع کاهشی و 26.3 درصد نیز از نوع افزایشی می باشند. در مجموع می توان انتظار داشت که عناصر اقلیمی مورد مطالعه با ادامه یافتن شرایط کنونی که تمایل به افزایش مقادیر در آن دیده می شود، در صورتی که این شرایط کنترل نشوند می تواند سبب تغییر الگوی بارش و جریان گردیده و عواقب نگران کننده ای همچون افزایش سیل و خشکسالی را در پی داشته باشد.

منابع

- 1- رحیم زاده. فاطمه، عسگری. احمد، نوحی. کیوان (1382)، نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای کمینه و بیشینه و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور، سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم.
- 2- عزیزی، قاسم. کریمی احمدآباد، مصطفی. سبک خیز، زهرا، (1384)، روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO₂، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم، جلد 4، شماره 5، پاییز و زمستان 1383 و بهار و تابستان صص، 25-43.

در جدول 4 روندها بصورت روند افزایشی یا مثبت و روند کاهشی یا منفی است، اما منظور از تغییر افزایشی یا کاهشی، تغییر بدون وجود روند معنی دار می باشد، یعنی شرایط معنی داری طبق آزمون من کندال برای وجود روند برقرار نبوده است و تنها نوسان از نوع افزایشی و کاهشی داشته است.

نتیجه گیری

بررسی و مطالعات انجام شده بر روی پارامترهای دما، بارش و رطوبت 6 ایستگاه مشهد، قوچان، بجنورد، سرخس، سبزوار و تربت حیدریه در دوره زمانی (1986 تا 2005 میلادی) نشان دهنده تغییر عناصر اقلیمی این منطقه از کشور است. این تغییرات از نوع روند و همچنین نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی می باشند که در برخی از سری های ماهانه، فصلی و سالانه مشاهده می شود.

بررسی سری های دمایی کمینه و بیشینه تمام ایستگاهها در فصل زمستان و بطور سالانه نشان دهنده روند افزایشی می باشد، این بدان معناست که طی دوره مورد مطالعه میانگین دما در منطقه شمال شرق کشور افزایش پیدا کرده است. این افزایش معنی دار دما بخصوص در فصل زمستان در این منطقه پیامدهای خاصی را بوجود می آورد که از آن جمله تغییر الگوی بارش از برف به باران و همچنین تسریع در ذوب برف و ایجاد رواناب زود هنگام می باشد که این مساله می تواند خسارات و هزینه های هنگفتی در تامین و مدیریت منابع آب منطقه ایجاد نماید. زیرا برف به نوعی آب مورد نیاز برای فصلهای گرمتر را به تدریج وارد چرخه هیدرولوژیکی می نماید و در واقع تا حدی فشار ناشی از کمبود آب در فصل های گرم را کاهش می دهد در حالی که ذوب زود هنگام برف علاوه بر این که هزینه حفاظت و نگهداری آب برای ماههای مورد نیاز را بیشتر می نماید کیفیت اولیه آن را نیز نخواهد داشت، به این دلیل که در صورتیکه برف زود ذوب شود سریع وارد چرخه هیدرولوژیکی شده و در فصلهایی که نیاز به آب وجود دارد بایستی با احداث سدها یا بندهای خاکی

- 13- Hegerl, G. C., H. v. Storch, K. Hasselmann, B. D. Santer, U. Cubasch, and P. D. Jones, (1996), Detecting Greenhouse-gas-induced Climate Change with an Optimal Fingerprint Method, *Journal of Climate*, 9, 2281-2306.
- 14- Hegerl, G. C., K. Hasselmann, U. Cubasch, J. F. B. Mitchell, E. Roeckner, R. Voss, and J. Waskewitz, (1997), on Multi-fingerprint Detection and Attribution of Greenhouse Gas and Aerosol Forced climatic change, *Climate Dynamics*, 13, 613-634.
- 15- IPCC, (1996). *Climate Change (1995): The Science of Climate Change. Summary for Policy - Makers. Contribution of Working Group I to The Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press.
- 16- IPCC: (2001a), 'Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability', Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White (eds), Cambridge University Press, 1032 pp.
- 17- IPCC: (2001b), 'Climate Change 2001: The Scientific Basis', Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson(eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881p.
- 18- Jones, P. D., and G. C. Hegerl, (1998), Comparisons of Two Methods of Removing Anthropogenically Related Variability from the Near-surface Observational Temperature Field, *J. Geophys. Res.*, 103 (D12), 13,777-13,786.
- 19- Morel, P., 2001, 'Why GEWEX? The Agenda for a Global Energy and Water Cycle Research Program', in Twitchell, 403 P. (ed.), *GEWEX NEWS11* (1), 1, 7-11. International GEWEX Project Office, 1010 Wayne Avenue 450, 404 Silver Springs, MA (USA).
- 20- Nijssen, B., O'Donnell, G.M., Hamlet, A.F., and Lettenmaier, D.P., 2001, 'Hydrologic Sensitivity of Global Rivers to Climate Change', *Climate Change* 50 (1-2), 143-175.
- 3- مسعودیان ابوالفضل، (1383)، تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد پانزدهم - شماره 1 و 2.
- 4- AminiNiya, K., Lashkari, H. and Alijani, B., (2010), "Analysis of heavy snowfall in south east of Iran", *Journal of geographical spaces of Azad university of Ahar*, Vol 29, pp145-63.
- 5- Arora, V.K. and Boer, G.J.: (2001), 'Effects of Simulated Climate Change on the Hydrology of Major River Basins', *J. Geophys. Res.* 106(D4), 3335-3348.
- 6- Arun, Mondal., Sananda, Kundu., Anirban, Mukhopadhyay., (2012), RAINFALL TREND ANALYSIS BY MANN-KENDALL TEST: A CASE STUDY OF NORTH-EASTERN PART OF CUTTACK DISTRICT, ORISSA; *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences* ISSN: 2277-2081, 2012 Vol. 2 (1) January-April, pp.70-78.
- 7- Chaouche, K., Neppel, L., Dieulin, C., Pujol, N., Ladouche, B., Martin, E., Salas, D., Caballero, Y., (2010). Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change. *C.R. Geoscience* 342, 234-243.
- 8- Gandomkar, A., Soltani Gord faramarzi, T., Safaripour Chafi, P., Amani, A.R., (2011), analysis of precipitation and temperature trends in sefid-roud basin, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59.
- 9- Ghil, M., and R. Vautard, (1991)., Interdecadal Oscillations and the Warming Trend in Global Temperature Time Series, *Science*, 199, 1065-1068.
- 10- Gleick, P.H., (1998), *The World's Water. The Biennial Report on Fresh Water Resource, 1998-1999.* Island Press. Washington D. C. pp 301.
- 11- Gleick, P.H., (1989), 'Climate change, hydrology, and water resources' *Reviews in Geophysics* 27, 329-344.
- 12- Hasselmann, K., (1997), Climate change: Are We Seeing Global Warming? *Science*, 276, 914-915.

- Geography and Economics (ICHGE'2011) Pattaya Dec. 2011.
- 26- Santer, B. D., K. E. Taylor, T. M. L. Wigley, J. E. Penner, P. D. Jones, and U. Cubasch, (1995), Towards the Detection and Attribution of an Anthropogenic Effect on Climate, *Climate Dynamics*, 12, 79-100.
- 27- Schlesinger, M. E., and N. Ramankutty, (1994), An oscillation in the global climate system of period 65-70 years, *Nature*, 360, 330-333.
- 28- Tubillo, F.N., C. Rosenzweig, B.A. Kimball and P.J. Wall, (1999): Testing CERES with FACE Data: CO₂ and Water Interactions. *Agron. J.*, 91: 1856 – 1865.
- 29- WMO. (2000), Detecting trend and other change in hydrological data. WMO / TD-NO. 1013.
- 30- Xu, K., Milliman, J.D. Xu, H., (2010), temporal trend of precipitation and runoff in major Chinese Rivers since 1951. *Global and Planetary Change* 73, 219–232.
- 21- North, G. R., and K.-Y. Kim, (1995), Detection of Forced Climate Signals. Part II: Simulation results, *Journal of Climate*, 6, 409-417.
- 22- North, G. R., K.-Y. Kim, S. P. Shen, and J. W. Hardin, (1995), Detection of Forced Climate Signals. Part I: filter theory, *Journal of Climate*, 6, 401-408.
- 23- Omidvar, K., Khosravi, Y., (2010), “The analysis of some factors of climate changes in northern shore of Persian Gulf by Mann-Kendall”, *Journal of geography and environmental planning*, Vol. 38, pp 33-46.
- 24- Ragab, R., (2000): *Climate Change and Water Resources Management in the Arid Region*. Institute of Hydrology, NERC, Wallingford, OXON, OX10, 8BB, UK.
- 25- Ramazanipour, M., Roshani, M., (2011), seasonal trend analysis of precipitation and discharge parameters in Gilan, north of Iran, *International Conference on Humanities*,