نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۱۳۱-۱۱۸

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 118-131

بررسی نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران

محمد بنایان[۱] - آزاده محمدیان[۲*] - امین علیزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۳
تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۲

چکیده

نوسانات اقلیمی در یک منطقه اثرات شدیدی بر منابع آب و خاک می‌گذارد. بدین منظور در این مطالعه روند تغییرات سری زمانی سالانه و فصلی با استفاده از آزمون من-کندال و حداقل مربعات خطا بررسی گردید. این پارامتر ها که مستقیم یا غیر مسقیم بر نوسانات اقلیمی شمال شرق کشور تأثیر می‌گذارند عبارت بودند از: دما (کمینه، بیشینه و متوسط)، رطوبت نسبی (کمینه، بیشینه و متوسط)، بارش، سرعت باد، وقایع حدی (تعداد روزهای همراه با بارش، تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی‌متر و بیشتر، تعداد روزهای با دمای بیشینه بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد، تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی‌گراد و کمتر، تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر، تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق، برف و گرد و خاک، دامنه دما) و پوشش ابری آسمان (تعداد روزهای دارای آسمان صاف، نیمه ابری و ابری) و تبخیر- تعرق مرجع (محاسبه شده با روش فائو – پنمن - مانتیث). نتایج این مطالعه نشان داد که به عنوان مثال در ایستگاه مشهد به رغم وجود روند افزایشی در دما و روند کاهشی در رطوبت، هیچ‌گونه روندی در مجموع بارش سالانه مشاهده نمی‌گردد. همچنین روند افزایشی تعداد روزهای دارای آسمان صاف و روند کاهشی تعداد روزهای ابری در کلیه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه مشهد مشاهده می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: روند، دما، رطوبت، بارش، سرعت باد، وقایع حدی اقلیمی، پوشش ابری آسمان، تبخیر-تعرق مرجع

مقدمه

امروزه پذیرفته شده که بروز هرگونه تغییر در سیستم اقلیمی در مدیریت منابع آب و خاک مهم است. چرخه هیدرولوژیکی در اثر تغییر اقلیم تغییر می نماید که نتیجه آن افزایش شدت بارندگی و رواناب حاصل از آن و افزایش نیاز رطوبتی خاک می باشد. همچنین تغییراتی که توسط انسان در محیط و در سطح جهانی انجام می شود، بر روی چرخه جهانی هیدرولوژیکی تأثیر متقابل خواهد داشت. همچنین نوسانات اقلیمی اثرات جبران ناپذیری بر منابع آب و خاک منطقه شمال شرق کشور داشته و ممکن است در نتیجه افزایش گازهای گلخانه‌ای، تغییراتی در روند پارامترهای اقلیمی منطقه به وجود آورد. مشاهدات نشان می‌دهد که خشکسالی‌های متناوب، شمال شرق کشور را تحت تإثیر قرار داده و باعث آسیب رسانی به ساکنین این مناطق شده است. بدین منظور در این مقاله سعی بر آن است که طی یک بررسی جامع، نوسانات کلیه پارامترهایی که می‌توانند نمایه‌ای از تغییر اقلیم باشند، توسط یک آزمون پارامتری و یک آزمون ناپارامتری در تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک (همدیدی) موجود در منطقه که دارای طول دوره آماری مناسب می‌باشند، نشان داده شود. در این زمینه پژوهش‌های پراکنده‌ای در ایران و جهان انجام شده است که در ذیل به آنها اشاره می‌گردد.

جهادی طرقی (۲) به منظور تعیین روند تغییرات دما و بارش شهر مشهد از داده‌های میانگین دما و بارش ایستگاه سینوپتیک (همدیدی) مشهد طی دوره آماری ۱۹۹۴-۱۹۵۱ استفاده نمود و نشان داد عناصر اقلیمی دما و بارش شهر مشهد از روندی افزایشی برخوردار بوده است. میر موسوی (۱۵) از داده‌های مربوط به دما و بارش سالانه در یک دوره آماری ۴۴ ساله برای ۸ ایستگاه واقع در شمال غرب ایران به منظور مطالعه نوسانات این پارامترها استفاده نمود. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که تنها در سه ایستگاه از هشت ایستگاه‌بارش روند نزولی معنی‌داری را نشان می‌دهد.

مسعودیان (۱۴) به منظور بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته از داده‌های دمای کمینه، بیشینه و متوسط ایستگاه‌های

۱- دانشیار، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- کارشناس ارشد مهندسی آبیاری، عضو گروه پژوهشی اقلیم شناسی بلایای جوی، پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: amohamadian2001@yahoo.com)
۳- استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

سینوپتیک (همدیدی) و اقلیم شناسی طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۵۱ استفاده نمود. تحلیل روند دما نشان داد که در نیم سده گذشته دمای کمینه، بیشینه و متوسط ایران به ترتیب با نرخ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش دارد. شیرغلامی و قهرمان (۸) برای بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران از داده‌های ۳۴ ایستگاه استفاده نمودند. به عنوان مثال روند دمای متوسط سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، سبزوار و بیرجند مثبت بوده و در ایستگاه سینوپتیک تربت حیدریه هیچ گونه روند معنی داری مشاهده نگردید. ابراهیمی و همکاران (۱) به منظور بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد از داده‌های ایستگاه سینوپتیک مشهد برای دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۱ استفاده نمودند. نگارندگان این مقاله اظهار داشتند که تغییرات دمای میانگین در ۲۵ سال اخیر به طور معنی داری در دشت مشهد روند افزایشی نشان می‌دهد. زاهدی و همکاران (۷) برای تحلیل تغییرات زمانی – مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران از داده‌های ۱۹ ایستگاه سینوپتیک استفاده و مشخص نمودند که اکثر مناطق شمال غرب کشور با روند افزایشی دما مواجه است.

رحیم زاده و همکاران (۳) برای بررسی تغییرات سری‌های رطوبت از داده‌های رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم سالانه ۱۱ ایستگاه سینوپتیک کشور طی دوره آماری ۹۷-۱۹۵۱ استفاده نمودند. به عنوان مثال نتایج در ایستگاه سینوپتیک مشهد نشان داد رطوبت نسبی کمینه، بیشینه و متوسط روندی کاهشی دارد.

رضیئی و همکاران (۶) در بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرقی ایران از داده‌های ۷۹ ایستگاه طی دوره آماری ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۰ میلادی استفاده نمودند. نتیجه این بررسی نشان داد که نشانه‌ای از بروز تغییرات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. عسگری و رحیم زاده (۱۱) به منظور مطالعه تغییرپذیری بارش دهه‌های اخیر ایران از داده‌های ۳۴ ایستگاه سینوپتیک کشور در دوره آماری ۹۷-۱۹۵۱ استفاده نمودند. نتایج، هر دو روند کاهشی و افزایشی در جمع بارش سالیانه را نشان می‌دهد. قهرمان و تقوائیان (۱۷) به منظور بررسی روند بارندگی سالانه در ایران از آمار سالانه ۳۰ ایستگاه سینوپتیک منتهی به سال ۲۰۰۰ استفاده نمودند. نتایج این بررسی نشان داد هفت ایستگاه روند منفی و شش ایستگاه روند مثبت داشته و در سایر ایستگاه ها روندی مشاهده نمی‌گردد.

رحیم زاده و همکاران (۵) به منظور بررسی تغییرات سرعت باد از داده‌های ۸ ایستگاه سینوپتیک در سطح کشور طی دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۱ استفاده نمودند. نتایج آزمون‌های تعیین روند از جمله در ایستگاه سینوپتیک مشهد نشان داد که روند کاهشی سرعت باد در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشد.

محمدی و تقوی (۱۳) به منظور بررسی روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران از سری‌های زمانی روزانه دمای بیشینه، کمینه و بارش ایستگاه سینوپتیک مهرآباد-تهران در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ استفاده نمودند. عسگری و همکاران (۱۲) به منظور تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران از داده‌های روزانه بارش ۲۷ ایستگاه منتخب سینوپتیک کشور از بدو تأسیس ایستگاه تا سال ۲۰۰۳ استفاده نمودند. به عنوان مثال در این مقاله روند افزایشی نمایه تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی متر و بیشتر در ایستگاه سبزوار و ایستایی این نمایه در ایستگاه مشهد و بیرجند به دست آمده است. رحیم زاده و عسگری (۴) به منظور بررسی تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور از داده‌های دمای ۳۳ ایستگاه سینوپتیک کشور در دوره ۹۷-۱۹۵۱ استفاده نمودند. در این مقاله نتایج بررسی دامنه تغییرات شبانه روزی دما در ایستگاه مشهد و بیرجند روند کاهشی را نشان می‌دهد.

ژانگ و همکاران (۲۴) به منظور بررسی روند شاخص‌های حدی دما و بارش در خاورمیانه در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۰ از داده‌های ۵۲ ایستگاه متعلق به ۱۵ کشور شامل ارمنستان، آذربایجان، بحرین، قبرس، گرجستان، ایران، عراق، اسرائیل، اردن، کویت، عمان، قطر، عربستان سعودی، سوریه و ترکیه استفاده نمودند. نتایج نشان داد به لحاظ آماری به طور معنی داری روند مکانی همسانی در شاخص‌های دما وجود دارد که این روند به افزایش دما در این منطقه مربوط می‌شود. افزایش معنی داری در روند حداکثر سالانه دمای حداقل و حداکثر روزانه و حداقل سالانه دمای حداقل و حداکثر روزانه، تعداد شب‌های تابستان و تعداد روزهایی که دمای روزانه از ۹۰ درصد میانگین بیشتر باشد، مشاهده می‌شود. همچنین روند کاهشی معنی داری در تعداد روزهای که دمای روزانه آنها از ۱۰ درصد میانگین کمتر باشد، دیده می‌شود. در شاخص‌های بارش شامل تعداد روزهای دارای بارش، متوسط شدت بارش، حداکثر بارش روزانه روند خاصی مشاهده نمی‌گردد.

صحرائیان و همکاران (۱۰) به منظور بررسی روند پوشش ابری آسمان در ۷ ایستگاه سینوپتیک کشور طی دوره ۹۷-۱۹۵۱ از روش حداقل مربعات خطا استفاده نمودند. میانگین سالانه ایستگاه سینوپتیک مشهد نشان داد که در این ایستگاه پوشش آسمان به طور متوسط ۶۲ روز کاملاً ابری، ۱۰۳ روز نیمه ابری و ۲۰۰ روز صاف تا کمی ابری می‌باشد. شیر غلامی و همکاران (۹) به منظور تعیین روند تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایران، تبخیر- تعرق گیاه مرجع را به روش فائو- پنمن - مانتیث در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک از بدو تاسیس ایستگاه تا ۱۹۹۸ محاسبه و روند تغییرات طولانی مدت آن را به روش کمترین مربعات خطا مورد بررسی قرار دادند. به عنوان مثال در ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، سبزوار، تربت حیدریه و بیرجند هیچ گونه روند معنی داری مشاهده نگردید.

مجموعه تحقیقات بررسی شده در بالا نشان می‌دهد که نتایج تغییرات روند متغیرهای مختلف اقلیمی به نوعی وابستگی زمانی و

مکانی نشان می‌دهند. از طرفی در تحقیقات محدودی از متغییرهای ثانوی (به غیر از دما و بارش) در ارزیابی تغییرات روند استفاده شده است. بر این اساس هدف از انجام این تحقیق بررسی تغییر روند ۲۱ پارامتر اقلیمی در مقیاس جغرافیایی شمال شرق کشور ایران با استفاده از آزمون‌های من–کندال و حداقل مربعات خطا می‌باشد.

مواد و روش ها

برای بررسی جامع نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، سبزوار، تربت حیدریه و بیرجند که از داده هایی با دوره آماری بیش از ۳۰ سال دارا بودند، استفاده گردید (جدول ۱). همان‌گونه که توسط رحیم زاده و عسگری (۴) اشاره شده است، تغییرات مکانی یک ایستگاه یکی از مهم ترین عواملی است که می‌تواند در بررسی روند پارامترهای اندازه گیری شده ما را دچار گمراهی کند. از بین ۴ ایستگاه مورد مطالعه ایستگاه تربت حیدریه و بیرجند هیچ جابه جایی نداشتند و به رغم تغییرات مکانی در ایستگاه مشهد و سبزوار طی دوره آماری مورد بررسی اثرات این تغییرات در تحلیل نهایی قابل چشم پوشی می‌باشد (۴).

در این مطالعه از پارامترهای هواشناسی همچون دما (دمای کمینه، بیشینه و متوسط)، رطوبت نسبی (رطوبت نسبی کمینه، بیشینه و متوسط)، بارش و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری، وقایع حدی شامل تعداد روزهای همراه با بارش، تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی متر و بیشتر، تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر و تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر، تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر، تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق، برف و گرد و خاک و همچنین تفاضل دمای بیشینه و کمینه (دامنه دما)، پوشش ابری آسمان (تعداد روزهای صاف (۸/۲-۰))، نیمه ابری (۸/۶-۳)) و تمام ابری (۸/۸-۷)) و یک پارامتر ترکیبی به نام تبخیر– تعرق مرجع (ET_O) محاسبه شده به روش فائو- پنمن– مانتیث که اثرات پارامترهای دما، رطوبت، سرعت باد و ساعت آفتابی را به صورت توأم نشان می‌دهد، در مقیاس زمانی سالانه و فصلی (فصل خشک و تر) و در دوره آماری از بدو تأسیس ایستگاه تا سال ۲۰۰۵ استفاده گردید. در این مطالعه با توجه به زمان وقوع بارش ها، فصل تر از دسامبر تا می‌و فصل خشک از ژوئن تا نوامبر در نظر گرفته شد. محدوده مطالعاتی بین طول جغرافیایی ´۴۳ °۵۷ و ´۳۸ °۵۹ شرقی از سبزوار تا مشهد و عرض جغرافیایی ´۵۲ °۳۲ و ´۱۶ °۳۶ شمالی از بیرجند تا مشهد واقع شده است (شکل ۱). وضعیت متوسط برخی پارامترهای هواشناسی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.

برای آشکارسازی نوسان اقلیمی از دیدگاه آماری از آزمون‌های روند بر روی سری‌های طولانی مدت پارامترهای مختلف اقلیمی استفاده می‌شود (۱۸ و ۲۲). آزمون‌های روند با هر دو دسته آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری امکان پذیر است. پیش فرض آزمون‌های پارامتری آن است که داده ها تصادفی واز یک توزیع آماری معین پیروی می‌کنند. از طرفی بر خلاف آزمون‌های پارامتری، شرط نرمال بودن داده ها در آزمون‌های ناپارامتری وجود ندارد. بنابراین در صورتی که نرمال بودن داده ها کنترل نشده باشد، به کارگیری آزمون‌های ناپارامتری توصیه می‌شود. در این مطالعه از روش من–کندال به عنوان یکی از آزمون‌های ناپارامتری و از روش حداقل مربعات خطا به عنوان یکی از آزمون‌های پارامتری به منظور بررسی روند در سری داده ها استفاده شده است. همچنین در این مطالعه به منظور برآورد تبخیر– تعرق مرجع از روش فائو- پنمن – مانتیث که شرح آن در نشریه شماره ۵۶ آبیاری و زهکشی سازمان خواربار جهانی[1] (۱۶) آمده، استفاده گردید.

نتایج و بحث

در بررسی مقیاس زمانی سالانه، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که نرخ افزایشی دمای کمینه در ایستگاه‌های مشهد و سبزوار نسبت به دمای بیشینه بیشتر می‌باشد. این حالت در ایستگاه تربت حیدریه به روندی معکوس تبدیل شده است به طوری که دمای کمینه روند افزایشی سریع و دمای بیشینه روند کاهشی سریع را نشان می‌دهد. بنابراین در این ایستگاه می‌توان روندی کاهشی در پارامتر حدی تفاضل دمای کمینه و بیشینه (دامنه دما) را انتظار داشت. نتایج به دست آمده از دو آزمون آماری نیز این روند را تأیید می‌کند به طوری که بیشترین روند کاهشی معنی دار در پارامتر حدی دامنه دما در ایستگاه‌های سبزوار و تربت حیدریه به میزان ۰/۰۶ درجه سانتی گراد در سال به چشم می‌خورد (جداول ۶). کاهش دمای بیشینه همراه با افزایش دمای کمینه در نقاط دیگر دنیا نیز مشاهده شده است که رابطه بین ابرناکی و دمای بیشینه می‌تواند علل این نوع رفتار را تعبیر نماید (۲۳) . نتایج بررسی روند در پوشش ابری آسمان در ایستگاه تربت حیدریه روند افزایشی در روزهای صاف و روند کاهشی در روزهای کاملاً ابری را نشان می‌دهد. (جدول ۷ و ۸) این نتیجه درست بر خلاف انتظار می‌باشد بنابراین در این ایستگاه نمی‌توان روند کاهش دمای بیشینه را با افزایش پوشش ابری آسمان توجیه نمود و مسلماً تغییرات سایر پارامترهای اقلیمی سهم بیشتری نسبت به پوشش ابر آسمان دارند. شایان ذکر است که نتایج بررسی‌های صحرائیان و همکاران (۱۰) در تعدادی از ایستگاه‌های کشور نیز نشان داد که رابطه خاصی بین روند پوشش ابری آسمان و دمای بیشینه وجود ندارد.

1- Food and Agricultural Organization

(جدول ۱)- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سال شروع دوره آماری
سینوپتیک مشهد	۵۹° ۳۸´	۳۶° ۱۶´	۹۹۹	۱۹۵۱
سینوپتیک سبزوار	۵۷° ۴۳´	۳۶° ۱۲´	۹۷۸	۱۹۵۴
سینوپتیک تربت حیدریه	۵۹° ۱۳´	۳۵° ۱۶´	۱۴۵۰	۱۹۵۹
سینوپتیک بیرجند	۵۹° ۱۲´	۳۲° ۵۲´	۱۴۹۱	۱۹۵۵

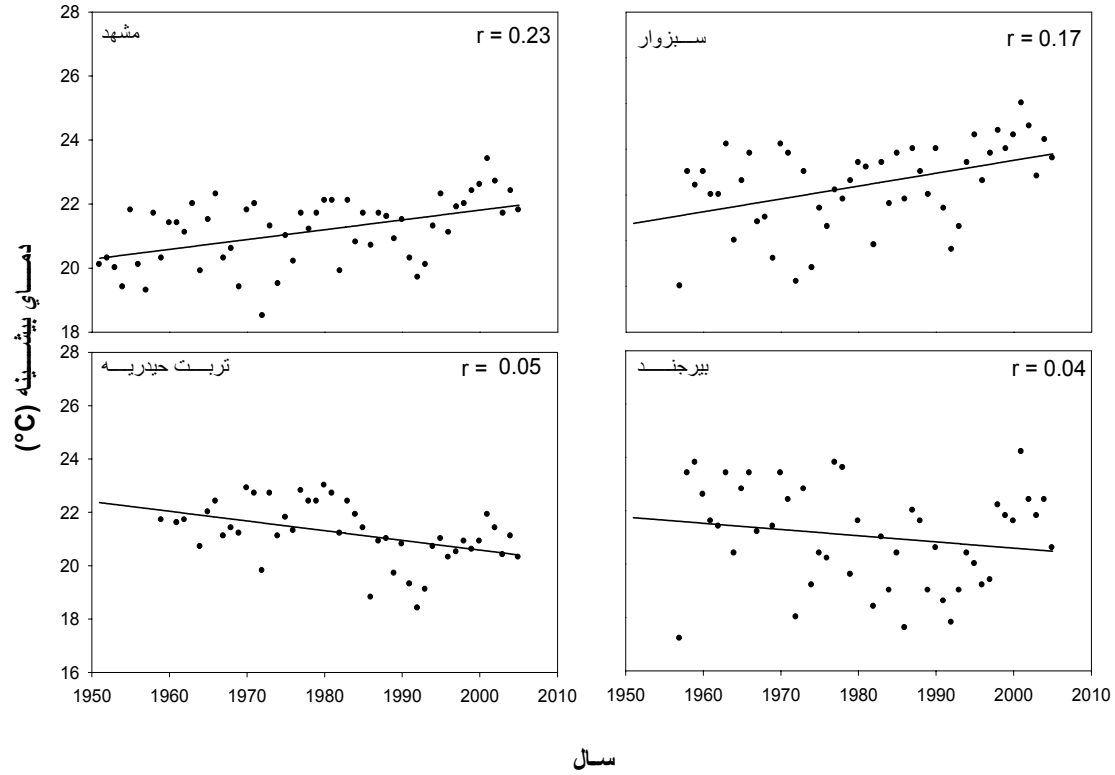
(جدول ۲)- میانگین بلند مدت دمای کمینه، بیشینه و متوسط، بارش و مجموع ساعات آفتابی

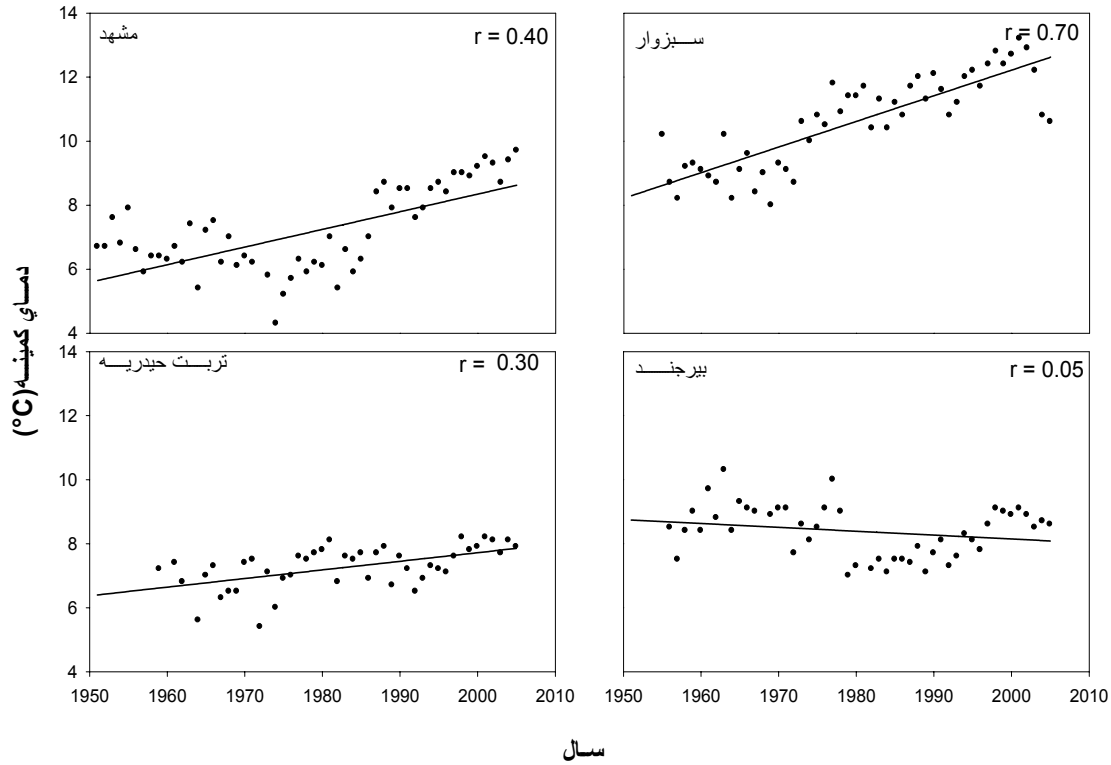
نام ایستگاه	دمای کمینه (°C)	دمای بیشینه (°C)	دمای متوسط(°C)	بارش (میلی متر)	مجموع ساعات آفتابی (ساعت)
مشهد	۷/۱	۲۱/۱	۱۴/۱	۲۵۵/۲	۲۸۹۲
سبزوار	۱۰/۶	۲۴/۲	۱۷/۴	۱۸۸/۶	۳۰۲۴
تربت حیدریه	۷/۳	۲۱/۳	۱۴/۳	۲۷۴/۸	۳۱۵۶
بیرجند	۸/۴	۲۴/۵	۱۶/۵	۱۷۰/۸	۳۲۲۵

(شکل ۱)- موقعیت منطقه مورد مطالعه

اما در ایستگاه بیرجند به رغم وجود روند کاهشی هم در دمای کمینه و هم در دمای بیشینه، طبق نتایج به دست آمده از دو آزمون، این روند معنی دار نمی‌باشد. همچنین در بررسی سالانه هیچ گونه روندی در پارامتر حدی دامنه دما در ایستگاه بیرجند نیز دیده نشد. الگوی روند در بررسی‌های فصلی کاملاً شبیه به بررسی سالانه می‌باشد ولی از لحاظ معنی داری روندها با بررسی سالانه در برخی موارد متفاوت می‌باشد (جداول ۳ و ۴). بر اساس گزارش پایه علمی هیأت بین الدول تغییر اقلیم (۱۹) دمای کره زمین در فاصله ۲۰۰۰- ۱۸۶۱ میلادی حدود ۰/۶ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. این در حالی است که رفتار پارامتر دمای کمینه و بیشینه با یکدیگر متفاوت بوده و دمای کمینه به طور آشکار نرخ افزایشی داشته است. علی رغم افزایش دمای بیشینه، نرخ آن از نرخ دمای کمینه کمتر بوده است (۲۱). همین امر سبب شده است که دامنه تغییرات شبانه روزی دما در دنیا کاهش یابد. البته در مقیاس محلی نشان داده شده است که عواملی چون توسعه شهری، آبیاری و بیابان زایی مستقیماً در کاهش دامنه دما موثر بوده اند (۳).

رفتار سری دمای متوسط متأثر از رفتار دو سری دمای بیشینه و دمای کمینه می‌باشد. در بررسی سالانه و فصلی (فصل تر و خشک) دمای متوسط در ایستگاه‌های مشهد و سبزوار طبق نتایج به دست آمده از هر دو آزمون، روند افزایشی معنی دار مشاهده می‌گردد که میزان این افزایش مطابق روش حداقل مربعات برای بررسی سالانه به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۰۶ ، برای بررسی فصل تر ۰/۰۳ و ۰/۰۵ و برای بررسی فصل خشک ۰/۰۵ و ۰/۰۶ درجه سانتی گراد در سال می‌باشد.





(شکل ۲)- نمودارهای دمای کمینه و بیشینه در ٤ ایستگاه مورد مطالعه

در دو ایستگاه تربت حیدریه و بیرجند در بررسی‌های سالانه و فصلی (فصل تر و خشک) طبق نتایج به دست آمده از هر دو آزمون روند کاهشی بوده ولی در سطح اعتماد ۰/۰۵ معنی دار نمی‌باشد (جداول ۳ و ۴). روند افزایشی سری‌های زمانی دما می‌تواند ناشی از توسعه شهری و نقش آن در افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی باشد. همچنین در گزارش IPCC سال ۲۰۰۱ آمده است که افزایش دمای جهانی در ۲۰ سال گذشته نسبت به آن در نیمه اول قرن بیستم و جهش دمایی در اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی عمدتاً در انطباق با تغییر در ویژگی‌های پدیده النینو–نوسان جنوبی (انسو) که باعث تداوم بالای دمای آب دریا در بخش‌های مرکزی و شرقی اقیانوس آرام حاره‌ای گردیده، می‌باشد. در این مطالعه نیز در دهه ۱۹۷۰ جهش دما در ایستگاه‌های مورد بررسی رخ داده است که در انطباق با جهش دما در دیگر نقاط دنیا می‌باشد (شکل ۲).

افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو نه تنها باعث گرمایش جهانی می‌شود، بلکه با تغییر در دیگر پارامترهای اقلیمی همچون دما و تبخیر و تعرق باعث تغییر در رطوبت موجود در هوا نیز می‌گردند. در کشور ما با توجه به آن که در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد، رطوبت نسبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعات انجام شده در زمینه تغییر اقلیم در دنیا عمدتاً حاکی از آن است که در بسیاری از نقاط واقع در نیمکره شمالی تغییر اقلیم با افزایش رطوبت نسبی جو همراه بوده است (۱۹). در عین حال، نتایج این مطالعه در مقیاس سالانه و فصلی در اغلب موارد خلاف این موضوع را نشان می‌دهد به طوری که روند رطوبت نسبی (کمینه، بیشینه و متوسط) سالانه در هر ۴ ایستگاه و طبق نتایج به دست آمده از هر دو آزمون کاهشی است (به جز روند رطوبت نسبی متوسط در ایستگاه سبزوار که با استفاده از آزمون من– کندال افزایشی است) که البته در برخی موارد این روند کاهشی از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد. روند رطوبت نسبی فصلی (فصل تر و خشک) در ایستگاه مشهد با استفاده از دو آزمون کاهشی که البته در اغلب موارد این روند کاهشی از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد (جداول ۳ و ۴).

بارش یکی ازپارامترهای مهم و پیچیده اقلیم است و معمولاً جمع بارش‌های یک نقطه در مقیاس‌های زمانی مختلف از توزیع‌های آماری مشخصی پیروی نمی‌کنند. اهمیت بارش و تغییرات آن در کشورهای خشک و نیمه خشک جهان بیشتر است. بنابراین مواردی از قبیل افزایش و کاهش بارش یا رخداد وقایع حدی از قبیل سیل و خشکسالی باید در مدیریت منابع آب و طرح‌های کشاورزی مورد توجه قرار گیرد. در بررسی سالانه و فصلی بارش در ایستگاه‌های مشهد، سبزوار و تربت حیدریه گرچه مطابق نتایج به دست آمده از هر دو آزمون روند افزایشی، اما از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد و تنها در بررسی سالانه ایستگاه سبزوار و بررسی فصلی (فصل خشک) ایستگاه تربت حیدریه مطابق نتایج به دست آمده از آزمون من– کندال این روند افزایشی معنی دار می‌باشد. شاید روند افزایش بارش در این ایستگاه ها با توجه به کمبود آب و ذهنیت مردم کمی گمراه کننده به نظر برسد ولی باید توجه داشت که به غیر از روند در میزان بارش، تغییر الگوهای بارش هم مانند نوع بارش، تاریخ وقوع، مقادیر فصلی، شدت و مدت بارندگی و نیز رابطه بین بارش و سایر عناصر به ویژه دما که تأثیرگذار بر تبخیر– تعرق پتانسیل و مصرف آب است، مهم می‌باشد. در بررسی سالانه و فصلی (فصل تر و خشک) روند کاهشی بارندگی تنها در ایستگاه بیرجند دیده می‌شود (به جز بررسی فصل خشک با استفاده از آزمون من – کندال) که البته این روند کاهشی از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد (جداول ۳ و ۴).

عنصر باد از جمله متغیرهای پیچیده اقلیمی است و تغییرات آن در مقیاس‌های کوتاه و بلندمدت بر خصوصیات اقلیمی جهانی، ملی، منطقه‌ای و محلی اثر می‌گذارد و از جمله عوامل موثر بر نوسانات اقلیم محسوب می‌شود (۹). افزایش ناگهانی سرعت باد سبب وقوع تندبادها و گردبادها و وقوع خسارت در منطقه مربوطه خواهد شد. در طول سال سرعت باد از الگوهای اتمسفری بزرگ مقیاس متأثر شده و غالباً ناپایداری فصلی باعث وزش بادهای قوی‌تر در زمستان و بهار و بادهای ضعیف تر در تابستان و پاییز می‌شود. در بررسی سالانه و فصلی (فصل تر و خشک) باد در ۴ ایستگاه مورد مطالعه، روند کاهشی سرعت باد در اکثر موارد مشاهده می‌شود. در مقیاس سالانه کلیه ایستگاه‌ها روند معنی داری به هنگام استفاده از آزمون من–کندال نشان ندادند و اما روند تنها برای منطقه سبزوار با استفاده از آزمون مربعات خطا معنی دار شد. در مقیاس فصلی برای هر دو فصل تر و خشک مجدداً روند تغییرات با استفاده از آزمون مربعات خطا تنها برای ایستگاه سبزوار معنی دار به‌دست آمد. نتایج آزمون من – کندال برای ایستگاه‌های سبزوار، مشهد، و بیرجند در هر دو مقیاس سالانه و فصلی مشابه نتایج آزمون مربعات خطا بود اما در مقیاس فصلی (فصل خشک) تغییرات سرعت باد برای ایستگاه تربت حیدریه نیز با استفاده از آزمون من – کندال معنی دار شد (جداول ۳ و ۴).

وقایع حدی پارامترهای اقلیمی در مقایسه با مقادیر میانگین اثرات بارزتر و اهمیت بیشتری در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، دارند. مقادیر بالاتر از یک آستانه یا تداوم یک شرایط ویژه را می‌توان عنوان یک واقعه حدی تعریف نمود. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای با تسریع چرخه آب آشفتگی‌های اقلیمی همچون افزایش تعداد روزهای با بارش سنگین را که در بسیاری از مناطق خشک جهان یک واقعه حدی انگاشته می‌شود. به همراه خواهد داشت (۱۹). بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که علاوه بر مقادیر میانگین، تغییرات مقادیر حدی و تغییرپذیری عناصر مهم مثل بارش نیز مورد توجه قرار گیرد.

از بررسی روند تعداد روزهای همراه با بارش در مقیاس سالانه و

فصلی (فصل تر و خشک) در ۴ ایستگاه و با استفاده از هر دو آزمون، نتایج کاملاً مشابهی با سرعت باد بدست آمد. در مورد بررسی سالانه در روند تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی متر و بیشتر نیز حالت مشابهی مشاهده می‌شود (به جز ایستگاه بیرجند که در تمامی مقیاس‌های زمانی و توسط نتایج به دست آمده از هر دو آزمون، روند کاهشی مشاهده شد) (جداول ۵ و ۶).

(جدول ۳)- بررسی روند پارامترهای هواشناسی با استفاده از آزمون من – کندال

پارامترهای هواشناسی (واحد)	مشهد		سبزوار		تربت حیدریه		بیرجند	
	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value
بررسی سالانه								
دمای کمینه (°C)	0	0*	2	0*	0	0*	1	0
دمای بیشینه (°C)	0	2*	1	0*	11	0*	1	0
دمای متوسط (°C)	1	0*	0	0*	2	0*	0	0
رطوبت نسبی کمینه (%)	2	0*	0	0*	2	121*	12	0*
رطوبت نسبی بیشینه (%)	1	11	0	2	1	0	0	0
رطوبت نسبی متوسط(%)	2	1*	1	2	0	2	1	0*
بارش (mm)	0	211	1	0*	0	0	0	1
سرعت باد (knot)	0	2	2	1*	11	1	1	0
بررسی فصلی (فصل تر)								
دمای کمینه (°C)	0	1*	0	0*	22	0	1	0*
دمای بیشینه (°C)	2	1*	2	1*	1	0*	0	0
دمای متوسط (°C)	0	0*	0	0*	1	21	22	1
رطوبت نسبی کمینه (%)	1	0*	0	21	1	0*	1	0*
رطوبت نسبی بیشینه (%)	0	2	1	0	22	0	0	1
رطوبت نسبی متوسط(%)	2	0*	0	2	2	0	1	0
بارش (mm)	1	0	1	0*	2	0	1	0
سرعت باد (knot)	0	0	0	1*	1	0*	1	1
بررسی فصلی (فصل خشک)								
دمای کمینه (°C)	0	0*	2	0*	1	0*	1	0
دمای بیشینه (°C)	2	0*	2	1*	0	0*	1	2*
دمای متوسط (°C)	0	0*	0	0*	1	0*	0	1
رطوبت نسبی کمینه (%)	2	0	2	2	1	0	2	0*
رطوبت نسبی بیشینه (%)	0	1	0	1	1	0*	1	0
رطوبت نسبی متوسط(%)	1	0	0	0	2	1	2	1*
بارش (mm)	1	11	2	2	1	0*	1	0
سرعت باد (knot)	2	0	0	12*	1	0*	0	21

* در سطح معنی داری $\alpha = 0.05$ یا با احتمال ۹۵ درصد روند (افزایشی یا کاهشی) وجود دارد.

نوع روند (افزایشی یا کاهشی بودن روند) در دو آزمون آماری متفاوت است.

معنی دار بودن روند در دو آزمون آماری متفاوت است.

(جدول ٤)- بررسی روند پارامترهای هواشناسی با استفاده از آزمون حداقل مربعات خطا

پارامترهای هواشناسی (واحد)	مشهد		سبزوار		تربت حیدریه		بیرجند	
	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value
بررسی سالانه								
دمای کمینه (°C)	0.00	0.001*	0.00	0.001*	0.00	0.001*	0.01	0.12
دمای بیشینه (°C)	0.00	0.000*	0.00	0.001*	0.02	0.002*	0.01	0.22
دمای متوسط (°C)	0.00	0.001*	0.00	0.001*	0.01	0.00	0.01	0.11
رطوبت نسبی کمینه (%)	0.22	0.002*	0.01	0.101	0.00	0.000*	0.00	0.001*
رطوبت نسبی بیشینه (%)	0.22	0.00	0.00	0.002	0.02	0.01	0.00	0.00
رطوبت نسبی متوسط(%)	0.00	0.000*	0.00	0.001	0.02	0.00	0.00	0.002*
بارش (mm)	0.01	0.001	0.00	0.011	0.01	0.00	0.00	0.00
سرعت باد (knot)	0.00	0.00	0.00	0.001*	0.00	0.00	0.00	0.002
بررسی فصلی (فصل تر)								
دمای کمینه (°C)	0.00	0.000*	0.00	0.001*	0.01	0.00	0.00	0.000*
دمای بیشینه (°C)	0.02	0.002*	0.00	0.000*	0.00	0.000*	0.00	0.00
دمای متوسط (°C)	0.22	0.00	0.00	0.001*	0.00	0.00	0.00	0.002
رطوبت نسبی کمینه (%)	0.00	0.000*	0.02	0.101	0.01*	0.01	0.01	0.000*
رطوبت نسبی بیشینه (%)	0.02	0.00	0.00	0.000*	0.21	0.01	0.01	0.001
رطوبت نسبی متوسط(%)	0.01*	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.111
بارش (mm)	0.121	0.22	0.11	0.001	0.02	0.00	0.00	0.011
سرعت باد (knot)	0.22	0.001	0.001*	0.00	0.00	0.001	0.00	0.000
بررسی فصلی (فصل خشک)								
دمای کمینه (°C)	0.01*	0.00	0.001*	0.00	0.01*	0.00	0.00	0.001
دمای بیشینه (°C)	0.01*	0.00	0.001*	0.00	0.02*	0.00	0.00	0.002
دمای متوسط (°C)	0.01*	0.00	0.001*	0.00	0.01	0.00	0.00	0.001
رطوبت نسبی کمینه (%)	0.01	0.001	0.02	0.001	0.00	0.00	0.01	0.002*
رطوبت نسبی بیشینه (%)	0.02	0.00	0.00	0.000	0.02*	0.00	0.00	0.000*
رطوبت نسبی متوسط(%)	0.01	0.001*	0.00	0.001	0.00	0.00	0.00	0.001*
بارش (mm)	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.02	0.00
سرعت باد (knot)	0.00	0.00	0.11	0.001*	0.00	0.00	0.00	0.000

در این مطالعه از بین وقایع حدی دما، دو مقدار حدی یعنی تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر و تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر انتخاب شده است. در ایستگاه‌های مشهد و سبزوار روند تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر، در تمامی مقیاس‌های زمانی و با استفاده از نتایج هر دو آزمون، افزایشی می‌باشد که بعضاً این روند افزایشی معنی دار نیز می‌باشد. حال آنکه در ایستگاه‌های تربت حیدریه و بیرجند روندی معکوس مشاهده می‌گردد (جداول ۵ و ۶).

دید افقی یکی از پارامترهای مهم در حمل و نقل هوایی و زمینی محسوب می‌شود. یکی از مهمترین عوامل تصادفات در جاده ها و همچنینی کنسلی هواپیماها کم شدن دید افقی می‌باشد. کم شدن دید افقی می‌تواند علل مختلفی از جمله به وجود آمدن مه یا افزایش ذرات معلق گرد و غبار در هوا داشته باشد. بنابراین بررسی روند تعداد روزهایی که میزان دید در آنها ۲ کیلومتر و کمتر می‌باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی‌های انجام شده در این مطالعه نشان می‌دهد تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر در ایستگاه مشهد در مقیاس‌های سالانه و فصلی (فصل تر و خشک) و با توجه به نتایج به دست آمده از هر دو آزمون روند افزایشی معنی دار درسطح ۰/۰۵

دارند. این روند در مورد سه ایستگاه دیگر کاملاً معکوس می‌باشد (به جز در مقیاس فصلی (فصل تر) ایستگاه تربت حیدریه) (جداول ۵ و ۶).

یکی دیگر از پدیده‌های مهم هواشناسی طوفان رعد و برق می‌باشد که می‌توان از این پارامتر نیز به عنوان یکی از وقایع حدی آب و هوایی نام برد. روند افزایشی در تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق در هر ۴ ایستگاه در تمامی مقیاس‌های زمانی و بر اساس نتایج به دست آمده از هر دو آزمون دیده می‌شود که بعضاً این روند افزایشی معنی دار می‌باشد (جداول ۵ و ۶).

تعداد روزهای برفی نیز در هر ۴ ایستگاه و در مقیاس زمانی سالانه و فصل تر روندی افزایشی را نشان می‌دهند که در برخی از موارد بر اساس نتایج به دست آمده از هر یک از آزمون ها این روند افزایشی معنی دار می‌باشد (جدول ۵ و ۶).

کاهش معنی دار در روند تعداد روزهای همراه با گرد و خاک بر اساس نتایج به دست آمده از هر دو آزمون در ایستگاه‌های سبزوار، تربت حیدریه و بیرجند علاوه بر اینکه می‌تواند نتیجه کاهش سرعت باد در این مناطق باشد ولی تا حدود زیادی موید این مطلب است که عملیات بیابان زدایی و احیای مراتع که توسط اداره منابع طبیعی در این مناطق انجام شده، موفقیت آمیز بوده است (جداول ۵ و ۶).

(جدول ۵)- بررسی روندنمایه‌های حدی با استفاده از آزمون من - کندال

بررسی سالانه							
وقایع حدی (واحد)	**مشهد**		**سبزوار**		**تربت حیدریه**		**بیرجند**	
	Z	**p-value**	**Z**	**p-value**	**Z**	**p-value**	**Z**	**p-value**
تعداد روزهای همراه با بارش(روز)	2.0	0.02	2.22*	0.00	2.0	0.01	0.0	0.02
تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)	2.0	0.01	1.00	0.02*	2.0	0.01	0.0	0.01
تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)	2.00	0.02*	1.00	0.00*	2.0	0.00*	2.00	0.01*
تعداد روزهای با دمای کمینه ٤- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)	0.00	0.00*	0.00	0.00*	2.0	0.00*	0.0	0.01
تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)	0.00	0.00*	0.00	0.00*	2.0	0.00*	0.0	0.12*
تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)	2.0	0.02*	2.00	0.02*	2.0	0.11*	2.0	0.01
تعداد روزهای همراه با برف (روز)	1.00	0.00	1.00	0.01	1.0	0.00*	0.0	0.01
تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)	1.00	0.02	2.00	0.00*	1.0	0.00*	0.00	0.00*
تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)	12.02	0.00*	1.00	0.00*	22.00	0.00*	21.00	0.01
بررسی فصلی (فصل تر)								
تعداد روزهای همراه با بارش(روز)	0.00	0.00	2.00	0.02*	1.0	0.01	0.0	0.00
تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)	1.00	0.01	2.00	0.01*	1.0	0.00	0.0	0.02
تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)	1.00	0.01	1.22	0.11	1.0	0.00	2.00	0.01
تعداد روزهای با دمای کمینه ٤- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)	0.00	0.00*	0.00	0.00*	2.0	0.01	1.0	0.00
تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)	0.00	0.00*	0.00	0.00*	1.0	0.00	2.00	0.00*
تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)	1.00	0.01	1.00	0.00*	2.0	0.00	1.0	0.00
تعداد روزهای همراه با برف (روز)	1.00	0.00*	1.00	0.00	2.0	0.02*	1.0	0.12
تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)	1.00	0.00*	1.00	0.00*	2.0	0.00*	2.0	0.00*1
تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)	1.00	0.00	1.00	0.01*	2.0	0.00*	0.0	0.02
بررسی فصلی (فصل خشک)								
تعداد روزهای همراه با بارش(روز)	0.00	0.00	1.00	0.00	1.0	0.00*	2.0	0.00
تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)	0.00	0.00	22.00	0.01	2.11	0.00*	0.00	0.00

تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)	2	*	1			*	2
تعداد روزهای با دمای کمینه ٤- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)		*		1		*	1
تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)		*	2			*	
تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)	2	*		2		*	
تعداد روزهای همراه با برف (روز)		*	2	1		*	1
تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)	1		1			*	1
تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)	1	*		22		*	2

(جدول ٦)- بررسی روندنمایه‌های حدی با استفاده از آزمون حداقل مربعات خطا

بررسی سالانه							
وقایع حدی (واحد)	مشهد		سبزوار		تربت حیدریه		بیرجند	
	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value
تعداد روزهای همراه با بارش(روز)	2		2	*	1			2
تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)		1					2	
تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)	2	*	1		1	*		21	*
تعداد روزهای با دمای کمینه ٤- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)		*	1	*	11	*			
تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)		*	1	*			1		*
تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)			22	*	1			1	
تعداد روزهای همراه با برف (روز)	12				2	*			
تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)	1		1	*					*
تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)	2	*		*	1	*			
بررسی فصلی (فصل تر)									
تعداد روزهای همراه با بارش(روز)	1		21	*	1				
تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)		1		*			2		
تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)		1	1		2	*			1
تعداد روزهای با دمای کمینه ٤- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)	2	*	1	*	2			111	
تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)		*	1	*	22			2	
تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)			1	*				1	
تعداد روزهای همراه با برف (روز)	1	*	2		2			1	
تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)			2		2	*	2	1	*
تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)	1			*	1	*	1		
بررسی فصلی (فصل خشک)									
تعداد روزهای همراه با بارش(روز)			1					1	
تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)			121			*	2		
تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)	22	*	12		1	*	2		*

تعداد روزهای با دمای کمینه ٤- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)	1		2			1	
تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)	1		22		1	1	
تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)	2				2		
تعداد روزهای همراه با برف (روز)	1	1		1			
تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)			2	2	1		
تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)	2	1		1	1		

مطالعات تغییر اقلیم نبایستی تنها به بررسی تغییرات کمیت‌های اساسی مانند دما اکتفا کند بلکه باید به پارامترهای دیگر هواشناسی مانند پوشش ابری آسمان که از سازوکارهای پس خور در جو به شمار می‌رود، توجه نماید. درصد کوچکی تغییر در پوشش ابر می‌تواند اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی توازن انرژی گرمایی سطح زمین داشته باشد. بنابراین ابرها با تأثیرگذاری بر بودجه گرمایی سطح زمین عامل مهم و اساسی در تغییرات دیگر کمیت‌های هواشناسی نیز به شمار می‌روند. نتایج حاصل از بررسی روند میزان پوشش ابری آسمان در ایستگاه‌های سبزوار، تربت حیدریه و بیرجند در مقیاس سالانه و فصلی (فصل تر و خشک) روند افزایشی در تعداد روزهای صاف و روند کاهشی در تعداد روزهای ابری را نشان می‌دهد که بر اساس نتایج به دست آمده از هر یک از آزمون ها، بعضاً این روندها معنی دار نیز می‌باشند. این روندها در ایستگاه مشهد کاملاً عکس می‌باشد (جداول ۷ و ۸).

نیاز آبی گیاه معیاری فیزیکی- بیولوژیکی است که علاوه بر نوع گیاه و خصوصیات فیزیولوژیک و مراحل رشد گیاه به شرایط آب و هوایی نیز وابسته است. نتایج به دست آمده از بررسی روند در ایستگاه مشهد و تربت حیدریه در مقیاس سالانه و فصلی (فصل تر و خشک) با استفاده از نتایج به دست آمده از هر دو آزمون، روندی افزایشی (به جز در ایستگاه تربت حیدریه در فصل تر و بر اساس نتایج به دست آمده از آزمون من – کندال) و در ایستگاه‌های سبزوار و بیرجند روندی کاهشی می‌باشد که این روندها عمدتاً معنی دار نیز هستند (جداول ۹ و ۱۰).

نتایج حاصل شاهد دیگری بر این ادعاست که تحولات اقلیمی حاصل سلسله رویدادهای گسترده‌ای هستند که در سیستم اقلیم به وقوع می‌پیوندند و هیچ عامل منفردی قادر به توضیح و توجیه دقیق رویدادهای مزبور نیست. گرچه علل پدید آورنده دگرگونی ها، ماهیت جهانی دارند اما اثرات آنها همه جا به یک شکل ظاهر نمی‌شوند و عملکرد هر پارامتر در بازه زمانی و مکانی مختلف به گونه‌ای متفاوت می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از اداره کل هواشناسی رضوی که داده های هواشناسی مورد نیاز این مطالعه را در اختیار نگارندگان قرار دادند، سپاسگزاری می‌گردد.

(جدول ۷)- بررسی روند پوشش ابری آسمان با استفاده از آزمون من-کندال

بررسی سالانه							
ابرناکی	**مشهد**		**سبزوار**		**تربت حیدریه**		**بیرجند**	
	Z	**p-value**	**Z**	**p-value**	**Z**	**p-value**	**Z**	**p-value**
تعداد روزهای صاف	2	2*	2	1*	2		1	1
تعداد روزهای نیمه ابری	2	*	2	21	2	2		
تعداد روزهای تمام ابری		2	2	12*	1*	2	1	2*
بررسی فصلی (فصل تر)								
تعداد روزهای صاف	22	1*	2	1*	2	112*	1	1
تعداد روزهای نیمه ابری	1	22	2	2	1	1		2 2
تعداد روزهای تمام	2	1	2	1*	1*	2	1	2

ابری							
بررسی فصلی (فصل خشک)							
تعداد روزهای صاف	□2□□	*2□□□□□	1□2□	□□1□□□	□□□□	□□22□1	1□□□	□□1□□□
تعداد روزهای نیمه ابری	2□□□	*2□□□□□	□□□□1	□□□□□2	□□□□	□□2□□□	□□□□□	□□□2□□
تعداد روزهای تمام ابری	□□□□	□□2□□□	□1□□□	*□□□□□□	□1□□□	*2□□□□□	□1□□1	*□□□2□□

(جدول ۸)- بررسی روند پوشش ابری آسمان با استفاده از آزمون حداقل مربعات خطا

بررسی سالانه							
ابرناکی	**مشهد**		**سبزوار**		**تربت حیدریه**		**بیرجند**	
	Z	**p-value**	**Z**	**p-value**		**Z**	**p-value**
تعداد روزهای صاف	□□□□□	*□□□□21	□□□□	*□□□2□□	□□□2	*□□□1□2	□□2□	□□□□1□
تعداد روزهای نیمه ابری	□□2□	*□□□□2□	□□□□□	□□□□□□	□□□□2	□□□□□□	□□□□□	□□□□□□
تعداد روزهای تمام ابری	11□□	□□22□□	□□□□□	□□□□2□	□□□□□	*□□□□2□	□□□1□	*□□□□□□
بررسی فصلی (فصل تر)								
تعداد روزهای صاف	□□□1□	*□□□□□□	□□□□	*□□□1□□	□□□□	*□□□1□□	□□1□	□□□□□□1
تعداد روزهای نیمه ابری	□□□□	□□21□1	□□□□□	□□□□□□	□□□□□	□□□1□1	□□□□□	□□□□□□
تعداد روزهای تمام ابری	□□□□	□□2□22	□□□2□	*□□□□□□	□□□□□	*□□□□□□	□□□1□	□□11□□
بررسی فصلی (فصل خشک)								
تعداد روزهای صاف	□□□21	*□□□□□□	□□1□	□□2□1□	□□□□	□□□□□□	□□□□	□□2□1□
تعداد روزهای نیمه ابری	□□1□	*□□□□□□	□□□□□	□□□□□□	□□□□	□□□1□□	□□□□□	□□□□□□
تعداد روزهای تمام ابری	□□□□	□□□□□□	□□□□□	□□□□1□	□□□□□	□□□□□□	□□□□□	□□□2□2*

(جدول ۹)- بررسی روند تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال

بررسی سالانه							
	مشهد		**سبزوار**		**تربت حیدریه**		**بیرجند**	
	Slope (unit/season)	**p-value**	**Slope (unit/season)**	**p-value**	**Slope (unit/season)**	**p-value**	**Slope (unit/season)**	**p-value**
تبخیر-تعرق (mm)	1□□□	*□□□□□□	□1□2□	□□1□1□	1□□□	□□1□□□	□1□□□	*□□□2□□
بررسی فصلی (فصل تر)								
تبخیر-تعرق (mm)	2□□□	*□□□21□	□1□1□	□□11□□	□□□□□	□□□□□□	□1□□□	□□□□□□□
بررسی فصلی (فصل خشک)								
تبخیر-تعرق (mm)	1□□□	□□□□□□2	□1□□□	□□□□1□	1□□□	□□□□□□□	□1□□□	*□□□□□□

(جدول ۱۰)- بررسی روند تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از آزمون حداقل مربعات خطا

بررسی سالانه							
تبخیر-تعرق(mm)	1□□□	*□□□□□□	□□□□□	*□□□□□□	□□□□	□□□1□□	□1□□□	□□1□2□

بررسی فصلی (فصل تر)						
تبخیر–تعرق(mm)	□□□□	□□□1□□*	1□□□	□□□□□□2*	□□□□1	□□□□□□1	□□□□□1	□□2□□□
بررسی فصلی (فصل خشک)						
تبخیر–تعرق(mm)	1□1□	□□□1□□*	□□□□2	□□□□□□*	□□□□	□□1□□□	□1□2□	□□□□□□

منابع

۱- ابراهیمی ح.، علیزاده ا.، و جوانمرد س. ۱۳۸۴. بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۹، صفحات ۱۸-۵.

۲- جهادی طرقی م. ۱۳۷۸. تعیین تغییرات دما و بارش شهر مشهد طی دوره آماری ۹۴-۱۹۵۱، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۴ و ۵۵، صفحات ۱۶۵-۱۵۱.

۳- رحیم زاده ف.، و عسگری ا. ۱۳۸۳. نگرشی بر تفاوت نرخ دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، صفحات ۱۷۱-۱۵۵.

۴- رحیم زاده ف.، خوشکام م. و عسگری ا. ۱۳۸۳. بررسی تغییرات سری های رطوبت در ایستگاه های سینوپتیک کشور، مجله علمی– ترویجی نیوار، شماره ۵۴ و ۵۵، صفحات ۳۹-۲۱.

۵- رحیم زاده ف.، محمدیان ن.، و اکبری نژاد س.ج. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین در تعدادی از شهرهای بزرگ کشور در دوره اقلیمی ۲۰۰۰-۱۹۵۱، مجله علمی– ترویجی نیوار، شماره ۶۲ و ۶۳، صفحات ۲۰-۷.

۶- رضیبی ط.، دانش کارآراسته پ.، و ثقفیان ب. ۱۳۸۴. بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرقی ایران، مجله علمی-پژوهشی آب و فاضلاب، شماره مسلسل ۵۴، شماره ۲ (تابستان)، صفحات ۸۱-۷۳.

۷- زاهدی م.، ساری صراف ب.، و جامعی ج. ۱۳۸۶. تحلیل تغییرات زمانی- مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران، مجله علمی– پژوهشی جغرافیا و توسعه، شماره پیاپی۱۰، صفحات ۱۹۸-۱۸۳.

۸- شیر غلامی ه.، و قهرمان ب. ۱۳۸۴. بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، مجله علمی – پژوهشی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره اول، صفحات ۲۳-۹.

۹- شیرغلامی ه.، قهرمان ب.، علیزاده ا.، و بداق جمالی ج. ۱۳۸۳. بررسی روند تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایران، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، سال دوم، شماره سوم.

۱۰-صحرائیان ف.، رحیم زاده ف.، و پدرام م. ۱۳۸۳. روند میانگین سالانه پوشش ابری آسمان و کاهش میانگین سالانه دمای حداکثر در تعدادی از ایستگاه های کشور، مجله علمی – ترویجی نیوار، شماره ۵۴ و ۵۵، صفحات ۱۹-۷.

۱۱-عسگری ا.، و رحیم زاده ف. ۱۳۸۵. مطالعه تغییرپذیری بارش دهه های اخیر ایران، مجله علمی – پژوهشی پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۸، صفحات ۸۱-۶۷.

۱۲-عسگری، ا.، رحیم زاده ف.، محمدیان ن.، و فتاحی ا. ۱۳۸۶. تحلیل روند نمایه های بارش های حدی در ایران، مجله علمی – پژوهشی تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۹، صفحات ۵۵-۴۲.

۱۳-محمدی ح.، و تقوی ف. ۱۳۸۴. روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران، مجله علمی- پژوهشی پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۳، شماره ۳ (پاییز)، صفحات ۱۷۲-۱۵۱.

۱۴-مسعودیان س.ا. ۱۳۸۳. بررسی روند دمای ایران در نیم سده ی گذشته، مجله علمی- پژوهشی جغرافیا و توسعه، شماره پیاپی۳، پاییز و زمستان، صفحات ۱۰۶-۸۹.

۱۵-میرموسوی س.ج. ۱۳۸۷. مطالعه نوسانات دما و بارش سالانه در منطقه شمال غرب ایران، مجله علمی- پژوهشی پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۶، شماره ۴ (زمستان)، صفحات ۱۰۰-۸۷.

16- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrg. And Drain. Paper No. 56, FAO, Rome, Italy. 301 pp.

17- Ghahraman B., and Taghvaeian S. 2008. Investigation of Annual Rainfall Trends in Iran, Journal of Agricultural Science and Technology, Vol. 10, pp. 93-97.

18- Haan C.T. 1977. Statistical Methods in Hydrology. The Iowa State Univ. Press, Ames, 375 pp.

19- IPCC. 2001. Climate Change 2001. Synthesis Report, A Contribution of Working Groups. I, II and III to the third

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson and the Core Writing Team (eds)". Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
20- IPCC. 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis, A Contribution of Working Groups. I, to the forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon and the Core Writing Team (eds)". Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
21- Karl, T. R. et al, 1993, Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature, Bull. Am. Meteor. Soc., 74, 1007-1023.
22- Salas J.D. 1992. Analysis and modeling of hydrologic time Series, In: D.R. Maidment (ed.), Handbook of Hydrology, McGraw Hill Book Company, Chapter 19, 200 pp.
23- Tuomenvirta H., Aleandersson H., Drebs A., and Frich P., and Per Oyvind, Nordli, 2000, Trends in Nordic and Arctic Temperature Extreme and Ranges, J of Climate, 13: 977-990.
24- Zhang, Xuebin; Enric Aguilar; Serhat Sensoy; Hamlet Melkonyan; Umayra Tagiyeva; Nader Ahmed; Nato Kutaladze; Fatemeh Rahimzadeh; Afsaneh Taghipour; T. H. Hantosh; Pinhas Albert; Mohammed Semawi; Mohammad Karam Ali; Mansoor Halal Said Al-Shabibi; Zaid Al-Oulan; Taha Zatari; Imad Al Dean Khelet; Saleh Hamoud; Ramazan Sagir; Mesut Demircan; Mehmet Eken; Mustafa Adiguzel; Lisa Alexander; Thomas C. Peterson; Trevor Wallis, 2005, Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, Journal of Geophysical Research, Vol. 110.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 118-131

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۱۳۱-۱۱۸

On Climate Variability in North-East of Iran

M. Bannayan[1] - A. Mohamadian[2*] – A. Alizadeh[3]

Abstract

Climate variability empowers critical consequences on sustainability of soil and water resources. In this paper the trend of annual and seasonal time scale of temperature (minimum, maximum, average), relative humidity (minimum, maximum, average), precipitation, wind speed, extreme events, cloudiness, reference evapotranspiration employing Mann-kendall and least square errors were studied. These parameters showed direct or indirect effect on climate variability in northeast of Iran. The results, for example in Mashhad station, showed an increasing trend in temperature, decreasing trend in humidity and no trend in precipitation. In addition, there were an increasing trend in the number of clear days (no cloud) and a decreasing trend in number of cloudy days across all study stations but Mashhad.

Keywords: Trend Analysis, Temperature, Relative Humidity, Precipitation, Wind Speed, Extreme Climate Events, Reference Evapotranspiration, Mashhad Climate Change

1,3- Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding author Email: amohamadian2001@yahoo.com)
2- National Climate Center (NCC)