

## بررسی نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران

محمد بنایان<sup>۱</sup> - آزاده محمدیان<sup>۲\*</sup> - امین علیزاده<sup>۳</sup>

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 پارامترها که مستقیم یا غیر مستقیم 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 - مانتیش). 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

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 طرقي (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 ایستگاه بارش 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

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 می‌نماید که نتیجه آن افزایش شدت بارندگی و رواناب حاصل از آن و افزایش نیاز رطوبتی خاک می‌باشد. همچنین تغییراتی که توسط انسان در محیط و در سطح جهانی انجام می‌شود، 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 تأثیر قرار داده و باعث آسیب‌رسانی به ساکنین این

۱- دانشیار، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- کارشناس ارشد مهندسی آبیاری، عضو گروه پژوهشی اقلیم‌شناسی بلایای جوی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی مشهد

\* - نویسنده مسئول: (Email: amohamadian2001@yahoo.com)

۳- استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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 ۱۹۹۷-۱۹۵۱ 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 ۱۹۹۷-۱۹۵۱ 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 - مانیتث در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک از بدو تأسیس 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

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 ایستگاه‌ها 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

مکانی نشان می‌دهند. از طرفی در تحقیقات محدودی از متغیرهای 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 روش‌ها

برای بررسی جامع نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، سبزوار، تربت حیدریه و بیرجند که از داده‌هایی 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 مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند در بررسی روند پارامترهای اندازه‌گیری شده ما را دچار گمراهی کند. از بین ۴ ایستگاه مورد مطالعه ایستگاه تربت حیدریه و بیرجند هیچ جابه‌جایی نداشتند و به رغم تغییرات مکانی در ایستگاه مشهد و سبزوار طی دوره آماری مورد بررسی اثرات این تغییرات در تحلیل نهایی قابل چشم‌پوشی 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 میلی‌متر و بیشتر، تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر و 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 و همچنین تفاضل دمای بیشینه و کمینه (دامنه دما)، پوشش ابری آسمان (تعداد روزهای صاف  $(\frac{0-2}{8})$ ، نیمه ابری  $(\frac{3-6}{8})$  و تمام ابری  $(\frac{7-8}{8})$ ) و یک پارامتر ترکیبی به نام تبخیر-تعرق مرجع ( $ET_0$ ) محاسبه شده به روش فائو-پنمن-مانتیت 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 بارش‌ها، فصل‌تر از دسامبر تا می و فصل خشک از ژوئن تا نوامبر در نظر گرفته شد. محدوده مطالعاتی بین طول جغرافیایی  $33^{\circ}$  و  $57^{\circ}$  و  $38^{\circ}$  شرقی از سبزوار تا مشهد و عرض جغرافیایی  $32^{\circ}$  و  $33^{\circ}$  و  $36^{\circ}$  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 امکان‌پذیر است. پیش‌فرض آزمون‌های پارامتری آن است که داده‌ها تصادفی واز یک توزیع آماری معین پیروی می‌کنند. از طرفی بر خلاف آزمون‌های پارامتری، شرط نرمال بودن داده‌ها در آزمون‌های ناپارامتری وجود ندارد. بنابراین در صورتی که نرمال بودن داده‌ها 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 داده‌ها استفاده شده است. همچنین در این مطالعه به منظور برآورد تبخیر-تعرق مرجع از روش فائو-پنمن-مانتیت که شرح آن در نشریه شماره ۵۶ آبیاری و زهکشی سازمان خواربار جهانی<sup>۱</sup> (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 معنی‌دار در پارامتر حدی دامنه دما در ایستگاه‌های سبزوار و تربت حیدریه به میزان  $0/06$  درجه سانتی‌گراد در سال به چشم می‌خورد (جدول 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 تبیین 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.

(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

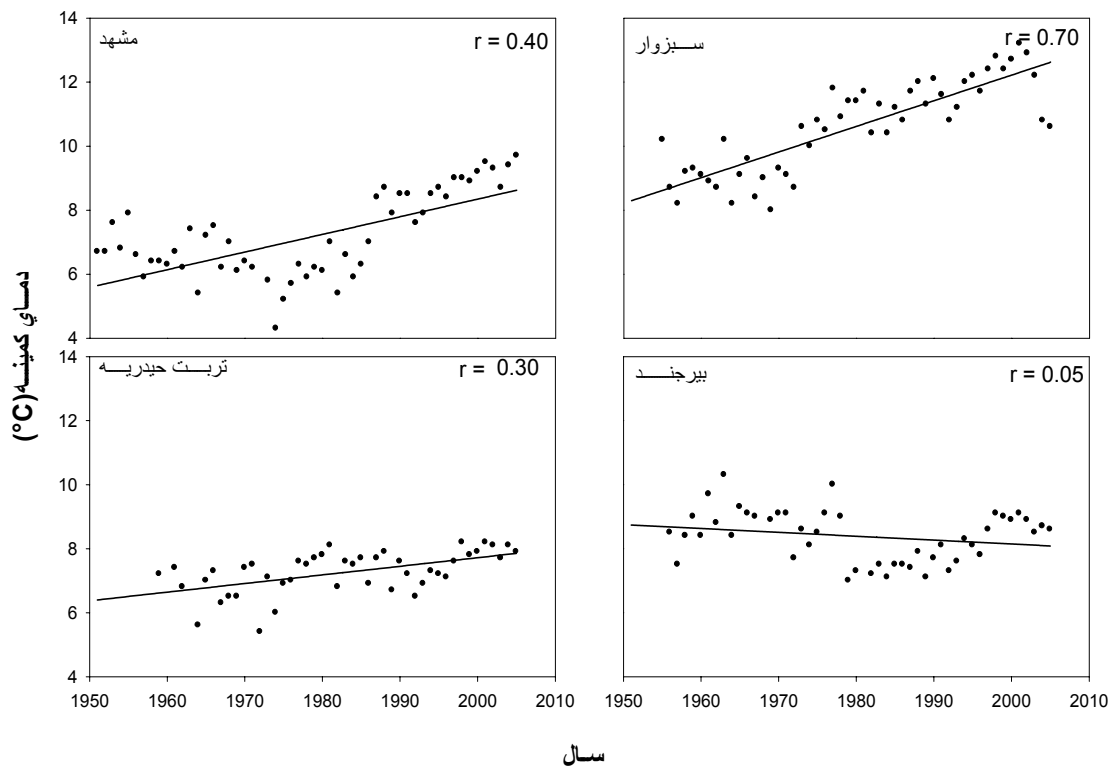
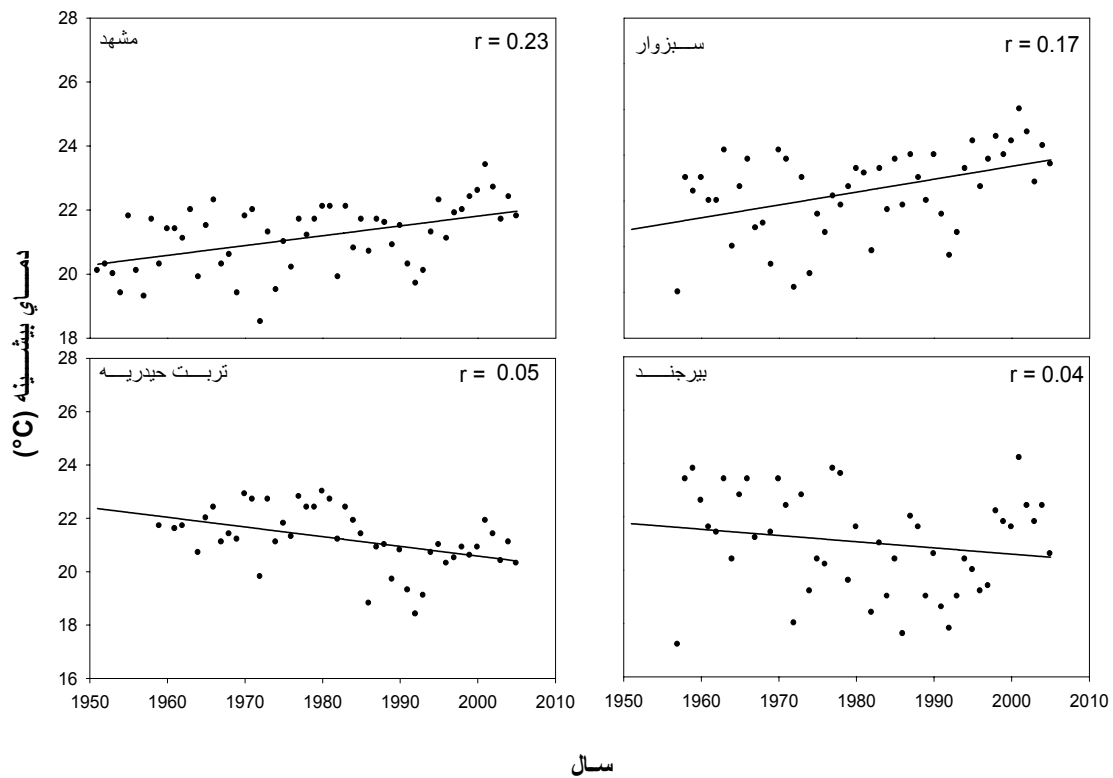


(شکل ۱) - موقعیت منطقه مورد مطالعه

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 فصلی تر ۰/۰۳ و ۰/۰۵ و برای بررسی فصل خشک ۰/۰۵ و ۰/۰۶ درجه سانتی گراد در سال می‌باشد.

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 (جدول 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



شکل ۲- نمودارهای دمای کمینه و بیشینه در ۴ ایستگاه مورد مطالعه

ترتیب حیدریه مطابق نتایج به دست آمده از آزمون من-کندال این روند افزایشی معنی دار می‌باشد. شاید روند افزایش بارش در این ایستگاه‌ها 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).

عصر 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 ضعیف‌تر 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 به دست 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 اشفنگی‌های اقلیمی همچون افزایش تعداد روزهای 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

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 الینو-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 از پارامترهای 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

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

بررسی سالانه								پارامترهای هواشناسی (واحد)
بیرجند		تربت حیدریه		سبزووار		مشهد		
p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	
001010	00001	000000*	0000	000000*	0002	000000*	0000	دمای کمینه (°C)
001200	01010	000010*	00011	000000*	0010	000002*	0000	دمای بیشینه (°C)
000000	01000	000010	00002	000000*	0000	000000*	0010	دمای متوسط (°C)
000000*	00012	000121*	02020	002000	00000	000000*	02000	رطوبت نسبی کمینه (%)
000000	00000	000000	01000	002020	00000	001100	01010	رطوبت نسبی بیشینه (%)
000000*	01000	002000	00000	000200	0010	000100*	02010	رطوبت نسبی متوسط (%)
000010	00000	001000	0000	000000*	1000	000211	0000	بارش (mm)
001000	01000	000001	00011	000010*	02001	002000	00000	سرعت باد (knot)
بررسی فصلی (فصل تر)								
000000*	01000	002200	0000	000000*	0000	000001*	0000	دمای کمینه (°C)
002000	00000	000000*	01000	000100*	2000	000100*	2010	دمای بیشینه (°C)
001110	01022	001021	00000	000000*	0000	000000*	0000	دمای متوسط (°C)
000000*	00010	000000*	00010	002021	00000	000000*	00010	رطوبت نسبی کمینه (%)
000001	0000	002200	0000	000000	01000	002000	00000	رطوبت نسبی بیشینه (%)
000000	01000	002000	00000	002002	00000	000000*	02000	رطوبت نسبی متوسط (%)
000000	00010	002000	0000	000000*	1000	000000	0001	بارش (mm)
001000	01001	000100*	02000	000010*	00000	001000	00000	سرعت باد (knot)
بررسی فصلی (فصل خشک)								
000000	00001	000000*	0010	000000*	0002	000000*	0000	دمای کمینه (°C)
000200*	01000	000000*	00000	000010*	2000	000000*	0020	دمای بیشینه (°C)
001000	01000	000000	00010	000000*	0000	000000*	0000	دمای متوسط (°C)
000000*	00002	001000	00001	002002	0002	000000	00002	رطوبت نسبی کمینه (%)
000000	01000	000000*	02001	001000	0000	001000	00000	رطوبت نسبی بیشینه (%)
000100*	02010	002010	00000	000000	1000	002010	00000	رطوبت نسبی متوسط (%)
000010	0000	000010*	1000	002020	0000	001100	1010	بارش (mm)
002100	00000	000000*	1000	000012*	00000	000000	00002	سرعت باد (knot)

\* 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 ۴) - بررسی روند پارامترهای هواشناسی با استفاده از آزمون حداقل مربعات خطا

بررسی سالانه								پارامترهای هواشناسی (واحد)
بیرجند		تربت حیدریه		سبزوآر		مشهد		
p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	
001200	00001	000001*	00000	000001*	00000	000001*	00000	دمای کمینه (°C)
002200	00001	000020*	00000	000010*	00000	000000*	00000	دمای بیشینه (°C)
001100	00001	000100	00000	000001*	00000	000001*	00000	دمای متوسط (°C)
000001*	00010	000000*	00011	000101	00001	000222*	00000	رطوبت نسبی کمینه (%)
000000	00000	001020	00000	002000	00000	002220	00000	رطوبت نسبی بیشینه (%)
000202*	00000	000200	00001	000010	00000	000000*	00000	رطوبت نسبی متوسط (%)
000000	00001	000100	00000	001100	00000	000101	00001	بارش (mm)
002000	00002	000000	00000	000001*	00010	000000	00000	سرعت باد (knot)
بررسی فصلی (فصل تر)								پارامترهای هواشناسی (واحد)
000000*	00002	000010	00001	000001*	00000	000000*	00000	
000000	00001	000000*	00000	000000*	00000	000202*	00000	
002000	00001	000000	00001	000001*	00000	000022*	00000	
000000*	00010	000010*	00010	000101	00002	000000*	00010	
000100	00001	000021	00001	000000*	00000	000200	00000	
001110	00000	000000	00002	000000	00000	000001*	00012	
000011	00000	000002	00000	001101	00000	000121	00022	
000000	00001	001000	00001	000001*	00000	000022	00001	
بررسی فصلی (فصل خشک)								پارامترهای هواشناسی (واحد)
000010	00001	000001*	00000	000001*	00000	000001*	00000	
000020	00001	000002*	00000	000010*	00000	000001*	00000	
001000	00001	000001	00000	000001*	00000	000001*	00000	
000002*	00010	000000	00000	000002	00001	000001	00001	
000000*	00000	000020*	00010	000000	00000	002000	00000	
000000*	00010	001000	00000	001001	00000	000010	00000	
000000	00002	000000	00000	000000	00000	000000	00010	
000000	00001	000000	00002	000001*	00011	000000	00000	

محسوب می‌شود. یکی از مهمترین عوامل تصادفات در جاده‌ها و همچنین 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 در سطح ۰/۰۵

در این مطالعه از بین وقایع حدی دما، دو مقدار حدی یعنی تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر و تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی‌گراد و کمتر انتخاب شده است. در ایستگاه‌های مشهد و سبزوآر روند تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی‌گراد 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



سالانه و فصل تر روندی افزایشی را نشان می‌دهند که در برخی از موارد بر اساس نتایج به دست آمده از هر یک از آزمون‌ها 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 سبزوآر، 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 بیابان‌زدایی و احیای مراتع که توسط اداره منابع طبیعی در این مناطق انجام شده، موفقیت آمیز بوده است (جدول ۵ و ۶).

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

تعداد روزهای برفی نیز در هر ۴ ایستگاه و در مقیاس زمانی

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

بررسی سالانه								
بیرجند		تربت حیدریه		سبزوآر		مشهد		وقایع حدی (واحد)
p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	
000202	0000	001000	1020	000022*	2000	000020	0020	تعداد روزهای همراه با بارش (روز)
000100	00000	001020	1012	000200*	1000	001020	1020	تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)
000100*	02000	000000*	00020	000000*	1000	000020*	2000	تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)
001000	0000	000000*	02000	000000*	00000	000000*	00000	تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)
000012*	00000	000200	00020	000000*	00000	000000*	00000	تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)
001000	0000	000110*	2020	000002*	0002	000020*	1002	تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)
001000	0000	000000*	2001	000001	0000	000000	1000	تعداد روزهای همراه با برف (روز)
000000*	00000	000000*	00000	000000*	00020	001000	1020	تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)
000102	0021	000000*	00022	000000*	00001	000102*	02012	تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)
بررسی فصلی (فصل تر)								
000000	0000	001000	1001	000020*	2000	000000	00000	تعداد روزهای همراه با بارش (روز)
002000	00000	000000	0001	000101*	2000	000000	1001	تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)
000000	01002	000002*	00001	001121	1022	001000	1000	تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)
001000	1000	000000	01002	000000*	00000	000000*	00000	تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)
000000*	02000	000000	0010	000000*	00000	000000*	00000	تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)
000000	0001	000020	1000	000000*	0010	001000	1012	تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)
001200	1010	000020*	2000	000000	0001	000000*	1000	تعداد روزهای همراه با برف (روز)
000001*	00002	000000*	00000	000000*	00000	000100*	2021	تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)
002000	0000	000000*	00020	000001*	00000	000000	01000	تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)
بررسی فصلی (فصل خشک)								
000001	0020	000000*	1000	000000	1000	002000	0000	تعداد روزهای همراه با بارش (روز)
000002	00000	000100*	2011	000100	0022	002100	0000	تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)

۰۰۰۰۰۰*	۰۲۰۰۱	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۲۰	تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)
۰۰۱۰۲۰	۱۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۱۰۰۱	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۰	تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)
۰۰۰۰۰۰*	۰۲۰۰۰	۰۰۲۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰	تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)
۰۰۰۰۱۰۰*	۲۰۱۰	۰۰۰۰۰۲۰*	۲۰۰۰	۰۰۰۰۰۲*	۰۰۰۲	۰۰۰۰۰۰*	۲۰۰۰	تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)
۰۰۰۰۱۰۰*	۰۲۰۱۰	۰۰۰۲۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۱۰۰۲	۰۰۲۰۰۰	۰۰۰۰۰	تعداد روزهای همراه با برف (روز)
۰۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۲۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰	تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)
۰۰۲۰۰۰	۰۰۰۰۲	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۲۲	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۱۰	تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)

(جدول ۶) - بررسی روندنمایه‌های حدی با استفاده از آزمون حداقل مربعات خطا

بررسی سالانه								وقایع حدی (واحد)
بیرجند		تربت حیدریه		سبزوار		مشهد		
p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	
۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۰۰۱۰	۰۰۰۱۰۰*	۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۲	تعداد روزهای همراه با بارش (روز)
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۲	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۰۰۰۰	تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز)
۰۰۰۲۱۰*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۲۰	تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱۱۰*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)
۰۰۰۰۰۰۲*	۰۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰	تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)
۰۰۱۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۲۲	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۱۲	تعداد روزهای همراه با برف (روز)
۰۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۱۰۰۱	۰۰۰۰۰۰	۰۰۱۰	تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۲	تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)
بررسی فصلی (فصل تر)								تعداد روزهای همراه با بارش (روز) تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز) تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز) تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر (روز) تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز) تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز) تعداد روزهای همراه با برف (روز) تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز) تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۲۰۰۰	۰۰۱۰	۰۰۰۲۰۰*	۰۰۲۱	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۱	
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۲	۰۰۰۰۰۱	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۲۰۰*	۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۰۰۰۰	
۰۰۰۰۰۰۱	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۱۰	۰۰۱۰۱۰	۰۰۰۰	
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۱۱۱۰	۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۱۰*	۰۰۰۰۲	
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۲	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۲۲	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰	
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	
۰۰۲۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۱۰	۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۲	۰۰۰۰۱۱*	۰۰۱۰	
۰۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۲	۰۰۰۰	
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۱	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۲۲۱۰	۰۰۰۰۱	
بررسی فصلی (فصل خشک)								تعداد روزهای همراه با بارش (روز) تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی تر و بیشتر (روز) تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)
۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۱۰	۰۰۰۰	
۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰	۰۰۰۲۰۰*	۰۰۰۰	۰۰۰۱۲۱	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	
۰۰۰۰۰۰۲*	۰۰۰۰۲۰	۰۰۰۰۰۱*	۰۰۰۰۰۱	۰۰۰۰۰۰	۰۰۱۲	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۲۲	تعداد روزهای با دمای بیشینه ۳۰ درجه سانتی گراد و بیشتر (روز)

000001	00000	000202*	00000	000000*	00000	000000*	00010	تعداد روزهای با دمای کمینه ۴- درجه سانتی گراد و کمتر (روز)
000100*	00000	000000	00000	000001*	00022	000001*	0010	تعداد روزهای با دید ۲ کیلومتر و کمتر (روز)
000002	0000	000000	0000	000002*	0000	000002*	0000	تعداد روزهای همراه با طوفان رعد و برق (روز)
000001*	00001	000000	0000	000000*	00001	000000	00000	تعداد روزهای همراه با برف (روز)
000000*	00000	000201*	00010	000001*	00002	000000	0000	تعداد روزهای همراه با گرد و خاک (روز)
000200	00001	000001*	00000	000001*	00000	000010*	00000	تفاضل دمای بیشینه و کمینه (°C)

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 (جدول 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 دگرگونی‌ها، 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 داده‌های هواشناسی مورد نیاز این مطالعه را در اختیار نگارندگان قرار دادند، سپاسگزاری می‌گردد.

مطالعات تغییر اقلیم نیابستی تنها به بررسی تغییرات کمیت‌های اساسی مانند دما اکتفا کند بلکه باید به پارامترهای دیگر هواشناسی مانند پوشش ابری آسمان که از سازوکارهای پس‌خور 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 آزمون‌ها، بعضاً این روندها معنی دار نیز می‌باشند. این روندها در ایستگاه مشهد کاملاً عکس می‌باشد (جدول 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)

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

بررسی سالانه								ابرنامی
بیرجند		تربت حیدریه		سبزوار		مشهد		
p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	
000001	1000	000000*	2000	000100*	2010	000020*	02000	تعداد روزهای صاف
000000	00000	000020	00000	002100	00000	000000*	2000	تعداد روزهای نیمه ابری
000002*	01000	000010*	02000	000012*	00000	001020	0000	تعداد روزهای تمام ابری
بررسی فصلی (فصل تر)								
000010	1000	000112*	2020	000100*	2010	000101*	02022	تعداد روزهای صاف
002002	00000	001000	01000	002000	00000	000022	1000	تعداد روزهای نیمه ابری
000000	01002	000010*	02000	000001*	02000	001000	0002	تعداد روزهای تمام

								ابری
بررسی فصلی (فصل خشک)								
۰۰۰۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰۰۲۲۰۱	۰۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۱۰۲۰	۰۰۰۰۰۲*	۰۲۰۰	تعداد روزهای صاف
۰۰۰۲۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۲۰۰۰	۰۰۰۲	۰۰۰۰۰۲	۰۰۰۰۰۱	۰۰۰۰۲۰*	۲۰۰۰	تعداد روزهای نیمه ابری
۰۰۰۲۰۰*	۰۱۰۰۱	۰۰۰۰۰۲*	۰۱۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۱۰۰۰	۰۰۲۰۰۰	۰۰۰۰	تعداد روزهای تمام ابری

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

بررسی سالانه								
بیرجند		تربت حیدریه		سبزوار		مشهد		ابرنامی
Z	p-value	Z		p-value	Z	p-value	Z	
۰۰۰۰۰۱۰	۰۰۲۰	۰۰۰۱۰۲*	۰۰۰۲	۰۰۰۲۰۰*	۰۰۰۰	۰۰۰۰۲۱*	۰۰۰۰۰۰	تعداد روزهای صاف
۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۲	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۲۰*	۰۰۲۰	تعداد روزهای نیمه ابری
۰۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۱۰	۰۰۰۰۲۰*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۲۰*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۲۲۰۰	۰۰۱۱	تعداد روزهای تمام ابری
بررسی فصلی (فصل تر)								
۰۰۰۰۰۰۱	۰۰۱۰	۰۰۰۱۰۰*	۰۰۰۰	۰۰۰۱۰۰*	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۱۰	تعداد روزهای صاف
۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۰۱۰۱	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۲۱۰۱	۰۰۰۰	تعداد روزهای نیمه ابری
۰۰۱۱۰۰	۰۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۲۰	۰۰۲۰۲۲	۰۰۰۰	تعداد روزهای تمام ابری
بررسی فصلی (فصل خشک)								
۰۰۲۰۱۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۲۰۱۰	۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۲۱	تعداد روزهای صاف
۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۰۱۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۱۰	تعداد روزهای نیمه ابری
۰۰۰۲۰۲*	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۱۰	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰	تعداد روزهای تمام ابری

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

بررسی سالانه								
بیرجند		تربت حیدریه		سبزوار		مشهد		
p-value	Slope (unit/season)	p-value	Slope (unit/season)	p-value	Slope (unit/season)	p-value	Slope (unit/season)	
۰۰۰۰۲۰۰*	۰۱۰۰۰	۰۰۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰۰۱۰۱۰	۰۱۰۲۰	۰۰۰۰۰۰۰*	۱۰۰۰	تبخیر-تعرق (mm)
بررسی فصلی (فصل تر)								
۰۰۰۰۰۰۰	۰۱۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۱۱۰۰	۰۱۰۱۰	۰۰۰۲۱۰*	۲۰۰۰	تبخیر-تعرق (mm)
بررسی فصلی (فصل خشک)								
۰۰۰۰۰۰۰*	۰۱۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰	۰۰۰۰۱۰	۰۱۰۰۰	۰۰۰۰۰۲	۱۰۰۰	تبخیر-تعرق (mm)

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

بررسی سالانه							
۰۰۱۰۲۰	۰۱۰۰۰	۰۰۰۱۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰*	۱۰۰۰ (mm)

بررسی فصلی (فصل تر)							
۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۱	۰۰۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۰۰۰۲*	۰۱۰۰۰	۰۰۰۱۰۰*	۰۰۰۰ (mm)
بررسی فصلی (فصل خشک)							
۰۰۰۰۰۰	۰۱۰۲۰	۰۰۱۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰*	۰۰۰۰۲	۰۰۰۱۰۰*	۱۰۱۰ (mm)

## 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 طرقي 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- رضیعی 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 پیاپی ۱۰، 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 بذاق 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 پیاپی ۳، 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 Irrig. 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.

## On Climate Variability in North-East of Iran

M. Bannayan<sup>1</sup> - A. Mohamadian<sup>2\*</sup> - A. Alizadeh<sup>3</sup>

### 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)