

## تجزیه و تحلیل ناهنجاری‌های اقلیمی موثر بر فرایند بیابان‌زایی در منطقه خضراآباد یزد

حسین نگارش: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران \*

حسن فلاح فیروزآباد: کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

محمود خسروی: دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

### چکیده

اگر بیابان‌زایی را تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب خشک تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بدانیم، شناخت ناهنجاری‌های اقلیمی موثر در تشدید شرایط بیابانی که موجب فاصله گرفتن شرایط اقلیمی در محدوده زمانی و مکانی خاص از شرایط نرمال دراز مدت می‌شود به عنوان عامل اصلی یا زمینه ساز تشدید فعالیت‌های انسانی امری ضروری است. به این منظور و با استفاده از دو عنصر اصلی تشکیل دهنده ساختار اقلیم (دما و بارش) در منطقه خضراآباد و با استفاده از آمار بلند مدت ایستگاه سینوپتیک یزد از سال ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵ تغییرات بارش، تعداد روزهای بارانی، دما، تعداد حداکثر و حداقل دما و خشکسالی به صورت روندی و در دو دوره ۲۵ ساله به صورت مقایسه‌ای بررسی و تحلیل شده است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در ۲۵ سال منتهی به سال ۲۰۰۵ همراه با کاهش بارش، تعداد روزهای بارانی افزوده شده و نقش موثر بارش با توزیع مقدار کمتری از آن در تعداد روزهای بیشتری از سال کاسته شده است. افزایش دما و به دنبال آن ظرفیت رطوبتی جو، شرایط را برای تبخیر فراهم نموده است. کاهش فاصله دمای حداکثر و حداقل نشانه‌هایی از گرمتر شدن منطقه و افزایش شرایط خشکی است. همچنین نتایج نشان داد که تغییرات عناصر مورد بررسی به نفع شرایط بیابانی به طور مستقیم و یا فراهم نمودن زمینه تشدید این شرایط به علت فعالیت‌های انسانی از طریق فشار بر منابع آب و پوشش گیاهی است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، خشکسالی، ناهنجاری اقلیمی، خضراآباد

### مقدمه

نظمی‌های آن در قالب خشکسالی و بارش‌های سیلابی خسارت بیشتری به محیط‌های طبیعی و انسانی نسبت به کمیت آن وارد می‌کند. اما موضوع دیگر نقش تغییرات اقلیم است که با مفاهیم خشکی و خشکسالی متفاوت است. در پاسخ به این سوال که آیا بین تغییر اقلیم و بیابان‌زایی رابطه مشخص و تعریف شده‌ای وجود دارد یا نه بدون تردید باید گفت که ناهنجاری‌های اقلیمی در تشدید این پدیده به طور مستقیم و غیر مستقیم نقش مهمی دارند. با وجود

ایران یکی از کشورهای خشک واقع در دومین قاره خشک دنیا، یعنی آسیا است. متوسط بارش سالیانه دنیا در حدود ۸۶۰ میلیمتر است. در حالی که این عدد در کشور ما حدود ۲۵۰ میلیمتر و در استان یزد حدود ۶۱/۲ میلیمتر یعنی کمتر از یک چهارم میانگین بارش ایران و کمتر از یک چهاردهم میانگین بارش دنیا است. البته این میزان نیز در سال‌های متوالی از روند ثابتی برخوردار نیست و بی

صورت انجام اقدامات بدون مطالعه کارشناسی چیزی جز شکست و هدر دادن هزینه‌ها در بر نخواهد داشت.

#### پیشینه تحقیق

کشور ایران به علت واقع شدن در کمر بند خشک جهان و در منطقه جنب حاره و دارا بودن نوسان قابل توجه بارش در طول ادوار گذشته، کم و بیش با پدیده خشکسالی درگیر بوده است، به طوری که طی ۲۲ سال اخیر در ایران، ۱۳ سال خشکسالی رخ داده است. (عزیزی، ۱۳۸۱: ۶۳) و آیین‌های باران خواهی که سابقه هفت هزار ساله در ایران دارد، مویذ این نکته است (بنی واهب، ۱۳۸۴: ۳۳). یکی از بلاهای طبیعی که هر ساله باعث خسارات زیادی به ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می شود، طوفان‌های ماسه‌ای است (امیدوار، ۱۳۸۵: ۴۴). باد حدود ۲۸٪ از خشکی‌های جهان را فرسایش می‌دهد (Nicholas, 2006, p180) و طوفان‌های ماسه‌ای و گرد و خاک نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورهای آسیایی، آفریقایی و آمریکایی نیز موجب بروز خسارت‌های مالی و جانی فراوانی می شوند (Lin, 2002)، که از آن جمله می توان به طوفان سیاه شمال چین که در سال ۱۹۹۳ باعث کشته شدن ۸۵ نفر و تخریب حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی گردید (Youlin, 2002) و همچنین جابجایی سالانه حداقل ۱۶۱ میلیون تن خاک در کانادا به ارزش ۲۴۹ میلیون دلار آمریکا (Squires, 2002)، اشاره نمود.

در سال ۱۹۷۶ اولین تحقیق غیر رسمی و منطقه‌ای در زمینه ی تهیه ی نقشه ی بیابان زایی توسط محققین دانشگاه هامبورگ در منطقه دارفور کشور سودان و به مدت ۴ سال انجام گرفت. نتایج این کار

پیشرفت‌های حاصل شده، جدا ساختن سهم تأثیرات موجود بین عوامل انسانی و اقلیمی فوق‌العاده مشکل است. اما رابطه متقابل ناهنجاری های آب و هوایی و اثر عامل انسانی وقوع پدیده بیابان‌زایی را شدت بخشیده و باعث افزایش روند آن شده است. اما تحت هر شرایطی تنها با اتخاذ یک رویکرد منطقی مبتنی بر ویژگی های مناطق خشک و نیمه خشک می توان به پایداری نظام زیستی در این مناطق و توسعه ی پایدار آن امیدوار بود (رزاقی، ۱۳۸۶: ۶).

تأثیرات ناهنجاری های اقلیمی در بیابان‌زایی مانند بسیاری از دیگر فرایندهای بیابان‌زایی نسبتاً کند نامحسوس و خزنده است که لمس و باور آن نیاز به زمانی بلند مدت دارد. آنان که دوره های سرد و یخبندان چندین ماهه، همراه با ریزش های متوالی برف و باران را تجربه کرده اند می توانند ناهنجاری های اقلیمی و بیابان زایی ناشی از آن را در منطقه ی خود به خوبی لمس کنند (اختصاصی و همکاران، ۱۳۸۶: ۸).

استان یزد به عنوان سومین استان دارای کانون‌های بحران فرسایش بادی پس از استان های خراسان و کرمان به علت ناهنجاری‌های اقلیمی نظیر کاهش میزان بارندگی و افزایش دما به شدت درگیر با این پدیده و پیامدهای ناشی از بیابان‌زایی نظیر افت منابع آب های زیر زمینی است. در این راستا برنامه ریزی مناسبی لازم است تا از طریق آن بتوان یکی از بزرگترین موانع توسعه ی همه جانبه را کنترل نمود. بنابراین، اولین گام در این راه شناخت فرایندهای بیابان‌زایی و عوامل تشدید کننده آن است. از طرف دیگر آشنایی با شدت و ضعف این پدیده در مناطق مختلف امری ضروری است. در غیر این

توریو (Torio) و زیدام (Zuidam) در سال ۱۹۹۸، از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور آنالیز بیابان‌زایی در منطقه پاتاگونیای آرژانتین استفاده کردند. هدف آن‌ها از این تحقیق، تعیین و آنالیز مناطق تخریب شده، بررسی پیشرفت فرایند های طبیعی و انسانی بیابان‌زایی استفاده از علم سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی توان این دو ابزار برای مطالعه ی سیمای بیابان‌زایی و ارزیابی استعداد های محیط های مختلف طبیعی این کشور برای بیابان‌زایی است. مطالعه نقشه‌های تهیه شده با استفاده از این روش وضعیت مستعد منطقه را برای بیابانی شدن نشان داد (مقصودی، ۱۳۷۹: ۳۱-۲۶).

جعفری (۱۳۸۰) بعد از تجزیه و تحلیل روش‌های فائو- یونپ و اختصاصی- مهاجر وضعیت فعلی بیابان‌زایی را به همراه عوامل انسانی و محیطی بالقوه در دشت کاشان مورد ارزیابی قرار داده و به تهیه ی نقشه آن اقدام نمود.

عباس آبادی (۱۳۷۸) در قالب پایان نامه ی کارشناسی ارشد خود روشی را جهت ارزیابی کمی وضعیت و خطر بالقوه ی بیابان‌زایی در دشت آقلا گمیشان ارائه نمود. در این روش از چهار فرایند ماندابی شدن اراضی، شور شدن اراضی، تخریب منابع گیاهی و فرسایش خاک جهت برآورد خطر بالقوه بیابان‌زایی استفاده شد.

انجم شعاع (۱۳۷۷) در قالب پایان نامه دانشجویی کارشناسی ارشد خود به بررسی عوامل بیابان‌زایی در منطقه شهداد استان کرمان پرداخته است. او در این تحقیق از پارامترهای محیطی ژئومورفولوژی، خاک و اقلیم در منطقه مورد مطالعه خود استفاده نموده و پس

به صورت دو نقشه کاربری اراضی و بیابان‌زایی به علت ارتباط با یکدیگر گردآوری شد (جوادی، ۱۳۸۳: ۲۴).

اولین فعالیت به صورت رسمی و گسترده در زمینه ی ارزیابی و تهیه ی نقشه ی بیابان‌زایی جهان با هدف درک بهتر از مسائل پیچیده ی این پدیده در سال ۱۹۷۷ توسط UNEP و یونسکو انجام گرفت که در برگیرنده مناطق بیابانی و مناطقی که در معرض بیابان‌زایی قرار داشتند می‌شد (ذبیحی اسرمی، ۱۳۸۰: ۷).

در سال ۱۹۸۵ برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد با همکاری دولت کنیا طرح راهنمای ارزیابی و تهیه ی نقشه ی بیابان‌زایی را در کشور کنیا به مورد اجرا گذاشت. هدف از انجام این طرح ارزیابی کاربردی روش یونپ - فائو بود که با انجام آن علاوه بر پی بردن به مزایا، ایرادات آن نیز شناسایی می‌شود (مشکوه، ۱۳۷۷: ۵۱-۴۲).

در سال ۱۹۸۵ موسسه تحقیقات علوم ترکمنستان طرحی جدید و با دقت بیشتر نسبت به روش فائو - یونپ در زمینه ارزیابی و تهیه ی نقشه ی بیابان‌زایی ارائه نمود. این طرح که توسط خارین (Kharin, 1985) و همکاران او تهیه شده بود فرایندهای بیابان‌زایی را فرسایش آبی و بادی، شور شدن خاک، آلودگی محیطی بیابان‌زایی ناشی از عملکرد جانوران و بیابان‌زایی ناشی از عملکرد تکنولوژی می‌داند. پس از جمع‌آوری اطلاعات از منطقه ی مورد مطالعه در ترکمنستان و ارزیابی آن، فرایندهای تخریب پوشش گیاهی، فرسایش آبی و بادی و فشردگی و سله بستن خاک از عوامل اصلی بیابان‌زایی در نظر گرفته شدند (رفیعی امام، ۱۳۸۲: ۸).

بررسی و در پنج کلاس مورد ارزیابی و طبقه‌بندی قراردادند (احمدی و همکار، ۱۳۸۲: ۲۹۰-۲۷۷) اکبری (۱۳۸۲) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود با استفاده از روش‌های اختصاصی - مهاجر و فائو و کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به بررسی انواع مناطق بیابانی از نظرتأثیرگذاری فعالیت‌های انسانی و طبیعی از طریق امتیازدهی به هر یک از عوامل اصلی و فرعی موثر در آن پرداخته است.

### روش تحقیق

اولین گام در انجام این مطالعه بازدید میدانی از محدوده‌ی مورد مطالعه و آشنایی با ویژگی‌های عمومی آن و اثرات متقابل هریک از عوامل محیطی و انسانی بر آب و هوا بوده است. دومین گام انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی متناسب با ویژگی‌های مکانی منطقه برای استفاده از آمارهای مورد نیاز که بتوان از طریق تجزیه و تحلیل آن به صورت کتابخانه‌ای ناهنجاری‌های اقلیمی موثر بفرایند بیابان‌زایی را شناسایی نمود و در نهایت با توجه به شرایط موجود برنامه‌ریزی کرد. برای نشان دادن اهمیت این خطر تهدید کننده نیازمند فهم تغییرات و نوسانات آب و هوا همراه با داده‌های آماری و نمایش آن به صورت نمودارهای واقعی هستیم. بنابراین، در این مورد به منظور نمایش کمی تغییرات آب و هوایی که نشان دهنده کیفیت واقعی و اثرگذاری آن روی زمین است، آمار بلند مدت ایستگاه سینوپتیک یزد به عنوان پایه‌ی مطالعاتی مورد استفاده و در یک دوره‌ی زمانی ۵۰ ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

بارندگی، دما و باد از مهمترین شاخص‌های مورد استفاده در تجزیه‌ی و تحلیل نوسانات اقلیمی است

از مشخص نمودن عوامل موثر در بیابان‌زایی منطقه با ارائه شیوه‌های مناسب بیابان‌زدایی با استفاده از روش پیشنهادی احمدی راه حل مناسب را قرق و کاشت گونه‌های گیاهی سازگار نظیر آتریپلکس می‌داند.

زهتابیان و همکار او جدیدترین روش ارزیابی حساسیت مناطق مختلف جهان به بیابان‌زایی در قالب طرحی که توسط کمیسیون اروپا در سال ۱۹۹۹ در قالب پروژه‌ی مدالوس بیان شده و در اکثر کشور های اروپایی و خاورمیانه مورد ارزیابی قرار گرفته ارائه می‌نمایند. این روش که به دلیل آشنایی کمتر اکثر محققین داخلی با آن تا کنون مورد ارزیابی قرار نگرفته است، دارای مزایا و دقت بیشتری در جریان کار نسبت به روش‌های دیگر برای ارائه یک مدل است. در این مدل با استفاده از چهار معیار کیفیت اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و مدیریت با وزن دهی به لایه‌های مختلف موثر در بیابان‌زایی، استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در تلفیق لایه‌ها و استفاده از میانگین هندسی به جای میانگین‌های عددی در محاسبه شاخص‌ها، علاوه بر افزایش دقت و سرعت در ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی خطای کارشناسی ناشی از نظرات انسان در آن به حداقل ممکن می‌رسد (زهتابیان و همکار، ۱۳۸۲: ۱۲۶-۱۲۱).

احمدی و اختصاصی به منظور ارزیابی کمی پدیده بیابان‌زایی در منطقه بیجار پس از بررسی روش‌ها و مدل‌های مختلف ارزیابی بیابان‌زایی، اساس کار خود را بر مطالعه واحدهای ژئومورفولوژی قرار داده و روش پیشنهادی خود را در منطقه مورد مطالعه ارزیابی نمودند. سپس پدیده بیابان‌زایی را در سه سطح وضعیت فعلی بیابان‌زایی، عوامل اصلی و فرعی محیطی و انسانی بیابان‌زایی و خطرکل بیابان‌زایی

دو دوره را با میانگین ضریب هیدرو ترمیک یزد مورد آزمون قرار گرفت. همچنین جهت بررسی این فرضیه که دوره ده ساله ۲۰۰۵-۱۹۹۵ با دوره ۱۹۶۳-۱۹۵۳ تفاوت دارد و در سال‌های اخیر نسبت به دوره‌های قبل خشکی فیزیکی و روند اقلیمی بیابان‌زایی افزایش یافته است، از آزمون‌های ناپارامتری استفاده شده است.

لازم بذکر است که به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های هواشناسی کافی در محدوده‌ی مورد مطالعه از ایستگاه‌های باران سنجی، کلیماتولوژی و سینوپتیک مجاور و موجود در محدوده وسیعتر از منطقه که از نظر ویژگی‌های عمومی و کلی تفاوت چندانی با منطقه نداشته استفاده گردید. آشکارسازی مقدار و روند این تغییرات در دراز مدت با توجه به وجود نواقص آماری در اکثر ایستگاه‌ها همیشه با مشکلاتی همراه بوده است.

تجزیه و تحلیل‌های کتابخانه‌ای مورد نظر در این زمینه و رسم نمودارها به منظور آشکارسازی روند ناهنجاری فرایندهای اقلیمی با استفاده از نرم افزارهای پردازش آماری، Excel، Minitab، SPSS، GIS صورت گرفته است.

### بحث و نتایج

#### ۱- ناهنجاری‌های رطوبتی ۱-۱- بارش سالانه

بارش زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود به طور همزمان در یک منطقه وجود داشته باشد و منطقه کم باران جایی است که یکی از این دو عامل در آن عمل نکند. بارندگی یکی از عوامل بسیار مهم در تعیین نوع اقلیم یک منطقه است که از طریق آن می‌توان بسیاری از دیگر خصوصیات یک

که اغلب اقلیم شناسان و اکولوژیست‌ها از آن یاد می‌کنند. بررسی ناهنجاری‌های اقلیمی موثر بر فرایند بیابان‌زایی در قالب ناهنجاری‌های رطوبتی، ناهنجاری‌های دمایی و ناهنجاری‌های تلفیقی از دما و رطوبت به صورت روندی در دوره‌ی زمانی ۵۰ ساله و به صورت دوره‌ای در دو دوره‌ی ۲۵ ساله مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

در این مقاله جهت تعیین تغییرات درجه بیابانی شدن منطقه و مقایسه سری زمانی روند بیابانی شدن منطقه از روش سلیمانینوف (Selyaninov) استفاده شده است. ضریب محاسبه شده که به نام ضریب هیدروترمیک معروف است از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\sum P / (0.1 * \sum H)$$

که در این رابطه:

$\sum P$  = مقدار کل بارش بر حسب سانتی متر در

دوره زمانی که در آن متوسط دما بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس باشد

$\sum H$  = مقدار تجمعی درجه حرارت در همان

دوره زمانی به درجه سلسیوس

مرز شرایط بیابانی ۰/۵ است (علیزاده، ۱۳۸۲،

۲۳۳).

برای بررسی این فرضیه که روند بیابانی شدن در منطقه مورد مطالعه در سال‌های اخیر به دلیل نوسانات اقلیمی و تغییرات کاربری زمین دچار تغییر شده است از آزمون‌های یک نمونه T-Student و آزمون‌های ناپارامتری من-ویتنی (آزمون U) و ویلکاکسون (W) استفاده شده است. براین اساس ابتدا جهت این فرضیه که طی دوره ۱۰ ساله و به خصوص پنج ساله انتهایی سری زمانی (۲۰۰۵-۲۰۰۰) شرایط با وضعیت نرمال تفاوت معنی داری پیدا کرده است تفاوت میانگین این

بارش مورد استفاده در این بررسی، ۴ سال بارش بالاتر از ۱۰۰ میلیمتر دیده می‌شود که در صورت نادیده گرفتن آن در محاسبات، بارش از میانگین سالانه ی ۶۱/۲ میلیمتر به ۵۶/۸۳ میلیمتر کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر ۴ سال بارش سنگین ۷/۲ درصد بارش ۵۰ ساله ی منطقه را به خود اختصاص داده است. از طرف دیگر ۹۹/۵ میلیمتر دامنه تغییرات بارش بین حداقل ۱۸/۹ میلیمتر و حد اکثر ۱۱۸/۴ میلیمتر در طول دوره بیانگر نوسان و بی‌نظمی شدید در روند بارش سالانه و از ویژگی‌های بارش مناطق خشک است.

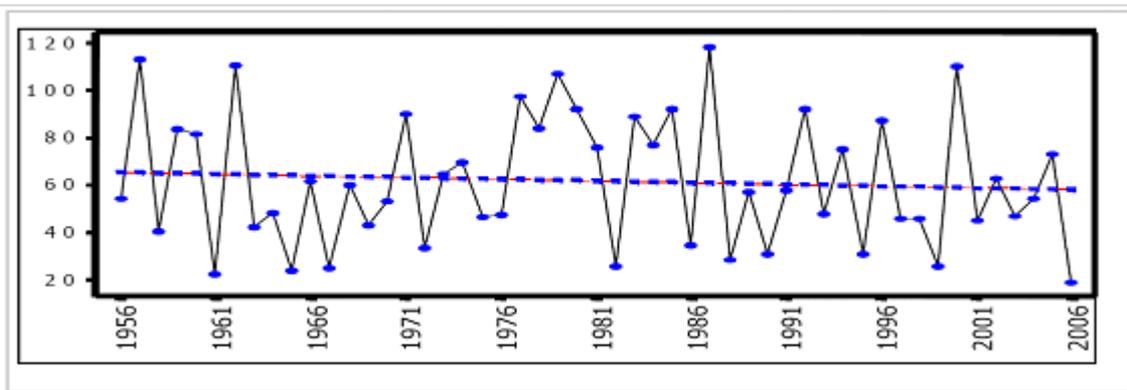
بررسی روند بارش سالانه با میانگین ۶۱/۲ میلیمتر در طول دوره ی آماری به شرح شکل ۱ دارای سیری نزولی آرامی است. این ویژگی خود به تنهایی نشان دهنده منطقه خشک بر اساس اکثر تعاریف ارائه شده در طبقه‌بندی‌های اقلیمی توسط اقلیم‌شناسان است. روند نزولی این تغییرات نسبت به میانگین در سال‌های اخیر نشان دهنده ی شکل‌گیری روند آرام خشکی و بیابان‌زایی ناشی از کمبود بارش بوده است. انسان با تغییر شیوه ی کشت، تغییر روش‌های آبیاری و ایجاد تأسیسات شهری و روستایی بر روی محیط طبیعی عملاً ظواهر گسترش بیابان‌ناشی از کاهش بارش را محو نموده است. با بررسی میدانی محیط‌های دست‌نخورده در منطقه به طور کامل نقش کاهش بارش را در تضعیف و نابودی پوشش گیاهی، تخریب خاک و افت سفره‌های آب زیر زمینی و حاکمیت شرایط بیابانی را می‌توان احساس نمود.

منطقه را تعیین نمود و براساس شرایط فعلی و پتانسیل موجود آن نسبت به آینده پیش بینی و برنامه‌ریزی مناسب را انجام داد. تغییرات بارش و کاهش متوالی آن نسبت به میانگین با ایجاد شرایط شکننده محیطی زمینه ساز تداوم خشکی و تبدیل آن از یک ویژگی موقت اقلیمی به ویژگی دائمی شده و بروز شرایط بیابانی را دامن زده و یا آن را تشدید می‌نماید (کاویانی و همکار، ۱۳۸۵: ۲۳۹).

با توجه به ویژگی‌های عمده ی بارش از قبیل بارندگی سالانه، توزیع فصلی بارش و بالاترین بارش روزانه که در ایران از لحاظ زمانی و مکانی بسیار نامناسب توزیع شده است، ایران به ۶ ناحیه ی بارشی شامل: ۱- ناحیه ی خزر غربی ۲- ناحیه ی خزر شرقی ۳- ناحیه ی کردستان ۴- ناحیه ی آذربایجان و زاگرس ۵- ناحیه ی خراسان شمالی ۶- ناحیه داخلی تقسیم شده است.

از این جهت منطقه ی مورد مطالعه از نظر میزان بارش در ناحیه ی داخلی (۶) به عنوان خشکترین ناحیه ی کشور قرار دارد. میانگین بارش سالانه ناحیه داخلی ایران ۱۵۴ میلیمتر بر آورد شده است در حالی که این میانگین در استان یزد به ۶۱/۲ میلیمتر می‌رسد که ۲/۵ برابر کمتر از میانگین سالانه ی بارش ناحیه داخلی ایران است.

از ۵۰ سال بارش مورد مطالعه در ایستگاه سینوپتیک یزد، ۲۸ سال یعنی نزدیک به ۵۶ درصد از سال‌ها، بارش کمتر از میانگین سالانه بوده است. نکته قابل تأمل این که در بین ۵۰ سال داده‌های آماری

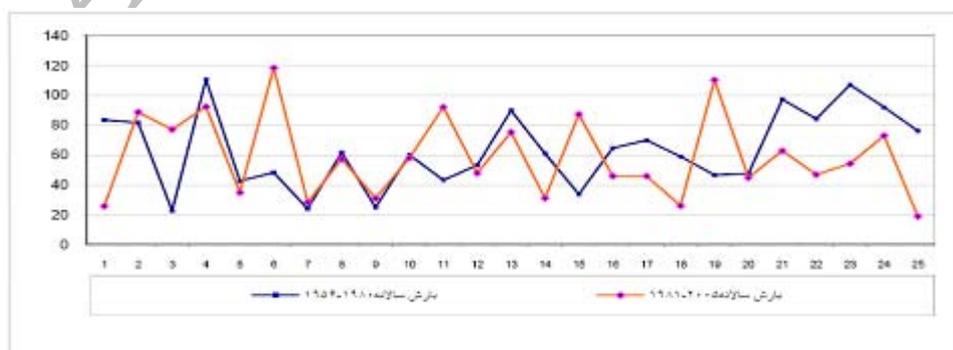


شکل ۱- نمودار روند بارش سالانه در دوره ی زمانی ۱۹۵۶ - ۲۰۰۵

کمتر از میانگین ۵۰ ساله کاهش یافته است. مقدار این کاهش به اندازه ای زیاد بوده که توانسته سیر صعودی بارش در ۲۵ سال ما قبل خود را خنثی نموده و روند بارش ۵۰ ساله را با سیری نزولی روبرو نماید. کاهش ۷/۵ درصدی میزان بارش سالانه نسبت به ۲۵ سال گذشته حداقل در افزایش شرایط خشکی و سایر فرایندهای مرتبط با آن در روند بیابان‌زایی می‌تواند موثر باشد. از طرفی در ۲۵ سال منتهی به سال ۱۹۸۰ سه سال بارش کمتر از ۴۰ میلیمتر و ۱۱ سال بارش کمتر از ۶۰ میلیمتر دیده می‌شود. در حالی که این عدد در ۲۵ سال منتهی به سال ۲۰۰۵ به ۶ سال برای بارش کمتر از ۴۰ و به ۱۵ سال برای بارش کمتر از ۶۰ میلیمتر افزایش پیدا می‌کند.

به منظور شناخت تغییرات بارش و تشدید شرایط خشکی به عنوان عامل زمینه ساز بیابان‌زایی در سال‌های اخیر با استفاده از دو زمان ۲۵ ساله به صورت دوره ای نیز مقایسه‌ای از سال ۱۹۵۶ تا سال ۲۰۰۵ به شرح شکل ۲ انجام و تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت و نتایج زیر به دست آمد.

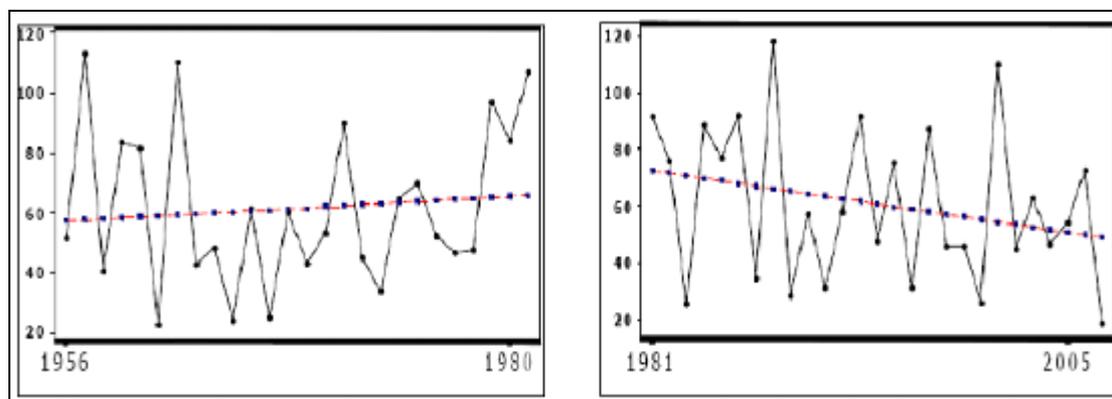
بررسی‌ها نشان داد میزان بارش در ۲۵ سال اخیر با میانگین ۵۹ میلیمتر به طور متوسط در حدود ۴/۴۵ میلیمتر یا ۷/۵ درصد نسبت به ۲۵ سال ما قبل خود کاهش یافته است. این بررسی نشان دهنده این نکته است که میانگین بارش منطقه در ۲۵ سال گذشته در حدود ۶۳/۵ میلیمتر بوده در حالی که میانگین بارش ۵۰ ساله برابر با ۶۱/۲ میلیمتر است. این میانگین در ۲۵ سال اخیر به عدد ۵۹ میلیمتر یعنی ۲/۲ میلیمتر



شکل ۲- نمودار تغییرات بارش در دو دوره ی زمانی ۱۹۵۶-۱۹۸۰ و ۱۹۸۱-۲۰۰۵

بررسی‌های انجام شده به صورت روندی نشان دهنده حرکت شرایط آب و هوایی به سوی خشکی بیشتر در حال حاضر و آینده است.

روند صعودی آرام میانگین بارش در دوره زمانی ۱۹۵۶-۱۹۸۰ و روند تند نزولی میانگین بارش در دوره زمانی ۱۹۸۱-۲۰۰۵ به شرح شکل ۳ بر اساس

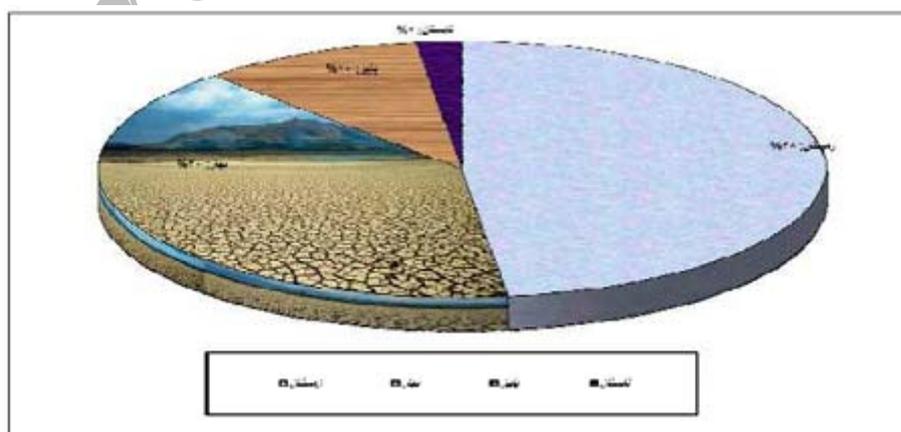


شکل ۳- نمودار روند بارش سالانه در دو دوره ۲۵ ساله

تضعیف و نابودی پوشش گیاهی و کاهش ذخایر آب‌های زیر زمینی و سطحی علاوه بر تأثیر مستقیم، زمینه ساز سایر عوامل انسانی موثر در روند بیابان‌زایی مانند فشار بر منابع آب با برداشت بیش از اندازه از سفره‌های زیر زمینی و افت سطح آب زیر زمینی نیز است. از بررسی میزان بارش فصلی منطقه به شرح شکل ۴ نتایج زیر به دست آمد.

#### ۲-۱- توزیع فصلی بارش

نوسان بارندگی در مناطق خشک نسبت به مناطق مرطوب و معتدل بسیار زیاد می‌باشد. توزیع فصلی بارش از آن جهت که می‌تواند در تأمین مستقیم یا غیر مستقیم آب مورد نیاز در زمان ضروری نقش داشته و بر روی پایداری اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری ایفای نقش نماید دارای اهمیت ویژه‌ای است. کاهش فصلی بارش در صورت تداوم چندین ساله از طریق

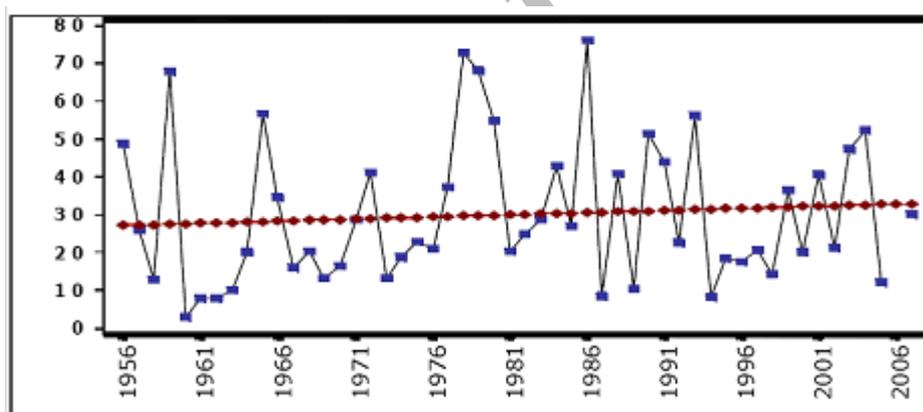


شکل ۴- توزیع فصلی بارش منطقه در دوره ۱۹۵۶-۲۰۰۵ به درصد

## ۱-۲-۱- فصل زمستان

بارش زمستانی به عنوان مهمترین منبع تأمین ذخایر آب سطحی و زیر زمینی در هر منطقه ای دارای ارزش حیاتی می باشد که تغییرات آن می تواند موجب تغییر در میزان آب ذخایر فصلی و دائمی شود. گرچه بارش زمستانی منطقه در طول دوره آماری ۵۰ ساله به شرح شکل ۵ دارای روند مثبت افزایشی است. اما نقش مثبت این روند در طول زمان بررسی از طریق افزایش تعداد روزهای بارانی و توزیع سهم کمتری از باران در تعداد روزهای بیشتری از این فصل عملاً خنثی و شرایط به نفع افزایش تبخیر و خشکی هوا شده است.

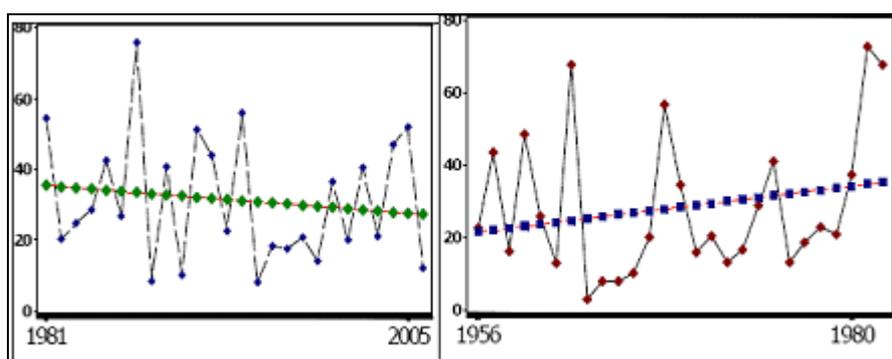
فصل زمستان با داشتن ۴۸ درصد از بارش سالانه، به عنوان پرباران ترین فصل با میانگین ۲۹/۹۳ میلیمتر، در منطقه به شمار می رود. بهار با اختصاص ۴۰ درصد از بارش سالانه و میانگین ۲۵/۱۱ به عنوان دومین فصل پرباران منطقه محسوب می شود. فصل پاییز با دریافت ۱۰ درصد از بارش سالانه منطقه و با میانگین ۵/۱۱ میلیمتر در طول دوره به همراه تابستان با دریافت ۲ درصد از بارش و میانگین ۰/۵۶ دو فصل خشک منطقه به شمار می روند. از این جهت می توان منطقه را به طور کلی دارای دو فصل نیمه خشک (زمستان و بهار) و دو فصل خشک (تابستان و پاییز) دانست.



شکل ۵- نمودار روند بارش فصلی زمستان در دوره ی زمانی ۱۹۵۶-۲۰۰۵

افزایش خشکی در سالهای اخیر و عدم تطبیق زمان بارش با نیازهای آبی گیاهان خودرو و دست کاشت بوده و از طرف دیگر به علت مقدار کم بارندگی روزانه نمی تواند به صورت بارش موثر تأمین کننده آب مورد نیاز گیاهان، و یا به عنوان آب ذخیره فصلی یا آب ذخیره ی دائمی قلمداد شود تا در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

به منظور شناخت بهتر تغییرات بارش فصلی زمستان در دوره ی آماری ۲۵ ساله ی منتهی به سال ۱۹۸۰ با میانگین ۲۹/۴۸ میلیمتر ضمن کاهش بارش نسبت به میانگین شاهد روند افزایشی بوده و در ۲۵ سال منتهی به سال ۲۰۰۵ با میانگین ۳۰/۳۸ میلیمتر ضمن افزایش ۷ درصدی بارش که به علت بارشهای سنگین در ابتدای دوره است نسبت به گذشته روندی کاهشی به شرح شکل ۶ دارد. این امر نشان دهنده

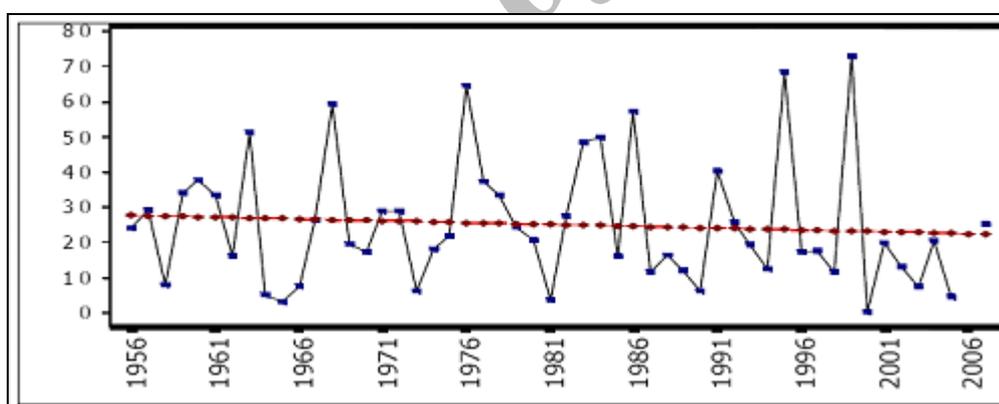


شکل ۶- نمودار روند بارش فصلی زمستان در دو دوره ی زمانی ۲۵ ساله

برابر عوامل فرسایشی زمینه ساز بیابان‌زایی، نظیر وزش باد و جابجایی ذرات خاک و فشار دام بر طبیعت دارد. بررسی روند تغییرات بارش بهاری در طول دوره ی آماری مورد مطالعه نشان داد که با شیبی بسیار ملایم به شرح شکل ۷ سیری نزولی دارد.

۱-۲-۲- فصل بهار

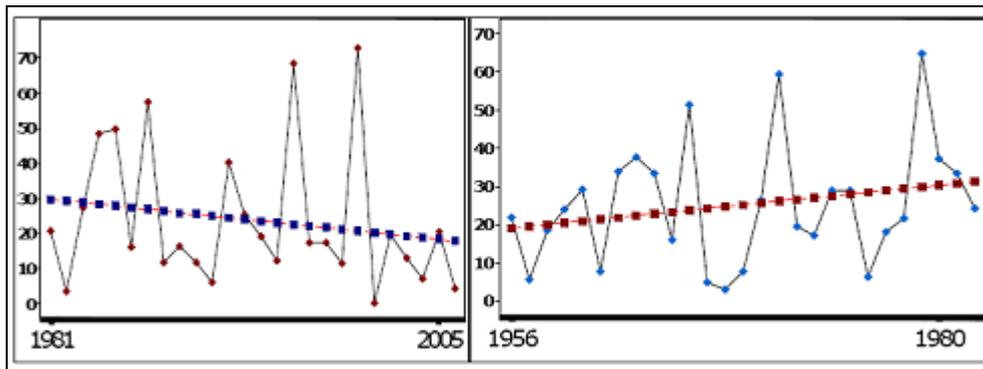
بارش‌های بهاری علاوه بر نقش برجسته در تأمین آب در مناطق مختلف، مهمترین نقش را در رویش و تداوم حیات گیاهان خودرو به عنوان تثبیت کننده خاک و تأمین علوفه برای دام و تأمین آب برای محصولات دیم از طریق پایداری رطوبت خاک در



شکل ۷- نمودار روند بارش فصلی بهار در دوره ی زمانی ۱۹۵۶-۲۰۰۵

های بهاری در دوره ی اخیر در حدود ۹ درصد نسبت به ۲۵ سال گذشته کاهش یافته است. شناخت این کاهش از این جهت دارای اهمیت است که بهار دومین فصل تأمین آب جهت ذخایر زیرزمینی و رویش گیاهان بوده و کاهش بارش اثرات منفی بر روی پایداری آنان بر جای می‌گذارد.

آشکارسازی تغییرات بارش‌های بهاری در دو دوره ۲۵ ساله به شرح شکل ۸ به صورت مقایسه‌ای نشان داد که این بارش‌ها در ۲۵ سال منتهی به سال ۱۹۸۰ با میانگین ۲۶/۲۶ میلیمتر دارای روندی صعودی بوده و در ۲۵ سال منتهی به سال ۲۰۰۵ با میانگین ۲۳/۹۶ میلیمتر دارای روندی نزولی است و این امر نشان دهنده این موضوع است که میزان بارش

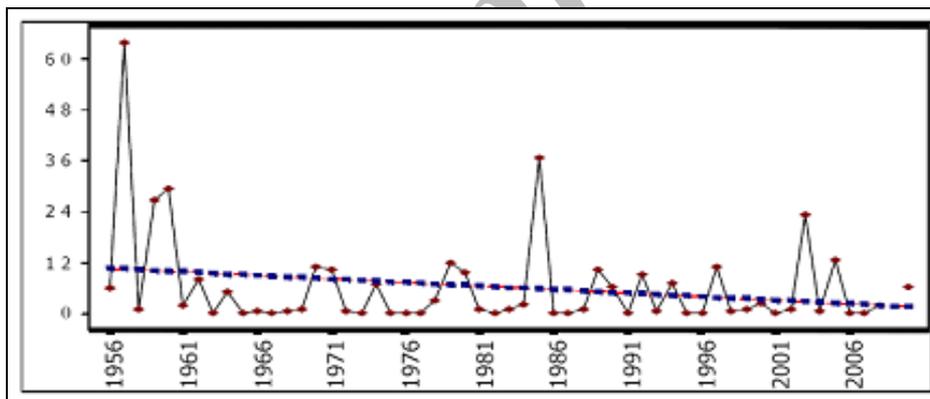


شکل ۸- نمودار روند بارش فصلی بهار در دو دوره‌ی زمانی ۲۵ ساله

حساب می‌آید ولی کاهش بارش آن می‌تواند موجب افزایش خشکی شود. بارش این فصل با دامنه تغییرات ۶۴ میلیمتری بین ۰ و ۶۴ میلیمتر در طول دوره‌ی آماری ۵۰ ساله با روندی نزولی به شرح شکل ۹ روبرو است.

۱-۲-۳- فصل پاییز

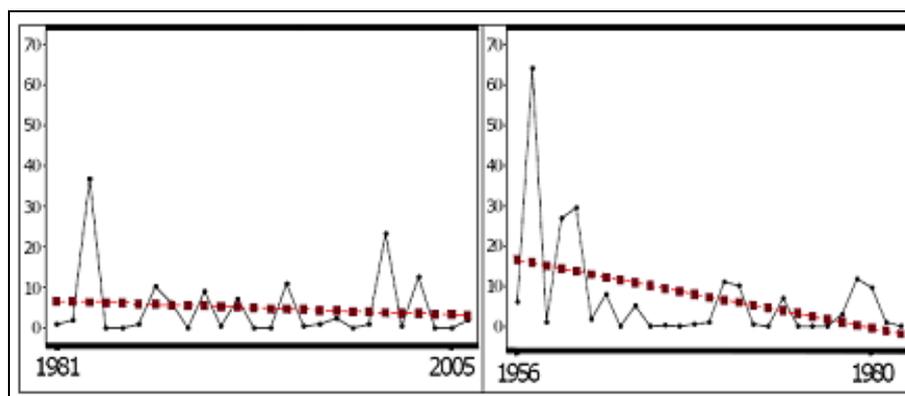
پاییز به عنوان سومین فصل منطقه از نظر مقدار بارش با اختصاص ۱۰ درصد از بارش سالیانه منطقه به خود و میانگین ۵/۱۱ میلیمتر در طول دوره‌ی آماری ۵۰ ساله گرچه از فصل‌های خشک و کم‌اثر به



شکل ۹- نمودار روند بارش فصلی پاییز در دوره‌ی زمانی ۱۹۵۶-۲۰۰۵

توجه به افزایش دما و گرمای باقی مانده از فصل تابستان امکان تراکم با رطوبت‌های کم در منطقه وجود ندارد. از این جهت فصل پاییز از نظر بارش در منطقه یک فصل تقریباً کم‌اثر محسوب شده و نمی‌تواند در معادلات اقلیمی نقش بارزی برای آن در نظر گرفت.

بررسی بارش پاییزی در دوره‌ی ۲۵ ساله منتهی به سال ۱۹۸۰ با میانگین ۵/۱۲ میلیمتر و در ۲۵ سال منتهی به سال ۲۰۰۵ با میانگین ۵/۱۰ میلیمتر نشان می‌دهد که هر دو سیری نزولی داشته ولی در ۲۵ سال اخیر نسبت به زمان مشابه ۲۵ سال ما قبل خود با ۱۰ درصد کاهش روندی نزولی به شرح شکل ۱۰ را نشان می‌دهد. این امر نشان دهنده آن است که با

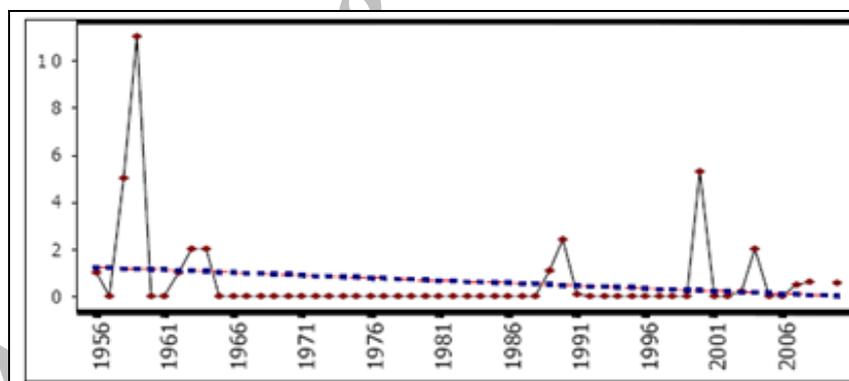


شکل ۱۰- نمودار روند بارش فصلی پاییز در دو دوره ی زمانی ۲۵ ساله

می‌رود. این فصل به طور عملی نقش کمتری در تأمین رطوبت مورد نیاز منطقه داشته و بارش آن با نوسان بسیار شدید در طول دوره ی آماری با دامنه تغییرات ۰ تا ۱۱ میلیمتر به شرح شکل ۱۱ با روندی کاهشی روبرو است.

#### ۱-۲-۴- فصل تابستان

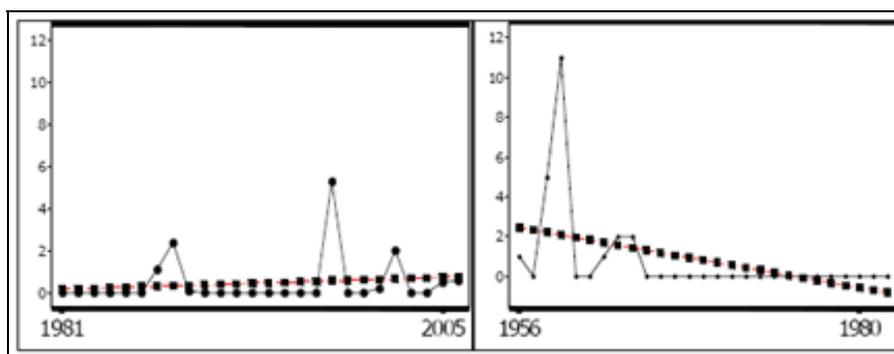
تابستان به عنوان چهارمین فصل از نظر مقدار بارش با اختصاص کمتر از ۲ درصد از بارش منطقه به خود و میانگین ۰/۵۶ میلیمتر بارش در طول دوره آماری ۵۰ ساله و کمتر از ۱۶ درصد از روزهای بارانی، خشکترین فصل سال در منطقه به شمار



شکل ۱۱- نمودار روند بارش فصلی تابستان در دوره ی زمانی ۱۹۵۶-۲۰۰۵

در فصل تابستان به داخل ایران باشد که منبع موثری در بارش نواحی داخلی ایران به شمار نمی‌رود. مقدار کم بارش همزمان با افزایش دما و تبخیر نمی تواند اثر مثبتی در اکوسیستم منطقه داشته و از این جهت فصل تابستان از نظر تأمین رطوبت مورد نیاز در منطقه یک فصل تقریباً بی اثر است.

بارش تابستانی در ۲۵ سال اخیر با میانگین ۰/۴۸ میلیمتر ضمن دنبال کردن روند صعودی بسیار کند، ۲۵ درصد از نظر میزان نسبت به ۲۵ سال گذشته با میانگین ۰/۶۴ میلیمتر کاهش به شرح شکل ۱۲ نشان می‌دهد. نوسان بارش های تابستانی می تواند به علت تغییر شرایط نفوذ و گسترش توده ی هوای موسمی



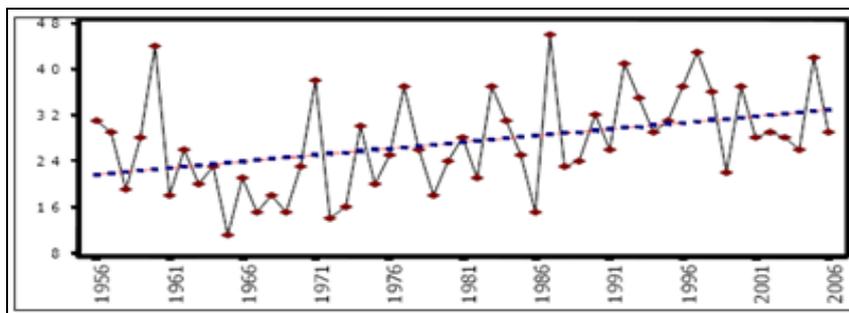
شکل ۱۲- نمودار روند فصلی بارش تابستان در دو دوره‌ی زمانی ۲۵ ساله

تعرق آن را از دسترس خارج می‌نماید. بررسی داده‌های آماری و نمودارهای بارش در طول دوره آماری ۵۰ ساله مورد مطالعه نشان داد که تعداد روزهای بارانی با میانگین سالانه‌ی ۲۷/۲۴ روز در وهله اول بسیار کم بوده و ثانیاً با دامنه تغییرات بسیار شدید ۳۵ روزه بین حد اقل ۱۱ و حد اکثر ۴۶ روز دارای بی‌نظمی شدید به صورت افزایش در دوره‌های خشکی و کاهش در دوره‌های مرطوب است.

از طرف دیگر روند تعداد روزهای بارانی در طول دوره‌ی مورد بررسی به شرح شکل ۱۳ افزایشی بوده در حالی که تعداد روزهای بارش‌های بین ۱ تا ۵ میلیمتر با میانگین ۱۳/۵ روز و بارش‌های بین ۵ تا ۱۰ میلیمتر با میانگین ۳/۵ روز دارای روندی کاهشی و بارش‌های بیش از ۱۰ میلیمتر با میانگین ۱/۲ روز سیری صعودی دارد.

### ۱-۳- تعداد روزهای بارانی

تعداد روزهای بارانی همراه با میزان بارش با توجه به نقشی که در توزیع بارش در محدوده‌ی زمانی و مکانی خاصی برعهده دارد از جهت تداوم تأثیرگذاری بارش جهت اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری و تأمین آب ذخیره‌ی فصلی و دائمی خاک دارای اهمیت است. افزایش یا کاهش تعداد روزهای بارانی به شرط ثابت بودن میزان بارش در طول یک دوره آماری بلند مدت می‌تواند شرایط محیطی و انسانی موثر در روند بیابان‌زایی را تشدید، تضعیف و یا کنترل نماید. در صورت ثابت ماندن و یا کاهش میزان بارش همراه با افزایش تعداد روزهای بارانی در محدوده‌ی زمانی و مکانی تعریف شده، باران کمتری در تعداد روزهای بیشتری به صورت تقریباً کم‌اثر باریده و با تسلط شرایط دمایی بر آن از طریق تبخیر و



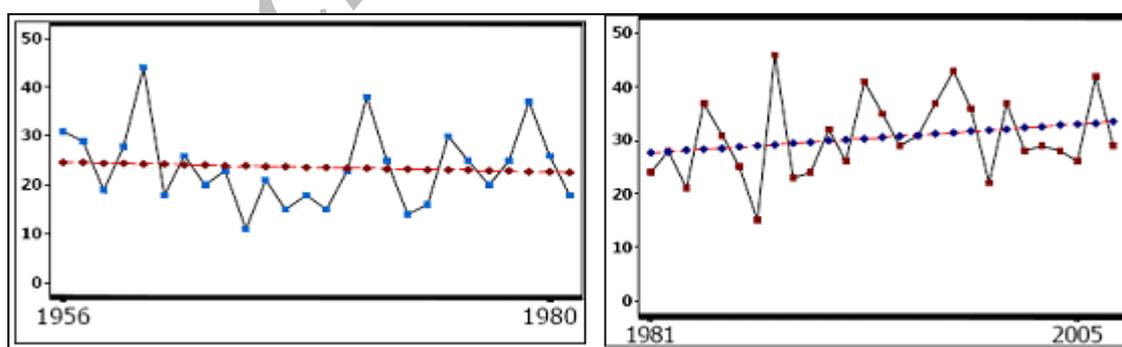
شکل ۱۳- نمودار روند تعداد روزهای بارانی در دوره‌ی زمانی ۱۹۵۶ - ۲۰۰۵

بارش از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۵ با نمودار تعداد روزهای بارندگی در همین دوره ی زمانی با میانگین ۳۰/۹۲ روز که نسبت به میانگین ۵۰ ساله ۳۱ درصد و نسبت به میانگین ۲۵ سال ماقبل خود ۳۴ درصد افزایش نشان می‌دهد این نتیجه حاصل می‌شود که در این مدت میانگین بارش سیرنزولی داشته در حالی که تعداد روزهای بارانی به شرح شکل ۱۴ افزایش یافته است.

کاهش میزان بارش در ۲۵ سال اخیر و افزایش تعداد روزهای بارانی در همین دوره زمانی بیانگر این نکته است که بارش کمتری در تعداد روزهای بیشتری از سال توزیع شده و سهم طبیعت از بارش موثر نسبت به گذشته کاهش نشان می‌دهد. همین امر می‌تواند موجب افزایش خشکی هوا و کاهش پوشش گیاهی و پیدایش شرایط شکننده ی محیطی موثر در فرایند بیابان زایی از طریق افت سفره های آب زیر زمینی به علت کاهش آب ورودی و فرسایش خاک شود.

این امر نشان دهنده این موضوع است که به طور میانگین، سالانه منطقه با تعداد ۱۷ روز یا ۶۲/۵۴ درصد از روزهای بارش بین ۱ تا ۱۰ میلیمتر و ۸/۷ روز یا ۳۳ درصد از روزهای بارش کمتر از ۱ میلیمتر و ۱/۲ روز یا ۴/۴۶ درصد، از روز های بارش بیش از ۱۰ میلیمتر رو به رو است. در نتیجه، مقدار کمتری باران در تعداد روزهای بیشتری از سال توزیع شده است و همین امر سبب شده است تا اثر رطوبتی کافی جهت رشد گیاهان تحت نام بارش موثر و تأمین آب ذخیره ی فصلی و دائمی از خود برجای نگذارد.

از مقایسه ی نمودار میانگین بارش از سال ۱۹۵۶ تا ۱۹۸۰ با نمودار تعداد روزهای بارندگی با میانگین ۲۳/۵۶ روز در همین دوره این نتیجه حاصل می‌شود که در این مدت میانگین بارش سیری صعودی داشته در حالی که تعداد روزهای بارانی به شرح شکل ۱۴ کاهش یافته است. این امر نشان دهنده این نکته است که در گذشته شاهد باران های سنگین تر و موثرتر نسبت به امروز بوده‌ایم. از مقایسه نمودار میانگین



شکل ۱۴- نمودار روند تعداد روزهای بارانی در دو دوره ی زمانی ۲۵ ساله

هیدروترمیک سلینینوف میانگین یزد در طی دوره آماری (۱۹۵۳-۲۰۰۵) و دو دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۵) و ۵ ساله (۲۰۰۰-۲۰۰۵) در جدول شماره ۱

#### ۱-۴- تحلیل آماری

نتایج حاصل از آزمون یک نمونه ای T-Student در رابطه با آزمون تفاوت میانگین ضریب

داشته است. بر اساس مقایسه دو دوره زمانی ابتدای سری زمانی (۱۹۶۳-۱۹۵۳) و دوره انتهایی (۲۰۰۵-۱۹۹۵) با آزمون‌های ناپارامتری من-ویتنی (U) و ویلکاکسون (W) معنی داری این تفاوت در سطح اطمینان ۹۳٪ تایید می‌گردد. جدول شماره ۲ نتایج این آزمون‌ها را نشان می‌دهد.

آمده است. بر اساس این نتایج تفاوت میانگین ضریب دوره ده ساله نسبت به میانگین کل دوره (۰/۳۴۳۳) در سطح اطمینان ۸۲/۵٪ تایید می‌گردد، اما تفاوت میانگین ۵ ساله آخر دوره در سطح اطمینان ۹۹٪ تایید می‌شود. بنابراین، خشکی فیزیکی و روند بیابان زایی طی سالهای اخیر به طور معنی داری روند افزایشی

جدول ۱- آزمون یک نمونه ای T بین دو دوره زمانی اخیر با میانگین شاخص هیدروترمیک ایستگاه یزد (میانگین ۰/۳۴۳۳)

میانگین	انحراف معیار	آماره T	درجه آزادی	سطح معنی داری	میانگین اختلاف	حدود اطمینان ۹۵٪ برای اختلاف میانگین‌ها
۲/۴۰۷	۰/۲۰۶	-۱/۵۸۲	۹	۰/۱۴۸	-۰/۱۰۳	۰/۰۴۴ -۰/۲۴۹
۰/۱۶۳۶	۰/۰۸۸	-۴/۵۶۶	۴	۰/۰۱۰	-۰/۱۸۰	-۰/۲۸۹ -۰/۰۷

جدول ۲- تفاوت شاخص هیدروترمیک دو دوره سری زمانی ایستگاه یزد بر اساس آزمون‌های ناپارامتری من-ویتنی و ویلکاکسون

میانگین رتبه	مجموع رتبه‌ها	آزمون من ویتنی (U)	آزمون ویلکاکسون (W)	Z	سطح معنی داری
۱۲/۹	۱۲۹	۲۶	۸۱	-۱/۸۱۴	۰/۰۷
۸/۱۰	۸۱				

## ۲- ناهنجاری‌های دمایی

### ۱-۲- دمای سالانه

جزء مناطق با بالاترین میانگین سالانه‌ی دما است خود نشان دهنده ویژگی خاص مناطق خشک و بیابانی است. تغییرات افزایشی دما در منطقه‌ای که دارای آستانه‌های بسیار پایین تحمل پذیری است می‌تواند با تغییر شاخص خشکی و افزایش آن موجب فراهم شدن شرایط جهت ایجاد بیابان‌زایی یا تشدید شرایط بیابانی شود.

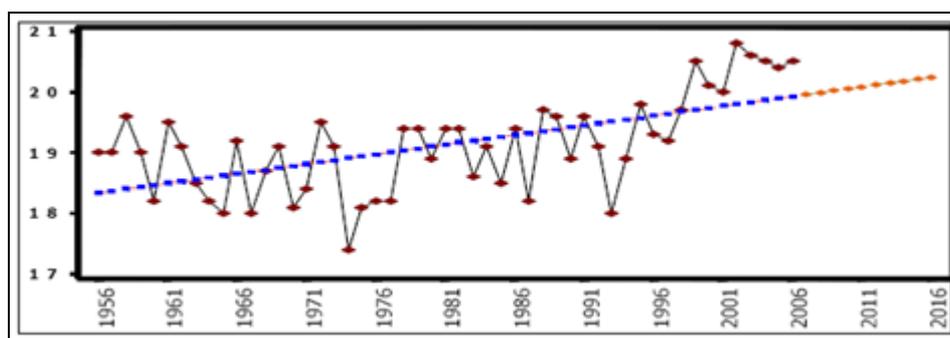
بررسی دمایی در طول دوره آماری ۱۹۵۶-۲۰۰۵ نشان دهنده آن است که دمای سالانه با میانگین ۱۹ درجه سانتیگراد و یک درجه بیشتر از میانگین ناحیه‌ای خود با دامنه‌ی تغییرات ۳/۴ درجه‌ای بین ۱۷/۴۰ درجه سانتیگراد و ۲۰/۸۰ درجه سانتیگراد است.

دمای هوا به عنوان نشانه‌ای از شدت گرما یکی از عناصر شناخت آب و هوای یک منطقه می‌باشد. با توجه به دریافت نامنظم انرژی خورشید به علت تفاوت شیب زمین و زاویه تابش، دمای هوا نیز در سطح زمین دارای تغییرات زیادی می‌باشد. شناخت این تغییرات از آن جهت دارای اهمیت است که میزان انرژی دریافتی از طرف خورشید به عنوان موتور محرکه عناصر اقلیمی به شمار رفته و خود زمینه‌ساز سایر تغییرات از جمله تغییرات میزان تبخیر و تعرق، سرعت باد و... است (علیزاده، ۱۳۸۲: ۷۸).

قرارگیری منطقه مورد مطالعه در محدوده نواحی با میانگین سالانه ۱۸ درجه سانتیگراد در کشور که

میانگین دیده می‌شود. روند افزایشی دما به عنوان یکی از عناصر اقلیمی موثر در خشکی و تشدید شرایط نامناسب در مناطق آسیب پذیر قابل تأمل است.

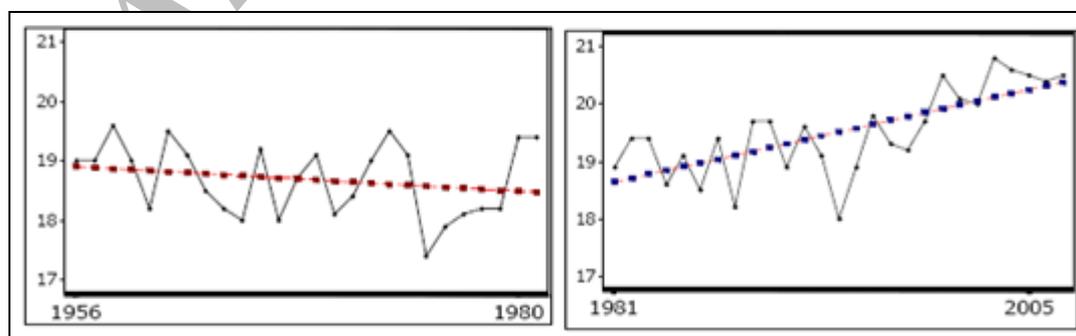
بررسی روند میانگین دما در دوره ۵۰ ساله به شرح شکل ۱۵ دارای سیر صعودی تندی همراه با بی نظمی است. در طول دوره بررسی ۲۲ سال دمای کمتر از میانگین و ۲۸ سال دمای بالاتر از



شکل ۱۵- نمودار روند میانگین دمای سالانه در دوره ی زمانی ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵

میانگین‌های دمایی به ۲۰ درجه سانتیگراد نرسیده است در حالی که در ۲۵ سال دوم ۸ سال متوالی در انتهای دوره دارای دماهای ۲۰ درجه و بیشتر می‌باشیم. از مجموع ۲۵ سال اول ۱۶ سال دماهای میانگین کمتر از میانگین کل دوره است در حالی که این عدد در ۲۵ سال دوم فقط به ۶ سال کاهش می‌یابد. نتایج بیانگر افزایش دما در دوره ی اخیر و مهیا شدن شرایط برای تشدید خشکی و ایجاد حساسیت‌های محیطی موثر در بیابان‌زایی است.

آشکار سازی تغییرات دمایی به صورت مقایسه‌ای در دو دوره زمانی ۲۵ ساله به شرح شکل ۱۶ انجام گرفت و این نتایج به دست آمد. در ۲۵ سال اخیر نسبت به دوره مشابه قبل افزایش دما در حدود ۰/۸ درجه ی سانتیگراد بوده و دارای روند تند صعودی است. بررسی نشان داد که میانگین دما در ۲۵ سال اول ۱۸/۷ درجه سانتیگراد بوده که این عدد در ۲۵ سال دوم به ۱۹/۵ درجه ی سانتیگراد افزایش یافته است. از طرف دیگر در ۲۵ سال اول هیچکدام از

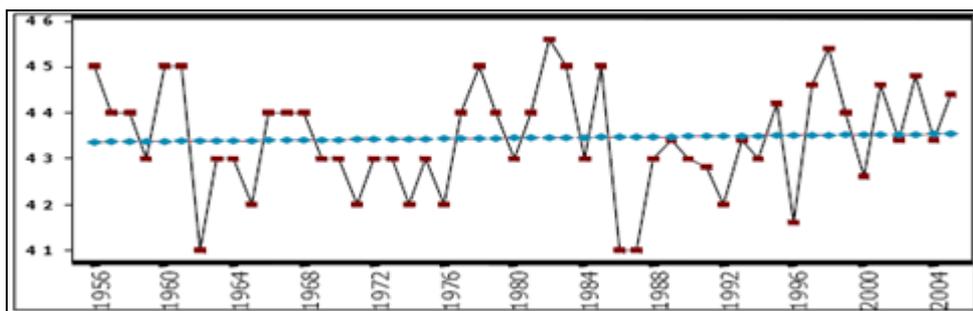


شکل ۱۶- نمودار روند میانگین دمای سالانه در دو دوره ی زمانی ۲۵ ساله

## ۲-۲- دمای حداکثر

است. شکل ۱۷ نشان می‌دهد که ۲۲ سال یا ۴۴ درصد از سال‌ها دارای دمای بیشتر از میانگین بوده است. ۱۴ سال دارای دمای بیش از ۴۴ درجه و ۲ سال دارای دمای بیش از ۴۵ درجه بوده و تنها ۳ سال حداکثر دماهای ثبت شده کمتر از ۴۰ درجه است.

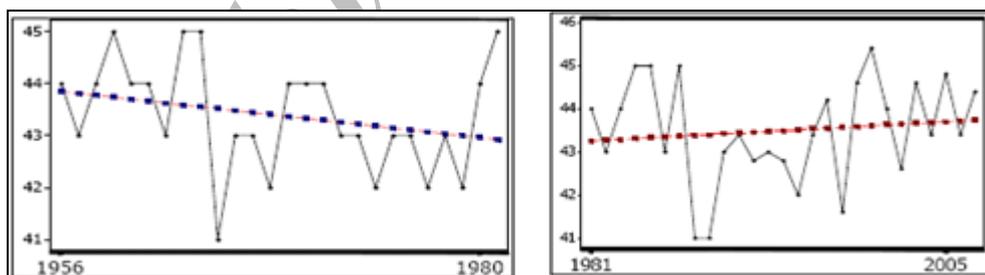
بررسی تغییرات حداکثر رکوردهای دمایی رخ داده در طول دوره آماری ۵۰ ساله با میانگین ۴۳/۴۴ درجه سانتیگراد و دامنه‌ی تغییرات ۴/۶ درجه‌ای بین ۴۱ تا ۴۵/۶ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته



شکل ۱۷- نمودار روند رکوردهای حداکثر دمای رخ داده در دوره‌ی زمانی ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵

به سال ۲۰۰۵ این روند با میانگین ۴۳/۵۲ درجه سانتیگراد ضمن افزایش میانگین دماهای حداکثر به میزان ۱ درصد سیری صعودی خود را دنبال می‌کند. نتیجه این که دماهای حداکثر نیز با روند افزایشی خود در دوره اخیر موجب افزایش گرما شده است.

بررسی روند رکوردهای دمایی سالانه در دو دوره ۲۵ ساله به شرح شکل ۱۸ نشان دهنده آن است که در ۲۵ سال منتهی به سال ۱۹۸۰ حداکثر دماهای رخ داده با میانگین ۴۳/۳۶ درجه سانتیگراد روندی نزولی را طی می‌نماید. در حالی که در ۲۵ سال منتهی



شکل ۱۸ نمودار روند رکوردهای حداکثر دمای رخ داده در دو دوره زمانی ۲۵ ساله

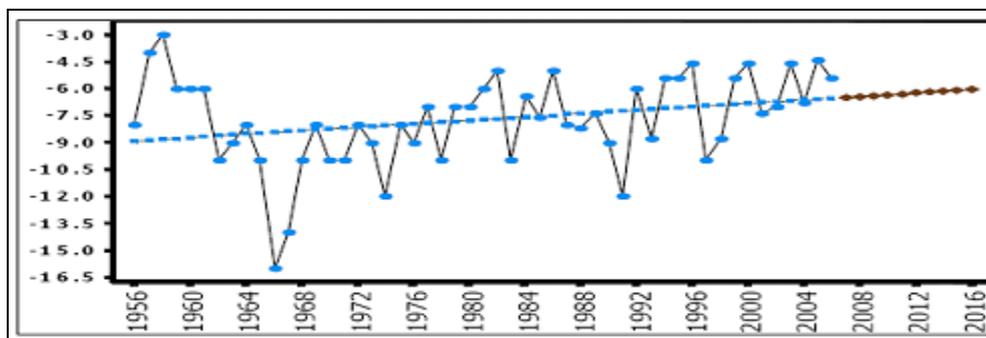
می‌باشد. تغییرات افزایشی یا کاهش دماهای حداقل اتفاق افتاده در منطقه می‌تواند نشان دهنده تغییرات دمایی به صورت مثبت یا منفی در روند تشدید یا تضعیف شرایط بیابانی در یک منطقه باشد.

## ۲-۳- دمای حداقل

بررسی رکوردهای دمایی حداقل رخ داده در طول دوره آماری ۲۰۰۵ - ۱۹۵۶ در منطقه نشان داد که دماهای حداقل با میانگین ۸- درجه سانتیگراد و دامنه تغییرات ۱۳ درجه‌ای بین ۳- و ۱۶- درجه سانتیگراد

مثبت حرکت نموده و همراه با کاهش اختلاف بین دماهای حداکثر و حداقل موجب افزایش دما در طول دوره شده است.

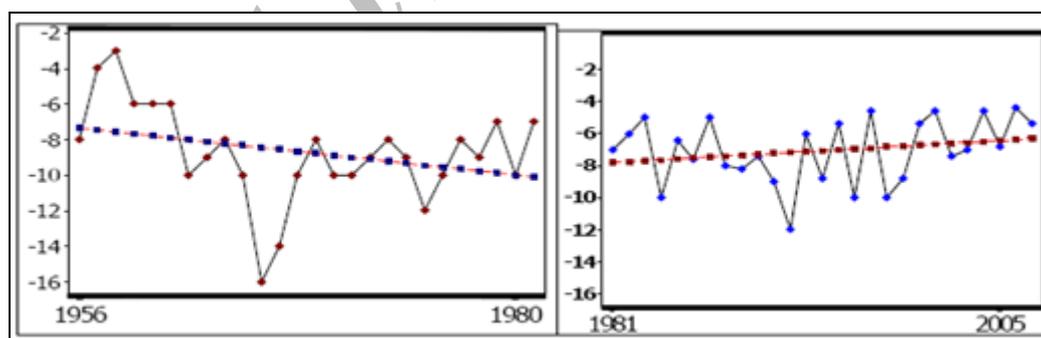
روند افزایشی دماهای حداقل به شرح شکل ۱۹ نشان دهنده آن است که دماهای حداقل هوا از اعداد منفی کوچکتر به سوی اعداد منفی بزرگتر و اعداد



شکل ۱۹- نمودار روند رکوردهای حداقل دمای رخ داده در دوره ی زمانی ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵

این رکوردها با میانگین ۷- درجه سانتیگراد سیری صعودی دنبال نموده است. افزایش ۲ درجه‌ای دماهای حداقل بیانگر گرم شدن منطقه در ۲۵ سال اخیر به همین میزان و فراهم بودن شرایط دمایی در تشدید فرایندهای بیابان‌زایی است.

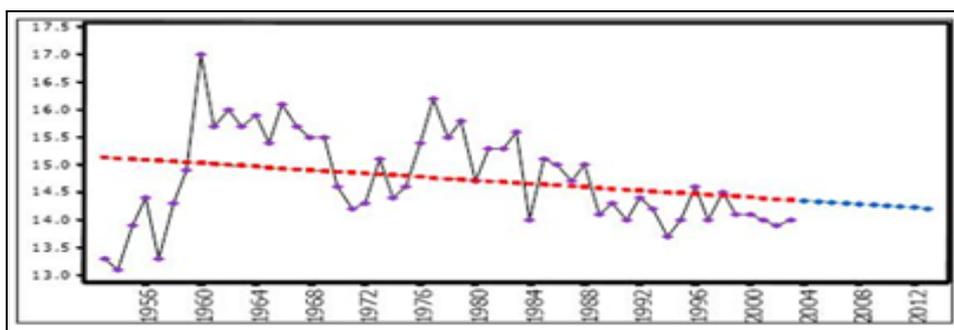
بررسی روند رکوردهای دمایی حداقل در دو دوره آماری متوالی ۲۵ ساله از سال ۱۹۵۶ تا سال ۲۰۰۵ در منطقه به شرح شکل ۲۰ نشان دهنده آن است که در ۲۵ سال منتهی به سال ۱۹۸۰ دماهای حداقل با میانگین ۹- درجه ی سانتیگراد سیری نزولی داشته است. در حالی که در ۲۵ سال منتهی به سال ۲۰۰۵



شکل ۲۰- نمودار روند رکوردهای حداقل دمای رخ داده در دو دوره ی زمانی ۲۵ ساله

یک طرف دماهای حداکثر دارای روندی صعودی بوده و از طرف دیگر دماهای حداقل دارای روندی صعودی که با کم شدن اختلاف بین این دو، هوا در حال گرمتر شدن است.

نتیجه به دست آمده از مقایسه ی وضعیت دماهای حداکثر و حداقل با همدیگر به شرح شکل ۲۱ نشان دهنده روند کاهشی و کم شدن اختلاف بین دماهای حداکثر و حداقل است. این به معنی آن است که از



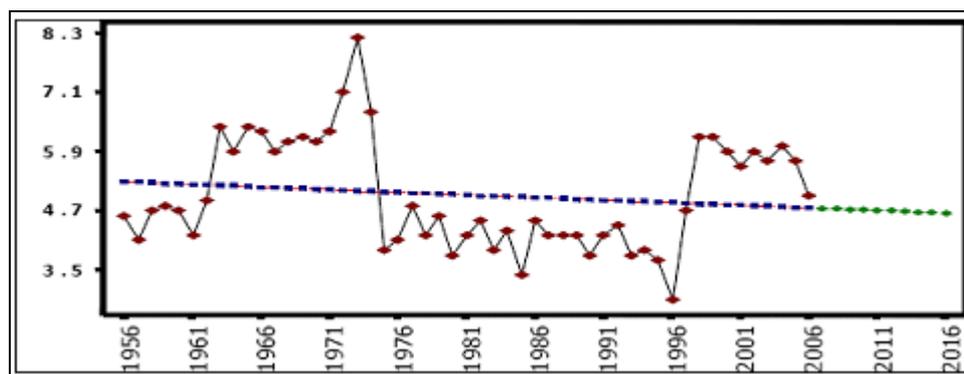
شکل ۲۱- نمودار تفاوت بین دماهای حداکثر و حداقل در دوره‌ی زمانی ۱۹۵۶-۲۰۰۵

### ۳- باد

باد یک کمیت برداری است که دارای دو مشخصه سرعت و جهت است که در ایجاد آن عوامل محلی، منطقه‌ای و سیاره‌ای نقش دارند. باد از جمله پارامترهای آب و هوایی است که به عنوان عامل اصلی فرسایش بادی و زمینه ساز افزایش خشکی در مناطق بیابانی از طریق انتقال رطوبت ناشی از تبخیر از روی سطوح تبخیر به بیرون از منطقه از آن یاد می‌شود. از این جهت بررسی آن می‌تواند به عنوان یک عامل اقلیمی در تشدید یا تضعیف شرایط بیابان‌زایی موثر باشد. باد به عنوان عامل اصلی فرسایش در مناطق بیابانی طی سه مرحله‌ی برداشت، حمل و رسوبگذاری فعالیت و اثرگذاری متفاوتی را از خود برجای می‌گذارد. شناخت هر یک از این مراحل می‌تواند در برنامه‌ریزی و موفقیت برنامه‌های مقابله با طوفان و ماسه‌های روان به عنوان یکی از بزرگترین معضلات مردم مناطق بیابانی موثر باشد. بهترین روش جهت کنترل این پدیده و موفقیت در مناطق حمل و رسوبگذاری شناخت مناطق برداشت است. بر اساس تحقیقاتی که در این زمینه توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع استان صورت گرفته است بخش‌هایی از انتهای خشک رودهای منطقه خضراآباد به همراه مناطق ندوشن، تفت و میبد از مهمترین

مناطق برداشت به حساب آمده که به دلیل نهشته‌های نسبتاً جدید و ریزدانه، در رسوبات بادی دشت یزد- اردکان موثرند. با توجه به این که باد به شدت تحت تأثیر توپوگرافی می‌باشد ایستگاه‌های بادسنجی باید در نزدیکی محل تپه‌های ماسه‌ای بوده تا بتوان درک درستی از رژیم باد در منطقه داشت. به علت نبود چنین امکاناتی در منطقه‌ی مورد مطالعه از داده‌های ایستگاه سینوپتیک یزد بهره‌برداری شده است.

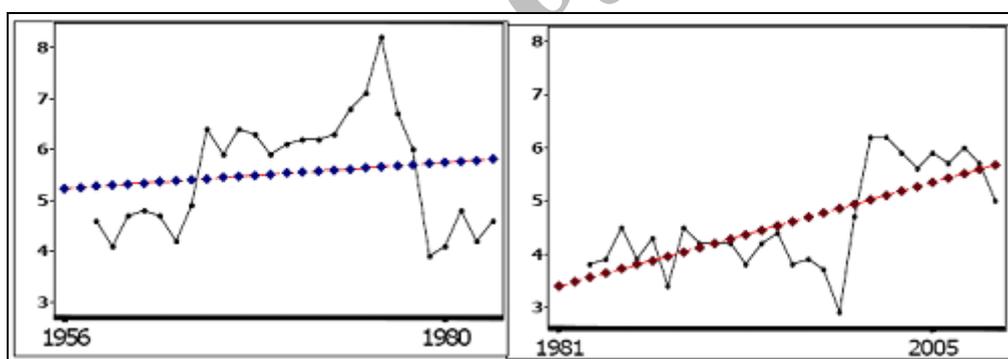
سرعت باد در دوره‌ی زمانی ۵۰ ساله با میانگین ۵/۱ نات در ساعت و دامنه‌ی تغییرات ۵/۳ نات بین ۲/۹ و ۸/۲ نات در ساعت دارای روند آرام نزولی به شرح شکل ۲۲ است. بررسی نمودار سرعت باد نشان می‌دهد که در دوره‌های خشکسالی با توجه به افزایش دما و تشدید ناپایداری هوا بر سرعت باد افزوده شده و میزان آن بالاتر از میانگین بوده و در دوره‌های ترسالی از سرعت آن کاسته شده است. عامل اصلی سیرنزولی روند میانگین سرعت باد در طول دوره ۵۰ ساله وجود یک دوره‌ی ترسالی پیوسته بین سال‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۹۲ به مدت ۲۰ سال در منطقه بوده که در کاهش سرعت باد نقش عمده‌ای داشته است. اگرچه در کاهش این سرعت نقش عوامل انسانی از طریق ایجاد بادشکن، تأسیسات و... را نیز نمی‌توان نادیده گرفت.



شکل ۲۲: نمودار روند میانگین سرعت باد (به نات) در دوره ی زمانی ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵

را دنبال می نماید. علت اصلی روند صعودی سرعت باد در ۲۵ سال اخیر با وجود کاهش میانگین نسبت به ۲۵ سال گذشته قرارگیری بخش عمده ای از این دوره در محدوده ی دوره ی ترسالی در ابتدای دوره و شروع دوره ی خشکسالی در ادامه ی آن تا پایان دوره است.

مقایسه باد در دو دوره زمانی ۲۵ ساله به شرح شکل ۲۳ نشان دهنده آن است که سرعت باد در ۲۵ سال منتهی به سال ۱۹۸۰ با میانگین ۵/۵ نات نسبت به میانگین ۰/۵ نات در ساعت یا ۱۰ درصد افزایش یافته است. اما در ۲۵ سال اخیر با میانگین ۴/۶۷ نات نسبت به میانگین دوره ۰/۳۳ نات یا ۶ درصد دارای سرعت کمتری بوده است ولی روند صعودی شدیدی



شکل ۲۳- نمودار میانگین سالانه ی سرعت باد (به نات) در دو دوره ی زمانی ۲۵ ساله

ماه به مدت ۸ ماه متوالی غالباً از شمال غرب بوده و در بقیه ماه‌های سال جهت شمال غرب و غرب در اولویت قرار دارد. جهت باد غالب در آذر ماه با بقیه ماه‌های سال تفاوت دارد. در این ماه حداکثر بادهای از سمت جنوب شرق (باد کرمانی) می وزد. این باد تأثیری در فرسایش بادی منطقه به طور مستقیم نداشته و تنها در تغییر شکل تپه‌های ماسه‌ای در دشت یزد- اردکان موثر است. بیشترین درصد فراوانی باد با

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت یزد- اردکان است و بادهای موثر در منطقه با بادهای موثر در دشت یزد- اردکان از لحاظ زمان و جهت وزش تفاوتی با هم ندارند. بادهای موثر در منطقه باد غربی، باد شمال غربی (اصفهانی) باد جنوب غربی (قبله) باد شرقی (کرمانی) باد شمال شرقی (خراسانی) نام دارند. بررسی گلبادهای ایستگاه سینوپتیک یزد نشان دهنده آن است که جهت وزش باد از بهمن تا شهریور

برخوردار است. بررسی‌های انجام شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع در سال ۱۳۶۸ با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک یزد در یک دوره‌ی زمانی ۲۴ ساله به شرح جدول ۳ نشان دهنده آن است که دوره‌های بازگشت بادهای استان با سرعت ۲۰/۵ متر بر ثانیه هر ۲ سال یکبار، با سرعت ۲۶ متر بر ثانیه هر ۵ سال یکبار، با سرعت ۳۳ متر بر ثانیه هر ۲۰ سال یکبار، با سرعت ۳۷/۵ متر بر ثانیه هر ۵۰ سال یکبار و با سرعت ۴۱ متر بر ثانیه هر ۱۰۰ سال یکبار در استان است. شدیدترین بادی که در منطقه با دوره بازگشت ۵ ساله اتفاق افتاده ۲۶ متر بر ثانیه بوده است.

سرعت زیاد از سمت غرب و شمال غرب است. اما شدیدترین باد بیشتر از سمت جنوب و غرب است. ناآرام‌ترین ماه‌های سال در منطقه فروردین، اردیبهشت و خرداد و آرامترین ماه‌های سال مهر، آبان و آذر است. این عامل نشان دهنده این نکته است که منشاء بادهای شمال غرب و جنوب شرق از یکدیگر مستقل بوده و با افزایش یکی عملکرد دیگری در منطقه کاهش می‌یابد. با توجه به این که سرعت باد در محاسبات طرح‌های مقابله با فرسایش بادی کاربرد دارد شناخت و دوره‌های بازگشت آن از اهمیت ویژه‌ای

جدول ۳- دوره‌های بازگشت حداکثر سرعت بادهای منطقه

دوره‌ی برگشت به سال	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲
حد اکثر سرعت m/s	۴۱	۳۷/۵	۳۳	۲۹	۲۶	۲۰/۵

بادهای پس از عبور روی زمین‌های حساس می‌توانند به عنوان یک عامل فرساینده عمل نموده و در ایجاد اشکال مورفولوژی بادی در درون و بیرون از منطقه موثر باشند.

بررسی‌های انجام شده به شرح جدول ۴ نشان دهنده آن است که که بادهای شمال غرب تا جنوب غرب که در اصطلاح محلی به بادهای اصفهانی، غربی و قبله مشهورند و علاوه بر دارا بودن بیشترین فراوانی از سرعت و شدت بیشتری نیز برخوردار است. این

جدول ۴: فراوانی بادهای موثر در منطقه بر حسب جهت ۱۳۷۵-۱۳۸۴

جهت	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	جمع
فراوانی	۱	-	۱	۴	۱	۱۰	۱۶	۱۵	۴۸
درصد	٪۲	-	٪۲	٪۸/۴	٪۲	٪۲۱	٪۳۳/۳	٪۳۱/۳	٪۱۰۰

سنجی ایستگاه‌های منطقه از این نظر دارای ضعف بارزی است. انجام اقدامات جدی در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. یکی از شاخص‌های مورد

از آن جایی که در مسائل فرسایش بادی و جابجایی تپه‌های ماسه‌ای، پارامترهای شدت-مدت و فراوانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و آمار باد

محدوده دشت یزد- اردکان به شرح جدول ۵ این کار صورت گرفته و نتایج زیر به دست آمده است (احمدی، ۱۳۸۵: ۴۲۸).

استفاده در شناسایی بادهای شدید در مناطق بدون بادنگار، حاصل ضرب سرعت متوسط در فراوانی باد است. به این منظور در دوره آماری ۱۳۵۱-۱۳۶۱ در

جدول ۵- تعیین شاخص باد شدید بر اساس درصد فراوانی و سرعت متوسط

جهت	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
درصد فراوانی	۲/۵	۱/۵	۲/۸	۷/۴	۱/۲	۷/۳	۱۰/۱	۱۲/۲
سرعت متوسط	۴/۹	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۶	۵	۵/۱	۵/۴
شاخص باد شدید	۱۲/۲۵	۶/۳	۷/۱	۳۲/۵	۵/۵	۳۶/۵	۵۱/۵	۶۵/۸

مهمترین عوامل اقلیمی که تعیین کننده بسیاری از ویژگی‌های هر منطقه ای به شمار می رود ضمن دنبال نمودن روند نزولی در طول دوره دارای تغییرات ملموسی در دو دوره ی زمانی ۲۵ ساله است. از مقایسه این تغییرات چنین نتیجه گیری می شود که بارش ۲۵ سال اخیر به میزان ۴/۴۵ میلیمتر نسبت به گذشته کاهش یافته است. کاهش ۷/۵ درصدی بارش در دوره اخیر نسبت به دوره مشابه گذشته خود بدون در نظر گرفتن اثرات ترکیبی و تشدید کننده روی سایر عوامل، حداقل به همین میزان در خشکی هوا و خاک و نتایج منفی ناشی از آن به علت فشار انسان بر طبیعت موثر بوده است. در این ارتباط بررسی بارش های فصلی نیز نشان داد که بارش زمستانی در ۲۵ سال اخیر نسبت به گذشته افزایش یافته است ولی میزان اثرگذاری آن از طریق افزایش تعداد روز های بارانی در همین مدت به شدت تضعیف شده است. بارش های بهاری در دوره ی اخیر نسبت به دوره ی مشابه قبلی خود ۹ درصد کاهش یافته و عملاً با

داده‌های جدول ۳ نشان دهنده آن است که شدیدترین بادهای بر اساس جهت جغرافیایی به ترتیب از جنوب غرب، غرب و جنوب شرق است و کمترین بادهای شدید از نظر فراوانی از سمت جنوب است. بررسی گلبادهای ایستگاه سینوپتیک یزد نیز نشان دهنده آن است که بادهای غالب منطقه به ترتیب از جهت شمال غربی و غرب بوده و باد موثر در فرسایش بادی و ایجاد گرد و خاک به علت وجود مناطق برداشت ماسه در شمال غرب دشت یزد- اردکان عمدتاً از شمال غرب است. با شناسایی جهت شمال غرب و غرب به عنوان جهات اصلی وزش باد می توان به مکان یابی درستی از مناطق برداشت باد نیز دست یافت.

### نتیجه گیری

به منظور دستیابی به میزان نقش هر یک از پارامتر های اقلیمی در تشدید فرایندهای موثر در بیابانزایی، داده‌های دوره ی ۵۰ ساله به دو دوره ۲۵ ساله تقسیم و تغییرات آن مشخص گردید. بارش به عنوان یکی از

بیابان‌زایی طی سال‌های اخیر به طور معنی‌داری روند افزایشی داشته است. بر اساس مقایسه دو دوره زمانی ابتدای سری زمانی (۱۹۶۳-۱۹۵۳) و دوره انتهایی (۲۰۰۵-۱۹۹۵) با آزمون‌های ناپارامتری من-ویتنی (U) و ویلکاکسون (W) معنی‌داری این تفاوت در سطح اطمینان ۹۳٪ تایید می‌گردد.

روند افزایشی تند میانگین دمای سالانه و تغییرات افزایشی آن در دو دوره ۲۵ ساله چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در ۲۵ سال اخیر دما از ۱۸/۷ به ۱۹/۵ درجه و نزدیک به ۱ درجه‌ی سانتیگراد افزایش یافته است. و در ۸ سال منتهی به سال ۲۰۰۵ هیچکدام از دماهای میانگین سالانه کمتر از ۲۰ درجه نبوده است. افزایش ۱ درجه‌ای دمای میانگین را در بسیاری از موارد به عنوان تغییر اقلیم از آن یاد شده است و به دنبال آن با اثر پذیری سایر پارامترها مرتبط با دما تشدید شرایط موثر در فرایند بیابان‌زایی امری حتمی است. از طرف دیگر با افزایش ۱ درجه‌ای دما و ۲ برابر شدن گنجایش رطوبتی جو که در صورت نبود رطوبت، خشکی هوا را دو برابر می‌نماید، می‌توان گفت که تنها با استفاده از همین تغییر و ناهنجاری‌های اقلیمی ناشی از آن، دما از عوامل اصلی تشدید شرایط نامناسب محیطی از جمله خشکی و بیابان‌زایی است.

روند افزایشی دماهای حداقل در طول دوره و بررسی رکوردهای حداقل دما در دو دوره ۲۵ ساله به این نتیجه می‌رسیم که در ۲۵ سال گذشته هیچ کدام از سال‌ها این عدد از ۶- درجه کمتر نشده است. در حالی که در ۲۵ سال منتهی به سال ۲۰۰۵ تعداد ۹

افزایش خشکی خاک، شرایط را برای رویش و تداوم حیات گیاهان با مشکل روبرو نموده و با کاهش رویش، زمینه ساز شرایط بیابانی از جمله کاهش مقاومت خاک و افزایش تخریب آن شده است.

روند افزایشی تعداد روزهای بارانی با وجود کاهش میزان بارش از اثرگذاری بارش در منطقه کاسته است. از طرف دیگر بررسی مقایسه‌ای تعداد روزهای بارانی در دو دوره ۲۵ ساله نشان دهنده این نکته است که تعداد روزهای بارانی در دوره‌ی اخیر نسبت به دوره‌ی مشابه ما قبل خود در حدود ۳۴ درصد افزایش یافته درحالی که مقدار بارش دریافتی در دوره‌ی اخیر روندی کاهشی نشان می‌دهد. این درحالی است که در دوره‌ی آماری ۱۹۸۰-۱۹۵۶ تعداد روزهای بارانی کمتر و مقدار بارش بیشتر بوده است. در نتیجه با کاهش اثر بارش در دوره‌ی اخیر نسبت به گذشته به علت افزایش تعداد روزهای بارانی شرایط بیابانی در منطقه تشدید شده است.

اگر بتوانیم بارش‌های بیشتر از ۱۰ میلیمتر را بارش موثر بدانیم در طول دوره‌ی آماری با اختصاص ۶/۴۶ درصد از تعداد روزها روند افزایشی داشته اما روند کاهشی بارش‌های ۱۰-۵ و ۵-۱ میلیمتر روندی کاهشی را نشان می‌دهد. نتیجه این که سهم زمانی بارش منطقه کاسته شده است.

بر اساس محاسبات انجام شده، تفاوت میانگین ضریب دوره ده ساله نسبت به میانگین کل دوره (۳۳۳/۰) در سطح اطمینان ۸۲/۵٪ تایید گردید، اما تفاوت میانگین ۵ ساله آخر دوره در سطح اطمینان ۹۹٪ تایید می‌شود. بنابراین، خشکی فیزیکی و روند

## منابع

احمدی، حسن، ۱۳۸۵، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲، بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران

احمدی، حسن و سعید مهاجر، ۱۳۸۲، بررسی و تحلیل عوامل موثر در شدت بیابان زایی و ارائه ی مدل منطقه ای (مطالعه ی موردی منطقه ی بیجار) بیابان جلد ۸، ص ۲۹۰-۲۷۷

اختصاصی، محمد رضا و همکاران، ۱۳۸۶، تغییر شاخص های اقلیمی زنگ خطر بیابان زایی، مجله جنگل و مرتع، شماره ی ۷۴، ص ۷-۱۱

اکبری، مرتضی، ۱۳۸۲ ارزیابی و طبقه بندی بیابان زایی با تکنیک RS, GIS در منطقه ی خشک شمال اصفهان، پایان نامه ی کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده ی منابع طبیعی، دانشگاه اصفهان امیدوار، کمال، ۱۳۸۵، بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان های ماسه در دشت یزد - اردکان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۸۱، ص ۴۳ تا ۴۸.

انجم شعاع، رضا، ۱۳۷۷، بررسی عوامل بیابان زایی و ارائه ی شیوه های بیابان زدایی در شهداد کرمان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران

بنی واهب، علیرضا و بهلول علیجانی، ۱۳۸۴، بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل های آماری، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۲، صص ۳۳ تا ۴۵.

سال دارای رکورد حداقل دمایی کمتر از ۶- است. گرایش دماهای حداقل به طرف عددهای منفی کوچکتر بدان معناست که هوا در دوره اخیر نسبت به دوره ی مشابه قبلی خود گرمتر شده است. از طرف دیگر روند افزایشی حداکثر دماهای رخ داده در طول دوره و مقایسه ی آن در ۲۵ دو دوره ۲۵ ساله نشان داد که در ۲۵ سال منتهی به ۱۹۸۰ تنها ۴ مورد رکورد بالاتر از ۴۴ درجه رخ داده است در حالی که این عدد در ۲۵ سال اخیر به ۹ مورد افزایش یافته است. این تغییر خود بیانگر گرمتر شدن هوا است. کاهش اختلاف بین دماهای حداکثر و حداقل نشانه ی تشدید ناهنجاری های اقلیمی ناشی از دما به نفع شرایط بیابانی است.

با مقایسه ی سرعت باد و بارش سالانه به این نکته می توان دست یافت که در تمام دوره های خشکسالی سرعت باد افزایش یافته و از این طریق با انتقال اندک رطوبت منطقه از روی سطوح تبخیر و افزایش تبخیر و تعرق بر خشکی شرایط افزوده است. از طرف دیگر در تمام دوره های ترسالی از سرعت باد کاسته شده است که خود دلیلی بر تعادل بیشتر دمایی از طریق جذب گرما به صورت گرمای نهان بخار آب است. با توجه به سیر نزولی بارش در ۲۵ سال اخیر و سیر صعودی سرعت باد در همین مدت و قرار داشتن منطقه در دوره ی زمانی خشکسالی متوالی ۹ ساله بر اساس میانگین متحرک ۷ ساله در صورت تداوم به تدریج بر خشکی منطقه به عنوان نشانه ای از شرایط بیابانی افزوده خواهد شد.

منطقه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده

منابع طبیعی، دانشگاه تهران

عزیزی، قاسم و عزت‌الله صفرخانی، ۱۳۸۱، ارزیابی

خشکسالی و تأثیر آن بر عملکرد گندم دیم در

استان ایلام با تأکید بر خشکسالی‌های اخیر (۷۹ ف

۱۳۷۷)، مجله مدرس، دوره ۶، شماره ۲.

علیزاده، امین، ۱۳۸۲، اصول هیدرولوژی کاربردی،

چاپ شانزدهم، انتشارات دانشگاه امام

رضا، ۲۳۳.

کاویانی، محمد رضا، و بهلول علیجانی، ۱۳۸۵، مبانی

آب و هواشناسی، چاپ دوازدهم، انتشارات

سمت

مشکوه، محمد علی، ۱۳۷۷، روش موقت ارزیابی و

تهیه نقشه‌ی بیابان‌زایی، (ترجمه) انتشارات

موسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

مقصودی، محمد، ۱۳۷۹، کاربرد GIS و سنجش از دور

در شناخت بیابان‌زایی (ترجمه) (مطالعه‌ی

موردی پاتاگونیای آرژانتین) نشریه‌ی نقشه

برداری، سال ۱۱ شماره ۴

Kharin, Na, 1985, Methodology Principles of Desertification Assessment and Mapping ashkbad

Lin, Guanghui, 2002; Dust bowl in the 1930' sand storms in the USA, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations

Nicholas P. Webb , Hamish A. McGowan, Stuart R. Phinn and Grant H. McTainsh, 2006, AUSLEM (Australian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia, Geomorphology, volume 78, pp 179-200.

Squires, Victor, R. 2002, Dust and sand storms: An early warning of impending disaster,

جعفری، رضا، ۱۳۸۰، ارزیابی و تهیه نقشه بیابان

زایی با تحلیل و بررسی روش‌های FAO-

UNEP, ICD در منطقه کاشان، پایان‌نامه‌ی کار

شناسی ارشد دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه

تهران

جوادی، محمد رضا، ۱۳۸۳ بررسی عوامل موثر در

افزایش شدت بیابان‌زایی و ارائه‌ی مدل منطقه‌ای

بیابان‌زایی در استان کرمان (مطالعه‌ی موردی

حوزه‌ی آبخیز ماهان) پایان‌نامه‌ی کارشناسی

ارشد بیابان‌زایی دانشکده‌ی منابع طبیعی،

دانشگاه تهران

ذبیحی اسرمی، علیرضا، ۱۳۸۰، بررسی عوامل بیابان

زایی غرب دریاچه نمک قم و روش‌های کنترل

آن، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه

مازندران

رزاقی، محمد حسین، ۱۳۸۶، بیابان‌زایی و تغییر اقلیم

یک روح در دو بدن، جنگل و مرتع شماره ۷۴،

ص ۶-۴

رفیعی امام، عمار، ۱۳۸۲، بررسی بیابان‌زایی دشت

ورامین با تکیه بر مسائل آب و خاک، پایان‌نامه

کارشناسی ارشد رشته مدیریت مناطق بیابانی،

دانشگاه تهران

زهتابیان، غلامرضا و عمار رفیعی امام، ۱۳۸۲، ESA.

روشی جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه‌ی

حساسیت مناطق به بیابان‌زایی، بیابان، جلد ۸، ص

۱۲۱-۱۲۶

عباس‌آبادی، م، ۱۳۷۸، ارزیابی کمی بیابان‌زایی در

دشت آق‌لا فگمیشان جهت ارائه‌ی یک مدل

Youlin, Yang, 2002; Black windstorm in northwest China: A case study of the stormy sand-dust storms on May 5<sup>th</sup> 1993, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations.

Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations.  
Torio, E.M., Zuidam, R.A., 1998, Remote Sensing Synergism and Geographical Information System for Desertification Analysis: an example from North West Patagonia

Archive of SID