

## بررسی پدیده تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر کاربری اراضی طبیعی حوضه آبریز گرگان رود

سیده شعله حسینی<sup>۱</sup>، حمیدرضا غفارزاده<sup>۲</sup>، زهرا عابدی<sup>۳</sup>، نیما شیری<sup>۴\*</sup>

۱. کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات

۲،۳. عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

۴. کارشناس ارشد پردیس علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۳۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۶/۱۶)

### چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی پدیده تغییر اقلیم در حوضه آبریز گرگان رود- قره سو و تأثیرات این پدیده بر تغییر کاربری اراضی آن و بیان رهنمود مؤثر در مدیریت و حفظ کاربری اراضی طبیعی منطقه است. تجزیه و تحلیل داده های بارش، دمای متوسط و رطوبت نسبی ۹ ایستگاه سینوپتیک این حوضه، با پایه زمان مشترک سی ساله، برای بررسی همگنی داده ها، تعیین روند تغییرات و SPI صورت گرفت. علاوه بر این، برای رقوم سازی نقشه ها، تهیه نقشه های خروجی و مقایسه تغییرات درصد کاربری اراضی از نرم افزارهای Arc GIS و ILWIS 3.3 استفاده شد. یافته ها نشان داد که با گذشت سال های آماری مطالعه شده (۳۰ سال)، مقدار بارندگی به جز نواحی مرکزی این حوضه، به طور سالیانه افزایش داشته و در بیشتر ایستگاه های این حوضه وضعیت رطوبتی بهبود یافته و فراوانی سال های پرباران و مرطوب از دو دهه پیش تا حد زیادی بیشتر شده است. بر اساس نوسانات فصلی دما تغییرات صعودی دما در نیمه شرقی حوضه در حال افزایش و در بخش های مرکزی و غربی در حال کاهش بوده است. همچنین تغییرات صعودی رطوبت در بخش شرقی و همچنین بخش غربی حوضه در حال افزایش بوده، ولی به طور پراکنده روندهای نزولی رطوبت هوا در قسمت های مختلف این حوضه دیده شده است. یافته های حاصل از نقشه ها نشان داد که تغییرات در این دامنه زمانی به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی، و همچنین افزایش اراضی زراعی- باغی و زمین های بایر در سطح حوضه پیش رفته است. وقوع خشکسالی در برخی قسمت های این حوضه به شکلی سالانه یا فصلی است که نشان دهنده اثر تغییرات اقلیمی بر تغییر کاربری اراضی است.

**کلیدواژگان:** تغییر اقلیم، حوضه آبریز گرگان رود، کاربری اراضی، SPI.

## ۱. مقدمه

خطرات ناشی از اثر گلخانه‌ای و تغییر اقلیم می‌شود (Soleymani & Azmodeh, 2010). تغییر اقلیم در تغییرات کاربری اراضی و همچنین تغییرات کربن اثرگذار است. تغییر اقلیم می‌تواند ذخیره کربن زمین را مانند دما و بارش تغییر دهد و محرکی برای تغییر کاربری اراضی باشد. توسعه اقتصادی و تبعات آن مثل تخریب اراضی (چرای بیش از حد دام، جنگل‌تراشی که منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی خاک شده)، رهاسازی مواد آلاینده در دریاها، بهره‌برداری بیش از اندازه از آبزیان، شکار، بهره‌برداری بیش از اندازه از آب‌های شیرین، تأثیر فراوانی بر گونه‌های گیاهی و جانوری دریاها و خشکی‌ها گذاشته است. تغییرات سریع در بهره‌برداری از اراضی، آبیاری گسترده غیرعلمی و غیرفنی اراضی، بهره‌برداری متمرکز و بیش از اندازه از مراتع، جمع‌آوری گیاهان دارویی و غذایی، احداث سد و سوزاندن درختان، تنوع زیستی مناطق خشک آسیای مرکزی و از جمله ایران را به مخاطره انداخته است (Alijani & Ghavidel Rahimi, 2005). به علاوه تغییر اقلیم بر بیوماس جنگل‌ها به‌منزله یک منبع مهم ذخیره کربن و گرمایش گلخانه‌ای، اثرگذار است (Fearnside, 2004). تغییر جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی امروزه به یکی از نگرانی‌های درخور توجه در سراسر جهان، در زمینه تخریب محیط‌زیست و تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده است. کاربری اراضی طبیعی و اقلیم منطقه، با یکدیگر یک سیستم پس‌خورنده چرخه‌ای را به وجود می‌آورند و در صورتی که کاربری اراضی طبیعی یک منطقه به دلایل مختلف از بین برود، شرایط آب‌وهوایی خاصی در محل به وجود می‌آید که بازگرداندن آن پوشش گیاهی خاص یا هر کاربری طبیعی دیگر زمین‌های آن حوضه را بسیار پرهزینه، زمان‌بر و در بعضی مواقع امکان‌ناپذیر می‌سازد که این موضوع باید مورد توجه مدیریت بلندمدت زیستگاه‌های طبیعی قرار گیرد (Soleymanpour et al., 2008).

درباره تأثیرات تغییر اقلیم بر کاربری اراضی طبیعی حوضه‌ها و زیستگاه‌های ایران هنوز مطالعات بنیادی آغاز نشده است و بررسی‌های انجام‌گرفته محدود به برخی پیش‌بینی‌های فیزیکی و بیولوژیکی اثر تغییر اقلیم بر سیل‌خیزی، خاک و پوشش گیاهی بوده و در برخی موارد نتایج اقتصادی-اجتماعی حاصل از آن جمع‌بندی شده

اقلیم از جمله فاکتورهای مهم اکولوژیک محسوب می‌شود که تغییرات آن در عصر حاضر به‌منزله مهم‌ترین تهدید برای توسعه پایدار مطرح است (Ghasemi, 2010). پیش‌بینی آب‌وهواشناسان و هیدرولوژیست‌ها نشان می‌دهد که در طول قرن حاضر، اقلیم مرطوب‌تر و رگباری‌تر خواهد شد و تراز سطح آب دریاها نیز بالا خواهد آمد. این موضوع خطر سیل در رودخانه‌های داخلی و ساحلی را در پی خواهد داشت و صدماتی را به وضعیت اقتصادی و اجتماعی بعضی از کشورها وارد خواهد کرد (Azizi and Roshani, 2008). در مجموع، اثر تغییرات اقلیمی بر سیستم‌های کشاورزی و محیط‌زیست نسبت به کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای با اقلیمی مرطوب و نیمه‌مرطوب، کمتر خواهد بود (Calanca, 2007). اکوسیستم‌های کشور ایران اغلب شرایط خشک و نیمه‌خشک دارند. این اکوسیستم‌ها در شرایط فعلی به دلیل فعالیت‌های انسانی و شرایط به‌وجودآمده بر اثر تغییرات اقلیمی، به‌شدت تحت فشار هستند و بسیاری از اکوسیستم‌های مناطق نیمه‌خشک، هم‌اکنون علائم اولیه تغییرات اقلیمی را بروز داده‌اند (Azizi & Roshani, 2009). این روند به‌آهستگی صورت خواهد گرفت (حدود ۴۰۰ سال)، بنابراین، نتایج و آثار اندکی از تغییرات یادشده در قرن آینده در اکوسیستم‌های کشور رخ خواهد داد (Eivazi et al., 2009). مهم‌ترین معیارهای هواشناسی مؤثر بر تغییر اقلیم با تکیه بر کارهای انجام‌شده و مرور منابع، شامل داده‌های روند درازمدت سری‌های زمانی مختلف مقادیر بارندگی، دما و میزان رطوبت نسبی است.

کاربری اراضی طبیعی از نوع و ساختار، براینده عوامل مؤثر اکولوژیک هر منطقه محسوب می‌شود (Monshi Zade & Khoshhal, 2005). تغییر کاربری اراضی پس از سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین منبع انتشار کربن از طریق انسان به اتمسفر و یکی از دلایل اصلی پدیده اثر گلخانه‌ای و گرم‌شدن هوای کره زمین طی دهه‌های گذشته است. تغییر کاربری اراضی می‌تواند سبب تخریب و آسیب‌پذیری بیشتر خاک شود که این عامل خود موجب فرسایش خاک و کاهش تنوع زیستی، بیابان‌زایی، تهدید امنیت غذایی، افزایش

تغییرات کاربری اراضی، به منظور جلوگیری از زیان‌های اقتصادی در این حوضه است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. توصیف منطقه مطالعاتی و اطلاعات مورد نیاز

داده‌های روند درازمدت سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه مقادیر بارندگی، دما و میزان رطوبت نسبی ثبت شده واقع در ۹ ایستگاه سینوپتیک استان گلستان (در حوضه آبریز گرگان رود- قره‌سو)، در طول دوره آماری سی ساله (۱۳۵۹-۱۳۶۰ تا ۱۳۸۹-۱۳۹۰) انتخاب شد. مختصات جغرافیایی و اسامی ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه پژوهش شده در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

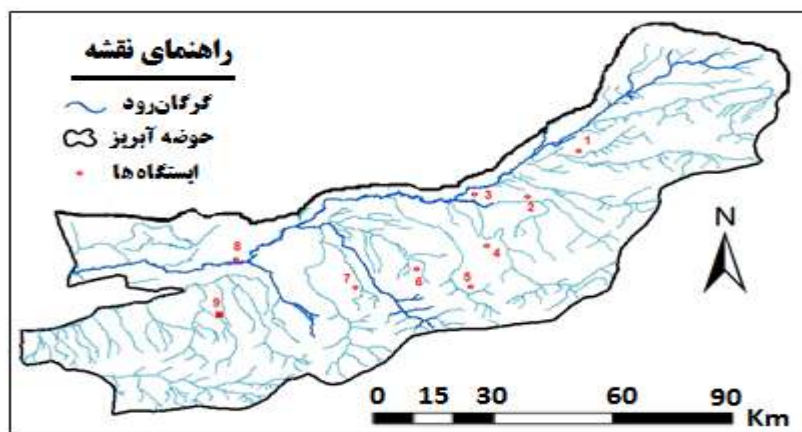
است. بنابراین، بررسی تغییر اقلیم در مناطق مختلف کشور می‌تواند به شناسایی عوامل تخریب اراضی طبیعی و تغییر کاربری آن‌ها کمک و مدیریت و کنترل این عوامل زیست‌محیطی را تسهیل کند. با توجه به اینکه در حوضه گرگان رود استان گلستان تا به حال پژوهشی درباره اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی طبیعی منطقه انجام نشده است، چنین مطالعاتی در مناطق پراهمیتی از منظر فعالیت‌های کشاورزی و اکوتوریسم مثل حوضه آبریز گرگان رود- قره‌سو ضروری به نظر می‌رسد.

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر اساس شاخصه‌های دما، بارش و رطوبت، مشخص کردن تأثیرات تغییر اقلیم بر کاربری اراضی طبیعی و کمک به تدوین برنامه‌های مدیریتی لازم برای کاهش آثار منفی تغییر اقلیم و ارائه راهکارهای منطبق بر

جدول ۱. ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه پژوهش شده (از شرق به غرب)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)
۱	کلاله	۵۵° ۳۰'	۳۷° ۲۳'
۲	مینودشت	۵۵° ۱۳'	۳۷° ۷'
۳	گنبد کاووس	۵۵° ۱۰'	۳۷° ۱۵'
۴	آزادشهر	۵۵° ۴'	۳۷° ۴'
۵	رامیان	۵۵° ۷'	۳۷° ۰'
۶	خان‌ببین	۵۵° ۳'	۳۷° ۲'
۷	علی‌آباد کتول	۵۴° ۳۴'	۳۶° ۵۶'
۸	آق‌قلا	۵۴° ۲۷'	۳۷° ۰'
۹	گرگان	۵۴° ۲۸'	۳۶° ۴۹'

(واحدها بر حسب درجه و دقیقه است)



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک استفاده شده بر روی نقشه حوضه آبریز گرگان رود- قره‌سو

پژوهش حاضر به این موضوع پرداخته شده است. در این پژوهش براساس آمار پارامترهای جوی اخذشده از ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه مطالعه شده، آزمون همگنی انحرافات تجمعی و درست‌نمایی ورسلی و آزمون تعیین روند من- کندال برای تمام سری‌های زمانی سی ساله بارش، دمای متوسط و رطوبت نسبی ایستگاه‌ها در مقیاس‌های فصلی و سالانه انجام شد.

**۱. آزمون‌های همگنی:** در آزمون‌های همگنی فرض صفر ثابت بودن میانگین (همگنی داده‌ها) در مقابل فرض تغییر میانگین (ناهمگنی داده‌ها) آزموده می‌شود (Modaresi et al., 2010). طوری که اگر آماره آزمون در سطح خاصی از مقدار بحرانی کوچک‌تر یا مساوی باشد فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیراین صورت فرض صفر رد خواهد شد (در سطح اطمینان ۹۵ درصد). در این پژوهش از آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی<sup>۱</sup> و آزمون همگنی درست‌نمایی ورسلی<sup>۲</sup> استفاده شده است. آزمون انحرافات تجمعی براساس جمع‌های جزئی تعدیل‌شده یا انحرافات تجمعی از میانگین پایه‌گذاری شده و برای حالتی که تغییر میانگین در میانه یکسری رخ دهد مناسب است، درحالی‌که آزمون درست‌نمایی ورسلی برای حالت تغییر میانگین در ابتدا و انتهای سری کاربرد بهتری دارد، بنابراین، بهتر می‌توان تغییرات میانگین را با استفاده از این دو آزمون در کنار هم شناسایی کرد (Bardi sheikh et al., 2009).

**۲. آزمون تعیین روند من- کندال:** آزمون غیرپارامتریک من- کندال بر پایه رتبه‌بندی داده‌ها در یک سری زمانی استوار است. این آزمون برای بررسی وجود یا عدم وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی استفاده می‌شود. مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تعیین روند، استفاده از رتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر گرفتن مقدار متغیرهاست. به همین دلیل می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده کرد (Modaresi et al., 2010).

**۳. شاخص بارش استاندارد شده (SPI):** این شاخص که توسط Mekee و همکاران (1993) از

حوضه آبریز گرگان‌رود- قره‌سو در بخش جنوب شرقی دریای خزر و در استان گلستان قرار دارد و در تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران، جزئی از آبریز دریای خزر به شمار می‌رود. این حوضه در محدوده طول جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی واقع شده است (Shiry, 2012). میانگین سالانه بارش در این حوضه آبریز از حدود ۳۰۰ میلی‌متر در کناره‌های جنوبی و شمالی حوضه تا ۱۰۰۰ میلی‌متر در بخش مرکزی آن متغیر است و روند تغییرات سالانه بارندگی، شبه‌مدیترانه‌ای است. میزان بارندگی در استان گلستان نسبت به استان‌های دیگر (جز مازندران و گیلان) بسیار بالاتر است، به طوری که میانگین بارش سالانه آن حداقل سه برابر میانگین بارش سالانه کشور است. بیشترین بارندگی در ماه‌های زمستان و کمترین آن در ماه‌های تابستان دیده می‌شود. با این همه، نیمه شمالی استان گلستان، بخش نیمه‌خشک و خشک، از کمترین بارندگی بهره‌مند است (Eivazi et al., 2010). میانگین سالانه دما در حوضه آبریز گرگان‌رود- قره‌سو از حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد در نواحی کم‌ارتفاع تا ۷/۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات جنوبی متغیر است. رود اترک، گرگان‌رود و رود قره‌سو، سه رود مهم استان گلستان هستند و گرگان‌رود و قره‌سو رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز گرگان‌رود- قره‌سو به شمار می‌روند (Bardi sheikh et al., 2009). به‌طور کلی، استان گلستان تقریباً ۱۸ درصد جنگل دارد که چرای بی‌رویه دام‌ها، گسترش زمین‌های کشاورزی، برداشت بی‌رویه از جنگل، آتش‌سوزی و سیلاب‌ها در چند سال اخیر، آسیب زیادی به اراضی جنگلی وارد کرده است (Ghorbani & Soltan, 2002). نقشه موقعیت مناطق با کاربری‌های اراضی مختلف حوضه آبریز گرگان‌رود استان گلستان، حداقل در دو دوره زمانی با فاصله ده‌ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۰) و شامل کاربری‌های طبیعی و انسانی اراضی، از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد.

## ۲.۲. محاسبات و آنالیزهای آماری

برای بررسی وجود تغییرات آرام (روند) در یک سری زمانی که ممکن است به علت وقوع پدیده تغییر اقلیم باشد، ابتدا همگنی آن سری بررسی می‌شود که در

1. Cumulation Deviation Test

2. Worsley's Likelihood Ratio Test

3. Mann-Kendall Test

مربوط به نقشه‌های کاربری اراضی و تهیه نقشه‌های خروجی و مقایسه تغییرات درصد کاربری‌های تعیین شده این نقشه‌ها برای دو مقطع زمانی، از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 استفاده شد.

### ۳. نتایج

#### ۱.۳. آزمون‌های همگنی و روند

پدیده تغییر اقلیم سبب ایجاد ناهمگنی در داده‌های طبیعی می‌شود و این ناهمگنی، اغلب ناشی از وجود روندهای درازمدت در این داده‌ها است. آماره‌های به‌دست آمده از متغیر بارش برای ایستگاه گنبدکاووس (به‌طور نمونه) در جدول ۲ مرتب شده‌اند.

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که ناهمگنی برخی سری‌های زمانی (با احتمال ۹۵ درصد) روند صعودی یا نزولی (به ترتیب با علامت‌های مثبت یا منفی) وجود دارد و نتایج به‌دست آمده نشان دادند سری‌های زمانی غیرهمگن که ناهمگنیشان در سطح اطمینان ۹۵ درصد به وسیله آزمون‌های همگنی تأیید شده است، روند معنادار نیز دارند. مقادیر مثبت و منفی آماره حاصل از آزمون من- کندال به ترتیب نشان‌دهنده روند صعودی و نزولی در سری زمانی بررسی شده هستند. هر سری زمانی که ناهمگنی (معنادار بودن آماره آزمون و اثبات فرض صفر یا ثابت بودن میانگین) آن به وسیله آزمون‌های انحرافات تجمعی و درست‌نمایی ورسلی تأیید شده است، روند معنادار دارد. استفاده هم‌زمان از آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و درست‌نمایی ورسلی سبب می‌شود که رخداد هرگونه تغییرات در میانگین در هر بخشی از سری زمانی کشف شود و آزمون‌های آماری همگنی و روند (من- کندال) در کنار هم، روش مطمئنی برای بررسی تغییرات موجود در یک سری زمانی هستند.

همچنین نتایج آزمون روند انجام شده برای تمامی ایستگاه‌ها در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ به ترتیب برای سری‌های زمانی بارش، دمای متوسط و رطوبت نسبی موجود ارائه شده است.

دانشگاه ایالت کلرادو آمریکا تدوین شده برای مقیاس‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است و برای هر منطقه براساس ثبت بارندگی‌های طولانی‌مدت و بازه‌های زمانی مختلف محاسبه می‌شود و برای هشدار اولیه و کمک به ارزیابی شدت خشکسالی اهمیت زیادی دارد. محاسبه این شاخص نیازمند برازش مناسب‌ترین توزیع احتمالی به سری زمانی طولانی‌مدت داده‌های بارندگی در هر ایستگاه است که این توزیع معمولاً توزیع گاما است. در مرحله بعدی تابع تجمعی توزیع محاسبه شده و به توزیع نرمال تبدیل می‌شود (Mosaedi *et al.*, 2009). در این پژوهش مقادیر بارندگی سالانه هر ایستگاه در طول دوره آماری بررسی و وضعیت خشکسالی هر سال و در محدوده هر ایستگاه تعیین شد. معمولاً وضعیت رطوبتی توسط مقدار SPI بدین شرح مشخص شده است: الف) مساوی یا بیش از ۲ بسیار مرطوب ب) ۱/۹۹ تا ۱ مرطوب ج) ۰/۹۹- تا ۰/۹۹ نرمال د) ۱/۹۹- تا -۱ خشک ه) کوچک‌تر یا مساوی -۲ بسیار خشک (Mekee *et al.*, 1993).

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی از آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی، همگنی درست‌نمایی ورسلی و تعیین روند من- کندال و همچنین محاسبه SPI از نرم‌افزار DIP<sup>۱</sup> استفاده شد.

#### ۴. تولید نقشه‌های خروجی: مدل منطق بولین

از ساده‌ترین و معروف‌ترین مدل‌های استفاده شده برای تلفیق اطلاعات در GIS است. در این مدل ابتدا نقشه‌های ورودی به صورت صفر و یک تعریف می‌شوند، به طوری که مقدار یک در هر واحد پیکسلی از یک نقشه ورودی، نشان‌دهنده مناسب بودن و مقدار صفر نشان‌دهنده نامناسب بودن آن پیکسل است. سپس نقشه‌های ورودی با استفاده از اپراتورهای منطقی AND، OR، XOR و NOT با یکدیگر تلفیق می‌شوند و نقشه خروجی را به وجود می‌آورند. در نقشه خروجی نیز پیکسل‌های دارای ارزش یک، مکان‌های مناسب جهت کاربری اراضی موردنظر هستند (Nazarpour, 2012). برای رقوم‌سازی نقشه‌های کاربری اراضی اسکن شده و تبدیل آن‌ها به نقشه‌های وکتوری (برداری) از محیط نرم‌افزار ILWIS 3.3 و برای تجزیه و تحلیل نهایی

جدول ۲. نتایج آزمون‌های همگنی و روند سری‌های بارش، دمای متوسط و رطوبت نسبی ایستگاه گنبدکاووس

سری زمانی	همگنی		
	آزمون انحرافات تجمعی	آزمون درست نمایی ورسلی	آزمون من-کندال
پاییزه	۱/۴۳۳*	۲/۰۷۶*	۱/۶۹۵*
زمستانه	۰/۶۹۹	۱/۶۷۸	۰/۶۶۰
بهاره	۰/۹۸۰*	۱/۹۹۹*	۱/۷۱۳*
تابستانه	۱/۳۴۵	۲/۴۵۵	۱/۵۳۵
سالانه	۱/۸۶۶	۳/۴۷۶*	۲/۰۳۴*

(آماره‌های معنادار در سطح ۹۵ درصد به وسیله علامت \* نشان داده شده‌اند.)

جدول ۳. نتایج آزمون روند من-کندال سری‌های زمانی بارش ایستگاه‌های پژوهش شده

ردیف	ایستگاه	سری زمانی				
		پاییزه	زمستانه	بهاره	تابستانه	سالانه
۱	کلاله	۰/۸۵۷	۰/۱۲۵	۰/۹۹۹	۰/۱۷۹	۰/۰۳۵
۲	مینودشت	۱/۰۱۷	-۰/۸۳۹	۰/۸۳۹	۰/۳۰۳	۰/۶۰۷
۳	گنبدکاووس	۱/۶۹۵*	۰/۶۶۰	۱/۷۱۳*	۱/۵۳۵	۲/۰۳۴*
۴	آزادشهر	۱/۹۴۵*	-۰/۴۶۴	۱/۰۵۳	۱/۵۸۹	۲/۲۴۸*
۵	رامیان	۱/۸۷۴*	-۱/۳۳۸	-۰/۴۶۴	۲/۹۴۴*	۱/۵۳۴
۶	خان‌ببین	۰/۵۸۹	-۰/۲۳۲	۱/۶۷۷*	-۰/۴۸۲	۰/۹۹۹
۷	علی‌آباد	-۰/۱۰۷	-۰/۳۰۳	۱/۲۱۳	-۰/۱۰۷	۰/۰۸۹
۸	آق‌قلا	۰/۶۷۸	-۰/۶۶۰	-۰/۲۵۰	۰/۸۲۱	۰/۰۵۴
۹	گرگان	۱/۱۲۴	-۰/۵۰۰	۱/۸۳۸	۰/۹۸۱	۰/۹۹۹

جدول ۴. نتایج آزمون روند من-کندال سری‌های زمانی دمای متوسط ایستگاه‌های پژوهش شده

ردیف	ایستگاه	سری زمانی				
		پاییزه	زمستانه	بهاره	تابستانه	سالانه
۱	کلاله	۲/۲۴۸*	۱/۷۱۳*	۰/۸۵۷	۱/۵۳۵	۱/۰۱۷
۲	مینودشت	۱/۰۵۳	۱/۹۴۵*	۰/۸۳۹	۰/۱۷۹	۱/۶۹۵*
۳	گنبدکاووس	-۰/۴۶۴	۱/۸۷۴*	۲/۰۳۴*	۰/۶۶۰	۱/۵۸۹
۴	آزادشهر	-۱/۳۳۸	۰/۵۸۹	۲/۹۴۴*	-۰/۴۶۴	۰/۶۰۷
۵	رامیان	۲/۹۱۴*	۰/۱۲۵	۱/۵۳۴	۰/۰۳۵	۰/۳۰۳
۶	خان‌ببین	-۰/۴۶۴	-۰/۸۳۹	-۰/۲۳۲	-۰/۱۰۷	-۱/۶۷۷*
۷	علی‌آباد	-۰/۱۷۸	-۱/۳۵۳	۱/۲۱۳	۱/۵۴۶	۱/۰۸۹
۸	آق‌قلا	-۰/۲۱۵	-۰/۸۲۲	-۰/۴۳۱	-۰/۵۴۱	-۰/۹۵۰
۹	گرگان	۰/۹۹۹	۱/۸۷۴*	-۱/۳۳۸	۰/۸۹۹	-۰/۴۸۲

جدول ۵. نتایج آزمون روند من- کندال سری‌های زمانی رطوبت نسبی ایستگاه‌های پژوهش شده

ردیف	ایستگاه	پاییزه	زمستانه	سری زمانی	
				بهاره	تابستانه
۱	کلاله	۱/۸۷۴*	۰/۰۳۵	۰/۶۳۲	۱/۰۸۹
۲	مینودشت	۲/۹۱۴*	-۰/۵۰۰	-۰/۵۴۱	۰/۶۷۸
۳	گنبد کاووس	۰/۱۷۹	۰/۳۰۳	۱/۲۱۳	۱/۰۱۷
۴	آزادشهر	۱/۶۹۵*	-۰/۴۶۴	۰/۴۹۹	-۰/۸۳۹
۵	رامیان	-۰/۴۶۴	-۰/۸۲۱	-۰/۶۶۰	۰/۸۲۱
۶	خان‌ببین	۱/۲۱۳	-۰/۱۰۷	-۰/۴۳۱	۱/۶۹۵*
۷	علی‌آباد	۱/۵۴۶	۱/۶۷۷*	۱/۵۳۵	-۰/۴۶۴
۸	آق‌قلا	۱/۹۸۷*	۲/۵۷۷*	۰/۲۷۰	۱/۱۳۵
۹	گرگان	۱/۴۵۴*	-۰/۲۳۲	-۰/۴۶۴	۰/۲۳۵

(آماره‌های معنادار جدول‌های فوق، در سطح ۹۵ درصد به وسیله علامت\* نشان داده شده‌اند.)

با توجه به جدول‌های مربوط به آزمون روند مشاهده می‌شود که پارامترهای بارش، دمای متوسط و رطوبت نسبی در مقیاس فصلی و سالانه، در ایستگاه‌های مختلف روندهای متفاوتی را از خود نشان می‌دهند که صرف‌نظر از علامت، هر چه مقدار آماره بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده روند بیشتر در آن سری زمانی است. در این جدول‌ها آماره‌های معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد علامت‌گذاری شده‌اند. در ادامه به بررسی روندهای بارش، دمای متوسط و رطوبت نسبی استخراج‌شده از جدول‌های ۳ تا ۵ پرداخته شده است.

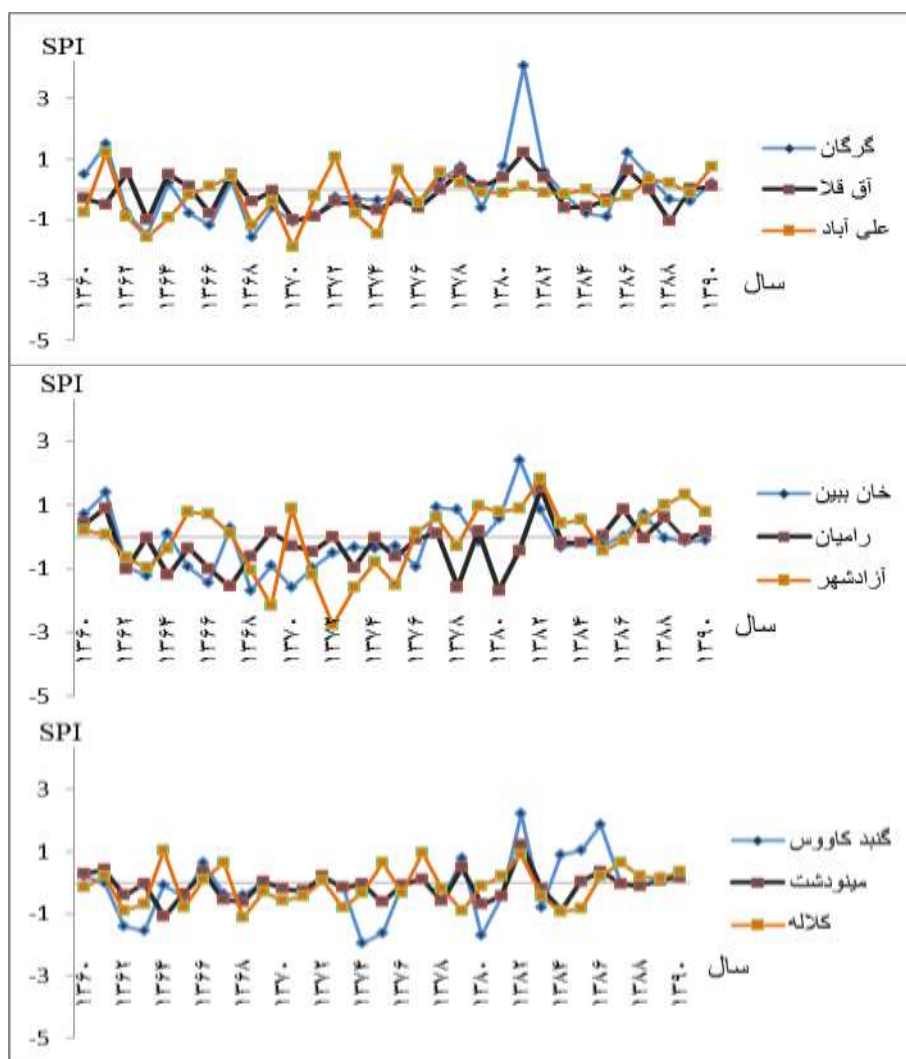
### ۲.۳. شاخص بارندگی استاندارد شده

پس از محاسبه SPI و ترسیم نمودارهای تغییرات بارندگی و ضریب SPI در ایستگاه‌های مطالعه‌شده و همچنین مقایسه آن‌ها با یکدیگر می‌توان مشاهده کرد که در تمامی ایستگاه‌ها، سال‌های پرباران و مرطوب و همچنین سال‌های کم‌باران و خشک مشاهده شده‌اند و ممکن است دو یا سه ترسالی متوالی و پس از آن دو یا سه سال خشکسالی متوالی یا بلافاصله پس از خشکسالی، ترسالی و یا پس از ترسالی، خشکسالی دیده شود. به‌طور کلی، نوسانات وضعیت رطوبتی (ترسالی و خشکسالی) بسیار زیاد است. ضمن اینکه به دلیل کوتاه‌بودن نسبی طول دوره آماری (۳۰ سال) نمی‌توان به‌طور قطع از وجود یک سیکل در نوسانات رطوبتی و وقوع خشکسالی و نهایتاً رخداد پدیده تغییر اقلیم مطمئن بود (مانند اطمینان حاصل‌نشدن از

پدیده تغییر اقلیم پس از آزمون‌های همگنی و روند). بررسی نمودارهای مربوط به SPI (شکل ۲) حاصل از بارندگی‌های سالیانه در طول بازه آماری، نشان می‌دهد که در طول دوره بررسی شده شرایط نرمال نسبت به سایر وضعیت‌ها بیشترین تناوب را داشته است (به‌جز برخی ایستگاه‌ها که تغییرات زیادی را شاهد بوده‌اند، مانند ایستگاه رامیان). در ایستگاه کلاله نوسانات شدیدی در نمودار مربوط دیده نمی‌شود و از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۶۹ چندین نوسان رطوبتی قابل مشاهده است، که این روند به شکل مشابهی از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۰ نیز وجود داشت. شدیدترین خشکسالی در این ایستگاه به سال ۱۳۶۸ برمی‌گردد که در واقع خشکسالی خفیفی به حساب می‌آید. ولی در ایستگاه مینودشت نسبت به ایستگاه یک، شاهد نوسانات و شدت خشکسالی‌های کمتری بوده‌ایم. با این‌وجود روند نوسان مشابهی با ایستگاه قبلی در سال‌های ۱۳۸۲ تا به‌حال دیده شد. در ایستگاه گنبد کاووس نوسانات وضعیت رطوبتی بسیار قابل ملاحظه‌اند. شدت خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۶۳ و سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۷۵ به طرز مشابهی و با شدت بالاتری تکرار شده‌اند (یک خشکسالی شدید در سال ۱۳۷۴). همچنین ترسالی‌های متناوب با شدت زیاد از سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۵ دیده شده‌اند (یک ترسالی بسیار شدید در سال ۱۳۸۲). همچنین ایستگاه آزادشهر نوسانات وضعیت رطوبتی زیادی داشت (شدیدتر از وضعیت ایستگاه گنبد کاووس) و از سال ۱۳۶۱ به مدت ۱۶ سال (تا ۱۳۷۶)

وضعیت خشکسالی شدید به ترسالی‌های ملایم یا حتی شدید را به خود دیده است ولی از حدود سال ۱۳۷۷ تا کنون وضعیت رطوبتی بدون نوسان و تغییر چشمگیر، در حالت نزدیک به نرمال به سر می‌برد. در ایستگاه آق‌قلا نوسانات خشکسالی- ترسالی متناوبی مشاهده شده است. وضعیت رطوبتی از حدود سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۱ رو بهبودی داشت و ترسالی شدید در سال اخیر این دوران دیده شد. اما پس از آن سال نوسانات شدت بیشتری گرفت و در دهه اخیر خشکسالی‌های شدید پس از ترسالی‌های شدید (یا ملایم) مشاهده شده است. در ایستگاه گرگان همچنین وضعیت بسیار مشابهی با ایستگاه هشتم وجود داشت، با این تفاوت که در این ناحیه سال ۱۳۸۱ یک سال با بارندگی فوق‌العاده شدید بود، به طوری که رکورد جالبی از SPI را از خود به جا گذاشت که در شکل ۲ قابل تشخیص است.

این نوسانات شدید ادامه یافته است. همان‌طور که در نمودار دیده می‌شود؛ دو خشکسالی بسیار شدید (۱۳۶۹ و ۱۳۷۲) متناوباً در کنار دو ترسالی ملایم قرار گرفته‌اند. وضعیت رطوبتی این ایستگاه حدود ۱۰ سال است که از خشکسالی در امان مانده است. در ایستگاه رامیان نوسانات زیادی بین وضعیت خشکسالی (ملایم تا شدید) تا حالت نرمال دیده می‌شود و از حدود سال ۱۳۸۲ وضعیت رطوبتی این ناحیه رو به بهبودی گذاشته است و تقریباً خشکسالی مشاهده نشده است. ایستگاه خان‌ببین وضعیت تقریباً مشابه با ایستگاه رامیان داشته است. با این تفاوت که یک ترسالی شدید در سال ۱۳۸۱ در این ناحیه رخ داده است که متأسفانه پس از آن تا کنون وضعیت رطوبتی بهبود چندانی نیافته است، گرچه وضعیت آن نزدیک به نرمال بوده و از دو دهه پیش نیز بهتر شده است. ایستگاه علی‌آباد کتول نیز نوساناتی در دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ از



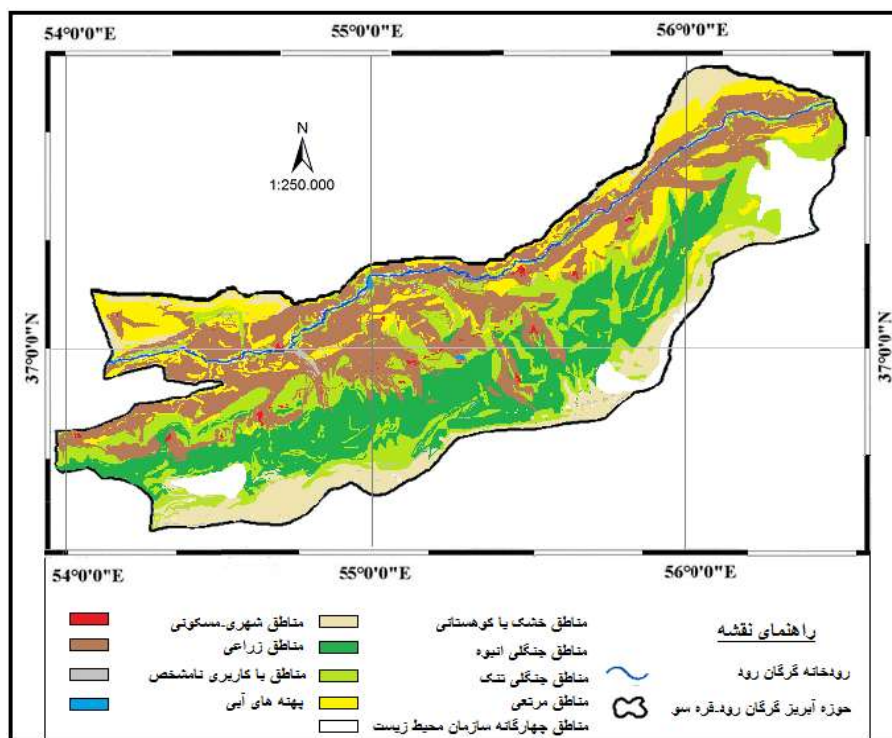
شکل ۲. نوسانات SPI طی دوره آماری سی ساله



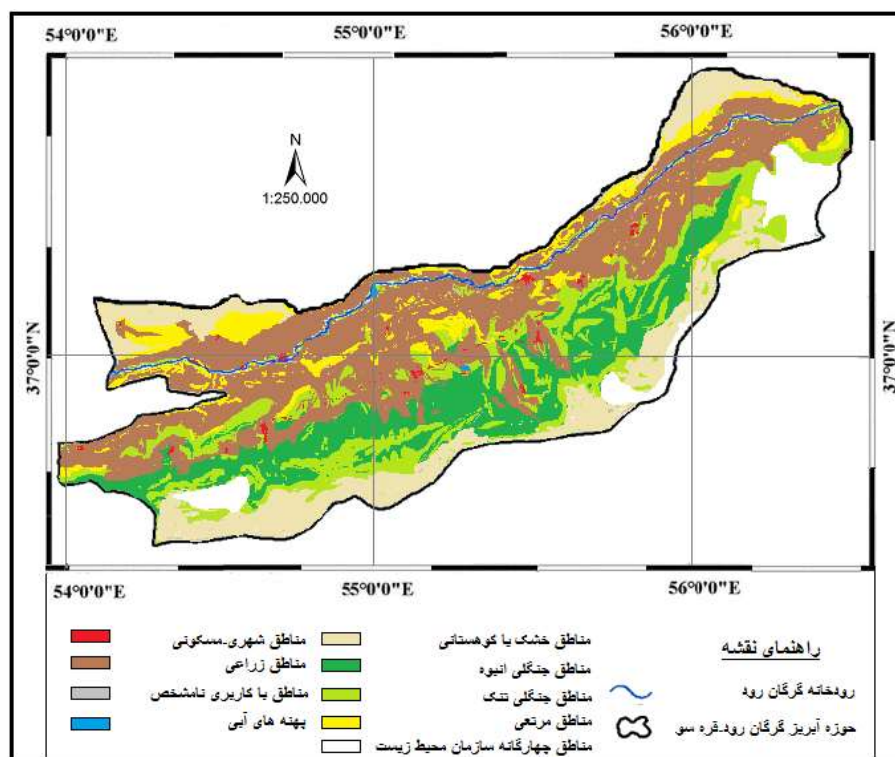
نقشه‌های خروجی در ذیل ارائه شده و در این نقشه‌ها هشت کاربری برای این اراضی تعریف شده است.

### ۳.۳. تغییر کاربری اراضی

نقشه‌های کاربری اراضی حوضه گرگان رود- قره‌سو سال‌های ۱۳۸۰ (شکل ۳) و ۱۳۹۰ (شکل ۴) حاصل از



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی حوضه گرگان رود- قره‌سو سال ۱۳۸۰



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی حوضه گرگان رود- قره‌سو سال ۱۳۹۰

کاربری اراضی این حوضه طی این ده سال دچار تغییرات زیادی شده است که در جدول ۶ به طور کمی به میزان این تغییرات پرداخته شده است.

جدول ۶. درصد تغییر کاربری اراضی حوضه مطالعه شده

ردیف	نوع کاربری اراضی	میزان تغییر کاربری	
		افزایش سطح (به درصد)	کاهش سطح (به درصد)
۱	خشک یا کوهستانی	۱/۴	-
۲	جنگلی انبوه	-	۲/۷
۳	جنگلی تنک	-	۱/۶
۴	مرعی	-	۱/۴
۵	چهارگانه محیط زیست	-	-
۶	شهری- مسکونی	۰/۶	-
۷	زراعی	۴	-
۸	نامشخص	-	۰/۳

گنبد کاووس و آزادشهر این سیر صعودی معنادار بود. به علاوه مقایسه روند صعودی معنادار در ایستگاه‌های ذکر شده نشان می‌دهد که میزان روند صعودی بارش ایستگاه آزادشهر طی دوره آماری بیش از سایرین بوده است.

نتایج به دست آمده با پژوهش Modaresi و همکاران (2010) در مطالعه‌ای که بر پدیده تغییر اقلیم در همین حوضه انجام دادند، مطابقت داشت. با این تفاوت که در این پژوهش، بارش در فصل پاییز و در حالت سالانه در نواحی شمال شرقی این حوضه (محل قرارگیری سرچشمه‌های رودخانه گرگان رود) از روند صعودی برخوردار بوده است. همچنین Gharib & Mosaedi (2003) که نحوه تغییرات زمانی و مکانی بارش را بررسی کردند، گرچه برای بررسی روند از رگرسیون خطی استفاده کردند با این حال به نتایج نسبتاً مشابهی با یافته‌های حاصل از آزمون من-کندال در این پژوهش دست یافتند. روند بارش نشان داد که با گذشت سال‌های آماری مطالعه شده (۳۰ سال)، مقدار بارندگی به طور سالیانه افزایش داشته و نوساناتی به شکل فصلی که روند کاهشی بارش جوی را در پی داشته، دیده شده و البته معنادار نبودن این روندهای نزولی فصلی از طریق روش‌های آماری به اثبات رسیده

## ۴. بحث و نتیجه گیری

### ۴.۱. بررسی روند بارش

بررسی فصلی روند بارش در ایستگاه‌های مطالعه شده (جدول ۳) نشان داد که نوساناتی از روند صعودی یا نزولی طی دوره آماری وجود داشته است ولی در برخی ایستگاه‌ها این روندها معنادار بوده‌اند، به طوری که در ایستگاه گنبد کاووس روند صعودی پاییزه و بهار به بارش، به شکل معناداری در این ایستگاه دیده شد ولی در ایستگاه آزادشهر در فصل پاییز روند صعودی معنادار در بارندگی مشاهده شد. در ایستگاه رامیان روند صعودی معناداری در بارندگی پاییز و تابستان این ایستگاه وجود داشت. در ایستگاه‌های خان‌ببین و گرگان نیز تنها در فصل بهار شاهد روند صعودی معنادار در بارش این ایستگاه‌ها بوده‌ایم. همچنین روندهای نزولی بارش در چندین ایستگاه (۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹) دیده شد که معنادار نبودند. بیشترین مقدار بارندگی در بارندگی را می‌توان در فصل زمستان ایستگاه مینودشت مشاهده کرد. بررسی سالیانه روند بارش در ایستگاه‌های پژوهش شده نشان می‌دهد که روند صعودی این پارامتر در طول دوره آماری، در تمام ایستگاه‌ها وجود دارد، اما تنها در ایستگاه‌های

معنادار بود. همچنین روند نزولی پارامتر دمای متوسط در طول دوره آماری، در ایستگاه‌های خان‌ببین، آق‌قلا و گرگان دیده شد، و فقط در ایستگاه خان‌ببین بود که این روند نزولی دما به شکل معناداری وجود داشت. مقایسه روندهای معنادار در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که میزان روند صعودی دما در ایستگاه مینودشت بیشتر از میزان روند نزولی این متغیر در ایستگاه خان‌ببین بوده است.

با بررسی یافته‌های حاصل از نوسانات فصلی دما در این حوضه می‌توان دریافت که دمای متوسط در بیشتر فصول و ایستگاه‌ها رو به افزایش بوده است، به‌طوری‌که تغییرات صعودی دما در نیمه شرقی حوضه (ایستگاه‌های ۱ تا ۵) در حال افزایش و در بخش غربی (به‌ویژه ایستگاه‌های آق‌قلا و گرگان) در حال کاهش بوده که این سیر نزولی معنادار نیست. این نتایج با پژوهش Modaresi و همکاران (2010) بر همین حوضه در مورد روند دمای حداقل و حداکثر اندکی مغایرت دارد، به‌طوری‌که در مطالعه مذکور دامنه تغییرات دما در نیمه شمالی در حال افزایش و در نیمه جنوبی در حال کاهش است (نه نیمه شرقی و غربی در این پژوهش) و با کاهش دامنه تغییرات دما، دمای حداقل و حداکثر به دمای متوسط نزدیک می‌شوند. براساس یافته‌های ما، در شرایط سالانه در اکثر مناطق حوضه دمای متوسط روند صعودی (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) دارد که این مطلب نشان‌دهنده گرم‌تر شدن دمای هوای این حوضه در سال‌های آماری مطالعه شده (۳۰ سال) است. البته یک روند کاهشی دما در مناطق مرکزی حوضه و به‌طور شاخص در ایستگاه خان‌ببین به شکل معناداری دیده شده است. با توجه به مطالب فوق، روندهای مشاهده‌شده در دمای متوسط هوا می‌تواند ناشی از وقوع پدیده تغییر اقلیم در این ناحیه باشد.

#### ۳.۴. بررسی روند رطوبت نسبی

بررسی فصلی روند رطوبت نسبی در ایستگاه‌های مطالعه‌شده (جدول ۵) نشان داد که نوساناتی از روند صعودی یا نزولی طی دوره آماری وجود داشته است ولی در برخی ایستگاه‌ها این روندها معنادار بوده‌اند، به‌طوری‌که در ایستگاه‌های کلالة، مینودشت، آزادشهر

است. بنابراین افزایش بارش می‌تواند بر وقوع پربابی و سیلاب در این حوضه اثرگذار باشد، که این خود نیازمند پژوهشی دیگر بر عوامل مؤثر بر آن است. به‌علاوه در نواحی مرکزی این حوضه به‌طور شاخص ایستگاه علی‌آباد کتول، بارش در فصول مختلف روند نزولی داشته که هر چند این روند چندان معنادار نیست، می‌تواند به وقوع کم‌آبی در آب‌های سطحی و به تبع آن آب‌های زیرزمینی این نواحی مؤثر باشد. با توجه به شرایط فوق روندهای موجود در بارش در این حوضه می‌تواند به‌علت وقوع تغییر اقلیم باشد که با بررسی شاخص بارش استاندارد شده (SPI) می‌توان به شکلی دقیق‌تر تغییرات در روند بارندگی هر ایستگاه را مشخص کرده و با مقایسه سال‌های دوره آماری، ترسالی یا خشکسالی این حوضه برای هر سال تعیین شود.

#### ۲.۴. بررسی روند دمای متوسط

بررسی فصلی روند دمای متوسط در ایستگاه‌های مطالعه‌شده (جدول ۴) نشان داد که نوساناتی از روند صعودی یا نزولی طی دوره آماری وجود داشته است ولی در برخی ایستگاه‌ها این روندها معنادار بوده‌اند، به‌طوری‌که در ایستگاه کلالة روند صعودی پاییزه و زمستانه در دما، به شکل معناداری در این ایستگاه دیده شد ولی در ایستگاه مینودشت تنها در فصل زمستان روند صعودی معنادار در دما مشاهده شد. در ایستگاه گنبدکاووس روند صعودی معناداری در دمای متوسط زمستان و بهار این ایستگاه وجود داشت. در ایستگاه‌های آزادشهر، رامیان و گرگان به‌ترتیب در فصول بهار، پاییز و زمستان در این ایستگاه‌ها روند صعودی معناداری در دما قابل تشخیص بود. همچنین روندهای نزولی دمای متوسط در چندین ایستگاه (۳، ۴، ۶، ۷، ۸ و ۹) دیده شد که معنادار نبودند. بیشترین مقدار این نزول در دمای هوا را می‌توان در فصل زمستان ایستگاه علی‌آباد کتول مشاهده کرد. بررسی سالیانه روند دمای متوسط در ایستگاه‌های پژوهش‌شده نشان می‌دهد که روند صعودی این پارامتر در طول دوره آماری، در ایستگاه‌های کلالة، مینودشت، گنبدکاووس، آزادشهر، رامیان و علی‌آباد کتول وجود داشت، اما تنها در ایستگاه مینودشت این سیر صعودی

در مجموع، می‌توان گفت، روندهای مشاهده‌شده در بارش، دما و رطوبت هوا در ایستگاه‌های مختلف این حوضه آبریز، بیانگر تغییراتی در شرایط طبیعی این متغیرهای هواشناسی در این نواحی هستند که می‌توان آن را پدیده تغییر اقلیم دانست. گرچه برای اطمینان و صحت بیشتر نتایج، بهتر است بررسی‌ها در دوره زمانی طولانی‌تری صورت گیرد؛ که البته انجام این مطالعه در دوره سی‌ساله به دلیل آمار محدود ایستگاه‌های حوضه بوده است. بنابراین برای دستیابی به اطمینان بیشتر از وقوع پدیده تغییر اقلیم، از شاخص بارندگی استاندارد شده هم در این پژوهش بهره گرفته شده است تا از انجام خطاهای ناخواسته پیشگیری شود.

#### ۴.۴. شاخص بارندگی استاندارد شده

نمودارهای مربوط به SPI نشان می‌دهد که در طول دوره بررسی‌شده شرایط نرمال نسبت به سایر وضعیت‌ها بیشترین تناوب را داشته است. در پژوهشی که روند خشکسالی با استفاده از نوسانات بارندگی در گرگان بررسی شده بود، کمترین تعداد دفعات وقوع خشکسالی با پایین‌ترین دامنه نوسان، در مهر و بیشترین نوسانات در خرداد، مرداد و شهریور روی داده است (Jahani *et al.*, 2008). به دلیل اینکه در پژوهش حاضر شاخص بارندگی استاندارد شده تنها به شکل سالانه بررسی شد، نتایج ما با یافته‌های پژوهش مذکور قابل مقایسه و نتیجه‌گیری نیست. نتایج پژوهشی دیگر نشان می‌دهد در مواردی ترسالی یا خشکسالی‌های مهم با فواصل زمانی حدود ۱۱ سال به وقوع پیوسته‌اند (Mosaedi *et al.*, 2008) که این یافته با نتایج پژوهش حاضر در ایستگاه گنبدگاوس مطابقت دارد ولی در سایر ایستگاه‌ها چنین حالتی مشاهده نشد. به‌طور خلاصه می‌توان گفت، تقریباً در تمامی ایستگاه‌های این حوضه وضعیت رطوبتی بهبود یافته و فراوانی سال‌های پر باران و مرطوب از دو دهه پیش تا حد زیادی بیشتر شده است. این حالت در ایستگاه‌های مرکزی این حوضه بیشتر مشاهده می‌شود (آزادشهر، رامیان و خان‌ببین). بدین ترتیب این وضعیت بیانگر تغییراتی در شرایط طبیعی این شاخص بارندگی در این نواحی است که می‌توان آن را پدیده تغییر اقلیم دانست. با توجه به نتایج مشابه آزمون‌های همگنی و روند

و گرگان روند صعودی پاییزه در رطوبت نسبی، به شکل معناداری در هر چهار ایستگاه دیده شد. در ایستگاه‌های خان‌ببین و علی‌آباد به ترتیب در فصول زمستان و بهار در این ایستگاه‌ها روند صعودی معناداری در رطوبت نسبی وجود داشت. همچنین روندهای نزولی رطوبت نسبی در چندین ایستگاه (۲، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۹) دیده شد که البته معنادار نبودند. بیشترین مقدار این نزول در رطوبت هوا را می‌توان در فصل زمستان ایستگاه رامیان مشاهده کرد. بررسی سالیانه روند رطوبت نسبی در ایستگاه‌های پژوهش شده نشان می‌دهد روند صعودی این پارامتر در طول دوره آماری، در ایستگاه‌های کلالة، مینودشت، گنبدکاوس، علی‌آباد کتول و آق‌قلا وجود داشت که در ایستگاه‌های کلالة، مینودشت و گنبدکاوس این سیر صعودی معنادار بود. همچنین روند نزولی پارامتر رطوبت در طول دوره آماری، در ایستگاه‌های آزادشهر، رامیان، خان‌ببین و گرگان دیده شد که در هیچ‌کدام از آن‌ها این روند نزولی رطوبت نسبی هوا به شکل معناداری وجود نداشت. به‌علاوه مقایسه روند صعودی معنادار در ایستگاه‌های ذکر شده نشان می‌دهد که میزان روند صعودی رطوبت نسبی ایستگاه مینودشت طی دوره آماری بیش از سایرین بوده است.

با بررسی یافته‌های حاصل از نوسانات فصلی رطوبت نسبی در این حوضه می‌توان دریافت که رطوبت در بیشتر فصول و ایستگاه‌ها رو به افزایش بوده است، به طوری که تغییرات صعودی رطوبت در بخش شرقی (مانند ایستگاه‌های کلالة و گنبدکاوس) و همچنین بخش غربی (به‌ویژه ایستگاه آق‌قلا) در حال افزایش بوده ولی به طور پراکنده روندهای نزولی رطوبت هوا به در قسمت‌های مختلف این حوضه و به‌طور شاخص در ایستگاه رامیان و در فصل زمستان دیده شده است (که این تغییرات معنادار نبوده‌اند). در شرایط سالانه در اکثر مناطق حوضه رطوبت نسبی روند صعودی (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) دارد که این مطلب نشان‌دهنده مرطوب‌تر شدن هوای این حوضه در سال‌های آماری مطالعه شده (۳۰ سال) است. با توجه به مطالب فوق، روندهای مشاهده‌شده در رطوبت نسبی هوا می‌تواند ناشی از وقوع پدیده تغییر اقلیم در این حوضه باشد.

می‌رسد عامل انسانی مقدم بر تغییر اقلیم در این حوضه مؤثر بوده باشد. مهم‌ترین عوامل انسانی نظیر تبدیل مراتع و جنگل‌ها به مزارع کشاورزی از طریق چرای بی‌رویه دام‌ها و یا قطع درختان جنگلی به‌منظور استفاده در سوخت یا کالای، نیاز به زمین بیشتر که با افزایش جمعیت رو به فزونی می‌گیرد (Ghorbani *et al.*, 2010). بنابراین، تغییرات جمعیت سبب تغییرات فعالیت‌های اقتصادی شده و نقطه آغاز تغییرات کاربری اراضی به شمار می‌رود. اکوتوریسم هم به‌منزله یک عامل کم‌اهمیت به‌رحال می‌تواند اثرگذار باشد، گرچه بیشترین اثر آن در تبدیل اراضی روستایی به مناطق تفریحی است (Monshi Zade & Khoshhal, 2005) و به دلیل اینکه در این پژوهش هدف اصلی اراضی طبیعی است، این مقوله چندان اهمیتی نمی‌یابد.

برای نتیجه‌گیری نهایی از این پژوهش می‌توان گفت، براساس شواهد موجود پدیده اقلیم در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو رخ داده و البته تغییرات کاربری اراضی این حوضه از این پدیده تأثیر پذیرفته است، گرچه اثرات عوامل انسانی بیش از تغییرات اقلیمی تشخیص داده شد. یک راهکار درخور ارائه برای معضل تغییر کاربری اراضی طبیعی این است که عوامل انسانی که قابلیت کنترل و نظارت بر آن‌ها وجود دارد به شکل کاملاً قانونی کاهش یابد (تا جایی که مدیریت انسانی اجازه دهد) تا از تشدید عوامل اقلیمی که معمولاً بلندمدت‌اند و نظارت و کنترل دقیقی نمی‌توان بر آن‌ها داشت، پیشگیری شود.

#### تقدیر و تشکر

در اینجا لازم است از جناب آقای مهندس تاجیک، کارشناس سازمان نقشه‌برداری استان گلستان، و همچنین جناب آقای مهندس یوسفی، به‌سبب همکاری بی‌شائبه‌شان سپاسگزار می‌کنیم.

یافته‌های هواشناسی با نتایج حاصل از این شاخص (SPI) با صحت بیشتری می‌توان این تغییرات را با وقوع پدیده تغییر اقلیم برابر دانست.

#### ۵.۴. تغییر کاربری اراضی

تغییرات در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۰) به سمت کاهش اراضی مرتعی و جنگلی، و همچنین افزایش اراضی زراعی-باغی، زمین‌های بایر و لم‌یزرع (نواحی خشک یا بیابانی) در سطح حوضه پیش‌رفته است. اراضی با کاربری طبیعی بیشتر متأثر از عوامل اقلیمی و سپس توپوگرافی و عوامل خاکی هستند (Mosaedi & Kahe, 2008). از طرفی کاربری‌های زارعی و مسکونی زمین بیشترین تأثیر را از زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی و به‌ویژه نرخ رشد جمعیت می‌پذیرد (Ghorbani *et al.*, 2010). از آنجایی که بیشترین تغییر در کاربری اراضی در این دوره زمانی در تبدیل سایر زمین‌ها به زمین زراعی شده است، بنابراین، یکی از عوامل مهم و دخیل عامل اقتصادی و رشد جمعیت بوده است. در ضمن تبدیل کاربری برخی زمین‌ها به اراضی بایر، به‌ویژه بخش مهمی از مراتع در بخش شمالی حوضه، می‌تواند به‌دلیل وقوع سیلاب‌های شدید در اوایل دهه ۸۰ و همچنین وقوع خشکسالی در برخی قسمت‌های این حوضه به شکلی سالانه یا فصلی باشد که نشان‌دهنده اثر تغییرات اقلیمی بر تغییر کاربری این اراضی است. عوامل طبیعی مولد توالی اکولوژیک در این مدت زمان کوتاه (ده سال)، بدون تشدید سیر توالی توسط عوامل انسانی، امکان چنین اثرگذاری را نمی‌توانستند داشته باشند، بنابراین پدیده تغییر اقلیم در کنار عوامل انسانی با یک سیستم پس‌خورنده چرخه‌ای (Soleymanpour *et al.*, 2008)، توانسته‌اند این نقش را ایفا کرده باشند. گرچه با توجه به بخش عمده تغییر کاربری که در زمین‌های زراعی رخ داده است، به نظر

## REFERENCES

1. Alijani, B., Ghavidel Rahimi, Y., 2005. Compare and predict of annual changes in Tabriz with global temperature anomalies using linear regression of artificial neural network method. *Journal of Geography and Development* 6: 21-33. (In Persian)
2. Azizi, G., Roshani, M., 2008. Study of climate change on the southern coasts of Caspian sea to the method Mann-kendall Test. *Journal of Geographic Researches* 64: 13-22. (In Persian)
3. Azizi, G., Roshani, M., 2009. Analysis of the impacts of climate changes on temperature and agricultural calendar of the rice in Gilan (Case study: Rasht Station). *Journal of Geographic Landscape* 4(8): 143-155. (In Persian)
4. Bardi sheikh, V., Babae, A., Mosheikhian, Y., 2009. Assessment of the changes in precipitation regimes Gorganroud Basin. *Iran-Watershed Management Science and Engineering* 3(8): 29-38. (In Persian)
5. Calanca, P., 2007. Climate change and drought occurrence in the Alpine region. *Global and Planetary Changes* 57: 151-160.
6. Eivazi, M., Mosaedi, A., Dehghani, A. A., 2009. Comparison of different approaches for predicting SPI. *Journal of Water and Soil Conservation* 16(2): 155-168. (In Persian)
7. Eivazi, M., Mosaedi, A., Meftah Halaghi, M., Hesam, M., 2010. Investigation of precipitation trend on the north region of Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation* 17(2): 145-167. (In Persian)
8. Fearnside P.M., 2004. Are climate change impacts already affecting tropical forest biomass?. *Global Environmental Change* 14: 299-302.
9. Ghasemi, Y., 2010. The Climate Change. Seminar of Master of Science in Desertification Engineering. Department of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
10. Ghorbani, M., Mehrabi, A. A., Servati, M., Nazari Samani, A. A., 2010. An investigation of the population changes on relationship with Landuse changes (Case study: Upland watershed of Taleghan). *Journal of Ranges and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources* 63(1): 75-88. (In Persian)
11. Ghorbani, M., Soltan, A., 2002. Study on climate changes of Gorgan over the past four years. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources* 36: 3-11. (In Persian)
12. Jahani, S., Hesam, M., Mosaedi, A., 2008. Evaluation of the drought trend with rainfall fluctuations in Gorgan. *First International Conference of The Water Crisis*. Zabol University. (In Persian)
13. Mekee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints 8th Conference on Applied Climatology* Pp: 179-184.
14. Modaresi, F., Araghinejad, S., Ebrahimi, K., Kholghi, M., 2010. Regional assessment of climate change using statistical tests: Case Study of Gorganroud-Gharehsou Basin. *Journal of Water and Soil* 24(3): 476-489. (In Persian)
15. Monshi Zade, R., Khoshhal, F., 2005. The effects of Tourism on land use changes in Lahijan City (With an emphasis on rural land). *Journal of Geographic Science* 4(5): 89-106. (In Persian)
16. Mosaedi, A., Khalili Zade, M., Mohamadi, A., 2008. Drought monitoring in Golestan Province. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources* 15(2): 176-183. (In Persian)
17. Mosaedi, A., Kahe, M., 2008. Precipitation effects on yield productions of wheat and barely in Golestan Province. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources* 15(4): 206-218. (In Persian)
18. Mosaedi, A., Marashi, M., Kavakebi, G., 2009. Comparison of drought frequency in arid and humid regions (Case study: Golestan Province). *Journal of Agriculture Science and Natural Resources* 16 (Special issue 1-a): 277-290. (In Persian)
19. Nazarpour, A., 2012. The Site Selection for Artemia Culture by Spatial Multi Criteria Evaluation in Qom Township. Thesis of Master of Science in Fishery Engineering. Department of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
20. Shiry, N., 2012. Cholinesterase activity evaluation as a biomarker in *Capoeta capoeta gracilis* to environmental monitoring: Studing on Gorgan River. Thesis of Master of Science in Fishery Engineering. Department of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
21. Soleymani, K., Azmodeh, A., 2010. The role of land use changes on some physical, chemical and

- erodibility properties of soil. *Journal of Natural Geography Research* 74: 111-124. (In Persian)
22. Soleymanpour, M., Soufi, M., Ahmadi, H., 2008. The role of different land uses in a ravine erosion (Case study: Fars Province). *Iran-Watershed Management Science and Engineering* 3: 66-68. (In Persian)
23. Gharib, M., Mosaedi, A., 2003. Assessment of temporal and spatial changes manner of rainfall in part of Gorganroud Basin. Third Regional Conference and First National Conference of Climate Changes, University of Isfahan. (In Persian)