



سنجش و تحلیل اثرات درجه خشکی اقلیم با استفاده از شاخص‌های خشکی ماهانه طوسی، بارش انگوت (K) و یونپ (UNEP) (مورد مطالعه: شهرستان‌های استان گلستان)

یوسف درویشی^{۱*}، محمد صادق قدم‌خیز^۲

^۱استادیار گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، ایران.

^۲دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۵

چکیده

هدف این پژوهش و تحلیل میانگین بلندمدت بارش (P) و تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) مبتنی خشکی اقلیم در شهرستان‌های علی-آبادکنول، گرگان، بندرگز، بندر ترکمن، کلاله، گمیشان، مینودشت، اینچه برون، گنبد کاووس با استفاده از شاخص‌های خشکی ماهانه طوسی، بارش انگوت (K) و یونپ (UNEP) به منظور آشکارسازی تغییرات رخ داده در دوره زمانی ۳۰ ساله می‌باشد. همچنین در این مطالعه جهت برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل از روش هارگریوز - سامانی (Hargreaves-Samani) استفاده گردید. برای نشان دادن معنی داری روند از معیار $U-U'$ استفاده شد. مقادیر $U-U'$ برای تمام ماهها و کل سالها در محیط نرم‌افزار اکسل برآورد گردید، مناطق مورد مطالعه با استفاده از روش منکندال (Menkendal) به کمتر از ۱/۹۶+ یا بیشتر از ۱/۹۶+ یا مناطق دارای روند تفکیک گردید. پس از محاسبه فاکتور خشکی (AI) برای ایستگاه‌های موجود در مناطق شهری مورد نظر از طریق نرم‌افزار Excel، با استفاده از روش دورنیایی کریجینگ نقشه تغییرات منطقه‌ای خشکی پهنه مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGIS ترسیم گردید بدین منظور جهت بهترین نتیجه و کمترین میزان خطا از روش میانمایی مجذور فاصله با پراکنش (Expotntial) و جهت انتخاب بهترین روش دورنیایی از شاخص‌های آماری ریشه میانگین مربعات خطا RMS قدر مطلق خطا MAE استفاده گردید. در ادامه در بعدی دیگر با توجه به رویکرد پژوهش حاضر مدل مفهومی نهایی در قالب تاثیر خشکی بر تنش زایی گیاهان و کاهش عملکرد اقتصادی جوامع محلی روستایی نیز ارائه گردید. نتایج نشان داد روش عکس فاصله به‌عنوان بهترین روش در میان روش‌های مورد استفاده برای برآورد تغییرات درجه خشکی (AI) می‌باشد. نتایج نشان داد که خطر خشکی به همراه آن آلودگی ناشی از گرد و غبار در هر پهنه مورد مطالعه دور از انتظار نیست، در تمام شهرهای مورد مطالعه بنظر میرسد که با کاهش و تغییر روند حاکمیت بارندگی به همان میزان شدت تبخیر و تعرق افزایش یافته و پدیده خشکی به مراتب بیشتر خود را نمایان کند این پدیده میتواند بر روند محصولات کشاورزی و کاهش میزان تولید و سطح زیرکشت محصولات پهنه استان گلستان و کاهش میزان عملکرد آن‌ها تاثیر گذار باشد بین ماه‌های مورد سنجش واقع شده، بیشترین روند رو به خشکی در قسمت شمالی استان گلستان نمایان بوده و بیش از ۳۵ درصد مساحت این استان را شامل می‌شود. روند تغییرات این شیب از لحاظ آماری معنی دار است.

واژه‌های کلیدی: خشکی، شاخص طوسی، بارش انگوت، شاخص AI، GIS.

مقدمه

خشکی از اصلی‌ترین بلاهای طبیعی است که انسان از دیرباز با آن آشنا بوده است و از مهمترین بلاهای طبیعی است که بر ابعاد مختلف زندگی بشر تاثیر گذار است (Mishra & Singh, 2010) و به یک

دوره زمانی تسلط آب‌وهوای خشک غیرعادی گفته می‌شود که باعث عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب شده است و تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را به دنبال دارد (Zhang, 2012). پیش‌بینی قابل اعتماد از وضعیت خشکی در آینده، یکی از مبانی اصلی موفقیت در برنامه‌ریزی منابع آب است که تحت‌تاثیر فرآیندهای تغییر اقلیم قرار دارد

*نویسنده مسئول: phddarvishi@yahoo.com

آب تأثیر بگذارد زیرا میزان تبخیر و تعرق را کنترل می‌کند. از پارامترهایی مانند میزان بارندگی و دما می‌توان به عنوان شاخص خشکی استفاده کرد. این شاخص‌ها به شاخص‌های خشکی تبدیل می‌شوند که ویژگی‌های مختلف خشکی را نشان می‌دهد (Tirivarambo et al., 2018). اصولاً برای تحلیل کمی خشکی، وجود یک شاخص مشخص برای تعیین دقیق دوره‌های مرطوب و خشک بسیار ضروری است (Silva, 2008). تنش‌های گیاهان وابستگی زیادی به شرایط هواشناسی غالب دارد و به طور قابل توجهی با شاخص‌های هواشناسی مرتبط است. تنش در گیاهان زمانی اتفاق می‌افتد که منبع آب (بارندگی) نمی‌تواند نیاز آب محصول را برآورده کند و به عنوان کمبود رطوبت خاک منجر به آسیب‌رسانی گیاهان می‌شود (Sheffield et al., 2004; Wilhite, 2014). شروع استفاده از فن‌آوری سنجش‌ازدور برای پایش خشکی به کاربرد آن در استخراج اطلاعات از پوشش گیاهی زمین باز می‌گردد. یک‌مرتبه کالیبره کردن اطلاعات ماهواره‌ای با واقعیت زمینی، امکان استفاده از داده‌ای ماهواره‌ای برای پایش شروع خشکی، واکنش پوشش گیاهی به خشکی و بهبود پس از استرس را فراهم می‌کند. در دهه‌های اخیر مدل‌های زیادی در رابطه با پایش خشکی ارائه شده است که عموماً بر پایه شاخص‌های گیاهی، دمای سطح زمین، محتوای آب گیاه و وضعیت گیاه است. برخی از مدل‌ها عبارت‌اند از: شاخص وضعیت پوشش گیاهی سلامت پوشش گیاهی، تفاضل نرمال شده، شاخص نسبت درجه حرارت (Bayarjargal et al., 2006). شاخص رطوبت خاک (Gu et al., 2008). از آنجایی که امروزه سنجنده‌های متعددی در مطالعات پایش خشکی به کار می‌روند، در مطالعه حاضر از اطلاعات سنجنده مودیس استفاده شد، زیرا در مقایسه با سنجنده‌های دیگر، سنجنده مودیس با داشتن باندهای مختلف و طیف الکترومغناطیسی بالقوه برای نظارت بر خشکی مناسب‌تر است (Ceccato et al., 2001). از این‌رو، از سال ۲۰۰۰ پس از کسب اولین داده‌های ماهواره‌ای از این سنجنده، استفاده از اطلاعات آن به منظور ارزیابی

(امانی و همکاران، ۱۳۹۵). شاخص خشکی (AI) به عنوان نسبت تبخیر-تعرق به بارش برای کمی‌سازی مقدار خشکی به کار می‌رود (بختیاری و همکاران، ۱۴۰۰). گیاهان پاسخ سریعی به تغییرات آب و هوا دارند همچنین تغییرات در فنولوژی و تولید گیاه شواهدی در سری زمانی هستند که سبزیگی را نشان می‌دهند. آب و هوا می‌تواند تغییراتی در تراکم و رشد پوشش گیاهی ایجاد کند که ممکن است بعد از دهها سال نمایان شود (استو و همکاران، ۲۰۰۴: ۲۸۲). خشکی حاصل کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی معمولاً یک فصل یا بیشتر می‌باشد. این کمبود منجر به نقصان آب برای برخی فعالیت‌ها، گروه‌ها و یا یک بخش زیست‌محیطی می‌شود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷). بروز خشکی و کاهش بارش بر منابع آب و کشاورزی در هر منطقه تأثیرگذار است (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۸۹). عامل بارش به تنهایی در خشکی موثر نیست بلکه خشکی پدیده بسیار پیچیده‌ای است که عوامل مختلفی در ایجاد آن دخالت دارند از طرفی ایران بنابه موقعیت اقلیمی و جغرافیایی که دارد بارش به عنوان ورودی و تبخیر و تعرق به‌عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود از این رو عامل تبخیر و تعرق عامل مهمی در خشکی محسوب می‌گردد (خورانی و جمالی ۱۳۹۵). خشکی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد محصول و در نتیجه، امنیت غذایی در متن تغییرات جهانی آب و هوا دارد. بنابراین، تلاش‌ها باید بر روی شناسایی و نظارت بر خشکی باشد (Zhao et al., 2017). فراوانی و شدت خشکی می‌تواند با گرم شدن کره زمین در حال افزایش باشد (Tian et al., 2018). خشکی حادثه‌ای طبیعی است که بر اقتصاد، کشاورزی و جنبه‌های اجتماعی جامعه اثر می‌گذارد. این پدیده تدریجی است، به‌گونه‌ای که آغاز و پایان آن معلوم نیست. تداوم آن ممکن است از چندین ماه تا چندین سال طول بکشد و مساحت تحت پوشش آن در طول زمان تغییر کند، به همین دلیل نیاز به پایش آن بیشتر احساس می‌شود (Bhuiyan, 2004). اگرچه میزان بارندگی شاخص اصلی در دسترس بودن آب است، اما دما نیز عامل مهمی است که می‌تواند بر میزان دسترسی به

فعالیت‌های انسان تأثیر می‌گیرند (پوشش برف و بارش باران و برف)، حدود ۱۲ تا ۱۶ درصد کاهش داشته‌اند. (Dinar, 2000). آثار خشکی در جوامع روستایی کشورهای جنوب آفریقا را بر هفت بخش محصولات زراعی، دام، آب، اشتغال، قیمت مواد غذایی، چراگاه و سوخت طبقه‌بندی و مطالعه کردند. در بخش مطالعات داخلی نیز پژوهش‌های انجام پذیرفته است که در ذیل به آن‌ها پرداخته می‌شود:

امانی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی تحت عنوان بررسی خشکی تحت شرایط افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در گندم دیم استان فارس با استفاده از شاخص خشکی به این نتیجه رسیده‌اند که در دوره پایه میزان بارندگی جمعی و تبخیر و تعرق بیشترین تأثیر را بر شاخص خشکی داشتند. با توجه به نقشه پراکنش خشکی در دوره پایه و آینده به نظر می‌رسد هرچقدر از دوره ۲۰۳۰ دورتر و به دوره ۲۰۹۰ نزدیک‌تر می‌شویم، شدت خشکی در استان افزایش بیشتری می‌یابد. پیش‌بینی می‌شود که در دو مدل اقلیمی، سه دوره زمانی و سه سناریو به دلیل افزایش میزان تبخیر و تعرق و کاهش میزان بارندگی که همبستگی بالایی (به ترتیب مثبت و منفی) با میزان دمای بیشینه داشتند (عساکره و همکاران، ۱۳۹۶) در پژوهشی به تحلیل و پیش‌بینی روزهای خشک با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: ایستگاه تهران) پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده این است که بارش از جمله مهمترین متغیرهای ورودی به سیستم‌های هیدرولوژیکی محسوب می‌گردد بر این اساس در ایستگاه مذکور، روزهای خشک پیش‌بینی شده توسط شبکه در مقایسه با طول دوره آماری مورد بررسی دارای روند افزایشی بوده است که با محاسبه احتمال وقوع روزهای خشک، طی سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۹) با استفاده از زنجیره مارکوف، موارد فوق تأیید گردیده است. (بختیاری و همکاران، ۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی تحلیل حساسیت و بررسی تغییرات شاخص خشکی (AI) در چند نمونه اقلیمی ایران پرداختند، نتایج در بین متغیرهای اقلیمی، بارش بیش‌ترین سهم

و پایش خشکی مدنظر قرار گرفت. دامنه وسیعی از شاخص‌های مبتنی بر داده‌های مودیس برای نظارت بر خشکی در مناطق مختلف تاکنون ارائه شده است (Caccamo et al., 2011). در جهان دانشمندیانی مثل (Park et al., 2008)، (رحیم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹)، (Murad et al., 2011)، (Alwesabi, 2012) و در ایران (یگانه و خواجه‌الدین، ۱۳۹۰) با استفاده از شاخص‌های متعدد محاسبه شده حاصل از تصاویر سنجنده مودیس اقدام به ارزیابی و پایش خشکی کردند و نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داده است که اطلاعات این سنجنده برای تعیین خشکی مناسب است. خشکسالی یک خطر جدی با اثرات بسیار گسترده بر روی خاک، اقتصاد و تهدید معیشت و سلامت جوامع محلی می‌باشد. برخی پژوهش‌های خارجی و داخلی درباره موضوع پژوهش حاضر عبارتند از (Howitt et al., 2015) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل اقتصادی آثار خشکی بر کشاورزی کالیفرنیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که آثار بیشتری در مناطق دارای محدودیت آب‌های زیرزمینی نمایان هستند به گونه‌ای که بر قیمت محصولات کشاورزی نیز مؤثر هستند (FAO, 2013). در پژوهشی، خشکی در جهان را بررسی و آثار مختلف این پدیده از جمله مرگ، بیماری، سوءتغذیه، قحطی و حتی جابه‌جایی‌های مکانی جمعیت در ۳۰ تا ۵۰ سال آینده جهان را تحلیل کرد (Edossa, 2009). خشکی در حوضه رودخانه اواش در اتیوپی را با شاخص خشکی بارش استاندارد شده بررسی کرد؛ تجزیه و تحلیل و ارتباط بین شاخص‌های خشکی هواشناسی و هیدرولوژی در حوضه یادشده نشان داد که وقوع پدیده خشکی هیدرولوژیک در ایستگاه اندازه‌گیری شده با میانگین تأخیری هفت‌ماهه از رویداد خشکی هواشناسی در اواش روی می‌دهد و تنوع ۳ تا ۱۳ ماهه دارد. (Shaban, 2008). خشکی هیدرولوژیکی را در لبنان مطالعه کرد و نتایج پژوهش او نشان دادند که منابعی مانند رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی که متأثر از فعالیت‌های انسان هستند، حدود ۲۳ تا ۲۹ درصد کاهش داشته‌اند و منابعی که کمتر از

منابع مختلف به مجموعه متنوعی از روش‌ها برای تحلیل خشکی اشاره می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: روش‌های تحلیل داده‌های بارندگی، روش‌های تحلیل هم‌دیدگی (سینوپتیک)، روش‌های سنجش‌از‌دور، روش‌های تعیین شاخص‌های خشکی و ... روش سنجش‌از‌دور که بیشتر بر روش‌ها و الگوهای ریاضی و تحلیل داده‌های کمی اقلیمی مبتنی است، کاربرد فراوانی برای تحلیل خشکی دارد (نوری و نوروزی، ۱۳۹۵).

در این راستا با توجه به اهمیت موضوع مورد مطالعه هدف کلی پژوهش حاضر سنجش و تحلیل میانگین بلندمدت بارش (P) و تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) مبتنی بر درجه خشکی اقلیم با استفاده از شاخص‌های خشکی ماهانه طاوسی، بارش انگوت (K) و یونپ (UNEP) در استان گلستان می‌باشد.

همچنین با توجه به مطالعه پیشینه پژوهش و تئوری نظری مطرح‌شده طی سالیان سال در خصوص موضوع مورد مطالعه می‌توان این‌گونه بیان نمود که پژوهش‌های مطالعه‌شده در این رابطه دارای شکاف علمی در خصوص سنجش و تحلیل هم‌بستگی سری زمانی خشکی مبتنی بر شاخص اقلیمی و تاثیر آن بر جوامع روستایی و شهری با عدم رویکرد توسعه‌ای و مدیریت فضایی است. به همین منظور در این پژوهش این موضوع نیز به عنوان یک هدف فرعی و جنبه نوآورانه دیگر بررسی شده است. در ادامه نیز بر همین اساس با توجه به تئوری نظری موجود و تحلیل فضایی تنش در گیاهان و درک جامعه از رویکرد آینده‌نگری با نظر اجماع علمی چند متغیر اصلی استخراج شده است. که ۱. شاخص یونپ ۲. شاخص AI ۳. شاخص طاوسی ۴. شاخص انگوت می‌باشد که این متغیرها در دیدگاه‌های علمی افراد صاحب نظر مطابق با منابع خارجی و داخلی بهره گرفته شده است. با توجه به پژوهش‌های اشاره‌شده در زمینه‌ی تحقیق حاضر انجام گرفته می‌توان این‌گونه بیان نمود که نوآوری پژوهش حاضر در این مقوله می‌باشد که این پژوهش علاوه بر بررسی معیارهای مورد سنجش قرار گرفته شده در پژوهش‌های پیشین، جهت پردازش از داده‌های ایستگاه سینوپتیکی

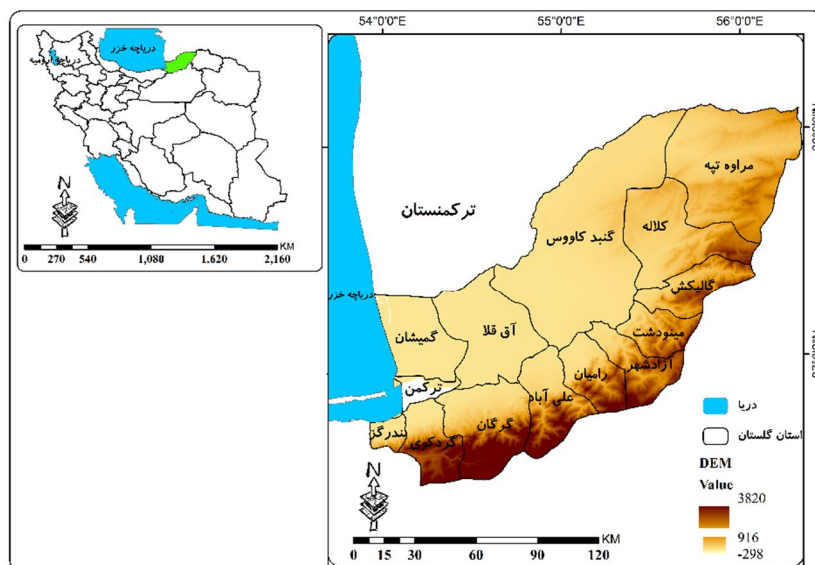
را در تغییرات AI داشته است. به طوری که ۱۰٪ افزایش در بارش، باعث کاهش AI در ایستگاه‌های رشت، ایلام، یاسوج، مشهد و کرمان به ترتیب ۷۲/۱۰٪، ۸۱/۱۱٪، ۴۸/۱۲٪، ۱۴/۱۱٪ و ۸۲/۱۲٪ می‌شود. بعد از بارش، بیشترین حساسیت AI به متغیرهای اقلیمی در ایستگاه‌های ایلام و رشت به ترتیب دمای حداکثر و حداقل، در ایستگاه‌های کرمان و مشهد، فشار بخار هوا، و در ایستگاه یاسوج مقدار تابش ورودی است. فتح نیا و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان پیش‌بینی احتمال تکرار دوره‌های خشکی و اثر آن بر پوشش گیاهی در استان گلستان به این نتیجه دست پیدا کرده‌اند که در میان سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۷ و ۱۹۹۴-۱۹۹۰ دوره ترسالی و سال‌های ۱۹۸۶-۱۹۸۲ و ۲۰۱۰-۲۰۰۵ دوره خشکی رخ داده است. تحلیل شاخص خشکی روند بارش در این زمان را تأیید کرده و نشان داد سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۵ شرایط مرطوب و از سال ۲۰۰۵ شرایط خشکی حاکم بوده است. موغلی (۱۳۹۹) در پژوهشی تحت عنوان پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکی در حوضه آبریز درودزن با استفاده از تصاویر MODIS به این نتیجه دست یافته است که یکی از روش‌های مطالعه‌ی پایش و پهنه‌بندی خشکی با استفاده از شاخص‌های هواشناسی می‌باشد. پودینه و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای تحت عنوان پایش شاخص‌های خشکی در شهر زاهدان در بازه‌های زمانی مختلف به این نتیجه رسیده‌اند که خشکی مؤثرترین نقش را در میان بلایای طبیعی دارد و دو گروه پیامد مستقیم و غیرمستقیم از خود برجای می‌گذارد. اساسی‌ترین پیامدهای مستقیم عبارت‌اند از: کاهش اراضی کشاورزی، کاهش تعداد دام‌ها، کاهش تولید محصولات کشاورزی، افزایش هزینه‌های تولید، کاهش منابع آب، کاهش وسعت مراتع و جنگل‌ها، افزایش آتش‌سوزی‌ها و غیره مهم‌ترین آثار غیرمستقیم نیز شامل کاهش درآمد در بخش کشاورزی و دامداری، کاهش قیمت اراضی زراعی، افزایش مهاجرت‌های روستایی، تخلیه تدریجی آبدادی‌ها، گسترش ابعاد فقر، قحطی، بیکاری و غیره هستند (حجازی‌زاده و جوی‌زاده، ۱۳۸۹؛ امیدوار، ۱۳۹۲). در

این مقدار معادل ۸۳۴۸ کیلومترمربع شامل اراضی جلگه‌ای استان می‌شود که قریب ۳۷/۵ درصد (۳۱۲۸ کیلومترمربع) از آن را جلگه ساحلی پست و ۶۲/۵ درصد (کیلومترمربع) آن را جلگه موج تشکیل می‌دهد. جلگه ساحلی پست استان حدود ۱۵/۲ درصد کل ۵۲۲۰ وسعت استان را در بر گرفته و اراضی جلگه‌ای موج حدود ۲۵/۴ درصد کل وسعت استان را تشکیل می‌دهد. دشت کوهپایه‌ای نیز با مساحت ۳۶۹۹/۸ کیلومترمربع ۱۸ درصد استان را شامل می‌شود. تپه‌ماهورها و کوه‌های پست و کم ارتفاع در مجموع ۴۵۲۶/۸ کیلومترمربع از سطح استان را به خود اختصاص می‌دهند و ۴۳/۹ درصد از این مقدار به اراضی تپه‌ماهوری و ۵۶/۱ درصد آن به کوه‌های پست و کم ارتفاع (گنبدی شکل) اختصاص می‌یابد. کوه‌های مرتفع و اراضی کوهستانی با وسعتی قریب ۳۹۴۱/۵ کیلومترمربع، حدود ۱۹/۲ درصد وسعت کل استان را فرا گرفته است. بدین ترتیب ملاحظه می‌گردد که بیشترین وسعت استان را اراضی جلگه‌ای و دشت کوهپایه‌ای تشکیل می‌دهد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان گزارش طرح توسعه اشتغالزایی ماده ۲۷، سال ۱۳۹۶).

به صورت تلفیقی از روشهای آماری همچون (هارگریوز - سامانی، AI، UNEP، K) همچنین از یک طبقه‌بندی جدید بنام شاخص طوسی بهره گرفته شد. که یکی از پرکاربردترین شاخص‌هایی است که در ارتباط با خشکی طراحی شده است درحالی‌که در پژوهش‌های پیشین بیشتر تأکید بر یک روش و قابلیت‌های آن بوده است، در این پژوهش جهت تایید صحت معنی داری روندها از روش منکنندال ارائه شده توسط بهلول علیجانی و همکاران استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

استان گلستان بین ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی در بخش شمالی کشور واقع گردیده است. این استان از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به دریای خزر و استان مازندران محدود می‌شود. استان گلستان در محدوده منطقه معتدله شمالی قرار گرفته که این عامل نقش مؤثری را در اقلیم استان بر عهده دارد. وسعت استان گلستان ۲۰۴۳۰/۹۲ کیلومترمربع است که از



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

وات بر متر مربع (۱۹۹۶ لانگلی در دقیقه)، n شماره روز که بر مبنای اول ژانویه، محاسبه می‌شود، δ زاویه میل خورشید که بنا بر حرکت لحظه‌ای زمین در هر عرض جغرافیایی برای هر روز متغیر است، و φ عرض جغرافیایی محل و WS زاویه ساعتی غروب خورشید که با توجه به فصل تابش و عرض جغرافیایی متغیر می‌باشد. این محاسبات بر اساس میانگین ماهانه برای هر ایستگاه به طور مجزا در نرم افزار ماکرو اکسل ارائه شده توسط طاوسی^۱ محاسبه گردید (طاوسی و همکاران، ۱۳۹۱:۹۹).

در این مطالعه جهت برآورد سطح خشکی منطقه مورد مطالعه از روش شاخص خشکی AI و شاخص بارندگی ماهانه (شاخص انگوت) استفاده گردید. شاخص خشکی (AI) یک شاخص عددی است که گویای درجه خشکی اقلیم در یک مکان مشخص است. خشکی اقلیمی معمولاً با مقایسه میانگین بلندمدت بارش (P) با میانگین بلندمدت تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) ارزیابی می‌شود ($AI = P / PET$). در نتیجه، اگر PET بیشتر از P باشد، اقلیم خشک محسوب می‌شود. چرا که تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) بیانگر قدرت خشک کردن هواسپهر به شیوه ربایش آب از سطح زمین طی فرآیند تبخیر است. ناهنجاری کمبود آب نیز ممکن است در مدت زمان کوتاه تری رخ دهد، به عنوان مثال: فصلی یا ماهانه که به شدت و مدت زمان آن بستگی دارد. برنامه محیط زیست سازمان ملل (UNEP) بر پایه شاخص خشکی (AI) (نسبت مجموع بارش سالانه به تبخیر و تعرق پتانسیل)، اقلیم را در هفت گروه (فراخشک (E)، خشک (A)، نیمه خشک (S)، نیمه مرطوب خشک (D)، نیمه مرطوب (M)، مرطوب (H) و بسیار مرطوب (V)) تقسیم نموده است.

تحقیق حاضر، با توجه به ماهیت مسئله و موضوع مورد بررسی، از نوع توصیفی - تحلیلی است و از نوع مطالعات کاربردی با تاکید بر روش های کمی است. هدف این پژوهش سنجش و تحلیل سطح خشکی و طبقه بندی اقلیم مبتنی بر خشکی با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیکی بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷) می‌باشد. در این مطالعه جهت برآورد تبخیر و تعرق از روش هارگریوز - سامانی استفاده گردید. روش‌های متعددی برای محاسبه مناطق خشک و مرطوب ارائه شده است. بسیاری از روش‌ها به داده‌های متعدد هواشناسی نیازمند می‌باشد اما برخی از این داده‌ها در دسترس نیستند و به فرض دسترسی، از دقت کافی برخوردار نیستند. بنابراین روش‌های مبتنی بر حداقل داده‌های اقلیمی گسترش یافتند که روش‌های هارگریوز - سامانی از جمله هستند. این مدل از رابطه زیر بدست می‌آید (Hargreaves and Samani, 1985).

رابطه (۱)

$$ET = 0.0023(Ra)(T + 17.8)\sqrt{Tmax - Tmin}$$

که در رابطه ۱ ET شدت تبخیر و تعرق، Ra تابش فرازمینی ماهانه، T میانگین دمای متوسط ماهانه Tmax میانگین دمای حداکثر ماهانه و Tmin میانگین دمای حداقل ماهانه در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷) می‌باشد. لازم به ذکر است که اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماهانه ($Tmax - Tmin$) در رابطه ۱ همان (TD) می‌باشد. همچنین برای محاسبه Ra از رابطه‌ای به شکل رابطه (۲) استفاده می‌شود (Hargreaves and Samani, 1985).

رابطه (۲)

$$Ra = \frac{24(60)GSC}{\pi} \left[1 + 0.0033 \cos\left(2\pi \frac{N}{365}\right) \right] \times [Ws \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(Ws)]$$

که در رابطه فوق Gsc ثابت خورشیدی معادل ۱۳۷۰

۱. تقی طاوسی، استاد دانشگاه سیستان و بلوچستان، سال ۱۳۹۶.

جدول ۱- طبقه بندی اقلیمی بر اساس شاخص خشکی یونپ (UNEP) (منبع: طاوسی و همکاران، ۹۹:۱۳۹۱)

رده	تیپ اقلیمی	درجه عددی خشکی
E	Extremely Arid	بسیار خشک $AI < 0.05$
A	Arid	خشک $0.05 \leq AI < 0.02$
S	Semi Arid	نیمه خشک $0.2 \leq AI < 0.05$
D	Dry Sub Humid	نیمه مرطوب خشک $0.5 \leq AI < 0.65$
M	Sub Humid	نیمه مرطوب $0.65 \leq AI < 0.75$
H	Wet Humid	مرطوب $0.75 \leq AI \leq 1$
V	Very Humid	بسیار مرطوب $1 \leq AI$

روزهای سال با احتساب سال کبیسه. اگر شاخص بارندگی ماهانه انگوت بزرگتر از یک باشد، آن ماه مرطوب و اگر کوچکتر از یک باشد، آن ماه خشک به حساب می آید. در این نرم افزار، بر اساس ضریب شاخص بارندگی ماهانه، ماه‌های خشک در چهار گروه (خشک شدید (De)، خشکی زیاد (Dh)، خشکی متوسط (Dm) و خشکی ضعیف (Dw)) تقسیم شده است.

شاخص بارش انگوت (The Angot Precipitation Index) شاخص بارندگی انگوت (K) به صورت زیر محاسبه می شود.
(رابطه ۳)

$$K = (Pm \times 365.25) / (Pa \times Xn)$$
 در اینجا (P) میانگین بارندگی ماهانه به میلی متر، (Pa) میانگین بارندگی سالانه، (n) تعداد روزهای ماه فوریه در نرم افزار (۲۸، ۲۵، ۲۶ و ۲۵) تعداد

جدول ۲- طبقه بندی شاخص خشکی ماهانه (طاوسی)

شاخص	سطح خشکی	خطر تنش گیاهی	بارندگی انگوت (K)
DE	خشکی فوق العاده است	تنش واقعی	$0.00 < K < 0.25$
DH	خشکی زیاد است	تنش بسیار شدید	$0.25 \leq K < 0.5$
DM	خشکی متوسط است	تنش متوسط	$0.5 \leq K < 0.75$
DW	خشکی ضعیف است	تنش زایی کم	$0.75 \leq K = 1$
W	مرطوب	عدم تنش	$1 < K$

جدول ۳- مشخصات ایستگاه‌های مورد سنجش واقع شده

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی (درجه، دقیقه)	ارتفاع (متر)
۱	علی آباد کتول	۵۴،۸۸	۳۶،۹۰	۱۸۴
۲	بندرگز	۵۳،۹۵	۳۶،۷۷	-۱۶
۳	بندرترکمن	۵۴،۰۷	۳۶،۹۰	-۱۰
۴	گنبد کاووس	۵۵،۱۷	۳۷،۲۵	۳۷
۵	گرگان	۵۴،۴۱	۳۶،۹۱	۲
۶	هاشم آباد گرگان	۵۴،۲۷	۳۶،۸۵	۱۳
۷	اینچه برون	۵۴،۴۳	۳۷،۲۷	۷
۸	کلاله	۵۵،۴۶	۳۷،۳۹	۱۲۷
۹	مراوه تپه	۵۵،۹۵	۳۷،۹۰	۴۵۰
۱۰	مینودشت	۵۵،۶۳	۳۷،۳۷	۲۱

منبع: اداره کل هواشناسی استان گلستان، ۱۳۹۹.

الف: بارندگی زمستانه (Dry summer): اگر مجموع بارندگی دوره سرد سال (فصول پاییز و زمستان) مساوی یا بیشتر از ۷۰ درصد بارندگی سالانه همان محل باشد.

تعیین رژیم بارندگی در این نرم افزار و بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن، رژیم بارندگی به شیوه زیر تعیین می شود:

با نزولی داشته باشند نشان‌دهنده وجود روند در داده‌های مذکور است. هرگونه تغییرات طبیعی و یا غیرطبیعی، منجر به تغییر در روند داده‌ها می‌شود. برای آنکه وجود یا عدم وجود روند در داده‌ها مشخص شود، می‌توان از یکسری آزمون‌هایی استفاده کرد. آزمون کندال، یکی از آزمون‌هایی است که به فراوانی در هیدرولوژی و اقلیم‌شناسی، برای تعیین روند داده‌ها استفاده می‌گردد. به عبارتی، معنادار بودن وجود روند داده‌ها را مشخص می‌کند (مهدوی، ۱۳۸۴). خروجی آزمون من-کندال در این تحقیق می‌تواند گزینه مناسبی باشد در برآورد اینکه آیا روند تغییرات اقلیمی (بالا رفتن دما، تبخیر و تعرق، کاهش بارندگی و تغییر در نوسانات فصلی) در بعد اول منجر به بروز خشکی و در بعد دوم منجر به تنش‌های گیاهی شده است. البته اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی متغیر اقلیمی به تنهایی نمی‌تواند دلیل قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌نماید.

جدول ۴ به نقل از علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱ در اکسل به صورت ماکرو محاسباتی توسط نویسنده انجام و در ادامه روند تغییرات هر یک از پارامترهای اقلیمی دخیل در سطح خشکی و عامل تنش گیاهی منطقه به صورت نمودارهایی نمایان گردید. با فرض دو دامنه آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه (۵) زیر برقرار باشد:

$$|Z| < Z_{\alpha/2}$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $\alpha/2$ استفاده شده است. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۰.۹۵٪ و ۰.۹۹٪ به کار گرفته شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (من، ۱۹۴۵؛ کندال، ۱۹۷۰). اگر بین ۱.۹۶-۲.۵۸ باشد در سطح ۹۵ درصد معنی دار، اگر بیشتر از ۲.۵۸ باشد در سطح ۹۹ درصد معنی دار و در غیر این صورت غیر معنی دار است.

ب: بارندگی تابستانه (Dy winter): اگر مجموع بارندگی دوره گرم سال (فصول بهار و تابستان) مساوی یا بیشتر از ۷۰ درصد بارندگی سالانه همان محل باشد. ج: فصل بارندگی نامشخص (Without diy season): اگر مجموع بارندگی دوره سرد سال (پائیز و زمستان و همچنین مجموع بارندگی دوره گرم سال (بهار و تابستان بیشتر از ۳۰ درصد و کمتر از ۷۰ درصد بارندگی سالانه همان محل باشد.

بر حسب مراحل انجام شده در مراحل اولیه پژوهش در نهایت در دوره‌های ماهانه تبخیر تعرق گیاهی در شرایط غیر استاندارد با استفاده از رابطه (۴) زیر محاسبه گردید تا بهینه‌سازی الگوی کشت در شرایطی که پهنه مورد مطالعه دچار پدیده خشکی می‌گردد اعمال شود.

$$ETc = (KsxKcb + Ke)xETO$$

که در آن:

ETc = تبخیر و تعرق گیاهی در شرایط غیر استاندارد (mm/d)

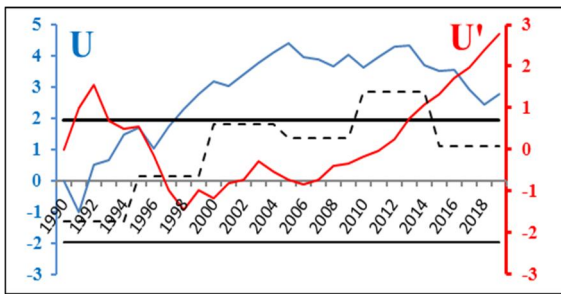
ETO = تبخیر و تعرق گیاه (mm/d)

Kcb = ضریب گیاهی پایه

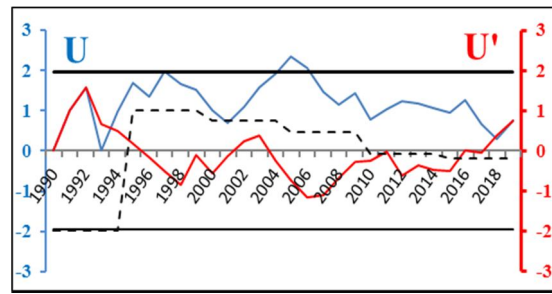
Ke = ضریب تبخیر (ke) بیان‌کننده جز تبخیر از ETC می‌باشد هنگامی که به دنبال یک بارندگی یا آبیاری خاک خیس می‌شود مقدار Ke به حداکثر مقدار خود می‌رسد با خشک شدن خاک Ke کاهش یافته و با تخلیه کل آب موجود در لایه سطحی خاک به صفر می‌رسد.

Ks = ضریب اصلاحی اعمال تنش شوری و رطوبتی

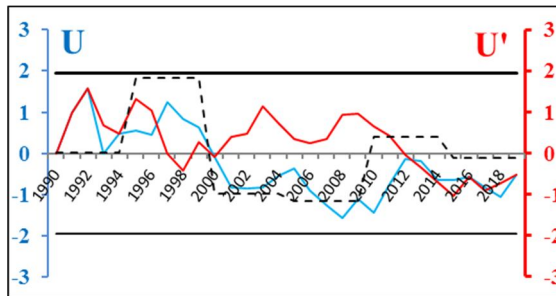
در مرحله بعد با استفاده از پارامترهای دخیل در روش‌های مذکور همچون (تبخیر و تعرق، بارندگی با بازه زمانی ۳۰ ساله) اعتبارسنجی سری زمانی‌ها به روش (منکندال) انجام گردید. آزمون من کندال از متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک به شمار می‌روند که می‌تواند در جهت تحلیل روند سری‌های زمانی و... مورد استفاده قرار گیرد (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱). آزمون من-کندال نمونه‌ای از آزمون‌های غیر پارامتری هستند که در تحقیقات بررسی روند متغیرهای آب و هواشناسی از آن‌ها استفاده می‌شود. چنانچه سری زمانی داده‌های هیدرولوژی و هواشناسی به‌طور یکنواخت سیر صعودی



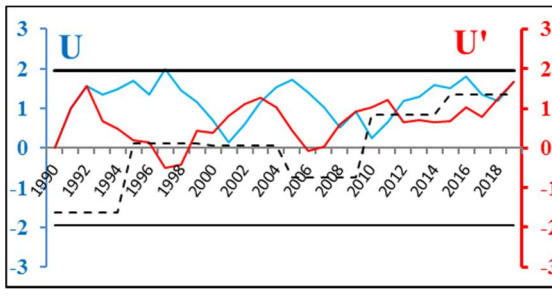
شکل ۲- بررسی روند و جهش سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله علی آباد کنتول



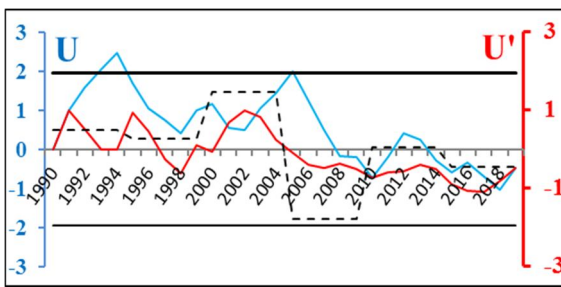
شکل ۳- سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله بندرگز



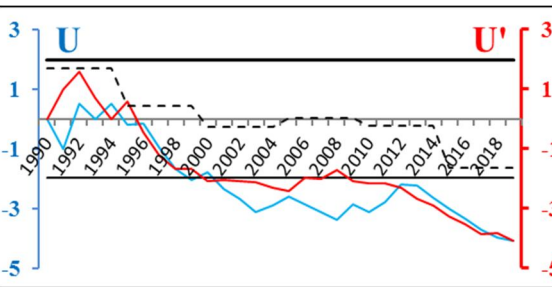
شکل ۴- سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله بندر ترکمن



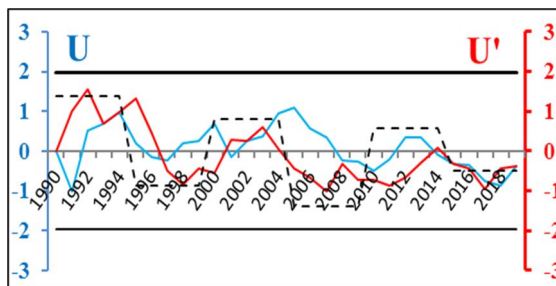
شکل ۵- سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله گلوگاه



شکل ۶- سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله گرگان

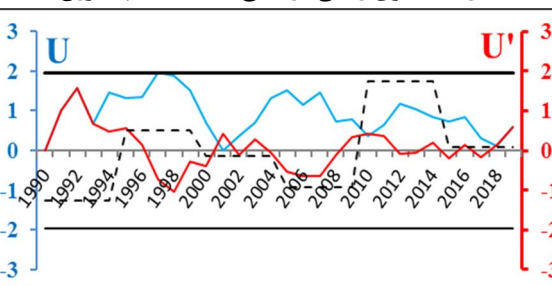


شکل ۷- سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله اینچه برون



شکل ۸- سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله گنبدگاوس

$$(U' = -U = -) \quad (a = +1.96)$$



شکل ۹- سری زمانی بارندگی ۳۰ ساله مراوه تپه

$$(a = -1.96) \quad (--- \text{ میانگین 5 ساله})$$

ناگهانی خواهد بود. روند: اگر منحنی U پس از خروج از محدوده معنی‌داری دوباره به داخل محدوده برگردد روند معنی‌دار خواهد بود. به طرف مقادیر مثبت روند مثبت و به طرف مقادیر منفی روند منفی خواهد بود. بدون تغییر: اگر دو منحنی ذکر شده در داخل محدوده بحرانی با هم برخورد کنند و از محدوده بحرانی خارج نشوند و یا هیچ تلاقی نباشد، هیچ گونه

این نمودارهای (شکل‌های ۲ تا ۹) سری زمانی بارندگی سالانه (۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷) به نقل از پژوهش علیجانی و همکاران (۱۳۹۱) سه نوع مختلف از تغییرات را نشان می‌دهند: تغییرات ناگهانی: اگر محل برخورد دو منحنی U⁻ U در داخل محدوده بحرانی ۱٫۹۶ (+ و -) باشد و منحنی U از محدود بحرانی خارج شود و دوباره به داخل محدوده برگردد، تغییرات از نوع

جمع‌بندی کلی آنالیز پارامتر بارش منطقه می‌تواند اذعان نمود که اقلیم منطقه روند افزایش دما و گرم شدن نسبی را سپری می‌کند. با توجه به نتایج پارامتر مورد سنجش واقع شده می‌توان نتیجه گرفت که تغییر الگوی بارندگی رخ داده بیشتر در ماه‌های شهریور، تیر، مرداد، اردیبهشت و مهر ماه رخ نمون کرده است. همچنین با توجه به همین موضوع می‌توان گفت که با افزایش دما از مقدار رطوبت نسبی هوا کاسته شده و بنابراین، با کاهش رطوبت نسبی از مقدار بارش‌ها نیز تا حدودی کاسته و بعضاً منجر به وقوع بارش‌های رگباری می‌شود، این موضوع را به‌وضوح در ماه‌های سرد سال می‌توان دید. همچنین با توجه به کوهستانی بودن بخشی از منطقه و افزایش دما تا حدودی نوع بارش نیز تغییر خواهد کرد. به‌طور کلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۸۵ درصد روند مشاهده شد. از آنجا که تغییر اقلیم پدیده‌ای بسیار پیچیده است و نیاز به مطالعات جامعی دارد لذا تا حدودی می‌توان اثرات تغییر سیستم جوی را در منطقه مورد مطالعه پیدا کرد.

تغییر و روند معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. از بررسی‌های دو منحنی U - U' می‌توان چنین نتیجه گرفت که تنها در علی‌آبادکتول دو منحنی خارج از محدوده مثبت و منفی ۱,۹۶ همدیگر را قطع کرده‌اند و در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده‌اند و دچار جهش شده‌اند. همچنین در دو ایستگاه گرگان و بندرگز ما شاهد یک سری روند تغییرات ناگهانی (بارندگی) هستیم که در ایستگاه گرگان در بین سالهای ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ و در ایستگاه بندرگز در بین سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ این پدیده رخ داده است. در تمام ایستگاه‌ها می‌توان چنین نتیجه گرفت که یک جهش با حاکمیت روند منفی رخ داده است به عبارتی روند کاهشی دارد. که این روندها با تغییرات شیب نسبتاً زیاد حاکی از کاهش میزان بارندگی در منطقه مورد نظر است می‌توان نوع تغییر اقلیم نسبی را مشاهده کرد. این تغییر اقلیم نسبی در منطقه را ما با بارش نزولات جوی ناگهانی به صورت رگباری و ایجاد سیلاب در شهرستان‌های گمیشان، آق‌قلا و بندرترکمن، گنبدکاووس به وضوح شاهد بوده‌ایم. در

جدول ۵- نمونه‌ای از جدول آزمون آماری شاخص‌های خشکی (طاوسی، یونپ، انگوت) علی‌آباد، بندرگز، بندرترکمن و گلوگاه

مجموع	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۵۸,۲	۷۰,۰	۷۷,۶	۵۲,۱	۴۱,۳	۲۵,۰	۲۰,۲	۲۹,۸	۴۵,۸	۵۱,۳	۶۵,۸	۵۷,۴	۵۹۴,۶
PET	۴۵,۲	۷۳,۱	۱۳۰,۱	۲۳۸,۰	۳۶۲,۳	۴۴۳,۰	۴۲۰,۲	۳۵۲,۳	۲۴۲,۷	۱۳۵,۷	۶۷,۱	۴۰,۹	۲۵۵۰,۶
K	W	W	W	W	Dw	Dm	Dh	Dm	Dw	W	W	W	Wds
AI	۱,۳	۱,۰	۰,۶	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۰,۰	۰,۱	۰,۲	۰,۴	۱,۰	۱,۴	۰,۲
Climate	V	H	D	S	A	A	E	A	A	S	H	V	S
مجموع	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۴۷,۴	۵۳,۰	۵۹,۸	۴۰,۳	۲۸,۹	۲۸,۲	۱۸,۸	۲۳,۶	۴۸,۴	۶۲,۸	۶۹,۷	۵۷,۲	۵۳۸,۱
PET	۴۵,۸	۷۱,۱	۱۲۷,۶	۲۲۴,۴	۳۲۶,۲	۳۸۶,۹	۳۷۱,۰	۳۱۲,۸	۲۲۲,۰	۱۳۱,۱	۶۷,۸	۴۲,۲	۲۳۲۹,۰
K	W	W	W	Dw	Dm	Dm	Dh	Dm	W	W	W	W	Wds
AI	۱,۰	۰,۷	۰,۵	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۲	۰,۵	۱,۰	۱,۴	۰,۲
Climate	V	M	S	A	A	A	A	A	S	S	V	V	S
مجموع	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۴۸,۹	۴۹,۰	۵۴,۰	۳۴,۶	۲۵,۶	۲۳,۳	۲۰,۷	۲۰,۹	۴۰,۷	۵۶,۵	۶۵,۳	۵۵,۴	۴۹۴,۹
PET	۴۴,۱	۶۸,۶	۱۲۲,۸	۲۱۶,۶	۳۱۳,۴	۳۶۲,۵	۳۳۹,۸	۲۸۷,۳	۲۰۹,۰	۱۲۶,۸	۶۵,۵	۴۰,۴	۲۱۹۶,۶
K	W	W	W	Dw	Dm	Dm	Dh	Dh	W	W	W	W	Wds
AI	۱,۱	۰,۷	۰,۴	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۲	۰,۴	۱,۰	۱,۴	۰,۲
Climate	V	M	S	A	A	A	A	A	A	S	H	V	S

به ترتیب مقادیر با ارزش عددی بالا مربوط به ماه‌های مارس، فوریه، نوامبر، ژانویه، دسامبر و آوریل با مقدار ۷۷/۶ میلی‌متر میلی‌متر، ۷۰ میلی‌متر، ۶۵/۲۸

بر طبق جدول ۵ بررسی بیشترین میانگین مجموع ماهانه در بازه زمانی ۳۰ ساله در پهنه مورد مطالعه حاکی از این است در ایستگاه علی‌آباد

ژانویه، آوریل، دسامبر و نوامبر با مقدار ۷۰/۳ میلی‌متر میلی‌متر، ۶۱/۴ میلی‌متر، ۵۰/۸ میلی‌متر، ۵۰/۵ میلی‌متر، ۴۹/۵ میلی‌متر و ۴۵/۶ میلی‌متر در همین راستا میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و اکتبر با میانگین ۵۰/۸ میلی‌متر، ۴۸/۱ میلی‌متر، ۴۰/۷/۸ میلی‌متر، ۴۰/۴/۶ میلی‌متر، ۲۷۶/۱ میلی‌متر و ۱۵۲/۴ میلی‌متر برآورد گردیده است. در ادامه همچنین **ایستگاه گرگان** بیشینه میانگین ماهانه بارندگی به ترتیب مربوط به ماه‌های مارس، نوامبر، فوریه، ژانویه، دسامبر و اکتبر با مقدار ۶۸/۷ میلی‌متر، ۶۷/۹ میلی‌متر، ۵۹/۲ میلی‌متر، ۵۳/۳ میلی‌متر، ۵۵/۱ میلی‌متر و ۵۵/۱ میلی‌متر همچنین بیشینه میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، آوریل و سپتامبر با میانگین ۴۴۲/۸ میلی‌متر، ۴۱۴/۱ میلی‌متر، ۳۷۰/۹ میلی‌متر، ۳۴۹/۳ میلی‌متر، ۲۴۶/۳ میلی‌متر و ۲۴۵/۴ میلی‌متر محاسبه شده است. همچنین **ایستگاه هاشم‌آباد** بیشینه میانگین مجموع ماهانه بارندگی به ترتیب مربوط به ماه‌های نوامبر، مارس، فوریه، اکتبر، دسامبر و ژانویه با مقدار ۶۹/۷ میلی‌متر، ۶۵/۲ میلی‌متر، ۵۷/۵ میلی‌متر، ۵۵/۴ میلی‌متر، ۵۴/۹ میلی‌متر و ۵۱/۳ میلی‌متر همچنین بیشینه میانگین ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، آوریل و سپتامبر با میانگین ۴۳۸/۸ میلی‌متر، ۴۱۳/۶ میلی‌متر، ۳۶۹ میلی‌متر، ۳۴۸/۶ میلی‌متر، ۲۴۶/۵ میلی‌متر و ۲۴۷/۶ میلی‌متر ارزیابی شده است. در **ایستگاه گلوگاه** میانگین مجموع ماهانه بارندگی به ترتیب مربوط به ماه‌های نوامبر، دسامبر، اکتبر، مارس، ژانویه و فوریه با مقدار ۶۰/۳ میلی‌متر، ۵۴/۶ میلی‌متر، ۵۱/۵ میلی‌متر، ۴۹/۹ میلی‌متر، ۴۷/۸ میلی‌متر و ۴۷/۷ میلی‌متر در همین رابطه میانگین ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۴۰۶/۴ میلی‌متر، ۳۹۵/۲ میلی‌متر، ۳۳۷/۹ میلی‌متر، ۳۳۲/۸ میلی‌متر، ۲۳۳ میلی‌متر و ۲۳۱ میلی‌متر ارزیابی شده است.

میلی‌متر، ۵۸/۲ میلی‌متر، ۵۷/۴ میلی‌متر و ۵۲/۱ میلی‌متر همچنین میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۴۴۳ میلی‌متر، ۳۶۲/۳ میلی‌متر، ۳۵۲/۳ میلی‌متر، ۲۴۲/۷ میلی‌متر و ۲۸۳ میلی‌متر برآورد گردیده است در ادامه همچنین **ایستگاه بندرگز** مجموع میانگین ماهانه به ترتیب مربوط به ماه‌های نوامبر، اکتبر، مارس، دسامبر، ژانویه و آوریل با مقدار ۶۹/۷ میلی‌متر، ۶۲/۸ میلی‌متر، ۵۹/۸ میلی‌متر، ۵۷/۲ میلی‌متر، ۴۷/۴ میلی‌متر و ۴۰/۳ میلی‌متر همچنین میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۳۸۶/۹ میلی‌متر، ۳۷۱ میلی‌متر، ۳۲۶/۲ میلی‌متر، ۳۱۲/۸ میلی‌متر و ۲۲۴/۴ میلی‌متر ارزیابی شده است. همچنین **ایستگاه بندر ترکمن** مجموع میانگین ماهانه به ترتیب مربوط به ماه‌های نوامبر، اکتبر، دسامبر، مارس، ژانویه و فوریه با مقدار ۶۵/۳ میلی‌متر، ۵۶/۵ میلی‌متر، ۵۵/۴ میلی‌متر، ۵۴ میلی‌متر، ۴۸/۹ میلی‌متر و ۴۹ میلی‌متر همچنین میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۳۶۲/۵ میلی‌متر، ۳۲۹/۸ میلی‌متر، ۳۱۳/۴ میلی‌متر، ۳۱۲/۸ میلی‌متر، ۲۸۷/۳ میلی‌متر و ۲۱۶/۶ میلی‌متر ارزیابی شده است. همچنین **ایستگاه گلوگاه** مجموع میانگین ماهانه به ترتیب مربوط به ماه‌های نوامبر، اکتبر، دسامبر، مارس، فوریه و ژانویه با مقدار ۷۸/۷ میلی‌متر، ۷۷/۱ میلی‌متر، ۶۲/۴ میلی‌متر، ۶۰/۷ میلی‌متر، ۵۶/۹ میلی‌متر و ۵ میلی‌متر در همین رابطه میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۴۰۶/۴ میلی‌متر، ۳۹۵/۲ میلی‌متر، ۳۳۷/۹ میلی‌متر، ۳۳۲/۸ میلی‌متر، ۲۳۳ میلی‌متر و ۲۳۱ میلی‌متر ارزیابی شده است.

بر اساس جدول ۶ بررسی بیشینه میانگین مجموع ماهانه در بازه زمانی ۳۰ ساله در پهنه مورد مطالعه حاکی از این است در **گنبد کاووس** به ترتیب مقادیر با ارزش عددی بالا مربوط به ماه‌های مارس، فوریه،

جدول ۶- نمونه ای از جدول آزمون آماری شاخص‌های خشکی (طاوسی، یونپ، انگوت) گنبد کاووس، گرگان، هاشم‌آباد و اینچه برون

گنبد کاووس	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۵۰٫۸	۶۱٫۴	۷۰٫۳	۵۰٫۵	۳۳٫۳	۱۶٫۳	۱۸٫۸	۲۶٫۹	۲۳٫۱	۳۷٫۶	۴۵٫۶	۴۹٫۵	۴۸۴٫۰
PET	۴۸٫۷	۷۹٫۳	۱۴۵٫۱	۲۶۲٫۰	۴۰۷٫۸	۵۰۸٫۸	۴۸۸٫۰	۴۰۴٫۶	۲۷۶٫۱	۱۵۲٫۴	۷۴٫۱	۴۴٫۲	۲۸۹۱٫۲
K	W	W	W	W	Dw	Dh	Dh	Dm	Dm	Dw	W	W	Wds
AI	۱٫۰	۰٫۸	۰٫۵	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۶	۱٫۱	۰٫۲
Climate	V	H	S	A	A	E	E	A	A	S	D	V	A
گرگان	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۵۳٫۳	۵۹٫۲	۶۸٫۷	۴۴٫۴	۳۷٫۵	۲۶٫۱	۱۸٫۲	۲۴٫۷	۴۰٫۴	۵۵٫۱	۶۷٫۹	۵۵٫۱	۵۵۰٫۶
PET	۴۷٫۸	۷۵٫۹	۱۳۷٫۳	۲۴۶٫۳	۳۷۰٫۹	۴۴۲٫۸	۴۱۴٫۱	۳۴۹٫۳	۲۴۵٫۴	۱۴۰٫۵	۷۰٫۵	۴۳٫۱	۲۵۸۳٫۹
K	W	W	W	Dw	Dw	Dm	Dh	Dm	Dw	W	W	W	Wds
AI	۱٫۱	۰٫۸	۰٫۵	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۴	۱٫۰	۱٫۳	۰٫۲
Climate	V	H	D	A	A	A	E	A	A	S	H	V	S
هاشم‌آباد	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۵۱٫۳	۵۷٫۵	۶۵٫۲	۴۴٫۸	۳۷٫۳	۲۷٫۰	۱۶٫۵	۲۳٫۶	۴۲٫۷	۵۵٫۴	۶۹٫۷	۵۴٫۹	۵۴۵٫۹
PET	۴۸٫۸	۷۷٫۰	۱۳۸٫۹	۲۴۷٫۶	۳۶۹٫۰	۴۳۸٫۸	۴۱۳٫۶	۳۴۸٫۶	۲۴۶٫۵	۱۴۲٫۲	۷۱٫۹	۴۴٫۳	۲۵۸۷٫۰
K	W	W	W	Dw	Dw	Dm	Dh	Dm	Dw	W	W	W	Wds
AI	۱٫۱	۰٫۷	۰٫۵	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۴	۱٫۰	۱٫۲	۰٫۲
Climate	V	M	S	A	A	A	E	A	A	S	H	V	S
اینچه برون	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۴۷٫۸	۴۷٫۷	۴۹٫۹	۳۳٫۸	۲۳٫۵	۱۵٫۹	۱۵٫۹	۲۳٫۵	۳۸٫۵	۵۱٫۵	۶۰٫۳	۵۴٫۶	۴۶۳٫۰
PET	۵۳٫۹	۸۵٫۶	۱۵۳٫۳	۲۶۹٫۷	۴۰۸٫۸	۴۹۵٫۶	۴۷۲٫۷	۳۹۶٫۰	۲۷۴٫۷	۱۵۷٫۴	۷۹٫۸	۴۹٫۲	۲۸۹۶٫۷
K	W	W	W	Dw	Dm	Dh	Dh	Dm	W	W	W	W	Wds
AI	۰٫۹	۰٫۶	۰٫۳	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۸	۱٫۱	۰٫۲
Climate	H	D	S	A	A	E	E	A	A	S	H	V	A

جدول ۷- نمونه‌ای از جدول آزمون آماری شاخص‌های خشکی (طاوسی، یونپ، انگوت) کلالة، مراوه تپه، مینودشت

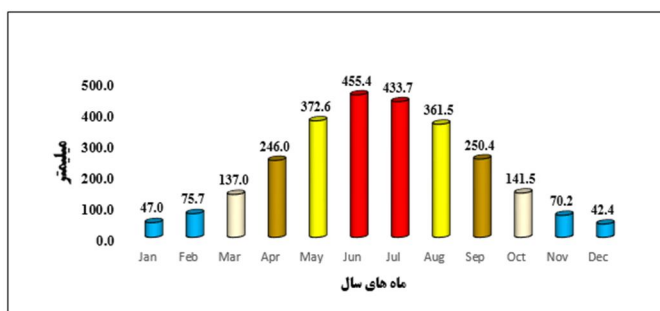
کلالة	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۶۳٫۸	۷۲٫۳	۸۷٫۷	۶۶٫۲	۴۷٫۲	۲۰٫۱	۲۳٫۵	۳۷٫۰	۲۲٫۱	۳۸٫۰	۵۰٫۱	۶۷٫۸	۵۹۵٫۸
PET	۴۷٫۷	۷۸٫۶	۱۴۳٫۳	۲۵۷٫۵	۴۰۰٫۲	۵۰۳٫۳	۴۸۰٫۲	۳۹۶٫۴	۲۷۰٫۶	۱۴۹٫۵	۷۲٫۰	۴۲٫۵	۲۸۴۱٫۸
K	W	W	W	W	Dw	Dh	Dh	Dm	Dh	Dw	W	W	Wds
AI	۱٫۳	۰٫۹	۰٫۶	۰٫۳	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۷	۱٫۶	۰٫۲
Climate	V	H	D	S	A	E	E	A	A	S	M	V	S
مراوه تپه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۳۴٫۸	۴۵٫۲	۴۹٫۸	۴۳٫۸	۲۷٫۷	۱۳٫۸	۱۳٫۲	۱۵٫۵	۱۶٫۱	۲۸٫۰	۳۵٫۷	۳۷٫۱	۳۶۰٫۶
PET	۳۸٫۸	۶۶٫۱	۱۲۴٫۱	۲۳۲٫۵	۳۶۲٫۹	۴۶۳٫۵	۴۵۰٫۰	۳۶۵٫۳	۲۴۱٫۵	۱۲۷٫۱	۵۹٫۶	۳۴٫۲	۲۵۶۵٫۷
K	W	W	W	W	Dw	Dh	Dh	Dm	Dm	Dw	W	W	Wds
AI	۰٫۹	۰٫۷	۰٫۴	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۶	۱٫۱	۰٫۱
Climate	H	M	S	A	A	E	E	E	A	S	D	V	A
مینودشت	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	مجموع
P	۶۸٫۲	۷۸٫۲	۹۶٫۷	۷۴٫۳	۴۹٫۱	۲۲٫۹	۲۷٫۶	۳۹٫۳	۲۷٫۲	۳۹٫۱	۵۷٫۵	۶۸٫۶	۶۴۸٫۶
PET	۴۹٫۰	۸۱٫۳	۱۴۷٫۴	۲۶۵٫۱	۴۰۴٫۸	۵۰۹٫۲	۴۸۷٫۸	۴۰۲٫۴	۲۷۵٫۷	۱۵۲٫۳	۷۳٫۵	۴۳٫۲	۲۸۹۱٫۷
K	W	W	W	W	Dw	Dh	Dm	Dm	Dm	Dm	W	W	Wds
AI	۱٫۴	۱٫۰	۰٫۷	۰٫۳	۰٫۱	۰٫۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۸	۱٫۶	۰٫۲
Climate	V	H	M	S	A	E	A	A	A	S	H	V	S

دسامبر، آوریل، ژانویه و نوامبر با مقدار ۸۷/۷ میلی‌متر میلی‌متر، ۷۲/۳ میلی‌متر، ۶۷/۸ میلی‌متر، ۶۶/۲ میلی‌متر، ۶۳/۸ میلی‌متر و ۵۰/۱ میلی‌متر در همین راستا میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط

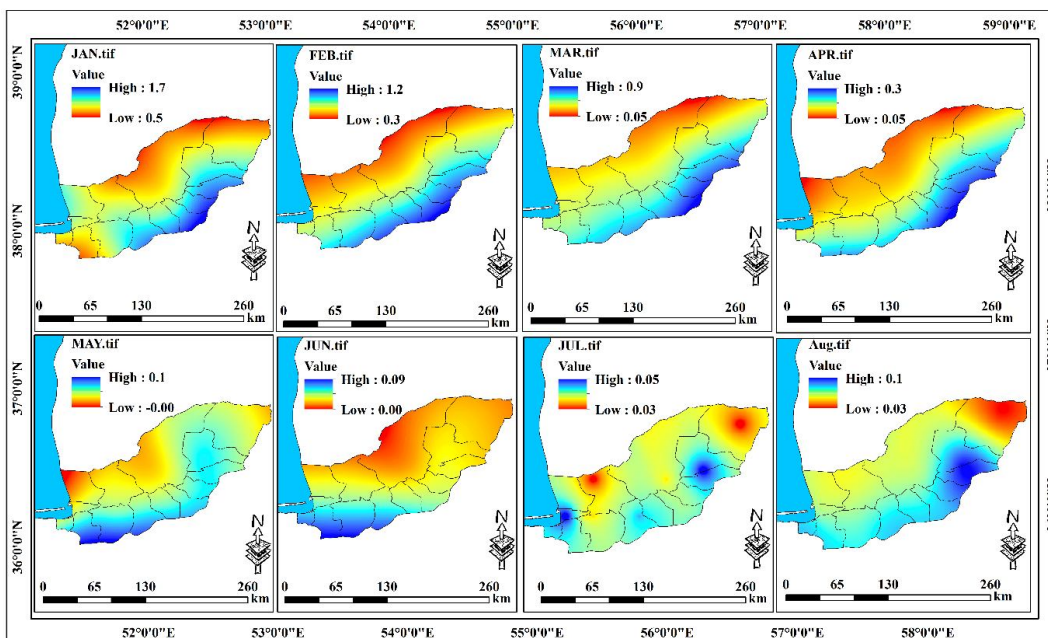
بر حسب جدول ۷ بررسی بیشینه میانگین مجموع ماهانه در بازه زمانی ۳۰ ساله در پهنه مورد مطالعه حاکی از این است در ایستگاه کلالة به ترتیب مقادیر با ارزش عددی بالا مربوط به ماه‌های مارس، فوریه،

میلی‌متر، ۳۶۵/۳ میلی‌متر، ۳۶۲/۹ میلی‌متر، ۲۴۱/۵ میلی‌متر، ۲۳۲/۵ میلی‌متر محاسبه شده است. همچنین ایستگاه مینودشت بیشینه میانگین مجموع ماهانه بارندگی به ترتیب مربوط به ماه‌های مارس، فوریه، آوریل، دسامبر، ژانویه و نوامبر با مقدار ۹۶/۷ میلی‌متر، ۷۸/۲ میلی‌متر، ۷۴/۳ میلی‌متر، ۶۸/۶ میلی‌متر، ۶۸/۲ میلی‌متر و ۵۷/۵ میلی‌متر همچنین بیشینه میانگین ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۵۰۹/۲ میلی‌متر، ۴۸۷/۸ میلی‌متر، ۴۰۴/۸ میلی‌متر، ۴۰۲/۴ میلی‌متر، ۲۷۵/۷ میلی‌متر و ۲۶۵/۱ میلی‌متر ارزیابی شده است.

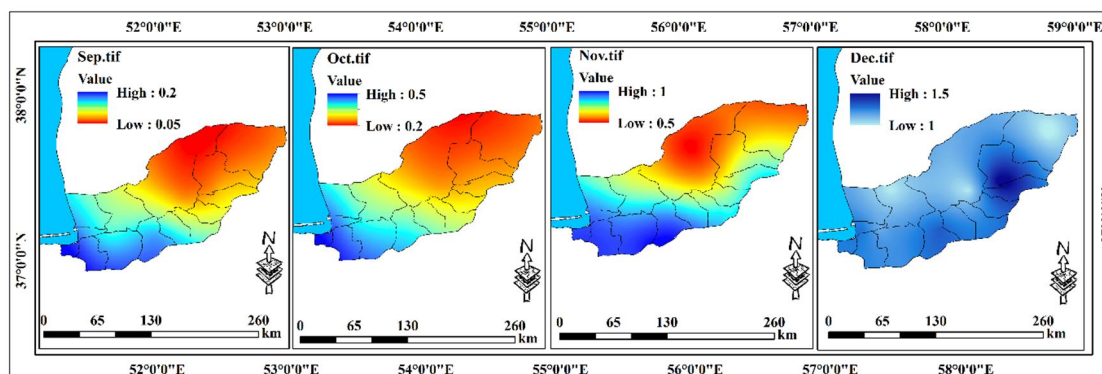
به ماه‌های ژوئن، جولای، می، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۵۰۳/۳ میلی‌متر، ۴۸۰/۲ میلی‌متر، ۴۰۰/۲ میلی‌متر، ۳۹۶/۴ میلی‌متر، ۲۷۰/۶ میلی‌متر و ۲۵۷/۵ میلی‌متر برآورد گردیده است. در ادامه همچنین ایستگاه مراوه تپه بیشینه میانگین ماهانه بارندگی به ترتیب مربوط به ماه‌های مارس، فوریه، آوریل، دسامبر، نوامبر و ژانویه با مقدار ۴۹/۸ میلی‌متر، ۴۵/۲ میلی‌متر، ۴۳/۸ میلی‌متر، ۳۷/۱ میلی‌متر، ۳۵/۷ میلی‌متر و ۳۴/۸ میلی‌متر همچنین بیشینه میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست، می، سپتامبر و آوریل با میانگین ۴۶۳/۵ میلی‌متر، ۴۵۰



شکل ۱۰- میانگین ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل بر حسب میلی‌متر در طول دوره ۳۰ ساله



شکل ۱۱- درجه خشکی اقلیم در پهنه استان گلستان بر حسب آمار حاصله از ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه و جداول (۱ و ۲)



شکل ۱۲- درجه خشکی اقلیم در پهنه استان گلستان بر حسب آمار حاصله از ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه و جداول (۱ و ۲)

نوسانات وضعیت رطوبتی (ترسالی و خشکسالی) در منطقه زیاد می‌باشد. همچنین با توجه به نقشه‌های گستره خشکسالی در استان گلستان، دامنه نوسانات خشکسالی در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر که در وضعیت اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، شدید می‌باشد.

با بررسی نتایج به‌دست آمده از ارزیابی خطای روش‌های درونیابی در جدول ۸ می‌توان پی‌برد که روش‌های درونیابی IDW و کریجینگ نسبت به سایر روش‌های درونیابی مقدار خطای کمتری دارند، اما از آنجاییکه روش‌های کریجینگ اقدام به نرمال سازی داده‌ها نموده و گاهی حدهای آستانه بالا و پایین ایستگاه‌ها را تغییر می‌دهند بنابراین برای انجام پهنه‌بندی استفاده از این روش در مطالعه حاضر پیشنهاد نمی‌شود. به عبارت دیگر می‌توان ذکر کرد که همواره میزان خطای پایین به معنی افزایش دقت نیست. با توجه به نکات ذکر شده تمامی لایه‌ها در این مطالعه با استفاده از روش IDW تهیه گردیدند که دلایل انتخاب این روش به عنوان روش مناسب ۲ مورد می‌باشد: (۱) مقدار خطای پایین نسبت به سایر روش‌ها و (۲) عدم تغییر دامنه شاخص AI می‌باشد.

بر حسب شکل (۱۱ و ۱۲) میتوان چنین نتیجه گرفت درجات خفیف تا بسیار شدید خشکی دراز مدت بسیاری از مناطق استان گلستان را فرا گرفته است. شدت خشکسالی و فراوانی خشکسالی در مناطق شمالی استان که از آب و هوای خشک و نیمه خشک برخوردار است از مناطق مرکزی استان بیشتر است. به عبارت دیگر، مناطق مختلف استان استعداد متفاوتی نسبت به خشکسالی دارند که علت آن به دلیل کوهستانی بودن و تنوع گونه‌های گیاهی همچنین بالابودن میانگین ریزش نزولات جوی می‌باشد. همچنین بر طبق شکل (۲ و ۳) تنها در مساحت‌های از شهرستان‌های مراوه تپه-کردکوی-کلاله-آق قلا-گمیشان-گنبدکاووس و مینودشت خشکی شدید بوده است. پس از محاسبه شاخص‌های خشکی و ترسیم نمودار تغییرات بارندگی به روش منکندال در ایستگاه‌های منتخب و همچنین مقایسه آنها با یکدیگر می‌توان به این نتیجه دست یافت که در تمامی ایستگاه‌های پهنه مورد مطالعه، 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 خشکی متوالی و یا بلافاصله پس از ترسالی مشاهده شود. بطور کلی

جدول ۸- نتایج حاصل از صحت‌سنجی سرتاسری برای ۲ واریوگرام کرجینگ و عکس فاصله

نوع مدل	میانگین خطا برآورد (ME)	مربع میانگین ریشه خطا برآورد (RMS)	معدل خطای استاندارد، خطا برآورد (ASE)	میانگین استاندارد شده خطا برآورد (MSE)	مربع میانگین ریشه خطا برآورد استاندارد (RMSE)
عکس فاصله	۲/۱۰	۷۳/۲۳	۹۸/۳	۰/۰۰۶	۰/۷۵
کرجینگ	۳/۴۰	۸۵/۹۳	۱۱۱/۰۵	۰/۰۱۱	۰/۸۴

جدول ۹- نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی در شرایط غیر استاندارد (تنش گیاهی ناشی از خشکی و کمبود آب) نوع محصول گندم و جو (غالب منطقه) بر حسب رابطه (۴)

ماه‌های رشد	مراحل رشد	تبخیر و تعرق		بارندگی موثر (MM)	نیاز آبی مزرعه		نیاز آبی هدف	
		پتانسیل	واقعی		M ³ /ha	MM	M ³ /ha	MM
۸	آغازین	۳۵	-	۲۲	۳۸	۳۴	۳۴۰	
۹	آغازین-توسعه	۳۵	-	۳۶	۰	۰	۰	
۱۰	توسعه	۳۱	-	۳۰	۳	۲	۲۰	
۱۱	توسعه	۳۹	-	۳۲	۱۹	۱۷	۱۷۰	
۱۲	توسعه	۵۴	-	۳۱	۶۷	۶۰	۶۰۰	
۱	توسعه-میانی	۹۶	-	۳۰	۱۹۰	۱۷۱	۱۷۱۰	
۲	میانی-پایانی	۱۲۸	-	۳۱	۲۷۷	۲۴۹	۲۴۹۰	
۳	پایانی	۹۰	-	۱۰	۲۳۰	۲۰۷	۲۰۷۰	

به ترتیب معادل ۳۵ میلی‌متر، ۳۶ میلی‌متر همچنین در ماه‌های دی، بهمن و اسفند که مراحل اولیه توسعه گندم و جو محسوب می‌شود به ترتیب معادل ۳۱ میلی‌متر، ۳۰ میلی‌متر، ۳ میلی‌متر، ۲ میلی‌متر، (۳۹ میلی‌متر، ۳۲ میلی‌متر، ۱۹ میلی‌متر، ۱۷ میلی‌متر) در اسفند ماه معادل ۵۴ میلی‌متر، ۳۱ میلی‌متر، ۶۷ میلی‌متر، ۶۰ میلی‌متر بر این اساس بعد از مراحل توسعه اولیه، مرحله توسعه میانی با معادل ۹۶ میلی‌متر، ۳۰ میلی‌متر، ۱۹۰ میلی‌متر، ۱۷۱ میلی‌متر و بعد از مرحله توسعه میانی روند میانی و پایانی مراحل رشد گیاه معادل ۱۲۸ میلی‌متر، ۳۱ میلی‌متر، ۲۷۷ میلی‌متر، ۲۴۹ میلی‌متر در نهایت مرحله پایانی رشد گیاه معادل ۹۰ میلی‌متر، ۱۰ میلی‌متر، ۲۳۰ میلی‌متر، ۲۰۷ میلی‌متر برآورد گردیده است.

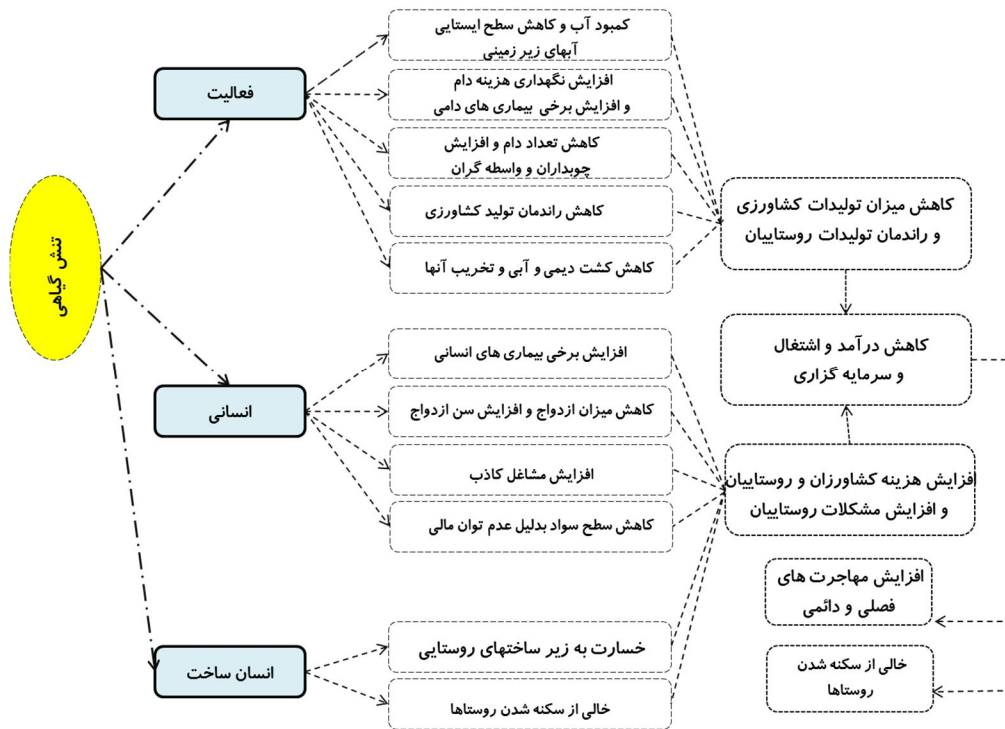
بحث

بر اساس ضریب شاخص بارندگی ماهانه طاوسی، ماه‌های خشک در چهار گروه خشکی شدید (De)، خشکی زیاد (Dh)، خشکی متوسط (Dm) و خشکی ضعیف (Dw) رتبه بندی و خطر خشکی و به همراه آن آلودگی ناشی از گرد و غبار در هر پهنه مورد مطالعه

تبخیر و تعرق در شرایط استاندارد مقدار تبخیر تعرقی است که گیاه در شرایط محیطی مطلوب و در وضعیتی که با کمبود آب مواجه نباشد انجام می‌شود، در شرایط معمولی و غیر استاندارد غالباً گیاه تحت خشکی و تنش آبی و یا شوری قرار می‌گیرد که این عوامل باعث می‌شوند مقدار تبخیر - تعرق از حد استاندارد کمتر گردد. بر حسب جدول شماره ۹ نیاز آبی مزرعه در واقع مقدار نیاز آبی ناخالص در مزرعه می‌باشد که با در نظر گرفتن راندمان آبیاری موجود و درصد آبشویی تعیین می‌گردد همچنین نیاز آبی هدف در واقع مقدار نیاز آبی ناخالص در مزرعه می‌باشد که با در نظر گرفتن راندمان آبیاری هدف و درصد آبشویی تعیین می‌گردد. در این مرحله آبیاری زمانی انجام می‌شود که مقدار مشخصی از رطوبت موجود در خاک تخلیه شده باشد، رطوبت موجود در خاک بین رطوبت در ظرفیت زراعی و رطوبت در نقطه پژمردگی متغیر است. بر حسب جدول ۹ در مرحله آغازین رشد به ترتیب تبخیر و تعرق پتانسیل محصول جو و گندم، بارندگی موثر، نیاز آبی مزرعه و نیاز آبی هدف با مقدار عددی ۳۵ میلی‌متر، ۲۲ میلی‌متر، ۳۸ میلی‌متر و ۳۴ میلی‌متر در ادامه در مرحله آغازین همراه با توسعه

خشکی‌ها به نوعی باعث کمتر شدن ضریب نفوذپذیری خاک در منطقه شده و با وقوع یک ناهنجاری در جو و یا پدیده ناگهانی همچون بارش رگباری منجر به سیلابی شدن دشت‌ها در چند دهه اخیر شده است. ناهنجاری‌های کمبود آب همزمان با کاهش افت بارندگی در منطقه طبق اطلاعات حاصله و برآورد میدانی چندین ساله محقق بدین صورت می‌باشد که معمولاً به صورت فصلی و بیشتر در فصل تابستان هنگام با پایان یافتن برداشت گندم و شروع کاشت برنج رخ میدهد سطح پایین آمدگی تراز آب در این مدت حتی به چندین متر میرسد.

تعیین شده که در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه بنظر میرسد که با کاهش و تغییر روند حاکمیت بارندگی به همان میزان شدت تبخیر و تعرق افزایش یافته و پدیده خشکی به مراتب بیشتر خود را نمایان خواهد این پدیده اقلیمی (خشکی) از نظر ویژگی‌های خزنده بودن، مداوم بودن، آثار تدریجی، اجتناب‌ناپذیری و... از سایر پدیده‌ها اقلیمی و مخاطرات طبیعی در منطقه مورد مطالعه متفاوت است و میتواند بر روند محصولات کشاورزی و کاهش میزان تولید و سطح زیرکشت محصولات پهنه استان گلستان و کاهش میزان عملکرد آن‌ها تاثیر گذار باشد و شاید این



شکل ۱۳- فلوجارت مفهومی حاصل از تاثیر درجه خشکی گیاهان و محصولات کشاورزی بر جوامع محلی پهنه مورد مطالعه

نشان می‌دهد خسارات ناشی از تنش گیاهی در منطقه می‌تواند منجر به کاهش درآمد و پس‌انداز، تغییر در ساختار شغلی مردم روستایی، افزایش تمایل به مهاجرت از روستا، کاهش مشارکت و روابط اجتماعی کاهش دام‌ها و تولیدات کشاورزی، کم شدن تنوع گیاهی و مشکلات زیست‌محیطی، خالی شدن روستا از جمعیت و تبعات امنیتی شود. بنابراین بر اساس این

طی گفتگو با جوامع محلی و مطالعات اسنادی، میدانی نویسندگان به علت اجرای سیاست‌های جزء ۱ بند الف ماده ۲۷ قانون برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در این مناطق به این نتیجه رسیده‌اند که در سال‌های اخیر به دلیل بروز خشکی بسیاری از مناطق جمعیتی دچار بحران کم آبی شده و مسلماً اثرات ناگواری را ایجاد نموده است الگوی فوق

الگو می‌توان گفت که مدیریت و بررسی تنش گیاهی در بعد فضایی و رویکرد استراتژیک در ابتدا ضمن ایجاد زیرساخت‌های فنی، نهادی و خدمات در مناطق جمعیتی پهنه مورد مطالعه زمینه‌ساز جلوگیری از تنش‌های گیاهی شده که با ایجاد دانش‌های نوین در کشاورزی و آموزش و ترویج‌های لازم به کشاورزان و روستائیان منطقه و تبیین الگوهای موفق می‌تواند صورت بپذیرد. تغییر در الگو و نیز میزان بارش‌های فصلی هر دو امری مهم تلقی می‌شوند. وقوع استرس رطوبتی در دوره شکوفه دهی، گرده‌افشانی، دانه دهی برای غالب محصولات (مثل دانه‌ها، ذرت، سیبوس و گندم) زیان‌آور است. تبخیر بیشتر از خاک و تعرق بیشتر از گیاهان سبب وقوع خشکی می‌شود که نیاز به تنوعی محصولات زراعی روستائیان و تحمل خشکی را افزایش می‌دهد. نیاز به آب بیشتر برای آبیاری، در اقلیم‌های گرم‌تر بیشتر است که این عامل رقابت بین مصرف‌کنندگان آب در بخش‌های مختلف کشاورزی روستایی را افزایش می‌دهد. کاهش سطح سفره‌های آب و انرژی موردنیاز برای پمپاژ کردن آب، عمل آبیاری را پرهزینه‌تر کرده و در شرایط خشک‌تر آب بیشتری در واحد سطح موردنیاز خواهد بود. در نهایت، تغییر در میزان آب موجود در خاک، موجب فرایند شور شدن خاک در هر دو سیستم کشت آبی و کشت دیم می‌شود. که با توجه به سیستم و تغییرات آب و هوایی می‌تواند مشکلاتی را به بار آورد.

نتیجه‌گیری

اصطلاح خشکی یک پدیده اقلیمی است که عمدتاً با کمبود آب مشخص می‌شود. شناخت پتانسیل‌های طبیعی به عنوان بستر فعالیت‌های انسانی پایه و اساس غالب برنامه‌ریزی‌های محیطی و آمایش سرزمین را تشکیل می‌دهد. کاهش عملکرد مراتع، کاهش تولید محصولات زراعی، کاهش منابع آب کشاورزی و شرب و ... و در نهایت اثرات سوء زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی از آثار زیان‌بار این پدیده در منطقه به شمار می‌آید. حرکت از مدیریت بحران به مدیریت ریسک در پهنه مورد مطالعه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است

و اقدامات پیشگیرانه در منطقه استان گلستان جهت کاهش ریسک خشکی در بلندمدت می‌توانند به شناسایی مشکلات مربوط به تخریب محیط زیست آبیاری و نیز درک بهتر اثرات تغییر اقلیم و نحوه برخورد با آنها کمک نمایند. نتایج کلی به دست آمده حاکی از آن است که خشکی در همه ابعاد سه گانه (اقتصادی، اجتماعی و محیطی) تأثیرات منفی عمیقی بر جوامع محلی بجا گذاشته است و مشکل اساسی زمانی رخ داده است که با توجه به این خشکی، نهادها و مسئولین امر به بحث اثرات این خشکی بر ابعاد زندگی روستائیان اقدام نکرده‌اند. شکل (۱۳) نشان می‌دهد که تأثیرات بهره‌برداری از گیاهان زراعی و غیر زراعی با ایجاد فرصت‌های شغلی در بعد اقتصادی زندگی جوامع محلی مؤثر است، به طوری که علاوه بر تأثیر اقتصادی که می‌تواند بخشی از هزینه‌های جوامع محلی را جابگو باشد، همچنین می‌تواند در بعد اجتماعی نیز مؤثر واقع گردد. نتایج رخداد بارندگی نمایانگر آن است که اگر میزان خشکی در کل استان در آینده تشدید شود که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد گندم دیم خواهد داشت. نتایج این مطالعه تأییدکننده وجود خشکی و ترسالی به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ می‌باشد. این نتایج با توجه به شاخص‌های آماری منطقه مورد مطالعه که نشان‌دهنده خشکی و ترسالی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ می‌باشد تأیید شده است. با توجه به وجود روند معنی‌داری بین شاخص بارندگی، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های سینوپتیکی از قدرت بالایی برای پایش و مدیریت خشکی یه پهنه برخوردار می‌باشند. نتایج تحقیق، مشابه با نتایج عساکره و همکاران (۱۳۹۶)، بختیاری و همکاران (۱۴۰۰)، موغلی (۱۳۹۹) بود که نشان دادند شاخص‌های آماری دارای دقت مناسبی در پایش خشکی می‌باشد. نتایج تحقیق نشان دادند شاخص‌های آماری دارای دقت مناسبی در پایش خشکی هستند. به طور کلی بر پایه نتایج حاصل از پژوهش حاضر چنین استنباط گردید که نیمه شرقی و شمالی استان گلستان خشکی شدیدتری را نسبت به نیمه جنوبی و غربی تجربه کرده است و این

➤ آموزش و ترویج جوامع محلی در ارتباط با اثرات زیانبار خشکی و کمک به بهبود عملکرد محصولات کشاورزی با برنامه‌ریزی دقیق و متنوع در پهنه مورد مطالعه.

می‌تواند تهدید نسبتاً جدی همچون انتشار ذرات گرد و غبار، بحران‌های زیست‌محیطی، کاهش سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی و غیره برای این مناطق باشد.

سیاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود واجب می‌دانند از مسئولان و کارشناسان سازمان هواشناسی کشور به‌دلیل در اختیار قرار دادن داده‌های اقلیمی لازم، همچنین از استاد گرانقدر دانشگاه سیستان بلوچستان تقی طاوسی جهت ارائه فایل اکسل محاسباتی کاربردی و ارزنده کمال تشکر و قدرانی را به عمل آورند.

پیشنهادات

➤ گسترش و بکارگیری روش‌های سنجش از دوری و مقایسه آنها با روش‌های پایه هواشناسی جهت بهبود عملکرد مطالعه خشکی در مناطقی که از ایستگاه‌های سینوپتیکی بهره‌مند نیستند.
➤ بررسی روند تغییرات اقلیمی جهت پیش‌بینی طول دوره‌های خشکی.
➤ بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS در پهنه‌بندی خشکی به منظور کاهش هزینه‌های ثانویه.

منابع

۱. امیدوار، کمال، (۱۳۹۲). مخاطرات طبیعی، انتشارات دانشگاه یزد.
۲. امانی، زینب، دهییم فرد، رضا، مختصی بیدگلی، علی، (۱۳۹۵). بررسی خشکی تحت شرایط افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در گندم دیم استان فارس با استفاده از شاخص خشکی، مجله تولید گیاهان زراعی، ۹(۲)، ۱۵۱-۱۷۴.
۳. بختیاری، بهرام، مهدوی، نکیسا، سیاری، نسرین، (۱۴۰۰). تحلیل حساسیت و بررسی تغییرات شاخص خشکی (AI) در چند نمونه اقلیمی ایران، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۷(۱)، ۱-۱۵.
۴. پودینه، محمدرضا، حیدری‌نیا، محمد، موسوی، سید روح‌الله، دوستی مقدم، حسین، (۱۳۹۹). پایش شاخص‌های خشکی در شهر زاهدان در بازه‌های زمانی مختلف. جغرافیای طبیعی، ۱۳(۴۷)، ۱۳۳-۱۴۳.
۵. حجازی‌زاده، زهرا، جوی‌زاده، سعید، (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر خشکی و شاخص‌های آن، سمت، تهران.
۶. خوش‌اخلاق، فرامرز، رنجبر، فیروز، طولابی، سوسن، مقبل، معصومه، معصومی‌پور سماکوش، جعفر، (۱۳۸۹). بررسی خشکی در سال آبی ۱۳۸۶-۸۷ و اثرات آن بر منابع آب کشاورزی (نمونه موردی: شهرستان مرودشت). مجله جغرافیا، ۲۴: ۱۳۶-۱۱۹.
۷. کاظمی، روح‌الله، یگانه، حسن، خواجه‌دین، سیدجمال‌الدین، (۱۳۹۰). آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی در طول فصل چرا با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجنده IRS-WiFS در منطقه سمیرم. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۸(۱): ۱۲۴-۱۳۸.
۸. رضایی مقدم، محمد حسین، ولی‌زاده کامران، خلیل، رستم‌زاده، هاشم، رضایی، علی، (۱۳۹۰). ارزیابی کارایی داده‌های سنجنده‌ی MODIS در برآورد خشکی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه). جغرافیا و پایداری محیط، ۲(۴): ۳۷-۵۲.
۹. خورانی، اسداله، جمالی، زهرا، (۱۳۹۵). اثر تغییر اقلیم بر شدت و مدت خشکی در ایستگاه‌های خشک و نیمه‌خشک (بندرعباس و شهرکرد) تحت مدل HADCM3. نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۰(۵۷)، ۱۱۵-۱۳۱.
۱۰. فتح‌نیا، امان‌الله، رجایی، سعید، برزو، فرزانه، (۱۳۹۶). پیش‌بینی احتمال تکرار دوره‌های خشکی و اثر آن بر پوشش گیاهی در استان گلستان. نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۱(۶۰)، ۱۷۹-۱۹۶.
۱۱. قربانی، خلیل، ولیزاده، اسماعیل، برارخان‌پور، صدیقه، (۱۳۹۷). بررسی روند تغییرات مکانی-زمانی شاخص دومتغیره خشکی هواشناسی SPEI در ایران. مدیریت بیابان، ۶(۱۱): ۲۵-۳۸.

- content using reflectance in the optical domain. *Remote Sensing of Environment*, 77: Pp. 22-33.
22. Edossa D.C., Babel. M.S., and Gupta, A.D. (2009). *Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia*, Springer science + Business Media B.V, Water Resour Manage, 1441-1460.
 23. FAO (2013). *Drought Facts-Food and Agriculture*, www.fao.org.
 24. Gu, L., Hanson, P.J., Post, W.M., Kaiser, D.P., Yang, B., Nemani, R.,... and Meyers, T. (2008). The 2007 eastern US spring freeze: increased cold damage in a warming world?. *BioScience*, 58(3), 253-262.
 25. Howitt, R., MacEwan, D., Medellín-Azuara, J., Lund, J., and Sumner, D. (2015). *Economic Analysis of the 2015 Drought for California Agriculture*, University of California Davis, P. 31
 26. Keck, A., and Dinar, A. (2000). *Water supply variability and drought impact and mitigation in subsahara Africa*, Drought a Global Assessment, London.
 27. Kendall, M.G. (1970). *Rank Correlation Methods*, 2nd Ed., New York: Hafner.
 28. Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13: 245-259
 29. Mishra, A.K., and Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts, *Journal of Hydrology*, 391 (1): 202-216.
 30. Murad, M.H., Elamin, K.B., Abu Elnour, N.O., Elamin, M.B., Alkatib, A.A., Fatourech, M.M., ... and Erwin, P.J. (2011). The effect of vitamin D on falls: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(10), 2997-3006.
 31. McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration 11 to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim.
 32. Park, E.J., Yi, J., Chung, K.H., Ryu, D.Y., Choi, J., and Park, K. (2008). Oxidative stress and apoptosis induced by titanium dioxide nanoparticles in cultured BEAS-2B cells. *Toxicology letters*, 180(3): 222-229.
 ۱۲. عساکره، حسین، صیادی، فریبا، (۱۳۹۶). تحلیل و پیش‌بینی روزهای خشک با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: ایستگاه تهران). *نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی*، ۲۱(۶۰)، ۱۶۱-۱۶۷.
 ۱۳. علیجانی، بهلول، محمودی، پیمان، چوگان، عبدالجبار. (۱۳۹۱). بررسی روند تغییرات بارش های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک (برآورد کننده شیب سنس)، *نشریه پژوهش های اقلیم شناسی*، ۳(۹)، ۲۳-۴۲.
 ۱۴. طاوسی، تقی، منصورى دانشور، محمدرضا، موقری، علیرضا، (۱۳۹۱). پهنه بندی شدت خشکی در ایران با استفاده از مدل تبخیر و تعرق هارگریوز - سامانسی بر مبنای توپوگرافی رقومی DEM. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۲(۳)، ۹۵-۱۱۰.
 ۱۵. نوری، هدایت‌الله، نوروزی، اصغر، (۱۳۹۵). مبانی برنامه‌ریزی محیطی برای توسعه پایدار روستایی، *دانشگاه اصفهان*.
 ۱۶. موغلی، مرضیه، (۱۳۹۹). پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکی در حوضه آبریز درودزن با استفاده از تصاویر MODIS. *جغرافیای طبیعی*، ۱۳(۴۹)، ۸۵-۱۰۷.
 17. Alwesabi, M. (2012). MODIS NDVI satellite data for assessing drought in Somalia during the period 2000-2011. Student thesis series INES.
 18. Bayarjargal, Y., Karnieli, A., Bayasgalan, M., Khudulmur, S., Gandush, C., and Tucker, C.J. (2006). A comparative study of NOAA-AVHRR derived drought indices using change vector analysis. *Remote Sensing of Environment*, 105(1): 9-22.
 19. Bhuiyan, C. (2004). Various droughts for monitoring drought condition in Aravalli terrain of India. In *Proceedings of the XXth ISPRS Conference. Int. Soc. Photogramm. Remote Sensing, Istanbul*.
 20. Bonaccorso, B., Bordi, I., Cancelliere, A., Rossi, G., and Sutera, A. (2003). Spatial variability of drought: an analysis of the SPI in Sicily. *Water resources management*, 17(4): 273-296.
 21. Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemoud, S., and Gregoire, J.M. (2001). Detecting vegetation leaf water

- on spatial SPI. *Water resources management*, 18(1), 1-12.
39. Tian, W., Liu, X., Liu, C., and Bai, P. (2018). Investigation and simulations of changes in the relationship of precipitation-runoff in drought years. *Journal of Hydrology*, 565, 95–105.
 40. Tirivarombo, S., Osupile, D., and Eliasson, P. (2018). Drought monitoring and analysis: Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) and Standardised Precipitation Index (SPI). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. V 106, P 1-10.
 41. Wilhite, D.A., Sivakumar, M.V.K., and Pulwarty, R. (2014). Managing drought risk in a changing climate: the role of national drought policy. *Weather Clim. Extremes* 3, 4–13.
 42. Zhang, Q., Li, J., Singh, V.P., and Bai, Y. (2012). SPI-based evaluation of drought events in Xinjiang, China, *Natural hazards*,. 64(1), 481-492.
 43. Zhao, H., Xu, Z., Zhao, J., and Huang, W. (2017). A drought rarity and evapotranspiration-based index as a suitable agricultural drought indicator. *Ecological Indicators*, 82, 530–538.
 33. Rahimzadeh, F., Asgari, A., and Fattahi, E. (2009). Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(3): 329-343.
 34. Shaban, A. (2008). *Indicator and Aspects of Hydrological Drought in Lebanon*. Springer science + Business Media B. V. *Water Resour Manage*, 1875-1891.
 35. Silva-Valio, A. (2008). Estimating stellar rotation from starspot detection during planetary transits. *The Astrophysical Journal Letters*, 683(2): L179.
 36. Sheffield, J., Goteti, G., Wen, F.H., Wood, E.F. (2004). A simulated soil moisture based drought analysis for the United States. *J. Geophys. Res.* 109, D24108.
 37. Stow, D.A. & 23 others (2004). "Remote sensing of vegetation and land-cover change in arctic tundra ecosystems", *Remote Sensing of Environment*, 89, 281-308.
 38. Tsakiris, G., and Vangelis, H. (2004). *Towards a drought watch system based*

