

تحلیل فراوانی منطقه ای شدت، مدت و گستره خشکسالی هواشناسی استان لرستان

سیما رحیمی بندرآبادی

استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی

Rahimi_si@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۵

خلاصه

خشکسالی هواشناسی که از جمله نوسانات اقلیمی است در مناطقی همانند مناطق غرب و جنوب غرب کشور ایران (استان لرستان) که دارای آب و هوای مدیترانه ای است با تناوب های متفاوتی تکرار می شود. برخی از خشکسالی ها در گستره های وسیع و برخی در گستره های محدود عمل می کنند. شدت، تداوم، گستره و فراوانی از جمله ویژگی های خشکسالی به شمار می روند که با تکیه بر شاخص های خشکسالی تعیین می گردند. در تحقیق حاضر به منظور بررسی شدت، مدت، فراوانی (دوره بازگشت) و گستره خشکسالی در استان لرستان از ۲۸ ایستگاه موجود در منطقه که دارای طولانی ترین دوره مشترک آماری (۲۰۱۸-۱۹۹۰) بودند استفاده گردید. به این منظور از شاخص بارش استاندارد SPI در سه مقیاس زمانی ۶، ۳ و ۱۲ ماهه کمک گرفته شد. بررسی نقشه های توزیع مکانی خشکسالی در منطقه نشان می دهد که منطقه مورد مطالعه در سالهای ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ خشکسالی فراگیری که دربرگیرنده وضعیت های خفیف تا شدید است را تجربه کرده است. نتایج بررسی ایستگاهی خشکسالی ها نشان میدهد که ایستگاه دزفول کمترین (۲ رویداد با حداکثر شدت ۲/۰-) و ایستگاه لرستان بیشترین رویداد خشکسالی (۱۹ رویداد با حداکثر شدت ۲/۷-) را تجربه کرده اند. نتیجه گیری: بررسی منحنی های SAF نشان می دهد که خشکسالیهای با دوره بازگشتهای کوتاه با توجه به اینکه دارای شدت زیادی می باشد سطح کوچکی از منطقه را تحت تاثیر قرار می دهد این در حالیست که خشکسالی با دوره بازگشت بیشتر سطح بزرگتری از منطقه را خواهد پوشاند. بررسی توزیع مکانی احتمال وقوع خشکسالی استخراج شده از شاخص SPI در منطقه نشان می دهد، احتمال وقوع خشکسالی در منطقه بین ۱۲ تا ۱۷ درصد می باشد. قسمت اعظم منطقه بین ۱۴ تا ۱۵/۵٪ احتمال وقوع خشکسالی را دارد.

واژه ای کلیدی: "خشکسالی"، "شدت-فراوانی-گستره"، "ویژگیهای خشکسالی"، "SAF"، "SPI".

۱- مقدمه

نتایج، به عنوان یکی از مناسب ترین شاخص ها برای تحلیل خشکسالی به ویژه تحلیل های مکانی شناخته می شود (Hayes et al., ۱۹۹۹). به بررسی منطقه ای خشکسالی در غرب اروپا پرداختند. آنها برای استخراج منحنی های شدت - گستره - فراوانی (SAF) مدل توزیع منطقه ای خشکسالی را ارائه نمودند. این مدل براساس داده های بارندگی، شاخص توزیع استاندارد را برای هر ایستگاه محاسبه نموده و آستانه خشکسالی تعیین می گردد. سپس مساحت تحت تاثیر خشکسالی از کل محدوده مطالعاتی استخراج می شود. نهایتاً در خروجی مدل، شدت خشکسالی در منطقه تحت تاثیر، گستره خشکسالی و تداوم آن تعیین می گردد. این مدل که نیاز به دوره آماری طولانی مدت دارد، می تواند برای سری های زمانی واقعی و یا مصنوعی استفاده گردد (santos et al., ۲۰۰۰). در مطالعه دیگری تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی هواشناسی را در منطقه تسلاوی یونان در بازه زمانی ۱۹۶۰ الی ۱۹۹۳ مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه با بکارگیری داده های بارندگی ماهیانه ۵۰ ایستگاه هواشناسی و استفاده از روش رگرسیون چندگانه برای

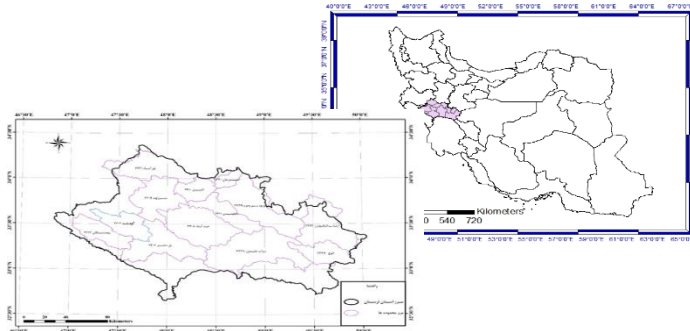
خشکسالی یکی از پدیده های محیطی و بخش جدائی ناپذیر هر منطقه می باشد. ویژگیها و اثرات خشکسالیها در رژیم های مختلف آب و هوایی متفاوت است. در مناطق حساس خشک و نیمه خشک، کمبود بارندگی اثرات شدیدی بر روی منابع آب می گذارد و در اغلب موارد خشکسالی های هواشناسی به وقوع خشکسالی های هیدرولوژیکی منتهی می شوند. برخی از خشکسالی ها در گستره های وسیع و برخی در گستره های محدود عمل می کنند. شدت، تداوم، گستره و فراوانی از جمله ویژگی های خشکسالی به شمار می روند که با تکیه بر شاخص های خشکسالی تعیین می گردند. با تحلیل سوابق تاریخی پدیده خشکسالی و با تکیه بر آمار و اطلاعات موجود می توان دوره بازگشتهای خشکسالی را برای مناطق مختلف برآورد کرد و با ایجاد طرحهای آمادگی برای پدیده خشکسالی میتوان مشکلات ناشی از خشکسالی را تا حد زیادی کاهش داد. شاخص SPI به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت مطلوب در مقایسه مکانی

دوره‌های بازگشت و دسته‌های شدت تحت تأثیر قرار داده است. پیش بینی‌ها همچنین نشان می‌دهد که خشکسالی‌های موسمی و خریف (ماه می تا اکتبر) در سرتاسر بنگلادش از نظر شدت و دوره بازگشت افزایش خواهد یافت (Alamgir et al., ۲۰۲۰). تبوزاده و همکاران به تحلیل شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی هواشناسی در حوضه آبریز بختگان پرداختند. هدف از انجام این تحقیق پایش خشکسالی، با استفاده از شاخص بارش استاندارد، تحلیل مشخصه‌های خشکسالی در مقیاسهای زمانی مختلف و بررسی و تحلیل منحنی‌های تداوم-فراوانی و بزرگی-فراوانی میباشد. نتایج این پژوهش نشان داد که ایستگاههای واقع در مرکز و جنوب حوضه متحمل تداوم‌های طولانی‌تر و بزرگی خشکسالی بالاتر و درصد فراوانی خشکسالی شدیدتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها بوده‌اند. منحنی‌های تداوم-دوره بازگشت و بزرگی-دوره بازگشت در مقیاس‌های مورد مطالعه نشان داد که با افزایش مقیاس زمانی و افزایش دوره بازگشت در ایستگاهها، تداوم و بزرگی خشکسالی افزایش می‌یابد (تبوزاده و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه دیگری تحلیل منطقه‌ای و استخراج منحنی بزرگی-مساحت-فراوانی خشکسالی با استفاده از توابع مفصل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را انجام گردیده است. بدین منظور از سری داده‌های شاخص خشکسالی یکماهه SPI در ۲۴ ایستگاه هواشناسی در محدوده مطالعاتی و ۷ خانواده تابع مفصل شامل کلایتون، گامبل، فرانک، جو، گالامبوس، پلاکت و نرمال برای مدل سازی توزیع احتمال توام دو متغیر همبسته بزرگی و مساحت تحت پوشش خشکسالی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که خشکسالی یا ترسالی اکثریت محدوده مطالعاتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. درحالیکه رفتارهای نیمه یا شبه خشک دارای پوشش مساحت متفاوت با پراکندگی قابل توجه در محدوده مطالعاتی بوده و با افزایش بزرگی خشکسالی مساحت بیشتری از حوضه آبریز را در بر می‌گیرند (منتصری و همکاران، ۱۳۹۶). برخورداری و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به تحلیل شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی‌های اقلیمی در استان یزد پرداختند. نتایج تحلیل شدت خشکسالی استان یزد نشان می‌دهد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال آبی ۱۳۷۸-۷۹ رخ داده است. همچنین بیشترین تداوم خشکسالی به مدت هشت سال مربوط به شهر یزد و پس از آن شهرستان بافق با مدت تداوم هفت سال است. همچنین نتایج نشان داد، فراوانی بیشترین تداوم خشکسالی اتفاق افتاده در سطح استان دو و سه ساله بوده است (برخورداری و همکاران، ۱۳۹۸).

تعیین درصد مساحت تحت پوشش خشکسالی، منحنیهای S-A-F به‌ازای شاخص SPI در مقیاسهای زمانی مختلف در منطقه توسعه داده شد (Loukas and Vasiliade, ۲۰۰۴). Rahimi و همکاران (۲۰۰۸) الگوی مکانی خشکسالی و ترسالی در قالب منحنی‌های شدت-گستره-فراوانی را به دست آوردند. در این مقاله روشی متکی بر آمار میان مدت برای استخراج SAF فرآیندهای خشکسالی و ترسالی منطقه خراسان رضوی و جنوبی براساس شاخص SPI ارائه گردیده است. همچنین نقشه‌های احتمال وقوع خشکسالی و ترسالی‌های منطقه نیز استخراج شده است. نتایج نشان می‌دهد که این منطقه عمدتاً دارای خشکسالی‌ها و ترسالی‌های محلی بوده و فقط پدیده‌های با دوره بازگشت‌های بالا در منطقه فراگیر می‌باشند. ضمن اینکه منطقه نسبت به خشکسالی مستعدتر از ترسالی می‌باشد (Rahimi et al., ۲۰۰۸). در سال ۲۰۱۰ Santos و همکاران خشکسالی هواشناسی در پرتغال را در دوره آماری ۲۰۰۴-۱۹۱۰ با استفاده از شاخص SPI بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بخش جنوبی کشور نسبت به بخش شمالی آن بیشتر تحت تأثیر خشکسالی بوده است (Santos et al., ۲۰۱۰). فراوانی، مدت و شدت خشکسالی در منطقه نیمه خشک شمال شرق برزیل در سال ۲۰۱۷ بررسی گردید. هدف از این مطالعه ارائه یک نمای کلی از شدت خشکسالی در ۳۶ سال گذشته، تجزیه و تحلیل شدت، فراوانی و مدت زمان خشکسالی با در نظر گرفتن جنبه‌های آب و هواشناسی و کشاورزی است. برای ارزیابی این دو جنبه، شاخص بارش استاندارد شده ۱۲ ماهه و شاخص سلامت پوشش گیاهی برای بررسی ویژگی‌های خشکسالی در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که شدیدترین و طولانی‌ترین خشکسالی در سال ۲۰۱۱-۲۰۱۶ رخ داده است. برخلاف خشکسالی‌های قبلی در دهه‌های گذشته، در این دوره ۵ ساله اخیر خشکسالی مکرر، شدیدتر بوده و منطقه وسیع تری را تحت تأثیر قرار داده و اثرات قابل توجهی بر جمعیت و همچنین فعالیت‌های اقتصادی داشته است (Birto et al., ۲۰۱۷). Alamgir et al., (۲۰۲۰) منحنی شدت-گستره-فراوانی (SAF) خشکسالی‌های فصلی در بنگلادش را تحت سناریوهای تغییر آب و تغییر آب و هوا بررسی کردند. آنها برای این کار از شاخص خشکسالی SPI استفاده نمودند. نتایج نشان می‌دهد که دسته‌های خشکسالی متوسط و شدید بیشترین دوره بازگشت را دارند و احتمالاً منطقه را بیشتر از سایر انواع خشکسالی تحت تأثیر قرار می‌دهند. مشخص شد که خشکسالی فصل خریف بارزترین بوده و بخش قابل توجهی از کشور را در تمام

اهداف این مطالعه می توان به محاسبه شدت، مدت و فراوانی خشکسالیهای استان لرستان، بررسی توزیع مکانی و تعیین مناطق بحرانی در منطقه از دیدگاه خشکسالی به منظور مدیریت بهتر منابع اشاره کرد.

در این تحقیق با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) که قادر به برآورد ویژگیهای مختلف خشکسالی به منظور تجزیه و تحلیل خشکسالی های گذشته و بررسی دوره بازگشت خشکسالیها می باشد، استفاده شده است. از



شکل (۱): موقعیت استان لرستان و حوضه های آبخیز این استان

ایستگاههای سینوپتیکو کليما تولوژی سازمان هواشناسی و همچنین ایستگاههای بارانسنجی وزارت نیرو طی دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب طول دوره آماری مناسب برای مطالعه پدیده خشکسالی بسیار مهم می باشد. هرچقدر طول دوره آماری بیشتر باشد نتایج از دقت بیشتری برخوردار بوده و خشکسالیهای بلند مدت چندین ساله را بهتر می توان تشخیص داد. از سوی دیگر انتخاب طول دوره آماری بلندتر باعث حذف ایستگاههای با آمار کوتاه مدت شده و از تراکم ایستگاههای مورد مطالعه می کاهد. از این رو لازم است بگونه ای عمل شود که هم تراکم ایستگاهها و هم طول دوره آماری مناسب برای مطالعه تامین گردد. لذا از بین ایستگاههای موجود در منطقه از ۲۸ ایستگاهی که دارای طولانی ترین دوره مشترک آماری (۲۰۱۸-۱۹۹۰) بودند استفاده شد.

۲-۲- شاخص SPI

یکی از مرسومترین شاخصها در تعیین اندازه خشکسالی، شاخص استاندارد شده بارش یا SPI است. SPI یک شاخص بسیار قوی و در عین حال ساده از لحاظ محاسبات است. برای محاسبه این شاخص تنها احتیاج به دادههای بارش می باشد. همچنین این شاخص در تشخیص دورههای تر و خشک بسیار مؤثر عمل می کند. به طور معمول برای محاسبه SPI نیاز به ۲۰ تا ۳۰ سال داده ماهانه بارش است. یکی دیگر از مزیت اصلی بسیار مهم و اصلی SPI، قابلیت محاسبه آن در مقیاسهای زمانی

۲- مواد و روشها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان لرستان، با وسعت حدود ۲۸۵۵۹ کیلومتر مربع در غرب ایران قرار گرفته است (شکل ۱). این استان، از شمال به استانهای مرکزی و همدان؛ از جنوب به استان خوزستان؛ از شرق به استان اصفهان و از غرب به استانهای کرمانشاه و ایلام محدود است. اشترانکوه با چهار هزار و پنجاه متر ارتفاع بلندترین نقطه استان لرستان است. پستترین نقطه آن در جنوبیترین ناحیه استان واقع شده و حدود ۵۰۰ متر از سطح دریای آزاد ارتفاع دارد. عمده بارش استان در دوره سرد سال ریزش می کند به گونه ای که بارشها به طور عمده از مهر ماه شروع می شود و در ماه خرداد خاتمه می یابد. از نظر نوع بارش در شمال و جنوب استان تفاوت زیادی وجود دارد، در حالی که عمده بارش قسمت های شمالی استان به صورت جامد ریزش می کند؛ در جنوب استان بارش عمدتاً به صورت باران است. از خصوصیات دیگر بارش در استان وقوع بارش های رگباری به ویژه در فصل بهار می باشد. میزان بارش سالیانه بین ۱۰۰۰ میلی متر در ارتفاعات و ۳۰۰ میلی متر در مناطق پست جنوبی تغییرمی کند. میانگین دمای سالیانه نیز بین ۲۲/۹ درجه سلسیوس تا ۱۱/۹ درجه سلسیوس می باشد. استان لرستان دارای آب و هوای متنوع است. در زمستان، هنگامی که در شمال لرستان برف و کولاک و سرمای شدید جریان دارد، قسمت های جنوبی آن از هوای مطبوع و بارانی برخوردار است. در این مطالعه برای بررسی شاخص های مختلف از

نشان می دهند که نوسان شاخص SPI سه ماهه نسبت به میانگین خیلی زیاد می باشد، زیرا هر میزان بارندگی قادر است مقدار شاخص را در این مقیاس زمانی به سرعت تغییر دهد. با توجه به نمودارهای سه ماهه مشاهده می شود که مقدار SPI در همه آنها در سالهای ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۲ پائینتر از نرمال بوده است. این به این مفهوم است که در این سالها یک خشکسالی شدید و گسترده روی داده است که در همه این ایستگاهها ثبت شده است. بررسی نمودارها در مقیاس های زمانی متفاوت نشان می دهد که در مقیاس زمانی بلندتر مانند ۱۲ ماهه نوسانهای زیاد موجود در سریهای SPI سه ماهه و گاه شش ماهه حذف و تغییرات سری هموارتر می شود. لذا در این سری ها بهتر می توان تعداد رویدادهای خشکسالی را تعیین و تداوم و میزان شدت آنها را ارزیابی نمود. شکل (۲) سری زمانی SPI دوازده ماهه ایستگاههای منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. بررسی نمودارها نشان می دهد که بسیاری از رویدادهای خشکسالی تقریباً در همه ایستگاهها روی داده اند و تنها تفاوت آنها در زمان آغاز و خاتمه خشکسالی، تداوم و نیز شدت خشکسالی می باشد (شکل ۲). به عنوان مثال خشکسالی های ۱۹۸۵، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹، ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸ از جمله رویدادهایی هستند که در بیشتر ایستگاهها قابل شناسایی است. اما در ایستگاههای واقع در شمال منطقه سال ۲۰۱۸ سال مرطوبی بوده است (شکل ۳). ویژگیهای اصلی هر رویداد خشکسالی شامل تداوم، شدت و بزرگی خشکسالی می باشد. در تحقیقات خشکسالی، مطالعه هر یک از این ویژگیها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد. از دیگر ویژگیهای خشکسالی فراوانی یا احتمال وقوع و حداکثر شدت خشکسالی در یک دوره خشکسالی می باشد. در صورتیکه به این نکته توجه شود که هر رویداد بلند مدت خشکسالی لزوماً شدیدترین و زیانبارترین رویداد خشکسالی نیست، مطالعه این ویژگیها اهمیت بیشتری پیدا می کند. از اینرو پارامترهای دیگر خشکسالی از قبیل زمان آغاز خشکسالی، میانگین شدت، بیشینه شدت و بزرگی خشکسالی باید در کنار تداوم خشکسالی مورد توجه قرار گیرند. به منظور بررسی ویژگی های خشکسالی ها می باید کلیه رویدادهای خشکسالی روی داده در هر ایستگاه مورد بررسی قرار گیرد.

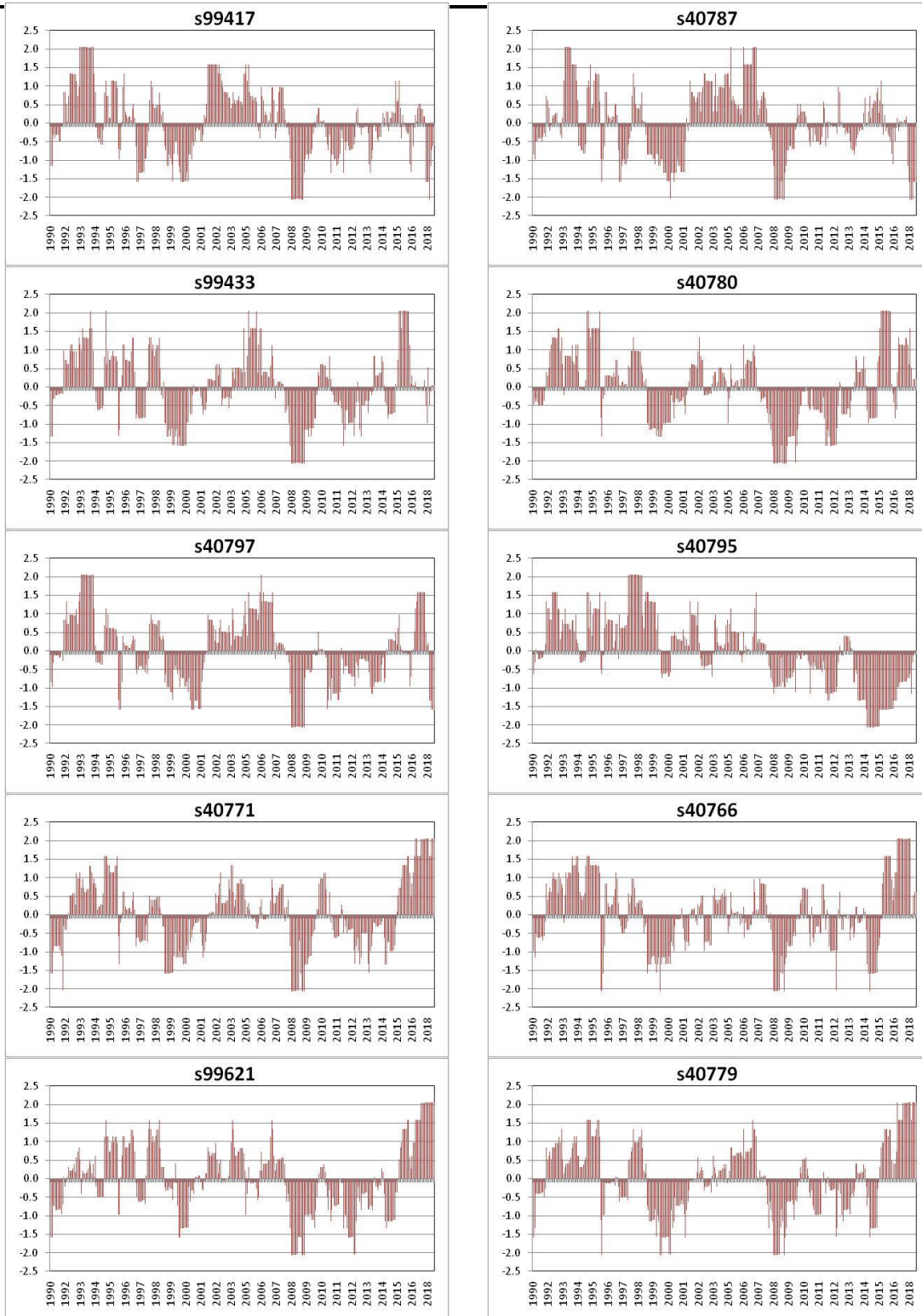
مختلف است که بر این اساس می توان خشکسالی های کوتاه مدت و همچنین بلندمدت را مورد بررسی قرار داد. SPI که بر اساس احتمال وقوع بارش محاسبه می شود، نشان دهنده شرایط بارش دریاقتی نسبت به مقدار طولانی مدت آن منطقه است. در تعیین احتمال وقوع بارش، معمولاً تابع گاما، پیرسون تیپ سه و گامای ناقص به فراوانی مورد استفاده قرار می گیرند. البته باید در نظر داشت که بر اساس تحقیقات انجام شده، در برخی از مناطق ممکن است توزیع گاما نتواند به عنوان مناسب ترین توزیع بر داده های بارندگی برآزش یابد. همچنین برخی از توابع دیگر مانند لوگ نرمال، کاپا و ویک بای مورد توجه قرار گرفته اند. با این حال در بسیاری از موارد، استفاده از تابع گاما بیشتر از سایر توابع مرسوم است. مک کی و همکاران (۱۹۹۳) جهت تفسیر نتایج و امکان مقایسه مکانی مقادیر SPI طبقه بندی جدول (۱) را برای تعیین شدت خشکسالی و ترسالی ارائه نموده اند. از آنجائیکه مقادیر SPI تولید شده بطور تقریباً کاملی با توزیع نرمال برآزش دارد، میتوان تصور کرد که این مقادیر در ۹۵ درصد موارد در درون یک انحراف از معیار و در ۹۹ درصد از موارد در درون سه انحراف از معیار قرار دارند.

جدول (۱): طبقه بندی شاخص SPI و تعریف کلاس های خشکسالی متناظر با آن (مک کی و همکاران ۱۹۹۳)

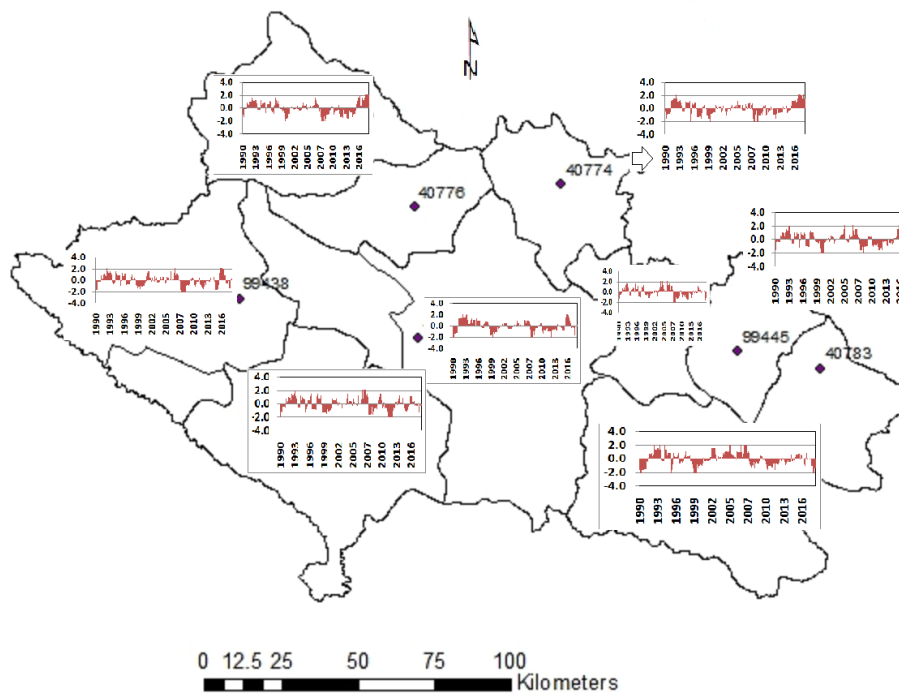
طبقه بندی خشکسالی	مقدار شاخص SPI
به شدت مرطوب	۲ و بیشتر از آن
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
نسبتاً مرطوب	۱/۰۰ تا ۱/۴۹
مرطوب ملایم	۰ تا ۰/۹۹
خشکسالی ملایم	۰ تا -۰/۹۹
نسبتاً خشک	-۱/۰۰ تا -۱/۴۹
خیلی خشک	-۱/۵۰ تا -۱/۹۹
به شدت خشک	-۲/۰۰ و کمتر از آن

۳- بحث و نتایج

بعد از انتخاب طول دوره آماری آزمونهای همگنی و کیفیت نظیر ران تست، جرم مضاعف و آزمون ناپارامتری من-ویتنی بر روی داده ها انجام و در صورت لزوم اصلاحات انجام گرفت. سپس مقادیر SPI برای مقیاسهای زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه کلیه ایستگاه ها محاسبه و استخراج گردید. به منظور تحلیل روند تغییرات زمانی خشکسالی، نمودار سری زمانی SPI در مقیاسهای زمانی مختلف در ایستگاه های مختلف رسم گردید. بطور کلی این نمودارها



شکل (۲): سری زمانی SPI دوازده ماهه برخی ایستگاهها منطقه مورد مطالعه



شکل (۳): نقشه پراکنش نمودار SPI ۱۲ ماهه ایستگاهها در هریک از زیرحوضه ها

با تداوم معین در دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ سال برآورد گردید. برای این منظور مجموعه ای از رویدادهای خشکسالی ۱ تا ۲۴ ماهه و بالاتر مورد نیاز است. با توجه به کوچک بودن دوره زمانی مورد مطالعه تعداد رویدادهای خشکسالی روی داده در برخی ایستگاهها برای انجام تحلیل فراوانی به ویژه در تداوم های بالاتر کافی نبود. در جدول (۳) مقادیر تداوم های یک ماهه و سه ماهه SPI سه ماهه که به لحاظ تعداد وقایع قابل قبول بود ارائه شده است. با توجه به محدود بودن تعداد خشکسالی های با تداوم های بالا در هر ایستگاه برای محاسبه منحنی های شدت - مدت - فراوانی از وقایع به صورت منطقه ای در هر یک از تداومها استفاده گردید. لذا منحنی محاسبه شده معرف SDF منطقه می باشد شکل (۴). برای بررسی تغییرات مکانی شدت تداوم های مختلف نقشه توزیع مکانی برای تداوم های یک ماهه و سه ماهه که تعداد داده ها مناسب بود، رسم گردید. شکل (۵) نقشه های شدت های مختلف را نشان میدهد. همانطور که در شکل نیز مشخص است مناطق شمالی و شمال غربی منطقه خشکسالی های با شدت بیشتر در همه دوره بازگشتها را تجربه می کنند. همچنین با افزایش دوره بازگشت شدت خشکسالی و مناطق تحت خشکسالی با شدت بیشتر افزایش می یابد.

بررسی ها نشان میدهد که بیشترین تعداد خشکسالی روی داده در همه ایستگاهها، از نوع خشکسالی های ۱ تا ۳ ماهه می باشند و هرچه تداوم افزایش می یابد از تعداد رویدادهای خشکسالی به یکباره کاسته می شود. به طوریکه در این مقیاس زمانی ۳ ماهه همه ایستگاهها رویداد خشکسالی ۱ تا ۳ ماهه را طی دوره مورد مطالعه تجربه کرده اند. رویدادهای ۴ تا ۷ ماهه نیز در همه ایستگاهها تعداد قابل توجهی را نشان می دهد. اما تعداد رویدادهای با تداوم بیش از ۹ ماه تنها در برخی از ایستگاهها روی داده است. ایستگاههای مورد مطالعه از حداقل ۱۱ (ایستگاه الیگودرز) تا حداکثر ۱۹ (ایستگاه لرستان) رویداد خشکسالی را تجربه کرده اند. میانگین شدت این خشکسالی ها 0.13 تا 1.41 - و حداکثر شدت آن از 0.2 تا 2.7 - می باشد. جدول (۲) بالاترین رقم بزرگی خشکسالی، طولانی ترین تداوم و بیشترین شدت و بزرگی خشکسالی را در هر یک از ایستگاههای منطقه نشان میدهد.

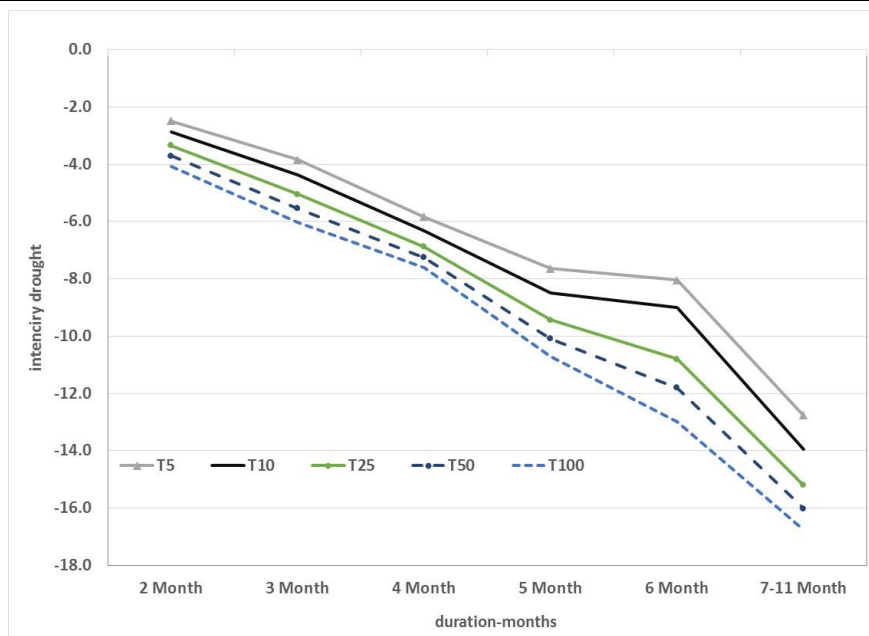
۳-۱- منحنی های شدت - مدت - فراوانی
به منظور ساخت منحنی های شدت (بزرگی) - تداوم - فراوانی خشکسالی (SDF) با استفاده از SPI سه ماهه، دوره های خشک با تداوم معین بر اساس سطح آستانه 0.5 - تعیین گردید. سپس بزرگی رویدادهای خشکسالی

جدول (۲): ویژگی خشکسالی در هر یک از ایستگاههای منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	۴۰۷۸۳	۹۹۶۲۱	۴۰۷۶۶	۴۰۷۷۳	۴۰۷۷۴	۴۰۷۷۵	۴۰۷۷۹	۴۰۷۸۰	۴۰۷۸۲	۴۰۷۸۶
بیشترین تداوم- ماه	۱۲	۱۲	۵	۱۱	۸	۸	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲
بیشترین میانگین شدت	-۰.۸۳	-۱.۰۴	-۱.۰۵	-۱.۳۴	-۰.۹۸	-۱.۰۲	-۰.۹۸	-۰.۹۸	-۰.۹۲	-۰.۹۳
بیشترین میانگین بزرگی	-۸۳.۸	-۲۲.۶	-۲۳.۴	-۲۳.۶	-۳۵.۵	-۳۰.۳	-۲۱.۶	-۳۳.۷	-۲۶.۲	-۲۳.۲
ایستگاه	۴۰۷۸۷	۴۰۷۹۵	۴۰۷۹۶	۴۰۷۹۷	۹۹۴۱۷	۹۹۴۳۳	۹۹۴۳۸	۹۹۴۴۴	۹۹۴۴۵	۹۹۴۴۵
بیشترین تداوم- ماه	۱۲	۱۲	۹	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۰	۱۲	۱۲
بیشترین میانگین شدت	-۱.۱۶	-۰.۶۴	-۱.۱۳	-۱.۲۲	-۱.۴۱	-۱.۳۲	-۱.۰۴	-۱.۰۳	-۱.۰۵	-۱.۰۵
بیشترین میانگین بزرگی	-۱۲۰.۳	-۵.۸	-۲۵.۳	-۲۸.۹	-۲۹.۳	-۲۱.۵	-۲۴.۲	-۳۰.۸	-۲۶.۳	-۲۶.۳

جدول (۳): مقادیر تداوم های یک ماهه و سه ماهه SPI سه ماهه در منطقه مورد مطالعه

تداوم یک ماهه							
دوره بازگشت	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۳	۲
(نورآباد لرستان) ۴۰۷۷۳	۳.۷۵	۲.۴۴	۱.۳۷	۰.۸۵۸	۰.۵۱۶	۰.۳۳۴	۰.۲۱۷
(بروجرد) ۴۰۷۷۴	۱.۷۹	۱.۴	۰.۹۸۶	۰.۷۳۱	۰.۵۱۵	۰.۳۷۳	۰.۲۶۵
(ملایر) ۴۰۷۷۵	۳.۹۹	۲.۵۴	۱.۳۸	۰.۸۴۸	۰.۵۰۲	۰.۳۲۳	۰.۲۱۱
(اسلام آباد غرب) ۴۰۷۷۹	۰.۹۵۶	۰.۸۰۳	۰.۶۱۲	۰.۴۷۴	۰.۳۳۹	۰.۲۳۷	۰.۱۵
(ایلام) ۴۰۷۸۰	۰.۷۰۸	۰.۶۶۳	۰.۵۹	۰.۵۲۲	۰.۴۳۷	۰.۳۵۷	۰.۲۷۶
(خرم آباد) ۴۰۷۸۲	۱.۳	۱.۰۷	۰.۸۰۲	۰.۶۲۴	۰.۴۶۲	۰.۳۴۸	۰.۲۵۶
(الیگودرز) ۴۰۷۸۳	۲.۱۷	۱.۷	۱.۲	۰.۸۹۹	۰.۶۴۲	۰.۴۷۳	۰.۳۴۴
(پلدختر) ۴۰۷۸۶	۱.۸۹	۱.۵۹	۱.۲۲	۰.۹۴۵	۰.۶۷۶	۰.۴۷۲	۰.۲۹۶
(داران) ۴۰۷۸۷	۵.۸۳	۳.۲۶	۱.۵۴	۰.۸۹۱	۰.۵۲۹	۰.۳۶۷	۰.۲۷۸
(دهلران) ۴۰۷۹۶	۲.۶۳	۲.۰۲	۱.۳۹	۱.۰۲	۰.۷۱۳	۰.۵۱۸	۰.۳۷۲
(کوهرنگ) ۴۰۷۹۷	۲.۲۶	۱.۷۶	۱.۲۴	۰.۹۳۸	۰.۶۹۱	۰.۵۳۵	۰.۴۱۹
(گلبایگان) ۹۹۴۱۷	۱.۱۱	۱.۰۵	۰.۹۵۷	۰.۸۶۲	۰.۷۴	۰.۶۲۱	۰.۴۹۴
(ایوان) ۹۹۴۳۳	۲.۷۳	۲.۲۲	۱.۶۱	۱.۲	۰.۸۱۳	۰.۵۳۵	۰.۳۰۵
(کوهدشت) ۹۹۴۳۸	۰.۸۲۵	۰.۶۸۹	۰.۵۳	۰.۴۲۳	۰.۳۲۴	۰.۲۵۴	۰.۱۹۶
(درود) ۹۹۴۴۴	۴.۴۲	۲.۵۵	۱.۲۲	۰.۶۹	۰.۳۷۷	۰.۲۳	۰.۱۴۶
(ازنا) ۹۹۴۴۵	۱.۶۵	۱.۴۴	۱.۱۷	۰.۹۴۸	۰.۷۱۲	۰.۵۲	۰.۳۴۴
(سرارود) ۹۹۶۲۱	۱.۲۱	۱.۰۶	۰.۸۶۶	۰.۷۱۳	۰.۵۵۳	۰.۴۲۵	۰.۳۱
تداوم سه ماهه							
(کرمانشاه) ۴۰۷۶۶	۱.۷۶	۱.۶۲	۱.۴۱	۱.۲۳	۱.۰۲	۰.۸۳۳	۰.۶۴۹
(نورآباد لرستان) ۴۰۷۷۳	۱.۲۸	۱.۱۹	۱.۰۶	۰.۹۶۱	۰.۸۵۴	۰.۷۶۷	۰.۶۸۸
(ملایر) ۴۰۷۷۵	۱.۶۵	۱.۴۷	۱.۲۲	۱.۰۳	۰.۸۲۳	۰.۶۵۶	۰.۵۰۴
(اسلام آباد غرب) ۴۰۷۷۹	۰.۸۴۸	۰.۸۳۲	۰.۷۹۷	۰.۷۵۷	۰.۶۹۴	۰.۶۲۳	۰.۵۳۷
(ایلام) ۴۰۷۸۰	۱.۱	۰.۹۹۹	۰.۸۵۲	۰.۷۳	۰.۵۹۵	۰.۴۸۳	۰.۳۷۷
(خرم آباد) ۴۰۷۸۲	۰.۸۲۵	۰.۷۸	۰.۷۱	۰.۶۴۵	۰.۵۶۸	۰.۴۹۸	۰.۴۲۷
(الیگودرز) ۴۰۷۸۳	۱.۶۱	۱.۵۳	۱.۴	۱.۲۷	۱.۱	۰.۹۳۶	۰.۷۶۴
(پلدختر) ۴۰۷۸۶	۰.۷۲۱	۰.۷۱۸	۰.۷۱	۰.۶۹۸	۰.۶۷۶	۰.۶۴۵	۰.۶۰۲
(گلبایگان) ۹۹۴۱۷	۳.۳۵	۲.۳۳	۱.۴۴	۱.۰۱	۰.۷۰۹	۰.۵۴۳	۰.۴۳۴
(ایوان) ۹۹۴۳۳	۱.۶۳	۱.۴۸	۱.۲۸	۱.۱۲	۰.۹۵	۰.۸۰۶	۰.۶۷۴
(کوهدشت) ۹۹۴۳۸	۳.۴۹	۲.۲۵	۱.۳	۰.۸۹۴	۰.۶۴	۰.۵۱۵	۰.۴۳۹
(درود) ۹۹۴۴۴	۱.۲۷	۱.۱۹	۱.۰۸	۰.۹۷۶	۰.۸۵۷	۰.۷۵۱	۰.۶۴۷
(سرارود) ۹۹۶۲۱	۱.۱۳	۱.۱۱	۱.۰۸	۱.۰۳	۰.۹۵۵	۰.۸۶۲	۰.۷۴۳

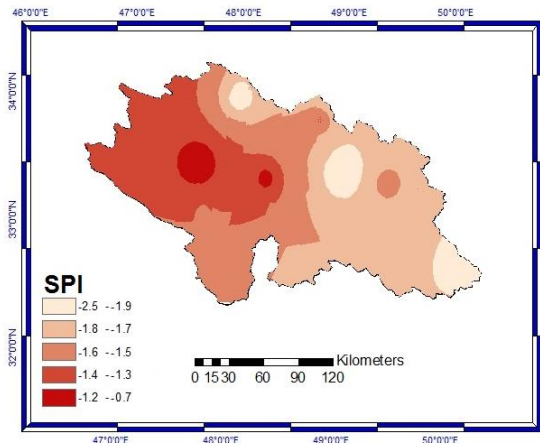


شکل (۴): منحنی شدت - مدت - فراوانی SPI سه ماهه منطقه مورد مطالعه

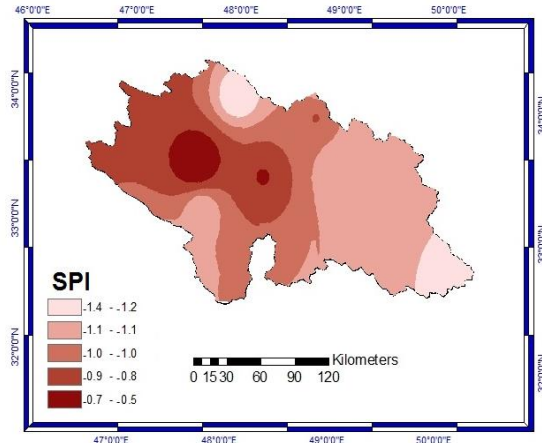
حالی که در سالهای ۲۰۰۷ و ۱۹۹۶ این درصد مربوط به وضعیت نرمال و ۱۹۹۳ مربوط به ترسالی می باشد. مقایسه اشکال همچنین نشان می دهد که در اکثر سالها وضعیت به سمت خشکسالی های ضعیف میل دارد. در مرحله بعد، مناسبترین تابع توزیع احتمال به مقادیر مساحت در هر طبقه SPI در طی دوره آماری برازش داده شد. بررسی ها نشان داد که در اکثر موارد توزیع گاما دو پارامتری بهترین تطبیق را با داده ها نشان می دهد و این تابع به عنوان تابع توزیع غالب برای منطقه در نظر گرفته شد. با استفاده از تابع توزیع بدست آمده، مساحت تحت تاثیر قرار گرفته هر سطح SPI در دوره بازگشتهای مختلف محاسبه گردید. با محاسبه مساحتهاى مختلف در دوره بازگشت و مقدار معلوم شدت خشکسالی می توان نمودار S-A-F را برای خشکسالی ترسیم نمود. شکل (۸) منحنی S-A-F خشکسالی در منطقه را نشان می دهد. همانطور که در شکل نیز مشخص است، خشکسالیهای با دوره بازگشتهای کوتاه با توجه به اینکه دارای شدت زیادی می باشد سطح کوچکی از منطقه را تحت تاثیر قرار می دهد. به عنوان مثال خشکسالی با دوره بازگشت ۲ سال و ۵ سال به ترتیب حدود ۲۰ و ۳۵ درصد از سطح منطقه را می پوشاند. این در حالیست که خشکسالی با دوره بازگشت ۵۰ ساله در صورت وقوع تقریباً ۹۵٪ سطح منطقه را خواهد پوشاند. این به این مفهوم است که خشکسالیهای منطقه عموماً به صورت گسترده بوده و سطح وسیعی از منطقه را تحت تاثیر قرار می دهند.

۲-۳- بررسی و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی به منظور بررسی توزیع مکانی خشکسالی در منطقه و دوره های خشک فراگیر در منطقه مورد مطالعه نقشه های SPI سپتامبر سالهای مختلف که نمایشگر مجموع بارندگی ماه سپتامبر (شهریور) و یازده ماه قبل خود می باشد ترسیم گردید. شکل (۶) به عنوان نمونه توزیع مکانی خشکسالی را در سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۴ را نشان می دهد. با توجه به نقشه ها می توان گفت که استان لرستان در سالهای ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ خشکسالی فراگیری که دربرگیرنده وضعیت های خفیف تا شدید است را تجربه کرده است.

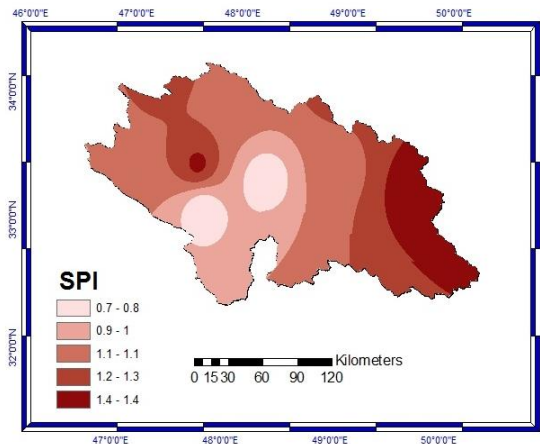
۳-۳- منحنی های منطقه ای شدت-گستره-فراوانی برای تهیه منحنی های S-A-F ابتدا نقشه های مقادیر SPI دوازده ماهه سپتامبر برای سالهای ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۰ تهیه گردید (شکل ۶). سپس مقادیر SPI نقشه ها در فواصل ۰/۵ واحد طبقه بندی گردید: به عنوان مثال فواصل (۱/۵-۲-)، (۱/۵ - ۱-) و به همین ترتیب. در مرحله بعد مساحت تحت تاثیر هر طبقه SPI استخراج گردید. پس از استخراج مقادیر مساحت، درصد مساحت هر طبقه نسبت به کل منطقه محاسبه گردید. شکل (۷) نمودار مقادیر مختلف طبقات SPI را در سالهای مختلف نشان می دهد. همانطور که در شکل نیز مشخص است در برخی سالها خشکسالی وجود نداشته و یا درصد مساحت بسیار کمی را در برمی گیرد. به عنوان مثال در سال ۲۰۰۸ درصد بیشتری از منطقه در وضعیت خشک به سر می برد در



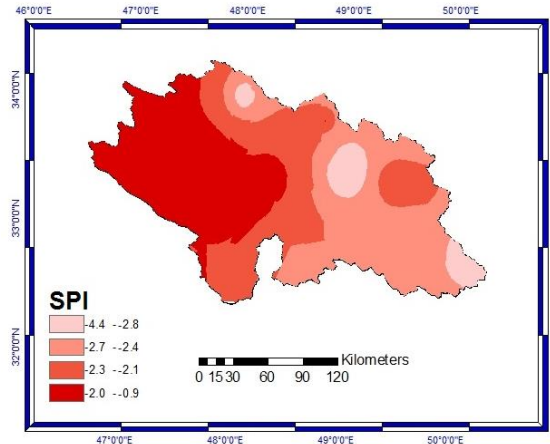
SPI با دوره بازگشت ۵۰ ساله برای تداوم یک ماهه



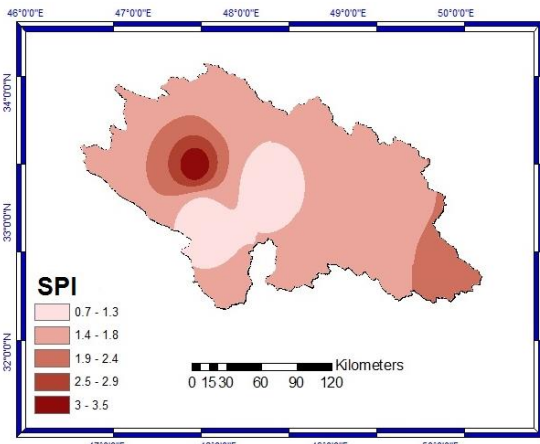
SPI با دوره بازگشت ۲۰ ساله برای تداوم یک ماهه



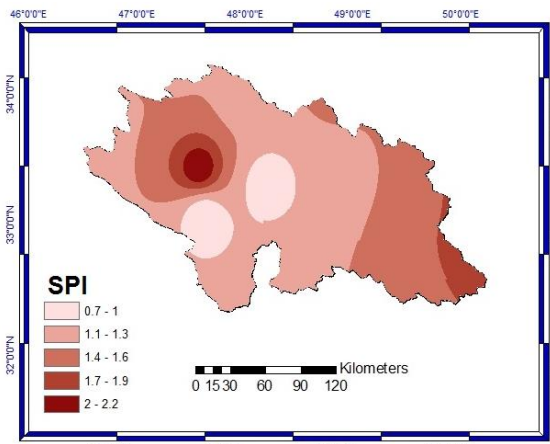
SPI با دوره بازگشت ۲۰ ساله برای تداوم سه ماهه



SPI با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برای تداوم یک ماهه

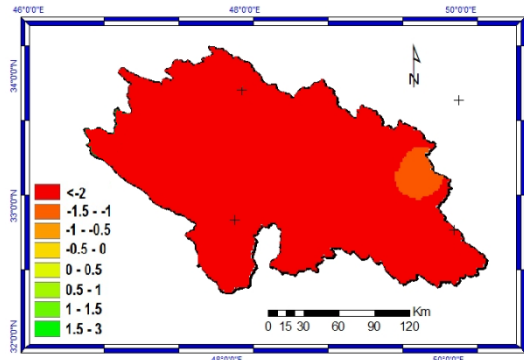


SPI با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برای تداوم سه ماهه

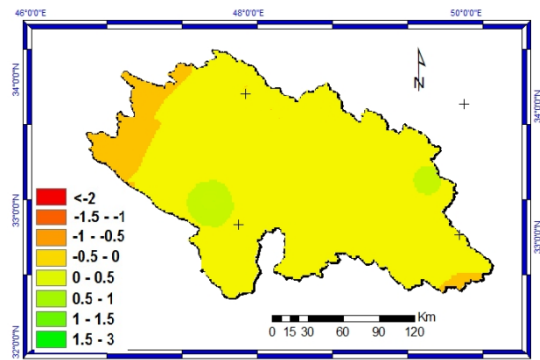


SPI با دوره بازگشت ۵۰ ساله برای تداوم سه ماهه

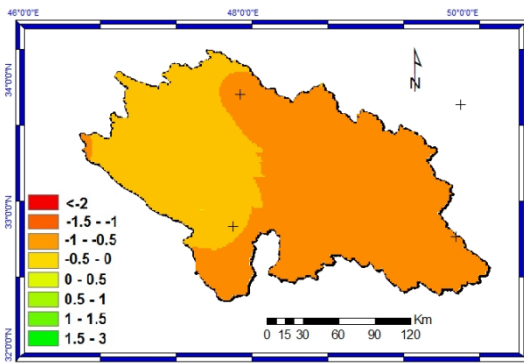
شکل (۵): توزیع مکانی شدت خشکسالی با تداوم های یک ماهه و سه ماهه در دوره بازگشت های مختلف



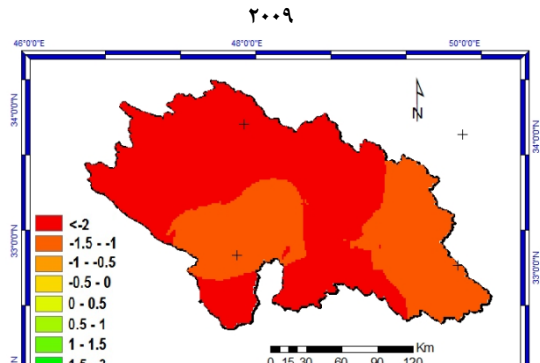
۲۰۰۸



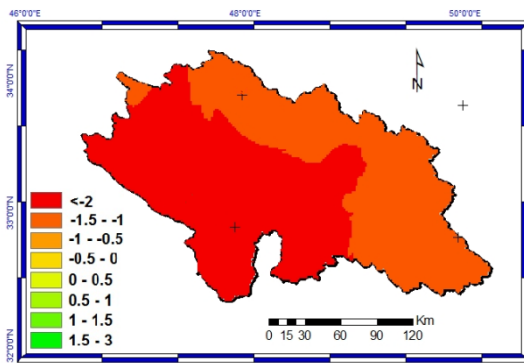
۲۰۰۷



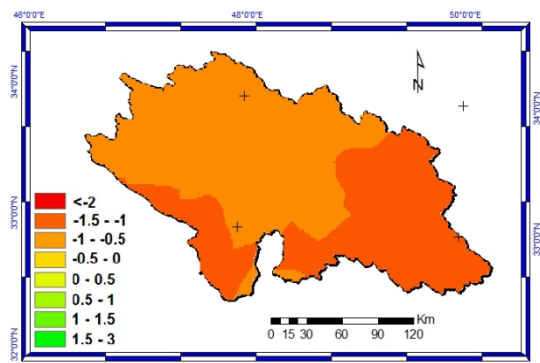
۲۰۱۰



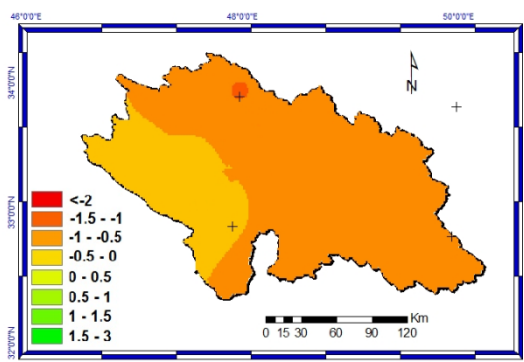
۲۰۰۹



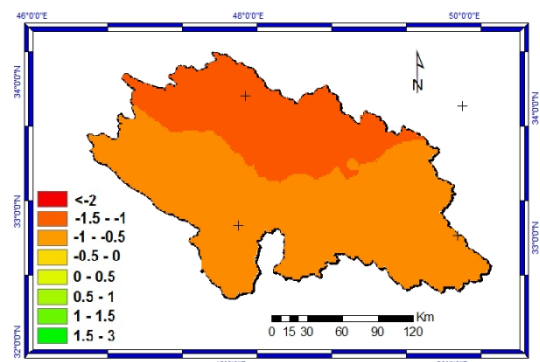
۲۰۱۲



۲۰۱۱

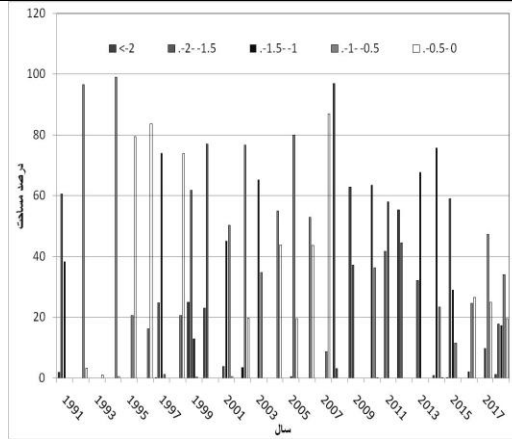


۲۰۱۴

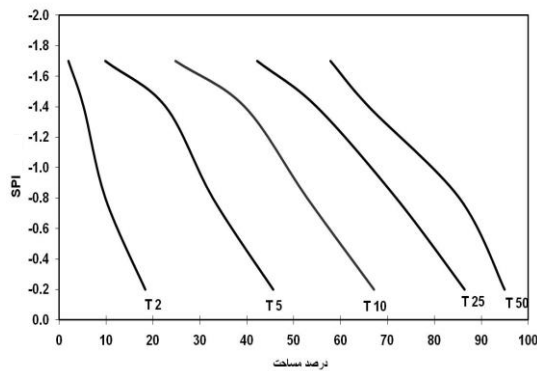


۲۰۱۳

شکل (۶): نقشه توزیع مکانی SPI ۱۲ ماهه طی چند سال به عنوان نمونه



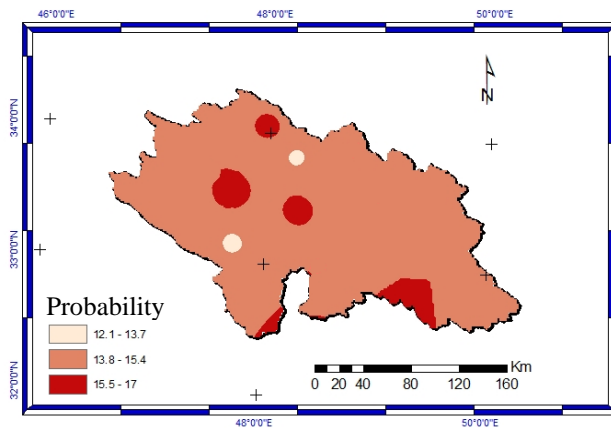
شکل (۷): نمودار مقادیر مختلف طبقات SPI را در سالهای مختلف



شکل (۸) منحنی SAF خشکسالی در منطقه

وقوع خشکسالی در منطقه را نشان می دهد. همانطور که در شکل نیز مشخص است احتمال وقوع خشکسالی در منطقه بین ۱۲ تا ۱۷ درصد می باشد. قسمت اعظم منطقه بین ۱۴ تا ۱۵/۵٪ احتمال وقوع خشکسالی را دارد.

۳-۴- بررسی احتمال وقوع خشکسالی
به منظور طبقه بندی منطقه از نظر خطر وقوع خشکسالی از نقشه توزیع احتمال وقوع خشکسالی استفاده گردید. برای تهیه نقشه های توزیع احتمال وقوع در منطقه، از مقادیر SPI دوازده ماهه سپتامبر استفاده گردید تا معرف خشکسالی سالانه در منطقه باشد. برای اینکار از روش احتمال ویبول استفاده گردید. شکل (۹) توزیع احتمال



شکل (۹): نقشه درصد احتمال وقوع خشکسالی سالانه ($SPI < -1$) در منطقه مورد مطالعه.

۴- نتیجه گیری

به طور کلی بررسی های انجام شده در منطقه بیانگر آن است که :

- بررسی شاخص SPI سه ماهه نشان می دهند که سالهای ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۲ خشکسالی شدید و گسترده روی داده است که در همه ایستگاهها ثبت شده است. در حالیکه بررسی SPI دوازده ماهه نشان می دهد که بسیاری از رویدادهای خشکسالی تقریباً در همه ایستگاهها روی داده اند و تنها تفاوت آنها در زمان آغاز و خاتمه خشکسالی، تداوم و نیز شدت خشکسالی می باشد. خشکسالی های ۱۹۸۵، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹، ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸ از جمله رویدادهایی هستند که در بیشتر ایستگاهها قابل شناسایی است.
- بررسی تعداد رویداد های خشکسالی با استفاده از SPI نشان می دهد که بیشترین تعداد خشکسالی روی داده در همه ایستگاهها، از نوع خشکسالی های ۱ تا ۳ ماهه می باشند؛ رویدادهای ۴ تا ۷ ماهه نیز در همه ایستگاهها تعداد قابل توجهی را نشان می دهد. بررسی ویژگیهای رویدادهای خشکسالی های مختلف نشان می دهد که ایستگاههای مورد مطالعه از حداقل
- ۲ تا حداکثر ۱۹ رویداد خشکسالی را تجربه کرده اند. میانگین شدت این خشکسالی ها ۱۳/۰- تا ۱/۴۱- و حداکثر شدت آن از ۲/۰- تا ۲/۷- می باشد
- بررسی نقشه های توزیع مکانی خشکسالی در منطقه نشان می دهد که استان لرستان در سالهای ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ خشکسالی فراگیری که دربرگیرنده وضعیت های خفیف تا شدید است را تجربه کرده است.
- بررسی منحنی های SAF نشان می دهد که خشکسالیهای با دوره بازگشتهای کوتاه با توجه به اینکه دارای شدت زیادی می باشد سطح کوچکی از منطقه را تحت تاثیر قرار می دهد این در حالیست که خشکسالی با دوره بازگشت بیشتر سطح بزرگتری از منطقه را خواهد پوشاند.
- بررسی توزیع مکانی احتمال وقوع خشکسالی استخراج شده از شاخص SPI در منطقه نشان می دهد، احتمال وقوع خشکسالی در منطقه بین ۱۲ تا ۱۷ درصد می باشد. قسمت اعظم منطقه بین ۱۴ تا ۱۵/۵ % احتمال وقوع خشکسالی را دارد.

منابع

۱. برخوردار، جلال، زارع چاهوکی، اصغر، اکرامی، محمد، گودرزی، مسعود، میرجلیلی، علی بمان. ۱۳۹۸. تحلیل شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی های اقلیمی در استان یزد. ترویج و توسعه آبخیزداری، ۷ (۲۶): ۱۰-۱.
۲. تبوزاده، شهین، زارعی، حیدر، بذرافشان، ام البنین. ۱۳۹۴. تحلیل شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی هواشناسی در حوضه آبریز بختگان. علوم و مهندسی آبیاری، ۳۸ (۴): ۱۰۹-۱۲۳.
۳. منتصری، مجید، امیر عطایی، بابک و حسن رضایی. ۱۳۹۶. تحلیل منطقه ای و استخراج منحنی بزرگی-مساحت-فراوانی خشکسالی با استفاده از توابع مفصل در حوضه آبریز دریچه ارومیه. نشریه آب و خاک، ۳۱ (۴): ۱۲۷۷-۱۲۶۰.
۴. Alamgir M. Khan N. Shahid S. ۲۰۲۰. Evaluating severity-area-frequency (SAF) of seasonal droughts in Bangladesh under climate change scenarios. Stoch Environ Res Risk Assess ۳۴, ۴۴۷-۴۶۴ (۲۰۲۰).
۵. Brito S. Cunha APM. Cunningham C. Alvalá RC. Marengo JA. Carvalho MA. (۲۰۱۸). Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. International Journal of Climatology, ۳۸(۲), ۵۱۷-۵۲۹.
۶. Hayes MJ. Svoboda MD. Wilhite DA. Vanyarkho OV. ۱۹۹۹. Monitoring the ۱۹۹۶ drought using the Standardized Precipitation Index. Bulletin of the American Meteorological Society, ۸۰(۳): ۴۲۹-۴۳۷.
۷. Loukas A. Vasiliades L. ۲۰۰۴. Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessalyregion, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences, ۴:۷۱۹-۷۳۱.
۸. McKee TB. NJ. Doesken Kleist J. ۱۹۹۳. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the ۸th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA, USA, ۱۷۹-۱۸۴.

۹. Rahimi Bondar Abadi, S. Saghafian B. Razii T. Akhtari R. ۲۰۰۸. Severity – Area – Frequency curves of drought and wet periods. Third International Conference on Water Observation and Information System for Decision Support. Ohrid, Republic of Macedonia.
۱۰. Santos MJ. Verissimo R. Fernandez S. Orlando M. Rodrigues R. ۲۰۰۰. Overview of regional meteorological drought analysis on Western Europe. ARIDE Technical Report no. ۱۰. Lisbon, Portugal. Pp. ۱۰۴.
۱۱. Santos JF. Pulido-Calvo I. Portela M. ۲۰۱۰. Spatial and temporal variability of droughts in Portugal. Water Resources Research, ۴۶: W۰۳۵۰۳.

Regional frequency analysis of intensity, duration and area of drought in Lorestan province

Sima Rahimi Bondarabadi

Associate Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Introduction

Drought, which is one of the climatic variabilities, is repeated with different intervals in areas such as the western and southwestern regions of Iran (Lorestan province), which has a Mediterranean climate. Some of the droughts operate in wide areas and some in limited areas. Intensity, continuity, extent and frequency are among the features of drought which are determined by relying on drought indicators. In this research, in order to investigate the intensity, duration, frequency (return period) and the extent of drought in Lorestan province, ۲۸ stations in the region that had the longest common statistical period (۱۹۹۰-۲۰۱۸) were used. For this purpose, SPI (standard precipitation index) was used in four-time scales of ۱, ۳, ۶ and ۱۲ months.

Methodology

After determine of the length of the statistical period, homogeneity and quality tests such as Run test, double mass curve and Mann-Whitney non-parametric test were performed on the data and corrections were made if necessary. In order to analyze the temporal changes of drought, the SPI time series graph was drawn in different time scales at different stations. According to these graphs, many drought events have occurred in almost all stations and the only difference between them is the beginning and end of the drought, the duration and severity of the drought. In order to investigate the characteristics of droughts, all the drought events should be investigated in each station. In this study, the threshold level equal to -0.5 has been chosen. The results of the investigation of different drought events show that the studied stations have experienced drought events from at least ۱۱ (Aligudarz station) to at most ۱۹ (Lorestan station). The average intensity of these droughts is -0.13 to -0.63 and its maximum intensity is from -0.2 to -2.7 . Analysis the spatial distribution maps of drought in the region shows that the studied region has experienced drought in ۱۹۹۷, ۱۹۹۹, ۲۰۰۰, ۲۰۰۸, ۲۰۰۹ and ۲۰۱۱ to ۲۰۱۵, which includes moderate to severe conditions. In this research, using the method of frequency analysis, the return period of droughts with a certain duration was calculated for each station and region and Severity-Duration-Frequency curves were obtained by region. Then the Severity-Area-Frequency regional curves were calculated and drawn for the region. These curves show that droughts in the region are generally widespread and affect a wide area of the region.

Conclusion

In general, the investigations carried out in the region indicate that: The analysis of SPI shows that many drought events have occurred in all of stations and the only difference between them is the time of beginning and end of drought, the duration and intensity of drought. The droughts of ۱۹۸۵, ۱۹۹۹, ۲۰۰۰, ۲۰۰۸ to ۲۰۰۹, ۲۰۱۱ to ۲۰۱۴ and ۲۰۱۸ are among the events that can be identified in most of the stations. The study of SPI shows that most of droughts in all stations are droughts with ۱ to ۳ months' duration; durations of ۴ to ۷ months also are significant in study area. survey the characteristics of drought events shows that the studied stations have experienced from minimum ۲ to maximum ۱۹ drought events. The average severity of these droughts is -0.13 to -1.41 and its maximum severity is from -0.2 to -2.7 . SAF curves show that droughts with short return periods affect a small area of the region due to their high intensity, while droughts with longer return periods will cover a larger area of the region. The spatial distribution of the probability of drought in the region (extracted from the SPI index) shows that the probability of drought in the region is between ۱۲ and ۱۷ percent. Most of the region has a probability of drought between ۱۴ and ۱۵.۵%.

key words

"Characteristic Drought", "Drought", "SAF", "Severity -Area-Frequency", "SPI".