

پایش خشکسالی هواشناسی بر مبنای متغیرهای مختلف آب و هوایی در شرق استان گلستان

مصطفی حسین پور^{۱*}، علی اصغر بهشتی^۲، ابوالفضل مساعدی^۳

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه فردوسی مشهد، mhp1991mhp@yahoo.com

استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، beheshti@um.ac.ir

استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، mosaedi@um.ac.ir

چکیده

خشکسالی یکی از پیچیده‌ترین پدیده‌های آب‌وهوایی است. به‌طور معمول به‌منظور پایش خشکسالی مقادیر بارندگی موردبررسی قرار می‌گیرد. به‌نظر می‌رسد که عوامل متعدد آب‌وهوایی مانند دما، تبخیر و تعرق، تعداد روزهای بارانی و امثال این‌ها هم بر وقوع این پدیده مؤثر باشند. از این‌رو، در این مقاله به پایش خشکسالی هواشناسی با استفاده از متغیرهای مختلف آب‌وهوایی در شرق استان گلستان پرداخته شده است. به این منظور از مدل چند متغیره اسکالوگرام و شاخص خشکسالی SPI استفاده شده است. پس از تعیین وضعیت خشکسالی در مقیاس سالانه در طول یک دوره حدوداً ۳۰ ساله با استفاده از شاخص SPI، وضعیت خشکسالی در همین دوره و همین مقیاس با استفاده از ۱۲۰ متغیر مرتبط با بارش، تبخیر و تعرق پتانسیل، دمای روزانه و تعداد روزهای بارانی در قالب مدل اسکالوگرام موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که زمان وقوع شدیدترین ترسالی‌ها و یا شدیدترین خشکسالی‌ها بر اساس دو شاخص موردبررسی با یکدیگر در شهرستان‌های مختلف متفاوت می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، SPI، اسکالوگرام، عوامل آب و هوایی

Meteorological drought monitoring based on different weather variables in Eastern of Golestan province, Iran Mostafa Hosseinpour¹, Aliasghar Beheshti², Abolfazl Mosaedi³

¹M.Sc. Student of Water Resources Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

²Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

³Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Drought is one of the most complex weather phenomena. Typically, rainfall is monitored for drought monitoring. It seems that other factors such as temperature, evapotranspiration, number of rainy days, and so on, can affect the occurrence of drought. Therefore, we have been investigating the effects of different weather variables on meteorological droughts for the East of Golestan province. The multivariate scalogram and drought index of SPI have been used. After determining the state of drought on an annual scale over a period of about 30 years, using the SPI, the drought situation during the same period and the same scale, using 120 variables related to rainfall, potential evapotranspiration, daily temperature and number of rainy days was tried in the form of a scalogram. The results indicate that the time of occurrence of the “extremely wet” years or “extremely drought” years based on the two indices are different in the cities.

۱ - مقدمه

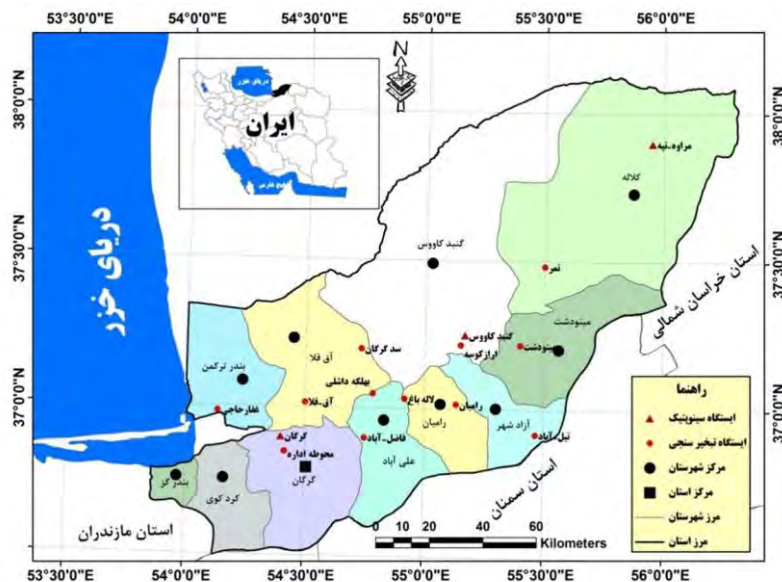
خشکسالی شامل دوره‌ای از شرایط خشک‌تر از حد نرمال است که منجر به مشکلات مربوط به کاهش منابع آب می‌شود. در این دوره بارندگی کمتر از میزان نرمال برای چندین هفته، ماه و یا سال می‌باشد که جریان نهرها و رودخانه‌ها کاهش

می‌یابد و سطح آب در دریاچه‌ها و مخازن افت می‌کند و عمق آب در چاه‌ها افزایش می‌یابد (ناگارجان، ۲۰۰۹). خشکسالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی و از جمله رخداد‌های مصیبت باری است که هر ساله خسارت‌های زیادی به جوامع انسانی و اکوسیستم‌ها وارد می‌سازد (آسیایی، ۱۳۸۵). خشکسالی پدیده‌ای طبیعی است که به صورت دوره‌ای و متناوب، در تمامی شرایط آب و هوایی رخ می‌دهد و می‌تواند تأثیرات عمده‌ای را بر منطقه تحت تأثیر خود داشته باشد، اما ویژگی‌های آن از قبیل شدت، مدت و بزرگی از مکانی به مکان دیگر متفاوت خواهد بود. کمبود آب و خشکسالی عموماً سبب ایجاد تنش‌های جدی در زندگی انسان می‌گردند. در موارد شدید، خشکسالی می‌تواند سال‌ها طول بکشد و می‌تواند اثرات ویران‌کننده‌ای بر کشاورزی و منابع آب داشته باشد (میشرا و دسائی، ۲۰۰۶).

استفاده از شاخص‌های خشکسالی یکی از پرکاربردترین سیستم‌های پایش خشکسالی محسوب می‌شود. شاخص SPI برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط مک کی و همکاران جهت پایش خشکسالی هواشناسی در کلرادو آمریکا مطرح شد. امروزه ثابت شده است که خشکسالی صرفاً ناشی از کاهش بارندگی نمی‌باشد، به خصوص در مناطق کم باران ممکن است خشکسالی به دلیل افزایش دما و یا افزایش تبخیر و تعرق اتفاق افتد. از این رو در این تحقیق سعی شده است با بررسی عوامل مختلف آب و هوایی، نقش این عوامل در پایش وضعیت خشکسالی در مقایسه با خشکسالی ناشی از کاهش بارندگی، در شرق استان گلستان مورد بررسی قرار گیرد.

۲- داده‌ها و روش تحقیق

در این پژوهش ایستگاه‌های تبخیرسنجی تمر، ارازکوسه، چشمه خان به ترتیب برای شهرستان‌های کلاله، گنبدکاووس و مینودشت و دو ایستگاه تبخیرسنجی تیل‌آباد و رامیان برای شهرستان رامیان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. داده‌های مورد استفاده شامل آمار روزانه بارش و دمای ایستگاه‌های ذکر شده از مهر ۱۳۶۱ الی شهریور ۱۳۹۵ شمسی (به مدت ۳۴ سال که شهرستان گنبدکاووس تا شهریور ۱۳۹۴ و به مدت ۳۳ سال) می‌باشند. در شکل ۱ نقشه استان گلستان و محل قرارگیری هر شهرستان نمایش داده شده است.



شکل ۱- محدوده شهرستان‌های استان گلستان

۲-۲ روش تحقیق

ابتدا آمار داده‌های روزانه دما و بارندگی ایستگاه‌های تمر، اراز کوسه، چشمه خان، تیل‌آباد و رامیان در طول دوره آماری مهر ۱۳۶۱ الی شهریور ۱۳۹۵ از شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان اخذ شد. با استفاده از آزمون‌های پایه آماری شامل همگنی، استقلال، ایستایی و عدم وجود داده پرت بر روی داده‌ها کیفیت داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس از مقادیر بارندگی و میانگین دما برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روش تورنت وایت استفاده شد. در روش تورنت وایت تبخیر و تعرق پتانسیل برای هر یک از ماه‌های سال مورد محاسبه قرار می‌گیرد (تورنت وایت، ۱۹۴۸؛ علیزاده،

۱۳۸۵). مقادیر شاخص خشکسالی SPI و مدل اسکالوگرام در مقیاس سالانه در محیط نرم افزار Excell و با کمک نرم افزار EasyFit محاسبه گردید.

شاخص خشکسالی SPI

در فرآیند محاسباتی شاخص SPI ابتدا توزیع آماری مناسب بر داده‌های بارش برازش داده می‌شود. سپس تابع تجمعی توزیع آماری به توزیع نرمال استاندارد تبدیل می‌گردد (مک کی و همکاران، ۱۹۹۳).

مدل اسکالوگرام

به‌مرور زمان و افزایش درک بشر از پدیده خشکسالی، تلاش‌های مختلفی برای دخالت دادن عواملی علاوه بر بارندگی برای توصیف این پدیده آغاز گردید. در مناطق مختلف آب و هوایی به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک، بالا بودن میزان تبخیر و تعرق و تمرکز بارش در محدوده‌ی کوتاهی از سال، سبب افزایش اثرات تنش‌های کم‌آبی در سال‌های خشک می‌گردد. در نتیجه، در این مناطق بارندگی به‌تنهایی نمی‌تواند توصیف مناسبی از خشکسالی ارائه دهد. در نتیجه بهتر است از مدل‌های چندمتغیره استفاده نمود. مدل اسکالوگرام یک مدل چند متغیره می‌باشد که در دهه‌های پیشین در موارد اقتصادی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گرفت. این مدل به دلیل عدم محدودیت در تعداد عوامل و نوع آن‌ها و هم‌چنین دوره‌ی آماری، قابلیت تعمیم به بسیاری از مباحث مربوط به اقلیم مانند: طبقه‌بندی اقلیمی، تعیین دوره‌های خشکسالی و ترسالی و ... را دارد. به‌طور کلی در طراحی مدل اسکالوگرام چهار مرحله‌ی مشخص وجود دارد که عبارت‌اند از: تعیین عوامل مؤثر بر پدیده‌ی مورد بررسی، انجام محاسبات آماری، ارزش‌گذاری و رتبه‌بندی (کریمی نظر و همکاران، ۱۳۸۹).

محققان مختلف بر اساس نظر کارشناسی و با توجه به تغییرپذیری عوامل هواشناسی مختلف نسبت به میانگین از یک ضریب K برای عوامل هواشناسی مختلف استفاده می‌نمایند (مساعدی و قباپی سوق، ۱۳۹۱). به‌عنوان مثال براتیان (۱۳۸۲) مقدار K را معادل $1/2$ یا $1/4$ و هم‌چنین کریمی نظر و همکاران (کریمی نظر و همکاران، ۱۳۸۹). مقدار K را $0/25$ و یا $0/5$ در نظر گرفتند. در مرحله ارزش‌گذاری، بر اساس محاسبات آماری مرحله‌ی قبل، پس از انتخاب مقدار K که در این پژوهش مقدار $0/5$ در نظر گرفته شد با توجه به مقادیر $\bar{x} \pm k\sigma$ ، سه محدوده برای وقوع هر یک از متغیرها در نظر گرفته شد و داده‌ها در سه طیف ارزشی مثبت، خنثی و منفی قرار گرفتند. برای مثال در خصوص عواملی که افزایش آن‌ها (مانند مقدار بارش) سبب کاهش تنش‌های خشکسالی می‌شوند، موارد بیشتر از $\bar{x} + k\sigma$ در طیف مثبت و مقادیر کمتر از $\bar{x} - k\sigma$ در طیف منفی قرار داده شدند. جدول ۱ چگونگی تعیین طیف ارزشی عوامل مؤثر بر تنش‌های خشکسالی را نشان می‌دهد.

طراحی مدل اسکالوگرام

در این تحقیق از متغیرهای مرتبط با بارش، تبخیر و تعرق پتانسیل، دمای روزانه و روزهای بارانی در قالب مدل اسکالوگرام استفاده شده است. برای تقسیم‌بندی دمای روزانه از جدول ۲ استفاده گردید. متغیرهای مؤثر بر تنش‌های خشکسالی جهت تعیین رخدادهای ترسالی و خشکسالی که در این تحقیق پیشنهاد شده است، در جدول ۳ ارائه گردیده است. در مجموع ۱۵۶ متغیر موجود می‌باشد که به دلیل صفر بودن برخی از پارامترها در طول دوره آماری حذف می‌گردند (به‌عنوان مثال شهرستان مینودشت فاقد دوره آماری با تعداد روز دمای بشدت داغ می‌باشد) که تعداد هر متغیر با توجه به خصوصیات آب و هوایی هر شهرستان متفاوت می‌باشد. تعداد متغیرهای شهرستان‌های رامیان، کلاله، گنبدکاووس و مینودشت به ترتیب ۱۲۸، ۱۳۰، ۱۲۸ و ۱۲۹ متغیر می‌باشد.

جدول ۱- چگونگی تعیین طیف ارزشی عوامل اقلیمی مؤثر بر تنش‌های خشکسالی

عوامل مورد بررسی	عواملی که با افزایش آن‌ها تنش‌های خشکسالی کاهش می‌یابد	عواملی که با افزایش آن‌ها تنش‌های خشکسالی افزایش می‌یابد
$x_i \geq \bar{x} + k\sigma$	مثبت	منفی
$\bar{x} - k\sigma < x_i < \bar{x} + k\sigma$	خنثی	خنثی
$x_i \leq \bar{x} - k\sigma$	منفی	مثبت

جدول ۲- تقسیم‌بندی وضعیت دمایی در هر روز

وضعیت دمایی هوا	محدوده میانگین دمای روزانه (T) برحسب درجه سانتی گراد
سرد	$0 \leq T \leq -9/9$
خنک	$9/9 \leq T \leq 1$
ملایم	$9/9 \leq T \leq 17/9$
گرم	$17/9 \leq T \leq 23/9$
داغ	$23/9 \leq T \leq 27/9$
خیلی داغ	$27/9 \leq T \leq 34/9$
بشدت داغ	$T \geq 35$

جدول ۳- شرح متغیرهای پیشنهادی مؤثر بر تنش‌های خشکسالی به همراه ضرایب تأثیر آن‌ها در مدل اسکالوگرام

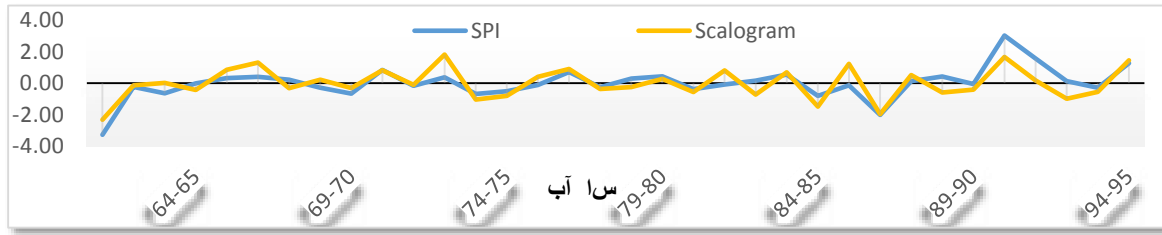
شرح متغیر	ضریب تأثیر	علامت اختصاری
مقدار بارش ماهانه	۱	X_{12} تا X_1
مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه	۱	X_{13} تا X_{24}
تعداد روزهای سرد در هر یک از ماه‌های سال	۰/۲	X_{25} تا X_{36}
تعداد روزهای ملایم در هر یک از ماه‌های سال	۰/۲	X_{37} تا X_{48}
تعداد روزهای گرم در هر یک از ماه‌های سال	۰/۴	X_{49} تا X_6
تعداد روزهای داغ در هر یک از ماه‌های سال	۰/۶	X_{61} تا X_{72}
تعداد روزهای خیلی داغ در هر یک از ماه‌های سال	۰/۸	X_{73} تا X_{84}
تعداد روزهای بشدت داغ در هر یک از ماه‌های سال	۱	X_{85} تا X_{96}
تعداد روزهای بدون بارش در هر یک از ماه‌های سال	۱	X_{97} تا X_{108}
تعداد روزهای دارای بارندگی ۰/۱ تا یک میلی‌متر بارش در هر یک از ماه‌های سال	۰/۵	X_{109} تا X_{120}
تعداد روزهای دارای بارندگی ۱/۱ تا پنج میلی‌متر بارش در هر یک از ماه‌های سال	۰/۷	X_{121} تا X_{132}
تعداد روزهای دارای بارندگی ۵/۱ تا ده میلی‌متر بارش در هر یک از ماه‌های سال	۰/۹	X_{133} تا X_{144}
تعداد روزهای دارای بارندگی بیش از ۱۰ میلی‌متر بارش در هر یک از ماه‌های سال	۱	X_{145} تا X_{156}

با توجه به موارد ذکر شده، برای هر ایستگاه در هر سال، متغیرهای هواشناسی مرتبط با مقادیر بارش، تبخیر و تعرق پتانسیل، روزهای بارانی و روزهای با محدوده دمایی مشخص (جدول ۲) طی یک دوره آماری ۳۴ ساله، از داده‌های روزانه بارش، میانگین دما و ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل استخراج گردید، سپس مطابق مراحل که در طراحی مدل اسکالوگرام بیان گردید، طیف‌های ارزشی تعیین شده برای هر متغیر و با توجه به مقدار آن در هر سال یکی از مقادیر ۰، ۱ یا ۱- به آن متغیر در هر سال اختصاص داده شد و در انتها با ضرب نمودن ضریب تأثیر هر متغیر اقلیمی در مقدار آن و جمع نمودن ارزش عددی هر یک از عوامل هواشناسی، امتیاز آب و هوایی هر سال تعیین گردید. به منظور تعیین وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص خشکسالی SPI برای هر یک از شهرستان‌ها، توزیع گاما بر مقادیر داده‌های بارش برآزش داده شد و برای مدل اسکالوگرام با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بهترین توابع توزیع انتخاب گردید.

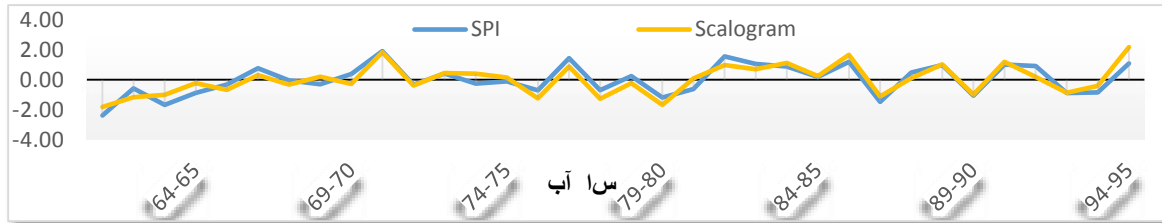
۳- نتایج و بحث

پس از تعیین مقادیر محاسباتی مدل اسکالوگرام بر اساس جداول ۱ تا ۳ و برآزش مناسب‌ترین توزیع آماری بر آن‌ها برای شهرستان‌های رامیان، گنبدکاووس و مینودشت تابع توزیع مقدار افزوده عمومی و شهرستان کلاله تابع توزیع نرمال به عنوان مناسب‌ترین توابع توزیع انتخاب گردید که با محاسبه تابع احتمال تجمعی هر توزیع، به کمک اصل انتقال هم احتمال، مقادیر متناظر با ارزش متغیرهای هواشناسی در توزیع نرمال استاندارد شده محاسبه و به عنوان مقادیر مدل اسکالوگرام در نظر گرفته شدند. وضعیت خشکسالی در هر یک از شهرستان‌ها بر اساس شاخص خشکسالی SPI و شاخص

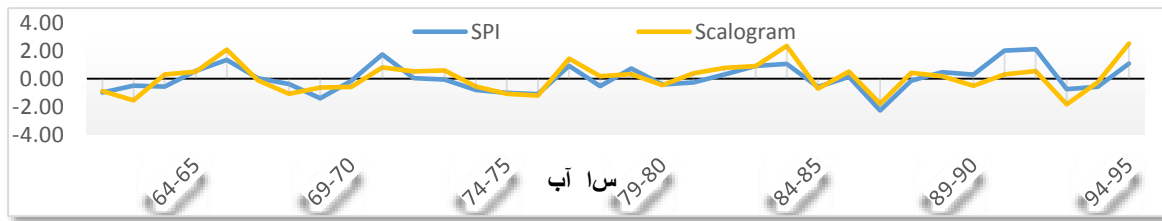
حاصل از مدل اسکالوگرام در شکل‌های ۲ الی ۵ نشان داده شده است.



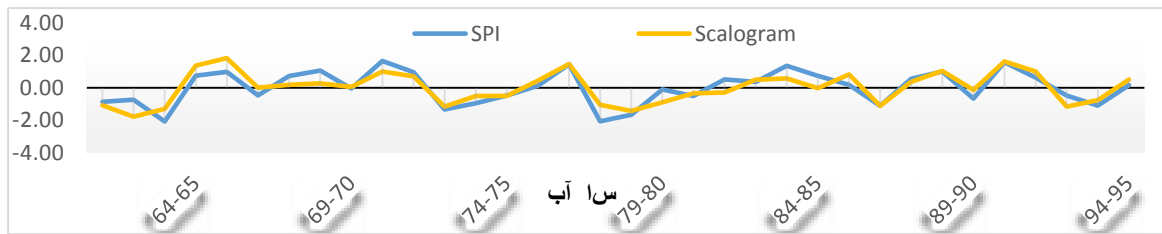
شکل ۲- مقادیر SPI و مدل اسکالوگرام برای شهرستان رامیان



شکل ۳- مقادیر SPI و مدل اسکالوگرام برای شهرستان کلاله



شکل ۴- مقادیر SPI و مدل اسکالوگرام برای شهرستان گنبدکاووس



شکل ۵- مقادیر SPI و مدل اسکالوگرام برای شهرستان مینودشت

با توجه به محاسبات انجام شده و نتایج به دست آمده بر اساس شاخص خشکسالی SPI و مدل اسکالوگرام، برای شهرستان‌های رامیان، کلاله، گنبدکاووس و مینودشت شدیدترین خشکسالی‌ها و شدیدترین ترسالی‌ها در طول دوره آماری تعیین شد که نتایج در جدول‌های ۴ و ۵ بیان شده است.

جدول ۴- سال‌های وقوع خشکسالی‌های شدید در هر شهرستان

شاخص	رتبه ترسالی	رامیان	کلاله	گنبدکاووس	مینودشت
SPI	۱	۱۳۶۱-۱۳۶۲	۱۳۶۱-۱۳۶۲	۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۳۶۳-۱۳۶۴
	۲	۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۳۶۳-۱۳۶۴	۱۳۶۸-۱۳۶۹	۱۳۷۷-۱۳۷۸
Scalogram	۱	۱۳۶۱-۱۳۶۲	۱۳۶۱-۱۳۶۲	۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱۳۶۲-۱۳۶۳
	۲	۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۳۷۹-۱۳۸۰	۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۳۷۸-۱۳۷۹

جدول ۵- سال های وقوع ترسالی های شدید در هر شهرستان

شاخص	رتبه خشکسالی	رامیان	کلاله	گنبد کاووس	مینودشت
SPI	۱	۱۳۷۲-۱۳۷۳	۱۳۷۰-۱۳۷۱	۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۳۷۰-۱۳۷۱
	۲	۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۳۹۴-۱۳۹۵	۱۳۹۱-۱۳۹۲	۱۳۹۰-۱۳۹۱
Scalogram	۱	۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۳۹۴-۱۳۹۵	۱۳۸۳-۱۳۸۴	۱۳۶۶-۱۳۶۷
	۲	۱۳۷۲-۱۳۷۳	۱۳۷۰-۱۳۷۱	۱۳۶۴-۱۳۶۵	۱۳۹۰-۱۳۹۱

۴ - نتیجه گیری و جمع بندی

با توجه به نتایج ارائه شده در شکل های ۲ تا ۵ و جداول ۴ و ۵ وضعیت خشکسالی در هر سال با دخالت عوامل آب و هوایی ذکر شده (از جمله دما، تبخیر و تعرق پتانسیل، تعداد روزهای بارانی) می تواند نسبت به عدم دخالت این عوامل متفاوت باشد. به عنوان مثال در سال آبی ۷۳-۱۳۷۲ در حالی که بر اساس شاخص SPI وضعیت خشکسالی نزدیک به نرمال می باشد، بر اساس مدل اسکالوگرام در این سال وضعیت خشکسالی در محدوده ترسالی متوسط می باشد. در این ایستگاه میانگین بارندگی سالانه، تبخیر و تعرق سالانه و دمای سالانه به ترتیب، ۹۱۵ میلی متر، ۸۴۰ میلی متر و ۱۶/۷ درجه سانتی گراد می باشد. در حالی که در سال ۷۳-۱۳۷۲ این مقادیر به ترتیب ۹۹۰ میلی متر، ۷۷۰ میلی متر و ۱۵/۴ درجه سانتی گراد می باشد. با توجه اختلاف نسبتاً کم مقدار بارندگی در سال ذکر شده با میانگین درازمدت وضعیت خشکسالی در سال مذکور در اساس شاخص SPI (که تنها مبتنی بر بارندگی است) در محدوده نرمال می باشد. در حالی که در این سال نه تنها بارش افزایش داشته است بلکه تبخیر و تعرق و دما نیز نسبت به میانگین کم تر بوده اند. این عوامل باعث می شوند که شرایط ترسالی در منطقه بیشتر حاکم شود. این شرایط در مدل اسکالوگرام که وضعیت را ترسالی متوسط نشان می دهد، به خوبی نمایان می شود. پیشنهاد می شود تحقیقات بیشتری در رابطه با دخالت عوامل مؤثر بر شرایط آب و هوایی بر پایش خشکسالی صورت پذیرد.

۵- منابع

- آسیایی، م. (۱۳۸۵). شاخص های خشکسالی، انتشارات سخن گستر، ۲۱ ص.
- براتیان، ع. ۱۳۸۲. تبیین مدل اسکالوگرام در تعیین تغییرات خشکسالی (مطالعه موردی شهرکرد). سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.
- علیزاده، ا. (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۲۴۳ ص.
- کریمی نظر، م. مقدم نیا، ع.، مساعدی، ا. ۱۳۸۹. بررسی عوامل اقلیمی مؤثر بر وقوع خشکسالی (مطالعه موردی: منطقه زابل). مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۷: ۱۴۵ تا ۱۵۸.
- مساعدی، ا.، قبایی سوق، م. ۱۳۹۱. تعیین رخدادهای خشکسالی و ترسالی بر پایه مدل چند متغیر اسکالوگرام و بررسی ارتباط شدیدترین رخدادهای با مقادیر حدی بارش. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۳: ۳۶۱ تا ۳۷۳.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. (1993). The Relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceeding of Eighth Conference on Applied Climatology. January. Anaheim, California, USA.
- Mishra, A. k., and Desai, V. r. (2006). Drought forecasting using feed-forward recursive neural network. Ecological Modeling, 98: 127-138.
- Nagarajan, R. (2009). Drought Assessment. Capital Publishing Company, p 3.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. Geogr Rev 38:55-94.