

کارایی مدل‌های اسکالوگرام مبتنی بر بارش و تبخیر و تعرق جهت پیش‌بینی عملکرد محصولات دیم در منطقه آق‌قلا

فاطمه احمدیان^{۱*}، حسین انصاری^۲، ابوالفضل مساعدی^۳

مشخصات نویسنده اول

۱ و * - نویسنده مسؤل: دانشجو، کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و دانشگاه

فردوسی مشهد

(Eimail: Fatemeh.ahmadian74@gmail.com)

مشخصات نویسنده دوم

۲ - استاد، دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و دانشگاه فردوسی مشهد، رایانامه

(ansary@um.ac.ir)

مشخصات نویسنده سوم

۳ - استاد، دکتری منابع آب و آبیاری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و دانشگاه فردوسی مشهد، رایانامه

(mosaedi@um.ac.ir)

چکیده

در این پژوهش جهت ارزیابی کارایی شاخص‌های متداول خشکسالی SPI ، $SPEI$ ، RDI و $eRDI$ و مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی در مقیاس زمانی سالانه، میزان عملکرد محصولات گندم و جو در دوره آماری ۶۲-۱۳۶۱ الی ۹۴-۱۳۹۳ در شهرستان آق‌قلا در استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. در مدل‌های اسکالوگرام ۳۶ متغیر آب‌وهوایی استفاده گردید که برای هر یک از متغیرها ضریب تاثیر تعیین شد. با استفاده از اصل انتقال هم احتمال، مقادیر حاصل از شاخص‌های خشکسالی، مدل‌های اسکالوگرام و عملکرد محصولات زراعی به تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد شده برازش داده شدند. نتایج نشان داد که در شهرستان آق‌قلا، میزان همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی و مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی با مقادیر عملکرد محصولات زراعی کمتر از ۰/۵ است که علت آن بکارگیری تنها یک و یا دو متغیر در محاسبه شاخص‌های خشکسالی مورد نظر و همچنین مناسب نبودن ضرایب تاثیر هر یک از متغیرها در مدل‌های اسکالوگرام است. باتوجه به امکان تغییر ضرایب متغیرهای مدل‌های اسکالوگرام، جهت افزایش میزان همبستگی بین عملکرد محصولات زراعی با این دو مدل، به هر یک از متغیرهای مورد بررسی ضریب بهینه نسبت داده شد که میزان همبستگی افزایش یافت.

واژگان کلیدی: اسکالوگرام، اسکالوگرام فازی، خشکسالی، SPI ، $SPEI$ ، RDI ، $eRDI$.

¹ Standardized Precipitation Index

² Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index

³ Reconnaissance Drought Index

⁴ Effective Reconnaissance Drought Index

3rd Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

مقدمه

بررسی رویداد خشکسالی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب و همچنین مدیریت منابع طبیعی از اهمیت زیادی برخوردار است (زارعی، ۲۰۱۸). ارزیابی کمی تأثیرات خشکسالی بر عملکرد محصول یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت منابع آب کشاورزی است (وانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). مدل اسکالوگرام یک مدل چند معرفه است که 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. با توجه به اینکه بروز پدیده خشکسالی تحت تأثیر نوسانات آب و هوایی مختلف است و نوسانات هر یک از این متغیرها می‌تواند سبب افزایش یا کاهش شدت این پدیده گردد، در سال‌های اخیر برخی محققان از مدل‌های چند معرفه برای بررسی این پدیده استفاده نموده‌اند (قبائی سوق و مساعدی، ۱۳۹۲). اسدی و عظیمی (۱۳۹۳) با توجه به نتایج بدست آمده از مدل اسکالوگرام در ۱۵ سال آخر از دوره ۶۰ ساله، در شهر تبریز به این نتیجه دست پیدا کردند که شدت خشکسالی افزایش چشمگیری داشته است. قبائی سوق و همکاران (۱۳۹۵) پس از بررسی نتایج پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های چند متغیره در پژوهش‌های انجام شده به این نتیجه دست یافتند که پایش خشکسالی زمانی محقق می‌شود که تمامی متغیرهای موثر بر انواع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی در شاخص‌های مورد استفاده منظور گردند. جمالی و خورانی (۱۳۹۳) با استفاده از مدل اسکالوگرام و بر اساس سه عنصر جوی (میانگین سالانه دمای بیشینه، میانگین سالانه سرعت باد و میانگین سالانه رطوبت نسبی) در طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۰۵)، میزان شدت تبخیر و تعرق برای منطقه یزد را مورد بررسی قرار دادند، نتایج ایشان نشان داد در این منطقه، همیشه بیشترین میانگین درجه حرارت بیشینه مصادف با شدیدترین تبخیر و تعرق نیست. منطق فازی، یک منطق چند ارزشی است. این منطق در بازه صفر و یک قرار داشته و با دوری از مطلق‌گویی (فقط صفر یا یک) از مقدار تعلق عضوی به مجموعه بحث می‌کند (موسوی و صادقیان، ۱۳۹۵).

هدف از انجام این تحقیق پایش وضعیت خشکسالی هواشناسی براساس شاخص‌های خشکسالی (SPI, SPEI, RDI و eRDI) و مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی مبتنی بر بارش و تبخیر و تعرق و در ادامه بررسی میزان همبستگی این مدل‌ها و شاخص‌های مطرح شده با میزان عملکرد محصولات عمده دیم (گندم و جو) در سطح شهرستان آق‌قلا در استان گلستان است. به این منظور داده‌های ایستگاه این شهرستان در طول یک دوره ۳۴ ساله بررسی شده است.

¹ Wang

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان آق قلا بین ۵۴ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی در شمال استان گلستان واقع شده است و با جمعیتی حدود ۱۳۳ هزار نفر، ۱۷۶۳ کیلومتر مربع وسعت دارد. این شهرستان دارای ۲ بخش، ۲ شهر، ۵ دهستان و ۷۶ آبادی می باشد. میزان آبدهی سالانه رودخانه های جاری در آق قلا ۱۴۹/۰۸ میلیون متر مکعب است.

داده ها

در این پژوهش آمار روزانه پارامترهای هواشناسی شامل میزان بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر، میانگین دما، تبخیر و تعرق از تشت تبخیر و داده های عملکرد محصولات عمده دیم شامل گندم و جو در سطح شهرستان آق قلا و در طول دوره آماری ۱۳۶۲-۱۳۶۱ الی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ استفاده شد. تبخیر و تعرق پتانسیل به منظور استفاده در شاخص های RDI, SPEI, SPI و eRDI با روش هارگریوز محاسبه شد. سپس مقادیر شاخص های خشکسالی ذکر شده در مقیاس های زمانی ۳، ۶ و ۹ ماهه و سالانه محاسبه و به تحلیل میزان همبستگی میان این شاخص ها، مدل های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی و عملکرد محصولات زراعی به کمک ضریب همبستگی پیرسن پرداخته شد.

شاخص شناسایی خشکسالی موثر (eRDI)

در شاخص شناسایی خشکسالی موثر (eRDI)، مجموع بارندگی، که معمولاً نمی تواند به اندازه کافی مقدار آب مورد نیاز گیاهان را نشان دهد، با بارش موثر جایگزین می شود. (تیگاس^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). در این پژوهش جهت برآورد بارش موثر (Pe) از روش تجربی FAO (رابطه ۱) استفاده شده است (بروور^۲ و هیبلوم^۳، ۱۹۸۶).

$$\left\{ \begin{array}{ll} P_e = 0 & \text{for } P \leq 17\text{mm} \\ P_e = 0.6 * P - 10 & \text{for } 17\text{mm} < P \leq 70\text{mm} \\ P_e = 0.8 * P - 25 & \text{for } P > 70\text{mm} \end{array} \right\} \quad (1)$$

¹ Tigkas

² Brouwer

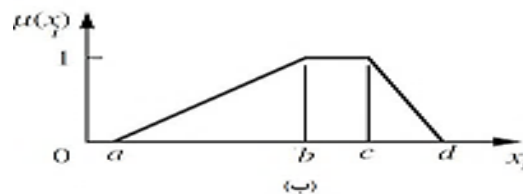
³ Heibloem

3rd Iranian National Conference on Hydrology
17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی

در این پژوهش سه عامل بارش، تبخیر و تعرق و تعداد روز بدون بارش، به‌عنوان متغیرهای پیشنهادی مؤثر بر تنش‌های خشکسالی، طی یک دوره ۳۴ ساله انتخاب شدند و براساس زمان (ماهانه)، میانگین و انحراف معیار هر یک از متغیرها محاسبه شد. سپس براساس تفاضل و یا جمع میانگین با درصدی از انحراف معیار داده‌ها (در این جا ۰/۵ در نظر گرفته شده است)، داده‌ها در سه طیف ارزشی مثبت، خنثی و منفی ارزش‌گذاری شدند. در این پژوهش طیف مثبت با عدد ۳، طیف خنثی با عدد ۲ و طیف منفی با عدد ۱ در نظر گرفته شده است. عاملی که افزایش آن نقش مثبت در کاهش خشکسالی و یا افزایش عملکرد داشت (مقدار بارندگی)، موارد بیشتر از جمع میانگین و ۰/۵ انحراف معیار در طیف مثبت و موارد کمتر از تفاضل میانگین و ۰/۵ انحراف معیار در طیف منفی قرار گرفتند. ولی عواملی که افزایش آن‌ها در وقوع خشکسالی و یا کاهش عملکرد مؤثر بود (مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل و تعداد روز بدون بارش)، موارد بیشتر از جمع میانگین و ۰/۵ انحراف معیار در طیف منفی و موارد کمتر از تفاضل میانگین و ۰/۵ انحراف معیار در طیف مثبت قرار گرفتند. سپس برای متغیرهای بارش و تبخیر و تعرق ضریب تاثیر یک و برای تعداد روز بدون بارش ضریب تاثیر ۰/۵ در نظر گرفته شد که این ضرایب پس از بررسی همبستگی میان مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی با عملکرد محصولات زراعی، برای تک تک داده‌ها اصلاح شد.

در ادامه جهت فازی کردن مقادیر هریک از متغیرهای ذکر شده در بازه طیف ارزشی ۱ تا ۳، از تابع عضویت فازی دوزنقه‌ای استفاده شد. عدد فازی دوزنقه‌ای A ، یک مجموعه فازی در X با تابع عضویت دوزنقه‌ای است (شکل ۱) که از رابطه ۲ قابل محاسبه است (خزائی و حسینی، ۱۳۹۲).

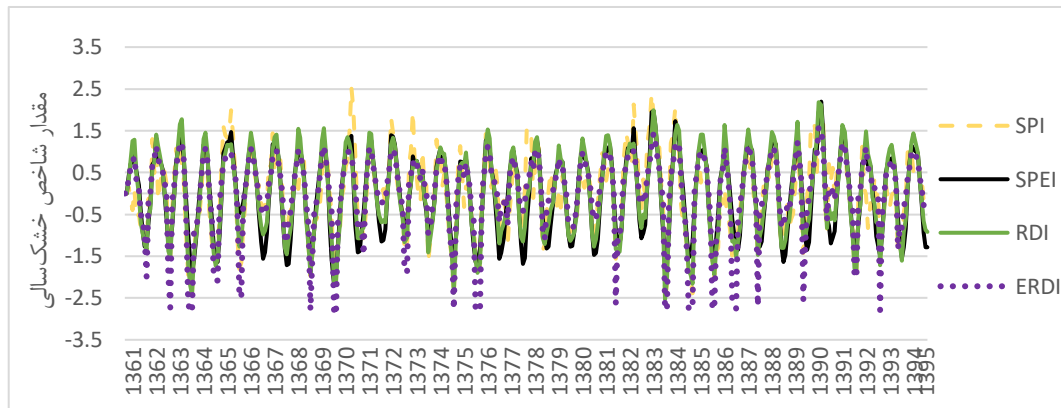


شکل ۱: عدد فازی دوزنقه‌ای

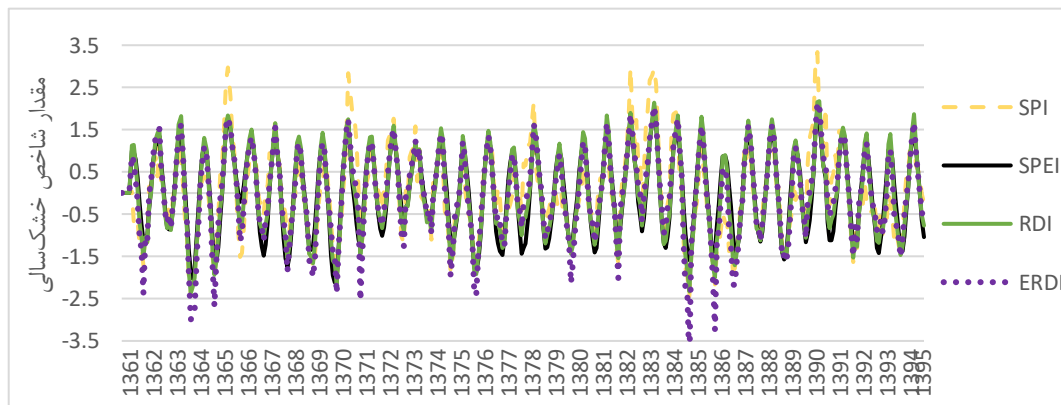
$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x < d \\ 0, & x \geq d \text{ or } x \leq a \end{cases} \quad (2)$$

نتایج و بحث

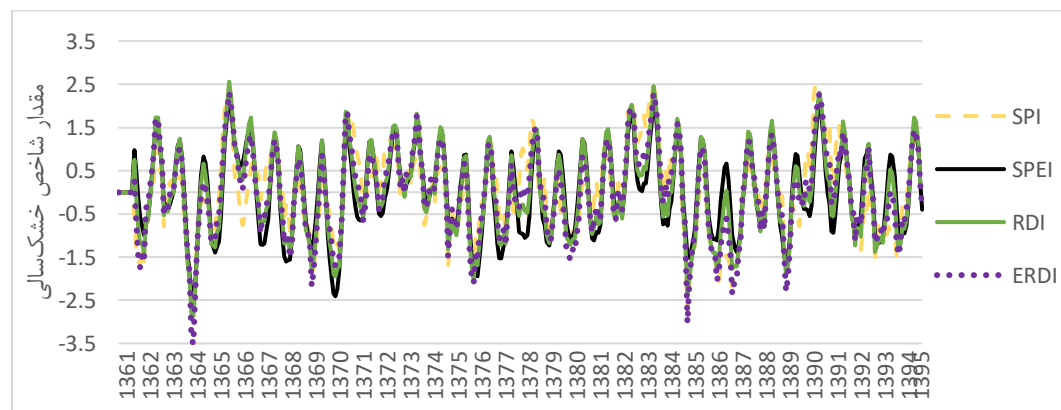
محاسبه شاخص های خشکسالی در مقیاس های زمانی ماهانه و سالانه و بررسی همبستگی آن ها



شکل ۲: وضعیت شاخص های SPI, RDI, SPEI, eRDI در مقیاس زمانی ۳ ماهه در ایستگاه آق قلا

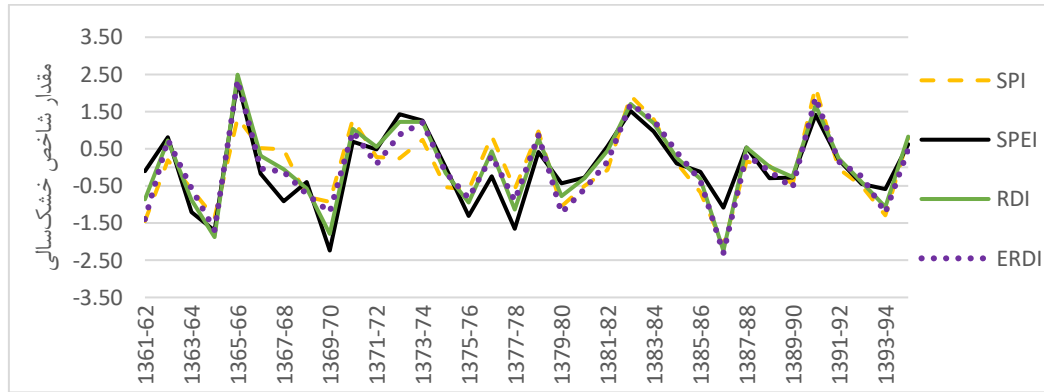


شکل ۳: وضعیت شاخص های SPI, RDI, SPEI, eRDI در مقیاس زمانی ۶ ماهه در ایستگاه آق قلا



شکل ۴: وضعیت شاخص های SPI, RDI, SPEI, eRDI در مقیاس زمانی ۹ ماهه در ایستگاه آق قلا

3rd Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz



شکل ۵: وضعیت شاخص های SPI, RDI, SPEI, و eRDI در مقیاس زمانی سالانه در ایستگاه آق قلا

جدول ۱: مقدار ضریب همبستگی پیرسن بین شاخص های خشکسالی در ایستگاه آق قلا در مقیاس سالیانه

eRDI	RDI	SPEI	SPI	شاخص خشکسالی
۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۷۴	۱	SPI
۰/۸۷	۰/۹۳	۱	۰/۷۴	SPEI
۰/۹۷	۱	۰/۹۳	۰/۹۱	RDI
۱	۰/۹۷	۰/۸۷	۰/۹۴	eRDI

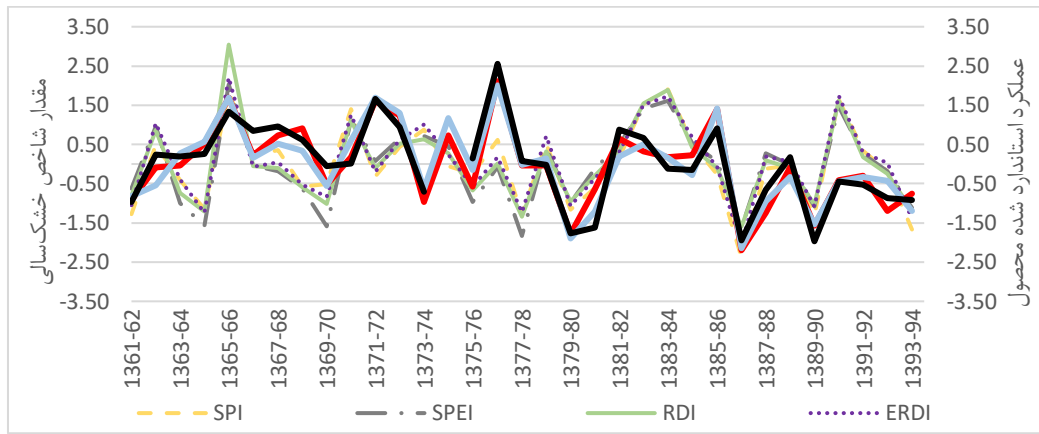
مقایسه شاخص های خشکسالی و مدل های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی با عملکرد محصولات زراعی و اصلاح ضرایب مدل های اسکالوگرام

جدول ۲: مقدار همبستگی بین محصولات گندم و جو با شاخص های خشکسالی و مدل های اسکالوگرام و

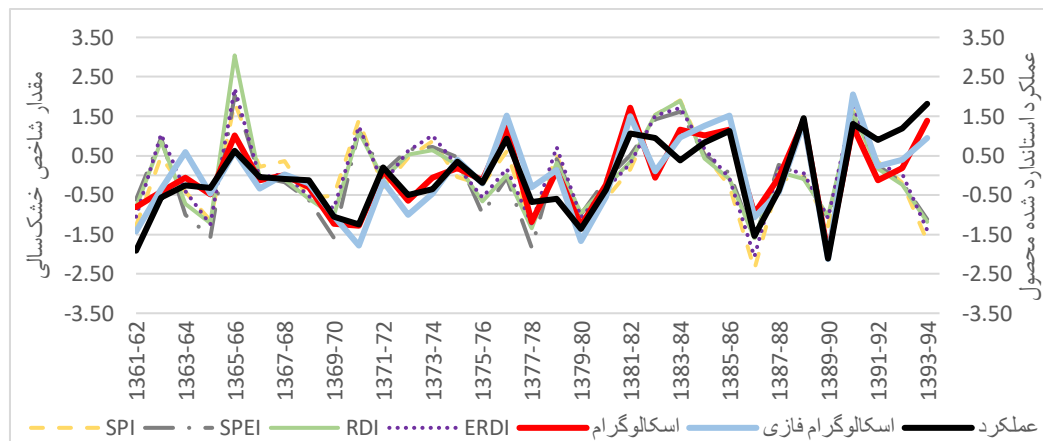
اسکالوگرام فازی در شهرستان آق قلا

جو	گندم	شاخص خشکسالی
۰/۴۱	۰/۴۷	SPI
۰/۴۰	۰/۳۳	SPEI
۰/۳۸	۰/۳۷	RDI
۰/۴۰	۰/۳۹	eRDI
۰/۳۰	۰/۱۹	مدل اسکالوگرام با ضرایب پیشنهادی
۰/۲۳	۰/۱۱	مدل اسکالوگرام فازی با ضرایب پیشنهادی
۰/۸۸	۰/۹۳	مدل اسکالوگرام با ضرایب اصلاح شده
۰/۸۹	۰/۹۳	مدل اسکالوگرام فازی با ضرایب اصلاح شده

3rd Iranian National Conference on Hydrology
17-19 Sep. 2019- University of Tabriz



شکل ۶: مقایسه عملکرد محصول گندم با شاخص‌های خشکسالی و مدل‌های اسکالوگرام در منطقه آق‌قلا



شکل ۷: مقایسه عملکرد محصول جو با شاخص‌های خشکسالی و مدل‌های اسکالوگرام در منطقه آق‌قلا

بحث

باتوجه به نتایج بدست آمده در مقیاس زمانی کوتاه‌تر تعداد خشکسالی بیشتری نسبت به مقیاس زمانی بلندتر مشاهده شد که با نتایج حسین پور (۱۳۹۷) در یک راستا است و علت آن بازه زمانی کوچک‌تر و شدت تغییرات بیشتر در مقیاس‌های زمانی پایین تر نسبت به مقیاس زمانی سالانه است. با بررسی ضرایب همبستگی پیرسن میان شاخص‌ها در مقیاس سالانه، شاخص‌های SPEI, RDI و eRDI در مجموع تغییرات مشابه و نزدیک به هم در هر یک از مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه از خود نشان دادند که با نتایج حسین پور (۱۳۹۷) مطابقت داشت و علت آن به‌کارگیری دو متغیر بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل در محاسبه این شاخص‌ها است.

3rd Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

در ادامه همان‌طور که مشاهده شد در شهرستان آق‌قلا میزان همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی و مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی (با ضرایب تاثیر پیشنهادی) با مقادیر عملکرد محصولات زراعی کمتر از ۰/۵ بدست آمد که با نتایج حسین پور (۱۳۹۷) هم راستا است و علت آن بکارگیری تنها یک و یا دو متغیر در محاسبه شاخص‌های خشکسالی مورد نظر و همچنین مناسب نبودن ضرایب تاثیر هریک از متغیرها در مدل‌های اسکالوگرام است که با اصلاح ضرایب تاثیر در مدل‌های اسکالوگرام، میزان این همبستگی به مقدار قابل توجهی افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی شاخص‌های خشکسالی RDI, SPEI, SPI و eRDI و مدل‌های اسکالوگرام مبتنی بر بارش و تبخیر و تعرق به منظور بررسی عملکرد محصولات گندم و جو در دوره آماری ۶۲-۱۳۶۱ الی ۱۳۹۳-۹۴ در منطقه آق‌قلا در استان گلستان صورت پذیرفت. پس از محاسبه شاخص‌های خشکسالی در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶ و ۹ ماهه و همچنین سالانه مشاهده شد که با افزایش مقیاس زمانی مورد نظر، میزان همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی نیز رو به افزایش است.

با مقایسه مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی و شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی مشخص گردید که کمترین میزان همبستگی مدل‌های اسکالوگرام در این منطقه با شاخص SPI است. که علت آن استفاده تنها از متغیر بارش در شاخص SPI است و سایر عوامل آب و هوایی (به خصوص تبخیر و تعرق) که در خشکسالی موثر هستند در این شاخص در نظر گرفته نشدند؛ همچنین میزان همبستگی بین مدل‌های اسکالوگرام و دو شاخص SPEI و RDI مشابه یکدیگر است که علت آن به کارگیری دو متغیر بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل در محاسبه این شاخص‌ها است.

با توجه به عدم توجه عملکرد محصولات زراعی با استفاده از مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی، ضرایب مقادیر متغیرهای مورد بررسی در این ایستگاه با توجه به عملکرد محصولات اصلاح شد. پس از اصلاح این ضرایب به میزان قابل توجهی میزان همبستگی بین این مدل‌ها و محصولات زراعی افزایش یافت که علت آن تأثیر متفاوت هر یک از متغیرها بر عملکرد محصولات زراعی است. هرچند نتایج همبستگی مدل‌های اسکالوگرام و اسکالوگرام فازی با عملکرد محصولات مشابه یکدیگر است اما ضرایب مدل‌های اسکالوگرام برای هریک از مدل‌ها، محصولات و متغیرهای مورد بررسی در طول دوره آماری منحصر بفرد بوده و وابسته به شرایط و خصوصیات منطقه است.

3rd Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

منابع مورد استفاده

اسدی ا و عظیمی و، ۱۳۹۳. ارزیابی پارامترهای هواشناسی موثر بر خشکسالی‌های شهر تبریز در بلند مدت. دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، دانشگاه شهر کرد، شهرکرد.
جمالی ز و خورانی ا، ۱۳۹۳. بررسی عوامل اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق با استفاده از مدل اسکالوگرام (منطقه مورد مطالعه: یزد). کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز، ایران.
حسین پور م، ۱۳۹۷. ارزیابی کارایی شاخص‌های متداول خشکسالی و مدل اسکالوگرام بر اساس میزان عملکرد محصولات عمده زراعی در استان گلستان، پایان نامه کارشناسی ارشد منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

خزائی ب و حسینی م، ۱۳۹۲. روش پیشنهادی جهت تعیین اعداد فازی برای پارامترهای هیدرولوژیک بر مبنای بازخورد خطا. هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه، زاهدان، ایران.
قبائی سوق م، زارع ایبانه ح، مساعدی ا و صمدی ز، ۱۳۹۵. پایش وضعیت‌های رطوبتی و روند آن‌ها بر مبنای شاخص بارش تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) در نواحی مختلف آب‌وهوایی ایران. نشریه آب و خاک، جلد ۳۰، شماره ۵، صفحه‌های ۱۷۰۰ تا ۱۷۱۷.

قبائی سوق م و مساعدی ا، ۱۳۹۲. پایش خشکسالی گندم با استفاده از مدل اسکالوگرام تعمیم یافته در محدوده ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد و شیراز. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۷، شماره ۱، صفحه‌های ۲۳ تا ۳۵.
موسوی ق و صادقیان ر، ۱۳۹۵. بررسی منطق فازی و کاربرد آن در مسائل پیچیده. ماهنامه پژوهش ملل، دوره دوم، شماره ۱۵، صفحه‌های ۷۷ تا ۸۹.

Ghabaei Sough, M, Zare Abyaneh, H and Mosaedi, A, 2018. Assessing a Multivariate Approach Based on Scalogram Analysis for Agricultural Drought Monitoring. *Water Resources Management journal*, Volume 32, Issue 10, pp 3423–3440.

Tigkas D, Vangelis H, Tsakiris G, 2017. An Enhanced Effective Reconnaissance Drought Index for the Characterisation of Agricultural Drought. *Cross Mark journal*, pp 137-148.

Wang, Q, Wu, J, Li, X, Zhou, H, Yang, J, Geng, G, An, X, Liu, L, And Tang, Z, 2016. A Comprehensively Quantitative Method of Evaluating the Impact of Drought on Crop Yield Using Daily Multi-scale SPEI and Crop Growth Process Model. *International Journal of Biometeorology*. DOI 10.1007/s00484-016-1246-4.

Zarei A, 2018. Evaluation of Drought Condition in Arid and Semi- Arid Regions, Using RDI Index. *Water Resources Management journal*, Issue 5, DOI 10.1007/s11269-017-1898-9.

Performance of Scalogram models based on precipitation and evapotranspiration in order to predicting yield of dryland crops in Aghala region

^۲ Abolfazl Mosaedi, ^۲ Hossein Ansary, ^{*،۱} Fatemeh Ahmadian

Abstract

In order to evaluate the efficiency of common drought indices (SPI, SPEI, RDI and eRDI) and the scalogram and fuzzy scalogram models in annual time scale, the amount of yield of barley and cotton during the statistical period of 1982-83 to 2014-15 in Aghala region in Golestan province (Iran) was studied. In the scalogram models, 36 weather variables were used. For each variable, its impact factor was determined. Applying the equivalence probability method, the values of the drought indices, scalogram models and the amount of crops yield were fitted to the standardized cumulative distribution function. According to the results, it was found that in Aghala city, the correlation between drought indices and scalogram and fuzzy scalogram models with yield values of crops was less than 0.5. This is due to the use of only one or two variables in calculating the drought indices and also the inappropriate coefficients of the effect of each of the variables in the scalogram models. Regarding the possibility of changing the coefficients of the scalogram models variables, in order to increase the correlation between the yields of crops with these two models, each of the variables was attributed to the optimal coefficient so the correlation increased.

Keywords: Scalogram; Fuzzy Scalogram; Drought; SPI; SPEI; RDI; eRDI.