



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گزن

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد هفدهم، شماره دوم، ۱۳۸۹
www.gau.ac.ir/journals

ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی خشک‌سالی با استفاده از شاخص پالمِر (مطالعه موردی: حوزه‌های آبریز قره‌قوم و بخشی از حوزه اترک)

* حسین انصاری^۱ و کامران داوری^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۱

چکیده

در این پژوهش خصوصیات زمانی و مکانی خشک‌سالی در حوزه‌های آبریز شمال خراسان رضوی و شمالی در بازه زمانی کاشت محصولات دیم (ماه‌های مارس تا ژوئن) مورد بررسی قرار گرفت. شرایط تری و خشکی ماهانه با استفاده از شاخص شدت خشک‌سالی پالمِر و برای دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۶۸ در ۵ ایستگاه مشهد، سرخس، گل‌مکان، قوچان و بجنورد تجزیه و تحلیل گردید. در کنار آماره‌های توصیفی (محاسبات آماری پایه) شاخص پالمِر، همبستگی مکانی شاخص و اثرات شرایط ماه‌های قبل بر ماه‌های بعد تعیین، و مقایسه همبستگی‌ها (مقایسه معنی‌داری) با استفاده از آزمون t برای داده‌های جفت انجام شد. نتایج، انطباق توزیع آماری نرمال بر شاخص پالمِر با استفاده از آزمون‌های نیکوئی برازش کلموگرف-اسمیرنوف، رایان-جوینر و اندرسون-دارلینگ در سطح معنی‌داری ۵ درصد در کلیه ایستگاه‌ها را مورد تأیید قرار داده و آزمون فیشر نیز نبود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر حداکثر و حداقل انحراف از معیار شاخص در ماه‌های مختلف را نشان داد. هم‌چنین نتایج به‌دست آمده از چولگی، تکرار بیشتر ترسالی و شدت بیشتر خشک‌سالی در ایستگاه‌های سرخس، گل‌مکان و بجنورد و تکرار بیشتر خشک‌سالی و شدت بیشتر ترسالی را در ایستگاه‌های مشهد و قوچان نشان داد. نتایج همبستگی مکانی به نسبت بالایی در منطقه وجود داشته و تغییرات در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبودند. همبستگی زمانی بالا برای مقادیر شاخص به‌دست آمد که تأثیرات شرایط ماه‌های قبل بر خشک و تر بودن ماه‌های بعدی را به‌طور کامل نشان داد.

واژه‌های کلیدی: خشک‌سالی، شاخص شدت خشک‌سالی پالمِر، همبستگی مکانی، همبستگی زمانی، حوزه آبریز قره‌قوم و اترک

* مسئول مکاتبه: ansari_hos@yahoo.com

مقدمه

تغییر شرایط اقلیمی ناشی از وقوع خشک‌سالی به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین پدیده‌های اقلیمی (ویل‌هایت و گلانتز، ۱۹۸۵) در هر منطقه اثرات مخرب اقتصادی و زیست محیطی را به‌دنبال دارد. این تأثیرات با وارد آوردن اثرات منفی بر ذخایر طبیعی آب، تغذیه رودخانه‌ها، محیط زیست طبیعی، متوسط عملکرد محصولات کشاورزی (به‌خصوص محصولات دیم) و مراتع بروز می‌کند. بدیهی است شناخت خشک‌سالی منجر به مدیریت بهتر و مناسب‌تر تغییرات به‌وجود آمده و در نهایت کاهش اثرات ناشی از آن خواهد گشت. با توجه به وسعت و عمق خسارات خشک‌سالی و متأسفانه به جهت ضعف‌های بسیار سازمانی و مدیریتی، آسیب‌پذیری کشور ما از وقوع این بلای طبیعی بسیار بالا بوده و به‌طور معمول نتیجه آن بروز بحران‌های اقتصادی - اجتماعی است که روند پیشرفت مملکت را به‌شدت متأثر می‌نمایند. برخی از این نقاط ضعف را می‌توان به این شرح نام برد: کمبودهای موجود در شبکه دیده‌بانی و آماربرداری داده‌های اقلیمی و نیز نبود سیستم‌های پایش و پیش‌آگاهی، نبود کاربرد شایسته اطلاعات موجود توسط تصمیم‌گیرندگان، رشد سریع شهرنشینی و جمعیت و نیز تمرکز منطقه‌ای جمعیت گاهی در نواحی مستعد وقوع خشک‌سالی، برنامه‌ریزی‌های نامناسب و اتخاذ سیاست‌های نادرست برای مدیریت منابع آب، تقسیم مسئولیت‌های مدیریت آب و خشک‌سالی بدون تنظیم هماهنگی‌های لازم درون سازمانی و بین سازمانی، و بسیاری موارد دیگر. به‌علاوه، خصوصیات خاص این پدیده موجب شده تا شناخت دقیقی از زمان شروع و خاتمه، تداوم و شدت رخداد آن در کشور وجود نداشته و بر همین اساس نیز امکانات و دانش لازم برای مقابله و تعدیل خسارات وارده در اختیار نمی‌باشد. از این‌رو پایش و بررسی تغییرات زمانی و مکانی این پدیده مهم‌ترین راه‌کار در شناخت و کاهش میزان خسارات زیان‌بار آن خواهد بود. هرچه این پایش و شناخت دقیق‌تر صورت پذیرد، امکان مدیریت ابعاد مختلف بحران‌های آتی بیشتر شده و جبران خسارات آنها ساده‌تر می‌گردد. برای بررسی تغییرات شرایط اقلیمی به‌خصوص خشک‌سالی‌ها، شاخص‌های خشک‌سالی به‌عنوان یک ابزار مدیریتی و برنامه‌ریزی قوی ارائه شدند. از جمله مناسب‌ترین شاخص‌ها که در محاسبه آن، تعیین ساده و کمی ۳ مشخصه شدت، تداوم و گستردگی مکانی خشک‌سالی موردنظر قرار گرفته، می‌توان به شاخص محاسباتی پالمر که اساس آن بر عرضه و تقاضای آب می‌باشد، اشاره کرد (پالمر، ۱۹۶۵).

برای پایش خشک‌سالی و شرایط محیطی پالمر (۱۹۶۵) شاخص ساده‌ای را ارائه کرد که بعد از

انجام اصلاحاتی بر روی آن، به نام شاخص شدت خشک‌سالی پالمر^۱ معروف شد. این شاخص یکی از بهترین شاخص‌های شناخته شده برای پایش خشک‌سالی است که به‌رغم انتقادات وارده بر آن، هنوز به‌طور گسترده در سطح جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (الی، ۱۹۸۴؛ کارل و نایت، ۱۹۸۵؛ کارل، ۱۹۸۶؛ هدینگ‌هوس و سابول، ۱۹۹۱؛ گاتمن، ۱۹۹۱؛ گاتمن و همکاران، ۱۹۹۲).

با اصلاحات انجام شده بر روی این شاخص هواشناسی، توسط محققانی از جمله کارل (۱۹۸۶)، گاتمن (۱۹۹۸)، گاتمن و همکاران (۱۹۹۲) و هدینگ‌هوس و سابول (۱۹۹۱) و نیز سازمان‌هایی از جمله سازمان ملی امور جو و اقیانوسی آمریکا^۲، سرویس ملی آب و هوای آمریکا^۳ و... این شاخص قابلیت پایش خشک‌سالی‌های کشاورزی و هیدرولوژیکی را نیز پیدا کرد. از آنجایی که شاخص اولیه پالمر قابلیت استفاده برای پایش هم‌زمان خشک‌سالی را نداشت، بنابراین شاخص اصلاح شده پالمر^۴ جهت پایش هم‌زمان خشک‌سالی ارائه شد (هدینگ‌هوس و سابول، ۱۹۹۱). هم‌چنین یک شاخص دیگر به نام شاخص Z از شاخص پالمر مشتق شد که برای پایش شرایط خشکی^۵ و تری^۶ ماهانه به‌صورت منفرد و هم‌چنین پایش امکان وقوع آتش‌سوزی‌های خودبه‌خودی (ناشی از خشک‌سالی طولانی‌مدت) مورد استفاده قرار گرفت (بانکس و لیتل، ۱۹۶۹؛ هاینس و همکاران، ۱۹۷۶؛ بروتاک و ریفاشنایدنر، ۱۹۷۷؛ هاینس و ماین، ۱۹۷۸؛ کارل و نایت، ۱۹۸۵؛ کارل، ۱۹۸۶؛ هیس و همکاران، ۲۰۰۷). هم‌چنین مارکا و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که برای تعیین شروع و شدت خشک‌سالی‌های هواشناسی می‌توان از مقادیر ماهانه شاخص خشک‌سالی پالمر استفاده کرد. این محققان در مقایسه شاخص پالمر با دیگر شاخص‌های خشک‌سالی چندین مزیت خاص را برای این شاخص عنوان کردند: اولاً این شاخص توانایی شبیه‌سازی داده‌های رطوبت خاک به‌صورت ماهانه دارد، و ثانیاً مناسب برای مقایسه شدت حوادث خشک‌سالی در مناطق با فصول و اقلیم‌های متفاوت است. واسیلیادس و لوکاس (۲۰۰۹) نیز عنوان کردند که شاخص پالمر و شاخص‌های مشتق شده از این شاخص برای پایش خشک‌سالی‌های هیدرولوژیکی نیز مناسب هستند. به‌طور کلی محققان با توجه به ساختار خاص این

1. Palmer Drought Severity Index
2. NOAA
3. NWS
4. Palmer Modified Drought Index
5. Dryness
6. Wetness

شاخص و توانایی آن در تعیین شدت، تداوم، زمان شروع و خاتمه خشک‌سالی از این شاخص به‌عنوان ابزاری قدرتمندی برای پیش، مدیریت و برنامه‌ریزی خشک‌سالی‌ها نام برده‌اند (سازمان هواشناسی جهانی (WMO)، ۱۹۷۵؛ الی، ۱۹۸۴؛ کارل و نایت، ۱۹۸۵؛ کارل، ۱۹۸۶؛ ادر و همکاران، ۱۹۸۶؛ گاتمن و همکاران، ۱۹۹۲؛ کوگان، ۱۹۹۵؛ بوسی و ژینل، ۱۹۹۶؛ گاتمن، ۱۹۹۸؛ سالای و همکاران، ۱۹۹۸؛ بوسی و همکاران، ۲۰۰۰).

با توجه به توانمندی شاخص پالم در پیش خشک‌سالی، هدف اصلی ارائه این مقاله معرفی شاخص پالم برای ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی خشک‌سالی می‌باشد. البته علاوه بر دستیابی به این هدف، جواب پرسش‌های زیر نیز مورد نظر بوده است:

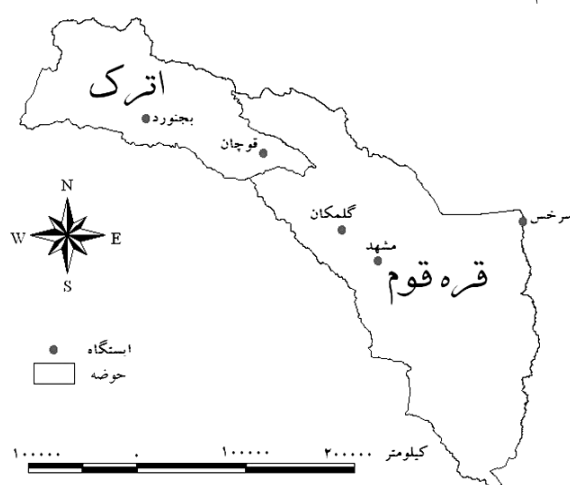
- آیا وابستگی مکانی برای شاخص پالم در منطقه مورد مطالعه وجود دارد؟
 - آیا می‌توان توزیع نرمال را بر داده‌های شاخص پالم در منطقه مطالعاتی برازش داد؟
 - آیا سری زمانی شاخص پالم همبستگی معنی‌داری در طول دوره آماری دارد؟
 - آیا آنومالی شاخص پالم تفاوت منطقه‌ای یا ساختار مشخصی را در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد؟
- بنابراین به‌نظر می‌رسد با انجام این پژوهش و بررسی خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت به‌خصوص خشک‌سالی‌های ماهانه و بررسی روند و تغییرات مکانی و زمانی آن‌ها در ماه‌هایی که محصولات دیم در منطقه مطالعاتی کاشت شده، می‌توان به مدیریت مناسب‌تر کاشت محصولات دیم و افزایش میزان تولید حاصل از آنها کمک کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی: منطقه مورد مطالعه، حوزه قره‌قوم و بخشی از حوزه اترک که در شمال استان خراسان رضوی و شمالی با وسعتی بالغ بر ۶/۲۳ هزار کیلومتر مربع واقع شده، می‌باشد (شکل ۱). به جهت پراکندگی آن در عرض جغرافیایی، تأثیر ارتفاعات بر شرایط آب و هوایی، نزدیکی و یا دوری از دریای خزر، و به‌علت وجود توده‌های هوای محلی میزان تغییرات بارندگی این دو حوضه بیش از ۲۰۰ میلی‌متر بوده و تغییرات متوسط درجه حرارت در دو حوضه حدود ۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به جهت بالا بودن متوسط بارندگی این دو حوضه نسبت به دیگر حوضه‌های استان، بیشترین میزان کاشت محصولات دیم در استان خراسان رضوی و شمالی به این دو حوضه اختصاص یافته است.

به دلایل بالا جهت انجام مطالعات موردنظر، در ابتدا ایستگاه‌هایی که دارای آمار مناسب و کافی

برای انجام پایش خشک‌سالی بوده (حداقل ۳۰ سال آمار) از بین ایستگاه‌های واقع در محدوده مطالعاتی انتخاب شدند (شکل ۱). همان‌طور که در شکل مشخص شده این ایستگاه‌ها در سطح کل حوضه پراکنده می‌باشند. پس از تعیین موقعیت و مشخصات ایستگاه‌ها و تهیه اطلاعات درجه حرارت و بارندگی ماهانه و نیز ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی ایستگاه موردنظر، مقادیر ماهانه شاخص پالم برای هریک از ایستگاه‌ها، در طول دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۱ محاسبه و در نهایت بررسی‌های همبستگی و آماری، انجام شد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی و ایستگاه‌های مورد استفاده برای انجام پژوهش.

محاسبه شاخص پالم: همان‌طور که بیان شد برای تحلیل پایش خشک‌سالی، شاخص پالم انتخاب گردید. این شاخص، براساس معادلات بیلان آبی با نگاهی به گذشته به صورتی ارائه شده که بنیان آن بر روابط بین عرضه و تقاضای رطوبت استوار بوده و یک اندازه کمی واحد از شدت خشک‌سالی به دست می‌دهد. مفاهیم و گام‌های اساسی برای محاسبه شاخص پالم به شرح زیر می‌باشد:

گام ۱) محاسبات هیدرولوژیکی: محاسبه شاخص، بر مبنای بیلان آب اقلیمی با استفاده از داده‌های طولانی مدت درجه حرارت و بارندگی به‌عنوان اطلاعات ورودی انجام می‌شود. یک روش تجربی برای محاسبه رطوبت خاک ذخیره شده با تقسیم خاک به دو لایه مشخص استفاده شده است. به این صورت که فرض شده رطوبت موجود در حالت ظرفیت زراعی در لایه سطحی ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. هدررفت آب از لایه زیرین به حجم رطوبت اولیه که خود نیز به تبخیر و تعرق پتانسیل و

حجم رطوبت قابل وصول وابسته است، مربوط می‌شود. در محاسبات حاضر با توجه به نبود مشخصات خاک مقدار حجم رطوبت قابل وصول برابر ۱۶۰ میلی‌متر فرض شده است. همچنین فرض شده که رواناب نیز اتفاق می‌افتد اگر و فقط اگر هر دو لایه ظرفیت رطوبتی خود را که به اندازه حجم رطوبت قابل وصول است، دریافت دارند. علاوه بر تبخیر و تعرق پتانسیل، ۳ ترم دیگر پتانسیلی استفاده شده‌اند که عبارتند از: تغذیه پتانسیل، میزان رطوبت مورد نیاز برای رساندن رطوبت به حد ظرفیت زراعی، هدررفت پتانسیل، مقدار رطوبتی که می‌تواند به وسیله تبخیر و تعرق از خاک خارج شود، زمانی که بارندگی صفر است، و رواناب پتانسیل که تفاوت بین بارندگی پتانسیل و تغذیه پتانسیل می‌باشد.

گام ۲) محاسبه ضرایب اقلیمی: این بخش با شبیه‌سازی بیلان آبی برای دوره‌ای که داده‌های هواشناسی موجود است، قابل انجام می‌باشد. ضرایب ماهانه از نسبت‌های بین متوسط‌های اقلیمی واقعی در مقابل مقادیر پتانسیلی تبخیر و تعرق، تغذیه، رواناب و هدررفت، به دست می‌آید.

گام ۳) تعیین مقادیر مربوط به شرایط مناسب اقلیمی برای شرایط موجود: برای تعیین این مقادیر، ضرایب محاسبه شده برای تعیین مقدار بارندگی مورد نیاز برای شرایط مناسب اقلیمی برای شرایط موجود استفاده شدند.

گام ۴) تعیین شاخص آنومالی^۲ رطوبت: در هر ماه تفاوت بین بارندگی واقعی، P ، و بارندگی مناسب اقلیمی، P_c ، (گام ۳) به عنوان شاخصی از کمبود یا افزایش رطوبت برای منطقه مورد مطالعه است که این شاخص به صورت $D=P-P_c$ بیان می‌شود. سپس انحرافات شاخص آنومالی رطوبت به معادله $Z=K_j.D$ تبدیل می‌شوند (K_j یک فاکتور وزنی برای ماه j است)، که به این وسیله در محاسبات شاخص، تغییرپذیری زمانی انحرافات شاخص وارد می‌شود.

گام ۵) محاسبه شدت خشک‌سالی: در این گام، سری‌های زمانی شاخص Z ، برای ایجاد یک معیار تعیین شروع و خاتمه خشک‌سالی و ارائه یک فرمول تعیین شدت خشک‌سالی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت برای تعیین شدت خشک‌سالی از عبارت تجربی ارائه شده توسط پالمر به صورت معادله (۱) استفاده شد:

1. Climatically Appropriate For Existing Condition (CAFEC)

2. Anomaly

$$X_j = 0.897X_{j-1} + Z_j/3 \quad (1)$$

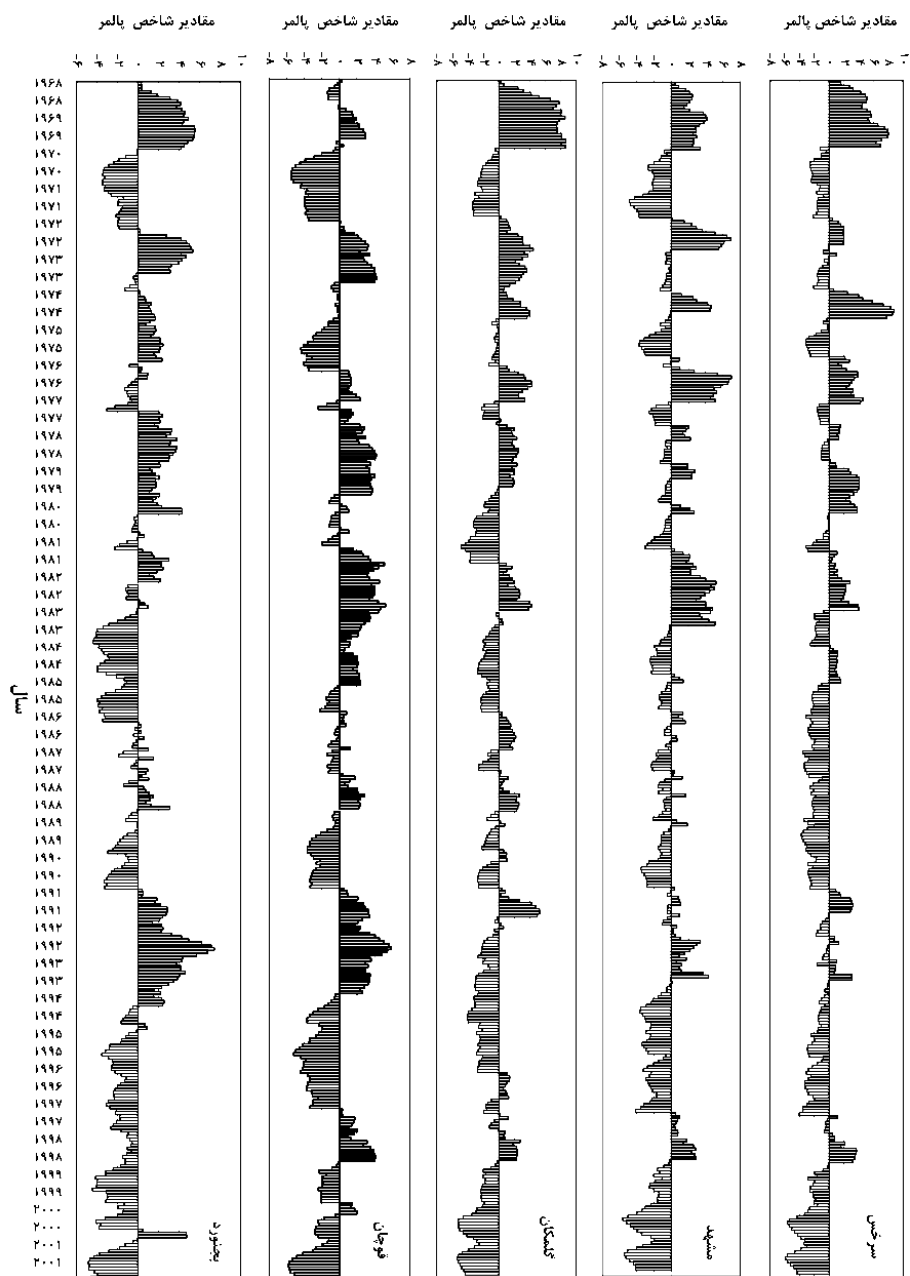
که در آن، مقادیر X_j همان مقادیر شاخص پالمر برای ماه j ام هستند. شاخص یاد شده که یک شاخص خشک‌سالی هواشناسی است (غلام و همکاران، ۲۰۰۷) براساس داده‌های بارندگی و درجه حرارت واقعی تاریخی و با توجه به حجم رطوبت موجود در خاک محاسبه می‌شود. مطابق با پیشنهاد پالمر (۱۹۶۵) محدوده سری زمانی ماهانه شاخص بین $+4$ تا -4 است، که مقادیر منفی (مثبت) شاخص نشان‌دهنده دوره‌های خشک (تر) بوده و مقادیر نزدیک به صفر نیز یک وضعیت اقلیمی مشابه با شرایط نرمال منطقه را به تصویر می‌کشد.

برای محاسبه شاخص پالمر در این پژوهش از یک نرم‌افزار تدوین شده به زبان فرترن استفاده شد که از پژوهشگر مجاری به نام سالای دریافت شده بود (سالای و همکاران، ۱۹۹۸). برای اجرای نرم‌افزار یاد شده چند فایل ورود داده وجود دارد که مهم‌ترین آنها فایل داده‌های درجه حرارت و بارندگی ماهانه بوده و نیازی هم به داده‌های رطوبت خاک ندارد، زیرا در این برنامه کامپیوتری با استفاده از یک مدل رواناب، داده‌های رطوبت خاک بازسازی می‌شوند. در ضمن میکا و همکاران (۲۰۰۵)، سپ و همکاران (۲۰۰۵) و کائو و گوین‌داراجو (۲۰۱۰) نیز به این موضوع اشاره داشتند که برای محاسبه شاخص پالمر تنها به داده‌های بارندگی و درجه حرارت نیاز است.

نتایج و بحث

محاسبه شاخص پالمر: برای بررسی وضعیت کلی وقوع و خاتمه خشک‌سالی در منطقه مورد مطالعه و ارزیابی نتایج به دست آمده از مدل تحلیلی پایش خشک‌سالی، در ابتدا شاخص پالمر برای دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۶۸ میلادی در ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین شد (شکل ۲). نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص پالمر نشان داد که از سال ۱۹۶۸ تا اواسط سال ترسالی مناسب و با شدت بالا در همه ایستگاه‌ها به جز قوچان رخ داده است. همچنین بیشتر ترسالی‌ها در محدود زمانی ۱۹۸۲-۱۹۶۸ واقع شده است. علاوه بر این ترسال‌های شدیدی در سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۱ میلادی در بجنورد و قوچان قابل مشاهده است.

بررسی روند وقوع خشک‌سالی‌ها نیز نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۱-۱۹۹۸، خشک‌سالی‌های شدیدی در هر ۵ ایستگاه رخ داده است. همچنین در اواسط سال ۱۹۷۰ تا اواسط سال ۱۹۷۲ نیز خشک‌سالی‌های شدیدی به وقوع پیوسته که تداوم و شدت به نسبت بالایی در همه ایستگاه‌ها دارد.



شکل ۲- مقادیر شاخص پالم برای ایستگاه‌های مورد مطالعه.

بررسی‌های آماری پایه شاخص پالم: از آنجایی که شاخص پالم، یک شاخص غیر فصلی از موجودیت آب است، بنابراین بررسی استقلال فصلی آن با استفاده از پارامترهای آماری پایه مثل میانگین، انحراف از معیار و چولگی انجام شد. همچنین بررسی‌هایی در خصوص نرمال بودن توزیع شاخص پالم با استفاده از آزمون‌های نیکوئی برازش کلموگروف-اسمیرنوف^۱، رایان-جوینر^۲ و اندرسون-دارلینگ^۳ انجام گردید. نتایج این محاسبات برای ۴ ماه مصادف با دوره کاشت محصولات دیم (مارس، آوریل، می و ژوئن) در ۵ ایستگاه سینوپتیک مشهد، سرخس، گل‌مکان، قوچان و بجنورد در جدول ۱ ارائه شده است.

بررسی و تحلیل نتایج محاسبات آماری پایه شاخص پالم و تست‌های نرمالیتیه نشان می‌دهد که مقادیر میانگین، در بیشتر ماه‌ها و ایستگاه‌ها نزدیک به صفر می‌باشد، البته در ایستگاه قوچان مقادیر میانگین فاصله کمی از صفر داشته و در کلیه ماه‌ها مقادیر بیش از صفر می‌باشند. همچنین در ایستگاه سرخس در ماه‌های مارس و آوریل مقادیر میانگین کمتر از صفر بوده که این تفاوت قابل توجه است. بررسی نتایج به‌دست آمده از محاسبه انحراف معیار نیز نشان می‌دهد که مقادیر این پارامتر زیاد نبوده و در تمام ایستگاه‌ها تقریباً یک روند را دنبال می‌کند. کمترین انحراف معیار تقریباً در همه ایستگاه‌ها در ماه مارس (ماه مرطوب) و بیشترین مقدار آن در ماه ژوئن (ماه خشک) اتفاق افتاده است. از آنجایی که تفاوت بین مقادیر حداکثر و حداقل انحراف معیار معنی‌دار نمی‌باشد (با توجه به نتایج آزمون فیشر)، بنابراین به‌طور کلی روند تغییرات مقادیر شاخص در ۴ ماه در ۴ ایستگاه تقریباً یکسان است.

بررسی نتایج چولگی روندی مشخص و یکسان را نشان نداد. این نتایج نشان می‌دهد که در ماه‌هایی که مقادیر چولگی مثبت بوده، تکرار (فراوانی) ترسالی‌ها و شدت خشک‌سالی‌ها بیشتر است (ایستگاه‌های سرخس، گل‌مکان و بجنورد)، و برعکس در ماه‌هایی که چولگی منفی است، تکرار خشک‌سالی‌ها و شدت ترسالی‌ها بیشتر می‌باشد (مشهد و قوچان)؛ در قوچان با توجه به اینکه در تمام ماه‌ها میانگین بیشتر از صفر بوده و چولگی کمتر از صفر است، این مسأله بیشتر خودنمایی می‌کند و نشان می‌دهد که ترسالی‌ها خیلی شدیدترند.

1. Kolmogorov-Smirnov
2. Ryan-Joiner
3. Anderson-Darling

جدول ۱ - محاسبات آماری پایه شاخص پالمرو و نتایج به‌دست از تست‌های نرمالیت.

پایه	آماره‌های		بجزورد		قوچان		گل‌مکان		سرخس		مشهد
	مارس	آوریل	می	ژوئن	مارس	آوریل	می	ژوئن	مارس	آوریل	
میانگین	۰/۱۷۳	۰/۰۲۹	۰/۱۲۸	۰/۰۴۰	۰/۱۶۲	۰/۲۵۷	۰/۳۰۹	۰/۳۰۸	۰/۳۰۸	۰/۳۰۸	۰/۰۹۲
انحراف معیار	۲/۳۰۶	۲/۳۳۵	۲/۶۲۳	۲/۸۴۹	۲/۴۲۰	۲/۵۰۶	۲/۸۷۲	۳/۰۱۰	۲/۳۵۴	۲/۳۵۴	۲/۶۱۴
چولگی	۰/۲۵۷	۰/۵۰۲	۰/۲۵۹	۰/۴۱۸	۰/۰۰۷	-۰/۰۴۱	-۰/۱۴۳	-۰/۲۰۷	۰/۵۹۳	۰/۶۵۱	۰/۲۹۰
کلموگرف	۰/۱۲۵	۰/۰۸۸	۰/۱۱۳	۰/۱۱۲	۰/۰۷۰	۰/۰۹۱	۰/۱۳۲	۰/۱۴۹	۰/۱۶۰	۰/۱۶۰	۰/۰۵۸
اسمیرنوف	P - Value	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	> ۰/۱۵	۰/۰۴۲
رایان جویتر	R	۰/۹۸۵	۰/۹۸۸	۰/۹۸۸	۰/۹۸۵	۰/۹۸۷	۰/۹۷۷	۰/۹۷۰	۰/۹۷۲	۰/۹۷۲	۰/۹۷۴
اندرسون	A - Squer	۰/۴۲۵	۰/۲۸۱	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۱۷	۰/۵۴۰	۰/۷۰۸	۰/۸۹۵	۰/۸۵۵	۰/۶۶۶
دارلینگ	P - Value	۰/۳۶۵	۰/۶۱۹	۰/۴۸۳	۰/۴۸۳	۰/۵۲۳	۰/۷۰۴	۰/۷۰۴	۰/۷۰۴	۰/۷۰۴	۰/۳۲۳

نتایج به دست آمده از آزمون‌های نیکوئی برازش نیز نشان می‌دهد که نرمال بودن توزیع شاخص پالمیر در بیشتر ماه‌ها و ایستگاه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (به جز ایستگاه سرخس). از آنجایی که ایستگاه سرخس در منطقه خشک‌تری نسبت به ایستگاه‌های دیگر واقع شده است، بنابراین پارامترهای ورودی مدل پیش خشک‌سالی یعنی درجه حرارت و بارندگی، در طی دوره آماری و ماه‌های مختلف سال دارای ضریب تغییرات و پراکندگی بیشتر بوده و همین امر معنی‌داری آزمون در این ایستگاه را با مشکل مواجه کرده است. در ضمن نرمال بودن مقادیر شاخص پالمیر در دو ایستگاه مشهد و گلکان نیز خالی از ابهام نیست، زیرا نتایج به دست آمده از آزمون‌های نیکوئی برازش با ۳ روش مورد استفاده، تا حدودی متفاوت می‌باشند. بررسی نتایج همچنین نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های مرطوب‌تر (ایستگاه‌های نزدیک‌تر به حاشیه شمالی کشور، ایستگاه بجنورد و قوچان)، نرمال بودن شاخص پالمیر تقریباً تثبیت شده است.

بررسی تغییرات مکانی هم‌زمان و نوسانات زمانی کوتاه‌مدت شاخص پالمیر: همبستگی‌های مکانی و زمانی شاخص پالمیر ماهانه به‌طور هم‌زمان و هم‌مکان برای ۵ ایستگاه مشهد، سرخس، گلکان، قوچان و بجنورد بررسی و معنی‌داری نتایج به دست آمده با استفاده از تست آماری آزمون t برای داده‌های جفت^۱ انجام شد. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل‌های مربوطه در ماه‌های مشابه (مارس، آوریل، می و ژوئن) و برای ایستگاه‌های متفاوت و ایستگاه‌های مشابه و ماه‌های متفاوت در جدول ۲ آمده است.

نتایج مربوط به همبستگی مکانی و زمانی شاخص پالمیر (جدول ۲) نیز نشان می‌دهد که همبستگی زمانی بین ماه‌های مختلف در همه ایستگاه‌ها بالا بوده و کلیه همبستگی‌ها در سطح ۵ درصد معتبرند. بالا بودن همبستگی زمانی مقادیر شاخص در ماه‌های متوالی نشان می‌دهد که ورودی‌های شاخص در هر ماه (بارندگی ماهانه به‌عنوان مهم‌ترین ورودی) به‌عنوان اصلی‌ترین عامل تغییر در شاخص پالمیر همان ماه نبوده بلکه مقادیر شاخص به‌شدت متأثر از تغییرات هریک از مقادیر ورودی به مدل پالمیر در ماه‌های قبل می‌باشد. هم‌چنین بالاترین همبستگی‌های زمانی به‌ترتیب در ایستگاه‌های مشهد، گلکان، قوچان، سرخس و بجنورد (با توجه به تغییرات ماهانه بارندگی آنها) به‌وقوع پیوسته است. نکته قابل توجه این است که ایستگاه بجنورد به‌عنوان مرطوب‌ترین ایستگاه و ایستگاه سرخس به‌عنوان خشک‌ترین ایستگاه در محدوده مطالعاتی می‌باشند، تا حدودی مقادیر همبستگی کمی‌تری دارند. علاوه بر این همان‌طور که انتظار می‌رفت، هرچه فاصله بین ماه‌ها بیشتر شده مقادیر همبستگی کاهش یافته است. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که همبستگی زمانی بالایی بین مقادیر شاخص پالمیر در ماه‌های مختلف هر یک از ایستگاه‌ها وجود دارد. در ضمن نتایج ارائه شده نشان داد که ماه‌های با متوسط بارندگی کمتر، همبستگی زمانی بیشتری دارند.

1. Matched Paired t Test

جدول ۲- همبستگی مکانی و زمانی شاخص پالم در ماه‌ها و ایستگاه‌های مشابه

مکان و زمان	مشهد	سرخس	گلمکان	قوچان	بجنورد
زمان	مارس	آوریل	ژوئن	آوریل	آوریل
	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
مشهد	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۸۵
	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۸۵
	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۸۵
سرخس	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
گلمکان	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
قوچان	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
بجنورد	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰
	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۹۰

علاوه بر همبستگی زمانی، همبستگی مکانی مقادیر شاخص پالمر در ماه‌های مشابه تقریباً یکسان و در حد مناسبی بوده و کلیه همبستگی‌های مکانی در سطح ۵ درصد معتبر بودند. همبستگی مکانی مقادیر شاخص در ایستگاه‌های با متوسط بارندگی کمتر (مشهد و سرخس) بیشتر از ایستگاه‌های دیگر می‌باشد، که این امر می‌تواند به علت تغییرات مکانی کمتر بارندگی و درجه حرارت و به دنبال آن تبخیر و تعرق در این ۲ ایستگاه و روند یکسان تغییرات زمانی در این دو باشد. کمترین مقادیر همبستگی مکانی مربوط به همبستگی بین مقادیر شاخص در ایستگاه‌های قوچان و سرخس می‌باشد، که این امر می‌تواند به دلیل تغییرات زیاد بارندگی و درجه حرارت و به دنبال آن تبخیر و تعرق در این دو ایستگاه و روند غیریکسان تغییرات زمانی در این دو باشد. پائین‌تر بودن همبستگی مکانی مقادیر شاخص پالمر نسبت به همبستگی زمانی، دور از ذهن نبوده و این تغییرات متأثر از تغییرات مقادیر بارندگی و شرایط اقلیمی در ایستگاه‌های مختلف می‌باشد.

پیشنهادها

اگرچه نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که استفاده از شاخص پالمر برای ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی خشک‌سالی‌ها مناسب است، اما برای تکمیل و اثبات این ادعا باید:

- همبستگی مکانی و زمانی این شاخص در دیگر حوزه‌های آبریز کشور بررسی شود.
- تغییرات طولانی مدت این شاخص و روند تغییرات خشک‌سالی‌ها با استفاده از این شاخص نیز در دیگر حوزه‌های کشور مورد بررسی قرار گیرد.

پس از انجام دو پیشنهاد یاد شده، براساس تغییرات این شاخص در حوزه‌های کشور می‌توان مدل زمانی و مکانی مناسبی تدوین و نقشه‌های هم شدت خشک‌سالی و ترسالی را تهیه نمود. بدیهی است این اقدام به مدیریت بهتر وقایع اقلیمی موردنظر، تغییر مدیریت بحران به مدیریت ریسک، بیمه صحیح محصولات کشاورزی و... کمک خواهد کرد.

منابع

1. Alley, W.M. 1984. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. J. Clim. and Appl. Meteor. 23:1100-1109.
2. Banks, W.G., and Little, S. 1969. The forest of april 1963 in New Jersey point the way to better protection and management. Five Control Notes. 25:3-6.
3. Brotak, E.A., and Refssnyder, W.E. 1977. An investigation of the synoptic situation associated with major wildland fires. J. Appl. Meteor. 16:867-870.

4. Bussay, A., and Szinell, Cs. 1996. Drought continues in Hungary in 1995. Issue of Drought Network News [On-line], 3. Available on the www.url:http://enso.unl.edu/ndmc.
5. Bussay, A., Hayes, M., Szinell, Cs., and Svoboda, M. 2000. Monitoring drought in Hungary with the standardized precipitation index. *J. Wat. Inter.* 15:339-345.
6. Eder, B.K., Davis, M.J., and Monahan, J.F. 1986. Spatial and temporal analysis of the Palmer drought severity index over the southeastern United States: 1895-1981. *J. Climatol.* 7:31-56.
7. Ghulam, A., Qin Q., Teyip, T., and Li, Z.L. 2007. Modified perpendicular drought index (MPDI): a real-time drought monitoring method. *ISPRS J. Photo. and Remo. Sens.* 62:150-164.
8. Guttman, N.B. 1991. A sensitivity analysis of the Palmer hydrologic drought index. *Water Resources Bulletin.* 27:797-807.
9. Guttman, N.B. 1998. Comparing the Palmer drought index and standardized precipitation index. *J. American Water Resour. Assoc.* 34:113-121.
10. Guttman, N.B., Wallis, J.R., and Hosking, J.R.M. 1992. Spatial comparability of the Palmer drought severity index. *Water Resources Bulletin.* 28:111-119.
11. Haines, D.A., Johanson, V.J., and Main, W.A. 1976. An assessment of three measures of long term moisture deficiency before critical fire periods. *USDA Forest Service Res. Pap. NC-131*, 13p.
12. Haines, D.A., and Main, W.A. 1978. Variation of six measures of fire activity associated with drought. *Fifth National Conf. on Fire and Forest Meteorology*, Atlantic City, Amer. Meteor. Soc. 5-7.
13. Hayes, M.J., Svoboda, M., Comte, D.L., Redmond, K.T., and Pasteris, P. 2007. Drought monitoring: new tools for the 21st century. In: D.A. Wilhite, Editor, *Drought and Water Crisis. Science Technology and Management Issues*. Taylor and Francis, Boca Raton. Pp: 53-69.
14. Heddinghause, T.R., and Sabol, P. 1991. A review of the Palmer drought severity index and where do we go from here?. *J. Climatol.* 2:313-329.
15. Kao, S., and Govindaraju, R.S. 2010. A copula-based joint deficit index for droughts. *J. Hydro.* 380: 121-134.
16. Karl, T.R. 1986. The sensitivity of the Palmer drought severity index and Palmer's Z_{index} to their calibration coefficients including potential evapotranspiration. *J. Clim. and Appl. Meteor.* 25:77-86.
17. Karl, T.R., and Knight, R.W. 1985. Atlas of monthly Palmer hydrological drought indices (1931-1983) for the contiguous United State. *Historical Climatology Series 3-7*, National Climate Data Center, Asheville, Nc, 58p.
18. Kogan, F.N. 1995. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. *Bulletin of the Ameri. Meteor. Soc.* 76: 655-668.

19. Makra, L., Horvath, Sz., Pongracz, R., and Mika, J. 2002. Long term climate deviations: an alternative approach and application on the Palmer drought severity index in Hungary. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27:1063-1071.
20. Mika, J., Horvath, Sz., Makra, L., and Dunkel, Z. 2005. The Palmer Drought Severity Index (PDSI) as an indicator of soil moisture. *Physics and Chemistry of the Earth* 30:223-230.
21. Palmer, W.C. 1965. Meteorological drought. Research. Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C. 58p.
22. Szalai, S., Szinell, Cs., Bussay, A., and Szentimrey, T. 1998. Drought tendencies in Hungary. *J. Climatol.* 18:1479-1491.
23. Sze'p, I.J., Mika, J., and Dunkel, Z. 2005. Palmer drought severity index as soil moisture indicator: physical interpretation, statistical behaviour and relation to global climate. *Physics and Chemistry of the Earth*. 30:231-243.
24. Vasiliades, L., Loukas, A. 2009. Hydrological response to meteorological drought using the Palmer drought indices in Thessaly, Greece. *Desalination*. 237: 3-21.
25. Wilhite, D.A., and Glantz, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*. 10:111-120.
26. World Meteorological Organization. 1975. Drought and agriculture. WMO Technical Note. No. 392. TN. 138p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 17(2), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Spatial and Temporal Variations of Drought by Using Palmer Drought Severity Index (Case study: Ghareghom and part of Atrak Basins)

***H. Ansari¹ and K. Davary²**

¹Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad,

²Associate Prof. Dept. of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Drought spatio-temporal variations, for the dry-land farming season (March to June), were studied in Razavi and North Khorasan basins. Data were collected from five weather stations; namely: Mashhad, Sarakhs, Golmakan, Ghochan, and Bojnord; for a length of 34 year (1968 to 2001), as the base historic period. Palmer Drought Severity Index (PDSI) was adopted to analyze monthly wet and dry spells. Descriptive statistics for PDSIs' were measured. Correlations for spatial dependencies (among the stations) and temporal dependencies were calculated and checked via paired t-test. The results showed high correlation coefficients for both. Moreover, a good fit of the PDSIs to normal distribution were found; when checked via Kolmogorov-Smirnov, Ryan-Joiner, and Anderson-Darling tests at 5% significance level. F-test revealed no significant difference between minimum and maximum standard deviations of the monthly indices. Positive skews of PDSIs for Sarakhs, Golmakan, and Bojnord represent higher frequencies of wet spells as well as more sever droughts; while for Mashhad and Ghochan the case is reverse.

Keywords: Drought, Palmer Drought Severity Index (PDSI), Temporal Correlations, Spatial Correlations, Ghareghom and Atrak Basins

* Corresponding Author; Email: ansari_hos@yahoo.com