بررسی و ارزیابی نقاط قوت و ضعف شاخص شدت خشکسالی پالمر در پایش خشکسالی‌ها

حسین انصاری[۱*]

دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

ansari_hos@yahoo.com

چکیده

خشکسالی یک دوره کوتاه مدت یا بلند مدت خشک است که تخلیه منابع آبی پنج گانه را باعث می‌شود و بدلیل وابستگی بشر و اکوسیستم به موجودیت آب در این منابع، اثرات این پدیده گسترده و شدید است. خشکسالی بعنوان یک حادثه خیلی پیچیده که از بروز یک یا چند دوره خشک بوجود می‌آید، اثرات زیانبار اقتصادی، اجتماعی و محیطی زیادی را در یک بازه یک ساله بجا می‌گذارد. بنابراین پایش دوره‌های خشک و به تبع آن خشکسالی‌ها و ارزیابی روند تغییرات آنها با استفاده از شاخص‌های مناسب می‌تواند تصمیم‌سازان، تصمیم‌گیرندگان و مدیران اجرائی کشور را به سمت تبدیل وضعیت از مدیریت بحران به مدیریت ریسک سوق دهد. ضرورت پایش و تعیین پارامترهای مرتبط با خشکسالی و استفاده از یک کمیت عددی قابل محاسبه بعنوان یک ابزار مناسب مدیریتی و برنامه‌ریزی، محققان را بر آن داشته تا شاخص‌هایی را جهت پایش خشکسالی ارائه دهند. از جمله این شاخص‌ها می‌توان به شاخص شدت خشکسالی پالمر اشاره کرد. تحلیل‌های حاصل از تحقیقات انجام شده در ایستگاه سینوپتیک زاهدان و بررسی مطالعات در دیگر نقاط دنیا نشان داد، اگرچه شاخص شدت خشکسالی پالمر دارای معایب خاص است، اما با داشتن نقاط قوت مناسب، بعنوان یک شاخص نیرومند برای تعیین زمان وقوع، زمان خاتمه، شدت و مدت دوره‌های خشک و در نهایت خشکسالی مطرح است. بررسی مقادیر این شاخص برای ایستگاه سینوپتیک زاهدان نشان داد که این شاخص بخوبی روند تغییرات بارندگی نسبت به شرایط نرمال و وقوع ترسالی و خشکسالی را نشان می‌دهد. نتایج در ایستگاه زاهدان نشان داد که در طی دوره آماری ۵۱ ساله، از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۱ میلادی در این منطقه، ۱۳۹ دوره خشک با تداوم در ۶۸ درصد اوقات، ۶۷ دوره مرطوب با تداوم در ۲۵ درصد و ۲۴ دوره نرمال با تداوم در ۸ درصد اوقات بوقوع پیوسته است. ضمناً طولانی‌ترین خشکسالی منطقه با ۶۱ ماه تداوم، از تاریخ ۱۹۷۷/۲ شروع و تا مورخ ۱۹۸۲/۲ ادامه داشته که این خشکسالی بیش از ۵ سال در منطقه حاکم بوده است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، شاخص خشکسالی، شاخص پالمر، تداوم دوره خشک، شدت دوره خشک

---

۱. نویسنده مسئول، آدرس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی، گروه مهندسی آب

* دریافت: اردیبهشت، ۱۳۸۹ و پذیرش: اسفند، ۱۳۹۰

مقدمه

خشکسالی یک دوره کوتاه مدت یا طولانی مدت از آب و هوای خشک است که در این شرایط میزان تغذیه منابع آبی به طور طبیعی کمتر از شرایط نرمال می‌باشد و اثرات اقتصادی - اجتماعی و محیطی زیادی را به بار می‌آورد.

اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیطی ناشی از کمبود تغذیه در یک خشکسالی، به شدت و تداوم خشکسالی و همچنین تفاوت بین عرضه و تقاضای آب بستگی دارد. دوره خشک و به تبع آن خشکسالی بعنوان یک حادثه پیچیده بوده که تا کنون تعریف دقیقی برای آن ارائه نشده، اما در هر صورت بعنوان یک پدیده خزنده ناشناخته‌ای معروف است که اولاً فهم آن نسبت به دیگر حوادث طبیعی مشکل‌تر بوده، ثانیاً اثرات زیادی را با توجه به سطح توسعه‌اش باعث می‌شود و مردم بیشتری را تحت تاثیر قرار می‌دهد و ثالثاً خشکسالی یک مشخصه طبیعی از اقلیم است که وقوع آن اجتناب ناپذیر می‌باشد. این سردرگمی دقیقاً باعث فقدان پیشرفت در زمینه مدیریت خشکسالی در بعضی از قسمت‌های جهان و از جمله ایران شده است. بنابراین باید با انجام تحقیقات علمی بسیار پارامترهای مرتبط با این پدیده را بهتر شناخت، تا امکان مدیریت مناسبتر فراهم آید.

ضرورت تعیین پارامترهای مرتبط با خشکسالی و استفاده از یک کمیت عددی قابل محاسبه به عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی و برنامه‌ریزی، محققان را بر آن داشته تا شاخص‌هایی را جهت پایش دوره‌های خشک کوتاه مدت و خشکسالی‌ها ارائه دهند.

هدف یک شاخص تعیین ساده و کمی سه مشخصه شدت، تداوم و گستردگی مکانی هر خشکسالی است. یک شاخص همچنین می‌بایست سابقه تاریخی یک حادثه را بدست دهد تا امکان مقایسه شرایط موجود با گذشته وجود داشته باشد. از طرف دیگر از آنجائی که خشکسالی ممکن است در اثر کمبود باران و کاهش پوشش برف، تقلیل جریانهای سطحی و رطوبت خاک و دیگر عوامل متأثر از آن و یا حتی براساس ترکیبی از این عوامل بیان شود، توصیف آن از نظر کمی و کیفی طیف وسیعی از داده‌ها را شامل می‌شود.

با ارائه یک شاخص که در واقع تابعی از عوامل مختلف محیطی و عوامل متأثر از خشکسالی است و نهایتاً بصورت یک عدد نمایش داده می‌شود، می‌توان تصویر جامعی از همه این عوامل را فراهم نموده و از آن برای ارزیابی خشکسالی و تصمیم‌گیری دربارهٔ آن استفاده نمود که به مراتب مفیدتر و ساده‌تر از ردیف‌های متعددی از داده‌های متنوع مرتبط با خشکسالی است.

سؤالی که در ذهن تمام محققان وجود دارد، این است که باید استانداردهای عددی برای مقایسه منطقه‌ای، مکانی و زمانی حوادث مرتبط با خشکسالی ارائه شود. اما اختلاف نظرها در ارتباط با تعریف این پدیده باعث ایجاد مشکل در ارائه یک شاخص جهانی برای کمی و کیفی کردن این حادثه شده است. علاوه بر این خصوصیات، اثرات و گستردگی آن در بخش‌های اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و... مشکلات را دو چندان کرده است.

با بررسی مطالعات و تحقیقات انجام شده در دوران‌های گذشته در سایر نقاط دنیا و مشخصات ذکر شده بر این شاخص‌ها نشان می‌دهد که دو شاخص پایش SPI[1] و PDSI[2] با توجه به سطح استفاده از آنها، می‌توانند به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های پایش خشکسالی در سطح دنیا چه در مناطق خشک و چه در مناطق مرطوب مطرح گردند، برای پایش خشکسالی در سطح استان سیستان و بلوچستان در این تحقیق از شاخص پالمر استفاده شده است.

شاخص محاسباتی پالمر که اساس آن بر عرضه و تقاضای آب می‌باشد، به عنوان یک شاخص مناسب توسط پالمر مطرح شد (۱۷). همان طور که این محقق بیان داشت:

1. Standardized Precipitation Index
2. Palmer Drought Severity Index

"دوره خشک یا خشکسالی یک دروه زمانی معین(ماهانه یا سالانه) است که در آن دوره ذخیره واقعی رطوبت دریک منطقه مشخص به طور پیوسته کمتر از ذخیره مناسب اقلیمی می‌باشد".

با توجه به این تعریف، شدت خشکسالی بسته به درجه کمبود رطوبت، تداوم و گستره مکانی آن تغییر می‌کند. برای پایش خشکسالی و شرایط محیطی، پالمر در ۱۹۶۵ شاخص ساده‌ای را ارائه کرد که بعد از انجام اصلاحاتی برروی آن، به نام شاخص شدت خشکسالی پالمر یا همان PDSI معروف شد.

با اصلاحات انجام شده بعدی توسط محققان و سازمان‌هایی از جمله Heddinghause and Sabol, Guttman, Guttman Karl ، سازمان ملی امور جو و اقیانوسی آمریکا[1]، سرویس ملی آب و هوایی آمریکا[2] و ... بر روی این شاخص، این شاخص علاوه بر پایش خشکسالی هواشناسی، قابلیت پایش خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژیکی را نیز پیدا کرد. از آنجائی که شاخص اولیه پالمر قابلیت استفاده برای پایش همزمان خشکسالی را نداشت، شاخص اصلاح شده شدت خشکسالی پالمر (PMDI[3]) جهت پایش همزمان خشکسالی ارائه شد (۱۳). همچنین یک شاخص دیگر به نام شاخص Z از شاخص پالمر مشتق شد که برای پایش شرایط خشکی (Dryness) و رطوبتی (Wetness) ماهانه بصورت منفرد و همچنین پایش احتراق و آتش‌سوزی‌های ناشی از دوره‌های خشک طولانی مدت مورد استفاده قرار گرفت (۳، ۴، ۱۲، ۱۴ و ۱۵).

شاخص پالمر به عنوان شاخصی مناسب برای پایش خشکسالی بوده که تاکنون در نقاط بسیار از جهان مورد استفاده قرار گرفته است. البته این شاخص در کنار موارد استفاده فوق العاده زیاد، انتقاداتی را نیز به همراه داشته است، عمده این انتقادات، به مدل و فرضیات پالمر وارد شده است و در برخی موارد هم محدودیت‌های آن مورد بحث قرار گرفته است (۱، ۲، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۸، ۲۹، ۳۰ و ۳۱).

با عنایت به اهمیت استفاده از شاخص خشکسالی پالمر برای پایش خشکسالی‌ها در کشور از یک سو و از سوی دیگر نگرانی از استفاده نادرست از این شاخص به جهت پیچیدگی محاسبات و فرضیات مورد استفاده در توسعه آن، ارزیابی و بررسی نقاط قوت و ضعف شاخص شدت خشکسالی پالمر را در قالب یک تحقیق علمی اجتناب ناپذیر ساخته است. در این راستا، هدف از ارائه این تحقیق اولاً بررسی کارآیی شاخص پالمر بعنوان یک شاخص توانمند در تعیین زمان وقوع، خاتمه و شدت خشکسالی در مناطق خشک بوده و ثانیاً بررسی نقاط ضعف و قوت شاخص به طور جامع در تلفیق نتایج حاصل از این تحقیق خاص با نتایج حاصل از دیگر تحقیقات صورت گرفته در نقاط مختلف دنیا و شرایط اقلیمی مختلف، نیز مدنظر بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی نقاط قوت و ضعف شاخص پالمر، مطالعه اولیه‌ای بر پایه اطلاعات هواشناسی موجود در ایستگاه سینوپتیک زاهدان انجام و مقادیر شاخص مورد پایش قرار گرفت. علاوه براین سعی شد تا حد امکان منابع اطلاعاتی و مطالعاتی مربوطه در دیگر نقاط دنیا جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج مذکور با نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته در ایستگاه سینوپتیک زاهدان، تلفیق و ترکیب شود.

در ابتدا داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زاهدان در دوره آماری ۲۰۰۱- ۱۹۵۱ برای مشخص نمودن وضعیت اقلیمی منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس با پایش خشکسالی براساس شاخص پالمر که بعنوان یک شاخص کمی، کاربردی مطرح است، پارامترهایی از قبیل شروع، خاتمه، تداوم و شدت یا درجه خشکسالی تعیین گردید.

1 . NOAA
2 . NWS
3 .Palmer Modified Drought Index

خشکسالی در یک دوره معین، زمانی بوقوع می‌پیوندد که در آن دوره شاخص پالمر بصورت پیوسته منفی باشد. شروع خشکسالی زمانی است که مقدار شاخص برای اولین بار به زیرصفر رسیده و زمانی که مقدار شاخص کمتر از صفر، مقدار مثبتی به خود گیرد، خشکسالی به پایان می‌رسد.

شدت خشکسالی هم که بعنوان یک پارامتر مهم در پایش است را می‌توان با استفاده از مقادیر شاخص و براساس طبقات خشکسالی تعیین شده در جدول (۱) تعیین نمود. شاخص تجمعی درجه خشکسالی را نیز می‌توان بصورت زیرمحاسبه کرد:

$$DM = -\left[\sum_{j=1}^{x} PDSI_j\right] \qquad (۱)$$

که، j با اولین ماه شروع خشکسالی شروع و تا زمانیکه خشکسالی مربوطه در ماه x خاتمه پیدا کند، ادامه می‌یابد. DM که واحد ماه را دارد، از نظر عددی برابر با تداوم خشکسالی است، ضمناً در هر ماه خشک PDSI برابر ۱- فرض می‌شود.

شاخص پالمر براساس معادلات بیلان آبی با نگاهی به گذشته ارائه شد که اساس آنها بر روابط بین عرضه و تقاضای رطوبت استوار بود و یک اندازه کمی واحدی را از شدت خشکسالی بدست داد. این شاخص از پارامترهای بارندگی، تبخیروتعرق، درجه حرارت، شرایط رطوبتی خاک و پارامترهای بسیار دیگری به عنوان اطلاعات ورودی و در انجام محاسبات استفاده می‌کند.

پالمر همچنین از کمیت‌هایی بنام CAFEC[1] (شرایط مناسب اقلیمی برای شرایط موجود) جهت نرمال و استاندارد کردن محاسباتش استفاده کرد که این کار مقایسه زمانی و مکانی را با استفاده از شاخص بدون بعد امکان پذیر می‌کند. این روش، این توانایی را به شاخص می‌داد که بتوان شرایط دوره‌های مرطوب را مشابه دوره‌های خشک در تمام اقالیم و فصول پایش کرد.

در مدل پالمر، تبخیر و تعرق پتانسیل (PE) با استفاده از معادله تورنت وایت محاسبه شد. افت ناشی از تبخیر - تعرق زمانی که PE>P (که P بارندگی برای ماه مورد نظر) بود، اتفاق می‌افتاد. این شاخص که بعنوان یک شاخص کمی برای تعیین دوره‌های خشک می‌باشد، قابلیت تعریف کمی شدت خشکسالی را بصورت کاملاً اختیاری دارد.

در مدل پالمر، تبخیر - تعرق پتانسیل (PE) با استفاده از معادله تورنت‌وایت (۲۹) محاسبه شده است. در این روش از متوسط درجه حرارت ماهانه، متوسط درجه‌حرارت ماه موردنظر در کل دوره آماری و عرض جغرافیایی ایستگاه مورد مطالعه برای تعیین تبخیروتعرق استفاده می‌شود. در کنار PET، پارامترهای دیگری شامل تغذیه پتانسیل (PR)، رواناب پتانسیل (PRO)، و هدررفت پتانسیل (PL) و ظرفیت نگهداری آب در خاک (AWC) که نشان دهنده توانایی ذخیره رطوبت توسط خاک بوده، نیز مدنظر قرار گرفته است. PR که نشان دهنده آب جذب شده توسط خاک می‌باشد، معادل تفاوت بین AWC و رطوبت موجود خاک خواهد بود.

$$PR = AWC - (Su + Ss) \qquad (۲)$$

که، Ss رطوبت ذخیره شده در لایه سطحی و Su مقدار رطوبت ذخیره شده در لایه زیرسطحی است. PRO با این فرض محاسبه می‌شود که هر بارندگی که بوقع می‌پیوندد تا زمانی که زمین اشباع نشده، بطور کامل جذب شده و سپس بقیه بارندگی بصورت رواناب در خواهد آمد. بنابراین، PRO تفاوت بین بارندگی پتانسیل و مقدار رطوبتی است که توسط خاک قابل جذب است.

پالمر فرض کرد که بارندگی پتانسیل معادل AWC و مقدار جذب رطوبت توسط خاک معادل PR خواهد بود، بنابراین:

$$PRO = AWC - PR = AWC - (AWC - (Su + Ss)) = Su + Ss \qquad (۳)$$

هدررفت پتانسیل (PL) تا حدودی متفاوت است، این پارامتر با مقدار PET مرتبط است. PDSI از یک روش دو سطحی در خصوص نگهداری رطوبت در خاک استفاده

1.Climatically Appropriate for Existing Condition

کرد. پالمر فرض کرد تا زمانی که خاک سطحی تمام رطوبتش را از دست ندهد، لایه زیرین رطوبت از دست نخواهد داد. ضمناً تنها بخشی از رطوبت موجود در آن در هر بار از دست خواهد رفت. این موضوع را می‌توان به این شکل عنوان کرد که خاک لایه بالایی به مثابه یک حساب جاری و خاک لایه زیرین به مانند یک حساب پس‌انداز عمل می‌کند. اگر $Ss >= PET$، پس رطوبت در خاک بالایی به قدرکافی برای برآوردن تقاضا موجود است، بنابراین بیشترین رطوبت از خاک بالایی از دست خواهد رفت و بنابراین $PL = PE$ است. اما اگر $Ss < PET$، پس رطوبت در لایه سطحی کافی نیست، حال ممکن است مقداری از رطوبت موجود در لایه پائینی از دست برود. از آنجا که، تنها بخشی از رطوبت در سطح پائینی بطور واقعی در خطر از دست رفتن است، پس:

$$PL = ((PET - Ss) * Su) / AWC + Ss \qquad (۴)$$

و اگر PL > PRO، از آنجائی که هدررفت پتانسیل رطوبت نمی‌تواند بیشتر از مقدار رطوبت در خاک باشد. مقدار رطوبت در خاک برابر است با (Ss + Su) = PRO و بنابراین PL = PRO می‌شود.

همراه با چهار مقدار پتانسیل PET، PR ، PRO و PL، مقادیر واقعی آنها (ET ، R ، RO و L) نیز باید محاسبه شود. ضرایب اقلیمی به صورت نسبت مقادیر واقعی به مقادیر پتانسیل برای ۱۲ ماه سال برآورد می‌شود. این ضرایب اقلیمی برای محاسبه مقدار بارندگی مورد نیاز برای شرایط موجود مناسب اقلیمی (CAFEC) مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاوت بین بارندگی واقعی (P) و بارندگی CAFEC یا ($\hat{p}$) شاخصی از کمبود آب برای هر ماه است.

که، $\alpha = \overline{ET} / \overline{PE}$، $\beta = \overline{R} / \overline{PR}$، $\gamma = \overline{RO} / \overline{PRO}$ و $\delta = L / \overline{PL}$ و مقدار d هم نشان دهنده کمبود رطوبت نسبت به شرایط نرمال است، این محاسبات باید برای ۱۲ ماه انجام شود. شاخص آنومالی رطوبتی پالمر (PMAI)، Z ، هم از حاصل ضرب یک فاکتور وزنی مانند K در d قابل محاسبه است. مقدار K از داده‌های اقلیمی و قبل از اینکه محاسبات واقعی مدل شروع شود، محاسبه می‌شود. پالمر، رابطه تجربی زیر را برای K پیشنهاد کرده است:

$$K_i = \left(\frac{17.6}{\sum_{i=1}^{12} \overline{D}_i K_i^{'}} \right) K_i^{'} \qquad (۵)$$

که، D_i متوسط مقادیر مطلق d و $K^{'}_i$ هم به متوسط عرضه و تقاضای آب وابسته است.

$$K^{'}_i = 1.5 \log_{10} \left\{ \frac{\left[\left(\overline{PE} + \overline{R} + \overline{RO} \right) / \left(\overline{P} + \overline{L} \right) \right] + 2.8}{\overline{D}} \right\} + 0.5 \qquad (۶)$$

که، PE تبخیروتعرق پتانسیل، R تغذیه، RO رواناب، P بارندگی و L هدررفت است. شاخص PDSI هم عبارت است از:

$$PDSI_i = 0.897 PDSI_{i-1} + \frac{1}{3} Z_i \qquad (۷)$$

که، PDSI اولین ماه در یک جبهه خشک یا مرطوب معادل $\frac{1}{3} z_i$ است. پالمر برای استفاده کاربردی‌تر از این شاخص، مقادیر PDSI را مطابق جدول ۱طبقه‌بندی کرد.

جدول ۱- طبقه‌بندی شرایط اقلیمی براساس PDSI

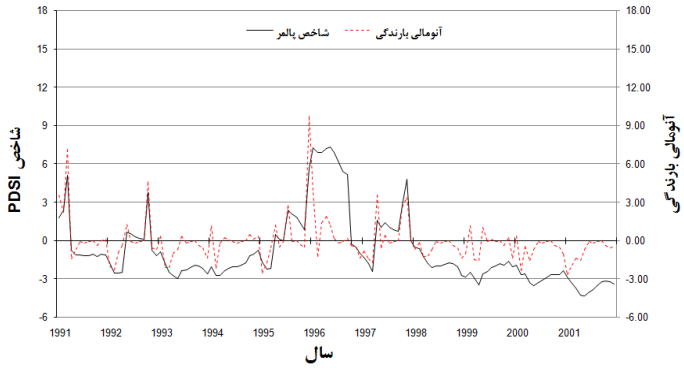
طبقه خشکسالی	شاخص PDSI
مرطوب خیلی شدید	≥ 4.00
مرطوب شدید	3.00 to 3.99
مرطوب متوسط	2.00 to 2.99
کمی مرطوب	1.00 to 1.99
شروع جبهه مرطوب	0.5 to 0.99
نزدیک نرمال	0.49 to –0.49
شروع خشکسالی	-0.5 to –0.99
خشکسالی ملایم	-1.00 to –1.99
خشکسالی متوسط	-2.00 to –2.99
خشکسالی شدید	-3.00 to –3.99
خشکسالی خیلی شدید	≤ -4.00

لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر، شاخص پالمر بر مبنای بیلان آب و با استفاده از داده‌های طولانی‌مدت درجه حرارت و بارندگی به عنوان اطلاعات ورودی مدل محاسباتی برآورد گردید. از آنجائی که برای محاسبه شاخص پالمر به داده‌های رطوبت خاک نیاز است، لذا یک روش تجربی برای برآورد رطوبت ذخیره شده در خاک استفاده شد. برای برآورد رطوبت خاک با توجه به پیشنهاد پالمر، در ابتدا خاک به دو لایه مشخص به نحوی تقسیم شد که لایه سطحی تنها قابلیت ذخیره رطوبت به میزان ۲۵ میلیمتر را در حالت ظرفیت زراعی دارد. همچنین هدررفت آب از لایه زیرین به حجم رطوبت اولیه که خود نیز به تبخیروتعرق پتانسیل (PE) و حجم رطوبت دردسترس (AWC) وابسته است، مربوط می‌شود. در محاسبات مذکور با توجه به نبود مشخصات اولیه خاک منطقه مورد مطالعه، مقدار AWC، ۱۵۰ میلیمتر فرض شد. همچنین فرض شده که رواناب نیز تنها زمانی اتفاق می‌افتد که اگر و فقط اگر هر دو لایه رطوبت ظرفیت رطوبتی (AWC) خود را دریافت دارند.

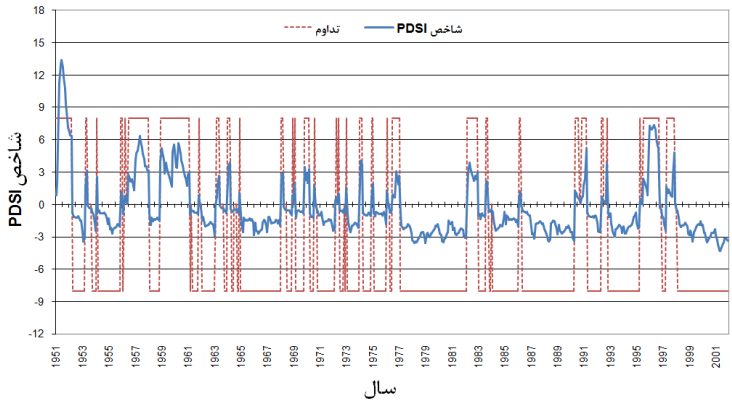
نتایج و بحث

پایش خشکسالی ایستگاه سینوپتیک زاهدان با شاخص پالمر

برای تعیین مقادیر سری زمانی شاخص پالمر(PDSI) در ایستگاه سینوپتیک زاهدان، در ابتدا داده‌های بارندگی و درجه حرارت برای بازه زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۱ مورد پایش و ارزیابی قرار گرفته و بعد از تائید داده‌های مذکور، مقدار شاخص پالمر محاسبه و روند تغییرات آن با آنومالی بارندگی و درجه حرارت مورد ارزیابی قرار گرفت، که نتایج مربوطه برای دوره زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ در نمودار۱ ارائه شده است. در ادامه نیز برای پایش دوره‌های خشک و مرطوب و بررسی شدت و تداوم آنها از محاسبه شاخص در بازه زمانی مورد نظر کمک گرفته شد (نمودار۲).



نمودار ۱) روند تغییرات آنومالی بارندگی و شاخص PDSI در سالهای ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ میلادی در ایستگاه زاهدان



نمودار ۲) مقادیر شاخص PDSI و تداوم دوره‌های خشک و مرطوب در ایستگاه سینوپتیک زاهدان

بررسی نتایج نشان می دهد که مقادیر شاخص PDSI با تغییر مقادیر بارندگی ماهانه تغییر می‌کند. در زمانی که مقادیر شاخص برای یک دوره چند ماهه کمتر از صفر بوده، افزایش مقدار بارندگی نسبت به نرمال، تغییرات زیادی را در مقدار شاخص باعث نشده است.

آنومالی بارندگی، به خوبی مقادیر شاخص PDSI را تحت تاثیر قرار داده است. این موضوع تقریباً در تمام سالهای مورد بررسی مشاهده است. نتایج ارائه شده در نمودارها به خوبی نشان می‌دهد که مقادیر شاخص در هرماه بشدت تحت تاثیر مقادیر شاخص در ماههای قبل بوده و در تحلیل مقادیر آن باید مقادیر شاخص و بارندگی و نحو تغییرات آنها در ماههای قبل را هم مد نظر قرار داد.

تحلیل و بررسی روند تغییرات خشکسالی در طول دوره آماری همچنین نشان می‌دهد که در بعضی از مواقع خشکسالی با تداوم بیشتر از چند سال به وقوع پیوسته است، در صورتیکه بارندگی‌های مناسبی در بعضی از ماههای این سال‌ها اتفاق افتاده است. به نظر می‌رسد یکی از عواملی که از تغییر شاخص از منفی به مقدار مثبت در ماههای با بارندگی مناسب جلوگیری می‌کند، تخلیه بیش از حد رطوبت محاسبه شده در ماهها یا سال‌های قبل بوده است.

پایش خشکسالی و ترسالی در یک بازه ۵۱ ساله دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۱ نشان داد که مجموعاً ۲۳۹ دوره خشک و مرطوب با ترکیب ۱۳۹ دوره خشک، ۷۶ دوره مرطوب و ۲۴ دوره نرمال بوقوع پیوسته است (جدول ۲). در بازه زمانی مورد نظر ۱ دوره خشک خیلی شدید در ماههای ۴ و ۵ سال ۲۰۰۱ با تداوم ۲ ماهه و ۹ دوره مرطوب خیلی شدید با ۴۶ ماه تداوم رخ داده است که طولانی‌ترین دوره مرطوب خیلی شدید در بازه زمانی ماه مارس ۱۹۵۱ تا مارس ۱۹۵۲ مشاهده شد.

بررسی دقیق‌تر نتایج مذکور همچنین نشان داد که در

۶۸ درصد بازه زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۱ دوره خشک، در ۲۵ درصد بازه زمانی دوره مرطوب و تنها در ۷ درصد بازه زمانی شرایط نرمال حاکم بوده است. موضوع قابل توجه در پایش مذکور این است که در ۴۸ درصد بازه زمانی دوره خشک ملایم و متوسط شرایط اقلیمی منطقه را تحت تاثیر داشته‌اند.

بررسی خشکسالی‌ها نشان داد که در بین دوره‌های خشک، دوره‌های خشک ۱۹۷۷/۲ تا ۱۹۸۲/۲ با ۶۱ ماه تداوم و ۱۹۸۶/۵ تا ۱۹۹۰/۴ با ۴۸ ماه تداوم، طولانی‌ترین دوره‌های خشک در دوره آماری مورد بررسی بوده که مجموعاً بیش از ۹ سال در منطقه حاکم بوده‌اند.

پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پالمر نشان می‌دهد که در دهه‌های اخیر تداوم و شدت خشکسالی‌ها افزایش یافته است. این نتایج نشان می‌دهد که تکرار، تداوم و شدت خشکسالی‌ها خصوصاً در دهه ۸۰ و نیمه اول دهه ۹۰ میلادی نسبت به بقیه دوره آماری روند صعودی داشته؛ همچنین درجه دوره‌های خشک در دهه ۸۰ نسبت به بقیه زمانها شدیدتر بوده است (نمودار ۲).

جدول ۲- پایش شرایط اقلیمی براساس مقادیر شاخص PDSI

طبقه خشکسالی	تداوم به ماه	تعداد دوره‌ها	حداکثر تداوم دوره به ماه
خشکسالی خیلی شدید	۲	۱	۲
خشکسالی شدید	۳۷	۱۲	۷
خشکسالی متوسط	۱۲۷	۴۱	۱۱
خشکسالی ملایم	۱۶۷	۴۹	۱۲
شروع خشکسالی	۸۴	۳۶	۹
نزدیک نرمال	۴۴	۲۴	۴
شروع جبهه مرطوب	۲۲	۱۶	۳
کمی مرطوب	۲۵	۱۹	۴
مرطوب متوسط	۳۷	۲۰	۶
مرطوب شدید	۲۱	۱۲	۴
مرطوب خیلی شدید	۴۶	۹	۱۳

نقاط قوت شاخص

نقاط قوت زیادی در شاخص پالمر به وضوح قابل مشاهده است، از جمله اینکه نتایج این شاخص برای پایش دوره‌های خشک هواشناسی و کشاورزی نتایج قابل اعتمادی است.

شاخص PDSI به جهت اینکه در محاسبات خود از داده‌های بارندگی، درجه حرارت و رطوبت خاک استفاده می کند، در صورتی که بتوان فرضیات درستی را در محاسبات مربوط به داده‌های خاک وارد کرد، نتایج بسیار خوبی را در جهت پایش دوره‌های خشک بدست می‌دهد. همچنین تجزیه و تحلیل‌های دوره‌های خشک با PDSI نشان می‌دهد که این شاخص می‌تواند به عنوان شاخص مناسبی در کنار دیگر شاخص‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

با اتخاذ تدابیر خاص می‌توان با استفاده از این شاخص دوره‌های خشک را در سطح ملی و منطقه‌ای و در زمانهای مختلف مقایسه کرد، این امر در پایش خشکسالی در ایستگاه زاهدان به خوبی قابل رد یابی است. با شاخص PDSI می‌توان زمان شروع، خاتمه و شدت دوره‌های خشک را محاسبه کرد. علاوه بر این، شاخص PDSI را می‌توان بعنوان یک وسیله‌ای توانمند برای پایش شرایط مرطوب با رطوبت بیش از حد طبیعی نیز مورد استفاده قرار داد و بطور کلی شرایط سیلابی را با آن تجزیه و تحلیل کرد.

این شاخص برای پایش دوره‌های خشک ماهانه و کوتاهتر از ماه نتایج قابل قبولی را بدست می‌دهد. از طرف

دیگر، با توجه اینکه این شاخص دارای یک مقیاس زمانی ذاتی حدوداً ۹ تا ۱۲ ماه می‌باشد، لذا می‌توان با اتخاذ تدابیری از آن برای پایش دوره‌های خشک هیدرولوژیکی مانند دوره‌های خشک مربوط به قنوات، آب‌های زیرزمینی کم عمق، منابع آب سطحی فصلی و دائمی و منابع و ذخایر بزرگ آب استفاده کرد.

شاخص پایش PDSI همچنین به عنوان یک شاخص توانمند برای پایش آتش‌سوزی‌های ناشی از دوره‌های خشک در سرتاسر دنیا معرفی شده است و این شاخص به عنوان یک شاخص مناسب برای پایش رطوبت خاک در دوره‌های زمانی ماهانه و کوتاهتر از ماهانه نیز مطرح است.

نقاط ضعف شاخص پالمر

با توجه به اینکه شاخص پالمر از داده‌های دوره‌های قبل استفاده می‌کند، لذا محاسبات شدت خشکسالی در یک دوره به تغییرات رطوبت آن دوره و به شدت خشکسالی دوره قبل یا ماههای قبل بستگی دارد و بعنوان یک روش پسرو مطرح می‌باشد. لذا محاسبات PDSI به طور همزمان (Real – Time) و به نحو رضات بخشی امکان‌پذیر نیست.

بنابراین بدون اطلاعات از دوره‌ها یا ماههای قبل، نمی‌توان مشخص کرد که آیا هر دوره با آب و هوای مرطوب یا خشک مبدأ شروع یک جبهه جدید بوده یا فقط باعث یک قطع موقت در جبهه خشک یا مرطوب خواهد شد؟ علاوه براین، آنالیز سریهای زمانی PDSI نشان می‌دهد که دوره زمانی مورد نیاز شاخص برای انعکاس شرایط واقعی نسبت به شرایط سالهای اولیه شروع محاسبات باید بیش از چهار سال باشد.

در مدل بیلان آبی مورد استفاده پالمر، تغییرات فصلی و سالانه در پوشش گیاهی و توسعه ریشه در نظر گرفته نشده، لذا مقادیر محاسبه شده برای تبخیروتعرق پتانسیل، رطوبت خاک، توزیع بارندگی و تبخیروتعرق واقعی در یک ماه یا هفته دقیق نخواهد بود و نهایتاً مقدار PDSI به درستی محاسبه نخواهد شد. در محاسبات این شاخص اثرات ذوب برف و یخ‌ها نیز در نظر گرفته نشده است، لذا این مسئله باعث بروز اشتباه در مناطق سردسیر و کوهستانی می‌شود. همچنین آستانه‌های مربوط به طبقات دوره‌های خشک و شدت آنها بطور دلخواه انتخاب شده و آستانه‌های مشخص شده جهت اتمام خشکسالی یا جبهه مرطوبی که از قبل وجود داشته، اختیاری است.

با توجه به فرضیات این شاخص، هنگامی که P<PE بوده و رطوبت خاک در حال کاهش است. تمام مدلهای بیلان آبی، تبخیروتعرق را بعنوان تابعی از رطوبت خاک تعریف می‌کنند. موجودیت رطوبت خاک برای رشد گیاه در محدوده ظرفیت زراعی تا نقطه پژمردگی بوسیله یک سری تکنیک‌های ریاضی و آماری بازسازی می‌شود. با این دیدگاه Veihmeyer و Hendrickson در ۱۹۵۵ بیان داشتند که در بعضی حالات ممکن است تبخیر و تعرق واقعی از شدت پتانسیل تا زمانی که رطوبت خاک به حد پژمردگی می‌رسد، بیشتر باشد. از طرف دیگر Thornthwaite و Mather نسبت تبخیروتعرق واقعی به پتانسیل را یک تابع خطی از نسبت رطوبت موجود در خاک به ظرفیت زراعی بیان کردند در صورتی که رابطه بین تبخیروتعرق واقعی و پتانسیل به خصوصیات ریشه‌دهی، بافت خاک و فیزیولوژی گیاهی و شرایط اقلیمی وابسته است.

در غیاب یک مدل فیزیکی توانمند برای مدل کردن موارد فوق، توافقات ساده کننده‌ای در مدل پالمر صورت گرفت، به صورتی که فرض شد که تبخیروتعرق واقعی تا زمانی که آب بعضی از قسمت‌ها از دست برود، نزدیک به شدت پتانسیل خواهد بود و بعد از آن شدت تبخیروتعرق واقعی کمتر از شدت پتانسیل خواهد شد. زیرا تخصیص ۲۵ mm آب به صورت ظرفیت رطوبتی لایه سطحی که تبخیر و تعرق در آن با شدت پتانسیل جایگزین می‌شود به نظر اختیاری می‌رسد. از طرف دیگر پالمر یک روش خطی مشابه روش تورنت‌وایت را برای تخمین تبخیروتعرق از لایه زیرسطحی استفاده کرد. فرض ساده دیگر اینکه افت‌های ناشی از تبخیروتعرق از لایه زیرسطحی را اغلب ۱۰٪ افت پتانسیل می‌پندارد.

ظرفیت رطوبتی ۲۵ mm برای لایه سطحی در مقایسه با مقادیر ماهانه (PE – P) برای برخی اقلیم‌ها (با توجه به فرضیات پالمر)، بخصوص اقلیم خشک مقدار کمی است زیرا این میزان رطوبت اغلب در طی تنها یک ماه از مقدار کامل به تخلیه کامل می‌رسد و با توجه به اینکه ظرفیت رطوبتی لایه زیرین اغلب بیشتر از ۲۵ mm فرض شده لذا با تخلیه کامل رطوبت لایه فوقانی، تبخیروتعرق واقعی از لایه زیرین نزدیک به شدت پتانسیل خواهد بود که این هم متناقض با فرض ۱۰٪ است.

بطور کلی محاسبات بیلان آبی به گنجایش لایه سطحی اغلب حساس نیست. عبارت رواناب در تعریف شاخص پالمر شامل تغذیه آبهای زیرزمینی و رواناب سطحی می‌شود. در این عبارت هیچ تأخیری جهت تولید آب مازاد و ظهورش بصورت رواناب درنظر گرفته نشده است. گرچه در عمل این تأخیر وجود دارد و متأثر از عمق و بافت خاک، فیزیولوژی، اندازه بافت اصلی و طبیعت سیستم آب زیرزمینی است. مدل پالمر از نوع مدل‌های آستانه‌ای(threshold-type) است فرض می‌کند تا زمانی که ظرفیت رطوبتی خاک لایه‌های بالاتر و پائین تر پر نشده، رواناب اتفاق نخواهد افتاد.

محدودیت‌های این فرض بوسیله Morton در سال ۱۹۸۳ به طور کامل بررسی شد. Rushton و Ward در سال ۱۹۷۹ دریافتند که بیلان آبی ماهانه، مقادیری را که برای تغذیه (رواناب) بدست می‌دهد ۲۵٪ کمتر از مقادیری است که از بیلان آبی روزانه بدست می‌آید و علاوه بر این، مدلهای مذکور، در طی تابستان و اوایل پائیز مقادیری را برای تغذیه (رواناب) بدست می‌دهند، که عملاً وجود ندارند.

از مطالب فوق مشخص می‌شود که یک سری عدم تطابق‌هایی در عملکرد PDSI با استفاده از پارامترهای یکسان برای محاسبات ماهانه و هفتگی بدست خواهد آمد. تجمع موقتی بارندگی در یک ماه (هفته) و رفتار ساده شده رواناب که برای ذخیره رطوبتی پایان هر ماه (هفته) بوسیله مدل پالمر شبیه سازی می‌شود اغلب کمتر از AWC (ظرفیت رطوبتی خاک) برای اکثر نقاط است و این یک تقریب غیرمنطقی است، این محدودیت‌ها در زمانی که مطالعات برای یک ماه مشخص در یک سال معین انجام می‌شود، نمود بیشتری پیدا خواهد کرد.

به جهت اینکه شاخص پالمر دارای توزیع دو جمله‌ای نامتقارن ناپیوسته است، لذا تحلیل فراوانی سریهای زمانی آن تا حدودی مشکل است. همچنین با توجه به خصوصیات توزیع احتمالاتی این شاخص، زمانی که بعد از یک خشکسالی خیلی شدید یک سری بارندگی‌های جزئی وجود دارد، پرش‌های زیادی در اثر این بارندگی‌ها در نمودار و روند تغییرات این شاخص ایجاد می‌شود و از مقادیر منفی به مثبت تغییر علامت می‌دهد. در صورتی که این بارندگی‌ها نمی‌توانند باعث اتمام خشکسالی شوند. همچنین، پالمر برای کمی کردن دو خصوصیت کلی دوره‌های خشک یعنی شدت، زمان شروع و خاتمه آن، پارامترهای زیادی در حدود ۶۸ پارامتر را به طور واقعی تعریف کرد (۲۳) و برای محاسبه این پارامترها فرضیات ساده کننده و قوانین اختیار زیادی را هم مدنظر قرار داد. علاوه بر محدودیت‌های فوق، مشکل جدی‌تر شاخص پالمر این است که از قوانین اختیاری در کم کردن شدت دوره‌های خشک و زمانهای شروع و خاتمه آنها استفاده می‌کند که در استفاده از این قوانین باید احتیاط کرد. در کاربرد طبقه‌بندی ارائه شده برای شاخص پالمر مشخص شد که در پایش خشکسالی برای داده‌های طولانی مدت کانزای غربی، ایوا مرکزی و داکتوای شمالی، ۱۶٪ ماهها دارای خشکی شدید و خیلی شدید و ۲۳ تا ۴۲٪ ماهها دارای خشکی متوسط تا کم بودند که تا حدودی مشابه نتایج بدست آمده برای ایستگاه زاهدان است.

مقادیر ماهانه PDSI که برای دهه ۶۳- ۱۹۲۹ در ۵۸ بخش اقلیمی در ایالات شمالی آمریکا محاسبه شده بود، در ابتدا نشان داد که نیمی از ماهها دارای خشکی شدید و خیلی شدید و در حدود ۱۸٪ ماهها دارای خشکی متوسط تا شدید

هستند. این نتایج نشان داد که تعریف واژه‌های شدید و خیلی شدید در PDSI در مناطق مختلف متفاوت است. در هر حال کاربران شاخص PDSI بایستی در زمان استفاده از طبقات خشکی پالمر نهایت دقت را مبذول دارند تا امکان مقایسه دوره های خشک بین ماهها و مناطق مختلف وجود داشته باشد.

آنالیز حساسیت شاخص پالمر توسط کارل (Karl) در ۱۹۸۶ نشان داد که مقادیر منحصر بفرد PDSI خیلی حساس به Kj است. از آنجائی که پالمر در ابتدا Kj (نسبت عرضه به تقاضای رطوبتی) را از اطلاعات متوسط طولانی مدت برای دو منطقه، محاسبه کرد و از این نتایج جواب قانع کننده‌ای بدست نیاورد، بنابراین Kj را بطور تجربی با یک شکل پیچیده به کمک اطلاعات ۹ بخش اقلیمی در ایوا اصلاح کرد. بنابراین، در استفاده از Kj برای مناطق دیگر باید احتیاط لازم را به کار بست. علاوه براین آنالیز حساسیت شاخص نشان داد که اثرات درجه حرارت بر مقادیر شاخص نسبت به بارندگی معنی‌دار نیست.

یکی دیگر از نقاط ضعف مدل پالمر، نیاز به داده‌های واقعی رطوبت خاک است که به جهت نبود داده‌های تاریخی این پارامتر و نیز هزینه‌بر بودن برداشت آنها برای شرایط آتی، معمولاً این داده‌ها به کمک مدل‌های خاصی که از محاسبات بیلان آبی استفاده می‌کنند، تعیین می‌شود، که این امر می‌تواند تا حدودی از دقت مدل برآورد شاخص پالمر بکاهد.

نتیجه‌گیری

از آنجائی که برای پایش و مدیریت اصولی و صحیح خشکسالی‌ها نیاز به ارائه شاخص یا شاخص‌هایی است که تمام عوامل بیولوژیکی و فیزیکی مرتبط با خشکسالی می‌بایست به نحوی در محاسبات آن دخیل باشند و این کار عملاً بسیار مشکل است، استفاده از شاخصی مانند شاخص پالمر می‌تواند مفید واقع شود، هرچند که اشکالاتی نیز با خود داشته باشد.

اگرچه محققان نقاط ضعفی را بر این شاخص برشمردند، اما همان محققان با توجه به ساختار خاص شاخص و توانایی آن در تعیین شدت، تداوم، زمان شروع و خاتمه دوره‌های خشک و خشکسالی‌ها، و نقاط قوت ویژه آن، از این شاخص به عنوان یک ابزار قدرتمندی برای پایش، مدیریت و برنامه‌ریزی خشکسالی‌ها نام برده‌اند، این نقاط قوت در پایش دوره‌های خشک و مرطوب ایستگاه همدیدی زاهدان (نمودارهای ۱و ۲)، قابل مشاهده است.

شاخص پالمر یکی از مناسب‌ترین شاخص‌های شناخته شده برای پایش دوره‌های خشک و مرطوب اقلیمی است که به‌رغم انتقادات وارده بر آن، به طور گسترده در سطح جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، از جمله کاربران این شاخص می‌توان به مجلات و رسانه‌های خبری (جهت نشان دادن مناطق تحت تاثیر خشکسالی در طی دوره‌های بحران)، مشاورین خصوصی (برای توصیف وضعیت گیاهان و تعیین نیازهای آینده بازارهای محصولات کشاورزی)، هیدرولوژیست‌ها (برای ارزیابی سطح آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن و سفره‌های آب زیرزمینی)، هواشناسان، اقتصادانان و سیاست‌گذاران (برای بررسی رطوبت موجود، شرایط مراتع و دام و اثراتش برروی اقتصاد)، محققان (برای مطالعه خصوصیات مکانی و زمانی اپیزودهای خشکسالی و ترسالی) و متخصصان جنگل‌ها (برای تشخیص شرایط احتراق، آتش‌سوزی و شدت بالقوه آن)، اشاره کرد.

منابع مورد استفاده

1. Alley, W. M.1984.The Palmer Drought Severity Index :Limitations and Assumptions". *J. Climate Appl. Meteor.*, 23:1100 - 1109.

2. Attila, B and Szinell, C.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*.
3. Banks, W.G. and Little, S. 1964.The Forest of April 1963 in New Jersey Point the way to Better Protection and Managment. *Five Control Notes,* 25:3-6.
4. Brotak, E. A. and Refssnyder, W. E.1977.An Investigation of the Synoptic Situation Associated with Major Wildland Fires. *J. Appl. Meteo,* 16:867-870.
5. Bussay, A., Hayes, M., Szinell, Cs. and Svoboda, M.2000.Monitoring Drought in Hungary with the Standardized Precipitation Index. *J. Water Inter.,* 15:339-345.
6. Dai, A., Trenberth, K.E., and Qian, T.2004.A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming. *J. Hydrometeor,* 5: 1117-1130.
7. 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.
8. Guttman, N. B.1991.A Sensitivity Analysis of the Palmer Hydrologic Drought Index. *Water Resour. Bull,* 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 Resour. Bull,* 28:111-119.
11. 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, American Meteorology Society, 5-7.
12. 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, 13pp.
13. Heddinghause, T. R. and Sabol, P.1991 A Review of the Palmer Drought Severity Index and Where Do We Go from Here?. Preprints, *Seventh Conf. on Applied Climatology,* Dallas, TX, Amer. Meteor. Soc., 242–246.
14. 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. Climate Appl. Meteor.,* 25:77-86.
15. 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.
16. Kingtse, C. M., and Chelliah, M.2006.The Modified Palmer Drought Severity Index Based on the NCEP North American Regional Reanalysis. *J. Appl. Meteor. Climatol.,* 45:1100 - 1109.
17. Palmer, W. C.1965.Meteorological Drought. *Research Paper No.* 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
18. Palmer, W. C.1968.Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index. *Weather wise,* 21:156-161.
19. Pandzic, K. and Likso, T.2011.Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index for Pannonian Part of Croatia. *Geophysical Research Abstracts Vol.* 13, EGU2011-5014-2, 2011 EGU General Assembly 2011.

20. Rashton, K. R., and Ward, C.1979.The Estimation of Groundwater Recharge. *J. Hydrol,* 41:345-361.
21. Schrier, G. V., Jones, P. D., and Briffa, K. R.2010 A global dataset of self-calibrating Palmer Drought Severity Index dataset. *EMS Annual Meeting Abstracts Vol.* 7, EMS2010-324, 2010, 10th EMS / 8th ECAC.
22. Soule, P. T.1990.Spatial Patterns of Multiple Drought Types ion the Contiguous United States: A Seasonal Comparison. *Clim. Res,* 1:13-21.
23. Soule, P. T.1992.Spatial Patterns of Droughts Frequency and Duration in the Contiguous USA Based on Multiple Drought Event Definitions. *Int. J. Climatol.,* 12:11-24.
24. Szalai, S., Szinell, Cs., Bussay, A., and Szentimrey, T.1998.Drought Tendencies in Hungary. *J. Climatol.,* 18:1479-1491.
25. Thornthwaite, C. W.1948.An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geogr. Rev.,* 38*:*55-94.
26. Thornthwaite, C. W. and Mather, J. R.1955.The Water Balance". Publications in Climatology, 8. Drelex Institute of Technology, (Philadelphia) Laboratory of Climatology, Centerton, New Jersey.
27. Veihmeyer, F. J. and Hendrickson, A. H.1955.Does Transpiration Decrease as the Soil Moisture Decreases?. *Trans. Amer. Geophys. Union,* 36:425-428.
28. Vasiliades, L., and Loukas, A.2009.Hydrological response to meteorological drought using the Palmer drought indices in Thessaly, Greece. *Desalination* 237:3–21.
29. Wells, N., Goddard, S. and Hayes, M. J.2004.A self-calibrating Palmer drought severity index. *J. Climate,* 17, 2335–2351.
30. WMO (World Meteorological Organization).1995.Drought and Agriculture. *WMO Technical Note, No. 138, Report of the Cagm Working Group On the Assessment of Drought,* Geneva, Switzerland, WMO.
31. Zwolinski, J. B.1997.Palmer Drought Indices and Their Application to Plantation Establishment Strategies. *The Southern African Forestry Journal,* 178: 9 -13

Evaluating Advantages and Disadvantages of Palmer Drought Severity Index for Drought Monitoring

Hossein Ansari

Associate Professor of Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
Ansari_hos@yahoo.com

Abstract:

Drought as a dry short-run or long-run period causes depletion of water resources. Eventually, it has extensive and serious effects on human societies. Drought is a complicated creeping phenomenon which results in socio-economical and environmental fatal outcomes. Therefore, drought monitoring and evaluating the variation trends with proper indices will be useful for decision making, decision makers and executive managers. However, it can help to transfer from crisis management into risk management. The need of monitoring and discovering of drought, besides computational scalar quantity as a reasonable managerial and planning tool, has been the mean cause to developing drought indices. For instance, the Palmer Drought Severity Index (PDSI) can be pointed out. Using PDSI for analyzing Zahedan drought and considering the same researches in other places show that, although PDSI has special disadvantages, it has remarkable advantages too. Therefore, this index can be used as a strong index for finding out happening, ending time and severity of drought. Results of this index for synoptic Zahedan station shows that this index can well describe the rain variation trends proportional to happening normal condition and drought or wet year. Also, it shows that during 51years (1951-2001), this region has been confronted with 139 drought periods, 67 wet periods and 24 normal periods with 68%, 25% and 8% duration, respectively. Additionally, the longest drought in this region is a 61-drought month period taken place from 2/1977-2/1982 about 5 years.

Key Words: Drought Index, PDSI, Drought Monitoring, Drought Severity, Drought Duration