

## بررسی مناطق مستعد فرسایش بادی بر اساس تحلیل خشکسالی در استان یزد

سارا آزادی<sup>۱</sup>، علی رضا سلطانی تودشکی<sup>۲</sup>، سعید سلطانی کوپایی<sup>۳</sup>، منیره فرامرزی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان  
s.azadi@na.iut.ac.ir

۲- استادیار، گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

### چکیده

خشکسالی به عنوان یک حادثه بد طبیعی محسوب می‌گردد که در همه مناطق اقلیمی رخ می‌دهد، شاخص‌های متنوعی جهت شناسایی خشکسالی استخراج شده‌اند که یکی از این شاخص‌ها، شدت خشکسالی پالم (PDSI) می‌باشد. هدف این تحقیق واسنجی و ارزیابی شاخص پالم و بررسی مناطق مستعد فرسایش بادی در زیرحوزه‌های واقع در محدوده استان یزد می‌باشد. به این منظور با استفاده از ضرایب معادله‌های شدت به‌دست آمده برای کل ایران، شاخص در مقیاس ماهانه برای دوره آماری ۲۰۰۲-۱۹۹۰ در ۱۰ زیرحوزه واقع در استان، مورد واسنجی قرار گرفت و محاسبه شد، همچنین نتایج داده‌های رطوبت خاک به‌دست آمده از بیلان آبی مورد استفاده در شاخص نیز بررسی گردید. نتایج کلی این تحقیق نشان داد که بالاترین درصد فراوانی خشکسالی‌هایی با شدت بالا در قسمت‌های شرق و جنوب استان دیده شده است و نظر به داده‌های رطوبت خاک و ظرفیت رطوبتی خاک نیز تقریباً مناطق ذکرشده در بالا، مستعد خشکسالی، ضعف پوشش گیاهی و وقوع فرسایش بادی می‌باشند. همچنین در اکثر زیرحوزه‌های استان، سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰ به ترتیب مرطوب‌ترین و خشک‌ترین سال‌های دوره آماری بوده‌اند. با توجه به نتایج خوب شاخص واسنجی‌شده پیشنهاد می‌گردد پایش و تعیین زمان شروع و پایان خشکسالی در محدوده استان بررسی گردد و اقدامات مرتبط با آن جهت کاهش خسارات ناشی از خشکسالی انجام پذیرد و همچنین توصیه می‌شود جهت دستیابی به اطلاعات مطلوب‌تر، سایر روش‌های دیگر جهت محاسبه خشکسالی و فرسایش بادی مورد استفاد قرار گیرند. این تحقیق زمینه را برای بررسی چگونگی تأثیر خشکسالی بر ذخایر رطوبتی و مناطق مستعد فرسایش بادی در محدوده استان یزد و حوزه‌های مجاور ایجاد نموده، و امکان بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی را در این مناطق فراهم می‌سازد.

**واژه‌های کلیدی:** استان یزد؛ خشکسالی؛ شاخص خشکسالی پالم؛ فرسایش بادی؛ واسنجی.

### مقدمه

خشکسالی به عنوان یک حادثه بد طبیعی محسوب می‌گردد از این‌رو توجه محققین در زمینه‌های مختلف از جمله اکولوژی، محیط‌زیست، هواشناسی، زمین‌شناسی و کشاورزی را جلب نموده است. این پدیده در همه مناطق اقلیمی رخ می‌دهد. بعلاوه تفاوت در متغیرهای هیدرولوژیکی - اقلیمی و فاکتورهای اقتصادی - اجتماعی و نیز تغییر طبیعت تقاضای آب در مناطق مختلف در سراسر جهان، تعریف واحد و مشخصی از خشکسالی وجود ندارد (Mishra and Singh, 2010). با توجه به اینکه اهمیت خشکسالی در اثرات آن نهفته است و این اثرات در مناطق مختلف به شکل‌های متفاوتی بروز پیدا می‌کنند، پس باید تعریف خشکسالی بصورت منطقه‌ای و مقطعی باشد (آسیایی، ۱۳۸۵). تعدادی از تعاریف رایج شامل: ۱- سازمان هواشناسی جهانی (WMO، ۱۹۸۶)؛

خشکسالی به معنی نقص در بارش است، ۲- کنوانسیون UN برای مقابله با بیابانزایی و خشکسالی؛ خشکسالی، رخدادن پدیده‌ای به شکل طبیعی می‌باشد، زمانی که بارش به شکل قابل ملاحظه‌ای از متوسط بلندمدت منطقه، کمتر شود و باعث نامتعادل شدن سری‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر سیستم‌های تولید منابع زمین گردد. با توجه به اینکه فرسایش بادی تا حدودی به دنبال وقوع خشکسالی در یک منطقه رخ می‌دهد بررسی آن با تحلیل نتایج حاصل از شناسایی شرایط خشکسالی، می‌تواند قابل اعتماد باشد. خشکسالی به‌عنوان یک پدیده‌ی طبیعی همچون سایر پدیده‌های طبیعی به مدد دانش، آگاهی، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح قابل پیش‌بینی و کنترل است و می‌توان خسارت‌های ناشی از آن را به حداقل رساند. از این‌رو طی چند سال اخیر به علت وقوع خشکسالی‌های متعدد در کشور و اثرات مخرب آن، مطالعات خشکسالی در ایران افزایش یافته و از روش‌های متنوعی برای پایش و ارزیابی آن استفاده شده است از طرف دیگر در دهه‌های اخیر نیز تعدادی شاخص خشکسالی بدست آمده‌اند که این شاخص‌ها یک ابزار اولیه برای ارزیابی اثر خشکسالی و تعریف ویژگی‌های مختلف آن مثل شدت، مدت، فراوانی و وسعت ویژه، می‌باشند از جمله شاخص‌های مورد استفاده، شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص دهک‌ها (DI)، شاخص درصد از نرمال بارندگی (PNPI) و غیره است. شاخص دیگر شدت خشکسالی پالمر (PDSI)<sup>۱</sup> می‌باشد که توسط Palmer (۱۹۶۵) برای سنجش میزان نوسانات ذخیره‌ی رطوبتی خاک در ایالات متحده‌ی آمریکا توسعه یافت. اساس آن، معادله بیلان آب خاک می‌باشد که علاوه بر ایالات متحده‌ی آمریکا در سایر کشورهای جهان جهت مطالعه خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است. در این شاخص میزان ذخیره‌ی رطوبتی خاک محاسبه می‌گردد و از آنجایی که رطوبت خاک با میزان مستعدبودن خاک برای فرسایش بادی ارتباط دارد لذا بررسی خشکسالی با شاخص پالمر می‌تواند اطلاعات مفیدی را جهت تشخیص مناطق مستعد خشکسالی و فرسایش بادی فراهم کند. شاخص پالمر در نمونه‌های مختلف کشور نیز جهت پایش و ارزیابی خشکسالی استفاده شده است، برای مثال آسیایی (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای در مشهد برای پایش خشکسالی، از نرم‌افزار تهیه‌شده‌ی شاخص خشکسالی پالمر برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳-۱۹۷۱ میلادی استفاده کرده است. در مطالعه‌ی دیگر انصاری و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی و پایش دوره‌های خشک با استفاده از شاخص شدت خشکی پالمر در یک دوره آماری ۳۱ ساله (۲۰۰۱-۱۹۷۰) در استان خراسان پرداختند. مقدم نیا و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی خشکسالی هواشناسی بیرجند با استفاده از شاخص‌های مختلف از جمله پالمر پرداختند.

آنچه که از مطالعات پیشین نتیجه می‌گردد این است که، در این پژوهش‌ها از ضرایب معادله استخراجی پالمر برای کانزاس غربی و آیوای مرکزی مربوط به مطالعه پالمر استفاده شده است در حالی که این ارقام بر اساس شرایط و فرضیات منطقه استخراج شاخص هستند و انتظار می‌رود جهت استفاده در مناطق دیگر، واسنجی معادلات در نظر گرفته شود از این رو برای ایران در مطالعه سلطانی تودشکی (۱۳۸۶) معادله‌های شدت برای خشکسالی ضرایب ۰/۷۵ و ۰/۰۶ و برای ترسالی ضرایب ۰/۰۶ و ۰/۰۸ جهت منطقه‌ی مهارلوی فارس بدست آمد، همچنین Karamouz et al (2004)، تنها یک معادله با ضرایب ۰/۶۸ و ۰/۰۶ در اصفهان گزارش نموده‌اند که در آن با محاسبه‌ی معادله‌ی شرایط خشک، آن را بصورت قرینه به دوره‌های ترسالی تعمیم دادند، که لزوم اصلاح ضرایب برای مناطق دیگر پیشنهاد شده است. از این رو در این پژوهش سعی در واسنجی و ارزیابی شاخص خشکسالی پالمر و همچنین بررسی مناطق مستعد فرسایش بادی در محدوده‌ی استان یزد می‌باشد.

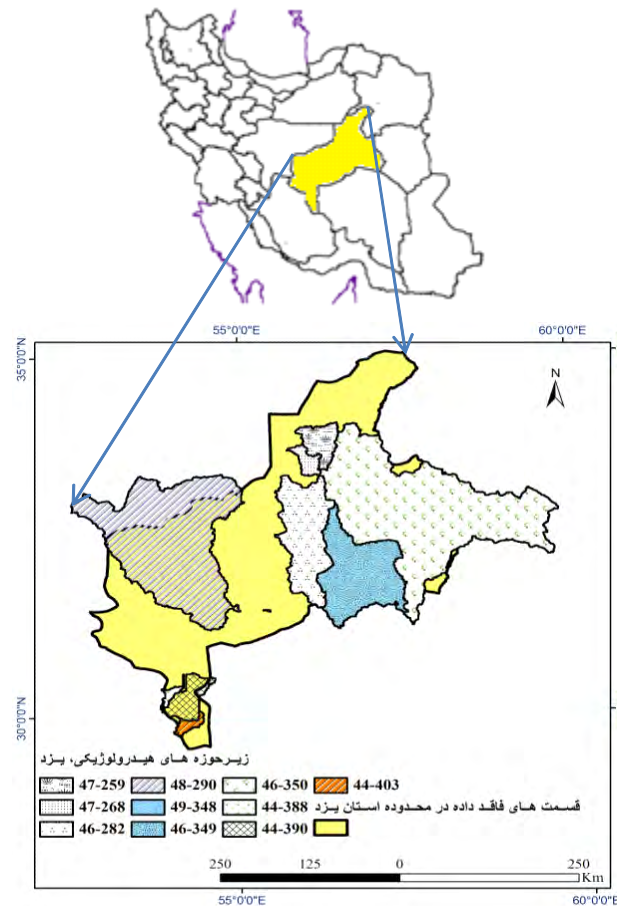
<sup>1</sup> Palmer Drought Severity Index

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

استان یزد با مساحت ۷۳۲۴۰ کیلومتر مربع بین ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی در مرکز ایران قرار دارد. میزان نزولات جوی در سطح استان یزد به طور متوسط ۸۰-۶۰ میلیمتر می باشد. رطوبت نسبی سالانه استان به طور متوسط حدود ۲۵ تا ۳۰٪ می باشد که حداکثر آن در زمستان (در دی ماه حدود ۵۶ تا ۷۰٪) و حداقل در تیر ماه (حدود ۱۰ تا ۱۲٪) می باشد. بنابراین میزان رطوبت نسبی سالیانه می تواند بین ۱۰ تا ۷۰٪ نوسان کند. در حالی که اختلاف رطوبت نسبی سالانه در نقاط مختلف استان بر خلاف نزولات جوی چندان قابل ملاحظه نیست. میزان تبخیر سالیانه در استان یزد بسیار بالا بوده چنانکه بطور متوسط به ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ میلیمتر می رسد که این رقم بسیار بالاتر از میزان نزولات جوی است.

اهمیت اولیه ارزیابی خشکسالی جهت شناخت بهتر این پدیده و تلاش برای مدیریت کاهش خسارات ناشی از آن می باشد، بنابراین پایش و ارزیابی این پدیده و اثرات ناشی از آن از جمله فرسایش بادی در استان یزد به جهت قرار گرفتن در منطقه کویری و مستعد بودن آن نسبت به شرایط خشکسالی و خسارات ناشی از آن، مهم تلقی می گردد. شکل ۱ موقعیت استان یزد را نسبت به ایران و زیرحوزه های هیدرولوژیکی واقع در استان و یا دارای اشتراک در محدوده استان را نشان می دهد (مناطق زردرنگ و بدون هاشور مربوط به قسمت هایی از استان هستند که فاقد داده مناسب می باشند). کد هر زیرحوزه با رقم اول مربوط به حوزه اصلی، رقم دوم مربوط به حوزه فرعی و سه رقم بعدی مربوط به شماره گذاری های ایران از ۱ تا ۵۰۶ مشخص شده است. طبق شکل ۱، استان یزد حدوداً ۱۰ زیرحوزه هیدرولوژیکی را دارا می باشد، که حدوداً در ۵ حوزه هیدرولوژیکی (از ۳۰ حوزه فرعی کشور) قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت استان یزد در ایران و زیرحوزه های هیدرولوژیکی واقع در استان.

### شاخص شدت خشکسالی پالم (PDSI)

شاخص شدت خشکسالی پالم در سال ۱۹۶۵ برای سنجش میزان تغییرات ذخیره ی رطوبتی خاک در آمریکا توسعه یافت. اساس آن، موازنه آب خاک می باشد که متغیرهای مختلف هوا- آب شناختی را به کار می گیرد. این شاخص علاوه بر ایالات متحده ی آمریکا در سایر کشورهای جهان جهت مطالعه خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است. بدلیل مراحل طولانی و نسبتاً پیچیده این روش، تنها به بخشی از آن ها اشاره می گردد. بطور کلی روند محاسباتی این شاخص را می توان به صورت زیر بررسی نمود (سلطانی تودشکی، ۱۳۸۸):

مرحله اول: انحراف رطوبتی اقلیم مورد نظر (d) در هر دوره (i)، بدست می آید. به منظور برآورد d، نیاز به تعریف یک معیار مقایسه برای تعیین نوع و مقدار این انحراف است. پالم از یک الگوریتم بیلان رطوبت آب در خاک استفاده نمود که در آن یکسری محاسبات آب شناختی برای اطلاعات درازمدت منطقه (خصوصیات خاک، بارش و تبخیر تعرق پتانسیل) صورت می پذیرد.

این مرحله شامل دو قسمت محاسباتی است: قسمت اول- شبیه سازی ریاضی بیلان آبی و برآورد عوامل واقعی و پتانسیل بیلان آبی شامل: مقادیر واقعی و پتانسیل تبخیر و تعرق<sup>۱</sup>، تغذیه رطوبت<sup>۱</sup>، اتلاف رطوبت<sup>۱</sup> و رواناب<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> Evapotranspiration

می باشند که پالمر از روش تورنت وایت برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل و از یک مدل بیلان آبی برای بدست آوردن سایر فاکتورها استفاده کرده است.

قسمت دوم- محاسبه ی بارش مقتضی شرایط عادی اقلیمی و تعیین میزان شاخص انحراف رطوبتی ( $Z_i$ ) که پالمر توسط یکسری فرآیندهای نسبتاً پیچیده آن را دنبال کرده است این شاخص، ویژگی های مناطق مختلف را برای مقایسه، یکدست می کند و از نسبت بین مقادیر واقعی و پتانسیل ۴ فاکتور ذکر شده در درازمدت محاسبه می شود.

مرحله دوم: مقادیر  $Z_i$  برای استخراج شاخص نهایی پالمر، وارد فرآیندهای نسبتاً پیچیده دیگری می شوند (سلطانی تودشکی، ۱۳۸۶).

مرحله سوم: رده بندی شاخص پالمر، که در این مرحله مقایر شاخص در طبقه مربوطه قرار گرفته و وضعیت خشکسالی و ترسالی از خفیف تا بسیار شدید و شرایط طبیعی تعیین می شود.

در این تحقیق داده های بارش، دمای متوسط در مقیاس ماهانه مربوط به دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۰۲، ظرفیت رطوبت قابل استفاده خاک (AWC)<sup>۴</sup>، عرض جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفته است. در ابتدا از ۳۰ حوزه هیدرولوژیکی در سطح ایران، ۱۷ حوزه مطالعاتی بزرگتر ایجاد شد و شاخص پالمر با مقیاس ماهانه برای این دوره زمانی مورد واسنجی قرار گرفت، سپس با ضرایب استخراجی، شاخص برای ۱۰ زیرحوزه واقع در استان یزد محاسبه و ارزیابی شد. به منظور پهنه بندی خشکسالی در محدوده استان، درصد فراوانی درجات مختلف خشکسالی در کل دوره آماری نیز محاسبه گردید. همچنین جهت بررسی مناطق مستعد فرسایش بادی داده های زطوبت خاک بصورت متوسط بلندمدت بدست آمد و درصد رطوبت نسبت به ظرفیت خاک محاسبه گردید.

## نتایج

لازم به ذکر است که در شاخص اولیه پالمر ضرایب ۰/۸۹۷ و ۰/۳۳۳ به ترتیب مدت زمان استمرار و دوام یک واقعه خشکسالی یا ترسالی را تبیین می نمایند که بصورت زیر می باشد:

$$X_i = 0.897X_{i-1} + 0.333Z_i \quad (1)$$

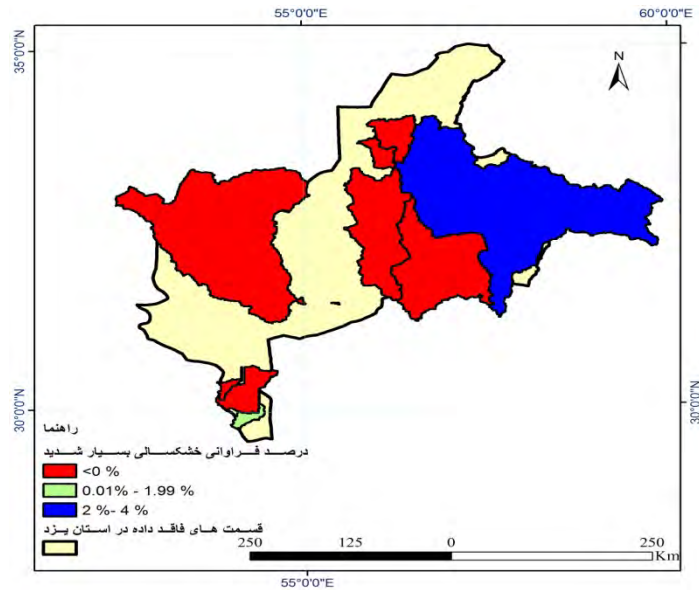
$X$ ، شاخص شدت خشکسالی پالمر در مقطع زمانی  $t$ ، ترکیبی از سهم مشارکت انحراف رطوبتی هر مقطع ( $Z_i$ ) و شدت خشکسالی یک دوره ی ماقبل ( $X_{i-1}$ ) می باشد، مقدار  $X_{i-1}$  در این معادله، در ابتدای سری زمانی صفر فرض می شود ( $X_0 = 0$ ). به دنبال واسنجی شاخص پالمر برای حوزه های مطالعاتی در سطح کل ایران، ضرایب دوگانه معادله های شدت به ترتیب ۰/۸۹۲ - ۰/۰۰۲ و ۰/۹۴۶ - ۰/۰۰۲ برای خشکسالی و ترسالی بدست آمده است. در ابتدا نتایج حاصل از پهنه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص واسنجی شده در وضعیت خشکسالی بسیار شدید مربوط به دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۰۲ در شکل ۲ آورده شده است. طبق شکل ۲ ملاحظه می گردد که قسمت های شرقی و سپس جنوبی نسبت به قسمت های غربی استان دارای بالاترین درصد فراوانی خشکسالی بسیار شدید بوده اند.

<sup>1</sup> Recharge

<sup>2</sup> Loss

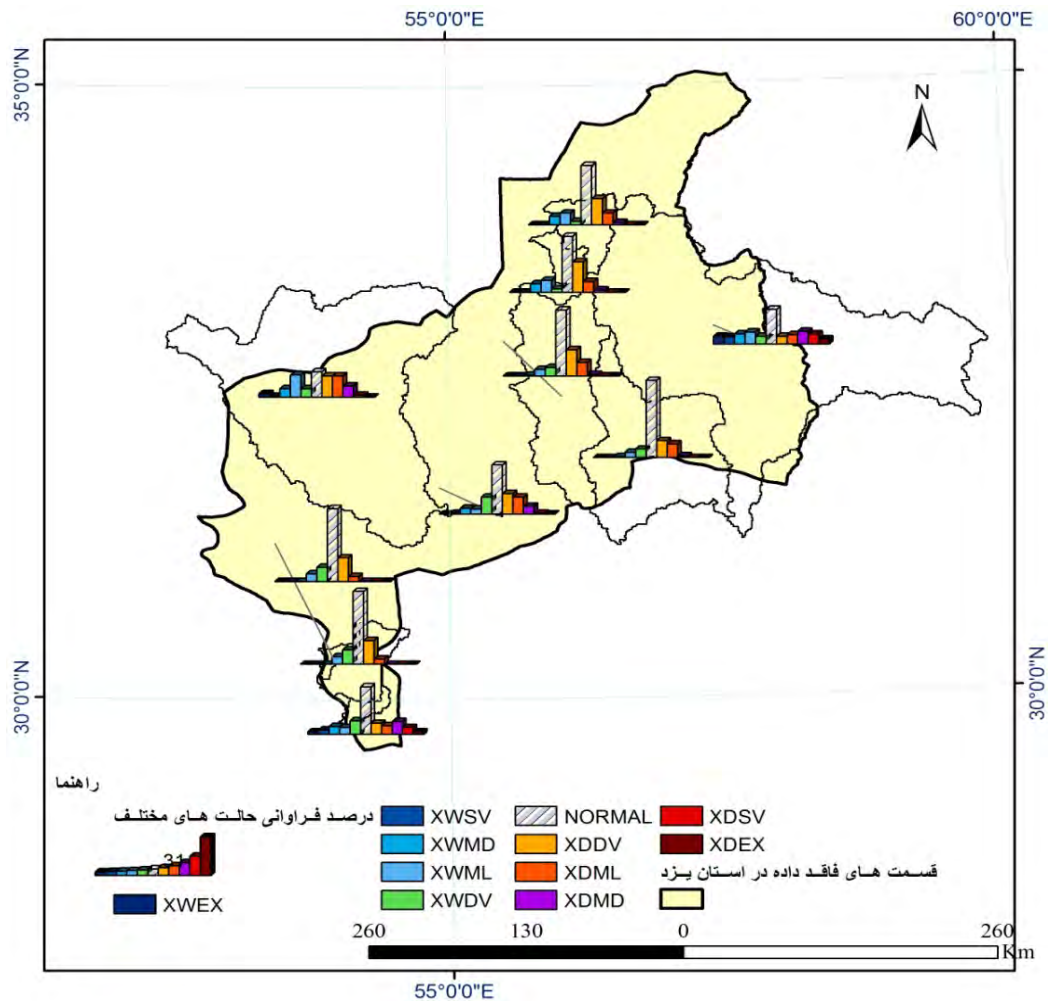
<sup>3</sup> Run-off

<sup>4</sup> Available Water Capacity



شکل ۲ - پهنه بندی خشکسالی بسیار شدید مربوط به کل دوره آماری (۲۰۰۲-۱۹۹۰).

شکل ۳ مربوط به درصد فراوانی حالت های مختلف؛ شرایط طبیعی (NORMAL)، خشکسالی بسیار شدید (XDEX)، خشکسالی شدید (XDSV)، خشکسالی میانه (XDMD)، خشکسالی خفیف یا ملایم (XDML)، خشکسالی اولیه یا در حال توسعه (XDDV)، ترسالی اولیه (XWDV)، ترسالی خفیف یا ملایم (XWML)، ترسالی میانه (XWMD)، ترسالی شدید (XWSV)، ترسالی بسیار شدید (XWEX) در کل دوره آماری می باشد. در این شکل مشخص است که بیشترین درصد فراوانی شرایط طبیعی در مناطق جنوب شرقی، جنوب و کمترین درصد در مناطق غربی دیده شده است. بالاترین درصد ترسالی بسیار شدید و شدید مربوط به مناطق شرقی، غربی می باشد. بالاترین درصد خشکسالی بسیار شدید مربوط به مناطق شرقی و جنوبی و کمترین درصد مربوط به سایر مناطق استان بوده است. کمترین درصد مربوط به خشکسالی شدید مربوط به مناطق شمالی و مرکزی و بیشترین درصد آن هم مربوط به مناطق شرقی بوده است.

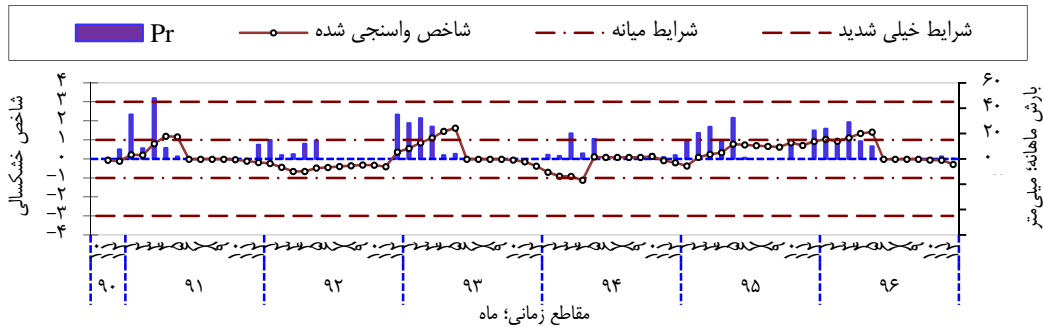


شکل ۲- ب - نتایج وضعیت های خشکسالی، ترسالی و شرایط طبیعی مربوط به کل دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۰۲).

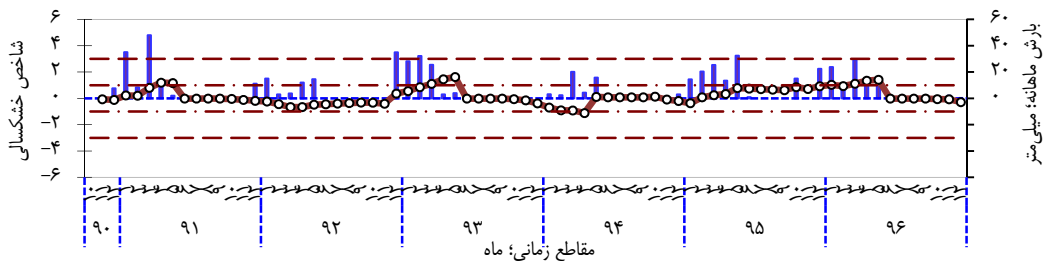
همانطور که قبلاً اشاره شد استان یزد تقریباً ۱۰ زیرحوزه‌ی هیدرولوژیکی را شامل می‌شود که نتایج رده‌بندی شاخص نشان می‌دهد سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰ میلادی به ترتیب مرطوب‌ترین و خشک‌ترین سال‌ها در اکثر زیرحوزه‌ها بوده‌اند. در این جا بعلت تشابه روندها و همچنین شدت خشکسالی و ترسالی در زیرحوزه‌های مختلف استان، تنها نتایج رده‌بندی شاخص واسنجی شده مربوط به زیرحوزه‌ی ۳۹۰ (حوزه‌ی ۴-۴) آورده شده است (شکل ۴- الف و ب)، در این شکل محور راست مربوط به بارش ماهانه و محور چپ مربوط شاخص پالمر می‌باشد، مقادیر منفی و مثبت شاخص به ترتیب مربوط به شدت‌های خشکسالی و ترسالی هستند. این شکل نشان می‌دهد که سال ۱۹۹۳ و بعد از آن سال ۱۹۹۶ مرطوب‌ترین سال‌ها و سال ۲۰۰۰ نیز بعنوان خشک‌ترین سال در این دوره‌ی آماری در اغلب زیرحوزه‌های واقع در استان بوده‌اند.

جهت بررسی مناطق مستعد فرسایش بادی در استان، از داده‌های رطوبت خاک بدست آمده از بیلان آبی، AWC و همچنین از درصد رطوبت موجود در خاک در کل دوره برای هر زیرحوزه استفاده گردیده است که نتایج آن در شکل ۵ آورده شده است، طبق این شکل مشخص است که بیشترین درصد رطوبت موجود در خاک در زیرحوزه ۴۰۳ (مناطق جنوبی) و کمترین درصد در زیرحوزه‌های ۲۸۲، ۲۹۰ و ۳۴۹ (مناطق مرکزی و غربی و جنوب شرقی) دیده می‌شود.

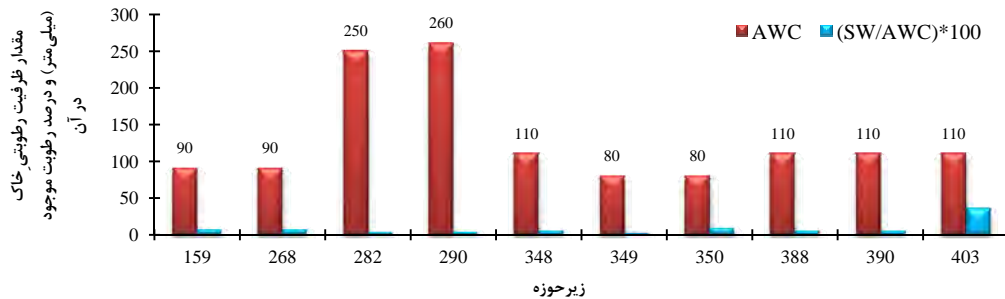




شکل ۴- الف- نتایج رده بندی شاخص واسنجی شده پالم در زیرحوزه ی ۳۹۰ (حوزه ی ۴-، حوزه آبخیز ابرقو- سیرجان)؛ ۱۹۹۶-۱۹۹۰.



شکل ۴- ب- نتایج رده بندی شاخص واسنجی شده پالم در زیرحوزه ی ۳۹۰ (حوزه ی ۴-، حوزه آبخیز ابرقو- سیرجان)؛ ۲۰۰۲-۱۹۹۷.



شکل ۵- ظرفیت رطوبت قابل دسترس خاک و مقدار رطوبت آن در کل دوره آماری (۱۹۹۷-۲۰۰۲) در زیرحوزه های واقع در استان.

## بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش شاخص شدت خشکسالی پالم به جهت استفاده از بیلان آبی و در نظر گرفتن عوامل مختلف، برای استان یزد با ۱۰ زیرحوزه ی هیدرولوژیکی مورد واسنجی و ارزیابی قرار گرفت و با استفاده از نتایج شاخص، مناطق مستعد فرسایش بادی مشخص شدند. به این منظور ابتدا معادلات شدت خشکسالی و ترسالی برای حوزه های هیدرولوژیکی در سطح کل ایران با ضرایب دوگانه  $0/۸۹۲ - 0/۰۰۲$  و  $0/۹۴۶ - 0/۰۰۲$  به ترتیب برای خشکسالی و ترسالی بدست آمد و سپس شاخص پالم در زیرحوزه های مذکور محاسبه و ارزیابی شد. با بررسی نتایج مربوط به پهنه بندی شاخص در طبقات مختلف مشخص شد که خشکسالی بیشتر در مناطق شرقی و تا حدودی در مناطق جنوبی دیده شده است، که نشان دهنده حساسیت بالای این مناطق



نسبت به شرایط خشک می باشد از طرف دیگر بررسی نتایج مربوط به رطوبت خاک نیز نشان داد که مناطق جنوب شرقی کمترین مقدار ذخیره رطوبتی را دارا می باشند، این امر برمی گردد به موقعیت جغرافیایی استان یزد؛ یعنی قرار گرفتن آن در منطقه کویری و نیز عدم دریافت نزولات آسمانی کافی، از این رو قسمت های ذکر شده بیشترین استعداد وقوع خشکسالی و به دنبال آن ضعف پوشش گیاهی و فرسایش بادی را دارا می باشند. در برخی مناطق با وجود رطوبت نسبتاً خوب دیده می شود که شرایط خشکسالی حاکم بوده است که علت به شاخص پالمر با روند محاسباتی پیچیده و پویا عمل نمودن آن مربوط می شود، بگونه ای اگر یک ماه با بارش مناسب در بین ماه هایی با بارش ناچیزی قرار داشته باشد در ماه مورد نظر شاخص وضعیت را همچنان نامساعد و خشک تشخیص می دهد مثلاً در ماه های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ سال ۱۹۹۷ با وجود بارش در ماه های مورد نظر، شرایط همچنان خشک تشخیص داده شده است. نتایج مربوط به رده بندی شاخص واسنجی شده این تحقیق نشان می دهد در غالب زیرحوزه ها، سال های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰ را به ترتیب مرطوب ترین و خشک ترین سال های دوره ای آماری ۱۹۹۰-۲۰۰۲ بوده اند.

بطور کلی از مباحث بالا چنین نتیجه می گردد که شاخص پالمر به لحاظ دارا بودن عوامل محاسباتی و مراحل نسبتاً پیچیده نسبت به سایر شاخص ها؛ در هر منطقه می تواند نتایج ارزشمندی را جهت کاهش خسارات ناشی از خشکسالی و مقابله با فرسایش بادی ارائه نماید، همچنین پویا عمل نمودن این شاخص و توانایی آن در تشخیص شروع و خاتمه خشکسالی نیز به پایش و ارزیابی خشکسالی بسیار کمک می نماید. حال با توجه به اینکه ضرایب و ارقام به کار رفته در شاخص های مختلف بر اساس شرایط منطقه استخراج شاخص هستند انتظار می رود که با واسنجی این ضرایب در هر منطقه، نتایج قابل قبول تری تولید شود و ارزیابی بهتری از شرایط خشکسالی و ترسالی صورت گیرد که در تشخیص مناطق مستعد فرسایش بادی نیز بهتر عمل می کند.

نظر به قابلیت اطمینان خوب از نتایج این تحقیق، پیشنهاد می گردد زمان شروع و خاتمه خشکسالی و ترسالی در هر زیرحوزه تعیین گردد و متناسب با آن به کاهش خسارات ناشی از خشکسالی و همچنین تعیین مناطق مستعد فرسایش بادی پرداخته شود. از طرف دیگر توصیه می گردد که شاخص های مختلف دیگر با این شاخص مقایسه گردند و نقاط قوت و ضعف هر کدام نیز بهتر بررسی شود و نیز این که جهت دستیابی به اطلاعات جزئی تر برای کل استان و مناطق دیگر کشور، در صورت امکان، مطلوب است از واحدهای هیدرولوژیکی بیشتری (مقیاس کاری کوچکتر) استفاده شود تا تغییرات بهتر نشان داده شوند و راهکارهای مناسبی در امر خشکسالی و فرسایش بادی در نظر گرفته شود.

## منابع

- آسیایی، م.، (۱۳۸۵)، شاخص های خشکسالی، چاپ اول، انتشارات سخن گستر، مشهد.
- آسیایی، م. (۱۳۸۵)، پایش خشکسالی در مشهد. جغرافیا و توسعه ناحیه ای (شماره هفتم)، ص ۱۸۶-۱۶۷.
- انصاری، ح.، ثنائی نژاد، س. ح.، داوری، ک.، (۱۳۸۷)، پایش دوره های خشک با شاخص شدت خشکی پالمر براساس داده های رطوبت خاک تخمین زده شده از مدل بیلان آبی: مطالعه موردی استان خراسان، مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۲، شماره ۲.
- ترابی پلت کله، ص.، (۱۳۸۱)، مدیریت خشکسالی، تحلیل و پیش بینی خشکسالی و اثرات آن در مدیریت منابع آب، پایان نامه دوره دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ص ۳۲۵.
- سازمان منابع آب، (۱۳۹۰). نقشه دیجیتالی از استان یزد و زیرحوزه های هیدرولوژیکی واقع در محدوده آن.
- سلطانی تودشکی، ع. (۱۳۸۶)، کمی سازی خشکسالی با رویکرد هوا- آب شناختی؛ مبانی نظری و کاربرد، پایان نامه دکتری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

مقدم نیا، ع.، دستورانی، ع.، کهنه، الف.، (۱۳۹۰). ارزیابی و مقایسه چند شاخص خشکسالی در منطقه بیرجند، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، ۷ و ۸ اردیبهشت، دانشگاه صنعتی اصفهان.

Karamouz, M., Torabi, S., Araghinejad, S., (2004). Analysis of hydrologic and agricultural droughts in central part of Iran, *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 9(5) , pp. 402–414.

Mishra, A. K., Singh, V. P., (2010). A review of drought concepts, *Journal of Hydrology*, Vol. 391, pp. 202–216.

Palmer, W.C., (1965). Meteorological Drought. US Department of Commerce, Weather Bureau, *Research Paper*, vol.45, pp. 58.