



## مقایسه وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص‌های RDI و eRDI در محدوده چند ایستگاه سینوپتیک کشور

ابوالفضل مساعدي<sup>۱</sup>, محمد قبائی‌سوق<sup>۲</sup>, منصوره غزنوی<sup>۳\*</sup>

۱- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دکتری، شرکت مدیریت منابع آب ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

\*نوبنده مسئول: m.ghaznavi1395@gmail.com

### خلاصه

خشکسالی به عنوان دوره‌ای در که آن بارندگی نسبت به شرایط نرمال منطقه کاهش یافته است، تعریف می‌شود. این پدیده در سراسر جهان و در همه‌ی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد. به‌منظور کمی‌سازی خشکسالی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از شاخص شناسایی خشکسالی (RDI) با توجه به نیاز به داده‌های کم، حساسیت بالا و انعطاف‌پذیری زیاد در پایش خشکسالی افزایش یافته است. به‌منظور بهبود نتایج شاخص مذکور به ویژه در پایش خشکسالی کشاورزی، با جایگزینی مقدار بارش با بارش مؤثر، شاخص شناسایی خشکسالی موثر (eRDI) توسعه یافته است در این پژوهش، بارش مؤثر ماهانه در محدوده شش ایستگاه سینوپتیک کشور با وضعیت آب و هوایی متفاوت، در طول دوره آماری ۵۹ ساله با استفاده از روش وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) تعیین شد. سپس مقادیر شاخص‌های RDI و eRDI در طول دوره آماری و در محدوده هر ایستگاه، در سه مقیاس زمانی (شامل: شش ماه منتهی به خرداد، نه ماه منتهی به خرداد و فصل بهار) تعیین شد. آنگاه همبستگی و رفتار این دو شاخص مورد مقاریسه قرار گرفت. بر مبنای نتایج بدست آمده دو شاخص مذکور همبستگی بالایی با هم دارند. به نحوی که در همه ایستگاه‌ها و در همه مقیاس‌های زمانی، میزان همبستگی بیشتر از ۰/۹۰ می‌باشد. در عین حال، همبستگی بین این دو شاخص در مناطق بیابانی بیشتر است در حالی که در مناطق پربران این همبستگی تا حدودی کمتر می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتری در رابطه با نحوه تشابه یا عدم تشابه رفتاری دو شاخص ذکر شده در مناطق مختلف اقلیمی کشور صورت گیرد.

کلمات کلیدی: شاخص RDI، شاخص eRDI، بارش مؤثر، خشکسالی، طبقات وضعیت‌های رطوبتی

### مقدمه

خشکسالی به عنوان دوره‌ای در که آن بارندگی نسبت به شرایط نرمال منطقه کاهش یافته است، تعریف می‌شود. این پدیده در سراسر جهان و در همه‌ی مناطق اقلیمی اتفاق می‌افتد (مددگار و مرادخانی، ۲۰۱۴). به دلایل مختلف، پدیده خشکسالی با سایر بلایای طبیعی متفاوت است، زیرا تعیین شروع و خاتمه آن به روشی مشخص نبوده و علاوه بر آن پدیده‌ای تدریجی بوده و در طی زمان تشدید می‌شود، ضمن اینکه فعالیت‌های بشر می‌تواند باعث تشدید اثرات این پدیده شود. در طی قرن بیستم وقوع خشکسالی در هر دو مقیاس منطقه‌ای و جهانی افزایش داشته‌است (He و همکاران، ۲۰۱۴).



به منظور کمی‌سازی خشکسالی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. از جمله شاخص‌های خشکسالی، شاخص شناسایی خشکسالی (RDI) می‌باشد. این شاخص قادر است خشکسالی را در دوره‌های زمانی کوتاه مدت و بلند مدت (۱ ماهه تا ۴۸ ماهه) پایش نماید. این شاخص به دلیل نیاز به داده‌های کم، حساسیت بالا و انعطاف‌پذیری زیاد کاربرد آن در حال افزایش است. این شاخص با توجه به این که بر مبنای بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه می‌شود، نسبت به شاخص‌هایی از خشکسالی که تنها بر مبنای بارندگی می‌باشد (نظیر شاخص SPI)، به متغیرها و تغییرات آب و هوایی حساسیت بیشتری دارد. شاخص RDI مقایسه منطقی از وضعیت خشکسالی را در مناطق با آب و هوای متفاوت نشان می‌دهد (Elagib و Elhag، ۲۰۱۱).

در بررسی و تعیین پارامترهای مؤثر بر خشکسالی سالانه و فصلی با روش داده‌های پانلی در مورد شاخص‌های SPI و RDI مشخص شد که تنها برخی پارامترها بسته به مقیاس زمانی برای محاسبه شاخص RDI موردنیاز است (کواکبی و همکاران، ۱۳۹۳). در بررسی ویژگی‌های خشکسالی در ۱۲ منطقه از استرالیا بر مبنای شاخص RDI با استفاده از دوازده مدل AOGCM (گزارش چهارم IPCC) تحت سناریوهای A1B (یازده مدل) و A2 (سه مدل) برای دوره‌ی صد ساله (۲۰۰۱ تا ۲۱۰۰)، نتایج بیانگر افزایش کلی فراوانی و وسعت مکانی خشکسالی در بیشتر مناطق مورد بررسی بوده است (Kirono و همکاران، ۲۰۱۱). خلیلی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای بین دو شاخص SPI و RDI و تعیین شدت خشکسالی‌ها در مقیاس‌های ۳ ماهه، ۶ ماهه و سالانه، بیانگر حساس‌تر بودن شاخص RDI به تغییرات اقلیمی می‌باشد، لذا این مساله در مورد بررسی خشکسالی‌های کشاورزی اهمیت زیادی دارد و به نظر می‌رسد این شاخص برای این هدف بهتر باشد. بررسی همبستگی شاخص‌های SPI و RDI در مقیاس‌های زمانی متفاوت در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک کشور نشان‌دهنده این است که همبستگی دو شاخص مذکور در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۲۰ ماهه بیشتر از مقیاس‌های طولانی مدت است (اسدی زارچ و همکاران، ۲۰۱۱).

مساعدي و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی ویژگی‌های خشکسالی و تغییرات احتمالی آن‌ها در محدوده هشت ایستگاه سینوپتیک کشور در یک دوره آماری ۶۰ ساله بر اساس شاخص RDI در مقیاس‌های مختلف ماهانه، فصلی و سالانه، وجود شکست در سطح ۹۵٪ در همه‌ی ایستگاه‌ها در سری زمانی مقادیر شاخص خشکسالی را حاکی از ناهمنگی و تغییر شرایط کلی خشکسالی می‌دانند. ایشان علت اصلی این موضوع را در ارتباط با موضوع گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بیان می‌نمایند. عملکرد پنج شاخص PDN، SPI، EDI، SPEI و RDI طی خشکسالی‌های تاریخی بر مبنای فراوای نسبی شاخص در یک کلاس شدت خشکسالی خاص و پاسخ این شاخص‌ها به بارندگی‌های چندماهه توسط Wable و همکاران (۲۰۱۸) مورد بررسی قرار گرفت. این بیان می‌کند که مقیاس ۹ ماهه برای مقایسه شاخص‌ها مناسب‌ترین مقیاس و شاخص SPEI با مقیاس ۹ ماهه، مناسب‌ترین شاخص خشکسالی برای پایش شرایط خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. Spinoni و همکاران (۲۰۱۵) به پایش خشکسالی هواشناسی و تعیین روند آن از طریق سه شاخص، SPI، SPEI و RDI در مقیاس سالانه در اروپا پرداختند. سپس از ترکیب شاخص‌های ذکر شده برای بدست آوردن فراوانی، مدت زمان و شدت خشکسالی برای کل اروپا استفاده نمودند. نتایج حاکی از یک روند خطی از افزایش خشکسالی در طول دوره‌ی آماری با کاهش بارش و افزایش تبخیر و تعرق در جنوب غربی اروپا می‌باشد. اما با توجه به موارد بیان شده مشاهده می‌شود که شاخص RDI یکی از شاخص‌های پرکاربرد در پایش خشکسالی می‌باشد، اما با توجه به اشکالاتی که بر این شاخص می‌تواند وارد شود، Tigkas و Tsakiris (2017) به منظور بهبود نتایج پایش خشکسالی خصوصاً خشکسالی کشاورزی از طریق شاخص مذکور، آن را اصلاح و شاخصی به نام شاخص شناسایی خشکسالی مؤثر (eRDI) را ارائه دادند. از این‌رو، هدف اصلی این پژوهش مقایسه و ارزیابی نتایج شاخص‌های eRDI و RDI با یکدیگر در مناطق متفاوت آب و هوایی کشور و در چند مقیاس‌ها زمانی مختلف می‌باشد.



## مواد و روش‌ها

### موقعیت جغرافیائی و آب و هوایی ایستگاه‌های مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

ایران به شش اقلیم شامل مرطوب ساحلی، کوهستانی، نیمه کوهستانی، نیمه بیابانی، بیابان ساحلی و بیابانی برآسas تحلیل عاملی تقسیم‌بندی شده است (Alijani و همکاران، ۲۰۰۸). در این پژوهش سعی شده است که از هر اقلیم با توجه به این نوع تقسیم‌بندی یک ایستگاه سینوپتیک انتخاب شود. مشخصات آب و هوایی و موقعیت جغرافیائی ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده‌اند. به منظور انجام این پژوهش از آمار ماهانه متغیرهای هواشناسی شامل بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت نسبی، تعداد ساعات آفتابی و سرعت باد شش ایستگاه سینوپتیک با طول دوره آماری ۵۹ سال (از سال آبی ۱۹۵۷-۵۸ تا ۱۶-۲۰۱۵) استفاده گردید. پس از اخذ داده‌ها، از آزمون‌های اولیه آماری از قبیل آزمون همگنی داده‌ها و آزمون داده پرت استفاده شد. آزمون همگنی با استفاده از ۴ آزمون نرمال استاندارد شده (SNH)، دامنه‌ی بیشاند (BHR)، پیت (PET) و نسبت ون - نیومن (VON) به صورت ترکیبی برای متغیر بارش به تفکیک هر ایستگاه انجام شده است. علاوه بر این برای یافتن داده‌های احتمالی پرت، از آزمون گروبز- بک (G-B) استفاده شد که بر اساس نتایج بدست آمده داده‌ی پرتی برای متغیر بارش مشاهده نگردید.

جدول ۱- برخی از خصوصیات جغرافیائی و آب و هوایی شهرهای مورد مطالعه

وضعیت اقلیمی	خصوصیات آب و هوایی		خصوصیات جغرافیائی						ایستگاه	
	متوسط بارش سالانه (میلی متر)	متوسط دما (سانسی گراد)	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی دقیقه	عرض جغرافیایی دقیقه درجه	دقیقه درجه	دقیقه درجه			
مرطوب ساحلی	۹۰۰/۰	۱۷/۱	-۲۱/۰	۵۲	۳۹	۳۶	۴۳	بابلسر		
کوهستانی	۲۸۳/۴	۱۲/۶	۱۳۶۱/۰	۴۶	۱۷	۳۶	۵	تبریز		
نیمه کوهستانی	۳۵۸/۶	۱۳/۶	۱۷۰۸/۰	۴۹	۴۶	۳۴	۶	اراک		
نیمه بیابانی	۱۵۳/۳	۱۴/۷	۱۳۴۹/۱	۵۴	۵۷	۳۶	۲۵	شهرود		
بیابان ساحلی	۱۵۱/۸	۲۶/۹	۹/۸	۵۶	۲۲	۲۷	۱۳	بندرعباس		
بیابانی	۸۱/۰	۱۸/۵	۱۳۷۰/۰	۶۰	۵۳	۲۹	۲۸	زاهدان		

### شاخص شناسایی خشکسالی (RDI):

شاخص RDI بر مبنای نسبت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه می‌شود. ابتدا مقادیر اولیه‌ی  $\alpha_0^{(i)}$  برای هر بازه-ی زمانی دلخواه یا سال‌های مختلف بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$\alpha_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}}, \quad i = 1 : N \quad \text{and} \quad j = 1 : 12 \quad (1)$$

در این رابطه،  $P_{ij}$  و  $PET_{ij}$  به ترتیب مقادیر باران و تبخیر و تعرق پتانسیل ماه  $j$  از سال  $i$  می‌باشد. پارامتر  $N$  برابر تعداد سال‌های دوره آماری است.

عبارت دوم در محاسبه‌ی این شاخص، مقادیر RDI نرمال شده ( $RDI_n$ ) می‌باشند که با استفاده از مقادیر  $\alpha_0^{(i)}$  محاسبه



شده برای سال‌های مختلف در گام قبلی، مطابق با رابطه (۲) محاسبه می‌شوند.

$$RDI_n^{(i)} = \frac{\alpha_0^{(i)}}{\bar{\alpha}_0} - 1 \quad (2)$$

در این رابطه  $\bar{\alpha}_0$  میانگین حسابی مقادیر  $\alpha_0^{(i)}$  در سال‌های مورد بررسی می‌باشد که برابر با نسبت شاخص خشکی ارائه شده از سوی سازمان فائق است.

عبارت سوم در محاسبه‌ی این شاخص، مقادیر RDI استاندارد شده ( $RDI_{st}$ ) می‌باشد که با فرض این‌که مقادیر  $\alpha_0^{(i)}$  از توزیع لوگنرمال پیروی می‌کنند با استفاده از مقادیر  $\alpha_0^{(i)}$  سال‌های مختلف، مطابق با رابطه (۳) محاسبه می‌شوند.

$$RDI_{st}^{(i)} = \frac{y^{(i)} - \bar{y}}{\hat{\sigma}_y} \quad (3)$$

در این رابطه،  $y_i$  برابر است  $\ln(\alpha_0^{(i)})$  و  $\bar{y}$  و  $\hat{\sigma}_y$  به ترتیب میانگین حسابی و انحراف معیار مقادیر  $y_i$  می‌باشد (ساکریس و همکاران، ۲۰۰۷).

### شاخص شناسایی مؤثر خشکسالی (eRDI)

این شاخص توسط Tigkas و همکاران (۲۰۱۷) ارائه شده است. در این شاخص که اصلاح شده شاخص RDI می‌باشد، بارش مؤثر جایگزین کل بارش (که همه آن نمی‌تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد) می‌شود. این شاخص مزایای شاخص RDI، مانند حفظ کاربرد جهانی آن، ساختار ساده و نیازهای داده‌ای که به راحتی قابل دستیابی می‌باشد را حفظ می‌کند. به منظور برآورد مقدار بارش مؤثر از روش‌های تجربی استفاده می‌گردد و در این تحقیق از روش USBA (که این روش مناسب مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد)، استفاده شده است. مطابق این روش برای برآورد بارش مؤثر از رابطه ۴ و ۵ استفاده می‌شود.

$$P_e = P * \frac{125 - 0.2 * P}{125} \quad P \leq 250\text{mm} \quad (4)$$

$$P_e = 0.1 * P + 125 \quad P > 250\text{mm} \quad (5)$$

که در آن  $P$  بارندگی ماهانه ایستگاه مورد نظر و  $P_e$  بارش مؤثر ماهانه می‌باشد.

### تعیین وضعیت خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مورد نظر

مقادیر شاخص‌های خشکسالی در هر یک از مقیاس‌های زمانی مورد نظر بر اساس هر یک از دو شاخص ذکر شده با استفاده از بسته‌های موجود در نرم‌افزار R تعیین شدند. مقیاس‌های زمانی مورد نظر شامل شش ماهه منتهی به خرداد (دوره دی تا خرداد ماه)، نه ماهه منتهی به خرداد (دوره مهر تا خرداد ماه) و فصل بهار (فروردين تا خرداد) می‌باشد. علت انتخاب این دوره‌ها به دلیل تاثیرپذیری بسیار زیاد عملکرد محصولات کشاورزی از بارش‌های این دوره‌ها و از طرف دیگر، ناچیز بودن بارش در فصل تابستان در اکثر مناطق آب و هوایی کشور می‌باشد. جهت محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از روش فائق-پنمن-مانتیث استفاده شد.

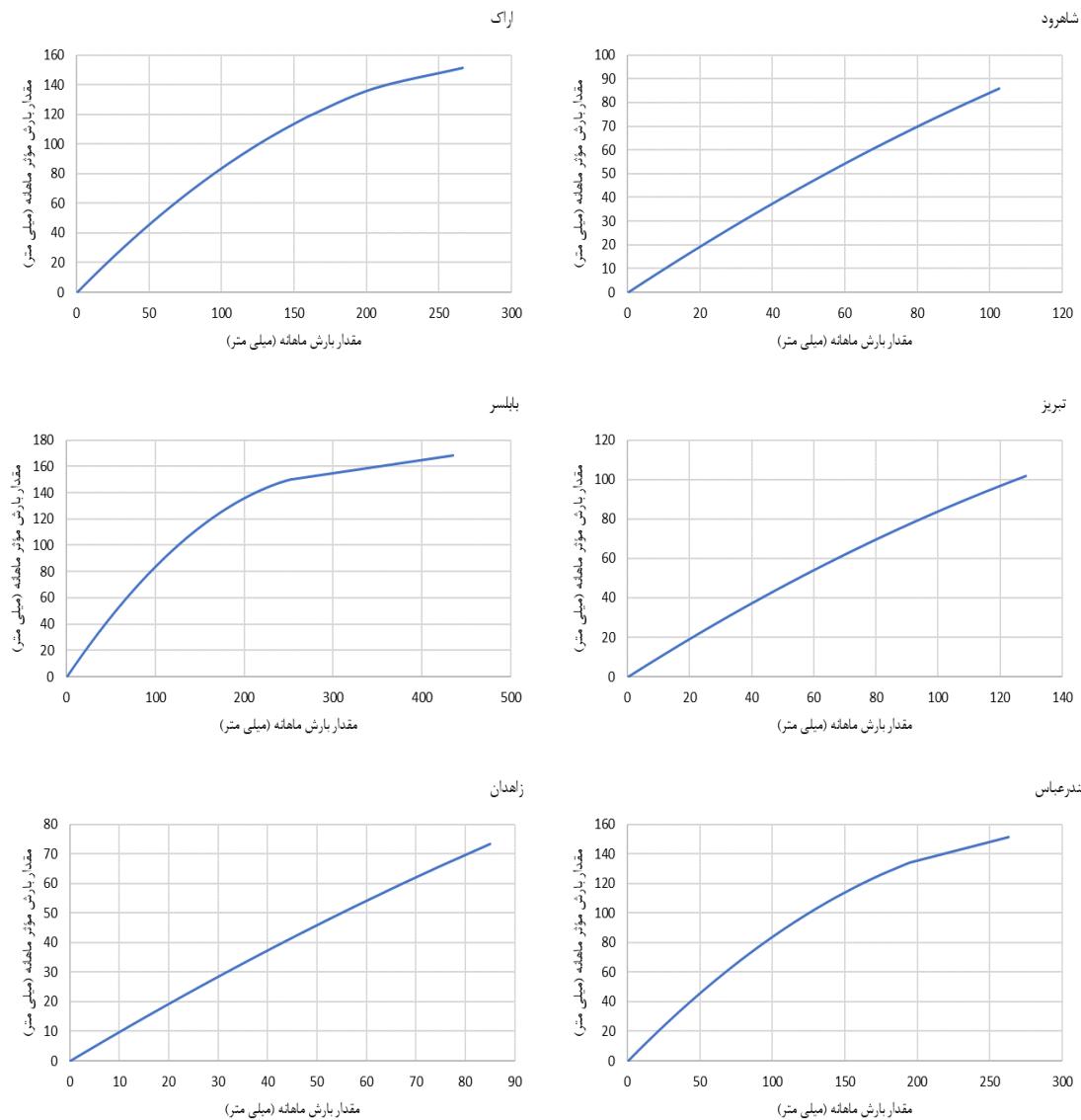
### نتایج و بحث

#### بررسی مقادیر بارش مؤثر در مقایسه با مقادیر بارش

با استفاده از معادلات ۴ و ۵ مقادیر بارش مؤثر ماهانه برای هر ایستگاه تعیین شد (شکل ۱). مطابق شکل ۱، مقادیر بارش مؤثر ماهانه در ایستگاه‌های موردنظر متفاوت می‌باشد. به طوری که شبی خود نمودار در ایستگاه‌های اراک، بابلسر و



بندرعباس یکنواخت نبوده است ولی تا حدودی شبیه این خط در نمودارهای مربوط به ایستگاههای تبریز، شاهرود و زاهدان یکنواخت می‌باشد. لذا چنین انتظار می‌رود که این عدم یکنواختی شبیه نمودار، سبب تعیین مقادیری با اختلاف هایی متفاوت در بارش مؤثر شود. این امر نیز سبب تعیین مقادیری متفاوت‌تر eRDI از RDI می‌گردد.



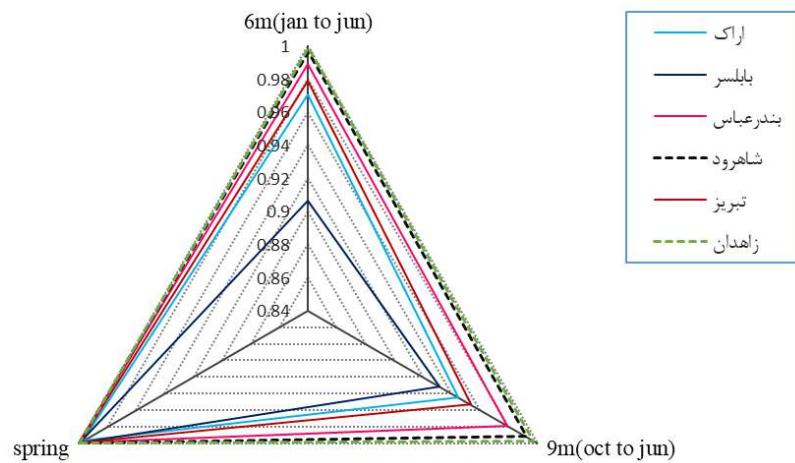
شکل ۱- تغییرات مقادیر بارش مؤثر ماهانه نسبت به مقادیر بارش ماهانه در ایستگاههای مورد بررسی

#### همبستگی شاخصهای eRDI و RDI در مقیاس‌های فصلی و سالانه

با توجه به شکل ۲ همبستگی قوی بین دو شاخص مذکور در تمامی ایستگاهها و در تمامی بازه‌های زمانی مورد بررسی (فصل و سالانه) وجود دارد و می‌توان علت آن را تشابه اساسی این دو شاخص دانست. کمترین میزان همبستگی مربوط به بابلسر در مقیاس شش ماه منتهی به خرداد با مقدار ۰/۹۰۶ می‌باشد، در این مقیاس زمانی نیز بیشترین همبستگی مربوط به زاهدان می‌باشد. در مقیاس نه ماه منتهی به خرداد نیز بیشترین و کمترین میزان همبستگی به ترتیب مربوط به



شهرهای زاهدان و بابلسر و همچنین در فصل بهار بیشترین و کمترین همبستگی مربوط به شهرهای زاهدان و اراک می‌باشد. با میانگین گیری مقادیر ضریب همبستگی در مقیاس‌های مورد بررسی از بیشترین به کمترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های مذکور به ترتیب مربوط به شهرهای، زاهدان، شاهرود، بندرعباس، اراک، تبریز و بابلسر می‌باشد. علت این امر را می‌توان در میزان بارش شهرهای مذکور دانست به نحوی که با افزایش وضعیت بارندگی، میزان همبستگی بین شاخص‌های مذکور کاهش می‌یابد.



شکل-۲- میزان ضریب همبستگی پیرسون بین شاخصهای RDI و eRDI در مقیاسهای زمانی مورد نظر و در ایستگاههای مورد بررسی

مقادیر اختلاف هریک از وضعیت‌های رطوبتی با یکدیگر در ایستگاه‌های مورد مطالعه همانگونه که بیان شد، پس از تعیین وضعیت خشکسالی بر اساس هر یک از شاخص‌های مورد بررسی و در هر مقیاس زمانی و هر یک از شهرها، مقادیر اختلاف درصد هریک از وضعیت‌های رطوبتی با یکدیگر در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های مذکور تعیین شد که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، در شهر زاهدان در مقیاس‌های فصل بهار و نهماهه منتهی به خرداد هیچ اختلافی بین نتایج دو شاخص وجود ندارد. در این شهر تنها در مقیاس زمانی شش ماهه منتهی به خرداد تنها در یک مورد (یک مورد در ۵۹ طول سال، معادل ۱,۷ درصد) بین نتایج دو شاخص اختلاف به وجود آمده است. از نظر مقیاس زمانی به طور کلی کمترین اختلاف بین نتایج شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی، در فصل بهار اتفاق افتاده است. به طور کلی بیشترین اختلاف بین نتایج دو شاخص در شهر بابلسر (واقع در اقلیم مربوط ساحلی) اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر با توجه به نتایج شاخص‌ها در مناطق پربراش، اختلاف بین مقدار بارندگی و مقدار بارش موثر زیاد می‌باشد و این مسئله باعث شده است که نتایج شاخص‌ها متفاوت باشد، در حالی که در اقلیم‌های واقع در مناطق خشک و کمباران (مانند شهرهای زاهدان، بندرعباس) به دلیل کمبودن مقدار بارش و کمبودن رطوبت خاک اختلاف بین مقدار بارش با بارش موثر ناچیز می‌باشد. به عبارت دیگر، در اقلیمهای بیابانی و مناطق کمباران، جایگزینی بارش مؤثر ماهانه به جای بارش ماهانه تأثیری در تغییر وضعیت‌های رطوبتی نداشته است. علت این امر را نیز می‌توان به کمبودن میزان بارش ماهانه در این شهرها در مقیاس‌های زمانی ذکر شده دانست. در حالی که در اقلیم پربران ساحلی، بین مقدار بارش ماهانه و بارش موثر اختلاف بوجود می‌آید و بخشی از بارش، مازاد بر رطوبت خاک می‌باشد و در نتیجه بین دو شاخص اختلاف ایجاد می‌شود.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳، میانگین حاصل جمع مقادیر قدر مطلق اختلاف درصد وضعیت‌های رطوبتی بر



اساس شاخص‌های RDI در مناطق خشک و کم‌باران (شامل اقلیم‌های نیمه‌بیابانی، بیابانی ساحلی و بیابانی) کمتر از مناطق کوهستانی و پر‌باران (شامل اقلیم‌های نیمه کوهستانی و مرطوب ساحلی) می‌باشد. بنا بر این، وضعیت و شدت رخداد خشکسالی بر اساس شاخص مورد پایش متفاوت می‌باشد و این تفاوت در مناطق پر‌باران یا کوهستانی شدیدتر است.

جدول ۲- مقادیر اختلاف درصد هریک از وضعیت‌های رطوبتی با یک‌دیگر بر اساس شاخص‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی

مقیاس	بابلسر	تبریز	اراک	شهرود	بندرعباس	زاهدان
شش ماه منتهی به خرداد	۲۰/۳۴	۱۶/۹۵	۱۶/۹۵	۱۰/۱۷	۱۰/۱۷	۳/۳۹
نه ماه منتهی به خرداد	۱۳/۵۶	۲۰/۳۴	۲۰/۳۴	۶/۷۸	۲۰/۳۴	۰/۰
بهار	۶/۷۸	۶/۷۸	۱۳/۵۶	۳/۳۹	۰/۰	۰/۰
میانگین	۱۳/۵۶	۱۴/۶۹	۱۶/۹۵	۶/۷۸	۱۰/۱۷	۱/۱۳

جدول ۳- حاصل جمع مقادیر قدر مطلق اختلاف درصد وضعیت‌های رطوبتی بر اساس شاخص‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی

مقیاس زمانی \ ایستگاه	ایستگاه	بابلسر	تبریز	اراک	شهرود	بندرعباس	زاهدان
د	EW	۰/۰	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۰/۰	۰/۰
د	VW	۳/۴	۱/۷	-۳/۴	۲/۴	۱/۷	۱/۷
د	MW	-۳/۴	-۵/۱	۱/۷	-۵/۱	-۵/۱	۰/۰
د	N	-۶/۸	-۱/۷	۱/۷	-۱/۷	-۱/۷	-۵/۱
د	MD	۶/۸	۵/۱	۳/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰
د	SD	۰/۰	-۱/۷	-۱/۷	۰/۰	-۱/۷	-۱/۷
د	ED	۰/۰	۰/۰	۰/۰	-۳/۴	۰/۰	۰/۰
د	EW	۰/۰	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۰/۰	۰/۰
د	VW	۱/۷	۳/۴	-۱/۷	-۱/۷	۶/۸	۰/۰
د	MW	-۳/۴	-۵/۱	۰/۰	-۵/۱	-۳/۴	-۳/۴
د	N	۱/۷	۰/۰	۵/۱	۵/۱	-۳/۴	-۳/۴
د	MD	۳/۴	۱/۷	۲/۴	۱/۷	۳/۴	۳/۴
د	SD	۰/۰	-۱/۷	-۱/۷	-۱/۷	۳/۴	-۳/۴
د	ED	۰/۰	-۳/۴	۰/۰	-۱/۷	-۳/۴	-۳/۴
د	EW	۱/۷	۰/۰	۰/۰	۱/۷	۰/۰	۰/۰
د	VW	-۱/۷	۰/۰	-۳/۴	۰/۰	-۱/۷	-۱/۷
د	MW	۱/۷	-۳/۴	۰/۰	-۳/۴	۰/۰	-۳/۴
د	N	-۱/۷	۳/۴	۳/۴	۳/۴	-۱/۷	-۱/۷
د	MD	۰/۰	-۱/۷	-۱/۷	-۱/۷	۰/۰	۰/۰
د	SD	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
د	ED	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰



## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج مقادیر اختلاف درصد هریک از وضعیت‌های رطوبتی با یکدیگر در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های مذکور، مشاهده می‌شود که مقادیر اختلاف درصد در شهر زاهدان در مقیاس‌های نه ماه منتهی به خرداد و فصل بهار و در شهر بندرعباس در مقیاس فصل بهار صفر می‌باشد بدین معنا که جایگزینی بارش مؤثر به جای بارش کل، تأثیری در تغییر وضعیت‌های رطوبتی این شهرها و در این مقیاس‌های زمانی نداشته است. همچنین با توجه به شکل دو همبستگی بین دو شاخص در مقیاس‌های مورد بررسی در شهرهای زاهدان (اقلیم بیابانی)، شاهرود (اقلیم نیمه‌بیابانی) و بندرعباس (اقلیم بیابان ساحلی) بسیار بالا و نزدیک به ۱ می‌باشد. در عین حال همبستگی دو شاخص در ایستگاه بابلسر نسبت کمتر می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتری در رابطه با نحوه تشابه یا عدم تشابه رفتاری دو شاخص ذکر شده در مناطق مختلف اقلیمی کشور صورت گیرد.

## منابع

- رضایی، ح.، خان محمدی، ن.، منتصری، م. و بهمنش، ج. ۱۳۹۷. ارزیابی انتخاب تابع توزیع احتمالاتی مناسب در استفاده از شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI. *نشریه دانش آب و خاک*, ۲۸(۱): ۴۰ تا ۲۹.
- قبائی سوق، م.، زارع ابیانه، ح. و مساعدی، ا. ۱۳۹۶. توسعه‌ی شاخص تجمعی خشکسالی (ADI) بر پایه‌ی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به منظور پایش خشکسالی کشاورزی در استان گلستان - ایران. *نشریه تحقیقات منابع آب ایران*, ۱۳(۲): ۷۳-۵۶.
- کواکبی، غ.، موسوی بایگی، م.، مساعدی، ا. و جباری نوقابی، م. ۱۳۹۳. تعیین عوامل موثر بر وقوع خشکسالی با تحلیل داده‌های پانلی (مطالعه موردي استان خراسان رضوی). *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*, ۲۸(۶): ۱۲۹۸ تا ۱۳۱۰.
- مساعدی، ا.، محمدی مقدم، س. و کواکبی، غ. ۱۳۹۵. تعیین خصوصیات خشکسالی براساس شاخص شناسایی (RDI) و بررسی تغییرات آن در مناطق و دوره‌های مختلف زمانی. *نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*, ۶(۲۳).
- Aljani, B., Ghohroudi, M., and Arabi, N. 2008. Developing a climate model for Iran using GIS. *Theoretical and Applied Climatology*, 92: 103–112.
- Asadi Zarch, M., Malekinezhad, H., Mobin, M.H., Dastorani, M.T., and Kousari, M.R. 2011. Drought monitoring by reconnaissance drought index (RDI) in Iran. *Water Resources Management*, 25:3485–3504.
- Elagib, N.A. and Elhag M. 2011. Major climate indicators of ongoing drought in Sudan. *Journal of Hydrology*. 409. 612–625.
- He, B, Cui, X, Wang, H. and Chen, A. 2014. Drought: The most important physical stress of terrestrial ecosystems.. *Acta Ecologica Sinica*. 34. 179–183.
- Khalili, D., Farnoud, T., Jamshidi, H., Kamgar-Haghghi, A.A. and Zand-Parsa, Sh. 2011. Comparability analyses of the SPI and RDI meteorological drought indices in different climatic zones. *Water Resources Management*. 25: 1737-1757.
- Kirono, D.G.C., Kent D.M., Hennessy K.J., and Mpelasoka F. 2011. Characteristics of Australian droughts under enhanced greenhouse conditions: Results from 14 global climate models. *Journal of Arid Environments*, 75: 566-575.
- Madadgar, S. and Moradkhani, H. 2014. Spatio-temporal drought forecasting within Bayesian networks. *Journal of Hydrology*. 512. 134–146.
- Spinoni, J. , Naumann, G. , Vogt, J. and Barbosa, P. (2015). European drought



climatologies and trends based on a multi-indicator approach. *Journal of Global and Planetary Change*, 127, 50-57.

13. Tigkas, D., Vangelis, H. and Tsakiris, G. 2017. An Enhanced Effective Reconnaissance Drought Index for the Characterisation of Agricultural Drought. *Environmental Processes*. (2017) 4 (Suppl 1): 137-148
  14. Tsakiris, G. and Vangelis, H. 2005. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 910: 1-9
  15. Tsakiris, G. Pangalou, D. and Vangelis, H. 2007. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21: 821-833.
  16. Vangelis., H., Tigkar. D., and Tsakiris. G. 2013. The effect of PET method on reconnaissance drought index (RDI) calculation. *Journal of Arid Environments*, 88: 130-140.
  17. Wable, P.S., Jha, M.K. and Shekhar, A. 2019. Comparison of Drought Indices in a Semi-Arid River Basin of India. *Water Resources Management*. 33(1): 75-102.