تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال سیزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶
Volume 13, No. 3, Fall 2017 (IR-WRR)
۱۹۴-۱۹۷

یادداشت فنی

بررسی همبستگی بین سه شاخص خشکسالی با تعدادی از پارامترهای آب و هوایی در چند نمونه اقلیمی ایران

مسعود یوسفی[۱] ، حسین انصاری[۲*]، ابوالفضل مساعدی[۳] و سیده زهرا صمدی[۴]

چکیده

در این پژوهش به پایش خشکسالی بر اساس سه شاخص خشکسالی SPI، RDI، SPEI در ایستگاه‌های بابلسر، بندرعباس، سبزوار، شهرکرد، شیراز و زاهدان در نواحی مختلف آب و هوایی ایران پرداخته شده است. میزان همبستگی شاخص‌های خشکسالی مذکور در مقیاس ۱۲ ماهه با میانگین متحرک ۱۲ ماهه بارش، ETo و چهار پارامتر هواشناسی دمای کمینه، دمای بیشینه، سرعت باد و رطوبت نسبی محاسبه گردید. بر اساس نتایج، بالاترین مقادیر همبستگی بارش با شاخص SPI و همچنین همبستگی معناداری بین ETo با شاخص SPEI در ایستگاه‌های مختلف مشاهده گردید. همبستگی ETo با شاخص SPEI در مناطق کم باران و خشک مقادیر بسیار بالایی را نشان می‌دهد و با کاهش نسبت بارش به ETo، مقدار همبستگی شاخص SPEI با ETo افزایش می‌یابد. همبستگی پارامترهای هواشناسی مذکور با شاخص‌های مورد بررسی، در تمامی موارد کمتر از همبستگی ETo با شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. همچنین میزان این همبستگی، مستقیماً تحت تأثیر مقدار همبستگی پارامتر مورد بررسی با ETo قرار دارد. با توجه به همبستگی بسیار زیاد ETo با وضعیت خشکسالی در اکثر مناطق مورد بررسی و با توجه به نتایج این تحقیق، پیشنهاد می‌شود در مناطق خشک و نیمه‌خشک از شاخص SPEI (در مقایسه با شاخص‌های SPI و RDI) جهت پایش خشکسالی استفاده شود. ضمن‌آنکه استفاده از شاخص SPI در این مناطق به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود. در عین حال، در مناطق با نسبت بارش به ETo نزدیک به یک، استفاده از شاخص‌های مبتنی بر بارش مانند SPI می‌تواند به خوبی نشانگر وضعیت خشکسالی منطقه باشد.

کلمات کلیدی: خشکسالی، همبستگی، شاخص شناسایی خشکسالی، شاخص بارش- تبخیر و تعرق استانداردشده، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۴/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۱/۱۵

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۳- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، و استاد وابسته گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۴- پژوهش یار گروه عمران و محیط زیست، دانشگاه کالیفرنیای جنوبی، ایالات متحده آمریکا
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان اسفند ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

Technical Note

The Relationship Between Three Drought Indices with a Number of Climate Parameters in Several Climatic Zones of Iran

M. Yosefi[1], H. Ansari[2], A. Mosaedi[3] and Z. Samadi[4]*

Abstract

In this study, drought monitoring in different areas of Iran's climate are performed based on three drought indices of SPI, RDI and SPEI in stations Babolsar, Bandar Abbas, Sabzevar, Shiraz and Zahedan. The correlation between the drought indices in 12-month scale with 12-month moving average of Precipitation, ETo and four meteorological parameters including minimum and maximum temperatures, wind speed and relative humidity were calculated. According to the results SPI index showed the highest correlation with rainfall. Also significant correlation were observed between SPEI index and ETo in different climatic station. ETo correlation with SPEI index shows extremely high values in low rainfall and dry stations which increased as the precipitation to ETo ratio decreased. Meteorological parameters affecting ETo showed higher correlations with these parameters compared to their correlations with drought indices. The correlation value of meteorological parameters affecting ETo with droght indices is directly affected by their correlations with ETo. Due to high correlation of ETo with drought conditions in most of the studied stations it is suggested that in arid and semi-arid area the SPEI index be used for drought monitoring. Using SPI index is not recommended in these areas in any way. However, in areas in which the ratio of precipitation to ETo is close to one, Using indices which are based on rainfall such as SPI can be a good representative of the region's drought status.

Keywords: Drought, Correlation, Reconnaissance Drought Index (RDI), Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI), Iran.

Received: July 9, 2016
Accepted: February 3, 2017

1- M.Sc. Student of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2-Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Email: ansary@um.ac.ir
3-Professor, Faculty of Natural Resources and Environment / Department of Water Sciences and Engineering. Ferdowsi University of Mashhad, Iran
4-Research Associate, Department of Civil and Environmental Engineering, University of South Carolina-USA
*- Corresponding Author

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

بررسی پدیده‌های مخاطره‌آمیز نشان می‌دهد که خشکسالی در رده اول پدیده‌های خطرآفرین طبیعی قرار دارد (Bryant, 2005). یکی از پرکاربردترین سیستم‌های پایش خشکسالی، استفاده از شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. تا کنون شاخص‌های خشکسالی متفاوتی به‌منظور پایش خشکسالی ارائه شده‌اند. از این میان شاخص‌های بارش استانداردشده (SPI)، شناسایی خشکسالی (RDI) و بارش- تبخیر و تعرق استانداردشده (SPEI) کاربرد بیشتری پیدا نموده اند.

بارش اولین متغییری است که می‌تواند در بررسی خشکسالی مورداستفاده قرار گیرد (Nohi and Askari, 2005). پارامترهایی نظیر تبخیر و تعرق و درجه حرارت هوا که باعث تشدید اثرات خشکسالی می‌گردند، در شاخص‌های ساده مانند SPI مدنظر قرار نگرفته‌اند. در مناطق کم باران و خشک درجه حرارت نیز نقش مهمی را رابطه با میزان رطوبت قابل دسترس گیاه ایفا می‌کند. Abramopoulos et al. (1998) بیان نمودند که تأثیر افزایش دما در تشدید خشکسالی به‌مراتب بیشتر از کاهش بارش می‌باشد که می‌تواند نقش مؤثر دما در تضعیف یا تقویت شرایط خشکسالی را تائید کند.

در پژوهش حاضر به ارزیابی همبستگی شاخص‌های خشکسالی SPI (پایش خشکسالی صرفا بر مبنای بارش)، RDI و SPEI (پایش خشکسالی بر مبنای بارش و ETo)؛ با پارامترهای بارش، ETo و تعدادی از پارامترهای مؤثر بر ETo در شش ایستگاه سینوپتیک کشور و بررسی تأثیر وضعیت اقلیمی مناطق بر این ارتباط پرداخته می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مناطق مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش شش ایستگاه سینوپتیک بابلسر، بندرعباس، زاهـــدان، سبزوار، شهرکرد و شیراز مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که بر اساس تقسیم‌بندی Alijani et al. (2008) از نظر وضعیت اقلیمی با یکدیگر متفاوت می‌باشند. برخی از خصوصیات آب و هوایی ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. داده‌های مورد استفاده شامل آمار ماهیانه ایستگاه‌های سینوپتیک طی سال‌های ۱۹۶۵ الی ۲۰۱۴ میلادی (به مدت ۵۰ سال) می‌باشند.

۲-۲- روش تحقیق

در این تحقیق مقادیر هر یک از شاخص‌های خشکسالی SPI، RDI و SPEI در مقیاس ۱۲ ماهه محاسبه گردید. پس از آن مقادیر ضریب همبستگی پیرسن[5] بین شاخص‌های خشکسالی با دو عامل بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل و پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت نسبی و سرعت باد محاسبه گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی همبستگی شاخص‌های خشکسالی با پارامترهای هواشناسی

مقادیر همبستگی میانگین متحرک ۱۲ ماهه پارامترهای هواشناسی ذکرشده با شاخص‌های خشکسالی در مقیاس ۱۲ ماهه محاسبه شده است. این نتایج در جدول ۲ ارائه گردیده است.

۳-۲- بررسی همبستگی پارامترهای بارش و ETo با شاخص‌های خشکسالی

با توجه به نتایج جدول ۲، همبستگی بالایی بین شاخص SPI و میانگین متحرک بارش در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی مشاهده می‌گردد. با توجه به این‌که در محاسبه شاخص SPI تنها پارامتر بارش مستقیماً دخالت داده می‌شود، این نتیجه دور از انتظار نیست. شاخص RDI نیز بدون توجه به ناحیه آب و هوایی، مقادیر همبستگی بالایی

Table 1- Some of the climatic characteristics of studied synoptic stations

جدول ۱- برخی از خصوصیات آب و هوایی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی

Station	Average annual temperature (°C)	Average relative humidity (%)	Average annual rainfall (mm)	Average annual ETo (mm)	Rainfall ETo ratio (%)	Climatic zone
Babolsar	16.91	81.32	914.42	959.12	0.95	Coastal
Bandarabbas	27.12	64364	171.63	1936.84	0.08	Arid coastal
Sabzevar	17.83	40.03	193.11	1942.76	0.09	Semi-desert
Shahrekord	12.21	45.91	330.01	1198.91	0.27	Mountainous
Shiraz	18.28	39.67	322.1	1815.51	0.17	Semi-mountainous
Zahedan	18.86	32.29	78.32	2115.57	0.03	Desert

Archive of SID
www.SID.ir

Table 2- Drought Indices correlation with studied parameters

جدول ۲- مقادیر همبستگی شاخص‌های خشکسالی با پارامترهای مورد بررسی

Station	Parameter	Index			Station	Parameter	Index		
		SPI	RDI	SPEI			SPI	RDI	SPEI
Babolsar	Moving average of Precipitation	0.995	0.908	0.910	Babolsar	Moving average of max temperature	-0.183	-0.401	-0.378
Bandarabbas		0.969	0.969	0.763	Bandarabbas		-0.428	-0.440	-0.405
Sabzevar		0.992	0.916	0.510	Sabzevar		-0.479	-0.478	-0.341
Shahrekord		0.993	0.868	0.475	Shahrekord		-0.376	-0.247	-0.073
Shiraz		0.982	0.976	0.746	Shiraz		-0.544	-0.561	-0.481
Zahedan		0.966	0.958	0.474	Zahedan		-0.532	-0.574	-0.579
Babolsar	Moving average of ETo	-0.047	-0.436	-0.430	Babolsar	Moving average of relative humidity	0.026	0.280	0.277
Bandarabbas		-0.455	-0.545	-0.917	Bandarabbas		0.516	0.542	0.600
Sabzevar		-0.386	-0.693	-0.984	Sabzevar		0.614	0.576	0.355
Shahrekord		-0.048	-0.517	-0.896	Shahrekord		0.391	0.411	0.304
Shiraz		-0.215	-0.382	-0.825	Shiraz		0.513	0.540	0.505
Zahedan		-0.322	-0.459	-0.981	Zahedan		0.514	0.594	0.784
Babolsar	Moving average of min temperature	-0.040	-0.328	-0.317	Babolsar	Moving average of wind speed	0.079	-0.241	-0.244
Bandarabbas		-0.339	-0.359	-0.365	Bandarabbas		-0.082	-0.132	-0.391
Sabzevar		-0.028	-0.005	0.043	Sabzevar		-0.295	-0.570	-0.871
Shahrekord		-0.044	0.252	0.523	Shahrekord		-0.032	-0.382	-0.716
Shiraz		0.157	0.160	0.136	Shiraz		-0.050	-0.201	-0.636
Zahedan		-0.213	-0.260	-0.443	Zahedan		-0.164	-0.237	-0.527

را با پارامتر بارش در تمامی ایستگاه‌ها ارائه می‌دهد. با کاهش نسبت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل (جدول ۱)، مقادیر همبستگی شاخص SPEI با بارش کاهش می‌یابد. در نواحی بیابانی و نیمه بیابانی و بیابانی کمترین مقادیر همبستگی شاخص SPEI با بارش و در ناحیه مرطوب ساحلی بیشترین همبستگی شاخص SPEI با بارش مشاهده می‌گردد. مقادیر ETo با شاخص‌های خشکسالی همبستگی منفی را ارائه می‌نماید. با بررسی نتایج مشاهده می‌گردد شاخص SPEI مقدار همبستگی بسیار بالایی با ETo را در تمام نواحی به جز منطقه مرطوب ساحلی ارائه می‌کند. در حالی‌که شاخص RDI با ETo همبستگی کمتری را نسبت به شاخص SPEI نشان می‌دهد (جدول ۲). مقدار همبستگی شاخص SPEI با ETo در نواحی مختلف متفاوت می‌باشد، به‌گونه‌ای که همبستگی شاخص SPEI و ETo در مناطق کم باران با میزان تبخیر و تعرق بالا (نسبت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل کمتر از ۰/۱) مانند مناطق بیابانی، نیمه بیابانی و بیابانی ساحلی، مقادیر همبستگی بالایی را نشان می‌دهد که بیانگر نقش بالای تبخیر و تعرق در پایش خشکسالی در این مناطق می‌باشد، در حالی‌که در مناطق مرطوب ساحلی مانند بابلسر (که میزان بارش تقریباً برابر تبخیر و تعرق پتانسیل است) دو شاخص SPEI و ETo مقدار همبستگی کمتری را نشان می‌دهند.

۳-۳- بررسی همبستگی پارامترهای هواشناسی مؤثر بر تبخیر و تعرق پتانسیل با شاخص‌های خشکسالی

مقادیر ضرایب همبستگی میانگین متحرک ۱۲ ماهه ETo با عوامل مؤثر بر آن در جدول ۳ ارائه گردیده است. با توجه به نتایج جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌گردد در مواردی که پارامتر مورد بررسی دارای همبستگی مثبت با ETo می‌باشد، همبستگی پارامتر مورد نظر با شاخص‌های خشکسالی، دارای مقدار منفی می‌باشد. به عبارت دیگر، پارامترهایی که با افزایش آن‌ها پدیده تبخیر و تعرق افزایش می‌یابد، همانند خود پدیده تبخیر و تعرق با شاخص‌های خشکسالی همبستگی منفی دارند و بلعکس.

مقادیر همبستگی پارامترهای مؤثر بر ETo با شاخص‌های مورد بررسی، در اکثر موارد همبستگی ضعیفی را ارائه می‌دهند. علت این امر را می‌توان، تأثیر ضمنی و در نهایت تجمیع اثر هر یک از این پارامترهارا در خشکسالی بیان نمود.

Archive of SID
www.SID.ir

Table 3- 12-month ETo moving average correlation coefficient with factors affecting it
جدول ۳- مقادیر ضرایب همبستگی میانگین متحرک ۱۲ ماهه ETo با عوامل مؤثر بر آن

Station	Wind speed	Relative humidity	Max temperature	Min temperature
Babolsar	0.795	-0.667	0.610	0.757
Bandarabbas	0.485	-0.496	0.303	0.308
Sabzevar	0.903	-0.275	0.273	-0.069
Shahrekord	0.798	-0.264	-0.117	-0.625
Shiraz	0.863	-0.293	0.239	-0.089
Zahedan	0.536	-0.750	0.521	0.441

ازاین‌رو، در تمام موارد مقدار همبستگی بین پارامترهای مذکور و شاخص‌های مورد بررسی کمتر از همبستگی بین ETo و شاخص‌ها می‌باشد.

با قطعیت نمی‌توان تفسیر دقیقی از همبستگی یک به یک پارامترهای مؤثر بر ETo با شاخص‌های خشکسالی همانند پارامترهای بارش و ETo را ارائه نمود. علت این امر را می‌توان همبستگی‌های ضعیف پارامترهای مورد بررسی با شاخص‌های خشکسالی و تأثیر ناهمگون هر پارامتر بر پدیده تبخیر و تعرق در نواحی مختلف آب و هوایی بیان نمود.

۴- خلاصه و جمع‌بندی

بررسی نتایج نشان می‌دهد که بالاترین مقادیر همبستگی بارش با شاخص SPI و همچنین همبستگی معناداری بین ETo با شاخص SPEI در نواحی مختلف آب و هوایی وجود دارد. همبستگی ETo با شاخص SPEI در مناطق کم باران و خشک مقادیر بسیار بالایی را نشان می‌دهد و با کاهش نسبت بارش به ETo، مقدار همبستگی شاخص SPEI با ETo افزایش می‌یابد. همچنین همبستگی پارامترهای هواشناسی مؤثر بر ETo با این شاخص‌ها در تمامی موارد کمتر از همبستگی ETo با شاخص‌های خشکسالی می‌باشد و میزان همبستگی این پارامترها با شاخص‌ها، مستقیماً تحت تأثیر همبستگی آن‌ها با ETo قرار دارد. این پارامترها به‌طورضمنی بر خشکسالی تأثیرگذار می‌باشند و تجمیع اثر آن‌ها بر خشکسالی مؤثرتر می‌باشد.

با توجه به همبستگی بسیار زیاد ETo با وضعیت خشکسالی در اکثر مناطق مورد بررسی و با توجه به نتایج این تحقیق، پیشنهاد می‌شود در مناطق خشک و نیمه‌خشک از شاخص SPEI (در مقایسه با شاخص‌های SPI و RDI) جهت پایش خشکسالی استفاده شود. ضمن آنکه استفاده از شاخص SPI در این مناطق به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود. به دلیل آنکه در پایش خشکسالی بر اساس شاخص SPI تنها بارش در تعیین مقادیر SPI مستقیماً دخالت داده می‌شود، همبستگی معناداری بین عوامل مؤثر بر ETo و شاخص SPI وجود ندارد. در عین حال، در مناطق با نسبت بارش به ETo نزدیک‌به‌یک، استفاده از شاخص‌های مبتنی بر بارش مانند SPI می‌تواند به خوبی نشانگر وضعیت خشکسالی منطقه باشد. نتایج این بخش با یافته‌های Hatefi et al. (2015) مطابقت دارد.

۵- پی‌نوشت‌ها

1-Standardized Precipitation Index
2-Reconnaissance Drought Index
3-Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index
4-Evapotranspiration
5-Pearson Product-Moment Correlation

۶- مراجع

Abramopoulos F, Rosenzweig C, Choudhury B (1988) Improved ground hydrology calculations for global climate models (GCMs) Soil water movement and evapotranspiration. Journal of Climate 1:921– 941

Alijani B, Ghohroudi M, Arabi N (2008) Developing a climate model for Iran using GIS. Theoretical and Applied Climatology 92:103–112

Bryant EA (2005) Natural Hazards. Cambridge, New York and Melbourne:Cambridge University Press

Hatefi A, Mosaedi A, Jabbbari Nooghabi M (2015) The Role of evapotranspiration in meteorological drought monitoring in some climatic regions of the country. Journal of Water and Soil Conservation 23(2):1-21 (In Persian)

Nohi K, Askari A (2005) Assessment of return period wet condition and droughts in the region of Qom. Journal of dryness and agricultural drought 15:47-64 (In Persian)

Archive of SID
www.SID.ir