

ارزیابی شاخص NDSI در پایش خشکسالی به کمک تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: استان اصفهان)

مهتاب صفری شاد^۱

محمود حبیب نژاد روشن^۲

علیرضا ایلدرمی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۴/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۹/۳۰

چکیده

موضوع خشکسالی در مطالعات منابع آب اهمیت زیادی دارد. شاخص‌های خشکسالی هواشناسی مستقیماً از روی داده‌های هواشناسی نظیر بارندگی محاسبه می‌شوند و در صورت فقدان داده‌های مذکور، در پایش خشکسالی مفید واقع نخواهند شد. لذا تکنیک سنجش از دور می‌تواند ابزاری مفید در پایش خشکسالی به شمار رود. در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS روند تغییرات شاخص نرمال شده پوشش گیاهی استان اصفهان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ بررسی شد. شاخص NDVI علاوه بر پوشش گیاهی طبیعی برای پایش خشکسالی به ویژه خشکسالی زراعی نوع دوم هم می‌تواند مؤثر باشد. با در نظر گرفتن این شاخص، پوشش گیاهی منطقه به ۴ گروه طبقه‌بندی شد و مساحت هر کدام از طبقات نیز محاسبه شد. در نهایت دو شاخص NDVI و SPI مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از محاسبه شاخص SPI حاکی از وقوع خشکسالی شدید در سال ۲۰۰۸ و خشکسالی متوسط به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ در استان اصفهان است. محاسبه شاخص NDVI در این سه سال نیز نشان داد که میزان پوشش گیاهی ضعیف به طور قابل محسوسی افزایش یافته است. با این حال نتایج حاصل از اثر تغییرات بارندگی بر روی شاخص NDVI نشان داد که همزمانی وقوع خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی در تمام سال‌ها وجود ندارد. برای سال ۲۰۰۶ علی‌رغم اینکه بارش بیشتر از سال‌های قبل و بعد و بیشتر از میانگین بارش استان بوده، اما براساس نتایج شاخص NDVI این سال همراه با خشکسالی کشاورزی (کاهش ارزش شاخص NDVI) بوده و برعکس در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ که بارش کمتر از سال ۲۰۰۶ رخ داده اما شرایط دیم و مرتع بهتر از سال ۲۰۰۶ بوده و همچنین در سال ۲۰۰۳ با اختلاف ۲ میلی‌متر بارش در سال ۲۰۰۲، مقدار شاخص NDVI کاهش زیادی یافته است. نتایج این تحقیق ضرورت تعریف نمایه‌ای که همه این موارد را بیان کند دوچندان می‌کند.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی هواشناسی، سنجش از دور، سنجنده MODIS، شاخص NDVI، استان اصفهان

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران (نویسنده مسئول) mahtabsafari66@gmail.com

۲- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری ایران roshanbah@yahoo.com

۳- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر ایران ildoromi@gmail.com

۱- مقدمه

خشکسالی دست یافت (همیم، ۲۰۰۲: ۱۱۵۲). از مزایای استفاده از سنجش از دور نسبت به روش‌های هواشناسی، می‌توان به افزایش نقاط نمونه‌برداری، سطح پوشش وسیع‌تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه‌ی کمتر اشاره کرد (ویلهایت، ۲۰۰۰: ۲). در زمینه‌ی برخورداری از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص NDVI^۹، مطالعات مختلفی در سراسر جهان انجام شده است. علاوه بر این، شاخص NDVI در سطح جهانی برای شناسایی خشکسالی زراعی نوع دوم در مناطق مختلف با شرایط زیست محیطی متغیر، پذیرفته شده است (جین و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۸۱؛ مورثی و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۱۹۷)، فانک و بود^{۱۲} خشکسالی کشاورزی را با استفاده از شاخص NDVI و سنجنده MODIS^{۱۳} در زیمبابوه بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که این شاخص برای پیش‌دقیق خشکسالی، مناسب است (فانک و بود، ۲۰۰۹: ۱۲۲) در این راستا، استخراج شاخص ماهواره‌ای NDVI و بررسی عملکرد شاخص NDVI در پیش‌دقیق خشکسالی کشاورزی از جمله اهداف اصلی این مطالعه است.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با مساحت ۱۰۷۰۴۵ کیلومتر مربع (معادل ۶/۵۷ درصد از مساحت کشور) بین ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی در بخش مرکزی ایران واقع شده است (نگاره ۱). شکل استان از لحاظ گسترش در امتداد طول و عرض جغرافیایی به گونه‌ای است که میانگین طول آن ۵۳۲/۵ کیلومتر و عرض استان برابر با ۴۰۵ کیلومتر می‌باشد. آب و هوای استان از نوع بیابانی است که وجود

خشکسالی پدیده‌ای است اقلیمی که به صورت دوره‌ای در هر منطقه و با هر شرایط آب و هوایی رخ می‌دهد لذا شناسایی خشکسالی خود یافته‌ای ارزشمند برای مدیریت منابع آبی مناطقی چون ایران است که بخش اعظم آن را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد (شریفان و رحیمی، ۱۳۹۲: ۲). نقطه مشترک همه مطالعات در زمینه‌ی خشکسالی آن است که برای پیش یا کمی سازی این پدیده از نمایه‌هایی استفاده می‌کنند. عناصر موجود در نمایه‌ها، عوامل آب و هوایی مؤثر در شکل‌گیری خشکسالی هستند. به عنوان مثال، در اغلب نمایه‌های خشکسالی هواشناسی از عامل بارندگی (در مقیاس‌های مختلف زمانی) استفاده می‌شود، زیرا امکانات دسترسی به اطلاعات تاریخی این عامل در اکثر نقاط دنیا وجود دارد (رضیعی و همکاران، ۱۳۸۶: ۲۹۳). کاربردترین نمایه خشکسالی هواشناسی، نمایه بارش استاندارد (SPI)^۱ است. لوکاس و واسیلیادس^۲، بویان و کوغان^۳، گیدینگز^۴ و همکاران و هونگ^۵ و همکاران برای پیش‌دقیق خشکسالی‌ها در نقاط مختلف دنیا از نمایه بارش استاندارد (SPI) استفاده نمودند و این شاخص را یک ابزار قوی برای مطالعه خشکسالی معرفی کردند (لوکاس و واسیلیادس، ۲۰۰۴: ۷۱؛ بویان، ۲۰۱۰: ۳۲۲۳؛ گیدینگز و همکاران، ۲۰۰۵: ۵۴؛ هونگ و همکاران، ۲۰۰۵: ۵۰۵). نمایه بارش استاندارد (SPI) به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های بارندگی و قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه به عنوان مناسب‌ترین نمایه برای پیش‌دقیق خشکسالی هواشناسی شناخته شده است (کنسلیر^۶ و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۰۵). با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور می‌توان خشکسالی را از طریق آثاری که بر گیاهان و کشاورزی دارد، مطالعه کرد و در نتیجه به نتایج دقیق‌تر و مؤثرتری برای مدل‌سازی

7- Heim

8- Wilhite

9-Normalized Deference Vegetation Index

10- Jain

11- Murthy

12- Funk and Budd

13- Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

1- Standardized Precipitation Index

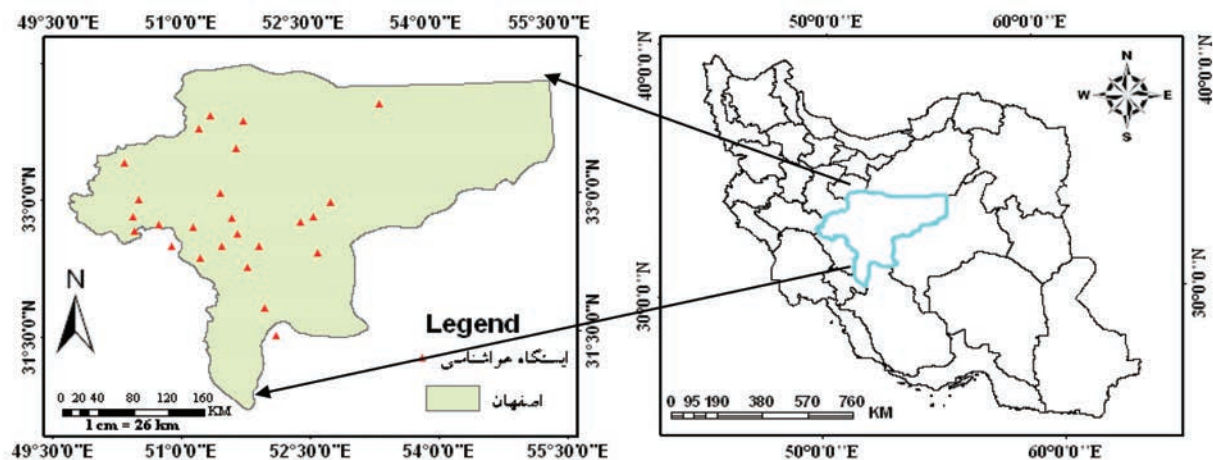
2- Lukas and Vasililiades

3- Bhuiyan and Kogan

4- Giddings

5- Hung

6- Cancelliere



نگاره ۱: موقعیت استان اصفهان و ایستگاه‌های باران سنجی استان

۲۰۱۴: ۱۰۹). در پژوهش حاضر از تصاویر طیفی سنجنده MODIS با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر استفاده شد. گفتنی است که تصویر سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ در دسترس نبود، بنابراین خشکسالی برای این سال‌ها محاسبه نگردید. تمامی تصاویر از تارنمای گلوویس^۱ دریافت شده و روی آنها اصلاحات لازم انجام گرفته است.

رشته‌کوه‌های زاگرس در قسمت غرب آن مانع نفوذ رطوبت به نواحی مرکزی و شرق استان می‌گردد. از طرفی وجود نواحی پست و کویری شرق استان، هوای بخش وسیعی از آن را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. متوسط بارش سالانه استان ۱۶۰ میلیمتر و متوسط بارش شهر اصفهان حدود ۱۲۰ میلیمتر است. تنوع رژیم حرارتی در استان تحت تأثیر مناطق کوهستانی و کویری و وزش بادهای غربی است به طوری که میانگین دمای سالانه در مناطق غرب و جنوب به حدود ۴ درجه سانتیگراد می‌رسد. در بین مناطق استان، خور با میانگین دمای سالانه ۱۹/۵ درجه سانتیگراد گرمترین و سمیرم با دمای میانگین سالانه ۱۰/۶ درجه سانتیگراد سردترین منطقه استان اصفهان می‌باشد (جعفری و بخشنده مهر، ۱۳۹۳: ۱۸۶).

۲-۳- شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده NDVI^۲

شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده (NDVI) کاربرد گسترده‌ای جهت تشخیص مناطق دارای پوشش گیاهی سالم از ناسالم و مناطق عاری از پوشش دارد (مانندهر و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۳۱). این شاخص وضعیت پوشش گیاهی را بر روی سطح زمین در مناطق وسیع نشان می‌دهد. ارزش عددی شاخص NDVI بین ۱- تا ۱ متغیر می‌باشد. ارزش‌های عددی مثبت مربوط به پوشش گیاهی متراکم و ارزش عددی صفر و مقادیر نزدیک به آن مربوط به مناطق بدون پوشش گیاهی است و مکان‌های خیس و آب، ارقام نزدیک به ۱- را دارا هستند (روس و همکاران، ۱۹۷۳: ۳۱۲) و از طریق معادله زیر محاسبه

$$NDVI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + P_{RED}} \quad (1)$$

می‌شود:

۲-۲- سنجنده MODIS

سنجنده MODIS یک سنجنده علمی مفید است که در سال ۱۹۹۹ به وسیله سازمان ناسا در مدار زمین، بر روی ماهواره Terra (EOS AM) و در سال ۲۰۰۲ بر روی ماهواره Aqua (EOS PM) قرار گرفت. این سنجنده هر روز یک پوشش کامل تصویری از زمین در ۳۶ باند طیفی (باندهای ۱ تا ۷ که جزء باندهای انعکاسی هستند و همچنین باندهای ۲۰ تا ۲۳ که جزء باندهای تابشی هستند) با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ متر به طور ردیفی و با دیدی به عرض ۲۳۳۰ کیلومتر را پوشش می‌دهد (صفری شاد و همکاران،

1- www.glovis.usgs.gov

2- Normalized Difference Vegetation Index

3- Manandhar

4-Rouse

جدول ۱- نمایه SPI برای پایش خشکسالی

نمایه SPI	وضعیت آب و هوایی
۲ و بیشتر	شدیدا مرطوب
بین ۱/۵ تا ۱/۹۹	بسیار مرطوب
بین ۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
بین ۰ تا ۰/۹۹	رطوبت کم
بین ۰/۹۹ تا -۰/۹۹	خشکسالی کم
بین -۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
بین -۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی زیاد
-۲ و کمتر	خشکسالی خیلی زیاد

مأخذ: امین علیزاده، ۱۳۸۶: ۲۱۵

۲-۵- همبستگی پیرسون

ضریب همبستگی پیرسون به منظور بررسی رابطه بین دو متغیر پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار ضریب همبستگی بین +۱ و -۱ در نوسان است. اگر تغییر متغیرها همسو باشد، همبستگی یا مقدار r مثبت بوده و به آن همبستگی مستقیم یا مثبت می‌گویند. اما اگر تغییر متغیرها همسو نباشد، همبستگی یا مقدار r منفی بوده و به آن همبستگی غیرمستقیم یا منفی می‌گویند. اگر مقدار به دست آمده برای ضریب همبستگی صفر باشد این بدان معناست که دو متغیر مورد نظر مستقل از هم هستند و هیچگونه رابطه‌ای بین آنها وجود ندارد. باید توجه داشت که مقدار مطلق ضریب همبستگی نشانگر قوت همبستگی است و علامت مثبت یا منفی تأثیری در این زمینه ندارد (دلوری، ۱۳۸۷: ۲۷۰). ضریب همبستگی پیرسون توسط رابطه زیر حساب می‌شود:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

در تحقیق حاضر به منظور محاسبه همبستگی میان مقادیر متوسط NDVI و SPI از این ضریب استفاده شد.

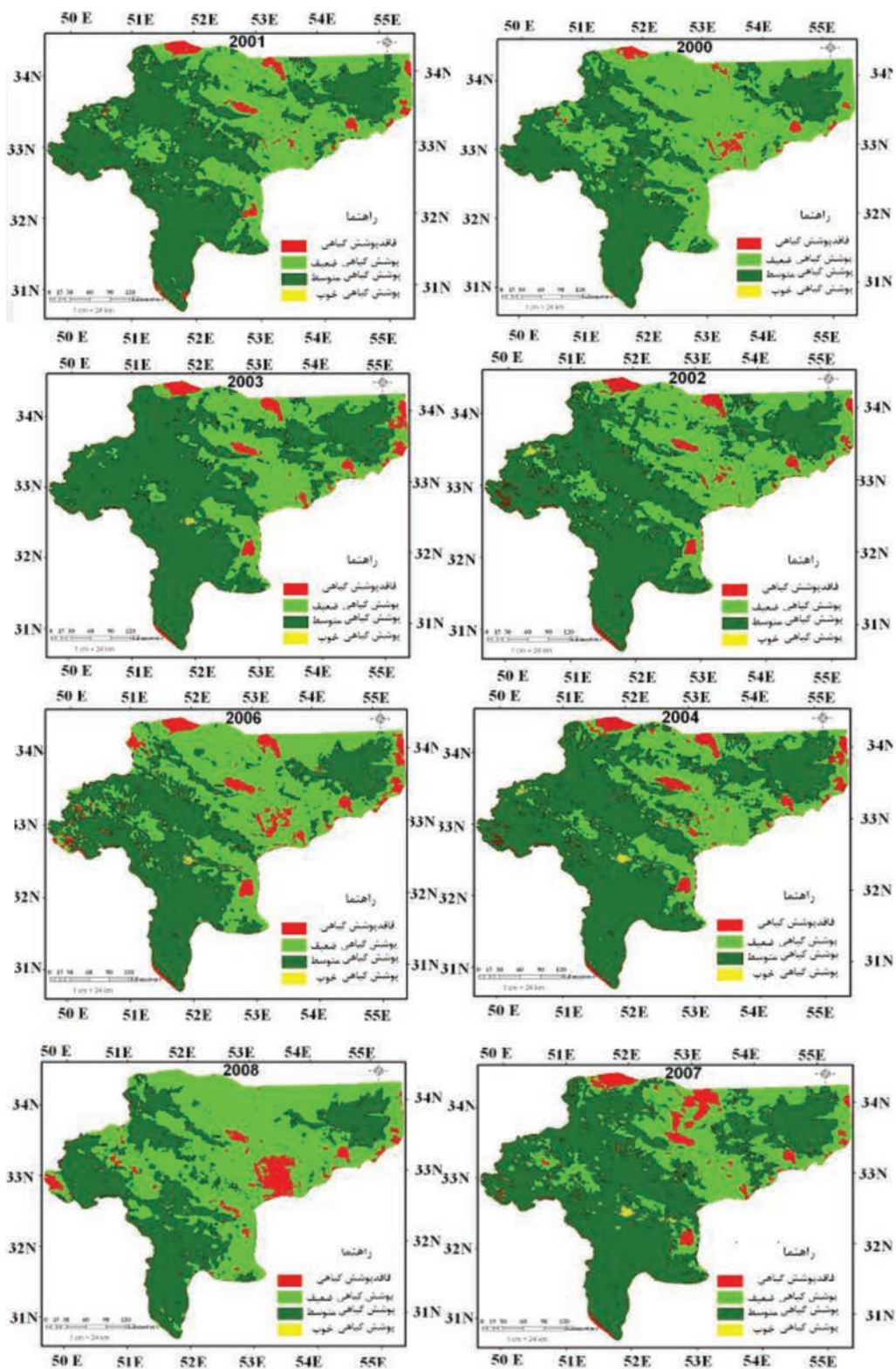
که در آن P_{Red} باند قرمز و P_{NIR} باند مادون قرمز نزدیک است.

۲-۴- شاخص SPI

شاخص SPI بر پایه احتمال وقوع بارندگی‌های با دوره‌های زمانی مشخص استوار است (لشمی زند، ۱۳۸۳: ۶۸). در این روش ابتدا داده‌های بارندگی را به یک توزیع برازش داده و سپس آن را به توزیع نرمال تبدیل می‌نماییم. به طوریکه میانگین SPI برای دوره و منطقه مورد نظر صفر شود، حال مقادیر مثبت SPI بالاتر از میانه و مقادیر منفی پایین تر از مقادیر میانه داده‌های بارندگی خواهد بود (امین علیزاده، ۱۳۸۶: ۲۱۵). در این تحقیق از دوره زمانی سه ماهه جهت محاسبه SPI استفاده شده است. SPI در مقیاس زمانی سه ماهه نوسان‌های زیادی دارد و در مقیاس زمانی بلندمدت، این نوسان‌ها کاهش می‌یابد و می‌تواند چنین تفسیر شود که SPI کوتاه مدت نسبت به شرایط رطوبتی بسیار حساس است، بنابراین با کوچک ترین تغییر در بارندگی ماهانه، SPI به سرعت پاسخ می‌دهد (جی و پتیر، ۲۰۰۳: ۸۷) برای محاسبه این شاخص از رابطه ۲ استفاده می‌شود:

$$SPI_n = \frac{P_0 + \sum (P_{-i}) - \mu_n}{\delta_n} \quad (2)$$

که در آن n: «تعداد ماه‌هایی که بارندگی تجمعی برای آنها حساب شده است»، P_0 : مقدار نرمال شده بارندگی ماه فعلی، P_{-i} : مقدار نرمال شده بارندگی ماه قبل، μ_n : میانگین مقدار بارندگی تجمعی برای ماه n و δ_n : انحراف معیار مقدار بارندگی برای ماه‌ها می‌باشد. چنانچه در یک دوره آماری وضعیت آب و هوایی را براساس این شاخص برای هر سال تعیین نماییم از هر زمان که این شاخص کوچک‌تر از -۱ باشد، خشکسالی آغاز و تا زمانی که این شاخص کوچک‌تر از -۱ باشد نشان دهنده این است که خشکسالی هنوز ادامه داشته و هر زمان که برعکس نمایه از ۱ تجاوز کرده باشد، نشان دهنده آغاز یک دوره ترسالی می‌باشد.



نگاره ۲: نقشه‌های NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS (۲۰۰۰ - ۲۰۰۸)

۳- بحث و نتایج

۳-۱- محاسبه شاخص NDVI

اما در عوض مساحت پوشش گیاهی ضعیف به خصوص در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است. در نهایت برای ارزیابی کارایی شاخص NDVI بین مقادیر متوسط این شاخص و مقادیر متوسط شاخص SPI در نرم افزار SPSS همبستگی پیرسون برقرار شد و نتایج به دست آمد (جدول، ۲). طبق نتایج، همبستگی پیرسون شاخص NDVI با شاخص SPI برابر $+0/70$ به دست آمد که از همبستگی قوی برخوردار است. طبق همبستگی، سطح معناداری نیز برای شاخص قابل قبول بوده، بنابراین شاخص NDVI همبستگی بالایی با بارش سه ماهه داشته و نتایج آن قابل اعتماد است.

جدول ۲: نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین مقادیر متوسط شاخص NDVI و مقادیر متوسط شاخص SPI

SPI	NDVI	
$+0/704$ $0/010$		NDVI سطح معناداری
	$+0/704$ $0/010$	SPI سطح معناداری

همچنین براساس مقادیر شاخص NDVI بدست آمده از تصاویر (جدول، ۳)، مشاهده می شود که مقدار میانگین این شاخص در تصویر سال ۲۰۰۸ برابر $0/530$ می باشد که شاهد کاهش مقادیر میانگین این شاخص همزمان با رخداد خشکسالی در سال ۲۰۰۸ هستیم.

جدول ۳: مقادیر متوسط شاخص NDVI برای سال های مورد بررسی

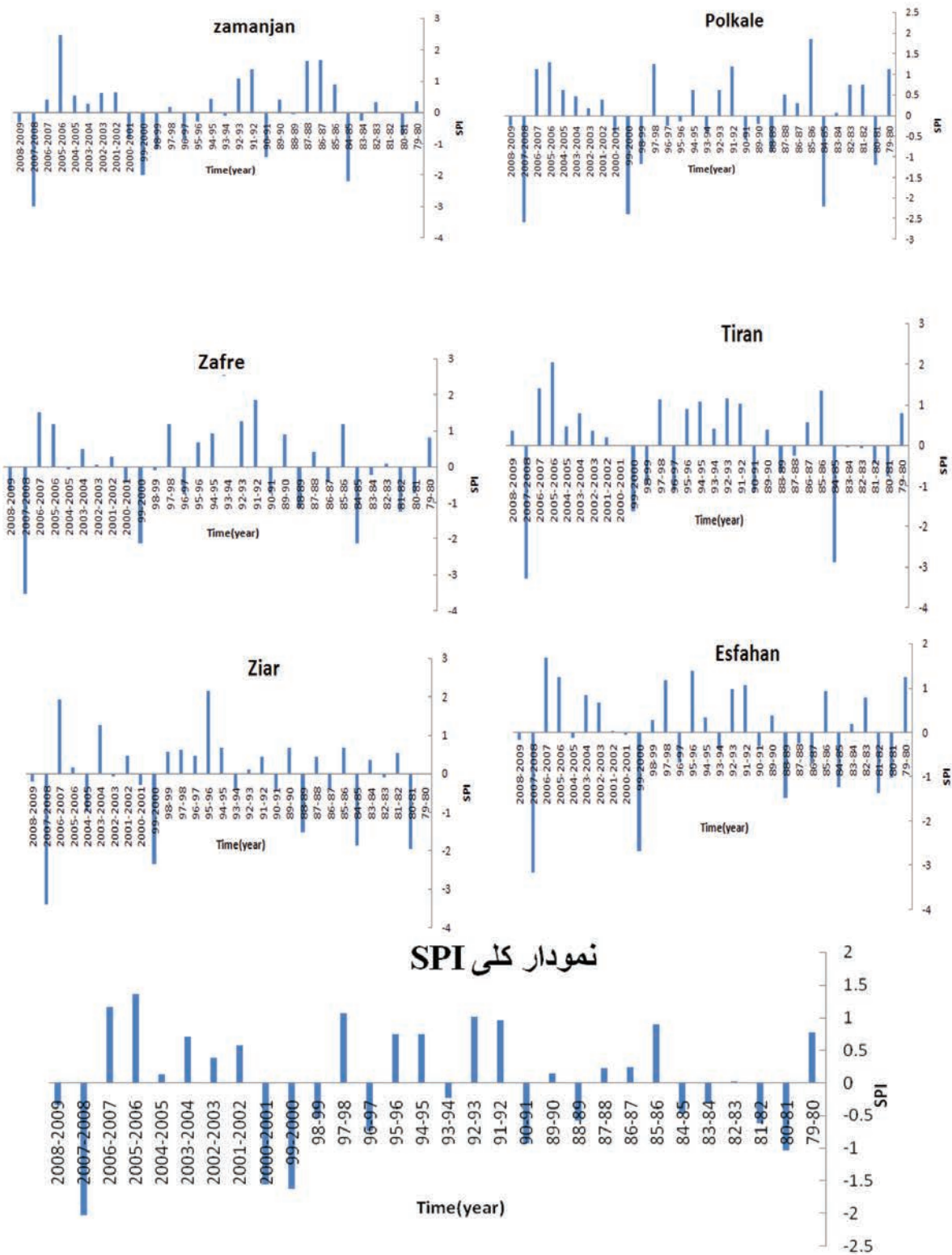
سال	NDVI
(خشکسالی) ۲۰۰۰	$0/065$
(خشکسالی) ۲۰۰۱	$0/071$
(ترسالی) ۲۰۰۲	$0/45$
(ترسالی) ۲۰۰۳	$0/16$
(ترسالی) ۲۰۰۴	$0/47$
(ترسالی) ۲۰۰۶	$0/13$
(ترسالی) ۲۰۰۷	$0/74$
(خشکسالی) ۲۰۰۸	$0/053$

در ابتدا به منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی، متوسط مقادیر شاخص NDVI در بازه زمانی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ بدست آمدند. تصویر سال ۲۰۰۵ به دلیل داشتن ابر و تأثیر آن در تجزیه و تحلیل نتایج از آنالیز حذف گردید. برای محاسبه شاخص های NDVI ابتدا در نرم افزار ENVI، تصحیحات هندسی روی تصاویر موجود انجام گرفت و باندهای مورد نیاز به صورت جداگانه ذخیره شدند. معادله این شاخص در نرم افزار ENVI اجرا شد. پس از انجام محاسبات نتایج حاصل از شاخص NDVI برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ به دست آمد. در نگاره ۲، نقشه های خشکسالی حاصله از شاخص NDVI نشان داده شده است. با توجه به نگاره ۲ سال های ۲۰۰۸ و سپس ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ بیشترین و شدیدترین خشکسالی (کشاورزی دیم و مرتع) را داشته اند.

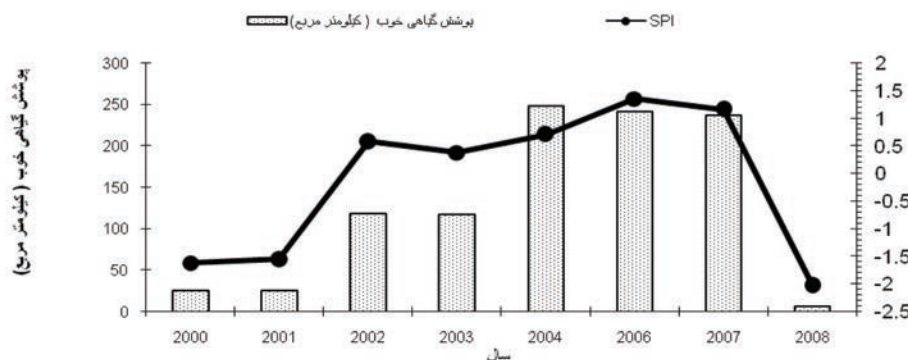
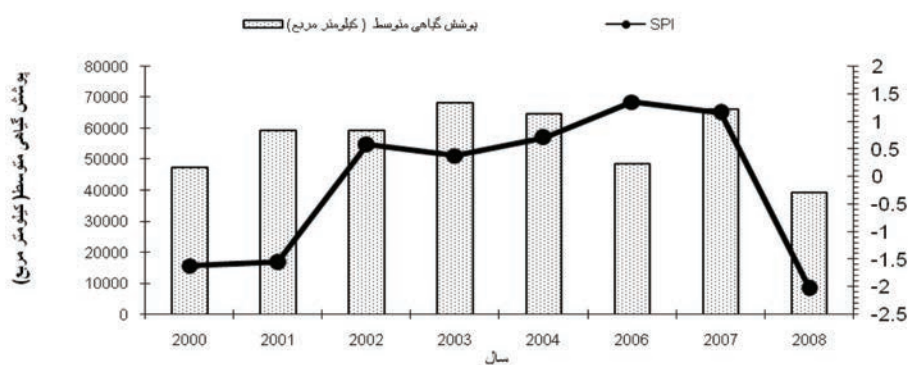
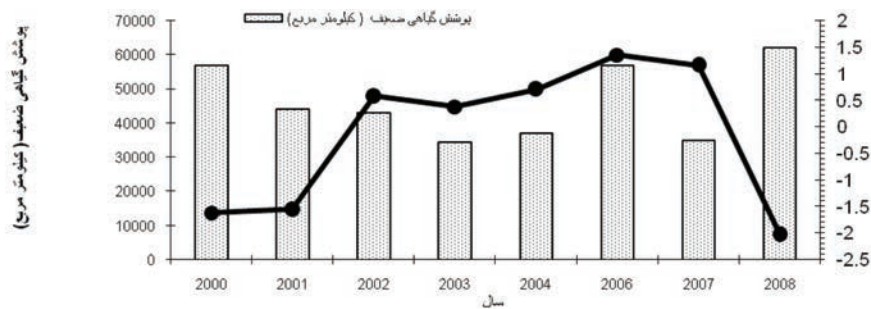
۳-۲- محاسبه شاخص SPI و ارزیابی شاخص NDVI

از آنجا که در این پژوهش بر تکنیک سنجش از دور تأکید شده است، شاخص SPI برای ۲۳ ایستگاه باران سنجی داخل استان اصفهان (نگاره ۱) محاسبه شد و با توجه به نتایج همبستگی این شاخص با شاخص NDVI موفقیت پژوهش ارزیابی شد. آماده سازی اولیه ی داده های بارش در نرم افزار Excel انجام شد و در ادامه، داده ها به نرم افزار DIP انتقال یافت و شاخص SPI برای ۲۳ ایستگاه به دست آمد (نگاره ۳). نتایج حاصل از بررسی نگاره ۴ برای ۹ سال مدنظر نشان می دهد که برای تمامی ایستگاه ها و در نمودار کلی به ترتیب سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ و بعد از آن ۱۹۹۹-۲۰۰۰ و سپس ۲۰۰۱-۲۰۰۰ سال های با خشکسالی شدید برای دوره آماری مورد مطالعه می باشد که با نتایج حاصل از بررسی شاخص NDVI هم خوانی دارد. روند تغییرات پوشش گیاهی همزمان با شاخص SPI در نگاره ۴ نیز این موضوع را تأیید می نماید که همزمان با کاهش مقدار شاخص SPI از تراکم پوشش گیاهی خوب کاسته شده

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)
 ارزیابی شاخص NDSI در پایش خشکسالی به کمک ... / ۴۱



نگاره ۳: دیاگرام کلی و SPI برای ۸ ایستگاه انتخابی در استان اصفهان



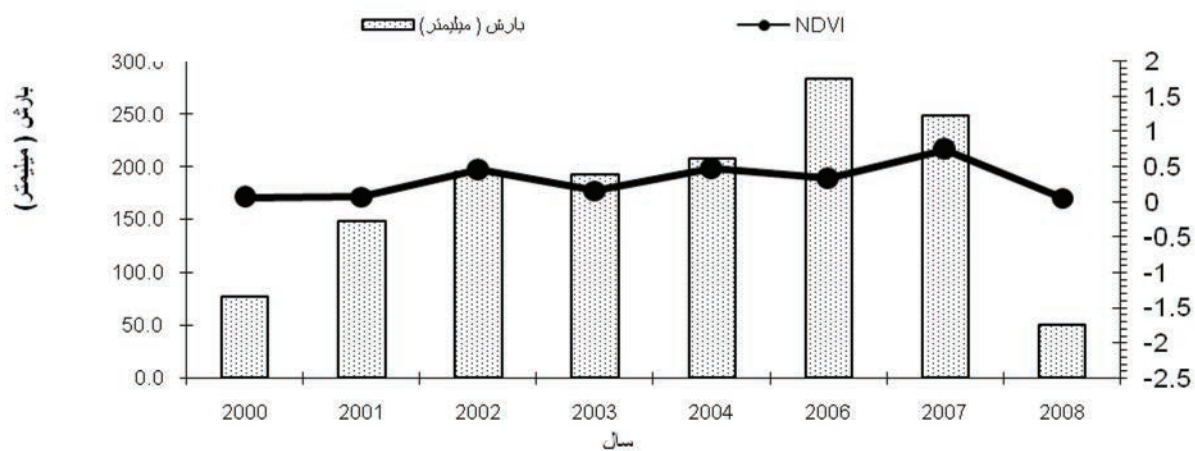
نگاره ۴: تغییرات پوشش گیاهی و شاخص SPI برای سال‌های مورد بررسی

و همچنین در سال ۲۰۰۳ با اختلاف ۲ میلیمتر بارش نسبت به سال ۲۰۰۲ مقدار شاخص NDVI کاهش زیادی یافته است. با این که شاخص NDVI در سال‌های با خشکسالی خیلی شدید کاهش یافته و نتایج همبستگی پیرسون قابل قبول بوده، اما با توجه به نگاره ۵ می‌توان نتیجه‌گیری نمود همزمانی وجود خشکسالی هواشناسی و کشاورزی برای تمامی سال‌ها وجود ندارد.

۴- نتیجه‌گیری

برای ارزیابی خشکسالی می‌توان از شاخص‌های هواشناسی مختلف مبتنی بر آمار مشاهده‌ای ثبت شده در

به منظور ارزیابی نهایی شاخص NDVI نمودار تغییرات این شاخص در مقابل تغییرات بارش ترسیم گردید (نگاره ۵). نتایج حاصل از مقایسه خشکسالی کشاورزی و هواشناسی در پژوهش بیانگر انطباق هر دو خشکسالی در سال ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ بود. با این حال همانطور که از نگاره ۵ می‌توان یافت برای سال ۲۰۰۶ علیرغم اینکه بارش بیشتر از سال‌های قبل و بعد و بیشتر از میانگین بارش استان (۱۷۹ میلیمتر) بوده، اما این سال همراه با خشکسالی کشاورزی (کاهش ارزش شاخص NDVI) و برعکس در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ بارش کمتر از سال ۲۰۰۶ بوده اما شرایط کشاورزی دیم و مرتع بهتر از سال ۲۰۰۶ بوده است



نگاره ۵: تغییرات ارزش شاخص NDVI در مقابل بارش برای سال‌های مورد بررسی

عمده ترین مشکلات درخصوص شاخص NDVI اثر ابر و آلودگی‌های جوی می‌باشد و اگر بر روی پیکسلی که تراکم پوشش گیاهی زیاد باشد لکه ابری باشد، مقدار NDVI افت زیادی پیدا خواهد نمود و اطلاعات آن پیکسل از دست خواهد رفت. بنابراین استفاده از یک تصویر در یک زمان نمی‌تواند به طور کل مشخص کننده پوشش گیاهی منطقه باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی برای دوره زمانی مشخص مقادیر NDVI محاسبه و در نهایت برای هر پیکسل بیشترین مقدار موجود در مقادیر NDVI این دوره زمانی انتخاب گردد. به عبارتی، از ترکیب مقادیر بیشینه استفاده شود. زیرا ترکیب مقادیر حداکثر باعث کاهش فراوان تأثیرات اتمسفری، تأثیرات زاویه تصویربرداری، ابرناکی و تأثیرات زاویه زینت خورشیدی می‌شود.

۵- منابع و مأخذ

- ۱- جعفری، ر، بخشنده مهر، ل، (۱۳۹۳)، بررسی تغییرات مکانی شوری و قلیائیت آب‌های زیرزمینی استان اصفهان با استفاده از زمین آمار، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۸، شماره ۶۸، ۱۹۴-۱۸۳.
- ۲- دلاوری، ع، (۱۳۸۷)، «احتمالات و آمار کاربردی در روان شناسی و علوم تربیتی»، انتشارات رشد، ۵۳۶ ص.
- ۳- رضیئی، ط، ثقفیان، ب، شکوهی، ع، ر، (۱۳۸۲)، «پیش بینی

ایستگاه‌های زمینی و داده‌های مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. در پژوهش پیش رو دو هدف عمده در نظر گرفته شد: اول، کارایی شاخص NDVI در برآورد خشکسالی کشاورزی و دوم، استفاده از داده‌های سنجنده ی قدرتمند و پرکاربرد MODIS. این سنجنده دارای ۳۶ باند بوده و تصاویری با قدرت تفکیک مکانی، زمانی و رادیومتریکی بهتر ارائه می‌دهد. در این تحقیق شاخص SPI در مقیاس زمانی سه ماهه (ارتباط داشتن با پوشش گیاهی) به عنوان معیار برگزیده شد.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان یافت که همزمانی وقوع خشکسالی هواشناسی (SPI) و خشکسالی کشاورزی (NDVI) در تمام سال‌ها وجود ندارد، آنچه حائز اهمیت است این است که در بسیاری از مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک ممکن است چندین سال مقدار بارش در حد معمول نباشد. ولی امکان دارد جامعه‌های گیاهی و جانوری آن منطقه با شرایط به وجود آمده، سازگاری پیدا نمایند و عواقب ناشی از خشکسالی چندان محسوس نباشد. در صورتی که در برخی مناطق با آب و هوا و اقلیم مرطوب، حتی بروز فواصل کوتاه بین بارش، ممکن است مسائل جدی ناشی از کم آبی را فراهم سازد. بنابراین نباید انتظار داشت با افزایش بارندگی، ترسالی کشاورزی و با کاهش بارندگی، خشکسالی کشاورزی روی دهد. یکی دیگر از

the standardized precipitation index calculation», *International Journal of Climatol*, 25, 505-520pp.

14- Ji, L and Peters, AJ, (2003), «Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices», *Remote Sensing of Environment*, 87, 85-98pp.

15- Jian, W and Shuo, L, (2005), «Effect of climatic change on snowmelt runoffs in mountainous regions of inland rivers in Northwestern China», *Earth Sciences*, 49(8), 881-888pp.

16- Lukas, A and Vasiliades, L, (2004). «Probabilistic analysis of drought spatio-temporal characteristics in Thessaly region, Greece», *National Hazard and Earth System Sciences*, 4, 719-731pp.

17- Manandhar, R, Odeh, I O A, Ancev, T, (2009). «Improving the Accuracy of Land Use and Land Cover Classification of Landsat Data Using Post-Classification Enhancement». *Remote Sensing*, 1, 330-344pp.

18- Murthy, C S, Sai, M V R S, Chandrasekar, K, Roy, P S, (2009), «Spatial and temporal responses of different crop-growing environments to agricultural drought: a study in Haryana state, India using NOAA AVHRR data», *International Journal of Remote Sensing*, 30(11), 2897-2914pp.

19- Safari Shad M, HabibnejadRoshan, M, Ildoromi, A, (2014). Integration of the MODIS Snow Cover Produced Into Snowmelt Runoff Modeling. *Journal of Indian Society of Remote Sensing*, 42(1), 107-117pp.

20- Rouse, JW, Haas, RH, Schell, JA, Deering, DW, (1973) «Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS», *Third ERTS Symposium, NASA, SP-351 I*, 309-317pp.

21- Wilhite, D A, (2000), «Drought as a natural hazard. In: Wilhite, D. A (Editor), *Drought: A Global Assessment*, Routledge, London. 1-18pp.

شدت- تداوم- فراوانی خشکسالی با استفاده از روش‌های احتمالاتی و سری‌های زمانی (مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان)»، *مجله بیابان*، جلد ۸، شماره ۲، ۲۹۲-۳۱۰.

۴- رضایی مقدم، م ح، ولی‌زاده، خ، رستم‌زاده، ه، رضایی، ع، (۱۳۹۱). «ارزیابی کارایی داده‌های سنجنده‌ی MODIS در برآورد خشکسالی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه)»، *جغرافیا و پایداری محیط*، شماره ۵، ۵۲-۳۷.

۵- شریفان، ح، رحیمی، ل، (۱۳۹۲). «پایش خشکسالی براساس نمایه‌ی SPI، دهک‌ها و نرمال»، *اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان*، ۱۷ بهمن، ۱۳۹۲.

۶- لشنی‌زند، م، (۱۳۸۳)، *بررسی اقلیمی خشکسالی‌های ایران و راهکارهای مقابله با آن*، رساله دکتری. دانشگاه اصفهان، ۸۶.

7- Bhuiyan, C, Kogan, FN, (2010), «Monsoon variation and vegetative drought patterns in the Luni Basin in the rain-shadow zone». *International Journal of Remote Sensing*, 31(12):3223-3242.

8- Cancelliere, A, Mauro, B and Rossi, G, (2007), «Drought forecasting using the Standardized Precipitation», *Journal of Water Resource Management*. 21: 801-819pp.

9- Chaudhry, A, (2009). «Identification of drought vulnerable areas using NOAA AVHRR data», *International Journal of Remote Sensing*, 30(10), 2653-2668 pp.

10- Funk, C, Budd, ME, (2009), «Phenologically- Tuned MODIS NDVI-based production anomaly estimates for Zimbabwe», *Remote Sensing of Environment*, 113(1), 115-125pp.

11- Giddings, L, Soto, M, Rutherford, B M and Maarouf, A, (2005), «Standardized precipitation index zones for Mexico» *Atmosfera*, 26(2), 33-56 PP.

12- Heim, R R, (2002), «A Review of Twentieth-century Drought Indices Used in United States», *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84, 1149-1165pp.

13- Hung, W U, Hayes, M J., Wilhite, D A and Svoboda, M D, (2005), «The effect of the length of record on