

## گزارش فنی

## پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از

## نمایه استاندارد بارش (SPI)

سعید سلطانی<sup>۱</sup> و سیده سارا سعادت<sup>۲</sup>

## چکیده

خشکسالی پدیده‌ای جهانی است که می‌تواند در هر جایی رخ دهد و خسارت‌های قابل توجهی به انسان و بوم‌سازهای طبیعی وارد آورد. بنابراین، پژوهش و مطالعه در این زمینه بسیار ضروری می‌باشد. در این پژوهش از نمایه بارش استاندارد شده (SPI) به منظور پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان استفاده شد. پس از جمع‌آوری داده‌های بارش ایستگاه‌های موجود در استان اصفهان و حذف ایستگاه‌های دارای آمار ناقص، سری زمانی این نمایه در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه بدست آمد. سپس با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، نقشه‌های گستره فراوانی خشکسالی در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفت. این نقشه‌ها، خشکسالی‌های متوسط و شدید را به طور عمده در قسمت‌های غربی استان در اطراف ایستگاه‌های داران، فریدون شهر و خشکسالی‌های بسیار شدید را در بخش‌های شرق و شمال شرقی استان و غرب شهرستان اصفهان نشان می‌دهند و مناطق دارای خطر بالا را به منظور برنامه‌ریزی‌های آبی و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مشخص می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: نمایه بارش استاندارد شده (SPI)، پهنه بندی خشکسالی، استان اصفهان، روش‌های زمین‌آمار

## مقدمه

خشکسالی دارای یک اثر ممتد و تدریجی بوده و در دوره زمانی تا حدودی طولانی رخ می‌دهد. بنا براین بایستی با ایجاد طرح‌های آمادگی برای مدیریت آن، تا حدی از مشکلات ناشی از این پدیده

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

ssoltani@cc.iut.ac.ir

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه صنعتی اصفهان

کاست. این پدیده در هر منطقه‌ای می‌تواند رخ دهد و انسان و محیط زیست را تحت تاثیر قرار دهد، هرچند که گسترش آن متفاوت است. برخلاف خشکی که پدیده‌دایمی اقلیمی است، خشکسالی در مناطق خشک و مرطوب نیز رخ می‌دهد و حالتی طبیعی و نرمال از اقلیم می‌باشد [۷]. یکی از نمایه‌های مهم مورد استفاده در مطالعات خشکسالی نمایه بارش استاندارد (SPI) می‌باشد که در این مطالعه جهت پهنه بندی فراوانی نسبی خشکسالی در استان اصفهان استفاده شده است. مک کی و همکاران [۱۱] برای اولین بار نمایه بارش استاندارد را در ایالت کلرادو آمریکا به کار بردند و دریافتند که برای برازش داده‌های بارندگی، توزیع گاما مناسب‌ترین توزیع می‌باشد. دایگنی و همکاران [۸] به بررسی اثر خشکسالی ۹۹-۱۹۹۸ در ایالت ورمونت آمریکا پرداختند و نشان دادند که SPI در مقایسه با PDSI در مقیاس ۱ ماهه، شروع شرایط خشکی و شدت آن را بهتر نشان می‌دهد. میسرا و دسای جهت بررسی‌های مکانی و زمانی خشکسالی در دشت رودخانه کانسباتی در هند از نمایه SPI و توزیع گامای ۲ پارامتری استفاده کردند و برای درون‌یابی روش عکس فاصله وزنی را به کار بردند و منحنی‌های شدت، تداوم، فراوانی خشکسالی را ترسیم کردند [۱۲]. بداق جمالی و جوانمرد [۱] پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان را با استفاده از نمایه SPI انجام دادند که در نهایت نقشه‌های پهنه بندی خشکسالی استان خراسان را با استفاده از دو مدل عکس فاصله وزنی و کریجینگ بدست آوردند. لشنی زید و تلوری [۶] به بررسی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی‌های اقلیمی توسط این نمایه در ۶ حوزه در غرب و شمال غرب کشور پرداختند و در نهایت نقشه‌های پهنه بندی ماهانه خشکسالی برای یک دوره سی ساله را بدست آوردند.

## روش پژوهش و آزمایش

منطقه مورد مطالعه استان اصفهان با مساحت ۱۰۶۱۷۹ کیلومتر مربع، که حدود ۶/۲۵ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد و بین ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی در ایران مرکزی قرار دارد. نمایه بارش استاندارد به عنوان یکی از نمایه‌های خشکسالی هواشناسی قادر به برآورد ویژگی‌های مختلف خشکسالی و نیز ترسالی می‌باشد و می‌توان از آن جهت تجزیه و تحلیل خشکسالی‌های گذشته و بررسی دوره برگشت خشکسالی‌ها برای پیش‌بینی آینده در هر منطقه استفاده کرد. این نمایه تنها بر مبنای داده‌های بارش بوده و تغییرپذیری آن باعث

داده‌های بارش ماهانه مرتب گردید و با استفاده از روش تشریح شده سری زمانی این نمایه در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه بدست آمد و مقادیر محاسبه شده بر اساس جدول شماره ۱ به وضعیت مورد نظر تبدیل شد. با استفاده از مقادیر بدست آمده از SPI که بین ۳- و ۳+ می‌باشد سالهایی که مواجه با خشکسالی بوده‌اند مشخص شده و نیز شدت‌های آنها بصورت متوسط، شدید و خیلی شدید، معلوم گردید.

یعنی SPI کمتر از ۱- به عنوان خشکسالی (حالت کلی)، SPI بین ۱- تا ۱/۴۹- به عنوان خشکسالی متوسط و SPI بین ۱/۴۹- تا ۱/۹۹- به عنوان خشکسالی شدید و SPI بین ۱/۹۹- و کمتر به عنوان خشکسالی خیلی شدید مطابق طبقه بندی مک کی، در نظر گرفته شد. سپس فراوانی نسبی (یعنی تعداد تکرارهای مواجهه با خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مختلف) مربوط به مقیاس ۱۲ ماهه برای تمام وضعیت‌های خشکسالی (کمتر از ۱-، و همچنین برای وضعیت‌های خشکسالی متوسط SPI (بین ۱- تا ۱/۴۹-، خشکسالی شدید SPI (بین ۱/۴۹- تا ۱/۹۹-، خشکسالی خیلی شدید SPI (بین ۱/۹۹- و کمتر)، در تمام ایستگاهها محاسبه گردید. پس از بدست آوردن مقادیر فراوانی نسبی خشکسالی (حالت کلی) و فراوانی نسبی خشکسالی در شدت‌های متوسط، شدید و بسیار شدید و نیز وارد کردن این مقادیر به نرم افزار SURFER به صورت فایل نقطه‌ای و انجام مراحل لازم، نقشه‌های پهنه بندی خشکسالی در مقیاس ۱۲ ماهه جهت نشان دادن وضعیت‌های خشکسالی در استان بدست آمد.

می‌شود که در مقیاس‌های کوتاه مدت برای هدف‌های کشاورزی و در مقیاس‌های بلندمدت برای اهداف آب‌شناختی مثل منابع آب زیرزمینی، جریانهای رودخانه‌ای، سطح دریاچه‌ها و منابع سطحی استفاده شود [۹]. نمایه بارش استاندارد بر مبنای احتمال تجمعی بارندگی در یک ایستگاه می‌باشد که پس از استخراج داده‌های بارندگی در مقیاس ماهانه طی یک دوره آماری (حداقل ۳۰ سال) سری زمانی مجموع بارندگی در مقیاس‌های مورد نظر تشکیل می‌شود. این سری زمانی بایستی با یک توزیع آماری مناسب برازش داده شود. توزیع گاما برای سری‌های زمانی بارش‌های اقلیم‌شناسی بهترین برازش را دارد به همین جهت مک کی و همکاران [۱۱] نمایه SPI را بر مبنای توزیع گاما قرار دادند. پس از محاسبه تابع تجمعی کل، تغییر شکل هم احتمالی تابع تجمعی گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد Z با میانگین صفر و واریانس یک صورت می‌گیرد که این متغیر همان مقادیر SPI بوده و یک تبدیل با احتمال یکسان است. این نمایه هم در زمان و هم در مکان نرمال می‌شود. به علت اینکه توزیع فراوانی بارش را همراه با تغییرات ایستگاهی نشان می‌دهد در مکان نرمال می‌شود و چون در مقیاس‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است، در زمان نیز معمولی می‌شود [۱۱ و ۱۰]. با استفاده از روش مذکور، برنامه‌ای رایانه‌ای تنظیم گردیده که بوسیله آن مقادیر SPI در پایه‌های زمانی مختلف برای تمام ایستگاهها محاسبه گردید [۱۳]. در این مطالعه پس از جمع‌آوری داده‌های بارش ایستگاه‌های موجود در استان اصفهان و حذف ایستگاه‌های دارای آمار ناقص، در دوره آماری مشترک ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۳

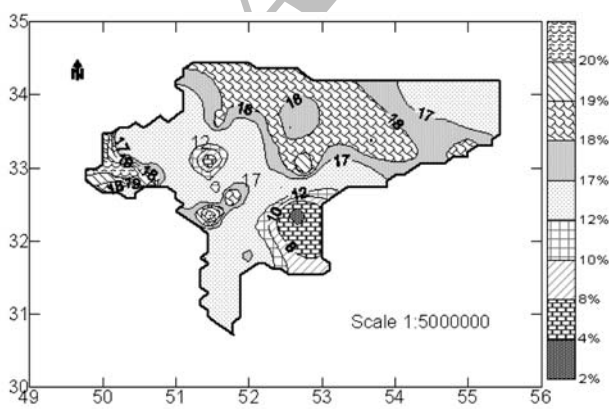
جدول ۱- طبقات مختلف خشکسالی و ترسالی بر اساس مقادیر SPI

مقادیر SPI	طبقه خشکسالی	مقادیر SPI	طبقه خشکسالی
۰ تا ۰/۹۹-	خشکسالی ملایم	بالاتر از ۲	ترسالی خیلی شدید
۱- تا ۱/۴۹-	خشکسالی متوسط	۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱/۵- تا ۱/۹۹-	خشکسالی شدید	۱ تا ۱/۴۹	ترسالی ملایم
۲- و کمتر	خشکسالی بسیار شدید	۰ تا ۰/۹۹	نرمال

## نتایج

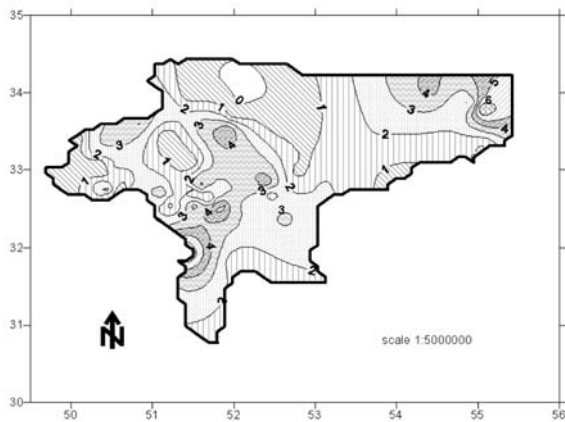
### گستره فراوانی نسبی خشکسالی در استان اصفهان

نقشه فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۲ ماهه بیشترین فراوانی را در غرب استان نشان می‌دهد تا آنجا که در فریدون شهر بالاترین درصد فراوانی دیده می‌شود و در بخش شرقی استان نیز فراوانی بالاست. ولی در جنوب شرق، کمترین فراوانی خشکسالی مشاهده می‌شود و در کل بخش‌های غرب، جنوب غرب و شرق استان دارای فراوانی بیشتری نسبت به بقیه نقاط می‌باشند. بنا بر این بخش‌های غرب، شرق و جنوب غرب دارای قابلیت و حساسیت بیشتری نسبت به دیگر نقاط استان هستند. شکل (۱)



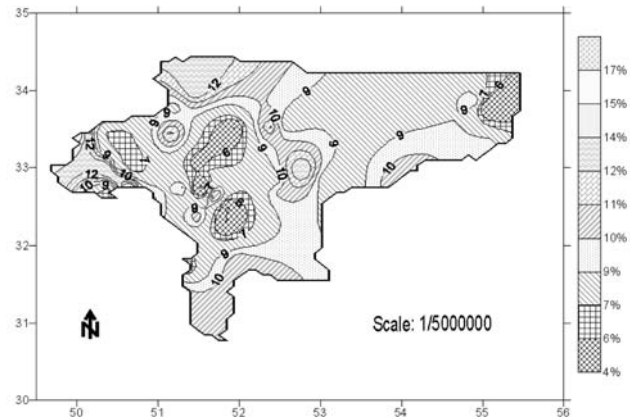
شکل ۱ - نقشه فراوانی نسبی خشکسالی در استان اصفهان

(۷/۲) می رسد. محدوده شهرستان اصفهان و غرب آن نیز دارای فراوانی بیشتری نسبت به قسمت های شمالی و غربی استان برخوردار می باشند. شکل (۴)



شکل ۴ - نقشه فراوانی نسبی خشکسالی خیلی شدید در استان اصفهان

گستره فراوانی نسبی خشکسالی متوسط در استان اصفهان این نقشه بیشترین فراوانی مربوط به خشکسالی متوسط را در مقیاس ۱۲ ماهه در غرب استان نشان می دهد تا آنجا که در فریدن بالاترین درصد (۱۹/۷) دیده می شود و خطوط هم مقدار شدت های خشکسالی نیز در بخش غربی بسیار به هم نزدیک می باشد که نشان دهنده مقادیر شدت بالا در این مناطق می باشد و دیگر بخش های استان دارای حالت متعادل تری بوده و از شدت کمتری برخوردار می باشند. شکل (۲).

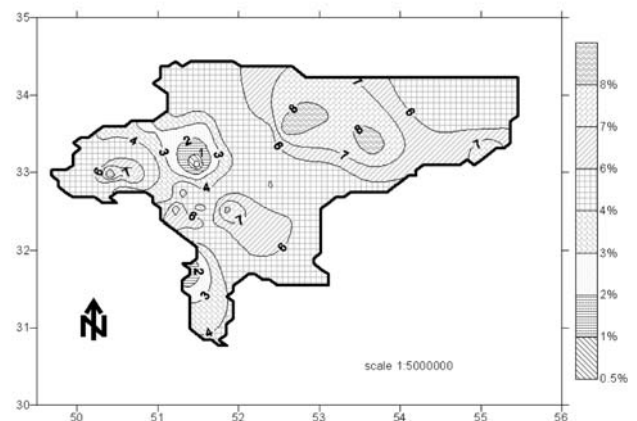


شکل ۲ - نقشه فراوانی نسبی خشکسالی متوسط در استان اصفهان

### بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده نشان می دهد که از نظر فراوانی خشکسالی ها، بخش های غرب، جنوب غرب و شرق استان دارای قابلیت و حساسیت بالاتری نسبت به خشکسالی در مقیاس ۱۲ ماهه در مقایسه با دیگر نقاط استان می باشند. نقشه های گستره خشکسالی های متوسط و شدید و بسیار شدید، بیشترین فراوانی خشکسالی های متوسط و شدید را در قسمت های غربی استان نشان می دهد و در قسمت های شمال شرق استان، خشکسالی های بسیار شدید بیشترین فراوانی را دارند. با وجود اینکه بیشترین مصرف کننده آب در سطح استان اصفهان بخش کشاورزی می باشد ولی بازده آبیاری در استان اصفهان بسیار پایین و در حدود ۳۵-۳۹ درصد می باشد. پایین بودن تناوب وقوع خشکسالی ها به ویژه در ناحیه غرب استان، مدیریت جامع نگرتری را با نگاه به تغییر الگوی کشت به سمت گیاهانی با نیاز آبی کمتر خاطر نشان می کند. نکته جالب توجه این است که درست بر عکس شرایط فوق، کشت برنج در قسمتی از این منطقه شامل لنجانان و زرین شهر بسیار رایج است. همچنین محصولات دائمی باغی نظیر سیب، بادام و "به" دچار خسارت های شدید شده اند که همگی در ناحیه غرب و جنوب غرب استان با فراوانی خشکسالی بیشتر واقع شده اند. در همین رابطه میتوان به بعضی از آمارهای ستاد حوادث غیر مترقبه استان اصفهان مربوط به خشکسالی های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ اشاره کرد [۳]. در این گزارش نیز تایید شده است که در این سالها بطور کلی شهرستان های غربی بیشترین خسارت ناشی از خشکسالی را به خود دیده اند. مطالعه رضیئی و همکاران [۲]، با استفاده از نمایه SPI نیز موید شدید تر بودن خشکسالیها در منطقه غرب استان است به طوریکه

بیشترین فراوانی خشکسالی شدید در مقیاس ۱۲ ماهه نیز در بخش غربی استان دیده می شود. در بخش شرقی استان نیز فراوانی بالاست ولی بیشترین شدت این خشکسالی در غرب می باشد. در بخش های مرکز و جنوب نیز فراوانی یکسانی مشاهده می شود. شکل (۳)



شکل ۳ - نقشه فراوانی نسبی خشکسالی شدید در استان اصفهان

گستره فراوانی نسبی خشکسالی خیلی شدید در استان اصفهان

خشکسالی خیلی شدید در بخش شمال شرقی استان دارای بالاترین فراوانی است تا آنجا که در ایستگاه خور به بالاترین درصد

غرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲، ۷۵-۸۶.

7- Bordi, I., Sutera, A. 2004, Drought variability and its climatic implications, *Global and Planetary Change*, 40(1,2), pp. 115-127.

8- Dupigny-Giroux, L., 2001, Towards Characterizing and Planning for Drought in Vermont - Part I: A Climatologically Perspective, *J. of the Am. Water Res. Assoc.*, 37, 505-525.

9- Edward, D.C., and McKee, T.B., 1997, Characteristics of 20th century drought in the United States and multiple time scales, *Climatology Report 972*, Dept. Atmospheric Science. Colorado State University. Fort Collins, Co, p. 155.

10- Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A., and Vanyarkho, O.V. 1999. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3), pp. 429-438.

11- McKee, T. B., Does ken N. J. and Kleist, J. 1993, The relationship of drought Frequency and duration to time scales, 8th conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp. 176-184.

12- Mishra, A.K. and Desai, V. R. 2005. Spatial and temporal drought analysis in the Kansabati river basin, *India Int. River Basin Management*, 3(1), pp. 31-41.

13- NDMC. 1995. drought indices. Program for SPI computing Available from: [http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi\\_program.htm](http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm)

عمده خسارت‌های ناشی از خشکسالی در استان اصفهان بین سالهای ۱۳۷۵-۱۳۸۰ در همین منطقه گزارش شده است. در مطالعه کریمی و همکاران [۵] نیز نواحی هم مرز استان فارس با استان اصفهان در شمال و شمال غربی استان فارس شدت خشکسالی بالاتری را نسبت به سایر نقاط نشان می‌دهد که با نتایج مطالعه حاضر به خوبی هماهنگ است. در نهایت اینکه به نظر می‌رسد استان اصفهان در منطقه‌ای قرار دارد که قابلیت وقوع خشکسالی در آن بالاتر است. بنابراین با توجه به افزایش جمعیت شهری و مصرف آن در این بخش و بازده پایین بخش کشاورزی، هرگونه توسعه در منابع مصرف کننده آب مانند صنایع و طرح‌های کشاورزی می‌بایست با دقت فراوان صورت گرفته و مدیریت منطقه به سمت کاهش مصرف آب حرکت کند. در این مطالعه نیز بر اساس نقشه فراوانی خشکسالی‌های شدید محدوده شهرستان اصفهان و غرب آن نیز دارای فراوانی زیاد (۴ تا ۵ درصد) است. مطالعه سلطانی و مدرس [۴] با استفاده از ماتریس احتمال به دست آمده از زنجیره مارکوف و تهیه نقشه دوره بازگشت خشکسالی با شدت‌های مختلف در استان اصفهان نیز نشان می‌دهد، شهرستان‌های شهرضا، لنجان، زرین شهر و میمه دارای کمترین دوره برگشت خشکسالی (۱۰ سال) هستند. به عبارت دیگر، خطر وقوع خشکسالی‌های بسیار شدید در این شهرستان‌ها از مناطق دیگر بیشتر است و مدیریت منابع آب باید با دقت بیشتری انجام گیرد و از توسعه منابع مصرف کننده در آن جلوگیری شود.

## منابع

- ۱- بلاق جمالی، ج. جوانمرد، س. و شیرمحمدی، ر. ۱۳۸۱.
- پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده نمایه استاندارد شده بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، ۲۴-۴.
- ۲- رضیعی، ط. شکوهی، ع. ثقفیان، ب. و دانش کار، پ. ۱۳۸۲. پایش پدیده خشکسالی در ایران مرکزی با استفاده از نمایه SPI. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۲۰۴-۲۱۳.
- ۳- ستاد حوادث غیر مترقبه استان اصفهان. ۱۳۸۳. آمارهای منتشر نشده مربوط به خسارت خشکسالی در سالهای ۱۳۷۸ الی ۱۳۸۲.
- ۴- سلطانی، س. و مدرس، ر. ۱۳۸۵. تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۱، ۲۶-۱۵.
- ۵- کریمی، و. کامکار حقیقی، ع. سپاسخواه، ع. و خلیلی، د. ۱۳۸۰. بررسی خشکسالی هواشناسی در استان فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، ش چهارم، ۱-۱۲.
- ۶- لشنی زند، م و تلوری، ع. ۱۳۸۳. بررسی خشکسالی اقلیمی و امکان پیش بینی آن در شش حوزه واقع در غرب و شمال