

## بررسی دوره های خشکسالی و تاثیر آن بر منابع آب پایین دست کرخه

دکتر علیرضا شکبیا\*

دکتر فریده عظیمی\*\*

فاطمه بوعدار\*\*\*

### چکیده

خشکسالی یکی از وقایع محیطی و بخش جدایی ناپذیر نوسانات اقلیمی است. این پدیده شرایطی از کمبود بارندگی و افزایش دما است که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. تحقیق حاضر، تلاشی برای ارزیابی کارایی برخی شاخص های متداول اقلیمی در ایستگاه های حوضه پایین دست کرخه است. این شاخص ها در حال حاضر در سیستم های فعال جهانی مورد استفاده قرار می گیرند و عبارتند از: شاخص بارش استاندارد<sup>1</sup> SPI، درصد نرمال<sup>2</sup> PN و بارش قابل اعتماد<sup>3</sup> DRI که این شاخص ها در طی یک دوره ی آماری ۳۰ ساله از سال (۱۳۵۷-۱۳۸۶) در ایستگاه های هواشناسی حوضه پایین دست کرخه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته اند. و تغییرات مکانی خشکسالی در منطقه مطالعاتی در محیط GIS انجام شده و از آن طریق روند آنها مشخص گردید. در نهایت با مشخص شدن دوره های کم آبی و پرآبی میزان رواناب حاصله در دوره های مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی نشان می دهد که کمترین مقدار SPI مشاهده شده، و شدیدترین خشکسالی در ایستگاه آبادان در سال (۱۳۶۷-۱۳۶۸) واقع در جنوب حوضه و ایستگاه اهواز سال (۱۳۷۷-۱۳۷۸) در جنوب شرق حوضه می باشد. و بیشترین تداوم خشکسالی در ایستگاه های حوضه پایین دست کرخه مربوط به سال ۱۳۶۹، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴ می باشد در این سال تقریباً تمامی ایستگاه های حوضه پایین دست کرخه دچار خشکسالی شده اند. وضعیت خشکسالی از سال ۱۳۷۷ به بعد در بیشتر ایستگاه ها به صورت متوالی با خشکسالی ملایم تکرار می شود. در میان روش های به کار گرفته شده، شاخص SPI با داشتن توانایی و قابلیت های بالا و معایب و محدودیت های کمتر بهتر از سایر روشها تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: خشکسالی، کرخه، منابع آب، شاخص SPI، PN، DRI، روش های آماری، GIS.

1-Standardized Percipittattion Index

2-Percent ofNormal Percipittattion

3-Dependable rainfall index

\* عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

\*\* عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد اهواز

\*\*\* کارشناسی ارشد اقلیم شناسی

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۲/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۳/۱

## مقدمه :

قرارگیری ایران در نواحی خشک یا بیابانی سبب شده است که به طور طبیعی در آن، سال های با مقدار بارندگی کمتر از میانگین به مراتب بیشتر از سال های با مقدار بارندگی بیش از میانگین دراز مدت سالانه باشد. خشکسالی یکی از مزمن ترین و زیان بارترین بلاهای طبیعی است. در دهه های اخیر در میان حوادث طبیعی که جمعیت های انسانی را تحت تاثیر قرار داده اند، تعداد و فراوانی این پدیده، بیش از سایر حوادث بوده است. (خزایی، ۱۳۸۰). وجود نیازها و زمینه های کاری محققین مختلف، موجب شده است که طبقه بندی عمده زیر در مورد خشکسالی ها ایجاد شود: ۱- خشکسالی هواشناسی ۲- خشکسالی هیدرولوژیک ۳- خشکسالی کشاورزی ۴- خشکسالی اقتصادی - اجتماعی. که در این تحقیق تأثیر خشکسالی هواشناسی بر روی منابع آب (سطحی) مورد مطالعه قرار خواهیم گرفت.

هایز و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) در بررسی خشکسالی سال ۱۹۹۶ ایالت کلرادو آمریکا توسط شاخص بارش استاندارد اثبات کردند که شاخص SPI قادر به تشخیص زمان شروع خشکسالی و پیشرفت آن می باشد. نتایج آنها نشان داد SPI زمان شروع خشکسالی را در سال ۱۹۹۶ در مقیاس یک ماهه بهتر از شاخص خشکسالی پالمر<sup>۲</sup> نشان می دهد.

از نظر پالمر (۱۹۹۱) خشکسالی عبارت از کاهش رطوبت مستمر و غیرطبیعی، واژه مستمر، به استمرار حالت کمبود و واژه غیرطبیعی انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می شود، به صورت دیگر و ساده تر خشکسالی را می توان دوره ای دانست که در آن مقدار بارش نسبت به میانگین دراز مدت آن کمتر باشد.

مک کی و همکارانش<sup>۳</sup> (۱۹۹۵) در بررسی رابطه ی فراوانی خشکسالی و تداوم آن ها با مقیاس زمانی به کمک شاخص SPI دریافتند که با افزایش طول مقیاس زمانی در این روش دوره های با مقادیر منفی و مثبت SPI از نظر تعداد کم، ولی از نظر تداوم طولانی تر می شود. از دیگر مطالعات در زمینه شاخص خشکسالی SPI می توان به مطالعات گات من<sup>۴</sup> (۱۹۹۹)، مک کی و همکاران (۲۰۰۰، ۱۹۹۳) بردی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۱)، بذرافشان و همکاران (۱۳۸۱) اشاره کرد.

لی هورث و ویوپوف<sup>۶</sup> در سال ۱۹۹۳، هنگام بررسی بارش قاره ی آفریقا، مفهوم بارش قابل اعتماد را به کار بردند. این شاخص ۸۰/۰ میانگین هندسی را شامل می شود و در طرح ها و برنامه ریزی های کشاورزی، مخصوصا در مناطق خشک می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

صفدری (۱۳۸۲) با کمک شاخص بارش استاندارد SPI به تحلیل کمی شدت، تداوم فراوانی و گستره خشکسالی ها به کمک بارندگی در حوزه آبخیز کارون پرداخت. وی جهت بررسی خشکسالی ها از ۲۹ ایستگاه با طول مشترک زمانی ۲۸ سال در مقیاس ۹، ۶ و ۳ ماهه استفاده نمود و نقشه گستره خشکسالی ها را برای هر سال در حوزه تهیه نمود و مناطق حساس از نظر خشکسالی را تعیین نمود و نتیجه گرفتند شاخص بارش استاندارد ابزار مناسبی برای خشکسالی در حوزه کارون می باشد. از اهداف از انجام این مطالعه می توان به محاسبه فراوانی های سالانه، مطلق و نسبی خشکسالی های حوزه پایین دست کرخه به کمک شاخص بارش استاندارد (SPI) و بررسی توزیع مکانی و تعیین مناطق بحرانی از دیدگاه خشکسالی به منظور مدیریت منابع آب اشاره کرد.

1- Hayes et al  
3- mckee et al

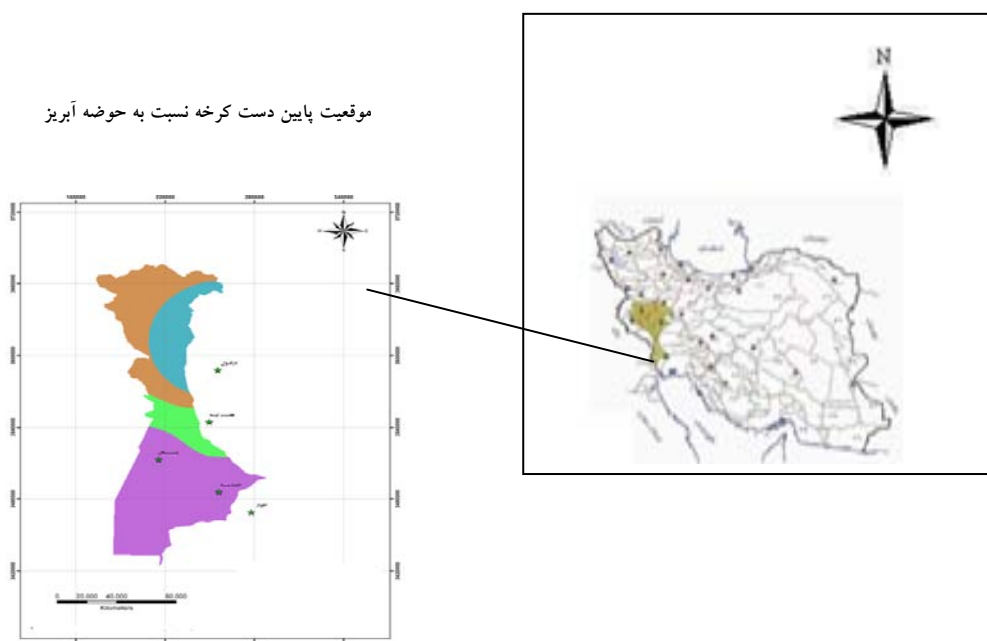
2- palmer  
4- Guttman

5- Bordi et al

## خصوصیات منطقه مورد مطالعه

حوضه پایین دست کرخه بخش جنوبی و انتهایی حوزه آبریز رودخانه کرخه را که در غرب خوزستان جریان دارد. این زیر حوزه گستره ای به وسعت ۸۷۰۰ کیلومتر مربع و با مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه و ۴۸ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است.

شکل (۱) نقشه موقعیت حوضه آبریز کرخه در کشور و استان



### - مواد و روش تحقیق

در این پژوهش از داده های بارش سالانه برای ایستگاه های سینوپتیک هواشناسی استان خوزستان و داده های هیدرومتری از سازمان آب در دوره ی آماری ۳۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۵۷) استفاده شده است. در جدول (۱) با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI سه سال آبی ۸۵ - ۸۴، ۷۸ - ۷۷ و ۷۰ - ۶۹ به عنوان سال های خشکسالی مطالعه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. برای بررسی همگن بودن داده ها از آزمون ران تست استفاده شد و از همگن بودن داده ها اطمینان حاصل شد. داده ها را برای تجزیه و تحلیل و انجام محاسبات وارد محیط نرم افزار SPSS شدند. به منظور تفکیک سال های مرطوب و خشک، از شاخص های آماری SPI، DRI، PN، استفاده شد. از آن جا که شاخص SPI بر توزیع گاما استوار است لذا بایستی قابلیت استفاده از این شاخص برای آمار سالانه، مقیاس زمانی ۶ و ۱۲ ماهه در منطقه بررسی شود که به این منظور از نرم افزار HYFA برای مناسب ترین توزیع فراوانی در منطقه استفاده شد. به این منظور استخراج مقادیر شدت خشکسالی از نرم افزار EXCEL استفاده شد و در نهایت نقشه گستره خشکسالی منطقه تهیه گردید. به شرح مختصر هر یک از این شاخص ها می پردازیم.

### شاخص بارش استاندارد SPI :

این شاخص که در سال ۱۹۹۵ توسط مک کی و همکارانش ارائه شد، این شاخص ساده و قابل استفاده برای تمام شرایط منابع آبی است. بر اساس متفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می آید. طبق این روش خشکسالی زمانی روی می دهد. که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می یابد که SPI مثبت شود. مقادیر تجمعی SPI بزرگی و شدت دوره خشکسالی را نشان می دهد. (هایز، ۲۰۰۶). جهت بررسی سال های خشک و مرطوب در این روش، از رابطه زیر استفاده می شود: (۱)

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

PI = مقدار بارندگی سالانه

$\bar{P}$  : میانگین بارندگی در طول دوره آماری

SD : انحراف معیار مقادیر بارندگی سالانه

SPI : شاخص استاندارد بارندگی سالانه می باشد (در مهدوی، ۱۳۸۵).

جدول (۲) درجه بندی شاخص SPI

طبقه	کاملاً مرطوب	خیلی مرطوب	مرطوب متوسط	مرطوب ملایم	خشکسالی ملایم	خشک متوسط	خشک شدید	خشکسالی خیلی شدید
مقادیر	+۲	۱/۵ تا ۱/۹۹	۱ تا ۱/۴۹	۰/۹۹ تا ۰/۹۹	۰/۹۹ تا ۰/۹۹	۱/۴۹ تا ۱/۹۹	۱/۹۹ تا ۰/۵	۲- و کمتر
SPI		۱		۰/	-	-۱ تا	-۱	

### شاخص درصد نرمال بارش (PN)

این شاخص که یکی از ساده ترین نمایه های خشکسالی است که از طریق تقسیم بارش بر بارش نرمال و ضرب آن در ۱۰۰ در نظر گرفته می شود به دست می آید که بارش نرمال برای هر منطقه صد درصد در نظر گرفته می شود. رابطه (۵-۲)

$$PN = (PI * 100) / P$$

PI : مقدار بارش هر ماه

P : بارش نرمال همان ماه یا سال

### شاخص بارش قابل اعتماد DRI

لی هونرو و پوپوف در سال ۱۹۹۳، هنگام بررسی بارش قاره ی آفریقا، مفهوم بارش قابل اعتماد را به کار بردند. این شاخص ۰/۸۰ میانگین هندسی را شامل می شود و در طرح ها و برنامه ریزی های کشاورزی، مخصوصاً در مناطق خشک می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

رابطه: (۵-۳) معادله ی شاخص DRI :

$$DR = n\sqrt{p1 \times p2 \times p3 \times \dots \times pn} * 0.8$$

در این معادله، DR: بارش قابل اعتماد به میلی متر

۰/۸: ضریب ثابت معادله

P: بارش سالانه به میلی متر

طول دوره ی آماری است.

جدول (۱) مشخصات ایستگاه های هواشناسی و هیدرومتری منطقه مورد مطالعه

ارتفاع از سطح دریا	مختصات جغرافیایی		نوع ایستگاه	نام ایستگاه
	عرض	طول		
۶/۶	۳۰-۲۲	۴۸-۱۵	سینوپتیک	آبادان
۲۲/۵	۳۱-۲۰	۴۸-۴۰	سینوپتیک	اهواز
۷/۸	۳۱-۴۳	۴۸-۰	سینوپتیک	بستان
۰	۳۲-۲۴	۴۸-۲۴	سینوپتیک	دزفول
۲۱	۳۱-۲۹	۴۸-۲۶	کلیما تولوژی	خمیدیه
۶۳	۳۲-۰/۵	۴۸-۲۱	کلیما تولوژی	هفت تپه
۹۰	۳۲-۲۵	۴۸-۰۹	هیدرومتری	پای پل
۲۰	۳۱-۲۸	۴۸-۲۵	هیدرومتری	خمیدیه
۳۵۰	۳۲-۵۸	۳۲-۵۸	هیدرومتری	جلوگیر
۳۹	۳۱-۵۰	۴۸-۲۲	هیدرومتری	عبدالخان

پهنه بندی خشکسالی ها در حوضه پائین دست کرخه

برای تهیه نقشه های خشکسالی حوضه پائین دست کرخه از امکانات نرم افزارهای مورد استفاده در GIS شامل ARC INFO، ARCVIEW استفاده شد. از نرم افزار ARCVIEW برای ترسیم نقشه ها و خطوط هم شدت از نظر خشکسالی و از نرم افزار، ARC INFO برای تبدیل مختصات شبکه جغرافیایی به مختصات UTM استفاده گردید. به منظور انجام فرآیند میان یابی در محیط ARCVIEW از اکستنشن های 3D ANALYSIS و SPATIAL ANALYSIS استفاده می شود. در مطالعه حاضر از روش میان یابی IDW به منظور تهیه گستره خشکسالی ها استفاده گردید.

تعیین شدت و مدت خشکسالی های منطقه با توجه به شاخص ها

برای طبقه بندی و تعیین ترسالی و خشکسالی حوضه پائین دست کرخه از سه روش DRI، PN و SPI، استفاده شد. که با بهره گیری از معادله ی SPI، داده های بارش به ارقام SPI تبدیل شدند بعد بر اساس جدول (۲)، طبقه بندی ترسالی ها و خشکسالی ها مشخص شد که در جدول (۳) قابل مشاهده است.

- فراگیرترین دوره ی خشکسالی در سال ۱۳۸۴، ۱۳۷۷، ۱۳۶۹، می باشد. ۷۳/۴ ایستگاه ها در طبقه بندی خشکسالی ملایم، ۱۳/۳ درصد در طبقه بندی خشکسالی متوسط و ۱۳/۳ درصد ایستگاه ها در طبقه بندی شدید است.
- از نقطه نظر ایستگاهی، شدیدترین خشکسالی مشاهده شده در حوضه پایین دست کرخه در ایستگاه آبادان با مقدار SPI ۲/۲۵- در سال ۱۳۶۷، و شدیدترین خشکسالی با مقدار SPI ۱۲/۰۶- در ایستگاه اهواز در سال ۱۳۶۹ به وقوع پیوسته است. از نظر خشکسالی شدید ایستگاه اهواز با مقدار SPI ۱/۹۴- در سال ۱۳۷۷ می باشد.
- ایستگاه اهواز با ۱۸ سال خشکسالی و ایستگاه آبادان با ۱۷ سال خشکسالی و ایستگاه های دزفول و حمیدیه به طور مشترک با ۱۵ سال خشکسالی، بیشترین فراوانی را در این زمینه به خود اختصاص داده اند. تمام ایستگاه های حوضه پایین دست کرخه در سال ۱۳۷۶ با ترسالی روبه رو بوده اند، و در سال ۶۹، ۷۷ تمام ایستگاه های حوضه دچار پدیده ی خشکسالی شده اند.
- از نکات قابل توجه، وقوع خشکسالی های ممتد در طی دوره آماری با درجه های متفاوت می باشد و بالاترین آنها در طبقه ملایم واقع شده است.
- مطابق جدول (۴) در مقیاس زمانی ۶ ماهه بالاترین رقم نسبی وقوع خشکسالی مربوط به ایستگاه های آبادان، اهواز، بستان و هفت تپه می باشد. و پایین ترین رقم فراوانی نسبی وقوع خشکسالی ماهانه به ایستگاه دزفول تعلق دارد.
- مطابق جدول (۵) بالاترین رقم نسبی وقوع خشکسالی مربوط به ایستگاه آبادان است. ایستگاههای اهواز، بستان، حمیدیه و هفت تپه از نظر مقادیر فراوانی بالاتری نسبت به سایر ایستگاه ها دارند. در بیشتر از نیمی از ماههای مورد مطالعه در خشکسالی بوده اند. که پایین ترین رقم فراوانی نسبی وقوع خشکسالی در هر دو مقیاس زمانی به ایستگاه دزفول تعلق دارد. که در این مقیاس در بیشتر موارد، فراوانی ها بالای ۵۰ درصد می باشد.

جدول (۳) فراوانی خشکسالی ایستگاه های مورد مطالعه با شاخص SPI

ایستگاهها	طبقه	خشکسالی ملایم	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	ترسالی بسیار شدید	ترسالی شدید	ترسالی متوسط	نرمال
آبادان	۱۰	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۸
اهواز	۱۴	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۸
بستان	۱۰	۳	۰	۰	۲	۱	۱	۱	۱۳
حمیدیه	۹	۴	۲	۰	۲	۲	۲	۱	۱۰
دزفول	۱۰	۳	۲	۰	۱	۰	۰	۶	۸
هفت تپه	۵	۴	۲	۰	۲	۰	۰	۱	۱۶

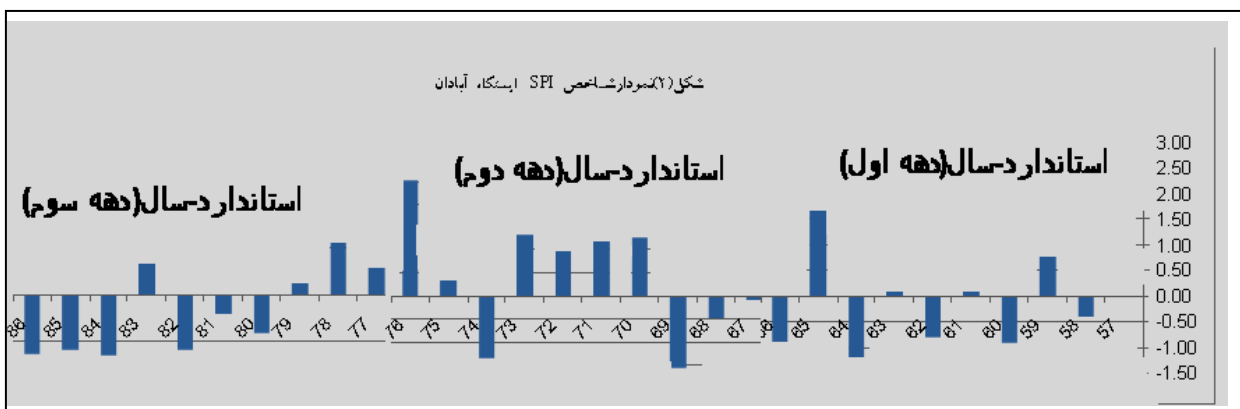
جدول (۴) مقادیر فراوانی های خشکسالی جدول  
زمانی ۱۲ ماهه در طول دوره آماری

ایستگاه	فراوانی خشکسالی مطلق	فراوانی نسبی خشکسالی ۱۰۰
آبادان	۱۶۷	۵۰/۵
اهواز	۱۷۵	۵۲/۹
بستان	۱۷۲	۵۱/۲
حمیدیه	۱۵۹	۴۹/۴
دزفول	۱۴۰	۴۲/۲
هفت تپه	۱۶۶	۵۲/۶

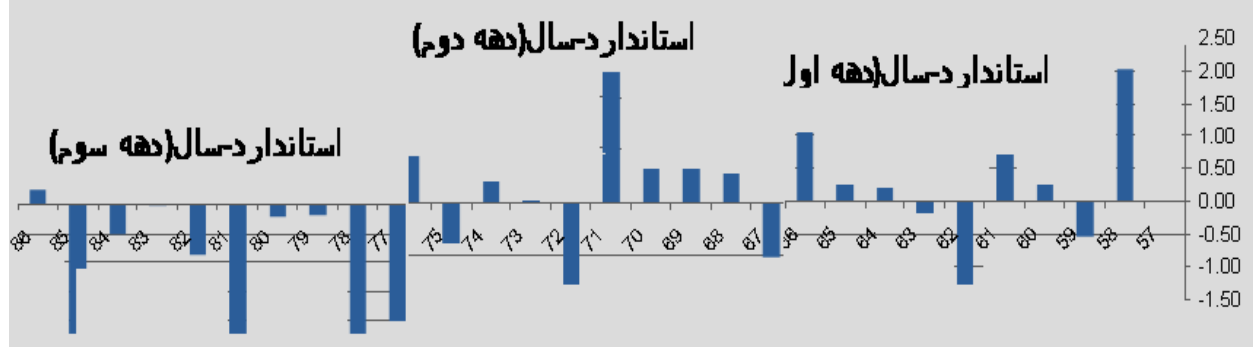
(۵) مقادیر فراوانی های خشکسالی  
زمانی ۶ ماهه در طول دوره آماری

ایستگاه	فراوانی خشکسالی مطلق	فراوانی نسبی خشکسالی ۱۰۰
آبادان	۱۷۹	۵۳/۵
اهواز	۱۶۳	۵۰/۷
بستان	۱۷۲	۵۲/۲
حمیدیه	۱۶۲	۵۰/۵
دزفول	۱۵۶	۴۸
هفت تپه	۱۷۸	۵۷/۲

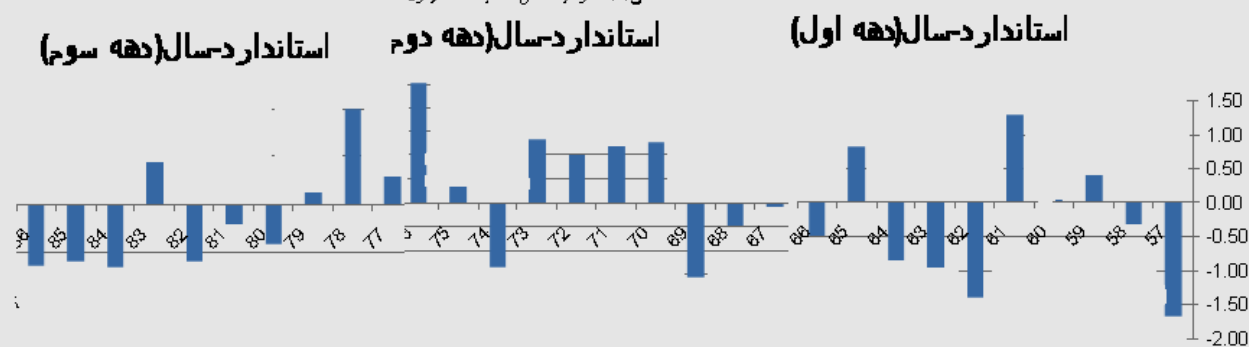
بر اساس اشکال ترسیمی (SPI) شکل های (۱ تا ۶) می توان نتیجه گرفت که دوره های ترسالی و خشکسالی عموماً در منطقه مشاهده می گردد. دوره های خشکسالی بطور متوسط در اواخر دهه اول تا اواخر دهه دوم شمسی و اواسط دهه سوم بروز نموده و از سری توالی بیشتری برخوردار بوده است. و بالعکس در اواسط دهه اول تا اواسط دهه دوم و اوایل دهه سوم دوره های ترسالی از تواتر بیشتری برخوردار بوده اند. در تمام ایستگاههای منطقه مورد مطالعه حالت خشکسالی ملایم بیشترین فراوانی می باشد. با توجه به این شکل ها سال های ۶۲-۶۳ در حالت خشکسالی، و بعد از آن سال های ۶۷-۶۹ به مدت سه سال ایستگاه ها در خشکسالی هیدرولوژیکی به سر برده اند. و پس از یک دوره سه ساله بارندگی، مجدداً در سال ۷۱ تا ۷۶ بارندگی بیش از میانگین بوده است و از سال ۷۷ به بعد نیز ایستگاه ها در خشکسالی به سر می برند.



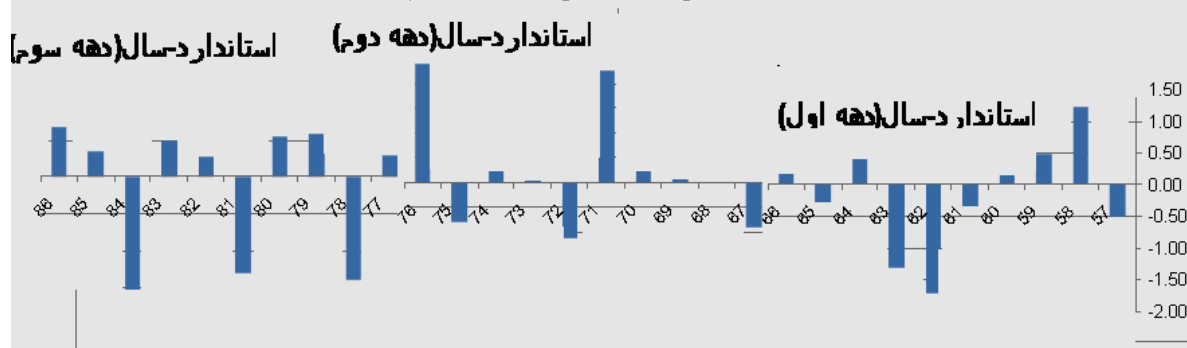
شکل (۵) نمودار شاخص SPI ایستگاه حمیدیه



شکل (۶) نمودار شاخص SPI ایستگاه دزفول



شکل (۷) نمودار شاخص SPI ایستگاه هفت تپه



نتایج شاخص درصد نرمال بارش (PN)



بر اساس جدول (۶)، طبقه بندی ترسالی ها و خشکسالی هامشخص شد که در جدول (۶) قابل مشاهده است.

- شدیدترین خشکسالی بامقدار  $PN/0.35/87$  و  $35/87$  به ترتیب در ایستگاه های بستان و اهواز در سال های ۱۳۶۹-۱۳۷۶، شدیدترین ترسالی بامقدار  $PN/197/41$  در ایستگاه حمیدیه در سال ۱۳۷۱ به وقوع پیوسته است. بر اساس شاخص مذکور سال سال ۱۳۸۵-۱۳۷۶-۱۳۶۹ با  $35/87$  و سال ۱۳۸۴-۱۳۸۱ با  $45/87$  بالاترین خشکسالی را دارا می باشند.
- با نظریه شاخص درصد نرمال می توان گفت که بیشترین فراوانی در بین انواع خشکسالی ها متعلق به خشکسالی ضعیف است. طی سال های ۸۲ تا ۷۷ خشکسالی هر دو سال یکبار به طور منظم تکرار می شود. اگرچه در بعضی ایستگاه ها کمی انحراف وجود دارد ولی تغییر از حالت ترسالی به سمت خشکسالی است. که بیشترین خشکسالی شدید را در ایستگاه حمیدیه با  $16/66$  درصد و ایستگاه های بستان و آبادان با  $10$  درصد می باشد.

جدول (۶) درجه بندی و تعیین فراوانی شاخص PN

نوع شاخص		خشکسالی ضعیف		خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید	
درصد نرمال		۸۰ تا ۷۰		۷۰ تا ۵۵		۵۵ تا ۴۰		کمتر از ۴۰	
طبقه ایستگاهها	نرمال	خشکسالی ضعیف		خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید	
		ترسالی	ترسالی	خشکسالی	خشکسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
آبادان	۱۳	۶	۲	۲	۰	۲	۰	۲	۵
اهواز	۲۲	۰	۳	۱	۰	۲	۱	۱	۱
بستان	۱۳	۳	۲	۳	۱	۳	۱	۱	۴
حمیدیه	۱۵	۲	۱	۵	۰	۲	۲	۲	۳
دزفول	۱۴	۳	۱	۱	۰	۱	۱	۲	۵
هفت تپه	۱۷	۲	۳	۳	۰	۲	۲	۱	۲

### نتایج شاخص DRI

- بر اساس داده های بارش و معادله DRI، ارقام شاخص هر کدام از ایستگاه های منتخب محاسبه شد که در جدول پیوست ارائه شده اند. به منظور تفکیک سال های مرطوب و خشک، از بارش قابل اعتماد استفاده شد که علت آن برآورد حداقل نیاز آبی یک منطقه، مخصوصاً از لحاظ کشاورزی، توسط این شاخص بود.
- از لحاظ فراوانی سال های مرطوب، ایستگاه دزفول با (۲۹ بار) و از نظر فراوانی سال های خشک، آبادان با (۲۳ بار) بیشترین فراوانی را داشته اند.
  - متوالی ترین دوره ی ترسالی در ایستگاه دزفول ۲۹ ساله بوده و متوالی ترین دوره ی خشکسالی در ایستگاه های بستان و آبادان به ترتیب با ۵ و ۵ سال متوالی مشخص شده است.
  - فراگیرترین ترسالی در تمام ایستگاه های حوضه پایین دست کرخه در سال ۱۳۷۰ و فراگیرترین دوره ی خشکسالی ایستگاه های حوضه پایین دست کرخه در سال ۱۳۶۹ مشاهده می شود.

جدول (۷) درجه بندی شاخص DRI

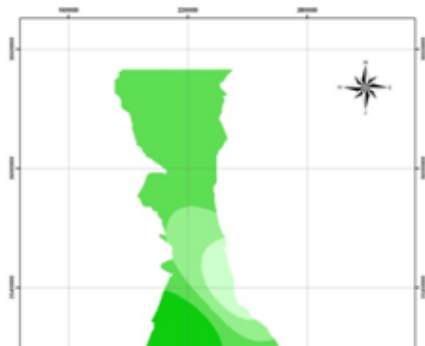
ترسالی	نرمال	خشکسالی	خشکسالی DRI (میلیمتر)	طبقه ایستگاهها
۵	۳	۲۲	۱۵۴/۴	آبادان
۱۸	۶	۶	۲۱۲/۷	اهواز
۱۴	۲	۱۴	۲۰۶/۴	بستان
۲۰	۱	۹	۲۱۳/۷	حمیدیه
۲۹	۱	۰	۳۴۳/۴	دزفول
۲۲		۶	۲۵۹/۹	هفت تپه

### نتایج منابع آب های سطحی با توجه به شاخص SPI

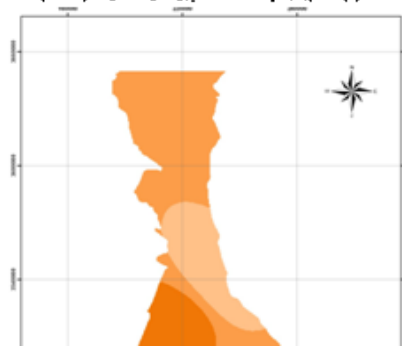
با بررسی هایی که انجام شده آبدهی ایستگاه های ، پای پل حدود ۶۸ درصد، حمیدیه ۹۲ درصد، عبدالخان ۷۲ و جلوگیر حدود ۹۱ درصد همزمان با سال های خشکسالی کاهش آبدهی نسبت به میانگین درازمدت داشته است. خشکسالی در تمام ایستگاه های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. که مقدار آبدهی سالانه آنها کاهش شدیدی نسبت به سال های نرمال داشته است. بدین ترتیب که در تمام ایستگاه ها سال آبی از ۱۳۷۴ تا ۱۳۶۵ یک دوره پرآبی برقرار بوده که در طول آن تنها در دو سال مقدار آب ایستگاه ها کمتر از میانگین می باشد. و از سال ۱۳۸۵-۱۳۷۷ یک دوره کم آبی شدید تا سال ۱۳۸۵ ادامه یافته است. آبدهی ایستگاه ها در سال های ۱۳۸۵-۱۳۸۴ و ۱۳۷۷-۱۳۷۸ در تمام ایستگاه ها به کمترین مقدار خود در دوره ی ۳۰ ساله رسیده است. این وضع ممکن است به تغییرات دوره ای رژیم جریان دازمدت رودخانه وابسته است و در حال حاضر نمی توان آن را به تغییر اقلیم منتسب کرد.

پهنه بندی گستره خشکسالی های مشاهده شده در حوضه پائین دست کرخه در سال های مختلف دوره (۱۳۸۶-۱۳۵۷) اشکال (۲ تا ۴) نمونه هایی از نقشه های سالانه پهنه بندی خشکسالی ها را در حوضه پائین دست کرخه در طول ۳۰ سال نشان می دهند. که پدیده خشکسالی از غرب به شرق از یک روند تقریباً افزایشی پیروی نموده و در حاشیه شمال غربی و جنوب شرقی شدت خشکسالی ها به حداکثر می رسد. نقشه گستره فراوانی نسبی در مقیاس زمانی ۶ ماهه نشان می دهد. در بخش های جنوب، شمال غربی و جنوب شرقی حوضه خشکسالی ها دارای فراوانی بیشتری نسبت به نواحی می باشند. در این مقیاس ایستگاه دزفول در شمال شرق حوضه دارای فراوانی های خشکسالی کمتری است. اما در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه بخش های جنوب شرقی دوباره مقادیر فراوانی افزایش می یابند. در شرق نیز منطقه ای با جهت شمال شرقی-جنوب غربی از فراوانی کمتری برخوردار است.

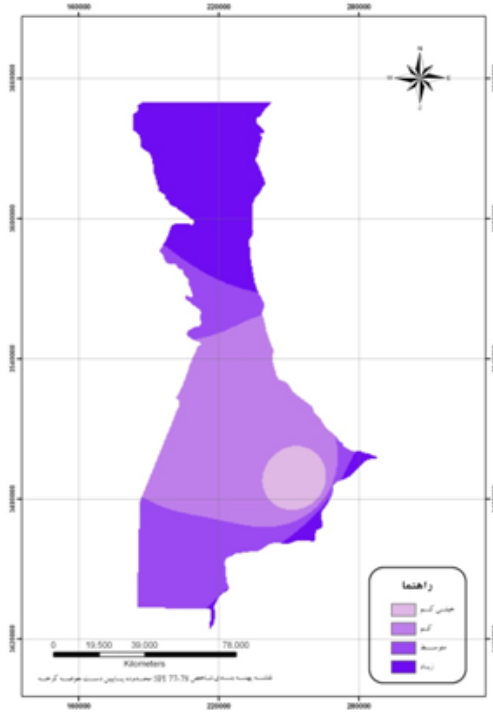
نقشه (۲) نقشه پهنه بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPI (۱۳۸۶-۱۳۵۷)



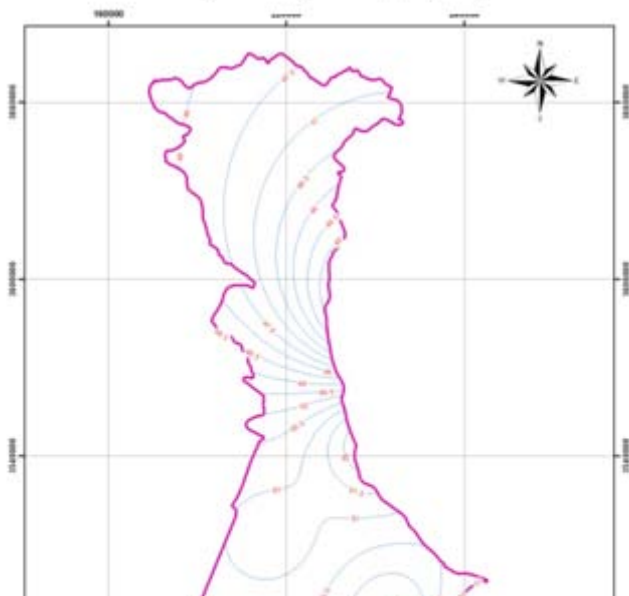
نقشه (۱) نقشه پهنه بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPI (۱۳۸۶-۱۳۵۷)



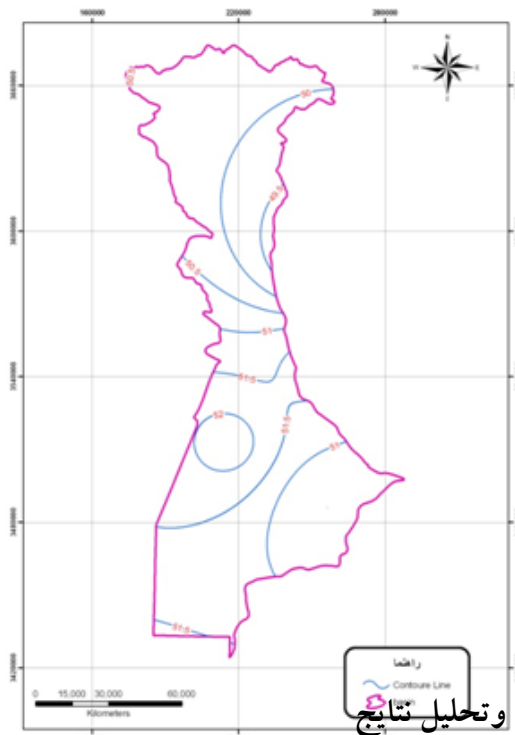
نقشه (۳) نقشه پهنابندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص (۱۴-۱)



نقشه (۴) نقشه پهنابندی شدت خشکسالی در مقیاس زمانی ۲ ساله



نقشه پهنه بندی شدت خشکسالی در مقیاس زمانی ۶ ماهه



بحث و تحلیل نتایج

برای تعیین بهترین شاخص ازمیان شاخص های به کار برده شده شاخصی که از لحاظ کیفی نوع خشکسالی رایبان کرده را انتخاب شده است. بنابراین شاخصی که شدت خشکسالی را بهتر نشان داده در اولویت اول قرار گرفته است. در این تحقیق کیفیت بر روی خشکسالی بنا شده است نه بر روی فراوانی خشکسالی. بنابراین هر چه یک شاخص میزان خشکسالی حاد را بیشتر نشان دهد شاخص مناسب در این تحقیق به کار می رود. به منظور بررسی خشکسالی از سه شاخص منتخب اقلیمی استفاده شد. هر یک از شاخص ها به طور دقیق تعیین کننده طول دوره های مرطوب و خشک بوده آن، خصوصیات یک خشکسالی را از نظر زمان شدت و طول مدت یا تداوم به خوبی در منطقه نشان داده اند. می توان با استفاده از شاخص های مورد بررسی وضعیت خشکسالی را برای ایستگاه بررسی نمود و وقوع خشکسالی را در منابع آب نشان داد. ، که در میان همه شاخص ها SPI خروجی های مناسب تر و بهتری نشان داده است. بر این اساس در انتخاب مناسب ترین شاخص جهت تحلیل وضعیت خشکسالی در طی سال های یک دوره طولانی مدت شاخص SPI در جایگاه نخست است. بنابراین در بین این شاخص ها، شاخص SPI برای تعیین خشکسالی منطقه مورد مطالعه مناسب تر است. و شاخص درصد بارش نرمال (PN) و بارش قابل اعتماد (DRI) به ترتیب در اولویت های بعدی قرار می گیرند. بر اساس شاخص توزیع استاندارد بیشترین خشکسالی مربوط به خشکسالی ملایم و ضعیف می باشد. و بر اساس شاخص بارش نرمال بالاترین خشکسالی ضعیف با فراوانی ۱۶ و خشکسالی شدید با فراوانی ۱۵ است. که بر اساس بررسی های به عمل آمده دهه ۱۳۶۹-۱۳۷۷ خشکترین دهه در دوره آماری مورد مطالعه بوده و در میان سال هانیز سال های ۱۳۶۹-۱۳۷۰ و ۱۳۷۷-۱۳۷۸ بالاترین درصد از لحاظ توزیع استاندارد، بارش نرمال و بارش قابل اعتماد را به خود اختصاص داده است.

همچنین در بین ایستگاه های نامبرده ایستگاه دزفول نسبت به ایستگاه های دیگر از میانگین بارندگی بیشتری برخوردار است ولی با توجه به نتایج شاخص هاین ایستگاه نسبت به ایستگاه های دیگر نسبت به خشکسالی از حساسیت بیشتری برخوردار است.

نتایج خشکسالی در تمام ایستگاه های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که مقدار آبدی سالانه آنها کاهش شدیدی نسبت به سال های نرمال داشته است بدین ترتیب که در تمام ایستگاه ها سال آبی از ۱۳۷۴ تا ۱۳۶۵ یک دوره پر آبی برقرار بوده که در طول آن تنها در دو سال مقدار آب ایستگاه ها کمتر از میانگین می باشد. و از سال ۱۳۸۵-۱۳۷۷ یک دوره کم آبی شدید تا سال ۱۳۸۵ ادامه یافته است .

نتایج نقشه های تولید شده نشان می دهند که پدیده خشکسالی از غرب به شرق از یک روند تقریباً افزایشی پیروی نموده و در حاشیه شمال غربی و جنوب شرقی شدت خشکسالی ها به حداکثر می رسد. نقشه گستره فراوانی نسبی در مقیاس زمانی ۶ ماهه نشان می دهد. در بخشهای جنوب، شمال غربی و جنوب شرقی حوضه خشکسالی ها دارای فراوانی بیشتری نسبت به نواحی می باشند. در این مقیاس ایستگاه دزفول در شمال شرق حوضه دارای فراوانی های خشکسالی کمتری است. اما در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه بخشهای جنوب شرقی دوباره مقادیر فراوانی افزایش می یابند. در شرق نیز منطقه ای با جهت شمال شرقی- جنوب غربی از فراوانی کمتری برخوردار است.

### نتیجه گیری

نتیجه این که بخشهای جنوب شرقی، شمال غربی و جنوب حوضه دارای فراوانی های خشکسالی بیشتر در همه مقیاس های زمانی مورد مطالعه در مقایسه با سایر نواحی می باشند. به نظر می رسد که این منطقه از پتانسیل حساسیت بیشتری نسبت به خشکسالی ها در مقایسه با سایر نواحی برخوردار باشند. لذا به منظور مدیریت و برنامه ریزی مرتبط با خشکسالی ها یا امور منابع آب در حوضه پایین دست کرخه بایستی توجه ویژه ای به این منطقه داشت.

منابع و مأخذ:

۱. ابرقویی، ح. توکلی، م. و طالبی، م. ص. (۱۳۷۹) بررسی تغییرات اقلیمی و درصد فراوانی خشکسالی استان یزد. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی کرمان

۲. اختری.ر.ا، مهدیان.م.ح، مرید.س، (۱۳۸۵) تحلیل مکانی شاخص های خشکسالی EDI و SPI در استان تهران، تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، شماره ۳، ص ۵۲۹-۵۱۷
۳. بذرافشان، جواد، ۱۳۸۱، مطالعه تطبیقی برخی شاخص های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران. رساله ی کارشناسی ارشد، گروه هواشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
۴. صفدری، علی اکبر و دیگران؛ پهنه بندی خشکسالی های شدید حوزه کارون به کمک شاخص Spi در محیط Gis؛ فصلنامه علمی ترویجی خشکی و خشکسالی کشاورزی؛ فصل هفتم؛ بهار ۱۳۸۲.
۵. محسنی ساروی، محسن و همکاران (۱۳۸۲). پهنه بندی فراوانی خشکسالی های حوضه کارون به کمک شاخص بارش استاندارد (spi) در محیط gis. سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم اصفهان. ۲۹ مهر ماه تا آبان ماه ۱۳۸۲.
۶. خالدی، شهریار؛ آب و هواشناسی برای آبشناسان و مهندسان منابع آب، انتشارات تماب؛ ۱۳۷۶.
۷. خزانه داری، لیلی؛ خشکسالی و آسیب پذیری اجتماعی؛ نشریه بوستن علمی مرکز ملی اقلیم شناسی، شماره ۲؛ ۱۳۸۰.

8-Hayes M.J,svoboda M.D,wilhite D.A.andvanyarkho O.V.(1999).Monitoring the(1996).drought using thestandardized precipitation index.Bulletin of Amrecican meteorological society.vol.80 No.3 pages429-438

9-Mckee , B T.Nolan J.Doesken.and kleist J(1995).Droughtmonitoring with multiple timescales.9<sup>th</sup>.conference on APPLIED climatology.15-20january Boston Massachusetts.

10-Hayes M.J: Monito Drought. climat IMPactssPcialist.URL, WWW. Drought.edu. 2006.

11-P almer. w.c (1965). MeeorologicalDrought. No. 45 USMD.

12- Le Houerou, H.N., G. F. Popov, and L. See, 1993. Agrobioclimatic classification of Africa. Agrometeorology Series Working Paper No. 6, Food and Agriculture Organization, Rome Italy.

13-www.NationalDroughtMitigationCenter.

14-www.weather.ir

