

مقایسه شاخص‌های SIAP، PN و RAI در بررسی خشکسالی‌های استان خوزستان با تأکید بر ایستگاه‌های آبادان و دزفول

رضا برنا*

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

فریده عظیمی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

ناهید سعیدی دهکی

دانش آموخته کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

چکیده

طی دهه‌های اخیر در میان حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده است، تعدد و فراوانی پدیده خشکسالی بیش از سایر حوادث بوده است برای کم‌ی کردن پدیده خشکسالی شاخص‌های متفاوتی وجود دارد. در تحقیق حاضر با استفاده از شاخص معیار بارش سالانه (SIAP)، درصد از نرمال (PN) و ناهنجاری بارش (RAI) وضعیت خشکسالی‌ها در دو ایستگاه سینوپتیک آبادان و دزفول در طول دوره آماری ۴۵ ساله (۱۹۶۱-۲۰۰۵) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فراوانی و توالی (دوره تداوم) خشکسالی‌ها با درجات مختلف در ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول است. بر اساس دو شاخص SIAP و RAI فراوانی خشکسالی‌های بسیار شدید در ایستگاه دزفول بیشتر از آبادان است و تنها در شاخص PN فراوانی خشکسالی‌های بسیار شدید ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول دیده شد. همچنین در سه شاخص مذکور شدیدترین خشکسالی در ایستگاه دزفول در سال ۱۹۶۴ و در ایستگاه آبادان در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۷۳ و ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، شاخص SIAP، شاخص PN، شاخص RAI، ایستگاه‌های آبادان و دزفول.

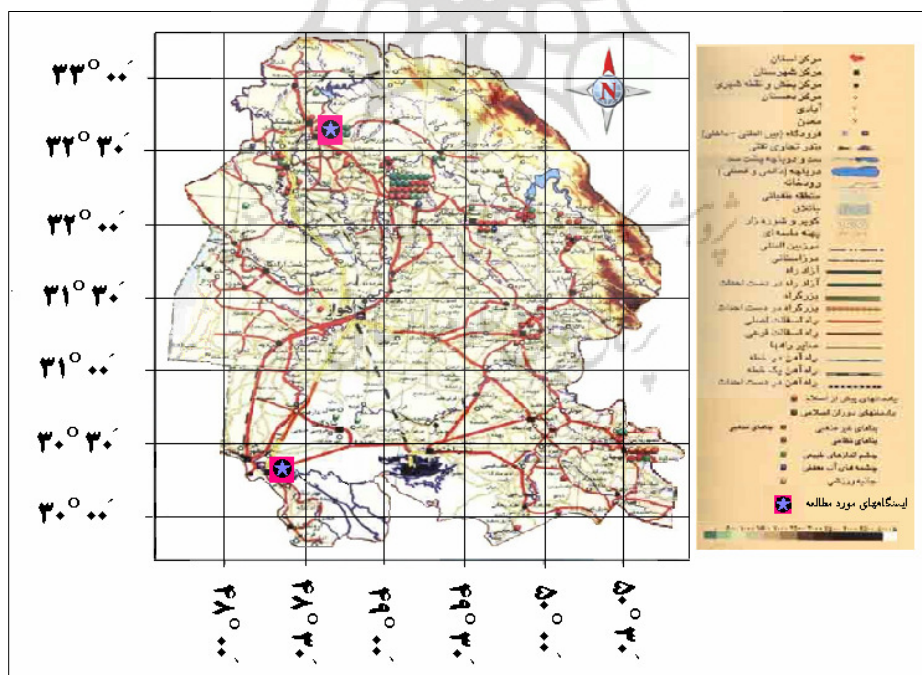
مقدمه

خشکسالی به عنوان یکی از پدیده‌های محیطی شناخته شده و در واقع بخش جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی است که می‌تواند در هر منطقه جغرافیایی حادث شود و تأثیرات عمده‌ای بر آن منطقه بگذارد (شارما، ۲۰۰۰، ۱۷۸۸-۱۲۷۹). خشکسالی از جمله بلایای طبیعی است که در مقایسه با مخاطرات طبیعی نظیر بارش‌های سنگین و سیلاب‌ها، به طور خزننده و بطئی شکل گرفته و گسترش می‌یابد. واژه خشکسالی برای اکثر مردم دنیا واژه دیرینه‌ی است، با وجود این هر کدام از آنها تصوری خاصی از این کلمه در ذهن خود دارند: گیاهان رنگ باخته و پژمرده، بسترهای خشکیده رودخانه‌ها، آتش سوزی بوته زارها و جنگل‌ها،

کاهش ذخیره مخازن آبی و تهی شدن چاه‌ها و یا به طور غیر مستقیم مسائلی مانند: افزایش قیمت محصولات غذایی، افزایش ارزش آب مصرفی یا افزایش قیمت انرژی در صورت محدودیت تأمین آن از طریق نیروگاه‌های آبی (فلیگ، ۲۰۰۴). دانشمندان، پدیده‌های اقلیمی به ویژه خشکسالی‌های متوالی و شدید را مهمترین عامل بیابان زایی و گسترش آن به ویژه در مناطق خاور میانه، شمال آفریقا، استرالیا و آمریکای لاتین می‌دانند (کنث، ۱۹۹۹، ۸۱). نتایج حاصل از یک بررسی آماری سوانح که از سوی آژانس ملی زمین در ژاپن انجام شده، حاکی از این است که در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۹۶۵ تا ۱۹۹۲ میلادی، خشکسالی جدی ترین سانحه اتفاق افتاده در جهان بوده است. در طی سال‌های اخیر نیز بخش اعظمی از کشور ما تحت تأثیر این پدیده قرار گرفته است (غلامی و نهتانی، ۱۳۸۸، ۱). اظهار نظر کارشناسان گویای آن است که کشور ایران در ۲۲ سال گذشته شاهد ۱۳ خشکسالی بوده است. مطالعات نشان داده است در سال‌های منتهی به ۲۰۰۱ در ۹ استان کشور خشکسالی وجود داشته است (تقوی و محمدی، ۱۳۸۶، ۲۰-۱۱). خشکسالی اگر چه بزرگترین حادثه طبیعی است که خطرات فوق العاده سنگینی بر روی زندگی بشر می‌گذارد (ویلهایت، ۱۹۸۵، ۱۲۰-۱۱۱)، اما در کشور ما یک پدیده ناشناخته بوده که هنوز تعریف جامع و کلی برای آن ارائه نشده است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۷، ۳-۲). بخش عمده ای از وسعت کشور ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد و پدیده خشکسالی جزء لاینفک و از ویژگی‌های مناطق خشک می‌باشد (اصغری لقمجانی، ۱۳۸۱، ۳۷۵) بر این اساس تقریباً هر ۵ سال یک بار یک دوره خشکسالی ۲ تا ۳ ساله را در کشور شاهد هستیم (عباسی، ۱۳۸۱، ۱۵۹-۱۵۸). این خشکسالی‌ها باعث کاهش منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و کاهش میزان آب قابل استفاده می‌شود (توکلی و همکاران، ۱۳۸۱، ۴۷۱). در بررسی خشکسالی راهکارهایی وجود دارد که یکی از راهکارهای مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی هر منطقه، تعیین شاخص‌هایی است که به توان بر اساس آن‌ها میزان شدت و تداوم خشکسالی را ارزیابی کرد (لشنی زند، ۱۳۸۳، ۸۶-۷۳). شاخص‌های خشکسالی دارای تنوع و تعدد زیادی هستند و هر کدام قابلیت‌ها و نقاط ضعفی دارند (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۹). وجود خسارات ناشی از وقوع خشکسالی موجب اهمیت این موضوع و افزایش توجه به مطالعات بارش در نقاط مختلف جهان شده است. در ارتباط با این موضوع کمالی و نیکزاد (۱۳۷۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان "شاخص‌های هواشناسی در خشکسالی کشاورزی" شاخص‌هایی را که از نظر آب و هوایی، درجات خشکی را به صورت متوسط‌های اقلیمی تعیین می‌کنند (مانند شاخص دمارتن و کوپن) مورد بررسی قرار دادند. هریست و همکاران (۱۹۹۶) نیز تحقیقاتی را در زمینه خشکسالی هواشناسی انجام دادند که بعدها توسط موهان و رانگاچاریا (۱۹۹۱) تکمیل شد، سپس کریمی و همکاران (۱۳۸۰) خشکسالی هواشناسی استان فارس را با استفاده از روش اصلاح شده هریست و همکاران بررسی کردند، آنان فصل تابستان را به علت کمی بارندگی به عنوان یک فصل جدا در نظر نگرفته و خشکسالی در مقیاس سالیانه را با سه فصل بررسی کردند. مهدی خلجی و محمد شایان نژاد (۱۳۸۰) در مقاله خود، جهت مبارزه با بحران‌های کم‌آبی در مناطق شهرکرد، زابل و زاهدان از روش تعیین شدت و تداوم خشکسالی با تحلیل عددی بارش‌های مناطق

ذکر شده استفاده کرده و نتیجه گرفتند که علی‌رغم وجود دو اقلیم کاملاً متفاوت، مشکلات خشکسالی در هر دو حالت وجود داشته و خسارات زیادی را از جنبه‌های مختلف به مردم این مناطق تحمیل می‌نماید. فتاحی (۱۳۸۷) در پژوهشی به بررسی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی‌های فراگیر در استان چهارمحال و بختیاری پرداخت و با ترسیم نقشه‌های ترکیبی فشار سطح دریا و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، تیپ‌های هوای باران‌زا و خشکی‌زا را مشخص کرد. تاز نوریو (۱۹۸۲) آمار بارش ۵۰ ساله‌ی ایستگاه‌های هواشناسی را در ژاپن تجزیه و تحلیل کرده و بر اساس آن وقوع سال‌های خشک و مرطوب را بررسی کرده است. بوردی و سوترا (۲۰۰۷)، در مقیاس وسیع در منطقه‌ی مداک در ایتالیا، به بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در مقیاس ۳ ماهه و ۲۴ ماهه پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داده که در مقیاس بلند مدت، منطقه‌ی مرکزی و جنوبی ایتالیا در شرایط نرمال است و مابقی تحت اثر خشکسالی قرار دارد.

شهرهای آبادان و دزفول از شهرستان‌های تابعه‌ی استان خوزستان می‌باشند که در جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین نقطه‌ی استان قرار دارند (شکل ۱) شهرستان آبادان به مرکزیت شهر آبادان بین مختصات ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۳ متر است. شهرستان دزفول نیز بین طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ و بین عرض ۳۲ درجه تا ۳۲ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی از خط استوا و در شمال استان خوزستان واقع است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۰ متر است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۷۲)

مواد و روش‌ها

بستر مناسب در مطالعات اقلیمی و هواشناسی دسترسی به داده‌های مطمئن از یک شبکه مناسب ایستگاهی در یک دوره مطلوب آماری می‌باشد. طول دوره آماری بستگی تمام به عنصر اقلیمی مورد بررسی و اقلیم غالب منطقه و تراکم شبکه ایستگاهی نیز بستگی به توپوگرافی منطقه و عنصر اقلیمی مورد نظر دارد (عسگری و همکاران، ۱۳۸۲، ۲۳۳). داده‌هایی که برای تجزیه و تحلیل خشکسالی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، شامل داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و دزفول بوده که از سایت سازمان هواشناسی کشور گرفته شده است. در این تحقیق به منظور رفع نواقص و بازسازی داده‌ها از روش همبستگی استفاده شد. ایستگاه‌های مذکور، هم دارای آمار طولانی مدت می‌باشند و هم در سطح استان خوزستان (به دلیل قرارگیری در جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین نقطه استان) از موقعیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در این تحقیق مطابق استانداردهای جهانی و توصیه سازمان هواشناسی جهانی که حداقل دوره آماری ۳۰ ساله را توصیه می‌نماید، آمار بارش برای یک دوره ۴۵ ساله در ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و دزفول از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ تهیه شد. سپس بر اساس شاخص‌های SIAP^۱، PN^۲ و RAI^۳، همچنین با استفاده از آنالیزهای آماری، نرم افزارهای مربوطه (SPSS و EXLE) و جداول به دست آمده، کیفیت خشکسالی‌ها مورد بررسی و تفسیر واقع شد. اساس شاخص‌های خشکسالی انتخاب شده، بر مبنای سنجش انحراف مقادیر بارندگی از میانگین دراز مدت طی یک دوره زمانی معین استوار است.

یافته‌ها

دانشمندان علم آب و هواشناسی برای ارزیابی و پایش خشکسالی، شاخص‌های متعددی ارائه کرده اند، هر یک از این شاخص‌ها بر اساس به کارگیری متغیرهای هواشناسی و روش‌های محاسباتی متفاوتی طراحی شده اند (ریچارد، ۲۰۰۲، ۱۱۵۹-۱۱۴۹). بارش، عمده ترین پارامتری است که در تعریف شاخص‌ها به کار رفته است، یعنی خشکسالی و ترسالی در مقایسه با کمتر یا بیشتر بودن ریزش‌های جوی از میانگین بارندگی در یک منطقه سنجیده می‌شود (زارع ابیانه و محبوبی، ۱۳۸۳، ۷-۲). بنابراین در تحقیق حاضر آنالیز آماری بارش بر اساس شاخص‌های معیار بارش سالانه (SIAP)، درصد از نرمال (PN) و ناهنجاری بارش (RAI) انجام شد و در قالب جداول و نمودارها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. بر اساس طبقه بندی جداول ۱، ۲ و ۳ وضعیت خشکسالی‌ها مشخص شد، در نهایت به دلیل حجم بالای محاسبات، توصیف کیفی خشکسالی‌ها در جداول ۴ و ۵ و در قالب اشکال شماره ۲ تا ۷ نشان داده شد که در زیر به بررسی آن پرداخته می‌شود:

الف) بررسی شاخص معیار بارش سالانه (SIAP) در ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و دزفول :

در این شاخص ابتدا مجموع بارش‌ها در یک سال را از میانگین مجموع بارش در یک دوره آماری کم کرده و جواب حاصل را در مرحله بعد بر انحراف معیار داده‌های دوره آماری مورد نظر تقسیم می‌کنیم که معادله آن به شرح زیر است و طبق جدول ۱، طبقه بندی می‌شود:

$$SIAP = \frac{(P_i - \bar{P})}{SD}$$

P_i : بارندگی سال هیدرولوژی I ام، \bar{P} : میانگین بارندگی در طول دوره آماری، SD: انحراف معیار سری بارندگی است.

طبقه بندی شاخص SIAP در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. طبقات مختلف شاخص SIAP (کاردان مقدم و همکاران، ۱۳۸۸، ۳)

طبقات شدت خشکسالی	شاخص معیار بارندگی سالانه (SIAP)
نرمال	+۰/۲۵ - ۰/۲۵ تا
خشکسالی ضعیف	-۰/۲۵ - ۰/۵۲ تا
خشکسالی متوسط	-۰/۵۲ - ۰/۸۴ تا
خشکسالی شدید	-۰/۸۴ - ۱/۲۸ تا
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از -۱/۲۸

بعد از انجام مراحل آماری بالا، نتایج حاصله در جدول ۴ نشان داده شده و در جدول ۵ به توصیف کیفی طبقات خشکسالی پرداخته شده است.

طبق جداول ۴ و ۵ و اشکال ۲ و ۳ نتایج زیر حاصل شد:

- از نظر فراوانی خشکسالی‌ها، ایستگاه آبادان با ۲۱ سال خشک (۴۷ درصد سال‌ها) در رتبه اول و ایستگاه دزفول با ۱۹ سال خشک (۴۳ درصد سال‌ها) در رتبه بعدی قرار می‌گیرد.
- طبقه بندی خشکسالی‌ها در دو ایستگاه آبادان و دزفول به این شرح است:
فراوانی خشکسالی‌های ضعیف در دزفول بیشتر از آبادان است. ایستگاه دزفول با ۶ سال خشکسالی ضعیف (در سال‌های ۱۹۶۳، ۱۹۶۸، ۱۹۸۷، ۱۹۸۹، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳) و ایستگاه آبادان با ۴ سال خشکسالی ضعیف (در سال‌های ۱۹۶۱، ۱۹۶۶، ۱۹۶۹ و ۱۹۸۸) مواجه بوده است. از نظر خشکسالی متوسط ایستگاه آبادان با ۸ سال (در سال‌های ۱۹۶۲، ۱۹۷۱، ۱۹۸۱، ۱۹۸۳، ۱۹۸۷، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳) و ایستگاه دزفول با ۳ سال خشکسالی متوسط (در سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۸۵ و ۲۰۰۵) روبرو بوده است. خشکسالی‌های شدید به وقوع پیوسته نیز در ایستگاه آبادان ۷ سال (طی سال‌های ۱۹۶۳، ۱۹۶۵، ۱۹۶۸، ۱۹۷۳، ۱۹۸۵ و ۱۹۹۸) و در ایستگاه دزفول ۵ سال (در سال‌های ۱۹۶۲، ۱۹۶۷، ۱۹۷۰، ۱۹۸۳ و ۱۹۹۵) بوده است. خشکسالی‌های بسیار شدید در آبادان ۲ سال (در سال‌های ۱۹۶۴ و ۲۰۰۵) و در دزفول ۵ سال (در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۶۶، ۱۹۷۳، ۱۹۷۸ و ۱۹۹۰) بوده است. شدت خشکسالی نرمال ایستگاه دزفول ۹ سال و ایستگاه آبادان ۸ سال است.

ب) بررسی شاخص درصد از نرمال (PN) در ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و دزفول:

این شاخص یکی از مهمترین شاخص‌هایی است که برای ارزیابی خشکسالی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از تقسیم میزان بارندگی رخ داده بر مقدار بارندگی نرمال به دست آمده و بر حسب درصد بیان می‌شود. معادله این شاخص به شرح زیر است:

$$PN = \frac{P}{\bar{P}} \times 100$$

در این رابطه P: مجموع بارندگی در سال مفروض به میلی‌متر و \bar{P} : میانگین بارش درازمدت به میلی‌متر می‌باشد. این شاخص بر اساس جدول ۲ طبقه بندی می‌شود.

جدول ۲. طبقات مختلف شاخص PN (موسوی، ۱۳۸۶، ۳۶)

طبقه بندی شاخص PN	
خشکسالی ضعیف	۷۰ تا ۸۰ درصد
خشکسالی متوسط	۵۵ تا ۷۰ درصد
خشکسالی شدید	۴۰ تا ۵۵ درصد
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ۴۰ درصد

بعد از تجزیه و تحلیل صورت گرفته بر روی داده‌های بارش سالانه و بر اساس جداول و شکل‌های ۴ و ۵ موارد حاصل شده به شرح زیر می‌باشد:

- بر اساس شاخص مذکور در هر دو ایستگاه سال ۱۹۶۴ با خشکسالی بسیار شدید، سال ۱۹۷۳ با خشکسالی شدید و سال ۱۹۶۲ با خشکسالی متوسط روبرو بوده اند؛
- فراوانی خشکسالی‌ها در ایستگاه آبادان (با ۱۷ سال) بسیار بالاتر از ایستگاه دزفول (با ۱۲ سال) است؛
- به طور کلی (همان طور که از جداول و شکل‌های ۴ و ۵ معلوم است) شدت خشکسالی‌های مشاهده شده در دو ایستگاه آبادان و دزفول برابر نیست. در ایستگاه آبادان بیشترین نوع خشکسالی، از نوع ضعیف با فراوانی ۷ سال (سال‌های ۱۹۷۱، ۱۹۸۱، ۱۹۸۳، ۱۹۸۷، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲، ۲۰۰۳) و بیشترین نوع خشکسالی ایستگاه دزفول، از نوع متوسط با فراوانی ۷ سال (۱۹۶۲، ۱۹۶۶، ۱۹۶۷، ۱۹۷۰، ۱۹۸۳، ۱۹۹۰ و ۱۹۹۵) است. ایستگاه آبادان با ۲ سال خشکسالی بسیار شدید (در سال ۱۹۶۴) روبرو بوده‌اند. به جز خشکسالی متوسط در دیگر طبقات با ۱ سال خشکسالی بسیار شدید (در سال ۱۹۶۴) روبرو بوده‌اند. به جز خشکسالی متوسط در دیگر طبقات خشکسالی، ایستگاه آبادان در رده بالاتری نسبت به ایستگاه دزفول قرار می‌گیرد. در کل می‌توان گفت که خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید در ایستگاه آبادان (که دارای آب و هوای خشک است) نسبت به ایستگاه دزفول (با آب و هوای نیمه خشک) از شدت بالاتری برخوردار است.

ج) بررسی شاخص ناهنجاری بارش (RAI) در ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و دزفول:

شاخص ناهنجاری بارندگی توسط روی در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. اساس شاخص ناهنجاری بارندگی، محاسبه انحراف مقادیر بارندگی از نرمال می‌باشد. مراحل محاسبه این شاخص به صورت زیر است:

- ۱- محاسبه میانگین درازمدت بارندگی در ایستگاه‌های مورد نظر (\bar{P})؛
 - ۲- استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره‌های مطالعاتی (\bar{P}_{10})؛
 - ۳- استخراج میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره‌های مطالعاتی (\bar{P}_{10})؛
- 0 - مقایسه داده‌های بارندگی (P) با میانگین درازمدت بارندگی.

چنانچه $P \geq \bar{P}$ یا ناهنجاری، مثبت باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$RAI = 3 \left[\frac{P - \bar{P}}{\bar{P}_{10} - \bar{P}} \right]$$

چنانچه $P \leq \bar{P}$ یا ناهنجاری، منفی باشد شاخص ناهنجاری بارندگی به صورت زیر خواهد بود:

$$RAI = -3 \left[\frac{P - \bar{P}}{\bar{P}_{10} - \bar{P}} \right]$$

در نهایت، مقادیر محاسبه شده بر اساس جدول ۳ طبقه بندی می‌شوند.

جدول ۳. طبقات مختلف شاخص RAI (جوی زاده، ۱۳۸۴، ۸۱)

RAI به نسبت داده شده	شدت خشکسالی
+۰/۳ تا -۰/۳	نزدیک نرمال
-۰/۳ تا -۱/۲	خشکسالی ضعیف
-۱/۲ تا -۲/۱	خشکسالی متوسط
-۲/۱ تا -۳	خشکسالی شدید
≤ -۳	خشکسالی بسیار شدید

تجزیه و تحلیل انجام شده بر اساس شاخص RAI طبق جداول ۴ و ۵ و اشکال ۶ و ۷ بیانگر آن است که:

- فراوانی سال‌های خشک در ایستگاه آبادان (۲۷ سال) بیشتر از ایستگاه دزفول (۲۳ سال) است.
- به طور کلی همان طور که در جدول ۴ و شکل‌های ۶ و ۷ مشاهده می‌شود:
 - بیشترین نوع خشکسالی اتفاق افتاده در ایستگاه آبادان از نوع شدید با فراوانی ۹ سال (سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۸۵، ۱۹۷۷، ۱۹۷۶، ۱۹۷۵، ۱۹۶۸، ۱۹۶۵، ۱۹۶۳ و ۱۹۹۸) و در ایستگاه دزفول از نوع ضعیف با فراوانی ۹ سال (سال‌های ۲۰۰۱، ۱۹۸۹، ۱۹۸۷، ۱۹۷۹، ۱۹۷۵، ۱۹۶۸، ۱۹۶۳، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳) است. خشکسالی‌های بسیار شدید در ایستگاه دزفول با فراوانی ۴ سال (سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۶۶، ۱۹۷۳ و ۱۹۷۸) بیشتر از ایستگاه آبادان با فراوانی ۲ سال (سال‌های ۱۹۶۴ و ۱۹۷۳) بوده است. خشکسالی‌های شدید اتفاق افتاده نیز در ایستگاه آبادان ۹ سال بیشتر از ایستگاه دزفول، با فراوانی ۵ سال (سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۸۳، ۱۹۶۷، ۱۹۶۲ و ۱۹۹۵) به دست آمد. همچنین سال‌های ۲۰۰۲، ۱۹۸۹، ۱۹۸۷، ۱۹۸۳، ۱۹۸۱، ۱۹۷۱، ۱۹۶۲ و ۲۰۰۳ در ایستگاه آبادان و سال‌های ۱۹۷۰، ۱۹۶۹، ۱۹۸۴، ۱۹۸۵ و ۲۰۰۵ در ایستگاه دزفول خشکسالی متوسط اتفاق افتاده است.

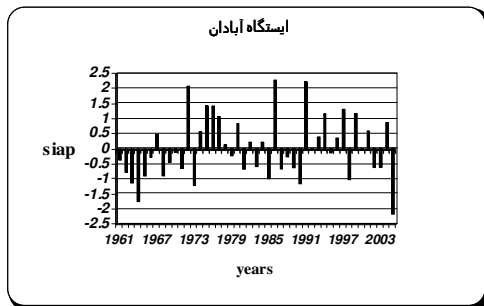
جدول ۴. فراوانی و درصد دوره‌های خشکسالی بر اساس شاخص‌های SIAP، PN و RAI در ایستگاه‌های منتخب (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۲ و ۱۰۹)

نوع شاخص	طبقات خشکسالی ایستگاه	خشکسالی ضعیف		خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید		نرمال
		درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	
SIAP	آبادان	۴	۹	۸	۱۸	۷	۱۶	۲	۴	۸
	دزفول	۶	۱۳	۳	۷	۵	۱۱	۵	۱۱	۲۰
PN	آبادان	۷	۱۶	۵	۱۱	۳	۷	۲	۴	-
	دزفول	۲	۴	۷	۱۶	۲	۴	۱	۲	-
RAI	آبادان	۸	۱۸	۸	۱۸	۹	۲۰	۲	۴	۹
	دزفول	۹	۲۰	۵	۱۱	۵	۱۱	۴	۹	۷

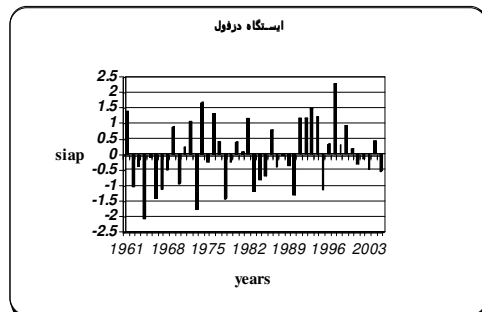
جدول ۵. طبقه بندی خشکسالی‌ها بر اساس شاخص‌های SIAP، PN و RAI طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۶۱ (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۴-۱۱۳ و ۱۰۸-۱۰۷)

سال‌ها	SIAP آبادان	طبقات خشکسالی	SIAP دزفول	طبقات خشکسالی	PN آبادان	طبقات خشکسالی	PN دزفول	طبقات خشکسالی	RAI آبادان	طبقات خشکسالی	RAI دزفول	طبقات خشکسالی
1961	-/35	خشکسالی ضعیف	1/40	-	85/69	-	144/76	-	-/88	خشکسالی ضعیف	3/03	-
1962	-/75	خشکسالی متوسط	-1/03	خشکسالی شدید	69/45	خشکسالی متوسط	66/89	خشکسالی متوسط	-1/88	خشکسالی متوسط	-2/31	خشکسالی شدید
1963	-1/14	خشکسالی شدید	-/38	خشکسالی ضعیف	53/53	خشکسالی شدید	87/88	-	-2/87	خشکسالی شدید	-/84	خشکسالی ضعیف
1964	-1/71	خشکسالی بسیار شدید	-2/07	خشکسالی بسیار شدید	30/42	خشکسالی بسیار شدید	33/64	خشکسالی بسیار شدید	-4/30	خشکسالی بسیار شدید	-4/62	خشکسالی بسیار شدید
1965	-/88	خشکسالی شدید	-/09	نرمال	64/38	خشکسالی متوسط	97/10	-	-2/20	خشکسالی شدید	-/20	نزدیک نرمال
1966	-/28	خشکسالی ضعیف	-1/39	خشکسالی بسیار شدید	88/64	-	55/39	خشکسالی متوسط	-/70	خشکسالی ضعیف	-3/11	خشکسالی بسیار شدید
1967	/49	-	-1/09	خشکسالی شدید	120/03	-	64/90	خشکسالی متوسط	1/005	خشکسالی ضعیف	-2/45	خشکسالی شدید
1968	-/87	خشکسالی شدید	-/48	خشکسالی ضعیف	64/70	خشکسالی متوسط	84/47	-	-2/18	خشکسالی شدید	-1/08	خشکسالی ضعیف
1969	-/42	خشکسالی ضعیف	/89	-	82/80	-	128/55	-	-1/06	خشکسالی ضعیف	1/93	خشکسالی متوسط
1970	-/10	نرمال	-/94	خشکسالی شدید	95/83	-	69/89	خشکسالی متوسط	-/26	نزدیک نرمال	-2/09	خشکسالی متوسط
1971	-/65	خشکسالی متوسط	/23	نرمال	73/49	خشکسالی ضعیف	107/36	-	-1/64	خشکسالی متوسط	/5	-
1972	2/05	-	1/05	-	183/38	-	133/69	-	4/18	-	2/28	-
1973	-1/21	خشکسالی شدید	-1/79	خشکسالی بسیار شدید	50/77	خشکسالی شدید	42/56	خشکسالی شدید	-3/04	خشکسالی بسیار شدید	-4	خشکسالی بسیار شدید
1974	/55	-	1/67	-	122/53	-	153/66	-	1/13	خشکسالی ضعیف	3/63	-
1975	1/42	-	-/23	نرمال	157/96	-	92/61	-	2/91	خشکسالی شدید	-/5	خشکسالی ضعیف

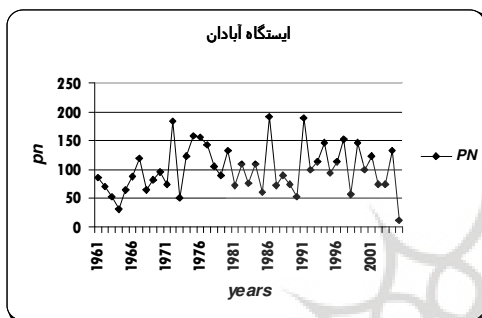
1976	1/39	-	1/33	-	156/55	-	142/69	-	2/83	خشکسالی شدید	2/88	-
1977	1/03	-	/41	-	142/11	-	113/31	-	2/11	خشکسالی شدید	/90	-
1978	/12	نرمال	-1/42	خشکسالی بسیار شدید	104/88	-	54/31	خشکسالی شدید	/24	نزدیک نرمال	-3/19	خشکسالی بسیار شدید
1979	-/23	نرمال	-/24	نرمال	90/56	-	92/30	-	-/58	خشکسالی ضعیف	-/53	خشکسالی ضعیف
1980	/81	-	/40	نرمال	132/99	-	112/97	-	1/66	-	/87	-
1981	-/68	خشکسالی متوسط	/07	نرمال	72/46	خشکسالی ضعیف	102/32	-	-1/70	خشکسالی متوسط	/16	نزدیک نرمال
1982	/21	نرمال	1/16	-	108/73	-	137/08	-	/44	-	2/51	-
1983	-/58	خشکسالی متوسط	-1/19	خشکسالی شدید	76/57	خشکسالی ضعیف	61/99	خشکسالی متوسط	-1/45	خشکسالی متوسط	-2/65	خشکسالی شدید
1984	/21	نرمال	-/82	خشکسالی متوسط	108/60	-	73/87	خشکسالی ضعیف	/43	-	-1/82	خشکسالی متوسط
1985	-/98	خشکسالی شدید	-/70	خشکسالی متوسط	60/01	خشکسالی متوسط	77/43	خشکسالی ضعیف	-2/47	خشکسالی شدید	-1/57	خشکسالی متوسط
1986	2/24	-	/76	-	191/21	-	124/40	-	4/58	-	1/65	-
1987	-/69	خشکسالی متوسط	-/40	خشکسالی ضعیف	71/95	خشکسالی ضعیف	87/27	-	-1/73	خشکسالی متوسط	-/88	خشکسالی ضعیف
1988	-/27	خشکسالی ضعیف	-/04	نرمال	89/15	-	98/81	-	-/67	خشکسالی ضعیف	-/08	نزدیک نرمال
1989	-/64	خشکسالی متوسط	-/37	خشکسالی ضعیف	74/13	خشکسالی ضعیف	88/20	-	-1/6	خشکسالی متوسط	-/82	خشکسالی ضعیف
1990	-1/17	خشکسالی شدید	-1/33	خشکسالی بسیار شدید	52/18	خشکسالی شدید	57/22	خشکسالی متوسط	-2/95	خشکسالی شدید	-2/98	خشکسالی شدید
1991	2/18	-	1/16	-	188/96	-	137/06	-	4/46	-	2/51	-
1992	-/03	نرمال	1/15	-	98/72	-	136/88	-	-/08	نزدیک نرمال	2/49	-
1993	/34	-	1/47	-	113/99	-	147/12	-	/70	-	3/18	-
1994	1/12	-	1/20	-	145/70	-	138/49	-	2/29	-	2/60	-
1995	-/14	نرمال	-1/15	خشکسالی شدید	94/35	-	63/07	خشکسالی متوسط	-/35	خشکسالی ضعیف	-2/57	خشکسالی شدید
1996	/33	-	/32	-	113/41	-	110/36	-	/67	-	/70	-
1997	1/27	-	2/25	-	151/60	-	172/04	-	2/59	-	4/87	-
1998	-1/06	خشکسالی شدید	/29	-	57/06	خشکسالی متوسط	109/36	-	-2/65	خشکسالی شدید	/63	-
1999	1/14	-	/91	-	146/66	-	129/23	-	2/34	-	1/98	-
2000	-/01	نرمال	/15	نرمال	99/81	-	104/75	-	-/01	نزدیک نرمال	/32	-
2001	/56	-	-/34	خشکسالی ضعیف	122/79	-	89/10	-	1/14	-	-/76	خشکسالی ضعیف
2002	-/65	خشکسالی متوسط	-/15	نرمال	73/56	خشکسالی ضعیف	95/08	-	-1/63	خشکسالی متوسط	-/34	خشکسالی ضعیف
2003	-/64	خشکسالی متوسط	-/49	خشکسالی ضعیف	73/94	خشکسالی ضعیف	84/35	-	-1/61	خشکسالی متوسط	-1/09	خشکسالی ضعیف
2004	/82	-	/42	-	133/50	-	113/51	-	1/68	-	/91	-
2005	-2/16	خشکسالی بسیار شدید	-/55	خشکسالی متوسط	12/20	خشکسالی بسیار شدید	82/30	-	1/16	-	-1/23	خشکسالی متوسط



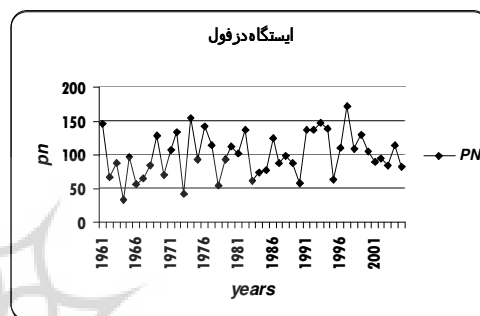
شکل ۳. مقدار شاخص SIAP ایستگاه آبادان در طول دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۵)



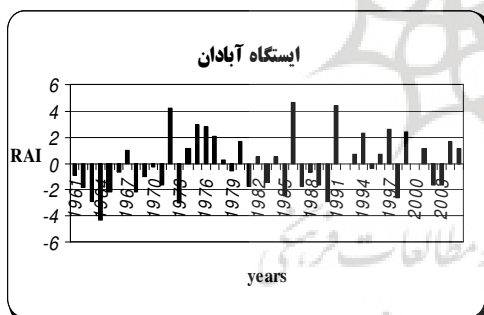
شکل ۲. مقدار شاخص SIAP ایستگاه دزفول در طول دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۵)



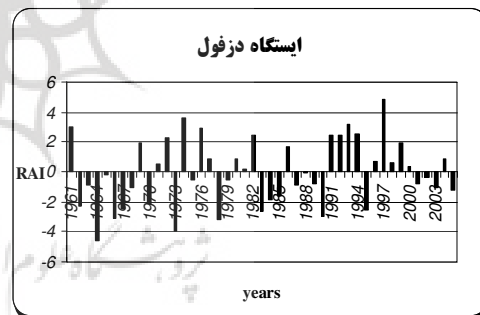
شکل ۵- مقدار شاخص PN ایستگاه آبادان در طول دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۵)



شکل ۴- مقدار شاخص PN ایستگاه دزفول در طول دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۵)



شکل ۷. مقدار شاخص RAI ایستگاه آبادان در طول دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۵)



شکل ۶. مقدار شاخص RAI ایستگاه دزفول در طول دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ (سعیدی دهکی، ۱۳۸۹، ۱۱۵)

نتیجه گیری

با مطالعه و مقایسه شاخص های منتخب خشکسالی در ایستگاه های آبادان و دزفول می توان نتیجه گرفت که : بر اساس شاخص SIAP فراوانی خشکسالی ها با درجات مختلف در ایستگاه آبادان بیشتر بوده است، اما فراوانی خشکسالی های بسیار شدید در ایستگاه دزفول بیشتر از آبادان است. شدت خشکسالی ها در آبادان از نوع متوسط و در ایستگاه دزفول از نوع ضعیف است. بیشترین دوام خشکسالی ها در ایستگاه آبادان طی سال های ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۶ و در ایستگاه دزفول در سال های ۱۹۶۲ تا ۱۹۶۴ و ۱۹۶۶ تا ۱۹۶۸ بوده است.

همچنین شدیدترین خشکسالی در ایستگاه آبادان در سال ۲۰۰۵ و در ایستگاه دزفول در سال ۱۹۶۴ به وقوع پیوسته است. در بررسی شاخص PN فراوانی خشکسالی‌های ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول به دست آمد. آبادان با ۱۷ سال خشکسالی و دزفول با ۱۲ سال خشکسالی مواجه بوده‌اند. از نظر توالی خشکسالی‌ها، متوالی ترین خشکسالی در ایستگاه آبادان با ۴ سال (از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۶۵) و در ایستگاه دزفول ۳ سال (طی سال-های ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۵) بوده است. در مطالعه شدت خشکسالی‌ها، در ایستگاه آبادان وضعیت خشکسالی ضعیف و در ایستگاه دزفول وضعیت خشکسالی متوسط بیشترین نوع خشکسالی در منطقه بوده است. هر دو ایستگاه در سال ۱۹۶۴ با خشکسالی بسیار شدید روبرو بوده‌اند. همچنین شدیدترین خشکسالی در ایستگاه آبادان در سال ۱۹۷۳ و در ایستگاه دزفول در سال ۱۹۶۴ به وقوع پیوسته است. نتایج حاصله براساس شاخص RAI بیانگر آن است که فراوانی خشکسالی‌ها در ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول است. بیشترین نوع خشکسالی در ایستگاه آبادان از نوع شدید و در ایستگاه دزفول از نوع ضعیف بوده است. متوالی ترین خشکسالی‌ها در ایستگاه آبادان ۹ سال (از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۹) و در ایستگاه دزفول ۵ سال (از سال ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۰) بوده است. شدیدترین خشکسالی در هر دو ایستگاه در سال ۱۹۶۴ به وقوع پیوسته است. در مجموع با مقایسه سه شاخص SIAP، PN و RAI در دو ایستگاه آبادان و دزفول فراوانی و توالی (دوره تداوم) خشکسالی‌ها با درجات مختلف در ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول به دست آمد. بر اساس دو شاخص SIAP و RAI فراوانی خشکسالی‌های بسیار شدید در ایستگاه دزفول بیشتر از آبادان است و تنها در شاخص PN فراوانی خشکسالی‌های بسیار شدید ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول دیده شد. همچنین در سه شاخص مذکور شدیدترین خشکسالی در ایستگاه دزفول در سال ۱۹۶۴ و در ایستگاه آبادان در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۷۳ و ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است.

منابع

- ۱- اصغری لقمجانی، (۱۳۸۱): بررسی راهکارهای زیست محیطی در پیشگیری از بروز بحران آب، مجموعه مقالات همایش بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ص ۳۷۵.
- ۲- تقوی، فرحناز و محمدی، حسین (۱۳۸۶): بررسی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی به منظور شناخت پیامدهای زیست محیطی، مجله محیط شناسی، شماره ۴۳، صص ۲۰-۱۱.
- ۳- توکلی، م و همکاران (۱۳۸۱): شاخص‌ها و شدت خشکسالی در استان یزد، مجموعه مقالات همایش بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ص ۴۷۱.
- ۴- جوی زاده، سعید (۱۳۸۴): پایش خشکسالی در استان فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت معلم تهران، ص ۸۱.
- ۵- خلجی، م و شایان نژاد، م. (۱۳۸۰): تعیین شدت و تداوم خشکسالی با یک روش اصلاح شده جدید برای مبارزه با بحران‌های کم آبی در مناطق شهرکرد، زاهدان و زابل، اولین کنفرانس مبارزه با بحران کم آبی، کرمان، صص ۱۴۳-۱۲۷.

- ۶- زارع ابیانه، حمید و محبوبی، ع. (۱۳۸۳): بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان بر اساس شاخص های آماری خشکسالی، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۴، صص ۷-۲.
- ۷- سعیدی دهکی، ناهید (۱۳۸۹): بررسی مقایسه ای خشکسالی اقلیمی شهرهای آبادان و دزفول، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی به راهنمایی دکتر رضا برنا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صص ۱۱۵-۱۱۲.
- ۸- عباسی، ل (۱۳۸۱): بررسی و ارزیابی شدت خشکسالی استان خوزستان، مجموعه مقالات همایش بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، صص ۱۵۹-۱۵۸.
- ۹- عسگری، احمد و رحیم زاده، فاطمه (۱۳۸۲): برجستگی نوسان بارش در کشور نسبت به روند و جهش آن، سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، صص ۲۳۳.
- ۱۰- غلامی، پرویز و نهتانی، محمد (۱۳۸۸): بررسی اثرات زیست محیطی خشکسالی در منطقه سیستم، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان، صص ۲.
- ۱۱- فتاحی، ا (۱۳۸۷): بررسی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی های فراگیر در استان چهارمحال و بختیاری، همایش خشکسالی در استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، صص ۱.
- ۱۲- کاردان مقدم، حمید و حاجی زاده، فاطمه و اعتباری، بهروز (۱۳۸۸): تعیین خشکسالی ها بر اساس آمار بازندگی سالیانه در شرق کشور، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان، صص ۳.
- ۱۳- کریمی، و. و کامکار حقیقی، ع. و سپاسخواه، ع. ر. و خلیلی، د. (۱۳۸۰): بررسی خشکسالی های هواشناسی در استان فارس، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۵، شماره ۴، دانشگاه صنعتی اصفهان، صص ۱۰-۱.
- ۱۴- کمالی، غلامعلی و نیکزاد، محمود (۱۳۷۸): شاخص های هواشناسی در خشکسالی کشاورزی، مجله نیوار، صص ۱۹-۹.
- ۱۵- لشنی زند، مهران و تلوری، عبدالرسول (۱۳۸۳): بررسی خشکسالی اقلیمی و امکان پیش بینی آن در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب ایران، فصل نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲، صص ۸۶-۷۳.
- ۱۶- یزدانی، وحید و زارع ابیانه، حمید و شادمانی، مجتبی (۱۳۸۷): پهنه بندی خشکسالی هواشناسی با استفاده از GIS در استان همدان، اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، دانشگاه زابل، صص ۳-۲.
- 17- Bordi. I. and Sutera, A. (2007): Drought Monitoring and Forecasting at Large Scale, in: (Rossi, G, Methods and Tools for Drought Analysis and Management), Springer, Pp3-270.
- 18- Fleig, A. (2004): Hydrological Drought-a Comparative Study Using Daily Discharge Series from Around The World, M. Sc Thesis, Freiberg University.
- 19- Keneth, H. F. (1999): Climate Variation, Drought and Desertification, W.M.O, Annual Report, Geneva, Pp 81.
- 20- Richard, R.H. (2000): A Review of Twentieth Century Drought Index Used in The United States American Meteorological Society, Pp 1149-1159.
- 21- Sharma, T. C. (2000): Drought Parameters in Relation to Truncation Levels, Hydro. Process, 14, Pp 1279-1788.
- 22- Tase, N. (1982): Regional Occurrence of Wet and Dry Years in Japan•Tsukuba Unir-Instit. of Geosciences, Annul Rep. No, 8, Pp37-40.
- 23- Wilhite, D. A. and Glantz, M. H. (1985): Understanding The Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International, 10, Pp111-120.