باز ساخت زمانی ـ فضایی خشکسالیها و ترسالیهای استان آذربایجان شرقی با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد

یوسف قویدل‌رحیمی*

چکیده

وقـوع پدیـده خشکسالی از واقعیتهای مهم مناطق استان آذربایجان شرقی است که علل اصـلی آن را می‌توان در نوسانات دوره‌ای اقلیم از یک سو و عدم عبور توده هواهای مرطوب و بـاران‌آور خصوصـاً تـوده هـوای مـرطوب مدیترانه‌ای از سوی دیگر جستجو کرد . در این مطالعـه داده‌هـای مـربوط بـه بـارش سـالانه در یـک دورهٔ آمـاری ۴۳ ساله برای تعدای از ایستگاههای اسـتان آذربایجـان شـرقی بـرای تحلـیل آماری و محاسبه سالهای مرطوب و خشـک مـورد اسـتفاده قرار گرفته است. روش اصلی مورد استفاده در این پژوهش عبارت از نمایـهٔ بـارش قـابل اعتماد (Dependable Rainfall = DR Index) است. نتایج حاصل از ایـن مطالعـه حاکی از وقوع پدیدهٔ خشکسالی در همهٔ ایستگاههای مورد مطالعه می‌باشد که با شدت و ضعفهایی توأم است .

واژه‌هـای کلـیدی: نمایـهٔ بـارش قـابل اعـتماد ـ تحلیل زمانی ـ فضایی ـ خشکسالی و ترسالی ـ آذربایجان شرقی

---

* کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

مقدمه

سیل و خشکسالی به عنوان مهمترین پدیده‌های افراطی آب و هوایی ناشی از تغییرات یا به عبارت علمی‌تر، نوسانات عنصر اقلیمی بارش، محیط را به سوی بی‌ثباتی و ناپایداری سوق می‌دهند. مسئله خشکسالی مهمترین معضل اقلیمی در اغلب ممالک جهان، به ویژه ایران محسوب می‌شود که در هنگام وقوع، شدیداً بر منابع آب و متعاقب آن بر فعالیتهای کشاورزی، بهداشت، صنعت و سایر شئونات زندگی تأثیرات بسیار منفی برجای می‌گذارد. از پیامدهای مهم خشکسالی می‌توان به پیشروی آبهای شور به سوی مخازن آب شیرین، مرگ آبزیان، کاهش توان خود پالایی رودها، انهدام پوشش گیاهی، افزایش امراض و بیماریها، کاهش تولیدات کشاورزی، قحطی و مسایلی از این قبیل اشاره نمود. قرار گرفتن بیش از ۹۰درصد مساحت کشور در منطقه خشک و کم آب جهان، کافی است تا دوره‌های خشکسالی و پیامدهای ناشی از آن را به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی سیاستمداران و برنامه‌ریزان کشور قرار دهد. گرچه در دوره‌های ترسالی نیز مردم گرفتار وقوع سیلاب و محاصرهٔ آبی (نمونه بارز سیل استان گلستان) هستند، اما خسارات اقتصادی، اجتماعی و جانی ناشی از خشکسالی از شدت و دامنه به مراتب وسیعتری برخوردار است. البته این امر مشکلی جهانی بوده و همان گونه که در منابع مختلف آمده است، در بین بلایای طبیعی تهدید کننده انسان و محیط زندگی او، خشکسالی، هم از نظر فراوانی وقوع و هم از نظر میزان خسارتهای مالی و حتی جانی (عمدتاً مرگ و میر انسان بر اثر قحطی در آفریقا و آمریکای جنوبی)، در ردهٔ اول قرار دارد (کنث، ۱۹۹۹) .

تعاریف متفاوتی برای پدیدهٔ اقلیمی خشکسالی ارائه شده است که از جملهٔ آنها می‌توان به تعریفهای « پالمر » و « الیور » اشاره کرد. به عقیده پالمر خشکسالی عبارت است از کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی در یک دوره زمانی معین که معمولاً یک سال می‌باشد. در این تعریف واژه مستمر به تداوم حالت کمبود و واژه غیرطبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود. پالمر چها ر ویژگی عمده خشکسالی را فراوانی، شدت (عمق)، وسعت و تداوم برمی‌شمارد (پالمر، ۱۹۶۵) .

الیور (۱۹۸۷) در « فرهنگ اقلیم‌شناسی » خود خشکسالی را چنین تعریف کرده است : دوره ممتد خشکی هوا که فاقد بارندگی بوده یا با کاهش قابل توجه نزولات جوی همراه است و در مناطقی که غالباً دارای بارندگی اتفاقی و نامنظمی می‌باشند، بیشتر از دیگر رژیمهای اقلیمی به وقوع می‌پیوندد .

علیجانی و کاویانی (۱۳۷۸) نیز خشکسالی را عبارت از کاهش غیر منتظرهٔ بارش در مدتی معین در منطقه‌ای که لزوماً خشک نیست، می‌دانند. به عقیدهٔ نامبردگان، میزان کاهش بارش تا حدی است که روند عادی رشد گیاهی را در منطقه مختل می کند. بنابراین خشکسالی ویژگی دایمی منطقه نبوده و در هر رژیم آب و هوایی می‌تواند روی دهد .

در فرهنگ هواشناسی نیز خشکسالی چنین تعریف شده است: « یک دوره با شرایط جوی خشک غیرعادی که در صورت استمرار موجب کمبود آب و بالمآل عدم تعادل چرخه آبشناسی می‌گردد » .

خشکسالی بنا به ماهیت اثرات مختلفی که بر منابع و بخشهای مختلف از جمله بر کشاورزی و منابع آب می‌گذارد، توسط متخصصین رشته‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد و براساس مطالعات علوم فوق‌الذکر به چهار نوع زیر طبقه‌بندی می‌شود :

۱ ـ خشکسالی کشاورزی : عدم کفایت رطوبت خاک برای رشد گیاهان به ویژه غلات ،

۲ ـ خشکسالی هیدرولوژیکی : کاهش قابل ملاحظه در مقدار منابع آب سطحی و زیرزمینی است ،

۳ ـ خشکسالی اقلیم شناختی : کاهش قابل توجه بارش نسبت به میانگین بلندمدت ،

۴ ـ خشکسالی اقتصادی ـ اجتماعی (قحطی) : گاه در برخی نواحی زمانی فرا می‌رسد که کاهش نزولات جوی (خشکسالی اقلیمی) به حدی می‌رسد که شدیداً منابع آب سطحی و زیرزمینی را کاهش می‌دهد (خشکسالی هیدرولوژیکی) و این امر موجب عدم دسترسی گیاهان و غلات به رطوبت مورد نیاز برای رشد می‌شود (خشکسالی زراعی) . در چنین مواردی اصطلاحاً گفته می‌شود که منطقه با قحطی مواجه است (اسمیت، ۱۹۹۸) زیرا نتیجه فرآیند فوق‌الذکر ناکافی بودن غذا و آب وافت قابل توجه در بهداشت و رفاه عمومی جامعه است که جملگی از نشانه‌های ظهور پدیدهٔ شوم قحطی در یک مکان می‌باشند .

در عصر حاضر افزایش جمعیت و دشواریهای تأمین آب مصرفی در بخشهای بهداشت و درمان، غذا، صنایع و غیره از یک طرف و وقوع پدیدهٔ خشکسالی از طرف دیگر، همواره موجب تلاش و تحرک بیشتر انسان برای پیداکردن راه‌حلهای مناسب تأمین و مصرف آب شده است. تکنیکهای آبیاری نوین از جمله آبیاری بارانی (تحت فشار) ، قطره‌ای و غیره حاصل این تلاشها است. با تمام سعی و تلاشی که صورت گرفته و می‌گیرد و با همه پیشرفتهای علمی و فناوریهای جدید، به صراحت می‌توان اذعان نمود که انسان هنوز هم در مقابل نوسانهای بارش که بر حسب مورد موجب ظهور پدیدهٔ سیل یا خشکسالی

مـی‌شـود، شدیداً آسیب‌پذیر است و بر همین اساس دانشمندان، به ویژه اقلیم شناسان در پی یافتـن راه‌حلهـا و روشـهایی هسـتند کـه بتوانـند از طـریق آنهـا وقـوع چنین پدیده‌هایی را پـیش‌بینـی کنند و با هشدارهای به موقع، حتی‌المقدور از دامنه اثرات منفی آنها بکاهند یا در صـورت امکـان از وضعیت مورد انتظار به نفع جامعه انسانی استفاده نمایند. گاهی می‌توان با پـیش‌بینـی زمانـی سیل، محیط را طوری آماده کرد که آب سیلاب موجب تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی یا شست‌وشوی اراضی شود و موجب کاهش غلظت املاح آن گردد .

پیشینهٔ تحقیق

خشکسـالی یکـی از مهمتریـن و متداولتریـن تهدیدکنـندگان زندگـی انسـان و موضوع بسـیاری از کتـب و نوشـتجات از زمانهای دور بوده است (رائو و فولر، ۱۹۹۹) . از میان منابع تاریخـی و مذهبی کهن می‌توان کتاب تورات را نام برد که در آن به خشکسالی و قحطیهای مهـم در سرزمین فلسطین اشاره شده است. در تورات از ۱۱ خشکسالی بسیار شدید و مستمر کـه با قحطی توأم بوده، نام برده شده است. علاوه بر آن، داستان حضرت یوسف در مصر در ۳۵۰۰ سـال پـیش به احتمال زیاد اولین و تنها مدرک مستند از وقوع خشکسالیهای شدید و پـیش‌بینـی و روشـهای تعدیـل اثـرات آن اسـت که در قرآن کریم در سورهٔ یوسف نیز بدان اشاره شده است .

خشکسـالی در ایـران باسـتان نـیز حـادث گردیده که می‌توان از میان مدارک موجود، به کتیـبه بیسـتون اشاره کرد که به دستور داریوش اول در زمان هخامنشیان نوشته شده است. در اوستا نیز اشاره‌ای به موضوع خشکسالی به عمل آمده است .

نظـر بـه اهمیت بسیار زیاد خشکسالی، این پدیدهٔ اقلیم‌شناختی توسط پژوهشگران علوم مخـتلف و بـا استفاده از روشهای گوناگونی که هر محقق آن را با توجه به اهداف و نیازهای تخصصـی خـود به کار برده، مورد مطالعه قرار گرفته است. از این میان می‌توان به مطالعات انجـام شـده توسـط اکولوژیسـتها، متخصصـان اقلـیم‌شناسـی کشـاورزی، هیدرولوژیستها و جغرافیدانان (آب و هواشناسان) اشاره نمود .

در روشـهای مطالعـه خشکسالی به منظور تفکیک دوره‌های مرطوب از خشک، عموماً از عناصـر اقلیمـی مـتعددی از جملـه بارش، دما، تبخیر، رطوبت خاک، رطوبت مطلق، رطوبت نسـبی و غـیره اسـتفاده مـی‌شود که هر یک از روشها و شاخصها در مقاطع زمانی یا نواحی جغرافیایـی مخـتلف دارای مـزایا و محدودیتهایی هستند. هر چند عنصر دما نقش مهمی در مـیزان تبخـیر یـک مکـان جغرافیایـی ایفـا می کند، اما باید توجه داشت که عنصر اصلی و

عمـده در وقوع خشکسالی، کاهش بارش از حد میانگین بلندمدت ایستگاه یا حوضه است. با تکـیه بـر عنصـر بـارش مـی‌توان به تعیین و تفکیک دوره‌های مرطوب و خشک در مقاطع زمانـی مختـلف اقـدام نمـود. لذا در اغلب مطالعات و تحقیقات انجام گرفته از سال ۱۹۹۰ تا سـال ۲۰۰۱ در مناطق مختلف آمریکا برای تعیین دوره‌های خشک و مرطوب فقط از عنصر بـارش استفاده شده است. علت تأکید بیش از حد به عنصر بارش در دو علت اساسی خلاصه می‌شود :

۱ ـ عدم نوسان یا تغییر بسیار کم عناصر اقلیمی مؤثر بر خشکسالی در طول زمان، به ویژه در مناطقی که تأثیر دما بر تبخیر به حداقل می‌رسد (مناطق سرد) ، و وابستگی اثر دما بر خشکسالی، چرا که اگر باران نبارد آبی نیز موجود نخواهد بود که بر اثر دما تبخیر شود .

۲ ـ زمانی می‌توان صحبت از ماه، فصل یا سال خشک نمود که میزان بارندگی در آن مقاطع زمانی کمتر از میانگین درازمدت باشد. در واقع نوسان مثبت یا منفی قابل توجه در میزان بارندگی است که دوره‌های مرطوب یا خشک را به وجود می‌آورد (گرین، ۲۰۰۲) .

« چـودری » و « دندکر» (۱۹۸۹) با تکیه بر عنصر بارش و از طریق شاخص استاندارد و سـپس یـا اسـتفاده از طـبقه‌بـندی شـدت دوره‌هـای خشک و مرطوب، به مطالعه بارشهای موسـمی هـند پرداختـه‌انـد . روش آنهـا توسـط محققین دیـگر در نواحـی اقلیمی مختلف مـورد استفاده قـرار گرفـته است ؛ و همان گونه که آگنیو نیـز اظـهار می‌دارد، اسـاس روش Standardized Precipitations Index SPI بـر اصول کارهای انجام گرفته توسط چودری و دندکـر اسـتوار اسـت و فقط در آستانه‌ها و طبقه‌بندی شدت دوره‌های خشک و مرطوب و استفاده از توزیع گاما، توسط «مک‌کی» و «هایس» تغییراتی در آن انجام گرفته است .

در مـیان مطالعـات بـه عمـل آمده در خصوص خشکسالیها از شاخصهای متعددی برای تعییـن و طبقه‌بندی خشکسالی استفاده شده است. از جمله آنها می‌توان به شاخصهای شدت خشکسـالی، ترسالی و استاندارد پالمر، شاخص احیای خشکسالی، شاخص بارش قابل اعتماد، شـاخص تأمین آب سطحی، شاخص پالفی، شاخص SPI ، شاخص نیچه، نمایهٔ کیچ ـ بیرام، شاخص بارش استاندارد مک‌کال و شاخص بارش ملی اشاره کرد .

« شـیان » و « دانـری » (۱۹۹۷) در تحقیقـی که به منظور بررسی دوره‌های مرطوب و خشـک ناحیه پامپاس آرژانتین انجام داده‌اند، از روشی استفاده کرده‌اند که متناسب با اهداف مـورد نظـر در اقلـیم‌شناسی کشاورزی بوده است. آنها با استفاده از شاخص شدت خشکسالی وترسـالی پالمر به تعیین و تفکیک ماههای خشک و مرطوب پرداخته‌اند. این مطالعه با تکیه بـر داده‌هـای ۷۸ سـاله عنصر بارش انجام گرفته و در آن خشکیهای شدید با دوره بازگشت

۲۰ ساله و دوره‌های شدیداً مرطوب با دورهٔ بازگشت ۵۰ ساله مورد محاسبه قرار گرفته است .

« بازوهیر» و « الجوهانی» (۱۹۹۷) نیز عنصر بارش را ملاک تفکیک ماه مرطوب از ماه خشک قرار داده و معتقدند که هر گونه بارش ولو به میزان بسیار ناچیز، نشانگر ماه مرطوب است و ماه بدون بارندگی را ماه خشک محسوب می‌کنند. آنها پس از تعیین ماههای خشک و مرطوب و محاسبه فراوانی و توالی وقوع این ماهها، با استفاده از نمودار نیمه لگاریتمی ورگرسیون خطی، همبستگی موجود بین دوره‌های مرطوب و خشک را با توالی آنها و نیز میزان تأثیرگذاری متغیرهای مستقل بر وابسته را مورد بررسی قرار داده و سپس به پیش‌بینی دوره های آتی خشک و مرطوب در عربستان مبادرت ورزیده‌اند .

نظر بر این که کشور ایران نیز یکی از کشورهای مواجه با خطر خشکسالی است، مطالعات متعددی در این رابطه انجام گرفته و هر یک از آنها با جنبه و هدفی خاص خشکسالی را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش بنا به ماهیت و اهمیت عنصر بارش، این عنصر اقلیمی مبنای مطالعه قرار گرفته است .

فرج زاده و همکاران (۱۳۷۴) با استفاده از روشهای متعددی که تماماً بر استفاده از عنصر بارش متکی بوده، پدیدهٔ خشکسالی در ایران را با عنایت به تعیین ویژگیهای آماری آن از جمله وسعت، شدت، فراوانی و تداوم زمانی مطالعه کرده‌اند .

خوش‌اخلاق (۱۳۷۷) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سینوپتیکی و با تأکید بر عنصر بارش، به مطالعه دوره‌های خشک و مرطوب در مقاطع زمانی مختلف برای ایران اقدام نموده وپس از تعیین آنها، خشکسالیهای فراگیر ایران را بر روی نقشه ترسیم و از نقطه نظر سینوپتیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است .

از مطالعات انجام گرفته به منظور تعیین فصول مرطوب و خشک در ایران می‌توان تحقیق زنده یاد نیشابوری (۱۳۶۵) را ذکر کرد. نامبرده با استفاده از روشهای تجربی مورد استفاده آمبرژه، بانیول و گوسن و انجام پاره‌ای تغییرات در آنها به منظور سازگار کردن معادلات با ویژگیهای جغرافیایی ایران، اقدام به شناسایی و تفکیک فصول مرطوب و خشک کرده است. وی در تحقیق خود روی اهداف اکولوژیکی را تأکید کرده و از عناصر اقلیمی دیگری نیز در کنار عنصر بارش استفاده نموده است .

شادروان موحددانش و همکاران (۱۳۷۷) آستانه ۱۰ میلیمتر بارندگی را به عنوان حد فاصل ماه خشک و مرطوب معرفی کرده و ماههای خشک و مرطوب شمال غرب ایران را براساس آن تعیین نموده است. انتخاب شاخص قراردادی ۱۰ میلی‌متر برای تفکیک

ماههـای خشک و مرطوب (که رطوبت مؤثر خاک برای رشد نباتات است)، حاکی از توجه به هـدف اگروکلیمایـی ایـن شـاخص دارد. در مطالعـه مذکور پس از تعیین ماههای مرطوب و خشـک، فراوانـی و توالـی آنهاتعیین گردیده و همبستگی بین دوره‌های خشک و مرطوب با توالـی و فراوانی وقوع آنها از طریق نمودارهای لگاریتمی مورد بررسی قرار داده شده است؛ و در نهایـت براسـاس فراوانـی ماههـای خشـک و مرطوب، نوعی طبقه‌بندی از ایستگاههای مورد مطالعه به عمل آمده است .

سـاری صـراف و قویـدل رحیمی (۱۳۸۰) نیز ماههای خشک و مرطوب ایستگاههایی از حوضـه آبریـز دریاچـه ارومیه را بررسی نموده‌اند. روش مورد استفاده در مطالعه مذکور روش بازوهـیر والجوهانـی اسـت کـه بـا اندکـی تغیـیر و افـزودن بعضی جداول همراه می‌باشد و مهمتریـن تغیـیر را مـی‌توان در شاخص تفکیک ماه خشک از ماه مرطوب دانست . برخلاف بازوهـیر و الجوهانـی کـه وجـود هر مقدار بارندگی را ماه مرطوب و فقدان آن را ماه خشک محسـوب نمـوده‌انـد، نامبردگان از تقسیم مقدار بارش کل ماههای ایستگاه بر تعداد ماههای موجـود در دورهٔ آمـاری عـددی را بـه دست آورده و آن را ملاک تفکیک ماه مرطوب از ماه خشـک قـرار داده‌انـد (این شاخص برای کل ماههای سال یک ایستگاه یکسان بوده است). پـس از تعییـن آستانه ماههای خشک و مرطوب، فراوانی وقوع و توالی ماههای تروخشک و تعییـن درجـه همبسـتگی ماههای خشک و مرطوب با فراوانی و توالی آنها و نیز همبستگی قـوی منفـی (معکوس) بین فراوانی و توالی وقوع ماههای خشک و مرطوب در حوضه مورد مطالعـه بـه دسـت آمـده اسـت. در مطالعه مذکور که با استفاده از آمار ۳۸ ساله عنصر بارش انجـام گرفته است، خشکترین و مرطوبترین ماهها و فصول و مقادیر حداقل و حداکثر بارش بـرای هـر ایسـتگاه و کـل حوضـه محاسبه شده و نهایتاً براساس وضعیت ایستگاهها از نظر داشـتن ماههـای خشـک و مـرطوب یک تقسیم‌بندی از ایستگاههای مورد مطالعه به عمل آمده است .

سـاری صـراف و قویـدل رحیمـی (۱۳۸۰) در مطالعهٔ دیگری ویژگیهای فضایی و زمانی خشکسـالی در حوضـه آبریـز دریاچه ارومیه را با استفاده از چندین روش آماری مورد بررسی قـرار داده انـد. در تحقیق مذکور روند بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه تنها با بهره‌گیری از عنصـر بـارش و بـا اسـتفاده از نمودارهای نوسانی بارش و میانگین متحرک، مطالعه شده اسـت. نتـیجه ایـن مطالعـه تعیین ویژگیهای زمانی و مکانی خشکسالی و تعیین روند بارش ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه ارومیه بوده است .

قویدل رحیمی (۱۳۸۱) در مطالعه‌ای با استفاده از روش بارش استاندارد شده Z و مبنا قرار دادن آن به عنوان شاخص تفکیک ماههای مرطوب و خشک به بررسی دوره‌های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی اقدام نموده است. در مطالعه مذکور دوره‌های مرطوب و خشک، علاوه بر مقطع فصلی، در مقاطع ماهانه و سالانه نیز بررسی شده و با استفاده از نمایهٔ SPI ویژگیهای زمانی و مکانی، و نیز خصوصیات اصلی دوره‌های مرطوب و خشک مانند شدت، تداوم، فراوانی و وسعت (پراگیری) مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته‌اند و در نهایت براساس نتایج حاصله یک تقسیم بندی از ایستگاههای مورد مطالعه به عمل آمده است.

جهانبخش اصل و قویدل رحیمی (۱۳۸۱) در مطالعه‌ای ویژگیهای ماههای مرطوب و خشک تعدادی از ایستگاههای استان آذربایجان شرقی را با استفاده از نمایهٔ SPI و روش تحلیل واریانس مورد مطالعه قرار داده و همبستگی موجود بین فراوانی وقوع و طول دوره‌های مرطوب و خشک را با استفاده از روش تحلیل رگرسیون نشان داده‌اند. در مطالعه مذکور که با استفاده از آمار ۴۱ ساله عنصر بارش انجام گرفته است، خشکترین و مرطوبترین ماهها و فصول و مقادیر حداقل و حداکثر بارش برای هر ایستگاه و کل استان آذربایجان شرقی مورد محاسبه قرار گرفته و نهایتاً براساس وضعیت ایستگاهها از نظر داشتن ماههای خشک و مرطوب، یک تقسیم‌بندی از ایستگاههای مورد مطالعه به عمل آمده است.

در این تحقیق با استفاده از روشی جدید (نمایهٔ بارش قابل اعتماد که شاخصی با تأکید بر آب و هواشناسی کشاورزی است) اقدام به تعیین سالهای خشک و مرطوب ایستگاههایی از استان آذربایجان شرقی و ویژگیهای آنها شده است.

مواد و روشها

داده‌های مربوط به مشاهدات بارش سالانه شش ایستگاه سینوپتیک استان آذربایجان شرقی در دورهٔ آماری ۴۳ ساله (از سال ۱۹۶۰ تا سال ۲۰۰۲ میلادی) برای این مطالعه انتخاب شده است. توزیع مکانی ایستگاههای مورد مطالعه در پهنهٔ جغرافیایی آذربایجان شرقی در نقشه شماره ۱ قابل مشاهده است. بعد از مراحل آزمایش صحت داده‌ها (شامل آزمونهای تی، اف وکی دو) و آزمون ناپارامتری ران‌تست (Run Test) یا آزمون توالی و اطمینان از صحت داده‌ها، اقدام به داده پردازی و استخراج پارامترها و خصوصیات آماری داده‌های بارش هر یک از ایستگاهها شده است. به منظور تعیین و تفکیک سالهای مرطوب

و خشک، از نمایهٔ اقلیمی بارش قابل اعتماد DR استفاده شده است که معادلهٔ آن به شرح ذیل می‌باشد:

$$DR = \sqrt[n]{p_1} \times p_2 \times p_{3...} \times (\frac{8}{10}) \qquad (۱)$$

در معادله فوق:

DR بارش قابل اعتماد به میلی‌متر،

$\frac{8}{10}$ ضریب ثابت معادله،

P بارش سال مفروض به میلی‌متر،

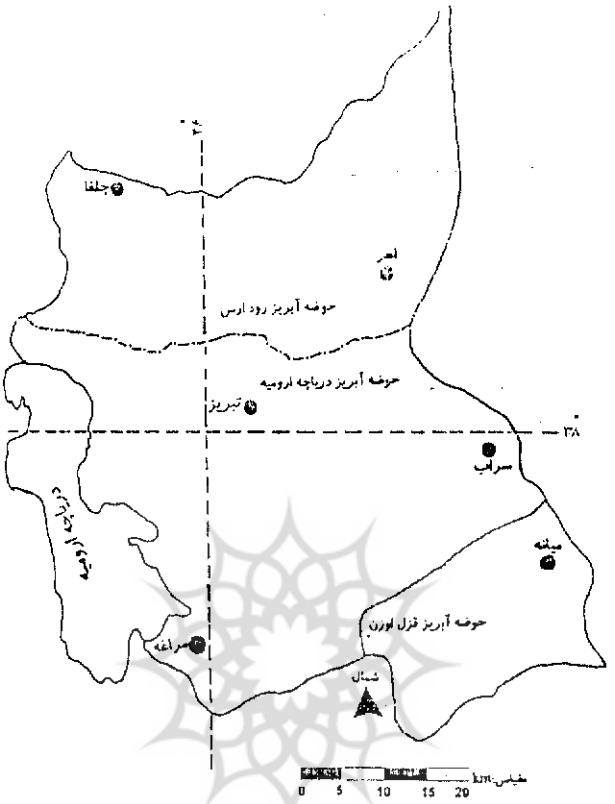
و n تعداد مشاهدات بارش سالانه (طول دورهٔ آماری) می‌باشند.

نمایهٔ بارش قابل اعتماد را می‌توان به عنوان ۸۰٪ از بارش میانگین (هندسی) معرفی کرد (پوپوف، ۲۰۰۲). پوپوف مزیت استفاده از میانگین هندسی به جای میانگینهای رایج دیگر را در این می‌داند که در این نوع میانگین، مقادیر انتهایی (حداکثرها و حداقلهای بارش) که میانگینهای دیگر را شدیداً متأثر کرده و موجب گمراهی در استخراج نتایج به دست آمده می‌شوند، اهمیت چندانی نداشته ولی به مقادیر بارش کمتر که مولد خشکسالیها هستند اهمیت زیادی داده می‌شود. بعد از محاسبه نمایهٔ تفکیک سالهای مرطوب و خشک برای هر یک از ایستگاهها، سالهای مذکور در جدول شماره ۲ تعیین شده است.

مراحل ایجاد پایگاه داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL XP ، مرحلهٔ آزمونهای آماری تی‌تست، اف‌تست ، تست‌کی دو و جرم مضاعف با استفاده از DATA TESTER (که نرم افزار استاندارد سازمان هواشناسی جهانی برای تعیین صحت داده‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی است) و داده پردازی این مطالعه با استفاده از نرم‌افزارهای I NSTAT PLUS و MATRIXER انجام گرفته است.

تحلیل ویژگیهای آماری بارش

داده‌های بارش سالانهٔ تعدادی از ایستگاههای استان آذربایجان شرقی شامل تبریز، اهر، مراغه، میانه، سراب و جلفا (مشخصات جغرافیایی آنها در جدول ۱ و توزیع فضایی آنها در پهنهٔ آذربایجان شرقی در نقشهٔ ۱ قابل مشاهده است)، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار داده شده و نتایج حاصله در جدول ۲ درج گردیده است .



نقشه ۱ـ توزیع فضایی ایستگاههای مورد مطالعه در سطح استان آذربایجان شرقی

جدول ۱ـ مشخصات ایستگاههای مورد مطالعهٔ استان آذربایجان شرقی

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی(درجه)	عرض جغرافیایی(درجه)	نام حوضه ابریز اصلی	ارتفاع(متر)
۱	اهر	سینوپتیک	٤٧/٠٣	٣٨/٢٦	رود ارس	١٣٩٠
٢	تبریز	سینوپتیک	٤٦/١٧	٣٨/٠٥	دریاچه ارومیه	١٣٦١
٣	جلفا	سینوپتیک	٤٥/٤٠	٣٨/٤٥	رود ارس	٧٣٦
٤	سراب	سینوپتیک	٤٧/٣٢	٣٧/٥٦	دریاچه ارومیه	١٦٨٢
٥	مراغه	سینوپتیک	٤٦/١٦	٣٧/٢٤	دریاچه ارومیه	١٤٧٦
٦	میانه	سینوپتیک	٤٧/٤٢	٣٧/٢٠	رود قزل‌اوزن	١١١٠

جدول ۲- ویژگیهای آماری بارش ایستگاههای استان آذربایجان شرقی (۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲)

ایستگاه	چولگی	دامنه	بیشینه	کمینه	میانه	انحراف معیار	میانگین	درصد تغییرپذیری
تبریز	/۸	۴۰۰	۵۴۸	۱۴۸	۲۷۸	۸۶/۵	۲۹۱/۸	۲۹/۶
اهر	/۷	۴۱۶	۵۵۴	۱۳۹	۲۹۳	۹۰/۲	۳۱۰/۳	۲۹
مراغه	/۱	۳۳۲	۵۰۸	۱۷۵	۳۲۰	۸۸/۳	۳۳۶/۳	۲۶/۳
میانه	/۳	۳۹۵	۴۶۶	۷۰/۳	۲۶۷	۸۹/۸	۲۷۳/۵	۳۲/۸
سراب	۱/۹	۵۰۴	۶۳۰	۱۲۶	۲۴۱	۹۱/۶	۲۵۴/۵	۳۶
جلفا	۱/۲	۵۰۱	۵۹۴	۹۳/۸	۲۴۲	۱۰۰/۴	۲۵۱/۶	۴۰

مهمترین نتایج حاصل از تحلیل آماری بارش (جدول ۲) ایستگاههای مورد مطالعه را می توان به شرح ذیل خلاصه کرد :

۱ ـ مراغه بالاترین و جلفا کمترین متوسط بارش بلندمدت را در بین ایستگاههای مورد مطالعه دارا می‌باشند .

۲ ـ ایستگاه تبریز دارای کمترین و ایستگاه جلفا دارای بیشترین مقدار انحراف معیار بارش در بین ایستگاهها هستند .

۳ ـ مقادیر انحراف معیار و تغییرپذیری بارش حکایت از ثبات بارندگی سالانه در ایستگاه مراغه و بی‌ثباتی بارش در ایستگاههای دیگر به ویژه ایستگاههای جلفا و سراب دارد .

۴ ـ در بین ایستگاههای مورد مطالعه بیشترین مقدار چولگی بارش در ایستگاههای سراب و جلفا و کمترین آن در ایستگاه مراغه محاسبه شد که این امر نشان از تقارن بارشهای سالانهٔ ایستگاه مراغه و عدم تقارن شدید بارش سالانهٔ ایستگاههای دیگر، به ویژه سراب و جلفا دارد .

باز ساخت زمانی ـ فضایی خشکسالیها و ترسالیهای استان آذربایجان

در مرحله دیگری از این مطالعه با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد، اقدام به بازساخت زمانی ـ فضایی خشکسالیها وترسالیهای ایستگاههای مورد مطالعه شده است. در معادلهٔ مورد استفاده، از بین سه نوع میانگین آماری، از میانگین هندسی برای محاسبه سالهای

مـرطوب و خشـک استفاده شده است. علت این امر را می توان از طرفی در اغراق آمیزبودن میانگیـن حسـابی، گمـراه کنـنده بودن مقادیر میانگین همساز (هارمونیک) و مزیت میانگین هندسـی دانسـت. از طـرف دیگـر علت بهره‌گیری از این روش را می‌توان در فلسفه و هدف خـاص شاخص که محاسبه مقدار بارش قابل اعتماد برای تأمین آب برای کشاورزی و دیگر نیازهای آبی است، جستجو کرد .

میانگیـنهای آمـاری مخـتلف و نیز نمایهٔ بارش قابل اعتماد هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه، محاسبه و در جدول ۳ درج گردیده است .

جدول ۳ ـ میانگینهای آماری و نمایهٔ بارش قابل اعتماد مورد محاسبه برای ایستگاههای مورد مطالعه

عامل / ایستگاه	میانگین حسابی	میانگین هندسی	میانگین همساز	نمایهٔ بارش قابل اعتماد (DR)
تبریز	۲۹۱/۸	۲۸۰	۲۶۸/۸	۲۲۴
اهر	۳۱۰/۳	۲۹۸	۲۸۵/۷	۲۳۷/۹
مراغه	۳۳۶/۳	۳۲۴/۶	۳۱۲/۵	۲۵۹/۲
میانه	۲۷۳/۵	۲۵۸	۲۳۹/۷	۲۰۵/۶
سراب	۲۵۴/۵	۲۴۱/۵	۲۳۰/۲	۱۹۳/۲
جلفا	۲۵۱/۶	۲۳۴/۲	۲۱۸/۲	۱۸۷/۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

بعـد از تعیین مقادیر مربوط به نمایهٔ بارش قابل اعتماد، سالهای مرطوب و خشکسالیهای هر ایستگاه تعیین و در جدول شماره ۴ درج شده است .

جدول(۴):جدول تعیین وضعیت بارش ایستگاههای استان آذربایجان شرقی با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد.

سال	تبریز	وضعیت	شبستر	وضعیت	مراغه	وضعیت	میانه	وضعیت	سراب	وضعیت	جلفا	وضعیت
1960	248.9		253.4		281.7		212.9		203.4		213.9	
1961	189.6	خشکسالی	208.1	خشکسالی	231.3	خشکسالی	174.8	خشکسالی	167	خشکسالی	175.6	خشکسالی
1962	300.6		317.8		274.4		266.9		255		268.2	
1963	547.5		554.2		347.6		465.5		444.6		467.6	
1964	360.1		285.4		287.4		408.4		390.1		410.3	
1965	428.5		409.4		298		337.4		372.9		292	
1966	324.4		400.5		337.8		340		254		213.4	
1967	291.6		337.3		452.7		291.1		316.6		260.9	
1968	484.9		395.6		481.9		310.8		273.1		170.4	خشکسالی
1969	414.4		510.2		484.7		464.4		278.2		594.4	
1970	236.1		197.7	خشکسالی	265.6		237.8		126.4	خشکسالی	180.8	خشکسالی
1971	335.8		243.1		319.9		208.2		290.9		304	
1972	353.0		310.8		423		146.3	خشکسالی	305.4		321.2	
1973	268.5		210.4	خشکسالی	210	خشکسالی	70.3	خشکسالی	246.8		205.2	
1974	307.2		254.4		342		173.8	خشکسالی	174.2	خشکسالی	306.5	
1975	218.3	خشکسالی	138.7	خشکسالی	285.4		200	خشکسالی	236		157.5	خشکسالی
1976	333.4		420.4		315.8		299.9		230.2		264	
1977	359.2		367.2		476		185	خشکسالی	275.7		364.5	
1978	306.5		294.3		329.3		333		348		282.5	
1979	241.2		381		289.7		219		198.5		241.5	
1980	251.0		278		301.1		227.6		168	خشکسالی	213	
1981	402.8		402		203.5	خشکسالی	365.3		245.5		455.5	
1982	380.0		516.1		456.2		344.8		629.9		346.4	
1983	188.5	خشکسالی	248		310.5		170.6	خشکسالی	163	خشکسالی	176	خشکسالی
1984	265.5		270.8		440.6		240.6		229.9		341.5	
1985	234.4		254.5		385.2		212.8		203.3		213.8	
1986	294.9		353.3		403.2		267.3		250.9		268.5	
1987	342.6		280.1		415.8		236.7		196.6	خشکسالی	292	
1988	252.8		310.5		418.4		441.6		224.2		230.1	
1989	197.3	خشکسالی	290.2		231.6	خشکسالی	226		127	خشکسالی	174.1	خشکسالی
1990	148.0	خشکسالی	171.6	خشکسالی	216.5	خشکسالی	289.4		151.6	خشکسالی	135	خشکسالی
1991	249.2		315.3		368.3		359.2		195.7		227.2	
1992	277.8		300		357.7		278.4		240.7		253.1	
1993	362.5		411.3		507.6		426		306.0		249.9	
1994	374.3		340.2		433.5		306.1		263.7		273.0	
1995	175.5	خشکسالی	251.3		357		161.6	خشکسالی	260.7		157.0	خشکسالی
1996	251.5		293.0		407.8		256.8		400.6		93.8	خشکسالی
1997	192.9	خشکسالی	284.8		280.6		295.3		248.2		140.5	خشکسالی
1998	233.8		264.7		270.2		312.4		222.1		131.9	خشکسالی
1999	220.0	خشکسالی	335.7		184.7	خشکسالی	167.8	خشکسالی	236.0		220.9	
2000	200.9	خشکسالی	242.7		175.2	خشکسالی	271.3		201.7		120.1	خشکسالی
2001	201.6	خشکسالی	185.5	خشکسالی	282.4		211.0		179.7	خشکسالی	152.6	خشکسالی
2002	308.7		264.4		318.9		349.0		253.8		252.0	

با توجه به جدول ۴ ویژگیهای زمانی وفضایی اصلی ومهم ایستگاههای آذربایجان شرقی را که با توجه به نمایهٔ بارش قابل اعتماد (DR) مورد محاسبه قرار گرفته اند،می توان به شرح ذیل عنوان نمود:

با توجه به جدول ۴ ویژگیهای زمانی و فضایی اصلی و مهم ایستگاههای مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی را که با توجه به نمایهٔ بارش قابل اعتماد مورد محاسبه قرار گرفته‌اند، می‌توان به شرح ذیل عنوان نمود:

۱ ـ از نظر توزیع فراوانی فضایی سالهای خشک و مرطوب، ایستگاههای جلفا (۱۳ بار خشکسالی) و تبریز (۱۰ بار خشکسالی) دارای بیشترین تعداد و ایستگاههای اهر با ۳۷ سال ترسالی و مراغه با ۳۶ سال بدون خشکسالی دارای بیشترین تعداد سالهای مرطوب در استان آذربایجان شرقی می‌باشند.

۲ ـ متوالی‌ترین دوره خشکسالی نیز دو دورهٔ مستمر ۴ ساله در ایستگاههای جلفا و سراب مشاهده می‌شود.

۳ ـ در فراگیرترین دورهٔ ترسالیهای متوالی ایستگاههای استان یک توالی ۶ ساله از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۶۷ ثبت شده است.

۴ ـ متوالی‌ترین دورهٔ ترسالی ایستگاهها با ۱۳ بار ترسالی مستمر در ایستگاههای تبریز و اهر قابل تشخیص است.

۵ ـ فراگیرترین خشکسالی ایستگاههای استان آذربایجان شرقی نیز در سالهای ۱۹۶۱ و ۱۹۹۰ مورد محاسبه قرار گرفت.

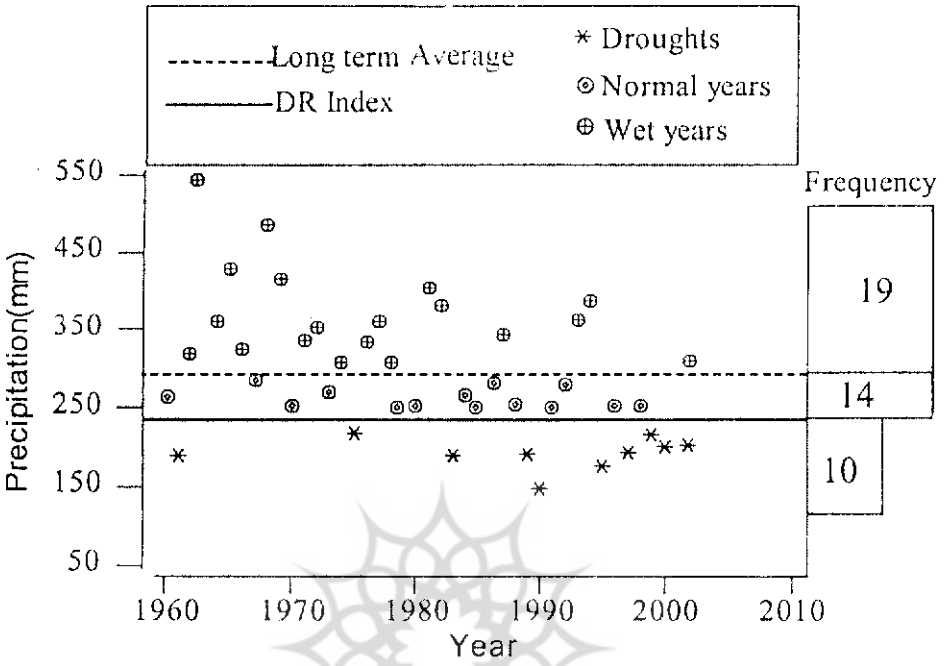
برای تعیین وضعیت سالهای خشک ومرطوب از جداول توزیع فراوانی استفاده شده که نمودار ایستگاه تبریز به عنوان نمونه در شکل ۱ ارائه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نتیجه‌گیری

نمایهٔ بارش قابل اعتماد شاخص خوبی برای اندازه‌گیری حداقل نیازهای آبی یک حوضه یا یک محدوده جغرافیایی، به خصوص از نظر کشاورزی است. بارش کمتر از مقدار شاخص، حوضه را از لحاظ تأمین آب دچار کمبود و مشکل می‌کند. در مناطقی که مقدار بارش تا صفر میلیمتر کاهش می‌یابد (در مقاطع روزانه، هفتگی، ماهانه و فصلی، نمی‌توان از شاخص مذکور استفاده نمود.

علی‌رغم تواناییهای انکارناپذیر و بسیار مطلوبی که نمایهٔ بارش قابل اعتماد دارا می‌باشد، این نمایه قادر به طبقه‌بندی کامل شدت دوره‌های مرطوب و خشک نیست و این امر بزرگترین محدودیت و عیب شاخص مذکور، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد.



شکل ۱ـ نمودار تعیین خشکسالیها و ترسالیهای ایستگاه تبریز با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد

در باز ساخت زمانی و فضایی خشکسالیها و ترسالیهای استان آذربایجان شرقی که با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد انجام گرفته، وجود چندین دوره خشکسالی در ایستگاههای مورد مطالعه در طول دورهٔ آماری مشاهده می‌شود که این امر به نحوی بیانگر پیشینهٔ تاریخی خشکسالیها در استان آذربایجان شرقی است .

با توجه به کمتر بودن میزان بارش مورد محاسبه از طریق نمایهٔ بارش قابل اعتماد، در مقایسه با میانگین بارش بلندمدت ایستگاههای مورد مطالعه یا مقادیر محاسبه شده از طریق دیگر نمایه‌های اقلیمی تعیین دوره‌های مرطوب و خشک، می‌توان نتیجه گرفت که از نظر شدت، خشکسالیهای برآورد شده از طریق نمایهٔ بارش قابل اعتماد بسیار شدیدتر از خشکسالیهای برآورد شده به وسیلهٔ شاخصهای دیگر تعیین خشکسالی است .

وجود دوره‌های خشکسالی بسیار شدید (چون آستانهٔ خشکسالی عدد بزرگی نیست لذا خشکسالی شدید خواهد بود) در استان آذربایجان شرقی که با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد در این تحقیق مورد محاسبه قرار گرفته، بیانگر امکان وقوع مجدد آنها (خشکسالیها وترسالیها نیز مانند دیگر سریهای زمانی دارای ویژگی دورهٔ بازگشت یا وقوع مجدد هستند)

در سالهای آتی است. با عنایت به مطلب فوق و با در نظر گرفتن افزایش جمعیت و تبعات آن، از جمله افزایش نیاز مصرف آب در آینده، بایستی موضوع وقوع خشکسالیها وترسالیها را به عنوان موضوع مهم و درخور توجه ویژه از نظر راهبردهای مدیریت بحران محسوب نمود. عبور از چنین بحرانهایی مستلزم پایش دقیق و مدیریت کارآمد منابع آب خصوصاً هنگام بروز خشکسالی (مدیریت خشکسالی) است .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و ماخذ

الف ـ منابع فارسی

❑ خوش‌اخلاق، ف. (۱۳۷۷) ؛ **تحقیق در خشکسالیهای فراگیر ایران با استفاده از تحلیلهای سینوپتیکی** ، پایان‌نامه دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز .

❑ ذوالفقاری ، حسن ، ع. موحد دانش و ب. ساری‌صراف (۱۳۷۷) ؛ « بررسی دوره‌های مرطوب و خشک در شمال غرب ایران » ، **دانش کشاورزی**، نشریه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، جلد ۸، شماره‌های ۱ و ۲ ؛ ۱۳۹- ۱۱۷ .

❑ علیجانی، بهلول و م. کاویانی(۱۳۷۸) ؛ **مبانی آب و هواشناسی**، تهران : انتشارات سمت، چاپ چهارم .

❑ فرج زاده، م و ع. موحد دانش و هـ . قایمی(۱۳۷۴) ؛ « خشکسالی در ایران » ، **دانش کشاورزی**، نشریه دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تبریز، جلد ۵ ، شماره‌های ۱ و ۲ : ۳۱-۵۲.

❑ قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۱) ؛ **تجزیه و تحلیل نوسانات بارش و محاسبه دوره‌های مرطوب و خشک در اذربایجان شرقی**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز .

❑ قویدل رحیمی ، یوسف و بهروز ساری صراف (۱۳۸۱) ؛ « تجزیه و تحلیل مکانی ـ زمانی خشکسالی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه » ، **فضای جغرافیایی** ، شماره ۴ : ۲۷- ۱۷ .

❑ قویدل رحیمی ، یوسف و بهروز ساری صراف (۱۳۸۰) ؛ « مطالعه توزیع و روند ماههای مرطوب و خشک حوضه آبریز دریاچه ارومیه » ، **بولتن علمی مرکز ملی اقلیم‌شناسی**، جلد اول، شماره ۸ : ۳۲ - ۲۳ .

❑ قویدل رحیمی ، یوسف و سعید جهانبخش اصل (۱۳۸۲) ؛ « تحلیل توزیع فضایی دوره‌های مرطوب و خشک ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه ارومیه » ، **فضای جغرافیایی**، شماره ۵ : ۲۷ - ۱۷ .

❑ نیشابوری، ا. (۱۳۶۵) ؛ « روشی جدید برای تشخیص و تعیین حدود فصل خشک » ، **مجموعه مقالات سمینار بین‌المللی جغرافیا**، دانشگاه فردوسی مشهد : انتشارات آستان قدس رضوی .

ب ـ منابع خارجی

❑ Agnew, C.T. (1999). *"Using the SPI to identify drought"*, ***Droufht Network News.*** 12(1):1-15.

❑ Bazhair, A.S; A.Algohani (1997). *"Determination of monthly wet and dry periods in Saudi Arabia"*, ***International Journal of Climatology,*** 17(3): 311-303.

❑ Chowdhury, A; M. Dandeker (1989). *"Variability in drought incidence over India"*, ***A Statistical Approach.*** 40(2): 207-214.

❑ Green, S(2002). *"Uncertainty analysis of satellite rainfall algorithms over the Tropical Pacific"*, ***Journal of Geophysical Research,*** 103(16): 19569-19576.

❑ Hayes. M. (1999). *"Revisiting the SPI: Clarifying the procass"*, ***Drought Network News,*** 12(1): 3-11.

❑ Keneth, H.F(1999). *"Climate variation, drought and desertification"*, W. M. o. ***Annual Report.*** Geneva.

❑ Oliver.J.E; R. W. Fairbridge (1987). ***The encyclipedia of climatology,*** Van Norstrand Reinhold. New York.

❑ Palmer, W.C(1965). ***Meteorological drought,*** Research paper, No. 45.USMO.

❑ Popov, G.F, L.Houerou & L.See (2002). ***Agrobioclimatic classification of Africa with using dependable rainfall indece,*** Agrometeorology series working paper. No 6. FAO. Rom Italy.

❑ Rao. A; T.Voller (1999). *"Development and testing of drought indicators"*, ***Water Resource Management.*** 11: 119-139.

❑ Scian. B; M. Donnari (1997). *"Retrospective analysis of the Palmer drought severity index in the semi – arid: PAMPAS region of Argentina"*, ***International Journal of Climatoligy.*** 17(3): 315-323.