

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی  
«گروه مهندسی آبیاری»

### پایان نامه:

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

### عنوان:

مطالعه و بررسی خشکسالی در آذربایجان شرقی  
به روش هربست

استاد راهنما:

۱۳۸۲ / ۹ / ۱۰

دکتر احمد فاخری فرد

استاد مشاور:

دکتر امیرحسین ناظمی

پژوهشگر:

لیلا آقایی یوسف آباد

۴۹۲۸۶

**تقدیم به :**

**روان پاک مادر مهربان و دلسوزم  
تا سپاسی از دریای بیکران محبت‌هایش باشد**

**تقدیم به :**

**معنای بودنم،**

**پدر عزیزم**

## تقدیر و تشکر

اکنون که به یاری خداوند متعال این تحقیق به پایان رسیده است بر خود لازم می‌دانم که از تمامی افرادی که مرا در تدوین و تهیه پایان نامه یاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر احمد فاخری فرد که همواره از راهنماییهای علمی ایشان بهره‌جسته‌ام و زحمات فراوانی در تدوین و تهیه این پایان نامه متحمل شده‌اند و همچون پدری دلسوز راهنماییهای ارزنده‌شان راه گشویای زندگیم بوده است کمال تشکر و سپاس را دارم. از استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر امیرحسین ناظمی به جهت زحمات و راهنماییهای شایسته‌شان نهایت تشکر را دارم.

از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی جناب آقای دکتر یوسف مجتهدی که به جهت کنترل و بازخوانی پایان نامه تقبل زحمت نموده‌اند سپاسگزارم. از ساتید و عضای محترم گروه آبیاری که در دوران تحصیل کارشناسی و کارشناسی ارشد مدیون زحماتشان بوده‌ام: آقایان مهندس عبدالله اکبریان، دکتر صدرالدینی، دکتر فرسادی‌زاده و مهندس انصاری‌نژاد تشکر می‌نمایم.

از کارکنان سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجانشرقی و اردبیل خصوصاً جناب آقای مهندس محمدی که مرا در تهیه و جمع‌آوری آمار یاری نموده‌اند کمال تشکر را دارم. از دوست عزیزم خانم مهندس صابره دربندی به خاطر زحمات بی‌شائبه و لحظه‌به‌لحظه‌ای ایشان در مراحل تحقیق و تدوین پین نامه نهایت تشکر و قدردانی را دارم. از دوست عزیزم خانم مهندس پروانه باقرزاده تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از همکلاسیبهای خود آقایان مهندس عباس تدین‌نژاد و مهندس ساسان موسوی کمال تشکر را دارم. از مادر مهربان و فداکارم که سنگ صبور و مشوق تحصیلی‌ام بوده است و در تمام طول تحصیل و زندگی مدیون زحمات بی‌حد و نصاب ایشان هستم سپاسگزارم و از درگاه ایزد منان برای روح پاک ایشان عبودرجات را مستنت می‌نمایم.

از تمامی اعضای خانواده عزیزم خصوصاً پدر، خواهر و برادران مهربانم که وجود پر مهرشان مایه دلگرمی و پشتکارم بوده‌اند نهایت تشکر و سپاس را دارم.

نام خانوادگی: آقای یوسف آباد	نام: لیلا
عنوان: مطالعه و بررسی خشکسالی در آذربایجان شرقی به روش هربست	
استاد راهنما: دکتر احمد فاخری فرد	
استاد مشاور: دکتر امیر حسین ناظمی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: کشاورزی گرایش: آبیاری و زهکشی	
دانشگاه: تبریز دانشکده: کشاورزی تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۸۲ تعداد صفحه: ۹۲	
کلید واژه‌ها: خشکسالی هواشناسی، معادلات عمومی خشکی، نقشه‌های هم شدت نسبی خشکی	
<p><b>چکیده</b></p> <p>خشکسالی در طول چهار دهه اخیر از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیق دیدگاه هواشناسی خشکی را بعنوان هدف اصلی مدنظر قرار داده است. طبق دیدگاه هواشناسی خشکی عبارتست از کاهش مقادیر ماهانه و سالانه بارش به زیر حالت نرمال. نواقص آماري به وسیله روش منحنی جرم مضاعف تکمیل شده، سپس روش هربست برای آمار بارندگی ۳۰ ساله ۱۴ ایستگاه باران سنجی در استان آذربایجان شرقی بکار گرفته شده و آنالیز فرکانس خشکی مطابق با نتایج شدت خشکی نسبی روش هربست برای کلیه ایستگاهها انجام گردیده و منحنی های شدت - مدت و فرکانس خشکی برای دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ ساله ترسیم شده است. معادلات عمومی خشکی به فرم <math>Y = At^B</math> که از برازش منحنی های شدت - مدت حاصل شده برای تمام ایستگاهها استخراج گردیده است که در این رابطه <math>Y</math> شدت نسبی خشکی و <math>t</math> مدت تداوم خشکی می باشد. نقشه‌های هم شدت نسبی خشکی برای دوره‌های بازگشت مذکور ترسیم شده است. طبق این نقشه ها خشکسالی در سطح استان آذربایجان شرقی از نظر شدت همگن نبوده و از شمال به جنوب رو به افزایش است. کمترین شدت خشکی در ایستگاه قرمزی گل و بیشترین شدت خشکی در ایستگاههای سعیدآباد، منکان و مرند اتفاق می افتد.</p>	

# فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه:
<b>فصل اول</b>	
<b>۱- بررسی منابع</b>	
۲	۱-۱- مفهوم و تعریف خشکسالی.....
۴	۱-۱-۱- خشکسالی از دیدگاه هواشناسی.....
۶	۱-۱-۲- خشکسالی از دیدگاه کشاورزی.....
۷	۱-۱-۳- خشکسالی از دیدگاه هیدرولوژیکی.....
۹	۱-۱-۴- خشکسالی از دیدگاه اقتصادی - اجتماعی.....
۱۱	۱-۲- اهمیت بررسی شدت، مدت و وسعت خشکسالی.....
۱۱	۱-۳- مشکلات پیش‌بینی خشکسالی و ارزیابی شدت، مدت و وسعت آن.....
۱۲	۱-۴- بررسی اجمالی شاخصهای ارزیابی شدت خشکسالی.....
۱۲	۱-۴-۱- شاخص شدت خشکسالی پالمر ( PDSI ).....
۱۳	۱-۴-۲- روش درصد از نرمال (PN).....
۱۳	۱-۴-۳- شاخص بارش استاندارد شده (SPI).....
۱۴	۱-۴-۴- شاخص رطوبت گیاه (CMI).....
۱۴	۱-۴-۵- شاخص تامین آب سطحی (SWSI).....
۱۴	۱-۴-۶- شاخص خشکسالی احیایی (RDI).....
۱۵	۱-۴-۷- شاخص خشکی پالغای (PDI).....
۱۶	۱-۵- علل خشکی.....
۱۶	۱-۶- اثرات مخرب و سودمند خشکی.....

## فصل دوم

### ۱- مواد و روشها

- ۲-۱- بررسی دوره خشکی ..... ۱۸
- ۲-۱-۱- محدوده مورد مطالعه و ایستگاههای باران سنجی موجود ..... ۱۸
- ۲-۱-۲- بازسازی و تطویل آمار ..... ۲۰
- ۲-۲- محاسبه پارامترها و معیارهای خشکی ..... ۲۱
- ۲-۳- آزمونهایی جهت تعیین شروع خشکسالی ..... ۲۵
- ۲-۴- آزمونهایی جهت تعیین خاتمه خشکسالی ..... ۲۶
- ۲-۵- تعیین دوره ها و شدتهای خشکی در ایستگاههای مورد مطالعه ..... ۲۸
- ۲-۶- منحنی های شدت - مدت و فرکانس خشکی ..... ۶۰
- ۲-۶-۱- توزیع آماری مقادیر حد یا کرانه ای ..... ۶۰
- ۲-۷- تعیین معادله خشکی عمومی منطقه آذربایجانشرقی ..... ۷۰

## فصل سوم

### ۱- نتایج و بحث

- ۳-۱- بررسی نمودر گامبل ..... ۷۵
- ۳-۲- بررسی منحنی های شدت - مدت و فرکانس خشکی ..... ۷۵
- ۳-۳- معادله عمومی خشکی منطقه ..... ۷۶
- ۳-۴- خطوط هم شدت نسبی خشکی با دوره های بازگشت مختلف ..... ۸۳
- نتیجه گیری و پیشنهادات ..... ۸۸
- منابع ..... ۸۹
- چکیده ..... ۹۲



## مقدمه

زندگی بشر در طول تاریخ و در سراسر جهان همواره در معرض انواع مخاطرات طبیعی قرار داشته که بخشی از این خطرات و حوادث ناشی از فعالیتها و فرآیندهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی از قبیل زلزله، آتشفشان، زمین لرزه، سیل و غیره بوده، اما شمار دیگری از حوادث طبیعی که از فراوانی و گستردگی بیشتری برخوردارند حوادث ناشی از فرآیندهای آب و هوایی یا عبارتی اقلیمی می‌باشند که شدت و فراوانی این پدیده‌ها تا حدود زیادی به موقعیت جغرافیایی محل بستگی دارد. از جمله این حوادث می‌توان طوفانهای سهمگین، خشکسالی، بارشهای سیل‌آسا، طوفانهای رعد و برق و غیره را نام برد که در این میان خشکسالی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. خشکسالی پدیده‌ای جهانی است که تقریباً می‌تواند در هر ناحیه‌ای بوقوع پیوندد و باعث زیان‌ها و هزینه‌های عمده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بشود.

خشکسالی حادثه‌ای طبیعی و پدیده‌ای آرام و مرموز است که به اعتقاد بسیاری دارای مکانیسمی پیچیده و نسبت به تمامی حوادث طبیعی ماهیت آن کمتر شناخته شده است. وقوع خشکسالی در سالیان اخیر بسیاری از نقاط مختلف دنیا به ویژه ایران را تحت تاثیر قرار داده لذا هر گونه مطالعه برای شناخت پدیده خشکسالی، پیش بینی و تخمین شدت آن می‌تواند به همراه ارائه راه‌حلهای مناسب در کاهش اثرات زیانبار خشکسالی مفید و موثر واقع شود. کشور ایران با جمعیتی حدود ۱٪ از جمعیت جهان ۰/۳۶ درصد از کل منابع آب شیرین تجدید شونده دنیا را در اختیار دارد و با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در سال (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان) و پراکندگی و ناهمگونی زمانی و مکانی بارش از کشورهای خشک محسوب می‌شود. وضعیت بدخشکسالی و سوء مدیریت موجب آن شده تا در چهار دهه اخیر بیش از ۴۵ درصد جنگلهای کشور از بین رفته و فرسایش خاک معدول ۴ میلیارد تن در سال (۷۱۵ برابر حد مجاز در جهان) بوجود آید و متأسفانه این روند موجب آن شده که در ۳۰ سال اخیر ۳۰ درصد بر وسعت بیابانهای کشور افزوده شود (۹).

## فصل اول

### ۱- بررسی منابع

#### ۱-۱- مفهوم و تعریف خشکسالی

به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل پدیده‌های خشکسالی در هر منطقه بایستی این گونه پدیده‌ها از نظر علمی تعریف شوند. در این زمینه واژه "خشکی" با "خشکسالی" تفاوت آشکار دارد. خشکی شرایط اقلیمی و آب و هوایی را بیان می‌کند، بطوری که این گونه شرایط جزء جدا نشدنی و دائمی یک منطقه معرفی می‌شوند. در حالی که خشکسالی در انواع گوناگون و با شدت‌ها و تناوب‌های متفاوت اتفاق می‌افتد.

خشکسالی‌ها علاوه بر اثر مستقیم اقتصادی و اجتماعی آثار ثانویه بیشتری نیز بر جای می‌گذارند که مهم‌ترین این آثار طرف‌نهای هم‌رده با گرد و غبار، آتش‌سوزی جنگل‌ها، بیماری‌های ناشی از حشرات، کاهش سطح بهداشت عمومی، افزایش آلودگی‌های هوا و خاک، کاهش کیفیت آب و آثار زیان‌آوری است که در سلامت عمومی و حیات وحش خواهند گذاشت (۲۹).

خشکسالی با دیگر حوادث طبیعی ز قبیل سیل، طوفان، زلزله و غیره بنا به عدلی تفاوت دارد. نخست اینکه تاثیر خشکسالی به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی می‌باشد و اثرات آن ممکن است با تاخیر و پس از چند سال بعد از پایان آن ظاهر شود. از سوی دیگر تعیین دقیق زمان شروع و خاتمه این پدیده تا حدودی مشکل است که با توجه به این ویژگی اغلب خشکسالی را پدیده‌ای خزنده توصیف می‌کنند (۳۰).

دوم اینکه خسارت‌ها و اثرات شدید ناشی از خشکسالی فاقد ساختار مشخص بوده و نسبت به خسارات حاصل از دیگر حوادث طبیعی، منطقه جغرافیایی وسیعتری را تحت پوشش قرار می‌دهد. بعنوان مثال مطالعات اخیر در رابطه با خشکسالی که توسط مرکز ملی کاهش اثرات خشکسالی ایالت متحده آمریکا در ۴۸ ایالت این کشور صورت گرفته شده نشان داده است که در ۲۷ سال از ۱۰۰ سال اخیر بیش از ۲۵ درصد مساحت کشور که چیزی در حدود ۱۹۴۲۵۰۰ کیلومتر مربع یا بیشتر را شامل

می‌شود تحت تاثیر خشکسالیهای شدید و فوق‌العاده شدید قرار داشته است. سوم اینکه نبود یک تعریف دقیق و قابل قبول جهانی از خشکسالی به پیچیدگی و سردرگمی در مورد اینکه این پدیده وجود دارد یا نه و گر وجود دارد با چه درجه‌ای از شدت، افزوده است (۳۰).

تاکنون بیش از ۱۵۰ تعریف در رابطه با خشکسالی از منابع مختلف گردآوری شده است که به نظر می‌رسد تعاریف بیشتری نیز وجود داشته باشد، گرچه این تعاریف فراوان هستند اما بسیاری از آنها تعاریفی جامع و کافی از خشکسالی در قالب جملات و عبارات معنی‌دار برای دانشمندان و سیاست‌گذاران ارائه می‌دهند (۲۸).

با توجه به مورد فوق بطور کلی از یک دیدگاه جامع، خشکسالی را می‌توان معنول یک دوره با شرایط آب و هوایی خشک دانست که به اندازه کافی دوام داشته باشد تا عدم تعادل جدی در وضعیت هیدرولوژی یک ناحیه ایجاد کند. خشکسالیها را می‌توان در چهار دیدگاه مختلف مورد بررسی قرار داد. این چهار دیدگاه عبارتند از: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اجتماعی و اقتصادی (۲۸).

خشکسالی از دیدگاه هواشناسی در اولین مرحله وقوع نمایان شده و با تاخیر زمانی خشکسالی کشاورزی پدیدار می‌شود. تداوم خشکسالی منجر به کاهش جریانهای رودخانه‌ها و دیگر منابع آبی شده و باعث نمایان شدن خشکسالی هیدرولوژی می‌شود که این مرحله با تاخیر بیشتری نسبت به مراحل قبلی به وقوع می‌پیوندد و نتایج هر سه مرحله، بر روی اقتصاد و اجتماع اثرات سونئی گذاشته که خود دیدگاه جدیدی را برای مطالعه باز می‌کند (۲۸).

در این مطالعه به بررسی خشکسالی از دیدگاههای هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی به ترتیب وقوع می‌پردازیم.

### ۱-۱-۱- خشکسالی از دیدگاه هواشناسی

خشکسالی هواشناسی اساساً به حالتی از خشکی ناشی از کمبود بارندگی مربوط می‌شود. تعاریف خشکسالی از دیدگاه هواشناسی بایستی با توجه به ویژگی منطقه از لحاظ شرایط جوی که سبب کاهش بارندگی شده صورت گیرد.

بیشتر تعاریف خشکسالی از این دیدگاه رابطه بین بارش واقعی با میانگین بارش در مقیاس زمانی ماه، فصل و سال آبی را نشان می‌دهند. برخی از تعاریف ارائه شده در این زمینه به قرار زیر است:

- خشکسالی عبارتست از یک دوره زمانی با بادهای تند، بارندگی کم، دمای زیاد و غب یا رطوبت نسبی کم (به نقل از منبع ۱۹).

- خشکسالی عبارتست از مدت زمانی که در آن بارشهای ماهانه و سالانه به میزان معینی از حد نرمال کمتر باشد (به نقل از منبع ۱۹).

- دوره خشکی عبارتست از شرایطی که در یک منطقه بارش فصلی کمتر از ۷۵ درصد بارندگی نرمال طولانی مدت در آن منطقه باشد که خود به دو دسته تقسیم می‌شود، اگر کاهش بارندگی بین ۲۶ تا ۵۰ درصد باشد، خشکی متوسط و اگر کاهش بارندگی از ۵۰ درصد بیشتر باشد خشکی شدید نامیده می‌شود (۲۸).

- دوره خشکی بوسیله سازمان بارندگی بریتانیا بصورت‌های زیر تعریف شده است:

الف) خشکی مطلق، حداقل ۱۵ روز متوالی که بارندگی در هیچ کدام از روزها به اندازه ۰/۰۱ اینچ (۰/۳ میلی‌متر) نباشد.

ب) خشکی جزئی، حداقل ۲۹ روز که متوسط بارندگی روزانه بیشتر از ۰/۰۱ اینچ (۰/۳ میلی‌متر) نباشد (۲۲).

- در جزیره بالی<sup>۱</sup> یک دوره شش روزه فقدان بارندگی بعنوان خشکی در نظر گرفته می شود (۱۳ و ۱۴).

یکی از جامع ترین تعریفها در مورد واژه خشکسالی تعریف پالمردانشمند معروف است که خشکسالی را چنین تعریف می نماید "خشکسالی عبارتست از کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی" واژه مستمر به استمرار حالت کمبود و واژه غیرطبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می شود (۹).

در زیر به برخی مطالعات انجام شده در این زمینه می پردازیم:

در سال ۱۹۶۵ پالمرد (۲۳) اولین شاخص جامع خشکسالی (PDSI)<sup>۲</sup> را براساس مطالعات بر روی کاترس غربی و آیوای مرکزی ارائه نمود میزان شاخص پالمرد ۶- و ۶- است و هر چند این شاخص به عنوان شاخص هواشناسی توسط پالمرد معرفی شده بود، ولی متغیرهای گوناگون مانند بارندگی، تبخیر-تعرق و آب قابل دسترسی خاک<sup>۳</sup> (AWC) در نظر گرفته شده است.

شاخص پالمرد بعنوان عمومی ترین شاخص منطقه ای در کارهای بعدی مورد استفاده قرار گرفت (۱۱، ۲۰ و ۲۶).

چانگ (۱۷) در سال ۱۹۹۱ با استفاده از روش کریگینگ<sup>۴</sup> دوره خشکی بر مبنای بارش را مورد بررسی قرار داد.

مارکوویچ<sup>۵</sup> (به نقل از منبع شماره ۲۸) در سال ۱۹۳۰ معادله ای را ارائه کرد که شاخص خشکی در آن تابعی از درجه حرارت و بارش بوده و این معادله به صورت زیر بیان گردید:

$$DI = \frac{N^*(100 / R^*)}{2} \quad [1-2]$$

1- Bali

2- Palmer Drought Severity Index

3- Available Water Content

4- Kriging Method

5- Marcovitch

که در آن N تعداد دو یا چند روز متوالی که دمای آنها بالای ۹۰ درجه فارنهایت R کل بارش تابستانی برای همان ماههایی که N برای آنها منظور شده است و DI شاخص خشکی می باشد.

در سال ۱۹۹۳ و ۱۹۹۵ مکی و همکارانش (به نقل از منبع شماره ۲۷) در یک مطالعه بر روی شاخص خشکی پالم در بیش از ۱۰۰۰ ایستگاه آمریکا، دریافتند که شاخص پالم با بارش تجمعی در ۶ تا ۱۲ ماه گذشته اش همبستگی شدیدی نشان می دهد. در سال ۱۹۸۵ اولاییدو (۲۷) پس از مقایسه سه شاخص پالم، ناهنجاری بارش و شاخص خشکسالی بالم و مولی<sup>۱</sup> نتیجه گرفت که برای بررسی خشکسالی از دیدگاه هواشناسی بهتر است صرفاً از داده های بارندگی استفاده شود. آلی (۱۱) در سال ۱۹۸۴ نیز عقیده ی مشابه اولاییدو داشت.

زیرل (۲۹) در سال ۲۰۰۱ یک مدلی برای شبیه سازی خشکسالی در اکوسیستم های جنگلی ارائه نمود. آنالیز همبستگی نشان می دهد که خشکسالی در اکوسیستم های جنگلی اساساً بوسیله شرایط اقلیمی کنترل می شود اما گر آب قابل استفاده خاک متناسب با شرایط اقلیمی کاهش یابد خصوصیات خاک و گیاهان نقش اساسی در وقوع خشکسالی دارد. همچنین نشان داده شده که توزیع روزانه بارش اهمیت زیادی در مدل بندی خشکسالی دارد.

در سال ۱۳۷۷ خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش هریست در استان فارس مورد بررسی قرار گرفت (۱۰).

## ۲-۱-۱- خشکسالی از دیدگاه کشاورزی

بخش کشاورزی که حدود ۲۶ درصد تولید ناخالص ملی را تشکیل می دهد، بر اثر خشکسالی زیان دیده و اقتصاد ملی را تحت تاثیر قرار داده است (۲). خشکسالی کشاورزی به ابعادی از خشکی مرتبط می شود که بر محصولات کشاورزی و جنگل ها تاثیر گذاشته و بویژه سبب خشکی خاک می گردد. در خشکسالی کشاورزی پارمترهای کشاورزی نظیر اختلاف بین تبخیر و تعرق و فعی و

پتانسیل (ET)، کاهش رطوبت خاک را در ارتباط با کاهش بازنگی ناشی از خشکسالی هواشناسی مورد بررسی قرار می‌دهد (۲۸).

نیاز آبی یک گیاه به شرایط جوی، مشخصات بیولوژیکی گیاه، مرحله رشد و خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک بستگی دارد بنابراین، باید یک تعریف کاربردی برای دوره خشکی کشاورزی برای گیاهان مختلف و در مراحل رشد مختلف ارائه شود (۲۸).

در زیر به برخی از تعاریف ارائه شده در این زمینه می‌پردازیم:

- دوره خشکی در اثر کمبود بارش، افزایش درجه حرارت و باد ناشی می‌شود و عکس‌العمل گیاه به خشکی به مرحله رشد گیاه بستگی دارد (۲۸).
- دوره خشکی به عنوان خطری برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات کشاورزی به شمار می‌رود و زمانی اتفاق می‌افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در داخل گیاه شده و در نتیجه محصول را کاهش می‌دهد (۶).
- در دوره خشکی رطوبت خاک تا حدی کاهش می‌یابد که گیاه جهت رفع نیاز آبی خود قادر به جذب آب نباشد. شاخص خشکی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$DI = \frac{\text{تبخیر و تعرق پتانسیل} - \text{تبخیر و تعرق واقعی} - \text{کمبود آبی}}{\text{تبخیر و تعرق پتانسیل}} \times 100 \quad [1-4]$$

این شاخص به صورت درصد بیان شده و برای طبقه‌بندی خشکی بکار می‌رود (۱۵).

### ۳-۱-۱- خشکسالی از دیدگاه هیدرولوژیکی

خشکسالی هیدرولوژیکی مربوط به دوره‌های زمانی است که طی آن حجم جریان رودخانه‌ها و سطح آبهای زیرزمینی کاهش می‌یابد. دوره‌های خشکی هیدرولوژیکی معمولاً خارج از باز زمانی یاب تاخیر نسبت به دوره‌های خشکی هواشناسی و کشاورزی بوقوع می‌پیوندد (۲۸).

