

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی (واحد مرودشت)

دانشکده کشاورزی ، گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد « M.Sc »

گرایش : آبیاری و زهکشی

عنوان :

تعیین مناسب ترین روش تبخیر تعرق پتانسیل جهت پایش خشکسالی با استفاده از شاخص

شناسایی ( RDI ) ( مطالعه موردی : استان اصفهان )

Determination of appropriate potential evapotranspiration method in drought  
monitoring by RDI index (Case study: Esfahan Province)

استاد راهنما :

دکتر فردین بوستانی

استاد مشاور :

دکتر سید امیر شمس نیا

نگارش :

بهروز نامجو مطلق

تابستان ۱۳۹۱

تقدیم به:

همسر و فرزندان عزیزم علی و نیروانا

## تقدیر و قدر دانی:

سپاس خدای مهربان را که الطاف بیکرانیش مرا در انجام این پایان نامه یاری کرد.

سپاس از استاد راهنمای ارجمند جناب دکتر فردین بوستانی و استاد مشاور محترم جناب دکتر سید

امید شمس نیا که در تمام مراحل این پایان نامه بنده راهمراهی و زحمات بسیاری جهت این پایان نامه

متحمل شده اند تشکر و قدر دانی می نمایم.

چکیده:

در جامعه کنونی با توجه به افزایش جمعیت مصرف کننده جایی برای از دست دادن منابع تولید مواد پایه غذایی و منابع آب وجود ندارد. خشکسالی یکی از مهمترین بلاهای طبیعی می باشد که دارای بیشترین تاثیر منفی بر جوامع بشری و بالاترین فراوانی وقوع بین سایر بلاها می باشد. بنابراین لازم است جهت کاهش اثرات مخرب خشکسالی قبل از وقوع، مدیریت ریسک انجام گیرد.

شناخت خصوصیات و ویژگی های خشکسالی امکان انتقال مدیریت بحران به مدیریت ریسک را فراهم میسازد. برای تحلیل خشکسالی شاخص های متعددی وجود دارد. در تحقیق حاضر تعیین مناسب ترین روش تبخیر تعرق پتانسیل جهت پایش خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی RDI در استان اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور تعداد ۱۲ ایستگاه واقع در داخل استان اصفهان و ۸ ایستگاه مرزی از استان های مجاور با طول دوره آماری ۱۹۹۶-۲۰۰۵ جهت تعیین مناسب ترین روش تبخیر تعرق پتانسیل ارزیابی نمودیم که مناسب ترین روش تبخیر تعرق پتانسیل در استان اصفهان روش هارگریوز می باشد. سپس تعداد 16 ایستگاه داخل استان با طول دوره آماری ۲۸ سال (۱۳۶۰-۱۳۸۸) که دارای کمترین نواقص آماری و پراکنش مناسب است را انتخاب نمودیم. نمودارهای سری زمانی شاخص RDI و ترسیم نقشه های شدت خشکسالی به منظور بررسی وضعیت خشکسالی در سطح استان در مقیاس های سری زمانی ۳ و ۹ و ۱۲ ماهه تهیه و تحلیل گردید. نتایج حاصل از بررسی ایستگاه های مختلف استان نشان داد اکثر ایستگاه ها در همه مقیاس های سری زمانی در سالهای ۱۳۶۰ و ۱۳۸۶ دچار خشکسالی و سال های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۵ دچار ترسالی نرمال بوده است.

در مقیاس زمانی سری ۱۲ ماهه و بررسی خشکسالی استان اصفهان نتیجه گرفته شد در بخشهای غرب، جنوب غرب و شرق استان از نظر فراوانی پتانسیل، حساسیت بالاتری نسبت به خشکسالی در مقیاس های زمانی ۳ و ۹ ماهه دارد. بیشترین شدت خشکسالی در منطقه ایزدخواست در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه در سال ۱۳۸۶ که مقدار RDI به ۳/۹۶- رسیده است که بالاترین شدت خشکسالی را در استان اصفهان تجربه کرده است.

کلمات کلیدی: شاخص RDI، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تبخیر تعرق پتانسیل، اصفهان

۱	فصل اول ( کلیات )	۱
۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	تعریف خشکسالی	۲
۳-۱	علل وقوع خشکسالی	۴
۴-۱	دید گاه های رایج درباره خشکسالی	۴
۴-۱-۱	خشکسالی هواشناسی	۴
۴-۱-۲	خشکسالی هیدرولوژیکی	۵
۴-۱-۳	خشکسالی کشاورزی	۷
۴-۱-۴	خشکسالی اقتصادی و اجتماعی	۸
۵-۱	تقسیم بندی وسعت خشکسالی	۱۰
۶-۱	اثرات خشکسالی	۱۰
۶-۱-۱	اثرات هیدرولوژیکی	۱۰
۶-۱-۲	اثرات اقتصادی	۱۱
۶-۱-۳	اثرات محیطی	۱۱
۶-۱-۴	اثرات اجتماعی	۱۱
۷-۱	تفاوت خشکی و خشکسالی	۱۱
۸-۱	ویژگی های زمانی و مکانی خشکسالی	۱۲
۸-۱-۱	آغاز و خاتمه خشکسالی	۱۲
۸-۱-۲	فراوانی خشکسالی	۱۲
۸-۱-۳	شدت و بزرگی خشکسالی	۱۳
۸-۱-۴	وسعت منطقه ای خشکسالی	۱۴
۸-۱-۵	تداوم خشکسالی	۱۵
۸-۱-۶	دوره تناوبی رویداد خشکسالی	۱۵
۹-۱	پیامد اثرات خشکسالی	۱۶
۱۰-۱	اقدامات موثر برای مقابله با خشکسالی	۱۶
۱۱-۱	اهمیت ارزیابی و مطالعه خشکسالی	۱۷
۱۲-۱	اهمیت پیش بینی و مدل سازی و نقش آن در مدیریت خشکسالی	۱۸
۱۳-۱	روش های مطالعه خشکسالی	۲۰
۱-۱۳-۱	روش های بیلان آبی	۲۰

۲۱ ..... ۱-۱۳-۲- شاخص تورنتوایت

۲۳ ..... ۱-۱۳-۳- شاخص پالمر

صفحه

عنوان

۲۵ ..... ۱-۱۳-۴- روش های تحلیل سینوپتیکی

۲۵ ..... ۱-۱۳-۵- روش های سنجش از دور

۲۶ ..... ۱-۱۳-۶- روش های تحلیل داده های بارندگی

۲۶ ..... ۱-۱۳-۶-۱- شاخص درصد نرمال

۲۷ ..... ۱-۱۳-۶-۲- شاخص دهک ها

۲۸ ..... ۱-۱۳-۶-۳- شاخص توزیع استاندارد

۳۰ ..... ۱-۱۳-۶-۴- شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI)

۳۱ ..... ۱-۱۳-۶-۵- شاخص رطوبت محصول (CMI)

۳۳ ..... ۱-۱۳-۶-۶- شاخص ذخیره آب سطحی (SWSI)

۳۴ ..... ۱-۱۳-۶-۷- شاخص خشکسالی احيایی (RDI)

۳۵ ..... ۱-۱۳-۶-۸- شاخص معیار بارندگی سالانه (SAIP)

۳۵ ..... ۱-۱۳-۶-۹- شاخص نا هنجاری بارندگی (RAI)

۳۷ ..... ۱-۱۳-۶-۱۰- شاخص نیچه

۳۸ ..... ۱-۱۳-۶-۱۱- شاخص خشکسالی محصول - ویژه (CSDI)

۳۸ ..... ۱-۱۴-۱- روش های پیش بینی خشکسالی

۳۹ ..... ۱-۱۴-۱- روش های پیش بینی سری زمانی

۴۰ ..... ۱-۱۴-۲- روش های مقایسه ای

۴۰ ..... ۱-۱۴-۳- روش های همبستگی خطی

۴۰ ..... ۱-۱۵- پیامد اثرات خشکسالی

۴۱ ..... ۱-۱۶- انتخاب روش مطالعه خشکسالی

۴۲ ..... ۱-۱۷- فرضیات پژوهش

۵۵ ..... ۱-۱۸- شیوه های مختلف درون یابی و روش کار برخی از مدل های درون یابی

۵۶ ..... ۱-۱۸-۱- روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW)

۵۷ ..... ۱-۱۸-۲- درون یابی موضعی (Spline)

۵۷ ..... ۱-۱۸-۳- روش کریجینگ و برخی از ویژگی های آن

۷۴ ..... فصل دوم (روش تحقیق)

۷۴ ..... ۲-۱- محدوده جغرافیایی مورد مطالعه

۷۵	..... ۲-۲- آماده سازی و انتخاب دوره آماری
۷۵	..... ۲-۲-۱- ساخت لایه اطلاعات مکانی ایستگاه ها
۷۶	..... ۲-۲-۲- تعیین و جداسازی ایستگاه های منتخب
۷۶	..... ۲-۲-۳- بررسی اولیه منابع آماری و ایستگاه ها
صفحه	عنوان

۷۷	..... ۲-۲-۱- آزمون تصادفی بودن و همگنی داده ها
۷۸	..... ۲-۲-۴- بازسازی نواقص آماری و داده های مفقود شده
۷۹	..... ۲-۲-۴-۱- روش الگوریتم EM
۸۰	..... ۲-۲-۴-۲- کاربرد روش الگوریتم EM و استفاده از نرم افزار SPSS
۸۱	..... ۲-۲-۴-۳- آزمون رتبه ای اسپیرمن
۸۲	..... ۲-۳- شبیه سازی مکانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی ( GIS )
۸۲	..... ۲-۳-۱- پهنه بندی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی ( GIS )
	..... ۲-۳-۲- انتخاب مدل درون یابی مناسب جهت پهنه بندی و شبیه سازی مکانی خشکسالی
۸۲	.....
۸۳	..... ۲-۳-۳- نیم تغییر نما و انواع آن
۸۴	..... ۲-۳-۳-۱- مدل خطی
۸۴	..... ۲-۳-۳-۲- مدل لگاریتمی یا دوپسین
۸۷	..... ۲-۳-۳-۳- مدل سهمی گونه
۸۸	..... ۲-۳-۳-۴- مدل کروی
۸۹	..... ۲-۳-۳-۵- مدل نمایی
۸۹	..... ۲-۳-۳-۶- مدل گوسی
۹۰	..... ۲-۳-۳-۷- اجزا نیم تغییر نما
۹۱	..... ۲-۴- نحوه تهیه نقشه های پهنه بندی خشکسالی
۹۶	..... فصل سوم ( نتایج )
۹۶	..... ۳-۱- تحلیل نمودارهای سری زمانی شاخص RDI در مقیاس های مختلف زمانی
۹۷	..... ۳-۱-۱- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه فریدن
۹۹	..... ۳-۱-۲- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه نائین
۱۰۱	..... ۳-۱-۳- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه کاشان
۱۰۳	..... ۳-۱-۴- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه مهیار
۱۰۵	..... ۳-۱-۵- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه مورچه خورت



۱۰۷	.....	۳-۱-۶- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه کوهپایه
۱۰۹	.....	۳-۱-۷- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه فین
۱۱۱	.....	۳-۱-۸- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه سراب هنده
۱۱۳	.....	۳-۱-۹- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه سد زاینده رود
۱۱۵	.....	۳-۱-۱۰- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه فلاورجان

صفحه

عنوان

۱۱۷	.....	۳-۱-۱۱- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه حنا
۱۱۹	.....	۳-۱-۱۲- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه جندق
۱۲۱	.....	۳-۱-۱۳- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه پل زمان خان
۱۲۳	.....	۳-۱-۱۴- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه ایزدخواست
۱۲۵	.....	۳-۱-۱۵- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه میمه
۱۲۷	.....	۳-۱-۱۶- تحلیل و پایش خشکسالی ایستگاه مقصود بیک

۳-۲- تحلیل تغییرات مکانی شدت خشکسالی با استفاده از شاخص RDI در مقیاس های مختلف

۱۲۹	.....	زمانی در ماه های مختلف
۱۳۰	.....	۳-۳- ارزیابی و مقایسه شاخص های خشکسالی SPI و RDI
۱۳۱	.....	۳-۳-۱- ارزیابی و مقایسه شاخص RDI و PNPI (درصد بارندگی نرمال)
۱۳۵	.....	بررسی نقشه ها
۱۳۷	.....	فصل چهارم (نتیجه گیری)
۱۴۰	.....	پیشنهادات
۱۴۱	.....	<b>پیوست</b>

۱۴۴..... منابع

۱۵۲..... چکیده انگلیسی

## فصل اول

### کلیات

#### ۱-۱ - مقدمه

از دیر باز تاکنون در سرتاسر جهان زندگی انسان ها دستخوش مخاطرات و بلایای طبیعی گوناگونی قرار گرفته است که اگر بخواهیم این بلایا را دسته بندی کنیم به دو گروه اصلی تقسیم می شوند :

گروه اول شامل خطرات و حوادثی است که از فعالیت ها و فرآیند های زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی ناشی میگردند این حوادث از قبیل سیل ، آتشفشان ، زلزله و .... می باشد .

شمار دیگری از حوادث طبیعی ناشی از فرآیند های آب و هوایی یا به عبارتی اقلیمی می باشند که شدت فراوانی این پدیده ها تا حدود زیادی به موقعیت جغرافیایی محل بستگی دارند . از جمله این حوادث میتوان به طوفان ، خشکسالی ، بارش های سیل آسا و سایر پدیده های جوی - اقیانوسی را نام برد .

حوادث اقلیمی گستردگی و فراوانی بیشتری نسبت به دسته اول دارند . بررسی ها نشان می دهنداز میان این حوادث از لحاظ فراوانی وقوع و همچنین شدت ، مدت ، وسعت و تلفات جانی خشکسالی نسبت به سایر بلایای طبیعی از گستردگی بیشتری برخوردار است .

کشور ما در عین گستردگی در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و خشکسالی با شدت و ضعف های مختلف از ویژگی های اصلی آب و هوای آن محسوب می شود . خشکسالی ها در ابعاد مختلف در کشور برنامه های عمرانی را دچار رکود کرده است و همین مسئله بالطبع بحران های اقتصادی و اجتماعی را به همراه داشته است .

در چند سال گذشته خشکسالی آثار زیان باری را بر منابع آبی ، کشاورزی ، مرتع ، تولیدات دامی ، بهداشت و درمان گذاشته است . یکی از دلایل مهاجرت روستائیان به شهرها نیز همین خشکسالی است که بر ابعاد زیان های اقتصادی و اجتماعی نیز تاثیر گذاشته است ( شمس نیا

خشکسالی غالباً به عنوان یک پدیده خزنده توصیف می شود و برخلاف سیل و بارندگی که شما می دانید چه زمانی شروع شده ، چه زمانی خاتمه پیدا کرده و در چه محدوده ای بوده است توصیف زمانی و مکانی خشکسالی بسیار مشکل است . ممکن است هفته ها یا ماه ها طول بکشد تا شما واقعا تشخیص دهید که آیا خشکی اتفاق افتاده است و یا خیر و بهمین ترتیب ممکن است مدت ها پس از شروع بارندگی ها باز هم اثرات خشکسالی وجود داشته باشد . تعریف خشکسالی و چگونگی ارتباط آن با پدیده های هیدرولوژی بسیار مشکل است . زیرا اولاً خشکسالی ممکن است بطور همزمان تمام اجزاء سیستم هیدرولوژی را تحت تاثیر قرار ندهد . مثلاً ممکن است رطوبت خاک بسیار پایین و زمین ها خشک باشد ولی رودخانه ها آبدار باشند . در چنین مواردی دیمکاران و کشاورزان دچار مشکل می شوند ولی شهرهایی که از آب رودخانه استفاده میکنند با مساله ای روبرو نخواهند بود . ثانياً خشکسالی یک پدیده مطلق نبوده بلکه معرف کمبود نسبی رطوبت می باشد . در این صورت تقاضای زیاد برای آب نیز می تواند خشکسالی ایجاد کند در حالیکه بارندگی ممکن است بصورت طبیعی بوده باشد (علیزاده ۱۳۸۸) .

بسیاری دیگر خشکسالی را یک پدیده نادر و تصادفی می پندارند اما خشکسالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است . این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می دهد . اگر چه تعاریف مختلفی برای آن ارائه شده است اما عمدتاً خشکسالی را ناشی از کمبود بارندگی و افزایش دما میدانند . این کمبود منجر به نقصان آب برای برخی فعالیت ها ، گروه ها و یا یک بخش زیست محیطی می شود و به همین دلیل هرگونه مطالعه در جهت شناخت این پدیده ، پیش بینی و تخمین شدت آن می تواند به همراه ارائه راه حل های مناسب در کاهش اثرات زیان بار خشکسالی مفید و موثر واقع شود (فرج زاده ۱۳۸۴) .

به دلیل متغیرهای مختلفی که چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیر مستقیم در رخداد خشکسالی دخالت دارند، تعریف این واژه مشکل است و تعریف پذیرفته شده جهانی درباره آن وجود ندارد. تاکنون بیش از ۱۵۰ و حتی بیشتر از این آمار هم تعریف در رابطه با خشکسالی ارائه شده است، چرا که وقوع خشکسالی اکثر بخش های اقتصادی و اجتماعی را تحت تاثیر قرار میدهد. خشکسالی ترجمه واژه ( DROUGHT ) بوده و یکی از معروفترین تعاریفی که برای خشکسالی بکار میرود، تعریف پالمر می باشد طبق این تعریف خشکسالی عبارتست از "کاهش رطوبت مستمر و غیر طبیعی" در این تعریف واژه مستمر بیانگر استمرار حالت کمبود و کلمه غیر طبیعی بیانگر انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می شود. گرچه بسیاری به اشتباه آن را پدیده ای تصادفی و نادر می پندارند. به زبان ساده تر خشکسالی بیان کننده دوره هایی است که در آن بارش نسبت به میانگین دراز مدت کمتر باشد این پدیده بر اثر نوسانات اقلیمی بوجود می آید (فرج زاده ۱۳۸۴).

لشتی (۱۳۸۷) خشکسالی را دوره هایی با بارش پایین تر از معدل می داند که میزان کمبود بارش، نسبت به شرایط میانگین دراز مدت آن، تعیین کننده وضعیت خشکسالی در منطقه است و می تواند خشکسالی های هیدرولوژیک و کشاورزی را نیز بدنال داشته باشد.

از نظر ونلنن و تالکسن (Tallaksen & Vanlanen, 2004) خشکسالی عبارت است از یک رویداد شدید منطقه ای و پایدار، که طی آن دسترسی به منابع آب زیر شرایط متوسط قرار دارد.

باری و چورلی (Barry و charley, 1992) عقیده دارند خشکسالی عبارتست از کمبود بارش در دوره ای بلند مدت به نحوی که باعث کمبود رطوبت در خاک و سبب کاهش آبهای جاری شود و بدین طریق فعالیتهای انسانی و حیات طبیعی گیاهی و جانوری را بر هم زند.

میلر (۱۹۹۱، Miler) معتقد است که کاهش مقدار بارندگی و افزایش دما، هریک به تنهایی و یا به کمک هم می توانند منجر به خشکسالی شوند.

به نظر آرمز (Arms, 1990) "خشکسالی پدیده ای است که هر چند سال یکبار در نتیجه کاهش میزان بارندگی در نقاط مختلف جهان به وقوع می پیوندد. چنانچه کشاورزی پایدار نتواند در برابر این پدیده مقاومت کند قحطی به وجود خواهد آمد."

خشکسالی بایستی در مقایسه با شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی متوسط در دراز مدت مورد ارزیابی قرار گیرد. بعلاوه زمان و تاثیر بارش نیز مهم می باشد. دیگر پدیده های اقلیمی مانند درجه حرارت زیاد، رطوبت نسبی کم نیز در اغلب موارد با خشکسالی در بسیاری از مناطق جهان توام می باشد و می توانند به نحو قابل ملاحظه ای شدت آن را افزایش دهند.

### ۱ - ۳ - علل وقوع خشکسالی

خشکسالی محدود به مناطق خشک نمیگردد بلکه مناطق مرطوب نیز دستخوش این پدیده خزنده قرار می گیرند. در مناطق خشک و نیمه خشک عامل اصلی ایجاد خشکسالی گرم شدن هواست که در اثر فرونشینی توده های هوا و افزایش فشار هوا بوجود می آید. گرم شدن هوا مانع ایجاد ابر و باران می گردد که بالطبع کمبود باران را سبب می گردد. در مناطق مرطوب نیز کم و بیش این فرونشینی ها نیز ایجاد می گردد (علیزاده ۱۳۸۱).

### ۱ - ۴ - دیدگاه های رایج درباره خشکسالی

از نظر برخی محققان خشکسالی به ۶ دسته کلی هواشناسی، آب و هوا شناسی، جوی، کشاورزی، آب شناسی و مدیریت آب تقسیم می شود (Wilhite & Glantz, 1985). اما همین محققین خشکسالی را از چهار دیدگاه اصلی: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اقتصادی و اجتماعی بررسی کرده اند.

## ۱- ۴- ۱ خشکسالی هواشناسی

خشکسالی هواشناسی که در بسیاری از منابع با عنوان خشکسالی اقلیم شناسی از آن نام برده شده است به دلیل کمبود و یا کاهش مقدار بارندگی در طی دوره ای از زمان بوجود می آید. به عبارتی خشکسالی هواشناسی زمانی حادث می شود که میزان بارندگی سالانه کمتر از میانگین درازمدت آن باشد. این کمبود بارندگی ممکن است نسبت به میانگین نرمال یک منطقه اقلیمی و یا طول دوره خشک ارزیابی گردد.

تعاریف خشکسالی هواشناسی بایستی به صورت موردی برای هر منطقه خاص در نظر گرفته شود چرا که شرایط جوی که موجب کمبود بارش می شود، از منطقه ای به منطقه دیگر شدیداً تغییر می کند. بعنوان مثال برخی تعاریف خشکسالی هواشناسی معرف دوره هایی از خشکسالی براساس تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد آستانه خاص می باشد. این شاخص صرفاً برای مناطقی که مشخصاً دارای رژیم های بارندگی ادواری هستند مانند جنگل های استوایی ، اقلیم معتدل نیمه حاره یا اقلیم مرطوب عرضهای میانی مناسب است . مناطقی نظیر مانائوس ( برزیل ) نیواورلئان لوئیزیانا ( آمریکا ) و لندن ( انگلیس ) مثالهایی از این مناطق می باشند. اما در دیگر مناطق اقلیمی جهان مانند مناطق مرکزی آمریکا، شمال شرق برزیل، غرب آفریقا و شمال استرالیا الگوی بارش فصلی می باشد. وجود دوره هایی طولانی بدون بارندگی در مناطقی نظیر اوباه، نبراسکا ( آمریکا ) ، فورتالزا ، سنار (برزیل) و داروین (استرالیا) امری عادی است. در این موارد، تعریف مبتنی بر تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد آستانه خاص، غیر واقعی و ناکارآمد است. برای این مناطق تعریف خشکسالی بر مبنای رابطه ای بین میزان انحراف واقعی بارش به مقادیر متوسط ماهانه، فصلی یا سالانه مناسبتر و کاربردی تر می باشد.

## ۱-۴-۲ خشکسالی هیدرولوژیکی

در صورتیکه خشکسالی هواشناسی مدت زیادی ادامه پیدا کند و حجم جریان رودخانه ها یا سطح آبهای زیرزمینی کاهش یابد، به وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی منجر می شود. این پدیده غالباً بر اثر کمبود و یا فقدان بارش زمستانی در عرض های میانی به وجود می آید. لازم به ذکر است که خشکسالی های هیدرولوژیکی معمولاً با تاخیر بیشتری نسبت به خشکسالی های هواشناسی و کشاورزی رخ می دهند.

تعاریف متعددی در زمینه خشکسالی هیدرولوژیکی ارائه شده است از جمله آن ها :

۱- خشکسالی هیدرولوژیکی، یک دوره نسبتاً طولانی و غیر معمول با رواناب سطحی کم و سطح تراز پایین آب در چاه ها و مخازن می باشد.

۲ - خشکسالی هیدرولوژیکی زمانی به وقوع می پیوندد که رواناب کل کمتر از متوسط رواناب یک دوره زمانی باشد.

بر اساس میزان شدت خشکسالی های هواشناسی که منجر به خشکسالی هیدرولوژیکی می شوند میتوان این نوع از خشکسالی را به دو دسته خشکسالی آبهای سطحی و خشکسالی آبهای زیر زمینی تقسیم بندی نمود.

### خشکسالی آبهای سطحی

خشکسالی های مربوط به آبهای سطحی به کاهش میزان بارندگی که به طور مستقیم موجب کاهش رواناب و به صورت غیر مستقیم موجب کاهش تغذیه آبهای سطحی به وسیله آبهای زیرزمینی می شوند وابسته می باشند (کاهش جریانهای بهاری). از مشخصه های اینگونه خشکسالی ها کاهش جریان های رودخانه ای، و کاهش سطح آب در دریاچه ها و مخازن پشت سدها می باشد. در نتیجه، خشکسالی های آبهای سطحی از نظر درک برای انسان بسیار ملموس

تر و مهم تر و قابل لمس تر می باشند. با این حال، این نوع خشکسالی ضرورتاً یک رویداد طبیعی نمی باشد، زیرا اغلب بر اثر ترکیبی پیچیده از خشکسالیهای هواشناسی و زیر ساختهای منابع آب و تصمیم گیریهای مدیریتی و اجرائی در این زمینه رخ می دهند (لیولد هیوز، ۲۰۰۲).

### خشکسالی آبهای زیر زمینی

خشکسالی آبهای زیر زمینی در اثر تغذیه ناکافی مخازن سفره های زیرزمینی بوجود می آید. شدت این خشکسالی با استفاده از حجم سنجی ذخیره سفره های آب زیر زمینی قابل اندازه گیری است. اما این داده ها به سادگی قابل دسترس نمی باشند. بنظر می رسد که ارزیابی سطح آبهای زیر زمینی شاخص مناسبتر و بهتری برای این مطالعه باشد. خشکسالی آبهای زیر زمینی همچنین از طریق تاثیر ثانویه آن یعنی ورود جریانهای پایه (Base flow) به رودخانه ها نیز قابل ارزیابی می باشد در این ارتباط، زمانی که برای استخراج آب از مخازن زیر زمینی نیاز به پمپاژ و یا مکش بیشتری می باشد اصطلاحاً گفته می شود که خشکسالی مهندسی رخ داده است (لیولد هیوز، ۲۰۰۲).

### ۱- ۴- ۳ خشکسالی کشاورزی

خشکسالیهای کشاورزی نتیجه کمبود رطوبت خاک می باشد که بر اثر بهم خوردن تعادل میان تامین آب و هدر رفت آن از طریق تبخیر و تعرق، کمبود بارش و افت سطح آب زیر زمینی یا مخزن بوجود می آید. یک خشکسالی کشاورزی زمانی بوجود می آید که در فاصله بین دو بارندگی ذخیره رطوبتی منطقه ریشه در خاک برای زنده ماندن محصولات کشاورزی و گیاهان طبیعی و مراتع کفایت نکند (تیت و گستارد، ۲۰۰۰). این وضعیت معمولاً در اثر نبود و یا کمبود جریان رطوبت برای تغذیه منطقه ریشه (خشکسالی خاک) و یا زمانی که رطوبت نسبی هوا به اندازه ای کم است که رطوبت موجود خاک قادر به جبران میزان هدر رفت رطوبت بر اثر تبخیر و تعرق نبوده (خشکسالی جوی) رخ می دهد. به عبارت دیگر این نوع از خشکسالی زمانی روی می دهد که



رطوبت قابل دسترس خاک برای محصولات کشاورزی به سطحی برسد که باعث پژمردگی گیاه و اثرات زیانبار بر روی میزان تولید محصول گردد. در برخی از منابع از این نوع از خشکسالی تحت عنوان نیاز رطوبتی خاک برای محصولی معین و در دوره ای مشخص از زمان نام برده شده است. در خشکسالیهای کشاورزی، وقوع خشکسالی خاک بسیار معمولتر است. این نوع از خشکسالی ممکن است در قالب محتوای آب موجود در واحد عمق خاک بیان گردد. در مورد خشکسالی جوی باید گفت که رطوبت جو یک عامل بازدارنده و محدود کننده می باشد.

گیاهان حتی ممکن است زمانی در معرض خشکسالی قرار گیرند که هم خاک و هم هوای مزرعه از نظر رطوبتی تامین باشند. این وضعیت را خشکسالی فیزیولوژیکی می نامند که عمدتاً بر اثر افزایش شدید و ناگهانی درجه حرارت هوا بوجود می آید (لیولد هیوز، ۲۰۰۲).

#### ۱-۴-۴ خشکسالی اقتصادی و اجتماعی

خشکسالی اقتصادی - اجتماعی تلفیقی از عرضه و تقاضای برخی کالاهای اقتصادی با اجزای خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیکی و کشاورزی می باشد. خشکسالی اجتماعی- اقتصادی معمولاً پس از یک دوره بسیار طولانی مدت از خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی حادث می گردد و موجب قحطی، مرگ و میر و مهاجرت های دسته جمعی و گسترده می شود. این نوع خشکسالی تاثیرات زیادی بر روی ابعاد مختلف اقتصادی و بویژه انواع خاصی از محصولات و کالاهای اقتصادی می گذارد (ویلهایت، ۱۹۹۷).

وقوع این نوع خشکسالی به فرایندهای زمانی و مکانی عرضه و تقاضا برای تعریف خشکسالی بستگی دارد. عرضه بسیاری از کالاهای اقتصادی مانند آب، علوفه، غلات، ماهی و نیروی برق آبی بستگی به وضعیت جو دارد. بدلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم، عرضه آب در برخی سالها کافی است ولی در سالهای دیگر در حد تأمین نیازهای انسان و محیط زیست نیست. خشکسالی اقتصادی - اجتماعی زمانی رخ می دهد که تقاضا برای یک کالای اقتصادی خاص بدلیل کاهش

عرضه آب نسبت به شرایط معمول افزایش می یابد. به عنوان مثال در اروگوئه در سال ۸۹-۱۹۸۸ خشکسالی موجب کاهش قابل ملاحظه ای در تولید برق آبی شد. کاهش تولید برق آبی دولت را به ورود سوخت گرانتر نفت و استفاده از ابزارهای تبدیلی انرژی برای رفع نیازهای مردم واداشت.

در اکثر موارد، تقاضا برای کالاهای اقتصادی در نتیجه افزایش جمعیت و مصرف سرانه رو به افزایش می باشد. عرضه محصولات نیز ممکن است بدلیل بهبود راندمان تولید و فنآوری یا ساخت مخازنی که ظرفیت ذخیره آب را افزایش می دهد، بیشتر شود. با توجه به نیاز بشر به آب بیشتر برای تامین مصارف شهری، کشاورزی، صنعتی و غیره، امروزه در جوامع مختلف و بویژه کشورهای پیشرفته اقدام به ساخت سدهای بزرگ و مخازن آب شده است تا تامین این قبیل نیاز ها را تضمین نماید. با ذخیره آب در این مخازن در دوره های ترسالی امکان تامین آب برای دوره های خشکسالی نیز فراهم و تضمین می گردد. اما در هنگام برخی خشکسالی های وسیع و طولانی مدت شرایط به نحوی به وخامت می گراید که این قبیل سازه ها نیز نمی توانند نیاز آب را تامین نمایند و به اصطلاح نیاز به آب در این دوره ها به مراتب افزونتر از تامین آب به وسیله این سازه ها می گردد. برنامه ریزی و مدیریت منابع آب بر مبنای سیستم های هیدرولیکی و برآورد از منابع تامین آب و میزان نیاز به آب از این منابع، به منظور تامین آب در دوره های کم آبی استوار می باشد. از این رو شکست و ناکارآمدی این سیستم ها در تامین آب برای دوره های کم آبی و خشکسالی ها، به مدیریت و برنامه ریزی نامناسب آب و دلایل هیدرولوژیکی بر می گردد (هیسدال و همکاران، ۲۰۰۱). نیاز به آب مهمترین عامل محدود کننده موجودی آب می باشد. اغلب اوقات نیاز بیشتر با موجودی کمتر و محدودتر آب توأم می گردد. در خشکسالیهای اقتصادی - اجتماعی معمولاً دمای هوا به حد بحرانی افزایش می یابد و تبخیر و تعرق نیز به دنبال آن شدت پیدا می نماید. در این دوره ها، نیاز به آب نیز بسیار بیشتر از نرمال می شود. از این رو این قبیل رویدادها موجب قحطی های بزرگ و گسترده می شود و عامل کوچ های دسته جمعی از نواحی آسیب دیده می گردد. از سوی دیگر برآورد دقیقی از میزان نیاز به آب برای مصارف مختلف نیز

مشکل می باشد. نیاز به آب برای مصارف خانگی، دامداری، آبیاری و کشاورزی، صنعتی، تولید انرژی، مصارف تفریحی، و مقاصد زیست محیطی با عدم قطعیت زیادی در ارتباط با تخصیص، کیفیت، کمیت و تغییرات زمانی، مصرف و نرخ رشد آنها همراه می باشد. هدف اصلی مدیریت و برنامه ریزی منابع آب عبارت است از کاهش مقادیر قابل انتظار شکست سیستم های تامین آب و یا خشکسالی های اقتصادی - اجتماعی است.

### ۱ - ۵ - تقسیم بندی وسعت خشکسالی

یوجیچ (Yevjevich, 1975) براساس تحقیقات خود خواص منطقه ای خشکسالی را بشرح ذیل فهرست نموده است:

الف) پوشش منطقه ای با شرایط متوسط قاره ای که از ۵ تا ۱۵ میلیون کیلومتر مربع را فرا می گیرد.

ب) در نتیجه شدت خشکسالیهای بزرگ، وسعت آن فراتر از پوشش منطقه ای می گردد.

ج) انتظاری رود شکل منطقه تحت تاثیر به وسیله یک خشکسالی، بیشتر به یک لوزی شبیه باشد.

### ۱ - ۶ - اثرات خشکسالی

در ذیل به شرح مختصری از اثرات خشکسالی می پردازیم:

#### ۱ - ۶ - ۱ - اثرات هیدرولوژیکی:

شامل کاهش جریان چشمه ها، کاهش آب های سطحی، خشک شدن تالاب های طبیعی، پایین آمدن سطح آب در پشت سدهای ذخیره ای، تشدید کاهش آب های زیر زمینی و افزایش شوری آب می باشد (کرمی ۱۳۸۱).

#### ۱ - ۶ - ۲ - اثرات اقتصادی :

مشمول بر خسارت های وارده بر بخش های کشاورزی، دامداری، جنگل ها و مراتع، شیلات، تاثیر بر افزایش تقاضای انرژی، تامین آب و کاهش تولید مواد غذایی است (کرمی ۱۳۸۱).

#### ۱ - ۶ - ۳ - اثرات محیطی :

تاثیر خشکسالی بر گونه های حیوانی و گیاهی است هم چنین افزایش تعداد آتش سوزی در جنگل ها و مراتع، تشدید فرسایش خاک بوسیله آب و باد، کاهش کیفیت خاک، اثرگذاری بر کیفیت هوا و تاثیر بر چشم انداز های طبیعی می باشد (کرمی ۱۳۸۱).

#### ۱ - ۶ - ۴ - اثرات اجتماعی :

اثرات اجتماعی بر بخش بهداشت و درمان از جنبه های گوناگون جسمی و روانی، افزایش بیماری های ناشی از جابجایی و تراکم جمعیت، کاهش کیفیت و تغییر شیوه زندگی، افزایش نیاز به اطلاعات و هماهنگی های درون بخشی و بین بخشی و محدودیت های کلیه سازمان ها در استفاده از آب می باشد (کرمی ۱۳۸۱).

#### ۱ - ۷ - تفاوت خشکی و خشکسالی