

دانشکده منابع طبیعی و کويرشناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری

پیش بینی خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک یزد با استفاده از مدل درخت های تصمیم گیری

اساتید راهنما :

دکتر محمد تقی دستورانی

دکتر محمد رضا اختصاصی

اساتید مشاور:

دکتر علی طالبی

مهندس جواد محجوبی

پژوهش و نگارش : اعظم حبیبی پور

مهرماه ۱۳۸۹

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم

همسر گرامی و عزیزم

دو نور چشم احسان و محمد رضا

در سایه لطف حضرت دوست، انجام این تحقیق مرهون همه کسانی است که از دور و نزدیک حمایت و بهمراهی ام نمودند. وظیفه خود می دانم در این مجال، مراتب سپاسگزاری خود را به حضورشان تقدیم نمایم:

از جناب آقای دکتر دستورانی و جناب آقای دکتر اختصاصی که از اطلاعات ارزنده شان به عنوان اساتید راهنما سود جست ام و با حوصله، بهنگاری همه جانبه ای داشتند صمیمانه سپاسگزارم. از اساتید محترم مشاور؛ جناب آقای دکتر طالبی و جناب آقای مهندس محبوبی که حق ویژه ای بر گردنم دارند و با دقت نظر و مشاوره شان مرا مرهون منت خویش ساختند کمال تشکر و امتنان را دارم. همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر کریمیان به عنوان داور داخلی و جناب آقای دکتر مبین به عنوان داور خارجی، تشکر و قدردانی می نمایم. علاوه بر آن از خانواده عزیزم؛ به ویژه مادر بزرگوار و همسر گرامی ام که زحمات زیادی را متقبل شدند تشکری ویژه می نمایم و منت دار ایشان هستم. در نهایت قدردان سرورانی هستم که روش و منش شان اسوه ام بود و مرا بر آن داشت تا توانم را بر این مسیر متمرکز نمایم و بهترین ها را برای همه ی بزرگوارانی که در محیط کار و تحصیل و زندگی ام بر ذهن و زبان و نگاهم تاثیر گذاری مثبت داشته اند آرزو مندم.

چکیده

کشور ایران به لحاظ قرار گرفتن در کمربند خشک جغرافیایی، در زمره مناطق کم باران محسوب می گردد. علاوه بر آن نوسانات شدید بارش در مناطق مختلف کشور، وقوع خشکسالی - های ضعیف تا شدید را به موضوعی گریز ناپذیر تبدیل نموده است. وقوع این خشکسالی ها اثرات نامطلوب شدیدی بر بخش های کشاورزی و اقتصادی کشور و به طور خاص بر عرصه های طبیعی تحمیل می کند. امروزه روش های مختلفی جهت پیش بینی خشکسالی ارائه شده است. لیکن در دهه های اخیر، استفاده از مدل های جدید کامپیوتری در زمینه پیش بینی خشکسالی رواج یافته و در اغلب موارد توانایی خود را به خوبی نشان داده است. درخت های تصمیم گیری به عنوان یکی از این نوع مدل ها، با بررسی پارامترها از جزء به کل، به تولید قانون می پردازند و نهایتاً به یک دانش قابل فهم از بین داده های آماری موجود دست می یابند. در این تحقیق از مدل درختان تصمیم به عنوان یکی از روش های داده کاوی جهت پیش بینی خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک یزد استفاده و شبیه سازی ها در شش حالت صورت گرفت. در چهار حالت اول از متغیرهای بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت، سرعت باد، جهت باد و تبخیر در مقیاس ماهانه به عنوان متغیرهای مستقل مدل استفاده و میزان بارش ۱۲ ماه قبل از وقوع پیش بینی گردید. علاوه بر آن پیش بینی خشکسالی ۱۲ ماه قبل از وقوع با استفاده از شاخص های خشکسالی RDI و SPI نیز مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت جهت ارزیابی دقت و صحت درخت های ایجاد شده در حالات فوق، معیارهای آماری R، RMSE، MAE و BIAS استفاده گردید. نتایج نشان داد که در ایستگاه یزد، مدل درخت تصمیم گیری در شرایط استفاده از میانگین متحرک پنج ساله داده ها، دارای بهترین کارکرد در پیش بینی خشکسالی می باشد.

کلمات کلیدی: داده کاوی، یاد گیری ماشین، درخت تصمیم گیری، رگرسیون، پیش بینی

خشکسالی، ایستگاه سینوپتیک یزد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه و کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- هدف و دامنه کار
۴	۳-۱- فرضیات (یا سؤالات پژوهشی) تحقیق
۴	۴-۱- تعاریف مختلف خشکسالی
۶	۵-۱- انواع خشکسالی
۶	۱-۵-۱- خشکسالی هواشناسی
۸	۲-۵-۱- خشکسالی هیدرولوژیکی
۹	۳-۵-۱- خشکسالی کشاورزی
۱۰	۴-۵-۱- خشکسالی اقتصادی - اجتماعی
۱۱	۶-۱- ویژگی‌های مکانی و زمانی خشکسالی
۱۱	۱-۶-۱- آغاز و خاتمه خشکسالی
۱۲	۲-۶-۱- شدت خشکسالی
۱۳	۳-۶-۱- فراوانی خشکسالی
۱۳	۴-۶-۱- وسعت منطقه خشکسالی
۱۴	۵-۶-۱- دوره تناوبی رخداد خشکسالی
۱۵	۷-۱- عوامل ایجاد خشکسالی هواشناسی (اقلیمی)
۱۵	۱-۷-۱- عوامل محلی
۱۵	۱-۱-۷-۱- فرونشینی هوا
۱۶	۲-۱-۷-۱- دمای سطح اقیانوس‌ها
۱۷	۲-۷-۱- عوامل جهانی
۱۷	۱-۲-۷-۱- لکه‌های خورشیدی
۱۷	۲-۲-۷-۱- آلبدو (سپیدایی)
۱۸	۳-۲-۷-۱- تأثیرگذاری انسان
۱۹	۴-۲-۷-۱- جابجایی مسیر سیستم‌های باران‌زای عرض میانه
۲۰	۸-۱- خشکسالی در ایران
۲۳	۹-۱- روش‌های مطالعه خشکسالی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۴	۱-۹-۱- روش‌های مطالعه بیلان آبی
۲۴	۱-۹-۲- روش تحلیل جریان
۲۵	۱-۹-۳- روش‌های تحلیل سینوپتیکی
۲۶	۱-۹-۴- روش استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیک و تاریخی
۲۶	۱-۹-۵- روش‌های تحلیل داده‌های بارندگی
۲۷	۱-۹-۵-۱- شاخص خشکسالی
۲۸	۱-۵-۶-۱- شاخص بارش استاندارد (SPI)
۳۱	۱-۹-۵-۲- شاخص RDI
۳۳	۱-۹-۶- روش‌های مبتنی بر داده کاوی
۳۴	۱-۹-۶-۱- شبکه عصبی مصنوعی
۳۵	۱-۹-۶-۲- درخت تصمیم
۳۶	۱-۹-۶-۲-۱- نحوه کارکرد درخت تصمیم‌گیری
۳۸	۱-۹-۶-۲-۲- نحوه ایجاد درخت تصمیم
۴۱	۱-۹-۶-۳- انواع درختان تصمیم
۴۳	۱-۹-۶-۴- روش‌های موجود به منظور توقف الگوریتم و جلوگیری از بیش‌برازش
۴۳	۱-۹-۶-۵- انواع روش‌های هرس کردن
۴۵	۱-۹-۶-۶- نقاط قوت و ضعف درخت تصمیم‌گیری
۴۷	فصل دوم: مروری بر مطالعات قبلی
۴۸	۱-۲- تحقیقات صورت گرفته در زمینه خشکسالی
۶۷	۲-۲- تحقیقات صورت گرفته بر روی کارایی مدل درختان تصمیم در منابع طبیعی
۷۱	فصل سوم: مواد و روش‌ها
۷۲	۱-۳- معرفی منطقه مورد تحقیق
۷۲	۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی استان یزد
۷۳	۳-۱-۲- وضعیت ژئومورفولوژی استان یزد
۷۳	۳-۱-۳- وضعیت زمین‌شناسی استان یزد
۷۴	۳-۱-۴- شرایط آب و هوایی استان یزد
۷۷	۳-۱-۵- ایستگاه هواشناسی یزد

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷۹	۲-۳- روش آماده‌سازی داده‌ها
۷۹	۱-۲-۳- کنترل کیفیت آمار و اطلاعات موجود
۸۰	۲-۲-۳- محاسبه ضریب همبستگی بین ایستگاه‌ها
۸۱	۳-۲-۳- بازسازی نواقص آماری
۸۲	۳-۳- معرفی روش مورد استفاده
۸۲	۱-۳-۳- الگوریتم CART
۸۴	۱-۱-۳-۳- مزایا و معایب الگوریتم CART
۸۵	۲-۳-۳- تقسیم‌بندی داده‌ها برای آموزش مدل در ایستگاه یزد
۸۶	۱-۲-۳-۳- داده‌های آموزشی
۸۶	۲-۲-۳-۳- داده‌های آزمایشی
۸۶	۳-۳-۳- پارامترهای مورد استفاده در شبیه‌سازی
۸۷	۴-۳-۳- حالات مختلف ورودی جهت اجرای مدل
۸۷	۱-۴-۳-۳- استفاده از اصل داده‌ها بدون نرمال‌سازی
۸۸	۲-۴-۳-۳- استفاده از میانگین متحرک سه ساله داده‌های خام
۸۸	۳-۴-۳-۳- استفاده از میانگین متحرک سه ساله نرمال شده
۸۹	۴-۴-۳-۳- استفاده از میانگین متحرک پنج ساله داده‌های خام
۸۹	۵-۴-۳-۳- استفاده از شاخص‌های خشکسالی
۸۹	۱-۵-۴-۳-۳- استفاده از شاخص خشکسالی SPI
۹۰	۲-۵-۴-۳-۳- استفاده از شاخص خشکسالی RDI
۹۲	۵-۳-۳- ارزیابی کارایی مدل
۹۳	۴-۳- نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق
۹۵	فصل چهارم: نتایج و بحث
۹۶	۱-۴- نتایج شبیه‌سازی های صورت گرفته در تحقیق
۹۶	۱-۱-۴- نتایج حاصل از اجرای مدل در شرایط استفاده از اصل داده‌ها
۱۰۱	۲-۱-۴- نتایج مدل با استفاده از میانگین متحرک سه ساله داده‌های اولیه
۱۰۵	۳-۱-۴- نتایج مدل با استفاده از میانگین متحرک سه ساله نرمال
۱۱۰	۴-۱-۴- نتایج مدل در شرایط استفاده از میانگین متحرک پنج ساله داده‌های اصلی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱۳	۴-۱-۵- نتایج حاصل از اجرای مدل با استفاده از شاخص خشکسالی SPI
۱۱۵	۴-۱-۶- نتایج حاصل از اجرای مدل با استفاده از شاخص خشکسالی RDI
۱۱۶	۴-۲- نتایج کلی مطلوب ترین شبیه سازی های صورت گرفته در این تحقیق
۱۱۷	۴-۳- قوانین حاصل از درخت تصمیم در مطلوب ترین شبیه سازی های صورت گرفته
۱۱۹	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۱۲۰	۵-۱- نتیجه گیری
۱۲۲	۵-۲- پیشنهادات
۱۲۳	فهرست منابع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۴	جدول ۱-۱- طبقه بندی وسعت خشکسالی از نظر سابرامانیا
۳۰	جدول ۲-۱- درجه خشکسالی بر اساس شاخص SPI
۷۷	جدول ۱-۳- مشخصات ایستگاه هواشناسی یزد
۷۸	جدول ۲-۳- مشخصات ایستگاه های مورد استفاده در این تحقیق
۸۱	جدول ۳-۳- ماتریس همبستگی بین ایستگاه های مورد استفاده در این تحقیق
۸۷	جدول ۱-۳- معرفی پارامترهای ورودی مدل
۹۹	جدول ۱-۴- نتایج در پیش بینی خشکسالی با استفاده از داده های خام
۱۰۱	جدول ۲-۴- بهترین نتایج در پیش بینی خشکسالی با استفاده از داده های خام
۱۰۴	جدول ۳-۴- نتایج مدل با استفاده از میانگین متحرک سه ساله داده ها
۱۰۸	جدول ۴-۴- نتایج مدل با استفاده از میانگین متحرک سه ساله نرمال شده
۱۰۸	جدول ۵-۴- خطای مقادیر آنرمال پیش بینی در شرایط استفاده از میانگین متحرک سه ساله نرمال شده
۱۱۲	جدول ۶-۴- نتایج مدل با استفاده از میانگین متحرک پنج ساله داده ها
۱۱۴	جدول ۷-۴- نتایج حاصل از اجرای مدل با استفاده از شاخص خشکسالی SPI
۱۱۵	جدول ۸-۴- نتایج حاصل از اجرای مدل با استفاده از شاخص خشکسالی RDI
۱۱۶	جدول ۹-۴- نتایج کلی مطلوب ترین شبیه سازی های صورت گرفته در این تحقیق

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۳۸	شکل ۱-۱- نمونه‌ای از یک درخت تصمیم ساده.....
۴۰	شکل ۱-۲- چگونگی تشکیل گره های برگ و غیر برگ.....
۹۷	شکل ۴-۱- درخت تصمیم ایجاد شده در حالت اول: معرفی ۶۲۰ سطر از داده های بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، سرعت باد و جهت باد به مدل.....
۹۸	شکل ۴-۲- درخت تصمیم ایجاد شده در حالت دوم: معرفی ۳۶۱ سطر از داده های بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد و تبخیر به مدل.....
۱۰۰	شکل ۴-۳- نمودار تغییرات مقادیر پیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی در شرایط استفاده از اصل داده ها: متغیر مستقل بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم و جهت باد.....
۱۰۰	شکل ۴-۴- نمودار تغییرات مقادیر پیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی در شرایط استفاده از اصل داده ها: متغیر مستقل دمای متوسط، رطوبت نسبی، سرعت باد.....
۱۰۲	شکل ۴-۵- درخت تصمیم در حالت اول: معرفی ۵۹۶ سطر از داده های مربوط به میانگین متحرک سه ساله داده های بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، سرعت باد و جهت باد به مدل.....
۱۰۳	شکل ۴-۶- درخت تصمیم در حالت دوم: معرفی ۳۳۷ سطر مربوط به میانگین متحرک سه ساله داده های بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، تبخیر، سرعت باد و جهت باد به مدل.....
۱۰۵	شکل ۴-۷- نمودار تغییرات مقادیر پیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی با استفاده از میانگین متحرک سه ساله متغیر مستقل بارش، دمای ماکزیمم و جهت باد.....
۱۰۵	شکل ۴-۸- نمودار تغییرات مقادیر پیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی با استفاده از میانگین متحرک سه ساله متغیر مستقل بارش، دمای متوسط، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد.....
۱۰۶	شکل ۴-۹- درخت تصمیم در حالت اول: معرفی ۵۹۶ سطر از داده های مربوط به میانگین متحرک سه ساله نرمال شده بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، سرعت باد و جهت باد به مدل.....

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۰۷	شکل ۴-۱۰- درخت تصمیم درحالت دوم: معرفی ۳۳۷ سطر از داده های مربوط به میانگین متحرک سه ساله نرمال شده بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد و تبخیر.....
۱۰۹	شکل ۴-۱۱- نمودار تغییرات مقادیرپیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی با استفاده از ۵۹۶ سطر داده مربوط به میانگین متحرک سه ساله نرمال شده داده های بارش، دمای ماکزیمم و جهت باد.....
۱۰۹	شکل ۴-۱۲- نمودار تغییرات مقادیرپیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی با استفاده از ۳۳۷ سطر داده مربوط به میانگین متحرک سه ساله نرمال شده داده های بارش، دمای متوسط، رطوبت و جهت باد.....
۱۱۰	شکل ۴-۱۳- درخت تصمیم درحالت اول: معرفی ۵۸۲ سطر از داده های مربوط به میانگین متحرک پنج ساله بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، سرعت باد و جهت باد به مدل.....
۱۱۱	شکل ۴-۱۴- درخت تصمیم درحالت دوم: معرفی ۳۱۳ سطر از داده های مربوط به میانگین متحرک پنج ساله بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، تبخیر، سرعت و جهت باد به مدل.....
۱۱۳	شکل ۴-۱۵- نمودار تغییرات مقادیرپیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی با استفاده از ۵۸۲ سطر از داده های مربوط به میانگین متحرک پنج ساله بارش، دمای ماکزیمم
۱۱۳	شکل ۴-۱۶- نمودار تغییرات مقادیرپیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی با استفاده از ۳۱۳ سطر از داده های مربوط به میانگین متحرک پنج ساله بارش، دمای متوسط، دمای ماکزیمم، رطوبت نسبی، جهت باد، تبخیر.....
۱۱۴	شکل ۴-۱۷-نمودار تغییرات مقادیر پیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی شاخص SPI
۱۱۵	شکل ۴-۱۸-نمودار تغییرات مقادیر پیش بینی شده در مقابل مقادیر واقعی شاخص RDI

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

بی‌شک رخداد خشکسالی در یک منطقه مانند سایر پدیده‌های آب و هوایی در نتیجه تغییرات و تحولات آب و هوایی ناشی از گردش عمومی اتمسفر می‌باشد. بر همین اساس فرونشینی توده‌های هوا، سلول‌های پر فشار، دمای سطح دریا، موج‌های بلند در بادهای غربی و نقش انسان از مهم‌ترین علت‌های رخداد این پدیده می‌باشد. خشکسالی اگرچه در تمام قلمروهای آب و هوایی عارض می‌گردد، ولی عرصه گسترش و میدان عمل آن به علت حساسیت سیستم‌های سینوپتیک جوی بیشتر در اقالیم نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب نواحی معتدله و مداری است. در مجموع خشکسالی‌ها با شرایط زیر همراهند:

۱- گسترش و حضور پر فشارهای جنب حاره: خشکسالی‌هایی که در جنوب فلسطین روی می‌دهد با همین پدیده ارتباط دارد.

۲- تغییرات چرخه موسمی‌های تابستانی: این پدیده موجب به تأخیر افتادن یا عدم نفوذ هوای حاره‌ای اقیانوسی به داخل خشکی می‌شود. نمونه این خشکسالی‌ها در نیجریه و پنجاب هند روی می‌دهد.

۳- کاهش دمای سطحی اقیانوس بر اثر تغییر مسیر جریان‌های اقیانوسی (نظیر خشکسالی‌های کالیفرنیا و شیلی).

از این رو خشکسالی یک شکل طبیعی از اوضاع آب و هوایی و یکی از بلایای طبیعی است که مانند دیگر حوادث از قبیل سیل، طوفان و غیره در هر اقلیمی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

در برخی موارد، خشکسالی ممکن است چندین سال به طول انجامد و اثرات ویرانگری را در کشاورزی و تولید آب داشته باشد. اغلب تعیین شروع و خاتمه خشکسالی مشکل است. خشکسالی ممکن است کوتاه باشد و فقط چند ماه طول بکشد و یا ممکن است چندین سال به طول انجامد و اثرات آن به صورت تدریجی جمع شده و نمایان گردد. در بین سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۶۷ از

میان ۲/۸ میلیون افرادی که تحت تأثیر بلاهای طبیعی بودند ۵۰ درصد آنها در شرایط خشکسالی قرار داشته و از بین ۳/۵ میلیون افرادی که در نتیجه بلاهای طبیعی جان سپردند حدود ۳/۱ میلیون نفر از آنها قربانی پدیده خشکسالی بودند (اباسی، ۱۹۹۴).^۱ حدود ۵۰ درصد از نواحی پرجمعیت جهان در برابر خشکسالی فوق‌العاده آسیب‌پذیرند و به طور عمده اغلب اراضی و نواحی کشاورزی در این مناطق واقع شده‌اند (یو. اس. دی. ای، ۱۹۹۴).^۲ خشکسالی یک بافت پیچیده‌ای را به وجود می‌آورد که تأثیر آن در خیلی از بخش‌های اقتصادی نمود پیدا می‌کند. از این رو پیش‌بینی خشکسالی و ارائه راهکارهای مناسب جهت کنترل خسارات آن در بین جوامع مختلف امری حیاتی و ضروری می‌باشد.

در این فصل، ضمن تبیین مفهوم خشکسالی و انواع مختلف آن، تعاریف مختلفی که از طرف سازمان‌ها و افراد مختلف مطرح شده، مورد بررسی قرار گرفته و سپس ویژگی‌های مختلف خشکسالی و عوامل دخیل در آن بیان گردیده است. پس از آن انواع روش‌های مطالعه خشکسالی که در مناطق و شرایط مختلف مورد استفاده قرار گرفته، بیان شده است.

۱-۲- هدف و دامنه کار

درخت‌های تصمیم‌گیری و شبکه‌های عصبی از نسل جدید تکنیک‌های داده‌کاوی به شمار می‌آیند که در دو دهه اخیر توسعه زیادی یافته‌اند. از این تکنیک‌ها هم می‌توان برای کشف و استخراج دانش از یک پایگاه داده‌ها و هم برای ایجاد مدل‌های پیش‌بینی استفاده نمود. این تکنیک‌ها به دلیل توسعه‌هایی که اخیراً یافته‌اند به عنوان یک ابزار داده‌کاوی بسیار متداول شده‌اند. هدف از این پژوهش بررسی کارایی مدل درخت‌های تصمیم‌گیری در پیش‌بینی خشکسالی می‌باشد. در این راستا با استفاده از آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک یزد، مدل‌های درختی مجزایی برای

^۱- Obasi, 1994

^۲- USDA, 1994

پیش‌بینی خشکسالی ایجاد شد. در فرایند توسعه مدل‌های درختی، از درخت‌های رگرسیونی استفاده و با محاسبه خطای پیش‌بینی هر مدل درختی، کارایی درخت در پیش‌بینی خشکسالی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده در ایستگاه یزد توسط افخمی و همکاران (۱۳۸۷)، مقایسه گردیده است.

۱-۳- فرضیات (یا سؤالات پژوهشی) تحقیق

- ۱- روش درختان تصمیم‌گیری رگرسیونی جهت پیش‌بینی خشکسالی در ایستگاه یزد از دقت کافی برخوردار می‌باشد.
- ۲- روش درختی قادر به یادگیری فرآیند رخداد خشکسالی و تولید قانون در ایستگاه یزد می‌باشد.

۱-۴- تعاریف مختلف خشکسالی

خشکسالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است که تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد و مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً متفاوت است. گرچه تعاریف متعددی برای این پدیده ارائه شده، لیکن در کل خشکسالی حاصل کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی (معمولاً یک فصل یا بیشتر) می‌باشد. خشکسالی بایستی در رابطه با برخی شرایط متوسط درازمدت، از موازنه بین بارش و تبخیر و تعرق در نظر گرفته شود. معمولاً در هر منطقه‌ای یک شرایط خاص به عنوان «نرمال» تعریف می‌شود. علاوه بر آن خشکسالی با زمان (فصل اصلی وقوع این پدیده، تأخیر در شروع فصل بارانی، وقوع بارش در ارتباط با مراحل اصلی رشد گیاه) و نیز مؤثر بودن بارش‌ها (شدت بارش، تعداد رخدادهای بارندگی) مرتبط است.

سایر فاکتورهای اقلیمی نظیر: دمای بالا، باد شدید و رطوبت نسبی پایین غالباً در بسیاری از نقاط جهان با این پدیده همراه شده و می‌تواند به طرز قابل ملاحظه‌ای بر شدت آن بیفزاید. خشکسالی‌های اخیر در هر دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه نتایج اقتصادی، تأثیرات زیست‌محیطی و دشواری‌هایی به بار آورده، که همگی باعث شده‌اند تا این پدیده زیانبخش طبیعی بیشتر مد نظر و بررسی قرار گیرد. در همین رابطه تعاریف مختلفی از پدیده خشکسالی ارائه شده، که ذیلاً به برخی از آنها اشاره می‌گردد:

۱-۴-۱- مرکز ملی مقابله با خشکسالی در ایالات متحده آمریکا خشکسالی را به صورت زیر تعریف نموده است: خشکسالی کاهش غیرطبیعی و طولی‌المدت رطوبت است که اثرات نامطلوبی بر گیاهان، حیوانات و انسان می‌گذارد.

۱-۴-۲- در فرهنگ فارسی عمید، واژه خشکسالی به صورت زیر بیان شده است: خشکسال: سال خشک، سال بی‌باران، سالی که باران نبارد و قحط غلات پیدا شود، خشکسالی، بی‌آبی و خشکی مزارع و قحط و غلات.

۱-۴-۳- فرهنگ فارسی معین واژه خشکسالی را به صورت زیر تبیین نموده است: خشکسال: سالی که باران نبارد، سال خشک، سال قحط، خشکسالی، وضع خشکسال قحط و غلات.

۱-۴-۴- در دایره‌المعارف Webster کلمه خشکسالی به صورت زیر تعریف شده است: خشکسالی دوره‌ای درازمدت از هوای خشک، فقدان بارش، کم‌آبی طولانی. ۱-۴-۵- در فرهنگ ۴ زبانه آبخیزداری مفهوم واژه خشکسالی به شرح زیر آمده است: خشکسالی: یک دوره طولانی از نظر زمان است که بارندگی به مقدار غیرکافی نازل می‌شود و خشکی هوا به درازا می‌کشد.

سال خشک: از نظر آب و هوایی به سال‌هایی اطلاق می‌شود که بارندگی و جریان رودخانه در آن سال از مقدار معمول هر سال کمتر باشد.

۱-۴-۶- در فرهنگ علوم غذایی، کشاورزی و منابع طبیعی خشکسالی به صورت زیر تعریف

شده است:

خشکسال: در هواشناسی به دوره‌های طولانی بدون ریزش باران گفته می‌شود که در نتیجه کمبود رطوبت رشد گیاهان متوقف گردد و اگر این مدت زیاد طولانی باشد در حدود یکسال، آن را سال خشک گویند.

۱-۴-۷- بنا به اعلام دفتر هواشناسی ایالات متحده، خشکسالی زمانی به وقوع می‌پیوندد که میزان بارندگی برای یک دوره ۲۱ روزه یا بیشتر به میزان ۳۰ درصد میانگین نزول کند.

۱-۴-۸- اداره هواشناسی هندوستان سالی را خشک دانسته که مقدار بارش نازل شده به کمتر از ۲۰ درصد معدل برسد. علاوه بر آن اگر کاهش بارش بین ۲۰ تا ۵۹ درصد معدل باشد به عنوان کمبود یا ناکارآمد بودن بارندگی و هنگامی که میزان کاهش بیش از ۶۰ درصد میانگین باشد حکایت از ناکافی بودن آن دارد.

۱-۴-۹- در فرهنگ جغرافیا واژه خشکسالی به صورت زیر تشریح شده است: خشکسالی

یک دوره هوای خشک ممتد و خشکی فوق‌العاده ناشی از فقدان باران است.

۱-۵- انواع خشکسالی

خشکسالی از دیدگاه علوم مختلف به انواع زیر تقسیم می‌گردد:

۱-۵-۱- خشکسالی هواشناسی:

معمولاً بر اساس درجه خشکی (در مقایسه با مقادیر نرمال یا میانگین) و طول دوره خشکی تعریف می‌شود. تعاریف خشکسالی هواشناسی بایستی به صورت موردی برای هر

منطقه خاص در نظر گرفته شود. چرا که شرایط جوی که موجب کمبود بارش می‌شود از منطقه‌ای به منطقه دیگر شدیداً تغییر می‌کند. به عنوان مثال برخی تعاریف خشکسالی هواشناسی معرف دوره‌هایی از خشکسالی بر اساس تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد آستانه خاص هستند. این سنجنده صرفاً برای مناطقی که مشخصاً دارای رژیم‌های ادواری هستند (مانند جنگل‌های استوایی) اقلیم معتدل نیمه‌حاره یا اقلیم مرطوب عرض‌های میانی مناسب است. مناطقی نظیر مانائوس (برزیل)، نیواورلئان لوئیزیانا (آمریکا) و لندن (انگلیس) مثال‌هایی از این مناطقند. مشخصه سایر مناطق اقلیمی نظیر مناطق مرکزی آمریکا، شمال شرق برزیل، غرب آفریقا و شمال استرالیا؛ الگوی بارش فصلی است. وجود دوره‌های طولانی بدون بارندگی در مناطقی نظیر اوباهاما، نبراسکا (آمریکا)، پورتالزا (برزیل) و داروین (استرالیا) و اغلب بخش‌های مرکزی ایران امری عادی است. در این موارد تعریف دیگر مبتنی بر تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد آستانه خاص، غیرواقعی است. در سایر تعاریف رابطه‌ای مابین میزان انحراف واقعی بارش به مقادیر متوسط ماهانه، فصلی یا سالانه برقرار می‌شود. هواشناسان خشکسالی را بارش کمتر از حد معمول که منجر به تغییر الگوی آب و هوایی می‌گردد تعریف کرده‌اند. بنابراین خشکسالی از نظر هواشناسی اساساً به حالتی از خشکی ناشی از کمبود بارندگی اطلاق می‌شود. تعریف خشکسالی از دیدگاه هواشناسی در کشورهای مختلف و در زمان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. به همین دلیل از این دیدگاه به کار بردن یک تعریف از خشکسالی که در قسمتی از جهان متداول می‌باشد برای دیگر مناطق مناسب نمی‌باشد، به طوری که مثلاً:

الف - در ایالات متحده در سال ۱۹۴۲: بارش کمتر از ۵/۲ میلیمتر در ۴۸ ساعت.

ب - در انگلستان در سال ۱۹۳۶: پانزده روز متوالی با مجموع بارش کمتر از ۲۵ میلیمتر.

ت - در کشور لیبی در سال ۱۹۶۴: بارش سالانه کمتر از ۱۸۰ میلیمتر.

ث - در کشور هند در سال ۱۹۶۰: کاهش بارش فصل واقعی (مونسون) بیش از دو برابر متوسط انحراف.

ج - در کشور بلژیک در سال ۱۹۶۴: یک دوره شش روزه بدون بارش به عنوان معیاری برای خشکسالی در نظر گرفته شده است.

به علاوه اهمیت دیدگاه هواشناسی در این است که اندازه گیری‌های هواشناسی اولین نشانه بروز خشکسالی می‌باشد (خوش‌اخلاق، ۱۳۷۷).

۱-۵-۲- خشکسالی هیدرولوژیکی

از دیدگاه هیدرولوژیست‌ها، خشکسالی زمانی اتفاق می‌افتد که سطح تراز ذخایر آب‌های سطحی از حد معمول پایین‌تر می‌باشد. خشکسالی هیدرولوژیکی اغلب در عرض‌های میانی بر اثر کمبود و فقدان بارش زمستانی اتفاق می‌افتد. علاوه بر بارش، فاکتورهای اقلیمی دیگر مانند دماهای بالا، بادهای قوی و رطوبت نسبی کم نیز به طور قابل ملاحظه‌ای بر روی خشکسالی هیدرولوژیکی تأثیر دارند. از دیدگاه هیدرولوژیکی اندازه‌گیری میزان آب‌های جاری رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی معیار خشکسالی می‌باشد و یک زمان پایه بین فقدان بارندگی و کم شدن آب‌های جاری و رودخانه‌ها و آب دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی وجود دارد. بنابراین معیار هیدرولوژیکی نمی‌تواند اولین نشانگر خشکسالی باشد زیرا زمانی که کمبود بارش اتفاق بیفتد، بعد از مدتی این کاهش در آب‌های سطحی و زیرزمینی منعکس خواهد شد (اربابی، ۱۳۸۰).

گرچه اقلیم عامل اولیه‌ای در بروز خشکسالی هیدرولوژیکی است ولی سایر عوامل نظیر کاربری اراضی (مانند جنگل‌زدایی)، تخریب اراضی و ساخت سدها همگی بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه اثر می‌گذارد. چون مناطق مختلف بوسیله سیستم‌های هیدرولوژیکی به هم مربوطند، تأثیر خشکسالی هیدرولوژیکی می‌تواند به مرزهایی فراتر از منطقه کمبود بارش گسترش یابد. مثلاً

خشکسالی هواشناسی ممکن است شدیداً بخش‌هایی از شمال کوه‌های راکی و دشت‌های بزرگ شمالی آمریکا را تحت تأثیر قرار دهد، لیکن از آنجا که رودخانه میسوری و شاخه‌هایش این منطقه را به سمت جنوب زهکشی می‌کنند امکان بروز تأثیرات هیدرولوژیکی مشهودی در پایین‌دست جریان وجود دارد. به طور مشابه تغییرات کاربری اراضی در بالادست می‌تواند خصوصیات هیدرولوژیکی نظیر مقادیر نفوذ و رواناب را تغییر داده و باعث تغییر جریان و تشدید رخداد خشکسالی هیدرولوژیکی در پایین‌دست شود. مثلاً در بنگلادش به دلیل تغییر کاربری اراضی که در داخل کشور و کشورهای همسایه رخ داده، فراوانی وقوع کم‌آبی افزایش یافته است. تغییر نحوه استفاده از اراضی یکی از مواردی است که طی آن فعالیت‌های بشر با فراوانی پدیده کم‌آبی مواجه شده است بدون آنکه تغییری در وقوع خشکسالی‌های هواشناسی دیده شود (نوریان، ۱۳۸۱).

۱-۵-۳- خشکسالی کشاورزی:

خشکسالی کشاورزی اثرات ویژگی‌های مختلف هواشناسی یا هیدرولوژیکی خشکسالی را به پدیده کشاورزی به ویژه کمبود بارش، اختلاف بین تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل، کمبود رطوبت خاک، افت سطح آب زیرزمینی یا مخازن و غیره مرتبط می‌سازد. نیاز آبی گیاه بستگی به شرایط جوّی غالب، خصوصیات زیستی گیاه خاص، مرحله رشد آن و خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک دارد.

یک تعریف مناسب از خشکسالی کشاورزی آن است که بتواند حساسیت متغیر گیاهان زراعی را در طی مراحل نمو گیاه از سبز شدن تا بلوغ لحاظ نماید. کمبود رطوبت در لایه‌های فوقانی خاک به هنگام کاشت می‌تواند باعث تأخیر در جوانه‌زنی شود که موجب کاهش تراکم بوته در هکتار و نقصان عملکرد نهایی می‌گردد. لیکن چنانچه رطوبت خاک فوقانی (سطح‌الارضی) برای نیازهای مراحل اولیه رشد کافی باشد، کمبودهای رطوبتی در لایه‌های زیرین خاک در صورت

تأمین نیازهای آبی گیاه بوسیله بارندگی یا آبیاری بر عملکرد نهایی گیاه تأثیر چندانی نخواهد داشت.

از دیدگاه کشاورزی زمانی که رطوبت خاک از نیاز واقعی محصول کمتر باشد و منجر به خسارت در محصول گردد، خشکسالی اتفاق افتاده است و از آن جا که گیاهان با هم متفاوت است، بنابراین مفهوم خشکسالی از دیدگاه کشاورزی برای محصولات مختلف یکسان نمی‌باشد. از دیدگاه کشاورزی، درجه خشکسالی به روش پنمن مانیت و روش باران مؤثر انجام می‌شود. همچنین روش پنمن از طرف FAO به عنوان روشی برای تعیین درجه خشکسالی کشاورزی معرفی شده است (مقدسی، ۱۳۸۱).

۱-۵-۴ - خشکسالی اقتصادی - اجتماعی:

تعاریف اقتصادی - اجتماعی تلفیقی از عرضه و تقاضای برخی کالاهای اقتصادی با اجزای خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیکی و کشاورزی است. این مورد با سایر انواع پیش گفته، از آن جهت تفاوت دارد که وقوع آن بستگی به فرایندهای زمانی و مکانی عرضه و تقاضا برای تعریف یا تشخیص خشکسالی‌ها دارد. عرضه بسیاری از کالاهای اقتصادی مانند آب، علوفه، غلات، ماهی و نیروی برق آبی بستگی به وضعیت جو دارد. به دلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم، عرضه آب در برخی سال‌ها کافی است، ولی در سال‌های دیگر در حد تأمین نیازهای انسان در محیط زیست نیست.

خشکسالی اقتصادی - اجتماعی زمانی رخ می‌دهد که تقاضا برای یک کالای اقتصادی به دلیل نقصان عرضه آب حاصل از کمبود بارش نسبت به میزان عرضه فزونی می‌گیرد. به عنوان مثال در اروگوئه در سال ۱۹۸۸-۱۹۸۹ خشکسالی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در تولید نیروی برق آبی شد. بدین دلیل که نیروگاه‌های برقی به جای استفاده از ذخایر آب متکی به جریان‌های سطحی بودند. کاهش تولید برق آبی، دولت را واداشت تا اقدام به ورود سوخت گران‌تر از نفت