دانشکده‌علوم جغرافیا
گروه آب و هواشناسی
پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته آب و هواشناسی در برنامه ریزی محیطی

عنوان فارسی

# تحلیل و بررسی تأثیر خشکسالی بر خصوصیات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت مرند

استاد راهنما
**دکتر مجید رضایی بنفشه**

استاد مشاور
**دکتر عبدالرضا واعظی**

پژوهشگر
مجتبی فریدپور

شهریور۹۲

نام خانوادگی: فریدپور نام: مجتبی

عنوان: تحلیل و بررسی تأثیر خشکسالی بر خصوصیات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت مرند

اساتید راهنما: دکتر مجید رضایی بنفشه

استاد مشاور: دکتر عبدالرضا واعظی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: آب و هواشناسی در برنامه ریزی محیطی دانشگاه تبریز

دانشکده: جغرافیا تاریخ تحویل: تعداد صفحات:

کلید واژه‌ها: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی ژئوهیدرولوژیکی،شاخصSPI، شاخصSWI ، کیفیت آب‌های زیرزمینی، دیاگرام ویلکاکس، دشت مرند

**چکیده**

خشکسالی یکی از پدیده‌های جوی است که بخش‌های مختلف محیطی را در طول دوره حاکمیت تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از بخش‌های متأثر شده از شرایط بلند مدت خشکسالی، منابع آب زیرزمینی است که متأسفانه کمتر از سایر بخش‌ها مورد توجه قرار می-گیرد.منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دشت مرند با مختصات ۴۵ درجه و ۱۵ تا ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی و با مساحتی معادل ۵۱۷/۴۲ کیلو مترمربع بوده و یکی از دشت‌های وسیع در شمال غرب استان آذربایجان شرقی می‌باشد. در این پژوهش، دوره‌های متوالی خشکسالی هواشناسی و ژئوهیدرولوژیکی با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و SWI در ۶ بازه زمانی(۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه) در دشت مرند، بررسی و تأثیر وقوع آن‌ها در تغییر کیفیت شیمیایی و افت سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی بررسی شد. برای این منظور، از داده‌های هواشناسی(متوسط بارش ماهانه) ۷ ایستگاه باران سنجی در دوره آماری (۹۱-۱۳۵۹)، داده‌های مربوط به پارامترهای کیفیت ۷۰ حلقه چاه بهره‌برداری و داده‌های ماهانه سطح آب ۲۳ چاه پیزومتری در دوره آماری (۹۰-۱۳۸۰) استفاده شد. نقشه‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis و با روش کریجینگ تهیه و ترسیم شدند. نتایج بررسی مقادیر SPI با توجه مشخصات خشکسالی‌ها، نشان داد که خشکسالی هواشناسی از نظر مکانی دارای روند مشخصی نمی‌باشد در حالی که خشکسالی آب‌های زیرزمینی به طور تصادفی در منطقه رخ نداده و تمرکز آن در غرب آبخوان بیش از شرق آن بوده است. جهت بررسی اثرات خشکسالی بر افت سطح ایستابی، بهترین همبستگی بین آنها، ۰/۷۲۰- با تأخیر زمانی ۵ ماهه است که در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده که تأثیر پذیری منابع آب زیرزمینی را با یک تأخیر ۵ ماهه نمایان می‌سازد. همچنین نتایج بررسی داده‌های ماهانه سطح آب چاه‌های پیزومتری دشت مرند در دوره آماری (۹۰-۱۳۸۰) نشان داد که تراز آب زیرزمینی دشت دارای روند منفی بوده که با افت حدود ۳ متر مواجه بوده است. برای تعیین تیپ غالب آب زیرزمینی دشت مرند در خرداد ماه ۱۳۹۰ از نمودار پایپر استفاده شد که نتایج نشان داد که به طرف غرب آبخوان تیپ آب از نوع سدیم کلراید بوده که نشان دهنده ترکیب آب‌های شورمی‌باشد و به طرف شرق آبخوان از نوع کلسیم بیکربنات بوده که دلالت برنزدیکی به منطقه تغذیه دارد. همچنین نتایج بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه در خرداد ماه ۱۳۹۰با استفاده از دیاگرام شولر نشان داد که اکثر پارامترها دارای کیفیت خوب تا متوسط جهت مصارف شرب می‌باشند. از نظر کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نتایج بررسی بر اساس شاخص‌های قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم(SAR) و کلر(CL) نشان داد که از مرکز آبخوان به طرف خروجی از کیفیت آن‌ها کاسته شده، به طوری که در انتهای آبخوان به آب‌های خیلی شور تبدیل می‌گردند. این وضعیت در دوره‌هایی که برداشت از آبخوان افزایش یافته است بسیار تشدید شده است. بررسی مقادیر کیفیت آب برای مصارف کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس نشان داد که در خشکسالی ۹۰-۱۳۸۹ حدود ۴۴ درصد آب‌های زیرزمینی دشت مرند دارای کیفیت خیلی شور می‌باشند.

# فهرست مطالب


**فصل اول: کلیات** ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ بیان مسئله ۲

۱-۳ سؤالات تحقیق ۴

۱-۴ فرضیات تحقیق ۴

۱-۵ اهداف تحقیق ۴

**فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه تحقیق** ۵

۲-۱ مبانی نظری ۶

۲-۱-۱ مفاهیم و تعاریف خشکسالی ۶

۲-۱-۲ خشکی و خشکسالی ۶

۲-۱-۳ عوامل مؤثر در خشکی آب و هوا ۶

۲-۱-۴ حاکمیت شرایط خشکی در ایران ۷

۲-۲ جنبه های مختلف در زمینه خشکسالی ۸

۲-۲-۱ خشکسالی هواشناسی ۸

۲-۲-۲ خشکسالی کشاورزی ۹

۲-۲-۳ خشکسالی هیدرولوژیکی ۹

۲-۲-۴ خشکسالی اقتصادی اجتماعی ۱۰

۲-۳ آب زیرزمینی ۱۱

۲-۳-۱ ارتباط آب و هوا و آبهای زیرزمینی ۱۱

۲-۳-۲ خشکسالی و منابع آب زیرزمینی ۱۲

۲-۴ کیفیت آب ۱۲

۲-۴-۱ کاتیونها ۱۲

۲-۴-۲آنیونها ۱۳

۲-۴-۳ قابلیت هدایت الکتریکی(EC) ۱۳

۲-۵ پیشینه تحقیق ۱۴

۲-۵-۱ منابع خارجی ۱۴

۲-۵-۲ منابع داخلی ۱۶

۲-۶ جمع‌بندی ۲۰

**فصل سوم: منطقه مورد مطالعه** ۲۱
۳-۱ موقعیت جغرافیایی  مرند ۲۲
۳-۲ اوضاع طبیعی و مورفولوژی منطقه مرند ۲۳
۳-۳ زمین شناسی ۲۴
۳-۳-۱ تأثیر ساختمان زمین شناسی در تشکیل منابع آب ۲۴
۳-۳-۱-۱ تشکیلات کهر- باروت-پرمین: ۲۵
۳-۳-۱-۲ تشکیلات نئوژن و پلیوپلیستوسن: ۲۵
۳-۳-۱-۳ تشکیلات آبرفتی ۲۵
۳-۴ ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه ۲۶
۳-۴-۱ بارش ۲۶
۳-۴-۲ دما ۲۷
۳-۵ هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه ۲۷
۳-۵-۱ آب‌های زیرزمینی ۲۷
۳-۵-۲ آب‌های سطحی ۲۸
**فصل چهارم: مواد و روش‌ها** ۳۰
۴-۱ تهیه داده‌ها و اطلاعات ۳۱
۴-۲ انتخاب پایه مشترک زمانی ۳۱
۴-۳ بازسازی و تطویل آمار ۳۵
۴-۴ کنترل صحت و همگنی داده‌ها ۳۶
۴-۵ رژیم بارش منطقه ۳۶
۴-۶ فرایند تحلیل داده های آب و هواشناسی ۳۷
۴-۶-۱ اعمال روابط مربوط به شاخصSPI در ایستگاه‌های باران سنجی دشت مرند ۳۷
۴-۷ فرایند تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی ۳۹
۴-۸ استخراج مقادیر شدت خشکسالی و تر سالی در مقیاس‌های مختلف ۳۹
۴-۹ بررسی ویژگیهای خشکسالی از لحاظ شدت و فراوانی خشکسالی‌ها ۴۰
۴-۱۰ تهیه نقشه گستره خشکسالی‌های دشت مرند ۴۰
۴-۱۰-۱ درونیابی ۴۱
۴-۱۱ ارزیابی اثرات خشکسالی هواشناسی بر روی نوسان سطح ایستابی آب زیرزمینی ۴۱
۴-۱۲ ارزیابی اثرات نوسان سطح ایستابی بر کیفیت هیدروشیمیایی آب زیرزمینی ۴۱

۴-۱۲-۱ نمودارهای مثلثی ۴۲
۴-۱۲-۲ تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی دشت مرند به منظور مصارف شرب ۴۳
۴-۱۲-۳ تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی دشت مرند به منظور مصارف کشاورزی ۴۳
**فصل پنجم: یافته‌های تحقیق** ۴۶
۵-۱ میانگین ماهانه رژیم بارشی منطقه‌ای دشت مرند ۴۷
۵-۲ ویژگی‌های ایستگاهی خشکسالی‌های هواشناسی در مقیاس‌های زمانی مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴۷
۵-۳ ویژگی‌های خشکسالی آبهای زیرزمینی در مقیاس‌های زمانی مختلف ۵۴
۵-۴ گستره مشخصات خشکسالی‌های هواشناسی دشت مرند ۶۴
۵-۴-۱ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های هواشناسی دشت مرند ۶۴
۵-۴-۱-۱ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۶ ماهه ۶۴
۵-۴-۱-۲ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۹ ماهه ۶۴
۵-۴-۱-۳ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۲ ماهه ۶۴
۵-۴-۱-۴ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۸ ماهه ۶۴
۵-۴-۱-۵ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۲۴ ماهه ۶۴
۵-۴-۱-۶ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۴۸ ماهه ۶۵
۵-۴-۲ بررسی نقشه‌های گستره شدیدترین خشکسالی‌های هواشناسی دشت مرند ۶۵
۵-۴-۲-۱ گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۶ ماهه ۶۵
۵-۴-۲-۲ گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۹ ماهه ۶۵
۵-۴-۲-۳ گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۲ ماهه ۶۵
۵-۴-۲-۴ گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۸ ماهه ۶۶
۵-۴-۲-۵ گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۲۴ ماهه ۶۶
۵-۴-۲-۶ گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۴۸ ماهه ۶۶
۵-۵ گستره مشخصات خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی دشت مرند ۶۷
۵-۵-۱ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی دشت مرند ۶۷
۵-۵-۱-۱ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۶ ماهه ۶۷
۵-۵-۱-۲ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۹ ماهه ۶۷
۵-۵-۱-۳ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۱۲ ماهه ۶۷
۵-۵-۱-۴ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۱۸ ماهه ۶۷
۵-۵-۱-۵ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۲۴ ماهه ۶۸
۵-۵-۱-۶ بررسی نقشه‌های گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۴۸ ماهه ۶۸

۵-۵-۲ بررسی نقشه‌های گستره شدیدترین خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی دشت مرند ۶۸
۵-۵-۲-۱ گستره شدیدترین خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۶ ماهه ۶۸
۵-۵-۲-۲ گستره شدیدترین خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۹ ماهه ۶۹
۵-۵-۲-۳ گستره شدیدترین خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۱۲ ماهه ۶۹
۵-۵-۲-۴ گستره شدیدترین خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۱۸ ماهه ۶۹
۵-۵-۲-۵ گستره شدیدترین خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۲۴ ماهه ۶۹
۵-۵-۲-۶ گستره شدیدترین خشکسالی‌های آب‌های زیرزمینی در مقیاس ۴۸ ماهه ۶۹
۵-۶ ارزیابی اثرات خشکسالی هواشناسی روی تراز آب‌های زیرزمینی دشت مرند ۷۰
۵-۷ خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت مرند ۷۳
۵-۷-۱ تعیین تیپ آب زیرزمینی در منطقه با استفاده از روش پایپر در خرداد ماه ۱۳۹۰ ۷۳
۵-۷-۲ تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی دشت مرند به منظور مصارف شرب در خرداد ماه ۱۳۹۰ ۷۴
۵-۷-۳ تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت مرند به منظور مصارف کشاورزی در خرداد ماه ۱۳۹۰ ۷۶
۵-۸ ارزیابی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی بر اثر نوسان سطح ایستابی در دشت مرند ۷۸
۵-۸-۱ گستره مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ ۷۹
۵-۸-۲ گستره مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۸۰
۵-۸-۳ گستره مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ ۸۱
۵-۸-۴ گستره مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۸۳
۵-۸-۵ گستره مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ ۸۴
۵-۸-۶ گستره مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۸۵
۵-۹ ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس ۸۷
۵-۹-۱ گستره کیفیت آب زیرزمینی از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس در خرداد ماه سالهای ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ ۸۷
۵-۹-۲گستره کیفیت آب زیرزمینی از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۸۸
**فصل ششم: نتیجه‌گیری و پاسخ به فرضیات** ۹۰
۶-۱ مقدمه ۹۱
۶-۲ بحث و نتیجه‌گیری ۹۱
۶-۳ پاسخ به فرضیات **Error! Bookmark not defined.**
۶-۴ پیشنهادات ۹۵

# فهرست جداول


جدول ۴-۱: مشخصات عمومی ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده برای بررسی خشکسالی دشت مرند ۳۲

جدول ۴-۲: مشخصات چاه‌های پیزومتری انتخاب شده برای بررسی خشکسالی در دشت مرند ۳۳

جدول ۴-۳: مشخصات چاه‌های بهره‌برداری انتخاب شده برای بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت مرند ۳۴

جدول ۴-۴: مقدار عددی SPI و شدت خشکسالی ۳۸

جدول ۴-۵: طبقه بندی شاخص خشکسالی به روش SWI ۳۹

جدول ۴-۶: کیفیت و کلاس آب بر اساس طبقه بندی ویلکاکس ۴۴

جدول ۴-۷: رهنمودهای تفسیر کیفیت آب آبیاری، ارائه شده توسط مشاوران دانشگاه کالیفرنیا ۴۵

جدول ۵-۱: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی‌های دشت مرند در مقیاس ۶ ماهه ۵۱

جدول ۵-۲: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی‌های دشت مرند در مقیاس ۹ماهه ۵۲

جدول ۵-۳: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی‌های دشت مرند در مقیاس ۱۲ماهه ۵۲

جدول ۵-۴: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی‌های دشت مرند در مقیاس ۱۸ماهه ۵۳

جدول ۵-۵: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی‌های دشت مرند در مقیاس ۲۴ماهه ۵۳

جدول ۵-۶: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی‌های دشت مرند در مقیاس ۴۸ماهه ۵۴

جدول ۵-۷: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی آب‌های دشت مرند در مقیاس ۶ ماهه ۵۸

جدول ۵-۸: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی آب‌های دشت مرند در مقیاس ۹ماهه ۵۹

جدول ۵-۹: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی آب‌های دشت مرند در مقیاس ۱۲ماهه ۶۰

جدول ۵-۱۰: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی آب‌های دشت مرند در مقیاس ۱۸ماهه ۶۱

جدول ۵-۱۱: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی آب‌های دشت مرند در مقیاس ۲۴ماهه ۶۲

جدول ۵-۱۲: شدیدترین مقدار مشاهده شده و فراوانی نسبی خشکسالی آب‌های دشت مرند در مقیاس ۴۸ماهه ۶۳

جدول ۵-۱۳: ضرایب همبستگی بین بارش‌های ماهانه و سطح آب زیرزمینی ۷۳

جدول ۵-۱۴: درصد پارامترهای کیفی برای مصارف شرب طبق طبقه بندی شولر در خرداد ماه ۱۳۹۰ در کل محدوده ۷۶

جدول ۵-۱۵: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده در خرداد ماه ۱۳۹۰ ۷۷

جدول ۵-۱۶: مساحت و درصد مربوط به مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ ۸۰

جدول ۵-۱۷: مساحت و درصد مربوط به مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۸۱

جدول ۵-۱۸: مساحت و درصد مربوط به مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۲ و۱۳۸۳ ۸۲

جدول ۵-۱۹: مساحت و درصد مربوط به مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۹ و۱۳۹۰ ۸۳

جدول ۵-۲۰: مساحت و درصد مربوط به مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ ۸۵

جدول ۵-۲۱: مساحت و درصد مربوط به مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۸۶

جدول ۵-۲۲: مساحت و درصد مربوط به کیفیت آب از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۲و۱۳۸۳ ۸۷

جدول ۵-۲۳: مساحت و درصد مربوط به کیفیت آب از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس در خرداد ماه سال‌های ۱۳۸۹و۱۳۹۰ ۸۸

# فهرست اشکال


شکل ۳-۱: منطقه مورد مطالعه ..... ۲۳
شکل ۳-۲: نقشه زمین شناسی مرند ..... ۲۵
شکل ۳-۳: پراکنش آبراهه‌های زیر حوضه مرند ..... ۲۹
شکل ۴-۱: نقشه چاه‌های بهره‌برداری منتخب ..... ۳۵
شکل ۴-۲: نقشه چاه‌های پیزومتری منتخب ..... ۳۵
شکل ۴-۳: منطقه تحت تأثیر هر ایستگاه به روش پلیگون تیسن ..... ۳۷
شکل ۴-۴: نمودار تقسیم بندی پایپر برای آنیونها و کاتینهای اصلی بر اساس درصد یونهای اصلی ..... ۴۲
شکل ۴-۵: دیاگرام ویلکاکس جهت تعیین کیفیت آب آبیاری ..... ۴۴
شکل ۵-۱: میانگین ماهانه رژیم بارشی منطقه‌ای دشت مرند ..... ۴۷
شکل ۵-۲: وضعیت خشکسالی‌ها و تر سالی‌های ایستگاه کشکسرای در مقیاس‌های زمانی مختلف ..... ۴۸
شکل ۵-۳: وضعیت خشکسالی‌ها و تر سالی‌های چاه پیزومتری قره قوم در مقیاس‌های زمانی مختلف ..... ۵۵
شکل ۵-۴: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۶ ماه ..... ۶۴
شکل ۵-۵: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۹ ماه ..... ۶۴
شکل ۵-۶: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۲ ماه ..... ۶۴
شکل ۵-۷: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۸ ماه ..... ۶۴
شکل ۵-۸: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۲۴ ماه ..... ۶۵
شکل ۵-۹: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۴۸ ماه ..... ۶۵
شکل ۵-۱۰: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۶ ماه ..... ۶۵
شکل ۵-۱۱: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۹ ماه ..... ۶۵
شکل ۵-۱۲: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۲ ماه ..... ۶۶
شکل ۵-۱۳: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۸ ماه ..... ۶۶
شکل ۵-۱۴: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۲۴ ماه ..... ۶۶
شکل ۵-۱۵: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۴۸ ماه ..... ۶۷
شکل ۵-۱۶: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۶ ماه ..... ۶۷
شکل ۵-۱۷: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۹ ماه ..... ۶۷
شکل ۵-۱۸: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۲ ماه ..... ۶۷
شکل ۵-۱۹: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۸ ماه ..... ۶۸
شکل ۵-۲۰: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۲۴ ماه ..... ۶۸
شکل ۵-۲۱: گستره فراوانی نسبی خشکسالی‌ها در مقیاس ۴۸ ماه ..... ۶۸
شکل ۵-۲۲: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۶ ماه ..... ۶۸
شکل ۵-۲۳: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۹ ماه ..... ۶۹
شکل ۵-۲۴: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۲ ماه ..... ۶۹

شکل ۵-۲۵: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۱۸ ماه ..... ۶۹
شکل ۵-۲۶: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۲۴ ماه ..... ۶۹
شکل ۵-۲۷: گستره شدیدترین خشکسالی‌ها در مقیاس ۴۸ ماه ..... ۶۹
شکل ۵-۲۸: نتایج پهنه بندی SPI وSWI سالانه ..... ۷۰
شکل ۵-۲۹: نمودار مقایسه مقادیر سالانه SPI و SWI ..... ۷۱
شکل ۵-۳۰: هیدروگراف سالانه آب زیرزمینی دشت مرند (سال‌های ۹۰-۱۳۸۰) ..... ۷۲
شکل ۵-۳۱: نمودار پایپر چاه‌های بهره‌برداری شماره ۱ تا ۳۵ آبخوان دشت مرند ..... ۷۳
شکل ۵-۳۲: نمودار پایپر چاه‌های بهره‌برداری شماره ۳۶ تا ۷۰ آبخوان دشت مرند ..... ۷۴
شکل ۵-۳۳: دیاگرام شولر برای نمونه های منتخب در غرب آبخوان در خرداد ماه ۱۳۹۰ ..... ۷۵
شکل ۵-۳۴: دیاگرام شولر برای نمونه های منتخب در شرق آبخوان در خرداد ماه ۱۳۹۰ ..... ۷۵
شکل ۵-۳۵: دیاگرام ویلکاکس مربوط به خرداد ماه ۱۳۹۰ ..... ۷۷
شکل ۵-۳۶: گستره مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سال ۱۳۸۲ ..... ۸۰
شکل ۵-۳۷: گستره مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سال ۱۳۸۳ ..... ۷۹
شکل ۵-۳۸: گستره مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سال ۱۳۸۹ ..... ۸۰
شکل ۵-۳۹: گستره مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در خرداد ماه سال ۱۳۹۰ ..... ۸۱
شکل ۵-۴۰: گستره مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال ۱۳۸۲ ..... ۸۲
شکل ۵-۴۱: گستره مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال۱۳۸۳ ..... ۸۲
شکل ۵-۴۲: گستره مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال ۱۳۸۹ ..... ۸۳
شکل ۵-۴۳: گستره مقادیر هدایت الکتریکی (EC) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال ۱۳۹۰ ..... ۸۳
شکل ۵-۴۴: گستره مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال ۱۳۸۲ ..... ۸۴
شکل ۵-۴۵: گستره مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال ۱۳۸۳ ..... ۸۴
شکل ۵-۴۶: گستره مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال ۱۳۸۹ ..... ۸۵
شکل ۵-۴۷: گستره مقادیر کلر (CL) از نظر کشاورزی در خرداد ماه سال ۱۳۹۰ ..... ۸۶
شکل ۵-۴۸: کیفیت آب زیرزمینی از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس د در خرداد ماه سال ۱۳۸۲ ..... ۸۷
شکل ۵-۴۹: کیفیت آب زیرزمینی از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس در خرداد ماه سال ۱۳۸۳ ..... ۸۷
شکل ۵-۵۰: کیفیت آب زیرزمینی از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس در خرداد ماه سال ۱۳۸۹ ..... ۸۸
شکل ۵-۵۱: کیفیت آب زیرزمینی از نظر کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس در خرداد ماه سال ۱۳۹۰ ..... ۸۸

# فصل اول

# کلیات

## ۱-۱ مقدمه

خشکسالی به عنوان یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی بوده که با وقوع تدریجی، آرام و خزنده‌اش بر ابعاد مختلف زندگی بشر تأثیر می‌گذارد. این پدیده به عنوان پدیده ناگوار آب و هوایی به طور مستقیم جوامع را از طریق تغییرات در دسترسی به منابع آب تحت تأثیر قرار می‌دهد. خشکسالی هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی زیادی را به همراه داشته و خساراتی که به آن نسبت داده می‌شود به صورت غیر منتظره‌ای رو به افزایش است. انسان با تمام پیشرفت‌های علمی و فنی هنوز نتوانسته زمان و محل وقوع خشکسالی‌های شدید را به طور دقیق مشخص نماید(قبادیان، ۱۳۶۹).

خشکسالی یک رخداد طبیعی است که به صورت مکرر یا متناوب اتفاق می‌افتد و تقریباً در هر نوع آب‌وهوایی وقوع آن محتمل می‌باشد. خشکسالی نتیجه کاهش طبیعی مقدار بارشی است که به طور متوسط در یک دوره معین، مثلاً یک فصل، سال و یا دوره طولانی‌تر می‌بارد (بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴). در دهه‌های اخیر در میان حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده‌اند، تعداد و فراوانی پدیده‌های خشکسالی بیش از سایر حوادث بوده است. همچنین تمایز این پدیده با سایر بلایای طبیعی در این است که بر خلاف سایر بلایا این پدیده به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل می‌کند و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی ظاهر شود. بنابراین چون تعیین دقیق زمان شروع آن کار مشکلی است، این پدیده را یک پدیده خزنده می‌دانند (Kogan, ۲۰۰۰). از سویی چون خشکسالی بر خلاف سایر بلایای طبیعی کمتر منجر به خسارات ساختاری می‌شود، کمک رسانی در هنگام وقوع این پدیده در مقایسه با سایر پدیده‌ها مانند سیل، پیچیده‌تر و مشکل‌تر می‌باشد (Peters, ۲۰۰۳). خشکسالی یک پدیده معمول آب‌وهوایی می‌باشد. در جهان خسارات ناشی از خشکسالی در تولید محصول کشاورزی متناوب و به طور متوسط حدود ۶ میلیارد دلار در سال است. در سال‌های خشکسالی شدید مانند سال ۱۹۸۸ تلفات ممکن است ۵ تا ۸ برابر افزایش یابد (Kogan, ۲۰۰۳). خشکسالی اثر نامطلوبی بر شرایط اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی و زیست محیطی دارد. خشکسالی کشاورزی نمایانگر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی می‌باشد (Bhuiyan,۲۰۰۸).

## ۱-۲ بیان مسئله

خشکسالی یکی از بلایای طبیعی است که به دلیل تأثیر قابل ملاحظه ای که بر روی بخش کشاورزی و اقتصادی دارد، زندگی جمع قابل ملاحظه ای از ساکنان منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پدیده بر خلاف مخاطرات مانند زلزله یا سیل، به ظاهر تعداد تلفات محدودی دارد ولی معمولاً مناطق وسیع‌تری را در بر می‌گیرد و مدت زمان وقوع آن نیز طولانی‌تر است (Mishra,۲۰۱۰).

به علت تعدد عوامل مؤثر در خشکسالی، تعریف آن کار چندان ساده ای نمی‌باشد (جوانمرد و همکاران، ۱۳۸۳). در دهه های اخیر در میان حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده‌اند، تعداد و فراوانی پدیده های خشکسالی بیش از سایر حوادث بوده است. هر خشکسالی دارای چهار خصوصیت عمده می‌باشد که عبارتند از: دوره تداوم، شدت، فراوانی و گستره. این خصوصیات در هر مطالعه خشکسالی مورد بررسی قرار می‌گیرند. همچنین تمایز این پدیده با سایر بلایای طبیعی در این است که بر

خلاف سایر بلایا این پدیده به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل کرده و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر بلایای طبیعی ظاهر شود. بنابراین چون تعیین دقیق زمان شروع آن کار مشکلی است تا حدودی آن را یک پدیده خزنده می‌نامند (Kogan,۲۰۰۰). ایران بر روی کمربند خشکی جهان قرار دارد و با بارندگی معادل یک سوم متوسط جهانی، کشوری خشک است و به این خاطر، خشکی جزء صفات ذاتی آن محسوب می‌شود. روند بارندگی در ایران حاکی از آن است که این کشور به سوی خشکی پیش می‌رود و می‌بایست برنامه ریزی‌ها و تدابیر در مدیریت منابع آب بر این اساس پی ریزی شود. نتایج مطالعه و بررسی بلند مدت بارندگی و درجه حرارت نشان می‌دهد که در مجموع، ۶۵ درصد اراضی کشور در گستره آب و هوای‌های خشک و فرا خشک قرار دارند. از طرف دیگر در مناطق مختلف ایران، خشکسالی شدید اتفاق افتاده به طوری که نمودار بارندگی ۳۲ ساله در ایران نمایانگر آن است که کشورمان در خلال این دوره، با ۶ بار خشکسالی مواجه بوده و علاوه بر این، ۱۷ بار نیز میزان بارندگی از حد متوسط کمتر بوده است و ۵ بار نیز تا آستانه خشکسالی پیش رفته است (نعیمی و احقاقی، ۱۳۸۱)؛ لذا به روایت آمار می‌توان گفت کشور ایران در هر دوره ۱۰ ساله دو بار با خشکسالی مواجه می‌شود که نمونه آن خشکسالی‌های سال‌های آبی ۱۳۵۰-۱۳۴۹، ۱۳۵۲-۱۳۵۱، ۱۳۶۳-۱۳۶۲، ۱۳۷۸-۱۳۷۷، ۱۳۸۰-۱۳۷۹، ۱۳۸۷-۱۳۸۶ می‌باشد. به عنوان نمونه در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۰، متوسط بارندگی سالیانه کشور به ترتیب ۷۲، ۶۲ و ۸۰ درصد پایین‌تر از متوسط سی سال بوده است که ملموس‌ترین خسارت ناشی از این خشکسالی در منطقه سیستان رخ داده است (درویشی و همکاران، ۱۳۸۷).

با توجه به وضعیت طبیعی حاکم بر روی ایران و اهمیت موضوع خشکسالی و تأثیر این پدیده در جنبه های مختلف اعم از منابع آب و سفره آب‌های زیرزمینی و به دنبال آن کاهش کیفیت آب، لزوم شناخت، پیشگیری و راه‌های مقابله با آن اهمیت و اولویت خاصی پیدا می‌کند و برخورد عاجل را در این رابطه می‌طلبد.

استان آذربایجان شرقی یکی از استان‌های بزرگ و استراتژیک کشور می‌باشد. این استان دارای اراضی کشاورزی پهناور است که آب مورد نیاز آن‌ها به وسیله روان آب‌های سطحی یا از طریق ریزش‌های جوی فراهم می‌شود. دشت مرند با وسعتی حدود ۵۱۷/۴۲ یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان آذربایجان شرقی می‌باشد که از نظر وسعت بعد از دشت‌های تبریز (۶۵۷ کیلومتر مربع) و دشت سراب (۵۷۳ کیلومتر مربع)، سومین دشت استان محسوب می‌شود که آب مورد نیاز اراضی کشاورزی و بخش قابل توجهی از آب شرب شهر مرند و روستاهای اطراف را تأمین می‌کند. بنابراین شناخت خشکسالی‌های این دشت به منظور مدیریت بهینه منابع آب و انجام طرح‌های مختلف در منطقه، از اهمیت بالایی برخوردار است؛ لذا با توجه به اهمیت این مسئله در این تحقیق به بررسی دوره های خشکسالی و تأثیر این پدیده بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت مرند پرداخته شده است.

### ۱-۳ سؤالات تحقیق

۱- آیا خشکسالی هواشناسی و ژئوهیدرولوژیک محتمل در منطقه مورد مطالعه از روند خاصی پیروی می‌کند؟
۲- تأخیر زمانی بین وقوع خشکسالی‌ها و تر سالی‌ها و پاسخ آبخوان به آن‌ها چه مدت است؟
۳- ارتباط بین تغییرات کیفیت و تغییرات سطح آب چگونه است؟

### ۱-۴ فرضیات تحقیق

۱- سطح آب زیرزمینی در دشت مرند رو به کاهش می‌باشد.
۲- بین رخداد دوره های خشکسالی و تر سالی و پاسخ آبخوان یک تأخیر زمانی وجود دارد.
۳- خشکسالی ژئوهیدرولوژیکی باعث تغییر کیفیت آب شده است.

### ۱-۵ اهداف تحقیق

۱- پهنه بندی مناطق مستعد خشکسالی ژئوهیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه.
۲- شناسایی دوره های خشکسالی دشت مرند از دیدگاه آب و هواشناسی.
۳- مقایسه دوره های خشکسالی آب وهوایی و ژئوهیدرولوژیکی و تعیین اختلاف بازه زمانی بین آن‌ها.
۴- بررسی تأثیر دوره های خشکسالی و تر سالی ژئوهیدرولوژیکی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه.

# فصل دوم:

# مبانی نظری و

# پیشینه تحقیق

## ۲-۱ مبانی نظری

### ۲-۱-۱ مفاهیم و تعاریف خشکسالی

به دلیل متغیر های مختلفی که چه به صورت مستقیم و چه غیر مستقیم در خشکسالی دخالت دارند، تعریف این واژه مشکل است و به همین جهت تعریف جامع و قابل قبول برای همه محققین هنوز عنوان نشده است(فرج زاده،۱۳۸۴). به نقل از«داور پناه» (۱۳۸۰)، بیش از ۱۵۰ تعریف از خشکسالی در مناطق مختلف وجود دارد که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود:

- 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 به این طریق فعالیت‌های انسانی و حیات طبیعی گیاهی و جانوری را بر هم زند.
- خشکسالی: دوره ای که در آن بارش نسبت به میانگین دراز مدت آن کمتر باشد.
- خشکسالی یک رویداد یا واقعه آب و هوایی است که خصوصیات آن بستگی به مدت و استمرار و شدت وسعت منطقه تحت تأثیر و تسلط آن دارد که می‌تواند کوتاه و کمتر از میان یا طویل‌المدت، شدید و کشنده باشد.
- یکی از جامع‌ترین تعریف‌ها تعریفی است که پالمر در مورد خشکسالی نموده است، بر اساس این تعریف، خشکسالی عبارت از کاهش رطوبت به طور مستمر و غیر طبیعی می‌باشد.در این تعریف واژه مستمر به استمرار حالت کمبود آب و واژه غیر طبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی با میانگین اطلاق می‌شود.

### ۲-۱-۲ خشکی و خشکسالی

خشکی (Aridity) متفاوت از پدیده خشکسالی (Drought) است. خشکی ویژگی ذاتی و دائمی از شرایط آب و هوایی است که کمبود رطوبت مهم‌ترین ویژگی آن می‌باشد و خشکسالی ویژگی موقتی هواشناسی یک منطقه است. خشکی عدم کفایت بارش در حد لازم برای رشد حیات در آن منطقه در حالی که خشکسالی به دوره ای گفته می‌شود که نزولات کمتر از ۷۵ درصد میزان میانگین بلند مدت است یا کاهش غیر منتظره بارش در مدتی معین در منطقه ای که لزوماً خشک نیست، آن قدر است که روند عادی رشد را در منطقه مختل می‌کند. بنابراین خشکسالی ویژگی دائمی یک منطقه نیست و در هر رژیم آب و هوایی حتی مناطق مرطوب نیز می‌تواند اتفاق بیافتد(جوانمرد و همکاران، ۱۳۷۹).

### ۲-۱-۳ عوامل مؤثر در خشکی آب و هوا

وضعیت هوا در روی سیاره مین بیشتر نتیجه دو عامل است: خورشید و گردش کره زمین. تابیدن نا مساوی خورشید به مناطق مختلف سطح زمین و گردش سیاره زمین این عوامل را به وجود می‌آورد که در خشکی آب و هوا و مناطق خشک مؤثرند برخی از این عوامل عبارتند از:

۱- گرم شدن زیاد بعضی از نقاط کره زمین.

۲- جریان‌های هوایی و ایجاد مراکز پرفشار و بادهای آلیزه: قابل ذکر است که تنها دریافت آفتاب بیشتر نمی‌تواند عامل خشکی آب و هوای یک منطقه باشد. مثل استوا که شرایط در این منطقه به گونه ای است که علاوه بر دریافت آفتاب زیاد بیش از هر نقطه دیگر کره زمین هم بارندگی دارد (منطقه تحت فشار کم) بنابراین عامل دیگر ضمن گرما (آفتاب زیاد) در بروز خشکی آب و هوا یا پیدایش مناطق خشک در عرض‌های جغرافیایی پایین مؤثر می‌باشد که این عامل فشار زیاد مجاور حاره ای است. مناطق تحت تأثیر این مراکز فشار زیاد به صورت نواری که نوار یا کمربند خشک و بیابانی نامیده می‌شود، در نیمکره شمالی گستره بین عرض‌های جغرافیایی ۴۵-۱۵ درجه و در نیمکره جنوبی بین عرض‌های ۳۵-۲۰ درجه را شامل می‌شود.

۳- جریان‌های سرد ساحلی اقیانوس‌ها: این جریان‌ها به هنگام عبور از سواحل هوای گرم و مرطوبی که از سطح اقیانوس‌ها قصد عبور از روی جریان‌های سرد به سمت خشکی را دارد رطوبت آن را گرفته و به صورت مه در می‌آورد و هوای خشک به وجود آمده از این طریق موجب خشکی هوا و پیدایش ناحیه خشک یا بیابانی در سرزمین تحت تأثیر خود می‌گردد.

۴- رشته کوه‌ها و یا فلات‌های مرتفع: ابر های حاوی رطوبت ضمن بالا رفتن از کوه یا فلات سرد شده رطوبت خود را به صورت بارش از دست داده و تبدیل به هوای خشک شده و صعود کرده و در آن سوی دیگر کوه یا فلات پایین می‌رود در نتیجه پشت رشته کوه یا فلات دمای هوا بالا رفته و رطوبت کاهش می‌یابد و به این طریق امکان بارندگی در پشت آن رشته کوه یا فلات خیلی کم می‌شود.

۵- دور بودن از تأثیر دریاها و نیز آشوب‌های هوایی(باد های آلیزه): منشأ بادهای آلیزه تقریباً همان منطقه فشار زیاد مجاور حاره ای است که از عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۳۵ درجه شمالی به پایین را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.از ویژگی‌های بادهای آلیزه خشک بودن آن‌ها به خصوص در روی خشکی‌های کره زمین است. به هنگام وزیدن این باد ابتدا دمای آن افزایش یافته ولی رطوبت نسبی آن همان طور کم باقی می‌ماند در چنین شرایطی آسمان آن منطقه صاف و هوا گرم در نتیجه بارندگی کم می‌باشد (رسولی،۱۳۸۶).

### ۲-۱-۴ حاکمیت شرایط خشکی در ایران

ایران در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی در نوار خشک یا بیابانی کره زمین قرار دارد و مهم‌ترین عامل مؤثر در خشکی آب و هوای کشور ما فشار زیاد مجاور حاره ای و بعد از آن بادهای آلیزه می‌باشد که نواحی پایین‌تر از عرض‌های ۳۰ تا ۳۵ درجه شمالی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در ایران در طول دوره زمین ساختی دو پدیده باعث شده که اثر زیاد مجاور حاره ای به میزان زیاد از بین رفته و دارای تیپ‌های مختلف آب و هوا شده است: ۱- اشتقاق دریاها و منابع رطوبتی در جنوب ۲- چین خوردگی و کوهستانی شدن. با این وجود بر قسمت اعظم کشور شرایط خشکی حاکم است. از این رو جزء مناطق خشک جهان به شمار می‌رود که می‌توان مناطق خشک را به چهار ناحیه ۱- نیمه خشک ۲- خشک ۳- نیمه بیابان ۴- بیابان تقسیم کرد (رسولی،۱۳۸۶).

## ۲-۲ جنبه های مختلف در زمینه خشکسالی

خشکسالی یکی از مزمن‌ترین و زیان‌بارترین بلایای طبیعی خزنده است که انسان‌ها از دیر باز با آن آشنا بوده و اثرات قابل توجه آن را بر اقتصاد، کشاورزی، محیط زیست و جنبه های اجتماعی تجربه کرده‌اند. از این رو می‌توان گفت که در بین بلایای طبیعی متعدد تهدید کننده انسان و محیط زیست، خشکسالی هم از نظر فراوانی وقوع و هم از نظر میزان خسارت در رتبه اول قرار داشته تا جایی که عمده تلاش‌های کشورها و سازمان‌های تحت مدیریت سازمان ملل، برای رفع کمبودهای غذایی جوامع با خشکسالی صرف می‌گردد(صمدی بروجنی و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به ابعاد چندگانه و وسیع خشکسالی، به برخی از انواع مختلف خشکسالی در ذیل پرداخته می‌شود.

### ۲-۲-۱ خشکسالی هواشناسی

خشکسالی هواشناسی (یا آب و هواشناسی) که شایع‌ترین نوع خشکسالی‌ها را تشکیل می‌دهد، منحصراً بر اساس درجه خشکی (اغلب در مقایسه با مقادیر نرمال یا میانگین) و مدت زمان دوره خشکی بیان می‌شود و به حالتی از خشکی اطلاق می‌گردد که در آن کمبود بارش را به دنبال دارد. بنابراین شدت و مدت زمان، از خصوصیات کلیدی این تعاریف به شمار می‌آیند. در تعریف خشکسالی هواشناسی باید ویژگی‌های یک منطقه را بیان کرد چرا که شرایط جوی که در نتیجه تغییرات بارندگی ایجاد می‌شود به رژیم آب و هوایی منطقه بستگی دارد. به عنوان مثال، برخی خشکسالی هواشناسی را بر اساس تعداد روزهایی تعیین می‌کنند که در آن میزان بارندگی کم‌تر از یک آستانه معینی باشد و حال آن که در بعضی تعاریف دیگر، مقدار کاهش بارندگی در یک دوره زمانی مشخص اساس تعریف را تشکیل می‌دهد. چنین تعریفی در مناطقی که توزیع بارندگی به صورت فصلی می‌باشد و وجود دوره‌های زمانی بدون بارش معمول است، صدق نمی‌کند. بیشتر تعاریف خشکسالی هواشناسی بر اساس میزان انحراف بارندگی واقعی از میانگین ماهانه، فصلی، سال آبی یا مقیاس زمانی سالانه بیان می‌شود. خشکسالی هواشناسی اغلب در اثر کمبود بارش زمستانی در عرض‌های میانی به وجود می‌آید. یکی از جنبه‌های کلیدی تمامی تعاریف خشکسالی این است که هنگام وقوع آن در یک دوره زمانی، میزان بارش به کم‌تر از حد نرمال آن می‌رسد. بنابراین خشکسالی در مناطق کویری که اغلب هیچ بارانی در آن نمی‌بارد، معنی ندارد (بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴). برخی از تعاریفی که نشان دهنده شرایط رخداد خشکسالی هواشناسی در کشورهای مختلف می‌باشد در ذیل ارائه می‌شود:

۱- در ایالت متحده آمریکا (سال ۱۹۴۲): بارش کمتر از ۲/۵ میلی متر در ۴۸ ساعت
۲- در انگلستان(سال ۱۹۳۶): پانزده روز متوالی با مجموع بارش کمتر از ۲۵ میلی متر
۳- در کشور لیبی(سال ۱۹۶۴): بارش سالانه کمتر از ۱۸۰ میلی متر
۴- در کشور هند(سال ۱۹۶۰): کاهش بارش فصل واقعی (مونسون) بیش از دو برابر متوسط انحراف
۵- در بالی(اندونزی) (سال ۱۹۶۴): یک دوره ۶ روزه بدون بارش

بعلاوه اهمیت دیدگاه هواشناسی در این است که انـدازه گیـری‌هـای هواشناسـی اولـین نشـانه بـروز خشکسالی می‌باشد. شاخص‌های مختلفی نیز برای ارزیابی و پایش خشکسالی هواشناسـی ارائـه شـده کـه از جمله آن‌ها می‌توان به شاخص درصد نرمال (PN)، شاخص استاندارد بارش (SPI)، شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI)، شاخص دهک‌ها (Decile) و روش‌های تحلیل سـینوپتیکی اشـاره کـرد (صـمدی بروجنـی و همکاران، ۱۳۸۹).

### ۲-۲-۲ خشکسالی کشاورزی

خشکسالی کشاورزی احتمالاً یکی از مهم‌ترین جنبه های خشکسالی به شمار می‌آید چرا کـه در ایـن جنبه، مسئله خشکسالی بسیار تخصصی‌تر و پیچیده تر می‌گردد. پارامتر مهمی که در این نوع از خشکسالی به طور عموم مورد تأکیـد و بررسـی اسـت میـزان رطوبـت موجـود در خـاک مـی‌باشـد (فـرج زاده،۱۳۸۴) خشکسالی کشاورزی، خصوصیات متفاوت خشکسالی هواشناسی را همراه با اثرات آن بر بخش‌های کشاورزی مورد بررسی قرار می‌دهد که در آن بیشتر به کاهش بارندگی، اختلاف بین تبخیر و تعـرق پتانسـیل واقعـی، کمبود رطوبت خاک و سایر موارد توجه می‌شود. به عبارت دیگـر خشکسـالی کشـاورزی بـه جنبـه‌هـایی از خشکی مربوط می‌شود که محصولات کشاورزی یا جنگل‌ها، به ویژه خشک شدن خاک‌ها را تحت تأثیر قـرار می‌دهد. نیاز گیاه به آب و عوامل مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی، خصوصیات بیولوژیکی گیاه، مراحـل رشد و خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک بستگی دارد. شدت اثـرات خشکسـالی کشـاورزی بسـتگی بـه خصوصیات محصول دارد. زیرا حساسیت آب و هوایی در مراحل مختلف زیستی بین گیاهان متفـاوت اسـت. همچنین زمان کاشت و دوره رشد در محصولات و مکان‌های مختلف متفاوت مـی‌باشـد. بنـابراین یـک دوره خشک بسیار گرم در صورتی که مصادف با مراحل رشد گیاه باشد ممکن است بر یـک گیـاه تـأثیر چنـدانی نداشته باشد ولی در یک گیاه دیگر بحران ایجاد کند. برنامه‌ریزان کشاورزی اغلب برای مقابله با خطر ناشـی از خشکسالی‌های شدید، مبادرت به تغییر در نوع محصول، نژاد، تاریخ کشـت و عملیـات شـخم مـی‌نماینـد. کشاورزی معمولاً اولین بخش اقتصادی است که در معرض آسیب‌های حاصل از خشکسالی قـرار مـی‌گیـرد، زیرا ذخیره رطوبت خاک به سرعت کاهش می‌یابد. مخصوصاً چنانچـه ایـن دوره کـاهش رطوبـت همـراه بـا گرمای شدید و وزش باد باشد. زمان بارش در طی فصل رویش گیاهان میزان صدمات را تعیین می‌کند. اگـر بارش موثر به موقع (هم‌زمان با مرحله زیستی تعیین شده گیاه) اتفاق بیفتد ممکـن اسـت میـزان برداشـت محصول یا محصولات علوفه ای طی خشکسالی در حد نرمال و یا بیش از حد نرمال باشـد (بـداق جمـالی و همکاران، ۱۳۸۴).

### ۲-۲-۳ خشکسالی هیدرولوژیکی

خشکسالی هیدرولوژیکی بیشتر مربوط به تأثیر دوره‌های کمبود بارنـدگی در ذخـایر آب سـطحی یـا زیرزمینی (جریانات رودخانه‌ای، سطوح آب دریاچه‌ها و مخازن و آب‌های زیرزمینـی) مـی‌باشـد. خشکسـالی هواشناسی در نتیجه کمبود بارش و خشکسالی کشاورزی عمدتاً در نتیجه کمبود رطوبـت خـاک بـه وجـود می‌آیند. فراوانی و شدت خشکسالی هیدرولوژیکی اغلب در مقیاس حوضه رودخانه‌ای تعریف مـی‌شـود. اگـر جریانات دائمی برای یک دوره زمانی معین به پایین‌تـر از حـد آسـتانه معینـی کـاهش یابـد، در آن صـورت

می‌توان گفت که خشکسالی هیدرولوژیکی در حال شکل‌گیری می‌باشد. در عین حال در تعریف دوره خشکسالی هیدرولوژیکی تعداد روزها و میزان سطح احتمال تا حدودی قراردادی است. این معیارها بین مسیل‌ها و جریانات حوضه ای متفاوت می‌باشد. اثرات خشکسالی هیدرولوژیکی در بالادست رودخانه می‌تواند جریانات پایین دست را متأثر سازد، مثلاً ممکن است در اثر تقلیل جریان رودخانه‌ای سطح مخازن و آب زیرزمینی پایین‌دست کاهش یابد بدون اینکه در این قسمت حوضه خشکسالی هواشناسی وجود داشته باشد. این افت سطح آب مخازن و آب‌های زیرزمینی در پایین‌دست حوضه ممکن است اثرات شدیدی در مجموعه ذخایر آب، تولید انرژی هیدرو الکتریکی، تفریحات، حمل و نقل و بخش‌های کشاورزی داشته باشد (بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴). معمولاً وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی دوره مشخصی نداشته و نسبت به خشکسالی هواشناسی و کشاورزی با تأخیر انجام می‌شود. نکته مهم این است که در رژیم‌های عادی رودها و سفره های زیرزمینی پایین‌ترین سطح قابل قبول به عنوان جریان دائمی وجود دارد که در هنگام بروز خشکسالی هیدرولوژی میزان آب در پایین‌تر از آن قرار می‌گیرد (خوش اخلاق، ۱۳۷۷).

### ۲-۲-۴ خشکسالی اقتصادی اجتماعی

خشکسالی اقتصادی - اجتماعی به عرضه و تقاضای سود مربوط به مؤلفه‌های خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، هواشناسی و کشاورزی وابسته می‌باشد. بعضی از دانشمندان اظهار می‌کنند که عوامل زمان و عرضه و تقاضا دو عامل اساسی بوده که در یک تعریف عینی از خشکسالی باید مدنظر قرار گیرد. به عنوان مثال آب و هوا در بعضی موارد با بهره‌های اقتصادی (مانند آب، علوفه، نیروی هیدرو الکتریک) در ارتباط می‌باشد. در اغلب موارد تقاضا در اثر افزایش جمعیت و یا مصرف سرانه بالا می‌رود. بنابراین هنگامی که تقاضا بیش از تولید باشد و کمبود تولید ناشی از کمبود بارندگی صورت گرفته باشد، در آن صورت خشکسالی اتفاق افتاده است. این مفهوم خشکسالی ارتباط شدید فعالیت‌های انسانی در مراحل پایانی خشکسالی را تایید می‌کند. بنابراین تأثیر خشکسالی به دلیل تغییر در روند طبیعی یا تغییر آسیب‌پذیری اجتماعی ناشی از کمبود آب و یا به دلیل هر دوی این موارد، افزایش می‌یابد.

همان‌طور که گفته شد خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژی و در نتیجه اقتصادی - اجتماعی عملاً در اثر وقوع خشکسالی هواشناسی ایجاد می‌شوند. همچنین خشکسالی هیدرولوژی طولانی‌تر از خشکسالی کشاورزی و هواشناسی و خشکسالی کشاورزی طولانی‌تر از خشکسالی هواشناسی می‌باشد. در واقع خشکسالی هواشناسی که عامل اصلی ایجاد سایر خشکسالی‌ها می‌باشد، ممکن است پس از مدتی نه چندان طولانی به پایان برسد در صورتی که خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژی مدت زمان نسبتاً طولانی ادامه داشته باشند و مهم‌تر از همه این که آثار اقتصادی اجتماعی این بلای طبیعی در مدت زمان بسیار طولانی‌تر در جامعه باقی بماند (بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴).

## ۲-۳ آب زیرزمینی

استفاده از آب زیرزمینی به عنوان منبعی برای تأمین آب سابقه‌ای به قدمت تاریخ مدوّن دارد(شریعتمدار طالقانی،۱۳۸۹).

بخشی از چرخه آب در طبیعت در زیر سطح زمین صورت می‌گیرد که منابع آب‌های زیرزمینی یکی از اجزاء آن محسوب می‌شود. البته آنچه که بنام آب زیرزمینی(Ground Water) معروف است نباید با آب زیرسطحی(Sub-Surface Water) یکی دانست. بین این دو تفاوت کلی وجود دارد. در واقع آب زیرسطحی به کلیه آب‌هایی گفته می‌شود که در زیر لایه سطحی زمین قرار گرفته‌اند اما آب زیرزمینی فقط به ان قسمت از آب‌هایی که در زیر زمین وجود داشته و بتواند به صورت آزادانه در اثر نیروی ثقل در داخل منافذ و یا درز و ترک‌ها حرکت نماید گفته می‌شود(علیزاده، ۱۳۸۴).

بحث آب زیرزمینی فراتر از بحث آن به عنوان یک منبع آب مورد استفاده است. از مباحث مهم آب زیرزمینی آثار و ویژگی‌های محیط طبیعی آن است که گاهی باعث مشکلات محیطی و در مواردی راه حلی برای مشکلات محیطی است. به خصوص اگر تحلیل یک پارچه از منابع آب حوضه و ارزیابی منطقه‌ای از آلودگی محیط مورد نظر باشد (اصغری مقدم، ۱۳۸۹).

### ۲-۳-۱ ارتباط آب و هوا و آب‌های زیرزمینی

عناصر آب و هوایی مانند بارش، تبخیر و تعرق و دما از طریق فرآیندهای مختلفی از جمله هوازدگی، ترقیق و تغلیظ نمک‌های محلول و رشد پوشش گیاهی بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند. در درجه حرارت متوسط تا زیاد، فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی به سرعت پیش می‌روند. در مناطق سرد، جابجایی مواد کندتر است و مواد محلول در آب زیرزمینی خیلی کمتر است(Matthess& Harvey, ۱۹۸۲). آب و هوای خشک، برای فرسایش نامطلوب است؛ اما محصولات هوازدگی به علت تبخیر، افزایش می‌یابد و می‌تواند مواد محلول زیادی را در آب به وجود بیاورد.

آب و هوای گرم و مرطوب، عموماً مناسب‌ترین شرایط برای رشد گیاهان را دارد. مناطق مرطوب برای انحلال و جابجایی نمک‌ها به ویژه NaCL و CaSO4 مناسب هستند. در این مناطق، میزان دی اکسید کربن بیوژنیک، که از تلاشی مواد ارگانیک و ریشه گیاهان در زمین به وجود می‌آید، افزایش می‌یابد. دی اکسید کربن و اسید هومیک، pH را کاهش می‌دهند و به هوازدگی سیلیکات‌ها کمک می‌کنند و می‌توانند آهن و منگنز را به صورت محلول دربیاورند. اما معمولاً چرخش زیاد آب نسبت به تأمین نمک‌های محلول باعث کاهش محتوای کانیایی در آب می‌شود. رواناب‌های مناطق حاره‌ای، معمولاً مواد جامد محلول کمی دارند(Matthess& Harvey, ۱۹۸۲).

آب و هوای‌هایی که دارای تناوبی از آب و هوای مرطوب و خشک در فصول مختلف هستند، برای هوازدگی بسیار مناسب بوده و مقادیر مواد معدنی محلول در بعضی فصول سال به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. در این مناطق ممکن است نوسانات زیادی در حجم جریان رودخانه‌ها به وجود بیاید و آب، محدوده گسترده‌ای از ترکیب شیمیایی را شامل شود(Hem, ۱۹۸۹).