

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کراچی  
دانشکده مهندسی زراعی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)  
در رشته مهندسی منابع آب

## پایش و پیش بینی خشکسالی با استفاده از روش های آماری (مطالعه موردی: استان گلستان)

پژوهش و نگارش

معصومه عیوضی

استاد راهنما

دکتر ابوالفضل مساعدی

استاد مشاور

دکتر مهدی مفتاح حلقی

دکتر موسی حسام

## بسمه تعالی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات

تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر

موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب معصومه عیوضی دانشجوی رشته مهندسی منابع آب مقطع کارشناسی ارشد

تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می شوم.

تقدیم بہ

عشق پاک و بی پایان

پدر و مادر عزیزم

## تقدیر و تشکر

باحمد و سپاس از درگاه ایزدمنان، اکنون بر خود لازم می‌دانم مراتب سپاس خود را به کلیه کسانی که در این مدت مریاری نمودند اعلام دارم. تحت از خانواده عزیز بویره پدر و مادر مهربانم که در تمامی این مراحل مریاری و بهمراهی نمودند کمال تشکر و قدر دانی را دارم. از استاد راهنمای عزیز و بزرگوارم جناب آقای دکتر ابوالفضل مساعدی که مسوئیت این پایان نامه را تقبل نمودند و در تمامی مراحل انجام آن مرا از راهنمایی‌ها و مساعدت‌های بی‌دریغ و ارزشمند خود بهره‌مند ساختند کمال تشکر را دارم. از استادان محترم جناب آقای دکتر مهدی مصلح و جناب آقای دکتر موسی حسام که با تقبل مشاورت پایان نامه و راهنمایی‌های ارزشمند خود مراتب ارتقاء آن را فراهم نمودند بسیار ممنون و سپاسگزارم. از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر امیر احمد دهقانی و جناب آقای دکتر ابوطالب خزار جریبی که زحمت دآوری پایان نامه را تقبل نموده و با مطالعه دقیق آن زمینه بهبود آن را فراهم نمودند تشکر و قدر دانی می‌نمایم. از مساعدت و لطف نمانده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر محمد هادی پهلوانی نهایت سپاسگزاری را دارم. همچنین از جناب آقای مهندس حمید رضا اسلامی که در تمامی مراحل انجام پایان نامه مرا از راهنمایی‌های ارزشمند خود بهره‌مند ساختند سپاسگزارم. در پایان از کلیه عزیزانی که به نوعی از بهفکری و همکاری‌شان بهره‌برده‌ام، صمیمانه قدر دانی می‌کنم.

## چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی است که در همه شرایط اقلیمی و در بسیاری از مناطق کره زمین هر ساله به وقوع می‌پیوندد و خسارات زیادی به زندگی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌نماید. از این‌رو بررسی مشخصات خشکسالی (شدت- مدت و فراوانی) و تعیین مناطق تحت خطر و پیش‌بینی آنها امری لازم می‌باشد. به این منظور تعدادی از ایستگاه‌های باران سنجی در سطح استان گلستان که تا پایان سال آبی ۱۳۸۵-۸۶ مقادیر بارندگی آنها ثبت شده بود، پس از انجام آزمون‌های آماری لازم انتخاب شدند. وضعیت رطوبتی (خشکسالی) هر یک از ایستگاه‌ها در طول دوره آماری در سیزده پریرود مختلف (شامل ۸ پریرود ماهانه، ۴ پریرود فصلی و یک پریرود سالانه) با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس وضعیت رطوبتی استان به ۷ طبقه رطوبتی تقسیم‌بندی گردید. علاوه بر طبقه‌بندی وضعیت رطوبتی، به طبقه‌بندی تداوم خشکسالی در پریرودهای زمانی مختلف نیز پرداخته شد و فراوانی هر یک از وضعیت‌های رطوبتی محاسبه گردید. سپس به منظور پایش و سنجش خشکسالی در هر منطقه، روش‌های درون‌یابی قطعی (RBF, GPI, IDW) و زمین‌آماری (Kriging) مورد آزمون قرار گرفتند. پس از تعیین بهترین روش درون‌یابی براساس فاکتور خطا و تعمیم خشکسالی‌های نقطه‌ای به منطقه‌ای، نقشه‌های شدت این پدیده در طی ۲۵ سال رسم گردید. سپس گسترش مکانی و وسعت وضعیت رطوبتی در طی دوره آماری ۲۵ سال (۶۲-۱۳۶۱ الی ۱۳۸۵-۸۶) در استان گلستان در محیط نرم افزار ArcGIS Ver9.2 رسم گردید و مناطق تحت خطر خشکسالی نیز شناسایی شدند. در نهایت با استفاده از مدل‌سازی سری‌های زمانی ARIMA و SARIMA به پیش‌بینی مقادیر SPI‌ها تنها با استفاده از مدل‌سازی سری‌های SPI‌ها بلکه با استفاده از مدل‌سازی مقادیر بارندگی هم پرداخته شد. نتایج تحقیق نشان داد که در بیشتر پریرودهای زمانی مورد بررسی، خشکسالی‌های حاکم در استان بیشتر از نوع خشکسالی بسیار شدید بوده در حالی‌که ترسالی‌ها از نوع متوسط بوده است. علاوه بر این هرچه طول بازه زمانی بیشتر می‌شود فراوانی وضعیت‌های رطوبتی کمتر شده اما تداوم آنها بیشتر می‌شود. براساس نتایج بدست آمده در بررسی روش‌های درون‌یابی، روش کریجینگ و RBF در پریرودهای زمانی مختلف در پهنه‌بندی شدت خشکسالی نتایج مطلوب‌تری را نشان می‌دهند. همچنین نتایج حاصل از پیش‌بینی خشکسالی نشان می‌دهد که با افزایش بازه زمانی از ۱ ماه به ۴۸ ماه نتایج پیش‌بینی مناسب‌تر است. علاوه بر این پیش‌بینی مستقیم وضعیت خشکسالی با استفاده از مقادیر SPI مشاهده شده در گذشته نسبت به پیش‌بینی با استفاده از مقادیر بارندگی پیش‌بینی شده بهتر و مطلوب‌تر می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** فراوانی خشکسالی، پیش‌بینی، زمین‌آمار، سری زمانی، بارش استاندارد شده، استان گلستان.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه و کلیات

۲	۱-۱-مقدمه.....
۳	۲-۱-کلیات.....
۳	۱-۲-۱-تعریف خشکسالی.....
۴	۲-۲-۱-انواع خشکسالی.....
۴	۱-۲-۲-۱-خشکسالی هواشناسی.....
۴	۲-۲-۲-۱-خشکسالی کشاورزی.....
۴	۳-۲-۲-۱-خشکسالی هیدرولوژی.....
۵	۴-۲-۲-۱-خشکسالی اقتصادی-اجتماعی.....
۵	۳-۲-۱-نمایه‌های خشکسالی و کاربرد آنها.....
۷	۴-۲-۱-شدت، مدت و فراوانی.....
۷	۵-۲-۱-پایش خشکسالی.....
۸	۶-۲-۱-پیش‌بینی خشکسالی.....
۸	۷-۲-۱-فرضیات تحقیق:.....
۸	۸-۲-۱-اهداف تحقیق:.....

### فصل دوم: بررسی منابع

۱۰	۱-۲-نمایه بارش استاندارد شده (SPI).....
۱۱	۱-۱-۲-محاسبه نمایه SPI.....
۱۴	۲-۱-۲-سابقه تحقیق در مورد SPI.....
۱۶	۳-۱-۲-سابقه تحقیق در مورد شدت-مدت و فراوانی خشکسالی.....
۱۷	۲-۲-روش‌های درون‌یابی در آنالیزهای مکانی.....
۱۸	۱-۲-۲-انواع روش‌های درون‌یابی قطعی.....
۱۸	۱-۱-۲-۲-فاصله وزنی معکوس.....
۱۸	۲-۱-۲-۲-توابع پایه‌ای شعاعی.....

۱۹	..... ۳-۱-۲-۲- روش‌های چند جمله‌ای مکانی و جهانی
۱۹	..... ۲-۲-۲- زمین آمار
۲۲	..... ۱-۲-۲-۲- مدل‌های سقف‌دار
۲۲	..... ۲-۲-۲-۲- مدل‌های بدون سقف
۲۳	..... ۳-۲-۲- کریجینگ
۲۳	..... ۱-۳-۲-۲- ویژگی‌های کریجینگ
۲۴	..... ۲-۳-۲-۲- انواع کریجینگ
۲۴	..... ۱-۲-۳-۲-۲- کریجینگ نقطه‌ای
۲۴	..... ۲-۲-۳-۲-۲- کریجینگ بلوکی
۲۵	..... ۳-۲-۳-۲-۲- کریجینگ ساده
۲۵	..... ۴-۲-۳-۲-۲- کریجینگ معمولی
۲۵	..... ۵-۲-۳-۲-۲- کریجینگ تعمیم یافته (کریجینگ در صورت وجود روند)
۲۵	..... ۳-۳-۲-۲- کوکریجینگ
۲۶	..... ۴-۲-۲- سابقه تحقیق در مورد روش‌های درون‌یابی در آنالیز مکانی
۲۹	..... ۳-۲-۳- سری‌های زمانی
۲۹	..... ۱-۳-۲- مدل‌سازی سری زمانی
۳۰	..... ۲-۳-۲- انواع مدل‌های سری زمانی
۳۰	..... ۱-۲-۳-۲- مدل اتورگرسیو (AR)
۳۱	..... ۲-۲-۳-۲- مدل میانگین متحرک (MA)
۳۱	..... ۳-۲-۳-۲- مدل خود همبسته میانگین متحرک (ARMA)
۳۲	..... ۴-۲-۳-۲- مدل خود همبسته میانگین متحرک تلفیق شده (ARIMA)
۳۳	..... ۵-۲-۳-۲- مدل خود همبسته میانگین متحرک تلفیق شده فصلی (SARIMA)
۳۳	..... ۳-۳-۲- سابقه تحقیق در مورد سری‌های زمانی

### فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳۷	..... ۱-۳- منطقه مورد مطالعه
۳۷	..... ۱-۱-۳- ویژگی‌های جغرافیایی
۳۷	..... ۲-۱-۳- ویژگی‌های طبیعی
۳۹	..... ۳-۱-۳- شرایط آب و هوایی
۳۹	..... ۴-۱-۳- وضعیت کشاورزی
۴۰	..... ۵-۱-۳- منابع آبی
۴۰	..... ۱-۵-۱-۳- منابع آب سطحی



۴۰	..... منابع آب زیرزمینی .....	۳-۱-۵-۲
۴۱	..... منابع خاک .....	۳-۱-۶
۴۱	..... داده‌های مورد استفاده .....	۳-۲
۴۱	..... بازسازی خلأهای آماری .....	۳-۲-۱
۴۳	..... بررسی درستی و همگنی داده‌ها .....	۳-۲-۲
۴۴	..... بررسی داده‌های پرت .....	۳-۲-۳
۴۴	..... محاسبه شاخص SPI .....	۳-۳
۴۵	..... محاسبه شدت - مدت فراوانی .....	۳-۴
۴۶	..... پایش و پهنه‌بندی خشکسالی .....	۳-۵
۴۶	..... روشهای درون‌یابی .....	۳-۵-۱
۴۶	..... فاصله وزنی معکوس .....	۳-۵-۱-۱
۴۷	..... توابع پایه‌ای شعاعی .....	۳-۵-۱-۲
۴۷	..... توابع چند جمله‌ای جهانی .....	۳-۵-۱-۳
۴۷	..... کریجینگ .....	۳-۵-۱-۴
۴۸	..... معیار ارزیابی انتخاب بهترین روش درون‌یابی .....	۳-۵-۲
۴۸	..... سری‌های زمانی .....	۳-۶
۴۸	..... نرمال سازی سری‌های زمانی .....	۳-۶-۱
۵۰	..... مدل‌سازی سری‌های زمانی .....	۳-۶-۲
۵۰	..... مرحله شناسایی الگو .....	۳-۶-۲-۱
۵۱	..... برازش الگو .....	۳-۶-۲-۲
۵۱	..... تشخیص درستی الگو .....	۳-۶-۲-۳
۵۱	..... ارزیابی مدل‌های سری زمانی .....	۳-۶-۳
۵۱	..... پیش‌بینی سری‌های زمانی .....	۳-۶-۴

#### فصل چهارم: نتایج و بحث

۵۴	..... آنالیز شدت - مدت - فراوانی هر یک از وضعیت‌های رطوبتی .....	۴-۱-۱
۵۴	..... سالانه .....	۴-۱-۱-۱
۵۶	..... فصلی .....	۴-۱-۲
۵۶	..... فصل پاییز .....	۴-۱-۲-۱
۶۴	..... فصل زمستان .....	۴-۱-۲-۲
۶۸	..... فصل بهار .....	۴-۱-۲-۳
۶۹	..... فصل تابستان .....	۴-۱-۲-۴

۷۰	..... ماهانه	۳-۱-۴
۷۰	..... SPI1	۱-۳-۱-۴
۷۲	..... SPI3	۲-۳-۱-۴
۷۷	..... SPI6	۳-۳-۱-۴
۷۹	..... SPI9	۴-۳-۱-۴
۸۰	..... SPI12	۵-۳-۱-۴
۸۲	..... SPI18	۶-۳-۱-۴
۸۳	..... SPI24	۷-۳-۱-۴
۸۴	..... SPI48	۸-۳-۱-۴
۹۰	..... روشهای درون‌یابی در آنالیز مکانی وضعیت رطوبتی	۲-۴
۹۰	..... سالانه	۱-۲-۴
۱۰۱	..... فصلی	۲-۲-۴
۱۰۱	..... پاییز	۱-۲-۲-۴
۱۰۳	..... زمستان	۲-۲-۲-۴
۱۰۵	..... بهار	۳-۲-۲-۴
۱۰۷	..... تابستان	۴-۲-۲-۴
۱۰۹	..... ماهانه	۳-۲-۴
۱۱۹	..... مدل‌سازی سری‌های زمانی	۳-۴
۱۱۹	..... مدل‌سازی سری‌های زمانی SPIها	۱-۳-۴
۱۲۴	..... مقایسه پیش‌بینی مقادیر SPI از SPIهای قبلی و SPI حاصل از مقادیر بارندگی پیش‌بینی شده	۲-۳-۴

### فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۴۵	..... نتیجه‌گیری	۱-۵
۱۴۵	..... شدت- مدت- فراوانی هریک از وضعیت‌های رطوبتی	۱-۱-۵
۱۴۷	..... روش‌های درون‌یابی در آنالیز مکانی وضعیت رطوبتی	۲-۱-۵
۱۴۸	..... مدل‌سازی سری‌های زمانی	۳-۱-۵
۱۴۹	..... پیشنهادات	۲-۵

فهرست منابع

## فهرست جداول

عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۲: طبقه‌بندی وضعیت رطوبتی بر اساس نمایه استاندارد بارش SPI .....	۱۱
جدول ۱-۳: مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در این تحقیق .....	۴۲
جدول ۲-۳: زمان‌های دارای نقص آماری در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری ۸۶-۱۳۶۱ .....	۴۳
جدول ۱-۴: درصد زمانی وقوع هر یک از وضعیت‌های رطوبتی در پی‌ریود سالانه در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۵۷
جدول ۲-۴: میزان تداوم هر یک از شرایط رطوبتی در پی‌ریود سالانه در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۵۸
جدول ۳-۴: درصد زمانی وقوع هر یک از وضعیت‌های رطوبتی در پی‌ریود فصلی پاییز در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۶۱
جدول ۴-۴: میزان تداوم هر یک از شرایط رطوبتی در پی‌ریود فصلی پاییز در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۶۲
جدول ۵-۴: درصد زمانی وقوع هر یک از وضعیت‌های رطوبتی در پی‌ریود فصلی زمستان در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۶۵
جدول ۶-۴: میزان تداوم هر یک از شرایط رطوبتی در پی‌ریود فصلی زمستان در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۶۶
جدول ۷-۴: درصد زمانی وقوع هر یک از وضعیت‌های رطوبتی در پی‌ریود SPII ماهه در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۷۳
جدول ۸-۴: میزان تداوم هر یک از شرایط رطوبتی در پی‌ریود SPII ماهه در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۷۴
جدول ۹-۴: درصد زمانی وقوع هر یک از وضعیت‌های رطوبتی در پی‌ریود SPI48 ماهه در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۸۶
جدول ۱۰-۴: میزان تداوم هر یک از شرایط رطوبتی در پی‌ریود SPI48 ماهه در طول دوره آماری در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان .....	۸۷
جدول ۱۱-۴: تعداد دفعات کمترین جذر میانگین مربعات خطا در هر یک از روش‌های درون‌یابی در پی‌ریودهای زمانی مختلف .....	۹۲
جدول ۱۲-۴: میانگین جذر مربعات خطا در هر یک از روش‌های درون‌یابی در پی‌ریودهای مختلف زمانی .....	۹۳

جدول ۴-۱۳: درصد گسترش هر یک از وضعیت‌های رطوبتی براساس شاخص SPI در پرونده‌های مختلف زمانی در سطح استان گلستان طی دوره آماری ۶۲-۱۳۶۱ الی ۸۶-۱۳۸۵..... ۹۴

جدول ۴-۱۴: نتایج حاصل از آموزش و ارزیابی مقادیر SPI پیش‌بینی شده توسط سری‌های زمانی در بهترین مدل برای هر یک از SPIها در هر یک از ایستگاه‌های استان..... ۱۲۷

جدول ۴-۱۵: مقادیر MAE و RMSE حاصل از مقایسه مقادیر SPI مشاهداتی الف: با SPIهای پیش‌بینی شده و یا ب: با استفاده از سری‌های بارندگی برآورد شده به وسیله مدل‌های ARIMA..... ۱۳۵

## فهرست اشکال

شکل	صفحه
شکل ۱-۱: رابطه بین انواع خشکسالی و طول مدت رخداد‌های خشکسالی.....	۶
شکل ۱-۳: موقعیت جغرافیایی استان گلستان در کشور.....	۳۸
شکل ۲-۳: هیستوگرام و نمودار احتمال نرمال برای داده‌های بارندگی ایستگاه ناهارخوران قبل از تبدیل باکس کاکس (با استفاده از نرم‌افزار MINITAB).....	۴۹
شکل ۳-۳: هیستوگرام و نمودار احتمال نرمال برای داده‌های بارندگی ایستگاه ناهارخوران بعد از تبدیل باکس کاکس (با استفاده از نرم‌افزار MINITAB).....	۵۰
شکل ۱-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود سالانه در سال آبی ۶۳-۱۳۶۲.....	۹۵
شکل ۲-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود سالانه در سال آبی ۶۹-۱۳۶۸.....	۹۶
شکل ۳-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود سالانه در سال آبی ۷۷-۱۳۷۶.....	۹۷
شکل ۴-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود سالانه در سال آبی ۸۰-۱۳۷۹.....	۹۸
شکل ۵-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود سالانه در سال آبی ۸۱-۱۳۸۰.....	۹۹
شکل ۶-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود سالانه در سال آبی ۸۶-۱۳۸۵.....	۱۰۰
شکل ۷-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود فصلی پاییز سال ۱۳۷۹.....	۱۰۲
شکل ۸-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود فصلی زمستان سال ۱۳۷۹.....	۱۰۴
شکل ۹-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود فصلی بهار سال ۱۳۸۰.....	۱۰۶
شکل ۱۰-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود فصلی تابستان سال ۱۳۸۰.....	۱۰۸
شکل ۱۱-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود زمانی ماهانه یک ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰.....	۱۱۰
شکل ۱۲-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود زمانی ماهانه سه ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰.....	۱۱۱
شکل ۱۳-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود زمانی ماهانه شش ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰.....	۱۱۲
شکل ۱۴-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود زمانی ماهانه نه ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰.....	۱۱۳
شکل ۱۵-۴: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پریود زمانی ماهانه دوازده ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰.....	۱۱۴

شکل ۴-۱۶: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پرپود زمانی ماهانه هجده ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰ ..... ۱۱۵

شکل ۴-۱۷: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پرپود زمانی ماهانه بیست و چهار ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰ ..... ۱۱۶

شکل ۴-۱۸: وضعیت خشکسالی استان گلستان براساس شاخص SPI در پرپود زمانی ماهانه چهل و هشت ماهه منتهی به شهریور ۱۳۸۰ ..... ۱۱۷

شکل ۴-۱۹: هیستوگرام و نمودار آزمون نرمال بودن باقی ماندن‌ها ..... ۱۲۰

شکل ۴-۲۰: نمودار ACF و PACF باقیمانده‌های مدل ..... ۱۲۰

شکل ۴-۲۱: مقایسه نتایج حاصل از به کارگیری سری زمانی ARIMA در دوره‌های مختلف زمانی SPI در ایستگاه چات ..... ۱۲۲

شکل ۴-۲۲: مقایسه نتایج حاصل از به کارگیری سری زمانی ARIMA در دوره‌های مختلف زمانی SPI در ایستگاه وطنا ..... ۱۲۳

شکل ۴-۲۳: مقایسه نتایج پیش‌بینی مدل ARIMA با مقادیر واقعی ایستگاه چات در طول دوره آزمون (مهر ۱۳۸۱ الی شهریور ۱۳۸۶) ..... ۱۲۵

شکل ۴-۲۴: مقایسه نتایج پیش‌بینی مدل ARIMA با مقادیر واقعی ایستگاه وطنا در طول دوره آزمون (مهر ۱۳۸۱ الی شهریور ۱۳۸۶) ..... ۱۲۵

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

یکی از مسائل مهم و اساسی در مهندسی منابع آب، بهره‌برداری بهینه از منابع آب و جلوگیری از اتلاف آن است. با برنامه‌ریزی اصولی باید مناسب‌ترین برنامه و روش‌های بهره‌برداری با توجه به اولویت‌ها عملی شود. برای نیل به این هدف شناخت دوره‌های خشکسالی، تعیین مناطق تحت تاثیر خشکسالی و پیش‌بینی آن امری ضروری است (سمیعی و همکاران، ۱۳۸۵).

در مقایسه با دیگر بلاهای طبیعی نشانه‌های خشکسالی بتدریج ظاهر شده و اثرات آن بتدریج در منطقه جغرافیایی وسیع‌تری توزیع می‌گردد. معمولاً اقدامات مبارزه با خشکسالی به نیازهای فوری معطوف می‌شود و کمتر به زیان‌های فوری که ارزش اقتصادی دارند پرداخته می‌شود. در سال ۲۰۰۰ میلادی خشکسالی‌های مهمی در جنوب شرقی اروپا، خاورمیانه و مناطقی از آسیای مرکزی تا چین را فراگرفت که اثرات شدیدی در افغانستان، بلغارستان، عراق و ایران در برداشت. خشکسالی خسارات فرهنگی و سیاسی متعددی را ایجاد می‌کند که کمتر مورد توجه قرار گرفته اما تبعات منفی فراوانی را در پی دارد. از این میان می‌توان به پدیده مهاجرت از روستا به شهر و حاشیه‌نشینی اشاره نمود (مهدویان و جوانمرد، ۱۳۸۳).

به هر حال کشور ایران و به تبع آن استان گلستان هم، از وقوع پدیده خشکسالی مستثنی نیست و همانند سایر مناطق کشور و جهان در گذشته خشکسالی‌هایی در آن به وقوع پیوسته است و در آینده هم خشکسالی‌هایی در آن رخ خواهد داد.



## ۱-۲- کلیات

در دهه‌های اخیر از میان حوادث طبیعی که زندگی انسان را بر روی کره خاکی تحت تأثیر قرار داده است، خسارات خشکسالی بیش از سایر حوادث می‌باشد. به طوری که تعداد کل آسیب‌دیدگان از خشکسالی طی سال‌های ۱۹۶۶ تا ۱۹۸۸ بالغ بر یک و نیم میلیارد نفر برآورد شده است که ۵۲ درصد آسیب‌دیدگان از کل بلایای طبیعی را تشکیل می‌دهد (بری ابرقویی و همکاران، ۱۳۸۲). خشکسالی یک شکل تکراری از حوادث اقلیمی در مناطق آب و هوایی می‌باشد که در هر نوع اقلیمی از جهان رخ می‌دهد، اگر چه اثراتش از یک ناحیه به ناحیه دیگر ممکن است فرق کند. ضمن آنکه اقلیم‌های خشک نسبت به خشکسالی مستعدتر هستند (لی هورون، ۱۹۹۶).

### ۱-۲-۱- تعریف خشکسالی<sup>۱</sup>

تا کنون از خشکسالی تعاریف بسیار زیادی ارائه شده است، اما هر کدام از این تعاریف، دیدگاه خاصی را مد نظر داشته‌اند. به هر حال عدم وجود یک تعریف جامع و دقیق از خشکسالی و متفاوت بودن معنی آن از دیدگاه‌های مختلف، مانع از درک مفهوم خشکسالی شده است. حال از آنجایی که خشکسالی بر کلیه جنبه‌های زندگی و بخش‌های مختلف جامعه خصوصاً تغییر محیط طبیعی تأثیر مستقیم و غیرمستقیمی دارد، عدم درک مفهوم آن موجب تردید و رکود در بخش‌های مختلف اقتصادی، مدیریتی و سیاست‌گذاری می‌شود.

از دیدگاه صاحب‌نظران تعاریف گوناگون برای کلمه خشکسالی ارائه شده است. یکی از جامع‌ترین و کامل‌ترین تعاریف توسط پالمر<sup>۲</sup> (۱۹۶۶) ارائه شده است. به نظر وی خشکسالی عبارت است از کمبود رطوبت مستمر و غیر طبیعی. واژه مستمر به استمرار حالت کمبود و واژه غیر طبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی نسبت به میانگین اطلاق می‌شود (پالمر، ۱۹۶۶).

<sup>۱</sup> . Drought

<sup>۲</sup> . Palmer

## ۱-۲-۲- انواع خشکسالی

نظر به اهمیت پدیده خشکسالی از دیدگاه محققان رشته‌های مختلف علوم، تعاریف ویژه‌ای از این پدیده ارائه شده است.

### ۱-۲-۲-۱- خشکسالی هواشناسی<sup>۱</sup>

خشکسالی هواشناسی زمانی مطرح می‌شود که در اثر کمبود رطوبت اشباع جو یا بروز دگرگونی در سیستم گردش عمومی جو، یک خشکسالی غیر عادی در منطقه پدید آید. به عبارت دیگر خشکسالی هواشناسی زمانی روی می‌دهد که کاهش قابل ملاحظه‌ای در بارندگی یک ناحیه نسبت به میانگین بلندمدت آن به وجود آید.

### ۱-۲-۲-۲- خشکسالی کشاورزی<sup>۲</sup>

خشکسالی کشاورزی زمانی روی می‌دهد که منابع آب قابل دسترس تکافوی نیاز آبی گیاه را ندهد. به عبارت دیگر، خشکسالی کشاورزی زمانی روی می‌دهد که مجموع رطوبت قابل دسترس گیاه از طریق بارندگی، آبیاری و آبهای زیرزمینی در فصل رویش کافی نباشد.

### ۱-۲-۲-۳- خشکسالی هیدرولوژی<sup>۳</sup>

خشکسالی هیدرولوژیک با علائمی از قبیل پایین رفتن سطح آب دریاچه‌ها و مخازن آب، کاهش دبی رودخانه‌ها و چشمه‌ها و نهایتاً پایین رفتن سطح تراز آبهای زیرزمینی مشخص می‌گردد. به عبارتی زمانی که در اثر تداوم خشکی جوی، آبهای سطحی و زیرزمینی رو به کاهش گذارد، خشکسالی هیدرولوژیکی واقع شده است.

<sup>1</sup> . Meteorological drought

<sup>2</sup> . Agricultural drought

<sup>3</sup> . Hydrological drought

### ۱-۲-۲-۴- خشکسالی اقتصادی- اجتماعی<sup>۱</sup>

خشکسالی اقتصادی- اجتماعی شکل دیگری از خشکسالی بوده و حاصل وقوع مراحل قبلی خشکسالی یعنی خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی هیدرولوژیک می‌باشد. در این مرحله، اقتصاد منطقه در اثر کمبود یا فقدان غیر طبیعی بارندگی دچار خسارت مالی می‌گردد. تلفات دامی و کاهش محصولات زراعی، باغی و دامی از بارزترین خسارات مالی ناشی از خشکسالی می‌باشد.

شکل ۱-۱ ارتباط بین انواع مختلف خشکسالی و زمان وقوع آنها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژی و در نتیجه خشکسالی 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 است. در واقع خشکسالی هواشناسی که عامل اصلی ایجاد سایر انواع خشکسالی‌ها می‌باشد، ممکن است پس از مدتی نه چندان طولانی به پایان برسد، در صورتی که خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژی مدت زمان نسبتاً بیشتری ادامه خواهد داشت (بری ابرقویی و همکاران، ۱۳۸۲).

### ۱-۲-۳- نمایه‌های خشکسالی<sup>۲</sup> و کاربرد آنها

از آنجا که تعریف، آشکارسازی و اندازه‌گیری خشکسالی بسیار پیچیده است، محققان شدیداً در پی تدوین و تهیه نمایه‌هایی به منظور این موارد بوده‌اند. هدف از تهیه و کاربرد هر نمایه خشکسالی، ارائه یک ارزیابی ساده و کمی از خصوصیات خشکسالی و گستردگی مکانی و همچنین پیش‌بینی آن می‌باشد. علاوه بر این، شاخص‌های خشکسالی اطلاعاتی در رابطه با اثرات خشکسالی بر اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی ارائه می‌دهند (وایت و همکاران، ۲۰۰۰).

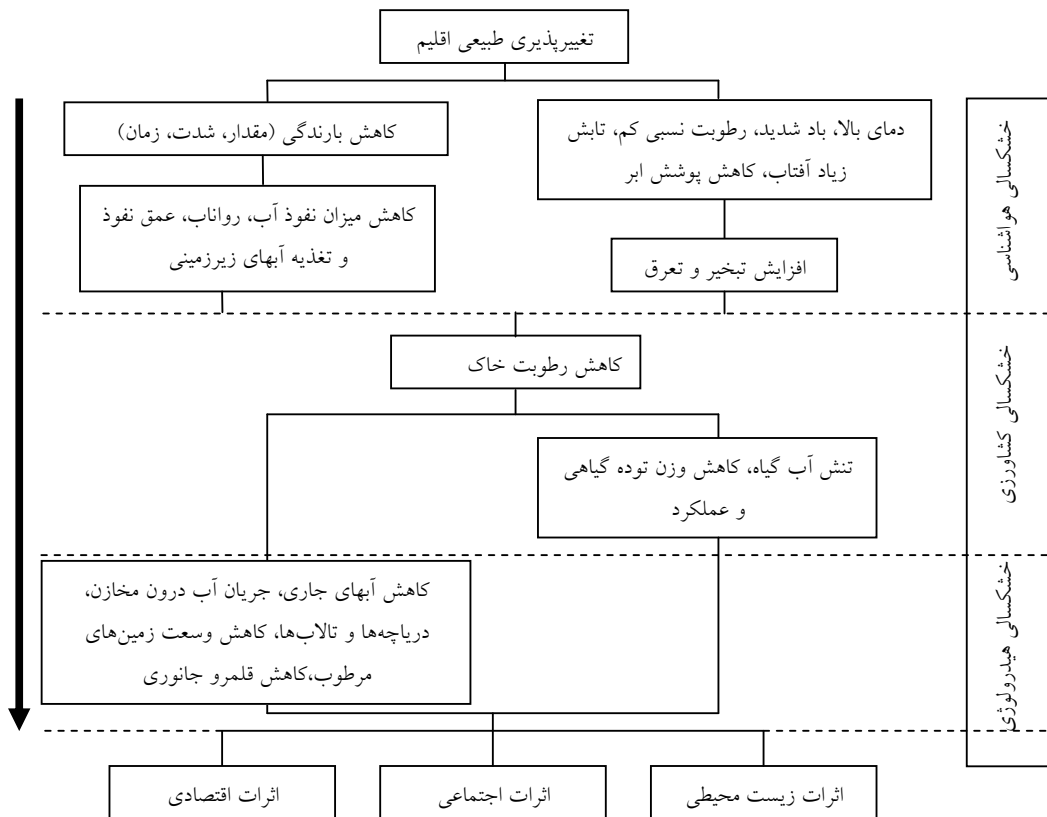
برای شناسایی وضعیت خشکسالی نمایه‌های متعددی در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، این نمایه‌ها براساس تعاریف خشکسالی و با روش محاسبه‌ای، که در آن از یک یا چند متغیر هواشناسی

<sup>۱</sup> . Socio-economic drought

<sup>۲</sup> . Indicator droughts

(و در بعضی موارد همراه با متغیرهای هیدرولوژی) استفاده شده است، بدست می‌آید. از جمله این نمایه‌ها:

- نمایه درصد از نرمال بارندگی (PNI)<sup>۱</sup>
- نمایه دهک‌های بارندگی (DI)<sup>۲</sup>
- نمایه شدت خشکسالی پالمیر (PDSI)<sup>۳</sup>
- نمایه بارش استاندارد شده (SPI)<sup>۴</sup>
- نمایه خشکسالی مؤثر (EDI)<sup>۵</sup>
- و....



شکل ۱-۱: رابطه بین انواع خشکسالی و طول مدت رخدادهای خشکسالی

1 . Present of Normal Index  
 2 . Deciles Index  
 3 . Palmer Drought Severity Index  
 4 . Standardized Precipitation Index  
 5 . Effective Drought Index