بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه هرمزگان

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

گروه مرتع و آبخیزداری

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع طبیعی آبخیزداری

عنوان:

پایش، تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از سری‌های زمانی
مطالعه موردی : استان هرمزگان

استاد راهنما :

دکتر اسدالله خورانی

اساتید مشاور:

دکتر آرش ملکیان

مهندس محسن ملکی

نگارش :

جواد هوشمند

بهمن ۱۳۹۲

امید در نگاهم قطره می شود

وقتی که امتداد نگاهت نشان از لحظه‌ای می‌دهد که --

و باز فردائی دیگر

تقدیم به

حضرت دوست

و

همراهان بی‌همتای زندگیم

پدر بزرگوار ومادر فداکارم

تقدیم به

بلوری‌ترین لحظه‌های نگاهشان و دستان بلند دعایشان

که همواره بدرقه راهم بوده‌اند

چکیده

با توجه به قرار گرفتن استان هرمزگان در ناحیه‌ی آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک ایران و وقوع خشکسالی‌های مکرر به‌ویژه در سال‌های اخیر، اهمیت توجه به پایش و پیش‌بینی خشکسالی بیش از پیش ضروری می‌نماید. در این تحقیق به منظور بررسی فراوانی و تداوم وقوع خشکسالی از شاخص خشکسالی SPI ماهانه و سالانه استفاده شده است. به این منظور پس از اخذ آمار و اطلاعات بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک مستقر در سطح استان هرمزگان و انجام آزمون‌های آماری لازم از قبیل آزمون ایستایی داده‌ها، آزمون همگنی و آزمون داده‌های پرت آمار بارندگی ماهانه ۱۵ ایستگاه در طول دوره آماری ۲۷ ساله مورد استفاده قرار گرفت. پس از آن با توجه به مقادیر SPI ماهانه و سالانه هر ایستگاه و در طول دوره آماری وضعیت خشکسالی در هر سال مشخص گردید. سپس جدول‌های فراوانی و تداوم وقوع خشکسالی در ایستگاه‌های منتخب تهیه شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که به طور کلی بیشترین فراوانی وضعیت رطوبتی در تمامی ایستگاه‌های مورد نظر در محدوده نرمال می‌باشد. ضمن آن که در همه سال‌ها و در تمامی ۱۵ ایستگاه مورد بررسی بیش از یک وضعیت رطوبتی حاکم بوده است. از لحاظ دوره تداوم، دروه تداوم ۱ و ۲ ساله بیشترین و دوره تداوم ۴و۵ ساله کم‌ترین فراوانی را در کل ایستگاه‌ها شامل می‌شود. برای پیش‌بینی خشکسالی می‌توان از سری‌های زمانی استفاده نمود. بررسی‌های اولیه سری‌های زمانی با استفاده از آزمون‌های آماری نشان داد کلیه داده‌ها همگن و ایستا می‌باشند. سپس در یک فرایند چند مرحله‌ای(شناسایی، براورد پارامتر و آزمون کفایت مدل) مناسب‌ترین مدل باکس جنکینز تعیین شد. مدل ARIMA با حداقل خطای معیار اطلاعات آکائیک اصلاح شده (AICC) به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. مقادیر SPI از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ به عنوان داده آزمون جهت پیش‌بینی با بهترین مدل استفاده گردید. به عنوان مثال مدل ARIMA (1, 1, 0) برای سری زمانی ۱۲ ماه ایستگاه بندرعباس انتخاب شد. نتایج حاصل از این مدل نشان داد که RMSE بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده ۱۸۶/ میباشد و ۴ سال از رده خشکسالی را به درستی پیش‌بینی می‌نماید.

کلمات کلیدی: پایش خشکسالی،پیش‌بینی خشکسالی، مدل‌های ARIMA،شاخص SPI

به لطف و سپاس از پرورگار بزرگ که بود را هستی داد.

عشق به آموختن را از اولین معلمانم دارم، پدر و مادرم؛ و چراغ این راه، استاد فرزانـه‌ام، جنـاب آقـای دکتر اسدالله خورانی که با نظرات راه گشا، پیشنهادات ارزنده و زحمات بی دریغشـان در طـی مراحـل مختلف اجرا، مرا یاری نمودند.

از جناب اقای دکتر آرش ملکیان و جناب آقای دکتر محسن ملکی اساتید محترم به خاطر راهکارها و تجارب ارزشمند و سودمندشان در مسیر پرفراز و نشیب این پژوهش صمیمانه سپاسگزارم.
از جناب آقای دکتر وقارفرد، مدیر گروه محترم به خاطر الطاف و زحمات بی دریغشان کمال تشکر را دارم.
از کلیه اساتید و مدعوین گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه هرمزگان تشکر و قدردانی می‌نمایم.
همچنین از دوستان و همکلاسیان عزیزم آقایان محسنی، احمدی دوست، کرمی، تمسکی، دستواره، امیری، کمانگر، روشن‌پور و خانم‌ها احمدی، ستوده، جعفرپور، بهرامی، شکیبایی و رستخیز سپاسگذاری می‌کنم.
آرزوی موفقیت و پیروزی دارم برای پژوهشگران امروز و اساتید فردا..

ریشه‌ها می‌گویند ما تواناتر از آنیم که می‌پندارید

به امید ایرانی آباد و سر افراز

فهرست مطالب

۱- **فصل اول: کلیات طرح تحقیق**

۱-۱-تعریف مساله و بیان سوال‌های اصلی تحقیق : ۲

۱-۲-پیشینه تحقیق : ۴

۱-۳-اهمیت و ضرورت انجام تحقیق : ۹

۱-۴-فرضیه‌های تحقیق : ۱۰

۱-۵-هدف‌های اساسی تحقیق : ۱۰

۲- **فصل دوم: مبانی نظری تحقیق**

۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲- انواع خشکسالی ۱۲

۲-۳- ویژگی‌های فضایی و زمانی خشکسالی‌ها ۱۳

۲-۳-۱- آغاز و خاتمه خشکسالی ۱۳

۲-۳-۲- شدت خشکسالی ۱۳

۲-۳-۳- فراوانی خشکسالی ۱۴

۲-۳-۴- وسعت منطقه‌ای خشکسالی ۱۴

۲-۳-۵- دوره تناوب رخداد خشکسالی ۱۴

۲-۴- پایش خشکسالی و اهمیّت آن ۱۵

۲-۵- مدیریت خشکسالی ۱۵

۲-۶- روشهای پایش خشکسالی ۱۵

۲-۶-۱- شاخص‌های هواشناسی ۱۵

۲-۶-۲-روش‌های سنجش از دور ۱۶

۲-۷- شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) ۱۶

۲-۸- مفاهیم درون‌یابی: ۲۱

۲-۹- روش‌های درون‌یابی : ۲۲

۲-۱۰- مبانی درون‌یابی : ۲۲

۲-۱۱- انواع درون‌یاب ها : ۲۲

۲-۱۱-۱- درون‌یاب‌های قطعی : ۲۳

۲-۱۱-۲- درون‌یاب‌های تصادفی : ۲۳

۲-۱۲-۱- روش کریجینگ :..... ۲۴
۲-۱۲-۲- روش (spline):..... ۲۵
۲-۱۲-۳- روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW):..... ۲۵
۲-۱۳- تعیین مناسب‌ترین روش درون‌یابی:..... ۲۶
۲-۱۴- پیش‌بینی خشکسالی..... ۲۷
۲-۱۵- نمودار سری زمانی..... ۲۷
۲-۱۶- اجزا یک سری زمانی..... ۲۸
۲-۱۶-۱- روند(T)..... ۲۸
۲-۱۶-۲- تغییرات دوره‌ای یا سیکل (C)..... ۳۰
۲-۱۶-۳- تغییرات فصلی(S)..... ۳۰
۲-۱۶-۴- تغییرات نامنظم(I)..... ۳۱
۲-۱۷- همبستگی بین مشاهدات سری زمانی..... ۳۱
۲-۱۸- مدل سازی سری‌های زمانی به روش باکس – جنکینز(ARIMA)..... ۳۲
۲-۱۹- استراتژی مدل سازی..... ۳۴
۲-۱۹-۱- تشخیص مدل آزمایشی..... ۳۴
۲-۱۹-۲- تخمین پارامترهای مدل (برازش مدل)..... ۳۵
۲-۱۹-۳- بررسی مناسب بودن مدل..... ۳۶
۳- **فصل سوم: مواد و روش ها**
۳-۱- منطقه مورد مطالعه..... ۳۹
۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی..... ۳۹
۳-۱-۲- وضعیت حوزه‌های آبخیز استان هرمزگان..... ۴۰
۳-۲- داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده..... ۴۳
۳-۲-۱- داده‌های هواشناسی..... ۴۳
۳-۲-۲- نرم افزارهای مورد استفاده..... ۴۴
۳-۳- روش‌ها..... ۴۶
۳-۳-۱- محاسبه شاخص خشکسالی..... ۴۶
۳-۳-۲- پهنه بندی شدت خشکسالی..... ۴۶
۳-۳-۳- آماده‌سازی داده‌ها جهت پیش‌بینی..... ۴۷
۳-۳-۳-۱- مدل‌سازی سری‌های زمانی..... ۴۷

۳-۳-۳-۱- ۱- تشخیص مدل ۴۷
۳-۳-۳-۱- ۲- برازش مدل ۴۷
۳-۳-۳-۱- ۳- صحت سنجی ۴۸
۳-۳-۳-۱- ۴- پیش‌بینی ۴۸
فصل چهارم: نتایج
۴-۱- مقدمه ۵۰
۴-۲- پایش خشکسالی ۵۰
۴-۲-۱- پایش خشکسالی سالانه ۵۰
۴-۲-۲- پایش خشکسالی سه ماهه : ۵۳
۴-۲-۳- پایش خشکسالی ۶ ماهه ۵۵
۴-۲-۴- پایش خشکسالی ۲۴ ماهه: ۵۸
۴-۲-۵- پایش خشکسالی ۴۸ ماهه: ۶۰
۴-۳- بررسی نتایج SPI در مقیاس زمانی کوتاه مدت و بلند مدت ۶۲
۴-۴- پهنه‌بندی خشکسالی ۶۲
۴-۵- پهنه‌بندی سالانه خشکسالی با روش IDW ۶۳
۴-۶- روندیابی خشکسالی ۶۴
۴-۷- پیش‌بینی SPI با استفاده از مدل‌های سری زمانی ۶۵
۴-۷-۱- ایستگاه بندرعباس: ۶۵
۴-۷-۲- ایستگاه بندر لنگه : ۶۹
۴-۷-۳- ایستگاه جاسک : ۷۲
۴-۸- ارزیابی مدل : ۷۵
۵- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و آزمون فرضیات
۵-۱- آزمون فرضیات ۷۸
۵-۲- پیشنهادها ۷۸
منابع و مآخذ : ۸۰
پیوست ۹۰

فهرست جداول

عنوان جدول

جدول۲-۱: طبقه بندی وسعت خشکسالی از نظر سابر امانیام ۱۴

جدول ۲-۲: طبقه بندی دوره های خشک بر مبنای شاخص SPI ۱۹

جدول ۲-۳: مقیاس طبقه بندی مقادیر SPI در منطقه مورد مطالعه ۱۹

جدول ۲-۴: جدول مشخصات آزمون ACF وPACF ۳۵

جدول ۳-۱- مشخصات حوزه‌های آبخیز استان هرمزگان ۴۱

جدول ۳-۲: موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه ۴۳

جدول ۴-۱: تعداد دفعات وقوع هر یک از شرایط رطوبتی در دوره سالیانه در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۰

جدول ۴-۲: میزان تداوم سالانه دوره‌های خشک و مرطوب در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۲

جدول ۴-۳: تعداد دفعات وقوع هر یک از شرایط رطوبتی در دوره‌های سه ماهه در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۳

جدول ۴-۴: میزان تداوم سه ماهه دوره‌های خشک و مرطوب در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۴

جدول ۴-۵: تعداد دفعات وقوع هر یک از شرایط رطوبتی در دوره‌های شش ماهه در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۵

جدول ۴-۶: میزان تداوم شش ماهه دوره‌های خشک و مرطوب در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۷

جدول ۴-۷: تعداد دفعات وقوع هر یک از شرایط رطوبتی در دوره‌های۲۴ ماهه در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۸

جدول ۴-۸: میزان تداوم ۲۴ ماهه دوره‌های خشک و مرطوب در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۵۹

جدول ۴-۹: تعداد دفعات وقوع هر یک از شرایط رطوبتی در دوره‌های۴۸ ماهه در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۶۰

جدول ۴-۱۰: میزان تداوم ۴۸ ماهه دوره‌های خشک و مرطوب در ایستگاه‌های منتخب استان هرمزگان ۶۱

جدول۴-۱۱: نتایج مقایسه روش‌های مختلف درون‌یابی ۶۲

جدول ۴-۱۲: نتایج پیش‌بینی خشکسالی ایستگاه بندرعباس ۶۸

جدول ۴-۱۳ : نتایج پیش‌بینی خشکسالی ایستگاه بندرلنگه ۷۲

جدول۴-۱۴: نتایج پیش‌بینی خشکسالی ایستگاه جاسک ۷۵

جدول۴-۱۵: نتایج ارزیابی مدل در سه ایستگاه مورد مطالعه ۷۵

جدول۴-۱۶ : نتایج RMSE مدل در سه ایستگاه مورد مطالعه ۷۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱: نقشه موقعیت حوزه‌های اصلی و زیر حوزه‌های اصلی استان هرمزگان ۴۲

شکل ۳-۲:موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی محدوده مورد مطالعه ۴۴

شکل ۳-۳: نمودار جریانی و پژوهشی از روند مطالعه ۴۵

شکل ۴-۱- طبقه‌بندی هیستوگرام شاخص SPI به صورت سالانه ۵۱

شکل ۴-۲- طبقه‌بندی هیستوگرام شاخص SPI به صورت سه ماهه ۵۴

شکل ۴-۳- طبقه‌بندی هیستوگرام شاخص SPI به صورت شش ماهه ۵۶

شکل ۴-۴- طبقه‌بندی هیستوگرام شاخص SPI به صورت ۲۴ ماهه ۵۹

شکل ۴-۵- طبقه‌بندی هیستوگرام شاخص SPI به صورت ۴۸ ماهه ۶۱

شکل۴-۶: نمودار روند وضعیت شاخص SPI حوزه‌های آبخیز استان هرمزگان در دوره مورد مطالعه ۶۴

شکل۴-۷: نمودار سری زمانی بارش بندرعباس ۶۵

شکل۴-۸ : الف - نمودار ACF ایستگاه بندر عباس و ب- نمودار PACF ایستگاه بندر عباس ۶۵

شکل۴-۹ :نمودار سری زمانی شاخص بارندگی استاندارد شده بندرعباس (۱۳۵۰-۱۳۹۰) ۶۶

شکل۴-۱۰: نمودار تابع خود همبستگی و خود همبستگی جزیی ایستگاه بندرعباس ۶۶

شکل ۴-۱۱ : نمودار هیستوگرام باقی‌مانده‌ها ۶۷

شکل۴-۱۲: نمودار سری زمانی باقی‌مانده‌ها ۶۶

شکل۴-۱۳ : نتایج پیش‌بینی خشکسالی ایستگاه بندرعباس ۶۷

شکل۴-۱۴ : نمودار سری زمانی بارش بندرلنگه (۱۳۵۰-۱۳۹۰) ۶۷

شکل۴-۱۵ : نمودار ACF وPACF ایستگاه بندر لنگه ۶۸

شکل۴-۱۶: نمودار سری زمانی شاخص بارندگی استاندارد شده بندرلنگه (۱۳۵۰-۱۳۹۰) ۶۸

شکل۴-۱۷ :نمودار تابع خود همبستگی و خود همبستگی جزیی ایستگاه بندر لنگه ۶۹

شکل۴-۱۸: نمودار هیستوگرام باقی‌مانده‌ها ۶۹

شکل ۴-۱۹: نمودار سری زمانی باقی‌مانده‌ها ۷۰

شکل۴-۲۰ : نتایج پیش‌بینی خشکسالی ایستگاه بندرلنگه: ۷۱

شکل۴-۲۱ : نمودار سری زمانی بارش جاسک (۱۳۵۰-۱۳۹۰) : ۷۲

شکل۴-۲۲ : نمودار ACF وPACF ایستگاه جاسک ۷۲

شکل۴- ۲۳ : نمودار سری زمانی شاخص بارندگی استاندارد شده جاسک (۱۳۵۰-۱۳۹۰) ۷۲

شکل۴-۲۴: نمودار تابع خود همبستگی و خود همبستگی جزیی ایستگاه جاسک ۷۳

شکل۴-۲۵: نمودار هیستوگرام باقی‌مانده‌ها ۷۳
شکل ۴-۲۶: نمودار سری زمانی باقی‌مانده‌ها ۷۳
شکل ۴-۲۷: نتایج پیش‌بینی خشکسالی ایستگاه جاسک ۷۴

فصل اول
کلیات طرح تحقیق

۱-۱- تعریف مساله و بیان سوال‌های اصلی تحقیق :

خشکسالی[1] وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که در هر شرایط اقلیمی ممکن است رخ دهد (علیزاده،۱۳۸۶). بنا به تعریف، پدیده خشکسالی متمایز از خشکی[2] است؛ خشکی نوعی ویژگی ذاتی و دائمی منطقه است که عبارتست از عدم کفایت بارش در حد لازم برای رشد حیات در آن منطقه در حالی که خشکسالی ویژگی موقتی هواشناسی یک منطقه به شمار می‌رود و عبارتست از کاهش غیر منتظره بارش در یک مدت معین در منطقه‌ای که لزوما خشک نیست. میزان این کاهش آنقدر 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 و منجر به زیان‌ها و هزینه‌های عمده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی گردد. خشکسالی را نباید صرفا به عنوان پدیده‌ای کاملا فیزیکی یا طبیعی در نظر گرفت. تاثیرات آن در جامعه ماحصل ایفای نقش مابین یک رخداد طبیعی (بارش کم‌تر از حد مورد انتظار به دلیل تغییرات اقلیمی) و نیاز مردم به منابع تامین آب می‌باشد.(محسن‌آبادی و همکاران،۱۳۸۸)

انسان‌ها معمولا از تاثیرات خشکسالی لطمه می‌بینند. خشکسالی‌های اخیر در هر دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نتایج اقتصادی، تاثیرات زیست محیطی و دشواری‌های شخصی به بار آورده که جملگی باعث شده‌اند که آسیب‌پذیری تمام جوامع به این پدیده زیان‌بخش طبیعی مدنظر قرار گیرد. ابعاد این فاجعه در مناطق خشک و نیمه‌خشک حادتر بوده و اثرات آن ممکن است سال‌ها بعد از خشکسالی تداوم داشته باشد. در دهه‌های اخیر به دلیل مصرف روزافزون منابع آبی پدیده خشکسالی ابعاد تازه‌ای پیدا کرده است و جمعیت‌های انسانی زیادی را تحت تاثیر قرار داده است. پایش خشکسالی در هر منطقه یکی از بخش‌های مهم در مدیریت خطر خشکسالی است. در پایش و تحلیل ویژگی‌های خشکسالی این مساله مطرح می‌شود که چگونه می‌توان به ارزیابی دقیق مساله خشکسالی پرداخت. در این راستا به منظور تعیین شدت خشکسالی بایستی این پدیده از حالت کیفی و توصیفی به صورت کمی و عددی در آید و برای آن شاخص‌هایی ارائه گردد. با تعریف شاخص خشکسالی که در اصل تابعی است از عوامل مختلف محیطی متاثر از خشکسالی که در نهایت به صورت یک عدد نمایش داده می‌شود می‌توان تصویر جامعی از همه این عوامل را فراهم نموده و از آن برای ارزیابی خشکسالی و تصمیم‌گیری درباره آنها استفاده نمود که به مراتب مفیدتر و ساده‌تر از ردیف‌های متعددی از داده‌های متنوع مرتبط با خشکسالی می‌باشد (پیرمرادیان و همکاران،۱۳۸۷). در این راستا از شاخص‌های مختلفی جهت کمیت بخشیدن به شدت‌های خشکسالی استفاده می‌شود. شاخص SPI از معدود شاخص‌های انعطاف‌پذیر است که در آن پیش‌بینی زمان شروع، خاتمه و شدت خشکسالی در مقیاس زمانی کوتاه و بلند میسر است.

---

[1] Drought
[2] Aridity

پایش و تحلیل خشکسالی‌های اتفاق افتاده در راستای کمک به شناخت وضعیت خشکسالی در گذشته، حال و پیش‌بینی وضعیت خشکسالی در آینده به مدیران اجرائی کمک می‌نماید که برنامه‌های تسکین، سازگاری و جبران را در مواجه با خشکسالی‌های اتفاق افتاده و یا پیش‌بینی شده بکار گیرند. آگاهی از وضعیت خشکسالی با پیش‌بینی و پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی می‌تواند خطر زیان‌های ناشی از این پدیده را تا حد شایان توجهی کاهش دهد. پیش‌بینی یک عنصر کلیدی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است، زیرا کارایی نهایی هر تصمیم بستگی به طبیعت یک دنباله از حوادث دارد که متعاقب آن تصمیم‌گیری پیش می‌آید.

یکی از روش‌های پیش‌بینی خشکسالی تحلیل سری‌های زمانی است. تحلیل سری‌های زمانی به عنوان بخشی از روش‌های احتمالاتی از دهه ۱۹۷۰ به بعد برای پیش‌بینی و کنترل داده‌ها توسعه یافته است. این تحلیل معمولا به داده‌هایی مربوط می‌باشد که مستقل نبوده و به طور متوالی به هم وابسته‌اند. همین وابستگی بین مشاهدات متوالی است که مورد توجه قرار گرفته و بیشترین کاربرد را در پیش‌بینی داشته است (بزرگ نیا و نیرومند ۱۳۷۴).

مهم‌ترین هدف از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، یافتن مدل تغییرات و پیش‌بینی آینده می‌باشد.

با توجه به مشخصات اقلیمی و استقرار حوضه‌های آبخیز استان هرمزگان در منطقه فوق‌حاره‌ای که جزء مناطق گرم و خشک ایران است، اقلیم آن تحت تاثیر آب و هوای نیمه‌بیابانی و بیابانی قرار دارد و با توجه به این که خسارات خشکسالی در مناطق خشک که از دیدگاه اقتصادی ساختار شکننده‌تری دارند، نمود بیشتری یافته و اثرات منفی ماندگاری را از جهات مختلف بر جای می‌گذارد اهمیت توجه به پایش، شبیه‌سازی و پیش‌بینی خشکسالی بیش از پیش ضروری می‌نماید.

با توجه به مطالب ارائه شده، این پژوهش بر سوال‌های زیر استوار است:

- آیا خشکسالی در منطقه مورد مطالعه از روند خاصی پیروی می‌کند ؟
- کدام مدل سری زمانی جهت پیش‌بینی گزینه بهتری می‌باشد ؟

۱-۲- پیشینه تحقیق :

خشکسالی از پدیده‌های مورد توجه دانشمندان در سراسر دنیاست. بررسی‌های انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که خشکسالی ، از نظر فراوانی وقوع و همچنین ویژگی‌هایی که داراست نسبت به سایر بلایای طبیعی اولویت داشته و خسارت‌های بیشتری را وارد می‌سازد، لذا نیازمند توجه بیشتری در تصمیم‌گیری‌های سیاسی می‌باشد (ویلهایت و گلانتز[۳]،۱۹۸۵).

برای درک صحیح از خشکسالی، بسیاری از تلاش‌ها جهت ارائه تحلیل‌های متناسب و جامع خصوصیات این پدیده، و هم‌چنین بررسی ارتقاء و بهبود عملکرد موثرتر در مقابل آن به کار رفته است (دریاباری، ۱۳۸۵). اولین مطالعات در زمینه طول دوره خشکسالی به سال ۱۸۸۷ مربوط است که سازمان هواشناسی انگلستان بین خشکسالی جزیی(یک دوره حداقل ۱۵ روزه متوالی با بارش کم‌تر از ۲/ میلی‌متر) و خشکسالی مطلق (که معدل روزانه ۲۹ روز متوالی باران کم‌تر از ۲/ میلی‌متر)تفاوت قائل شده است (کاویانی ۱۳۸۴).

لو[۴] (۱۹۸۴) نقشه شاخص تغییرپذیری بارش را برای قاره استرالیا تهیه کرده است. این شاخص تغییرپذیری بارش را در مناطقی که معدل بارش خیلی متفاوت است مستقیما با یکدیگر مقایسه می‌کند. وی با استفاده از این شاخص توانست نواحی که بیشترین استعداد را برای خشکسالی در استرالیا دارند مشخص نماید. فولی[۵] (۱۹۷۵) با بسط بعضی از دوره‌های خشکسالی استرالیا توانسته است معیاری برای تغییرات شاخص خشکی پیشنهاد نماید (لشتی و تلوری ۱۳۸۳).

نیشابوری (۱۳۶۵) با استفاده از روش‌های تجربی، آمبرژه، بانیول، گوسن و با انجام تغییراتی در جهت سازگار کردن معادلات فوق با ویژگی‌های جغرافیایی ایران اقدام به تعیین و تفکیک فصول خشک و مرطوب کرده است. فرجزاده و همکاران (۱۳۷۴)، زاهدی و قویدل رحیمی(۱۳۸۱) و لشنی و تلوری (۱۳۸۳) همگی به شناسایی دوره‌های خشک و مرطوب در نقاطی از ایران پرداخته‌اند.

به منظور درجه‌بندی شدت خشکسالی نیز شاخص‌های متعددی وجود دارد که از میان آنها شاخص SPI[۶] کاربرد فراوانی دارد.SPI به صورت گسترده‌ای جهت پایش و پهنه‌بندی خشکسالی‌های منطقه‌ای و محلی مورد استفاده قرار گرفته است. شاخص بارش استاندارد شده (SPI) جهت کمی کردن کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف از یک تا ۴۸ ماهه طراحی شده است (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۵). این مقیاس، اثرات خشکسالی را بر روی منابع آب نشان می‌دهند (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳) یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های SPI تعیین زمان آغاز و پایان خشکسالی و در نتیجه مدت آن در یک منطقه است. مک‌کی و همکاران(۱۹۹۳) اولین کسانی بودند که با استفاده از این شاخص خشکسالی‌های ۱۹۹۳و۱۹۹۴ ایالت کلرادو را مورد پایش قرار دادند. بعد از آن محققین مختلفی برای تجزیه و تحلیل

---

[3] Wilhite and Glantz
[4] Loewe
[5] Foly
[6] Standardized Precipitation Index

خشکسالی از این شاخص استفاده کردند. مجموعه این مطالعات این شاخص را جهت پایش خشکسالی مناسب دانسته‌اند(کرانگ‌لی[۷] (۲۰۰۱)، سینارای[۸] (۲۰۰۱)، زنوتور و راولو[۹] (۲۰۰۰)، کابرینا و سانتو[۱۰] (۲۰۰۱)، گریدو ابنزا[۱۱] (۱۹۹۹)، آکه[۱۲] و همکارانش (۲۰۰۱)، یاموح[۱۳] و همکاران (۱۹۹۷)، هیز[۱۴] و همکاران(۱۹۹۸)، ادواردز و مک‌کی[۱۵] (۱۹۹۷)، کموسکو[۱۶] (۱۹۹۹)، گاتمن[۱۷](۱۹۹۹)، اگنیو[۱۸](۲۰۰۰)، بوسی و همکاران[۱۹](۲۰۰۰)، سالی و همکاران[۲۰](۲۰۰۰)، لنا و همکاران[۲۱] (۲۰۰۱)، کنسلیریا و همکاران[۲۲] (۲۰۰۷)، دوسو [۲۳] (۲۰۰۷)).

در مناطق مختلف آب و هوایی ایران نیز تحقیقاتی در زمینه تعیین دوره خشک و توزیع مکانی آنها صورت گرفته است(کریمی و همکاران (۱۳۸۰)، شیروانی و همکاران (۲۰۰۳)، اختری و همکاران (۱۳۸۵)، سلطانی و سعادتی (۱۳۸۶)، مساعدی و همکاران (۱۳۸۷)). اما در زمینه رفتار تصادفی SPI مطالعات اندکی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات رضیئی و همکاران (۱۳۸۶) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از زنجیره مارکف اشاره کرد. ولی آنها به مقوله پیش‌بینی خشکسالی نپرداخته‌اند. همچنین علیزاده و آشگر طوسی (۱۳۸۷) پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی در استان خراسان رضوی را با استفاده از SPI و زنجیره مارکف مطالعه کردند. آنها احتمال وقوع وضعیت نرمال آب و هوایی در اکثر ایستگاه‌های استان را برای سال۱۳۸۷ پیش‌بینی کردند. عزیزی و روشن (۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه سه ایستگاه هواشناسی در استان هرمزگان در مدت ۳۷ سال، به این نتیجه رسیدند که در طول دوره مورد مطالعه ۳ دوره خشکسالی و ۲ دوره ترسالی در منطقه رخ داده است، به طوری که خشکسالی‌ها ضعیف و متوسط اما با تداوم زیاد بوده در حالی که ترسالی‌ها شدید و بسیار شدید اما با تداوم کم ظاهر شده‌اند. در مورد شدت و مدت خشکسالی تحقیقات کمتری صورت گرفته است. در این مورد میتوان به تحقیقات سلیمانی و همکاران (۱۳۸۴) اشاره نمود که به بررسی روند خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران پرداختند. به همین منظور با

---

[7] Kerang Li
[8] Sinha Ray
[9] Zanvettor & Ravelo
[10] Cabrinha & Santo
[11] Garrido Abenza
[12] Akeh and et al
[13] Yamoah and et al
[14] Hayes and et al
[15] Edvards and Mckee
[16] Komuscu
[17] Guttman
[18] Agnew
[19] Bussay and et al
[20] Szalai and et al
[21] Lana and et al
[22] Cancelliere and et al
[23] Dossou and et al

استفاده از داده‌های بارندگی ایستگاه‌های منتخب با طبقه‌بندی شدت خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها به ۴ گروه دوره تداوم یکساله ،دو تا سه ساله ،چهار تا پنج ساله و فراتر از پنج ساله به تجزیه و تحلیل خشکسالی‌ها پرداختند. نتایج آنها نشان داد که هر چند وقوع خشکسالی‌ها نسبت به ترسالی‌ها در اغلب ایستگاه‌ها از فراوانی بیشتری برخوردار بوده با این حال هیچ روند خاص اقلیمی مبنی بر کاهش بارندگی در منطقه در سال‌های اخیر مشاهده نشده است و از نظر مکانی نیز وقوع خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها از نظم خاصی تبعیت نکرده است. همچنین عیوضی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای در ۲۷ ایستگاه در استان گلستان طی یک دوره آماری ۲۵ ساله (۱۳۶۲-۱۳۸۵) به این نتیجه رسیدند که خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها از تداوم و فراوانی کم‌تری نسبت به شرایط نرمال برخوردار بوده و همچنین وضعیت رطوبتی ترسالی نسبت به خشکسالی از فراوانی بیشتری برخوردار است.

صفدری(۱۳۸۳) در مطالعه‌ای به بررسی ویژگی‌های شدت، تداوم و گستره خشکسالی‌ها در حوضه کارون و در نهایت تهیه نقشه‌های خشکسالی‌های شدید در منطقه پرداخت. در این مطالعه از شاخص بارش استاندارد (SPI) به عنوان شاخص منتخب جهت بررسی ویژگی‌های خشکسالی در ۲۹ ایستگاه واقع در داخل و خارج حوزه کارون با طول دوره آماری مشترک ۲۸ ساله (۱۹۹۹_۱۹۷۲میلادی) در سه مقیاس زمانی ۳ ماهه، ۶ ماهه و ۱۲ ماهه استفاده گردیده است. پس از بررسی نتایج خروجی، شدیدترین خشکسالی‌های اتفاق افتاده در هر مقیاس در طول دوره آماری در محیط GIS با روش درون‌یابی IDW به علت داشتن حداقل RMSE با اندازه سلول ۵۰۰*۵۰۰ متر مربع ترسیم گردید. نتایج وجود خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید با تداوم‌های طولانی مدت را در طول دوره آماری در منطقه نشان می‌دهد.

اعتبار متغیرهای اقلیمی فقط برای همان نقطه‌ای است که اندازه‌گیری می‌شوند. بنابراین در پایش و تحلیل متغیرهای اقلیمی جهت تخمین مقدار متغیرهای هواشناسی در مکان‌های دیگر و تهیه نقشه‌های پیوسته از روش‌های درون‌یابی استفاده می‌شود (سلیقه و همکاران،۱۳۹۲). با توجه به نیاز مبرم اقلیم‌شناسان و جغرافی‌دانان و دیگر محققان علوم محیطی که به نوعی با مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی و پیش بینی پیامدهای ممکن بلایای محیطی و تغییر اقلیم ارتباط دارند روش‌های متعددی از الگوریتم‌های درون‌یابی در دسترس است. به عنوان نمونه رایج‌ترین و قدیمی‌ترین آن روش درون‌یابی تیسن است که به طور گسترده به منظور درون‌یابی به کار برده شده است (Tabios and Salas ,1985 -Dirks at all, 1998).

در مطالعات زیادی اثبات شده است که انجام روش‌های مختلف درون‌یابی فضایی به نوع، آرایش فضایی، پراکندگی متغیر و ویژگی منطقه مورد مطالعه بستگی دارد و به همین خاطر دقت محاسبات در هر روش به طور گسترده‌ای تغییر می‌کند (Martinez cob 1996, haberlandt 2007, goovaerts 2000, tewolde at al 2010).

بنابراین می‌بایست در استفاده از هر روش درون‌یابی، تغییر پذیری سطح درون‌یابی شده را دارای اهمیت بدانیم، چرا که نتایج درون‌یابی از روشی به روش دیگر متغییر است(luo at all , 2008).

در سال‌های اخیر محققان هواشناسی و اقلیم‌شناسی توجه زیادی به کاربرد و مقایسه‌ی روش‌های

درون‌یابی در تحلیل‌های اقلیمی بویژه متغیرهای بارش و درجه حرارت در سطح جهان داشته‌اند. *(Stien&Coresten,1991 ,lin at all, 2001 ,Shang at all, 2003 ,Meyers 1994 ,Daly at all 2006, Hong at all, 2005, Costa at all, 2008, Taesombat,2009 ,Apaydin at all, 2004 ,Yue at all, 2002)*

و همچنین محققان زیادی مطالعاتی در ایران انجام داده‌اند (میرموسوی (۱۳۸۹), متکان و همکاران (۱۳۸۹), علیجانی و همکاران (۱۳۸۷)). اما در خصوص کاربرد این روش‌ها در تحلیل فضایی شدت خشکسالی کارهای کمتری انجام شده است. اختری و همکاران (۱۳۸۸) به منظور پایش خشکسالی استان تهران ابتدا از دو شاخص SPI وEDI استفاده کرده و سپس برای تحلیل فضایی چندین روش زمین آمار چون کریجینگ، کوگریجینگ، TPSS[۲۴]، تیسن و میانگین متحرک وزنی (WMA[۲۵]) را مورد ارزیابی قرار دادند و در نهایت ضمن تایید متغیر مکانی بودن شاخص‌ها نشان دادند که هر چند روش کریجینگ از دقت بالاتری برخوردار بوده است ولی با لحاظ نمودن سرعت عمل و استفاده از این نتایج در سیستم‌های پایش فعال، روش میانگین متحرک وزن‌دار نیز از دقت کافی برخوردار می‌باشد. قهرودی (۱۳۸۱) به نقد و بررسی مدل کریجینگ برای درون‌یابی متغیرهای جغرافیایی از جمله بارندگی و شدت خشکسالی پرداخته است. از نتایج بدست آمده مشخص شده با این که این مدل از دقت بالایی برخوردار است اما در اکثر تحلیل‌های جغرافیایی نتایج دور از واقعیت می‌دهد ضمن آنکه به ساختار فضایی نقاط نمونه‌برداری وابسته است و تحت تاثیر دامنه تغییرات نمونه‌ها نیز می‌باشد. شارما[۲۶](۲۰۰۶) بهترین روش را برای درون‌یابی روش IDW معرفی می‌کند. بداق جمالی و همکاران (۱۳۸۵) در پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از SPI نشان دادند که از بین روش‌های درون‌یابی، روش کریجینگ و IDW روش‌های مناسبی برای درون‌یابی شدت دوره‌های خشک می‌باشند. اغلب شاخص‌هایی که توسط محققین ارائه شده است برای پایش شرایط جاری خشکسالی‌ها به کار رفته‌اند، اما برخی از آنها را می‌توان جهت پیش‌بینی احتمال تکامل و شروع دوره خشکسالی استفاده کرد. در این راستا میشرا و دسای[۲۷] (۲۰۰۵) مطالعه‌ای را جهت پیش‌بینی خشکسالی هواشناسی بر اساس شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی متفاوت با استفاده از مدل‌سازی سری‌های زمانی انجام داده‌اند. همچنین دورودو[۲۸] (۲۰۱۰) در تحقیقی مشابه پیش‌بینی خشکسالی هواشناسی بر اساس شاخص SPI توسط مدل سری زمانی در حوضه‌ای در کشور ترکیه ارائه کرده است. نواکز و همکاران[۲۹] (۱۹۸۵)، دیویس و راپوپورت[۳۰] (۱۹۷۵)، بورلندو و همکاران[۳۱](۱۹۹۶)،

[24] Thin Plate Smoothing Splines
[25] Weighted Moving Average
[26] Sharma
[27] Mishra And Desai
[28] Durdu And et al
[29] Noakes And et al
[30] Davis and Rappoport
[31] Burlando And et al

ساپلیو گلو و همکاران[۳۲] (۲۰۱۰)، کی‌کیم و همکاران[۳۳](۲۰۰۴)، همگی جهت پیش‌بینی بارندگی و مشخص کردن روند خشکسالی در کارهای تحقیقاتی خود از مدل‌های سری زمانی بهره بردند. تمام مطالعات فوق نشان داد که مدل باکس جنکینز نسبت به مدل‌های دیگر جهت پیش‌بینی‌های کوتاه مدت بهتر است.

پیش‌بینی بر اساس تحلیل سری‌های زمانی با کاربرد مفهوم مدل‌های ARIMA در منابع زیادی جهت پیش‌بینی‌های کوتاه مدت مورد استفاده قرار گرفته است (Hipel and McLeod ،1994)

اشرف‌زاده و مالمیر (۱۳۹۰)، جهانبخش اصل و سرافروزه (۱۳۸۷)، جهان‌دیده و شیروانی (۱۳۹۰) مدل ARIMA را جهت پیش‌بینی خشکسالی مناسب تشخیص دادند.

علاوه بر پیش‌بینی خشکسالی توسط سری‌های زمانی در مطالعاتی نیز از روش شبکه عصبی استفاده شده است. به طوری که در تحقیق دیگری میشرا و دسای (۲۰۰۶) برای پیش‌بینی خشکسالی از مدل شبکه عصبی بر اساس شاخص SPI استفاده کردند و نتیجه گرفتند که مدل‌های شبکه عصبی در مقایسه با مدل‌های آماری کارایی بیشتری دارند. در این مورد عیوضی و همکاران (۱۳۸۸) نیز به نتایج مشابه‌ای در حوضه گرگان‌رود رسیده‌اند. همچنین سلاجقه و همکاران (۱۳۸۷) جهت پیش‌بینی خشکسالی از شبکه عصبی مصنوعی و مدل سری زمانی باکس جنکینز بهره بردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل‌های سری زمانی عملکرد بهتری در پیش‌بینی مقادیر SPI نسبت به شبکه عصبی دارد.

مدل‌های سری زمانی از جمله مدل‌های ARIMA دارای چندین مزیت نسبت به سایر روش‌ها مانند هموارسازی نمایی و شبکه‌های عصبی می‌باشد. قابلیت پیش‌بینی آن و اطلاعات مهمی که در رابطه با تغییرات وابسته به زمان نشان می‌دهد از مزایای آن می‌باشند.

اغلب مطالعات صورت گرفته در کشور که بعضی از آنها در بالا اشاره شد مربوط به پایش دوره‌های خشک در زمان‌های گذشته و حال است و تحقیق و مطالعه درباره مدل‌سازی سری‌های زمانی شاخص SPI و پیش‌بینی آن در آینده انجام نشده است. مطالعات صورت گرفته در زمینه رفتار تصادفی این شاخص بوسیله زنجیره مارکف مرتبه یک می‌باشد که در حقیقت وضعیت کلاس‌های خشکسالی مدل‌بندی شده است و احتمال وقوع وضعیت خشکسالی در هر ماه به ماه قبل ارتباط داده شده است. ولی در مدل‌سازی این شاخص بوسیله سری‌های زمانی مقدار خود شاخص مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و اثر فصلی، روند و وابستگی مقدار شاخص در هر ماه به تمامی ماه‌های قبل هم در دوره فصلی و هم غیر فصلی در نظر گرفته می‌شود.

[32] Saplioglu And et al
[33] Ki kim And et al

۱-۳- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق :

در دهه‌های اخیر در میان حوادث طبیعی که جوامع انسانی را تحت تاثیر قرار داده‌اند تعدد و فراوانی وقوع پدیده خشکسالی بیش از سایر حوادث بوده است. تغییر شرایط اقلیمی ناشی از وقوع خشکسالی به عنوان یکی از مخرب‌ترین پدیده‌های اقلیمی در هر منطقه اثرات مخرب اقتصادی و زیست محیطی را به دنبال دارد. وقوع چنین رویدادهایی موجب خسارت‌های بسیار زیاد به محصولات کشاورزی و دامی مناطق روستایی می‌شود که مهاجرت دسته جمعی روستائیان به شهرها را به دنبال دارد.

نتایج سرشماری‌ها نشان می‌دهد که برخی از روستاهای کشور در اثر این گونه خشکسالی‌ها خالی از سکنه شده‌اند. تبعات خشکسالی چند سال اخیر به طور چشم‌گیری، ابعاد مختلف توسعه استان، زندگی مردم و منابع پایه را تحت تاثیر قرار داده است. بحران کمبود آب باعث کاهش ذخیره آب مخزن سد میناب و عدم اطمینان از آبگیری سدهای جگین و شمیل، افت شدید سطح آب زیرزمینی دشت‌های اصلی استان، شور شدن و کاهش کیفیت منابع آب زیر زمینی به خاطر برداشت بی‌رویه گردیده که به تبع آن استان شاهد فقر پوشش گیاهی و بیابانی شدن اراضی، تشدید فرسایش بادی، کاهش شدید علوفه و تولیدات دامی، خشک شدن باغات، نخیلات و مرکبات و افزایش شیوع بیماری‌های مشترک انسان و دام خواهد بود. یکی از مهم‌ترین تبعات خشکسالی مشکلات اقتصادی و اجتماعی است که در نتیجه توقف برنامه‌های اقتصادی و کشاورزی و همچنین مهاجرت اجباری روستائیان رخ می‌دهد.

وقوع پیاپی خشکسالی‌های شدید و بلند مدت بویژه در مناطق حساس و شکننده موجب زیان‌های شدید اقتصادی می‌شود. بدیهی است شناخت و پیش‌بینی وضعیت خشکسالی منجر به مدیریت بهتر و مناسب‌تر تغییرات بوجود آمده و در نهایت کاهش اثرات ناشی از آن خواهد گشت.

با توجه به وسعت و عمق خسارات خشکسالی و متاسفانه به جهت ضعف‌های بسیار سازمانی و مدیریتی، آسیب‌پذیری کشور ما از وقوع این بلایای طبیعی بسیار بالا بوده و به طور معمول نتیجه آن بروز بحران‌های اقتصادی- اجتماعی است که روند پیشرفت مملکت را به شدت متاثر می‌نماید. لذا برای جلوگیری و یا کاهش خسارت‌های سنگین ناشی از خشکسالی لازم است قبل از وقوع حادثه تدابیر لازم اندیشیده شود. از این رو پیش‌بینی بارندگی و شناسایی الگوی آن نسبت به زمان در برنامه‌ریزی و مدیریت آن نقش بزرگی دارد. یکی از روش‌های مطالعاتی بررسی تغییرات بارندگی و پیش‌بینی، روش‌های آماری می‌باشد. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی معمولا دو هدف را دنبال می‌کند درک یا مدل‌کردن مکانیسم تصادفی که منجر به مشاهده سری می‌شود، پیش‌بینی مقادیر آینده سری که بر مبنای گذشته آن صورت می‌گیرد. مدل‌های سری زمانی، زمانی که یک دامنه وسیعی از فرایندهای تصادفی را شامل شدند از اهمیت زیادی برخوردار گردیدند. زیرا ساختار ریاضی آنها کاملا مفید برای پیش‌بینی بوده و نمایش آماری مناسبی از داده‌ها بر حسب پارامترهای بسیار کم تهیه می‌کند.