

واژه‌های کلیدی: استان فارس، خشکسالی هیدرولوژیکی، روش IDW، شاخص ناهنجاری بارش، شدت و تداوم.

ارزیابی شدت و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان فارس براساس شاخص بی‌نظمی بارش (RAI)

محمدحسین جهانگیر^{۱*} و مریم جهان پناه^۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۲

مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای است که به صورت مکرر و تقریباً در هر نوع آب و هوایی به وقوع می‌پیوندد. خشکسالی را می‌توان در چند گروه تقسیم کرد. یکی از این گروه، خشکسالی هیدرولوژیکی است که در این نوع وضعیت بلندمدت جریان‌های رودخانه‌ای و آب‌های زیرزمینی و دیگر منابع برآورد می‌شود [۲۴]. سیستم‌های پایش از ابزارهای لازم برای مدیریت خشکسالی هستند. با این سیستم‌ها است که می‌توان از شدت و توسعه مکانی خشکسالی آگاهی یافت که معمولاً با شاخص‌های خشکسالی این امر مهم به انجام می‌رسد. خشکسالی یک بلای طبیعی و قابل تکرار است که کلیه اقلیم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و هر ساله بیش از نصف کره زمین مستعد وقوع خشکسالی است [۲۵]. پایش خشکسالی به منظور بررسی وضعیت منطقه از نظر شروع خشکسالی و چگونگی توسعه زمانی و مکانی خشکسالی انجام می‌شود. مرسوم ترین راه به منظور پایش خشکسالی استفاده از شاخص‌های خشکسالی است [۱۰]. بارندگی به عنوان بی‌ثبات ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و زیرزمینی انعکاس می‌یابد. به همین دلیل بارش اولین عاملی است که می‌تواند در بررسی خشکسالی به ویژه خشکسالی هواشناسی مورد توجه قرارگیرد [۱]. در این پژوهش با استفاده از شاخص RAI^۳ که پارامتر مورد نظر بارش است، استان فارس مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ویژگی این روش کمک می‌کند تا کمی از رخدادهای خشکسالی در مکان‌ها و مقیاس‌های زمانی متفاوت مورد مقایسه قرار گیرد. پژوهش‌های در این زمینه انجام شده است از جمله برنا و همکاران [۴]، در استان خوزستان با استفاده از SIAP، PN و RAI وضعیت خشکسالی را در دو ایستگاه سینوپتیک آبادان و دزفول مورد بررسی قرار دادند نتایج پژوهشان نشان داد که فراوانی و توالی (دوره تداوم) خشکسالی‌ها با درجات مختلف در ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول است. منتصری و همکاران [۱۹]، در شمال غرب کشور ایران با استفاده از دو شاخص SPI و RAI به بررسی روند تغییرات دوره‌های خشکسالی و ترسالی شمال غرب کشور پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که می‌توان از هر دو شاخص خشکسالی SPI و RAI صرفاً برای

چکیده

یکی از مشکلاتی که بشر بخصوص در سال‌های اخیر با آن مواجه شده بحران آب و وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی است و از طرفی چون خشکسالی هیدرولوژیکی بصورت تدریجی اتفاق می‌افتد و در مدت زمان طولانی تری اثرات خود را برجای می‌گذارد پایش خشکسالی برای ما حائز اهمیت است. در میان شاخص‌های نظارت و پایش خشکسالی شاخص ناهنجاری بارندگی، به دلیل سادگی و تأثیر بالای آن یکی از روش‌های مناسب محسوب می‌گردد. هدف از این پژوهش پایش و پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص RAI در طول دوره آماری ۲۰ ساله (سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰) در ۱۰ ایستگاه کازرون، دشت ارژن، فراه‌بند، بند بهمن، جهرم، جوکان، بوانات، دریاچه کافت، قلات و نی ریز می‌باشد. پراکنش ایستگاه‌ها به نسبت یکسان در کل استان صورت گرفته است. همچنین نمودارهای پهنه‌بندی اوضاع خشکسالی برای دوره‌های بلند مدت و شدیدترین وضعیت در انتهای پژوهش ارائه شده است. نتایج نشان داد به طور تقریب و کلی در همه ایستگاه‌ها از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ پراکنش خشکسالی بیشتر بصورت دوره‌های یکساله و کوتاه مدت بطور متناوب اتفاق افتاده است و وضعیت خشکسالی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ بطور تقریبی در همه ایستگاه‌ها که معرف کل استان فارس است، بیشتر به صورت دوره‌های چندساله و بلندمدت خشکسالی مشاهده می‌گردد. براساس شاخص RAI شدیدترین خشکسالی در سال ۱۳۷۹ در ایستگاه جهرم با مقدار ۳/۹۴- و در سال ۱۳۷۳ در ایستگاه کازرون با مقدار ۳/۸۷- اتفاق افتاده است. همچنین براساس شاخص RAI بیشترین مقدار ترسالی در ایستگاه نی ریز با مقدار ۴/۶۳+ و در سال ۱۳۷۵ به وقوع پیوسته است.

۱- استادیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران، نویسنده مسئول
Email: Mh.jahangir@ut.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

تعیین روند تغییرات دوره‌های خشکسالی و ترسالی به دلیل همبستگی بالای دو شاخص خشکسالی فوق در ارزیابی و تعیین روند تغییرات خشکسالی و ترسالی، استفاده کرد. نظری پور [۲۳]، در استان فارس وضعیت خشکسالی را با استفاده از شاخص EDI، SPI، شاخص Z-چینی، شاخص اصلاح شده Z-چینی و شاخص Z مورد بررسی قرار داد. نتایج این بررسی نشان داد که نمایه های EDI، SPI، ZSI و ZCI به ترتیب برترین شاخص‌ها در پایش خشکسالی هواشناسی استان فارس بوده و برترین مقیاس های زمانی نیز ۹ و ۱۲ ماهه می باشد. شاخص تلفیقی خشکسالی ADI به خوبی قادر به نمایش رفتار خشکسالی های هواشناسی استان فارس بوده است. بستانی و همکاران [۵] در استان فارس در یک دوره ۱۵ ساله با استفاده از شاخص های SPI، PNPI و SIAP به بررسی وضعیت خشکسالی پرداخته اند. نتایج نشان می‌دهد خشکسالی در شهرستان‌های داراب، فسا، جهرم و لار در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۴، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ به وقوع پیوسته است. تیرناز و همکاران [۹]، در استان فارس طی مطالعه ای با استفاده از شاخص های SPI، PNPI وضعیت خشکسالی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که خشکسالی در شهرستان‌های داراب فسا جهرم و لار در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۶، ۱۳۸۴، ۱۳۸۰، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۷ به وقوع پیوسته است همچنین بیشتر خشکسالی‌ها مربوط به شهرستان لار بوده است. محمدی مطلق و همکاران [۲۰]، در استان فارس با استفاده از شاخص SPI و زنجیره مارکوف، استان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در تمامی ایستگاه‌ها وضعیت تقریباً نرمال بر اساس شاخص SPI با مقیاس زمانی شش ماهه، بیشترین فراوانی را دارا می‌باشد و بین ۳۳ الی ۴۲ درصد حالات را به خود اختصاص می‌دهد و پیش بینی می‌شود به طور متوسط کل استان در ۱۰ سال آینده ۵/۳۵ ماه درگیر خشکسالی خواهد شد. مکرم و همکاران [۲۱]، در استان فارس با استفاده از شاخص SPI به پایش خشکسالی پرداخته اند. با توجه به نتایج حاصل در محیط GIS مشخص گردید که خشک ترین سال ۱۳۸۷ می‌باشد. ضمناً مشخص شد که پدیده خشکسالی در شمال و شمال غربی از یک روند کاهشی پیروی کرده و در جنوب شرق و جنوب استان به حداکثر می‌رسد. پیرمادیان و همکاران [۷] در سال ۱۳۸۷ در استان فارس به منظور پایش خشکسالی با استفاده از شاخص SPI پرداختند. نتایج نشان داد که در بیشتر سال‌ها منطقه دچار خشکسالی بوده و شدت آن در سال‌های اخیر به مراتب بیشتر از سال‌های قبل می‌باشد. کرچی [۱۶]، با استفاده از شاخص های SIAP، RAI و Z-Score طی یک دوره بارش ۳۱ ساله به بررسی پایش خشکسالی در استان همدان پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که ایستگاه جوکار بیشترین فراوانی و توالی در میان سایر ایستگاه‌ها داشته است. قنواتی و همکاران [۱۵]، در شهرستان امیدیه چهار شاخص؛ Z، SIAP، RAI و SPI را به منظور پایش خشکسالی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که مناسب ترین شاخص در تعیین میزان خشکسالی در این شهرستان، به ترتیب شاخص های RAI، SPI و SIAP می باشد و شاخص Z به دلیل

استاندارد کردن داده‌ها بر اساس بارش های بسیار بالا، و پراکندگی شدید داده‌ها روش مناسبی محسوب نمی شود. اکبری و همکاران [۲] استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از شاخص های RAI، SPI عدد Z (ZSI) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با توجه به هر سه شاخص، اوج خشکسالی‌ها در هر سه ایستگاه از ابتدای سال آبی ۱۳۷۸ شروع شده و تا پایان سال آبی ۱۳۸۲ به طول انجامیده است. محمدزاده و همکاران [۲۲] با استفاده از شاخص RAI در استان بوشهر به پایش خشکسالی پرداخته اند. نتایج نشان داد که خشکسالی بسیار شدید در سال ۱۳۷۲ به وقوع پیوسته و در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ خشکسالی‌های شدیدی داشته است. سلگی و همکاران [۱۳]، در سال ۱۳۹۴ شهرستان نهاوند را با استفاده از شاخص های RAI، SLAP، PNI، DI، SPI، CZI، MCZI و Z (ZSI) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین وقوع خشکسالی بسیار شدید بر اساس شاخص های PNI، SPI، CZI، DI و ZSI در هر دو ایستگاه وسج و وراینه در سال آبی ۱۳۷۸-۱۳۷۷ شاهد بوده است و بر پایه شاخص RAI پنج مورد خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه وراینه، و چهار مورد خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه وسج، مشاهده گردید است. و بر اساس شاخص RAI بیشترین فراوانی خشکسالی در سال‌های با خشکسالی بسیار شدید و نرمال، بیشترین تداوم را دارا می‌باشد. در تحقیق شائق و همکاران [۱۴]، در استان یزد با استفاده از شاخص های PNI، DPI، RAI، BMDI و SPI منطقه را مورد بررسی قرار دادند در نتیجه بیشترین درصد تشابه بین دو شاخص RAI و DPI مشاهده شد. هر دو شاخص در منطقه مورد مطالعه وضعیت مشابه خشکسالی شدید را نشان می‌دهد و این دو شاخص بیشترین کارایی را جهت پایش خشکسالی هواشناسی دارا هستند و هر دو شاخص جهت پایش خشکسالی استاتیک استفاده گردیده است. کرمی و همکاران [۱۷]، در استان کرمانشاه به منظور پایش خشکسالی از سه شاخص خشکسالی SPI، PNPI و RAI استفاده کردند. نتایج نشان داد که شدیدترین خشکسالی در سال ۱۳۸۷ و سپس سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۷۴ جزو سال‌های خشک با وقوع شدیدترین خشکسالی در استان با مقیاس سالانه بدست آمد. طی مطالعه خسروی و همکاران [۱۲] در ایران صورت گرفت با استفاده از چهار شاخص RAI، PNI، در استان خراسان جنوبی با استفاده از شاخص RAI، منطقه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پهنه بندی استان بر اساس شاخص RAI نشان داد که گسترش خشکسالی با شدت‌های مختلف بصورت میانگین، به ترتیب حدود ۱/۳۴، ۶ و ۱۷ درصد از استان تحت تأثیر خشکسالی‌های شدید، بسیار شدید و ملایم بوده است. حجازی زاده و همکاران [۱۱]، استان فارس را با استفاده از شاخص RAI مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که فراوانی رخداد دوره‌های خشکسالی در کلیه ایستگاه‌ها بیشتر از ترسالی است.

همچنین طی پژوهش پیری و همکاران [۶]، شاخص RAI را در استان سیستان و بلوچستان مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد که در شهرهای زابل، ایرانشهر، زهک و چابهار شدیدترین خشکسالی اتفاق افتاده است.

جمع بندی سوابق تحقیق حاکی از آن می باشد تا کنون مطالعات فراوانی با استفاده از این شاخص صورت گرفته است اما با توجه به این که خشکسالی در استان فارس، همواره به عنوان یکی از عوامل بازدارنده توسعه کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی به شمار می آید لذا هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی پهنه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص RAI در یک دوره آماری ۲۰ ساله می باشد.

۲- داده های مورد استفاده

در این پژوهش از آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه هیدرومتری مدیریت منابع آب ایران استفاده گردید. ۱۰ ایستگاه هیدرومتری در کل استان فارس با پراکنش مناسب انتخاب شد و یک دوره آماری ۲۰ ساله از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ به عنوان دوره آماری مشترک برای تمام ایستگاه ها در نظر گرفته شد. به منظور پایش خشکسالی هیدرولوژیکی از شاخص RAI برای تمام ایستگاه های موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. به منظور استخراج مقادیر خشکسالی RAI از نرم افزار متلب استفاده گردید.

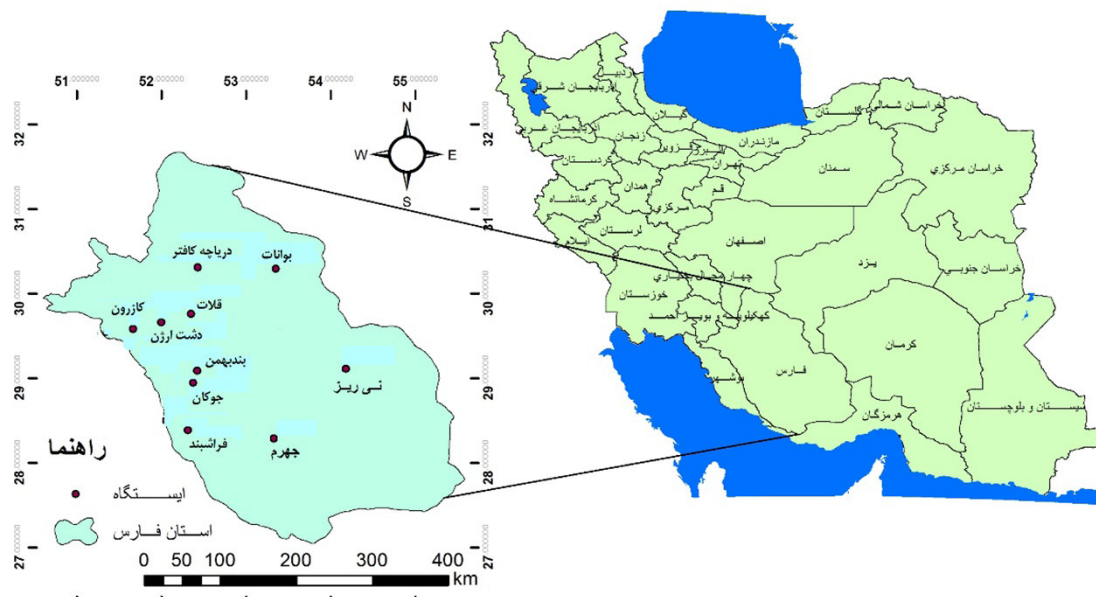
جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
کازرون	۸۴۰	۵۰/۳۰	۲۹/۴۳
دشت ارژن	۲۰۱۳	۵۱/۵۹	۲۹/۳۹
فراشبند	۸۲۲	۵۲/۰۵	۲۸/۵۰
بند بهمن	۱۶۲۰	۵۲/۳۴	۲۹/۱۲
جهرم	۱۳۷۰	۵۳/۳۳	۲۸/۲۹
جوکان	۱۶۱۵	۵۲/۳۴	۲۹/۰۲
بوانات	۱۸۴۲	۵۳/۵۴	۳۰/۲۱
دریاچه کافت	۲۳۰۷	۵۲/۴۳	۳۰/۳۱
قلات	۲۰۵۰	۵۲/۱۹	۲۹/۴۹
نی ریز	۱۶۳۲	۵۴/۱۸	۲۹/۱۱

مواد و روش ها

۱- منطقه مورد مطالعه

استان فارس یکی از استان های ایران است که در بخش جنوب این کشور واقع شده است. آب و هوای استان فارس در نقاط مختلف این استان به سه نوع کوهستانی، معتدل و گرم تقسیم می شود. این استان با مساحتی در حدود ۱۲۲۶۸۰ کیلومتر مربع، چهارمین استان بزرگ و با جمعیتی معادل ۴۸۵۱۲۷۴ بر طبق برآورد جمعیتی سال ۱۳۹۵ خورشیدی مرکز آمار ایران، چهارمین استان پرجمعیت ایران به شمار می رود. مشخصات جغرافیایی کامل استان فارس بر روی کره زمین از طول جغرافیایی ۳۶° ۵۰' تا ۵۵° ۳۵' شرقی و از عرض جغرافیایی ۲۷° ۳' تا ۳۱° ۴۰' شمالی می باشد. موقعیت جغرافیایی استان در جنوب ایران بوده و همسایگان استان از شمال به استان اصفهان و از شمال شرق به استان یزد و از شمال غرب به استان کهگیلویه و بویراحمد و از جنوب و جنوب شرق به استان هرمزگان و از شرق به استان کرمان محدود می گردد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه های هواشناسی

۳- معرفی شاخص ناهنجاری بارش RAI

شاخص ناهنجاری بارندگی توسط Rooy، ۱۹۶۵ ارائه شد. اساس این شاخص ناهنجاری بارندگی محاسبه انحراف میزان بارندگی از مقدار نرمال است. مراحل محاسبه این شاخص بصورت زیر است.

۱. محاسبه میانگین دراز مدت بارندگی در ایستگاه‌های مورد نظر ($\bar{P}$).
۲. استخراج میانگین ده مورد از بیشترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ($\bar{M}$).

۳. استخراج میانگین ده مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ($\bar{X}$).

۴. مقایسه داده‌های بارندگی (P) با میانگین دراز مدت بارندگی، الف: چنانچه $P > \bar{P}$ یا اصطلاحاً ناهنجاری مثبت باشد. شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه یک محاسبه می‌شود:

$$RAI = +3 \left[\frac{P - \bar{P}}{\bar{M} - \bar{P}} \right] \quad (1)$$

ب: چنانچه $P < \bar{P}$ یا اصطلاحاً ناهنجاری منفی باشد. شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه دو محاسبه می‌شود.

$$RAI = -3 \left[\frac{P - \bar{P}}{\bar{X} - \bar{P}} \right] \quad (2)$$

۵. اختصاص آستانه‌های +۳ و -۳ به ترتیب ده مورد از شدیدترین ناهنجاری‌های مثبت و منفی بدست آمده از شاخص ناهنجاری بارندگی،

۶. با مقیاس‌گذاری روی مقادیر حاصل از شاخص ناهنجاری‌های بارندگی مطابق با جدول ۱ وضعیت خشکسالی به پنج طبقه دسته بندی می‌شود.

جدول ۲: طبقه‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص RAI

وضعیت خشکسالی	آستانه نسبت داده شده به RAI
نزدیک به نرمال	+۳ تا -۰/۳
خشکسالی ضعیف	-۰/۳ تا -۱/۲
خشکسالی متوسط	-۱/۲ تا -۲/۱
خشکسالی شدید	-۲/۱ تا -۳
خشکسالی بسیار شدید	کوچکتر مساوی -۳

نتایج و بحث

۱- ارزیابی وضعیت خشکسالی در استان براساس شاخص RAI

در ادامه با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش برای دوره مورد مطالعه بزرگی و تداوم خشکسالی با شدت‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید و در جدول ۳ نشان داده شده است و همچنین نتایج و خروجی‌های نرم‌افزار و نمودارهای شاخص RAI در آورده شده است (جدول ۳).

جدول ۳: بزرگی و تداوم خشکسالی با شدت‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه

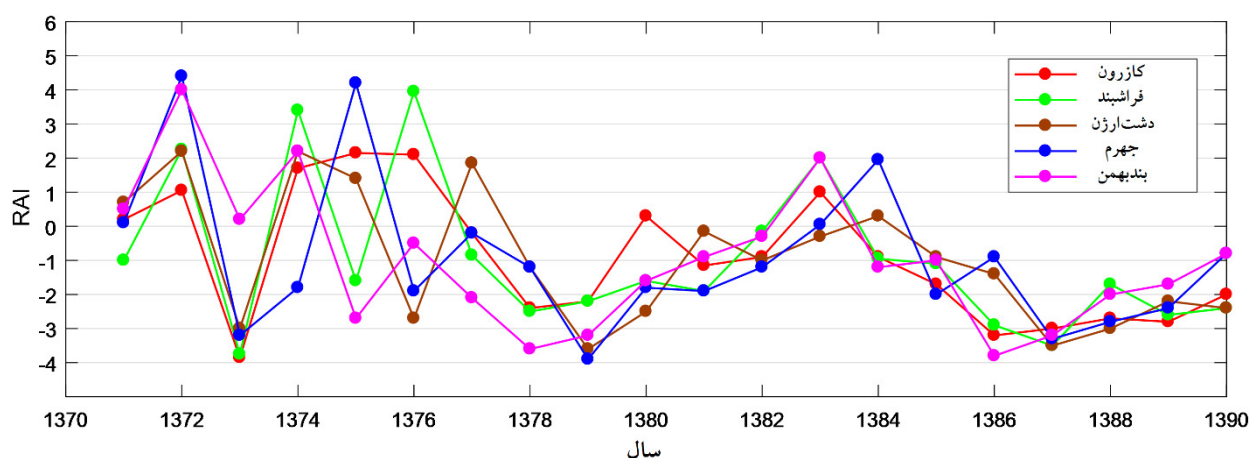
ایستگاه	تداوم		بزرگی		تعداد دوره‌های خشک	تعداد دوره‌های تر
	طولانی‌ترین دوره خشک	طولانی‌ترین دوره تر	شدیدترین سال خشک	شدیدترین سال تر		
کازرون	۱۳۸۴-۱۳۹۰	۱۳۷۴-۱۳۷۷	۱۳۷۳	۱۳۷۶	۴ دوره	۱ دوره
دشت ارژن	۱۳۸۵-۱۳۹۰	۱۳۷۳-۱۳۷۵	۱۳۷۹	۱۳۷۲	۴ دوره	۳ دوره
فراشبند	۱۳۸۴-۱۳۹۰	۱۳۸۲-۱۳۸۴	۱۳۸۷	۱۳۷۶	۱۱ ساله	۴ دوره
بند بهمن	۱۳۷۴-۱۳۸۲	۱۳۷۰-۱۳۷۴	۱۳۷۸	۱۳۷۲	۲ دوره	۲ دوره
جهرم	۱۳۷۶-۱۳۸۳	۱۳۷۱-۱۳۷۲	۱۳۷۹	۱۳۷۲	۱۵ ساله	۵ ساله
جوکان	۱۳۸۶-۱۳۹۰	۱۳۸۲-۱۳۸۵	۱۳۸۷	۱۳۷۵	۳ دوره	۳ دوره
بوانات	۱۳۸۰-۱۳۸۷	۱۳۸۰-۱۳۸۵	۱۳۸۷	۱۳۸۳	۷ ساله	۷ ساله
دریاچه کافتی	۱۳۸۶-۱۳۹۰	۱۳۸۰-۱۳۸۴	۱۳۸۷	۱۳۸۱	۴ دوره	۴ دوره
قلات	۱۳۸۶-۱۳۹۰	۱۳۸۰-۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۷۴	۵ ساله	۶ ساله
نی ریز	۱۳۷۸-۱۳۸۲	۱۳۷۳-۱۳۷۶	۱۳۷۸	۱۳۷۵	۲ دوره	۳ دوره
	۱۳۸۶-۱۳۹۰	۱۳۸۳-۱۳۸۵			۴ ساله	۶ ساله

بر اساس یافته‌ها مشخص گردید که بیشترین تعداد دوره‌های خشکسالی در ایستگاه بندبهمن طی دو دوره غیرمتوالی ۱۵ ساله رخ داده است. پس ایستگاه‌های فراشبند و جهرم با داشتن مجموع ۱۱ سال غیرمتوالی بیشترین تعداد دوره‌های خشکسالی بوده است. ایستگاه قلات نیز با چهار دوره غیرمتوالی ۱۰ ساله دارای بیشترین تعداد دوره ترسالی بوده است و بعد از آن ایستگاه‌های بوانات، جوکان و دریاچه کافت‌ر دارای بیشترین دوره بوده است.

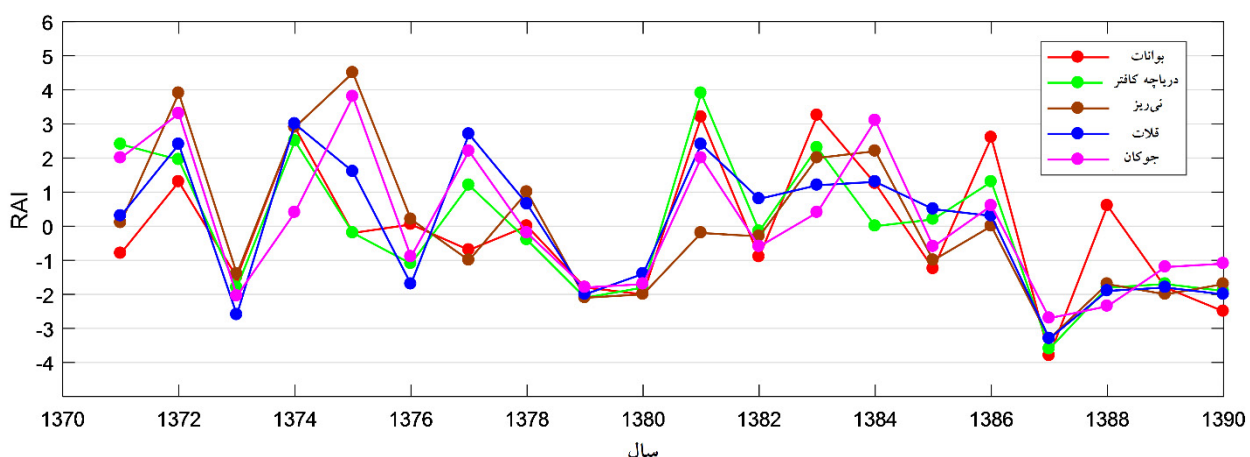
شاخص RAI بصورت نمودار در شکل ۲ برای پنج ایستگاه بندبهمن، کازرون، فراشبند، دشت ارژن و جهرم ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که ایستگاه جهرم، بیشترین مقدار خشکسالی را در سال ۱۳۷۹ با مقدار $-۳/۹۴$ دارا بوده است و سپس، ایستگاه کازرون بیشترین مقدار خشکسالی را با مقدار $-۳/۸۷$ در سال ۱۳۷۳ را داشته است. در حالت کلی بیشترین سطح زیر نمودار خشکسالی مربوط به ایستگاه بندبهمن است و سایر ایستگاه‌ها از جمله ایستگاه دشت ارژن و فراشبند در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بصورت کلی مطابق شکل ۲ از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ پراکنش ایستگاه‌ها بصورت نرمال

و دوره‌های ترسالی یا خشکسالی عمدتاً یک ساله مشاهده می‌شوند ولی بعد از آن تا سال ۱۳۸۱ در هر ۵ ایستگاه وضعیت بصورت وقوع دوره‌های خشک پیوسته مشاهده می‌گردد. از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ به جز دو ایستگاه جهرم و فراشبند که در وضعیت دوره‌های یک ساله تر قرار گرفته اند، همه ایستگاه‌ها رفتاری بصورت نرمال دارند. همچنین از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ هر ۵ ایستگاه در وضعیت خشکسالی قرار دارند که در دو ایستگاه فراشبند و بندبهمن شدید ترین مقدار شاخص RAI در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۶ مشاهده می‌گردد.

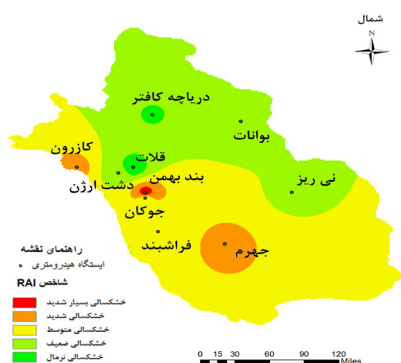
شاخص RAI بصورت نمودار برای پنج ایستگاه بوانات، دریاچه کافت‌ر، نی ریز، قلات و جوکان مطابق شکل ۳ مشخص گردید که ایستگاه نی ریز در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ دارای بیشترین ترسالی بوده است. همان طور که انتظار می‌رفت از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ بصورت کلی در هر سه ایستگاه بوانات، دریاچه کافت‌ر و نی ریز در ابتدا وضعیت نرمال و سپس به سمت خشکسالی ضعیف پیش می‌روند و در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶ وضعیت بصورت ترسالی مشاهده می‌گردد. در ادامه یک دوره یک ساله خشکسالی بسیار



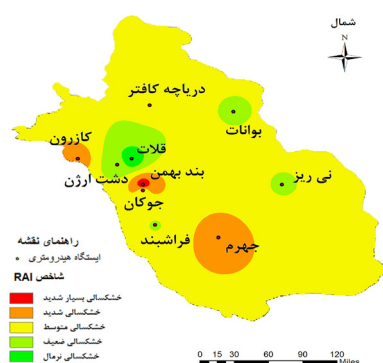
شکل ۲: نمودار شاخص RAI برای دوره آماری ۲۰ سال برای ایستگاه‌های: بندبهمن، کازرون، فراشبند، دشت ارژن، جهرم



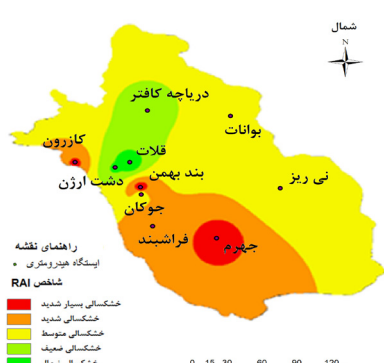
شکل ۳: نمودار شاخص RAI برای دوره آماری ۲۰ سال برای ایستگاه: بوانات، دریاچه کافت‌ر و نی ریز



شکل ۴- نقشه پهنه بندی خشکسالی
شاخص RAI بر اساس میانگین ۱۶ ساله
بارش استان فارس



شکل ۵- نقشه پهنه بندی خشکسالی
شاخص RAI بر اساس میانگین ۱۸
ساله بارش استان فارس



شکل ۶- نقشه پهنه بندی خشکسالی
شاخص RAI بر اساس میانگین ۲۰
ساله بارش استان فارس

و همچنین رنگ زرد خشکسالی متوسط را نشان می‌دهد. نتیجه‌ای که از این مجموعه شکل‌ها می‌توان گرفت این است که با افزایش مدت میانگین بارش در محاسبات مقادیر، وضعیت استان فارس از خشکسالی متوسط و ضعیف به سمت خشکسالی شدید پیش رفته است این نشان دهنده این است که با گذشت زمان میانگین بارش در سطح استان کم شده و وضعیت استان به سمت خشکسالی شدید در پیش است و در ادامه مطابق شکل ۶ که نقشه پهنه‌بندی خشکسالی شاخص RAI براساس میانگین ۱۶ ساله بارش استان فارس است، بیانگر آن است که در سطح استان حدود ۵۵ درصد خشکسالی متوسط، ۳۰ درصد خشکسالی ضعیف، ۷ درصد خشکسالی شدید و ۵ درصد خشکسالی نرمال و ۳ درصد خشکسالی بسیار شدید رخ داده است که در مقایسه با دو شکل ۶، ۷ درصد وضعیت خشکسالی نرمال و متوسط کمتر شده و وضعیت خشکسالی شدید و بسیار شدید بیشتر شده بطوریکه مطابق شکل ۵ که نقشه پهنه بندی خشکسالی شاخص RAI بر اساس میانگین ۱۸ ساله بارش استان فارس است، بیانگر آن است که در سطح استان ۷۰ درصد خشکسالی متوسط، ۱۵ درصد خشکسالی ضعیف، ۱۰ درصد خشکسالی شدید، ۳ درصد وضعیت نرمال و ۲ درصد خشکسالی بسیار شدید رخ داده است. براساس میانگین ۱۶ و ۱۸ ساله بارش در استان، خشکسالی از حالت ضعیف به سمت خشکسالی متوسط در حال صعود است و در نهایت مطابق شکل ۶ که نقشه پهنه بندی خشکسالی شاخص RAI بر اساس میانگین ۲۰ ساله بارش استان فارس را بیان می‌کند؛ ۶۰ درصد سطح استان وضعیت خشکسالی متوسط و ۲۵ درصد وضعیت خشکسالی شدید و ۱۰ درصد وضعیت خشکسالی ضعیف و ۷ درصد وضعیت خشکسالی بسیار شدید و ۳ درصد وضعیت خشکسالی نرمال را دارا می‌باشد. این افزایش خشکسالی نشان از این دارد که متوسط بارش در دو سال اخیر کاهش یافته است. مطابق اشکال ۴، ۵ و ۶ در ایستگاه جهرم در هر سه شکل وضعیت خشکسالی شدید مشاهده می‌گردد که ناشی از بارش کم در ایستگاه می‌باشد و همچنین ایستگاه قلات در هر سه شکل در وضعیت

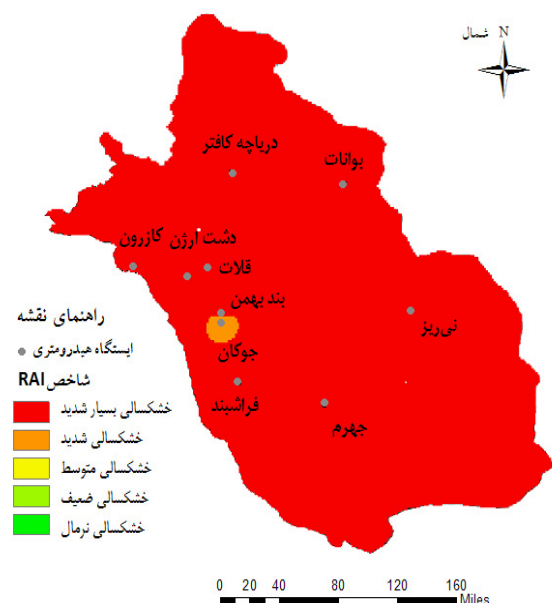
شدید در سال ۱۳۸۷ مشاهده می‌گردد. سپس از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ وضعیت ایستگاه بوانات ابتدا به سمت نرمال و سپس ترسالی پیش می‌رود و وضعیت دو ایستگاه دیگر به سمت خشکسالی ضعیف پیش می‌روند. در ادامه مطابق شکل ۳، شاخص RAI وضعیت ایستگاه قلات که یکی از حوزه‌های آبخیز شمالی استان فارس است را نشان داده است. مطابق این شکل، از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ دوره‌های خشک و تر کوتاه مدت یک و دو ساله بطور متناوب تکرار می‌شود. همچنین ایستگاه قلات از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ در یک دوره شش ساله تر قرار دارد، در ادامه یک دوره چهار ساله خشکسالی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ مشاهده می‌گردد و بطور کلی وضعیت ایستگاه قلات که یکی از ایستگاه‌های پر بارش استان فارس است به سمت خشکسالی در حال صعود است. وضعیت ایستگاه جوکان که یکی از ایستگاه‌های جنوبی استان فارس از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۸۷ دارای قله‌های بلند ترسالی که نشان از سال‌های ترسالی و پربارش است، مشاهده می‌گردد. از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۰ بجز یک دوره دوساله ترسالی در سال ۱۳۸۴، وضعیت خشکسالی ضعیف و وضعیت نرمال مشاهده می‌گردد که ناشی از بارش کم در این سال‌ها می‌باشد.

۳ - پهنه‌بندی شاخص خشکسالی RAI برای استان فارس

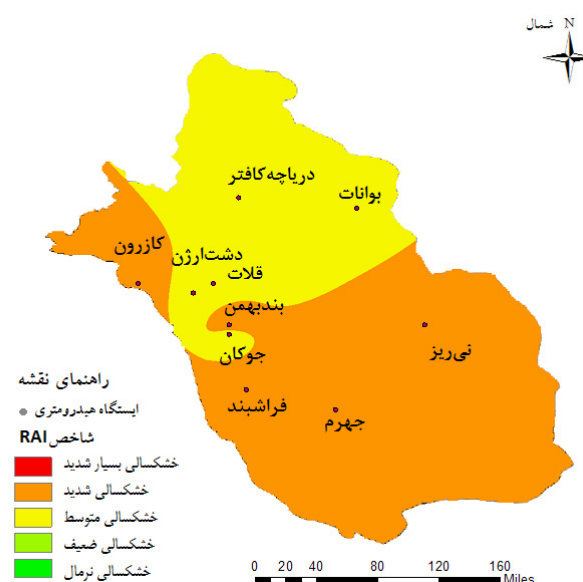
بر اساس خروجی حاصل از شاخص RAI شروع به پهنه بندی با استفاده از روش IDW^۱ موجود در ArcMAP شده است. روش IDW یکی از روش‌های معمول میان‌یابی نقاط پراکنده در فضا است که اساس آن بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح میان‌یابی، اثر یک پارامتر بر نقاط اطرافش یکسان نیست و هر چه فاصله از مبدأ افزایش یابد، اثر کمتر خواهد شد [۳].

مطابق اشکال ۴ تا ۶ کانتور شدت خشکسالی محاسبه شده برای شاخص RAI برای میانگین‌های مدت دار ۱۶، ۱۸ و ۲۰ ساله بصورت نقشه‌های پهنه بندی مشاهده شده است همانطور که مشاهده می‌گردد رنگ‌های قرمز و نارنجی مقادیر خشکسالی بسیار شدید و شدید و رنگ‌های سبز پر رنگ و کم رنگ مقادیر خشکسالی نرمال و ضعیف

1. Inverse Distance Weighted



شکل ۸: پهنه‌بندی بر اساس وقوع شدیدترین وضعیت خشکسالی در کل حوزه برای سال ۱۳۸۷



شکل ۷: پهنه‌بندی طولانی‌ترین مداومت دوره خشکسالی استان فارس بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۰

نتایج نشان می‌دهد تقریباً کل استان فارس بخصوص از سال ۱۳۸۰ به بعد مستعد خطر خشکسالی است. و همچنین در اکثر حوزه‌های آبخیز در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ از نظر وقوع خشکسالی، خشکترین سال‌های آماری را نشان می‌دهد و بیشتر ایستگاه‌ها در معرض خشکسالی قرار داشته‌اند. از سال آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر خشکسالی بوده که با مقادیر شاخص RAI بدست آمده از این سال‌ها مطابقت دارد. به بیانی دیگر در این سال‌ها منطقه بیشتر تحت تأثیر خشکسالی متوسط تا شدید قرار داشته است. روند خشکسالی هیدرولوژیک در مناطق مختلف استان با گذشت زمان افزایش یافته است به طوری که در سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ اکثر مناطق از نظر خشکسالی نرمال بوده ولی در سال ۱۳۹۰ قسمت اعظمی از استان تحت تأثیر خشکسالی شدید شده است. روند خشکسالی در بازه آماری انتخاب شده در این منطقه به صورت صعودی در اکثر حوزه‌های آبخیز در حال افزایش است. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد براساس شاخص RAI شدیدترین خشکسالی در سال ۱۳۷۹ در ایستگاه جهرم با مقدار $-3/94$ و در سال ۱۳۷۳ در ایستگاه کازرون با مقدار $-3/87$ اتفاق افتاده است. همچنین براساس شاخص RAI بیشترین مقدار ترسالی در ایستگاه نی ریز با مقدار $4/63$ و در سال ۱۳۷۵ به وقوع پیوسته است. لازم به توضیح است که فراوانی رخداد دوره‌های خشکسالی در کلیه ایستگاه‌ها بیشتر از ترسالی است و بررسی مقادیر شاخص ناهنجاری بارش (RAI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که این شاخص قابلیت مقایسه اقلیم مختلف را از نظر شدت خشکسالی (به ویژه در ماه‌های پرباران) دارا می‌باشد. متفاوت بودن حدود بیشینه شدت خشکسالی و ترسالی و توالی مقادیر RAI در ایستگاه‌ها گواه خوبی بر این مدعاست.

نرمال قرار دارند. مطابق شکل مقادیر تداوم دوره ی خشکسالی براساس شاخص خشکسالی RAI برای بازه زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۰ برای کل پهنه مدنظر در استان فارس در دوره ۲۰ ساله ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، ایستگاه‌های فراشبند و جهرم، خشکسالی شدیدتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارند.

مطابق شکل ۷ که پهنه‌بندی طولانی‌ترین مداومت دوره خشکسالی است در نواحی شمالی استان در وضعیت خشکسالی متوسط بسر می‌برند و در نواحی جنوبی و بخش کوچکی از قسمت غرب استان در وضعیت خشکسالی شدید قرار دارند این وضعیت دقیقاً متناسب با وضعیت بارندگی در سال‌های مذکور می‌باشد. مطابق شکل ۸ که پهنه بندی بر اساس وقوع شدیدترین وضعیت خشکسالی در کل حوزه برای سال ۱۳۸۷ است. همه ی ایستگاه‌های مورد بررسی واقع در استان فارس در وضعیت خشکسالی بسیارشدید بر اساس شاخص RAI بسر می‌برند بجز ایستگاه جوکان که در وضعیت خشکسالی شدید مشاهده می‌گردد. طولانی ترین دوره ی خشکسالی میان ایستگاه‌های مورد بررسی در استان فارس دوره ی ۵ ساله ۱۳۸۵-۱۳۹۰ می‌باشد لازم به ذکر است سایر دوره‌های تداوم خشکسالی ۳ ساله و ۲ ساله وجود داشت اما این دوره تقریباً طولانی ترین دوره تداوم اکثر ایستگاه‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش (RAI) به بررسی بزرگی و تداوم خشکسالی در استان فارس پرداخته شده است. با توجه به نتایج حاصل از این شاخص، تمام ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه حداقل یک بار شاهد خشکسالی شدید بوده‌اند.

- 10- Chu, P.S. Nash, A. J and Porter, F.Y. 1993. Diagnostic studies of two contrasting rainfall episodes in Hawaii: Dry 1981 and wet 1982. *Journal of climate*, 6(7):1457-1462.
- 11- Hajazizade, Z. Shafiei, Z. Javizade, S. 2009. Drought trend in Fars province based on the RAI index. First national conference on the underground waters.
- 12- Khosravi, M. Movaghari, A. Mansoori Daneshvar, M. 2012. Assessment of the PNI, RAI, SIP, and SPI indexes for drought zoning in Iran using the IDW and DEM methods. *Geography and environmental sustainability*. 2(5).
- 13- Solgi, A. Radmanes, F. Falamarzi, B. 2015. Drought Assessment and Monitoring of Nahavand City based on Drought Indices. *Water Engineering*, 8(26): 35-50.
- 14- Shaegh, A. Soltani, S. 2011. Comparison of the meteorological drought indexes in Yazd province. *Journal of water and soil sciences (Farming and natural sources sciences and technologies)*. 15(57).
- 15- Ghanavati, R. Soleimanpou, M. Jokar, L. 2013. Drought monitoring and comparison in Omidieh based on the Z, SIAP, RAI, and SPI indexes. Sixth national conference on watershed and water and soil management.
- 16- Karchi, H. 2014. Comparison of the SIAP, RAI, and Z-score indexes in the investigation of Hamedan province droughts with a focus on the Nozhe and Jokar stations. National conference on the climate change and sustainable development engineering of farming and natural sources.
- 17- Karami, M. Dadashi, A. Rahimi, A. 2014. Comparison of drought monitoring using the SPI, PNPI, and RAI indexes in Kermanshah province. Second national conference of water crisis (climate change, water and environment).
- 18- Koozegara, S. Lotfi, S. Bohrani, R. Tahan, M. 2013. Drought monitoring, frequency analysis, and zoning using the RAI index for Khorasan Jonobi, a case study. First conference on water and meteorology.
- 19- Montaseri, M. Amirataee, B. Khalili, K. 2017. Identification of Trend in Spatial and Temporal Dry and Wet Periods in Northwest of Iran Based on SPI and
- 1- Azhdari, K.H. Zare Abyaneh, H and Yazdani, V. 2009. A comparative study of four meteorological drought phenomena based on the relative yield of rainfed wheat in Hamadan province. *Natural Geography Research*, No 69.
- 2- Akbari, G.h. Ghotbi, S. Gholizadeh, M. 2015. Drought monitoring using the RAI, SPI and ZSI indexes and evaluating the best index for Sistan province. International conference on the environmental science, engineering and technologies.
- 3- Ansari, H. Davari, K. 2007. Drought periods zoning using the standard rain index by using GIS, (Khorasan province). *Journal of Geographical Researches of the Geography Institute of University of Tehran*. 108.
- 4- Borna, R. Azimi, F. Saeidi Dehaki, N. 2010. Comparison of the PN, SIAP, and RAI indexes in investigation of the droughts in the Khuzestan province with a focus on the Abadan and Dezful stations. *The Natural Geographics*, 3(9).
- 5- Bestani, A. Javani, kh. Ghasemi, M. 2013. Drought monitoring in the Southern and East Southern parts of Fars province from the weather drought index aspect. Second national conference on the climate change and its impacts on farming and environment.
- 6- Piri, H. Abbaszadeh, M. Rahdari, V. Malek, S. 2013. Comparative assessment of two meteorological drought indexes using the cluster analysis method (a case study on Sistan province). *Journal of water engineering*, 2(6).
- 7- Pirmoradian, N. Shamsni, A. Bustani, F. Shahrokhnia, M. 2008. Assessment of drought return period using the SPI index for Fars province. *Sustainable Farming new sciences*, 13.
- 8- Pourkarim Barabadi, R. Bakefayat Roodi, F. Hosseini, M. 2013. Drought monitoring and analysis for Khorasan Razavi province using the drought indexes (RAI-SPI). The first national conference of geology and meteorology.
- 9- Tirna, S. Khadaghi, M. 2013. Drought monitoring in the Southern and East Southern parts of Fars province from the weather drought index aspect. Ninth national conference on watershed engineering and science, Iran.

23- Nazari pour, H. 2013. Investigating the effects of the drought parameters on the monitoring and assessment of the Fars province drought and presenting a combined index based on the main parameter analysis. Second International conference on the Environment Hazards.

24- Wilhit, D. A. and Glantz, M. H. 1985. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3).

25- Wilhelmi, O.V. and Wilhite, D.A., 2002. Assessing Vulnerability to Agricultural Drought: A Nebraska Case Study. *Natural Hazards, Netherlands*, 25: 37-58

RAI Indices. *Majallah-i ab va Khak*, 30(2):655-671.

20- Mohammadi Motlag, R. Motazedi, A. Amiri Mehdipou, N. 2011. Drought monitoring and prediction using the SPI drought index and the Markov chain for Fars province. Fifth national conference on watershed and water and soil management.

21- Mokarram, M. Zaheri Abdevand, Z. Asgharipour Dasht Bozorg, N. 2011. Drought analysis using the SPI index for Fars province. Fifth national conference on watershed and water and soil management.

22- Mohammadzadeh, H. Zamirni, H. Afrasiab, A. Alizade, A. 2015. Drought monitoring and assessment in the Boushehr province using the RIA index. The first national conference on the development of farming engineering and soil sciences of Iran.



Abstract

Drought Condition Severity and Zoning based on Rainfall Anomaly Index (RAI) in Fars ProvinceM. H. Jahangir^{*1} and M. Jahanpanah²

Received: 2017/10/16 Accepted: 2018/02/21

One of the main problems that the human beings are facing these days, is the occurrence of the hydrological droughts and the resulting water crisis. Since the hydrological droughts happen gradually and have long term effects, drought monitoring is of a high importance. Among the indices of drought monitoring, the rainfall abnormality index (RAI) is being widely employed because of its simplicity and high accuracy. The required precipitation data have been gathered from 10 hydrometric stations with an appropriate distribution in the studied region, including the Kazeroun, Dasht Arjan, Farashband, Band Bahman, Jahrom, Joukan, Bovanat, Kaftar Lake, Ghalat, and Neyreez stations. The gathered data are for a statistical period of over 20 years from 1991 to 2011. The drought zoning diagrams are presented for long periods and the most severe droughts are determined. The results revealed that in all stations, generally and roughly, drought occurred sporadically in the form of a 1-year periods between 1991 and 2001. And between 2002 and 2011 drought, mostly occurred in the form of multi-year long periods. Based on the RAI, the two most severe droughts occurred in 2000 in Jahrom station showing an index value of -3.94 and in 1994 in Kazeroun station with an index value of -3.87. Moreover, RAI shows that the most precipitation was recorded in 1996 in Neyreez station with an index value of 4.63.

Keywords: Fars province, Hydrological drought, IDW method, Rainfall anomaly index, Intensity and continuity

1. Assistant professor in Renewable Energies and Environment Department, Faculty of new science and technologies, University of Tehran
Corresponding author, Email: mh.jahangir@ut.ac.ir

2. M.Sc Student of Ecohydrology, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran