

سنجش و ارزیابی چند نمونه نمایه خشکسالی در سه ایستگاه استان فارس

دکتر فرامر زخوش اخلاق

عضو هیات علمی دانشگاه تهران

غلامرضا روشن

کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران

چکیده

در این مقاله پدیده خشکسالی سه ایستگاه استان فارس بر اساس سه شاخص SIAP, PNPI, RAI مورد بررسی قرار گرفته است. بعد از محاسبه ضرایب شاخص های خشکسالی بر ای سه ایستگاه مذکور، با توجه به نرخ رشد شاخص ها، ضریب تغییرات، همبستگی و نرخ روند شاخص ها به مقایسه هر یک از شاخص هادر ایستگاههای مورد نظر پرداخته و هر یک از شاخص هادر ایستگاههای مورد نظر ارزیابی شده اند. نتایج نرخ رشد نشان داد که در ایستگاه آباده بین شاخص PNPI, RAI و در ایستگاه شیراز بین نرخ رشد شاخص SIAP, PNPI تقریباً رابطه نزدیکی وجود دارد. در رابطه با ضریب پراکنندگی می توان چنین بیان نمود که کمترین پراکنش در شاخص RAI در ایستگاه آباده وجود دارد. اما کمترین پراکنش در شاخص های SIAP, PNPI در ایستگاه شیراز برقرار می باشد. در رابطه با ضریب همبستگی بین شاخص ها و دوره آماری نیز وضعیت بالا برقرار می باشد. بطوری که بالاترین همبستگی بین شاخص RAI و سایر شاخص های مورد نظر در ایستگاه آباده وجود دارد. اما بالاترین همبستگی بین شاخص های SIAP, PNPI با سایر شاخص های دوره آماری در ایستگاه شیراز برقرار می باشد و در نهایت نتایج روند کلی شاخص هادر سه ایستگاه تقریباً یکسان عمل کرده است.

واژه های کلیدی: خشکسالی، شاخص SIAP، شاخص PNPI، شاخص RAI، استان فارس

خشکسالی حالتی ناهنجار (abnormal) و موقت از آب و هوا می باشد. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق آب و هوایی رخ می دهد. گرچه مشخصات آن می تواند از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً متفاوت باشد. خشکسالی یک پدیده موقتی است و با خشکی تفاوت دارد. چرا که خشکی صرفاً محدود به مناطق کم بارش است و حالتی تقریباً دائمی از آب و هوا می باشد. در رابطه با برآورد، خشکسالی آب و هوا شناسی افرادی نظیر کوپن، لانگ، دومارتن، می بر، تورنت وایت و غیره... کارهایی انجام داده اند و روابطی را ارائه کرده اند که در بعضی از شاخص ها از عامل بارش و در بعضی دیگر از دما و یا تسخیر و تعرق استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از روشهای معتبر اقدام شده و سپس نتایج مورد مقایسه قرار گرفته و در نهایت روش مناسب انتخاب گردیده است. در این پژوهش سه شاخص معتبر خشکسالی در سه ایستگاه منتخب استان فارس مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. ایستگاههای مورد مطالعه عبارتند از: ایستگاه شیراز با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۸ متر از سطح دریا، و آباده با عرض ۳۱ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۳۰ متر از سطح

۴۲ / دوره پانزدهم، شماره پنجاه و هفتم

دریا و فسا با عرض ۲۸ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۲۸۸ متر از سطح دریا.

مواد و روشها

داده های دراز مدت (۱۳۸۳-۱۳۵۶) بارش سالانه و ماهانه در سه ایستگاه منتخب استان فارس پس از آزمون های کیفیت آماری مورد استفاده قرار گرفت. برای برآورد خشکسالیهای ایستگاههای مورد مطالعه از نمایه معیار بارندگی سالانه (SIAP) نمایه درصد نرمال بارندگی (PNPI) و نمایه ناهنجاری بارندگی (RAI) استفاده شد. در این قسمت هر یک از این نمایه ها به اختصار تعریف می شود:

شاخص الف) نمایه معیار بارش سالانه (SIAP)

فرمول این شاخص بصورت زیر ارائه شده است

$$SIAP = (P_i - \bar{P}) / SD$$

در این فرمول

P_i : مجموع بارش در یک سال معین

\bar{P} : میانگین مجموع بارش

SD: انحراف معیار بارش

مجموعه های تعریف شده این نمایه برای خشکسالی به شرح جدول (۱) می باشد.

جدول (۱): طبقه بندی خشکسالی شاخص PNPI

طبقه شدت خشکسالی	نمایه معیار بارندگی سالانه
نرمال	۰/۲۵ - -۰/۲۵
خشکسالی ضعیف	-۰/۲۵ - -۰/۵۲
خشکسالی متوسط	-۰/۵۲ - -۰/۸۹
خشکسالی شدید	-۰/۸۹ - -۱/۲۸
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از -۱/۲۸

شاخص ب) نمایه درصد نرمال بارش (PNPI)

نمایه درصد نرمال بارش یکی از ساده ترین نمایه های خشکسالی بوده و این امر سبب شده تا محققین زیادی از جمله محققین استرالیایی از آن استفاده نمایند.

این نمایه از رابطه زیر بدست می آید.

$$PNPI = P_i \times 100 / \bar{P}$$

که در آن P_i بارش ماه یا سال \bar{P} بارش نرمال همان ماه یا سال است. این نمایه بصورت درصد بوده و محدوده آن بین صفر و هر عددی بالاتر از صفر است.



جدول (۴): شاخص خشکسالی ایستگاه فسا

شاخص SIAP	شاخص PNPI	شاخص RAI	بارندگی سالانه
۱۱۶	۹۹/۵۱	-۰/۰۱	۳۱۰/۴
۱۴۳/۴۱	۱۰۸/۸۱	-۰/۲۰	۳۳۹/۲
۱۶۵/۵۲	۴۹/۹۵	-۱/۱۵	۱۵۵/۸
۸۴۳/۱۷	۱۵۸/۵۱	۱/۳۴	۱۴۲/۷
-۰/۳۳	۹۹/۰۰	-۰/۰۲	۳۰۸/۸
-۱۵۸/۵۲	۸۹/۶۱	-۰/۲۴	۲۷۹/۵
-۲/۵۴	۱۱۰/۶۶	-۰/۲۵	۲۴۵/۵
-۱۳۴۳/۸۴	۲۵/۴۹	-۱/۷۱	۷۷/۵
۷/۷۰	۷۶/۶۵	-۰/۵۳	۲۳۹/۲
۱۰/۲۶	۶۹/۰۲	-۰/۷۱	۲۱۵/۳
-۲۲/۱۱	۳۶۶/۷۷	۱/۵۳	۵۲۰/۲
-۳۶۹/۱۶	۸۲/۳۶	-۰/۲۰	۲۵۶/۹
-۰/۱۷	۹۹/۳۸	-۰/۰۱	۳۱۰/۳
۵/۶۱	۸۲/۶۷	-۰/۳۷	۳۶۱/۰
۷/۳۰	۷۷/۹۷	-۰/۵۰	۲۴۲/۲
-۱/۰۳	۱۰۳/۰۰	-۰/۰۷	۳۲۱/۶
-۲۷/۷۷	۱۸۳/۸۳	۱/۸۲	۵۷۳/۵
-۷۵۸/۷۷	۵/۰/۲۲	-۱/۱۲	۱۵۶/۸
۴۴۰/۰۷	۱۳۰/۲۹	-۰/۶۹	۴۰۳/۲
-۳۸/۳۰	۱۸۵/۳۶	۱/۶۶	۵۷۸/۵
-۵۷۸/۵۵	۶/۰/۸۱	-۰/۰۰	۱۸۹/۷
۲۴۱/۳۸	۱۱۵/۸۳	-۰/۳۶	۳۳۱/۳
-۰/۱۷	۹۹/۳۸	-۰/۰۱	۳۱۰/۳
۱۹/۲۲	۴۶/۳۸	-۱/۲۲	۱۱۵/۰
۱۵/۰۵	۵۲/۵۶	-۱/۰۲	۱۷۰/۲
۱۲/۳۱	۶۲/۵۱	-۰/۸۶	۱۹۵/۰
۵/۲۳	۸۲/۶۱	-۰/۳۸	۴۰۰/۸
-۱۵/۳۶	۱۲۹/۰۹	۱/۰۵	۴۵۵/۷
۱۲۱۹/۳۳	۱۷۹/۹۱	۱/۸۳	۵۶۱/۲

جدول (۵): شاخص خشکسالی ایستگاه آباده

شاخص SIAP	شاخص PNPI	شاخص RAI	بارندگی سالانه
-۲/۵۲۱۹۲	۹۹/۸۷۰۵۲	-۰/۰۲۴	۱۲۸
-۲/۴۱۹۶۲	۹۸/۹۲۳۵۱	-۰/۰۳۴	۱۳۸/۱۸۸
-۲/۳۱۷۲۲	۹۹/۰۱۶۶۸	-۰/۰۲۱	۱۳۸/۸۲۱۱
۴۶/۱۲	۱۷۸/۸۱۶	۱/۷۱	۲۵۰/۷
-۵/۶۶	۸۷/۵۸۹۱۶	-۰/۲۷	۱۲۲/۸
-۱۳/۲۷	۷۵/۱۸۵۵	-۰/۵۳	۱۰۵/۲
-۱۲/۸۱	۷۳/۰۵۷۸	-۰/۵۸	۱۰۰/۲
-۲۲/۱۲	۵۱/۳۵۵۱۰	-۰/۰۶	۷۲/۰
-۰/۶۶	۹۸/۳۶۶۲	-۰/۰۲	۱۳۷/۸
-۲۱/۸۱	۵۲/۳۲۹۰۹	-۱/۰۲	۷۲/۸
۴۶/۱۹	۱۷۷/۱۵۲۱	۲/۱۱	۲۶۶/۲
-۱/۵۳	۶۶/۳۶۶۶۵	-۰/۰۷	۱۳۵/۵
-۳/۰/۰	۳۶/۰۲۱۲۷	-۰/۳۹	۵۰/۵
-۱۵/۵۹	۶۷/۱۸۹۳۳	-۰/۷۱	۹۹/۲
-۱۲/۰۰	۷۶/۶۱۸۲	-۰/۵۵	۱۰۰/۶
۲۱/۳۰	۱۲۲/۹۳۳	-۰/۷	۴۰۳/۰
۱۱/۳۹	۱۲۲/۸۲۱۷	-۰/۵۴	۱۷۵/۰

جدول (۲): طبقه بندی خشکسالی شاخص PNPI

طبقات شدت خشکسالی	نمایه درصد نرمال بارندگی
نرمال	212-2780
خشکسالی ضعیف	28-270
خشکسالی متوسط	27-2700
خشکسالی شدید	200-270
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از 20

شاخص (ج) نمایه ناهنجاری بارش (RAI)

نمایه ناهنجاری بارندگی توسط روی ارائه شد. در این نمایه، بارندگی ماه یاسال خاص بر اساس مقیاس خطی که از روی سری داده‌ها حاصل می‌شود ارزیابی می‌گردد.

مراحل محاسبه این نمایه به ترتیب عبارت است از:

- ۱- محاسبه میانگین دراز مدت بارش ماهانه (P) در ایستگاه مورد نظر
- ۲- محاسبه میانگین ۱۵ مورد از بزرگترین مقادیر بارش اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی (\bar{P})
- ۳- محاسبه میانگین ۱۵ مورد از کمترین مقادیر بارش رخ داده در دوره مطالعاتی (\bar{P}^*)
- ۴- مقایسه داده‌های بارش ماهانه (P) با میانگین دراز مدت، چنانچه $P > \bar{P}$ باشد آنگاه RAI از رابطه (۱) و اگر $P < \bar{P}^*$ باشد RAI از رابطه (۲) تعیین می‌شود.

$$RAI = 3[(P - \bar{P}) / (\bar{P} - \bar{P}^*)] \quad (1)$$

$$RAI = -3[(P - \bar{P}^*) / (\bar{P} - \bar{P}^*)] \quad (2)$$

در حالت اول ناهنجاری مثبت و در حالت دوم منفی است (علی خلیلی - جوادبذرافشان)

جدول (۳): طبقه بندی خشکسالی شاخص RAI

طبقات خشکسالی	نمایه ناهنجاری بارندگی
نرمال	۰/۳ تا -۰/۴
خشکسالی ضعیف	-۰/۳۵ تا -۱/۲
خشکسالی متوسط	-۱/۴ تا -۲/۱
خشکسالی شدید	-۲/۱ تا -۳
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از -۳

با توجه به سه شاخص مورد اشاره به بررسی رخداد خشکسالی در هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه اقدام شده است. میزان هر یک از این مقادیر در جدول (۴) تا (۶) ارائه شده است.

در مرحله بعد نرخ رشد هر یک از شاخص‌های RAI, PNPI, SIAP برای ایستگاههای مورد مطالعه از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۸۳ محاسبه شده است.

لازم به یادآوریست که نرخ رشد هر یک از شاخص‌ها در سال مورد نظر بدین گونه محاسبه می‌شود:

$$a_i = \frac{x_i - x_{i-1}}{x_{i-1}}$$

a_i = نرخ رشد در سال i
 x_i = مقدار شاخص سال i
 x_{i-1} = مقدار شاخص سال قبل x_{i-1}



معنی داری بین نرخ رشد دو شاخص RAI, PNPI وجود دارد. ولی در مورد شاخص SIAP رابطه ضعیفتر است.

ادامه جدول (۵): شاخص خشکسالی ایستگاه آباده

سال	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
۱۳۷۸	-۱/۲۲	۲۲/۵۵۱۹۲	-۲۳/۷۸
۱۳۷۹	-۲/۲	۱۲۲/۲۹۵۲	۱۶/۲۹
۱۳۸۰	-۲/۸۸	۱۲۲/۱۳۵۸	۲۰/۳۱
۱۳۸۱	-۱/۱۹	۹۱/۲۶۶۶	-۲/۵۵
۱۳۸۲	-۱/۱۹	۹۱/۲۶۶۶	۱/۱۰
۱۳۸۳	-۱/۱۲	۹۲/۵۲۱۱	-۲/۹۰
۱۳۸۴	-۱/۲۱	۲۲/۱۵۴۲۵	-۲۹/۵۲
۱۳۸۵	-۱/۸۱	۲۲/۷۸۸۸۷	-۱۷/۰۶
۱۳۸۶	-۲/۶۶	۱۲/۰۶۶۶۶	۱۲/۲۹
۱۳۸۷	-۲/۶۶	۶۹/۷۵۲۹	-۱۳/۸۶
۱۳۸۸	۱/۲۲	۱۸۸/۲۵۱	۲۲/۰۵
۱۳۸۹	-۲/۸۹	۱۲۵/۷۹۱۷	۲۱/۰۰

جدول (۷): نرخ رشد سالیانه شاخص های خشکسالی شهرستان شیراز سالهای ۱۳۸۳-۱۳۵۶

سال	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
۱۳۵۶	-۲/۷	-۲/۷	-۲/۶۸
۱۳۵۷	-۱/۸	-۱/۵	-۱/۶۶
۱۳۵۸	۲/۶	-۱/۵	۲/۶۲
۱۳۵۹	-۱/۱	-۱/۲۸	-۲/۰۶
۱۳۶۰	-۵/۷	-۱/۲	-۱/۲۷
۱۳۶۱	-۱/۱	-۱/۷	-۱/۲۲
۱۳۶۲	-۲/۲	-۱/۲۹	۵/۱۶
۱۳۶۳	-۱/۰	۱/۲۷	-۱/۱۳
۱۳۶۴	-۷/۰	-۱/۲۲	-۷/۰۱
۱۳۶۵	-۲/۰	۱/۲۱	-۱/۹۸
۱۳۶۶	-۲/۱	-۱/۲۰	-۱/۷۲
۱۳۶۷	-۲/۶	-۱/۲۰	-۲/۰۴
۱۳۶۸	۱/۱	-۱/۰	-۱/۲۹
۱۳۶۹	-۱/۱	-۱/۰۴	-۱/۲۵
۱۳۷۰	-۲/۲	-۱/۲۶	-۲/۲۲
۱۳۷۱	۲/۹	۱/۰۶	-۲/۱۹
۱۳۷۲	-۱/۸	-۱/۲۲	-۱/۸۲
۱۳۷۳	-۱/۶	۱/۹۰	-۱/۵۹
۱۳۷۴	۱/۲	-۱/۲۸	۱/۱۵
۱۳۷۵	-۱/۶	-۱/۲۵	-۱/۵۹
۱۳۷۶	-۲/۱	۱/۲۶	-۲/۱۲
۱۳۷۷	-۱/۰	-۱/۲۶	-۱/۸۳
۱۳۷۸	-۲/۶	-۱/۲۷	-۲/۵۱
۱۳۷۹	-۱/۲	-۱/۰	-۱/۲۷
۱۳۸۰	-۲/۷	-۱/۲۵	-۱/۷۷
۱۳۸۱	-۱/۷	-۱/۲۲	۲/۲۲
۱۳۸۲	-۱/۲	-۱/۸۷	-۱/۲۱
۱۳۸۳	-۲/۸	-۲/۶	۲/۰

جدول (۸): نرخ رشد سالیانه شاخص های خشکسالی شهرستان آباده.

سالهای ۱۳۸۳-۱۳۵۶

سال	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
۱۳۵۶	-۱/۰۵۶	-۱/۰۰۰۰۲۶۸	-۱/۰۰۲۱۷
۱۳۵۷	-۱/۰۲۲۸	-۱/۰۰۰۰۲۷۲	-۱/۰۰۰۰۵۹۶
۱۳۵۸	-۱۶/۵۹۹	-۱/۸۰۵۲۱	-۱۲/۵۰۰۲
۱۳۵۹	-۱/۱۵۲۵	-۱/۵۱۰۱۷	-۱/۱۵۲۵
۱۳۶۰	۱/۰۰۰۰۲۲	-۱/۱۲۱۶۱	۱/۰۰۰۰۲۲
۱۳۶۱	-۱/۲۵۲	-۱/۰۰۰۰۲۸۲	-۱/۰۰۰۰۵۷۱
۱۳۶۲	-۱/۸۰۵۱۸	-۱/۲۱۷۰۱	-۱/۸۰۵۱۸
۱۳۶۳	-۱/۶۶۵۷	-۱/۱۵۵۱۷	-۱/۶۶۵۷
۱۳۶۴	۲۷/۰۹۱۷	-۱/۲۶۹۸۷	۲۸/۱۲۷۱
۱۳۶۵	-۲/۱۲۲۵	۲/۷۵۲۴۲	-۲/۵۱۰۵
۱۳۶۶	-۱/۰۰۰۰۲۲	-۱/۵۰۰۹۹	-۱/۰۰۰۰۲۲
۱۳۶۷	۱۸/۸۲۷۸	-۱/۶۲۷۰۸	۱۸/۱۲۰۲
۱۳۶۸	-۱/۲۸۷۰	۱/۸۲۲۲۹	-۱/۲۸۷۰
۱۳۶۹	-۱/۲۲۶	-۱/۱۰۰۱	-۱/۲۲۶
۱۳۷۰	-۲/۶۶۵۸	-۱/۱۰۰۵۱	-۲/۶۶۵۸
۱۳۷۱	-۱/۲۵۲۵	-۱/۱۲۷۱۲	-۱/۲۵۲۵

جدول (۶): شاخص خشکسالی ایستگاه شیراز

شاخص SIAP	شاخص PNPI	شاخص RAI	بارندگی سالانه
-۱/۲۲	۸۵/۰۷	۶۵/۶۸	۲۹/۰۷
-۲/۱	۱۲۵/۱۲	-۱۱/۰۲۷	۲۲/۶
-۱/۷	-۲۶/۵	-۲۶/۵	۲۶/۷
-۲/۳	۱۲۲/۲۷	-۷/۹۸	۲۱/۸
-۱/۶۷	۷۹/۲۹	-۱۲/۸۷	۲۶/۷
-۱/۲۲	۸۵/۱۲	۶۵/۲۲	۲۹/۰۷
-۱/۲۲	۹۱/۲۹	-۵/۰۲	۲۱/۲
-۱/۵۱	۶۶/۹۷	۲۲/۶۲	۱۶/۵
-۱/۹	۱۰/۶۶	۲/۸۸	۲۶/۶
-۱/۱۳	۶/۰۰۸	-۲۲/۵	۲۰/۵۲
۱/۱	۱۳۸/۵	۲۲/۶۸	۲۷/۸
-۱/۱	۱۱۱/۰	-۶/۲۶	۲۷/۲
-۱/۵	۶۶/۵۵	-۱۷/۵۷	۲۲/۲
-۱/۲۲	۱۱۲/۶۶	-۵/۰۸	۲۸/۰
-۱/۲۲	۱۰۸/۲۷	۲/۸۸	۲۷/۰۲
-۱/۵۸	۷/۷۵	-۱۱/۸۵	۲۲/۵
۱/۸۳	۱۶۶/۵۲	-۲۸/۰۰	۵۲/۲
-۱/۵۵	۶۵/۵۱	۲۲/۰۰	۱۵۵/۵
-۱/۱	۱۳۲/۰	-۱۲/۵۶	۲۵/۲
۱/۹۶	۱۹۹/۰	-۲/۲۸۲	۵۷/۶
-۱/۱۶	۵۱/۷	۱۷۹/۰	۲۰/۲۲
۱/۳۰	۱۲۵/۸	-۲/۰۱/۱۶	۲۸/۲
-۱/۲۲	۱۰/۶۹	۲/۵	۲۸/۰
-۱/۲۲	۵۷/۰	-۲۵/۱۵	۱۲/۸
-۱/۸۹	۶۸/۶۶	-۱۸/۲۲	۲۲/۶
-۱/۲۰	۹۲/۸	۲۱/۲۲	۲۱/۷
-۱/۰۸	۶/۱۰	-۲۲/۲۲	۲۱/۵
-۱/۲۲	۱۱۵/۵۲	۹/۰	۲۲/۸
۱/۵۰	۱۵۵/۰	-۲۵/۲۵	۵۲/۲

نتایج جدول (۷) نشان می دهد، که در ایستگاه شیراز هر چند که بین نرخ رشد شاخص ها رابطه ای قوی وجود ندارد، اما داده های نرخ رشد PNPI, SIAP یک رابطه ضعیفی با هم دارند. اما در ایستگاه فسا وضعیت نتایج از ایستگاه شیراز ناهنجارتر می باشد و هیچ رابطه ای بین نرخ رشد شاخص ها وجود ندارد و هیچ تفسیری در رابطه با یکسان عمل نمودن نرخ رشد شاخص ها وجود ندارد. در ایستگاه آباده، برخلاف دو ایستگاه قبلی ارتباط

می‌باشد که ضریب تغییرات از رابطه روبرو محاسبه می‌شود. $a = \frac{S}{\bar{x}}$

$a =$ ضریب تغییرات

$S =$ انحراف معیار

$\bar{x} =$ میانگین

بالا بودن ضریب تغییرات نشان دهنده سطح بیشتر پراکندگی در داده‌های بدست آمده از هر شاخص است. براساس داده‌های جدول (۱۰) بیشترین ضریب تغییرات در ایستگاه شیراز مربوط به شاخص RAI می‌باشد که فوق العاده بالاست. برخلاف این شاخص، شاخص PNPI ضریب تغییرات حدود صفر دارد و ضریب تغییرات شاخص SIAP نیز بسیار کم است. بنابراین می‌توان دو شاخص SIAP و PNPI را قابل اطمینان دانست.

جدول (۱۰): ضریب پراکندگی شاخص‌های خشکسالی شهرستانهای شیراز.

آباده و فاسالهای ۱۳۸۳-۱۳۵۶

شهرستان	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
شیراز	۲۳۸۲۲۲	۱۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
فسا	۲۰۲۳۲۳	۲۳۲۳۲۳	۱
آباده	۲۳۲۳۲۳	۲۳۲۳۲۳	۰۰۰۰۰۰۰

در ایستگاه فسا نیز تقریباً همین شرایط برقرار است، با این تفاوت که نوسانات شاخص RAI کمتر از ایستگاه شیراز است (اما همچنان بالاست) و نوسانات دو شاخص SIAP, PNPI از صفر فاصله دارد. در ایستگاه آباده شرایط بصورت کلی مانند ایستگاههای شیراز و فسا است. با این تفاوت که شاخص RAI آن بسیار کمتر از ایستگاههای شیراز و فسا است و این نشان می‌دهد که شاخص مذکور در ایستگاه آباده بسیار قابل اطمینان‌تر از ایستگاههای فسا و شیراز می‌باشد. در جدول شماره (۱۱) ضرایب همبستگی شاخص‌های سه گانه با وقوع سالها آمده است. که این ضریب از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{x,y} = \frac{COV(X,Y)}{\sqrt{var(X)var(Y)}}$$

$P_{x,y}$: ضریب همبستگی

X, Y : نشان دهنده مقادیر شاخص‌ها و سالهای باشند.

نتایج نشان می‌دهد که شاخص SIAP, PNPI در هر سه ایستگاه متناظرند، دارای ضرایب همبستگی یکسانی می‌باشند و هیچ تفاوتی بین این سه ایستگاه وجود ندارد.

جدول (۱۱): ضریب همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی دوره آماری

در ایستگاههای مورد مطالعه (۱۳۸۳-۱۳۵۶)

شهرستان	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
شیراز	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
فسا	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
آباده	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰

اما نکته جالب این است که ضریب همبستگی شاخص RAI در هر سه ایستگاه دارای مقدار بیشتری می‌باشد بطوری که این مقدار در شیراز از دو ایستگاه دیگر بیشتر می‌باشد و ایستگاه فسا در رده دوم قرار دارد. لازم به ذکر است که در ایستگاه شیراز ضریب همبستگی RAI منفی است که این نشان می‌دهد، شاخص فوق تقریباً معکوس عمل کرده است. اما این ضریب در ایستگاه فسا و آباده مستقیم بوده ولی در شیراز علیرغم معکوس بودن

ادامه جدول (۸): نرخ رشد سالانه شاخص‌های خشکسالی شهرستان آباده.

سالهای ۱۳۸۳-۱۳۵۶

سال	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
۱۳۵۶	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۵۷	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۵۸	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۵۹	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۱	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۲	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۳	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۴	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۵	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۶	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۷	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۸	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۹	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۱	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۲	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۳	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۴	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۵	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۶	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۷	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۸	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۹	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۱	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۲	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۳	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰

جدول (۹): نرخ رشد سالانه شاخص‌های خشکسالی شهرستان فسا سالهای

۱۳۸۳-۱۳۵۶

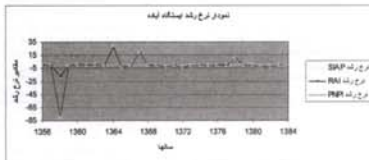
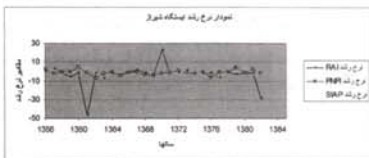
سال	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
۱۳۵۶	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۵۷	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۵۸	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۵۹	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۱	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۲	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۳	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۴	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۵	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۶	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۷	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۸	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۶۹	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۱	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۲	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۳	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۴	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۵	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۶	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۷	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۸	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۷۹	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۱	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۲	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۳	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰۰۰

در مرحله بعد به منظور کسب اطلاعاتی از چگونگی تفاوت در میزان نوسانات شاخص‌های SIAP, PNPI, RAI ضریب تغییرات از هر شاخص محاسبه شده است که در جدول (۱۰) آورده شده است. لازم به توضیح

تغییرات در شیراز وجود دارد و در دو ایستگاه دیگر نیز این مقدار پایین و نزدیک به هم می باشد. در رابطه با شاخص SIAP نیز کمترین تغییرات در شیراز وجود دارد و در دو ایستگاه دیگر نیز این ضریب پایین و نزدیک به یک می باشد.

۳- میزان همبستگی سه شاخص مذکور با توالی سالها در ایستگاههای مورد مطالعه روند مشابه و نزدیک بهم را دارد. اما بالاترین همبستگی در مورد شاخص RAI مربوط به شیراز است. در مورد شاخص SIAP, PNPI بالاترین همبستگی در ایستگاه آباد و وجود دارد.

۴- نتایج روند کلی شاخص ها در سه ایستگاه تقریباً یکسان می باشد. فقط در مورد شاخص RAI تفاوت محسوسی وجود دارد که آن، وجود روند منفی این شاخص در شیراز و نیز بیشتر بودن مقدار آن در ایستگاه فسا نسبت به دو ایستگاه دیگر می باشد.



نمودارهای مقایسه ای نرخ رشد شاخص ها در ایستگاههای مورد مطالعه

نهایتاً اینکه در هر سه ایستگاه شیراز، فسا و آباد با استفاده از فراسنج ضریب تغییرات، شاخص PNPI و با استفاده از ضریب همبستگی، شاخص RAI بالاترین ضریب اطمینان را نشان می دهند. اما در مورد فراسنج روند شاخص ها در مورد ایستگاه شیراز و فسا شاخص های SIAP, PNPI مشابهت زیادی با هم دارند ولی در شهرستان آباد وضع فرق کرده و این تشابه بین RAI, PNPI وجود دارد. و در نهایت اینکه در مورد نرخ رشد شاخص ها فقط در شهرستان آباد مشابهت خوبی بین نمایه RAI, PNPI وجود دارد.

منابع

- ۱- اداره کل هواشناسی استان فارس، گزارش خشکسالی استان
- ۲- سالنامه آماری سازمان هواشناسی، ۱۳۸۳-۱۳۵۶.
- ۳- علی خلیلی و جواد بذرافشان، ارزیابی کارایی چندنمونه خشکسالی هواشناسی در نمونه های اقلیمی مختلف ایران، مجله نیوار (بهار و تابستان ۱۳۸۲، شماره ۴۹-۴۸)

ضریب، همبستگی بیشتری برقرار است. حال به منظور بررسی هماهنگی تغییرات شاخص های معرفی شده از یک مدل رگرسیونی استفاده می شود. روند سالانه به ازای شاخص های مختلف بر اساس یک مدل رگرسیونی خطی با معیار کمترین مربعات محاسبه می شود که از رابطه زیر بدست می آید:

$$Y_i = aX_i + \varepsilon_i$$

که در آن Y_i معرف شاخص خشکسالی است و

z: اندیس شاخص (SIAP, PNPI, RAI) است

a: روند شاخص

X_i : نرخ روند سالانه شاخص Z

ε_i : عبارت خطا

t: متغیر روند زمانی

نتایج برآورد نرخهای روند شاخص به ازای هر شاخص در جدول (۱۲) آورده شده است. نتایج نرخ روند شاخص در ایستگاه شیراز نشان می دهد که نرخ روند شاخص های SIAP, PNPI تقریباً با هم برابرند. حال آنکه این نرخ برای شاخص RAI گرایش منفی دارد و روندی عکس دو شاخص قبلی دارا می باشد.

جدول (۱۲): برآورد نرخ روند شاخص های خشکسالی ایستگاههای مورد مطالعه، با

استفاده از رگرسیون (۱۳۸۳-۱۳۵۶)

شهرستان	شاخص RAI	شاخص PNPI	شاخص SIAP
شیراز	-۲/۸۸۴۲	۱/۲۵۷۷	۱/۱۰۱۲
فسا	۶/۵۲۱۶	۵/۲۱۶	۱/۱۲۲
آباد	-۱/۲۰۱۶	-۵/۵۴۸	۱/۱۲

در ایستگاه فسا این نرخ برای هر سه شاخص روندی مثبت طی نموده است. اما در مورد دو شاخص SIAP, PNPI مقادیر بهم نزدیکتر می باشند. در آباد، شرایط ایستگاه فسا برقرار است با این تفاوت که هر سه شاخص مقادیر نزدیکی به هم دارند، بویژه بین دو شاخص SIAP, RAI نزدیکی بیشتری وجود دارد. بنابراین می توان گفت که نرخ روند شاخص در ایستگاههای فسا و آباد تقریباً نزدیک بوده و روندی مثبت را طی نموده است و فقط شاخص RAI در ایستگاه فسا تا اندازه ای متفاوت بوده است.

نتیجه گیری

با توجه به بررسی و محاسبات آماری انجام شده بر روی داده های بارش و برآورد شاخص های خشکسالی و سپس مقایسه این شاخص ها در ایستگاههای استان فارس، نتایج زیر بدست آمد:

- ۱- محاسبه نرخ رشد نشان می دهد که در ایستگاه آباد بین شاخص RAI, PNPI مشابهت بیشتری وجود دارد اما در ایستگاه شیراز وضعیت فرق کرده و این رابطه هر چند ناچیز بین نرخ رشد شاخص SIAP, PNPI برقرار می باشد. و در ایستگاه فسا هیچ تشابهی بین نرخ رشد شاخص ها وجود ندارد.
- ۲- نتایج ضریب تغییرات حاکی از تغییرات بسیار بالا در شاخص RAI می باشد که این تغییرات در مورد شاخص RAI در ایستگاه شیراز بیشترین مقدار و در ایستگاه آباد کمترین مقدار را دارا می باشد. در رابطه با شاخص PNPI نیز وضعیت به همین صورت است که کمترین