

تجزیه و تحلیل خشکسالی‌ها (اقلیم‌شناسی - هیدرولوژیکی) با بکارگیری روش من کندال در حوضه زاینده رود (مطالعه موردی: ایستگاه ورزنه)

مأنده میرفتاح^۱، هوشمند عطایی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه پیام نور مرکزاصفهان Maedemir1995@gmail.com

۲- دانشیارگروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، تهران، ایران Hoo_ataei@yahoo.com

چکیده

خشکسالی به عنوان بی سروصدا ترین بلایای طبیعی در مقابل سیلاب به عنوان یکی از پر صدا ترین بلایا قرار گرفته است. این درحالی است که خطر و خسارت های ناشی از خشکسالی به مراتب بیشتر از سایر بلایای طبیعی مانند: سیل، طوفان، آتش فشان و حتی زلزله است. این پدیده با سایر بحران های طبیعی متفاوت است، زیرا به آهستگی و در زمان نسبتا طولانی به وقوع پیوسته و در اغلب اوقات دوره تداوم آن بیش از چند سال به طول می انجامد. در این مقاله خشکسالی حوضه زاینده رود مورد بررسی قرار گرفته است بدین جهت از آمار بارش ایستگاه سینوپتیک ورزنه به عنوان نزدیک ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه، جهت تحلیل خشکسالی از داده های بارش در دوره زمانی ۱۳۲۷-۱۳۸۴ به صورت ماهانه و سالانه استفاده شده است. از روند پارامتر بارش نیز توسط آزمون ناپارامتری من^۰ کندال محاسبه و تحلیل انجام گرفت. نتایج نشان میدهد که بیشترین میزان بارش انجام شده در سالهای ۱۳۲۹-۱۳۳۴-۱۳۵۵-۱۳۵۹-۱۳۶۷-۱۳۷۳ بوده است. از سال ۱۳۷۵ به بعد شاهد کمترین میزان بارش طی سالهای بررسی شده هستیم و بیشترین میزان بارندگی را در ماه های فروردین و اردیبهشت مشاهده می کنیم و کمترین میزان بارش در ماه های شهریور و مرداد و مهر داشته ایم با استفاده از آزمون من کندال پارامتر بارش در مقیاس سالانه بدون روند بود و در مقیاس ماهانه در ماه های خرداد، تیر، مهر و آذر دارای روند و در سایر ماه ها فاقد روند می باشد. آثار زیان بار این خشکسالی در اثر نبود مدیریت درست و دخالت های انسانی تشدید شده که با توجه به غیرقابل پیش بینی بودن اما تکرار پذیر بودن آن پیشنهاد می شود در راهبرد مدیریت منابع آب حوضه زاینده رود تجدید نظر صورت گیرد.

واژگان کلیدی: بارش، حوضه زاینده رود، خشکسالی، من کندال

مقدمه

خشکسالی به معنای پدید آمدن یک وضعیت خشک تر از نرمال است و در هروضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. این پدیده با سایر بحران های طبیعی متفاوت است، زیرا به آهستگی و در زمان نسبتا طولانی به وقوع پیوسته و در اغلب اوقات دوره تداوم آن بیش از چند سال به طول می انجامد. خشکسالی یعنی کاهش بارش یک بازه زمانی معین بر روی یک پهنه مشخص نسبت به میانگین بلند مدت بارش همان پهنه در همان بازه زمانی (مسعودیان ۱۳۳: ۱۳۹۰). خشکسالی وابسته به عوامل و پارامتر های متفاوتی است که در این میان تحلیل داده های بارش از اهمیت ویژه برخوردار است. یکی از مظاهر و پیامد های این پدیده تغییر در عناصر اقلیمی به ویژه دما و بارش مناطق مختلف است. به هم خوردن اندکی از تعادل اقلیم جهان موجب شد متوسط درجه حرارت کره زمین تمایل به روند افزایش را نشان دهد (حجازی زاده ۱۳۸۸).

به طور کلی پیامدهایی نظیر خشکسالی، سیلاب های شدید و ناگهانی، امواج خوی سرد و گرم از جمله آثار و شواهد ناهنجاری های اقلیمی است، که کره زمین را بحران های مختلف مواجه کرده است و بدون شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمی حال و آینده مدیران و برنامه ریزان قادر به اجرای برنامه های مختلف نخواهند بود (عزیزی ۱۳۸۷). خشکسالی نتایج و اثرات

مخری برحوزه های اجتماعی، اقتصادی، آب و کشاورزی دارد. به علت اهمیت شرایط اقلیمی و تغییرات بارش و خشکسالی، مطالعات زیادی در سطح جهان و ایران صورت گرفته از جمله: مرادی و همکاران (۱۳۸۶) در مقاله ای با عنوان تحلیل روند و خصوصیات مکانی خشکسالی های استان فارس، به این نتیجه رسیدند که شدت خشکسالی هادر نواحی مرکزی استان نسبت به سایر نواحی بیشتر است. کوثری و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی روند تغییرات بارش، دما و رطوبت نسبی در ۲۶ ایستگاه سینوپتیک کشور پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش دما و همچنین کاهش رطوبت نسبی می تواند باعث افزایش میزان تبخیر بارش های دریافتی گردد. در کل تغییرات پارامترهای مورد بررسی خصوصا در رابطه با دمای حداقل و رطوبت نسبی در قسمت مرکزی و شرق کشور بیشتر مشاهده میگردد.

فلاح پور و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی تغییرات دما، بارش و رطوبت نسبی در ایستگاه سینوپتیک شاهرود در ۵۵ سال گذشته، نتیجه گرفتند که سری های زمانی سالانه دمای حداقل و حداکثر میانگین و همچنین رطوبت نسبی در ایستگاه شاهرود دارای روند بوده است. این در حالی است که در این ایستگاه، سری زمانی سالانه میانگین بارش روند بخصوصی را از خود نشان نمی دهد. جهانخش و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به بررسی تغییرات دراز مدت سالانه رطوبت نسبی در ایستگاه زاهدان پرداختند. نتایج نشان داد که تمامی شاخص های رطوبت نسبی مورد بررسی در ایستگاه زاهدان دارای روند کاهشی می باشد.

قنایی و عطایی (۱۳۹۳) به شناسایی تغییرات حداکثر رطوبت نسبی استان اصفهان طی نیم قرن اخیر با استفاده از آزمون من-کندال پرداختند. براساس یافته های حاصل از این پژوهش طی دوره آماری محور مطالعه استان را به خود اختصاص داده است. همچنین بیشترین میزان کاهش رطوبت نسبی به روند های افزایش غلبه داشته است به طوری که در هرماه بیش از ۸/۶۶ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده است. همچنین بیشترین میزان کاهش رطوبت نسبی در ماه فوریه و کمترین میزان آن در ماه ژوئن به وقوع پیوسته است.

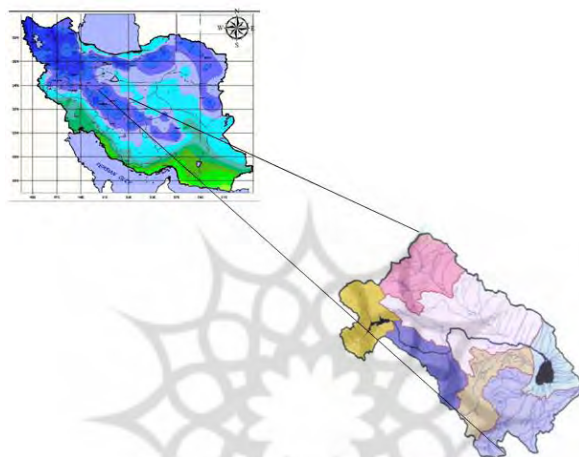
جهانبخش و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل ها و سناریو های اقلیمی پرداختند. نتایج این مطالعات نشان داد که بارش دوره آتی ۹ میلی متر کاهش خواهد یافت و این در حالی است که دمای حداقل ۱/۰۵ و دمای حداکثر ۰/۸۷ درجه سانتی گراد افزایش خواهد یافت. نکته قابل توجه برهم خوردن توزیع زمانی بارش و افزایش دماست که احتمالا تبعات منفی آن بیش از کاهش بارش خواهد بود. بایزیدی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله ای به عنوان "پیش بینی و بررسی روند خشکسالی هواشناسی با استفاده از سری زمانی حوزه آبریز سلماس با استفاده از مدل های سری زمان بارش ARIMA MA.AR.ARMA. به این نتایج رسیدند که خشکسالی در سالهای آماری ۱۳۸۷-۱۳۵۷ تنها در ایستگاه نظر آباد روند افزایشی داشته و در ایستگاه سلماس، اوربان، چهریق، ویالقومز آغاز روند کاهشی مشاهده گردیده است. کانگ زین و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات زمانی-مکانی رطوبت نسبی در سطح چین را بررسی کردند.

کیم و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله ای با عنوان اصلاح و کاربرد شاخص خشکسالی موثر ۲۰۰ ساله خشکسالی اقلیم سنول کره به این نتیجه رسیدند که شاخص EDI موثر تر از شاخص SPLs در بررسی های کوتاه مدت و طولانی مدت می باشد. سای و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی نوسانات دما، بارش و رطوبت فلات تبت طی یک دوره ۳۵ ساله بیان کردند هر ۳ پارامتر دارای روند افزایشی بوده است. مرادی و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله ای با عنوان "خصوصیات خشکسالی آب و هواشناسی در استان فارس ایران به این نتیجه رسیدند که شدت خشکسالی بالا در ایستگاه گوزون و تداوم خشکسالی در ماه ها و ایستگاه پلخان و خشکسالی طولانی و فراوانی بالای خشکسالی در ایستگاه های جهرم و درشاهی مشاهده شده است. تاتلی و تورکیس (۲۰۱۱) در مقاله ای با عنوان "دستورالعمل تجربی تحلیل شاخص خشکسالی پالمر به این نتیجه رسیدند که شاخص های PHDI.PSI و Z مناسب ترین شاخص در تحلیل ها می باشد.

آدامز و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله ای با عنوان "سنتز چند گونه مکانیسم های فیزیولوژیک در مرگ و میر درختان ناشی از خشکسالی نشان دادند که شکست هیدرولیکی Xylem در سرتاسر تاکسون های متعدد در مرگ و میر ناشی از خشکسالی در همه جا گسترده است و شکست هیدرولیکی در مرگ و میر ناشی از خشونت در تمام گونه ها ماندگار است. دیوانجاسینا و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله خصوصیات خشکسالی در هند با استفاده از مشاهدات GRACE کمبود ذخیره آب در زمین به این نتیجه رسید که اعتماد بنفس قابل توجهی در پتانسیل WSDI برای مشخصه قوی خشکسالی در مقیاس های بزرگ فضایی است.

منطقه مورد مطالعه

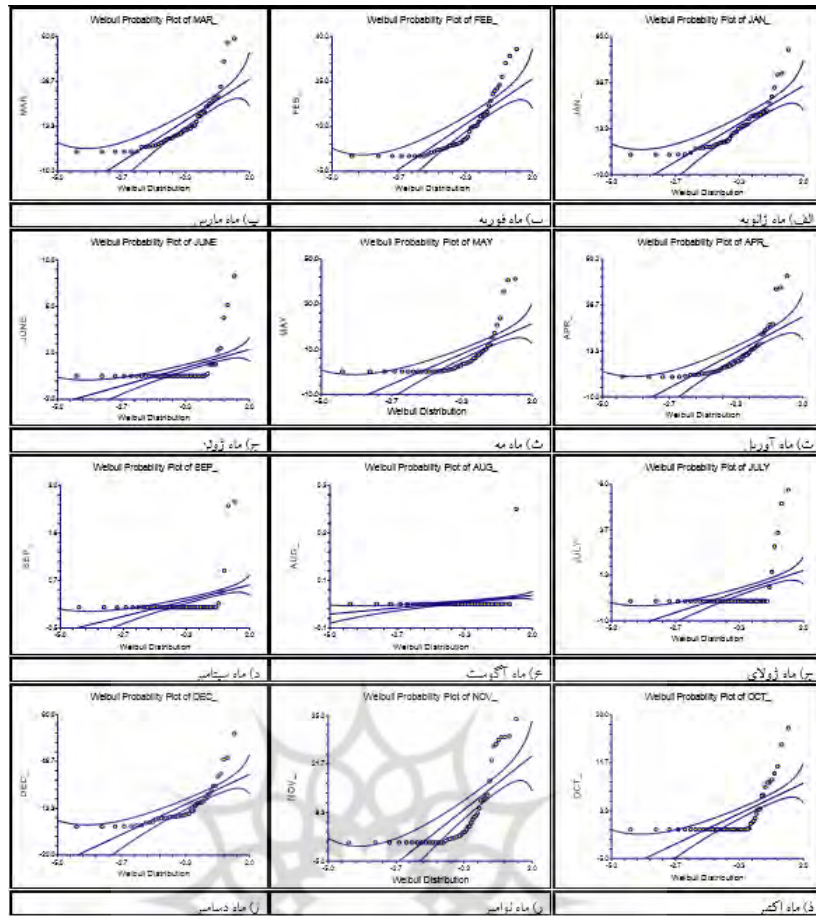
حوضه آبریز زاینده رود به عنوان اولین حوضه از منطقه ششم در فلات مرکزی میباید این حوضه در بخش میانی فلات مرکزی ایران واقع شده است. ۶۰ درصد آن کوهپایه و دشت ۴۰ درصد از این حوضه کوهستانی و مرتفع می باشد. شیب عمومی حوضه از سمت غرب به شرق کاهش می یابد و هر چه به سمت شرق می رویم از ارتفاع زمین کاسته شده تا جایی که مرز شرقی محدوده مورد بررسی در نزدیکی دشت های کویری قرار می گیرد. منبع تأمین کننده آب در این حوضه، نزولات آسمانی و رواناب ناشی از ذوب برف در ارتفاعات شرق زاگرس در بخش سراب حوضه و همچنین چشمه ها و شاخه های فرعی بالادست سد زاینده رود و شاخه های فرعی زیردست سد زاینده رود می باشند که در مجموع رودخانه زاینده رود را به وجود آورده اند. این رودخانه مهم ترین رودخانه فلات مرکزی ایران محسوب می شود که حوضه آبخیز زاینده رود را زهکش نموده و به تالاب گاوخونی ختم می شود. مختصات جغرافیایی این حوضه $50^{\circ}02'$ تا $53^{\circ}24'$ طول شرقی و $31^{\circ}12'$ تا $33^{\circ}42'$ عرض شمالی قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت حوضه زاینده رود در ایران

مواد و روش ها

جهت بررسی بارش و خشکسالی حوضه زاینده رود، از آمار بارش ایستگاه ورزنه که نزدیکترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه است، طی دوره های آماری ۱۳۸۴ - ۱۳۲۸ استفاده شده است. به این منظور پس از سنجش داده های مورد استفاده توسط نرم افزار Ncss minitab (شکل ۲) و اطمینان از ناهنجار بودن آنها از آزمون ناپارامتری من χ^2 کندانال جهت تعیین روند بارش استفاده گردیده است. پس از گردآوری این داده ها، پایگاه های داده های آن در نرم افزار EXCEL تهیه گردید و سپس میانگین بلند مدت روزانه، ماهانه و سالانه و درصد احتمال وقوع آن محاسبه شد و نمودارهای آن تهیه گردید.



شکل ۲- سنجش بهنجار داده های ماهانه بارش منطقه مورد مطالعه توسط نرم افزار NCSS

آزمون من-کندال:

این آزمون نیاز به توزیع فراوانی نرمال یا خطی بودن رفتار داده ها نداشته و در برابر مقادیر فرین مثلا داده هایی که چولگی و کشیدگی زیاد دارند و داده هایی که از رفتار خطی انحراف چشمگیری دارند بسیار قوی بوده و به منظور ارزیابی روند به کار می رود. مراحل اجرای آزمون به طور اختصاصی به شرح زیر است:

ابتدا آزمون تصادفی بودن داده ها برای وجود یا عدم وجود هرگونه روند در داده ها انجام شد. برای انجام این آزمون ابتدا سری های آماری رتبه بندی می شوند و برای میزان تغییر با روند از رابطه زیر استفاده می شود:

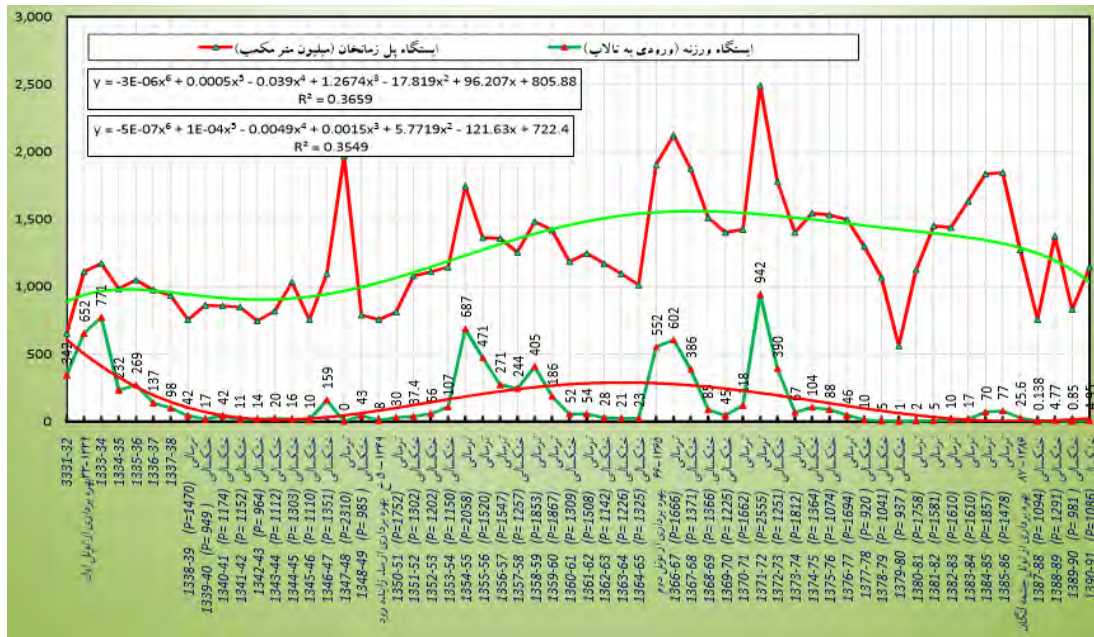
$$T = \frac{4P}{dN(N-1)} = 1$$

T آماره من ° کندال و P مجموع تعداد رتبه های بزرگتر از ردیف NI که بعد از آن قرار میگیرند و از رابطه زیر به دست می آیند:

$$P = \sum_{i=1}^{N-1} ni$$

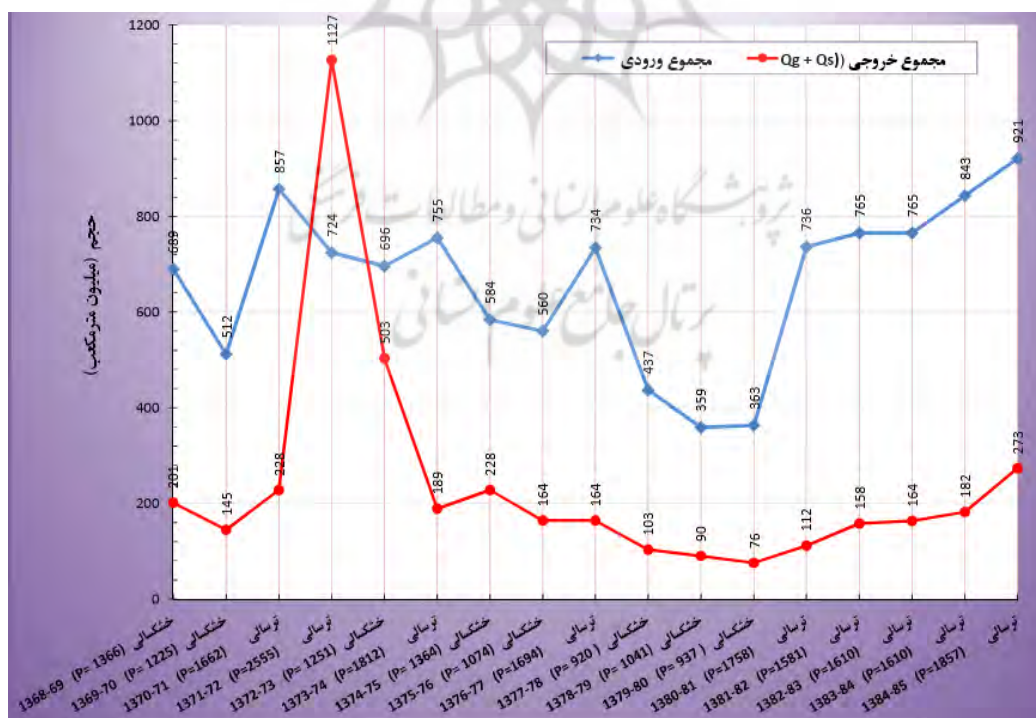
برای سنجش معنیدار بودن آماره T از رابطه زیر استفاده می شود:

$$(t) = \pm g = \frac{\sqrt{4n+10}}{9n(n-1)}$$



شکل ۳. حجم آب سالانه ایستگاه پل زمانخان و ورودی به تالاب گاوخونی در سنوات گذشته (میلیون متر مکعب) همراه با مشخص نمودن سال های ترسالی و خشکسالی منبع (حاجیان ۱۳۹۲: ۸۰)

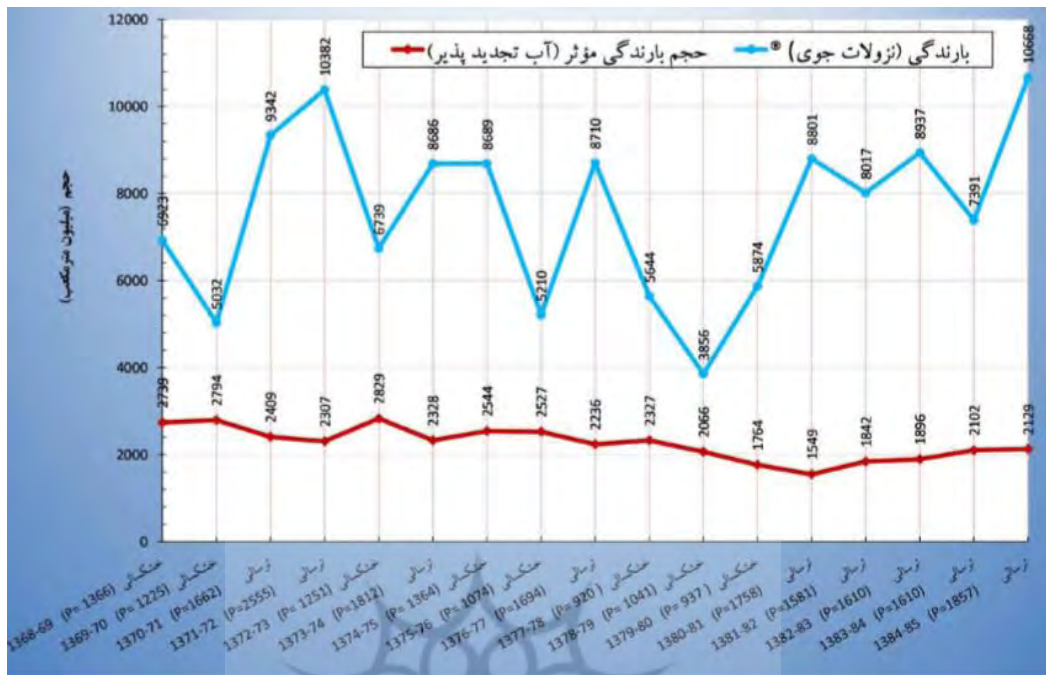
این نمودار که حجم آب سالانه ایستگاه پل زمانخان ورودی به ورزنه در سنوات مشترک آماری را به همراه منحنی بهترین برازش ترسیم شده است که محور طولی آن علاوه بر سال مشخصه های دیگری همچون مقادیر بارندگی سالانه ایستگاه کوه رنگ همراه با دوران خشکسالی و ترسالی ارائه گردیده است. در بیشتر سالها بین حجم آب عبوری از ۱۲ ایستگاه همخوانی خوبی وجود دارد اما از سال ۱۳۷۳ به بعد دبی کاهش چشمگیری پیدا کرده است.



شکل ۴. حجم کل آب ورودی و خروجی حوضه آبریز زاینده رود از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۵

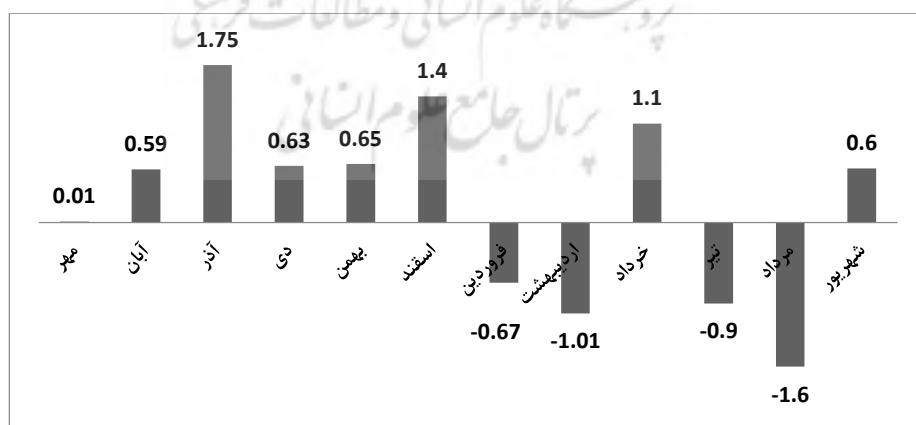
حجم آب ورودی و خروجی حوضه آبریز زاینده رود در ۱۷ دوره آماری ۱۷ ساله ترسیم شده است. که دوران خشکسالی و ترسالی در محور طولی نمودار همراه با مقادیر بارندگی برای هر سال به صورت $p=1470$ نشان داده شده است. تنها در سال

۱۳۷۱-۱۳۷۲ مقدار خروجی از حوضه بیشتر از ورودی بوده است. واز حدود ۱۵ سال پیش تا کنون آب ورودی تالاب پاوخوانی کاهش چشمگیری پیدا کرده است و بر همین اساس خروجی آن هم تغییرات اساسی پیدا کرده است.

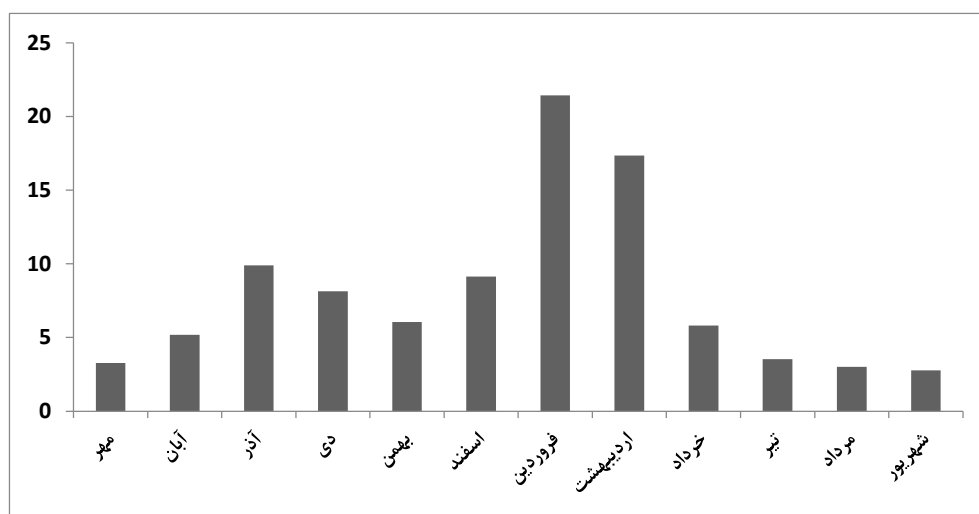


شکل ۵. حجم کل باران و باران مؤثر حوضه آبریز زاینده رود از سال ۱۳۶۸-۱۳۸۵ منبع (حاجیان ۱۳۹۲-۸۴)

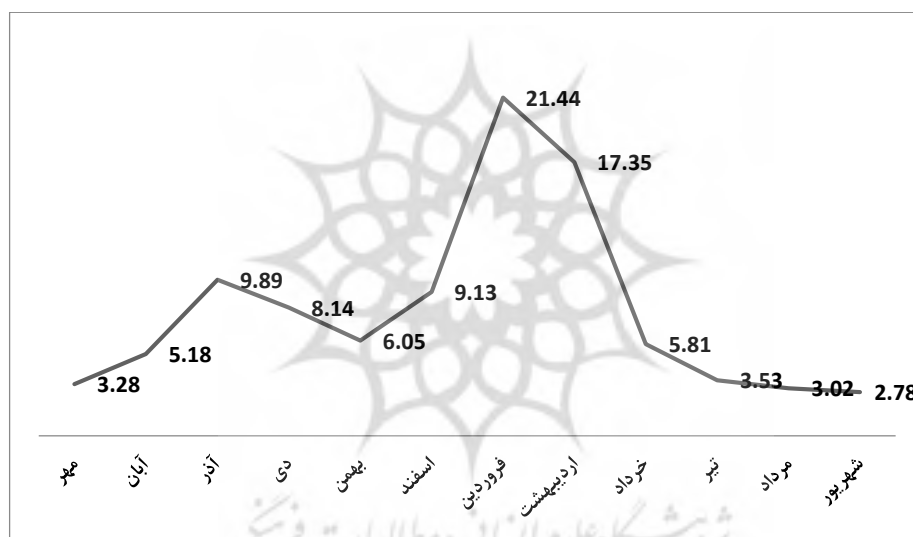
بخشی از مقدار کل نزولات جوی سالانه در یک حوضه آبریز به آب تجدید پذیر که بصورت سطحی و زیرزمینی قابل استفاده است، تبدیل می گردد. برای مشخص نمودن درصد باران مؤثر در حوضه های آبریز، ابتدا با استفاده از روش های تیسن یا خطوط هم باران، کل حجم نزولات جوی را محاسبه می نمایند. سپس حجم روانابهای سطحی و آبهای زیرزمینی را نیز از روشهای معمول و مرسوم محاسبه می مقدار باران مؤثر را در حوضه برآورد نماید. تغییرات سالانه مقدار باران مؤثر نسبت به تغییرات کل نزولات جوی خیلی کمتر است. در طول دوره آماری ۱۷ ساله فوق ۲۲۵۸ میلیون متر مکعب در سال آب تجدید پذیر در حوضه آبریز وجود داشته است.



شکل ۶. مقدار بارش ماهانه با استفاده از ازمون من کندال در شاخص PNI

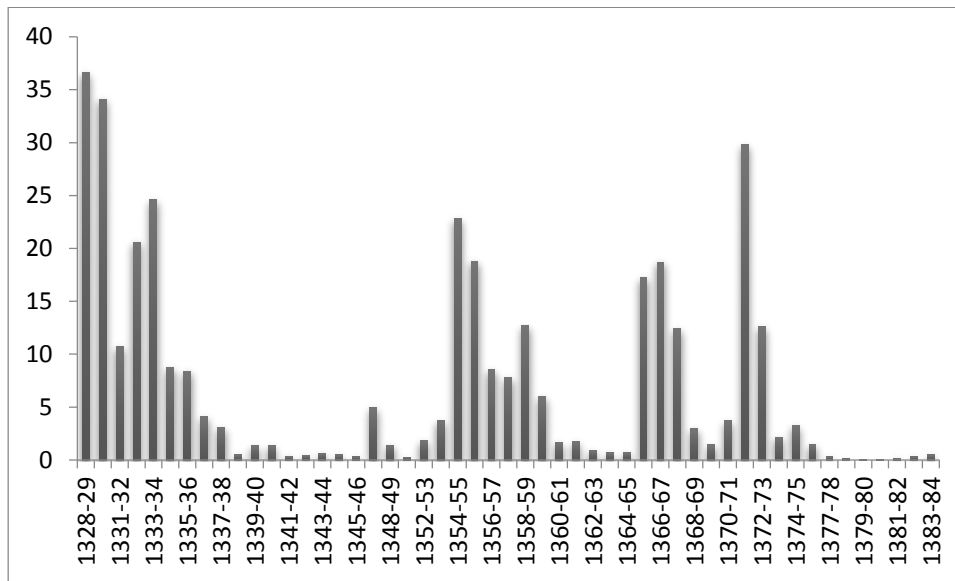


شکل ۷. نمودار بارش ماهانه (ورزنه)

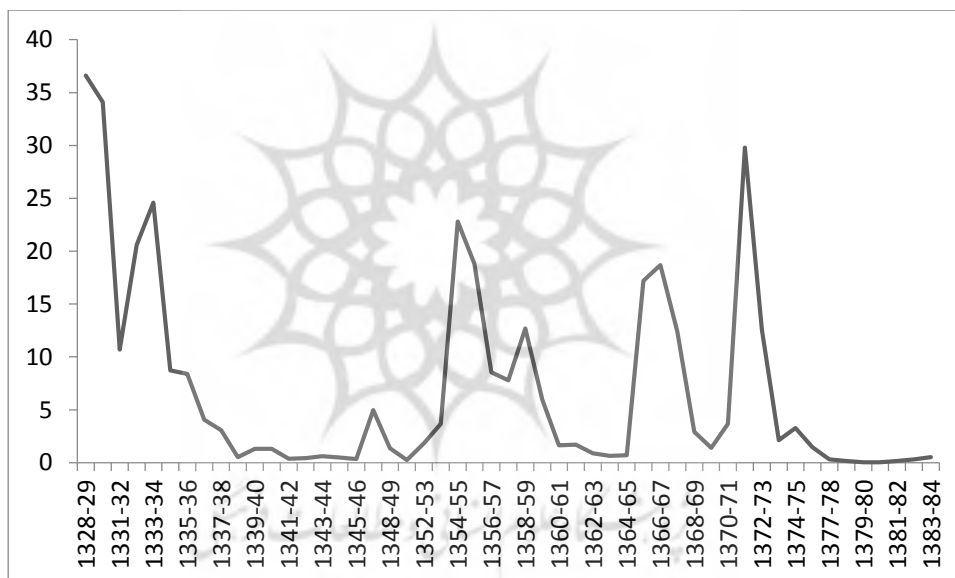


شکل ۸. نمودار بارش ماهانه (ورزنه)

نمودار های مشاهده شده از سالهای ۱۳۲۷-۱۳۸۴ میباشند که براساس میزان بارندگی ماهانه آنها سازمان یافته اند. طبق بررسی های انجام شده و مقایسه نمودارها باهم بیشترین میزان بارندگی را در ماه های فروردین و اردیبهشت مشاهده می کنیم و کمترین میزان بارش در ماه های شهریور و مرداد و مهر مشاهده شده است. باتوجه به نمودار ۵ با استفاده از آزمون من کندال پارامتر بارش در مقیاس سالانه بدون روند بود و در مقیاس ماهانه در ماه های خرداد، تیر، مهر و آذر دارای روند و در سایر ماه ها فاقد روند می باشد.



شکل ۹. بررسی بارندگی سالانه (ورزنه)



شکل ۱۰. بررسی بارندگی سالانه (ورزنه)

طبق بررسی‌های انجام شده در میزان بارش‌های سالانه ایستگاه مورد نظر در طی سالهای ۱۳۲۷-۱۳۸۴، بیشترین میزان بارش انجام شده در سالهای ۱۳۲۹-۱۳۳۴-۱۳۵۵-۱۳۵۹-۱۳۶۷-۱۳۷۳ بوده است. طبق این نمودار ها از سال ۱۳۷۵ به بعد شاهد کمترین میزان بارش طی سالهای بررسی شده هستیم. که همین عامل کمبود بارش باعث خشکسالی شدید حوضه مورد نظر شده است.

نتیجه گیری:

حوضه زاینده رود با شدت بالاتری نسبت به مناطق هم تراز خود تحت تاثیر خشکسالی است. طی سالهای ۱۳۲۷-۱۳۳۸ دارای بیشترین میزان بارش طی سالهای مورد بررسی بوده است. بعد از آن شاهد یک دوره ۱۴ ساله کمبود بارش بوده ایم بعد از آن دوره هم شاهد کمبود و افزایش بارش بوده ایم اما شدید ترین میزان کاهش بارش از سال ۱۳۷۵ به بعد مشاهده میشود. که باعث پایین رفتن میزان آب شده است که دوره شدید خشکسالی خود را در حال گذراندن می باشد بیشترین بارش های ماهانه طی این سالها در بررسی نمودار به نمودار ماهانه هرسال، در ماه های فروردین و اردیبهشت و کمترین میزان بارش

در شهریور ماه مشاهده شده است که این مقدار با گذشت هر سال از میزان آن کاسته شده است و در نتیجه با خشکسالی شدید تری روبه رو خواهیم بود، که اگر پیش گیری های لازم انجام نگیرد باعث خشکسالیی دائمی این حوضه خواهد شد که خسارات جبران ناپذیری به همراه خواهد داشت. آثار زیان بار این خشکسالی در اثر نبود مدیریت درست و دخالت های انسانی تشدید شده که با توجه به غیرقابل پیش بینی بودن اما تکرار پذیر بودن آن پیشنهاد میشود در راهبرد مدیریت منابع آب حوضه زاینده رود تجدید نظر صورت گیرد.

منابع:

- ۱- منتظری م.، (۱۳۸۸). شناسایی روند بارش و خشکسالی حوضه کارزون، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریتی آن.
- ۲- عیورج و عساکره. ح. (۱۳۸۲). کاربرد مدل های فوریه در برآورد دماهای ماهانه و آینده نگری آن، مطالعه موردی، دمای مشهد. سومین کنفرانس منطقه ها و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان ۱۲۶-۱۳۰.
- ۳- فنایی. ر. عطایی. ه. هاشمی نسب. س. باقری. ن. (۱۳۹۵) بررسی تطبیق روند تغییرات بارش و خشکسالی در تالاب بین المللی گاوخونی. مطالعه موردی: ایستگاه ورزنه.
- ۴- جهانبخش. س. خورشید دوست. ع. م. عاملی نژاد. م. ح. پوراصغر. ف. (۱۳۹۵). تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش بادر نظر گرفتن عدم قطعیت مدل ها و سناریوهای اقلیمی مطالعه موردی حوضه شهر چای ارومیه. مجله هیدرولوژی دوره ۳ شماره ۷
- ۵- کریمی م. کاکاشاهد و مطلب بایزیدی. (۱۳۹۴). تحلیل خشکسالی هیدرولوژی با روش حد آستانه ثابت. مطالعه موردی حوضه آبخیز کرخه. پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز دوره ششم. شماره یازدهم. ساری.
- ۶- حجازی زاده. ز. بررسی تغییرات دما و بارش تهران طی نیم قرن اخیر. جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای پیش شماره پاییز و زمستان.
- ۷- ملکی. س. عساکره. ح. (۱۳۹۰). بررسی تاثیر دما و رطوبت نسبی بر روی بارش طی دهه های اخیر. مطالعه موردی ایستگاه زنجان. سازمان جغرافیایی. سال بیستم. تابستان ۱۳۹۰. شماره ۷۸
- ۸- مسعودیان. سیدابوالفضل (۱۳۹۰). آب و هوای ایران. چاپ اول. مشهد. انتشارات شریعه توس.
- ۹- حجازی زاده. ز. س. جوی زاده. (۱۳۸۹). مقدمه ای بر خشکسالی و شاخص های آن. چاپ اول. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی. دانشگاه (سمت) تهران.
- ۱۰- حاجیان. ناصر. حاجیان. پوریا. پایگاه داده های زاینده رود. (۱۳۹۲). چاپ اول. اصفهان. انتشارات پارس ضیا علم آفرین
۱۱. Shaban .A. 2008. Indicator and Aspects of Hydrogical Drought in Lebanon. Springer science + Business Media B.V. Water Resour Manage 1875-1891.
۱۲. Shafer, B.A. and Dezman, L.E. 1982. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought condition in snowpack runoff area, Proc. Western Snow Conf., pp 164-175.
۱۳. Sohrabi, Mohammad, Ryu. John.H, Abatzoglou. John, and Tracy, J. 2012. Climat extrem and its Linkage to regional drought over Idaho, USA. Springer science + Business Media B.V, Nat Hazard.
۱۴. Serrano, A, Mateos, V.L, Garcia, J. A, 1999, Trend analysis of monthly precipitation over the iberian peninsula for the period 1921° 1995, Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, Volume 24, Issues 1-2, Pages 85-90.
۱۵. Gonzaled-Hidalgo, J.c, M. Deluis, J. Raventos and. Sanchez , 2001, international Journal of climatology , 843-860.
16. Tatli, H, Turkes, M, 2011, Empirical Orthogonal Function analysis of the palmer drought indices, Agricultural and Forest Meteorology.
17. Kim, D, W&Byun, H& Choi, K, 2009, Evaluation, modification, and application of the Effective Drought Index, Jornal of Hydroligy, 378, 1-12.