

سالی به سال دیگر متغیر است. در هیچ یک از سال‌های مورد بررسی خشکسالی شدید و حاد وجود نداشته، اما در مجموع تعداد سال‌های خشک بیشتر از سال‌های تر بوده است.

واژه‌های کلیدی: آنومالی، بارش، خشکسالی، روند، من-کندال

تحلیل روند تغییرات بارش و تعیین وضعیت خشکسالی و ترسالی حوضه آبریز کن در سال‌های اخیر

نگین بینش^{۱*}، محمدحسین نیک سخن^۲، امین سارنگ^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۴

مقدمه

بارش از جمله عناصر اقلیمی است که با تغییرات زیادی همراه بوده و این تغییرات، عامل تولید سیل یا خشکسالی در محیط می‌باشند. سیل و خشکسالی از مهمترین پدیده‌های حدی اقلیمی هستند که بسیاری از مناطق جهان، و از جمله کشور ایران، با آن مواجه است [۴]. تغییرات اقلیمی و رخداد‌های حدی پیامدهای فراوانی در ابعاد مختلف زندگی انسان‌ها و جوامع داشته و بر منابع آب، و متعاقب آن بر بهداشت، کشاورزی، صنعت، و سایر بخش‌ها به شدت تأثیرگذار می‌باشد، و به همین دلیل در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است [۱۷، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷]. ناهنجاری بارش نشان دهنده میزان تغییرات بارندگی از میانگین درازمدت آن در منطقه مورد نظر است که مقدار انحراف بارش از محدوده نرمال را بیان می‌کند و می‌تواند دارای مقداری مثبت یا منفی باشد [۱۱]. آنومالی مثبت در یک سال نشان می‌دهد که بارندگی آن سال بیش از حد نرمال بوده و بالعکس، آنومالی منفی نشان دهنده شرایط خشک دوره است که در مقیاس سالانه از آن به خشکسالی هواشناسی تعبیر می‌شود. با این تعریف، می‌توان آنومالی بارش را شاخصی برای پایش خشکسالی و ترسالی نیز دانست [۲۱]. از دیدگاه هواشناسی، خشکسالی در دوره ای اتفاق می‌افتد که میزان بارندگی از حد مورد انتظار کمتر باشد [۱۱].

فرج‌زاده و همکاران [۱۳] بر مبنای بارش و چند روش آماری، خشکسالی‌های ایران را با توجه به ویژگی‌های فضایی-زمانی آن مورد مطالعه قرار داده و در این زمینه از ویژگی‌های آماری مربوطه به وسعت، شدت، فراوانی و تداوم زمانی بارش استفاده نموده‌اند. از این بررسی می‌توان چنین استنباط کرد که با وجود روند افزایشی برای تقاضا برای آب به سبب فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی، و شرب، تغییرات اقلیمی چون کاهش بارندگی که منجر به وقوع خشکسالی‌ها می‌شود، در منابع آبی تأثیر نامطلوبی داشته و کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خوش اخلاق [۵] در تحقیقی اقدام به مطالعه دوره‌های خشک و مرطوب ایران نموده و خشکسالی‌های فراگیر

چکیده

بارش از جمله مهمترین شاخص‌های اصلی در مطالعات اقلیمی بوده و تحولات اقلیمی عمدتاً ناشی از افت، نوسان، یا تغییر این عنصر است. بنابراین در اکثر تحقیقات اقلیمی و به ویژه در تعیین دوره‌های خشک و تر، عامل بارش مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. ناهنجاری‌های اقلیمی از جمله عوامل وقوع رخداد‌های حدی چون سیل، خشکسالی، و یابان‌زایی می‌باشد که کشور ما نیز از این پدیده تأثیر پذیر بوده است. درصد آنومالی (ناهنجاری) بارش (PAP)، معیار مهمی در ارزیابی خشکسالی و ترسالی به شمار می‌رود. در مطالعه حاضر، با استفاده از آمار دریافتی از ایستگاه هواشناسی چیتگر و پس از بررسی کیفیت و همگنی داده‌ها، از روش رگرسیون خطی و آزمون گرافیکی من-کندال برای تعیین روند و نقاط تغییر در بارش حوضه آبریز کن در استان تهران طی دو دهه اخیر (۱۳۷۴-۱۳۹۳) استفاده شد. سپس میانگین متحرک ۵ ساله و همچنین ناهنجاری‌های مجموع بارش و دمای متوسط سالانه برآورد گردید و بر این اساس، سال‌های خشک و تر طی دو دهه گذشته در حوضه آبریز کن تشخیص داده شد. نتایج نشان می‌دهد که بارش سالانه حوضه آبریز کن طی سال‌های دوره دوره مورد بررسی، در مجموع با روند منفی مواجه بوده، هر چند این روند (در سطح احتمال ۵ درصد) معنی دار نبوده است. همچنین بررسی‌ها نشان دهنده این است که طی دهه ۱۳۷۰ این حوضه با خشکسالی خفیف و متوسط مواجه بوده، اما پس از آن، روند خشکی و ترسالی یکنواخت نبوده و از

۱- دانشجوی دکترای مهندسی محیط زیست، منابع آب، دانشگاه تهران، نویسنده

مسئول: Email: nbinesh14@gmail.com

۲- استادیار دانشگاه تهران. نشانی: آدرس: تهران، خیابان انقلاب، خیابان قدس، نبش کوچه آذین، دانشکده محیط زیست.

۳- استادیار دانشگاه تهران؛ نشانی: تهران، خیابان انقلاب، خیابان قدس، نبش کوچه آذین، دانشکده محیط زیست.

ایران را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. بدین منظور، برای شناسایی دوره‌های خشک و مرطوب سالانه از ضرایب آماری به ویژه شاخص استاندارد بارش ۳۷ ایستگاه سینوپتیک استفاده کرد و در نهایت با بررسی نقشه‌های سینوپتیک، الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران را تحلیل نمود. قویدل رحیمی و جهانبخش اصل [۱۴] ماه‌های خشک و مرطوب استان آذربایجان شرقی را با استفاده از نمایه SPI مورد مطالعه قرار داده و همبستگی موجود میان فراوانی وقوع و طول دوره‌های خشک و مرطوب را برآورد نموده و با توجه به این فراوانی وقوع، نقشه خطر خشکسالی را ترسیم نموده است. زاهدی و قویدل رحیمی [۸] بر مبنای شاخص "مک کال" و سری زمانی "هالت-وینتر" اقدام به پیش بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های حوضه دریاچه ارومیه نموده و به این نتیجه رسیده اند که در سال‌های مورد بررسی برای پیش‌بینی، بارش ایستگاه‌ها اغلب در حالت نرمال خواهد بود، و خشکسالی شدیدی را برای ایستگاه‌ها پیش بینی ننموده اند. وو و همکاران [۲۸] با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه به ارزیابی شاخص بارش استاندارد (SPI) Z چینی (CZI)، و نمره Z (Z-Score) در مقیاس‌های زمیانی ۱، ۳، ۶، ۹، و ۱۲ ماهه، بای اقلیم‌های خشک و مرطوب کشور چین پرداختند. این محققین نتیجه گرفتند که هر سه شاخص، خروجی یکسانی را برای همه مقیاس‌های زمانی به همراه داشته، اما محاسبات مربوط به شاخص‌های CZI و عدد Z، آسان تر از شاخص SPI بوده است. بوناکرسو و همکاران [۱۸] با استفاده از شاخص SPI به بررسی و پهنه بندی خشکسالی در ایتالیا با استفاده از داده‌های باران سنجی و NCEP/NCAR پرداخته‌اند.

تعیین روند تغییرات متغیرهای اقلیمی در به دست آوردن دیدی جامع در زمینه چگونگی تغییر آنها در طول زمان حائز اهمیت است، و برنامه ریزی در خصوص ابعاد و بخش‌های گوناگون هر جامعه، به آگاهی از روند پارامترهای اقلیمی آن منطقه وابسته است. این مسأله با توجه به تغییر پارامترهای اقلیمی از جمله دما و بارش، از اهمیت زیادی برخوردار است. تحقیقات زیادی در سطح ایران و جهان این مسأله را به اثبات رسانده است. برای نمونه نتایج مطالعات شاهرخوندی [۹] نشان می‌دهد که ضریب تغییرات بارش در کشور بر مبنای داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، ۳۰ تا ۴۰ میلیمتر و برای دما بین ۴ تا ۷ درجه سانتیگراد است. اسماعیلی و همکاران [۲] در تحقیقات خود میزان افزایش دما و بارش را برای استان خراسان رضوی در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ به ترتیب ۰/۵ درجه سلسیوس و ۷ میلیمتر پیش‌بینی کردند.

آشکارسازی تغییرات اقلیمی از دیدگاه آماری با روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. به طور کلی آزمون‌های آماری که به منظور آشکارسازی تغییرات اقلیمی و بررسی روندهای موجود در داده‌ها به کار گرفته می‌شوند، را می‌توان به دو بخش آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم کرد. مزیت آزمون‌های ناپارامتری بر آزمون‌های پارامتری این است که در اکثر آزمون‌های پارامتری، فرض اولیه

آزمون، وجود توزیع نرمال در داده‌ها می‌باشد؛ در صورتی که در اکثر آزمون‌های ناپارامتری چنین شرطی وجود ندارد [۱۰]. از آنجا که اکثر سری‌های اقلیمی به طور کلی از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند [۱۲]، به منظور حصول نتایج دقیق تر و نزدیک به واقعیت، در اکثر تحقیقات در بررسی وجود یا عدم وجود روند در سری‌های اقلیمی، از آزمون‌های ناپارامتری استفاده می‌شود.

بر اساس آنچه ذکر گردید، و نیز با توجه به اثرات آشکار تغییرات اقلیمی بر منابع آب و رواناب حوضه‌های آبریز، انجام تحقیق در رابطه با آشکار نمودن روند اقلیمی حوضه‌های آبریز کشور طی چند دهه گذشته ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین اهداف این مطالعه، ۱- آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات بارش به عنوان یکی از مهمترین عناصر اقلیمی، ۲- برآورد ناهنجاری‌های دما و بارش سالانه، و ۳- تعیین سال‌های خشک و تر طی ۲۰ سال گذشته در حوضه آبریز کن می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

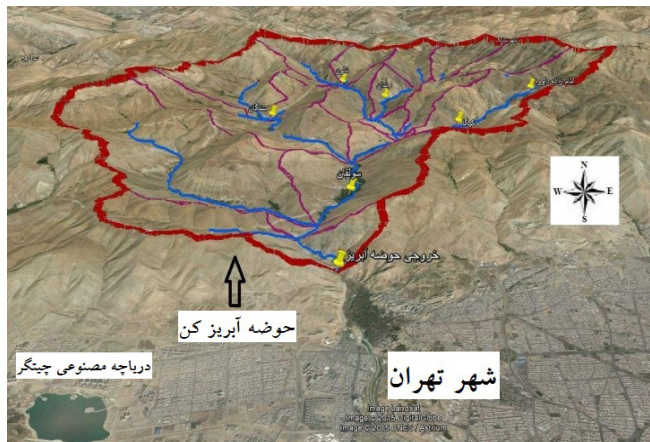
حوضه آبریز کن در شهر تهران، بخش کن و دهستان سولقان واقع شده و بزرگترین حوضه کوهستانی شمال تهران است که از سمت شمال غربی مشرف به دشت تهران می‌باشد [۱۵]. این حوضه بین طول جغرافیایی ۵۱:۱۰ ۵۲:۲۲ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵:۴۶ تا ۳۵:۵۷ شمالی قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا ۳۸۳۹ متر، و حداقل ارتفاع ۱۴۰۰ متر و ارتفاع متوسط حوضه ۲۴۱۷/۱۵ متر از سطح دریا می‌باشد. مساحت حوضه آبریز کن، بیش از ۲۰۰ کیلومتر مربع و محیط آن، حدود ۸۵ کیلومتر برآورد گردیده است [۷]. این منطقه به لحاظ اقلیمی دارای رژیم مدیترانه‌ای است و با توجه به واقع شدن آن در ناحیه غربی، جهت تعیین وضعیت اقلیمی آن از ایستگاه سینوپتیک چیتگر استفاده می‌شود [۱۶]. شکل ۱ نقشه و موقعیت حوضه آبریز کن را نسبت به شهر تهران نشان می‌دهد.

همچنین جدول ۲ ارائه دهنده مشخصات ایستگاه سینوپتیک تکمیلی چیتگر بوده و شکل ۲ موقعیت ایستگاه چیتگر در استان تهران را نشان می‌دهد.

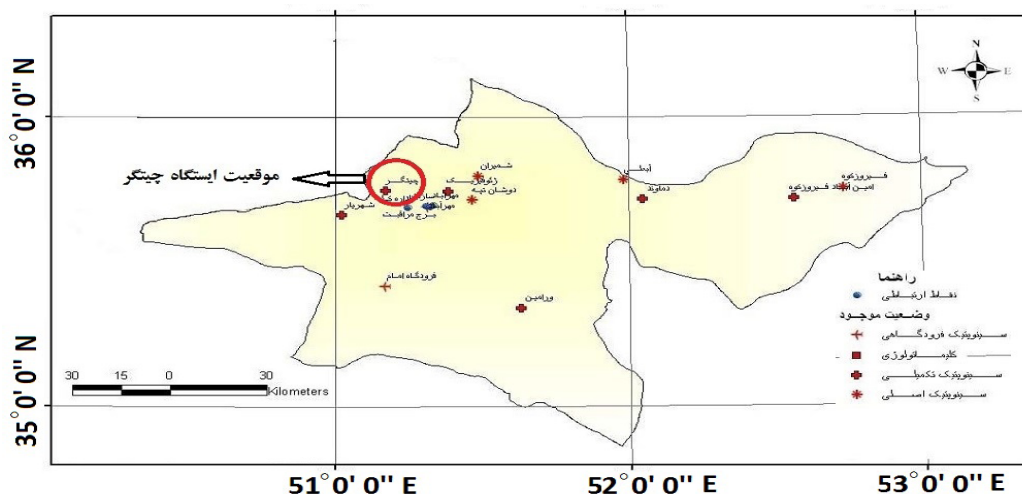
مواد و روش‌ها

تقسیم بندی‌های مختلفی برای ارزیابی خشکسالی با توجه به آنومالی محاسبه شده بارش معرفی شده است؛ که در این مطالعه، از طبقه‌بندی پیشنهادی در جدول ۱ استفاده می‌شود. در این جدول، خشکسالی بر اساس مقادیر درصد آنومالی بارش به گروه‌های خشکسالی خیلی شدید تا ترسالی خیلی شدید طبقه بندی شده است [۲۰].

همانطور که ذکر گردید، در این مطالعه جهت بررسی روند تغییرات اقلیمی از آمار ایستگاه سینوپتیک چیتگر (که یک ایستگاه سینوپتیک تکمیلی است) استفاده شده است. در این مطالعه، داده‌های ماهانه دما و بارش از ایستگاه سینوپتیک تکمیلی چیتگر، طی ۲۰ سال



شکل ۱- تصاویر، موقعیت قرارگیری حوضه آبریز کن را نسبت به شهر تهران نشان می‌دهند (مأخذ: ترابی [۳] و راستین‌شندی [۷])



شکل ۲- وضعیت ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی استان تهران (مأخذ: اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی، [۱])

جدول ۲- مشخصات ایستگاه هواشناسی چیتگر

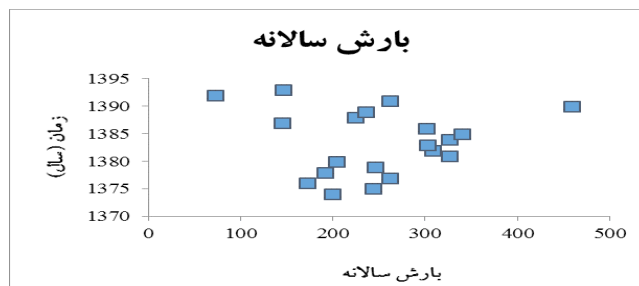
نام ایستگاه سینوپتیک	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (m)
ایستگاه چیتگر	۵۱° ۱۰'	۳۵° ۴۴'	۱۳/۰۵

جدول ۱- طبقه بندی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر درصد آنومالی بارش (PAP) (مأخذ: جنویاک و همکاران [۲۰])

درصد آنومالی بارش	شدت خشکسالی
PAP < -80	خشکسالی خیلی شدید (حاد)
-80 ≤ PAP < -50	خشکسالی شدید
-50 ≤ PAP < -25	خشکسالی متوسط
-25 ≤ PAP < 0	خشکسالی کم (ضعیف)
0 ≤ PAP < 25	نرمال
25 ≤ PAP < 50	ترسالی کم (ضعیف)
50 ≤ PAP < 100	ترسالی متوسط
100 ≤ PAP ≤ 200	ترسالی شدید
PAP > 200	ترسالی خیلی شدید (حاد)

اخیر (۱۳۷۴-۱۳۹۳) از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور اخذ شده و با توجه به آن، میانگین دمای سالانه و فصلی، و نیز مجموع بارش سالانه و بارش‌های فصلی محاسبه گردید (لازم به ذکر است که به دلیل اینکه تنها آمار قابل دسترسی از ایستگاه چیتگر، از حدود ۲ دهه پیش تا کنون می‌باشد، مطالعه حاضر برای دوره آماری ۲۰ ساله صورت گرفته است). همگنی داده‌ها توسط آزمون ران تست^۱ مورد سنجش قرار گرفت و در مورد داده‌های مفقود مربوط به تعدادی از سال‌های آماری، با استفاده از روش نسبتها (داده‌های بارش) و تفاضل‌ها (داده‌های دما) به بازسازی داده‌ها اقدام گردید. سپس به منظور تعیین روند و آشکارسازی نقاط تغییر بارش در

1- Run test



شکل ۳- تغییرات مقادیر دما و بارش در ارتباط با زمان

و $\bar{P}$ میانگین بلندمدت متغیر مورد نظر، n طول دوره آماری، و $i = 1, 2, \dots, n$ است [۱۹].

تحلیل نتایج

به کارگیری آزمون غیر نموداری ران تست با استفاده از میانگین داده‌ها و شمارش تعداد داده‌های کوچکتر و بزرگتر از میانگین، و نیز تعداد دنباله‌های ایجاد شده صورت گرفت، که با استفاده از جدول مربوط به این آزمون، همگن بودن داده‌ها نتیجه شد. با توجه به عدم برداشت داده در برخی موارد در میان آمار بارش موجود، بازسازی داده‌ها نیز برای ۳ سال آماری صورت گرفت.

از جمله اولین مراحل در بررسی رابطه میان دو متغیر، رسم نمودار پراکنش یا نمودار تغییرات میزان این دو متغیر در ارتباط با یکدیگر است. از این رو به منظور تحلیل همبستگی میان سری‌های اقلیمی دما و بارش سالانه با متغیر زمان، نمودار پراکنش داده‌ها بررسی گردید (شکل ۳). نتایج بررسی حاکی از عدم وجود رابطه خطی مشخص بین زوج‌های مرتب متغیرهای بارش با زمان می‌باشد، چرا که پراکندگی نقاط در نمودار بسیار زیاد بوده و پیوند بین متغیرها با زمان بسیار ضعیف است ($R^2=0.007$). برای عنصر دما، هر چند همبستگی و پیوند میان این متغیر با زمان بیش از بارش سالانه است، اما برازش رگرسیون خطی نشان از همبستگی نسبتاً ناچیز متغیر دما با زمان دارد ($R^2=0.05$). در ادامه به بررسی وجود یا عدم وجود روند در سری زمانی بارش سالانه، با استفاده از دو آزمون رگرسیون خطی و من-کندال گرافیکی می‌پردازیم.

جدول ۳ نتایج آزمون رگرسیون خطی را برای بارش فصلی و سالانه نشان می‌دهد. با مشاهده این جدول این نتیجه به دست می‌آید که روند تغییرات بارش رخ داده طی دو دهه گذشته در حوضه آبریز کن در سطح احتمال ۵ و حتی ۱۰ درصد معنی دار نبوده است. از این میان، تنها مجموع بارش سالانه در سطح احتمال ۱۰ درصد، دارای روند منفی می‌باشد. همچنین با توجه به این آزمون می‌توان گفت

حوضه آبریز کن طی دوره مورد بررسی، آزمون رگرسیون خطی و نیز آزمون ناپارامتری من-کندال گرافیکی به کار گرفته شد. آزمون من-کندال یکی از متداول ترین روش های ناپارامتری تحلیل روند سری های هیدرولوژیکی و هواشناسی به شمار می رود. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها دلالت دارد و رد فرض صفر (پذیرش فرض یک) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد. در انجام آزمون گرافیکی من-کندال، دو عامل U_i و U'_i محاسبه و جهت بررسی روند، در کنار یکدیگر ترسیم می شود تا با توجه به موقعیت آنها نسبت به هم، بتوان معناداری یا بی معنی بودن روند را مشخص نمود. در صورتی که مقادیر آنها از دو مقدار عددی آستانه مثبت و منفی $1/96$ تجاوز کند، روند معنی دار بوده و در صورتی که میان این دو آستانه قرار گیرند، روند غیر معنادار است. در شرایطی که دو خط U_i و U'_i یکدیگر را قطع نمایند، نقطه تقاطع، نقطه جهش محسوب می شود، که اگر پس از این جهش، دو خط مذکور در داخل حریم و محدوده باشند، جهش معنادار نبوده، اما چنانچه از حریم تجاوز کرده و محدوده را کلاً یا موقتاً ترک نمایند، جهش معنادار خواهد بود [۶]. از توضیح آزمون رگرسیون خطی به دلیل سادگی آن صرف نظر می شود. لازم به ذکر است که سطح معنی داری در رابطه با آزمون های مذکور، ۵ درصد در نظر گرفته شده است.

در ادامه به منظور محاسبه ناهنجاری های سری های مختلف دما و بارش، از روابط (۱) و (۲) استفاده گردید. آنومالی (ناهنجاری) به معنای میزان تغییرات سالانه یک پارامتر اقلیمی از مقدار نرمال آن است [۱۱].

$$P_a = \frac{(P - \bar{P})}{\bar{P}} \times 100 \quad (1)$$

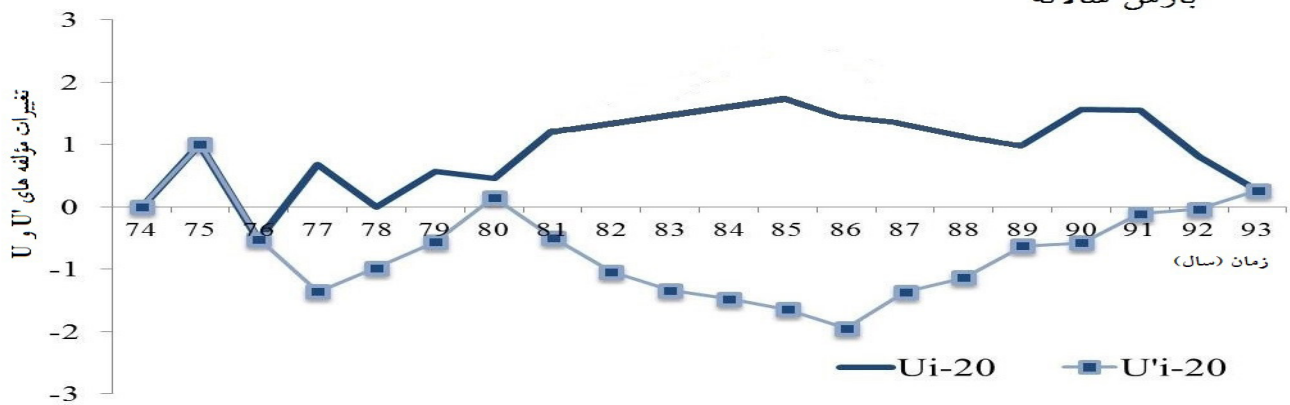
$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

که در آن P_a درصد آنومالی متغیر مربوطه، P مقدار سالانه آن،

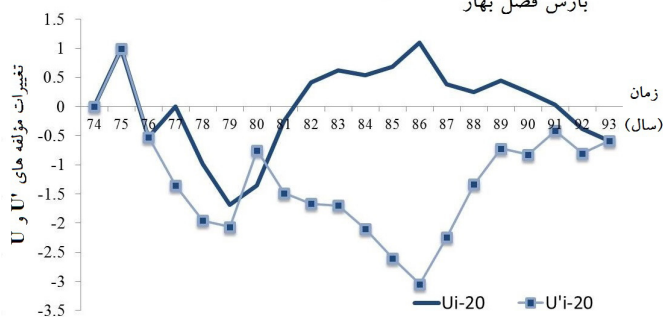
جدول ۳- نتایج آزمون رگرسیون خطی برای بارش فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک چیتگر در استان تهران (دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۹۳)

پارامتر مورد نظر	مجموع بارش سالانه	بارش زمستان	بارش بهار	بارش تابستان	بارش پاییز
مقدار شیب خط رگرسیون	-۱/۰۶۸	-۱/۳۵	۰/۲۱	۰/۲۲	-۰/۳۹

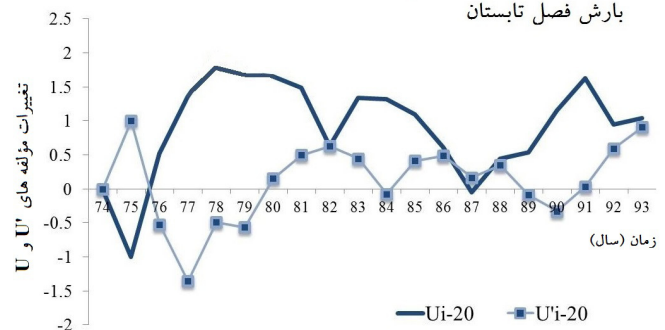
بارش سالانه



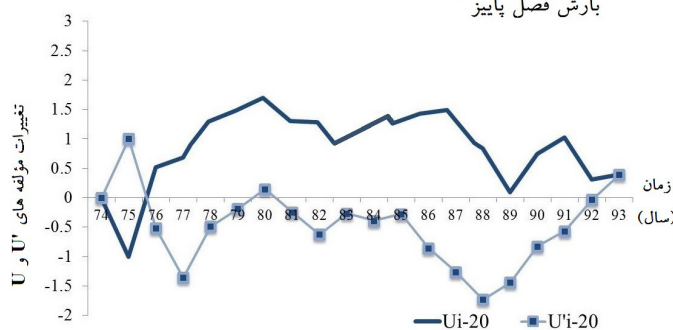
بارش فصل بهار



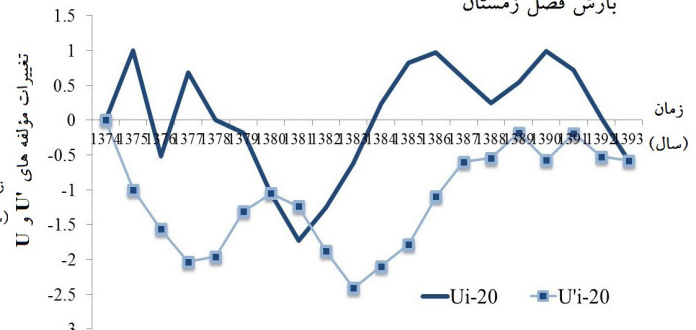
بارش فصل تابستان



بارش فصل پاییز



بارش فصل زمستان



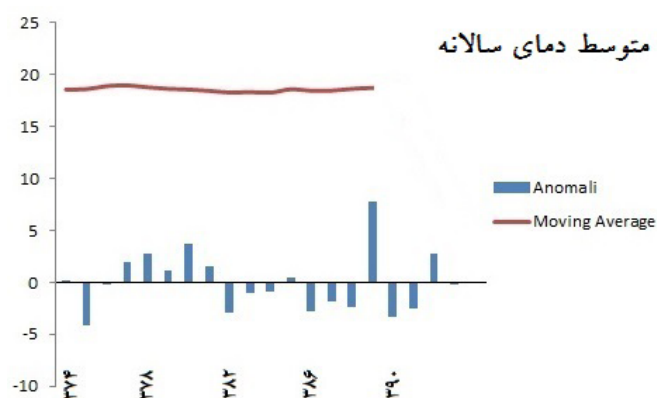
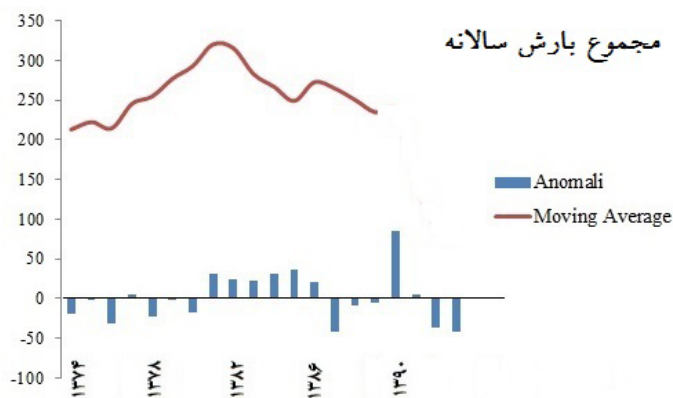
شکل ۴- نمودارهای تغییرات مؤلفه U و U' بارش سالانه و فصلی ایستگاه چیتگر

تغییرات ناگهانی در روند بارش شده است، هر چند این جهش‌ها معنادار نمی‌باشد. در سایر فصول، نقاط تغییر نسبتاً کمتر است و بیشتر تغییرات به صورت نوسان بوده است.

در شکل ۵ آنومالی‌های مربوط به مجموع بارش و دمای متوسط سالانه، در کنار میانگین متحرک هر یک از این متغیرها در حوضه آبریز کن برای سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۳ ترسیم گردیده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در نیمه ابتدایی این دوره، بارش سالانه افزایش یافته و میزان آنومالی‌ها هم اغلب منفی بوده است، که بدین معناست که مقدار بارش سالانه از میانگین بلندمدت و حد نرمال کمتر بوده، اما مقدار این ناهنجاری‌ها زیاد نیست. اما از اوایل دهه ۱۳۸۰، میزان بارش سالانه رو به کاهش نهاده و مقدار ناهنجاری‌های بارش سالانه عمدتاً بیشتر شده است. مقادیر زیاد ناهنجاری‌ها می‌تواند نشانه وقوع

که بارش فصول بهار و تابستان تغییرات مثبتی داشته، اما روند روند تغییرات بارش فصول پاییز و زمستان منفی است.

در ادامه آزمون گرافیکی من-کندال برای تعیین نقاط جهش و جزئیات روند بارش به کار گرفته شد. چنانکه از نمودارهای مربوط به بارش سالانه و فصلی در شکل ۴ پیداست، در تمام موارد نمودار U کاملاً در داخل محدوده بحرانی در هر دو سطح احتمال ۵ درصد واقع بوده و تغییر معنی داری در داده‌های مذکور مشاهده نمی‌شود، تغییرات مؤلفه U عمدتاً در داخل باند اطمینان می‌باشد، و بیشتر تغییرات در مشاهدات بارش حوضه کن طی دو دهه گذشته به صورت نوسان ظاهر گردیده است (البته در سطح اطمینان ۱۰ درصد، روند معنی دار وجود دارد). بیشترین جهش رخ داده، در سزی زمانی بارش فصل تابستان اتفاق افتاده است و در برخی موارد منجر به



شکل ۵- سری‌های زمانی آنومالی مجموع بارش و دمای متوسط سالانه و میانگین متحرک ۵ ساله آنها

جدول ۴- وضعیت خشکسالی و ترسالی حوضه آبریز کن طی دوره ۱۳۷۴-۱۳۹۳ به تفکیک سال

سال	وضعیت خشکی حوضه آبریز کن
۱۳۷۶-۱۳۸۷-۱۳۹۲-۱۳۹۳	خشکسالی متوسط
۱۳۷۴-۱۳۷۵-۱۳۷۸-۱۳۷۹-۱۳۸۰-۱۳۸۱-۱۳۸۹	خشکسالی خفیف
۱۳۷۷-۱۳۸۲-۱۳۸۳-۱۳۸۶-۱۳۹۱	شرایط نرمال
۱۳۸۱-۱۳۸۴-۱۳۸۵	ترسالی خفیف
۱۳۹۰	ترسالی متوسط

در اواخر دهه ۸۰، مجدد شرایط خشکی اتفاق می‌افتد و تا انتهای دوره مورد بررسی (به استثنای دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱) در شرایط خشکسالی هواشناسی به سر می‌برد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله روند تغییرات بارش و نیز ناهنجاری‌های دما و بارش سالانه، طی دو دهه اخیر در حوضه آبریز کن مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که بارش سالانه حوضه، به ویژه در اواخر دوره مورد بررسی، روند منفی نشان می‌دهد. هر چند این روند، (در سطح احتمال ۵ درصد) معنادار نبوده است. در بارش فصل زمستان تغییراتی رو به کاهش با شیب ملایم مشاهده می‌شود، در حالیکه در سایر فصول، بارش روند مشخصی نداشته و بیشتر تغییرات به صورت نوسان ظاهر گردیده است. بیشترین جهش و تغییر ناگهانی نیز در بارش فصل تابستان بوده است.

بررسی ناهنجاری‌های بارش نیز نشان داد که حوضه آبریز کن در هیچ یک از سال‌های دوره مورد بررسی، دچار خشکسالی شدید و حاد نبوده است. این حوضه در دهه ۷۰ با خشکسالی هواشناسی خفیف و متوسط مواجه بوده، چرا که در اغلب سال‌های این دهه، بارش کمتر از مقدار نرمال، و دما بیشتر از میانگین بلند مدت آن بوده است. برای دهه ۸۰، شرایط دما و بارش از سالی به سال دیگر متغیر است، و برخی سال‌های این دهه پر بارش و برخی کم بارش بوده

سیل (در صورت مثبت بودن مقدار ناهنجاری) و یا خشکسالی (در صورت منفی بودن) باشد. در سال‌هایی که آنومالی‌های بارش به صفر نزدیک می‌شود، بدین معنی است که در این بازه زمانی، بارش سالانه به سمت میانگین بلندمدت میل می‌کند. شیب رو به کاهش در آنومالی‌های مثبت بارش، نشانه خشکسالی کشاورزی است که استمرار آن می‌تواند خشکسالی هیدرولوژیکی را در پی داشته باشد [۱۱].

از اوایل دهه ۱۳۸۰، ناهنجاری‌های بارش از منفی به مثبت تغییر کرده، و بالعکس، آنومالی‌های دما از مثبت به منفی تغییر یافته است. اما از اواخر این دهه، آنومالی‌های دما و بارش تقریباً هم جهت می‌باشند.

حال با توجه به ناهنجاری‌های محاسبه شده بارش سالانه و طبقه بندی ارائه شده در جدول ۱، به شناسایی سال‌های خشک و تر در حوضه آبریز کن طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۳ می‌پردازیم. جدول ۴ وضعیت خشکی حوضه کن را به تفکیک سال‌های دوره مورد بررسی ارائه می‌دهد.

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که حوضه آبریز کن طی حدود ۲ دهه گذشته، در اکثر سال‌ها دارای خشکسالی خفیف بوده و تنها در موارد معدودی شرایط ترسالی بر آن حاکم بوده است. این حوضه طی دهه ۱۳۷۰ اغلب با خشکسالی مواجه بوده است، اما از دهه ۱۳۸۰ به تدریج رو به شرایط نرمال و ترسالی پیش می‌رود.

اند. هر چند دوره مورد بررسی در این مطالعه، کل دهه ۹۰ را در بر نمی‌گیرد، اما نتایج نشان داد که سال‌های ۹۲ و ۹۳، دچار خشکسالی هواشناسی بوده، درحالی‌که دو سال ۹۰ و ۹۱ جزو سال‌های غیر خشک می‌باشند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که در حوضه آبریز کن، در هیچ یک از سال‌های مورد بررسی خشکسالی شدید و حاد وجود نداشته، اما در مجموع تعداد سال‌های خشک بیشتر از سال‌های تر بوده است.

منابع

- ۱- اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی، ۱۳۹۳، گزارش سالانه.
- ۲- اسماعیلی، ر.، گندمکار، ا.، غیور، ح. (۱۳۹۰). پهنه بندی میزان تغییرات اقلیمی از دیدگاه کشاورزی در دوره اقلیمی آینده (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۲۱، شماره ۱، ص ۳۵-۵۲.
- ۳- ترابی، سید اويس، ۱۳۹۵، مروری بر سیل رودخانه کن، سیناپرس: خبرگزاری علم و فرهنگ.
- ۴- خورشیددوست، ع.م.؛ و قویدل رحیمی، ی.، ۱۳۸۷، آشکارسازی تغییرات بارش ماهانه ایستگاه اهر در ارتباط با الگوهای پیوند از دور، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال پنجم، شماره ۲۰، ص ۶۵-۸۱.
- ۵- خوش اخلاق، ف. (۱۳۷۷). تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
- ۶- خوشحال دستجردی، ج.، و قویدل رحیمی، ی.، ۱۳۸۷، کاربرد آزمون ناپارامتری من-کندال در برآورد تغییرات دمایی، مجله فضای جغرافیایی، سال هشتم، شماره ۲۲، ص ۲۱-۳۸.
- ۷- راستین شندی، ۱۳۹۴، مدل‌سازی کمی و کیفی رودخانه کن با رویکرد حوضه ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۸- زاهدی، م.، و قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۶). ارتباط نوسان‌های گردش جوی - اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، ۶۰: ۱۴۷-۱۵۶.
- ۹- شاه‌خوندی، ۱۳۸۵، تحلیل سینوپتیکی - آماری روند تغییرات بارش و دما در ایران (۱۹۵۱-۱۹۹۷)، پایان نامه دکتری، دانشگاه اصفهان.
- ۱۰- شریفیان، ح.، و حبیبی، ع.، ۱۳۹۲، بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند تغییرات منابع آب سطحی در بخشی از حوزه استان گلستان، اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.
- ۱۱- عربی یزدی، اعظم؛ ثنایی نژاد، سید حسین؛ و بنایان، محمد؛ ۱۳۹۲؛ برآورد آномالی بارش و دمای سالانه در شمال شرق ایران و تأثیر آن بر عملکرد محصول گندم دیم؛ نشریه آبیاری و زهکشی

- ایران، شماره ۴، جلد ۷، ص ۵۵۴-۵۵۸.
- ۱۲- علیزاده، ا.، ۱۳۶۷، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.
 - ۱۳- فرج زاده، م.، موحد دانش، ع.، و قائمی، ه. (۱۳۷۴). خشکسالی در ایران، دانش کشاورزی، تبریز، ۲۵: ۳۱-۵۲.
 - ۱۴- قویدل رحیمی، ی.، و جهانبخش اصل، (۱۳۸۱)، تحلیل توزیع فضایی ماه‌های مرطوب و خشک در ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی، فضای جغرافیایی، ۵: ۳-۳۹.
 - ۱۵- مهندسین مشاور آتک، ۱۳۸۲، طرح ساماندهی مسیل کن.
 - ۱۶- مهندسین مشاور آرمانشهر، ۱۳۸۱، مطالعات طراحی سازماندهی منحنی تراز ۱۴۰۰-۱۸۰۰ منطقه ۲۲ شهرداری تهران.
 - 17- Ansuategi, A., Greño, P., Houlden, V., Markandya, A., Onofri, L., Picot, H., et al., 2015, The impact of climate change on the achievement of the post-2015 sustainable development goals, *Metroeconomica*, HR Wallingford.
 - 18- Bonaccorso. B., and Others, 2003, Spatial Variability of Drought: An Analysis of the SPI in Sicily, *Water Resources Management*, No. 17, PP. 273-296.
 - 19- Gibbs, W.J. and Maher. J.V., 1967, Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin* No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
 - 20- Janowiak, J.E. Ropelewski, C.F. and Halpert, M. S. (1986). The Precipitation Anomaly Classification: A Method for Monitoring Regional Precipitation Deficiency and Excess on a Global Scale, *Journal of climate and applied meteorology*.
 - 21- Kai-Ming, U and Gang., H., 2010, The Formation of Precipitation Anomaly Patterns during the Developing and Decaying Phases of ENSO. *ATMOSPHERIC AND OCEANIC SCIENCE LETTERS*, 2010, VOL. 3, NO. 1, 25-30.
 - 22- Leckebusch, C.G., Uibrich, U., Frhlich, L., Pinto, J.G., (2007). Property loss potentials for European mid altitude storm in a changing climate. *Geophys. Res. Lett.* 34, 05703.
 - 23- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M., Appenzeller, C., 2004, The role of increasing temperature variability in European summer heat waves. *Nature* 427, 332-336.
 - 24- Siva Kumar, M.V.K., Hansen, J., 2007. Climate Prediction and Agriculture. *Advances and Challenges*. Springer, Berlin, pp. 306-309.

27- Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., Vara Prasad, P.V., 2000, Temperature variability and the yield of annual crops. *Agric. Ecosys. Environ.* 82, 159–167.

28- Wu, H., M.J.Hayes, A. Weiss and Q. Hu. 2001. An Evaluation of the standardized precipitation index, the china-z index and the statistical z-score. *International Journal of Climatology*, 21:745-758.

25- Teng, P., Caballero-Anthony, M., Tian, G., Lassa, J., 2015, Impact of Climate Change on Food production (Policy Brief), RSiS, Nanyang Tochnological University.

26- Tong, Sh., Berry, H., Ebi, K., Bambrick, H., Hu, W., Green, D., et al., 2016, Climate change, food, water and population health in China, *Bulletin of the World Health Organization*, Online version, Article ID: BLT.15.167031.

*Abstract***Precipitation Trend Analysis and Determination of Dry/wet years in Kan Watershed During Recent Years**N. Binesh^{1*}, M. H. Niksokhan² and A. Sarang³

Received: 2016/03/31 Accepted: 2016/12/04

Rainfall is of the most important elements in climatic studies and climate change is mainly due to changing precipitation amount. Therefore, rainfall is discussed in most climatic researches, especially those which are related to determining dry/wet periods. Anomalies of climate elements are of the main factors causing extreme events such as floods, droughts, desertification etc. in most parts of the world including Iran. Precipitation anomaly percent (PAP) is an important measure in drought assessment. Current study applies linear regression and Mann-Kendal tests on data from Chitgar synoptic weather station in order to determine the trend and change points in precipitation time series in Kan watershed during 1994-2014. Also moving average and anomalies for total annual precipitation and mean annual temperature were calculated and dry/wet years were recognized based on them. The results show that precipitation trend has been negative in Kan watershed, in general, during two recent decades, though it is not meaningful (in 5% significance). In addition, the investigations showed that the studied area has faced slight and average drought in 1990s, however after that, dry/wet years changed from year to year. Totally there was no severe and extreme drought in Kan watershed during two past decades, but it can be said that most years were considered as dry years during this period.

Keywords: Anomali, Precipitation, Drought, Trend, Mann-Kendall.

1. PhD student of Environmental Engineering-Water Resources, University of Tehran , corresponding author: Email:nbinesh14@gmail.com

2. Assistant professor, University of Tehran

3. Assistant professor, University of Tehran.