

تغییرپذیری و روند ماهانه مساحت‌های تحت تاثیر خشکسالی - ترسالی در ایران

مصطفی کریمی^{۱*}، مهناز جعفری^۲

*۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، (mostafakarimi.a@ut.ac.ir).

۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی سینوپتیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

چکیده

بارش شاید مهم‌ترین عنصر اقلیمی مناطق خشک و نیمه خشکی همانند ایران باشد. نوسانات زمانی و توزیع نامناسب مکانی در رخداد این پدیده باعث شده که منابع آب و شرایط اقتصادی-اجتماعی نیز متأثر از آن باشد. رخداد خشکسالی یکی از ویژگی‌ها اقلیمی ایران است که در سالیان اخیر نمود بیشتری یافته است. این مطالعه با هدف شناسایی مساحت‌های درگیر خشکسالی و ترسالی در ایران و روند تغییرات ماهانه این سطوح، خشکسالی و ترسالی‌های ماهانه ایران در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰، با استفاده از شاخص استاندارد شده Z (ZSI) و بهره‌گیری از داده‌های بارش ERA interim مرکز پیش‌بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF) استخراج گردید. تغییرپذیری و روند به صورت گرافیکی (نمودارهای ماهانه) و آزمون من-کندال بررسی گردید. نتایج نشان داد که در تمامی ماه‌های سال رخدادهای ترسالی و خشکسالی دارای روندی متفاوت است. شش ماه فوریه، مارس، می، آگوست، اکتبر و دسامبر، ترسالی روندی کاهشی و در سایر ماه‌ها (ژانویه، آوریل، جون، جولای، سپتامبر و نوامبر) روند کاهشی در خشکسالی مشاهده شده است. نتایج همچنین نشان داد که در ماه‌های ابتدایی هر فصل روند بسیار ضعیف در خشکسالی وجود دارد و در ماه‌های میانی و پایانی سال خط روند شیب بیشتری دارد. نتایج مربوط به بررسی معنی داری روند با استفاده از آزمون من-کندال نشان داد که حتی در سطح ۱۰ درصد نیز روند تغییر مساحت‌های خشکسالی و ترسالی در هیچ یک از ماه‌های سال معنی‌دار نیستند. با این حال می‌توان گفت که روند محسوسی در افزایش مساحت‌های تحت تاثیر خشکسالی در ماه‌های فصل بهار مشاهده می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

خشکسالی، ترسالی، شاخص استاندارد شده Z (ZSI)، من-کندال، ایران.

مقدمه

خشکسالی یک پدیده زیست محیطی خزنده است که اثرات مخرب بسیاری در اقتصاد، کشاورزی و جامعه دارد. خشکسالی یک وضعیت کمبود بارندگی و ورودی رطوبت است (بروفانی و همکاران، ۲۰۱۵). اگرچه غالب خشکسالی‌های وسیع حاصل سیستم‌های درون چرخش سسپاره‌ای بوده و از آن به نام خشکسالی‌های اقلیمی نام برده می‌شود، با این حال خشکسالی‌های کشاورزی و هیدرولوژیکی، ریشه در خشکسالی‌های اقلیمی دارند. خشکسالی‌های شدید حاصل تغییرات چرخش اتمسفری و جابجایی سیستم‌های سینوپتیکی در مقیاس وسیع می‌باشد (کاوایی، ۱۳۸۳). خشکسالی در مناطقی که از نظر اقلیمی به طور متوالی ولی نامنظم تو سط سیستم‌های آب و هوایی مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرند حادث‌تر است (رضیئی و همکاران، ۱۳۸۲). خشکسالی و ترسالی‌ها با شدت‌های متفاوت و در مساحت‌های مختلفی سرزمین‌ها را درگیر و گاه خسارت‌های قابل توجهی به بار می‌آورند. از این رو مطالعه و بررسی در رابطه با این پدیده‌های اقلیمی همواره مورد توجه پژوهشگران در عرصه دانش آب و هواشناسی بوده است. بنابراین مطالعات بسیار زیادی در این زمینه و از دیدگاه‌های متفاوت خشکسالی و ترسالی، شاخص‌های محاسبه آن‌ها، تحلیل همیدی-سینوپتیکی این پدیده‌ها و ارتباط آن‌ها با الگوهای بارشی و رطوبتی در نقاط مختلف کشور توسط آنان انجام پذیرفته است.

برخی این دوره‌های خشکسالی و ترسالی را به لحاظ مکانی در کل کشور (فرج زاده، ۱۳۷۴ و ۱۳۷۶؛ خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۷۶؛ عزیزی، ۱۳۷۹؛ موحدی و همکاران، ۱۳۹۰، غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶) و برخی دیگر تنها در یک یا چند منطقه بررسی نموده‌اند (Mahmood و همکاران، ۲۰۱۰؛ خلیقی سیگارودی و همکاران، ۱۳۸۶؛ رحیمی، ۱۳۹۰). عده‌ای از محققین خشکسالی و ترسالی‌ها را با استفاده از روش‌های آماری و شاخص‌های متعدد مورد ارزیابی قرار داده و در نهایت شاخص بهینه را در تعیین و شناسایی آن‌ها ارائه نموده‌اند (مزیدی و خسروی، ۱۳۸۸؛ جهانبخش و قویدل رحیمی، ۱۳۸۴؛ قویدل رحیمی، ۱۳۸۴؛ انصافی مقدم، ۱۳۸۶؛ جوادی و ضرابی، ۱۳۸۹؛ Loucas و همکاران، ۲۰۰۳)، عده‌ای دیگر تنها با یک شاخص به شناسایی دوره‌های خشک و مرطوب پرداخته‌اند (گلایی و همکاران، ۱۳۸۹). برخی از مطالعات تأثیر این پدیده‌های پراهمیت اقلیمی را در تغییر شرایط محلی و مدیریت منابع آب بررسی نموده‌اند (سلامی، ۱۳۸۳). تمرکز برخی از مطالعات بر روی ارتباط خشکسالی و ترسالی‌ها و سایر متغیرهای اقلیمی همچون تغییرات رطوبت، بارش، دما و غیره و حتی چگونگی گردش جو منطقه در شرایط وقوع این پدیده‌ها و در نهایت مقایسه گردش جو در دو دوره خشک و تر است (Mares و همکاران، ۱۹۹۹؛ Brubaker و Dirmeyer، ۲۰۰۲؛ Raddatz، ۲۰۰۵؛ Xu و همکاران، ۲۰۰۸؛ پرک، ۱۳۸۹؛ خوش اخلاق، ۱۳۷۷؛ معصوم پور سماکوش، ۱۳۸۴؛ پوراصغر و همکاران، ۱۳۹۱؛ نامنی، ۱۳۹۱؛ اوجی، ۱۳۸۵).

با توجه به قرارگیری کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین به‌ویژه موقعیت آن در کمربند بیابانی جهان و همچنین گستردگی در عرض جغرافیایی و نوسانات بالای بارش، بخش وسیعی از کشور با خشکی و کمبود آب مواجه می‌باشد، از این رو وجود نوسانات بارش در سال‌های اخیر سبب افزایش وقوع ناهنجاری‌های بسیاری همچون خشکسالی در آن شده است. لذا لزوم مطالعه و بررسی در زمینه این پدیده‌های مهم، بسیار ضروری و غیرقابل چشم پوشی است و نیاز آن در مدیریت منابع آبی دیده می‌شود. بر این اساس در این پژوهش سعی شده است که تغییرات مساحت‌های تحت تأثیر خشکسالی و ترسالی‌های ماهانه و روند آن مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور ارزیابی خشکسالی و ترسالی‌های ماهانه ایران (شکل ۱) از داده‌های بارش ERA interim مرکز پیش‌بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF) با قدرت تفکیک مکانی ۱ درجه در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۲، بهره گرفته شده است. این مرکز توانایی تهیه و تولید داده‌هایی با قدرت تفکیک مکانی بسیار بالاتر (۱/۲۵ درجه) در مقایسه با سایر مراکز تهیه داده‌های جوی را دارد. به همین دلیل در بسیاری از مطالعات اقلیمی چه در سطح جهان و چه در ایران از داده‌های تهیه شده در این مرکز استفاده می‌شود. در گام اول وقوع دوره‌های ترسالی و خشکسالی‌های ماهانه در کشور محاسبه شده است. این مهم با استفاده از شاخص استاندارد شده (ZSI) (z) انجام شده است (رابطه ۱).

$$ZSI = \frac{(P_i - \bar{P}_i)}{SD} \quad (1)$$

که \bar{P}_i میانگین بارش در یک سال معین، \bar{P}_i میانگین بارش کل دوره و SD انحراف معیار بارش می‌باشد (Chowdhury و همکاران، ۱۹۸۹؛ Mashari Eshghabad و همکاران، ۲۰۱۴).

پس از محاسبات مربوط به شاخص استاندارد، مقادیر مربوطه از نقاط شبکه بر روی ایران (۱۵۷ شبکه) استخراج گردید. به منظور انجام محاسبات آماری مربوط به درصد مساحت دوره‌های ترسالی و خشکسالی ماهانه، شاخص بالاتر از ۰/۲۵ به عنوان دوره ترسالی و شاخص کمتر از ۰/۲۵- نیز به عنوان دوره خشکسالی ماهانه در نظر گرفته شد.

خشکسالی $-0/25 < ZSI < 0/25$ ترسالی

در گام بعد برای محاسبه مساحت‌های درگیر خشکسالی و ترسالی (بدون در نظر گرفتن شدت) ماهانه با توجه به این که درون‌یابی شش‌شاخص خشکسالی (با مقادیر مثبت و منفی) مناسب نبود و همچنین منظم بودن نقاط شبکه، با استفاده از تعداد نقاط دارای وضعیت‌های ترسالی و خشکسالی نسبت به کل نقاط، درصد محاسبه شده است (شکل ۱). در ادامه سری زمانه طولانی مدت (۱۹۸۲-۲۰۱۰) دوره‌ها نیز بررسی گردید.

بدیهی است که عناصر اقلیمی دارای رفتار غیر خطی بوده که این رفتار به صورت روندهای افزایشی و کاهش‌ی در سری زمانی داده‌ها مشاهده می‌شود (عساکره، ۱۳۹۲). بررسی‌های دراز مدت اقلیمی از اقدامات مفید و موثر جهت تعیین و ارزیابی روندهای مزبور می‌باشد تا از این طریق بتوان پیش‌بینی‌هایی دقیق‌تر و مناسب‌تر از چگونگی رفتار و حالات عناصر اقلیمی در آینده به عمل آورد (ناظم‌السادات و همکاران، ۱۳۸۵). در نهایت به منظور ارزیابی وجود و معنی داری روند در هر کدام از دوره‌های ماهانه از آزمون آماری من-کندال استفاده شده است. آزمون من-کندال ابتدا توسط Mann در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس در سال ۱۹۷۵ توسط Kendall بسط و توسعه یافت (سیرانو و همکاران، ۱۹۹۹، نقل از حجام و همکاران، ۱۳۸۷). این روش به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود (لتن مایر و همکاران، ۱۹۹۴، نقل از حجام و همکاران، ۱۳۸۷).

$$\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

n تعداد مشاهدات سری، و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر:

$$n > 10 \quad \text{اگر} \quad (4)$$

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18}$$

$$n \leq 10 \quad \text{اگر} \quad (5)$$

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

n تعداد داده‌های مشاهداتی و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد، t بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

استخراج آماره Z به کمک یکی از روابط زیر:

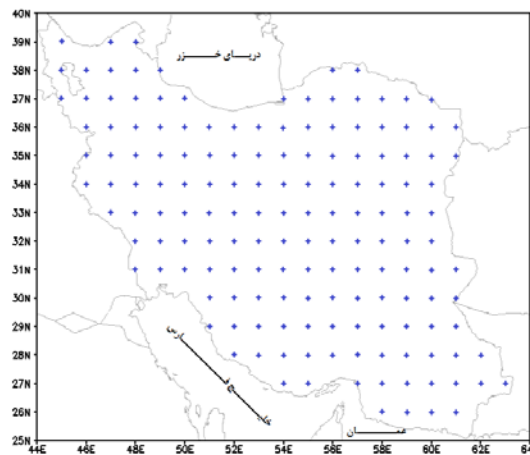
$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2}$$

a سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی دار a می‌باشد که

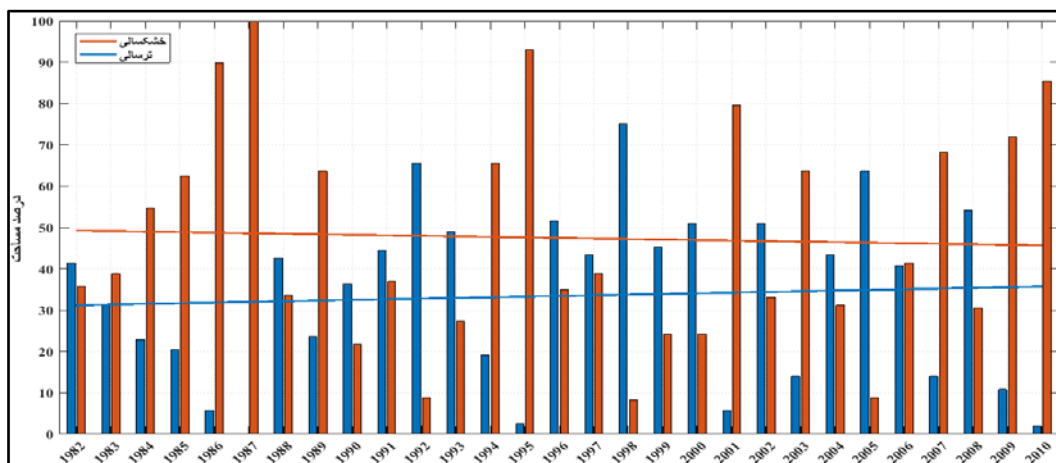
با توجه به دامنه آزمون، از a یا $\alpha/2$ استفاده می‌شود. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (عساکره، ۱۳۹۰).



شکل ۱- محدوده مطالعاتی و پراکنش نقاط شبکه داده بر روی ایران

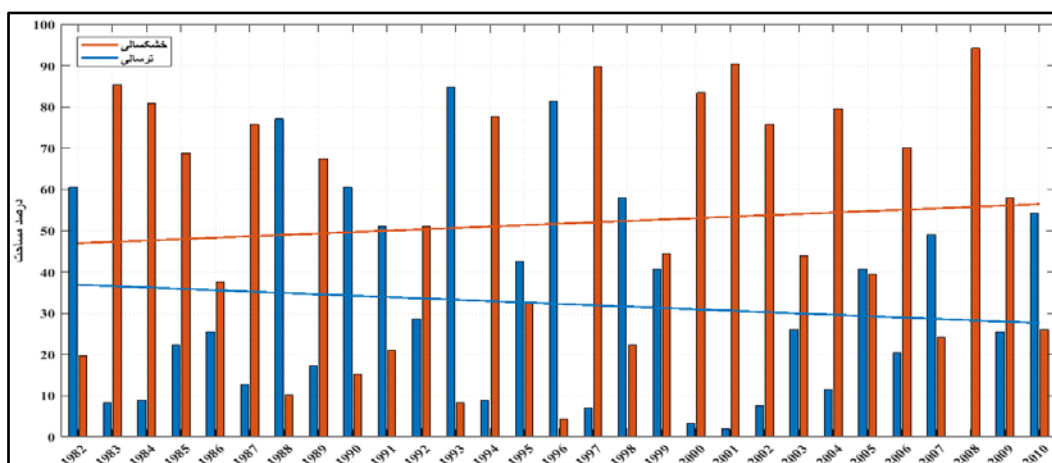
نتایج و بحث

پس از استخراج خشکسالی و ترسالی‌های ماهانه ایران در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰، درصد مساحت محدوده مطالعاتی و پراکنش نقاط شبکه در این محدوده‌های تحت تاثیر خشکسالی و ترسالی در هر سال و تغییرپذیری آن‌ها به شکل نموداری جداگانه برای هر ماه میلادی تهیه و روند هر ماه در دو رخداد خشکسالی و ترسالی تحلیل گردید. شکل ۲ شرایط خشکسالی و ترسالی در ماه ژانویه را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است طی سال‌های مورد بررسی هر دو شرایط خشکسالی و ترسالی دارای تغییر پذیری بالایی است. هرچند که شدت ماه‌های خشک به ویژه در سال‌های مشخصی بیشینه است (۱۹۸۷، ۱۹۹۵، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰) و نمود بیشتری را در مقایسه با ماه‌های تر دارد، اما تعداد سال‌هایی که در آن درصد وقوع ترسالی بیش از خشکسالی است فراوان‌تر است. سال ۱۹۸۷ با ۱۰۰ درصد و سال ۱۹۹۸ با بیش از ۷۵ درصد به ترتیب با رخداد وقوع شرایط خشکسالی و ترسالی در رتبه نخست قرار دارند. از سویی دیگر به‌رغم اینکه در سال‌های پایانی دوره مطالعه شدت خشکی رو به افزایش است ولیکن روند آن در طی دوره آماری کاهش یافته است و ترسالی‌های ماه ژانویه در حال افزایش است.



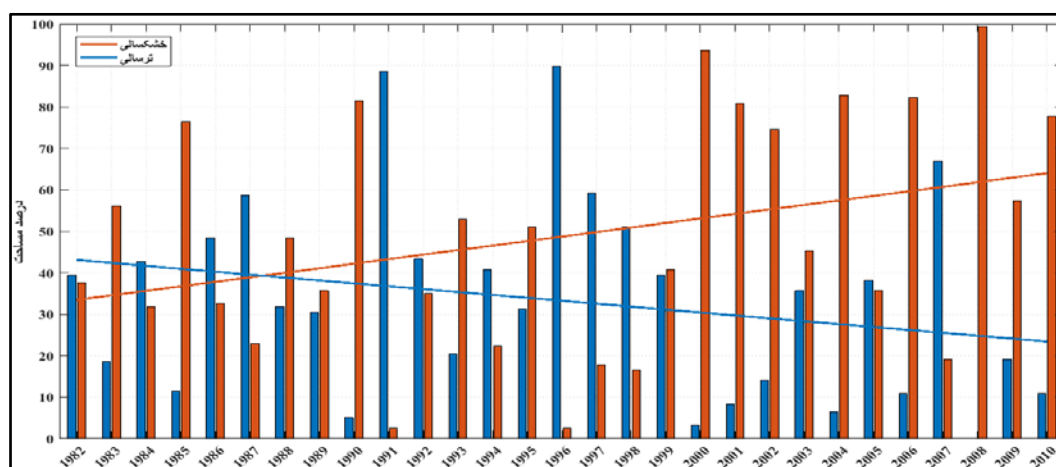
شکل ۲- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی ماه ژانویه در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

در ماه فوریه برخلاف ماه ژانویه روند خشکی رو به افزایش است و برعکس ترسالی‌ها دارای روند معکوس و کاهش هستند. همچنین در این ماه سال‌های خشک نمود بیشتری در مقایسه با سال‌های مرطوب دارند که این شرایط نمایانگر تفاوت عمده دیگری با ماه ژانویه است، به طوری که در سال‌های انتهایی دوره درصد وقوع خشکسالی‌ها به شکل واضح افزایش یافته است (شکل ۳).



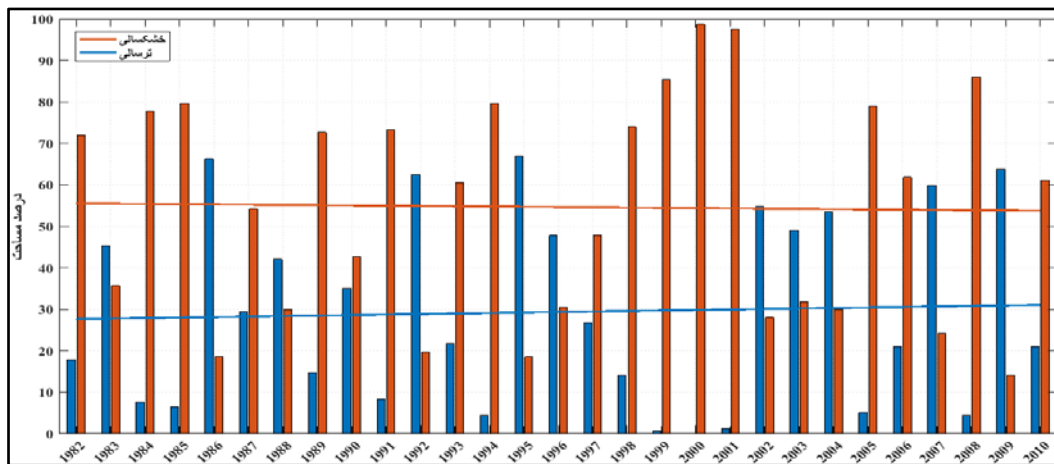
شکل ۳- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی ماه فوریه در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

در شکل ۴ تغییرات تقریباً دهه‌ای در دوره‌های خشک و تر ماه مارس به شکل آشکار مشخص است. در دهه اول نوسان نامشخصی در آن‌ها دیده می‌شود که خشکسالی‌ها و گاه ترسالی‌ها دارای بیشینه وقوع هستند. در دهه دوم تعداد سال‌هایی که در آن ترسالی در ماه مارس افزایشی بوده است به حداکثر می‌رسد. اما در دهه سوم و سال‌های انتهایی دوره مطالعاتی، شدت خشکسالی‌ها بیشتر شده و درصد آن‌ها بسیار افزایش یافته است. این شرایط منجر به افزایش ناگهانی شیب خط روند شده است. مساحت‌های تحت خشکسالی افزایشی و تر کاهشی است.



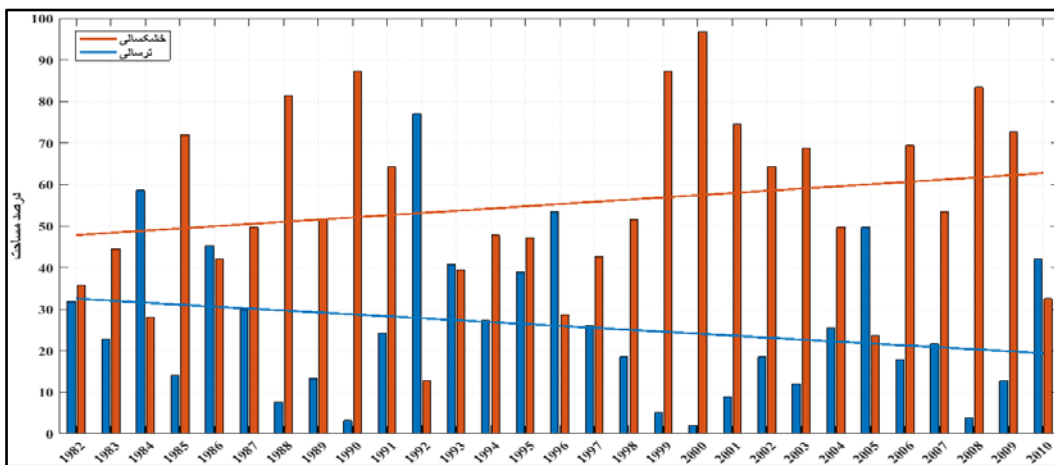
شکل ۴- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی ماه مارس در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

در ماه آوریل با توجه به خط روند موجود، شرایط تقریباً نرمالی به لحاظ اقلیمی دیده می‌شود. خشکسالی و ترسالی دارای روند بسیار ضعیف به ترتیب کاهشی و افزایشی هستند. پس از یک دوره خشکسالی ممتد در اواخر دهه ۹۰ و اوایل دهه ۲۰۰۰ تغییر پذیری سالانه به شکل نوسانی ادامه دارد اما تسط بیشتر با شرایط ترسالی بود و این شرایط با افزایش مواجه شده است (شکل ۵).



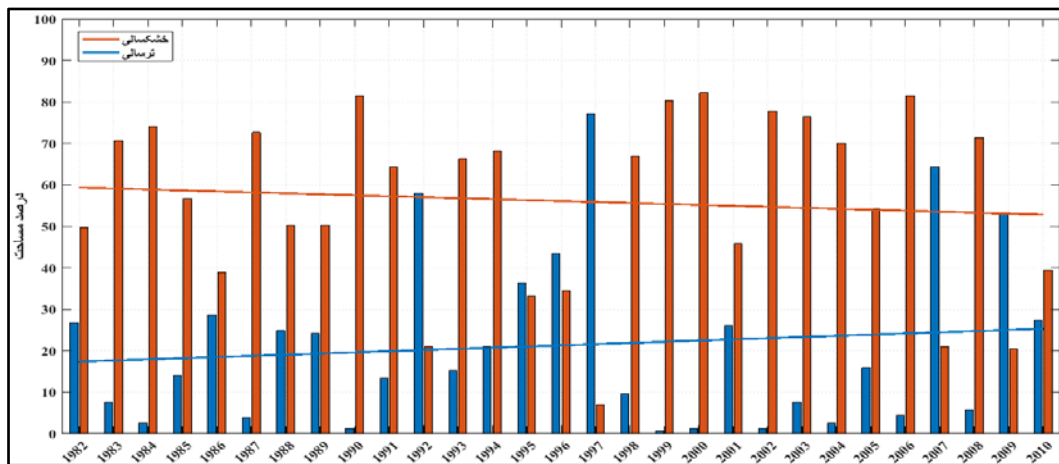
شکل ۵- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی ماه آوریل در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

وضعیت در ماه می بسیار متفاوت از سایر ماه‌ها می‌باشد. به طوری که برخلاف ماه‌های ابتدایی سال یا همان ماه‌های سرد سال، در این ماه شدت خشکسالی‌ها به ویژه در نیمه دوم دوره مورد مطالعه (۱۹۹۷ به بعد) بسیار چشمگیرتر است و شرایط غالب تقریباً در بسیاری از سال‌ها با خشکسالی است. به همین علت روند آن نیز افزایشی است. سال ۲۰۰۰ با حداکثر مساحت خشکی در رتبه نخست قرار دارد (شکل ۶).



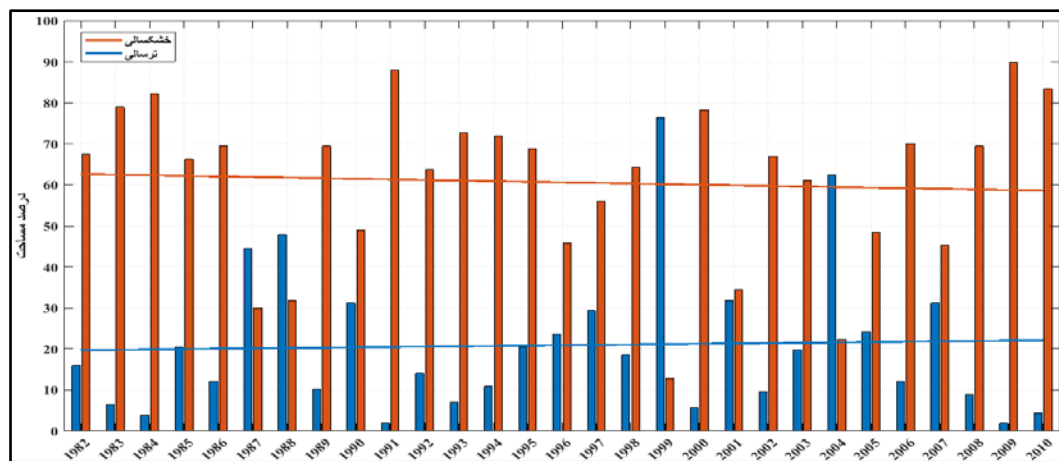
شکل ۶- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی ماه می در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

شرایط ماه جون در مقایسه با ماه می تغییر نموده و برخلاف این ماه، روند خشکسالی منفی و ترسالی مثبت اما با شیب کمتر است. روند نوسان‌های ابتدای دوره مطالعاتی کوتاه مدت ولی در انتهای دوره بلندمدت‌تر بوده است (شکل ۷).



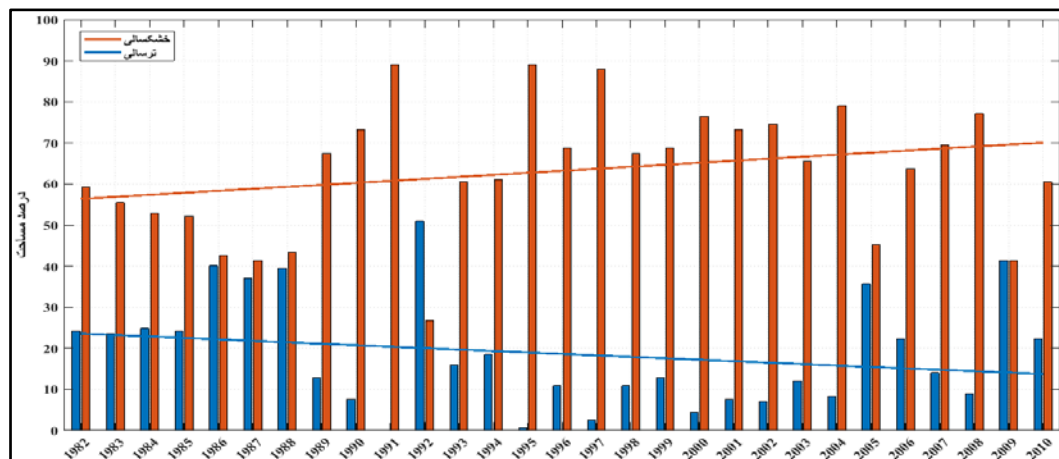
شکل ۷- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی جون در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

شکل ۸ نشان دهنده درصد وقوع خشکسالی و ترسالی‌های ماه جولای می‌باشد. در این ماه تسلط با خشکسالی‌ها است. یک نوسان دوره‌ای مشخص افزایشی-کاهشی در ترسالی‌ها مشاهده می‌شود که در خشکسالی‌ها وجود ندارد. خط روند در هر دو شرایط دارای شیب اندکی است.



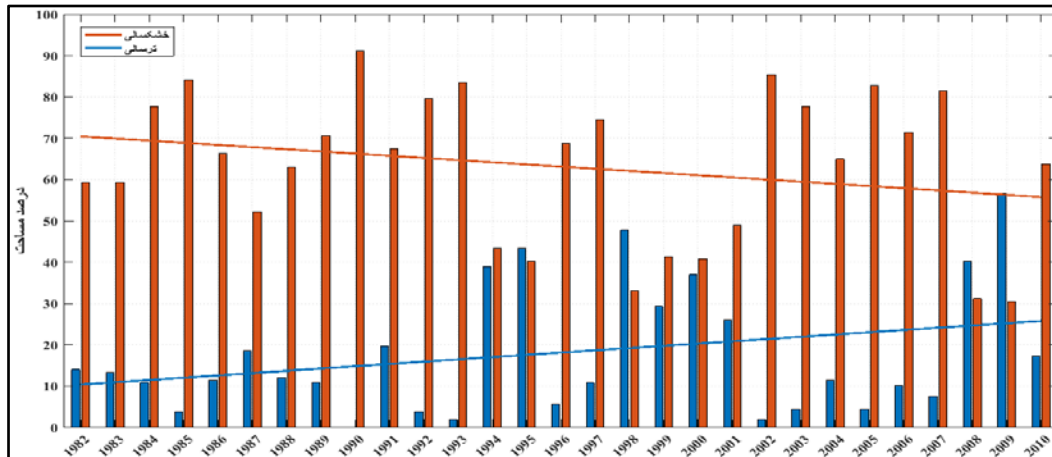
شکل ۸- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی جولای در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

در ماه آگوست به استثنای سال ۱۹۹۲ که ترسالی بیشینه است در سایر سال‌های دوره آماری درصد مساحت خشکسالی‌ها حداکثر است و رخداد آن به شکل مکرر دیده می‌شود. در ابتدا و انتهای دوره آماری افزایشی نسبی در ترسالی‌ها مشاهده می‌شود اما در اواسط آن درصد وقوع آن به شدت کاهش یافته است. روند افزایشی در خشکسالی‌های این ماه وجود دارد که همزمان با روند کاهشی در ترسالی‌ها است (شکل ۹).



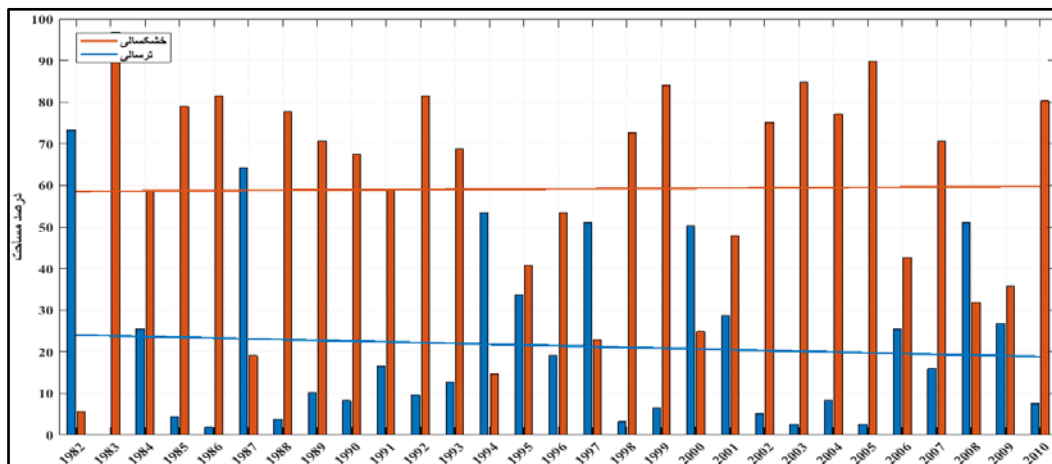
شکل ۹- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی آگوست در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

ماه سپتامبر به لحاظ نوسان دو پدیده تقریباً مشابه هستند اما به لحاظ روند موجود در آن‌ها کاملاً با هم متفاوت می‌باشند. به طوری که در این ماه نیز همانند ماه آگوست سال‌های خشک در ابتدا و انتهای دوره، دارای درصد مساحت بیشتر در مقایسه با مساحت‌های ترسالی هستند هرچند این شرایط در ماه آگوست بسیار مشهود و شدیدتر است. همچنین روند خشکسالی نزولی است (شکل ۱۰).



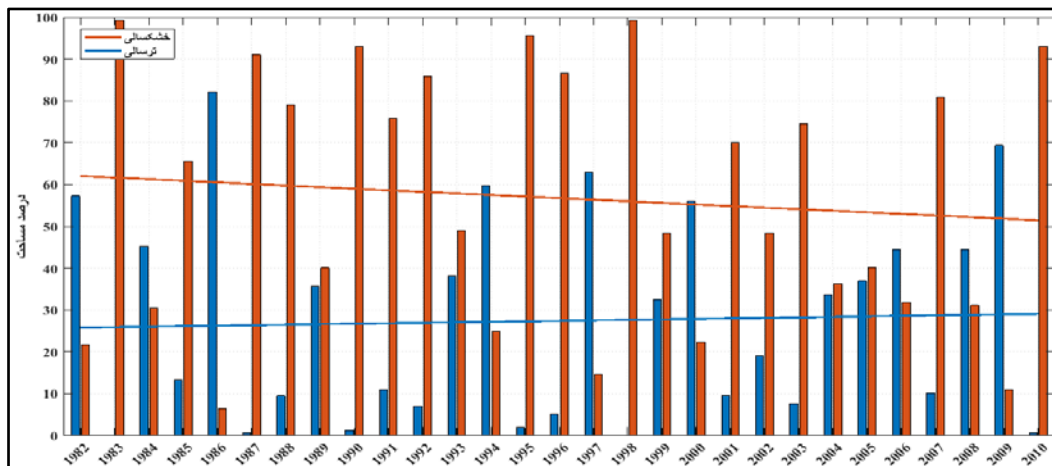
شکل ۱۰- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی سپتامبر مه در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

در ماه اکتبر رفتار نوسانی مشخصی در خشکسالی و ترسالی‌ها مشاهده نمی‌شود. در این ماه افزایش و کاهش در هر دو شرایط وجود دارد. به همین علت روند خاصی در خشکسالی-ترسالی دیده نمی‌شود و هر دو شیب بسیار ضعیفی را نشان می‌دهند (شکل ۱۱).

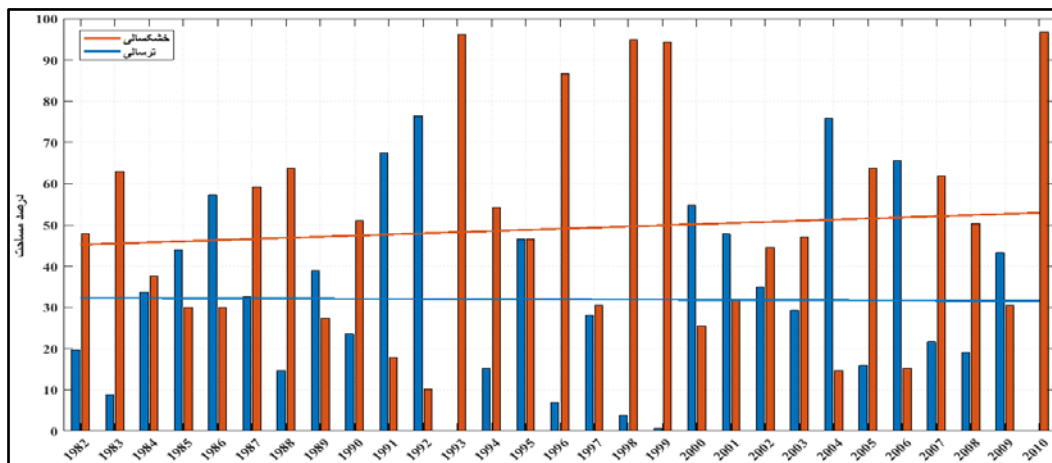


شکل ۱۱- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی اکتبر در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

شکل ۱۲ درصد مساحت‌های خشکسالی و ترسالی را در ماه نوامبر نشان می‌دهد. بر طبق این شکل در این ماه نیز مشابه ماه اکتبر هیچ نوسان مشخصی در هر دو پدیده مشاهده نمی‌شود. تغییر پذیری سالانه حاکی از دوره‌های چند ساله تر و خشک با افزایش ترسالی در سال‌های انتهایی دوره می‌باشد. روند کاهشی بسیار ضعیف برای خشکسالی و افزایشی بسیار ضعیف نیز برای ترسالی مشاهده می‌شود. در ماه دسامبر نیز مجدداً نوسان مشابهی در مساحت خشکسالی‌ها با سایر ماه‌های انتهایی سال دیده می‌شود. نوسان نامشخص در پدیده خشکسالی همراه با نوسان مشخص تقریباً دهه‌ای در ابتدا و انتهای دوره، در ترسالی وجود دارد. همانطور که مشخص است روند افزایشی ضعیف در خشکسالی‌ها و برعکس روند کاهشی و باز هم ضعیف در ترسالی‌ها وجود دارد (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی نوامبر در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰



شکل ۱۳- درصد مساحت و روند وقوع خشکسالی و ترسالی دسامبر در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰

به منظور بررسی و ارزیابی روندهای مشاهده شده در ماه‌ها سال از آزمون من-کندال بهره گرفت شد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس نتایج آزمون من-کندال به‌رغم اینکه در اکثر ماه‌های سال روندهای محسوسی و در برخی روندهای ضعیف در تغییر پذیری خشکسالی و ترسالی دیده شد ولی هیچ کدام از این روندها حتی در سطح ۱۰ درصد نیز معنی دار نبوده است. اما همانطور که مشاهده می‌شود در ماه‌های مارس و می در هر دو شرایط (خشکسالی و ترسالی) و ماه آگوست خشکسالی، نزدیک به شرایط معنی داری بوده است. با نگاهی به نمودار این ماه‌ها دیده می‌شود که خط روند در آن‌ها دارای شیب بیشتر و محسوس‌تری در مقایسه با سایر ماه‌های سال است. استنباط می‌شود که روند افزایشی خشکسالی در هر سه ماه مارس، می و آگوست و روند کاهشی ترسالی در دو ماه مارس و می نمود بهتری داشته و قطعیت بیشتری به لحاظ وقوع دارند.

جدول ۱- نتایج معنی داری روند با استفاده از آزمون من کندال

ماه وضعیت	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
ترسالی	0/51	-0/54	-1/44	0/02	-1/28	0/26	0/02	-0/98	0/79	-0/21	0/54	-0/15
خشکسالی	-0/06	0/53	1/52	-0/08	1/37	-0/08	-0/30	1/48	-0/73	0/04	-0/62	0/23

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از این مطالعه بررسی تغییر پذیری روند مساحت‌های تحت خشکسالی و ترسالی ماهانه در ایران است. برای این منظور رخدادهای خشکسالی و ترسالی به صورت ماهانه در دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۱۰ از طریق شاخص ZSI محاسبه و استخراج گردید. نتایج نشان داد که در تمامی ماه‌های سال مساحت‌های ترسالی و خشکسالی تغییر پذیری بالایی دارد. شش ماه از سال که شامل ماه‌های فوریه، مارس، می، آگوست، اکتبر و دسامبر می‌باشد ترسالی روندی کاهشی محسوس داشته است. در سایر ماه‌ها ژانویه، آوریل، جون، جولای، سپتامبر و نوامبر روند کاهشی محسوسی در خشکسالی تغییر پذیری بالایی دارد. نتایج تحقیقات دیگر نیز حاکی از روند افزایشی بارش‌های انتهای فصل پاییز بخصوص ماه نوامبر بوده است (آذرخشی و همکاران، ۱۳۹۲؛ غیاث آبادی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۷؛). نتایج همچنین نشان داد که در ماه‌های ابتدایی هر فصل روندی ملایم و بسیار ضعیف در هر دو شرایط (خشکسالی و ترسالی) وجود دارد و در ماه‌های میانی و پایانی در خط روند، شیب بیشتری مشاهده می‌شود. نتایج مربوط به بررسی معنی داری روند با استفاده از آزمون من-کندال مشخص کرد که در هیچکدام از ماه‌های سال روندی معنی دار در وقوع خشکسالی و ترسالی مشاهده نشده است. اما در ماه‌های مارس و می در هر دو شرایط و در آگوست روند خشکسالی نزدیک به معنی داری است. وجود شدت بالاتر در روند افزایش مساحت‌های خشکسالی می‌تواند حاکی از تحت تاثیر بودن بیشتر مناطق ایران با شرایط خشکسالی در سال‌های اخیر باشد. گرچه ایران شاهد رخداد ترسالی و به‌ویژه خشکسالی‌های فراگیر است، اما با توجه به توزیع نامتوازن آن در بیشتر سال‌ها، پیشنهاد می‌شود که استخراج و بررسی سطوح تحت تاثیر خشکسالی با شدت‌های متفاوت در سطح حوضه‌های آبریز انجام گردد.

منابع

- آذرخشی، م.، ج. فرزاد مهر، م. اصلاح، و ح. صحابی. ۱۳۹۲. بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران. مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران). ۶۶ (۱): ۱-۱۶.
- انصافی مقدم، ط. ۱۳۸۶. ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴، ۲: ۲۷۱-۲۸۸.
- اوجی، ر. ۱۳۸۵. مطالعه سینوپتیکی الگوهای جوی و فراوانی و مسیر چرخندها در دوره‌های ترسالی غرب میانه ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- پرک، ف. ۱۳۸۹. تحلیل سینوپتیکی نقش دریای سرخ در تقویت و تامین رطوبت سامانه سودانی عبوری و تاثیر آن در ترسالی و خشکسالی‌های جنوب و جنوب غرب کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- پور اصغر، ف. ا. حسنعلیزاده و م. امیدفر و م. اصلاحی و ی. اکبرزاده. ۱۳۹۱. بررسی شاررطوبتی در دوره‌های ترسالی و خشکسالی استان آذربایجان شرقی. پنجمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان اسلام، دانشگاه تبریز.
- جهانبخش، س. ی. قوبدل رحیمی. ۱۳۸۴. تحلیل توزیع فضایی دوره‌های مرطوب و خشک ایستگاه‌های آذربایجان شرقی. فضای جغرافیایی، ۲۷: ۱۷-۵.
- جوادی، م. ح. ضرابی. ۱۳۸۹. بررسی و تحلیل وقوع پدیده‌های خشکسالی و ترسالی با استفاده از چند نمایه مبتنی بر بارش. مجموعه مقالات ششمین همایش آبخیزداری نور.
- حجام، س. ی. خوشخو و ر. شمس‌الدین وندی. ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری. پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۴: ۱۶۸-۱۵۷.
- خوش اخلاق، ف. ه. قائمی و م. زاهدی. ۱۳۷۶. بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی مشهد، ۴۵: ۱۵۴-۱۳۶.
- خوش اخلاق، ف. ۱۳۷۷. تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با تحلیل سینوپتیکی. رساله‌ی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
- خلیقی سیگارودی، ش. خ. اوسطی و ب. کریمی و م. کرمی. ۱۳۸۶. بررسی و تحلیل خشکسالی و ترسالی در ایستگاه‌های استان‌های مازندران و گلستان. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز.

- رحیمی، م. ۱۳۹۰. تحلیل آماری-همدیدگی خشکسالی‌های جنوب غرب ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- رضیئی، ط.، ع. شکوهی و ب. ثقفیان. ۱۳۸۲. پیش‌بینی شدت تداوم و فراوانی خشکسالی با استفاده از روش‌های احتمالاتی و سری‌های زمانی (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان). مجله بیابان، ۲: ۳۱۰-۲۹۲.
- سلامی، ح. ۱۳۸۳. تحقیقات اجمالی آثار خشکسالی بر بخش کشاورزی و اقتصاد ایران طی ۱۰ سال گذشته. معاونت زراعت، وزارت جهاد کشاورزی.
- عزیزی، ق. ۱۳۷۹. الینو و دوره‌های خشکسالی-ترسالی در ایران. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۸: ۸۴-۷۱.
- عساکره، ح. ۱۳۹۲. تحلیل روند موسم‌های خشک و تر در شهر زنجان. فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه، ۱۱، ۳۱: ۵۶-۴۷.
- عساکره، ح. ۱۳۹۰. مبانی اقلیم‌شناسی آماری. انتشارات دانشگاه زنجان، چاپ اول.
- غیاث‌آبادی فراهانی، ف.، ف. خوش‌اخلاق، ع. شمسی‌پور، ق. عزیزی و ا. فتاحی. ۱۳۹۷. بررسی و تحلیل تغییرات درون دهه‌ای روند و الگوی فضایی بارش‌های سالانه و فصلی (مطالعه موردی: نیمه غربی ایران). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی ۱۸ (۸۴): ۷۹-۵۹.
- غیور، ح.، ا. مسعودیان. ۱۳۷۶. بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالی‌ها در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۵: ۶۷-۵۵.
- فرج زاده، م. ۱۳۷۶. پیش‌بینی احتمالاتی خشکسالی در ایران. فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۴: ۶۷-۵۵.
- فرج زاده، م. ۱۳۷۴. تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران. رساله‌ی دکتری، جغرافیای طبیعی، گرایش اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- قویدل رحیمی، ی. ۱۳۸۴. آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی. مجله منابع طبیعی ایران، ۳: ۵۳۰-۵۱۷.
- کاویانی، م. ۱۳۸۳. بررسی اقلیمی شاخص‌های خشکی و خشکسالی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۵۰۲: ۸۹-۷۱.
- گلایبی، م.، ع. بهنیا و غ. پرهام. ۱۳۸۹. برآورد احتمالات خشکسالی (ترسالی) با استفاده از زنجیره مارکوف (مطالعه موردی اهواز). دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار، فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو.
- موحدی، س.، ح. عساکره و ع. سبزی پرور و ا. مسعودیان و ز. مریانجی. ۱۳۹۰. بررسی تغییرپذیری رژیم بارش در ایران. نشریه آب و خاک (علوم صنایع و کشاورزی).
- معصوم پور سماکوش، ج. ۱۳۸۴. مطالعه سینوپتیکی خشکسالی‌های فراگیر در سواحل جنوبی خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- مزیدی، ا.، ی. خسروی. ۱۳۸۸. کاربرد نمایه‌های مبتنی بر بارش در مطالعه‌ی خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها (مطالعه‌ی موردی: سواحل شمالی خلیج فارس). دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راه‌کارهای مدیریت آن، ۳۰ و ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۸.
- ناظم السادات، م.، ع. گامگار حقیقی، م. شریف زاده و م. احمدوند. ۱۳۸۵. پذیرش پیش‌بینی‌های بلندمدت بارش (مطالعه‌ی موردی: گندمکاران استان فارس). مجله‌ی علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۲۲: ۱۵-۱.
- نامنی، ع. ۱۳۹۱. تحلیل سینوپتیکی (همدیدگی) خشکسالی‌های خراسان رضوی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- Boroghani, M., H. Moradi, and M. Zangane Asadi. 2015. An Analysis on the Determination of Climatic Drought Indices and Zoning in Khorasan Razavi Province. *Arid Regions Geography Studies*, 5(19): 1-4.
- Chowdhury, A., M.M. Dandekar, and P.S. Raut. 1989. Variability of Drought Incidence over India. A Statistical Approach, *Mausam*, 40(2): 207-214.
- Dirmeyer, P.A., K.L. Brubaker. 1999. Contrasting evaporative moisture sources during the drought of 1988 and the flood of 1993. *Journal of Geophysical Research*, 104, D16: 19383-19397.
- Loucas, A., L. Vasiliades, and N.R. Dalezios. 2003. Inter Comparison of Meteorological Drought Indexes For Drought Assessment and Technology Lemons Land. 8-10 September: 484-491.
- Mahmood, R., S. Li, and B. Khan. 2010. Causes of Recurring Drought Patterns in Xinjiang China. *Journal of Arid Land*, 2(4): 279-285.
- Mares, I., C. Mares, and M. Mihailescu. 2002. NAO Impact on the Summer Moisture Variability across Europe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27: 1013-1017.
- Mashari Eshghabad, S., E. Omidvar, and K. Solaimani. 2014. Efficiency of Some Meteorological Drought Indices in



- Different Time Scales (Case Study: Tajan Basin, Iran). *ECOPERSIA*, 2: 441-453.
- Raddatz, R.L. 2005. Moisture Recycling on the Canadian Prairies for Summer Droughts and Pluvials from 1997 to 2003. *Agricultural and Forest Meteorology*, 131, 1-2: 13-26.
 - Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921- 1995. *phys. Chem. EARTH(B)*, VOL.24, NO. 1- 2:85-90
 - Xu, X.D., X.Y. Shi, Y.Q. Wang, S.Q. Peng, and X.H. Shi. 2008. Data Analysis and Numerical Simulation of Moisture Source and Transport Associated With Summer Precipitation In the Yangtze River Valley over China. *Meteorology Atmospheric Physics*, 100: 217-231.