Original article

Investigation of Drought Indices in Golestan, Mazandaran, and Guilan Provinces during a 10-Year Period (2009-2019)

Seyedeh Fatemeh Mousavi[1]
Fathollah Gholami-Borojeni[2*]

1- MSc Student of Environmental Health Engineering, Students Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

***Corresponding author:** Fathollah Gholami-Borojeni, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: gholami_b_f@yahoo.com

Received: 09 April 2020
Accepted: 30 June 2020

ABSTRACT

Introduction and purpose: One of the most important effects of climate change is drought, a condition that is caused by a long period without rainfall; however, the determination of the time and place of its beginning is difficult. Many researchers have attempted to develop the necessary techniques to analyze and monitor drought indicators and their impact on the climate. In this regard, the present study aimed to investigate the drought indices for 10 years in a descriptive cross-sectional design in Golestan, Mazandaran, and Guilan provinces.

Methods: In the present descriptive cross-sectional study, different drought indices were determined, such as standard precipitation index (SPI), decile index (DI), number index (ZCI), Chinese z index (CZI), and modified Chinese z index (MCZI). Finally, DIP software was used for data analysis(version: 2.0), and The obtained indicators were compared with the standards.

Results: Based on the results, the studied indicators had a similar upward trend in all stations of Mazandaran and Golestan provinces for 10 years. However, there was the possibility of drought in Guilan province in summer according to CZI and MCZI indices, compared to the other two provinces since the average monthly rainfall was lower than that of the other two provinces. According to the MCZI index, Guilan and Mazandaran provinces had their driest months in March (-1) and April (-0.8), respectively, which could be due to the effects of climate change.

Conclusion: Results of this study can be useful for the determination and prediction of the future conditions of these areas and the provision of early warnings of drought, especially in areas with water scarcity.

Keywords: CZI, DI, Drought indices, MCZI, Meteorological drought, Northern Provinces, SPI, ZCI

► **Citation:** Mousavi SF, Gholami-Borojeni F. Investigation of Drought Indices in Golestan, Mazandaran, and Guilan Provinces during a 10-Year Period (2009-2019). Journal of Health Research in Community. Summer 2020;6(2): 69-79.

مقاله پژوهشی

بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸-۱۳۹۸)

سیده فاطمه موسوی[۱]
فتح‌اله غلامی بروجنی[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استادیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: فتح اله غلامی بروجنی، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: gholami_b_f@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

چکیده

مقدمه و هدف: یکی از مهم‌ترین اثرات تغییر اقلیم، خشک‌سالی است. خشک سالی فرایندی است که پس از یک دوره طولانی و بدون بارندگی به وقوع می‌پیوندد. تعیین زمان شروع، وسعت و پایان خشک‌سالی دشوار است. در همین راستا تلاش زیادی شده است تا روش‌های لازم برای تجزیه‌وتحلیل و نظارت بر شاخص‌های خشک‌سالی و تأثیر آن بر اقلیم تهیه شود. هدف از انجام این مطالعه، بررسی شاخص‌های خشک‌سالی در دوره ده‌ساله به‌صورت توصیفی-مقطعی در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان است.

روش کار: در یک مطالعه توصیفی-مقطعی با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی وابسته به سازمان هواشناسی کشور در یک دوره ده‌ساله، پارامترهای مختلف نظیر شاخص بارش استاندارد (SPI: Standard Precipitation Index)، شاخص دهک‌ها (DI: Decile Index)، شاخص عدد Z (ZCI: Number Index)، شاخص Z چینی (CZI: Chinese Z Index) و شاخص Z چینی اصلاح‌شده (MCZI: Modified Chinese Z Index) تعیین شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار DIP استفاده شد و شاخص‌های به‌دست‌آمده با استانداردها مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد شاخص‌های مطالعه‌شده (CZI و MCZI) طی دوره ده‌ساله در استان‌های گلستان و مازندران با روند مشابهی افزایش یافته است، اما امکان وقوع خشک‌سالی در استان گیلان مخصوصاً در فصل تابستان به علت میانگین بارندگی ماهانه منفی‌تر نسبت به دو استان گلستان و مازندران، بیشتر بوده است. با توجه به شاخص MCZI برای استان گیلان در اسفند ماه و مازندران در فروردین ماه با شاخص کمی به ترتیب ۱- و ۰/۸- دارای خشک‌ترین ماه به علت احتمالی اثرات تغییرات اقلیم بوده است.

نتیجه‌گیری: استفاده از نتایج این تحقیق می‌تواند برای تعیین و پیش‌بینی شرایط آینده و تهیه هشدار زودهنگام در زمینه خشک‌سالی و اقدامات کنترلی مناسب به‌ویژه در مناطقی مفید باشد که با محدودیت آب مواجه هستند.

کلمات کلیدی: CZI، DI، MCZI، SPI، ZCI، استان‌های شمالی، خشک‌سالی هواشناسی، شاخص‌های خشک‌سالی

◄ **استناد:** موسوی، سیده فاطمه؛ غلامی بروجنی، فتح‌اله. بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸-۱۳۹۸). مجله تحقیقات سلامت در جامعه، تابستان ۱۳۹۹؛۶(۲): ۷۹-۶۹.

مقدمه

خشک‌سالی یکی از مخاطرات طبیعی است که همواره شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مناطق مختلف را تحت تأثیر

قرار می‌دهد. کشور ایران مناطق مختلف آب‌وهوایی و جغرافیایی (مناطق کوهستانی و بیابانی)، عمدتاً خشک و نیمه‌خشکی دارد که دچار خشک‌سالی هستند [۱،۲]. خشک‌سالی یک دوره کوتاه‌مدت و شاید پیچیده‌ترین مصیبت‌های طبیعی مزمن است که با عدم بارندگی مشخص می‌شود [۳]. در حال حاضر، خشک‌سالی با توجه به تأثیرات منفی آن بر تولید محصولات کشاورزی و محیط‌زیست، یکی از شایع‌ترین بلایای طبیعی محسوب می‌شود. علاوه بر این، فراوانی و شدت خشک‌سالی در سال‌های اخیر به‌طور مداوم در حال افزایش است که تأثیر معنی‌داری بر تولید محصولات کشاورزی داشته است [۴].

مطالعات خشک‌سالی به چهار دسته طبقه‌بندی می‌شود که عبارت‌اند از: ۱) علل خشک‌سالی برای درک بهتر گردش هوا، ۲) توصیف احتمال وقوع خشک‌سالی با توجه به فراوانی و شدت خشک‌سالی، ۳) توصیف درک تأثیرات خشک‌سالی، ۴) استراتژی‌های آمادگی تأثیرات خشک‌سالی بر زندگی [۵]. نظارت بر خشکی هوا مؤلفه‌ای اساسی در مدیریت ریسک خشک‌سالی است و به‌طور معمول با استفاده از شاخص‌های مختلف خشک‌سالی انجام می‌شود که به‌طور مؤثر عملکرد مداوم بارندگی و سایر متغیرهای هیدروسنجی هستند [۶].

بنگلادش یکی از کشورهای مستعد پیچیده‌ترین خشک‌سالی‌ها است که هر مرحله از کشاورزی، از آماده‌سازی گرفته تا برداشت محصولات زراعی، به میزان بارندگی بستگی دارد [۷]. در بررسی شاخص خشک‌سالی پالمر در حوزه‌های ایران مرکزی توسط آزادی و همکاران (۱۳۹۳) در قالب ۱۷ حوزه مطالعاتی، شدت خشک‌سالی برای ۱۶۰ زیرحوزه با مقیاس ماهانه در دوره ۲۰۰۲-۱۹۹۰ محاسبه و ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان داد در بین روش‌های مختلف، روش جایگزینی متغیرهای رطوبت خاک و پتانسیل تبخیر تعرق نتایج مطمئن‌تری را ارائه می‌کند. همچنین این روش مرطوب‌ترین سال ۱۹۹۲ و خشک‌ترین سال ۲۰۰۱ را به‌خوبی مشخص کرد. نتایج این پژوهش مطالعه واسنجی شاخص پالمر را برای هر منطقه و با استفاده از خروجیِ سایر مدل‌های هیدرولوژیکی امکان‌پذیر می‌سازد [۸].

در مطالعه کریمی و همکاران (۱۳۹۵) خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی در حوضه آبریز قره‌سو (۱۳۷۰-۱۳۹۱) بررسی شد. نتایج آنان نشان داد شدت خشک‌سالی از سال ۱۳۸۷ به‌تدریج افزایش یافته است که طبق مقادیر به‌دست‌آمده هر یک از شاخص‌های خشک‌سالی، شدیدترین خشک‌سالی در سال ۱۳۸۶ و طولانی‌ترین خشک‌سالی در سال ۱۳۹۱ رخ داده است. همچنین نتایج نشان داد در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷ خشک‌سالی هیدرولوژیک رخ داده است. بر اساس نتایج پهنه‌بندی خشک‌سالی مشخص شد در بیشتر مناطق حوضه، خشک‌سالی هواشناسی در طبقه خیلی شدید رخ داده است [۹].

در مطالعه سیلاخوری و همکاران در کاربست داده‌های باز تحلیل و دیده‌بانی به‌منظور مقایسه شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی (مطالعه موردی: منطقه اسفراین-سبزوار) نتایج تحلیل‌های مقایسه‌ای ضریب‌های همبستگی را بین ۰/۹۲ و ۰/۷۷ نشان دادند. در همین راستا در همه ایستگاه‌ها همبستگی بین مقادیر شاخص‌های بارش استاندارد و شاخص استانداردشده بارش و تبخیر-تعرق در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار بود. همبستگی بیشتر ایستگاه سرچشمه (شرایط کوهستانی) نسبت به ایستگاه جوین (شرایط نیمه‌خشک و دشتی) نشان‌دهنده این است که در مناطق مرطوب‌تر به دلیل نقش دما، همبستگی بین شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد (SPEI: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) و شاخص بارش استاندارد (SPI: Standardized Precipitation Index) افزایش می‌یابد که با اطمینان بیشتری می‌توان از شاخص بارش استاندارد در شرایط فقدان داده به‌جای شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد استفاده کرد [۱].

درمطالعه موردی بخشی‌دم و همکاران درباره بررسی تأثیر خشک‌سالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی مشاهده شد که همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی بارش استاندارد و

طرح ابتکاری گزارش‌دهی جهانی (GRI: Global Reporting Initiative) در همه ایستگاه‌های بررسی‌شده خشکسالی آب زیرزمینی با تأخیر زمانی صورت می‌گیرد. این نتایج با مطالعه چوبین و همکاران (۱۳۹۵) و نوحه‌گر و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی دارد [۱۰]. همچنین پژوهش Vicente و همکاران (۲۰۰۵) بیانگر آن است که شاخص بارش استاندارد سالانه برای بررسی عکس‌العمل‌های هیدرولوژیکی مناسب نیست و مقیاس زمانی کوتاه‌تر مناسب‌تر است؛ بنابراین، می‌توان گفت که انتخاب شاخص‌های پایش خشک‌سالی در یک منطقه خاص باید بر اساس تشخیص مداوم تغییرات مکانی و زمانی طی رویداد خشک‌سالی باشد [۱۱].

این مقاله به مقایسه عملکرد شش شاخص پایش خشک‌سالی در استان‌های شمالی می‌پردازد. شاخص‌های استفاده‌شده شامل شاخص دهک‌ها (DI: Decile Index)، شاخص بارش استاندارد (SPI: Standard Precipitation Index)، شاخص Z چینی (CZI: Chinese Z Index) و شاخص Z چینی اصلاح‌شده (MCZI: Modified Chinese Z Index) است. طبق آخرین آمار از میزان بارش‌ها در ده سال اخیر (از ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸)، هفت استان ایلام، بوشهر، سیستان و بلوچستان، فارس، کرمانشاه، گلستان و هرمزگان با افزایش بارش روبه‌رو بوده‌اند. بیشترین بارش کشور در مدت‌زمان یادشده مربوط به ایستگاه دینارسرا در استان مازندران با ۱۴۱۹ میلی‌متر و کمترین بارش در ایستگاه زابل در استان سیستان و بلوچستان با ۲۰/۴ میلی‌متر است. در پاییز ۱۳۹۷ استان‌های گیلان با ۳۲۴ میلی‌متر، مازندران با ۲۲۱ میلی‌متر و گلستان با ۱۳۳ میلی‌متر بیشترین بارش‌ها را در کشور داشته‌اند. استان‌های خراسان جنوبی با یک میلی‌متر، سیستان و بلوچستان و یزد با ۲ میلی‌متر و اصفهان با ۳ میلی‌متر بارش جزء کم‌بارش‌ترین استان کشور بوده‌اند. در سال‌های اخیر آثار زیان‌بار خشک‌سالی بر منابع آب، کشاورزی، مراتع، بیماری‌های گیاهی، تولیدات دامی، مهاجرت و بهداشت و درمان بسیار زیاد بوده است. با توجه به این نکته که خشک‌سالی سبب ازبین‌رفتن محصولات کشاورزی شده و مشکلات عدیده‌ای در زمینه اشتغال و تغذیه به وجود آورده است، لزوم شناخت پیشگیری و راه‌های مقابله با آن اهمیت و اولویت خاصی پیدا می‌کند و برخورد عاجل را در این رابطه می‌طلبد. در این راستا با توجه به مطالب ارائه‌شده، هدف از انجام این مطالعه بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در دوره ده‌ساله بوده است.

روش کار

در این مطالعه توصیفی-تحلیلی به بررسی شاخص‌های خشک‌سالی در سه استان گلستان، مازندران و گیلان با استفاده از شاخص‌های متداول خشک‌سالی (SPI، DI، CZI و MCZI) پرداخته شده است.

موقعیت منطقه مطالعه‌شده

موقعیت جغرافیایی استان‌های مطالعه‌شده در شکل ۱ نشان داده شده است.

محاسبه شاخص‌های خشک‌سالی

به‌منظور بررسی شاخص‌های خشک‌سالی در این پژوهش، داده‌های بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک در سه استان از سایت هواشناسی کل کشور برای بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸) استخراج شد. در استان گلستان از ایستگاه‌های گرگان، گنبدکاووس، آزادشهر، مراوه، بندر ترکمن، علی‌آباد، بندر گز، کلاله، کردکوی، کارکنده، قپان، انبار الوم و تنگ‌راه، در مازندران ایستگاه‌های رامسر، نوشهر، سیاه‌بیشه، بابلسر، قراخیل، ساری، کیاسر، دشت ناز، گلوگاه، بندر امیرآباد آمل، کجور، بلده، پل سفید و آلاشت و در گیلان ایستگاه‌های آستارا، تالش، بندر انزلی، کشاورزی رشت، فرودگاه رشت، استانداری رشت،

استانهای گیلان، مازندران و گلستان

شکل ۱: استان‌های مطالعه‌شده

رودسر، لاهیجان، ماسوله، جیرنده، منجیل، دیلمان، رودبار، اوربا، رضوان‌شهر و خشک‌بیجار داده‌ها استخراج شدند. داده‌های مربوط به بارندگی ماهیانه از سایت سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. برای محاسبه تمام شاخص‌ها از مقیاس‌های زمانی ماهانه استفاده شد. شاخص بارش استاندارد، شاخص دهک‌ها، شاخص عدد Z (ZSI: Z Score Index)، شاخص Z چینی و شاخص Z چینی اصلاح‌شده از طریق داده‌های سایت هواشناسی استخراج شدند. سپس با نرم‌افزار DIP (Drought Index Package) شاخص‌های مدنظر محاسبه و داده‌ها به‌صورت خروجی اکسل استخراج شدند. با مقایسه تغییرات شاخص‌های خشک‌سالی با حد استاندارد اطلاعات مفیدی در اختیار سازمان‌های مربوطه قرار داده شد.

شاخص بارندگی استانداردشده (SPI)

مک‌کی و همکاران در دانشگاه ایالت کلرادو در سال۱۹۹۳ این شاخص را تدوین کردند. در این روش مقادیر شاخص بارش استاندارد با استفاده از رابطه ۱ تعیین و شدت خشک‌سالی و ترسالی طبقه‌بندی شد [۱۱].

رابطه (۱) $$SPI = \frac{pi-p}{SD}$$

P_i میانگین بارندگی بر حسب میلی‌متر در هر سال، P بارندگی کل بر حسب میلی‌متر و SD انحراف‌معیار کل سال‌هاست.

طبقه‌بندی وضعیت خشک‌سالی بر اساس شاخص بارش استاندارد در جدول ۱ آورده شده است.

طبقه‌بندی درصد از نرمال (شاخص دهک‌ها)

وقوع بارندگی‌های طولانی‌مدت در دهه‌هایی از توزیع تقسیم و هر یک از این گروه‌ها یک دهک نامیده شد. برای محاسبه

جدول ۱: طبقه‌بندی شاخص‌های خشک‌سالی (شاخص بارش استاندارد) [۹]

وضعیت	مقدار
فرامرطوب	بزرگ‌تر مساوی ۲
بسیار مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹۹
نسبتاً مرطوب	۱ تا ۰/۴۹
نزدیک نرمال	۰/۹۹- تا ۰/۹۹
نسبتاً خشک	۰/۴۹- تا ۱-
بسیار خشک	۱/۵- تا ۱/۹۹-
فراخشک	کوچک‌تر مساوی ۲-

این دهک‌ها ابتدا داده‌های بارندگی بر اساس دوره مشخص و با استفاده از روش دهک برای سیستم پایش خشک‌سالی استرالیا انتخاب و استفاده شد؛ زیرا محاسبه نسبتاً ساده‌ای است و نسبت به شاخص پالمر، داده‌ها و فرضیات کمتری لازم دارد. طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی بر اساس شاخص دهک‌ها در جدول شماره ۲ آورده شده است.

شاخص Z چینی

شاخص Z چینی بر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون هیلفرتی با این فرض گرفته شده که داده‌ها از توزیع پیرسون نوع سوم تبعیت کرده است. برای محاسبه این شاخص از رابطه ۲ استفاده شده است [۱۲].

رابطه (۲)

$$Zij = \frac{6}{Csi}\left(\frac{Csi}{2\varphi}+1\right)^{1/3} - \frac{6}{Zsi} + \frac{Csi}{6}$$

در این رابطه Z_{ij} شاخص Z چینی، i مقیاس زمان ماهانه، C_{si} ضریب چولگی و n تعداد ماه‌های دوره آماری است.

جدول ۲: رابطه مقدار دهک (شاخص دهک‌ها) با وضعیت خشک‌سالی [۱۹]

مقدار درصد	وضعیت	شماره دهک
کمتر از ۱۰ درصد	خشک‌سالی خیلی شدید	اول
۱۰ تا ۲۰ درصد	خشک‌سالی شدید	دوم
۲۰ تا ۳۰ درصد	خشک‌سالی	سوم
۳۰ تا ۴۰ درصد	تقریباً نرمال	چهارم
۴۰ تا ۵۰ درصد	نرمال	پنجم
۵۰ تا ۶۰ درصد	نرمال	ششم
۶۰ تا ۷۰ درصد	کمی مرطوب	هفتم
۷۰ تا ۸۰ درصد	مرطوب	هشتم
۸۰ تا ۹۰ درصد	بسیار مرطوب	نهم
بیش از ۹۰ درصد	فوق‌العاده مرطوب	دهم

جدول ۳: طبقه‌بندی شدت خشکسالی (شاخص عدد Z) [۱۴]

وضعیت	شاخص عدد Z
خشک‌سالی ضعیف	۰/۲۵ تا ۰/۲۵-
خشک‌سالی متوسط	۰/۲۵- تا ۰/۵۲-
خشک‌سالی شدید	۰/۸۴- تا ۰/۵۲-
خشک‌سالی بسیار شدید	۰/۸۴- تا ۱/۲۸-

C_{si} با رابطه ۳ محاسبه شده است [۱۳].

رابطه (۳)

$$Csi = \sum_{j=1}^{n}(Xij - Xi)3/z \times \sigma 3$$

در معادلات مربوط به محاسبه شاخص Z چینی، برای محاسبه شاخص عدد Z می‌توان از رابطه ۴ استفاده کرد. شاخص عدد Z به تبدیل داده‌ها مانند شاخص Z چینی و شاخص بارش استاندارد نیاز ندارد. طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی بر اساس شاخص عدد Z در جدول ۳ آورده شده است.

رابطه (۴)

$$\varphi ij = Xij - \bar{x}\,/\sigma i$$

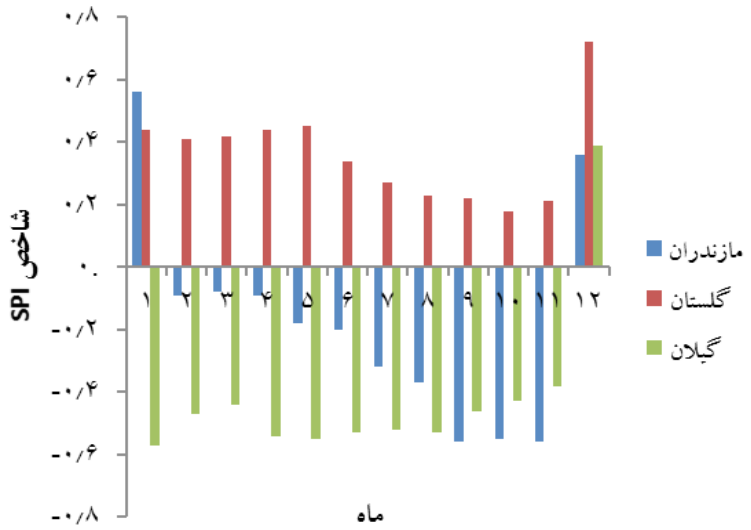
در این رابطه φij متغیر استانداردشده Xij، میلی‌متر بارندگی در سال، $\bar{x}$ میانگین بارش و σi انحراف‌معیار در مقیاس ماهانه است.

یافته‌ها

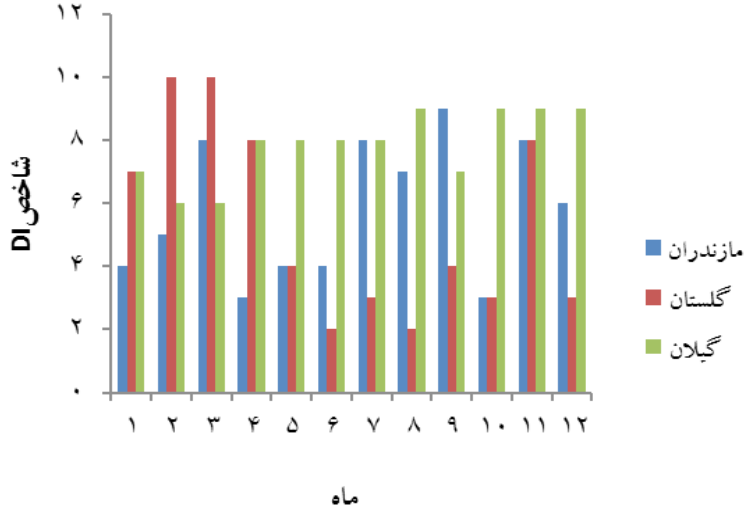
نتایج شاخص‌های خشک‌سالی در استان‌های مطالعه‌شده در نمودارهای ۱ تا ۵ نشان داده شده است. در نمودار ۱ تغییرات شاخص بارش استاندارد محاسبه‌شده برای استان‌های مطالعه‌شده نشان داده شده است. به‌منظور تعیین وضعیت خشک‌سالی از جدول ۱ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد استان گلستان با میانگین تغییرات شاخص بارش استاندارد ۰/۳۶ شرایط آب‌وهوایی نسبتاً مرطوبی دارد. این در شرایطی است شاخص بارش استاندارد

در مازندران و گیلان به ترتیب ۰/۱۷- و ۰/۴۱- است. طبق این شاخص این دو استان شرایط آب‌وهوایی نسبتاً خشکی در دوره ده‌ساله مطالعه داشته‌اند.

در نمودار ۲، بررسی تغییرات شاخص دهک‌ها نشان داده شده است. با مقایسه این شاخص با جدول استاندارد مشخص شد دو استان گلستان و گیلان بر اساس این شاخص به ترتیب در گروه مناطق با آب‌وهوای فوق‌العاده مرطوب و مرطوب فصل بهار بوده‌اند. شاخص دهک‌ها تقریباً در دوره ده‌ساله در حد نرمال بوده است. در نمودار ۳ تغییرات شاخص عدد Z نشان داده شد. در جدول ۳، نتایج بیانگر این موضوع است که در شاخص عدد Z

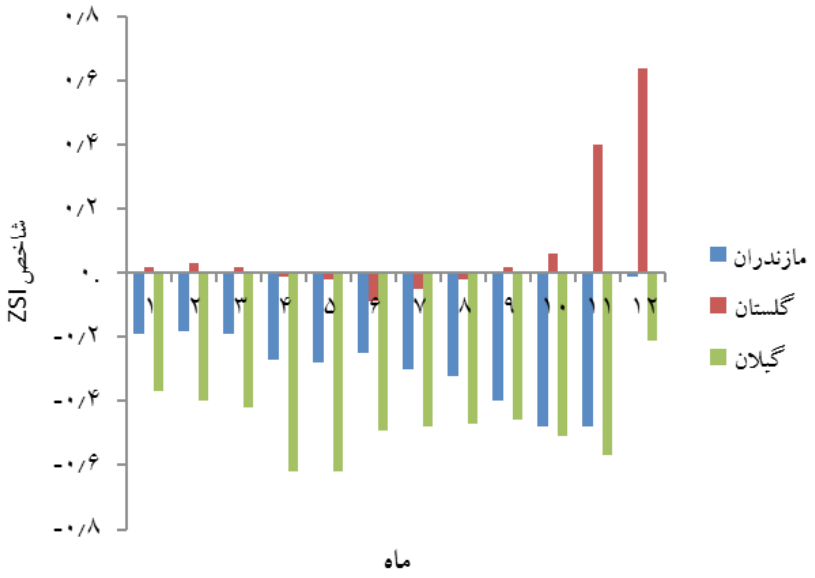


نمودار ۱: شاخص بارش استاندارد در استان‌های مطالعه‌شده در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸)

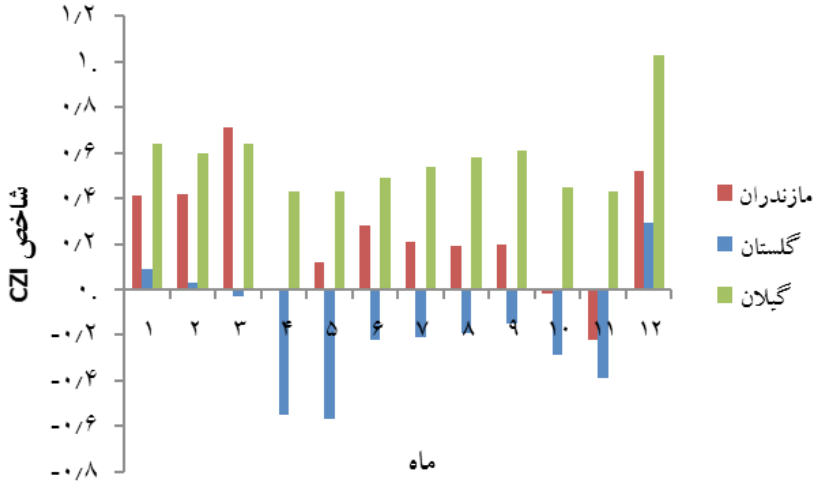


نمودار ۲: شاخص دهک‌ها در استان‌های مطالعه‌شده در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸)

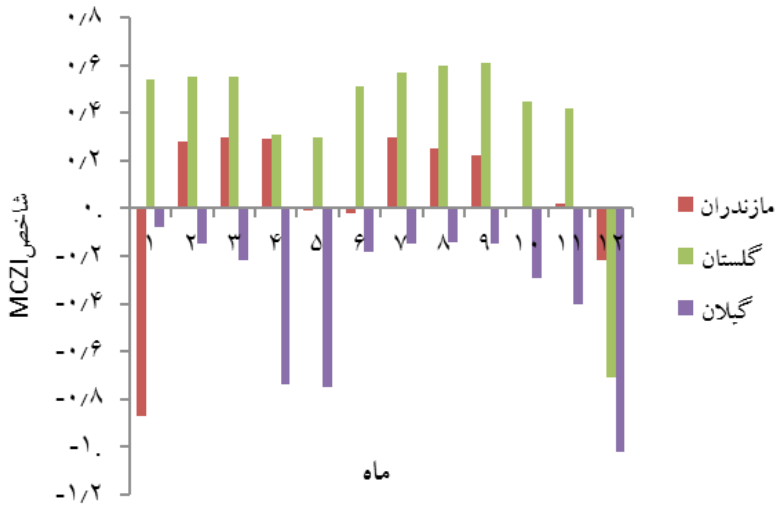
به‌طور میانگین خشک‌ترین ماه مربوط به تیر و مرداد در استان گیلان با شاخص کمّی ۰/۶- بوده که دچار خشک‌سالی شدید شده است. همچنین این میزان طبق نمودار ۵ برای شاخص Z چینی اصلاح‌شده در استان گیلان مربوط به اسفند و در مازندران مربوط به فروردین با شاخص کمی به ترتیب ۱- و ۰/۹ بوده است. با مقایسه با جدول ۳ به این نتیجه می‌رسیم که این دو استان بر اساس این شاخص دچار خشک‌سالی بسیار شدید در دوره ده‌ساله بوده‌اند.



نمودار ۳: شاخص عدد Z در استان‌های مطالعه‌شده در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸)



نمودار ۴: شاخص Z چینی در استان‌های مطالعه‌شده در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸)



نمودار ۵: شاخص Z چینی اصلاح‌شده در استان‌های مطالعه‌شده در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸)

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه که ترکیبی از اطلاعات بارش بوده است، از شاخص درصد نرمال، شاخص دهک‌ها، شاخص شدت خشک‌سالی، شاخص بارش استاندارد، شاخص Z چینی، شاخص Z چینی اصلاح‌شده و شاخص عدد Z برای بررسی خشک‌سالی استفاده شد. نتایج نشان داد شاخص‌های فوق در تمامی ایستگاه‌های شمالی در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ روند مشابهی داشته و در حد نرمال بوده‌اند. در نمودارهای ۱ تا ۵ تغییرات شاخص خشک‌سالی، شاخص بارش استاندارد، شاخص دهک‌ها، شاخص عدد Z، شاخص Z چینی و شاخص Z چینی اصلاح‌شده به‌صورت نمودار میله‌ای نمایش داده شده است. نتایج نشان داد شاخص‌های مطالعه‌شده (شاخص Z چینی و شاخص Z چینی اصلاح‌شده) طی دوره ده‌ساله در استان‌های گلستان و مازندران با روند مشابهی افزایش یافته است، اما امکان وقوع خشک‌سالی در استان گیلان، مخصوصاً در فصل تابستان، به علت میانگین بارندگی ماهانه منفی‌تر نسبت به دو استان گلستان و مازندران بیشتر بوده است. با توجه به شاخص Z چینی اصلاح‌شده برای استان گیلان در اسفند و مازندران در فروردین با شاخص کمی به ترتیب ۱- و ۰/۸- خشک‌ترین ماه را داشته‌اند که می‌تواند به علت احتمالی اثرات تغییرات اقلیم باشد.

کریمی و همکاران با استفاده از داده‌های بارندگی ماهیانه به ارزیابی شاخص‌های بارش استاندارد، شاخص درصد از نرمال (PNI: Percentage of Normal Index)، شاخص دهک‌ها، شاخص Z چینی، شاخص Z چینی اصلاح‌شده وشاخص عدد Z برای اقلیم‌های تر و خشک در تمام ایستگاه‌های استان مازندران پرداخته بودند. نتایج مطالعه آنان با مطالعه حاضر مطابقت دارد [۹]. مطالعه صابری و همکاران با بررسی خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های هواشناسی و داده‌های سنجش‌ازدور (استان آذربایجان غربی) دارای دوره‌های خشک‌سالی مشابه مطالعه حاضر در فصل بهار بوده است [۱۵]. نتایج امین و ملکی‌نژاد در بررسی و مقایسه دوره‌های خشک‌سالی مناطق مرکزی و غربی کشور (۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰) به این نتیجه رسیدند که شاخص عدد Z دوره‌های خشک‌سالی بیشتری را در مقایسه با سایر شاخص‌ها نشان داده است. پژوهش آنان با

مطالعه حاضر مطابقت دارد که طبق نمودارهای ۴ تا ۶ بیشترین میزان خشک‌سالی را نشان داده است [۱۶].

در مطالعه دیگری که نظری پویا و خسروشاهی در همدان انجام دادند، مناسب‌ترین شاخص خشک‌سالی هواشناسی را به‌منظور ارزیابی خشک‌سالی در استان همدان در دوره بیست‌ساله بررسی کردند و نشان دادند شاخص عدد z مناسب‌تر از سایر روش‌های شاخص بارش استاندارد و شاخص دهک‌ه‌است و می‌تواند به‌عنوان یکی از حساس‌ترین شاخص‌ها برای بررسی خشک‌سالی استفاده شود. با توجه به اینکه در مطالعه ما همانند این مطالعه بیشترین میزان خشک‌سالی با این شاخص مشخص شد، این پژوهش با مطالعه حاضر مطابقت دارد [۱۷].

یافته‌های حاصل از مطالعه بذرافشان و همکاران در بررسی وضعیت خشک‌سالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد در دوره ۲۵ ساله (۱۹۷۵-۲۰۰۰) در مقیاس زمانی۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه نشان داد وضعیت و وسعت خشک‌سالی در استان گلستان با توجه به میزان بارش‌های گزارش‌شده کاهش یافته است. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، شاخص بارش استاندارد در استان گلستان در رنج نسبتاً مرطوب قرار دارد. این یافته با پژوهش پیش رو همخوانی دارد [۱۸].

استفاده از نتایج این تحقیق می‌تواند برای تعیین و پیش‌بینی شرایط آینده و تهیه هشدار زودهنگام در زمینه خشک‌سالی و اقدامات کنترلی مناسب مفید باشد ازجمله استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری و مصرف بهینه آب بر اساس نیاز گیاه، تغذیه دستی دام‌ها در مواقع خشک‌سالی، تأمین سوخت مناطق روستایی و عشایر به‌منظور جلوگیری از تخریب منابع طبیعی و حفاظت از جنگل‌ها و مراتع، مهار سیلاب به کمک سدهای کوتاه و متوسط، پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی، ذخیره نزولات آسمانی با احیای سیستم‌های سنتی سطوح آبگیر باران، کشت گیاهان مقاوم به خشکی، استفاده از گیاهان تولیدی و زینتی کم‌آب‌خواه و منطبق با شرایط اقلیمی، صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده از فرهنگ صحیح مصرف، جلوگیری از حفر چاه‌های غیرمجاز و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت آب مواجه هستند.

قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران با کد ۶۷۸۶ و کد اخلاق IR.MAZUMS.REC.1399.6786 است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت تحقیقات دانشگاه به‌خاطر حمایت مالی از پژوهش حاضر تشکر و قدردانی کنند.

References

1. Silakhori E, Ownegh M, Mosaedi A, Babaeian I, Salman MA. Application of reanalysis and observational data for comparison of drought indices (case study: Esfarayen-Sabzevar Region). Iran Water Resourc Res 2019; 14(5):254-68 (Persian).
2. Tsesmelis DE, Karavitis CA, Oikonomou PD, Alexandris S, Kosmas C. Assessment of the vulnerability to drought and desertification characteristics using the standardized drought vulnerability index (SDVI) and the environmentally sensitive areas index (ESAI). Resources 2019; 8(1):6.
3. Fahad MG, Saiful Islam A, Nazari R, Alfi Hasan M, Tarekul Islam G, Bala SK. Regional changes of precipitation and temperature over Bangladesh using bias-corrected multi-model ensemble projections considering high-emission pathways. Int J Climatol 2018; 38(4):1634-48.
4. Zimmermann M, Glombitza KF, Rothenberger B.

Disaster risk reduction programme for Bangladesh 2010-2012. Bern, Switzerland: Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC); 2010.
5. Dai A. Increasing drought under global warming in observations and models. Nature Climate Change 2013; 3(1):52-8.
6. Byun HR, Wilhite DA. Objective quantification of drought severity and duration. J Climate 1999; 12(9):2747-56.
7. Kamruzzaman M, Hwang S, Cho J, Jang MW, Jeong H. Evaluating the spatiotemporal characteristics of agricultural drought in bangladesh using effective drought index. Water 2019; 11(12):2437.
8. Azadi S, Soltani Kopaei S, Faramarzi M, Soltani Tudeshki A, Pourmanafi S. Evaluation of palmer drought severity index in central Iran. JWSS Isfahan Univ Technol 2015; 19(72):305-19.
9. Karimi M, Shahedi K, Khosravi K. Investigation of meteorological and Hydrological Drought using Drought Indices in Qarehsou river basin. J Earth Space Physics 2016; 42(1):159-70 (Persian).
10. Bakhshi Bamo A, Golkarian A, Mosaeidi A, Rashki AR. Investigating the effect of meteorological drought on groundwater resources - case study: Neishabour plain. International Conference on Natural Resource Management in Developing Countries, Karaj, Iran; 2018 (Persian).
11. Vicente-Serrano SM, López-Moreno JI. Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin. Hydrol Earth Syst Sci 2005; 9:523-33.
12. Abeysingha NS, Rajapaksha UR. SPI-based spatiotemporal drought over Sri Lanka. Adv Meteorol 2020; 2020:9753279.
13. Zenali B. Investigation and prediction of iranian drought using composite indices. Iran J Rainwater Catchment Syst 2020; 7(3):21-36.
14. Boustani A, Ulke A. Investigation of meteorological drought indices for environmental assessment of Yesilirmak Region. J Environ Treat Techniq 2020; 8(1):374-81.
15. Saberi A, Soltani GS, Miryaghoubzadeh M. Study of drought using meteorological and remote sensing data (Azarbaijan province). J Earth Space phys 2018; 44(2):439-61 (Persian).
16. Amin PM, Malekinejad H. Investigating the drought periods using precipitation-based indices in some regions in central and Western Iran. J Watershed Manag Res 2018; 8(16):271-81 (Persian).
17. Nazari Pouya HN, Khosroshahi M. Determining the most appropriate meteorological drought index for evaluation of drought in Hamedan province. Iran J Range Desert Res 2013; 20(4):625-33 (Persina).
18. Bazrafshan O, Saravi MM, Malekian A, Moeini A. A study on drought characteristics of Golestan Province using Standardized Precipitation Index (SPI). Iran J Range Desert Res 2011; 18(3):395-407)Persian).
19. Sobhani B, Jafarzadehaliabad L, Zengir VS. Investigating the effects of drought on the environment in northwestern province of Iran, Ardabil, using combined indices, Iran. Model Earth Syst Environ 2020; 6:983-93.