

بررسی ویژگی‌های خشکسالی استان‌های شمال غربی کشور با کاربرد نمایه دهک‌ها

امین صالح پورجم^{۱*}، محمود رضا طباطبایی^۲، امیر سررشته‌داری^۳ و جمال مصفايي^۴
^{۱،۲،۳،۴} استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و ^۳ مربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰

چکیده

بررسی رخداد خشکسالی به‌عنوان حادثه‌ای محیطی از جایگاه ویژه‌ای در مدیریت منابع طبیعی و نیز برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مدیریت منابع آبی برخوردار است. در این تحقیق، اقدام به بررسی ویژگی‌های خشکسالی در ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک اردبیل، خوی، ارومیه، تبریز، زنجان، سنندج و سقز در شمال غربی کشور با کاربرد نمایه دهک‌ها شد. ابتدا، پس از بازسازی نواقص آماری ماهانه ایستگاه‌ها در دوره ۳۸ ساله آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷، سری زمانی بارندگی هر یک از ایستگاه‌ها با کاربرد روش تبدیل باکس-کاکس نرمال‌سازی شد. سپس، اقدام به محاسبه نمایه دهک‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف ماهانه، فصلی و سالانه مبتنی بر داده‌های ماهانه‌ی بارش نرمال شده ایستگاه‌ها، در دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ در محیط نرم‌افزاری MATLAB و DIP شد. سپس، اقدام به محاسبه ویژگی‌های خشکسالی (شدت، مدت و فراوانی) در هر یک از ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک شد. همچنین، در این تحقیق، به‌منظور آگاهی از روند تغییرات بارش در دوره آماری ۳۸ ساله مورد مطالعه (۲۰۱۴-۱۹۷۷)، اقدام به تعیین روند تغییرات بارش ایستگاه‌های منتخب در مقیاس‌های زمانی مختلف در دوره آماری ۱۹ ساله نخست (۱۹۹۵-۱۹۷۷) و مقایسه با روند تغییرات بارش در دوره ۳۸ ساله آماری با کاربرد آزمون روند من-کندال و نیز تعیین تغییرات مقادیر متوسط بارش در دو دوره متوالی ۱۹ ساله آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶) شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده کاهش بارش متوسط سالانه کلیه ایستگاه‌ها در دوره دوم نسبت به دوره مبنا است. همچنین، نتایج نشان‌دهنده رخداد خشکسالی‌های با شدت، مدت و فراوانی مختلف در ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک شمال غربی کشور است. همچنین، نتایج نشان‌دهنده روند نزولی تغییرات بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک سقز و سنندج در مقیاس زمانی سالانه است. این در حالی است که ایستگاه‌های فاقد روند سقز و زنجان در دوره آماری ۱۹۹۵-۱۹۷۷، دارای روندهای نزولی و صعودی در برخی از مقیاس‌های زمانی در دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه سینوپتیک، تبدیل باکس-کاکس، توزیع نرمال بارش، شدت، مدت و فراوانی، من-کندال

مقدمه
محیط‌های طبیعی و انسان ساخت را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. تولید روزافزون گازهای گلخانه‌ای و اثر گلخانه‌ای مربوطه، گرمایش جهانی زمین و تغییر اقلیم

امروزه مشخص شده است که تغییر اقلیم و پیامدهای آن، به‌عنوان تهدیدی برای کره زمین،

Investigation of drought characteristics in north-west of Iran using Deciles Index

Amin Salehpour Jam^{*1}, Mahmoud Reza Tabatabaei², Amir Sarreshtehdari³ and Jamal Mosaffaie⁴

^{1, 2 and 4} Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran and ³ Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 02 October 2017

Accepted: 13 January 2018

Abstract

Investigation of drought event has a great importance in the natural resources management and planning water resources management. In this research, the drought characteristics in the selected synoptic stations in northwest of Iran, including Ardebil, Khoy, Oroomieh, Tabriz, Zanzan, Sanandaj and Saghez were investigated using the Deciles Index. First, after rebuilding monthly missing data in the period of 1977-2014, time series of precipitation in each station normalized using Box-Cox Transformation. Then, the Deciles Index in different time scales of monthly, seasonal and yearly was calculated based on the normalized monthly precipitation of stations in the period of 1977-2014 by MATLAB and DIP software. Then, the drought characteristics, including intensity, duration and frequency were calculated in each synoptic station. In this research, to find the trend of precipitation in the 38 years, 1977-2014, First, trends of the selected stations were determined using Mann-Kendall trend test at the different time scales of the 19 year period, 1977-1995, then compared with trend of the 38 years and finally, determined the changes of the mean precipitation values in two subsequent periods, 1977-1995 and 1996-2014. Obtained results show that the mean annual precipitation at the all stations was decreased in the second period than base period. The results also show that the drought occurrence with different intensity, duration and frequency occurred in selected synoptic stations in northwest of Iran. The results also indicate that there is the decreasing trend of precipitation at the synoptic stations of Saghez and Sanandaj in yearly time scales. Although the stations of Saghez and Zanzan have no trend in the period of 1977-1995, they have decreasing and increasing trends in some time scales in the period of 1977-2014.

Keywords: Box-Cox transformation, Intensity, duration and frequency, Mann-Kendall, Normal distributed precipitation, Synoptic station

* Corresponding author: aminpourjam@yahoo.com

بررسی نمایه‌های مختلف خشکسالی در استان تهران کردند. نتایج نشان‌دهنده بهترین کارایی نمایه دهک‌ها، در مقیاس‌های زمانی بیش از یک ماه است. Ghasemi و همکاران (۲۰۱۱) اقدام به پایش خشکسالی با کاربرد نمایه‌های SPI و DI و فنون زمین‌آمار در دشت حسین آباد (منطقه سریشه) کردند. Rashidfar و همکاران (۲۰۱۴) نمایه دهک‌ها را نمایه‌ای مناسب برای تعیین وضعیت کلی آب و هواشناختی مناطق معرفی می‌کنند. Zare Abianeh و همکاران (۲۰۱۵) اقدام به پایش خشکسالی هواشناسی در استان سیستان و بلوچستان کردند. نتایج، نشان‌دهنده برآوردهای معقول نمایه انحراف از معیار در مقیاس-های زمانی فصلی و سالانه بود. Mostafazadeh و همکاران (۲۰۱۵) اقدام به تحلیل خشکسالی هواشناسی در استان کردستان با استفاده از مدل نمودار سه متغیره کردند. بر اساس نتایج، طبقه‌بندی مقادیر شاخص بارش استاندارد در نمودار سه متغیره، چارچوبی را برای تفسیر خصوصیات و تغییرات عناصر اقلیمی ارائه می‌دهد. همچنین، ضمن مقایسه شرایط رطوبتی میان ایستگاه‌ها، می‌توان ارتباط فضایی آن‌ها را تجزیه و تحلیل کرد. نمودارهای سه متغیره امکان تفسیر ارتباط وقایع حدی و روند میان متغیرها را فراهم می‌کند.

هدف این پژوهش، بررسی ویژگی‌های خشکسالی در ایستگاه‌های منتخب سینوپتیکی شمال غربی ایران با کاربرد نمایه دهک‌ها است. همچنین، تعیین روند تغییرات بارش ایستگاه‌های منتخب در مقیاس‌های زمانی مختلف در دوره آماری ۱۹ ساله نخست (۱۹۹۵-۱۹۷۷) و مقایسه با روند تغییرات بارش در دوره ۳۸ ساله آماری و نیز تعیین تغییرات مقادیر متوسط بارش در دو دوره متوالی ۱۹ ساله آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶) از دیگر اهداف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: در این تحقیق، ایستگاه‌های منتخب سینوپتیکی شمال غربی کشور، مشتمل بر ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل (واقع در ۱۷° ۴۸' شرقی و ۱۵° ۳۸' شمالی و ارتفاع ۱۳۳۲ متری از

را به‌دنبال دارد. طبق گزارش هیات بین‌الدول تغییر اقلیم^۱ (IPCC, ۲۰۰۷)، طی دوره ۱۰۰ ساله منتهی به سال ۲۰۰۵، دمای متوسط جهانی به میزان ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. خشکسالی شروعی آرام داشته و یک بلای طبیعی خزنده است که به‌صورت بخش نرمالی از اقلیم تمام مناطق جهان شناخته شده و اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی جدی را به‌دنبال دارد (Wilhite, ۲۰۰۰). Bhuiyan و همکاران (۲۰۰۸) خشکسالی را دلیل اصلی خسارات کشاورزی، اقتصادی و زیست محیطی می‌دانند. نتایج حاصل از تحقیقات صورت گرفته در پیش‌بینی آبی مقادیر بارش با کاربرد مدل‌های گردش عمومی جو در مناطق مختلف کشور نیز حکایت از کاهش مقادیر بارش و افزایش شدت خشکسالی در بسیاری از مناطق کشور در دهه‌های آتی دارد (Mohammadi و همکاران، ۲۰۱۰؛ Golmohammadi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Salehpour Jam و همکاران، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷). با توجه به این‌که آگاهی از ویژگی‌های خشکسالی، نقش مهمی را در مدیریت منابع طبیعی ایفا می‌کند، در این تحقیق، اقدام به بررسی ویژگی‌های خشکسالی در ایستگاه‌های منتخب سینوپتیکی شمال غربی ایران با کاربرد نمایه دهک‌ها شد.

تا کنون، نمایه‌های مختلفی به‌منظور پایش خشکسالی ارایه شده‌اند. از جمله این نمایه‌ها می‌توان به PDSI^۲ (Palmer, ۱۹۶۵)، Wu China-Z-index و همکاران (۲۰۰۱)، SWSI^۳ (Shafer و Dezman, ۱۹۸۲) و SPI^۴ (McKee و همکاران، ۱۹۹۳) اشاره نمود. نمایه دهک‌ها به‌وسیله Maher و Gibbs (۱۹۶۷) با هدف تشخیص خشکسالی ارایه شده و از آن به‌طور گسترده‌ای در کشور استرالیا استفاده شده است (Coughlan, ۱۹۸۷). Askarizadeh و همکاران (۲۰۰۸) اقدام به پایش خشکسالی و تعیین شدت خشکسالی با کاربرد نمایه دهک‌ها در استان خراسان رضوی کردند. Morid و همکاران (۲۰۰۶) اقدام به

^۱ Intergovernmental Panel on Climate Change

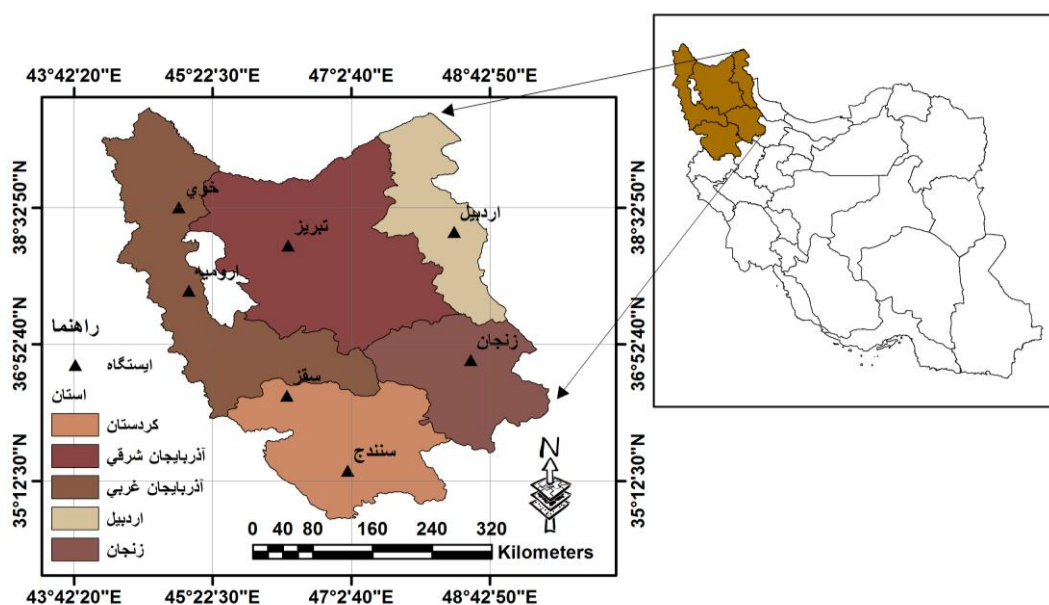
^۲ Palmer Drought Severity Index

^۳ Surface Water Supply Index

^۴ Standardized precipitation index

۲۰۱۴، به ترتیب ۲۹۱/۱۴ میلی‌متر در ایستگاه اردبیل، ۲۷۹/۳۱ میلی‌متر در ایستگاه خوی، ۳۲۰/۱۳ میلی‌متر در ایستگاه ارومیه، ۲۵۸/۸۲ میلی‌متر در ایستگاه تبریز، ۲۹۷/۷۷ میلی‌متر در ایستگاه زنجان، ۴۴۳/۷۳ میلی‌متر در ایستگاه سنندج و ۴۷۳/۴۵ میلی‌متر در ایستگاه سقز به ثبت رسیده است. در سال‌های اخیر استان‌های شمال غربی کشور تحت تأثیر خشکسالی و پیامدهای حاصل از آن قرار داشته، به طوری که از این میان می‌توان به خسارات وارده به بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی منطقه و نیز قرارگیری استان اردبیل در فهرست هشت استان دارای بیشترین خسارات خشکسالی اشاره نمود.

سطح دریا)، خوی (واقع در $44^{\circ} 58'$ شرقی و $33^{\circ} 38'$ شمالی و ارتفاع ۱۱۰۳ متری از سطح دریا)، ارومیه (واقع در $45^{\circ} 5'$ شرقی و $37^{\circ} 32'$ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۶ متری از سطح دریا)، تبریز (واقع در $46^{\circ} 46'$ شرقی و $38^{\circ} 50'$ شمالی و ارتفاع ۱۳۶۱ متری از سطح دریا)، زنجان (واقع در $48^{\circ} 29'$ شرقی و $36^{\circ} 41'$ شمالی و ارتفاع ۱۶۶۳ متری از سطح دریا)، سنندج (واقع در $47^{\circ} 00'$ شرقی و $35^{\circ} 20'$ شمالی و ارتفاع ۱۳۷۳ متری از سطح دریا) و سقز (واقع در $46^{\circ} 46'$ شرقی و $36^{\circ} 15'$ شمالی و ارتفاع ۱۵۲۳ متری از سطح دریا) مورد مطالعه قرار گرفتند (شکل ۱). بارش متوسط سالانه مبتنی بر آمار ۳۸ ساله منتهی به سال



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب

رسید.

در این تحقیق، اقدام به محاسبه نمایه دهک‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف ماهانه، فصلی و سالانه مبتنی بر داده‌های ماهانه بارش نرمال شده ایستگاه‌ها، در دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ شد. بدین منظور، نخست اقدام به چیدمان ترتیبی داده‌های بارش هر ایستگاه، مبتنی بر توالی زمانی مربوطه شد. توضیح این‌که چیدمان سری داده‌های ماهانه، فصلی و سالانه‌ی بارش مرتبط با هر ایستگاه برای دوره‌ی آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ با هدف انجام

روش پژوهش: در این تحقیق، نخست اقدام به بازسازی نواقص آماری در ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل و سقز در دوره ۳۸ ساله آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ شد. بازسازی نواقص آماری مبتنی بر آمار ایستگاه‌های هم‌جوار هواشناسی وزارت نیرو و انجام تبدیلات از شمسی به میلادی با کاربرد معادلات رگرسیونی برای ماه‌های فاقد آمار به انجام رسید. توضیح این‌که بازسازی نواقص داده‌های بارش ایستگاه‌های اردبیل و سقز با کاربرد روش رگرسیونی به ترتیب مبتنی بر ایستگاه‌های گیلانده و پل سردشت-بریسو به انجام

معادلات مربوطه، در هر یک از مقیاس‌های زمانی تعیین و مشخص شد.

همچنین، به منظور آگاهی از روند تغییرات بارش در دوره آماری ۳۸ ساله مورد مطالعه (۱۹۷۷-۲۰۱۴)، اقدام به تعیین روند تغییرات بارش ایستگاه‌های منتخب در مقیاس‌های زمانی مختلف در دوره آماری ۱۹ ساله نخست (۱۹۷۷-۱۹۹۵) و مقایسه با روند تغییرات بارش در دوره ۳۸ ساله آماری با کاربرد آزمون روند من- کندال^۲ و نیز تعیین تغییرات مقادیر متوسط بارش در دو دوره متوالی ۱۹ ساله آماری (۱۹۷۷-۱۹۹۵ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶) شد. این آزمون با کاربرد برنامه جانبی XLSTAT در محیط نرم‌افزاری Excel به انجام رسید. در این روش، ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس از آن محاسبه شده و پارامتر S مطابق رابطه (۲) به دست می‌آید.

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

که در آن، n تعداد مشاهدات سری و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری هستند. تابع علامت sgn نیز به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = +1 \quad \text{for } (x_j - x_k) > 0 \quad (3)$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = 0 \quad \text{for } (x_j - x_k) = 0 \quad (4)$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = -1 \quad \text{for } (x_j - x_k) < 0 \quad (5)$$

در مرحله بعد محاسبه واریانس S به وسیله یکی از روابط زیر محاسبه شد.

$$\operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{for } n > 10 \quad (6)$$

$$\operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{for } n < 10 \quad (7)$$

که در آن، n و m معرف تعداد دنباله‌هایی است که در آن‌ها دست‌کم یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان در یک دنباله (تعداد گره‌ها) است. در نهایت نیز آماره Z به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود.

تحلیل‌های آماری و محاسبه شاخص دهک‌ها در محیط نرم‌افزاری MATLAB و DIP صورت پذیرفت. در این تحقیق، نخست سری زمانی بارندگی هر یک از ایستگاه‌ها با کاربرد روش تبدیل باکس-کاکس^۱ نرمال‌سازی شد (McMahon, ۱۹۸۶). این تبدیل یکی از روش‌های قدرتمند در نرمال‌سازی توزیع مشاهدات به شمار می‌رود. این روش، مقداری را به عنوان توان بهینه (λ) تعیین کرده، همه مشاهدات را به توان آن می‌رساند و سپس آزمون نرمال روی مشاهدات انجام شده تا بهترین سری از مشاهدات به دست آید. تابع تبدیل باکس-کاکس برای سری زمانی در رابطه (۱) ارایه شده است.

$$Y_t = \begin{cases} X_t^\lambda - 1 & \lambda \neq 0 \\ \log X_t & \lambda = 0 \end{cases} \quad t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

که در آن، λ در محدوده ۲ تا -۲ بوده، به طوری که بهترین مقدار آن، توزیع Y_t را به نرمال نزدیک‌تر می‌کند،

X_t مقادیر بارش مشاهداتی ایستگاه و Y_t مقادیر نرمال شده بارش است.

سپس، اقدام به محاسبه نمایه دهک‌ها در مقیاس‌های سه‌گانه ماهانه، فصلی و سالانه مبتنی بر مقادیر نرمال مربوطه شد. توضیح این‌که، در هر یک از مقیاس‌های سه‌گانه، طبقه‌بندی خشکسالی مبتنی بر حدود طبقات ارایه شده در جدول ۱ صورت پذیرفت.

سپس، اقدام به محاسبه ویژگی‌های خشکسالی (شدت، مدت و فراوانی) در هر یک از ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک شد. به طوری که، فراوانی خشکی در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه در دو گروه شامل کلیه دهک‌های خشک و نیز دو دهک دارای بیشینه خشکی محاسبه و مشخص شد. همچنین، در هر یک از مقیاس‌های زمانی ماهانه (شامل ۴۵۶ ماه)، فصلی (شامل ۱۵۲ فصل) و سالانه (شامل ۳۸ سال)، اقدام به محاسبه طول‌ترین و نیز شدیدترین دوره خشکی مبتنی بر نمایه دهک‌ها شد. همچنین، در این تحقیق، روند تغییرات فصلی و سالانه بارش هر یک از ایستگاه‌ها در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴ مبتنی بر

² Mann-Kendall

¹ Box-Cox Transformation

جدول ۱- رابطه نمایه دهک‌ها و طبقه خشکسالی

رتبه نمایه دهک‌ها	دهک‌ها	طبقه
۱	کمتر از ۱۰ درصد	خشکسالی خیلی شدید
۲	۱۰ تا ۲۰ درصد	خشکسالی شدید
۳	۲۰ تا ۳۰ درصد	خشکسالی
۴	۳۰ تا ۴۰ درصد	کمی پایین‌تر از نرمال
۵	۴۰ تا ۵۰ درصد	نرمال
۶	۵۰ تا ۶۰ درصد	نرمال
۷	۶۰ تا ۷۰ درصد	کمی بالاتر از نرمال
۸	۷۰ تا ۸۰ درصد	مرطوب
۹	۸۰ تا ۹۰ درصد	بسیار مرطوب
۱۰	بیشتر از ۹۰ درصد	فوق‌العاده مرطوب

نظر گرفته می‌شود.

$$Z = \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} \quad \text{for } S > 0 \quad (8)$$

$$Z = 0 \quad \text{for } S = 0 \quad (9)$$

$$Z = \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} \quad \text{for } S < 0 \quad (10)$$

نتایج و بحث

مقادیر λ و نیز دامنه تغییرات مقادیر نرمال شده بارش هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک به‌دست آمده از روش باکس-کاکس در جدول ۲ ارائه شده است. بر این اساس، ایستگاه‌های سنندج و خوی به‌ترتیب کمینه (۰/۱۲۸) و بیشینه (۰/۲۴۶) میزان λ را در مقیاس زمانی ماهانه، ایستگاه‌های سقز و خوی به‌ترتیب کمینه (۰/۳۱۶) و بیشینه (۰/۴۸۴) میزان λ را در مقیاس زمانی فصلی و ایستگاه‌های اردبیل و سنندج به‌ترتیب کمینه (۰/۱۶۰) و بیشینه (۰/۲۵۹) میزان λ را در مقیاس زمانی سالانه به خود اختصاص داده‌اند.

با فرض دو دامنه بودن آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که شرط زیر برقرار باشد.

$$|Z| < Z_{\alpha/2} \quad (11)$$

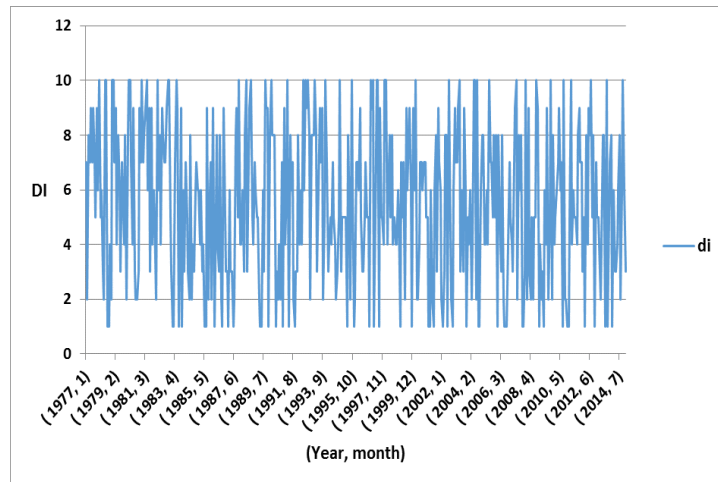
که در آن، α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α است که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $\alpha/2$ استفاده شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در

جدول ۲- مقادیر حدی بارش نرمال شده ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک

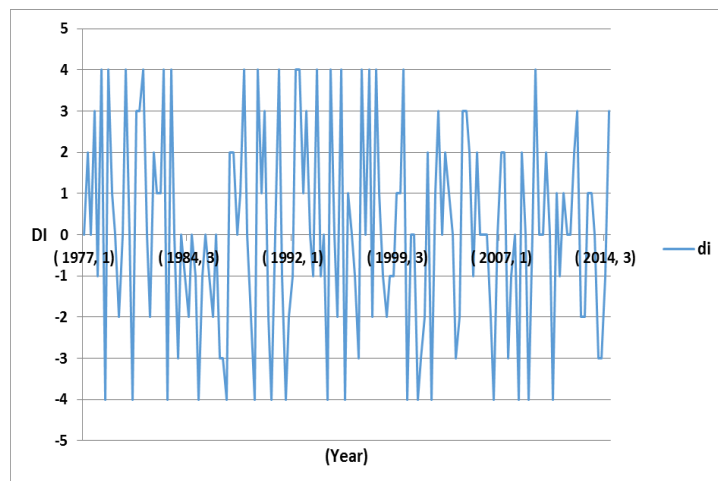
مقیاس	اردبیل		خوی		ارومیه		تبریز		سنندج		سقز		زنجان	
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
ارزش ماهانه λ	۹/۷۳	-۴/۲۷	۸/۴۵	-۴/۰۶	۸/۰۴	-۵/۶۰	۷/۶۲	-۵/۷۵	۸/۳۹	-۷/۰۷	۹/۸۱	-۵/۱۹	۸/۳۷	-۴/۹۷
ارزش فصلی λ	۲۹/۲۱	۱/۰۹	۲۴/۵۲	۰/۱۰	۱۶/۵۸	-۲/۹۰	۱۹/۸۶	-۲/۵۰	۱۹/۳۹	-۳/۰۵	۱۷/۱۲	-۳/۱۴	۲۱/۵۸	-۲/۲۸۲
ارزش سالانه λ	۰/۸۶	-۱/۱۶۰	۰/۸۶	-۰/۲۵۰	۲/۸۹	۳/۷۰	۴/۹۹	۴/۲۸	۱۷/۵۵	۱۲/۰۲	۱۳/۵۱	۱۰/۰۵	۳/۴۵	۳/۱۸

ایستگاه در دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ محاسبه شد. به‌طور نمونه، نمودار نمایه دهک‌ها در ایستگاه سینوپتیک اردبیل در شکل‌های ۲ تا ۴ ارائه شده است.

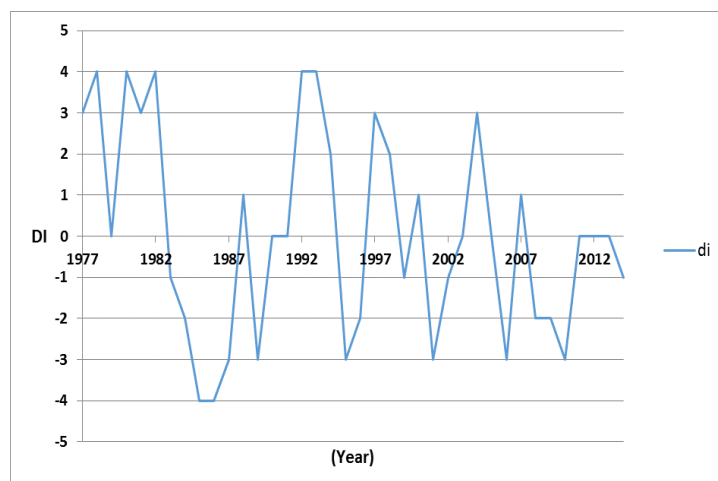
در این پژوهش، نمایه دهک‌های ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک شمال غربی کشور مشتمل بر ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل، خوی، ارومیه، تبریز، زنجان، سنندج و سقز در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه مبتنی بر مقادیر نرمال شده بارش هر



شکل ۲- نمودار نمایه دهک‌ها در مقیاس زمانی ماهانه در ایستگاه اردبیل



شکل ۳- نمودار نمایه دهک‌ها در مقیاس زمانی فصلی در ایستگاه اردبیل



شکل ۴- نمودار نمایه دهک‌ها در مقیاس زمانی سالانه در ایستگاه اردبیل

سالانه در دوره‌ی ۱۹ ساله نخست آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷) در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج حاصل از تعیین معادلات روند بارش ایستگاه‌های سینوپتیک در مقیاس‌های زمانی فصلی و

جدول ۳- روند تغییرات بارش ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک در مقیاس‌های زمانی مختلف در دوره آماری ۱۹۷۷-۱۹۹۵

سالانه	مقیاس زمانی فصلی				روند	ایستگاه
	فصل چهارم	فصل سوم	فصل دوم	فصل اول		
-۰/۹۱	-۰/۸۴	۱/۴۷	-۱/۴۷	-۰/۳۵	Z	اردبیل
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	
-۱/۸۲	-۰/۲۱	۰/۵۶	-۱/۴۷	-۲/۰۷*	Z	خوی
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	نزولی	ویژگی	
۰/۴۲	۰/۰۰	۱/۴۴	۰/۱۴	-۰/۲۸	Z	ارومیه
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	
۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۹۰	۰/۶۳	-۱/۳۳	Z	سقز
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	
-۲/۳۱*	-۰/۷۰	۰/۷۶	۰/۴۲	-۳/۲۲*	Z	سنندج
نزولی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	نزولی	ویژگی	
-۰/۷۷	-۰/۰۷	۰/۳۵	-۰/۶۳	-۰/۹۱	Z	تبریز
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	
۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۴۹	-۰/۱۴	-۰/۸۴	Z	زنجان
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	

* دارای روند در سطح معنی‌داری پنج درصد

همچنین، نتایج حاصل از بررسی روند بارش ایستگاه‌های سینوپتیک در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه در دوره‌ی آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ با کاربرد آزمون روند من-کندال در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- روند تغییرات بارش ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک در مقیاس‌های زمانی مختلف در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴

سالانه	مقیاس زمانی فصلی				روند	ایستگاه
	فصل چهارم	فصل سوم	فصل دوم	فصل اول		
-۱/۳۶	-۱/۳۷	۱/۵۲	-۰/۱۳	-۱/۱۲	Z	اردبیل
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	
-۱/۴۳	-۰/۸۵	۱/۵۲	-۰/۹۶	-۲/۶۵*	Z	خوی
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	نزولی	ویژگی	
-۱/۱۱	-۰/۶۰	۰/۹۱	-۰/۷۳	-۱/۸۹	Z	ارومیه
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	
-۲/۳۶*	-۰/۱۹	۲/۵۹*	-۱/۷۷	-۲/۵۴*	Z	سقز
نزولی	فاقد روند	صعودی	فاقد روند	نزولی	ویژگی	
-۴/۷۳*	-۱/۹۱	۱/۶۱	-۰/۷۳	-۴/۷۵*	Z	سنندج
نزولی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	نزولی	ویژگی	
-۱/۴۶	-۱/۱۱	۱/۳۱	-۰/۷۵	-۱/۰۳	Z	تبریز
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	ویژگی	
-۰/۱۵	-۰/۰۳	۳/۰۳*	۰/۴۰	-۲/۱۹*	Z	زنجان
فاقد روند	فاقد روند	صعودی	فاقد روند	نزولی	ویژگی	

* دارای روند در سطح معنی‌داری پنج درصد

نزولی و صعودی در برخی از مقیاس‌های زمانی در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴ شده‌اند، به طوری که ایستگاه سقز در فصل اول و نیز مقیاس زمانی سالانه و ایستگاه زنجان در فصل اول سال دارای روند نزولی تغییرات بارش شده است. همچنین، روند صعودی تغییرات بارش در فصل سوم سال در ایستگاه‌های سقز و زنجان در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴ قابل مشاهده است.

در این مرحله، پس از محاسبه نمایه دهک‌ها در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه، مبتنی بر داده‌های نرمال شده بارش ماهانه، فصلی و سالانه هر یک از ایستگاه‌ها، اقدام به تعیین ویژگی‌های خشکسالی هر یک از مقیاس‌های زمانی در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴ شد. جدول ۵، آرایه دهنده بیشینه مقادیر ویژگی‌های خشکسالی ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک مورد مطالعه در منطقه تحقیق است.

نتایج حاصل از بررسی روند در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴ نشان‌دهنده روند نزولی تغییرات بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک سقز و سنندج در مقیاس زمانی سالانه است. همچنین، این روند در فصل اول سال، در ایستگاه‌های خوی، سقز، سنندج و زنجان نزولی و در فصل سوم سال در ایستگاه‌های سقز و زنجان صعودی است. این درحالی است که در دیگر مقیاس‌های زمانی، روندی در تغییرات بارش ایستگاه‌ها وجود ندارد.

نتایج تحقیق، نشان‌دهنده فقدان روند تغییرات بارش ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل، ارومیه و تبریز در مقیاس‌های زمانی مختلف فصلی و سالانه در دوره آماری ۱۹۷۷-۱۹۹۵ و نیز در دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۷۷ است. همچنین، ایستگاه‌های خوی و سنندج نیز از روند کاملاً همخوانی در این دو دوره برخوردارند. این درحالی است که ایستگاه‌های فاقد روند سقز و زنجان در دوره آماری ۱۹۷۷-۱۹۹۵، دارای روندهای

جدول ۵- مقادیر ویژگی‌های خشکسالی ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴

مقیاس زمانی	ایستگاه	دهک‌های خشک		دو دهک با بیشینه خشکی		طول‌ترین دوره خشکی	شدت تجمعی	ماه
		تعداد	درصد	تعداد	درصد			
ماهانه	اردبیل	۱۷۷	۳۸/۸۲	۹۳	۲۰/۳۹	۵	۱۶	۵
	خوی	۱۸۵	۴۰/۵۷	۱۰۲	۲۲/۳۷	۶	۱۷	۵
	ارومیه	۱۹۵	۴۲/۷۶	۱۱۶	۲۵/۴۴	۶	۱۶	۵
	تبریز	۱۸۹	۴۱/۴۵	۱۱۵	۲۵/۲۲	۷	۱۹	۷
	سنندج	۲۳۱	۵۰/۶۶	۸۳	۱۸/۲۰	۱۰	۲۰	۱۰
	سقز	۲۰۲	۴۴/۳۰	۱۰۹	۲۳/۹۰	۸	۲۲	۸
	زنجان	۱۸۵	۴۰/۵۷	۱۱۹	۲۶/۱۰	۷	۱۸	۷
	اردبیل	۵۸	۳۸/۱۶	۲۶	۱۷/۱۱	۴	۱۰	۳
	خوی	۶۱	۴۰/۱۳	۳۴	۲۲/۳۷	۶	۱۲	۶
	ارومیه	۶۶	۴۳/۴۲	۳۲	۲۱/۰۵	۵	۱۲	۵
فصلی	تبریز	۵۹	۳۸/۸۲	۲۷	۱۷/۷۶	۵	۱۲	۵
	سنندج	۶۴	۴۲/۱۱	۳۷	۲۴/۳۴	۴	۱۰	۳ و ۴
	سقز	۵۸	۳۸/۱۶	۳۳	۲۱/۷۱	۳	۱۰	۳
	زنجان	۶۸	۴۴/۷۴	۳۳	۲۱/۷۱	۵	۱۳	۵
	اردبیل	۱۶	۴۲/۱۱	۸	۲۱/۰۵	۵	۱۴	۵
	خوی	۱۴	۳۶/۸۴	۸	۲۱/۰۵	۷	۲۱	۷
	ارومیه	۱۵	۳۹/۴۷	۷	۱۸/۴۲	۵	۱۵	۵
	تبریز	۱۶	۴۲/۱۱	۹	۲۳/۶۸	۵	۱۲	۵
	سنندج	۱۵	۳۹/۴۷	۶	۱۵/۷۹	۷	۱۸	۷
	سقز	۱۴	۳۶/۸۴	۹	۲۳/۶۸	۴	۱۲	۴
سالانه	زنجان	۱۵	۳۹/۴۷	۶	۱۵/۷۹	۳	۸	۳

بیشینه طول دوره خشکسالی ۱۰ فصله در مقیاس زمانی فصلی و نیز ایستگاه‌های خوی و سنندج با بیشینه طول دوره خشکسالی ۱۰ ساله در مقیاس زمانی سالانه، طول‌ترین دوره‌های خشکسالی را به خود اختصاص داده‌اند.

ایستگاه‌های سقز، زنجان و خوی نیز به ترتیب در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه، شدیدترین دوره خشکی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، نتایج حاصل از مقایسه مقادیر حدی فراوانی دهک‌های خشک در مقیاس سالانه در دو دوره متعاقب ۱۹ ساله آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶)، نشان‌دهنده افزایش فراوانی سال‌های خشک در دوره دوم نسبت به دوره مینا در تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه مطالعاتی است (شکل ۵).

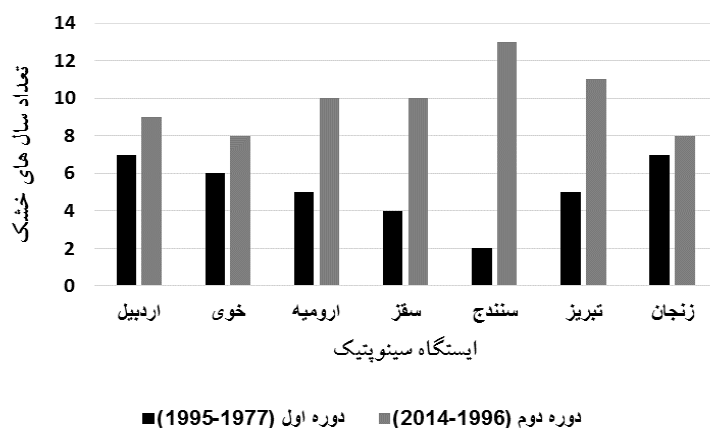
نتایج مربوط به تغییرات مقادیر متوسط بارش در دو دوره متوالی ۱۹ ساله آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶) در شکل‌های ۶ تا ۱۰ ارایه شده است.

نتایج حاصل از مقایسه مقادیر متوسط بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف، نشان‌دهنده کاهش مقادیر متوسط بارش در فصول اول و چهارم (تمامی ایستگاه‌ها)، فصل دوم (تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه زنجان) و نیز افزایش مقادیر متوسط بارش فصل سوم در تمامی ایستگاه‌ها در دوره دوم نسبت به دوره میناست. همچنین، بارش متوسط سالانه کلیه ایستگاه‌ها در دوره دوم نسبت به دوره مینا با کاهش همراه است.

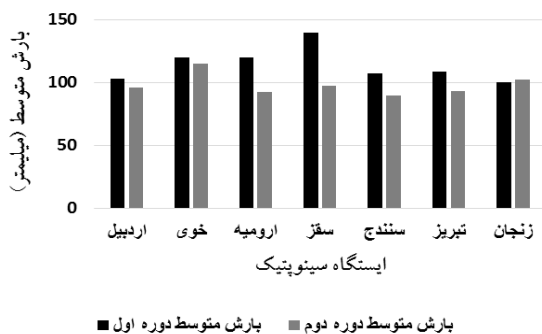
نتایج حاصل از این تحقیق، نشان‌دهنده رخداد خشکسالی‌های با شدت، مدت و فراوانی مختلف در ایستگاه‌های منتخب سینوپتیکی شمال غربی کشور است.

در ارتباط با فراوانی خشکسالی‌ها در مقیاس زمانی ماهانه، ایستگاه‌های سنندج و اردبیل به ترتیب با ۲۳۱ (۵۰/۶۶ درصد) و ۱۷۷ (۳۸/۸۲ درصد) ماه خشک، بیشینه و کمینه فراوانی ماه‌های خشک را به خود اختصاص داده‌اند. در مقیاس زمانی فصلی، ایستگاه زنجان و نیز ایستگاه‌های اردبیل و سقز به ترتیب با ۶۸ (۴۴/۷۴ درصد) و ۵۸ (۳۸/۱۶ درصد) فصل خشک، بیشینه و کمینه فراوانی فصول خشک را به خود اختصاص داده‌اند. در مقیاس زمانی سالانه نیز، ایستگاه‌های اردبیل و تبریز و نیز ایستگاه‌های خوی و سقز به ترتیب با ۱۶ (۴۲/۱۱ درصد) و ۱۴ (۳۶/۸۴ درصد) سال خشک، بیشینه و کمینه فراوانی سال‌های خشک را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، در ارتباط با فراوانی دو دهک با بیشینه خشکی در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در منطقه، ایستگاه زنجان با ۱۱۹ (۲۶/۱۰ درصد) ماه خشک، ایستگاه سنندج با ۳۷ (۲۴/۳۴ درصد) فصل خشک و نیز ایستگاه‌های تبریز و سقز با نه (۲۳/۶۸ درصد) سال خشک، بیشینه فراوانی خشکسالی‌ها را در منطقه تحقیق به خود اختصاص داده‌اند.

ایستگاه سنندج با بیشینه طول دوره خشکسالی ۱۰ ماهه در مقیاس زمانی ماهانه، ایستگاه خوی با



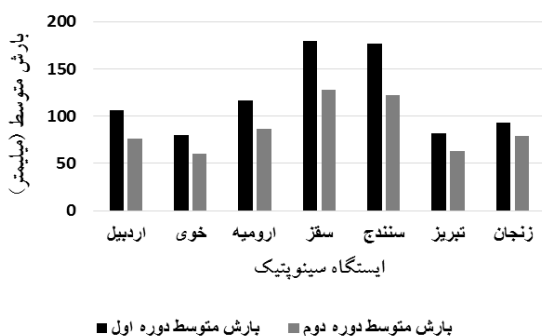
شکل ۵- مقایسه مقادیر حدی فراوانی دهک‌های خشک در مقیاس سالانه در دو دوره متعاقب ۱۹ ساله آماری



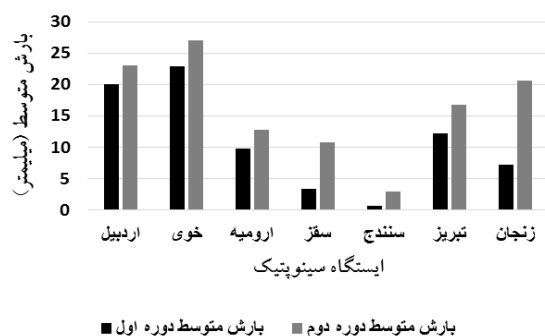
شکل ۷- مقایسه مقادیر متوسط بارش فصل دوم ایستگاه‌های سینوپتیک در دو دوره متعاقب آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶)



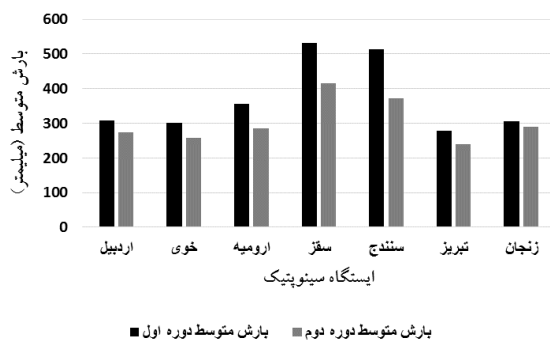
شکل ۶- مقایسه مقادیر متوسط بارش فصل اول ایستگاه‌های سینوپتیک در دو دوره متعاقب آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶)



شکل ۹- مقایسه مقادیر متوسط بارش فصل چهارم ایستگاه‌های سینوپتیک در دو دوره متعاقب آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶)



شکل ۸- مقایسه مقادیر متوسط بارش فصل سوم ایستگاه‌های سینوپتیک در دو دوره متعاقب آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶)



شکل ۱۰- مقایسه مقادیر متوسط بارش سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک در دو دوره متعاقب آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶)

نتایج حاصل از بررسی روند در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه در دوره آماری ۱۹۷۷-۲۰۱۴ نشان‌دهنده روند نزولی تغییرات بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک سقز و سنندج در مقیاس زمانی سالانه است. همچنین، این روند در فصل اول سال، در

نتیجه‌گیری

رخداد خشکسالی مبتنی بر ویژگی‌های خویش با خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی همراه بوده، به طوری که پایش خشکسالی از مولفه‌های مهم مدیریت خطر آن تلقی می‌شود.

نشان‌دهنده افزایش فراوانی سال‌های خشک در دوره دوم نسبت به دوره مینا در تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه مطالعاتی است. مقایسه مقادیر حدی به‌خصوص در مقیاس زمانی سالانه از نقاط قوت این روش تلقی می‌شود. Maher و Gibbs (۱۹۶۷) پیشنهاد استفاده از مقادیر دهک را به‌خصوص در مقیاس سالیانه داده‌اند. Rashidfar و همکاران (۲۰۱۴) نیز اقدام به پایش خشکسالی در حوزه آبخیز طالقان با کاربرد نمایه دهک‌ها در مقیاس سالانه کردند. Morid و همکاران (۲۰۰۶) اقدام به بررسی نمایه‌های مختلف خشکسالی در استان تهران کردند. نتایج نشان‌دهنده بهترین کارایی نمایه دهک‌ها، در مقیاس‌های زمانی بیش از یک ماه است.

همچنین، بارش متوسط سالانه کلیه ایستگاه‌ها در دوره دوم نسبت به دوره مینا با کاهش همراه است. نتایج تحقیق همچنین، نشان‌دهنده کاهش مقادیر متوسط بارش در فصول اول و چهارم (تمامی ایستگاه-ها)، فصل دوم (تمامی ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه زنجان) و نیز افزایش مقادیر متوسط بارش فصل سوم در تمامی ایستگاه‌ها در دوره دوم نسبت به دوره میناست. نتایج تحقیق نشان‌دهنده هم‌خوانی کامل روند بارش ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل، خوی و تبریز در مقیاس‌های زمانی مختلف فصلی و سالانه در دوره مینا (۱۹۹۵-۱۹۷۷) با روند تغییرات بارش در دوره ۳۸ آماری است. این در حالی است که روندی متضاد در مقیاس فصلی و سالانه در ایستگاه‌های ارومیه (فصل دوم و سالانه)، سقز (فصول دوم چهارم و سالانه)، سنندج (فصل دوم) و زنجان (فصل دوم و چهارم) وجود دارد.

تشکر و قدردانی

از مساعدت‌ها و راهنمایی‌های ارزشمند دکتر جواد بذرافشان، دکتر سعید مرید، کادر آموزش دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران و نیز اعضای هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کمال تشکر و قدردانی را می‌نماییم.

ایستگاه‌های خوی، سقز، سنندج و زنجان نزولی و در فصل سوم سال در ایستگاه‌های سقز و زنجان صعودی است. این در حالی است که در دیگر مقیاس‌های زمانی، روندی در تغییرات بارش ایستگاه‌ها وجود ندارد. Alijani و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که ایستگاه‌های خوی، سنندج و زنجان دارای روند نزولی معنی‌داری در فصل زمستان در دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۷۶ هستند. Ahmadi و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که ایستگاه‌های خوی و زنجان دارای روند نزولی معنی‌داری در فصل زمستان در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ می‌باشند.

نتایج حاصل از این تحقیق، نشان‌دهنده رخداد خشکسالی‌های با شدت، مدت و فراوانی مختلف در ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک شمال غربی کشور است. در این ارتباط، ایستگاه سنندج در مقیاس زمانی ماهانه، ایستگاه زنجان در مقیاس زمانی فصلی و نیز ایستگاه‌های اردبیل و تبریز در مقیاس زمانی سالانه، بیشینه فراوانی دهک‌های خشک را به خود اختصاص داده‌اند. ایستگاه سنندج با بیشینه طول دوره خشکسالی ۱۰ ماهه در مقیاس زمانی ماهانه، ایستگاه خوی با بیشینه طول دوره خشکسالی ۱۰ فصل در مقیاس زمانی فصلی و نیز ایستگاه‌های خوی و سنندج با بیشینه طول دوره خشکسالی ۱۰ ساله در مقیاس زمانی سالانه، طویل‌ترین دوره‌های خشکسالی را دارا هستند. ایستگاه‌های سقز، زنجان و خوی نیز به‌ترتیب در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه، شدیدترین دوره خشکی را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که نتایج حاصل از ریز مقیاس نمایی آماری مدل‌های گردش عمومی جو مانند HadCM3 کاهش مقادیر بارش و نیز افزایش شدت، مدت و فراوانی خشکسالی‌ها را در دهه‌های آتی در شمال غربی کشور پیش‌بینی کرده‌اند (Mohammadi و همکاران، ۲۰۱۰؛ Salehpour Jam و همکاران، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷).

نتایج حاصل از مقایسه مقادیر حدی فراوانی دهک‌های خشک در مقیاس سالانه در دو دوره متعاقب ۱۹ ساله آماری (۱۹۹۵-۱۹۷۷ و ۲۰۱۴-۱۹۹۶)،

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, F., F. Radmanesh and R. Mirabbasi Najaf Abadi. 2016. Trend analysis of precipitation in northern half of Iran during the recent half of the century. *Water and Soil Science*, 1(2): 207-224.
2. Askarizadeh, M., A. Behniafar, F. Zabol Abasi and Sh. Malboosi. 2008. Zoning drought intensity using PNI and DI in Khorasan-Razavi Province. *Geographic Landscape*, 3(7): 27-44 (in Persian).
3. Bhuiyan, C. and F.N. Kogan. 2008. Monsoon dynamics and vegetative drought patterns in the Luni Basin under rain-shadow zone. *Journal of Remote Sensing*, 31(12): 181-188.
4. Coughlan, M.J. 1987. Monitoring drought in Australia. In *Planning for Drought: Toward a Reduction of Societal Vulnerability*, Wilhite DA, Easterling WE (eds). West View Press: Boulder, CO; 131-144.
5. Ghasemi, H., A.A. Gholami, G. Hadarbadi and H. Ebrahimi. 2011. Drought monitoring using climatic indices and geostatistic technique, case study: Hossein Abad Plain, Sarbisheh, Iran. *Journal of Water Sciences Research*, 3(1): 37-43.
6. Gibbs, W.J. and J.V. Maher. 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin No. 48*, Commonwealth of Australia, Melbourne, 29.
7. Golmohammadi, M. and A. Massah Bavani. 2011. Investigation of climate change impact on drought intensity and duration. *Water and Soil*, 25: 315-326 (in Persian).
8. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Summary for policy makers. In: *IPCC. Climate change: The physical Science basic. Contribution of working group first to the Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge university press, 450 pages.
9. McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceeding of the 8th Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society: Boston, 179-184.
10. McMahan, T.A. 1986. *River and reservoir yield*. Water Resources Publications: Littleton, Colorado, USA; 56.
11. Mohammadi, H., M. Moghbel and F. Ranjbar. 2010. The study of Iran's precipitation and temperature changes using MAGICC-SCENGEN model. *Journal of Geography*, 25: 125-142 (in Persian).
12. Morid, S., V. Smakhtin and M. Moghaddasi. 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology*, 26(7): 971-985.
13. Mostafazadeh, R., M. Shahabi and M. Zabihi. 2015. Analysis of meteorological drought using Triple Diagram Model in the Kurdistan Province, Iran. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 5(17): 122-140 (in Persian).
14. Palmer, W.C. 1965. *Meteorological drought*. Research Paper No. 45. U.S. Department of Commerce Weather Bureau: Washington, DC.
15. Rashidfar, M., H. Ahmadi and G. Zehtabian. 2014. Temporal trend calculation of DI (Drought Index) and comparison of two methods of IDW and KRG as important spatial analysis tools. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5(1): 385-395 (in Persian).
16. Salehpour Jam, A., M. Karimpour Reihan, M. Mohseni Saravi, J. Bazrafshan and S. Khalighi Sigaroudi. 2017. Investigation of climate change effect on drought characteristics in the future period using the HadCM3 model, case study: Khoy station, Northwest of Iran. *Desert*, 22(1): 43-50.
17. Salehpour Jam, A., M. Mohseni Saravi, J. Bazrafshan and Sh. Khalighi Sigaroudi. 2015. Investigation of climate change effect on drought characteristics in the future period using the HadCM3 model, case Study: Northwest of Iran. *Journal of Range and Watershed Management*, 67: 537-545 (in Persian).
18. Shafer, B.A. and L.E. Dezman. 1982. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. *Proceedings of the Western Snow Conference*. Colorado State University: Fort Collins, CO; 164-175.
19. Wilhite, D.A. 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions (Chapter 1, pp. 3-18). In: Wilhite, D.A. (ed.) *Drought: A Global Assessment (Volume 1)*, Routledge Publishers, London, U.K.
20. Wu, H., M.J. Hayes, A. Welss and Q. Hu. 2001. An evaluation the standardized precipitation index, the china-z index and the statistical z-score. *International Journal of Climatology*, 21: 745-758.
21. Zare Abianeh, H., A. Sabziparvar, S. Marofi, F. Ghiyami, S.S. Mirmasoud and A. Kazemi. 2015. Analyzing and monitoring the meteorological droughts in the region of Sistan and Balouchestan. *Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1): 49-61 (in Persian).