مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره هفت، مهرماه ۱۴۰۱ (۱۰۸-۹۵)

تعیین رژیم‌های خشک و مرطوب بارش ماهانه با استفاده از شاخص بارش انگوت در ایستگاه اردبیل

رقیه آسیابی‌هیر [۱]

رئوف مصطفی‌زاده [۲*]

raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

سید سعید نبوی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۳ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۰**

چکیده

زمینه و هدف: خشک‌سالی یکی از عوامل اصلی مشکلات اقتصادی و محیط زیستی است و مقدار بارش مهم‌ترین متغیر اقلیمی با تغییرات زمانی- مکانی است که دارای تاثیر جدی بر موجودیت منابع آب است. شاخص بارش انگوت یک شاخص برای تعیین چرخه اقلیمی بارندگی‌ها در دوره‌های خشک و مرطوب است. شاخص بارش انگوت تغییرات پارمتر اقلیمی بارش در هر ماه را برای تعیین دوره‌های بارانی و خشک مشخص می‌نماید. هدف تحقیق حاضر، ارزیابی و محاسبه شاخص بارش انگوت در تحلیل دوره‌های خشک و مرطوب بارندگی در مقیاس ماهانه در ایستگاه اردبیل بود.

روش بررسی: شاخص بارش انگوت براساس نسبت مقادیر متوسط روزانه بارش در یک ماه و مقادیر متوسط روزانه بارش در یک سال محاسبه شد و در ادامه بر اساس مقادیر شاخص مذکور، ماه‌های خشک و مرطوب مشخص شد و مقادیر ضریب همبستگی شاخص مذکور بر اساس آزمون پیرسون محاسبه و ارتباط آن با مؤلفه‌های بارش ماهانه مورد آزمون قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، مقدار شاخص بارش انگوت در ماه اردیبهشت با مقدار عددی ۲/۳۳ تحت عنوان ماه مرطوب، ماه‌های آبان و فروردین به‌ترتیب با مقدار عددی ۱/۶۵ و ۱/۵۷ دارای رژیم بارش نرمال و بقیه ماه‌ها با مقدار شاخص کم‌تر از واحد، تحت عنوان ماه خشک طبقه‌بندی شد. هم‌چنین، شاخص بارش انگوت با ضریب تغییرات مقادیر بارش رابطه عکس (R^2=0.408) و با مقادیر متوسط بارندگی ماهانه رابطه مستقیم (R^2=0.998) و معنی‌دار داشت.

۱ - کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه منابع طبیعی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲ - استادیار، گروه منابع طبیعی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران * (مسوول مکاتبات)

۳ - دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: بیش‌ترین مقدار شاخص بارش انگوت مربوط به ماه‌های آبان و اردیبهشت بوده و شاخص انگوت با ضریب تغییرات مقادیر بارش رابطه عکس و با مقادیر متوسط بارندگی ماهانه رابطه مستقیم و معنی‌دار داشت. امکان تعیین رژیم بارش ماهانه براساس دامنه مقادیر شاخص انگوت فراهم شده است. مقایسه نتایج با سایر شاخص‌های معمول خشک‌سالی مانند شاخص بارش استاندارد در تحلیل خشک‌سالی و تعیین دوره‌های ماهانه خشک و مرطوب در سایر مناطق کشور نیازمند مطالعات بیش‌تری است.

واژه های کلیدی: تغییرات زمانی بارش، رژیم بارش، خشک‌سالی، شاخص اقلیمی، ماه خشک.

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 7, October, 2022

Determining the Monthly Wet and Dry Regimes Using Angot Precipitation Index in Ardabil Station

Roghayeh Asiabi-hir[1]
Raoof Mostafazadeh[2 *]
raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
Seyed Saied Nabavi[3]

Admission Date: October 31, 2016 Date Received:August 24, 2016

Abstract

Background and Objective: Drought is the main causes of socioeconomic and environmental issues and the spatial and temporal variability of precipitation has a great influence on water resources availability. The Angot Precipitation Index (ratio between the average values of multiannual of precipitation over wet and dry periods) is an indicator to determine the precipitation variations. The API highlights the climate significance of every month to detect dry or rainy regime.

Material and Methodology: This study aims to assess and calculation of API in analysis of dry-wet periods of monthly precipitation in Ardabil station. The API values were calculated based on average daily values of precipitation in a year. Based on API values, dry and wet months were identified and the relationship between API and monthly precipitation characteristics according to Pearson correlation coefficient.

Findings: According to the results, the value of API was 2.33 for the May month as a wet month and the November and April months are determined as normal precipitation regime (1.65 and 1.57 values, respectively) and other months have been classified into dry months as the API is less than the unity. Also, the API had a negative correlation with precipitation coefficient of variation (R2=0.408), and a positive correlation is exist between average monthly precipitation amounts and the API (R2=0.998).

Discussion and Conclusion: The maximum API index value was observed in November and May months. The results indicated that the amount of Angot index was inversely correlated with coefficient of variations; while a direct relationship is exist with average monthly precipitations. Application of Angot index allows the determination of monthly precipitation regime on the basis of the vale ranges of the calculated index. Comparing the results of other drought indices in determining wet and dry months in climatic zones of Iran needs further investigations.

Keywords: Temporal precipitation variations, Precipitation regime, Drought, Climatic index, Dry month.

1- M.Sc in Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2-Associate Professor, Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. * (*Corresponding Author*)
3-Ph.D Student in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

مقدمه

ضرورت و مبانی اولیه برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، ارزیابی دوره‌های خشک و مرطوب است که نیازمند درک و مطالعه وقوع خشک‌سالی‌ها است. بنابراین درک ابعاد مختلف خشک‌سالی به‌منظور شناخت خصوصیات مختلف خشک‌سالی مفید خواهد بود (۱ و ۲). با تشدید پدیده تغییر اقلیم، تعیین گستره دوره‌های خشک و مرطوب برای اتخاذ تصمیمات مناسب در خصوص کاهش اثرات خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیک ضروری است (۳). بارش در کل پهنه ایران‌زمین به‌وسیله مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی، زمانی و مکانی به ویژه تنوع توپوگرافی و ارتفاع متأثر می‌شود. ارزیابی رژیم دما و رطوبت خاک، دمای هوا و میزان بارش در هر منطقه اثر تغییرات اقلیم بر روی شاخص‌های اقلیمی را نشان می‌دهد، شاخص‌های اقلیمی توصیف‌کننده شرایط منطقه و تعیین کننده عوامل بروز تخریب در هر منطقه است (۱ و ۴). یکی از اثرات تغییر اقلیم، تغییر در مشخصات بارش است. از مشخصات بارندگی که از تغییر اقلیم متأثر می‌شود رژیم بارندگی است که بیان‌گر توزیع زمانی بارش در طی دوره‌های زمانی است (۵ و ۶). بارش به‌عنوان یکی از متغیرهای هواشناسی عامل اصلی شکل‌گیری رواناب و بسیاری از فرایندهای ژئومورفولوژیکی و نیز رژیم‌های رطوبتی و اقلیم در یک منطقه مشخص است (۷ و ۸). با استفاده از شاخص بارش انگوت، می‌توان تغییرات رژیم رطوبتی و اقلیمی، ناشی از تغییرات رژیم بارشی، در یک منطقه مشخص نمود. پژوهش‌های متعددی در خصوص استفاده از شاخص بارش انگوت و ارتباط آن با وقایع اقلیمی و طبیعی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. در این راستا، در مطالعه‌ای توسط آذرخشی و همکاران (۱۳۹۲)، روند تغییرات فصلی و سالانه بارش و دما در سطح کشور در ۲۴ ایستگاه سینوپتیک با آمار پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵) بررسی گردید. نتایج حاکی از آن بود که ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهشی در داده‌های بارش سالانه مناطق مختلف کشور دیده می‌شود. روند تغییرات بارش سالانه در دامنه شمالی البرز و دامنه‌های غربی زاگرس منفی است، در بخش‌های مرکزی ایران مثبت، در مناطق شرقی منفی و در بخش‌های جنوبی کشور مثبت است (۹). در پژوهش دیگر، تغییرات بارش ماهانه در ایستگاه بوتوسانی رومانی با استفاده از شاخص بارش انگوت محاسبه گردید و ایشان نتیجه گرفتند که ماه ژوئن با مقدار شاخص بارش انگوت (Angot Precipitation Index) بزرگ‌تر از یک به‌عنوان ماه بارانی و ماه‌های ژانویه و فوریه با مقدار شاخص بارش انگوت کم‌تر از یک به‌عنوان ماه‌های خشک است (۱۰). در پژوهشی اثر تغییرات آب‌وهوا بر شاخص‌های اقلیمی را با استفاده از شاخص بارش انگوت در منطقه Teransilvania مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند بیش‌ترین اثر تخریبی بارش در طول ماه‌های فوریه و آوریل سپس در جولای و هم‌چنین در پاییز در ماه‌های اکتبر و نوامبر است (۱۱). در شاخص بارش انگوت خصوصیات اقلیمی بارش ماهانه مورد توجه قرار می‌گیرد، به‌صورتی‌که مقادیر کم‌تر از واحد نشان‌دهنده‌ی ماه‌های خشک و مقادیر بزرگتر از واحد بیان‌گر ماه‌های بارانی (مرطوب) است. در مطالعه‌ای به ارزیابی تغییرات رژیم بارش در روسیه پرداخته شد، نتایج نشان داد که افزایش قابل توجهی در شدت بارش زمستانه در ناحیه‌ی جلگه‌ای دیده می‌شود (۱۲). هم‌چنین در پژوهشی ارزیابی خشک‌سالی در دشت کاراکال با استفاده از برخی شاخص‌های آب و هوایی (شاخص خشکی دومارتن، شاخص بارانی انگوت) مورد مطالعه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل و مقایسه کمی این شاخص‌ها و کلیموگراف‌ها نشان داد که شدت و مدت پدیده‌ی خشک‌سالی در دشت کاراکال از غرب و جنوب‌غرب به سمت شرق و شمال‌شرق و هم‌چنین از شمال به جنوب افزایش می‌یابد (۱۳). مقدار بارندگی از مهم‌ترین مشخصه‌های اقلیمی متغیر در طول زمان است که کاهش آن بر منابع آب یک منطقه به‌طور جدی تاثیرگذار است (۱۴). بارش یکی از عواملی است که تغییرات در مقدار، شدت، فراوانی و نوع آن در مقیاس جهانی و منطقه‌ای مشاهده می‌شود (۱۵). شاخص بارش انگوت متاثر از سیکل اقلیمی بارش‌ها و فرایندهای گردش جوی است، این شاخص نسبت بین مقادیر متوسط چندساله‌ی بارش‌ها در دوره‌های خشک و مرطوب است (۱۰). شاخص بارش انگوت یکی از شاخص‌های اقلیمی است که مانند شاخص‌هایی هم‌چون ضریب دومارتن و ضریب خشکی گوسن برای تعیین درجه

خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص مبتنی بر بارش انگوت برای مشخص نمودن خصوصیات تغییرات سالانه بارش و تعیین نوع تغییرات در طول یکسال و یا اثر تشدیدی تغییرات بارندگی بر شدت سیلاب به‌کار می‌رود. خشک‌سالی توسط کمبود بارندگی در دوره‌های متوالی مشخص می‌شود (۱۵). هر چند خشکسالی بخش جدایی‌ناپذیر تغییرات اقلیمی است، اما پیش‌بینی و تعیین ویژگی‌های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک و ارتباط آن‌ها می‌تواند در پیش‌بینی وضعیت پوشش گیاهی، مقدار آب در دسترس و وضعیت کیفی منابع آب کمک نماید و از زنجیره‌ای از آسیب‌های بوم‌شناختی، اجتماعی و اقتصادی جلوگیری نماید (۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹). با توجه به اهمیت تعیین ویژگی‌های خشک‌سالی در مقیاس ماهانه بر اساس شاخص‌های کمی، هدف این تحقیق تعیین تغییرات بارش ماهانه با استفاده از شاخص بارش انگوت از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۱ در ایستگاه اردبیل و تعیین رژیم رطوبتی ماه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه است.

داده‌های مورد استفاده در پژوهش

ایستگاه اردبیل در شهر اردبیل با اقلیم نیمه خشک سرد در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. مقدار میانگین بارش سالانه در این منطقه برابر با ۳۲۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۹/۵ درجه‌سانتی‌گراد است. در این پژوهش از داده‌های روزانه بارش مربوط به ایستگاه باران‌سنجی اردبیل از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۱ (در یک دوره آماری ۲۴ ساله) برای محاسبه شاخص بارش انگوت و نیز تجزیه و تحلیل‌ها استفاده گردید. برخی از خصوصیات آماری مهم داده‌های مورد استفاده در جدول (۱) ارایه شده است. متوسط بارش سالانه بر اساس آمار موجود در ایستگاه اردبیل ۲۳۶/۵ میلی‌متر است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات آماری داده‌های ماهانه بارش ایستگاه هواشناسی اردبیل

Table 1. Some statistical characteristics of monthly precipitation data in Ardabil meteorological station

متغیر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حداکثر بارش ماهانه (mm)	۵۵/۳	۹۲/۳	۵۹/۶	۴۰/۸	۳۳/۷	۷۵/۷	۸۰/۰	۸۳/۹	۵۹/۵	۷۴/۸	۱۳/۲	۳۵/۸
متوسط بارش ماهانه (mm)	۱۵/۵	۳۲/۰	۱۵/۱	۱۶/۱	۱۴/۹	۲۵/۰	۳۱/۶	۴۶/۸	۱۹/۵	۹/۶	۲/۵	۷/۸
انحراف معیار	۱۶/۸	۲۵/۹	۱۷/۲	۹/۵	۱۰/۶	۱۶/۶	۲۱/۲	۲۳/۹	۱۶/۴	۱۸/۸	۲/۹	۹/۳
ضریب تغییرات (٪)	۱/۱	۰/۸	۱/۱	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۰/۸	۲/۰	۱/۲	۱/۲

روش تحقیق

پس از انتخاب دوره آماری و پردازش اولیه داده‌ها، مقادیر بارش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا، میانگین متحرک و توزیع زمانی بارش در ماه‌های سال مشخص گردید. در تغییرات اقلیمی به‌عنوان یک خصوصیت طبیعی چرخه اتمسفر، نوساناتی در پارامترهای هواشناسی ازجمله بارندگی و دما به وجود می‌آید. در این راستا از شاخص بارش انگوت برای تعیین دوره‌های خشک و مرطوب استفاده شد. شاخص بارش انگوت عبارت است از نسبت مقادیر متوسط روزانه‌ی بارش در یک ماه و مقادیر متوسط روزانه بارش در یک سال که با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۲۰):

$$k = \frac{p}{P} = \frac{q/n}{Q/365} \quad (1)$$

که در آن، K شاخص بارش انگوت، q مقدار متوسط روزانه بارش برایک ماه معین، n تعداد روزهای ماه مربوطه، Q مقدار متوسط سالانه بارش و ۳۶۵ تعداد روزها در یک سال است (۱۰ و ۲۱). شاخص بارش انگوت اختلافات جزئی اقلیمی در هر ماه از سال را نشان می‌دهد و به‌ویژگی‌های آب و هوایی هر ماه از سال تاکید دارد. در ماه‌های خشک شاخص بارش انگوت کم‌تر از یک و در روزهای بارانی و مرطوب شاخص بارش انگوت بزرگتر از یک است (۷). شاخص بارش انگوت امکان مقایسه خصوصیات بارش در مقیاس محلی و منطقه‌ای را فراهم می‌نماید و می‌تواند در ارزیابی ماه‌های پرباران مورد استفاده قرار گیرد (۲۱). در جدول ۲ تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب بر اساس شاخص بارش انگوت ارایه شده است.

جدول۲- تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب بر اساس دامنه تغییرات شاخص بارش انگوت

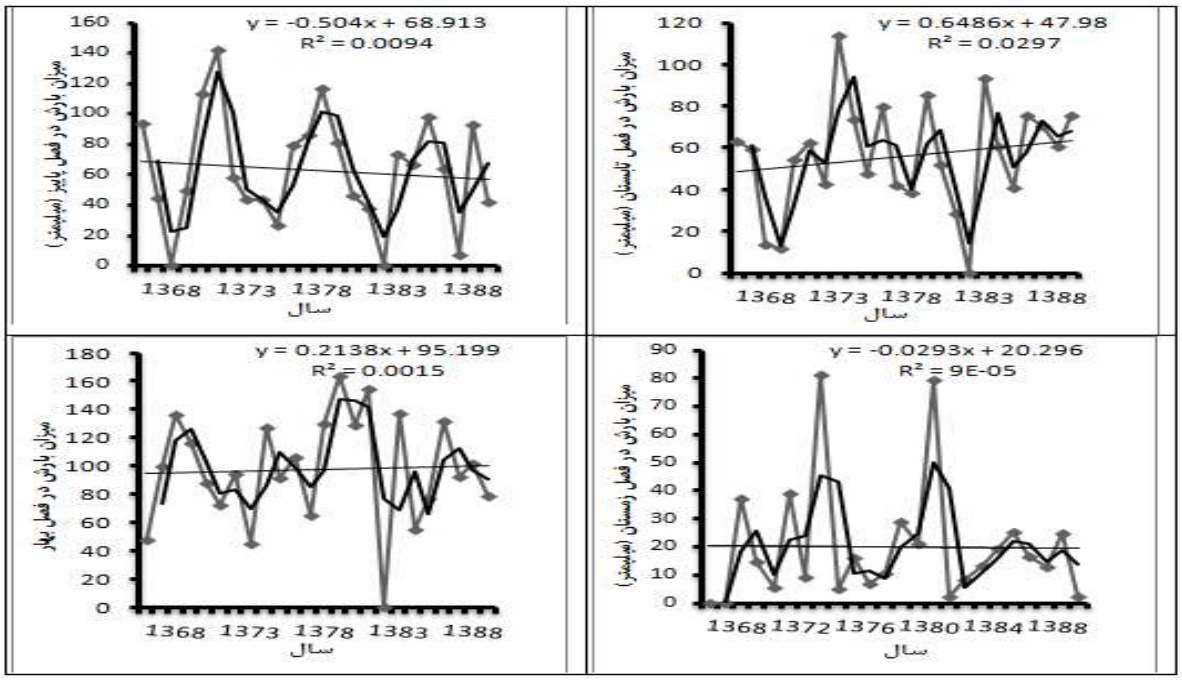
Table 2. Variation of wet and dry periods according to the range of Angot precipitation index values

خصوصیات بارانی	خیلی خشک	خشک	نرمال	بارانی	خیلی بارانی
طبقات حساسیت	خیلی پایین	پایین	میزان متوسط	بالا	خیلی بالا
مقدار شاخص بارش انگوت	<۰/۹۹	۱-۱/۴۹	۱/۱-۵۰/۹۹	۲-۲/۴۹	>۲/۵

در ادامه، پس از تعیین دوره‌های خشک و مرطوب داده‌های مورد استفاده، مقادیر ضریب همبستگی بر اساس آزمون پیرسون محاسبه و ارتباط آن با مولفه‌های بارش ماهانه مورد آزمون قرار گرفت. قابل ذکر است که فقط مقادیر ضریب همبستگی میان متوسط بارندگی و ضریب تغییرات با شاخص بارش انگوت معنی‌دار بود که نتایج آن در ادامه ارایه شده است.

نتایج و بحث

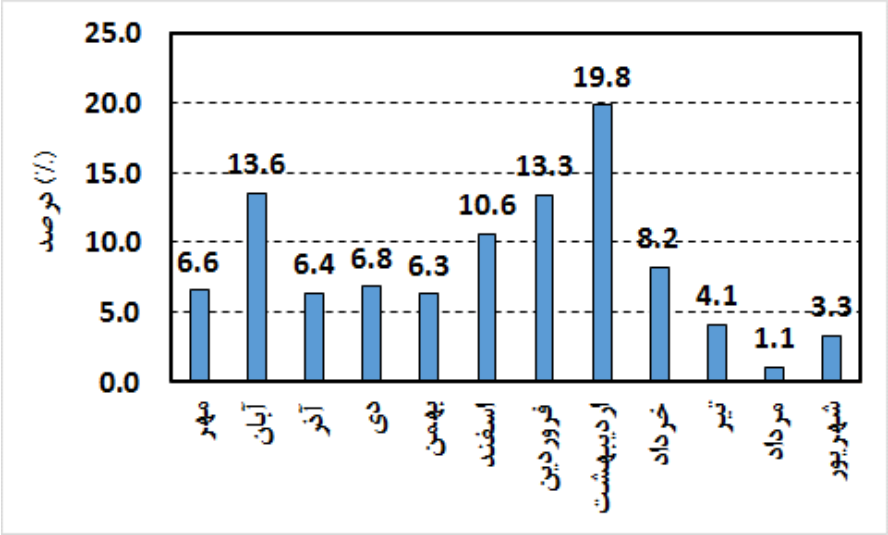
میانگین متحرک بارش فصلی در دوره زمانی مورد مطالعه در شکل ۱ ارایه شده است. با بررسی منحنی‌های میانگین متحرک بارش فصلی مشخص شد که در درازمدت در فصل زمستان تعداد وقوع دوره‌های خشکی از ترسالی‌ها بیش‌تر است. در فصل پاییز و زمستان بارندگی‌ها دارای روند کاهشی است (شکل۱).



شکل ۱-میانگین متحرک بارش فصلی در دوره زمانی ۱۳۹۱ – ۱۳۶۸ در ایستگاه هواشناسی اردبیل

Figure 1. Moving average of seasonal precipitation over 1989-2012 in Ardabil meteorological station

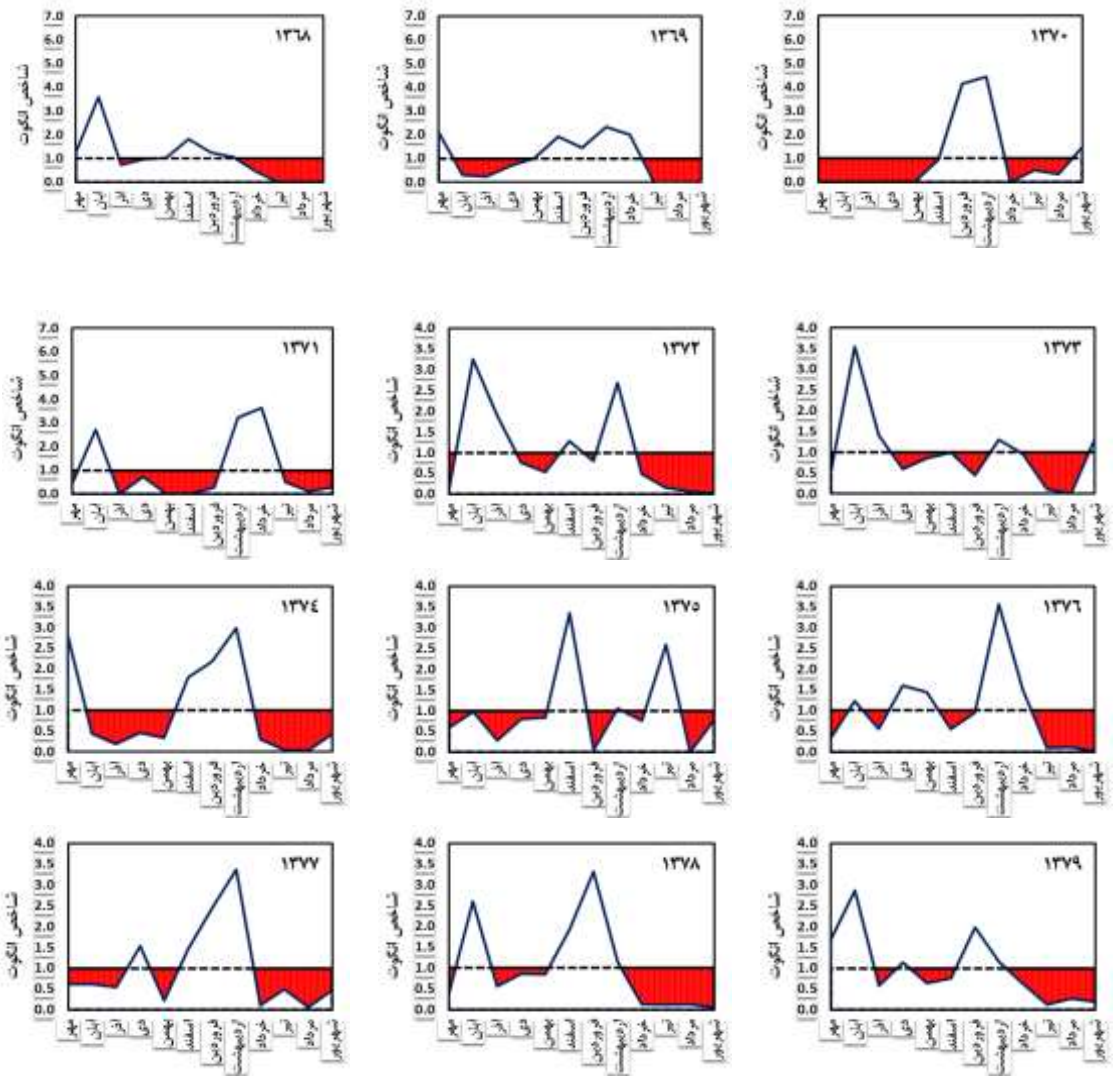
پس از بررسی داده‌های مربوط به میزان بارش در ایستگاه باران‌سنجی اردبیل و تهیه نمودار متوسط بارش ماهانه (میلی‌متر)، در طول دوره ۲۴ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۸) مشخص گردید به‌ترتیب ماه‌های اردیبهشت، آبان و فروردین دارای بیش‌ترین و ماه‌های مرداد، شهریور و تیر دارای کم‌ترین میزان بارش است. مقادیر درصد توزیع بارندگی در ماه‌های مختلف سال در طول دوره آماری در شکل ۲ ارایه شده است.



شکل ۲- مقادیر درصد توزیع بارندگی در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه هواشناسی اردبیل

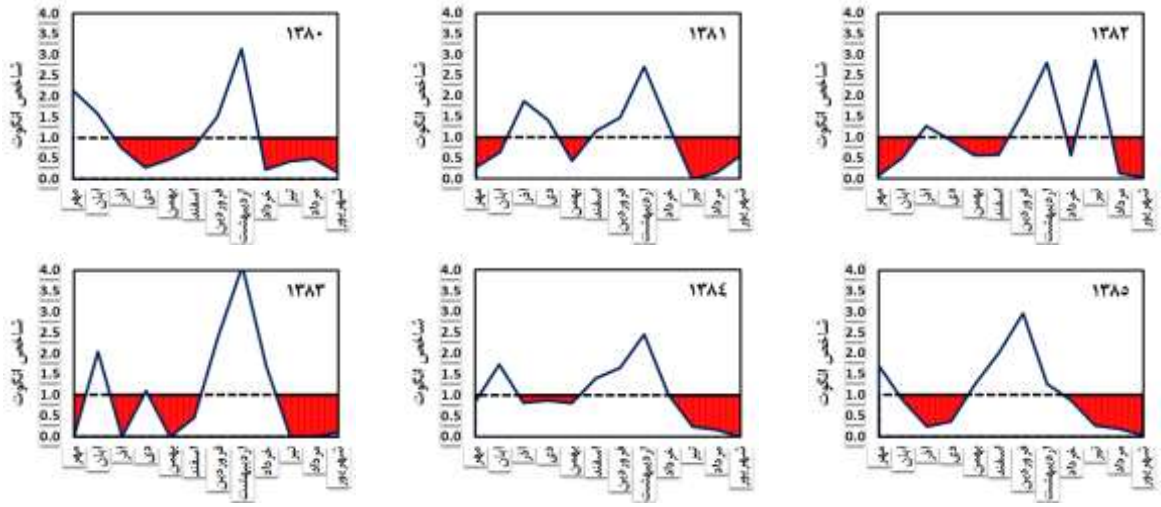
Figure 2. Distribution of rainfall amounts in different months in Ardabil meteorological station

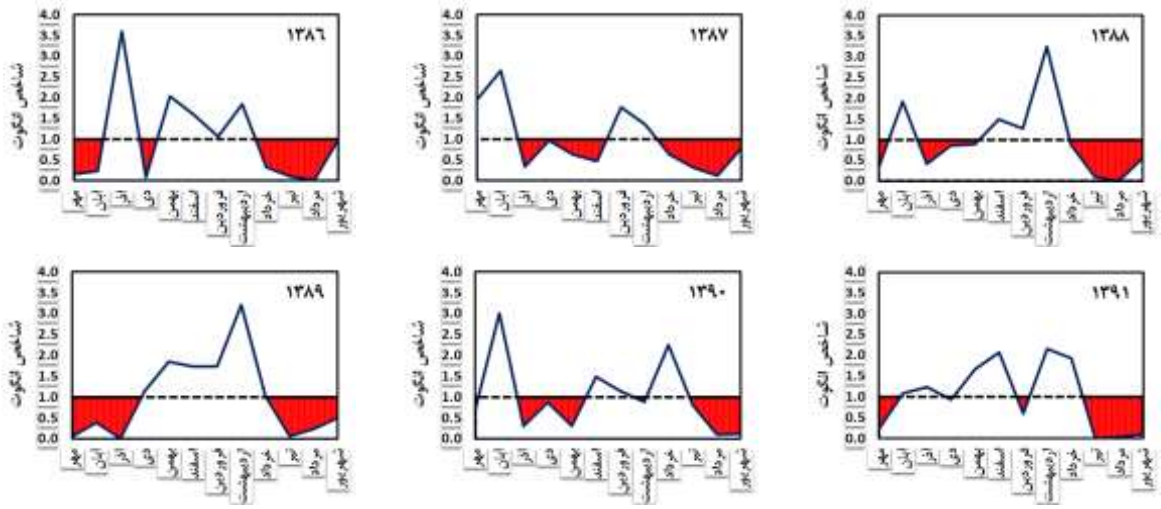
در شکل ۳، مقادیر شاخص بارش انگوت در هر یک از سال‌ها در طول دوره آماری در ایستگاه اردبیل نشان داده شده است.



شکل ۳- مقادیر شاخص بارش انگوت در ماه‌های مختلف و سال‌های آماری در ایستگاه هواشناسی اردبیل

Figure 3. The values of Angot precipitation index in different months and recorded years in Ardabil meteorological station

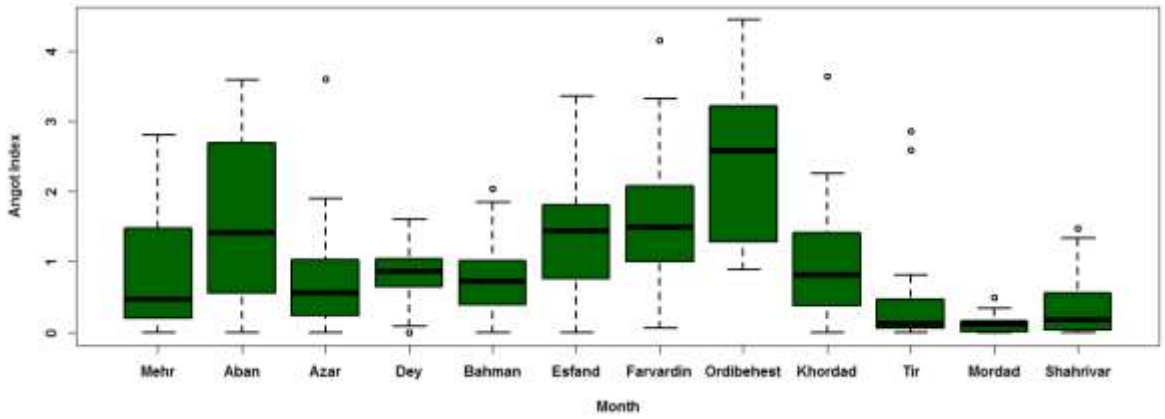




ادامه شکل ۳- مقادیر شاخص بارش انگوت در ماه‌های مختلف و سال‌های آماری در ایستگاه هواشناسی اردبیل

Figure 3 (count.). The values of Angot precipitation index in different months and recorded years in Ardabil meteorological station

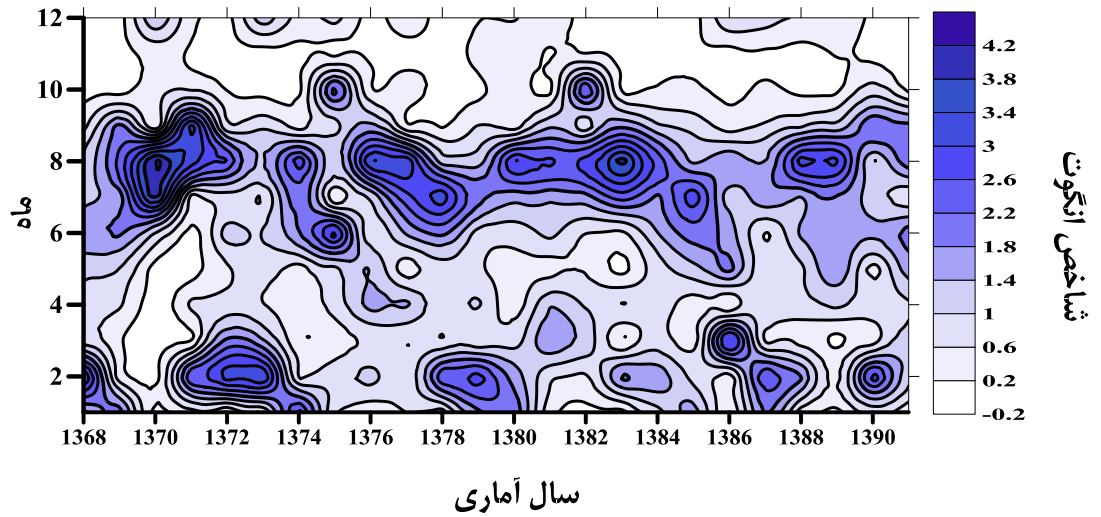
بر اساس نتایج شکل ۳ مقادیر شاخص بارش انگوت در ماه‌های فصل تابستان دارای مقادیری کم‌تر از واحد است. علاوه براین از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۰ در ماه‌های فصل پاییز دوره‌های مرطوب حاکم بوده است، ولی از سال ۱۳۸۱ به بعد در ماه‌های مهر و آبان در اکثر سال‌ها دوره خشکی قابل مشاهده است. در شکل ۴ نیز نمودار جعبه‌ای مقادیر شاخص بارش انگوت در هر یک از ماه‌های سال در طول دوره آماری نشان داده شده است.



شکل ۴- نمودار جعبه‌ای مقادیر شاخص بارش انگوت در هر یک از ماه‌های سال در طول دوره آماری در ایستگاه هواشناسی اردبیل

Figure 4. The box plot of Angot precipitation index in different months in recorded years of Ardabil meteorological station

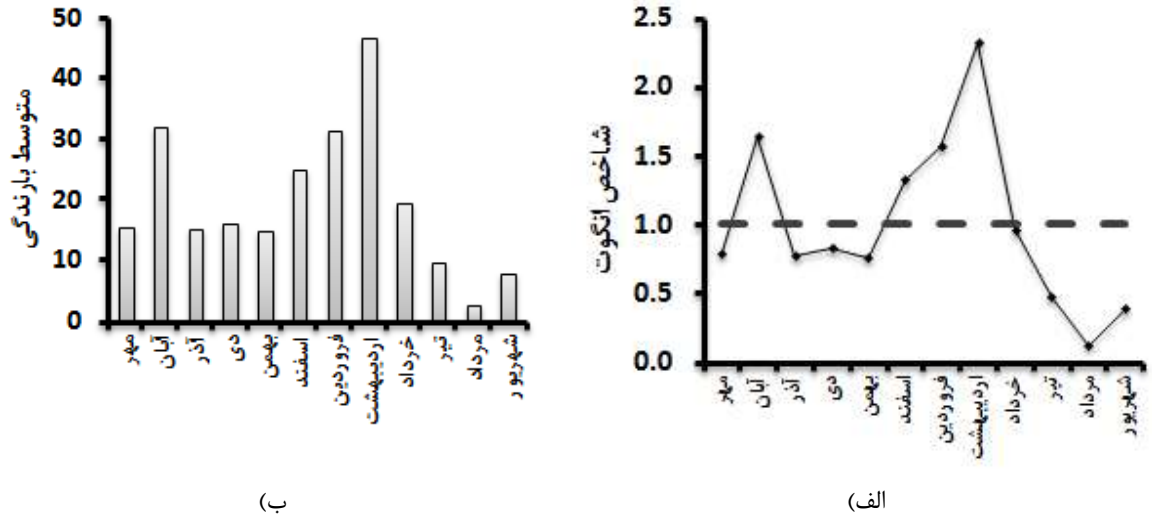
بر اساس اطلاعات ارایه شده در شکل ۴، بالاترین تغییرات در ماه‌های آبان و اردیبهشت اتفاق افتاده است. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار میانه شاخص بارش انگوت به‌ترتیب مربوط به ماه‌های اردیبهشت و مرداد است، که این الگو تا حد زیادی با الگوی بارش متوسط ماهانه در دوره مورد مطالعه هم‌خوانی دارد. در شکل ۵، تغییرات پیوسته مقادیر شاخص بارش انگوت در سال‌های آماری در ماه‌های مختلف نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار شاخص بارش انگوت در ماه اردیبهشت مشاهده شد، هم‌چنین مقادیر شاخص مذکور در کل دوره آماری در فصل تابستان (ماه‌های تیر، مرداد و شهریور) کم‌ترین مقدار است.



شکل ۵- تغییرات پیوسته مقادیر شاخص بارش انگوت در سال‌های آماری در ایستگاه هواشناسی اردبیل

Figure 5. The continuous variations of Angot precipitation index over recorded years in Ardabil meteorological station

الگوی تغییرات مقادیر متوسط بارندگی و نیز شاخص بارش انگوت بر اساس میانگین درازمدت ماهانه در شکل ۶ (الف و ب) نشان داده شده است.



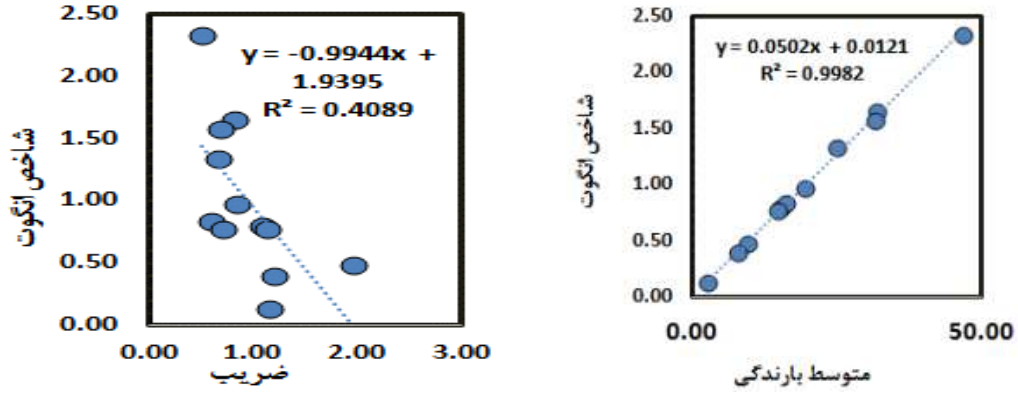
الف) ب)

شکل ۶- شاخص بارش انگوت در مقیاس ماهانه در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۶۸ در ایستگاه هواشناسی اردبیل (الف) و متوسط بارندگی ماهانه در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۶۸ در ایستگاه هواشناسی اردبیل (ب)

Figure 6. (a) The monthly Angot precipitation index over 1989-2012 period in Ardabil meteorological station, and (b) Mean monthly precipitation over 1989-2012 period in Ardabil meteorological station

شاخص بارش انگوت روند تغییرات بارندگی مشابهی را در مقایسه با نمودار متوسط بارش نشان داد. به‌گونه‌ای که بیش‌ترین شاخص بارش انگوت مربوط به ماه اردیبهشت و کم‌ترین آن مربوط به ماه مرداد است (شکل ۶ الف). هم‌چنین بر اساس اطلاعات شکل ۶ (الف)، مقادیر کم‌تر از واحد بیان‌گر وقوع دوره خشکی در آمار متوسط بارندگی است که بر این اساس ماه‌های آبان، اسفند،

فرودین و اردیبهشت دروضعیت مرطوب قرار گرفته اند. نتایج تحلیل همبستگی مقدار شاخص بارش انگوت با متوسط بارندگی و ضریب تغییرات در شکل ۷ (الف و ب) نشان داده شده است.



الف) ب)

شکل ۷-ضریب همبستگی شاخص بارش انگوت با الف) متوسط بارش ماهانه و ب) ضریب تغییرات بارندگی در ایستگاه هواشناسی اردبیل

Figure 7. The correlation coefficient of Angot precipitation index with (a) mean monthly precipitation, and (b) precipitation coefficient of variations in Ardabil meteorological station

با تحلیل ارتباط همبستگی شاخص بارش انگوت با مقادیر بارش و ضریب تغییرات مشخص شد که شاخص بارش انگوت با متوسط بارش ماهانه نسبت مستقیم و با ضریب تغییرات ماهانه بارش در ایستگاه مورد مطالعه نسبت عکس دارد (شکل ۷). قابل ذکر است که این مقادیر همبستگی، از نظر آماری نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار هستند. تعیین وضعیت رطوبتی ماه‌های مختلف بر اساس شاخص بارش انگوت در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳-خصوصیات رژیم بارش ماهانه در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۶۸ با توجه به شاخص بارش انگوت

Table 3. The characteristics of monthly precipitation regime over 1989-2012 based on Angot precipitation index

ماه	شاخص بارش انگوت	نوع رژیم بارندگی	ماه	شاخص بارش انگوت	نوع رژیم بارندگی
مهر	۰/۸۰	خیلی خشک	فروردین	۱/۵۷	نرمال
آبان	۱/۶۵	نرمال	اردیبهشت	۲/۳۳	مرطوب
آذر	۰/۷۸	خیلی خشک	خرداد	۰/۹۷	خیلی خشک
دی	۰/۸۳	خیلی خشک	تیر	۰/۴۸	خیلی خشک
بهمن	۰/۷۷	خیلی خشک	مرداد	۰/۱۲	خیلی خشک
اسفند	۱/۳۳	خشک	شهریور	۰/۳۹	خیلی خشک

طبق ارقام به‌دست آمده مربوط به شاخص بارش انگوت هر ماه، در دوره زمانی یاد شده، مشخص گردید ماه‌های مهر، آذر، دی، بهمن، خرداد، تیر، مرداد و شهریور جزء ماه‌های خیلی خشک و اردیبهشت مرطوب‌ترین ماه است (جدول ۳). لازم به ذکر است دلیل قرارگیری ماه‌های پاییز و زمستان در میان ماه‌های خیلی خشک این است که معیار شاخص بارش انگوت، میزان بارندگی در هر ماه است و نزولات جوی به شکل برف را در نظر نمی‌گیرد.

در نتیجه با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، نتایج جدول ۳ منطقی به‌نظر می‌رسد.

بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، ارزیابی و محاسبه شاخص بارش انگوت در تحلیل دوره‌های خشک و مرطوب بارندگی در مقیاس ماهانه ایستگاه اردبیل انجام شد. بر اساس نتایج، شاخص بارش انگوت میزان تغییرات بارندگی ماهانه را تعیین می‌کند. شاخص بارش انگوت با ضریب تغییرات مقادیر بارش رابطه عکس و با مقادیر متوسط بارندگی ماهانه رابطه مستقیم و معنی‌دار دارد. با استفاده از این شاخص امکان تعیین رژیم بارندگی ماهانه براساس دامنه عددی مقادیر شاخص بارش انگوت فراهم شده است. در ایستگاه اردبیل ماه اردیبهشت با مقدار عددی ۲/۳۳ تحت عنوان ماه مرطوب، ماه‌های آبان و فروردین به ترتیب با مقدار عددی ۱/۶۵ و ۱/۵۷ نرمال و بقیه ماه‌ها که مقدار شاخص بارش انگوت در آن‌ها کم‌تر از عدد یک بوده است، تحت عنوان ماه خشک طبقه‌بندی شده است. در این خصوص، نتایج تحقیق حاضر با نتایج Constantin و Vatamanu (۲۰۱۵)، مبنی بر تعیین خصوصیات پدیده خشکی با استفاده از شاخص بارش انگوت و نیز مطالعه Ashabokov و همکاران (۲۰۰۸)، درمطالعه رژیم بارش هم‌خوانی دارد. هم‌چنین براساس نتایج، بیش‌ترین مقدار شاخص بارش انگوت در ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های آبان و اردیبهشت است، در این خصوص می‌توان به اثر وقوع بارش‌ها در ماه‌های مذکور در وقوع بارندگی‌های شدید اشاره نمود، که با نتایج Teodor و همکاران (۲۰۱۴)، مبنی بر ارتباط شاخص بارش انگوت با اثر تخریبی بارش در یک راستا است. در شاخص بارش انگوت خصوصیات پارامتر اقلیمی بارش ماهانه مورد توجه قرار می‌گیرد، به‌صورتی‌که مقادیر کم‌تر از واحد نشان‌دهنده ماه‌های خشک و مقادیر بزرگتر از واحد بیان‌گر ماه‌های بارانی (مرطوب) است، بایستی ذکر شود که استفاده از شاخص‌های مبتنی بر دما بصورت توام می‌تواند به نتایج بهتری منجر شود. شایان ذکر است که مناسب بودن شاخص بارش انگوت در مطالعات Apostol و Vieru (۲۰۱۱) در تعیین دوره‌های خشک و مرطوب نیز مورد تأیید قرار گرفته است. براساس نتایج، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار میانه شاخص بارش انگوت به‌ترتیب مربوط به ماه‌های اردیبهشت و مرداد است، که این الگو تا با الگوی بارش متوسط ماهانه در دوره مورد مطالعه هم‌خوانی دارد. هم‌چنین مقادیر شاخص مذکور در کل دوره آماری در فصل تابستان (ماه‌های تیر، مرداد و شهریور) کم‌ترین مقدار است. بر اساس تغییرات پیوسته مقادیر شاخص بارش انگوت در سال‌های آماری، در مجموع می‌توان گفت که مقدار شاخص مذکور در سال‌های اخیر کاهش پیدا نموده است. تحلیل ارتباط شاخص بارش انگوت با شاخص‌های فرسایندگی باران و نیز وقوع سیلاب در ماه‌های مختلف از مواردی است که می‌تواند در تحقیقات آتی مدنظر قرار گیرد. در مجموع براساس نتایج، استفاده از شاخص مذکور، امکان مقایسه مقادیر بارش ماهانه میان مناطق و ایستگاه‌های مختلف را فراهم می‌نماید. علاوه بر این می‌توان نوع رژیم بارندگی را در ماه‌های مختلف سال تعیین نمود. هم‌چنین مقایسه نتایج شاخص بارش انگوت با سایر شاخص‌های معمول خشک‌سالی مانند شاخص بارش استاندارد در تحلیل خشک‌سالی از مواردی است که نیازمند مطالعات بیش‌تری است.

References

1. Mostafazadeh, R., Shahabi, M., Zabihi, M. Analysis of meteorological drought using Triple Diagram Model in the Kurdistan Province, Iran. *Geographical Planning of Space*, 2015; 5(17): 129-140. (In Persian)
2. Mishra, A.K. and Singh, V.P., 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, Vol. *391*. *No.* 1. pp.202-216.
3. Parchami, N., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Imani, R. Spatial variations of hydrological drought in different time scales in rivers of Ardabil province. *Hydrogeomorphology*, 2023; 9(33): 36-21. doi: 10.22034/hyd.2022.51550.1637. (In Persian)

4. Pouralkhas Nokandeie M, Esmali-Ouri A, Mostafazadeh R, Hazbavi Z, Sharari M. Indicators and components of assessing variations and changes in climate change. Disaster Prevention and Knowledge Management, 2022; 12(1): 85-98. (In Persian)
5. Asakareh, H. An analysis of precipitation regime change in Zanjan province. *Nivar*, 2010; 34(71-70): 63-76. (In Persian)
6. Daddeh F, Mostafazadeh R, Esmali-Ouri A, Rasenezami S, Ghorbani A. Determining the of Seasonal Distribution of Monthly Rainfall Occurrence in some Rain Gauge Stations of Ardabil Province using Circular Statistics. Journal of Watershed Management Research, 2022; 13 (26) :1-9. (In Persian)
7. Grecu, F., Ghiţă, C. and Cîrciumaru, E., 2011. Land Vulnerability to Geomorphological Hazard Induced by Pluviometric Criteria (Romanian Plain).*Revista de Geomorfologie*, Vol. *13*. pp. 59-66.
8. amini, H., Mostafazadeh, R., Ahmadi, M. Assessing Spatial-Temporal Changes of Rainfall Variability Indices in Ardabil Province Rain gauge stations. Journal of Environmental Science and Technology, 2021; 23(1): 225-240. doi: 10.30495/jest.2020.32551.4044 (In Persian)
9. Azarakhshi, M., Farzadmehr, J., Eslah, M., Sahabi, H. An Investigation on Trends of Annual and Seasonal Rainfall and Temperature in Different Climatologically Regions of Iran. *Journal of Range and Watershed Managment*, 2013; 66(1): 1-16. doi: 10.22059/jrwm.2013.35324. (In Persian)
10. Apostol, L. and Vieru, D.N., 2011. Annual variation of average monthly precipitation amounts at the Botosani meteorological station. *Environment and Sustainable Development*, Vol. *5. No.* 1, pp. 191-196.
11. Rusu, T., Moraru, P.I., Coste, C., Cacovean, H., Cheţan, F. and Cheţan, C., 2014. Impact of climate change on climatic indicators in Transylvanian Plain, Romania. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, Vol. *12. No.* 1. pp. 469-473.
12. Ashabokov, B.A., Bischokov, R.M. and Derkach, D.V., 2008. Study of changes in the regime of atmospheric precipitation in the Central Northern Caucasus. *Russian Meteorology and Hydrology*, Vol. *33. No.* 2, pp.125-129.
13. Constantin, D.M. and Vătămanu, V.V., 2015. Considerations upon the dryness and drought phenomena in the Caracal Plain, Romania. *Scientific Papers Series-Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, Vol. *15. No* 1, pp.119-122.
14. Eivazi, M., Mosaedi, A., Meftah-Halqi, M., & Hesam, M. Study of annual and seasonal rainfall trends in semi-arid areas of Golestan province, 1st International Conference on Water Crisis, 2017, Zabul. Iran. . (In Persian).
15. Strat, D. and Nistor, S., 2012. The intra-annual and seasonal regime of precipitation in Târgu Jiu Depression (Gorjului Subcarpathians) over the 1961-2007 period. *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului*, Vol. *18*. pp. 476-483.

16. Jahangir, M. H., Asghari Koleshani, F., Sataryan asil, K. Comparative study of drought meteorological (SPI) and hydrological (SSI) indices based on the best cumulative distribution function for Urmia Basin. *Water and Soil Management and Modelling*, 2022; 2(4): 53-63. doi: 10.22098/mmws.2022.10810.1089 . (In Persian)
17. Abdi, M., Nohtani, M., Dehghani, M., Khaksefidi, A. Determining the changes in flood potential caused by drought periods in the Dehak watershed of South Khorasan province. *Water and Soil Management and Modelling*, 2023; 3(1): 149-164. doi: 10.22098/mmws.2022.11296.1118 . (In Persian)
18. Jahangir, M. H., Hosseindoost, M. S., Arast, M. Assessment of drought condition in Guilan Province using the Keetch–Byram Drought Index (KBDI) in accordance with the Percent of Normal Precipitation Index (PNPI). *Water and Soil Management and Modelling*, 2021; 1(4): 57-67. doi: 10.22098/mmws.2021.9407.1038 . (In Persian)
19. Janbozorgi, M., Hanifepour, M., Khosravi, H. Temporal changes in meteorological-hydrological drought (Case study: Guilan Province). *Water and Soil Management and Modelling*, 2021; 1(2): 1-13. doi: 10.22098/mmws.2021.1215. (In Persian)
20. Mostafazadeh R, Asiabi-hir R, Nabavi S.S. Determining the variations of monthly wet and dry regimes using Angot index in Ardabil Province. Journal title 2023; 23 (69) :15-31. (In Persian)
21. Dragotă, C., Micu, M. and Micu, D., 2008. The relevance of pluvial regime for landslides genesis and evolution. Case-study: Muscel Basin (Buzău Subcarpathians), Romania. *Present environment and sustainable development*, Vol. *2*. pp.242-257.