

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۰

## ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی بارش با استفاده از شاخص‌های تغییرپذیری بارش در ایستگاه‌های

### باران‌سنجی استان اردبیل

حامد امینی<sup>۱</sup>

رئوف مصطفی‌زاده<sup>\*۲</sup>

[raoofmostafazadeh@uma.ac.ir](mailto:raoofmostafazadeh@uma.ac.ir)

محمد احمدی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۸

#### چکیده

زمینه و هدف: بارش یکی از عناصر اصلی وضعیت آب و هوایی هر منطقه به شمار می‌رود. یکی از ویژگی‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمی بارش همراه با نوسانات زیاد است. از این‌رو، تغییر در الگوهای بارش، از جمله تغییرات مکانی و زمانی بارش، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. الگوهای توزیع زمانی بارش، چگونگی بارندگی را طی زمان تعیین می‌کنند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های تغییرپذیری بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه برای تعیین تغییرپذیری بارش از بارش ماهانه ایستگاه‌های باران‌سنجی با دوره آماری ۲۴ ساله از سال آبی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ (بر اساس آمار موجود) واقع در آبخیزهای استان اردبیل استفاده شده است. جهت محاسبه کمی تغییرپذیری بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه استان از شاخص‌های شانون، سیمپسون، تغییرپذیری (Index of Variability)، تغییرپذیری بارش یا RVI، شاخص مکین‌تاش، برگر-پارکر، ناهنجاری بارش یا RAI استفاده شد که بعد از محاسبه شاخص‌های مذکور، تغییرات مکانی شاخص‌های محاسباتی در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از روش‌های درون‌یابی و روش وزن‌دهی عکس فاصله در نرم‌افزار ArcMap انجام شد و همچنین برای تعیین تغییرات زمانی مقادیر شاخص‌های تغییرپذیری بارش، از روش ناپارامتری من-کندال استفاده شده است.

یافته‌ها: با توجه به نتایج درون‌یابی شاخص‌های مذکور، تغییرات مکانی مقادیر شاخص‌های سیمپسون، Index of Variability، مکین‌تاش و شاخص برگر-پارکر به گونه‌ای است که شباهت بالایی را نسبت به هم نشان می‌دهند که مطابق آن‌ها مقادیر بالای تغییرات، در بخش‌های

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

۲- دانشیار، گروه منابع طبیعی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران \* (مسئول مکاتبات)

۳- دانشیار، گروه منابع طبیعی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

شرقی شامل ایستگاه‌های آلودیزگه، نمین، نیارق، آبی‌بیگلو و خوش آباد و بخش شمالی استان مشاهده می‌شود و برای بررسی معنی‌داری شاخص‌ها از آزمون من-کندال با استفاده از نرم‌افزار Mksense استفاده شد.

**نتیجه‌گیری:** در مجموع می‌توان گفت بخش‌هایی از استان در مجاورت با استان‌های گیلان و آذربایجان شرقی به‌دلیل تأثیرپذیری از توده‌های هوا و بارش‌های جبهه خزری و مدیترانه‌ای، دارای تغییرپذیری بیش‌تری در مقادیر بارش هستند. هم‌چنین نتایج آزمون روند، بیان‌گر افزایش معنی‌داری شاخص‌های تغییرپذیری بارش است که می‌تواند به تغییر الگوی توزیع فصلی مقادیر بارش در ماه‌های مختلف منجر گردد و نتایج مذکور در خصوص اکثر شاخص‌های مورد مطالعه رفتار مشابهی را نشان می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** آزمون من-کندال، تغییرات مکانی و زمانی بارش، درون‌یابی، شاخص شانون، شاخص‌های تغییرپذیری بارش

## **Assessing Spatial-Temporal Changes of Rainfall Variability Indices in Ardabil Province Rain gauge stations**

**Hamed Amini<sup>1</sup>**

**Raof Mostafazadeh<sup>1\*</sup>**

[raofmostafazadeh@uma.ac.ir](mailto:raofmostafazadeh@uma.ac.ir)

**Mohammad Ahmadi<sup>2</sup>**

Accepted: 2019.03.03

Received: 2017.12.09

### **Abstract**

**Background and Objective:** The rainfall is one of the main elements of the climate in each region. One of the characteristics of arid and semi-arid regions is a low rainfall with high fluctuations. Hence, changes in rainfall patterns, including spatial and temporal changes in rainfall, are of particular importance. The patterns of rainfall distribution, determine the rainfall during the time. The purpose of the present study was to investigate spatial and temporal changes of rainfall variability indices in the gauge stations of Ardabil province.

**Material and Methods:** In this study to determine the rainfall variability from the monthly rainfall with a 24-year period from the year of 1989 to 2013 (based on current statistics) in the watersheds of Ardabil province has been used. In order to calculate the quantitative variability of rainfall in the studied stations, Shannon, Simpson, Index of variability, rainfall variability index (RVI), MCIntosh, Berger-Parker, Rainfall anomaly Index (RAI) were used. After calculating these indices, the spatial variations of the indices at the studied stations were performed using the interpolation methods and the Inverse Distance Weighting method in the Arc Map software, and also the non-parametric Mann-Kendall method was used to determine the temporal variation of the values of rainfall variability indices.

**Findings:** According to the results of the interpolation of these indices, the spatial variations of the Simpson, Index of Variability, McIntosh and the Berger-Parker indices are similar to the one in which the high variation values in the eastern regions include stations of Aladzgeh, Namin, Niarag, Abi Beiglu and Khosh Abad and the northern part of the province are observed.

**Discussion and Conclusion:** In general, it can be said that regions of the province, in the proximity of the provinces of Gilan and East Azerbaijan, have more variability in rainfall values due to the impact of the air masses and rainfall of the Caspian and Mediterranean fronts. Also, the results of the trend test indicated a significant increase in rainfall variability indices that could lead to a change in the seasonal

---

1- M.Sc., 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- Associate Professor, Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

distribution pattern of rainfall values in different months and the results show similar behavior in most of the indices.

**Key Words:** Man-Kendal Test, Spatial and Temporal Variations of Rainfall, Interpolation, Shannon Index, Rainfall Variability Indices

## زمینه و هدف

شناخت چگونگی تغییرات بارش از جمله مواردی است که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان علوم جوی و هیدرولوژی قرار گرفته است. بدون توجه به این که یک مکان در اقلیم مرطوب یا خشک قرار دارد، آگاهی از تغییرات بارش یک منطقه می‌تواند بسیاری از مدیران و کاربران منابع آب را نسبت به تصمیم‌گیری‌های آینده خود در ارتباط با اجرای پروژه‌های عمرانی کمک نماید. با توجه قرارگیری ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان بحران آب موجود، آگاهی نسبت به روند تغییرات بارش از اهمیت چشم‌گیری برخوردار است (۱). توجه به بارش از اهمیت شایان توجهی برخوردار است که یکی از نمایه‌های تعیین تداوم بارش تحلیل رژیم بارندگی است. رژیم بارش به پراکندگی میزان بارش بر حسب ماه و یا فصول‌های سال گفته می‌شود (۲). تغییر در میزان و رژیم بارش از جمله نشانه‌های قابل توجه تغییرات اقلیمی است. کاهش یا افزایش میزان بارش بر بسیاری از پدیده‌های اقلیمی و محیطی مانند رواناب، سیلاب، دمای هوا، رطوبت هوا و همچنین فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، نوع مسکن و غیره تاثیرگذار می‌باشد. همچنین در رژیم بارش توزیع فصلی آن و یا تمرکز بارش در چند ماه خاص می‌تواند فرصت‌ها و تهدیدهای زیادی را موجب شود (۳). تغییرات بارش در قالب نوسانات کوتاه‌مدت و بلندمدت بروز می‌کند (۴). بارش، یکی از مؤثرترین متغیرهای اقلیمی است که تغییرپذیری زمانی و مکانی قابل ملاحظه‌ای به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد، از طرفی تغییرات دما نیز بر الگوی بارندگی تأثیر می‌گذارد. به‌دنبال پدیده گرم شدن زمین، الگوی بارش جهانی نیز تغییر خواهد کرد، تغییر الگوی بارش متأثر از تغییرات در میزان تبخیر و الگوی گردش عمومی جو است که به دنبال آن برخی نواحی مرطوب‌تر و بعضی دیگر خشک‌تر می‌شوند. تغییر در مقدار، زمان بارش، شدت و نوع بارندگی از خصوصیات است که در مطالعه تغییرپذیری بارش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تغییرات آب و هوا الزاماً به‌معنای تغییرات هم‌زمان بارش و دما نیست و احتمالاً

بارش در عرض‌های بالا در فصول سرد تمرکز بیش‌تری پیدا می‌کند (۵). عواقب احتمالی تغییرات آب و هوایی خصوصاً در کشورهای کم‌تر توسعه یافته بسیار جدی است و در طول ۲۰ سال گذشته، تغییرات آب و هوا، به یک چالش جدی اقتصادی و اجتماعی تبدیل شده است. تغییر در برخی از انواع وقایع حدی، مانند افزایش در تعداد و شدت موج گرما و رویدادهای بارش سنگین در حال حاضر قابل مشاهده است. انتظار می‌رود در اثر تغییرات اقلیمی، نوع، تعداد و شدت وقایع حدی، مانند طوفان‌های گرمسیری (طوفان و گردباد)، سیل، خشکسالی و وقوع بارش‌های سنگین، حتی با افزایش نسبتاً کوچک متوسط دما، افزایش یابند (۶). مقدار رطوبت موجود در خاک و آب قابل دسترس برای محصولات، بستگی به شروع، مدت بارش و پایان آن دارد که در میزان درصد موفقیت برداشت محصول تأثیر گذار است. بدین ترتیب، درک پارامترهای آب هوایی به‌ویژه بارش، می‌تواند به توسعه استراتژی‌های بهینه مؤثر در بهبود وضع اقتصادی- اجتماعی مردم یا کشاورزان منجر شود (۷). مطالعات متعددی در زمینه تغییرپذیری بارش در ایران و خارج از کشور صورت گرفته است که در پژوهشی، با بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی و شرق ایران روند تغییرات بارندگی در ۷۹ ایستگاه را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در منطقه مورد مطالعه اثری از تغییر اقلیم در این دوره وجود ندارد، هرچند که در برخی ایستگاه‌ها کاهش بارندگی مشاهده شده است (۸). در مطالعه‌ای با استفاده از مرزبندی مناطق آبی ایران به کمک شاخص شانون نتیجه بدین صورت شد که شاخص شانون سالانه مرز نواحی بارشی را به خوبی نشان می‌دهد و همچنین ایشان بیان نمود که نقشه شاخص شانون با نقشه نواحی اقلیم بارشی و نقشه بارش تطابق بهتری را نشان داده است (۹). در پژوهشی دیگر تغییرات زمانی- مکانی بارش در ایران را با استفاده از آمار بارش ۱۵۲ ایستگاه سینوپتیک و ۱۷۰ ایستگاه کلیماتولوژی طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳ و کاربرد تکنیک‌های ترسیمی، مورد بررسی قرار

نتیجه رسیدند که افزایش معنی‌داری در مقدار و تعداد روزهای بارانی وجود دارد و همچنین، افزایش بارش و تعداد بارش‌ها در همه بخش‌های منطقه مورد مطالعه یکنواخت نیست (۱۵). در پژوهشی دیگر با هدف ارزیابی تغییرپذیری بارش، به فراوانی وقوع سیل در حوزه سوکوتو واقع در شمال غرب نیجریه به این نتیجه رسیدند که بارش در منطقه مورد نظر با همبستگی مثبت ۰/۸ در حال افزایش است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (۱۶). بارش و تغییرات آن از جنبه‌های مختلف بر اقتصاد جوامع تاثیر داشته و سالانه خسارات سنگینی در اثر پدیده‌های مختلف اعم از سیل و خشکسالی و حتی بارش‌های نه چندان شدید ولی در زمان غیر قابل انتظار ایجاد می‌شود. بنابراین آگاهی از چگونگی تغییرات بارش در آینده دور و نزدیک و آمادگی برای آن یکی از مهم‌ترین اهداف محققان در این زمینه است. از طرفی کلید اصلی پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و کمیت‌های اصلی آن (دما و بارش)، آگاهی از تغییرات این کمیت‌ها در گذشته است (۱۷). در ایران نیز بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی بالقوه منابع آب است. هر چند بارش ماهیت تناوبی دارد اما توزیع زمانی و مکانی آن بسیار غیر یکنواخت است. نگهداری و مدیریت منابع آب هم تابعی از بارش دریافتی است و هم به تغییرپذیری بارش بستگی دارد. هر چه تغییرات مکانی بارش کوچک‌تر باشد قابلیت دسترسی به منابع آب بیش‌تر می‌شود (۹). هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های تغییرپذیری بارش ماهانه در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل با استفاده از شاخص‌های شانون، تغییرپذیری، سیمپسون، تغییرپذیری بارش، مکین‌تاش، برگر-پارکر، آنومال بارش مثبت و منفی می‌باشد.

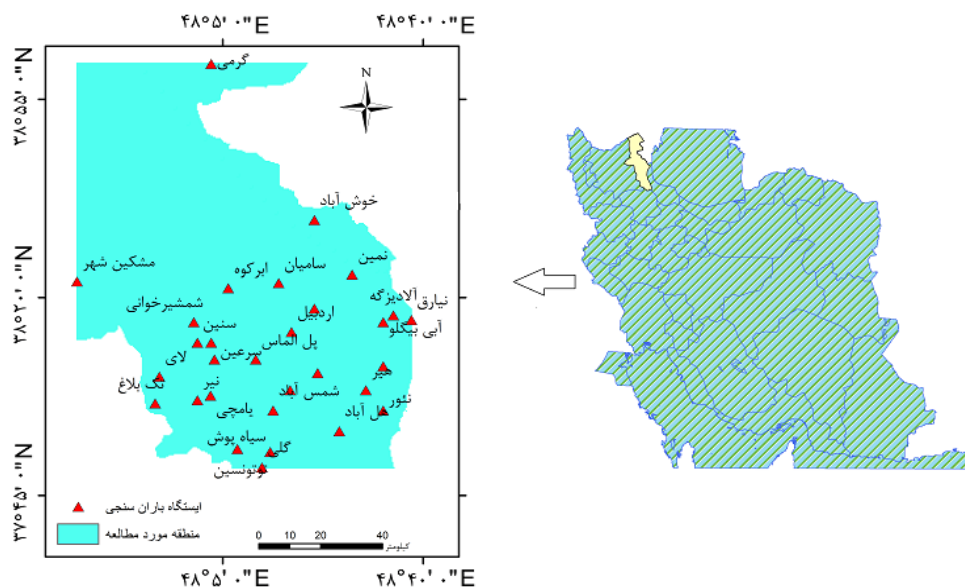
#### داده‌های مورد استفاده در پژوهش

استان اردبیل در شمال غربی فلات ایران بین مختصات ۳۷° و ۴۵' تا ۳۹° و ۴۲' عرض شمالی و ۴۷° و ۳۰' تا ۴۸° و ۵۵' طول شرقی واقع شده و از شمال با جمهوری آذربایجان، از قسمت شرق با استان گیلان، از جنوب با استان زنجان و از غرب با استان

دادند که در راستای این پژوهش ضمن تهیه نقشه هم‌باران کشور بر اساس روش گریجینگ نواحی که طی دوره آماری مورد بررسی، متحمل تغییر قرار گرفته‌اند، مشخص گردید و نتایج نشان داد که حدود ۵۱/۴ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفته‌اند که عمده این تغییرات در نواحی کوهستانی و نیز نیمه غربی کشور رخداد بیش‌تری داشته است و میزان تغییرات به ازای هر سال از ۲۹/۶ میلی‌متر در کوه‌رنگ تا ۱۵/۷- میلی‌متر در سراب بوده است که عموماً نواحی با بارندگی بیش‌تری نیز هستند (۱۰). در مطالعه‌ای در ایران، طی یک دوره چهار ساله، نشان داده شد که بارش سالانه در ایستگاه‌های واقع در غرب و شمال غرب کشور روند کاهشی و در در مناطق مرکزی و جنوبی دارای روند مثبت می‌باشد (۱۱). در پژوهشی روند خشکسالی در استان فارس را با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش (RAI) مورد مطالعه قرار دادند که در آن به‌منظور پایش خشکسالی از اطلاعات بارندگی ماهانه ای ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی استان، طی دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۰ استفاده شد و به این نتیجه رسیدند که فراوانی رخداد دوره‌های خشکسالی در کلیه ایستگاه‌ها بیش‌تر از ترسالی است و با بررسی مقادیر شاخص ناهنجاری بارش (RAI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که این شاخص قابلیت مقایسه اقلیم مختلف را از نظر شدت خشکسالی (به‌ویژه در ماه‌های پر باران) دارا می‌باشد (۱۲). در پژوهشی دیگر به بررسی تغییرپذیری بارش با استفاده از شاخص‌های شانون (Shannon)، بریلوئین (Brillouin)، سیمپسون (Simpson)، مکین‌تاش (McIntosh) و برگر پارکر (Berger-Parker) پرداخت و نتایج حاکی از این بود که شاخص شانون بهترین عملکرد را از لحاظ حساسیت و گستردگی در رژیم‌های متفاوت بارشی داشته است (۱۳). در مطالعه‌ای در تجزیه و تحلیل بارش فصلی استرالیا به این نتیجه رسیدند که تغییرات معنی‌داری در فراوانی وقوع حوادث اقلیمی شدید وجود دارد، اما بزرگی و سطح معنی‌داری آن بسته به فصل و منطقه تغییر می‌کند (۱۴). در پژوهشی روند تغییرات مکانی و زمانی بارش در کانادا را مورد بررسی قرار دادند و به این

بخش‌های مختلف استان نوسان دارد. در شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در استان اردبیل نشان داده شده است.

آذربایجان شرقی همجوار است. استان اردبیل جزء نواحی سردسیر کوهستانی محسوب می‌شود و میزان نزولات جوی در استان اردبیل به‌طور متوسط بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در سال در



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه در استان اردبیل و ایران

Figure 1- National and provincial situation of the studied stations in Ardabil province

اردبیل استفاده شده است که در جدول (۱) برخی از خصوصیات آماری داده‌های مورد استفاده ارائه شده است.

در پژوهش حاضر، از آمار بارش ماهانه ۳۰ ایستگاه باران‌سنجی با دوره آماری ۲۴ سال آبی (۱۳۶۸-۱۳۹۲)، در آبخیزهای استان

جدول ۱- خصوصیات آماری بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان اردبیل

Table 1- Statistical characteristics of annual rainfall in stations studied in Ardebil province

ایستگاه	میانگین	ضریب تغییرات (CV)	انحراف معیار	چولگی	ایستگاه	میانگین	ضریب تغییرات (CV)	انحراف معیار	چولگی
نمین	۲۵/۴۵	۰/۱۹	۴/۹۵	-۰/۱۲	کوزه تپراقی	۳۰/۲۵	۰/۴۸	۱۴/۷	۲/۰۳
آبی بیگلر	۲۴/۴۴	۰/۳۲	۸/۰۲	۰/۰۴	گلی	۲۲/۴۱	۰/۴۶	۱۰/۴	۱/۲۳
ابرکوه	۲۸/۰۷	۰/۲۹	۸/۳۵	۰/۹۴	لای	۳۳/۸۸	۰/۳۴	۱۱/۶	۰/۶۵
آتشگاه	۳۷/۲۸	۰/۲۳	۸/۶۲	۰/۳۲	قوری چای	۲۲/۹۷	۰/۳۶	۸/۴۳	-۰/۰۵

۰/۹۹	۱۰/۸	۰/۳۶	۲۹/۳۷	نیارق	-۰/۰۹	۹/۰۷	۰/۲۶	۳۳/۹۲	الادیزگه
-۰/۰۰۷	۱۱/۵	۰/۳۵	۳۲/۳۸	نئور	-۰/۳۸	۶/۴۷	۰/۲۱	۳۰/۶۴	بقرآباد
۰/۸۹	۸/۸	۰/۲۴	۳۵/۵۷	هل آباد	۰/۴۹	۵/۶۱	۰/۲۱	۲۵/۶۹	پل الماس
۰/۵۹	۷/۴	۰/۲۳	۳۱/۱۵	هیر	۱/۶۱	۱۷/۵	۰/۳۹	۴۴/۰۲	تک بلاغ
۰/۰۷	۵/۷	۰/۱۷	۳۱/۹۴	یامچی	۰/۳۶	۶/۱۳	۰/۱۷	۳۴/۸۳	توتونسین
۰/۱۸	۴/۹۳	۰/۲۱	۲۲/۶۹	اردبیل	۱/۲۰	۶/۵۲	۰/۲۰	۳۲/۴۳	خوش اباد
۰/۰۷	۵/۰۶	۰/۱۸	۲۷/۲۶	گرمی	۰/۲۱	۵/۷۴	۰/۲۵	۲۲/۱۲	سامیان
۰/۱۶	۵/۵۹	۰/۱۸	۳۰/۵۵	نیر	-۰/۶۰	۸/۳۴	۰/۲۵	۳۳/۳۵	سیاه پوش
۱/۲۶	۵/۴	۰/۲۲	۲۴/۴۷	گیلانده	۰/۵۴	۹/۰۴	۰/۲۳	۳۸/۵۴	سنین
۰/۳۰	۷/۲۷	۰/۲۴	۲۹/۴۸	مشگین شهر	۰/۹۴	۷/۸۵	۰/۲۵	۳۰/۸۸	شمس آباد
۰/۸۰	۵/۷۷	۰/۲۰	۲۷/۹۸	سرعین	-۰/۴۹	۱۳/۲	۰/۲۸	۴۷/۰۹	شمشیرخانی

## روش تحقیق

در پژوهش حاضر، از آمار بارش ماهانه ۳۰ ایستگاه باران سنجی با دوره آماری ۲۴ سال آبی (۱۳۶۸-۱۳۹۲)، در آبخیزهای استان اردبیل استفاده شده است. با توجه به جدول ۱ بیشترین ضریب تغییرات مربوط به ایستگاه کوزه تپراقی و کمترین ضریب تغییرات مربوط به ایستگاه توتونسین می باشد. جهت محاسبه کمی تغییرپذیری بارش در ایستگاه های مورد مطالعه استان از شاخص های شانون، سیمپسون، تغییرپذیری (Index of Variability)، تغییرپذیری بارش یا RVI، شاخص مکین تاش، برگر-پارکر، ناهنجاری بارش یا RAI استفاده شد که جزئیات هر کدام از شاخص ها در زیر ارائه شده است:

۱. شاخص شانون (Shannon): شانون در سال ۱۹۴۸ نظریه آشفتگی اطلاعاتی را ارائه کرد و آشفتگی را به عنوان شاخص سنجش اطلاعات، گزینش یا عدم قطعیت معرفی کرد (۹). شاخص مذکور با استفاده از رابطه (۱) قابل محاسبه می باشد.

$$\text{Shannon} = \frac{-\sum(P_i \ln(P_i))}{\ln(12)} \quad (1)$$

که در آن،  $P_i$  نسبت بارش ماهانه می باشد که می توان آن را به صورت رابطه (۲) محاسبه کرد:

$$P_i = \frac{\text{بارش هر ماه}}{\text{بارش کل همان ماه در طول دوره آماری}} \quad (2)$$

۲. شاخص سیمپسون (Simpson): در شاخص مذکور که مقدار حداکثر، کم تر از ۱ در نظر گرفته می شود و دیگر اینکه این شاخص وابسته به تعداد ماه های سال می باشد، به عبارتی اگر بارش ماهانه افت پیدا کند دامنه سیمپسون دیگر بین صفر تا ۱ نخواهد بود بلکه از صفر تا مقدار حداکثر ۰/۹۱۷ یا ۱۱/۱۲ خواهد بود و به این دلیل شاخص سیمپسون در برآورد محاسباتی ماه های خشک نارسایی دارد و فقط در ماه های دارای بارش قابل محاسبه است (۱۳). این شاخص به صورت رابطه (۳) ارائه می گردد.

$$\text{Simpson} = 1 - \sum(P_i)^2 \quad (3)$$



ناهنجاری بارش زمانی منفی خواهد بود که شرط رو به رو  
 $RF < M_{RF}$  برقرار باشد (۱۲). که در این صورت فرمول این

شاخص مطابق رابطه (۸) خواهد بود:

$$-RAI = -3 \left( \frac{RF - M_{RF}}{M_{H10} - M_{RF}} \right) \quad (۸)$$

۸- شاخص تغییر پذیری (Index of Variability): فرمول  
 مورد استفاده در محاسبه شاخص تغییرپذیری مذکور مطابق رابطه  
 (۹) می‌باشد:

$$\text{Index of Variability} = \frac{90p - 10p}{50p} \quad (۹)$$

که در آن، مقدار بارش‌های ماهانه هر سال آبی را از بزرگ‌تر به  
 کوچک‌تر مرتب می‌شوند که در آن مؤلفه‌های مذکور شامل ۱۰،  
 ۵۰ و ۹۰ درصد بارش می‌باشد. در ادامه، تغییرات مکانی  
 شاخص‌های محاسباتی در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از  
 روش‌های درون‌یابی و روش وزن‌دهی عکس فاصله در نرم‌افزار  
 ArcMap انجام شد و همچنین برای تعیین تغییرات زمانی  
 مقادیر شاخص‌های تغییرپذیری بارش، از روش ناپارامتری من-  
 کندال استفاده شده است.

### نتایج

پژوهش حاضر با هدف بررسی کمی تغییرات شاخص‌های  
 تغییرپذیری بارش در برخی از ایستگاه‌های باران‌سنجی استان  
 اردبیل صورت پذیرفته است. نتایج مربوط به هر یک از  
 شاخص‌های تغییرپذیری بارش در پژوهش حاضر در جدول (۲)  
 ارائه شده است. همچنین درون‌یابی شاخص‌های تغییرپذیری  
 بارش مورد مطالعه در برخی از ایستگاه‌های باران‌سنجی استان  
 اردبیل مطابق شکل (۲) می‌باشد و به دلیل این‌که نتایج  
 شاخص‌های RVI، RAI Positive و RAI Negative بیش  
 از حد کوچک به‌دست آمد درون‌یابی آن‌ها صورت نگرفت.

که  $P_i$ ، نیز همانند فرمول ذکر شده در شاخص شانون محاسبه  
 می‌گردد.

$$D = \frac{N - (\sum ni^2)^{0.5}}{N - N^{0.5}} \quad (۴)$$

۳. شاخص مک اینتاش (McIntosh): مقدار این شاخص به  
 بارش کل بستگی دارد و به‌صورت رابطه (۴) ارائه شده است.  
 که در آن،  $N$  برابر با بارش سالانه و  $ni$  نیز بارش ماهانه می‌باشد  
 (۱۳).

۴- شاخص برگر-پارکر (Berger-Parker): رابطه مورد استفاده  
 در محاسبه شاخص برگر-پارکر به‌صورت رابطه (۵) زیر می‌باشد.

$$D = 1 - \left( \frac{n_{max}}{N} \right) \quad (۵)$$

که در آن،  $n_{max}$ ، بیش‌ترین مقدار بارش در یک سال آبی  
 و مؤلفه  $N$ ، بارش کل همان سال آبی می‌باشد.

$$\frac{P - P_m}{Q} RVI = \quad (۶)$$

۵- شاخص تغییرپذیری بارش (RVI): شاخص مذکور بر اساس  
 رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

که در آن،  $P$  بارش کل سالانه و  $P_m$ ، متوسط بارش در یک  
 ایستگاه و  $Q$ ، انحراف معیار می‌باشد. این شاخص تغییر یا تنوع  
 بارش را در یک دوره زمانی نشان می‌دهد (۱۸).

۶- شاخص ناهنجاری بارش (RAI Positive): شاخص  
 ناهنجاری بارش توسط روی در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. اساس  
 شاخص مذکور، محاسبه انحراف معیار مقادیر بارندگی از نرمال  
 می‌باشد (۱۲). که به‌صورت رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$+RAI = 3 \left( \frac{RF - M_{RF}}{M_{H10} - M_{RF}} \right) \quad (۷)$$

که در آن  $RF$ ، بارش یک سال،  $M_{RF}$ ، میانگین بارش کل یک  
 ایستگاه و  $M_{H10}$ ، میانگین ۱۰ مورد از بیش‌ترین مقادیر  
 بارندگی در دوره مطالعاتی می‌باشد که چنانچه  $RF > M_{RF}$   
 باشد ناهنجاری بارش مثبت خواهد بود (۷ و ۱۲).

۷- شاخص ناهنجاری بارش (RAI Negative): شاخص

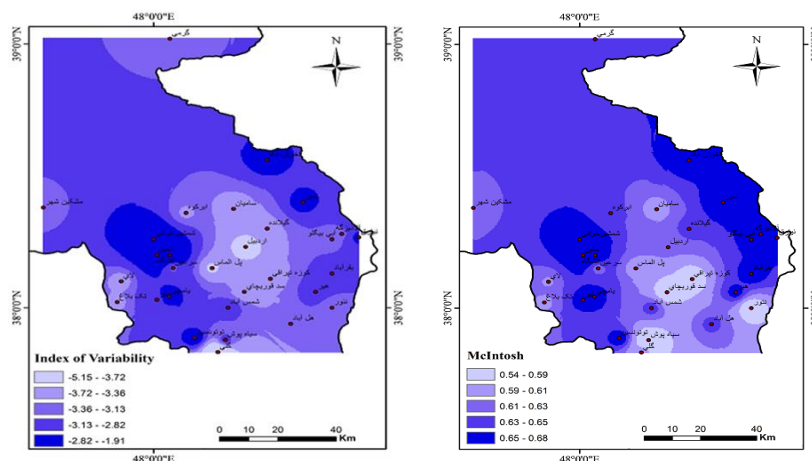
جدول ۲- نتایج شاخص‌های تغییرپذیری بارش در ایستگاه‌های منتخب استان اردبیل

Table 2- Results of rainfall variability indexes in the selected stations of Ardabil province

Index of variability	Berger_parker	Mcintosh	Simpson	Shanon	ایستگاه	Index of variability	Berger_parker	Mcintosh	Simpson	Shanon	ایستگاه
-۲/۱۴۶	۰/۸۰۱	۰/۶۷۲	۰/۸۷۱	۰/۹۴۴	شمشیرخانی	-۳/۲۷۳	۰/۷۵۹	۰/۶۵۵	۰/۸۵۰	۰/۸۸۵	آبی بیگلو
-۳/۵۱۷	۰/۷۳۶	۰/۵۶۸	۰/۷۷۲	۱/۰۸۳	کوزه تپراقی	-۱/۹۰۹	۰/۷۷۱	۰/۶۶۸	۰/۸۶۷	۰/۹۱۳	آتشگاه
-۳/۴۷۰	۰/۷۴۴	۰/۶۴۴	۰/۸۴۲	۰/۹۱۷	گیلانده	-۳/۱۶۹	۰/۷۵۹	۰/۶۶۳	۰/۸۶۲	۰/۸۹۵	آلادیزگه
-۳/۵۶۴	۰/۷۴۲	۰/۶۱۷	۰/۸۲۱	۰/۹۵۱	لای	-۳/۴۲۳	۰/۷۵۲	۰/۶۳۸	۰/۸۳۸	۰/۹۱۹	ابركوه
-۳/۳۴۲	۰/۷۲۰	۰/۵۶۳	۰/۷۵۲	۰/۹۹۳	نئور	-۴/۰۶۴	۰/۷۲۵	۰/۶۲۵	۰/۸۲۴	۰/۸۷۴	اردبیل
-۲/۶۲۸	۰/۷۸۱	۰/۶۷۱	۰/۸۶۳	۰/۸۹۲	نمین	-۲/۹۱۲	۰/۷۷۲	۰/۶۶۶	۰/۸۶۸	۰/۸۹۶	بقرآباد
-۲/۷۱۵	۰/۷۷۵	۰/۶۶۴	۰/۸۵۹	۰/۸۹۶	نیارق	-۳/۸۳۵	۰/۷۲۹	۰/۶۰۸	۰/۸۰۳	۰/۹۷۱	پل الماس
-۲/۸۹۴	۰/۷۶۳	۰/۶۵۸	۰/۸۵۶	۰/۹۱۰	نیر	-۳/۴۶۰	۰/۷۴۳	۰/۶۱۴	۰/۸۲۵	۰/۹۵۹	تک بلاغ
-۳/۳۲۴	۰/۷۵۰	۰/۶۴۳	۰/۸۴۵	۰/۹۱۷	هل آباد	-۲/۵۵۴	۰/۷۸۵	۰/۶۶۴	۰/۸۶۱	۰/۹۴۰	خوش آباد
-۲/۸۵۶	۰/۷۷۳	۰/۶۶۰	۰/۸۵۷	۰/۹۲۶	هیر	-۲/۲۶۸	۰/۷۹۸	۰/۶۸۶	۰/۸۷۹	۰/۹۳۳	سنین
-۲/۶۷۶	۰/۷۷۳	۰/۶۶۱	۰/۸۵۹	۰/۹۰۹	یامچی علیا	-۳/۶۲۰	۰/۷۴۷	۰/۶۰۸	۰/۸۰۴	۰/۹۷۵	سامیان
-۳/۲۵۱	۰/۷۳۳	۰/۶۲۸	۰/۸۲۹	۰/۹۰۶	مشکین شهر	-۳/۵۵۶	۰/۷۱۰	۰/۵۶۸	۰/۷۲۲	۰/۹۳۸	قوری چای
-۳/۲۶۸	۰/۷۵۱	۰/۶۴۵	۰/۸۴۳	۰/۹۰۹	گرمی	-۳/۲۰۵	۰/۷۴۲	۰/۶۲۹	۰/۸۱۹	۰/۹۴۴	سرعین
-۲/۴۹۵	۰/۷۸۹	۰/۶۶۶	۰/۸۶۴	۰/۹۶۱	توتونسین	-۲/۹۹۴	۰/۷۴۸	۰/۵۴۸	۰/۶۱۱	۰/۹۳۰	سیاهپوش
-۵/۱۵۳	۰/۶۵۶	۰/۶۰۶	۰/۸۰۹	۰/۹۱۰	گلی	-۲/۸۳۶	۰/۷۷۰	۰/۶۴۷	۰/۸۴۶	۰/۹۷۴	شمس‌آباد

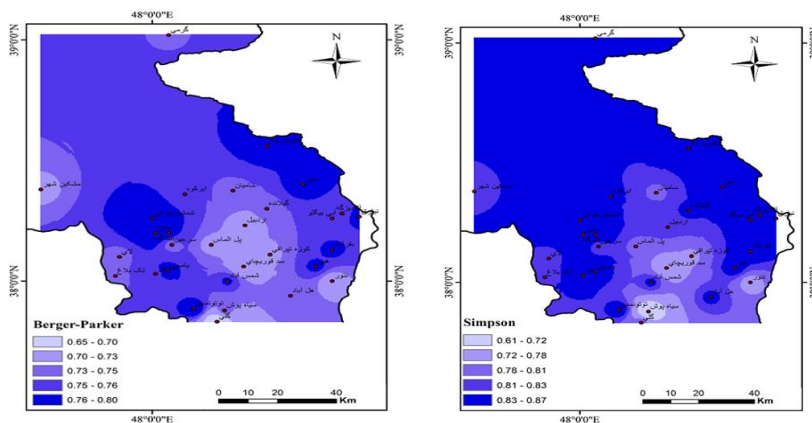
سیمپسون، مک‌این‌تاش، برگ‌پارکر و شاخص تغییرپذیری به ترتیب در ایستگاه‌های پل‌الماس، سیاهپوش، سیاهپوش و گلی می‌باشد.

براساس جدول (۲) می‌توان گفت که بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های شانون، سیمپسون، مک‌این‌تاش، برگ‌پارکر و شاخص تغییرپذیری به ترتیب در ایستگاه‌های کوزه‌تپراقی، سنین، سنین، شمشیرخانی و آتشگاه و کم‌ترین مقادیر شاخص‌های شانون،



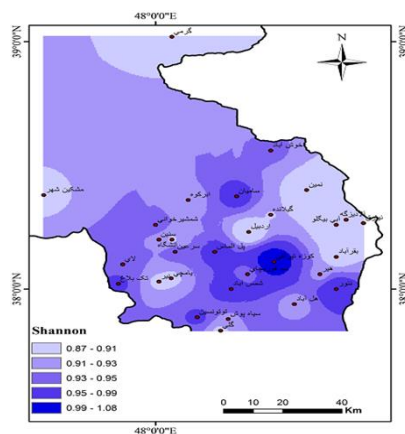
(ب) شاخص تغییرپذیری

(الف) شاخص مک‌این‌تاش



(ت) شاخص برگ‌پارکر

(پ) شاخص سیمپسون



(ث) شاخص شانون

شکل ۲- تغییرات مکانی مقادیر شاخص‌های مختلف تغییرپذیری بارش در برخی از ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل

Figure 2- The spatial variations of rainfall variability indexes in some rain gauge stations of Ardabil province

است. همچنین در شاخص شانون که الگوی متفاوت تری را از نظر شکلی نسبت به بقیه نشان می‌دهد که در آن بخش‌های شمالی و شرقی دارای تغییرات مکانی کم‌تری بوده و بیش‌ترین تغییرات مکانی در اطراف ایستگاه‌های قوری‌چای، کوزه‌تپراقی و شمس‌آباد دیده می‌شود و می‌توان گفت که نتایج مربوط به شاخص شانون متفاوت با چهار شاخص قبلی می‌باشد. همچنین نتایج مربوط به آزمون من-کندال که با استفاده از نرم‌افزار Maksense به دست آمده است، مطابق جدول (۳) می‌باشد.

با توجه به شکل (۲) می‌توان گفت تغییرات مکانی مقادیر شاخص‌های سیمپسون، Index of Variability، مک‌این‌تاش و شاخص برگر-پارکر به گونه‌ای است که شباهت بالایی را نسبت به هم نشان می‌دهند که مطابق آن‌ها مقادیر بالای تغییرات، در بخش‌های شرقی شامل ایستگاه‌های آلاذیزگه، نمین، نیارق، آبی‌بیگلو و خوش‌آباد و بخش شمالی استان مشاهده می‌شود. در حالی که مقادیر شاخص‌های تغییرپذیری بارش در بخش‌های مرکزی شامل ایستگاه‌های کوزه‌تپراقی، قوری‌چای و پل الماس و بخش جنوبی استان شامل ایستگاه گلی دارای تغییرات کم‌تری

جدول ۳- نتایج آزمون من-کندال تغییر شاخص‌های تغییرپذیری بارش در برخی از ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل

Table 3- Results of Mann-Kendall test at some rain gauge station of Ardabil province

ایستگاه	RVI	Shannon	Simpson	Mcintosh	Berger_parker	+RAI	-RAI	Index of variability
نمین	***-۳/۶۰	-۰/۱۲	-۱/۷۶	-۱/۲۷	-۰/۷۷	-۳/۶۰ ***	***-۳/۶۰	**۳/۱۰
آبی‌بیگلو	**۲/۷۶	+۱/۹۲	**۲/۸۲	*۱/۹۷	۰/۹۰	**۲/۷۶	**۲/۷۶	*۲/۳۱
ابرقوه	**۲/۷۴	۱/۵۳	۰/۳۳	۰/۲۲	۱/۳۱	-۲/۷۴ **	**۲/۷۴	۱/۲۰
آتشگاه	*۱/۹۸	-۰/۵۹	۰/۴۰	۰/۷۹	-۰/۴۹	*۱/۹۸	*۱/۹۸	۱/۲۹
آلاذیزگه	**۲/۸۰	۰/۷۷	۱/۳۳	۱/۴۰	۱/۴۰	-۲/۸۰ **	**۲/۸۰	۰/۰۰
بقرآباد	۰/۱۱	۰/۹۹	-۰/۳۳	-۰/۳۳	-۰/۸۸	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۰
پل الماس	*۲/۵۱	-۱/۳۶	۱/۶۱	۱/۵۶	۱/۲۷	*۲/۵۱	*۲/۵۱	۱/۱۱
تک بلاغ	-۱/۰۹	۰/۵۵	*-۲/۱۹	*-۲/۱۹	-۰/۴۴	-۱/۰۹	-۱/۰۹	*-۲/۱۹
خوش‌آباد	-۰/۱۱	-۰/۱۱	۰/۰۰	-۰/۲۲	۰/۲۲	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۹۹
سامیان	۰/۰۳	*-۱/۹۶	۱/۱۸	۱/۳۶	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۹۱
سیاه‌پوش	۰/۷۹	۰/۰۵	۱/۴۳	۱/۳۷	*۲/۰۱	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۹۰
سنین	-۰/۹۹	۰/۲۲-	۰/۷۷	۰/۸۸	۱/۰۹	-۰/۹۹	-۰/۹۹	۰/۶۶
شمس‌آباد	*-۲/۱۴	۱/۰۶	-۱/۳۶	-۰/۹۴	-۱/۳۶	*-۲/۱۴	*-۲/۱۴	-۱/۳۰
شمشیرخوانی	۱/۶۴	*-۱/۹۷	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۵۵	۱/۶۴	۱/۶۴	۰/۴۴

کوزه‌تپراقی	-۰/۱۰	-۰/۰۵	-۰/۳۵	۰/۰۵	-۰/۲۵	-۰/۱۰	-۰/۱۰	-۱/۰۴
لای	*۲/۲۶	-۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۱۲	-۰/۰۷	*۲/۲۶	*۲/۲۶	۰/۶۲
قوری‌چای	-۱/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۳۲	۰/۰۰	-۰/۶۳	-۱/۱۱	-۱/۱۱	-۰/۷۹
نیارق	*۲/۱۰	-۰/۳۷	۰/۷۸	۰/۲۹	۰/۷۰	*۲/۱۰	*۲/۱۰	*۲/۵۱
نئور	۰/۸۷	۰/۹۷	-۰/۸۷	-۰/۸۲	۰/۵۷	۰/۸۷	۰/۸۷	-۰/۹۰
هل‌آباد	-۰/۲۲	۰/۴۴	۱/۶۴	۱/۶۴	۱/۸۶	-۰/۲۲	-۰/۲۲	۱/۳۱
هیر	۱/۴۰	-۰/۳۷	+۱/۸۵	۰/۹۵	۰/۴۵	۱/۴۰	۱/۴۰	۰/۰۰
یامچی	-۱/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۴۷	-۱/۱۲	-۱/۱۲	-۰/۷۷
اردبیل	۰/۸۱	-۰/۸۸	+۱/۹۱	*۱/۹۸	۱/۱۴	۰/۸۱	۰/۸۱	*۲/۲۴
گرمی	-۰/۸۷	۱/۲۸	*۳/۰۱	*۳/۰۱	*۲/۱۸	-۰/۸۷	-۰/۸۷	*۳/۳۴
نیر	۰/۵۳	+۱/۷۴	۰/۶۹	۰/۷۴	-۰/۶۹	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۶۳
گیلانده	۰/۸۵	*۳/۱۲	*۲/۱۱	۱/۹۵	۰/۲۱	۰/۸۵	۰/۸۵	۱/۴۸
مشگین‌شهر	+۱/۸۰	-۰/۹۷	*۲/۸۰	*۲/۸۰	*۲/۳۸	۱/۸۰	۱/۸۰	*۳/۳۳
سرعین	*۲/۷۳	*۲/۵۹	۰/۴۹	۰/۲۱	۰/۱۴	*۲/۷۳	*۲/۷۳	-۰/۳۸

\* وجود روند در سطح ۹۵ درصد، \*\* و \*\*\* وجود روند در سطح ۹۹ درصد

### بحث و نتیجه‌گیری

گلی می‌باشد. با توجه به این موضوع که بیش‌ترین ضریب تغییرات یا به عبارتی بیش‌ترین حساسیت‌پذیری در مناطقی رخ می‌دهد که دارای تغییرات کم‌تری بوده یا به عبارتی مناطقی با آب و هوای خشک، می‌باشند، بیش‌ترین ضریب تغییرات در ایستگاه‌های کوزه‌تپراقی، گلی، تک بلاغ و قوری‌چای ثبت شده است که این ایستگاه‌ها در نقشه‌های درون‌یابی شده نیز جزو ایستگاه‌های دارای تغییرات کم‌تر یا به عبارتی دارای آب و هوای خشک‌تر با چهار شاخص مک‌این‌تاش، سیمپسون، تغییرپذیری و برگر-پارکر مشخص شده‌اند. بر اساس تغییرات مکانی شاخص‌های مذکور، درون‌یابی چهار شاخص مک‌این‌تاش، سیمپسون، تغییرپذیری و برگر-پارکر، نیز این مورد را تایید می‌کند که ایستگاه سامیان دارای تغییرات کم‌تر و ایستگاه شمشیرخانی دارای تغییرات مکانی بالایی است و همچنین می‌توان گفت تغییرات مکانی شاخص‌های سیمپسون، تغییرپذیری، مک‌این‌تاش و شاخص برگر-

پژوهش حاضر با هدف بررسی کمی تغییرات شاخص‌های تغییرپذیری بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل صورت پذیرفت. پس از محاسبه شاخص‌های تغییرپذیری بارش، تغییرات مکانی شاخص مذکور با استفاده از نرم‌افزار ArcMap درون‌یابی گردید و با استفاده از آزمون من-کندال در نرم‌افزار Maksense وجود روند در شاخص‌های تغییرپذیری مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج می‌توان گفت با توجه به داده‌های بارش ماهانه کم‌ترین مقدار متوسط بارش، در ایستگاه سامیان و متوسط بیش‌ترین مقدار بارش در ایستگاه شمشیرخانی صورت گرفته است و با بررسی کمی شاخص‌های مذکور، بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های شانون، سیمپسون، مک‌این‌تاش، برگر-پارکر و شاخص تغییرپذیری به ترتیب در ایستگاه‌های کوزه‌تپراقی، سنین، سنین، شمشیرخانی و آتشگاه و کم‌ترین مقادیر شاخص‌های مذکور به ترتیب در ایستگاه‌های پل‌الماس، سیاه‌پوش، سیاه‌پوش و

(۲۰۰۹) در خصوص امکان مقایسه‌ی خواص ناهنجاری بارش در مناطق مختلف هم‌خوانی دارد. در خصوص هم‌خوانی نتایج درون‌یابی شاخص‌های سیمپسون، شاخص تغییرپذیری، مک‌این‌تاش و برگ-پارکر می‌توان گفت که در منطقه مورد مطالعه تغییرات مکانی شاخص شانون با شاخص‌های مذکور هم‌خوانی ندارد، این در حالی است که مسعودیان (۲۰۰۵)، در مطالعه خود شاخص شانون را به‌عنوان شاخص برتر معرفی کرده است، که می‌توان به تفاوت مقیاس زمانی و تفاوت اقلیم منطقه مورد مطالعه و رژیم بارشی اشاره کرد و در مجموع می‌توان گفت بخش‌هایی از استان در مجاورت با استان‌های گیلان و آذربایجان شرقی به دلیل تأثیرپذیری از توده‌های هوا و بارش‌های جبهه خزری و مدیترانه‌ای، دارای تغییرپذیری بیش‌تری در مقادیر بارش هستند. هم‌چنین نتایج آزمون روند، بیان‌گر افزایش معنی‌داری شاخص‌های تغییرپذیری بارش است که می‌تواند به تغییر الگوی توزیع فصلی مقادیر بارش در ماه‌های مختلف منجر گردد و نتایج مذکور در خصوص اکثر شاخص‌های مورد مطالعه رفتار مشابهی را نشان می‌دهد.

#### منابع

1. Mohammadi, B., 2012. Trend analysis of annual rainfall over Iran. *Geography and Environmental Planning*, Vol. 22, No. 3, pp. 95-106 (In Persian).
2. Movahedi, S., Asakereh, H., Sabziparvar, A.A., Masoodian, A., and Maryanaji, Z., 2012. Assessment of variability of precipitation regime in Iran. *Journal of Water and Soil*, Vol. 25, No. 6, pp. 1434-1447 (In Persian).
3. Gandomkar, A., and Khadem Alhosseini, A., 2009. The study of precipitation changes on Zabol (Iran). *Environmental Based Territorial Planning (Amayesh)*, Vol. 2, No. 6, pp. 65-76 (In Persian).

پارکر به گونه‌ای است که تطابق بالایی را نسبت به هم نشان می‌دهند که مطابق آنها مقادیر بالای تغییرات، در بخش‌های شرقی و بخش شمالی استان مشاهده می‌شود. درحالی که مقادیر شاخص‌های تغییرپذیری بارش در بخش‌های مرکزی استان و بخش جنوبی استان شامل ایستگاه (گلی) دارای تغییرات کم‌تری است. و هم‌چنین در شاخص شانون که الگوی متفاوت‌تری را از نظر نتیجه نسبت به بقیه شاخص‌های تغییرپذیری نشان می‌دهد که در آن بخش‌های شمالی و شرقی دارای تغییرات مکانی کم‌تری بوده و بیش‌ترین تغییرات مکانی در اطراف ایستگاه‌های قوری‌چای، کوزه‌تپراقی و شمس‌آباد دیده می‌شود و می‌توان گفت که نتایج شاخص شانون نسبت به شاخص‌های قبلی متفاوت می‌باشد. با توجه به نتایج آزمون من-کندال تغییرپذیری بارش نسبت به زمان در ایستگاه‌های آبی‌بیگلو و سیاه‌پوش در هر هشت شاخص روند افزایشی را نشان می‌دهد که در ایستگاه آبی‌بیگلو روند افزایشی در سطح ۹۹ درصد در شاخص‌های سیمپسون، RVI و هر دو نوع RAI مشاهده می‌گردد و در سیاه‌پوش نیز روند افزایشی در سطح ۹۵ درصد در شاخص برگ-پارکر دیده می‌شود. در ایستگاه نمین روند کاهشی در سطح ۹۹ درصد وجود دارد و در ایستگاه‌های تک‌بلاغ، کوزه‌تپراقی، قوری‌چای، خوش‌آباد و شمس‌آباد نیز می‌توان گفت که روند غالب، کاهشی است و بیش‌ترین سطح معنی‌داری در ایستگاه نمین به‌صورت روند کاهشی در شاخص‌های RVI، RAI Positive و RAI Negative مشاهده می‌شود. هم‌چنین در ایستگاه‌های نیر، یامچی، هیر، هل‌آباد، نئور، قوری‌چای، کوزه‌تپراقی، سنین، خوش‌آباد و بقرآباد در هر هشت شاخص روند معنی‌دار کاهشی یا افزایشی مشاهده نمی‌شود و در بقیه ایستگاه‌ها بعضی از شاخص‌ها روند افزایشی و برخی دیگر روند کاهشی را نشان می‌دهد. نتیجه کلی را می‌شود به این صورت بیان کرد که مقادیر شاخص‌های تغییرپذیری بارش بر اساس نقشه‌های درون‌یابی شده نشان می‌دهد که در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه تغییرات مکانی در همه شاخص‌های مورد مطالعه وجود دارد که با نتایج حجازی‌زاده و همکاران

11. Irannejad, P., Katiraei Boroujerdi, P.S., and Hajjam, S., 2010. Spatial distribution of the annual precipitation trend in Iran in the period 1960-2001. *Journal of Earth and Space Physics*, Vol. 35, No. 4, pp. 79-94 (In Persian).
12. Hejazizadeh, Z., Shafiei, Z., and Javizadeh, S., 2009. Drought trend in Fars Province using Rainfall Anomaly Index (RAI). The first National Conference of Groundwater, Islamic Azad University of Behbahan, pp. 1-17 (In Persian).
13. Bronikowski, Anne., 1996. Appendix: A critical examination of rainfall variability measures used in behavioral ecology studies. *Behavioral Ecology Sociobiology*, pp. 27-30
14. Hennessy, K.J., Suppiah, R., and Page, C.M., 1999. Australian rainfall changes 1910-1995. *Australian Meteorology Magazine*, pp. 1-13.
15. Akinremi, O.O., McGinn, S.M., and Cutforth, H.W., 2001. Seasonal and spatial patterns of rainfall trend on the Canadian prairies. *Journal of Climate*, Vol. 14, pp. 2177-2182.
16. Ojoye, S., Yahaya, T.I., Odekunle, M.O and Sulyman, A.O., 2016. Rainfall variability: implications for flood frequency in Sokoto, North-Western Nigeria. *Advances in Multidisciplinary and Scientific Research*, Vol. 2, No. 2, pp. 201-210.
17. Zarrinkamar Majd, S., and Katiraie-Boroujerdy, P.S., 2016. The analysis of seasonality and seasonal precipitation anomaly changes in Iran during 1977-2006. *Journal of Marine Science and*
4. Bahak, B., 2013. Study of the likelihood of climate change in Kerman Province using Man – Kendall method (Case study: Kerman Station). *Geographical territory*, Vol. 10, No. 39, pp. 67-74 (In Persian).
5. Feizi, V., Farajzadeh, M., and Nowruzi, R., 2012. Study of climate change in Sistan and Baluchestan Province using the Man-Kendall method. 4th International Congress of the Islamic World Geographers, pp. 1-12 (In Persian).
6. Kolawole, O.M., Olayemi, A.B and Ajayi, K.T., 2011. Managing flood in Nigerian cities: risk analysis and adaptation options – Ilorin city as a case study. *Archives of Applied Science Research*, pp. 17-24.
7. Oskar Kisaka, M., Mucheru-Muna, M., Ngetich, F. K., Mugwe, J. N., Mugendi, D., and Mairura, F., 2014. Rainfall variability, drought characterization, and efficacy of rainfall data reconstruction: case of Eastern Kenya. *Advances in Meteorology*, pp. 1-16.
8. Raziei, T., Daneshkar Arasteh, P., and Saghafian, B., 2005. Annual rainfall trend analysis in arid and semi-arid regions of Central and Eastern Iran. *Water and Wastewater*, Vol. 16, No. 2, pp. 73-81 (In Persian).
9. Masoodian, S.A., 2005. The zoning of the Iran irrigated areas by the precipitation turbulence index. *University of Isfahan Research*, No. 1, pp. 1-14 (In Persian).
10. Asakereh, H., 2007. Spatio – Temporal changes of Iran Inland precipitation during recent decades. *Geography and Development Iranian Journal*, Vol. 5, No. 10, pp.145-164 (In Persian).

- Technology Research, Vol. 24, No. 3, pp. 24-39 (In Persian).
18. Sharma, U.C., Sharma, Vikas 2006. Groundwater sustainability indicators for the Brahmaputra basin in the northeastern region of India, Sustainability of Groundwater Resources and its Indicators (Proceedings of symposium S3 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguaçu, Brazil). IAHS Publ. No. 302, pp. 43-50.