

فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۸، شماره پیاپی ۲۹، بهار ۱۳۹۷

شاپای چاپی: ۶۷۳۵-۲۲۵۱ - شاپای الکترونیکی: ۷۰۵۱-۲۴۲۳

<http://jzpm.miau.ac.ir>

## واسنجی اثر الگوها و شاخص‌های پیوند از دور بر رخدادهای خشکسالی‌های استان گلستان

قاسم لک‌زاشکور: دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات آب و هوایی دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

غلامرضا روشن: استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

اسماعیل شاهکویی: استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۰

صص ۱۲۴-۱۰۷

دریافت: ۱۳۹۶/۹/۱۰

### چکیده

پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که بسیاری از کشورها را تحت تأثیر خود قرار داده و باعث بروز بسیاری مشکلات از جمله اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی شده است. عوامل مختلفی در رخداد خشکسالی (ترسالی) ها برای یک منطقه تأثیرگذار می‌باشد. از جمله این عوامل می‌توان به شاخص‌های اقلیمی و پیوند از دوری اشاره نمود. بدین منظور در مطالعه‌ی حاضر از داده‌های بارش ۳۹ ایستگاه باران‌سنجی و هواشناسی استان گلستان که دارای آمار بلندمدت و پایه زمانی مشترک ۳۳ ساله (۱۹۸۲-۲۰۱۴) بودند، استفاده و رخداد خشکسالی/ترسالی‌های آن بر مبنای شاخص نمره Z بارش با الگوهای پیوند از دور مورد واکاوی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان دادند که برای ماه‌های آوریل با ۵ درصد معناداری ایستگاه‌ها، مارس با ۱۵ درصد، دسامبر با ۳۱ درصد، می با ۴۱ و آگوست با ۵۵ درصد ایستگاه‌های مطالعاتی، روند تغییرات شاخص نمره Z بارش، کاهش و معنادار بوده به‌گونه‌ای که این شرایط گویای تقویت و تشدید خشکسالیها برای این ماه‌ها و ایستگاه‌های استان می‌باشد. همچنین دیگر یافته‌های تحقیق حاضر نشان دادند که برای الگوهای پیوند از دور نوسانات اطلس شمالی، الگوهای قطبی، نوسانات چند دهه اخیر اقیانوس اطلس، شاخص الگوی اطلس شرقی/ غرب روسیه، نوسان دریای شمال و الگوی اسکاندیناوی، فاز مثبت (منفی) آن‌ها باعث تقویت ترسالی‌ها (خشکسالی‌ها) گردیده است؛ اما برای الگوهای نوسان قطب جنوب، الگوی اطلس شرقی و دمای سطح آب حاره‌ای اطلس شمالی، فاز مثبت (منفی) این شاخص‌ها با رخداد خشکسالی‌ها (ترسالی‌ها) همراه بوده است. در نهایت یافته‌های این تحقیق می‌تواند گامی مؤثر در کنترل و مدیریت منابع آبی استان بوده، به‌طوری‌که با شناخت صحیح از رابطه بین الگوهای پیوند از دور و بارش‌های استان گلستان می‌توان، پیش‌بینی مناسبی از تغییرات بارشی فصل‌های آتی ارائه نمود تا بدین‌وسیله بتوان با شناخت مناسب از رخداد خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها مدیریت مناسب با رویکرد ریسک را مبذول نمود.

واژه‌های کلیدی: نوسان اقلیمی، منطقه بندی جغرافیایی، شاخص‌های پیوند از دور، فاز مثبت و منفی، استان گلستان.

**بیان مسأله:**

یک جنبه مهم اقلیم، تغییرات اقلیم است. طی دو میلیون سال گذشته، متوسط سالانه دمای زمین چندین درجه سانتی-گراد بالا و پائین رفته است (Vakhshoori, et al, 2017:215). انتظار می‌رود که افزایش دمای جهان، الگوی بارندگی، رطوبت خاک و سایر عوامل اقلیمی مرتبط با پدیده‌های طبیعی و محصولات کشاورزی را به شدت تغییر دهد (Türkes et al.2008: 17). (Yue and Hashino, 2003: 17). (۱۰۵۷ در گزارشات ارائه شده توسط ناسا دمای کره زمین به مقدار ۰/۶ درجه سانتی‌گراد و یا ۱/۰۸ درجه فارنهایت گرم‌تر شده است. با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و ثابت بودن منابع طبیعی، برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار کشاورزی از اولویت بالایی برخوردار است. لذا برای تأمین امنیت غذایی، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع محدود طبیعی از جمله منابع آبی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. بخش عظیمی از منابع آبی صرف تأمین نیاز آبی بخش کشاورزی می‌شود؛ اما در دهه‌های اخیر رخداد خشکسالیها و تغییر الگوهای بارش، بسیاری از بخش‌های جوامع بشری، من جمله امنیت غذایی آنرا تحت تأثیر قرار داده است. از جمله کشورهایی که در منطقه خاورمیانه با مشکل خشکسالی مواجه است کشور ایران می‌باشد. گسترش ایران در منطقه پایدار جنب حاره پتانسیل رخداد خشکسالی‌ها را افزایش داده است (Alijani, 1996). متوسط بارش سالانه کشور کمتر از یک سوم متوسط جهانی است. تنها سواحل دریای خزر به دلیل دور ماندن از تأثیرات پرفشار جنب‌حاره‌ای از اقلیم مرطوب برخوردار است (Alijani et al, 2008:108). در استان گلستان به دلیل اینکه بیش از نیمی از اقتصاد مردم آن متأثر از کشاورزی است، در سال‌های اخیر به دلیل کاهش بارندگی و تغییر زمانی بارندگی، این عوامل موجب کاهش چشمگیر محصول و رها کردن اراضی کشاورزی شده که عواقب آن موجب مهاجرت‌های فصلی و حتی مهاجرت دائمی شده است. عوامل مختلفی می‌توانند اقلیم و از جمله بارش‌های یک منطقه را تحت تأثیر قرار دهند. یکی از این عوامل شاخص‌ها و الگوهای پیوند از دور می‌باشد که با توجه به فاصله مکانی آن‌ها با مناطق مختلف کره زمین، تأثیرات مستقیم و غیرمستقیمی با زمان تأخیرهای مختلفی بر اقلیم این نواحی وارد می‌نمایند؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع حاضر، در پژوهش پیش روی نیز سعی بر آن شده است تا نوسانات بارش در استان گلستان بر مبنای الگوها و شاخص‌های پیوند از دور مورد واکاوی قرار دهد. تحقیق حاضر بدنبال پاسخ گویی به این سؤالات می باشد که روند غالب رخداد خشکسالی‌ها برای ماههای مختلف سال در سطح استان چگونه می‌باشد؟ همچنین آیا ارتباطی بین الگوهای پیوند از دور با رخداد ترسالیها و خشکسالی‌های استان وجود دارد؟

**پیشینه نظری تحقیق:**

در خصوص ارتباط سنجی رخداد بارش‌ها و یا سایر مؤلفه‌های اقلیمی با شاخص‌های پیوند از دور، مطالعات فراوانی در سطح جهان و ایران انجام شده است. (Khoshakhlagh, 1998: 122) اثرات پدیده انسو بر رژیم بارش نواحی مختلف ایران را به صورت غیرمستقیم و از طریق دگرگون‌سازی الگوهای گردش عمومی جو و تأثیرات آن بر میزان بارش، خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایران مورد مطالعه قرار داده و نقش آن بر رژیم بارش نواحی مختلف ایران را مورد واکاوی قرار داده‌اند. به طوری که آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در فاز مثبت رخداد این شاخص، پدیده‌ی خشکسالی روند کاهشی پیدا می‌کند. (Azizi, 2001: ۷۲) با استفاده از روش همبستگی، ارتباط بین النینو و دوره‌های خشکسالی و ترسالی ایران را مورد بررسی قرار داده‌است. ایشان با استفاده از داده‌های سالانه شاخص نوسان جنوبی و بارش سالانه ایران عنوان می‌کند که ارتباط نسبتاً قوی با ضریب همبستگی ۰/۳۷ - بین بارش‌های سالانه ایران و نوسان جنوبی وجود دارد. همچنین ایشان در این تحقیق مشخص کرد که ارتباط منفی بین بارش‌های پاییزه و شاخص نوسان جنوبی در دامنه‌های جنوبی البرز بسیار قوی‌تر از سایر نقاط ایران است. ناظم السادات به بررسی تاثیر دمای سطح آب خلیج فارس بر بارندگی های جنوب ایران پرداخت (Nazemsadat, 1998: 44).

(Ghayour and Khosravi, 2001: 174). اثر پدیده انسو بر ناهنجاری های بارش تابستانی و پاییزی جنوب شرق ایران را بررسی کردند. در پژوهشی با عنوان اثر نوسان اطلس شمالی با دوره‌های افزایشی بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر مشخص شد که فاز مثبت شاخص نوسان شمالی با دوره‌های افزایشی بارش و کاهش دما و فاز منفی این شاخص با دوره‌های

کاهش بارش و افزایش نسبی دما همراه است (Khoshakhlagh et al. 1999:68). (Ghanghermeh et al. 2015:68) در ارتباط سنجی تغییرات مؤلفه‌ی دما با الگوهای پیوند از دور برای استان گلستان، به این نتیجه رسیدند که تغییرات دما در این استان از رابطه مستقیمی با رخداد شاخص‌های پیوند از دور داشته است. در خصوص تأثیر الگوهای پیوند از دور مطالعاتی توسط محققین خارجی مطالعاتی انجام گرفته است.

(Hayes et al, 1996:430) به کمک شاخص بارش استاندارد به ارزیابی خشکسالی در ایالت‌های مختلف آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص بارش استاندارد، مناطق با پتانسیل خشکسالی را یک ماه زودتر از وقوع خشکسالی نشان می‌دهد. (Estrela, 2000:1599) در سال ۲۰۰۰ خشکسالی‌های رخ داده در منطقه والنسیا را با توجه به مدت و شدت و توزیع مکانی آنها مورد بررسی قرار داد و با بهره‌گیری از روش تجزیه و تحلیل تناوبی و تعیین چهار دوره خشک به بررسی اثرات مهم اقتصادی و اجتماعی این دوره‌ها پرداخت. (Smakhtin et al, 2006: 889) در سال ۲۰۰۶ جهت تعیین خصوصیات خشکسالی در جنوب آسیا از شاخص بارش استاندارد استفاده کردند. (Robert et al, 1998:123) رابطه شرایط جوی بالا را با رخداد بارش‌های سنگین تابستان در یوتا بررسی نموده است. وی نقش عوامل سینوپتیکی را چه مستقیم و چه غیرمستقیم مهم دانسته و همچنین به این نتیجه رسیده که انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس در ایجاد این بارش‌های سنگین اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. در مطالعه دیگر (Hasanean, 2004:958) با بررسی چندین الگوی کم‌بسامد نشان داد که دمای مصر بیشتر تحت تأثیر دورپیوند EA-WR در فصل زمستان است. (Christchurch and Albert, 2005:189) رفتار دهه‌ای دورپیوند EA-WR و بارش در فصل زمستان (دسامبر تا فوریه) را بر روی منطقه مدیترانه بررسی کردند. (Allen, 2017:3) در بررسی اثر النینو روی بارش کالیفرنیا به این نتیجه رسیدند که در فصل زمستان زمانی که میزان بارندگی افزایش می‌یابد تغییرات قابل توجهی روی النینو داشته است و گرم شدن مناطق گرمسیری از نوسانات اقیانوس آرام پیروی می‌کند. لذا در ادامه بر مبنای ۹ شاخص و الگوی پیوند از دوری، تأثیرپذیری الگوهای بارش استان گلستان از این شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

#### داده‌ها و روش‌شناسی تحقیق:

در تحقیق حاضر از داده‌های ماهانه بارشی ایستگاه‌های سینوپتیکی، کلیماتولوژی و باران‌سنجی در سطح استان استفاده شده است (جدول شماره ۱). به‌منظور کنترل کیفی داده‌های مورد استفاده و نرمال بودن آن‌ها در تحقیق حاضر از روش نرمال بودن گلموگروف - اسمیرونوف استفاده گردید. همچنین طول دوره زمانی مورداستفاده شامل دوره ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۴ بوده که برای دوره‌های فقدان داده از روش رگرسیون خطی، بر مبنای ایستگاه‌های همسایه، داده‌ها بازسازی و کنترل کیفیت شده‌اند. در تحقیق حاضر به‌منظور پایش خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها از شاخص نمره Z بارش استفاده گردیده است و روند تغییرات آن بر مبنای روش منکندال مورد واسنجی قرار گرفته است. از طرف دیگر در مطالعه حاضر، خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان با رخداد الگوی ۹ شاخص پیوند از دور مورد واسنجی قرار گرفته است که اسامی این شاخص‌ها در جدول شماره (۲) ارائه شده است. در ادامه جهت ارتباط سنجی رخداد خشکسالی‌ها با الگوهای پیوند از دوری، تأخیر زمانی ۱ تا ۱۲ ماه برای هر شاخص و ایستگاه، مورد مطالعه قرار گرفت که در نهایت مناسب‌ترین تأخیر زمانی برای هر ایستگاه و شاخص موردنظر شناسایی گردید.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاههای مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
مزرعه	۳۷	۵۴/۶	رامیان	۵۵/۱	۳۷/۲
آق تقی	۳۶/۸	۵۵/۷	نهارخوران	۵۴/۵	۳۷/۹
علی آباد	۳۷/۲	۵۴/۹	سد گرگان	۵۴/۷	۳۶/۹
بندر ترکمن	۳۶/۹	۵۴/۱	تقی آباد	۵۴/۶	۳۶/۹
دشت گلستان	۳۷	۵۶	آق قلا	۵۴/۴	۳۷/۳
قاپان	۳۷/۲	۵۵/۷	لزوره	۵۵/۴	۳۷/۶
کلاله	۳۶/۹	۵۵/۵	پل غزنوی	۵۵/۵	۳۷/۴
کرکنده	۳۶/۹	۵۴	محوطه امور گرگان	۵۵/۴	۳۶/۸
مینودشت	۳۶/۹	۵۵/۴	فاضل آباد	۵۴/۸	۳۷/۲
گرگان	۳۷	۵۴/۴	غفار حاجی	۵۴/۱	۳۶/۹
مراوه	۳۷/۱	۵۶	لا له باغ	۵۴/۹	۳۷/۹
اونق یلقی	۳۷/۱	۵۴/۸	بهلکه	۵۴/۸	۳۷/۱
اراز کوسه	۳۷/۳	۵۵/۱	چشمه خان	۵۶/۱	۳۷/۲
قزاقلی	۳۷	۵۵	نراب	۵۵/۶	۳۷/۲
گنبد	۳۷/۵	۵۵/۲	تمر	۵۵/۵	۳۷/۲
نوده	۳۷/۲	۵۵/۳	پس پشته	۵۵/۴	۳۷/۱
تنگراه	۳۶/۸	۵۵/۷	سیاه آب	۵۴/۱	۳۷/۵
گالیکش	۳۷/۴	۵۵/۵	قره بیل	۵۶/۳	۳۷/۳
قشلاق	۳۸	۵۵/۳	هوتن	۵۵/۵	۳۶/۹
حق خواجه	-	۵۶	-	-	۳۷/۸

منبع: ایستگاه هواشناسی استان گلستان، ۱۳۹۶.

جدول ۲- معرفی شاخص های پیوند از دور مورد استفاده در تحقیق حاضر

شاخصها	معادل فارسی
<i>POL</i> <sup>۱</sup>	الگوی قطبی / اورآسیا
<i>AMO</i> <sup>۲</sup>	نوسانات چند دهه اقیانوس اطلس
<i>EA/WR</i> <sup>۳</sup>	الگوی اطلس شرقی / غرب روسیه
<i>NAO</i> <sup>۴</sup>	نوسانات اقیانوس اطلس شمالی
<i>NCP</i> <sup>۵</sup>	شاخص نوسان دریای شمال
<i>SCAND</i> <sup>۶</sup>	شاخص الگوی اسکاندیناوی
<i>AO</i> <sup>۷</sup>	نوسان قطب جنوب
<i>EA</i> <sup>۸</sup>	واسنجی الگوی اطلس شرقی
<i>NTA</i> <sup>۹</sup>	شاخص دمای سطح آب حاره‌ای اطلس شمالی

1 - Polar/ Eurasia Pattern

2 - Atlantic multidecadal Oscillation

3 - East Atlantic/West Russia Pattern

4 - "North Atlantic Oscillation

5 - Network Contorol Protocol

6 - Scandinavia Pattern

7 - Antarctic Oscillation

8 - East Atlantic Pattern

9 - North Tropical Atlantic SST Index

## معرفی شاخص نمره Z بارش:

روش شاخص نمره Z بارش، یکی از پر کاربردترین روشها جهت محاسبه و پایش خشکسالی می‌باشد. شاید یکی از دلایل آن سهل الوصول بودن متغیرهای مورد استفاده در این شاخص می‌باشد. بگونه‌ای که صرفاً بر مبنای متغیر بارش، پایش خشکسالی‌ها امکان پذیر می‌باشد. علی‌رغم این موضوع در شاخص Z، مطابقت داده‌های بکار رفته با توابع گاما و پیرامون نوع سوم ملزم نمی‌باشد. لذا به همین دلیل شاخص Z بخوبی شاخص SPI قادر به ارایه خشکسالی در بازه‌های کوتاه مدت نیست. لازم به توضیح بوده که برای این شاخص مقادیر منفی گویای وقوع خشکسالی‌ها در طبقات با شدتهای مختلف بوده و از طرف دیگر مقادیر مثبت آن مؤید رخداد ترسالی‌ها با توجه به آستانه‌ها و شدتهای مختلف می‌باشد.

جدول ۳: مقیاس طبقه‌بندی شدت خشکسالی به روش نمره Z

دوره خشکسالی بسیار شدید	دوره خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	نزدیک به نرمال	ترسالی متوسط	ترسالی شدید	ترسالی بسیار شدید	طبقه
کوچکتر و مساوی ۲-	از ۱/۵ تا ۱/۹۹-	از ۱- تا ۱/۴۹-	از ۰ تا ۰/۹۹-	۱/۴۹ تا ۱	۱/۵ تا ۱/۹۹	۲ یا بیشتر	مقدار SPI

## روش ناپارامتریک من-کندال (t):

در مطالعه‌ی حاضر، جهت بررسی روند تغییرات نمره Z بارش، از آزمون آماری من-کندال استفاده شد. این آزمون ابتدا توسط (Man, 1945:245) ارائه و سپس توسط (Kendall, 1975) بسط و توسعه یافته است (Fedas et al, 2004:209). یکی از نقاط قوت این آزمون می‌توان به اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی سری‌های زمانی مشاهده می‌شود اشاره نمود. لذا با توجه به توانمندی‌هایی که این آزمون در آشکارسازی تغییرات رخ داده در سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی دارا می‌باشد، بسیار مورد توجه محققین حوزه‌های مطالعاتی تغییر اقلیم بوده است (Youh and Hashino, 2003:18; Jiyang et al, 2008:1477; Fedas et al, 2004:209; Turquoise et al, 2008:1070; Tyanh and Thoros, 1997:507; Marengo, 1995: 100). آزمون ناپارامتریک من-کندال فرض صفر (یک) عدم وجود روند (وجود روند) در سری‌های زمانی را بررسی می‌کند و از طرف دیگر قادر به شناسایی نقاط تغییر ناگهانی برای سری زمانی مورد مطالعه می‌باشد. در ادامه مقدار مؤلفه t از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$t = \frac{4 \sum H}{N(N-1)} - 1 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن،  $\sum H$  فراوانی تجمعی تعداد رتبه‌هایی که بالاتر از هر ردیف قرار می‌گیرند و  $N$  تعداد سال‌های دوره آماری است که در این تحقیق ۴۰ سال است. بر مبنای رابطه (۲)، آماره استاندارد کندال  $t_0$  محاسبه می‌شود:

$$t_0 = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این فرمول  $tg$  سطح معنی‌داری یا اطمینان آزمون است که در این تحقیق بر اساس سطح احتمال ۹۵ درصد مقدار آن ۱/۹۶ است. بنابراین در صورت اعمال این مقدار،  $t_0$  برابر با ۰/۱۲ خواهد شد. حال با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده سه حالت زیر برقرار خواهد شد:

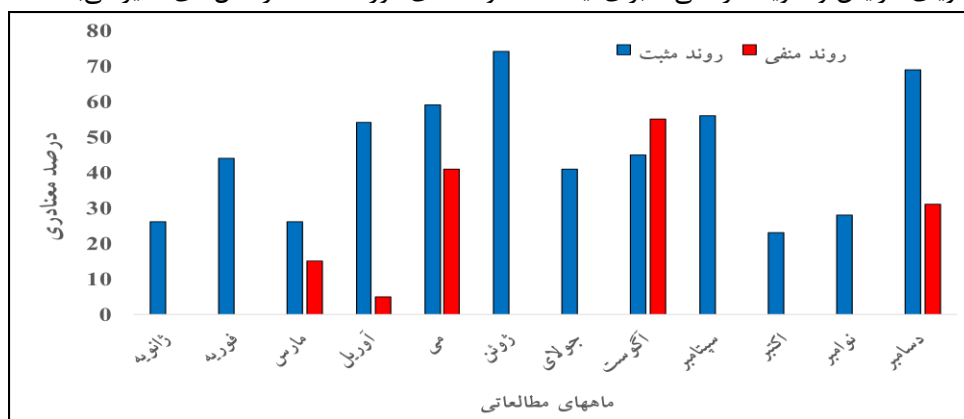
- اگر  $0/12 < t_0 < 0/12-$  باشد روند معنی‌داری در سری‌های زمانی مشاهده نمی‌شود.
  - اگر  $t_0 < -0/12-$  باشد روند معنی‌دار منفی در سری‌های زمانی مشاهده گردیده است.
  - اگر  $t_0 > 0/12$  باشد روند معنی‌دار مثبت در سری‌های زمانی مشاهده گردیده است.
- در ادامه با توجه به تأخیر زمانی ۱ تا ۱۲ ماهه، بین خروجی‌های شاخص نمره Z بارش و ۹ شاخص اقلیمی پیوند از دوری مورد مطالعه ارتباط آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

## یافته‌های تحقیق:

## ارزیابی تغییرات روند خشکسالی ها/ترسالی های در سطح استان:

در این قسمت از یافته‌های تحقیق، ابتدا مقادیر ماهانه نمره Z بارش برای سری زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۴ محاسبه گردید و در گام بعد، روند معناداری تغییرات این شاخص برای ایستگاه‌های استان، با توجه به آماره‌ی منکندال مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفت. خروجی‌های این تحقیق نشان دادند که بر مبنای ماه‌های مختلف مطالعاتی، ۵ درصد از ایستگاه‌های مطالعاتی در ماه آوریل، ۱۵ درصد ایستگاه‌ها در ماه مارس، و برای ماه‌های دسامبر، می و اوت بترتیب با ۳۱، ۴۱ و ۵۵ درصد از ایستگاه‌های مطالعاتی، روند تغییرات شاخص نمره Z بارش بصورت کاهشی و از سطح معناداری قابل قبولی برخوردار بوده است. منظور آنکه این روند کاهشی مؤید تقویت شرایط خشکسالی‌ها برای ایستگاه‌های مطالعاتی در سطح استان و برای سال‌های اخیر بوده است. حال آنکه در سایر ماه‌های مطالعاتی روند منفی معنادار برای ایستگاه‌ها ملاحظه نشده است. (شکل شماره ۱).

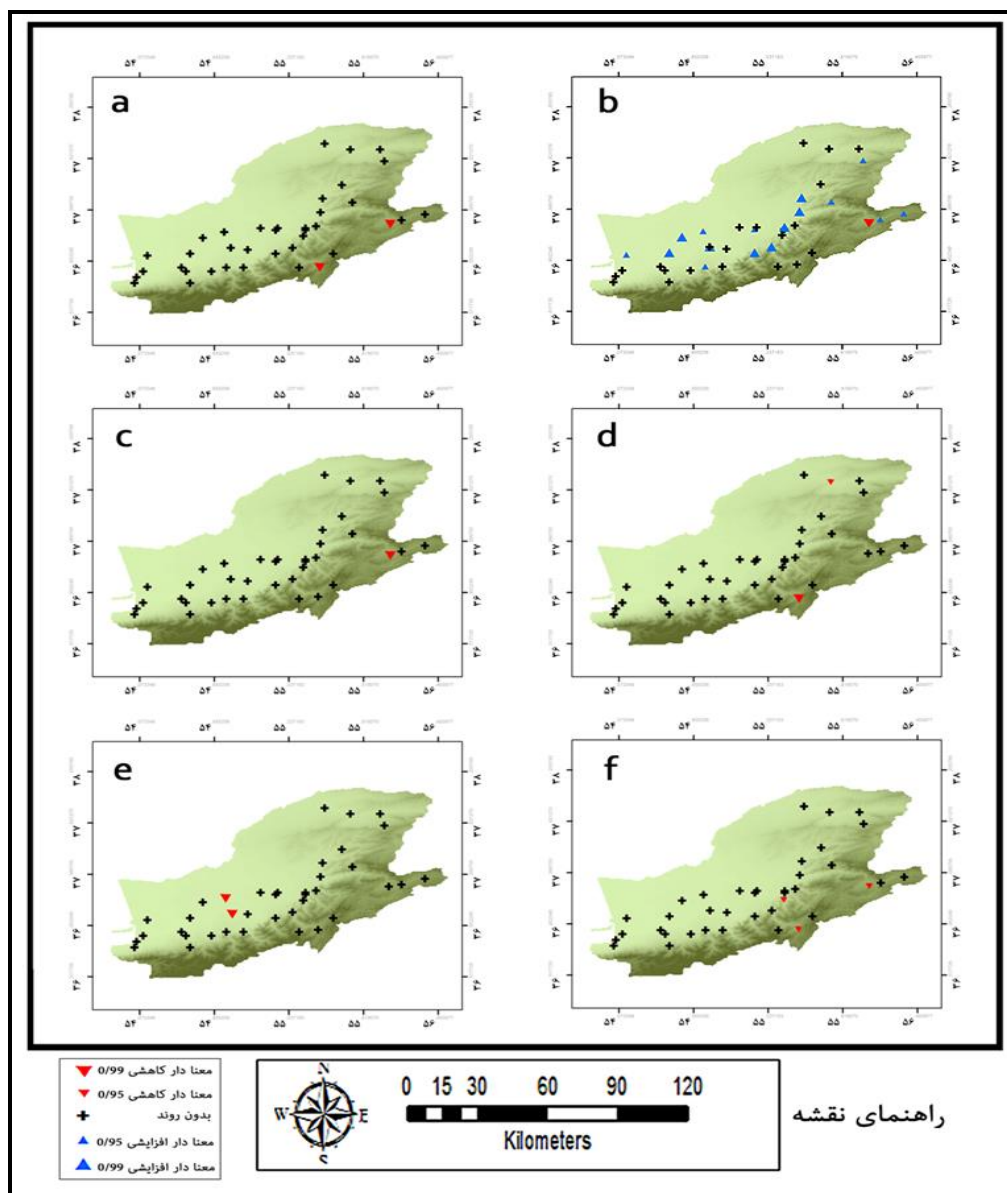
در ادامه نتایج تحقیق برای این بخش نشان می‌دهد که علی‌رغم عدم وجود روند منفی شاخص نمره Z بارش برای برخی از ایستگاه‌ها و ماه‌های مطالعاتی، ولی روند مثبت برای تمامی ماه‌ها وجود دارد که بیشینه‌ی معناداری آن با ۷۴ درصد از ایستگاه‌ها متعلق به ماه ژوئن بوده و کمینه‌ی آن با ۲۳ درصد معناداری ایستگاه‌ها برای اکتبر ملاحظه می‌شود. پس روند مثبت این خروجی‌ها، گویای افزایش و تقویت ترسالی‌ها برای ایستگاه‌ها و ماه‌های مورد مطالعه در سال‌های اخیر می‌باشد.



شکل ۱- درصد معناداری ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه برای تغییرات شاخص نمره Z بارش در سطح استان

### ارزیابی و ارتباط سنجی تغییرات شاخص نمره Z بارش با توجه به شاخص های پیوند از دور: واسنجی شاخص الگوی قطبی (POL):

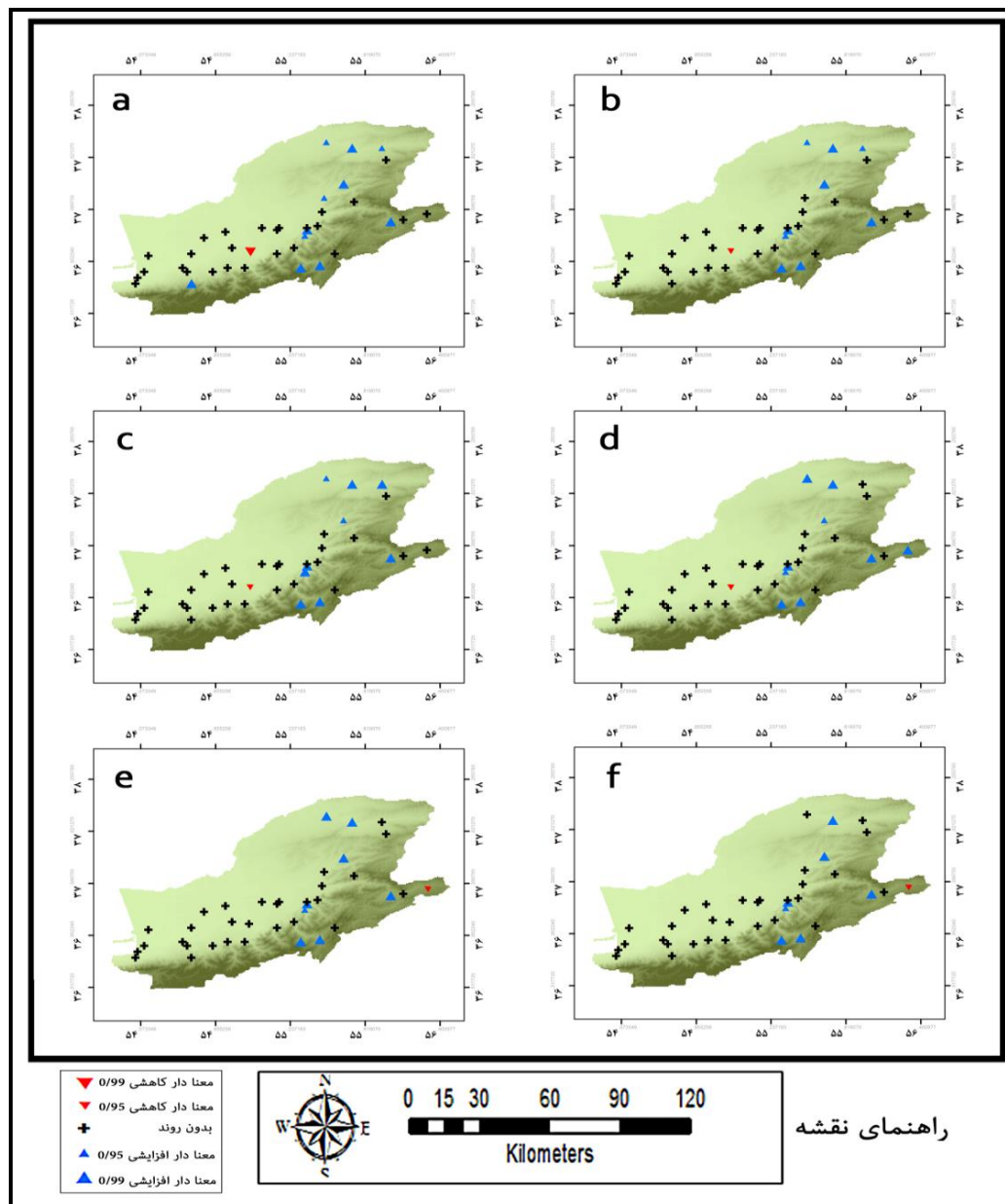
در ابتدا یافته‌ها برای شاخص الگوی قطبی ارائه می‌شود. در این خصوص به منظور ارتباط سنجی بین خروجی‌های نمره Z بارش با الگوی رخداد شاخص مورد بحث، از روش همبستگی پیرسون با تأخیرهای زمانی متفاوت از یک تا ۱۲ ماه استفاده گردید. در نهایت خروجی‌های این قسمت نشان دادند که تأخیر ۲ ماهه با ۴۴ درصد روند معناداری، بیشینه معناداری را در قیاس با سایر تأخیرهای زمانی به خود اختصاص داده است. به طوری که بیشینه‌ی مکانی روند معناداری در مناطق مرکزی و شرقی استان تمرکز یافته است (شکل شماره ۲)؛ اما به دلیل فضای کم مقاله، با توجه به اینکه بیشینه‌ی معناداری مربوط به تأخیر دو ماهه می‌باشد، لذا صرفاً نتایج نقشه سازی برای تأخیرهای ۱ تا ۶ ماهه نشان داده شده است. از یافته‌های جالب توجه در این بخش می‌توان به تأثیر فازهای مثبت و منفی شاخص POL بر روی رخداد نوسانات بارش استان گلستان اشاره نمود. به طوری که یافته‌ها نشان می‌دهند که از وجود ۴۴ درصد معناداری از کل ایستگاه‌های مطالعاتی، حدود ۴۱ درصد از ایستگاه‌ها هم‌زمان با فاز مثبت POL، رخداد ترسالی‌های آن‌ها تقویت گردیده است. به عبارتی رخداد ترسالی‌ها (خشکسالی‌ها) هم‌زمان با فاز مثبت (منفی) شاخص POL می‌باشد.



شکل ۲- ارتباط سنجی بین شاخص  $POL$  با مقادیر شاخص  $Z$  بارش برای تأخیر ۱ تا ۶ ماهه  $a$ : ۱ ماهه تأخیر، ۲ ماهه تأخیر:  $b$ : ۳ ماهه تأخیر:  $c$ : ۴ ماهه تأخیر:  $d$ : ۵ ماهه تأخیر:  $e$ : ۶ ماهه تأخیر:  $f$

#### واسنجی نوسانات چند دهه‌ای اقیانوس اطلس ( $AMO$ ):

پس از بررسی دوره متناظر و تأخیرهای ۱ تا ۱۲ ماهه برای این شاخص با رخداد الگوهای بارشی سطح استان، ملاحظه گردید که تأخیر ۱ ماهه، با ۳۱ درصد معناداری از کل ایستگاه‌های مطالعاتی، بیشینه معناداری را به خود اختصاص داده است. از طرف دیگر نتایج برای این شاخص مؤید این واقعیت بوده که از لحاظ مکانی، بیشینه معناداری‌ها برای ایستگاه‌های واقع در قسمت‌های شرقی استان مشاهده می‌شود (شکل ۳)؛ اما یافته‌های این قسمت نشان دادند که از ۳۱ درصد معناداری کل ایستگاه‌های مورد نظر، حدود ۲۸ درصد از این ایستگاه‌ها هم‌زمان با فاز مثبت شاخص  $AMO$ ، دوره‌ی ترسالی را تجربه نموده‌اند؛ و از طرف دیگر در فاز منفی آن، رخداد خشکسالیها تقویت شده است. در ادامه نقشه‌های تأخیر زمانی یک تا ۶ ماهه در قالب شکل شماره (۳) ارائه شده‌اند.

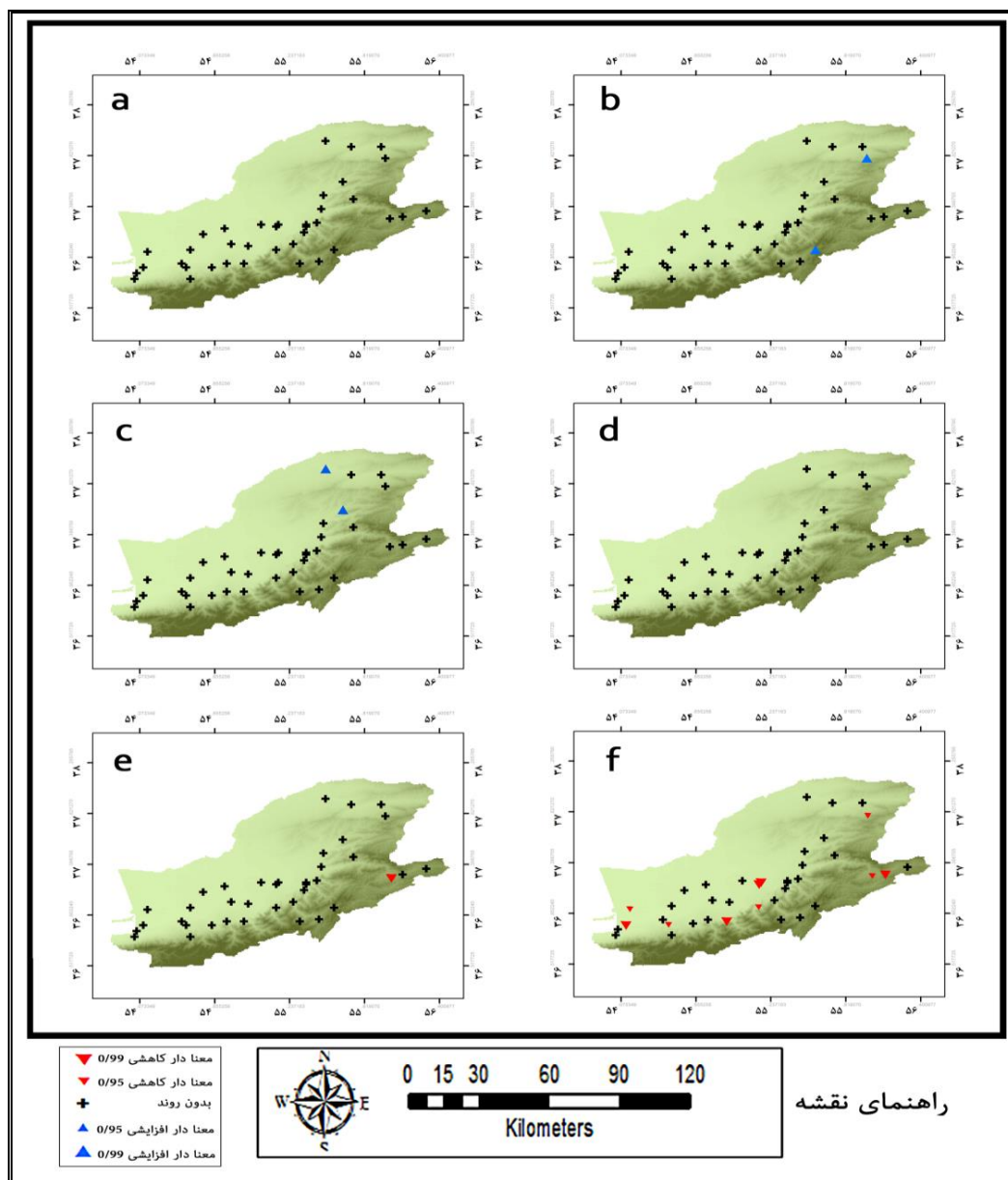


شکل ۳- ارتباط سنجی بین شاخص AMO با مقادیر شاخص نمره Z بارش برای تأخیر ۱ تا ۶ ماهه a: ۱- ماهه تأخیر، ۲- ماهه تأخیر: b: ۳- ماهه تأخیر: c: ۴- ماهه تأخیر: d: ۵- ماهه تأخیر: e: ۶- ماهه تأخیر: f:

### واسنجی نوسان قطبی (AO):

در خصوص شاخص AO و یا همان نوسان قطبی، پس از بررسی دوره متناظر و تأخیرهای ۱ تا ۱۲ ماهه مشخص شد که بیشینه همبستگیها مربوط به تأخیر ۶ ماهه و با ۲۶ درصد معناداری برای ایستگاههای مطالعاتی بوده است (شکل ۴)؛ اما از لحاظ پراکنش مکانی نیز، تمرکز ایستگاههای معنادار برای نواحی واقع در قسمت‌های شرقی و مرکزی استان مشاهده می‌شود. لازم به توضیح بوده که برای تمامی این ۲۶ درصد از ایستگاههای داری سطح معناداری، فاز منفی AO در رخداد ترسالی‌ها تأثیرگذار بوده است. به طوری که با رخداد فاز مثبت آن، خشکسالی‌ها تقویت شده‌اند. در ادامه پراکنش زمانی- مکانی تأخیرهای ۱ تا ۶ ماهه از نتایج همبستگی بین رخداد خشکسالی‌ها (ترسالی‌های) با شاخص نوسان قطب جنوب در سطح استان به صورت شکل شماره (۴) نمایش داده شده است.

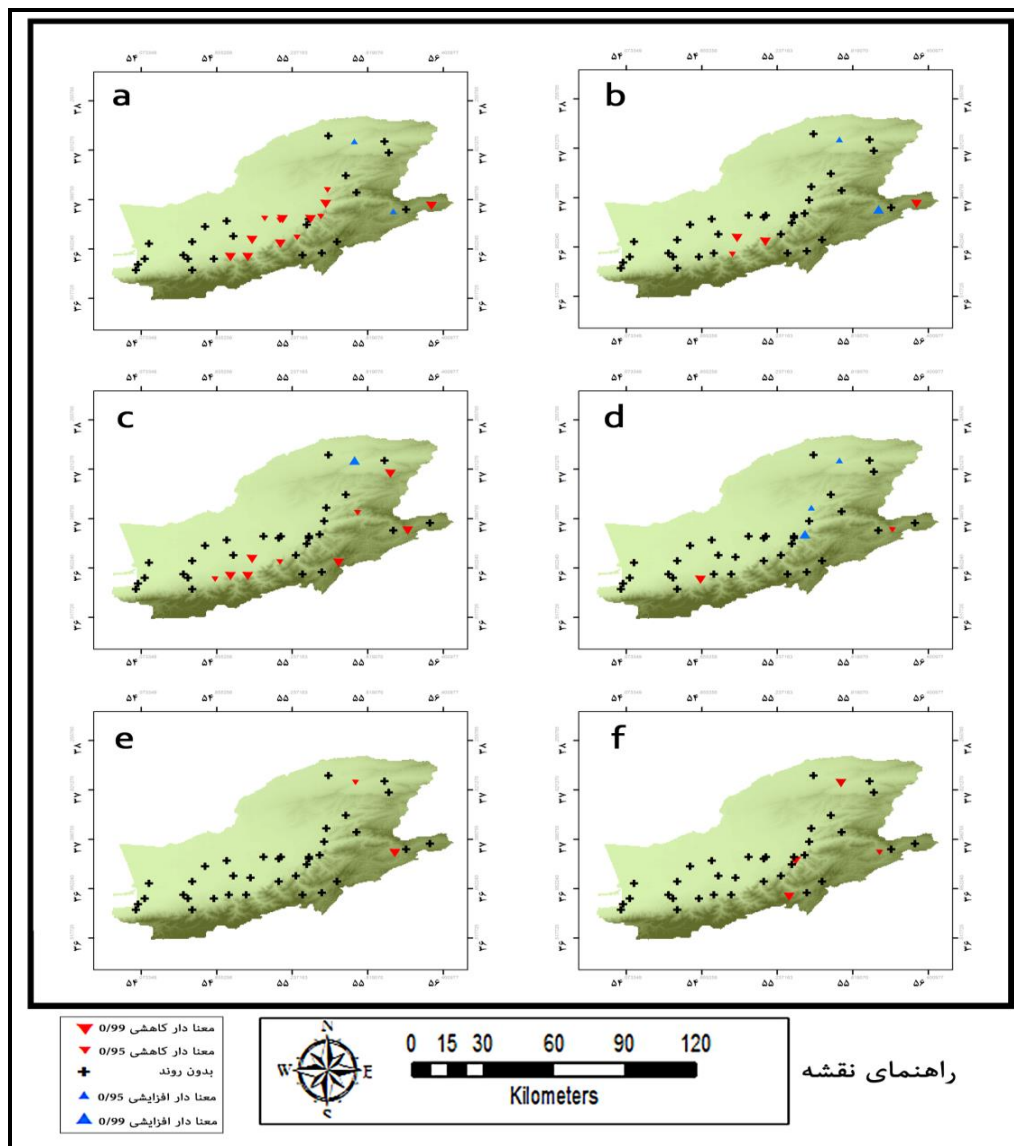




شکل ۴- ارتباط سنجی بین شاخص AO با مقادیر شاخص نمره Z بارش برای تأخیر ۱ تا ۶ ماهه a: ۱ ماهه تأخیر، ۲ ماهه تأخیر: b: ۳ ماهه تأخیر: c: ۴ ماهه تأخیر: d: ۵ ماهه تأخیر: e: ۶ ماهه تأخیر: f:

#### واسنجی الگوی اطلس شرقی (EA):

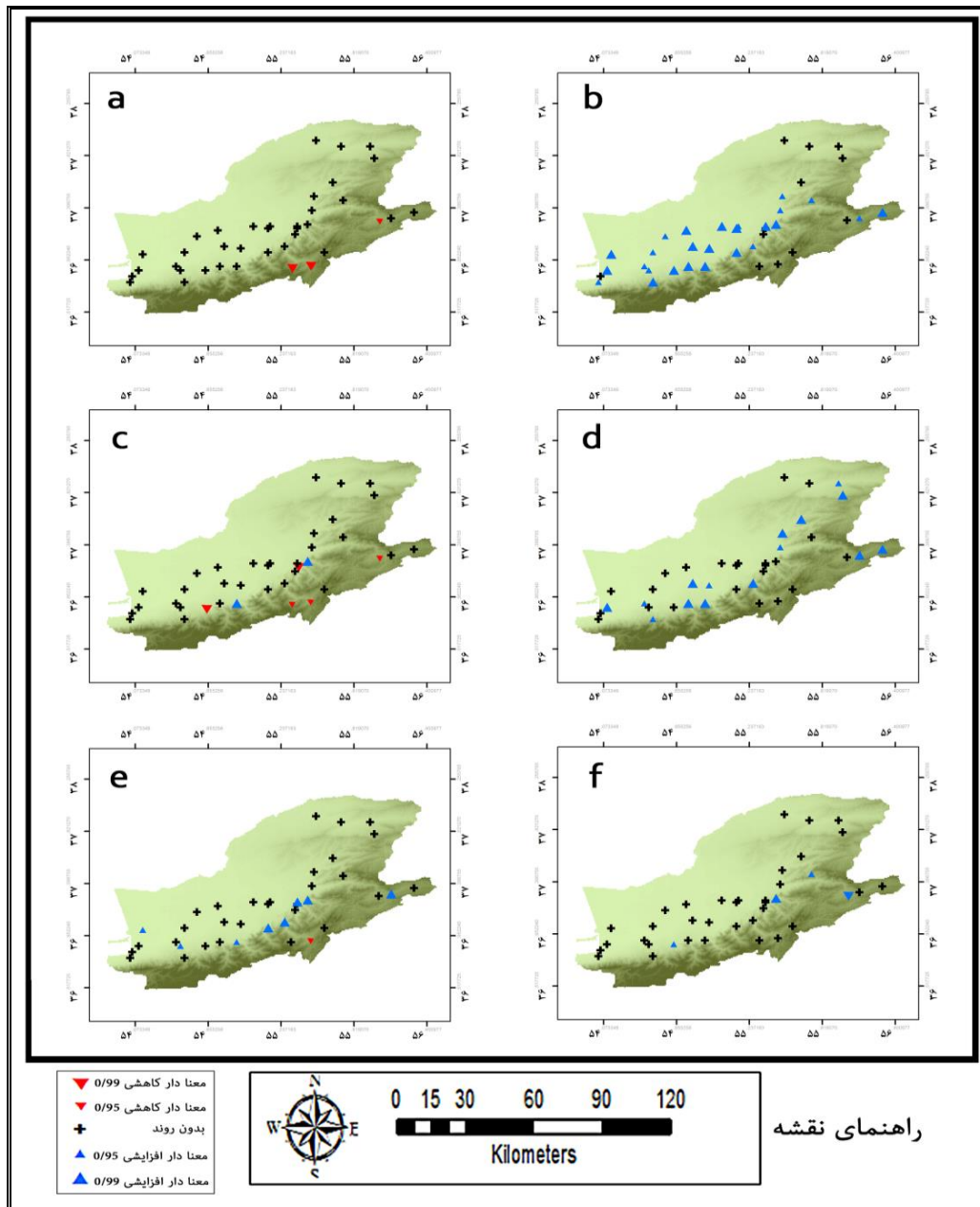
از دیگر شاخص‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر، شاخص الگوی اطلس شرقی می‌باشد. بر مبنای واکاوی تأخیرهای زمانی مختلف، این نتیجه استحصال گردید که تأخیر ۷ ماهه با ۳۸ درصد معناداری از کل ایستگاه‌های مطالعاتی، بیشینه معناداری را به خود اختصاص داده است. همان‌گونه که از شکل (۵) مشاهده می‌شود، از لحاظ پراکنش مکانی، تمرکز اصلی ایستگاه‌ها با سطح معناداری قابل‌پذیرش، در قسمت‌های شرقی و غرب استان به صورت هسته‌هایی پراکنده مشاهده می‌شود؛ اما همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، از کل ۳۸ درصد ایستگاه دارای سطح معناداری، رخداد خشکسالی‌ها برای ۳۳ درصد از آن‌ها در فاز مثبت تقویت شده است. به عبارتی اینکه در فاز منفی آن ترسالی‌ها و فاز مثبت آن خشکسالی‌ها در سطح استان تقویت شده‌اند. در ادامه پراکنش زمانی- مکانی تأخیرهای ۷ تا ۱۲ ماهه از نتایج همبستگی بین رخداد خشکسالی‌ها (ترسالی‌های) با شاخص EA در سطح استان به صورت شکل شماره (۵) نمایش داده شده است.



شکل ۵- ارتباط سنجی بین شاخص EA با مقادیر شاخص نمره Z بارش برای تأخیر ۷ تا ۱۲ ماهه: a: ۷ ماهه تأخیر، ۸ ماهه تأخیر: b: ۹ ماهه تأخیر: c: ۱۰ ماهه تأخیر: d: ۱۱ ماهه تأخیر: e: ۱۲ ماهه تأخیر: f:

#### واسنجی الگوی اطلس شرقی / غرب روسیه (EA/WR):

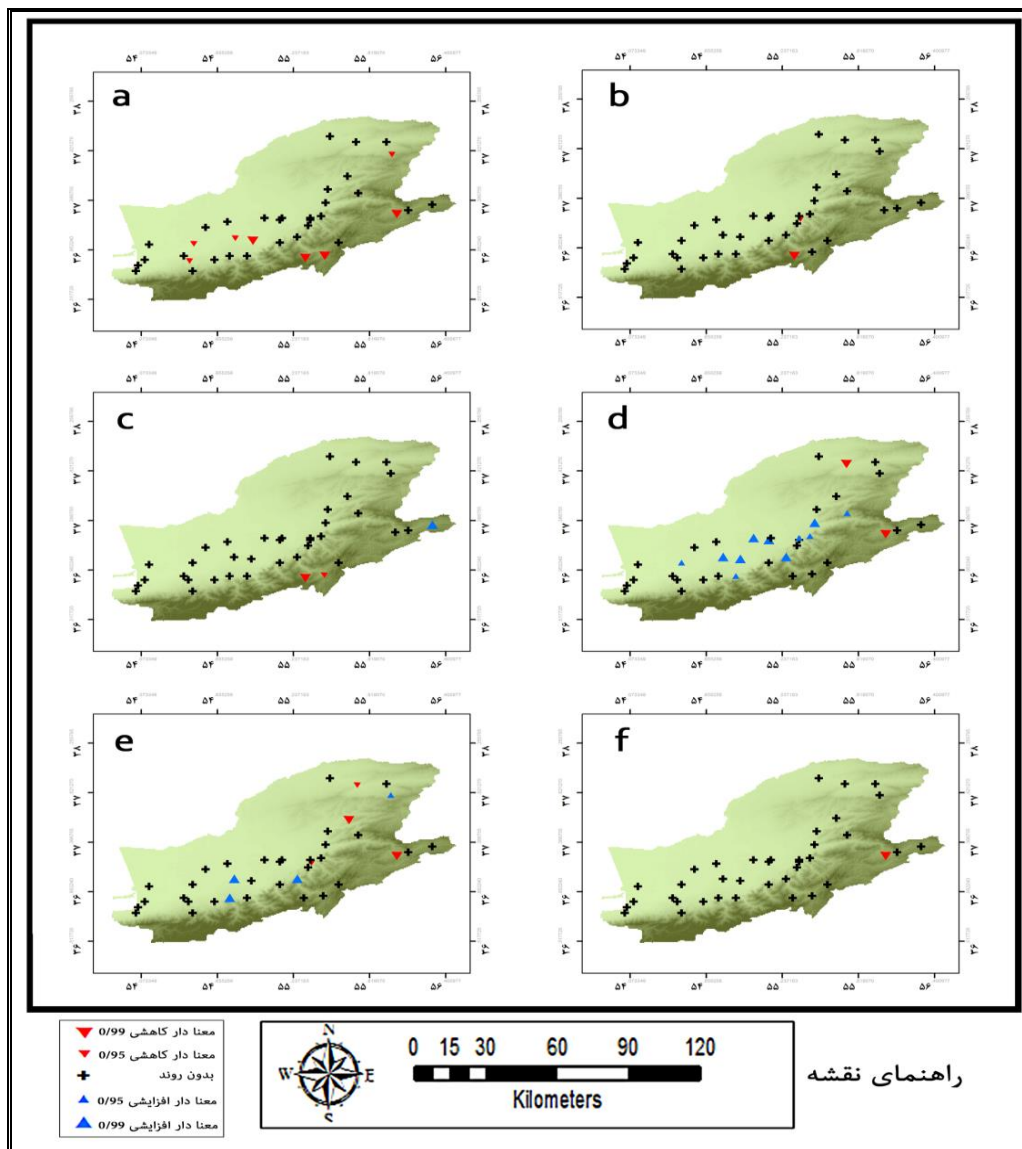
شاخص دیگر مورد مطالعه در پژوهش مورد نظر، الگوی اطلس شرقی / غرب روسیه می باشد. برای این شاخص نیز، همانند سایر الگوهای پیوند از دوری، همبستگی هم زمان تا تأخیر زمانی ۱۲ ماهه مورد بررسی و پایش قرار گرفت. برای این شاخص همانند POL، تأخیر زمانی دوماهه، بیشینه معناداری را در سطح استان نشان می دهد. به گونه ای که از ۱۰۰ درصد ایستگاه های مورد مطالعه، ۶۹ درصد از آن ها در رخداد الگوهای بارشی و به عبارتی ترسالی و خشکسالی های خود، با تأخیر زمانی دو ماهه با شاخص الگوی اطلس شرقی / غرب روسیه، از رابطه معناداری قابل قبولی برخوردار بوده اند (شکل ۶). نکته جالب توجه اینکه، برای تمامی این ۶۹ درصد ایستگاه، وقوع و فراوانی ترسالی ها هم زمان با فاز مثبت EA/WR بوده است؛ بنابراین در فاز منفی شاخص EA/WR، رخداد خشکسالی ها تقویت شده است. در شکل شماره (۶)، تأخیرهای زمانی ۱ تا ۶ ماهه این شاخص با نوسانات بارش استان، نمایش داده شده است.



شکل ۶- ارتباط سنجی بین شاخص  $EA/WR$  با مقادیر شاخص نمره  $Z$  بارش برای تأخیر ۱ تا ۶ ماهه  $a$ : ۱- ماهه تأخیر، ۲- ماهه تأخیر:  $b$ : ۳- ماهه تأخیر:  $c$ : ۴- ماهه تأخیر:  $d$ : ۵- ماهه تأخیر:  $e$ : ۶- ماهه تأخیر:  $f$ :

### نوسانات اقیانوس اطلس شمالی (NAO):

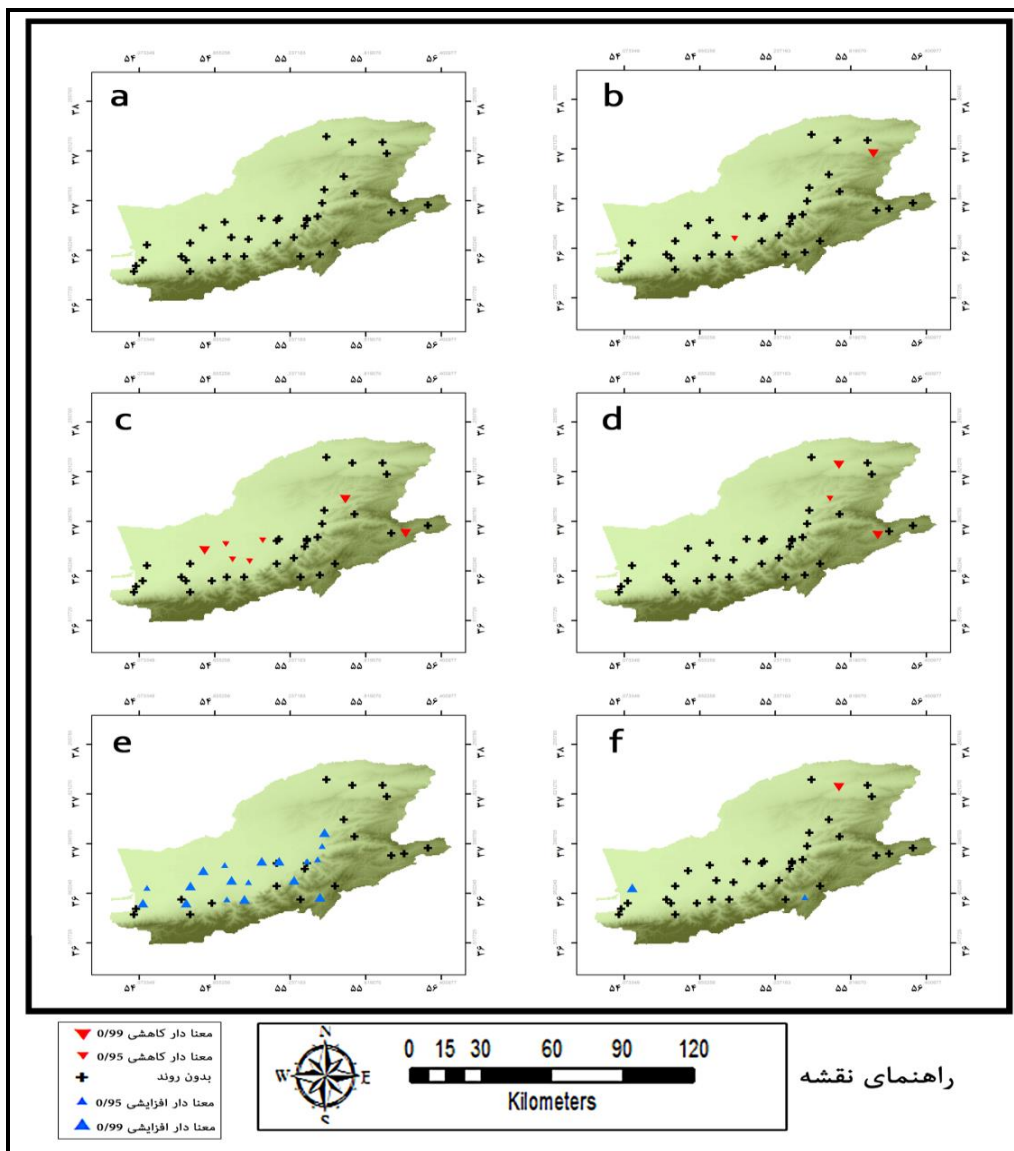
شاخص  $NAO$ ، یکی از مهم‌ترین الگوی پیوند از دوری در سطح دنیا می‌باشد که مطالعات فراوانی در خصوص تأثیر آن بر روی مؤلفه‌های اقلیمی انجام شده است. لذا در مقاله‌ی حاضر نیز، تأثیر فازهای مثبت و منفی آن بر رخداد خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مورد ارزیابی قرار گرفته شده است؛ اما خروجی‌های این بخش برای شاخص  $NAO$ ، مؤید وجود بیشینه‌ی فراوانی معناداری در سطح استان برای تأخیر زمانی ۱۰ ماهه می‌باشد. پایش نتایج این بخش نشان داد که صرفاً از کل ایستگاه‌های سطح استان، الگوهای بارشی ۳۶ درصد از ایستگاه‌ها با رخداد  $NAO$ ، ارتباط معناداری را نشان می‌دهند (شکل ۷)؛ و از طرف دیگر از این ۳۶ درصد ایستگاه، حدود ۳۱ درصد از آن‌ها در رخداد مثبت  $NAO$  با تشدید ترسالی‌ها همراه بوده و در فاز منفی آن خشکسالی‌ها تقویت شده است. در شکل شماره (۷)، تأخیرهای زمانی ۶ تا ۱۲ ماهه نمایش داده شده است.



شکل ۷- ارتباط سنجی بین شاخص  $NAO$  با مقادیر شاخص نمره  $Z$  بارش برای تأخیر ۷ تا ۱۲ ماهه  $a$ : ۷ ماهه تأخیر، ۸ ماهه تأخیر:  $b$ ، ۹ ماهه تأخیر:  $c$ ، ۱۰ ماهه تأخیر:  $d$ ، ۱۱ ماهه تأخیر:  $e$ ، ۱۲ ماهه تأخیر:  $f$

### شاخص نوسان دریای شمال\_ خزر ( $NCP$ ):

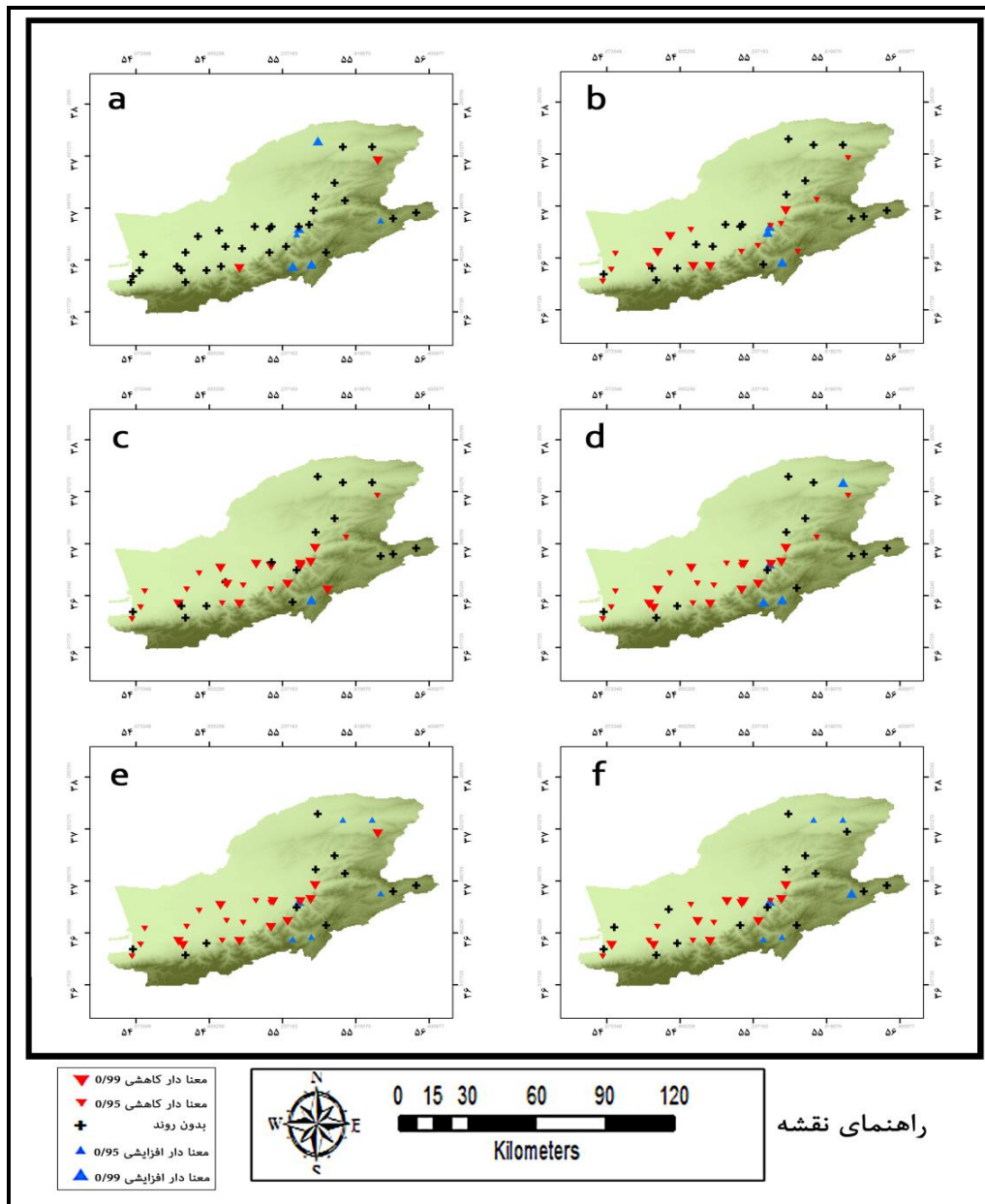
شاخص  $NCP$  و یا همان نوسان دریای شمال، یکی از الگوهای پیوند از دوری می باشد که از لحاظ بعد مسافت در فاصله کمی نسبت به منطقه مطالعاتی ما قرار دارد. به گونه ای که در این الگو اختلاف فشار نرمال شده بین سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر و دریای شمال را در نظر می گیرد. نکته جالب توجه اینکه علی رغم فاصله نزدیک تر شاخص مورد نظر با منطقه مطالعاتی، ولی بیشینه معناداری بین این شاخص با ایستگاه های مورد نظر مربوط به تأخیر ۱۱ ماهه می باشد. بر مبنای این تأخیر زمانی ۴۹ درصد از ایستگاه های مطالعاتی، رخداد الگوهای بارش آن ها متأثر از این الگوی پیوند از دوری بوده است. به طوری که ایستگاه های واقع در نیمه غربی و مرکز استان، بیشینه فراوانی معناداری ها را به خود اختصاص داده اند. (شکل شماره ۸). از سوی دیگر خروجی ها برای این شاخص نشان داد که رخداد فاز مثبت آن با فراوانی رخداد ترسالی ها همراه بوده و خشکسالی های استان با فاز منفی آن انطباق بیشتری دارند.



شکل ۸- ارتباط سنجی بین شاخص  $NCP$  با مقادیر شاخص نمره  $Z$  بارش برای تأخیر ۷ تا ۱۲ ماهه  $a$ : ۷ ماهه تأخیر، ۸ ماهه تأخیر:  $b$ : ۹ ماهه تأخیر:  $c$ : ۱۰ ماهه تأخیر:  $d$ : ۱۱ ماهه تأخیر:  $e$ : ۱۲ ماهه تأخیر:  $f$ :

### شاخص دمای سطح آب حاره ای اطلس شمالی (NTA):

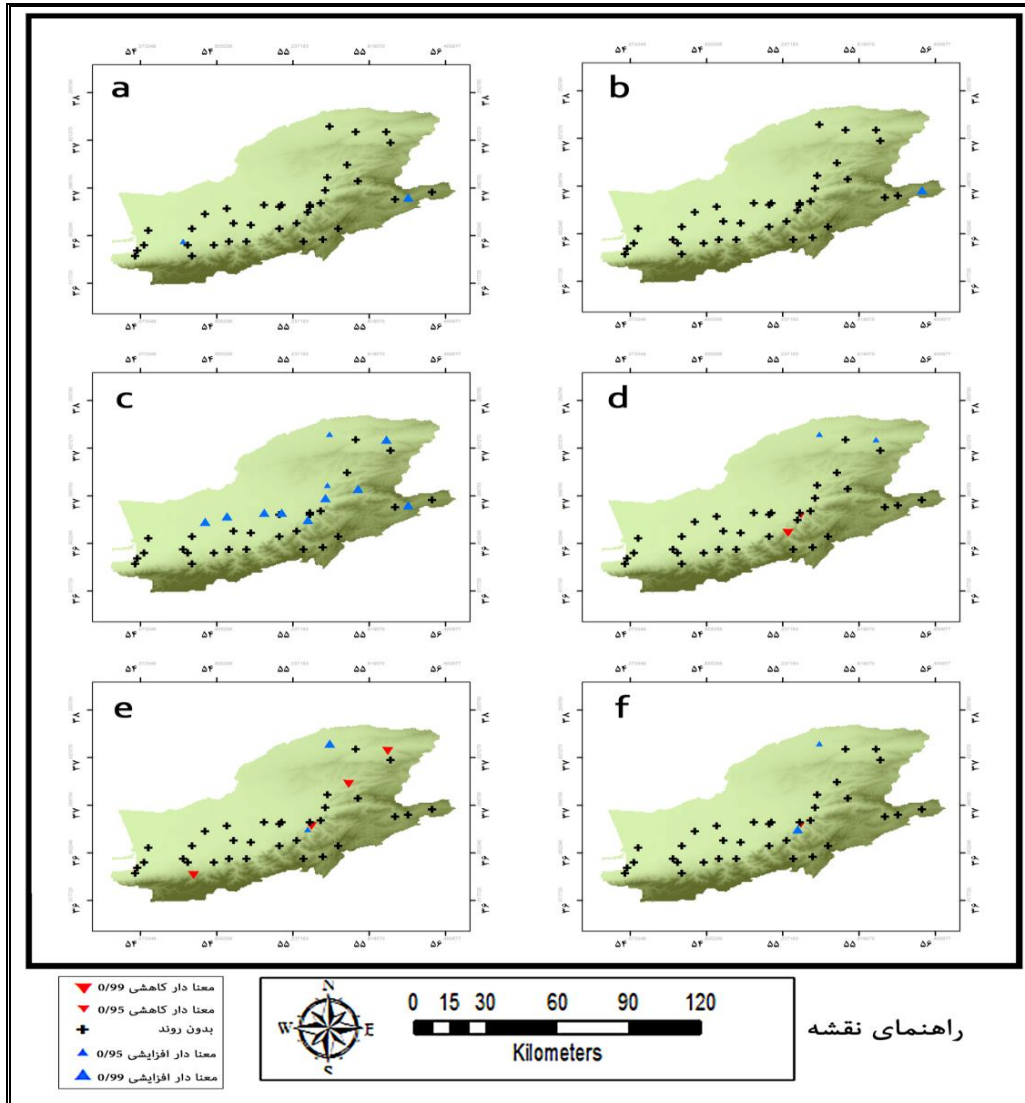
در خصوص شاخص بعدی تحت عنوان دمای سطح آب حاره‌ای اطلس شمالی، مشاهده می‌شود که این الگو از رابطه‌ی بسیار معناداری با رخداد الگوهای بارشی استان برخوردار می‌باشد. به‌طوری‌که در بازه‌ی زمانی با تأخیر ۱۱ ماهه، الگوهای بارشی ۷۲ درصد از ایستگاه‌های مطالعاتی متأثر از این شاخص اقلیمی می‌باشد. برخلاف شاخص  $NCP$  که نیمه غربی استان بیشینه‌ی تأثیر را از آن می‌پذیرد، ولی برای این شاخص، نیمه شرقی و مرکز بیشینه‌ی فراوانی‌های معناداری را به خود اختصاص داده‌اند. (شکل شماره ۹). همچنین برخلاف شاخص  $NCP$ ، رخداد الگوهای ترسالی استان با فاز منفی آن ارتباط معناداری دارند و فاز مثبت آن تقویت‌کننده‌ی شرایط خشکسالی استان بوده است. در شکل شماره ۹ تأخیرهای زمانی ۶ تا ۱۲ ماهه به تصویر کشیده شده است.



شکل ۹- ارتباط سنجی بین شاخص *NTA* با مقادیر شاخص نمره *Z* بارش برای تأخیر ۷ تا ۱۲ ماهه *a*: ۷ ماهه تأخیر، ۸ ماهه تأخیر: *b*، ۹ ماهه تأخیر: *c*، ۱۰ ماهه تأخیر: *d*، ۱۱ ماهه تأخیر: *e*، ۱۲ ماهه تأخیر: *f*

### شاخص الگوی اسکاندیناوی (*SCAND*):

منطقه‌ی اسکاندیناوی از جمله‌ی نواحی می‌باشد که با ریزش هوای سرد بر عرض‌های پایین، مشابه ایران، کنترل‌کننده‌ی شرایط اقلیمی آن برای دوره‌های سرد سال می‌باشد؛ اما الگوی رخداد شاخصی تحت عنوان *SCAND* با رخداد و فراوانی‌های ترسالی‌های (خشکسالی) استان مورد مطالعه قرار گرفت که مشخص شد که بیشینه‌ی فراوانی معناداری‌ها برای ایستگاه‌های استان، متعلق به تأخیر زمانی ۹ ماهه با ۲۸ درصد فراوانی ایستگاه‌ها بوده است. برای این شاخص همانند *NTA*، بیشینه‌ی معناداری‌ها از لحاظ توزیع مکانی متعلق به ایستگاه‌های مرکزی و شرقی استان می‌باشد. برای شکل ۱۰، همبستگی بین مقادیر شاخص نمره *Z* بارش با تأخیر زمان‌های ۶ تا ۱۲ ماهه با الگوی رخداد شاخص *SCAND* نمایش داده شده است. در ادامه در جدول شماره (۴)، به‌طور خلاصه مناسب‌ترین تأخیر زمانی بین الگوهای پیوند از دوری با شاخص نمره *Z* بارش در سطح استان نشان داده شده است.



شکل ۱۰- ارتباط سنجی بین شاخص SCAND با مقادیر شاخص نمره Z بارش برای تأخیر ۷ تا ۱۲ ماهه a: ۷ ماهه تأخیر، ۸ ماهه تأخیر: b: ۹ ماه تأخیر: c: ۱۰ ماه تأخیر: d: ۱۱ ماه تأخیر: e: ۱۲ ماه تأخیر: f:

جدول ۴- الگوی مناسب‌ترین تأخیر زمانی بین خروجی‌های نمره Z بارش با الگوهای پیوند از دور مطالعاتی در سطح استان

شاخص‌ها	بهترین تأخیر زمانی	تأثیر فاز مثبت یا منفی
POL	۲ ماهه	فاز مثبت در ترسالی
AMO	۱ ماهه	فاز مثبت در ترسالی
EA/WR	۲ ماهه	فاز مثبت در ترسالی
NAO	۱۰ ماهه	فاز مثبت در ترسالی
NCP	۱۱ ماهه	فاز مثبت در ترسالی
SCAND	۹ ماهه	فاز مثبت در ترسالی
AO	۶ ماهه	فاز مثبت در خشکسالی
EA	۷ ماهه	فاز مثبت در خشکسالی
NTA	۱۱ ماهه	فاز مثبت در خشکسالی

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶.

## نتیجه گیری:

در مطالعه‌ی حاضر، تأثیرپذیری بارش‌های استان گلستان از ۹ الگو و شاخص پیوندی از دوری اقیانوس آرام و اطلس مورد واکاوی قرار گرفت؛ اما به‌منظور پایش خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان، از شاخص نمره Z بارش استفاده گردید و در نهایت خروجی‌های این شاخص خشکسالی با زمان تأخیرهای مختلف ۱ تا ۱۲ ماهه با رخداد الگوهای پیوند از دوری مورد مطالعه قرار گرفت؛ اما پیش از بیان نتایج کلی برای ارتباط سنجی بین شاخص‌های پیوند از دوری با شاخص نمره Z بارش در سطح استان، لازم به ذکر بوده که روند تغییرات شاخص نمره Z بارش برای تمامی ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف با استفاده از آماره‌ی من-کندال مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت نتایج نشان دادند که برای ماه‌های آوریل با ۵ درصد معناداری ایستگاه‌ها، مارس با ۱۵ درصد، دسامبر با ۳۱ درصد، می با ۴۱ و آگوست با ۵۵ درصد ایستگاه‌های مطالعاتی، روند تغییرات شاخص نمره Z بارش کاهشی و معنادار بوده به‌گونه‌ای که این شرایط گویای تقویت و تشدید خشکسالی‌ها برای این ماه‌ها و ایستگاه‌های استان می‌باشد. در ادامه از خروجی‌های این بخش از تحقیق، این نتیجه استحصالی گردید که روند معنادار مثبت نمره Z بارش برای تمامی ماه‌های سال مشاهده گردید، اما بیشینه‌ی معناداری‌ها با ۷۴ درصد از ایستگاه‌ها متعلق به ماه ژوئن و کمینه‌ی آن با ۲۳ درصد معناداری ایستگاه‌ها برای اکتبر ملاحظه گردید. در مجموع برای شاخص‌های پیوند از دوری AMO، با ۱ ماه تأخیر، برای شاخص‌های EA/WR و POL با ۲ ماه تأخیر، برای شاخص الگوی اسکاندیناوی (SCAND) بیشینه معناداری با تأخیر ۹ ماهه، برای شاخص نوسانات اطلس شمالی (NAO) با تأخیر ۱۰ ماهه و برای شاخص نوسان دریای شمال (NCP) با تأخیر ۱۱ ماهه، بیشینه‌ی معناداری‌ها در سطح استان ملاحظه گردید. همچنین رخداد فاز مثبت (منفی) برای این الگوها با رویداد و تقویت ترسالی‌ها (خشکسالی‌ها) همراه بوده است؛ اما در بررسی شاخص نوسان قطبی (AO)، تأخیر ۶ ماهه‌ی بارش‌ها، همچنین برای شاخص الگوی اطلس شرقی (EA) با تأخیر ۷ ماهه و در بررسی شاخص دمای سطح آب حاره‌ای اطلس شمالی (NTA) بیشینه معناداری با تأخیر ۱۱ ماهه مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که فاز منفی (مثبت) این شاخص‌ها با رخداد ترسالی‌ها (خشکسالی‌ها) ارتباط داشته که این متفاوت از سایر الگوهای پیوند از دوری می‌باشد که پیش‌تر در قسمت بالا در خصوص آن‌ها بحث گردید. همچنین یافته‌های این تحقیق نشان دادند که بیشینه فراوانی معناداری‌ها با ۷۲ درصد از ایستگاه‌های مطالعاتی مربوط به شاخص NAT می‌باشد. لازم به توضیح بوده که با توجه به منطقه بندی شاخص‌های مورد مطالعه، بیشینه‌ی ارتباط بین الگوهای بارشی (ترسالی و خشکسالی) استان متعلق به شاخص‌هایی بوده که در پهنه‌ی آبی اقیانوس اطلس قرار گرفته‌اند. در نهایت یافته‌های این تحقیق می‌تواند گامی مؤثر در کنترل و مدیریت منابع آبی استان بوده، به‌طوری‌که با شناخت صحیح از رابطه بین الگوهای پیوند از دور و بارش‌های استان گلستان می‌توان، پیش‌بینی مناسبی از تغییرات بارشی فصل‌های آتی ارائه نمود تا بدین‌وسیله بتوان با شناخت مناسب از رخداد خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها مدیریت مناسب با رویکرد ریسک را مبذول نمود.

## References:

1. Alijani, B. (1996): *Iran Weather: Payam Noor University Press(Tehran)*.
2. Azizi, Gh. (Autumn 2001): *El Nino and droughts and Wet Periods in Iran: Geographical Research Quarterly. Page 71-84.*
3. Alijani, B. Yarnal, B. Brien. J. O' (2008): *Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. Theoretical and Applied Climatology, 94: 107-124.*
4. Allen J. (2017): *El Nin~o-like teleconnection increases California precipitation in response to warming, nature communications, pp. 1-15.*
5. Estrela, M.J. Pennarrocha, D. Milan, M. (2000): *Multi-annual drought episodes in the Mediterranean (Valencia Region) from (1950-1996): International Journal of Climatology, Vol.20, pp. 1599-1618*
6. Feidas, H. Makrogiannis, T. Bora-Senta, E. (2004): *Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001. Theoretical and Applied Climatology, Volume 79, Numbers 3-4/December, pp 185-2008.*
7. Ghayour, H.A. Khosravi, M. (2001): *" The Impact of Enso on the Anomalies of Summer and*



- Autumn Rainfall in the South East of Iran", Journal of Geographical Research, No. 62, Mashhad, pp. 141-174.(In Persian)*
8. Jiang, T. Kundzewicz, Z. W. Su, B. (2008): *Changes in monthly precipitation and flood hazard in the Yangtze River Basin, China. International Journal of Climatology, Volume 28, Issue 11, pp: 1471-1481.*
  9. Hasanean, H. M. (2004): *Wintertime surface temperature in Egypt in relation to the associated atmospheric circulation. Int. J. climatol., 24, 985-999.*
  10. Hayes, M.J, Svoboda, M.D. Wilhite, D.A. Vanyarkho, O. (1999): *Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bulletin of the American Meteorological Society, No. 80, pp.429-438.*
  11. 7- Ghanghermeh, A., Roshan, G.R. Al-Yahyai, S. (2015): *The influence of Atlantic-Eurasian teleconnection patterns on temperature regimes in South Caspian Sea coastal areas: a study of Golestan Province, North Iran, Pollution, 1(1): 67-83.*
  12. Kendall, M. G. (1975): *Rank correlation methods. Charles Griffin, London.*
  13. Kendall, M.G. Stuart, A. (1997): *The advanced theory of statistics. Charles Griffin & Company: London, High Wycombe, 400-401.*
  14. Christchurch, S. O. Albert, P. (2005): *Decadal trends in the east Atlantic-west Russia pattern and Mediterranean precipitation. Int. J. climatol. 25, 183-192.*
  15. Khoshakhlagh, F. Ghanbari, N. Masoompour Samakosh, J. (1999): *The effects of North Atlantic oscillation on precipitation and temperature of the south coasts of the Caspian Sea. Geographical Research Quarterly. pp. 66-70.*
  16. Khoshakhlagh, F. (1998): *The ENSOs effect on precipitation regime of Iran. Geographical Research Quarterly. pp: 121-134.*
  17. Marengo, J. A. (1995): *Variations and change in South American streamflow. Climatic Change, Volume 31. Number 1 / September, pp 99-117.*
  18. Nazemsadat, M.J (summer 1998): *"Investigation of the influence of surface temperature of Persian Gulf on the rainfall of southern Iran", Journal of Nivar No. 38, Tehran, pp. 33-46.(In Persian)*
  19. Robert, P. Donald, T. Joseph, R. (1998): *Investigation of upper-air conditions occurring with heavy summer rain in Utah, International Journal of Climatology. Volume 29:121-134.*
  20. Smakhtin, V.U. Huges, D.A. (2006): *Automated estimation and analysis of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data, Journal of Environmental Modeling & Software, No. 22, pp.880-890*
  21. Türkes, M. T. Koç, and F. Sariş., (2008): *Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. International Journal of Climatology, Volume 29, Issue 8, pp 1056-1074.*
  22. Tayanç, M., and H. Toros., (1997): *Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. Climatic change, Volume 35, Number 4 / April, pp. 501-524.*
  23. Yue, S. Hashino, M. (2003): *Temperature trends in Japan: 1900-1996. Theoretical and Applied Climatology, Volume 75, Numbers 1-2, June, pp 15-27.*
  24. Vakhshoori, A. Jafar Poor, Z. Kardavani, P.(2017): *Determining the most suitable index for droughts rainfall region in Iran. Regional Planning Quarterly. 7(28):201-2012.*