صص۷۴-۵۵

بررسی رابطه بین الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی با خشک‌سالی‌های شمال غرب ایران

یوسف طلوعی
دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران
امیر گندمکار*
دانشیار گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران
محسن باقری بداغ آبادی
استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۹

چکیده
خشک‌سالی از پدیده‌های اقلیمی است که در هر منطقه‌ای احتمال رخداد آن وجود دارد و منجر به زیان‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود. با توجه به اهمیت الگوهای پیوند از دور و تأثیر آن‌ها بر آب و هوا، از این‌رو پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط بین الگوهای پیوند از دور و خشک‌سالی در شمال غرب ایران صورت گرفته است. در این راستا از آمار بارش ۱۷ ایستگاه سینوپتیک واقع در استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان طی دوره آماری ۱۹۸۸ تا سال ۲۰۱۸ و آمار ۱۶ الگوی پیوند از دور نیمکره شمالی طی همان دوره استفاده شد. ابتدا با استفاده از شاخص (SPI) خشک‌سالی منطقه مورد مطالعه در مقیاس سالانه، با زمان تأخیر یک‌ماهه و با زمان تأخیر دوماهه بررسی شد. سپس با استفاده از روش همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی ارتباط بین خشک‌سالی و الگوهای پیوند از دور بررسی شد. نتایج حاصل شده بیانگر آن است که در مقیاس ماهانه الگوی PNA، در زمان تأخیر یک‌ماهه الگوی TNA و در زمان تأخیر دوماهه الگوی NAO بیش از سایر الگوها با ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی نشان داده است. از نظر مکانی نیز ایستگاه‌های مراغه و جلفا بیش از سایر ایستگاه با الگوهای پیوند از دور همبستگی نشان داده‌اند. بررسی ضرایب همبستگی فصلی نیز نشان داد که در فصل زمستان الگوهای HCNA و SNA؛ در فصل بهار الگوهای NAM، NPI و PN؛ در فصل تابستان الگوی SNAO و در فصل پائیز الگوی POL/PEP بیش از سایر الگوها با خشک‌سالی ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی داشته‌اند.

واژگان کلیدی: **خشک‌سالی، الگوهای پیوند از دور، نمایه SPI، نیمکره شمالی، شمال غرب ایران.**

مقدمه

خشک‌سالی یکی از جنبه‌های ذاتی تغییرپذیری شرایط اقلیمی است، گرچه برخی آن را واقعه‌ای نادر و تصادفی می‌نگارند، اما خشک‌سالی ویژگی موقت تمام مناطق اقلیمی است هرچند مشخصات آن از یک منطقه به منطقهٔ دیگر تفاوت می‌کند

* نویسنده مسئول: Email: aagandomkar@gmail.ac.ir

(خسروی،۱۳۸۳). مسئله خشک‌سالی به‌عنوان مهم‌ترین پدیده افراطی اقلیمی از معضلات محیطی در اغلب کشورهای جهان به‌ویژه ایران است و به هنگام وقوع، شدیداً بر منابع آب و متعاقب آن بر کشاورزی، بهداشت، صنعت و سایر موارد زندگی اثرات منفی می‌گذارد (خورشید دوست و همکاران،۱۳۸۷). در سال‌های اخیر بنا به عللی که غالباً مربوط به تغییرات جهانی اقلیم هستند، ناهنجاری‌های بارش در نواحی مختلف مملکت ما نیز فزونی یافته است. افزایش وقوع خشک‌سالی و سیلاب در نواحی مختلف کشور را می‌توان از اثرات نوسانات بارش محسوب نمود. قرار گرفتن بیش از ۹۰ درصد مساحت کشور در منطقه خشک و کم آب جهان، کافی است تا دوره‌های خشک‌سالی و تکانه‌های ناشی از آن را که بر دوره‌های ترسالی غلبه دارد، به‌عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی سیاستمداران و برنامه ریزان کشور قرار دهد (قویدل رحیمی، ۱۳۸۳). الگوهای پیوند از دور منعکس‌کنندهٔ تغییرات در مقیاس وسیع در امواج اتمسفری و موقعیت رود بادها بوده و بر درجه حرارت، بارش، مسیر طوفان‌ها و موقعیت و شدّت رود باد بر روی مناطق وسیع تأثیر می‌گذارند؛ بنابراین آن‌ها اغلب موجب وقوع الگوهای هوایی نابهنجاری هستند که به‌طور هم‌زمان در مناطق دورتری اتفاق می‌افتد (خسروی،۱۳۸۴). کیگنتسه و همکاران[1] (۲۰۰۸) رابطه بین ENSO و خشک‌سالی بر فراز جنوب شرقی ایالات‌متحده را بررسی کردند. نتایج نشان داد خشک‌سالی یا دوره مرطوب در جنوب شرقی در طول زمستان سرد (گرم) یا اوایل بهار محتمل‌تر بوده و تأثیر ENSO بر بارش به‌صورت فصلی بوده است. زاروگ[2] و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که کاهش بارش و خشک‌سالی حوضه نیل با پدیده النینو در ارتباط می‌باشد. دری دیگر در مرکز فنلاند، به بررسی نقش الگوهای پیوند از دور بر تغییرپذیری شرایط خشک و مرطوب پرداخته‌اند، نتایج نشان داده که شرایط خشک و مرطوب همبستگی منفی با الگوهای پیوند از دور EA/ER و Scand و همبستگی مثبت با نوسان اطلس شمالی دارد (ایران‌نژاد و همکاران،۲۰۱۵). در پژوهشی دیگر رابطه بین شرایط خشک و مرطوب جهانی و حالت‌های اقیانوس آرام و اطلس مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از این است که رخدادهای ENSO به‌صورت گسترده در حدود ۳۸٪ بر سطوح خشکی کرهٔ زمین به‌استثنای قطب جنوبی تأثیر داشته و جنوب و غرب امریکای شمالی و شمال امریکای جنوبی و شرق روسیه نیز از شاخص PDO متأثر بوده است (سان و همکاران[3] ۲۰۱۶). بررسی ارتباط الگوهای اقلیمی پیوند از دور با مکانیسم بارش در منطقه خشک اندوریک، نشان داد که برهمکنش بین نوسانات اقلیمی چندگانه در بیشتر فصول و فازها نامتجانس بوده و در برخی از فازها ارتباط معنی‌داری با شدت سیلاب و خشک‌سالی در اثر تقویت نوسانات اقلیمی می‌تواند باشد (شی و همکاران[4]، ۲۰۱۶). تأثیر شاخص‌های ENSO و IOD با تابستان موسون بر پتانسیل تولید برنج در هندوستان توسط جاها و همکاران[5] (۲۰۱۶) مورد بررسی قرار گرفته و دریافتند که تولید برنج در مرکز و شرق هند به‌شدت تحت تأثیر سال‌های با حاکمیت النینو قرارگرفته و همچنین این مناطق در مقایسه با دشت این دو گانگتیک[6] از رابطه ضعیف‌تری با النینو برخوردار است. پارک و لی[7] (۲۰۱۸) نوسان النینو حاره‌ای آرام شمالی را به‌وسیله نوسان چند

[1]- Kingtse et al
[2]- Zaroug
[3]- Sun et al
[4] - Shi et al
[5] - Jha et al
[6] - Indo-Gangetic
[7]- Park &Li

دهه‌ای آتلانتیک بررسی کردند. نتایج نشان داد رابطه El Niño–TNA غیر ایستا هست و به مرحله نوسان چند دهه‌ای آتلانتیک بستگی دارد. مطالعه تأثیر الگوهای جوی اقیانوسی بر شاخص خشک‌سالی SPEI در اسپانیا نشان داد که الگوهای نوسانات شمالی (AO) و اطلس شمالی (NAO) تأثیر قابل توجهی در خشک‌سالی زمستان مناطق وسیعی از شبه‌جزیره ایبری دارند، در حالی که الگوی نوسان مدیترانه غربی (WeMo) بیشترین تأثیر را در رفتار هیدرولوژیکی منطقه جنوب شرقی نشان می‌دهد (مانزانو[1] و همکاران،۲۰۱۹). تأثیر نوسان آب و هوا در مقیاس سیاره‌ای بر خشک‌سالی در آفریقای غربی توسط اوگانجو و همکاران[2] (۲۰۱۹) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشانگر این است که شاخص SOI با خشک‌سالی منطقه همبستگی مثبت نشان داد در حالی که PDO و NAO همبستگی منفی نشان دادند. استیابان[3] و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر الگوهای پیوند از دور را بر دمای سطح آسیای شرقی با استفاده از مدل پیش‌بینی CMIP5 بررسی کردند. نتایج نشان داد که رابطه دمای شرق آسیا با الگوی AMO توسط عوامل خارجی محدود می‌شود در حال که رابطه با الگوی PDO تا حد زیادی متأثر از تغییر در الگوهای داخلی می‌باشد. والدیویسو[4] و همکاران (۲۰۲۰) الگوهای متنوع آب و هوایی در مقیاس سیاره‌ای را بر خشک‌سالی در امریکای جنوبی بررسی و دریافتند هنگامی‌که PDO در مرحله منفی باشد، وقوع خشک‌سالی بیشتر است. همچنین زمانی که ENSO، در مرحله خنثی و PDO، در مرحله منفی است، خشک‌سالی شدیدتر می‌باشد. ارتباط بین شاخص‌های اقیانوسی – جوی و خشک‌سالی در ایران با استفاده از رگرسیون‌های کمی نشان داد که اثر شاخص‌های بزرگ اقیانوسی و جوی تأثیرات ناهمگن بر شرایط شدید خشک و مرطوب دارد (امینی[5] و همکاران، ۲۰۲۰). ارزیابی تأثیر شاخص‌های جوی اقیانوس بر خشک‌سالی در ایران گویای این است که شاخص‌های AMO و NINO 4 مهم‌ترین و مکررترین رابطه را با SPI در مناطق غربی و شمالی ایران داشتند (محمدرضایی[6] و همکاران،۲۰۲۰). همچنین روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان‌مقیاس نیمکره شمالی با خشک‌سالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان توسط خسروی (۱۳۸۳) بررسی و نتـایج نشان داد که الگوهای چند متغیرهٔ انسو (MEI)، نوسان شمالی (NOI)، آرام شمالی (NP)، دهه‌ای اقیانوس آرام (PDO) و قطبی اوراسیا (POL) بیشترین همبستگی را با شاخص Spi سالانه دارند. بررسی الگوهای پیوند از دور بر خشک‌سالی‌های فراگیر زمستانه استان سیستان و بلوچستان نیز حاکی از آن است که این الگوها درمجموع ۵۵ درصد از تغییرات شاخص (SPI) را تبیین می‌نماید و الگوی اسکاندیناوی به‌عنوان مؤثرترین الگوی نبین کننده شدت خشک‌سالی تعیین شد (خسروی، ۱۳۸۴). آشکارسازی تغییرات بارش ماهانه ایستگاه اهر در ارتباط با الگوهای پیوند از دور نشان داد که بارش‌های پاییزی ایستگاه اهر با فاز گرم یا النینو موجب افزایش بارش و در فاز سرد یا لانینا موجب خشک‌سالی می‌شود و رابطه بارش‌های زمستانی با نوسانات اطلس شمالی و نوسانات اقیانوس منجمد شمالی (شمالگان) معنی‌دار بوده است (خورشید دوست، ۱۳۸۷). بررسی ارتباط الگوی پیوند از دور نوسانات جوی– اقیانوسی نیمکره شمالی (NAO) با خشک‌سالی‌های استان

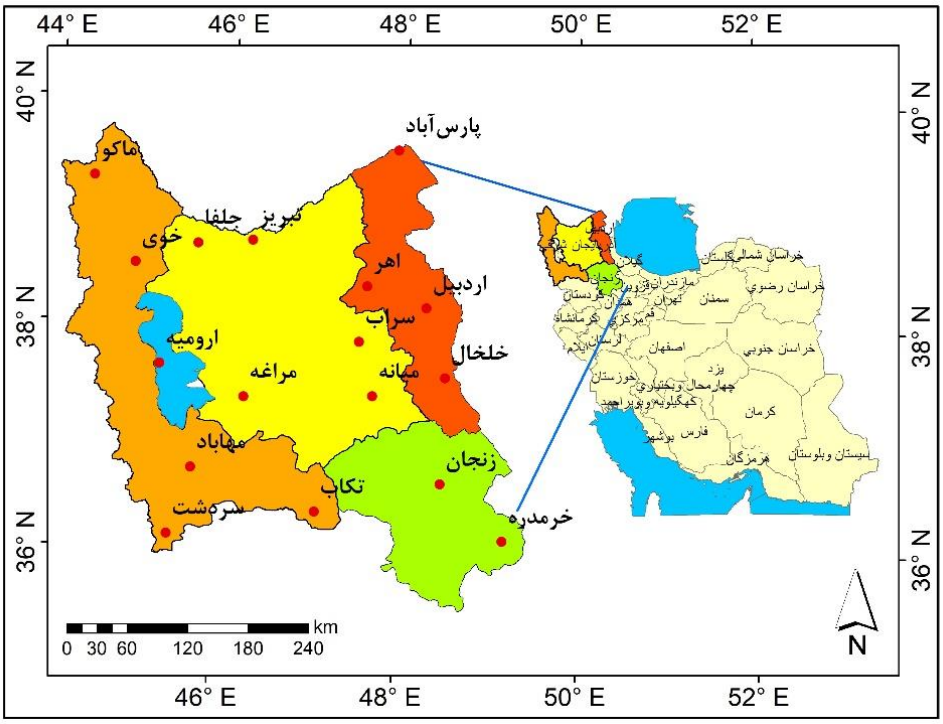
[1]- Manzano et al
[2]- Ogunjo et al
[3]- Satyaban
[4]- Valdivieso et al
[5]- Amini et al
[6]- Mohammadrezaei et al.

فارس نشان داد ایستگاه آباده در تمامی تأخیرهای ۹، ۱،۲ ماهه بیشترین تعداد دفعات را به خود اختصاص داده است و کمترین تعداد دفعات همبستگی با شاخص NAO در ایستگاه کازرون مشاهده شد (سلیقه و همکاران، ۱۳۹۲). تأثیر الگوهای پیوند از دور دریای شمال- خزر بر نوسانات بارش‌های پاییزی مناطق غرب و شمال غرب ایران توسط قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد الگوی جدید پیوند از دور دریای شمال – خزر نیز از الگوهای تأثیرگذار بر نوسانات بارش و وقوع دوره‌های مرطوب و خشک پاییزه شمال غرب و غرب ایران است. در پژوهشی دیگر ارتباط شاخص اقلیمی NAO با مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل دمای ماهانه شمال غرب ایران بررسی و نتایج نشانگر همبستگی منفی بین NAO با دماهای شمال غرب ایران است (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۳). فلاح زاده و همکاران (۱۳۹۷) ارتباط الگوهای پیوند از دور را با خشک‌سالی حوضه قره قوم بررسی کردند. نتایج نشان داد ۵ شاخص پیوند از دور نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام، نینو ۴، چند متغیره انسو، دو قطبی اقیانوس هند و نوسان مادن جولیان در منطقه ۱ اقیانوس آرام با پهنه اول (عامل اول) در مقیاس زمانی ۶ ماهه در ارتباط بوده‌اند. گرگانی نژاد و بذرافشان (۱۳۹۷) اثر الگوهای پیوند از دور را بر دوره‌های خشک و تر قسمتی از حوضه خلیج‌فارس بررسی کردند. نتایج نشان داد مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات بارش در دوره خشک بر روی اقیانوس اطلس و پس از آن قطب (با واریانس ۲/۹۲ درصد) واقع شده است. اثرات نوسان اطلس شمالی بر ناهنجاری تراز میانی جو و بارش غرب ایران توسط طولابی و همکاران (۱۳۹۷) بررسی و نتایج نشان داد خشک‌سالی‌های هم‌زمان با فاز منفی بسیار شدیدتر از ترسالی‌های ناشی از فاز مثبت نوسان اطلس شمالی بوده است. سید نژاد گل خطمی و همکاران (۱۳۹۹) تأثیر NAO را بر بارش‌های ایران طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۷۹ بررسی و دریافتند فاز منفی NAO همراه با افزایش بارش در شمال غرب و جنوب غرب ایران می‌باشد. میرزایی حسنلو و همکاران (۱۳۹۹) تأثیر الگوهای پیوند از دور را بر بارش و خشک‌سالی حوضه دریاچه ارومیه بررسی و دریافتند شاخص NAO دارای همبستگی مثبت با بارش دریاچه ارومیه بوده و بیشترین تأثیر را بارش و خشک‌سالی دریاچه داشته است. مطالعه پیشینه‌های پژوهشی نشانگر ارتباط بین شاخص‌های مختلف اقلیمی با عناصر اقلیمی و تغییرات آن‌ها در نقاط مختلف جهان و ایران است. با توجه به پژوهش‌هایی که در ارتباط با تأثیر شاخص‌های اقلیمی پیوند از دور نیمکره شمالی انجام شده در کشور مشخص می‌شود که در بیشتر مطالعات، توجه پژوهشگران عموماً به بررسی اثر پدیده‌های نائو[1] و آئو[2] بـر پدیده بارش و دما معطوف بوده است. علاوه بر ایـن تنهـا در برخی از مطالعات، به بررسی تعداد سیگنال‌های بیشتری عـلاوه بـر نائو و آئو پرداخته شده است (خسروی، ۱۳۸۳). لذا مشخص می‌شود که بررسی جامعی از شاخص‌های اقلیمی پیوند از دور نیمکره شمالی بر خشک‌سالی شمال غرب ایران صورت نگرفته است. بدین منظور این با هـدف بررسـی تأثیر شاخص اقلیمی پیوند از دور نیمکره شمالی بر خشک‌سالی‌های شمال غرب ایران صورت گرفته است.

[1]- NAO
[2]- AO

داده‌ها و روش‌ها

شمال غرب ایران بین طول جغرافیایی″ ۰۳ ′۱۲ °۴۴ تا ″۵۱ ′۳۲ °۴۹ شرقی و عـرض جغرافیایی ″۱۵ ′۳۰ °۳۵ تا ″ ۳۵ ′۴۸°۳۹ شمالی واقع‌شده است. منظور از شمال غرب کشور، پهنه‌ای است که استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان را در بر می‌گیرد. (عساکره و همکاران، ۱۳۹۰). چهارچوب روش‌شناسی پژوهش در چندین گام بیـان می‌شود: ابتدا برای نیل بـه پـژوهش از دو پایگـاه داده استفاده‌شده است، پایگـاه اول مربـوط بـه متغیر بارش ماهانه ۱۷ ایستگاه سینوپتیک موردمطالعه در شمال غرب ایران، این داده به‌صورت ماهانه در طی دوره آماری ۱۹۸۸–۲۰۱۸ از سازمان هواشناسی مرکزی تهیه شد. در شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. در جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. پایگـاه دوم مربـوط بـه مقـادیر ماهانـه شاخص‌های پیونـد از دور (جدول ۲) از وب‌سایت نوا[1] طی دوره آماری ۱۹۸۸–۲۰۱۸ برداشت شد.



ماخذ: نگارندگان

شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

[1] www.cdc.noaa.gov

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب و دوره زمانی داده‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	اهر	سینوپتیک	۴۷°.۶۰	۳۸°.۴۳	۱۳۹۰.۵
۲	اردبیل	سینوپتیک	۴۸°.۲۸	۳۸°.۲۵	۱۳۳۲
۳	خلخال	سینوپتیک	۴۸°.۵۱	۳۷°.۶۳	۱۷۹۶
۴	پارس‌آباد	سینوپتیک	۴۷°.۹۱	۳۹°.۶۵	۳۱.۹
۵	تبریز	سینوپتیک	۴۶°.۲۸	۳۸°.۸	۱۳۶۱
۶	زنجان	سینوپتیک	۴۸°.۴۸	۳۶°.۶۸	۱۶۶۳
۷	مراغه	سینوپتیک	۴۶°.۲۶	۳۷°.۴۰	۱۴۷۷.۷
۸	مهاباد	سینوپتیک	۴۵°.۷۱	۳۶°.۷۵	۱۳۵۱.۸
۹	خرمدره	سینوپتیک	۴۹°.۱۸	۳۶°.۱۸	۱۵۷۵
۱۰	خوی	سینوپتیک	۴۴°.۹۶	۳۸°.۵۵	۱۱۰۳
۱۱	ماکو	سینوپتیک	۴۴°.۴۳	۳۹°.۳	۱۴۱۱.۳
۱۲	سردشت	سینوپتیک	۴۵°.۴۸	۳۶°.۱۵	۱۵۵۶.۸
۱۳	ارومیه	سینوپتیک	۴۵°.۳	۳۷°.۶۶	۱۳۲۸
۱۴	سراب	سینوپتیک	۴۷°.۵۳	۳۷°.۹۳	۱۶۸۲
۱۵	تکاب	سینوپتیک	۴۷°.۱۰	۳۶°.۴۰	۱۸۱۷.۲
۱۶	میانه	سینوپتیک	۴۷°.۷۰	۳۷°.۴۵	۱۱۱۰
۱۷	جلفا	سینوپتیک	۴۵°.۶۶	۳۸°.۷۵	۷۳۶.۲

ماخذ: نگارندگان

جدول ۲: لیست شاخص‌های پیوند از دور مورداستفاده در این پژوهش

ردیف	تعریف و منطقه	بازه‌ای آماری	شاخص/الگو	تعریف لاتین
۱	نوسانات قطبی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Ao	Arctic Oscillation
۲	اطلس شرقی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Ea	East Atlantic
۳	الگوی اطلس شرقی و غرب روسیه	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Ea-Wr	East Atlantic/Western Russia
۴	نوسانات اقیانوس اطلس شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Nao	North Atlantic Oscillation
۵	نوسانات گردشی اقیانوس آرام شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Npgo	North Pacific Gyre Oscillation (Index)
۶	شاخص اقیانوس آرام شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Npi	North Pacific Index
۷	شاخص دمای سطح آب حاره‌ای اطلس شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Nta	North Tropical Atlantic Sst Index
۸	شاخص مد سالانه شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Nam	Northern Annuler Mode ~ Ao
۹	شاخص نوسانات شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Noi	Northern Oscillation Index
۱۰	الگوی اقیانوس آرام و آمریکایی شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Pna	Pacific/North American Pattern
۱۱	الگوی قطبی اروپا آسیا	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Pol/Pe	Polar/Eurasia Pattern
۱۲	شاخص تابستانی نوسانات اطلس شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Snao	Summer Nao Index
۱۳	شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس شمالی	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Tna	Tropical Northern Atlantic
۱۴	الگوی نوسان رود باد نزدیک حاره‌ای شرق اقیانوس آرام	۱۹۸۸–۲۰۱۸	Tnh	Tropical/Northern Hemisphere Pattern
۱۵	گرمای بالای سطح اقیانوس اطلس شمالی تا ارتفاع ۷۰۰ برحسب ژول	۱۹۸۸–۲۰۱۸	HCNA	Upper Ocean Heat Content Of The North Atlantic
۱۶	گرمای بالای سطح اقیانوس هند شمالی تا ارتفاع ۷۰۰ برحسب ژول	۱۹۸۸–۲۰۱۸	HCNI	Upper Ocean Heat Content Of The North Indian

ماخذ: نگارندگان

در گام دوم پس از کنترل کمی و کیفی داده‌های بارش ماهانه در محیط نرم‌افزار اکسل، برای تعیین دوره خشک‌سالی از شاخص SPI یا شاخص بارش استانداردشده در محیط نرم‌افزار Dip[1] استفاده شد که معادله آن به شرح ذیل است:

$$spi = \frac{p_{ik} - \bar{p}_i}{\sigma_i} \quad \text{رابطه ۱)}$$

در معادله فوق: spi ب ش استانداردشده p_{ik}مقدار بارش ایستگاه‌ها در k امین مشاهده به میلی‌متر، $\bar{p}$ میانگی بارش بلندمدت ایستگاه i ه ل متر و σ_i انحراف معیار داده‌های بارش بلندمدت ایستگاه i است(سیگارواست (همکاران، ۱۳۸۸). دامنه طبقه‌های شدت برای تعیین ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها بر اساس نمایهٔ SPI در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳: مقیاس طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک بر اساس روش بارش استانداردشده (SPI)

طبقه	مرطوب خیلی شدید	مرطوب شدید	مرطوب متوسط	نرمال	خشکی متوسط	خشکی شدید	خشکی بسیار شدید
مقدار SPI	بالاتر از ۲	۱/۵ تا ۱/۹۹	۱/۴۹ تا ۱/۹	۰/۹۹ تا ۰/۹۹-	۱/۴۹- تا ۱/۹-	۱/۵- تا ۱/۹۹-	-۲ و کمتر
کد طبقه	۷	۶	۵	۴	۳	۱	۱

ماخذ: خلیقی سیگارودی و همکاران، ۱۳۸۸

جدول ۴: نحوه قضاوت درباره ضرایب همبستگی بین دو متغیر

خیلی ضعیف	۰/۱	**نسبتاً قوی**	۰/۵
ضعیف	۰/۲	**قوی**	۰/۶
نسبتاً متوسط	۰/۳	**خیلی قوی**	۰/۷ به بالا
متوسط	۰/۴	**-**	-

مأخذ: سبحانی و همکاران، ۱۳۹۰

جهت بررسی ارتباط خشک‌سالی‌های شمال غرب ایران با الگوهای پیوند از دور از روش همبستگی پیرسون و رگرسیون چندگانه با روش گام‌به‌گام استفاده شد. رابطه بین شاخص SPI با مقادیر ماهانه شاخص‌های پیوند از دور به‌صورت متوالی در مقیاس‌های زمانی ماهانه، با تأخیر یک‌ماهه، دوماهه و همچنین به‌صورت فصلی بررسی و ایستگاه‌هایی که دارای رابطه معنی‌دار مستقیم یا معکوس با شاخص‌های پیوند از دور بودند مشخص گردید.

بحث و یافته‌ها

تحلیل همبستگی ماهانه

در قسمت اول پژوهش جهت تشخیص ارتباط داده‌های نمایه SPI ماهانه ایستگاه‌های موردمطالعه به‌صورت سری زمانی با شاخص‌های اقلیمی پیوند از دور، در مقیاس‌های ماهانه (هم‌زمان به‌صورت متوالی)، با تأخیر یک‌ماهه، دوماهه و به‌صورت فصلی (زمستان، بهار، تابستان و پائیز) از آزمون همبستگی استفاده شد. سپس نتایج به ترتیب در جدول‌های ۵ تا ۱۳ آورده گردید. تحلیل همبستگی بین شاخص‌های پیوند از دور و شاخص

[1] Drought indices package

SPI ماهانه ایستگاه‌های موردمطالعه که به‌صورت ۱۲ ماه متوالی (سال‌ها به تفکیک ماه) و ماتریس ۳۲۴=۲۷*۱۲، انجام‌گرفته شد. لازم به ذکر است که شاخص‌های پیوند از دوری که با ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی معنی داری نداشته از قسمت جداول حذف گردید.

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی ماهانه در جدول ۵ نشانگر این است که از بین شاخص‌های پیوند از دور الگوی PNA بیش از سایر الگوها با ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی نشان داده است. این الگو با ۸ ایستگاه (۴۷٪ ایستگاه‌ها) همبستگی معنی‌داری در سطوح ۹۹ و ۹۵ درصد داشته که مقادیر آن از ۰/۱ تا ۰/۲ در ایستگاه‌های مختلف متغیر است. پس از آن الگوهای NAO، HCNA و NPGO بیشترین همبستگی را داشته‌اند. الگوهای EA، EA/WR، AO، NAM نیز کمترین همبستگی را با ایستگاه‌های مورد مطالعه داشته‌اند. این شاخص‌ها با یک ایستگاه (۶٪ ایستگاه‌ها) در سطح ۹۵٪ با مقادیر ۰,۱۱۰ تا ۰,۱۲۵ با جهت‌های منفی و مثبت معنی‌دار بوده است. شاخص نوسان اقیانوس اطلس شمالی (NAO) به ترتیب با ۴ ایستگاه (۲۴٪ ایستگاه‌ها) اهر با ضریب ۰,۱۳۸، تبریز ۰,۱۲۴ و خوی ۰,۱۱۹ در سطح ۹۵ درصد و با اردبیل ۰,۱۵۰ در سطح ۹۹ درصد همبستگی معنی‌دار با شدت ضعیف و علامت مثبت دارد. زنجان و سراب با هیچ یک از الگوهای مورد مطالعه همبستگی نشان نداده است. مراغه و جلفا بیش از سایر ایستگاه با الگوهای پیوند از دور همبستگی نشان داده‌اند. مراغه با الگوی TNH همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۹ درصد و با الگوهای HCNI، HCNA و NPGO همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۹ درصد نشان داده است. جلفا با الگوهای PNA و HCNA همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۹ درصد و با الگوهای TNA و HCNI همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد نشان داده است. با توجه به نتایج حاصل شده و همبستگی‌های متفاوت مشاهده شده بین ایستگاه‌های مورد مطالعه و الگوهای پیوند از دور می‌توان بیان کرد که الگوهای واقع در اقیانوس آرام بیش از سایر الگوها با ایستگاه‌های مورد مطالعه ارتباط نشان داده‌اند. شرایط محلی هر ایستگاه نیز می‌تواند دلیل همبستگی‌های متفاوت آن‌ها از الگوهای پیوند از دور باشد. از این‌رو در بعضی ایستگاه‌ها همبستگی‌های مثبت و در بعضی دیگر همبستگی‌های منفی مشاهده شده است. (جدول ۵)

جدول ۵: همبستگی نمایه SPI ماهانه (متوالی) ایستگاه‌های شمال غرب ایران با شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در بازه‌ای زمانی (۲۰۱۸-۱۹۸۸)

متغیرها	NAO	EA	PNA	EA/WR	AO	TNA	TNH	HCNI	HCNA	NPGO	NAM
اهر	.۱۳۸*	-۰.۰۵۲	.۱۶۳**	۰.۰۳۱	۰.۰۸۹	-۰.۰۰۴	-۰.۰۵۲	-۰.۰۴۳	-۰.۰۴۲	.۱۲۸*	۰.۰۱۸
اردبیل	.۱۵۰**	۰.۰۶۲	۰.۱۰۴	۰.۰۵۶	.۱۱۰*	۰.۰۲۵	-۰.۰۴۴	-۰.۰۷۴	-۰.۰۴۴	-۰.۱۰۸	۰.۰۳۲
خلخال	۰.۰۵	-۰.۰۲۱	.۱۲۸*	-۰.۰۰۲	-۰.۰۰۴	۰.۰۵۸	۰.۰۲۴	-۰.۰۰۱	-۰.۰۱۸	-۰.۰۱۹	۰.۰۰۷
پارس‌آباد	۰.۱۰۷	۰.۰۱۴	۰.۱۰۶	.۱۱۲*	۰.۰۲۴	۰.۰۹۲	-۰.۰۲۳	۰.۰۶۴	۰.۰۷۱	۰.۰۵۱	-۰.۰۸۵
تبریز	.۱۲۴*	-۰.۰۴۶	.۱۳۷*	-۰.۰۲۴	۰.۰۱۷	-۰.۰۱	۰.۰۰۴	-۰.۰۳۴	۰.۰۰۵	-۰.۰۷۸	-۰.۰۱۲
زنجان	۰.۰۴۵	۰.۰۱۲	۰.۰۴۸	۰.۰۱۲	۰	۰.۰۳۴	۰.۰۵۱	۰.۰۷۸	۰.۰۴	-۰.۰۶۷	-۰.۰۰۳
مراغه	۰.۰۹۴	-۰.۰۹۷	۰.۱۰۳	-۰.۰۱۷	-۰.۰۰۷	۰.۰۴۴	.۱۷۵**	.۱۵۲**	.۱۵۶**	.۱۷۸**	۰.۰۴
مهاباد	۰.۱۰۲	-۰.۰۷۱	.۱۱۰*	۰.۰۲۴	۰.۰۱۴	۰.۰۴۴	۰.۱	.۱۲۰*	-۰.۰۴۹	.۱۵۳**	۰.۰۳۵
خرمدره	۰.۰۰۵	-۰.۰۳۷	.۱۱۹*	۰.۰۲۷	-۰.۰۳۸	۰.۱۰۳	۰.۰۷۴	-۰.۰۱۸	۰.۰۰۶	-۰.۱۰۷	-۰.۰۸۴
خوی	.۱۱۹*	-۰.۰۱۶	۰.۰۶۵	-۰.۰۰۱	۰.۰۸	۰.۰۵۸	-۰.۰۳۲	۰.۰۵	۰.۰۶۲	-۰.۰۳۷	-۰.۰۰۹
ماکو	۰.۰۳۱	-۰.۰۴۳	.۱۴۰*	۰.۰۱۳	-۰.۰۱۲	۰.۱۰۲	-۰.۰۰۲	۰.۱۰۴	.۱۸۲**	-۰.۰۳۶	.۱۲۵*
سردشت	۰.۰۰۵	.۱۱۸*	۰.۰۸۷	۰.۰۵	-۰.۰۹۷	.۱۱۵*	.۱۴۷**	-۰.۰۴۲	۰.۰۵۱	-۰.۱۰۲	-۰.۰۶۶
ارومیه	۰.۰۵۳	-۰.۰۷	۰.۰۷۵	۰.۰۰۶	-۰.۰۲۶	۰.۰۲۹	-۰.۰۰۶	-۰.۰۵۷	-۰.۰۵۵	.۱۱۵*	-۰.۰۶۹
سراب	۰.۰۳	-۰.۰۴	۰.۱۰۱	۰.۰۰۳	-۰.۰۵۳	۰.۰۳۵	۰.۰۲۹	۰.۰۲۶	۰.۰۵۶	-۰.۰۹۲	-۰.۰۸۴
تکاب	۰.۰۳۶	-۰.۰۶	۰.۰۹۴	۰.۰۱۲	-۰.۰۴۶	-۰.۰۰۱	.۱۶۶**	-۰.۰۵۳	.۱۱۰*	-۰.۰۶	۰.۰۰۵
میانه	۰.۰۰۳	-۰.۰۲۳	.۱۲۹*	-۰.۰۴۱	-۰.۰۳	۰.۰۵۳	۰.۱۰۱	۰.۰۰۲	-۰.۰۶۴	-۰.۰۶۱	-۰.۰۲۵
جلفا	۰.۰۱	-۰.۰۴۹	.۱۴۷**	۰.۰۰۶	-۰.۰۶۱	.۱۳۵*	-۰.۰۶۶	.۱۳۲*	.۱۷۱**	۰.۰۴	-۰.۰۸۷

ماخذ: نگارندگان (** همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۱) (* همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۵)

تحلیل همبستگی با تأخیر یک و دو ماهه

بررسی رابطه نمایه SPI با تأخیر یک‌ماهه در جدول ۶ نشان داد که از بین ۱۶ شاخص پیوند از دور شاخص‌هایTNA ، AO، HCNA، NPGO به ترتیب با حداکثر ایستگاه‌ها و شاخص‌های NAO، PNA، EA/WA، HCNI، NAM با حداقل ایستگاه‌ها ارتباط معنی داری را کسب کرده‌اند. از بین این شاخص‌ها ۹ شاخص (۵۶٪ شاخص‌ها) همبستگی معنی‌داری دارد که مقادیر آن‌ها بین ۰,۱ تا ۰,۲ در بین ایستگاه‌های مختلف متغیر است؛ و ۶ ایستگاه (۳۵٪ ایستگاه‌ها) خلخال، زنجان، سردشت، ارومیه، سراب، تکاب، میانه همبستگی معنی‌داری در سطوح ۹۵ و ۹۹ درصد ندارند.

همچنین نتایج حاصل از همبستگی نمایه SPI ماهانه با شاخص‌های پیوند از دور در مقیاس با تأخیر دوماهه در جدول ۷ ارائه‌شده است. شاخص‌های NAO، EA/WR، HCNA، NPGO به ترتیب با حداکثر ایستگاه‌ها و شاخص‌های AO، TNA، TNH، HCNI، NAM با حداقل ایستگاه‌ها رابطه داشته‌اند. شاخص NAO با تمامی ایستگاه‌ها به استثنای ایستگاه‌های پارس آباد، سردشت، تکاب و جلفا بیشترین همبستگی را دارد. این شاخص با ۱۳ ایستگاه (۷۶٪ ایستگاه‌ها) همبستگی معنی‌دار دارد که مقادیر آن بین ۰,۱ تا ۰,۲ با علامت منفی در ایستگاه‌های مختلف متغیر است. شاخص‌های EA/WR و SAM با ۶ ایستگاه (۳۵٪ ایستگاه‌ها) همبستگی داشته که مقدار آن‌ها بین ۰,۱ تا ۰,۲ به ترتیب با علامت مثبت و منفی متغیر است. در بین ایستگاه‌های شمال غرب ایران، فقط ایستگاه پارس‌آباد (۶٪ ایستگاه‌ها) با شاخص‌های پیوند از دور همبستگی معنی‌دار ندارد؛ و ایستگاه جلفا با ۶ شاخص (۳۸٪ شاخص‌ها) با بیشتر شاخص‌های همبستگی معنی‌دار هستند مقدار آن بین ۰,۱ تا ۰,۲ با علامت‌های مثبت و منفی در شاخص‌های مختلف متغیر است.

جدول ۶: همبستگی نمایه SPI ماهانه (متوالی) ایستگاه‌های شمال غرب ایران با شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در مقیاس با تأخیر یک‌ماهه در بازه‌ای زمانی (۱۹۸۸–۲۰۱۸)

متغیرها	NAO	PNA	EA/WR	AO	TNA	HCNI	HCNA	NPGO	NAM
اهر	−۰.۰۳۶	−۰.۰۰۶	۰.۰۸۹	−۰.۰۷۹	۰.۰۵۳	−۰.۰۲۱	−۰.۰۳۴	.۱۲۲*	−۰.۰۶
اردبیل	−۰.۰۲۱	.۱۱۴*	۰.۰۶۹	−۰.۰۷۲	۰.۰۶۴	−۰.۰۵۶	−۰.۰۴۲	−۰.۰۹۴	−۰.۰۵۵
خلخال	−۰.۰۰۷	۰.۰۹۴	۰.۰۴۵	−۰.۰۶۲	۰.۰۸۲	۰.۰۱۲	۰.۰۰۷	−۰.۰۱۵	−۰.۰۳۲
پارس‌آباد	−۰.۰۸۴	۰.۰۳۶	−۰.۰۴۳	.۱۱۰*	.۱۲۸*	۰.۰۹	۰.۰۷۶	۰.۰۷۵	−۰.۰۵۶
تبریز	۰.۰۲۱	۰.۰۶۹	.۱۱۸*	−۰.۱۰۱	۰.۰۳۴	−۰.۰۰۲	۰.۰۳۲	−۰.۰۷۷	−۰.۰۵۸
زنجان	−۰.۰۰۶	۰.۰۲۸	۰.۰۵۷	−۰.۰۱۴	۰.۰۳۷	۰.۰۷۶	۰.۰۵۵	−۰.۰۴۷	−۰.۰۰۳
مراغه	۰.۰۴۷	۰.۰۸۴	۰.۱۰۲	−۰.۰۰۸	۰.۰۴	.۱۴۷**	.۱۳۵*	.۱۵۱**	۰.۰۶۳
مهاباد	۰.۰۳۸	−۰.۰۱۶	۰.۰۹	۰.۰۱۷	۰.۰۲۶	−۰.۰۹۷	−۰.۰۱۶	.۱۷۰**	۰.۰۶۶
خرمدره	۰.۰۱۸	۰.۱۰۲	۰.۰۶۱	−۰.۰۱۳	.۱۱۱*	−۰.۰۰۴	۰.۰۰۲	−۰.۰۹۵	−۰.۰۴۲
خوی	۰.۰۲۳	۰.۰۰۴	.۱۴۳*	−۰.۰۷۷	۰.۰۸۸	۰.۰۵۵	۰.۰۷۴	۰.۰۱۲	−۰.۰۷۳
ماکو	.۱۵۷**	۰.۰۵۴	۰.۰۵۴	.۱۴۱*	.۱۳۹*	۰.۱	.۱۸۵**	−۰.۰۱۶	.۱۱۸*
سردشت	۰.۰۰۱	۰.۰۱۶	۰.۰۷۶	−۰.۰۹۳	۰.۱۰۳	−۰.۰۳۶	۰.۰۶	−۰.۰۸۸	−۰.۰۰۴
ارومیه	۰.۰۴۴	۰.۰۱۸	۰.۰۶۸	−۰.۰۳۹	۰.۰۴۸	−۰.۰۳۳	−۰.۰۳۹	−۰.۰۹۹	−۰.۰۰۷
سراب	−۰.۰۱۳	۰.۰۵۶	۰.۰۶	−۰.۱۰۳	۰.۰۷۸	۰.۰۵	۰.۰۶۳	−۰.۰۷۴	−۰.۰۶۴
تکاب	۰.۰۱۶	−۰.۰۰۴	−۰.۰۲۴	−۰.۰۰۸	−۰.۰۰۳	−۰.۰۴۴	−۰.۰۹۸	−۰.۰۴۷	۰.۰۳۱
میانه	۰.۰۳۱	۰.۰۴	۰.۰۳۵	۰.۰۲۴	۰.۰۸۴	۰.۰۱۷	−۰.۰۴۲	−۰.۰۶۴	۰.۰۱۶
جلفا	−۰.۰۹۶	۰.۱۰۱	۰.۰۳۱	.۱۸۶**	.۱۵۸**	.۱۱۸*	.۱۸۴**	۰.۰۶۳	.۱۲۲*

ماخذ: نگارندگان (** همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۱) (* همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۵)

جدول ۷: همبستگی نمایه SPI ماهانه (متوالی) ایستگاه‌های شمال غرب ایران با شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در مقیاس با تأخیر دوماهه در بازه‌ای زمانی (۱۹۸۸–۲۰۱۸)

متغیرها	NAO	EA/WR	AO	TNA	TNH	HCNI	HCNA	NPGO	NAM
اهر	.۱۴۶**	۰.۱۰۸	−۰.۱۰۵	۰.۰۲۱	۰.۰۴۹	−۰.۰۲۲	−۰.۰۵۸	−۰.۱۰۸	−۰.۰۴۱
اردبیل	.۱۶۳**	.۱۲۶*	−۰.۱۰۲	۰.۰۲۶	−۰.۰۳۳	−۰.۰۹	−۰.۰۷۹	−۰.۱۰۷	−۰.۰۷۱
خلخال	.۱۴۷**	.۱۲۱*	−۰.۰۸	۰.۰۶	−۰.۰۵۲	۰.۰۰۹	۰.۰۱۵	−۰.۰۳۵	−۰.۰۳۸
پارس‌آباد	−۰.۰۹۴	۰.۰۴۲	−۰.۰۹	۰.۱۰۴	۰.۰۰۶	۰.۰۸۱	۰.۰۴۷	۰.۰۸۵	−۰.۰۶۸
تبریز	.۱۷۴**	۰.۰۳	.۱۳۴*	۰.۰۱۶	−۰.۰۱۸	۰.۰۰۸	−۰.۰۰۳	−۰.۰۹۵	−۰.۰۶۶
زنجان	.۱۲۰*	.۱۲۴*	−۰.۰۷۱	۰.۰۱۱	۰.۰۰۴	۰.۰۷۹	۰.۰۵۳	−۰.۰۷۱	−۰.۰۰۴
مراغه	.۱۶۲**	۰.۰۵۶	−۰.۰۹۱	−۰.۰۱۶	۰.۰۱۲	.۱۶۲**	.۱۴۹**	.۱۶۹**	۰.۰۰۱
مهاباد	.۱۴۸**	۰.۰۷۲	−۰.۰۶۲	−۰.۰۰۹	۰.۰۰۲	−۰.۰۷۷	−۰.۰۲۶	.۱۷۵**	−۰.۰۰۱
خرمدره	.۱۴۵**	.۱۳۴*	−۰.۱۰۴	۰.۰۸۱	.۱۳۲*	−۰.۰۰۸	−۰.۰۱۱	−۰.۰۹۶	−۰.۰۳۴
خوی	.۱۶۱**	۰.۰۰۲	−۰.۱۰۵	۰.۰۳۶	۰.۰۵۵	۰.۰۳۸	۰.۰۶۹	۰.۰۰۷	−۰.۰۹۸
ماکو	.۱۲۸*	−۰.۰۳۹	−۰.۱۰۱	.۱۱۴*	.۱۱۷*	۰.۰۸۱	.۱۷۰**	−۰.۰۲۷	−۰.۰۵۹
سردشت	−۰.۰۹	۰.۰۴۴	−۰.۰۸۸	۰.۰۶۱	۰.۰۰۶	−۰.۰۳۹	۰.۰۲۵	.۱۱۳*	۰.۰۰۶
ارومیه	.۱۶۵**	۰.۰۴۶	−۰.۰۷۸	۰.۰۱۷	۰.۰۰۹	−۰.۰۲۷	−۰.۰۴۱	.۱۱۲*	−۰.۰۰۲
سراب	.۱۳۷*	۰.۰۵۲	−۰.۱۰۷	۰.۰۳۶	−۰.۰۷۳	۰.۰۳۲	۰.۰۵	−۰.۰۸۶	−۰.۰۳۱
تکاب	−۰.۰۸۱	.۱۱۰*	−۰.۰۷۸	−۰.۰۲۷	−۰.۰۴۷	−۰.۰۵۲	−۰.۱۰۶	−۰.۰۶۹	−۰.۰۱۱
میانه	.۱۶۲**	.۱۱۹*	−۰.۰۷۶	۰.۰۷	−۰.۰۲۳	−۰.۰۰۲	−۰.۰۵۷	−۰.۰۶۳	−۰.۰۳۲
جلفا	−۰.۰۹۳	−۰.۰۱۴	.۱۵۷**	.۱۱۶*	۰.۰۶۳	.۱۲۰*	.۱۶۸**	۰.۰۴	.۱۴۹**

ماخذ: نگارندگان (** همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۱) (* همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۵)

تحلیل همبستگی فصلی

- فصل زمستان و بهار

در قسمت دوم پژوهش به ارزیابی رابطه بین نمایه SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در مقیاس فصلی (زمستان، بهار، تابستان و پاییز) پرداخته و به ترتیب در جداول ۱۱، ۱۰، ۹، ۸ نشان داده شده‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی رابطه بین متغیرها به روش همبستگی ارائه شده‌اند. باتوجه به نتایج همبستگی فصل زمستان در جدول ۸ بین ایستگاه‌های خلخال، پارس آباد، تبریز، زنجان، خوی و سراب (۳۵٪ ایستگاه‌ها) رابطه معنی داری با شاخص‌های پیوند از دور وجود ندارد و ایستگاه‌های اهر با شاخص SNAO، مهاباد و ارومیه با شاخص HCNI ارتباط معنی داری در سطح ۹۵٪ دارا می‌باشند. ایستگاه جلفا با ۶ شاخص (۳۸٪ شاخص‌ها) همبستگی معنی‌دار داشته که مقدار آن بین ۰/۴ تا ۰/۷ با علامت‌های مثبت و منفی متغیر است. همچنین شاخص‌های HCNI، HCNA،SNAO با حداکثر ایستگاه‌ها و سایر شاخص‌ها منجله NAO، PNA،AO، NPI، TNA، TNH، NTA، NPGO، NAM، NOI با حداقل ایستگاه‌ها، بیشترین رابطه‌ای معنی داری را کسب کرده‌اند. نتایج همبستگی بین شاخص‌های پیوند از دور با نمایه SPI فصل بهار منطقه مورد مطالعه نشان داد که شاخص‌های پیوند از دور PNA، NPI، NPGO، NAM با حداکثر و شاخص‌های EA، TNA، TNH، NTA، HCNI، HCNA و NOI به ترتیب با حداقل ایستگاه‌ها رابطه‌ای معنی داری داشته‌اند، به طوری که شدت این رابطه در سطح متوسط به بالا می‌باشد (جدول ۹). شاخص مد سالانه شمالی (NAM) با ۱۴ ایستگاه (۸۲٪ ایستگاه‌ها) همبستگی معنی‌دار نسبتاً متوسط تا قوی در جهت منفی دارد و مقدار آن بین ۰/۳ تا ۰/۶ متغیر است؛ و شاخص اقیانوس آرام شمالی (NPI) با ۱۳ ایستگاه (۷۶٪ ایستگاه‌ها) همبستگی معنی‌دار دارد همچنین ضریب همبستگی آن‌ها بین ۰/۴ تا ۰/۷ و با علامت منفی می‌باشد. شاخص PNA بهار با SPI بهار در اکثر ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵٪ همبستگی معنی‌دار مثبتی نشان می‌دهد که مقدار آن بین ۰/۳ تا ۰/۵ متغیر است.

جدول ۸: همبستگی بین فصل زمستان نمایه SPI ایستگاه‌های شمال غرب ایران بازمستان شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در بازه‌ای زمانی (۱۹۸۸–۲۰۱۸)

متغیرها	NAO	PNA	AO	NPI	TNA	TNH	NTA	HCNI	HCNA	SNAO	NPGO	NAM	NOI
اهر	.۰۳۸	.۱۱۵	.۰۶۱	.۲۰۲	.۰۸۷	.۰۸۲	.۱۱۵	.۱۷۳	.۳۱۷	.۴۳۹*	.۳۶۷	.۰۶۳	.۳۶۹
اردبیل	.۱۷۳	.۱۷۶	.۱۷۶	.۴۲۴*	.۱۴۶	.۱۳۷	.۱۶۵	.۲۴۵	.۲۶۲	.۴۴۱*	.۲۹۴	.۲۳۷	.۳۶۲
خلخال	.۰۲۵	.۳۲۶	.۰۶۴	.۲۹۷	.۰۶۳	.۰۰۵	.۰۵۵	.۱۶۰	.۳۳۳	.۱۴۴	.۰۴۲	.۰۴۹	.۲۶۷
پارس‌آباد	.۱۳۷	.۳۰۲	.۲۵۴	.۲۵۷	.۲۵۱	.۳۰۱	.۲۲۲	.۱۰۰	.۱۹۱	.۳۷۱	.۰۸۹	.۲۶۴	.۱۲۶
تبریز	.۲۴۰	.۳۰۶	.۲۸۲	.۱۸۸	.۱۰۹	.۰۳۶	.۱۳۲	.۱۰۶	.۰۱۴	.۰۳۳	.۲۲۹	.۳۵۳	.۲۴۴
زنجان	.۱۲۴	.۱۱۶	.۰۹۵	.۱۹۲	.۰۴۶	.۱۲۱	.۰۴۱	.۱۱۰	.۳۷۲	.۲۳۹	.۲۳۳	.۰۰۱	.۲۴۸
مراغه	.۰۶۷	.۰۹۲	.۰۱۶	.۱۷۰	.۰۶۸	.۰۵۵	.۱۰۰	.۴۱۲*	.۴۳۹*	.۰۴۴	.۳۳۵	.۱۳۶	.۳۰۹
مهاباد	.۱۵۲	.۰۳۴	.۰۹۶	.۲۴۰	.۱۸۳	.۰۶۱	.۲۲۹	.۴۴۲*	.۳۰۷	.۱۴۲	.۲۴۱	.۱۶۳	.۱۱۶
خرمدره	.۰۱۰	.۰۸۰	.۰۰۵	.۱۴۷	.۰۹۶	.۰۰۵	.۱۲۱	.۳۳۰	.۲۲۰	.۵۶۲**	.۴۴۹*	.۰۲۱	.۴۱۸*
خوی	.۱۳۵	.۰۷۰	.۰۱۵	.۰۲۳	.۱۶۳	.۳۵۲	.۱۸۸	.۰۵۳	.۰۸۸	.۰۲۵	.۲۴۸	.۰۳۴	.۰۸۸
ماکو	.۴۰۱*	.۲۲۹	.۲۹۰	.۰۹۷	.۱۵۷	.۳۳۹	.۱۶۸	.۰۵۸	.۳۴۲	.۱۴۳	.۳۴۶	.۴۰۷*	.۱۱۶
سردشت	.۲۳۸	.۱۹۹	.۳۴۳	.۲۲۹	.۴۶۸*	.۴۰۵*	.۴۷۴*	.۱۳۶	.۴۵۹*	.۱۱۳	.۰۵۷	.۳۳۰	.۱۶۵

ارومیه	.۰۲۱	.۰۱۶	.۰۳۹	.۰۶۷	.۰۸۸	.۰۵۰	.۱۲۳	.۴۳۴*	.۳۲۹	.۰۸۳	.۲۳۳	.۰۹۶	.۱۴۹
سراب	.۱۱۴	.۲۳۴	.۰۷۵	.۳۱۲	.۰۹۸	.۱۶۸	.۰۹۲	.۱۵۷	.۱۶۹	.۱۰۰	.۱۱۷	.۱۲۳	.۳۶۵
تکاب	.۱۶۶	.۱۷۰	.۰۴۷	.۲۴۶	.۱۷۵	.۱۹۸	.۱۸۵	.۲۹۸	.۴۳۷*	.۴۲۷*	.۱۵۴	.۱۱۰	.۱۸۵
میانه	.۱۹۴	.۰۶۸	.۱۴۱	.۲۱۸	.۰۵۶	.۰۵۴	.۰۵۴	.۳۰۵	.۵۱۹**	.۴۷۸*	.۳۱۴	.۱۶۵	.۳۹۲*
جلفا	.۴۷۷*	.۴۳۰*	.۵۳۱**	.۲۰۹	.۳۰۳	.۲۲۳	.۲۷۵	.۴۱۰*	.۴۵۱*	.۰۱۱	.۱۱۰	.۶۳۲**	.۰۳۴

ماخذ: نگارندگان (** همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۱) (* همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۵)

جدول ۹: همبستگی بین فصل بهار نمایه SPI ایستگاه‌های شمال غرب ایران با بهار شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در بازه‌ای زمانی (۲۰۱۸-۱۹۸۸)

متغیرها	EA	PNA	POL/PEP	NPI	TNA	TNH	NTA	HCNI	HCNA	NPGO	NAM	NOI
اهر	.۲۰۴	.۳۳۲	.۲۵۵	.۴۲۹*	.۳۰۳	.۱۳۱	.۲۸۸	.۰۱۳	.۰۵۳	.۲۴۱	.۴۷۱*	.۰۶۲
اردبیل	.۰۱۷	.۴۲۴*	.۳۱۸	.۴۲۲*	.۲۹۳	.۰۲۹	.۲۹۰	.۱۷۱	.۲۲۰	.۲۳۸	.۵۷۹**	.۱۱۰
خلخال	.۲۴۱	.۴۴۳*	.۴۰۲*	.۶۰۳**	.۲۶۱	.۱۲۴	.۲۷۲	.۰۰۸	.۰۳۲	.۲۹۵	.۵۸۷**	.۲۷۶
پارس‌آباد	.۰۷۵	.۰۳۴	.۲۲۵	.۲۴۴	.۲۱۵	.۰۲۴	.۲۱۲	.۱۸۲	.۰۳۲	.۰۷۸	.۳۰۴	.۰۴۲
تبریز	.۱۴۸	.۴۱۸*	.۳۴۶	.۵۷۷**	.۱۱۶	.۰۵۱	.۱۰۹	.۱۴۱	.۰۷۱	.۳۸۱	.۴۷۸*	.۲۰۴
زنجان	.۱۹۷	.۱۹۱	.۰۱۵	.۴۳۵*	.۲۳۵	.۱۶۳	.۲۶۲	.۱۵۱	.۲۹۱	.۲۳۹	.۴۵۶*	.۰۶۹
مراغه	.۲۸۰	.۵۴۴**	.۴۴۱*	.۶۵۰**	.۲۲۲	.۳۲۲	.۲۵۴	.۴۳۶*	.۲۳۴	.۴۹۱**	.۴۵۷*	.۵۶۵**
مهاباد	.۳۴۵	.۳۴۸	.۳۰۹	.۵۵۰**	.۱۴۴	.۳۴۹	.۱۷۳	.۲۰۴	.۰۸۳	.۵۷۲**	.۴۰۷*	.۴۶۶*
خرمدره	.۲۱۲	.۴۱۷*	.۲۲۲	.۵۱۱**	.۲۲۴	.۲۳۹	.۲۶۸	.۱۱۵	.۰۳۴	.۴۴۷*	.۵۸۷**	.۲۲۶
خوی	.۱۷۱	.۳۲۷	.۱۹۰	.۳۵۳	.۳۳۳	.۲۲۲	.۲۹۱	.۰۵۵	.۲۲۴	.۰۵۰	.۴۰۲*	.۰۷۷
ماکو	.۱۶۰	.۱۴۵	.۰۰۲	.۱۴۲	.۳۵۷	.۱۰۷	.۳۶۸	.۳۰۹	.۴۷۳*	.۱۱۷	.۳۵۶	.۲۲۰
سردشت	.۳۸۶*	.۲۷۹	.۲۹۷	.۴۶۸*	.۲۳۵	.۳۷۱	.۲۷۱	.۲۱۳	.۰۲۱	.۵۹۳**	.۵۳۸**	.۴۶۲*
ارومیه	.۱۶۸	.۳۵۴	.۱۰۶	.۴۳۵*	.۰۶۲	.۰۳۲	.۰۷۵	.۰۷۸	.۰۲۴	.۳۳۵	.۴۵۵*	.۱۳۵
سراب	.۳۰۴	.۳۹۸*	.۱۸۵	.۵۳۵**	.۲۶۵	.۰۷۷	.۲۷۷	.۰۹۰	.۲۰۸	.۴۶۷*	.۵۴۸**	.۱۳۰
تکاب	.۲۵۰	.۲۴۸	.۳۲۰	.۴۴۰*	.۱۴۴	.۴۹۰**	.۲۰۳	.۰۷۳	.۰۶۲	.۳۶۱	.۳۷۵	.۳۴۱
میانه	.۲۹۸	.۳۸۹*	.۱۸۲	.۵۰۳**	.۳۴۴	.۳۲۷	.۳۷۹	.۲۸۷	.۱۳۵	.۲۰۳	.۳۹۴*	.۲۶۰
جلفا	.۱۴۶	.۲۳۱	.۰۴۴	.۱۹۳	.۴۰۷*	.۱۷۲	.۳۸۶*	.۲۱۳	.۲۵۸	.۰۵۶	.۳۲۲	.۰۸۵

ماخذ: نگارندگان (** همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۱) (* همبستگی معنادار در سطح ۰،۰۵)

- فصل تابستان و پاییز

بررسی همبستگی نمایه SPI فصل تابستان با شاخص‌های پیوند از دور در این فصل نشان داد که بین ایستگاه‌های اردبیل، خلخال، پارس آباد، تبریز، خوی، ماکو، سردشت، سراب و جلفا با شاخص‌ها پیوند از دور رابطه معنی داری در سطوح ۹۹٪ و ۹۵٪ وجود ندارد و ایستگاه‌های مراغه، ارومیه و میانه فقط با شاخص SNAO رابطه معنی دار و در جهت معکوس دارند (جدول ۱۰). در این فصل همبستگی معنی‌دار ۱۷ ایستگاه (۴۷٪ ایستگاه‌ها) با ۷ شاخص پیوند از دور (۴۴٪ شاخص‌ها) وجود داشته است. برای نمونه شاخص تابستانی اطلس شمالی (SNAO) با ۷ ایستگاه (۴۳٪ ایستگاه‌ها) همبستگی معنی‌داری با علامت منفی دارد که ضریب همبستگی در حدود ۰/۳ تا ۰/۸ در ایستگاه‌های مختلف متغیر است.

نتایج حاصل از همبستگی نمایه SPI پائیز با شاخص‌های پیوند از دور در این فصل نشان داد که ایستگاه‌های خلخال، زنجان، خرمدره، ارومیه و میانه فقط با شاخص POL/PEP رابطه معنی دار (مستقیم) و در سطح ۹۵٪ دارد. شاخص

الگوی قطبی اروپا و آسیا (POL/PEP) و نوسان اطلس شمالی (NAO) به ترتیب با ۸ ایستگاه (۵۰٪ ایستگاه‌ها) و ۵ ایستگاه (۳۱٪ ایستگاه‌ها) در سطوح ۹۵ و به بالا همبستگی معنی‌داری دارد که مقادیر آن‌ها بین ۰,۳ تا ۰,۷ با علامت مثبت متغیر است. ایستگاه‌های مراغه با شاخص NOI و پارس آباد، خوی و جلفا با شاخص NAO از رابطه معنی دار برخوردار هستند و بین ایستگاه‌های سراب و ماکو با شاخص‌ها پیوند از دور رابطه معنی داری مشاهده نشد (جدول ۱۱). همچنین شاخص‌های POL/PEP، NAO، NOI، NTA با حداکثر و شاخص‌های EA/WR، AO، NAM، با حداقل ایستگاه‌ها رابطه معنی دار با بیشترین همبستگی را کسب کردند.

ایستگاه اردبیل با ۵ شاخص (۳۱٪ شاخص‌ها) بیشترین تعداد همبستگی را نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد که مقدار آن بین ۰/۳ تا ۰/۶ با علامت مثبت به استثنائی (شاخص TNA با علامت منفی) متغیر است.

جدول ۱۰: همبستگی بین فصل تابستان نمایه SPI ایستگاه‌های شمال غرب ایران با تابستان شاخص‌های پیوند از دورنیمکره شمالی در بازه‌ای زمانی (۱۹۸۸–۲۰۱۸)

متغیرها	NAO	EA	AO	SNAO	NPGO	NAM
اهر	.۳۸۶*	.۱۷۴	.۰۱۴	.۴۵۲*	.۰۹۴	.۰۵۳
اردبیل	.۰۳۹	.۰۲۴	.۲۰۲	.۱۹۴	.۲۴۱	.۰۰۸
خلخال	.۲۰۵	.۱۶۲	.۰۴۷	.۲۵۴	.۲۳۷	.۰۳۵
پارس‌آباد	.۰۳۶	.۲۸۱	.۰۶۳	.۳۴۷	.۲۵۳	.۳۳۸
تبریز	.۲۲۴	.۱۶۹	.۱۵۷	.۳۷۳	.۲۲۸	.۱۷۰
زنجان	.۴۵۲*	.۰۵۰	.۲۶۶	.۳۹۲*	.۳۵۸	.۰۷۶
مراغه	.۲۸۳	.۰۷۸	.۱۲۵	.۴۰۶*	.۰۰۶	.۱۰۵
مهاباد	.۱۸۱	.۰۶۳	.۳۹۳*	.۱۲۴	.۰۶۵	.۰۵۵
خرمدره	.۳۵۵	.۴۴۲*	.۳۶۱	.۷۰۵**	.۴۵۴*	.۴۸۸**
خوی	.۱۱۸	.۰۹۸	.۲۳۲	.۲۵۰	.۱۶۸	.۱۸۵
ماکو	.۳۰۴	.۱۹۰	.۰۰۸	.۳۳۱	.۲۰۷	.۰۸۵
سردشت	.۱۵۳	.۱۳۰	.۲۴۴	.۰۴۰	.۰۴۴	.۰۱۰
ارومیه	.۳۳۸	.۰۵۲	.۱۷۷	.۵۱۴**	.۰۰۷	.۲۲۲
سراب	.۲۹۷	.۲۵۵	.۰۱۰	.۲۴۸	.۲۳۰	.۰۲۳
تکاب	.۲۸۱	.۰۶۷	.۰۵۹	.۴۰۴*	.۵۲۸**	.۱۲۹
میانه	.۲۹۲	.۱۶۳	.۱۳۶	.۴۱۹*	.۳۳۹	.۰۴۳
جلفا	.۲۰۲	.۳۳۶	.۰۰۰	.۲۵۵	.۲۶۰	.۲۲۶

ماخذ: نگارندگان (** همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۱)

(* همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۵)

جدول ۱۱: همبستگی بین فصل پائیز نمایه SPI ایستگاه‌های شمال غرب ایران با پاییز شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در بازه‌ای زمانی (۱۹۸۸–۲۰۱۸)

متغیرها	NAO	EA/WR	AO	POL/PEP	TNA	NTA	NAM	NOI
اهر	.۶۱۱**	.۱۳۳	.۴۲۹*	.۲۱۹	.۵۸۹**	.۶۳۸**	.۳۱۱	.۰۰۳
اردبیل	.۵۹۴**	.۲۲۴	.۴۴۵*	.۲۰۸	.۴۳۶*	.۴۶۳*	.۳۹۷*	.۰۶۵
خلخال	.۲۵۶	.۲۲۶	.۲۰۵	.۳۸۴*	.۱۹۶	.۲۲۶	.۲۰۷	.۲۸۱
پارس‌آباد	.۳۹۷*	.۰۹۵	.۳۳۴	.۱۵۰	.۲۶۴	.۲۲۶	.۲۱۴	.۰۳۶
تبریز	.۳۵۴	.۱۶۳	.۱۶۲	.۲۶۹	.۴۱۶*	.۴۴۷*	.۰۶۲	.۲۹۵
زنجان	.۲۹۰	.۲۳۹	.۱۴۵	.۴۳۳*	.۱۲۴	.۲۱۴	.۰۷۳	.۲۴۷
مراغه	.۲۲۰	.۲۵۹	.۰۷۸	.۳۷۳	.۳۲۴	.۳۴۹	.۱۲۸	.۵۰۴**
مهاباد	.۲۵۹	.۳۶۴	.۱۱۷	.۴۹۶**	.۲۷۴	.۲۹۹	.۱۳۲	.۵۷۱**
خرمدره	.۳۷۰	.۳۱۷	.۱۴۳	.۳۹۹*	.۱۲۹	.۱۶۷	.۱۴۹	.۲۵۰
خوی	.۴۱۵*	.۱۷۴	.۲۰۰	.۱۴۱	.۲۵۰	.۲۷۳	.۱۰۴	.۲۴۲
ماکو	.۳۲۶	.۱۶۴	.۳۴۲	.۲۳۳	.۱۶۶	.۲۰۴	.۲۲۲	.۱۱۷
سردشت	.۰۴۹	.۳۰۳	.۰۴۱	.۴۴۴*	.۲۴۸	.۲۷۳	.۰۴۲	.۶۹۱**
ارومیه	.۱۶۹	.۱۱۸	.۱۰۶	.۳۸۵*	.۲۱۳	.۲۰۸	.۱۰۷	.۲۵۱
سراب	.۳۶۱	.۱۱۳	.۰۰۵	.۱۶۸	.۱۴۷	.۲۰۶	.۰۷۱	.۳۴۲
تکاب	.۱۷۷	.۴۳۵*	.۰۲۰	.۴۴۹*	.۳۰۲	.۳۰۹	.۱۱۴	.۴۷۱*
میانه	.۳۰۴	.۲۵۸	.۱۱۹	.۴۲۰*	.۲۴۱	.۳۰۶	.۰۸۹	.۲۶۴
جلفا	.۴۸۴*	.۱۷۹	.۲۳۹	.۰۴۵	.۲۹۶	-.۲۹۳	.۲۵۱	-.۲۶۶

ماخذ: نگارندگان (** همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۱) (* همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۵)

تحلیل مدل رگرسیونی

در قسمت سوم پژوهش تحلیل رگرسیون چندگانه انجام شد. نتایج حاصل از این محاسبات در قالب جداول مدل رگرسیون (جدول ۱۲) و تحلیل واریانس (جدول ۱۳) بین SPI ماهانه (به‌صورت سری زمانی) ایستگاه‌های شمال غرب ایران و شاخص‌های پیوند از دور ارائه شد. نتایج حاصل از مدل رگرسیونی گام‌به‌گام و معادلات آن‌ها برای تک‌تک ایستگاه‌ها در جدول ۱۲ نشان داد که از بین ۱۶ شاخص پیوند از دور وارد شده در مدل الگوهای NAO, PNA, TNA NPI, HCNA, TNH, HCNI, NAM, SNAO, NOI, NPGO، به عنوان تاثیرگذارترین الگوی دور پیوند در تغییرات SPI ماهانه ایستگاه‌های شمال غرب ایران انتخاب شده است. به طوری که در اکثر ایستگاه‌ها الگوهای PNA,NAO,NOI توسط مدل انتخاب گردیده و پس از آن الگوهای همچون SNAO, TNH, TNA, NAM, HCNI HCNA, در برخی ایستگاه‌ها به وسیله مدل معرفی شده‌اند. همچنین در ایستگاه‌های سردشت، اهر، تبریز و مراغه، حداکثر تعداد الگوها به وسیله مدل انتخاب شده‌اند. در ایستگاه اهر متغیرهای تأثیرگذار PNA، NAO و NPGO با مقادیر ۰,۱۸۷، ۰,۱۲۳ و ۰,۱- معنی‌دار می‌باشند و در مجموع این شاخص‌های مؤثر ۶٪ تغییرات SPI ماهانه ایستگاه اهر را پوشش می‌دهد. از بین متغیرهای فوق شاخص PNA با مقدار بتای ۰,۱۸۵ بیشترین تأثیر را در سطح ۹۹٪ دارد. همچنین SPI ماهانه ایستگاه سردشت با ۱۳٪ و خوی با ۱٪ به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را از شاخص‌های موردمطالعه داشته است.

جدول ۱۲: نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون بین SPI ماهانه (به‌صورت سری زمانی) ایستگاه‌های شمال غرب ایران و شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در بازه زمانی (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸)

فرمول رگرسیون	R2	R	معنی‌داری	T	ضرایب استانداردشده	ضرایب استاندارد نشده		پیش‌بینی کننده	
					Beta	خطای استاندارد	B		
Y=0.081+0187(PNA)+0.123 (NAO) + (0.1)(NPGO)	۰.۰۶۴	۰.۲۵۴	۰.۱۲۶	۱.۵۳۵		۰.۰۵۳	۰.۰۸۱	ثابت	اهر
			۰.۰۰۱	۳.۳۹۴	۰.۱۸۵	۰.۰۵۵	۰.۱۸۷	PNA	
			۰.۰۱۷	۲.۳۹۵	۰.۱۳۱	۰.۰۵۱	۰.۱۲۳	NAO	
			۰.۰۲۱	−۲.۳۱۸	−۰.۱۲۷	۰.۰۴۳	−۰.۱	NPGO	
Y=0.028+0.158(NAO) + (0.047)(NOI)	۰.۰۴۳	.۲۰۸	۰.۶۰۴	۰.۵۱۹		۰.۰۵۳	۰.۰۲۸	ثابت	اردبیل
			۰.۰۰۳	۲.۹۸۵	۰.۱۶۴	۰.۰۵۳	۰.۱۵۸	NAO	
			۰.۰۰۹	−۲.۶۳۸	−۰.۱۴۵	۰.۰۱۸	−۰.۰۴۷	NOI	
Y=0.054+(0.057)(NOI)	۰.۰۳۳	۰.۱۸۱	۰.۲۹۵	۱.۰۴۹		۰.۰۵۲	۰.۰۵۴	ثابت	خلخال
			۰.۰۰۱	−۳.۳	−۰.۱۸۱	۰.۰۱۷	−۰.۰۵۷	NOI	
Y=0.042+0.176(SNAO) + (0.133)(NAM)	۰.۰۳۷	۰.۱۹۱	۰.۴۲۵	۰.۷۹۹		۰.۰۵۳	۰.۰۴۲	ثابت	پارس‌آباد
			۰.۰۰۲	۳.۱۲۸	۰.۱۸۳	۰.۰۵۶	۰.۱۷۶	SNAO	
			۰.۰۱۱	−۲.۵۴۴	−۰.۱۴۹	۰.۰۵۲	−۰.۱۳۳	NAM	
Y=0.078+0.124(PNA) +0.132 (NAO)+ (0.036)(NOI)	۰.۰۴۹	.۲۲۱	۰.۱۲۷	۱.۵۳		۰.۰۵۱	۰.۰۷۸	ثابت	تبریز
			۰.۰۲۶	۲.۲۴۲	۰.۱۲۵	۰.۰۵۵	۰.۱۲۴	PNA	
			۰.۰۰۹	۲.۶۱۳	۰.۱۴۳	۰.۰۵۱	۰.۱۳۲	NAO	
			۰.۰۴۲	−۲.۰۴۵	−۰.۱۱۴	۰.۰۱۷	−۰.۰۳۶	NOI	
Y=-0.026+(0.053)(NOI) +)0.0.076)(HCNI)	۰.۰۳۳	.۱۸۲	۰.۷۰۴	−۰.۳۸		۰.۰۶۹	−۰.۰۲۶	ثابت	زنجان
			۰.۰۰۳	−۲.۹۹۵	−۰.۱۶۹	۰.۰۱۸	−۰.۰۵۳	NOI	
			۰.۰۴۲	۲.۰۴۶	۰.۱۱۵	۰.۰۳۷	۰.۰۷۶	HCNI	
Y=0.171+(0.057)(NOI) +0.0.025 (TNH) + (0.097)(NPGO)	۰.۰۹۲	.۳۰۳	۰.۰۰۱	۳.۴۸۲		۰.۰۴۹	۰.۱۷۱	ثابت	مراغه
			۰.۰۰۱	−۳.۴۸۱	−۰.۱۸۹	۰.۰۱۶	−۰.۰۵۷	NOI	
			۰.۰۰۳	۳.۰۱۵	۰.۱۶۱	۰.۰۰۸	۰.۰۲۵	TNH	
			۰.۰۱۷	−۲.۳۹۷	−۰.۱۳	۰.۰۴۱	−۰.۰۹۷	NPGO	
Y=0.138+(0.068)(NOI) +(0.11)(NAO)	۰.۰۶	.۲۴۶	۰.۰۰۵	۲.۸۵۱		۰.۰۴۹	۰.۱۳۸	ثابت	مهاباد
			۰	−۴.۱۲۴	−۰.۲۲۴	۰.۰۱۶	−۰.۰۶۸	NOI	
			۰.۰۲۳	۲.۲۸۶	۰.۱۲۴	۰.۰۴۸	۰.۱۱	NAO	
Y=0.104+(0.064)(NOI)	۰.۰۴۳	.۲۰۷	۰.۰۳۸	۲.۰۸۱		۰.۰۵	۰.۱۰۴	ثابت	خرمدره
			۰	−۳.۷۹	−۰.۲۰۷	۰.۰۱۷	−۰.۰۶۴	NOI	
Y=0.039+(0.112)(NAO)	۰.۰۱۴	.۱۱۹	۰.۴۵۷	۰.۷۴۵		۰.۰۵۳	۰.۰۳۹	ثابت	خوی
			۰.۰۳۲	۲.۱۵۸	۰.۱۱۹	۰.۰۵۲	۰.۱۱۲	NAO	
Y=-0.243+0.131(HCNA) +0.129(PNA)	۰.۰۴۸	.۲۲۰	۰.۰۱۶	−۲.۴۲۶		۰.۱	−۰.۲۴۳	ثابت	ماکو
			۰.۰۰۲	۳.۱۱۸	۰.۱۷۱	۰.۰۴۲	۰.۱۳۱	HCNA	
			۰.۰۲۴	۲.۲۶۸	۰.۱۲۴	۰.۰۵۷	۰.۱۲۹	PNA	
Y=-33.862+(0.071)(NOI)+0.025 (TNH)+0.034(NPI)+0.163(SNAO) +(0.107)(NAM)+0.267(TNA)	۰.۱۳۳	.۳۶۵	۰.۰۰۳	−۲.۹۹۱		۱۱.۳۲۱	−۳۳.۸۶۲	ثابت	سردشت
			۰	−۴.۴۵۵	−۰.۲۳۷	۰.۰۱۶	−۰.۰۷۱	NOI	
			۰.۰۰۲	۳.۰۴۸	۰.۱۶۱	۰.۰۰۸	۰.۰۲۵	TNH	
			۰.۰۰۳	۳.۰۰۲	۰.۱۶۶	۰.۰۱۱	۰.۰۳۴	NPI	
			۰.۰۰۱	۳.۲۶	۰.۱۸۵	۰.۰۵	۰.۱۶۳	SNAO	
			۰.۰۳۲	−۲.۱۵۵	−۰.۱۳	۰.۰۴۹	−۰.۱۰۷	NAM	

	TNA	۰.۲۶۷	۰.۱۲۹	۰.۱۱۲	۲.۰۶۹	۰.۰۳۹			
ارومیه	ثابت	۰.۰۹۱	۰.۰۵۱		۱.۷۷۵	۰.۰۷۷	.۱۴۳	۰.۰۲	Y=0.091+(0.045)(NOI)
	NOI	−۰.۰۴۵	۰.۰۱۷	−۰.۱۴۳	−۲.۵۹۳	۰.۰۱			
سراب	ثابت	۰.۰۳۸	۰.۰۵۲		۰.۷۲۹	۰.۴۶۶	.۱۵۶	۰.۰۲۴	Y=0.038+(0.05)(NOI)
	NOI	−۰.۰۵	۰.۰۱۸	−۰.۱۵۶	−۲.۸۴۳	۰.۰۰۵			
تکاب	ثابت	۰.۱۱۲	۰.۰۴۹		۲.۲۸۴	۰.۰۲۳	.۲۷۱	۰.۰۷۴	Y=0.112+(0.066) (NOI) +0.026(TNH)
	NOI	−۰.۰۶۶	۰.۰۱۷	−۰.۲۱۴	−۳.۹۹	۰			
	TNH	۰.۰۲۶	۰.۰۰۹	۰.۱۶۲	۳.۰۱۷	۰.۰۰۳			
میانه	ثابت	۰.۰۷۱	۰.۰۵۱		۱.۳۹۷	۰.۱۶۳	.۱۹۷	۰.۰۳۹	Y=0.071+(0.026)(NOI)
	NOI	−۰.۰۶۲	۰.۰۱۷	−۰.۱۹۷	−۳.۶۰۶	۰			
جلفا	ثابت	−۰.۲۰۵	۰.۰۹۹		−۲.۰۷۷	۰.۰۳۹	.۲۱۶	۰.۰۴۷	Y=-0.205+0.12(HCNA) +0.135(PNA)
	HCNA	۰.۱۲	۰.۰۴۱	۰.۱۵۹	۲.۹۰۲	۰.۰۰۴			
	PNA	۰.۱۳۵	۰.۰۵۶	۰.۱۳۲	۲.۴۲	۰.۰۱۶			

ماخذ: نگارندگان

جدول (۱۳) تحلیل واریانس رگرسیون بین متغیرها را نشان می‌دهد. مقدار معنی دار (Sig) در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از ۵ درصد است. لذا می‌توان به ارتباط خطی بین متغیرهای موجود در مدل‌های رگرسیون با تغییرات SPI ایستگاه‌های مورد پژوهش اشاره کرد. در این جدول، مقادیر SPI ماهانه ایستگاه‌های مورد پژوهش که با مدل رگرسیونی قابل توجیه هستند و مقادیر باقیمانده‌ها که غیر قابل توجیه‌اند نیز دیده می‌شود. همچنین سطح خطای آزمون ۰/۰۵ در جدول واریانس می‌باشد.

جدول ۱۳: نتایج حاصل از تحلیل واریانس بین SPI ماهانه (به‌صورت سری زمانی) ایستگاه‌های شمال غرب ایران و شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی در بازه زمانی (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸)

مدل		مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری	مدل		مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
اهر	رگرسیون	۱۸.۶۲۱	۶.۲۰۷	۷.۳۵۴	۰.۰۰۰	**خوی**	رگرسیون	۴.۱۶۴	۴.۱۶۴	۴.۶۵۸	.۰۳۲
	باقیمانده	۲۷۰.۱۰۶	۰.۸۴۴				باقیمانده	۲۸۷.۸۷۳	۰.۸۹۴		
	مجموع	۲۸۸.۷۲۸					مجموع	۲۹۲.۰۳۷			
اردبیل	رگرسیون	۱۳.۲۵۴	۶.۶۲۷	۷.۲۳۶	.۰۰۱	**ماکو**	رگرسیون	۱۴.۸۱۹	۷.۴۰۹	۸.۱۶۸	.۰۰۰
	باقیمانده	۲۹۳.۹۹۹	۰.۹۱۶				باقیمانده	۲۹۱.۱۷۱	۰.۹۰۷		
	مجموع	۳۰۷.۲۵۳					مجموع	۳۰۵.۹۸۹			
خلخال	رگرسیون	۹.۴۱۵	۹.۴۱۵	۱۰.۸۹۲	.۰۰۱	**سردشت**	رگرسیون	۳۳.۵۳۱	۵.۵۸۸	۸.۰۹۷	.۰۰۰
	باقیمانده	۲۷۸.۳۳	۰.۸۶۴				باقیمانده	۲۱۸.۷۸۸	۰.۶۹		
	مجموع	۲۸۷.۷۴۵					مجموع	۲۵۲.۳۱۹			
پارس‌آباد	رگرسیون	۱۰.۹۵۷	۵.۴۷۹	۶.۰۹۹	.۰۰۳	**ارومیه**	رگرسیون	۵.۶۶۱	۵.۶۶۱	۶.۷۲۱	.۰۱۰
	باقیمانده	۲۸۸.۳۴۶	۰.۸۹۸				باقیمانده	۲۷۱.۲۲۷	۰.۸۴۲		
	مجموع	۲۹۹.۳۰۴					مجموع	۲۷۶.۸۸۸			
تبریز	رگرسیون	۱۳.۷۲۹	۴.۵۷۶	۵.۴۸۴	.۰۰۱	**سراب**	رگرسیون	۷.۱۵۹	۷.۱۵۹	۸.۰۸۴	.۰۰۵
	باقیمانده	۲۶۷.۰۴۵	۰.۸۳۵				باقیمانده	۲۸۵.۱۵۹	۰.۸۸۶		
	مجموع	۲۸۰.۷۷۴					مجموع	۲۹۲.۳۱۷			

.۰۰۰	۱۲.۷۵۴	۹.۹۲۸	۱۹.۸۵۶	رگرسیون	**تکاب**	.۰۰۵	۵.۴۸۹	۴.۶۷۷	۹.۳۵۴	رگرسیون	**زنجان**
		۰.۷۷۸	۲۴۹.۸۶۵	باقیمانده				۰.۸۵۲	۲۷۳.۵۰۱	باقیمانده	
			۲۶۹.۷۲۱	مجموع					۲۸۲.۸۵۵	مجموع	
.۰۰۰	۱۳.۰۰۲	۱۰.۹۰۴	۱۰.۹۰۴	رگرسیون	**میانه**	.۰۰۰	۱۰.۲۹۶	۷.۸۳۷	۱۵.۶۷۴	رگرسیون	**مهاباد**
		۰.۸۳۹	۲۷۰.۰۴۷	باقیمانده				۰.۷۶۱	۲۴۴.۳۳۸	باقیمانده	
			۲۸۰.۹۵۲	مجموع					۲۶۰.۰۱۱	مجموع	
.۰۰۰	۷.۸۶۹	۶.۹۱۳	۱۳.۸۲۶	رگرسیون	**جلفا**	.۰۰۰	۱۰.۸۱۸	۸.۰۲۳	۲۴.۰۶۹	رگرسیون	**مراغه**
		۰.۸۷۹	۲۸۲	باقیمانده				۰.۷۴۲	۲۳۷.۳۳	باقیمانده	
			۲۹۵.۸۲۶	مجموع					۲۶۱.۳۹۹	مجموع	
						.۰۰۰	۱۴.۳۶۱	۱۱.۶۵	۱۱.۶۵	رگرسیون	**خرمدره**
								۰.۸۱۱	۲۶۱.۲۱۸	باقیمانده	
									۲۷۲.۸۶۸	مجموع	

ماخذ: نگارندگان

نتیجه گیری

در این مطالعـه بـا استفاده از روش همبستگی و رگرسیون چندگانه ارتباط بـین خشک‌سالی ایستگاه‌های موردمطالعه با شاخص‌های پیوند از دور نیمکره شمالی، در مقیاس‌های ماهانه (هم‌زمان به‌صورت متوالی)، با تأخیر یک‌ماهه، تأخیر دوماهه و فصلی (هم‌زمان) مـورد ارزیـابی قرار گرفت. یافته‌ها حاکی از آن بود که ایستگاه‌های موردمطالعه با اکثر شاخص‌های پیوند از دور با مقیاس‌های متفاوت از همبستگی معنی‌داری برخوردار هستند به طوری که در مقیاس ماهانه الگوی اقیانوس آرام و امریکای شمالی (PNA) با ۴۷٪ ایستگاه‌ها، شاخص نوسان اقیانوس اطلس شمالی (NAO) با ۲۴٪ ایستگاه‌ها و شاخص‌های AO, EA/WR, EA, NAM با ۶٪ ایستگاه‌ها در سطوح ۹۵ تا ۹۹ درصد همبستگی معنی‌دار مستقیم یا معکوس با شدت ضعیف دارند در مقیاس با تأخیر یک‌ماهه ۶۳٪ شاخص‌ها با شدت همبستگی ضعیف و مقدار بین ۰,۱ تا ۰,۲ با ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار می‌باشد درحالی‌که ایستگاه‌های خلخال، زنجان، سردشت، ارومیه، سراب، تکاب، هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری ندارد. همچنین نتایج بررسی‌ها در مقیاس با تأخیر دوماهه نشانگر این هست که شاخص NAO با ۷۶٪ ایستگاه‌ها و با مقدار بین ۰/۱ تا ۰/۲ همبستگی با شدت ضعیف دارد؛ و شاخص‌های EA/WR و SAM با ۳۵٪ ایستگاه‌ها همبستگی داشته که به صورت مستقیم و معکوس بین ایستگاه‌ها متغیر است. نتایج متفاوت همبستگی‌ها در ایستگاه‌های مختلف ناشی از شرایط محلی و موقعیت هر ایستگاه می‌باشد که سبب بروز همبستگی مثبت در یک ایستگاه و همبستگی منفی در ایستگاه دیگر شده است. بررسی فصلی نیز نشان داد که در فصل زمستان ۳۵٪ ایستگاه‌ها ارتباط معنی‌داری با شاخص‌های پیوند از دور نداشته و این در حالی است که ایستگاه جلفا با ۳۸٪ شاخص‌ها بیشترین مقدار همبستگی با شدت متوسط تا قوی را دارا می‌باشد. در فصل بهار شاخص‌های مد سالانه شمالی (NAM) و اقیانوس آرام شمالی (NPI) به ترتیب با ۸۲ و ۷۶٪ ایستگاه‌ها همبستگی در جهت منفی و با شدت متوسط تا قوی دارند. در فصل تابستان از ۱۷ ایستگاه (۴۸٪ ایستگاه‌ها) با ۷ شاخص پیوند از دور معنی‌دار می‌باشد. در فصل پائیز از بین شاخص‌های اثرگذار بر نمایه SPI می‌توان به شاخص قطبی اروپا و آسیا (POL/PEP) و نوسان اطلس شمالی (NAO) اشاره کرد که همبستگی معنی‌داری در سطح ۹۵٪ در جهت مثبت و با شدت متوسط تا قوی دارند. مدل

رگرسیون نشان داد که شاخص‌های پیوند از دور PNA, NAO, NPGO, NOI, SNAO, NAM, HCNI TNH, HCNA, NPI, TNA به عنوان تأثیر گذارترین شاخص‌ها بر تغییرات SPI ماهانه منطقه مورد مطالعه می‌باشد. به طوری که شاخص‌های NOI، NAO، PNA، در اکثر ایستگاه‌ها توسط مدل انتخاب شده است. همچنین ایستگاه‌های سردشت، مراغه، تکاب، اهر و مهاباد به ترتیب با ۱۳٪، ۹٪، ۷٪، ۶٪ بیشترین و ایستگاه‌های خوی با ۱٪، ارومیه و سراب با ۲٪ کمترین تأثیرپذیری را از شاخص‌های پیوند از دور، مؤثر داشته‌اند. نتایج حاصل از تحلیل واریانس نیز نشانگر معنی‌دار بودن مدل رگرسیونی می‌باشد. از این شاخص‌های مؤثر می‌توان جهت مدل سازی و پیش بینی خشک‌سالی‌ها شمال غرب ایران به عنوان داده‌های ورودی در پژوهش‌های آتی نیز استفاده کرد. پژوهش‌های انجام شده در رابطه با ارتباط الگوهای پیوند از دور شامل تاج الدینی و همکاران (۱۳۹۰)، فلاح زاده و همکاران (۱۳۹۸)، لکزاشکور و همکاران (۱۳۹۷) و میرزایی حسنلو و همکاران (۱۳۹۹) بیانگر ارتباط بین الگوهای پیوند از دور و خشک‌سالی و همچنین محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۷)، گرکانی نژاد و بذرافشان (۱۳۹۷) مبنی بر ارتباط بین بارش و الگوهای پیوند از دور می‌باشد و با نتایج این پژوهش مبنی بر ارتباط و همبستگی بین خشک‌سالی و الگوهای پیوند از دور همخوانی دارد.

منابع

۱- تاج‌الدینی، محبوبه، فاتحی مروج، احمد، سلاجقه، علی (۱۳۹۰): بررسی ارتباط بین سیگنال‌های اقلیمی (NAO, NINO, MEI, SOI)و نمایه استاندارد شده بارش (SPI) در مناطق نیمه خشک و فراخشک در استان کرمان، اولین کنفرانس ملی خشک‌سالی و تغییر اقلیم.

۲- سلیقه، محمد؛ بیات، علی؛ بلیانی، یدا...؛ دوست کامیان، مهدی (۱۳۹۲): ارتباط الگوی پیوند از دور نوسانات جوی – اقیانوسی نیمکره شمالی (NAO) با خشک‌سالی‌های استان فارس، اندیشه جغرافیا، ۷(۱۳)، صص ۳۳-۱.

۳- سبحانی، بهروز؛ صلاحی، برومند؛ گل دوست، اکبر (۱۳۹۳): ارتباط شاخص اقلیمی NAO با مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل دمای ماهانه شمال غرب ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۴ (۳۳): صص ۷۵-۹۰.

۴- سیدنژاد گل خطمی، نفیسه، بذرافشان، جواد، نازی قمشلو، آرزو، ایران‌نژاد، پرویز، ۱۳۹۹، بررسی تأثیر سیگنال NAO بر بارش‌های ایران با رهیافت تحلیل شبکه در ماه‌های نوامبر تا آوریل ۲۰۱۶-۱۹۷۹، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۶، شماره ۲، صص ۳۲۹-۳۱۳.

۵- خلیقی سیگارودی، شهرام؛ صادقی سنگ دهی، سید علی؛ اوسطی، خالد: قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۸۸): بررسی نمایه‌های ارزیابی پدیده‌های ترسالی و خشک‌سالی Nitzche, Pnpi, Spi(مطالعه موردی استان مازندران)، فصل‌نامه علمی – پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، صص ۵۴-۴۴.

۶- خسروی، محمود (۱۳۸۴): بررسی اثر الگوهای دور پیوند بر خشک‌سالی‌های فراگیر زمستانه استان سیستان و بلوچستان، مجله جغرافیا و توسعه‌ای ناحیه‌ای، شماره ۴، صص ۲۷ — ۵۴.

۷- خسروی، محمود (۱۳۸۳) بررسی روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان‌مقیاس نیمکره شمالی با خشک‌سالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان، جغرافیا و توسعه، دوره ۲، شماره پیاپی ۳، صص ۱۶۷-۱۸۸.

۸- خورشید دوست، علی‌محمد؛ قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۷): آشکارسازی تغییرات بارش ماهانه ایستگاه اهر در ارتباط با الگوهای پیوند از دور، جغرافیایی سرزمین، دوره ۵، شماره ۴، صص ۶۵-۸۱.

۹- طولابی نژاد میثم، حجازی زاده زهرا، بساک عاطفه، بزمی نسرین. اثرات نوسان اطلس شمالی بر ناهنجاری تـراز میـانی جـو و بارش ایران (مطالعه موردی: غرب ایران). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۳۹۷؛ ۱۸ (۴۹): ۱۹-۳۵.

۱۰- فلاح زاده، مونا، رضایی، پرویز، اسلامیان، سعید، عباسی، علیرضا، ۱۳۹۷، تحلیل ارتباط الگوهای پیونـد از دور بـا خشک‌سـالی حوضه قره‌قوم با استفاده از مدل شبکه عصبی، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۴۲، صص ۸۰-۶۷.

۱۱- قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج زاده، منوچهر؛ کاکا پور، سعید (۱۳۹۳) بررسی اثر الگـوی پیونـد از دور دریـای شـمال - خـزر بـر نوسانات بارش‌های پاییزی مناطق غرب و شمال غرب ایران، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۸ (۴۹)، صص ۲۳۰-۲۱۷.

۱۲- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۳): کاربرد نمایه‌های مبتنی بر بارش در مطالعه خشک‌سالی و ترسالی‌ها (مطالعـه مـوردی: اسـتان آذربایجان شرقی)، پژوهش و سازندگی، دوره ۱۷، شماره ۴، صص ۴۷-۵۶.

۱۳- گرگانی نژاد مشیری، زهرا، بذرافشان، ام البنین، ۱۳۹۷، واکاوی اثر سیگنال‌های اقلیمی بر بارش دوره‌های خشک و تر (مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان)، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۴، شماره ۲، صص ۳۴۹-۳۳۳.

۱۴- لکزاشـکور قاسم، روشن غلامرضا، شاهکویی اسماعیل (۱۳۹۷): واســـنجی اثـر الگوهـــا و شـاخص‌های پیونـــد از دور بـر رخـــداد خشکسالی‌های استان گلستان، نشریه برنامه ریزی منطقه‌ای، دوره ۸، شماره ۲۹، ۱۰۷-۱۲۳.

۱۵- عساکره، حسین؛ رزمی، رباب (۱۳۹۰) اقلیم شناسی بارش شمال غرب ایران، جغرافیا و توسعه، (۲۵)، صص۱۳۷- ۱۵۸.

۱۶- میرزایی حسنلو، ایوب، عبقری، هیراد، عرفانیان، مهدی، ۱۳۹۹)؛ تأثیر الگوهای دورپیوند بر بارش و خشک‌سالی حوضه دریاچه ارومیه، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۶، شماره ۲، صص ۵۵۹-۵۳۷.

17- Amini M, Ghadami M, Fathian F, Modarres, R (2020): Teleconnections Between Oceanic–Atmospheric Indices And Drought Over Iran Using Quantile Regressions, Hydrological Sciences Journal Vol. 65, 2020 - Issue 13, Pp. 2286-2295.

18- Irannezhad, M. Haghighi, A. T. Chen, D. Kløve, B. (2015): Variability In Dryness And Wetness In Central Finland And The Role Of Teleconnection Patterns. Theoretical And Applied Climatology, 122(3-4), Pp. 471-486.

19- Kingtse C, Mo, Jae E, Schemm (2008): Relationships Between ENSO And Drought Over The Southeastern United States, Geophysical Research Letters, Vol. 35, Issue15, Pp. 1-5.

20- Manzano, Antonio, Miguel A. Clemente, Ana Morata, M. Yolanda Luna, Santiago Beguería, Sergio M. Vicente-Serrano, And M. Luisa Martín. "Analysis Of The Atmospheric Circulation Pattern Effects Over SPEI Drought Index In Spain." Atmospheric Research 230 (2019): 104630.

21- Mohammadrezaei, M. Soltani, S. & Modarres, R. Evaluating The Effect Of Ocean-Atmospheric Indices On Drought In Iran. Theor Appl Climatol 140, 219–230 (2020): Https://Doi.Org/10.1007/S00704-019-03058-6

22- Mohsen Amini, Mohammad Ghadami, Farshad Fathian & Reza Modarres (2020): Teleconnections Between Oceanic – Atmospheric Indices And Drought Over Iran Using Quantile Regressions, Hydrological Sciences Journal, DOI: 10.1080/02626667.2020.1802029.

23- Ogunjo, Samuel T. Ibiyinka A. Fuwape, And Christiana F. Olusegun. "Impact Of Large Scale Climate Oscillation On Drought In West Africa." Arxiv Preprint Arxiv: Pp. 1901.10145 (2019).

24- Park, Jae-Heung, Li, Tim (2018): Interdecadal Modulation Of El Niño–Tropical North Atlantic Teleconnection By The Atlantic Multi-Decadal Oscillation, Climate Dynamics Vol. 52, Pp. 5345–5360.

25- Satyaban B. Ratna, Timothy J. Osborn, Manoj Joshi, Bao Yang, And Jianglinwang (2019): Identifying Teleconnections And Multidecadal Variability Of East Asian Surface Temperature During The Last Millennium In CMIP5 Simulations, Clim. Past, 15, Pp. 1825–1844.

26- Shi, P. Yang, T. Zhang, K. Tang, Q. Yu, Z. Zhou, X. (2016): Large-Scale Climate Patterns And Precipitation In An Arid Endorheic Region: Linkage And Underlying Mechanism. Environmental Research Letters, 11(4), 044006.

27- Sun, Q. Miao, C. Aghakouchak, A. Duan, Q. (2016): Century-Scale Causal Relationships Between Global Dry/Wet Conditions And The State Of The Pacific And Atlantic Oceans. *Geophysical Research Letters, 43*(12), 6528-6537.

28- Valdivieso O, Fernando, Veronica U, Arianna O, Paladines (2020): Large-Scale Climate Variability Patterns And Drought: A Case Of Study In South – America, Water Resources Management Vol. 34, Pp. 2061–2079(2020).

29- Zaroug, M. A. H. Giorgi, F. Coppola, E. Abdo, G. M. And Eltahir, E. A. B. (2014): Simulating The Connections Of ENSO And The Rainfall Regime Of East Africa And The Upper Blue Nile Region Using A Climate Model Of The Tropics, Citable URI: Http://Hdl.Handle.Net/1721.1/92786, Department: Massachusetts Institute Of Technology. Department Of Civil And Environmental Engineering, Publisher: Copernicus Gmbh.