

جغرافیا و توسعه شماره ۴۰ پاییز ۱۳۹۴

وصول مقاله : ۱۳۹۱/۰۸/۰۴

تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۰۶/۲۶

صفحات : ۱۹۴-۱۷۵

## رابطه بین الگوهای پیوند از دور و یخبندان‌های فراگیر ایران

دکتر پیمان محمودی<sup>۱</sup>، دکتر محمود خسروی<sup>۲</sup>، دکتر سید ابوالفضل مسعودیان<sup>۳</sup>، دکتر بهلول علیجانی<sup>۴</sup>

### چکیده

هدف از این مطالعه شناسایی رابطه بین الگوهای پیوند از دور با تغییرپذیری فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در ایران است. برای رسیدن به این هدف، نخست داده‌های مربوط به دماهای حداقل روزانه ۶۶۳ ایستگاه هواشناسی همدید و اقلیم‌شناسی ایران طی بازه زمانی ۲۰۰۴-۱۹۶۲ برای ماه‌های اکتبر تا آوریل از سازمان هواشناسی کشور و دوم شاخص‌های پیوند از دور برای همان بازه زمانی از دو پایگاه داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی محیطی-مرکز ملی پژوهش‌های جوی NCEP/NCAR و مرکز پیش‌بینی اقلیمی وابسته به سازمان پژوهش‌های جوی و اقیانوسی ایالات متحده برداشت شد. سپس روزهایی که ۶۵ درصد و بیشتر از مساحت ایران را دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد فرا گرفته بود، به عنوان روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر انتخاب شدند. سپس فراوانی این روزها به تفکیک ماه، فصل و سال استخراج گردید. در ادامه با استفاده از روش گام به گام مدل‌های رگرسیونی چند متغیره، مهمترین الگوهای پیوند از دور اثرگذار بر روی تغییرپذیری فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران شناسایی شدند.

نتایج نشان می‌دهد که فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در فصل زمستان و همچنین در مقیاس سالانه، تنها با الگوی اطلس شرقی (EA) رابطه‌ی آماری معنادار نشان داده‌اند که این رابطه نیز یک رابطه‌ی معکوس می‌باشد بطوری‌که ضریب همبستگی این شاخص به ترتیب برای فصل زمستان و سالانه (-۰/۳۳) و (-۰/۳۷) است. ماه دسامبر با مجموع سه شاخص اطلس شرقی (EA)، نوسان شمالی (NOI) و الگوی حاره‌ای نیمکره‌ی شمالی (THN)، ماه ژانویه تنها با الگوی آرام شرقی-آرام غربی (EP-NP) و ماه فوریه با دو الگوی اسکاندیناوی (SCA) و نوسان قطبی (AO) همبستگی نشان داده‌اند که به ترتیب مقادیر آنها برابر با (+۰/۵۵)، (-۰/۴۵) و (+۰/۵۲) بوده است. در نهایت میانگین ماهانه‌ی الگوهای فشار سطح دریا در فازهای مثبت و منفی شاخص‌های مورد مطالعه برای ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه مورد مطالعه قرار گرفت. در هر کدام از فازهای مثبت و منفی الگوی گسترش زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری مسبب وقوع حداکثر و حداقل فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر بوده است.

کلیدواژه‌ها: ایران، یخبندان فراگیر، الگوی پیوند از دور، الگوی اطلس شرقی، الگوی اسکاندیناوی.

p\_mahmoudi@gep.usb.ac.ir

khosravi@gep.usb.ac.ir

porcista@geog.ui.ac.ir

alijani@tmu.ac.ir

۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسؤؤل)

۲- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان

۴- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی

## مقدمه

شناسایی الگوهای پیوند از دور و تحلیل آثار آنها بر روی ساختار افقی الگوهای گردشی می‌تواند جهت شناخت و درک بهتر رخداد‌های ناهنجار اقلیمی که در بسیاری از قسمت‌های این کره خاکی به وقوع می‌پیوندند، مفید باشند (Muller & Ambrizzi, 2007: 633). مطالعات مختلفی اثرات این الگوهای پیوند از دور را بر روی تغییرپذیری اقلیم جهانی مورد توجه قرار داده‌اند که برخی از آنها اختصاصاً بر روی ایران متمرکز بوده‌اند (احمدی‌گیوی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۱۳-۹۵؛ ناظم‌السادات و همکاران، ۱۳۸۴: ۹۷-۸۱؛ غیور و خسروی، ۱۳۸۰: ۱۷۴-۱۴۱؛ قویدل‌رحیمی، ۱۳۸۴: ۸۸-۷۱؛ یاراحمدی و عزیزی، ۱۳۸۶: ۱۷۴-۱۶۱؛ صلاحی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۵۶-۱۴۷؛ خورشید دوست و قویدل‌رحیمی، ۱۳۸۵: ۲۶-۱۵؛ مرادی، ۱۳۸۳: ۳۰-۱۷؛ عزیزی، ۱۳۷۹: ۸۴-۷۱؛ Nazemosadat & Cordery, 2000: 47-61). اما آنچه که در این مطالعات بیشتر جلب توجه می‌کند تمرکز بیشتر آنها بر روی اثر الگوهای پیوند از دور به خصوص انسو بر روی تغییرپذیری بارش بوده است و مطالعات بسیار اندکی اثر این الگوها را بر روی دیگر متغیرها به خصوص یخبندان مورد توجه قرار داده‌اند.

مولر و همکاران با تفکیک قائل شدن بین فراوانی، شدت و وسعت یخبندان‌ها در ناحیه وت پامپاس<sup>۱</sup> آرژانتین نشان دادند که یخبندان‌ها دارای تغییرات سال به سال زیادی هستند که بخشی از این تغییرات را می‌توان به وقوع رخداد ال‌نینو-نوسان جنوبی نسبت داد (Muller et al, 2000: 1619-1637). مولر و همکاران در ادامه تحقیقاتشان بر روی یخبندان‌های ناحیه وت پامپاس، یخبندان‌های این ناحیه را به دو دسته یخبندان‌های نیمه فراگیر (ثبت شده در ۲۵ تا ۷۵ درصد ایستگاه‌های هواشناسی) و فراگیر (ثبت شده

در بیش از ۷۵ درصد) تقسیم‌بندی و سپس روزهای یخبندان را به سه گروه سال‌های بدون پدیده، ال‌نینو و لانینا گروه‌بندی کردند. در ادامه هر گروه را با استفاده از تحلیل مؤلفه مبنا و با استفاده از رویکرد مد-T مورد تحلیل قرار داده و به این نتیجه رسیدند که هر شش الگوی به دست آمده از تحلیل مؤلفه‌های مبنا با آنتی‌سیکلون‌های سردی که مسبب ایجاد یخبندان‌های تابشی و/یا فرارفتی در منطقه می‌شوند مرتبط هستند (Muller et al, 2003: 943-961).

هیگینس و همکاران کاهش فراوانی فرین‌های روزانه دمای فصل زمستان در زمان وقوع ال‌نینو و افزایش فراوانی آنها در زمان وقوع لانینا را در ایالات متحده آمریکا تأیید کرده‌اند. همچنین اثر نوسان قطبی بر روی میانگین، پراش و دماهای فرین شمال شرقی ایالات متحده و کانادا نیز مورد تأیید محققانی همچون بیتستن و میرنس قرار گرفته است (Higgins et al, 2002: 59-74; Wettstein & Mearnes, 2002: 3586-3600).

پاپینائو هم نشان داد که ناهنجاری‌های دمایی فصل زمستان آلاسکا ارتباط مستقیمی با دو شاخص نوسان جنوبی و نوسان دوره‌ای اقیانوس آرام دارد بطوری‌که در زمستان‌هایی که ال‌نینو رخ می‌دهد دما در قسمت‌های جنوبی آلاسکا نزدیک به نرمال و در قسمت‌های شرقی آن گرمتر از نرمال و در زمستان‌های همراه با لانینا دما به زیر نرمال افت می‌کند. همچنین ثابت شده است که ناهنجاری‌های منفی شاخص نوسان اطلس شمالی و ناهنجاری‌های فشار سطح دریای شمالگان بر روی رخداد‌های فرین سرد آمریکا و اروپا اثرگذار است (Papineau, 2001: 1577-1592; Walesh et al: 2001: 2642-2658).

اثر نوسان قطبی بر دمای زمستان ایران نیز موضوعی است که توسط قاسمی و خلیلی (۲۰۰۶: ۱۶۴-۱۴۹)، قویدل‌رحیمی و خوشحال دستجردی (۱۳۸۹: ۱۹۶-۱۷۹)

فراگیر ایران در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه مطالعه کند. برای رسیدن به این هدف ابتدا مهمترین شاخص‌های اثرگذار در تغییرپذیری یخبندان‌های فراگیر و نیمه‌فراگیر ایران در هر ماه، هر فصل و هر سال شناسایی و سپس ارتباط مهمترین شاخص‌های اثرگذار هر ماه، فصل و سال را با یخبندان‌های فراگیر و نیمه‌فراگیر مدل‌سازی می‌شود.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای بررسی ارتباط بین الگوهای پیوند از دور با تغییرپذیری‌های ماهانه، فصلی و سالانه فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران از دو مجموعه داده بهره گرفته شد. نخست داده‌های مربوط به دماهای حداقل روزانه ۶۶۳ ایستگاه هواشناسی همدید و اقلیم‌شناسی ایران طی بازه‌ی زمانی ۲۰۰۴-۱۹۶۲ برای ماه‌های اکتبر تا آوریل که از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد و دوم شاخص‌های پیوند از دور که برای همان بازه‌ی زمانی ۲۰۰۴-۱۹۶۲ که از دو پایگاه داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی محیطی - مرکز ملی پژوهش‌های جوی NCEP/NCAR و مرکز پیش‌بینی اقلیمی وابسته به سازمان پژوهش‌های جوی و اقیانوسی ایالات متحده برداشت شد. شاخص‌های استفاده شده در این تحقیق عبارتند از:

- شاخص نوسان قطبی (AO)
- شاخص آرام شرقی - آرام غربی (EP-NP)
- شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO)
- شاخص نینو ۱+۲ (NINO 1+2)
- شاخص نینو ۳ (NINO 3)
- شاخص نینو ۳/۴ (NINO 3.4)
- شاخص نینو ۴ (NINO 4)
- شاخص نوسان شمالی (NOI)
- شاخص آرام شمالی (NP)
- شاخص نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام (PDO)

و خسروی و همکاران (۱۳۸۶: ۱۳۶-۱۲۵) مورد تأیید قرار گرفته است. اکبری و مسعودیان هم در یک مطالعه‌ی جامع اظهار داشته‌اند که هیچ یک از الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی توان تبیین درصد بزرگی از تغییرات دمای ایران را در همه‌ی ماه‌های سال ندارند و حتی برخی الگوها در برخی از ماه‌های سال درصد نسبتاً کوچکی از تغییرات دما را تبیین می‌کنند (اکبری و مسعودیان، ۱۳۸۶: ۱۳۲-۱۱۷).

قاسمی و خلیلی هم در پی تأیید این فرضیه که ترکیب دو شاخص نوسان اطلس شمالی و الگوی شمال دریای خزر توانایی تبیین بیشترین تغییرپذیری دمای فصل زمستان ایران را دارند، به این نتیجه رسیدند که در فاز مثبت الگوی دریای خزر، یک فرود در جو بالای شمال ایران و شرق مدیترانه شکل می‌گیرد که در فاز منفی این الگو، این فرود، ضعیف و بر روی مناطق اروپای مرکزی قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که فرود یاد شده بیشترین نقش را بر دمای فصل زمستان ایران دارد (Ghasemi & Khalili, 2008: 149-164).

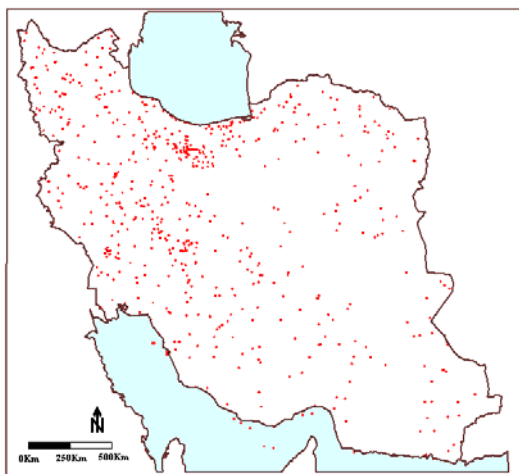
قاسمی و عساکره هم رابطه آماری بین دمای مشهد و نوسان اطلس شمالی و کاویانی و عساکره رابطه‌ی آماری بین دمای ایستگاه جاسک در جنوب شرق ایران را با سه شاخص نوسانات اطلس شمالی، نوسانات جنوبی و کلف‌های خورشیدی مورد تأکید قرار داده‌اند (قاسمی و عساکره، ۱۳۸۲: ۱۳۳-۱۱۶؛ کاویانی و عساکره، ۱۳۸۰: ۳۸-۱۹).

با مروری بر برخی از مطالعات انجام شده در ایران و جهان مشاهده گردید که بیشتر مطالعات انجام شده در این زمینه بر روی ارتباط بین شاخص‌های پیوند از دور با بارش و دما متمرکز بوده است و مطالعه‌ی بسیار کمی آثار این الگوها را بر روی یخبندان‌ها مطالعه کرده‌اند. لذا در این مقاله هدف آن است که اثرالگوهای پیوند از دور را بر روی تغییرپذیری یخبندان‌های

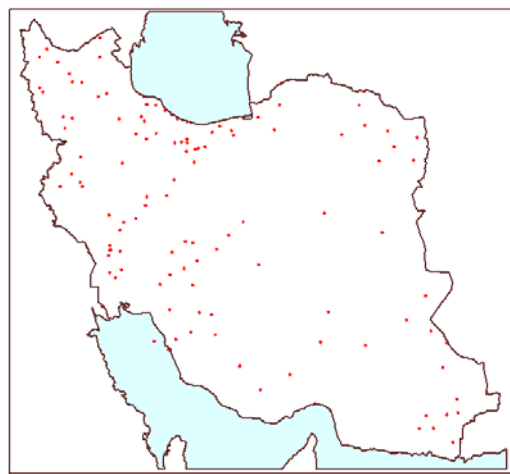
کشور و تشکیل پایگاه داده‌های دمای حداقل کشور، نقشه‌های همدمای حداقل روزانه کشور از ۱۹۶۲/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ به مدت ۹۱۱۶ روز به روش کریگینگ میانمایی شدند. لازم به اشاره است که مبنای محاسبات و برگزیدن روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر همین نقشه‌های میانمایی شده می‌باشند. همچنین می‌بایستی اشاره شود که تعداد ایستگاه‌ها در هر کدام از سال‌های مورد مطالعه متفاوت بوده است بطوری که تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی در سال ۱۹۶۲، ۱۲۲ ایستگاه (شکل ۱) و در سال ۲۰۰۴، ۶۶۳ ایستگاه (شکل ۲) بوده است.

- الگوی آرام/ آمریکای شمالی (PNA)  
 - الگوی آرام غربی (WP)  
 - الگوی اطلس شرقی (EA)  
 - الگوی شرق اطلس و غرب روسیه (EA/WR)  
 - الگوی اسکاندیناوی (SCA)  
 - الگوی حاره‌ای نیمکره شمالی (TNH)  
 - الگوی اوراسیا- قطب شمال (POL)

برای آشنایی بیشتر با این شاخص‌ها و الگوها می‌توان به منابع کریمی‌خواجهنگی (۱۳۸۶) و <http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIndices/List/index> مراجعه نمود. پس از اخذ داده‌ها از سازمان هواشناسی



شکل ۲: موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های همدید و اقلیمی مورد مطالعه در سال ۲۰۰۴ (تعداد ایستگاه‌ها ۶۶۳ ایستگاه)  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۱: موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های همدید و اقلیمی مورد مطالعه در سال ۱۹۶۲ (تعداد ایستگاه‌ها ۱۲۲ ایستگاه)  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

$$Z = \frac{F_{Generalized} - \bar{F}_{Generalized}}{SD} \quad \text{معادله ۱:}$$

که  $Z$ : داده‌های نرمال شده فراوانی یخبندان‌های فراگیر.  $F_{Generalized}$ : فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر برای هر ماه، فصل و سال مورد نظر.

در ادامه یخبندان‌های فراگیر (یعنی آن روزهایی که درجه حرارت مساوی یا کمتر از صفر درجه سانتیگراد است) براساس یک آستانه‌ی مکانی یعنی یخبندان‌های که حدود ۶۵ درصد و بیشتر مساحت ایران را فرا گرفته باشند برای هر ماه، هر فصل و هر سال، جداگانه شمارش و سپس بر اساس معادله زیر استاندارد شدند:

چهار فرض بنیادی مورد توجه قرار گیرند که عبارتند از:

- فرض وجود رابطه‌ی خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل: این فرضیه با استفاده از آماره  $F$  آزمون می‌شود که مقدار آن بر اساس معادله‌ی زیر به دست می‌آید:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \times \frac{n-P-1}{P} \quad \text{معادله ۳:}$$

که در آن  $P$  تعداد متغیرهای پیش بین و  $n$  تعداد موارد موجود خواهد بود. چنانچه مقدار  $F$  محاسباتی از مقدار  $F$  جدول فیشر بزرگتر باشد، می‌رساند که رابطه بین متغیر وابسته و ترکیب خطی متغیرهای مستقل احتمالاً نمی‌تواند ناشی از تصادف باشد.

- فرض نرمال بودن خطاها: که مهمترین فرضیه بنیادی در رگرسیون می‌باشد و از طریق نمودار P.P plot آزمون می‌شود. محور  $X$  این نمودار، تفاضل بین مقادیر مشاهده شده  $(y_i)$  با مقادیر پیش‌بینی شده  $(\hat{y}_i)$  است و مقادیر  $\Phi^{-1} \left( \frac{j-1/2}{n} \right)$  که از روی جدول توزیع نرمال محاسبه می‌شود، برای محور  $Y$  به دست می‌آید. حال اگر نقاط حول و حوش یک خط راست قرار گیرند حاکی از نرمال بودن  $e_i$  است.

- فرض ثابت بودن واریانس خطاها  $(e_i)$ : این فرضیه از طریق رسم نمودار  $(\hat{y}_i, e_i)$  یعنی نمودار باقیمانده‌ها علیه مقادیر پیش‌بینی شده متغیر وابسته آزمون می‌شود. اگر نقاط به دست آمده دارای روند خاصی نباشند و بطور کاملاً تصادفی در محور مختصات پخش شده باشند حاکی از ثابت بودن واریانس خواهد بود.

$\bar{F}_{Generalized}$ : میانگین بلندمدت فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ماهانه، فصلی و سالانه.

$SD$ : انحراف معیار بلند مدت فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ماهانه، فصلی و سالانه.

برای الگوها و شاخص‌های پیوند از دور نیز همین کار استانداردسازی برای هر ماه، هر فصل و هر سال مطابق فرمول ۱ انجام گرفت.

در ادامه جهت استخراج و تعیین اثرگذارترین شاخص‌ها و الگوهای پیوند از دور بر روی تغییرپذیری یخبندان‌های فراگیر ایران از مدل‌های رگرسیونی چند متغیره استفاده شد. در مرسوم‌ترین حالت آن، مدل‌های رگرسیونی به بررسی رابطه بین یک متغیر وابسته (فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر) و چند متغیر مستقل (شاخص‌ها و الگوهای پیوند از دور) می‌پردازد که معادله‌ی کلی آن به شکل زیر است:

معادله ۲:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

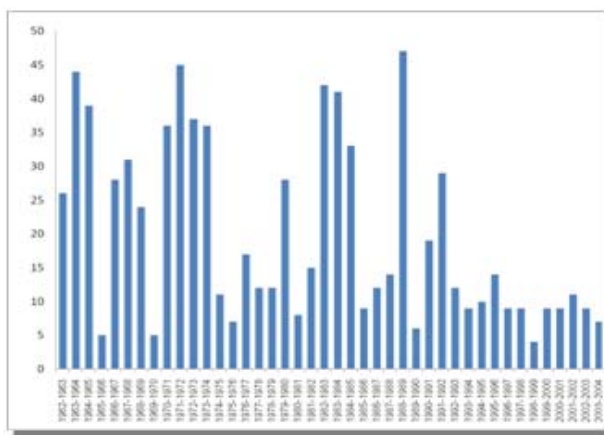
که در عبارت‌های فوق پارامترهای  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ ، ضرایب رگرسیون جزئی و  $\alpha$  مقدار عرض از مبدا است که مقدار ثابت رگرسیون نیز نامیده می‌شود. بخش مهم دیگری که در تحلیل رگرسیونی بایستی بدان توجه نمود، انتخاب نحوه‌ی ورود متغیرهای مستقل به مدل است که در این پژوهش و با توجه به هدف تحقیق از روش ورود گام به گام متغیرها به مدل استفاده شد. در این روش متغیرها تک به تک به معادله وارد می‌شوند و به دنبال آن اگر نقش معناداری در رگرسیون نداشته باشند، از آن حذف می‌شوند (یوسفی لفورکی، ۱۳۸۱: ۱۳۰-۷۰).

برای اندازه‌گیری دقت مدل‌های رگرسیونی نیز بایستی

### نتایج و بحث

تحلیل فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران بر اساس آستانه‌ی مکانی تعریف شده برای تعیین روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران، مشخص شد که در تمام سال‌های دوره‌ی مورد مطالعه به نسبت‌های مختلفی این نوع از یخبندان‌ها رخ داده است. بطوری‌که با مشاهده‌ی شکل ۳ مشاهده می‌شود که بیشترین فراوانی وقوع یخبندان‌های فراگیر با فراوانی ۴۷ روز مربوط به سال ۱۹۸۸-۱۹۸۹ و کمترین آن با فراوانی ۴ روز مربوط به سال ۱۹۹۸-۱۹۹۹ بوده است. بنابراین یخبندان‌های فراگیر ایران دامنه‌ی تغییراتی در حدود ۴۳ روز داشته‌اند.

- فرض ناهمبسته بودن خطاها ( $e_i$ ): جهت اطمینان بیشتر از اینکه تا چه حد می‌توان در تخمین مقادیر بارش برحسب مدل رگرسیون چند متغیری، تبیین مناسبی ارائه نمود، از آزمون دوربین- واتسون برای سنجش میزان خود همبستگی خطاها استفاده شد. شاخص دوربین- واتسون (D) بین صفر الی ۴ قرار می‌گیرد. اگر D بین ۱/۵ تا ۲/۵ قرار گیرد نشانه‌ی عدم خود همبستگی خطاها خواهد بود. در نهایت بعد از شناسایی اثرگذارترین الگوها بر روی تغییرپذیری فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر، آزمون همبستگی ماهانه، سالانه و فصلی بین فراوانی روزهای یخبندان با شاخص‌ها و الگوهای تأثیرگذار در هر ماه، فصل و سال انجام شد.



شکل ۳: فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر سالانه ایران

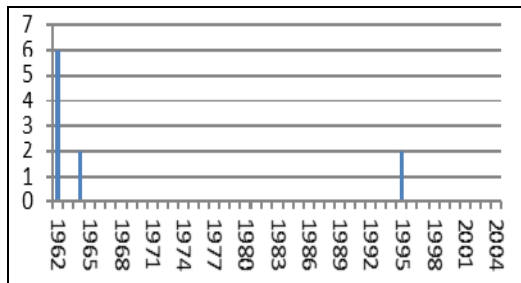
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

در ایران بوده‌اند (شکل ۴-ب). اما وضعیت فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در دو فصل بهار و پاییز مقداری متفاوت‌تر به نظر می‌رسد. با ملاحظه شکل ۴ (الف) و (ج) مشاهده می‌شود که تنها در سال‌های محدودی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ثبت شده‌اند؛ بطوری‌که در فصل پاییز تنها در سه سال و آن هم در سال‌های ۱۹۶۲، ۱۹۶۴ و ۱۹۹۵

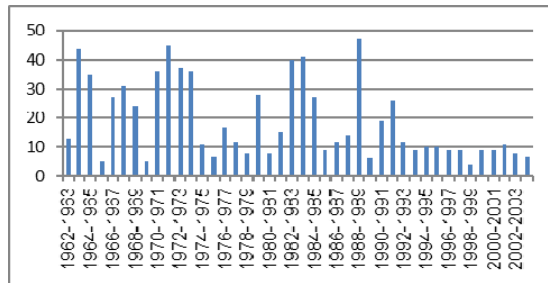
اما در مقیاس فصلی مشاهده می‌شود که بیشترین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر مربوط به فصل زمستان (دسامبر تا فوریه) و کمترین آن مربوط به فصل پاییز (اکتبر و نوامبر) بوده است. زمستان سال ۱۹۸۸-۱۹۸۹ با فراوانی ۴۷ روز دارای بالاترین و زمستان سال ۱۹۹۸-۱۹۹۹ با فراوانی ۴ روز دارای پایین‌ترین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر

در فصل بهار یخبندان‌های فراگیر ثبت شده است که بیشترین فراوانی آن مربوط به بهار سال ۱۹۸۵ با فراوانی ۶ روز و کمترین آن مربوط به بهار سال‌های ۱۹۶۳، ۱۹۶۷ و ۲۰۰۳ با فراوانی یک روز بوده است.

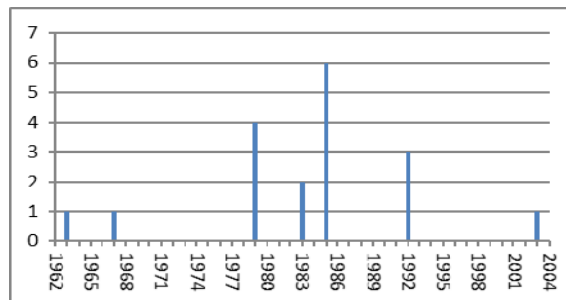
یخبندان فراگیر ثبت شده است که سال ۱۹۶۲ با فراوانی ۶ روز دارای بیشترین فراوانی و دو سال دیگر با فراوانی ۲ روز کمترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. اما از ۴۳ سال مورد مطالعه تنها در هفت سال



الف- پاییز



ب- زمستان



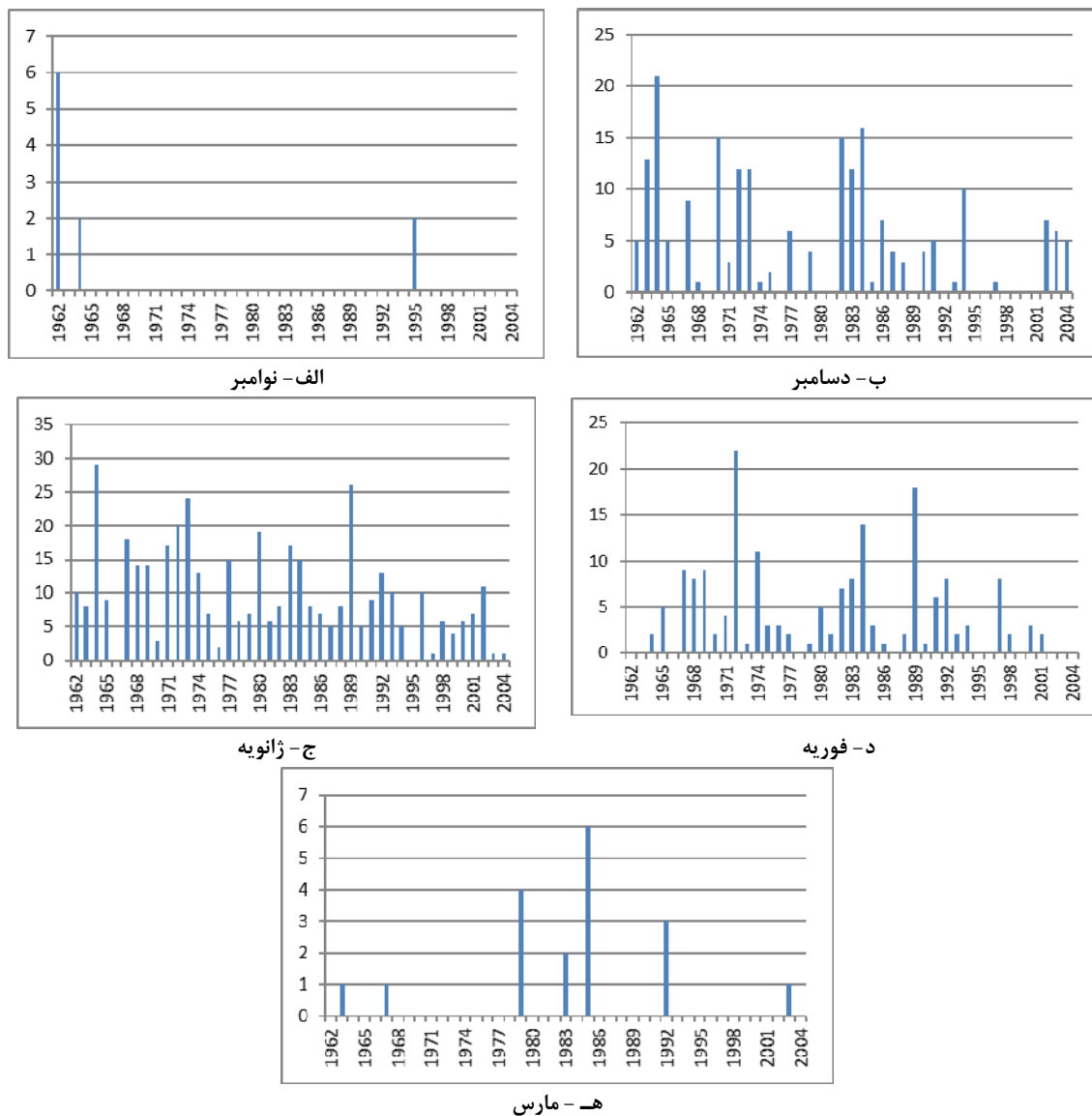
ج- بهار

شکل ۴: فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر فصلی ایران

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

آن در سال ۱۹۶۲ با فراوانی ۶ روز رخ داده است (شکل ۵- الف). در ماه دسامبر بیشترین فراوانی مربوط به سال ۱۹۶۴ با ۲۱ روز (شکل ۵ - ب)، در ماه ژانویه مربوط به سال ۱۹۶۴ با ۲۹ روز (شکل ۵- ج) و در ماه فوریه مربوط به سال ۱۹۷۲ با فراوانی ۲۲ روز بوده است (شکل ۵- د). در فصل بهار (مارس و آوریل) نیز ماه مارس تنها ماهی است که یخبندان فراگیر در آن رخ داده است. بیشترین فراوانی وقوع یخبندان‌های فراگیر این ماه در سال ۱۹۸۵ با فراوانی ۶ روز بوده است (شکل ۵ - ه).

اما در تحلیل ماهانه‌ی فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران مشاهده شد که در دو ماه اکتبر و آوریل هیچ‌گونه یخبندان فراگیری با توجه به آستانه ۶۵ درصد و بیشتر از مساحت ایران رخ نداده است. در دیگر ماه‌های مورد مطالعه نیز ماه ژانویه با میانگین ۱۰ روز دارای بیشترین فراوانی و دو ماه دسامبر و فوریه هر کدام با میانگین فراوانی ۵ و ۴ روز در مرتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. ماه نوامبر تنها ماه فصل پاییز (اکتبر و نوامبر) است که یخبندان‌های فراگیر را تجربه نموده است و این تجربه نیز تنها در سه سال ۱۹۶۲، ۱۹۶۴ و ۱۹۹۵ بوده است که حداکثر



شکل ۵: فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ماهانه ایران

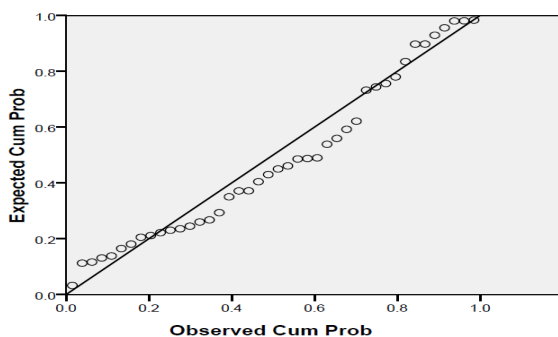
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

متغیرهای مستقل تک به تک به معادله اضافه می‌شوند و اگر نقش معناداری در رگرسیون نداشته باشند از آن حذف می‌شوند، به عنوان بهترین روش جهت شناسایی الگوهای پیوند از دور مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از اجرای مدل رگرسیونی در مقیاس سالانه (از اکتبر تا آوریل) نشان داد که فراوانی روزهای همراه با

شناسایی ارتباط بین الگوهای پیوند از دور با فراوانی وقوع روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران در این تحقیق جهت شناسایی اثرگذارترین الگوهای پیوند از دور بر روی فراوانی وقوع روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران از روش گام به گام مدل‌های رگرسیونی چند متغیره استفاده شد. در این روش چون



بین ۱/۵ تا ۲/۵ قرار می‌گیرد، پس ناهمبسته بودن خطاها نیز تأیید می‌گردد (جدول ۱). نرمال بودن خطاها هم با استفاده از نمودار P-P Plot (شکل ۶) آزمون شد. در این نمودار چون مختصات نقاط مشاهده شده در حول و حوش خط نرمال قرار گرفته‌اند پس می‌توان گفت که مانده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. ثابت بودن واریانس خطاها نیز توسط نموداری که محور افقی آن مقادیر استاندارد شده پیش بینی و محور عمودی آن مقادیر استاندارد شده باقیمانده‌هاست آزمون می‌شود. بر اساس شکل ۷ مشاهده می‌شود که روند خاصی در این نمودار مشاهده نمی‌شود پس ثابت بودن واریانس خطاها نیز تأیید می‌شود.

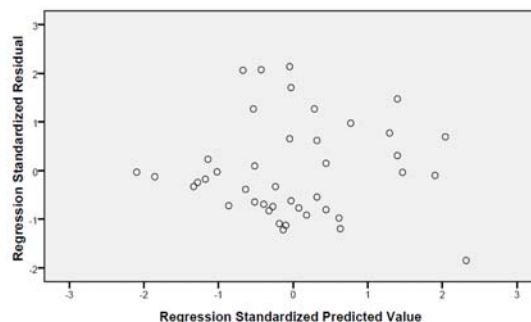


شکل ۶: نمودار P-P جهت آزمون نرمال بودن خطاها برای مدل رگرسیونی ارتباط بین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران با شاخص اطلس شرقی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

همچنین منفی بودن ضریب همبستگی بین الگوی اطلس شرقی و روزهای فراگیر یخبندان مشاهده می‌شود که هر زمان این الگو در فاز منفی خود قرار داشته است، فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر سالانه ایران افزایش و سال‌هایی که در فاز مثبت بوده است، این روزها کاهش داشته‌اند.

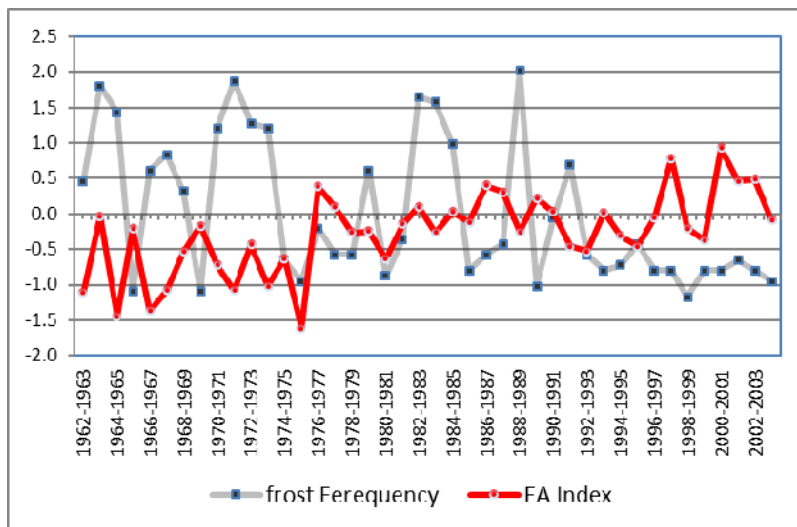
یخبندان‌های فراگیر سالانه ایران تنها با الگوی اطلس شرقی (EA) رابطه‌ی معنادار آماری در سطح  $\alpha = 0.05$  دارد و دیگر شاخص‌ها و الگوهای مورد مطالعه ارتباط معنادار آماری با این ویژگی از یخبندان‌های ایران ندارند. خطی بودن رابطه بین این شاخص با فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر با استفاده از آماره F آزمون شد و مشخص گردید که F محاسباتی (۴/۱۴) بزرگتر از F جدول (۴/۰۸) بوده و در نتیجه فرضیه‌ی خطی بودن رابطه بین متغیر مستقل با متغیر وابسته در این مدل تأیید می‌شود. ناهمبسته بودن خطاها نیز توسط شاخص دوربین-واتسون مورد آزمون قرار گرفت. مقدار این شاخص برای این مدل سالانه ۱/۵۱ است و چون در حد فاصل



شکل ۷: نمودار پراکنش مقادیر باقیمانده‌ها در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده برای مدل رگرسیونی ارتباط بین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران با شاخص اطلس شرقی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

میزان ضریب همبستگی بین الگوی اطلس شرقی با فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر سالانه ایران  $-0.37$  و ضریب تبیین آن  $0.13$  است یعنی حدود ۱۳ درصد تغییرات مکانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران توسط این الگو می‌تواند تبیین شود (جدول ۱). با توجه به شکل شماره ۸ و



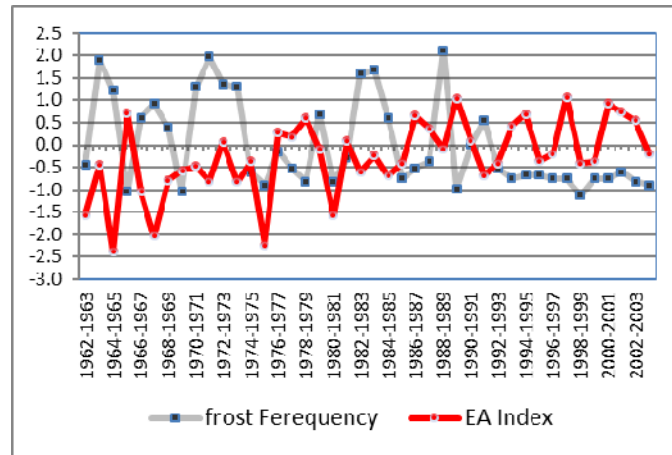
شکل ۸: نمودار نمرات استاندارد شده شاخص اطلس شرقی و فراوانی روزهای

همراه با یخبندان‌های فراگیر سالانه ایران

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

نمودار پراکنش باقیمانده‌های مدل نیز (شکل آن آورده نشده است) روند خاصی را نشان نمی‌دهد. بنابراین با توجه به منفی بودن ضریب همبستگی و با مشاهده شکل ۹ مشاهده می‌شود که یک رابطه‌ی معکوس بین الگوی اطلس شرقی و فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر فصل زمستان ایران مشاهده می‌شود. یعنی در فصل زمستانی که این شاخص در فاز منفی خود قرار دارد، فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران بیشتر و در زمانی که در فاز مثبت قرار دارد، فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران کمتر است.

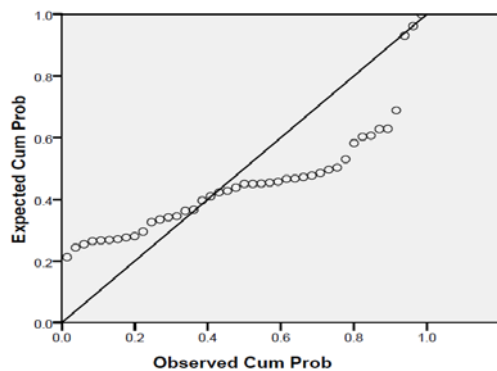
نتایج حاصل از رگرسیون چندمتغیره برای مقیاس‌های فصلی نیز نشان داد که فصل زمستان با الگوی اطلس شرقی یک همبستگی معنادار منفی (۰/۳۳-) در سطح  $\alpha = 0.05$  دارد. آزمون فرضیات چهارگانه مدل این فصل نشان می‌دهد که آماره  $F$  محاسباتی (۴/۹۵) بیشتر از آماره  $F$  جدول (۴/۰۸) است. لذا خطی بودن این رابطه مورد تأیید قرار می‌گیرد (جدول ۱). شاخص دوربین-واتسون هم با مقدار ۱/۵۵ ناهمبسته بودن خطاهای این مدل را تأیید می‌کند (جدول ۱). نرمال بودن خطاها نیز با توجه به قرارگیری نقاط حول خط نرمال تأیید می‌شود (نمودار آن آورده نشده است).



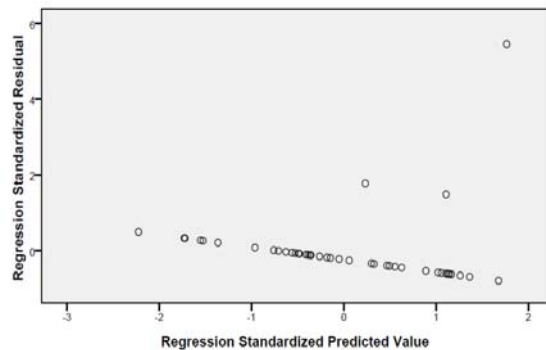
شکل ۹: نمودار نمرات استاندارد شده‌ی شاخص اطلس شرقی و فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر فصل زمستان ایران  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

پراکنش مقادیر باقیمانده‌ها در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده (شکل ۱۱) تأیید نگشت، پس این ارتباط هم معنی‌دار تشخیص داده نشد. برای فصل بهار هم هیچ‌گونه رابطه‌ای بین الگوها و شاخص‌های مورد مطالعه با فراوانی روزهای یخبندان فراگیر شناسایی نشد که شاید دلیل آن نادر بودن این رویداد اقلیمی و نامنظم رخ دادن آن در این فصل و فصل پاییز باشد.

اما برای فصل پاییز هرچند مدل رگرسیونی یک همبستگی منفی بین شاخص اطلس شرقی (EA) و فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر را نشان می‌دهد اما با توجه به اینکه ناهمبسته بودن خطاهای این مدل (۱/۱۹) توسط شاخص دوربین-واتسون (جدول ۱)، نرمال بودن خطاها توسط نمودار P-P Plot (شکل ۱۰) و ثابت بودن واریانس خطاها توسط نمودار



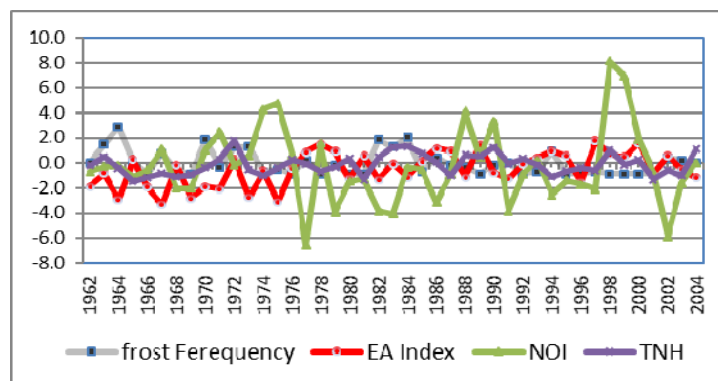
شکل ۱۰: نمودار P-P جهت آزمون نرمال بودن خطاها برای مدل رگرسیونی ارتباط بین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر فصل پاییز ایران با شاخص اطلس شرقی  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



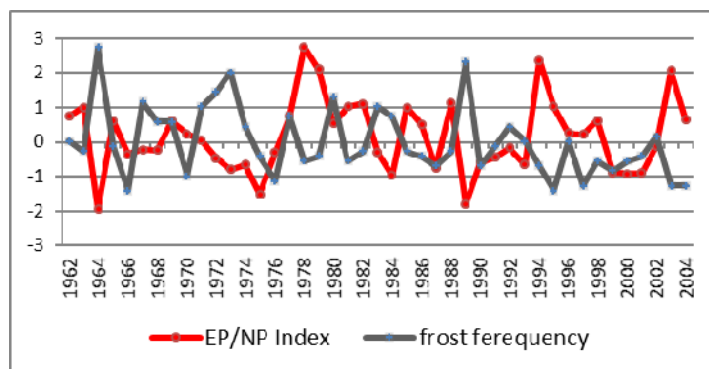
شکل ۱۱: نمودار پراکنش مقادیر باقیمانده‌ها در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده برای مدل رگرسیونی ارتباط بین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر فصل پاییز ایران با شاخص اطلس شرقی  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

کاهش فراوانی روزهای همراه با یخبندان فراگیر روبرو بوده است (شکل ۹-ب). در ماه فوریه دو شاخصی که با فراوانی روزهای همراه با فراوانی یخبندان‌های فراگیر ارتباط معنادار آماری نشان داده‌اند الگوی اسکاندیناوی (SCA) و شاخص نوسان قطبی (AO) بوده است. ضریب همبستگی این ارتباط ۰/۵۲ بوده است (جدول ۱) که یک ارتباط مستقیم بوده است یعنی هر زمان که الگوی اسکاندیناوی و نوسان قطبی کاهش پیدا کرده‌اند فراوانی روزهای همراه با یخبندان فراگیر کاهش و هر زمانی که افزایش پیدا کرده آن دیگری نیز افزایش پیدا کرده است. هر چهار فرض مربوط به دقت مدل‌های رگرسیونی نیز دقت مدل‌های این سه ماه را تأیید می‌کنند (شکل ۱۲-ج). اما برای ماه نوامبر هر چند ارتباط معناداری بین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر با الگوی اطلس شرقی مشاهده می‌شود (جدول ۱) اما این ارتباط توسط سه فرض اساسی دقت مدل‌های رگرسیونی که برای فصل پاییز بطور کامل تشریح شد تأیید نمی‌گردد. ماه‌های اکتبر، مارس و آوریل نیز در دوره ۴۳ ساله مورد مطالعه هیچ‌گونه یخبندان فراگیری را ثبت نکرده‌اند.

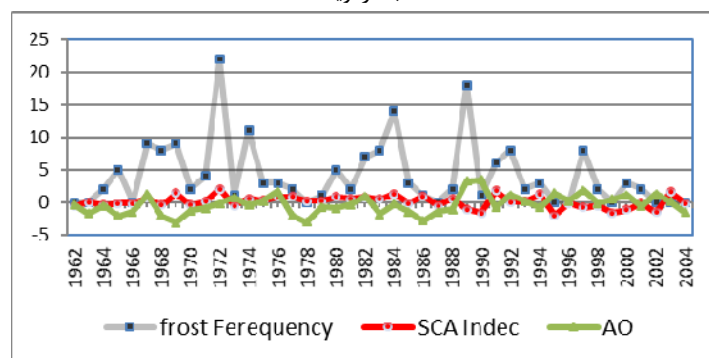
نتایج ماهانه‌ی ارتباط بین الگوهای پیوند از دور با فراوانی روزهای دارای یخبندان فراگیر نشان می‌دهد که در ماه دسامبر این فراوانی از روزهای یخبندان با مجموع سه شاخص اطلس شمالی (EA)، شاخص نوسان شمالی (NOI) و الگوی حاره‌ای نیمکره شمالی (THN) ضریب همبستگی ۰/۵۵ دارد (جدول ۱). اما این همبستگی برای دو شاخص اول (اطلس شمالی و نوسان شمالی) منفی و برای شاخص سوم مثبت است. یعنی در فاز منفی دو شاخص اول و فاز مثبت شاخص سوم افزایش فراوانی و در فاز مثبت دو شاخص اول و فاز منفی شاخص سوم کاهش فراوانی روزهای همراه با یخبندان فراگیر را در این ماه شاهد هستیم (شکل ۹-الف). در ماه ژانویه فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر تنها با شاخص آرام شرقی-آرام غربی (EP-NP) ارتباط معنادار آماری دارد. میزان ضریب همبستگی بین این دو متغیر ۰/۴۵- است که در سطح  $\alpha = 0.01$  معنادار می‌باشد (جدول ۱). با توجه به منفی بودن این همبستگی رابطه بین این دو متغیر معکوس می‌باشد یعنی در ماه‌هایی که شاخص آرام شرقی-آرام غربی (EP-NP) در فاز منفی بوده افزایش فراوانی و در ماه‌هایی که در فاز مثبت بوده است با



الف- دسامبر



ب- ژانویه



ج- فوریه

شکل ۱۲: نمودار نمرات استاندارد شده الگوهای پیوند از دور و فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر فصل زمستان ایران نمودار الف: الگوی اطلس شرقی، نوسان شمالی و حاره‌ای نیمکره شمالی با فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ماه ژانویه. نمودار ب: شاخص آرام شرقی-آرام غربی با فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ماه دسامبر. نمودار ج: الگوی اسکاندیناوی و نوسان قطبی با فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ماه فوریه. مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۱: خلاصه آماره‌های مدل‌های رگرسیونی الگوهای پیوند از دور با فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه

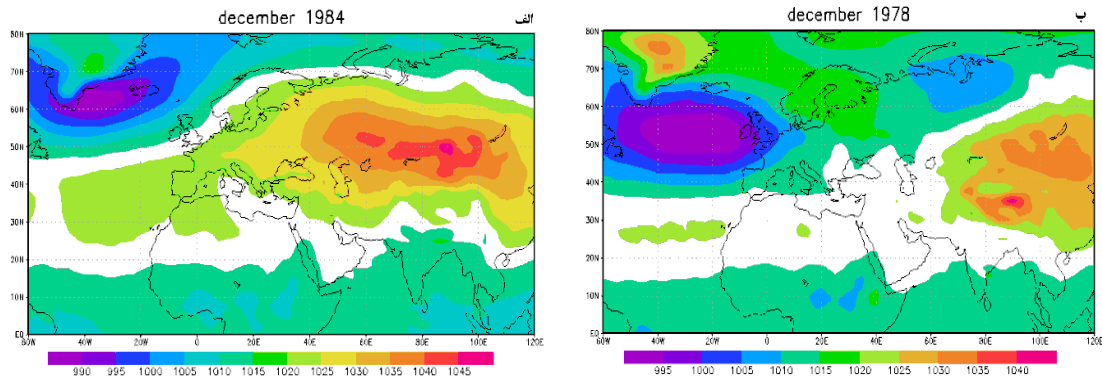
مدل	شاخص اثرگذار	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	آماره F محاسباتی	آماره F جدول	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری	شاخص دوربین-واتسون
سالانه	اطلس شرقی (EA)	-۰/۳۷	۰/۱۳	۶/۱۴	۴/۰۸	۱	۴۰	۰/۰۵	۱/۵۱
فصل پاییز	اطلس شرقی (EA)	-۰/۳۲	۰/۱۰	۴/۵۹	۴/۰۸	۱	۴۰	۰/۰۵	۱/۱۹
فصل زمستان	اطلس شرقی (EA)	-۰/۳۳	۰/۱۱	۴/۹۵	۴/۰۸	۱	۴۰	۰/۰۵	۱/۵۵
ماه نوامبر	اطلس شرقی (EA)	-۰/۳۸	۰/۱۵	۷/۰۶	۴/۰۸	۱	۴۱	۰/۰۵	۱/۰۶
ماه دسامبر	اطلس شرقی (EA)، نوسان شمالی (NOI) و الگوی حاره‌ای نیمکره شمالی (THN)	۰/۵۵	۰/۳۰	۵/۴۵	۴/۰۸	۱	۳۹	۰/۰۵	۱/۸۹
ماه ژانویه	آرام شرقی-آرام غربی (EP-NP)	-۰/۴۵	۰/۲۰	۱۰/۴۵	۴/۰۸	۱	۴۱	۰/۰۵	۱/۷۰
ماه فوریه	الگوی اسکاندیناوی (SCA) و شاخص نوسان قطبی (AO)	۰/۵۲	۰/۲۷	۷/۶۵	۴/۰۸	۱	۴۱	۰/۰۵	۱/۹۵

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

### آرایش میانگین الگوهای ماهانه، فصلی و سالانه فشار سطح دریا در فازهای مثبت و منفی الگوهای پیوند از دور

بعد از شناسایی ارتباط فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر با الگوهای پیوند از دور در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه، ساختار میانگین فشار سطح دریا در فازهای مثبت و منفی این الگوهای پیوند از دور مورد توجه قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از رگرسیون‌های چندمتغیره، در ماه‌های دسامبر، فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر با سه شاخص اطلس شمالی، نوسان شمالی و الگوی حاره‌ای نیمکره‌ی شمالی ارتباط دارند. بنابراین در ماه‌های دسامبری که دو شاخص اطلس شمالی و نوسان شمالی منفی و شاخص الگوی حاره‌ای نیمکره‌ی شمالی مثبت است، فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران بالاتر از میانگین ماهانه خود هستند. ساختار الگوی فشار سطح دریا (شکل ۱۳- الف) در این فاز نشان از تقویت و گسترش زبانه غربی پرفشار سیبری تا نیمه شرقی اقیانوس اطلس شمالی دارد بطوری که در این فاز بطور کامل اروپای مرکزی و جنوبی تحت سیطره‌ی این زبانه پرفشار قرار می‌گیرند. یکی از دلایلی که باعث گسترش زبانه‌ی غربی این پرفشار تا اقیانوس اطلس شمالی شده است، رفتار کم‌فشار جنب قطبی است که

در این فاز در عرض‌های جغرافیایی بالاتر از ۵۰ درجه شمالی قرار گرفته و فضا را برای گسترش زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری بر روی اروپا باز کرده است. تحت چنین الگویی مشاهده می‌شود که بیشتر مساحت ایران تحت سیطره منحنی همفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکالی زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری می‌باشد. اما زمانی که دو شاخص اطلس شمالی و نوسان شمالی در فاز مثبت و الگوی حاره‌ای نیمکره‌ی شمالی در فاز منفی هستند، مشاهده می‌شود که فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر پایین‌تر از میانگین ماهانه‌ی خود هستند. دلیل این کاهش در فراوانی روزهای یخبندان را بایستی در تضعیف و عدم گسترش زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری جستجو کرد. علت عدم گسترش زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری در جابجایی کم‌فشار جنب قطبی به عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر است. چنانکه در شکل ۱۳ (ب) که برای نمونه سال ۱۹۷۸ تهیه شده است مشاهده می‌شود که سرتاسر اروپا تحت سیطره‌ی این کم‌فشار جنب قطبی است. لذا استقرار این کم‌فشار بر روی اروپا و گسترش زبانه‌ی شرقی آن بر روی شمال آسیا باعث عقب‌نشینی زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری می‌شود. بطوری که در شکل ۱۳ (ب) مشاهده می‌شود منحنی همفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکالی در فاصله‌ای دورتر از مرزهای شرقی ایران بسته شده است.

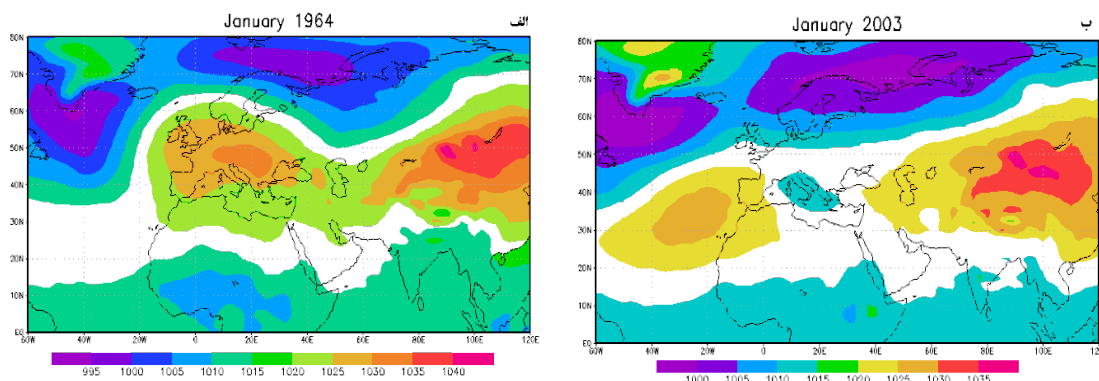


شکل ۱۳: میانگین فشار سطح دریا در ماه دسامبر ۱۹۸۴ با حداکثر فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر (الف) و دسامبر ۱۹۷۸ با حداقل فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر. منحنی همفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال به عنوان مرز خارجی پرفشار سیبری و منحنی همفشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال به عنوان مرز خارجی کم‌فشار جنب قطبی انتخاب شده‌اند  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

همزمان هوای سرد از جانب شمال شرق و شمال غرب بر روی ایران باعث شده است که بیشترین فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در ژانویه این سال ثبت شود (شکل ۱۴-الف).

اما در فاز مثبت این شاخص مشاهده می‌شود که پرفشاری که در فاز منفی سرتاسر اروپا را فراگرفته بود جابجا شده و بر روی شرق اقیانوس اطلس شمالی قرار گرفته است. این جابجایی باعث می‌شود که در این فاز سرتاسر اروپا تحت حاکمیت کم فشار قرار گیرد که هسته مرکزی آن نیز بر روی دریای مدیترانه واقع شده است. پرفشار سیبری نیز تضعیف و زبانه غربی آن دارای کمترین گسترش مکانی گردیده است. تحت چنین شرایطی کم فشار مستقر بر روی دریای مدیترانه با حرکت چرخندی خود باعث ریزش هوای گرم‌تر و مرطوب‌تر بر روی ایران می‌گردد که باعث کاهش فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در ایران می‌گردد (شکل ۱۴-ب).

در ماه ژانویه فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر تنها با شاخص آرام شرقی- آرام غربی رابطه منفی معنادار نشان داده است. الگوهای فشار سطح دریا در فازهای مثبت و منفی این شاخص رفتارهای متفاوتی را نشان می‌دهند. بطوری‌که برای ژانویه ۱۹۶۴ که این شاخص در فاز منفی خود بوده است دو هسته پرفشار یکی بر روی آسیا و دیگری بر روی اروپا مشاهده می‌شوند. در این فاز، پرفشار سیبری تقویت و از طریق زبانه غربی خود با پرفشاری که کل اروپا را تحت سیطره قرار داده است، ادغام می‌شوند و به صورت یک نوار ممتد کل آسیا و اروپا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این فاز همراه با تقویت پرفشار سیبری، کم‌فشار جنب قطبی نیز تقویت و با گسترش جنوب سوی خود در امتداد نصف‌النهار ۶۰ درجه شرقی، باعث عقب راندن زبانه غربی پرفشار سیبری به سمت عرض‌هایی جغرافیایی پایین می‌شود که تحت این وضعیت سرتاسر ایران تحت نفوذ منحنی همفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی قرار می‌گیرد. بنابراین ریزش



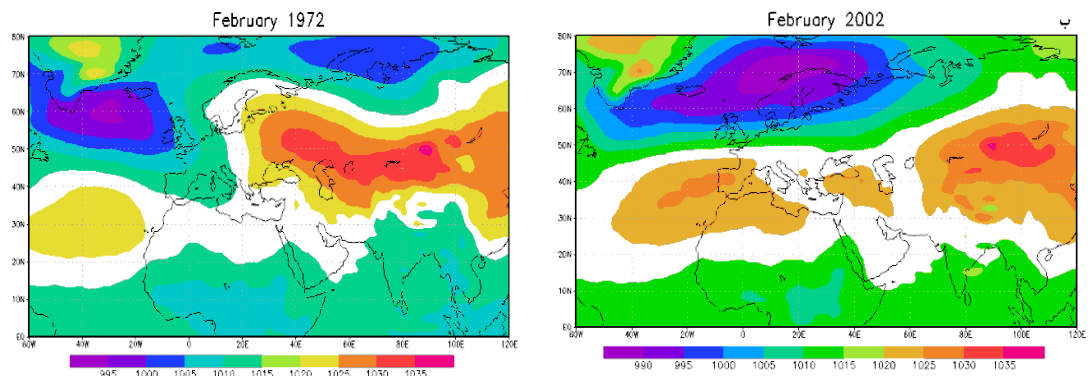
شکل ۱۴: میانگین فشار سطح دریا در ماه ژانویه ۱۹۶۴ با حداکثر فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر (الف) و ژانویه ۲۰۰۳ با حداقل فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر. منحنی همفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال به عنوان مرز خارجی پرفشار سیبری و منحنی همفشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال به عنوان مرز خارجی کم فشار جنب قطبی انتخاب شده‌اند

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

می‌شود که فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در این ماه کاهش پیدا می‌کند. نقشه‌ی میانگین فشار سطح دریای فوریه ۲۰۰۲ که برای نمونه آورده شده است، نشان می‌دهد که از گسترش زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری کاسته شده و زبانه‌ی آن به چند قسمت تقسیم شده است. بطوری‌که یک قسمت آن بین دریای خزر و دریای سیاه واقع شده است و پرفشاری که در فاز منفی بر روی شرق اطلس شمالی در غرب آفریقا مستقر شده بود گسترش پیدا کرده و نفوذ خود را تا نیمه‌ی شرقی دریای مدیترانه بسط داده است. تحت چنین شرایط مشاهده می‌شود که نیمه‌ی شرقی ایران به دلیل تضعیف پرفشار سیبری از نفوذ منحنی همفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی خارج می‌شود.

فراوانی یخبندان‌های فراگیر ماه فوریه نیز همچنانکه قبلاً مشخص شده بود با دو شاخص الگوی اسکاندیناوی و نوسان قطبی رابطه معنادار مثبت نشان داده است. در شکل ۱۴ (الف) که مربوط به فوریه ۱۹۷۲ است (بیشترین فراوانی روزهای همراه با یخبندان فراگیر در ماه فوریه در این سال ثبت شده است) مشاهده می‌شود که گسترش زبانه‌ی غربی پرفشار سیبری تا دریای سیاه و شمال اسکاندیناوی خود را کشانده است و بر روی اروپا نیز سیستم کم‌فشاری که ناشی از گسترش زبانه‌ی جنوب شرقی کم‌فشار جنب قطبی است، حاکم شده است. تحت چنین شرایط نیمه‌ی شمالی ایران تحت نفوذ خط منحنی ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی این پرفشار می‌باشد. اما در فوریه‌هایی که دو شاخص اسکاندیناوی و نوسان قطبی در فاز منفی خود هستند مشاهده





شکل ۱۵: میانگین فشار سطح دریا در ماه فوریه ۱۹۷۲ با حداکثر فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر (الف) و فوریه ۲۰۰۲ با حداقل فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر. منحنی همفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال به عنوان مرز خارجی پرفشار سیبری و منحنی همفشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال به عنوان مرز خارجی کم‌فشار جنب قطبی انتخاب شده‌اند مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

### نتیجه

الگوهای پیوند از دور پدیده‌های طبیعی هستند که جزء سرشت آشوبمند و منبعث از پویایی درونی جو می‌باشند. الگوهای پیوند از دور معرف تغییرات کلانی هستند که در الگوی امواج جوی رخ می‌دهند و بر الگوهای دما، بارش، مسیر رگبارها و موقعیت و شدت رودبادهای در قلمروهای وسیعی اثر می‌گذارند. به همین دلیل الگوهای پیوند از دور موجب نابهنجاری‌هایی هستند که همزمان در نواحی ظاهراً خیلی دور از هم دیده می‌شوند. در این مطالعه جهت شناسایی مهمترین الگوهای پیوند از دور بر روی تغییرپذیری فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در سه مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه از ۱۷ شاخص و الگوی پیوند از دور استفاده شد. یخبندان‌های فراگیر در این تحقیق به روزهایی اطلاق می‌شود که ۶۵ درصد و بیشتر از مساحت ایران دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد را تجربه کرده باشند.

نتایج حاصل از مدل‌های رگرسیونی چند متغیره برای مقیاس سالانه نشان داد که الگوی اطلس شرقی تنها شاخصی است که با تغییرپذیری فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر سالانه ارتباط معنادار

آماري دارد. میزان همبستگی بین دو متغیر ۰/۳۷- است که یک رابطه معکوس می‌باشد. اما در مقیاس فصلی مشاهده شد که تنها فصل زمستان با یکی از الگوهای پیوند از دور ارتباط آماری معنادار داد و دو فصل دیگر با الگوهای پیوند از دور ارتباط معنادار آماری نداشتند که دلیل آن را می‌توان در نادر بودن وقوع این پدیده از یخبندان در این دو فصل دانست. اما الگویی که با تغییرپذیری روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر فصل زمستان ارتباط معنادار آماری داشت، الگوی اطلس شرقی بود که میزان این همبستگی ۰/۳۳ و نوع رابطه نیز معکوس بوده است. ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه نیز سه ماهی بودند که بخشی از تغییرپذیری ماهانه‌ی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر را می‌توان با الگوهای پیوند از دور تبیین کرد. در ماه دسامبر مجموع سه شاخص اطلس شرقی، نوسان شمالی و الگوی حاره‌ای نیمکره‌ی شمالی نزدیک به ۳۰ درصد (با ضریب همبستگی ۰/۵۵) تغییرپذیری این ویژگی از یخبندان‌ها را در ایران تبیین می‌کنند.

- صلاحی، برومند؛ علی محمد خورشیددوست؛ یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۶). ارتباط نوسان‌های گردش جوی- اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۰. صفحات ۱۵۶-۱۴۷.
- عزیزی، قاسم (۱۳۷۹). ال نینو و دوره‌های خشکسالی- ترسلی در ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸. صفحات ۸۴-۷۱.
- غیور، حسنعلی؛ محمود خسروی (۱۳۸۰). تأثیر پدیده‌ی انسو بر نابهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی جنوب شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۶۲. صفحات ۱۷۴-۱۴۱.
- قائمی، هوشنگ؛ حسین عساکره (۱۳۸۲). تحلیل آماری بر روند تغییرات دمای مشهد طی سده گذشته و رابطه آن با نوسان‌های اطلس شمالی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۱۸. پایی ۷۱. صفحات ۱۳۳-۱۱۶.
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۴). اثر الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی- اقیانوسی "انسو" بر تغییرپذیری فصلی اقلیم در ایران: آثار "ال نینو" و "لانینا" بر تغییرپذیری بارش‌های بهاری در آذربایجان شرقی، فصلنامه مدرس علوم انسانی. دوره ۹. شماره ۴. صفحات ۸۸-۷۱.
- قویدل رحیمی، یوسف؛ جواد خوشحال دستجردی (۱۳۸۹). جستاری پیرامون سختی اقلیم زمستانی تبریز و ارتباط آن با نوسانات شمالگان، فصلنامه مدرس علوم انسانی. دوره ۱۴. شماره ۱. صفحات ۱۹۶-۱۷۹.
- کاویانی، محمدرضا؛ حسین عساکره (۱۳۸۰). بررسی و مدلسازی روند دما طی سده گذشته (مطالعه موردی ایستگاه جاسک)، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی اصفهان (مطالعات و پژوهش‌های دانشکده ادبیات و علوم انسانی). شماره ۲۷-۲۶. صفحات ۳۸-۱۹.

در ماه ژانویه فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر تنها با الگوی آرام شرقی- آرام غربی ارتباط معنادار آماری نشان داد که میزان این ارتباط نیز ۰/۴۵- بود. در ماه فوریه دو شاخص نوسان قطبی و شاخص اسکاندیناوی با ضریب همبستگی ۰/۵۲ تنها دو شاخصی بودند که با فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران ارتباط آماری معنادار داشتند. به نظر می‌رسد هیچ‌کدام از الگوهای پیوند از دور بطور همزمان توان تبیین درصد بزرگی از تغییرات فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران را در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه نداشته باشند. لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده این ارتباطات با تأخیرهای زمانی گوناگون به خصوص در مقیاس‌های ماهانه مورد توجه قرار گیرد.

### منابع

- احمدی‌گیوی، فرهنگ؛ داود پرهیزکار؛ سهراب حجام (۱۳۸۸). بررسی اثر انسو (ENSO) بر توزیع بارش فصلی ایران در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰. مجله فیزیک زمین و فضا. دوره ۳۵. شماره ۴. صفحات ۱۱۳-۹۵.
- اکبری، طیبیه؛ سید ابوالفضل مسعودیان (۱۳۸۶). شناسایی نقش الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی بر دمای ایران. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. شماره ۱. پایی ۲۲. صفحات ۱۳۲-۱۱۷.
- خسروی، محمود؛ صادق کریمی‌خواجه‌لنگی؛ محمد سلیقه (۱۳۸۶). ارتباط شاخص نوسان قطبی با نوسان‌های دمایی مورد: ایستگاه شهرکرد. جغرافیا و توسعه، شماره ۵. پایی ۹. صفحات ۱۳۶-۱۲۵.
- خورشیددوست، علی محمد؛ یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۵). ارزیابی اثر پدیده "انسو" بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از "شاخص چند متغیره انسو"، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۷. صفحات ۲۶-۱۵.

- Higgins, R. W., A. Leetmaa, and V. E. Kousky (2002). Relationships between climate variability and winter temperature extremes in the United States. *Journal of Climate*, Volume 15, Issue 13, Pages 59-74.
- Muller, G. V., and T. Ambrizzi (2007). Teleconnection patterns and Rossby wave propagation associated to generalized frosts over southern South America. *Climate Dynamic*, Volume 29, Number 26, Pages 633-645.
- Muller, G. V., M. N. Nunez., and M. E. Seluchi (2000). Relationship between ENSO cycles and frost events within the Pampa Humeda region. *International journal of climatology*, 20, Pages 1619-1637.
- Muller, G. V., R. H. Campagnucci, M. N. Nunez., and M. A. Salles (2003). Surface circulation associated with frost in the wet Pampas. *International Journal of Climatology*, 23, Pages 943-961.
- NOAA, 2014, <http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIndices/List/index>
- NOAA, 2014, <http://www.esrl.noaa.gov>
- Nazemosadat, M. J., and I. Cordery (2000). On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran. *International Journal of Climatology*, Volume 20, Issue 1, Pages 47-61.
- Papineau, J. M., (2001). Wintertime temperature anomalies in Alaska correlated with ENSO and PDO. *International Journal of Climatology*, Volume 21, Issue 13, Pages 1577-1592.
- Walesh, J. E., A. S. Phillips, D. H. Portis, and W. L. Chapman (2001). Extreme cold outbreaks in the United States and Europe. *Journal of Climate*, Volume 14, Issue 12, Pages 2642-2658.
- Wettstein, J. J., and L.O. Mearnes (2002). The influence of the North Atlantic-Arctic Oscillation on mean, variance, and extremes of temperature in the Northeastern United States and Canada. *Journal of Climate*, Volume 15, Issue 24, Pages 3586-3600.
- کریمی‌خواجهنگی، صادق (۱۳۸۶). تأثیر شاخص نوسان قطبی (AO) بر وقوع پدیده‌ی یخبندان در ایران (مطالعه موردی: شهرکرد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی. استاد راهنما: محمود خسروی. دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- مرادی، حمیدرضا (۱۳۸۳). شاخص نوسان اطلس شمالی و تأثیر آن بر اقلیم ایران، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۴۸. صفحات ۳۰-۱۷.
- ناظم‌السادات، سیدمحمد جعفر؛ نوذر سامانی و مصطفی مولایی نیکو (۱۳۸۴). تغییر اقلیم در جنوب و جنوب غرب ایران از دیدگاه مشاهدات بارش، برهمکنش با پدیده‌ی النینو نوسانات جنوبی. مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۸. شماره ۲. صفحات ۹۷-۸۱.
- یاراحمدی، داریوش؛ قاسم عزیزی (۱۳۸۶). تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۲. صفحات ۱۷۴-۱۶۱.
- یوسفی‌لפורکی، تهمینه (۱۳۸۱). رگرسیون چند متغیره بین تعداد روزهای یخبندان، ارتفاع، عرض جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک سطح کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آمار. استاد راهنما: پروین کهربائیان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.
- Ghasemi, A. R., and D. Khalili (2006). The influence of the Arctic Oscillation on winter temperatures in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, Volume 85, Numbers 1-2, Pages 149-164.
- Ghasemi, A.R., and D. Khalili (2008). The effect of the North Sea-Caspian pattern (NCP) on winter temperature in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, Volume 92, Numbers 3-4, Pages 149-164.

