دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ودوم، شماره‌ی ۷۷
بهار ۱۴۰۱، صفحات ۱۵۹-۱۳۹

DOI:10.52547/GeoSpa.22.1.139

برومند صلاحی[۱]

تحلیل ارتباط تغییرات روزهای برفی استان اردبیل با نوسانات دوفصلی الگوهای بزرگ‌مقیاس گردش‌های جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های اطلس و آرام

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۲

چکیده

الگوهای کلان‌مقیاس جوّی–اقیانوسی متغیری مناسب برای پیش‌بینی عناصر اقلیمی به خصوص روزهای برفی هستند. بارش‌های برفی سبک و نیمه‌سنگین تا سنگین استان اردبیل، علاوه بر تأثیرپذیری از عوامل محلی، با پدیده‌های کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی–اقیانوسی نیز در ارتباط هستند. در این پژوهش، ویژگی‌های آماری روزهای برفی ایستگاه‌های سینوپتیک استان اردبیل مورد مطالعه قرار گرفت. برای مقایسه میانگین دوره‌های روزهای برفی ایستگاه‌های مورد بررسی، از آزمون تی دو نمونه‌ای مستقل استفاده شد. در این مطالعه، علاوه بر تحلیل‌های توصیفی، از روش همبستگی اسپیرمن، تحلیل روند خطی و پلی‌نومیال درجه‌ی شش و تحلیل رگرسیون چندگانه به روش پس‌رونده برای توجیه درصد تغییرات تبیین شده‌ی روزهای برفی استان اردبیل توسط ۲۷ الگوی کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس استفاده شد. نتایج روند خطی تغییرات روزهای برفی ایستگاه اردبیل، حاکی از افزایش آرام تعداد روزهای برفی ایستگاه مورد مطالعه در طول دوره‌ی آماری است. روزهای برفی اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه، دارای همبستگی معنی‌دار در سطح خطای ۱ و ۵ درصد با یکدیگر بودند و این مسأله، بیان کننده‌ی فراگیری بارش‌های برفی در سطح ایستگاه‌های استان اردبیل است. نتایج نشان داد که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه خلخال همبستگی بیش‌تر و معنی‌دارتری با الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس آرام دارد. نتایج آزمون تی دو نمونه مستقل نشان داد که اختلاف میانگین روزهای برفی در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی در دو دوره مطالعاتی اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند. پراکنش مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی. E-mail: bromand416@yahoo.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

مورد مطالعه با الگوهای جوّی-اقیانوسیِ اقیانوس اطلس و آرام نشان داد که در اغلب الگوهای مورد بررسی، میزان همبستگی روزهای برفی با الگوهای منتخب مورد مطالعه از جنوب به شمال استان افزایش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: استان اردبیل، روزهای برفی، الگوهای جوّی–اقیانوسی، همبستگی چندگانه.

مقدمه

بارش برف بخش عمده‌ای از نزولات جوی را در بر می‌گیرد. برف در مناطق کوهستانی و عرض‌های جغرافیایی بالا دارای اهمیت ویژه‌ای از نظر حجم ذخایر آبی و فرسایش است. وقوع بارش برف می‌تواند با عوامل محلی و سیّارهای در ارتباط باشد. استان اردبیل به دلیل موقعیت جغرافیایی خود و تأثیرپذیری از سامانه‌های شمالی و غربی، همواره شاهد بخشی از ریزش‌های جوّی خود به‌صورت برف‌های سبک تا سنگین و نیمه‌سنگین می‌باشد. این بارش‌ها علاوه بر تأثیرپذیری از عوامل محلی و سیّارهای، با پدیده‌های کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی–اقیانوسی نیز در ارتباط هستند. پدیده‌های کلان‌مقیاس جوّی–اقیانوسی، دگرگونی‌های اقلیمی زیادی را در جهان سبب شده‌اند (Ghavidel Rahimi et al., 2016: 42).

در خصوص بارش‌های برفی، روند تغییرات آن و ارتباط آن با الگوهای جوّی–اقیانوسی، مطالعات مختلفی در سطح جهان و ایران صورت گرفته است. Walland and Simmonds (1997) با بهره‌گیری از شاخص EOF، تغییرات اتمسفری ایجاد شده توسط پوشش برف نیمکره‌ی شمالی را مدل‌بندی کردند. Rajagopalan and Cook (1999) اثر شاخص‌های ENSO و الگوهای ارتباط از دور دمای سطح دریا بر بارش‌های تابستانه‌ی ایالات متحده در طول قرن بیستم را بررسی و این ارتباط را تأیید کردند. Rodionov and Raymond (2000) ارتباط بین الگوهای اتمسفری و شدّت سرماهای زمستانه‌ی حوضه‌ی دریاچه‌ی بزرگ لارنتین[۲] را بررسی نمودند. Cinita (2003) ارتباط بارش‌های زمستانی اروپای شمالی با نوسانات دمایی و فشار سطح دریا را مورد بررسی قرار دادند. Petkva et al (2004) روند کاهشی ارتفاع برف در کشور بلغارستان را همراه با افزایش قابل توجه دمای هوای ماه‌های زمستانی (دسامبر تا فوریه) برای دوره‌ی آماری (۱۹۳ تا ۲۰۰۵) اثبات نمود.

Turkes and Erlat (2005) طی مطالعه‌ای نشان دادند که یک همبستگی منفی بین تغییرات شاخص نوسان اطلس شمالی و بارش فصل زمستان ترکیه وجود دارد. Khoshakholagh et al (2007) تأثیر نوسانات اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر را بررسی نمودند. Yarahmadi and Azizi (2007) با بهره‌گیری از تحلیل‌های رگرسیونی، به بررسی ارتباط بین میزان بارش در فصول پاییز، زمستان و بهار ایران با شاخص‌های اقلیمی پرداختند. Sohn et al (2008) بارش برف سنگین هونام[۳] کره‌ی جنوبی در دسامبر ۲۰۰۵ را بررسی نمودند. Bednorz (2008) ثابت نمود که ناهنجاری‌های مثبت قوی SLP منطقه‌ی اسکاندیناوی و اقیانوس اطلس شمالی، با

2- Laurentian
3- Honam

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

ناهنجاری‌های مثبت ایسلند و ناهنجاری‌های ضعیف منطقه‌ی پرفشار آزور در ارتباط است. Qing Ke et al (2009) روند تغییرات بارش برف در استان کینگ‌هال[4] چین در خلال سال‌های ۱۹۵۷ تا ۲۰۰۷ را در مقیاس سالانه و ماهانه مورد بررسی قرار دادند. Farid Mojtahedi et al (2009) رخداد برف سنگین فوریه ۲۰۰۵ استان گیلان را مورد مطالعه قرار دادند. Khorshidoust et al (2010) ارتباط الگوهای کلان‌مقیاس جوّی–اقیانوسی نظیر PNA، NAO، WP، SOI، MEI، EP، EA، AO، NOI، ONI، SCA، POL و PT را با نوسانات بارش ایستگاه سینوپتیک اهر مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که بارش‌های فصلی ایستگاه اهر، با الگوهای پیوند از دور، ارتباط معنی‌داری دارند.
Aminnia et al (2010) نشان دادند که در ایستگاه‌های سینوپتیک شمال‌غرب ایران، بارش برف دارای نوسانات زیاد و روند کاهشی بوده است. Lashanizand et al (2010) با استفاده از روش‌های آماری، برخی از ویژگی‌های زمانی و مکانی بارش برف ایران را بررسی کردند. Aboutalebi and Dolatimehr (2010) در تحلیل بارش‌های برف دیرهنگام بهاره‌ی مشکین‌شهر، از معادلات رگرسیونی برای محاسبه متغیرهای بارش برف استفاده کردند. Attai and Fanaei (2010) نشان دادند که بارش برف سنندج روند مشخصی ندارد ولی بارش برف سقز، دارای روندی صعودی می‌باشد. Alijani et al (2010) در تحلیل تغییرات بارش برف منطقه‌ی شمال‌غرب کشور، دریافتند که بارش برف در همه‌ی ایستگاه‌ها دارای روندی کاهشی بوده است. Kato and Kan (2010) به مطالعه‌ی تغییرات روزهای برف سنگین در منطقه‌ی هوکوریکوی[5] ژاپن در نیمه‌ی دوم سال ۱۹۸۵ پرداختند.
Salahi and Hajizadeh (2003) نشان دادند که شاخص NAO در ماه‌های سرد سال دارای همبستگی بیش‌تری با متغیرهای بارش و دمای استان لرستان است. Heydari (2016) روند تغییرات بارش برف و باران در ایستگاه‌های منتخب استان آذربایجان‌غربی را تحلیل نمود. Forootan et al (2019) به بررسی ارتباط بیلان آب جهان از سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۶ و ارتباط آن‌ها با شاخص‌های پیوند از دورها پرداختند. Nalley et al (2019) اثرات فازهای مثبت و منفی تعدادی از شاخص‌های جوی–اقیانوسی را با بارش ماهانه برخی از حوضه‌های آبخیز کانادا مورد تحلیل قرار دادند. Vazifehkhah & Kahya (2019) به ارزیابی خشکسالی‌های کشاورزی و هیدرولوژیکی حوضه نیمه‌خشک با استفاده از بررسی نقش برخی شاخص‌های اقلیمی نظیر NAO، AO و PDO در بارش‌های ترکیه پرداختند. Alizadeh-Choobari and Adibi (2019) اثر الگوهای ENSO و EA در تغییرات بارش جنوب‌غرب آسیا را بررسی کردند. Fattahi and Moghimi (2019) به بررسی روند تغییرات پوشش برف شمال‌غرب ایران تحت تأثیر تغییرات اقلیمی پرداختند. پژوهشگران دیگری نظیر Alizadeh et al (2011)، Almazroui et al (2012)، Gelcer et al (2013)، Ahmadi (2013)، Farajzadeh Asl et al (2013)، Sobhani et al (2014)، Heydari and Khoshakhlag (2017)، Goodarzi et al (2017)، Chehre-Ara et al (2018)، Sinan et al (2018) نیز به بررسی ارتباط بین شاخص‌های پیوند از دورها با تغییرات تعدادی از عناصر اقلیمی در مناطق مختلف جغرافیایی پرداختند.

4- Qinghal
5- Hokuriku

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

پژوهش‌های مذکور نشان دادند که الگوهای کلان‌مقیاس جوّی–اقیانوسی متغیری مناسب برای پیش‌بینی عناصر اقلیمی بخصوص روزهای برفی هستند. این پژوهش به دنبال تعیین میزان ارتباط بارش‌های برفی استان اردبیل با پدیده‌های کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی-اقیانوسی است. بر اساس تبیین این روابط و با آگاهی از میزان ارتباط زمانی روزهای برفی استان اردبیل با این پدیده‌ها، می‌توان پیش‌بینی‌های لازم در خصوص وقوع روزهای برفی در این استان را به عمل آورد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از فراوانی ماهانه و سالانه‌ی روزهای برفی ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل شامل ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل، خلخال، مشکین‌شهر و پارس‌آباد استفاده شده. دوره‌ی آماری مورد استفاده در ایستگاه‌های مذکور به‌ترتیب از سال ۱۳۵۵، ۱۳٦٦، ۱۳۷۵ و ۱۳٦٤ تا ۱۳۹٦ به‌ترتیب ٤۲، ۳۱، ۲۲ و ۳۳ ساله بوده است. داده‌های مربوط به شاخص‌های پدیده‌های کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی– اقیانوسی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، از وب‌سایت http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices اخذ شده است. این الگوها که نوعاً در اقیانوس‌های آرام و اطلس تعریف و محاسبه شده‌اند عبارت‌اند از: SOI، SENSO، EOF،MEI،NINA1، NINA3، NINA4، NINA3.4، ONI، PWP، TNI، EPO، NOI، NP، PDO، PNA، WP، AO، AMM، AMON، ATLTRI، CAR، NTA، TNA، TSA، WHWP و NAO. پس از کنترل داده‌ها، اقدام به تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های آمار توصیفی روزهای برفی گردید. برای آگاهی از وضعیت افت‌وخیز داده‌ها در طول زمان، از روند خطی و پلی‌نومیال مرتبه‌ی ششم داده‌ها استفاده گردید. در این پژوهش، در تفکیک روزهای دارای برف سبک از نیمه‌سنگین تا سنگین، علاوه بر کدهای هواشناسی مربوطه، از مقدار آب معادل برف نیز استفاده شده است. معیار این تفکیک، ریزش‌های برفی بود که حداقل، معادل ۱۰ میلی‌متر آب تولید کرده باشند. در تعیین ارتباط بین روزهای برفی سبک و نیمه‌سنگین استان اردبیل با پدیده‌های کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی–اقیانوسی، بعد از استانداردسازی آن‌ها، از روش همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. در تحلیل همبستگی‌ها، سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد مد نظر قرار گرفت. از آنجایی که بارش‌های برفی استان اردبیل، عمدتاً متعلق به ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و می می‌باشند، لذا به منظور جلوگیری از انجام خطا، از متوسط الگوهای کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس در همان بازه‌ی زمانی استفاده شده است. برای مقایسه میانگین دوره‌های روزهای برفی ایستگاه‌های مورد بررسی، از آزمون T دو نمونه‌ای مستقل استفاده شد. ابتدا فرضیات زیر مطرح گردید:

H0: μA=μB
H1: μA≠μB

رابطه (۱)

آماره آزمون به‌صورت زیر نوشته شد[6].

$$T = \frac{\overline{x}_A - \overline{x}_B}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}}}$$

رابطه (۲)

6- https://blog.faradars.org/t-test

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

منظور از S^2 واریانس آمیخته برای دو جامعه A و B است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۳)
$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_A}(X_i - \overline{X}_A)^2 + \sum_{i=1}^{n_B}(X_i - \overline{X}_B)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

در این حالت آماره آزمون یعنی T دارای توزیع T با nA+nb−2 درجه آزادی است.

رابطه (٤)
$$df = \frac{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)^2}{\frac{S_A^4}{n_A^2(n_A-1)} + \frac{S_B^4}{n_B^2(n_B-1)}}$$

برای تجزیه‌وتحلیل ارتباط الگوهای کلان‌مقیاس گردش‌های جوّی-اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس با تغییرات روزهای برفی ایستگاه‌های استان اردبیل، از رگرسیون چندگانه استفاده گردید.

رابطه (۵)
$$\hat{y} = \alpha + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_n x_n$$

ابتدا روزهای برفی ایستگاه‌های مورد بررسی به‌صورت جداگانه به‌عنوان متغیر وابسته و الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل رگرسیون شدند. از نمودار P-P برای آزمون فرض نرمال بودن مانده‌های مدل رگرسیون بهره برده شد. برای تعیین میزان اثرگذاری متغیرهای مستقل بر تغییرات روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه، از مدل رگرسیون پس‌رونده[۷] بهره گرفته شد (Mansourfar, 2006: 174). به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه‌ی خطی بین تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه و الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس، از تحلیل واریانس یکراهه‌ی رگرسیون استفاده شد. میزان ضریب همبستگی چندمتغیره (R) و ضریب تبیین (R^2) در شرایط ورود تمامی الگوها و الگوهای منتخبِ وارد شده به مدلِ انتخابی برای روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه، استخراج و تحلیل شدند.

یافته‌ها و بحث

جدول (۱)، ویژگی‌های آمار توصیفی تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از این جدول پیداست، در ایستگاه اردبیل، ماه‌های فوریه، ژانویه، مارس و دسامبر، بیش از سایر ماه‌ها دارای روز برفی هستند. در مقیاس سالانه نیز در ایستگاه اردبیل، به طور متوسط حدود ۳۵ روز برفی وجود دارد. تعداد روزهای برفی در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، دسامبر و نیز در مقیاس سالانه، از توزیع تقریباً نرمالی برخوردار است. نرمال بودن نسبی توزیع تعداد روزهای برفی در مقیاس سالانه و شباهت آن به ماه‌های دسامبر تا مارس ایستگاه اردبیل، به دلیل سهم بسیار زیاد تعداد روزهای برفی این ماه‌ها در تشکیل تعداد روزهای برفی سالانه‌ی ایستگاه اردبیل است. ضریب تغییرات اغلب ایستگاه‌ها نیز در ماه‌های می و اکتبر بیش از سایر ماه‌هاست.

7- Backward

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

جدول ۱- ویژگی‌های آمار توصیفی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 1- Characteristics of descriptive statistics of snowy days in the studied stations

ایستگاه	شاخص	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
اردبیل	میانگین	۷/۳۸	۷/٦۷	۷/۱۱	۲/۱۷	۰/۳۲	۰/۸۲	۳/۳۸	٦/۰۵	۳٤/۹۱
	انحراف معیار	۳/۷۸	۳/۲۵	۳/۵۳	۱/۸٦	۰/۸۰	۱/٤	۳/٤۱	۳/٤۳	۹/۵٤
	ضریب تغییرات	۵۱	٤۲	٤۹	۸۵	۲٤۹	۱۷۰	۱۰۰	۵٦	۲۷
خلخال	میانگین	۹/۳۳	۹/۲۵	۷/۷۵	۲/۱۷	۰/۲۵	۰/۲۹	۲/۹٦	٦/۷۱	۳۸/۷۱
	انحراف معیار	٤/۸۱	٤/۸	۳/۸٤	۲/۰٤	۰/٦۸	۰/٦۲	۲/۸۹	٤/۵۷	۱۵/۲۵
	ضریب تغییرات	۵۱	٤۸	٤۹	۹۳	۲۷۰	۲۱۳	۹۷	٦۸	۳۹
مشکین‌شهر	میانگین	۷/۱۳	۷/۱۳	۸/۰۷	۲/۸۷	۰/۲۷	۰/٦	۳/۲۷	۵/۷۳	۳۵/۰۷
	انحراف معیار	۲/۷۷	۳/۵۸	۳/۳۹	۲/۲٦	۰/۵۹	۱/۲٤	۱/۷۵	۳/٤۷	۵/٦۲
	ضریب تغییرات	۳۸	۵۰	٤۲	۷۸	۲۲۲	۲۰۷	۵۳	٦۰	۱٦
پارس‌آباد	میانگین	۲/۵۷	۳/٦۵	۱/۱۹	۰/۰٤	۰	۰	۰/۵	۱/۲۷	۹/۲۳
	انحراف معیار	۲/٤۵	۳/۳۵	۱/۳۹	۰/۱۹	۰	۰	۱/٤۵	۲/٤۷	٦/٤۷
	ضریب تغییرات	۱۰۵	۱۰۵	۸٦	۱۹	۰	۰	۳٤	۵۱	۱٤۲

در ایستگاه خلخال، ماه ژانویه، بیش ترین تعداد روزهای برفی در طول دوره آماری مورد مطالعه را به‌خود اختصاص داده است. در این ایستگاه، سالانه حدود ۳۹ روز برفی وجود دارد. حدود ۳۵ روز از سال در ایستگاه مشکین‌شهر، بارش‌ها به‌صورت برف هستند که از این نظر، از ایستگاه خلخال و اردبیل کم‌تر است که شاید دلیل آن را بتوان به کم بودن طول دوره‌ی آماری در این ایستگاه نسبت داد چرا که این ایستگاه، دقیقاً در پای کوه سبلان قرار دارد و این کوه، نقش مؤثری در افزایش تعداد روزهای برفی ایستگاه مورد مطالعه دارد. این ادّعا، در مقایسه‌ی تعداد روزهای برفی ایستگاه مشکین‌شهر با ایستگاه‌های خلخال و اردبیل در طول دوره‌ی آماری مشترک نیز قابل اثبات است. مقایسه‌ی تعداد روزهای برفیِ ایستگاه سینوپتیک پارس‌آباد با سایر ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه، به‌صورت آشکار مبیّن این واقعیت است که تعداد روزهای برفی ایستگاه پارس‌آباد، به طور مشخصی کم‌تر از تعداد روزهای برفی سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه است تا جایی که متوسط وقوع روزهای برفی در این ایستگاه در مقیاس سالانه، حدود ۹ روز است که تقریباً یک چهارم سایر ایستگاه‌هاست. کم بودن تعداد روزهای برفی در مقیاس سالانه و ماهانه در این ایستگاه، مستقیماً با ارتفاع کم‌تر این ایستگاه از سطح دریا و همجواری آن با دریای خزر که نقش تعدیل کننده دارد، در ارتباط است. در این ایستگاه، بارش برف به ماه‌های کم‌تری از سال محدود می‌شود تا جایی که در ماه‌های آوریل، می و اکتبر، تقریباً در ایستگاه پارس‌آباد، برفی نمی‌بارد یا بسیار به ندرت اتفاق می‌افتد.

نتایج آزمون T دو نمونه مستقل برای روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه (جدول ۲) نشان داد که مقدار sig در آزمون لون بیش‌تر از ۰/۰۵ است لذا فرض برابری واریانس‌ها رد نمی‌شود. مقدار sig آزمون T برای برابری میانگین‌ها حاکی از این است که در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال، فرض برابری میانگین‌ها مورد تأیید است ولی در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

ایستگاه‌های خلخال و پارس‌آباد فرض مذکور رد می‌شود. رد فرض برابری میانگین‌ها در ایستگاه‌های خلخال و پارس‌آباد با توجه به نزدیک بودن آماره T به محدوده بحرانی و نیز تأیید آن در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال حاکی از این است که اختلاف میانگین روزهای برفی در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی در دو دوره مطالعاتی اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند و نمی‌توان ادعا کرد که تعداد روزهای برفی در ایستگاه‌های مورد بررسی دستخوش تغییر اقلیم شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون T دو نمونه مستقل برای روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه

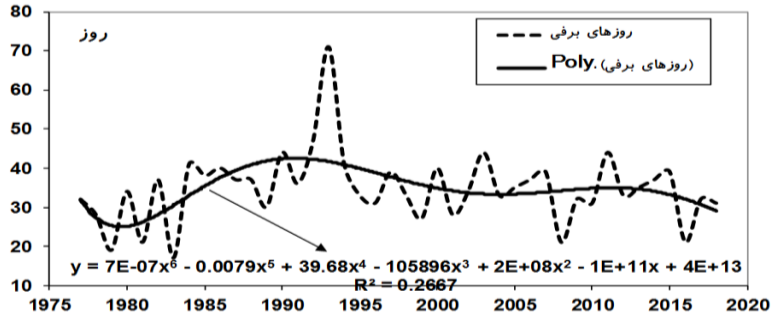
Table 2- T test results of two independent samples for snowy days of the studied stations

ایستگاه		آزمون لون برای برابری واریانس‌ها		آزمون T برای برابری میانگین‌ها						
		F	sig	T	df	sig	اختلاف میانگین	خطای استاندارد تفاوت	۹۵ درصد فاصله اطمینان تفاوت‌ها	
									حد پایین	حد بالا
اردبیل	فرض برابری واریانس‌ها	۲/٦	۰/۱۱	۰/۵۵	۳۲	۰/۵۸	۱/۸۲	۳/۳	-٤/۹۱	۸/۵٦
	فرض نابرابری واریانس‌ها			۰/۵۵	۲۲/۵	۰/۵۸	۱/۸۲	۳/۳	-۵/۰۲	۸/٦۷
خلخال	فرض برابری واریانس‌ها	۰/۱۹	۰/٦٦	۲/۱۸	۲۲	۰/۰٤	۱۲/۵۸	۵/۷۷	۰/٦۱۱	۲٤/۵۵
	فرض نابرابری واریانس‌ها			۲/۱۸	۲۱/۹۸	۰/۰٤	۱۲/۵۸	۵/۷۷	۰/٦۱۱	۲٤/۵۵
مشکین-شهر	فرض برابری واریانس‌ها	۲/۱۵	۰/۱٦	-۰/۳۹	۱۳	۰/٦۹	-۱/۱۹	۳	-۷/٦۸	۵/۲۹
	فرض نابرابری واریانس‌ها			-۰/٤۱	۱۱/۳۵	۰/٦۸	-۱/۱۹	۲/۸۹	-۷/۵٤	۵/۱۵
پارس‌آباد	فرض برابری واریانس‌ها	۳/۸۱	۰/۰٦	۲/۱۳	۲٤	۰/۰٤	۵/۰۷	۲/۳۷	۰/۱۷۷	۹/۹۷
	فرض نابرابری واریانس‌ها			۲/۱۳	۱٦/۳٤	۰/۰٤	۵/۰۷	۲/۳۷	۰/۰۵	۱۰/۱

شکل (۱)، تغییرات روزهای برفی و روند خطی و مدل نوسانی (پلی‌نومیال یا چندجمله‌ای مرتبه‌ی ٦) ایستگاه سینوپتیک اردبیل از سال ۱۹۷۷ تا سال ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. روند خطی مذکور، حاکی از افزایش آرام تعداد روزهای برفی ایستگاه مورد مطالعه در طول دوره‌ی آماری است. مدل پلی‌نومیال مرتبه‌ی ٦، نتایج بهتری نسبت به مدل خطی در پیش‌بینی تغییرات تعداد روزهای برفی در ایستگاه سینوپتیک اردبیل ارائه داده است. با استفاده از این مدل، حدود ۲۷ درصد از تغییرات تعداد روزهای برفی ایستگاه مورد مطالعه، با متغیر زمان توجیه شده است. مشاهده‌ی سری زمانی، روند ماهانه‌ی خاص و مشخصی در سری داده‌ها را آشکار نکرده و تغییرات زیاد سال به سال آن، به‌نوبه خود، امکان پیش‌بینی تعداد روزهای برفی در سال‌های آینده را مشکل‌تر می‌نماید. در سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه، روند تغییرات روزهای برفی کاهشی است که به دلیل محدودیت صفحات مقاله، از ارائه و تحلیل آن‌ها صرف‌نظر گردید.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]



شکل ۱: روند خطی و پلی‌نومیال مرتبه شش روزهای برفی ایستگاه سینوپتیک اردبیل

Figure 1: Linear and order 6 polynomial trend of snowy days in Ardabil synoptic station

جدول (۳)، مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های نوامبر تا آوریل (NDJFMA) با یکدیگر را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از جدول مذکور پیداست، اغلب ایستگاه‌ها، دارای همبستگی معنی‌دار در سطح خطای ۱ و ۵ درصد با یکدیگر هستند. بیش‌ترین میزان همبستگی، متعلق به ایستگاه اردبیل و مشکین‌شهر است که با یکدیگر، دارای همبستگی ۹۳ درصدی بوده و در سطح اطمینان ۹۹ درصد، معنی‌دار است. همبستگی تعداد روزهای برفی در اغلب ایستگاه‌ها با یکدیگر معنی‌دار است غیر از ایستگاه پارس‌آباد که با ایستگاه خلخال، همبستگی ضعیف و فاقد معنی‌داری دارد. به نظر می‌رسد معنی‌دار بودن همبستگی تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با یکدیگر، به نزدیکی ایستگاه‌ها به یکدیگر وابستگی زیادی داشته باشد. از طرف دیگر، این همبستگی‌های اغلب معنی‌دار، می‌تواند مبیّن فراگیری بارش‌های برفی در سطح ایستگاه‌های استان هنگام وقوع این پدیده باشد. معنی‌دار نبودن همبستگی تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های خلخال و پارس‌آباد نیز می‌تواند با بُعد فاصله این ایستگاه‌ها از یکدیگر و متأثر بودن آن‌ها از دو نوع توپوگرافی بسیار متفاوت از یکدیگر باشد. ماهیت کوهستانی ایستگاه خلخال به تشکیل و تداوم ریزش‌های برفی کمک شایانی می‌کند در حالی که توپوگرافی پستِ دشت مغان که ایستگاه پارس‌آباد در آن قرار دارد، با تغییر محسوس در نوع بارش (از برف به باران) به کاهش تعداد روزهای برفی منطقه کمک کرده و در نتیجه، همبستگی بین تعداد روزهای برفی این ایستگاه با سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه را نیز پایین آورده است.

جدول ۳- مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با یکدیگر

Table 3- Correlation values of snowy days of the studied stations with each other

	پارس‌آباد	مشکین‌شهر	خلخال	اردبیل
اردبیل	۱	۰/۷۱**	۰/۹۳**	۰/۶۳**
خلخال	۰/۷۱**	۱	۰/۶۰**	۰/۳۸
مشکین‌شهر	۰/۹۳**	۰/۶۰**	۱	۰/۵۶**
پارس‌آباد	۰/۶۳**	۰/۳۸	۰/۵۶*	۱

* همبستگی در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار است. ** همبستگی در سطح خطای ۱ درصد معنی‌دار است

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

جدول (٤)، مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس آرام در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه خلخال همبستگی بیش‌تر و معنی‌دارتری با الگوهای جوّی اقیانوسی اقیانوس آرام دارد. تعداد روزهای برفی این ایستگاه، با تمامی شاخص‌های مورد مطالعه غیر از شاخص‌های PWP، PNA و WP، همبستگی معنی‌داری دارد. همبستگی تعداد روزهای برفی ایستگاه خلخال با الگوهای SOI، SENSO، EOF، MEI، EPO، NOI و PDO در خطای ۱ درصد و با الگوهای NINA1، NINA3، NINA4، NINA3.4، ONI، TNI و NP در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار است. در ایستگاه خلخال، از ۱۷ شاخص مورد استفاده در اقیانوس آرام، ٤ شاخص دارای همبستگی معکوس معنی‌دار، ۳ شاخص فاقد معنی‌داری و ۱۰ شاخص دارای همبستگی معنی‌دار در سطح خطای ۵ و ۱ درصد با تعداد روزهای برفی این ایستگاه می‌باشند.

جدول ٤- مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای جوّی–اقیانوسیِ اقیانوس آرام

Table 4- Correlation values of snowy days of the studied stations with atmospheric-oceanic patterns of the Pacific Ocean

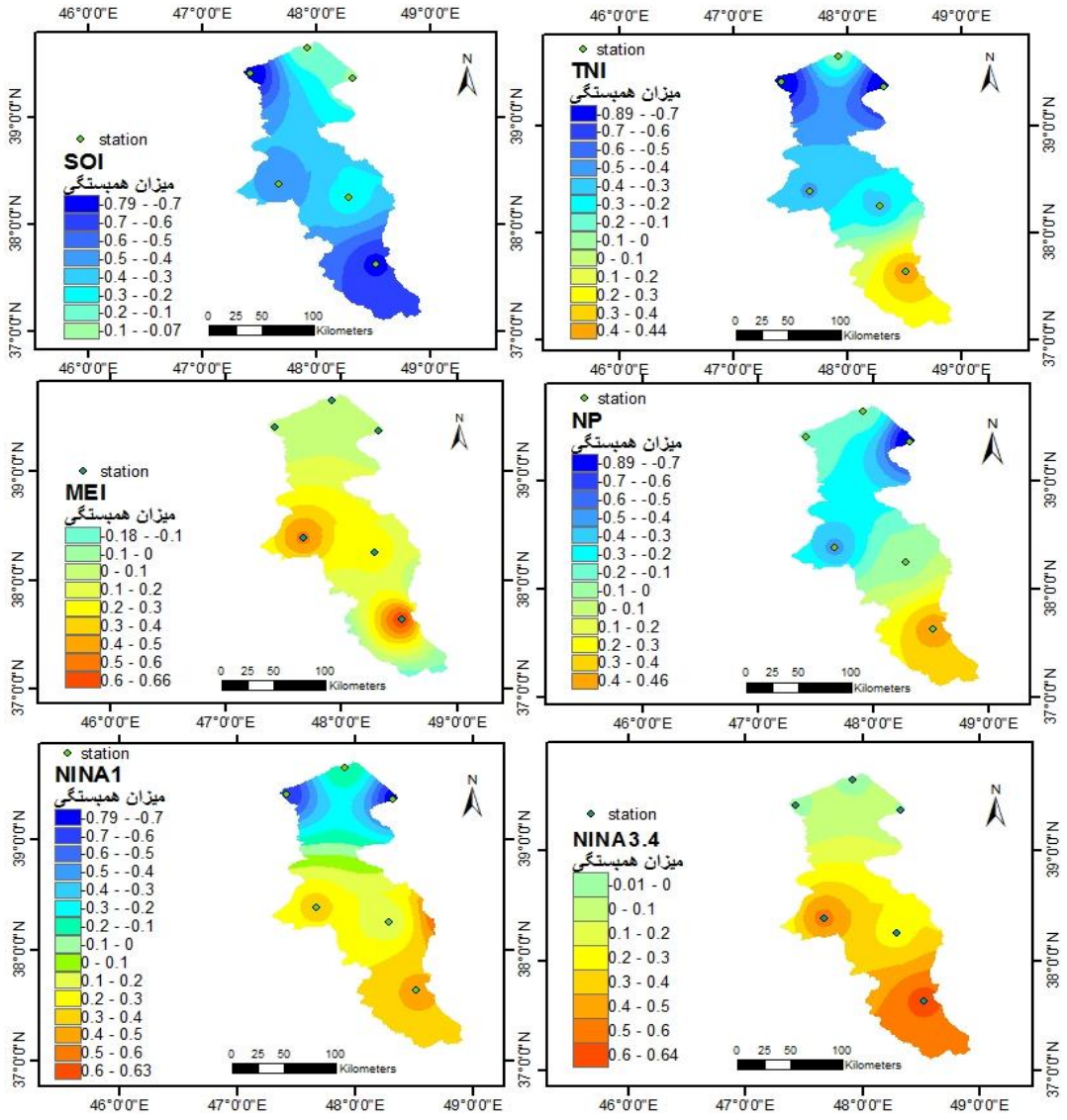
ایستگاه / الگو	اردبیل	خلخال	مشکین‌شهر	پارس‌آباد
SOI	-۰/۲۳	-۰/۷۳**	-۰/۵۰	-۰/۰۹
SENSO	۰/۲۷	۰/۷٦**	۰/۵۸*	۰/۰۹
EOF-PAC	۰/۲۲	۰/٦۸**	۰/٤۹	۰/۰۱
MEI	۰/۲۵	۰/٦۷**	۰/۵۲	۰/۰۲
NINA1	۰/۱۲	۰/٤۲*	۰/۳۵	-۰/۱۰
NINA3	۰/۱۷	۰/۵٤*	۰/۵۱	-۰/۰۸
NINA4	۰/۳۵*	۰/٦۲*	۰/۵۰	۰/۰۳
NINA3.4	۰/۲٦	۰/ ٦٤*	۰/۵۳*	-۰/۰۲
ONI	۰/۲٦	۰/٦٤*	۰/۵۳	-۰/۰۲
PWP	۰/۰۷	۰/۲۹	۰/٤٦	-۰/٤٦*
TNI	-۰/۳٤	۰/٤۵*	-۰/٤۱	-۰/۱۲
EPO	۰/۲۱	۰/٦۸**	۰/٤۵	-۰/٦۱*
NOI	۰/۱۰	۰/۷۳**	-۰/۵۷	-۰/۳۳
NP	-۰/۰۵	۰/٤۷*	-۰/٤۳	-۰/۱۱
PDO	۰/۲٦	۰/٦۷**	۰/٤۹	۰/۱۹
PNA	۰/۰۷	۰/۲۹	۰/۵۳	-۰/۱۲
WP	-۰/۰٦	-۰/۲۵	-۰/۱۱	-۰/٤٦*

* همبستگی در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار است. ** همبستگی در سطح خطای ۱ درصد معنی‌دار است.

در ایستگاه اردبیل، غیر از الگوی NINA4، سایر الگوهای مورد بررسی، همبستگی معنی‌داری را با تعداد روزهای برفی این ایستگاه نشان ندادند. جهت همبستگی‌های به دست آمده بین تعداد روزهای برفی ایستگاه اردبیل با

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

الگوهای مورد مطالعه، اغلب مثبت است. در ایستگاه مشکین‌شهر نیز غیر از الگوهای NINA3.4 و SENSO، سایر الگوهای مورد مطالعه، همبستگی معنی‌داری با تعداد روزهای برفی نشان نمی‌دهند. در ایستگاه پارس‌آباد، الگوهای PWP، EPO و WP به‌ترتیب دارای همبستگی برابر با ۰/٤٦-، ۰/٦١ و ۰/٤٦- با تعداد روزهای برفی این ایستگاه هستند که در سطح اطمینان ۹۵ درصد نیز معنی‌دار هستند. از جدول (٤) پیداست که از بین الگوهای مورد مطالعه، فقط الگوهای SENSO، NINA3.4، EPO و NINA4 به‌طور همزمان با حداقل ۲ ایستگاه همبستگی معنی‌دار و همزمان دارند. پراکنش مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با تعدادی از الگوهای جوّی–اقیانوسیِ اقیانوس آرام در شکل (۲) آمده است. همان‌گونه که از شکل پیداست در اغلب الگوهای مورد بررسی، میزان همبستگی روزهای برفی با الگوهای منتخب مورد مطالعه از جنوب به شمال استان افزایش می‌یابد.



شکل ۲: میزان همبستگی روزهای برفی استان اردبیل با برخی از الگوهای جوّی– اقیانوسیِ اقیانوس آرام

Figure 2: Correlation values of snowy days of Ardabil province with some atmospheric-oceanic patterns of the Pacific Ocean

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

جدول (۵)، مقادیر همبستگی بین تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس و برخی الگوهای پیوند از دور را نشان می‌دهد. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، فقط ایستگاه پارس‌آباد آن هم با شاخص‌های AMM، AMON و CAR دارای همبستگی معکوس ناقص به‌ترتیب برابر با ۰/٤۰–، ۰/٤۸– و ۰/٤۳– است که همگی در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار هستند. در ایستگاه سینوپتیک پارس‌آباد، غیر از الگوهای NAO و AO، سایر الگوهای مورد مطالعه، دارای همبستگی معکوس ناقص (منفی) با تعداد روزهای برفی این ایستگاه می‌باشند که البته مقادیر این همبستگی‌ها عمدتاً ضعیف و بی‌معنی است.

جدول ۵– مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای جوّی-اقیانوسیِ اقیانوس اطلس

Table 5- Correlation values of snowy days of the studied stations with atmospheric-oceanic patterns of the Atlantic Ocean

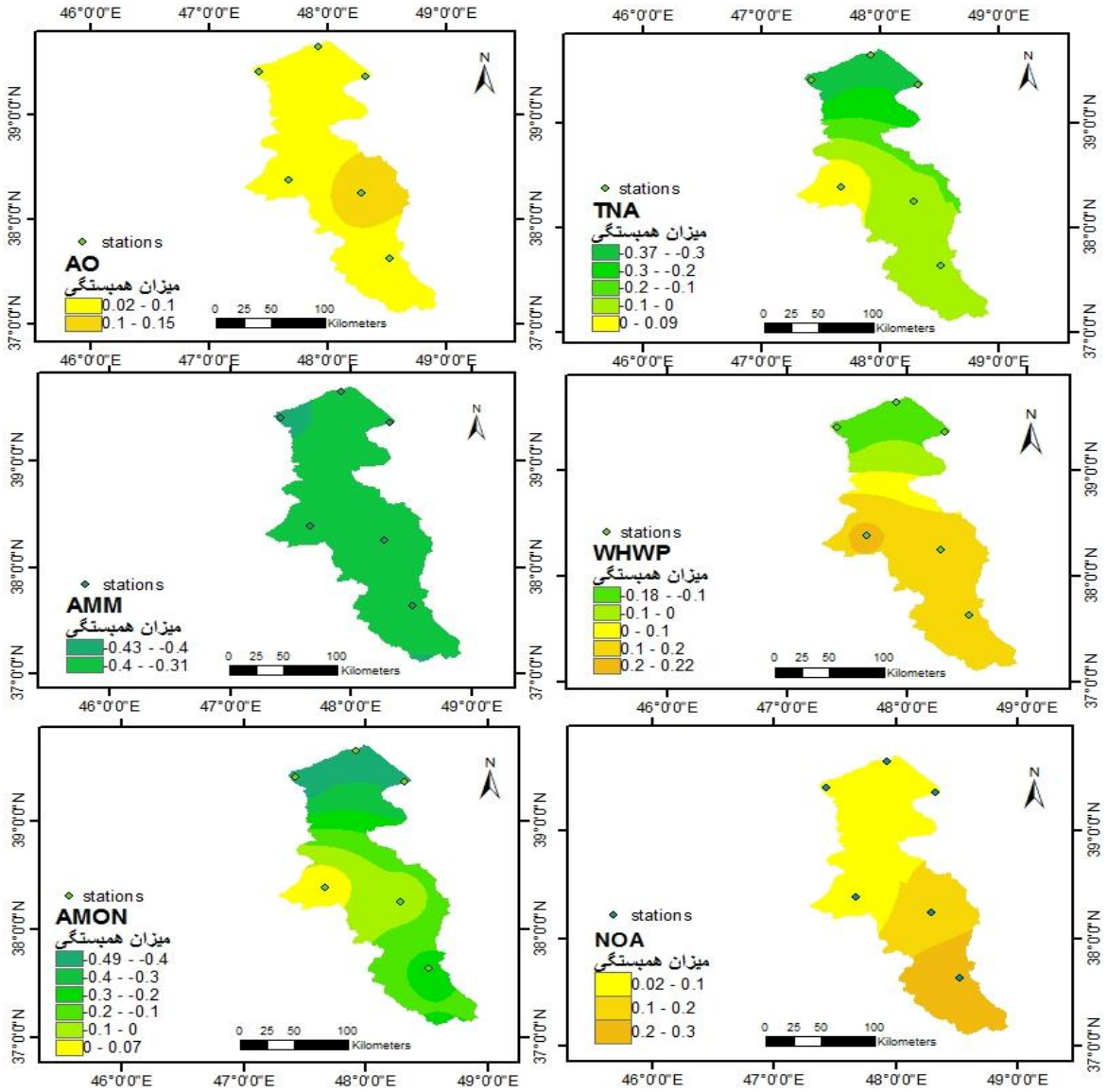
ایستگاه / الگو	اردبیل	خلخال	مشکین‌شهر	پارس‌آباد
AO	۰/۱٦	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰٦
AMM	–۰/۳۲	–۰/۳۳	–۰/۳۵	–۰/٤۰ *
AMON	–۰/۰۷	–۰/۲۳	۰/۰۷	–۰/٤۸ *
ATLTRI	–۰/۱٤	–۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۳٦
CAR	–۰/۰۷	–۰/۱۲	۰/۱۵	–۰/٤۳ *
NTA	–۰/۰۲	–۰/۰۵	۰/۱۱	–۰/۳۱
TNA	–۰/۱۰	–۰/۱۰	۰/۰۹	–۰/۳٦
TSA	۰/۳۰	–۰/۲۱	۰/٤۰	–۰/۱۵
WHWP	۰/۱۳	۰/۱٦	۰/۲۲	–۰/۱۸
NAO	۰/۱۳	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۰۷

* همبستگی در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار است. ** همبستگی در سطح خطای ۱ درصد معنی‌دار است.

در ایستگاه‌های اردبیل، خلخال و مشکین‌شهر، الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس و سایر الگوهای پیوند از دور مورد مطالعه، همبستگی معنی‌داری با تعداد روزهای برفی این ایستگاه‌ها ندارند. در ایستگاه مشکین‌شهر، جهت اغلب همبستگی‌ها، مثبت و در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال، جهت همبستگی اغلب الگوهای مورد مطالعه، منفی است. به نظر می‌رسد وجود همبستگی‌های مثبت و منفیِ بین تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای پیوند از دور مورد بررسی، که اغلب، فاقد معنی‌داری کافی نیز باشند، از روند و نظم خاصی پیروی ننموده و فاقد اطمینان لازم می‌باشند. مقایسه‌ی جداول (٤ و ۵) با یکدیگر نشان می‌دهد که روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه، با الگوهای جوّی– اقیانوسی اقیانوس آرام همبستگی بیش‌تر و معنی‌دارتری دارند تا الگوهای جوّی- اقیانوسی اقیانوس اطلس. آنچه مسلم است این است که وجود همبستگی‌های به‌دست آمده با تغییر دوره‌های آماری می‌تواند به تغییر یابد یا حتی جهت رابطه‌ها عوض شود. پراکنش مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با تعدادی از الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس در شکل (۳) آمده است. در این شکل نیز همانند

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

شکل (۲)، در اغلب الگوهای مورد بررسی، میزان همبستگی روزهای برفی با الگوهای منتخب مورد مطالعه از جنوب به شمال استان افزایش می‌یابد.



شکل ۳: میزان همبستگی روزهای برفی استان اردبیل با برخی از الگوهای جوّی – اقیانوسیِ اقیانوس اطلس

Figure 3: Correlation values of snowy days of Ardabil province with some atmospheric-oceanic patterns in the Atlantic Ocean

جداول (٦ و ٧)، به‌ترتیب مقادیر ضریب همبستگی چندگانه، ضریب تعیین (درصد تغییرات تبیین شده) و خطای استاندارد برآورد الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس با تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه، توسط مدل رگرسیون پس‌رونده در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه را نشان می‌دهند. بر اساس جدول (٦)، در ایستگاه اردبیل، حدود ۵۰ درصد از تغییرات روزهای برفی این ایستگاه، توسط الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس آرام قابل توجیه است. این مقدار، در ایستگاه‌های خلخال، مشکین‌شهر و پارس‌آباد به‌ترتیب ۰/۹۹، ۰/٦٥ و ۰/٨٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

است. در استان اردبیل، الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس آرام، تغییرات روزهای برفی ایستگاه‌های سینوپتیک خلخال و پارس‌آباد را بیشتر از ایستگاه‌های اردبیل و مشکین‌شهر توجیه و معرفی می‌کنند. جدول (۷) نشان می‌دهد که در ایستگاه اردبیل، حدود ٤٨ درصد از تغییرات روزهای برفی این ایستگاه، توسط الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس قابل توجیه است. در استان اردبیل، الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس، تغییرات روزهای برفی ایستگاه‌های سینوپتیک خلخال و مشکین‌شهر را بیش‌تر از ایستگاه‌های اردبیل و پارس‌آباد توجیه می‌کنند.

جدول ٦- مقادیر R^2 و R تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه و الگوهای جوّی - اقیانوسی اقیانوس آرام که توسط مدل رگرسیون پس‌رونده معرفی و توجیه شده است

Table 6- R^2 and R values 0f number of snow days in the studied stations and atmospheric-oceanic patterns of the Pacific Ocean introduced and justified by regressive regression model

ضریب / ایستگاه	ضریب همبستگی چندگانه (R)	درصد تغییرات تبیین شده (R^2)	خطای استاندارد برآورد
اردبیل	۰/٦۹	۰/٤۸	۰/۹۰
خلخال	۰/۹٥	۰/۹۰	۰/٤۲
مشکین‌شهر	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۲۲
پارس‌آباد	۰/۷۰	۰/٥۰	۰/۹۸
برف سنگین اردبیل	۰/۹۷	۰/۹٥	۰/٥۷

جدول ۷- مقادیر R^2 و R تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه و الگوهای جوّی – اقیانوسی اقیانوس اطلس که توسط مدل رگرسیون پسرونده معرفی و توجیه شده است

Table 7- R^2 and R values 0f number of snow days in the studied stations and atmospheric-oceanic patterns of the Atlantic Ocean introduced and justified by regressive regression model

ضریب / ایستگاه	ضریب همبستگی چندگانه (R)	درصد تغییرات تبیین شده (R^2)	خطای استاندارد برآورد
اردبیل	۰/۷۱	۰/٥۰	۱/۱
خلخال	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۲٥
مشکین‌شهر	۰/۸۱	۰/٦٥	۰/٦۷
پارس‌آباد	۰/۹۱	۰/۸٤	۱/۱
برف سنگین اردبیل	۰/۹۷	۰/۹٥	۰/٥۷

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

جداول (۸ و ۹)، تحلیل واریانس رگرسیون به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه‌ی خطی بین تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه و الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس را نشان می‌دهند. مقدار سطح معنی‌داری در اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه کم‌تر از ۵ درصد است لذا فرض خطی بودن ارتباط الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس (موجود در مدل‌های رگرسیون) با تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد بررسی تأیید می‌شود. در این جداول، مقادیر تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه که توسط مدل رگرسیونی قابل توجیه‌اند و مقادیری که غیر قابل توجیه‌اند (باقی‌مانده‌ها) به نمایش گذاشته شده‌اند. در این جداول همچنین سطح خطای آزمون ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. شکل‌های (٤ و ۵) نیز تبعیت توزیع مانده‌های مدل رگرسیون خطی از توزیع نرمال در خصوص تعداد روزهای برفی ایستگاه اردبیل را نشان می‌دهند. در سایر ایستگاه‌ها نیز وضعیت مشابهی وجود دارد.

جدول ۸- تحلیل واریانس رگرسیون به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه‌ی خطی بین تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه و الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس آرام

Table 8- Regression analysis of variance to check the certainty of the existence of a linear relationship between the number of snowy days of study stations and atmospheric patterns of the Pacific Ocean

پارامتر / ایستگاه		مجموع مربعات (SST)	درجه‌ی آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F	sig
اردبیل	رگرسیون	۷/۸۷	٤	۱/۹٦	۲/۱۸	۰/۱۰
خلخال	رگرسیون	۱۷/۲۳	۱۳	۱/۳۲٦	۳۷/۷۱۳	۰/۰۰۰
مشکین‌شهر	رگرسیون	۷/۰۸	۱	۷/۰۸	۱۵/۰	۰/۰۰۵
پارس‌آباد	رگرسیون	۱۰/۰۷	۵	۲/۰۱٤	۲/۳۸۲	۰/۰۸

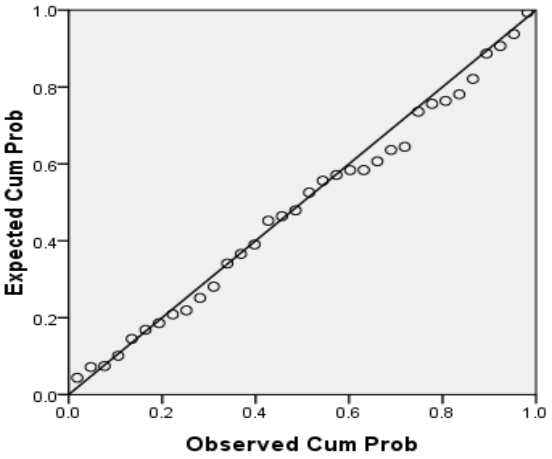
جدول ۹- تحلیل واریانس رگرسیون به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه‌ی خطی بین تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه و الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس اطلس

Table 9- Regression analysis of variance to check the certainty of the existence of a linear relationship between the number of snowy days of study stations and atmospheric patterns of the Atlantic Ocean

پارامتر / ایستگاه		مجموع مربعات (SST)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F	sig
اردبیل	رگرسیون	۱۳/۰۹	۳	٤/۳٦	٦/۱۸۷	۰/۰۰۲
خلخال	رگرسیون	۱۵/۹۷۱	٦	۲/٦٦۲	۱٤/۸٦٤	۰/۰۰۰
مشکین‌شهر	رگرسیون	۱۰/۳٦۸	۷	۲/۵۹۲	۷/۱۸۳	۰/۰۱۳
پارس‌آباد	رگرسیون	٤/۷۷	۱	٤/۷۷	۵/٤٦۲	۰/۰۲۹
برف سنگین اردبیل	رگرسیون	۱۰/۳۳۷	۵	۲/۰٦۷	۸/۷۰۳	۰/۰۰٦

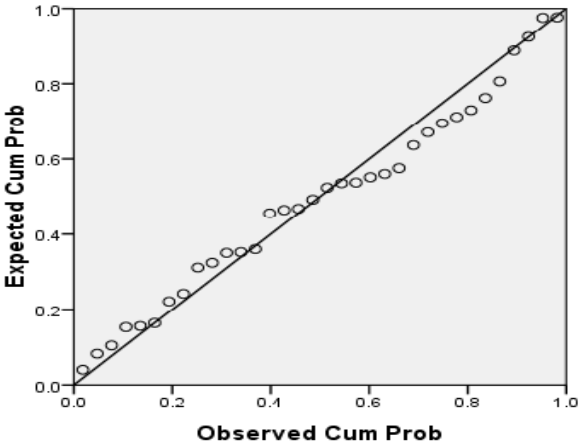
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]



شکل ٤: توزیع باقی‌مانده‌های روزهای برفی ایستگاه اردبیل (اطلس)

Figure 5: Distribution of snow day residuals at Ardabil station (Pacific)



شکل ٥: توزیع باقی‌مانده‌های روزهای برفی ایستگاه اردبیل (آرام)

Figure 4: Distribution of snow day remnants at Ardabil station (Atlantic)

مقادیر ضریب همبستگی چندگانه و درصد تغییرات تبیین شده‌ی معرفی شده توسط مدل رگرسیونی پس‌رونده در توجیه مقادیر تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شرایط ورود تمامی الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس و نیز در شرایط حذف برخی الگوهای جوّی–اقیانوسی کم اثر (ورود الگوهای پراثر) به ترتیب در جداول (۱۰ و ۱۱) آمده است. همان‌گونه که از جدول (۱۰) پیداست، در ایستگاه اردبیل، ورود تمامی الگوهای جوّی – اقیانوسی اقیانوس آرام (۱۷ الگو)، حدود ۵۰ درصد از تغییرات تعداد روزهای برفی این ایستگاه را توجیه می‌کند در حالی که خروج ۱۳ الگو و باقی ماندن ٤ الگو (NINA3.4، ONI، TNI و NINA1)، حدود ۲٦ درصد از این تغییرات را معرفی و توجیه نموده است. به عبارت دیگر، سهم ٤ الگوی اخیر نه تنها با سهم ۱۳ الگوی دیگر جوّی- اقیانوسی اقیانوس آرام در توجیه تعداد روزهای برفی ایستگاه اردبیل برابری می‌کند بلکه از آن هم بیشتر است. در ایستگاه خلخال، با ورود تمامی الگوها، حدود ۰/۹۹ از تغییرات تعداد روزهای برفی آن ایستگاه توسط تغییرات الگوهای جوی–اقیانوسی اقیانوس آرام توجیه شده است که در نوع خود، رقم بسیار خوبی تلقی می‌شود و خروج الگوهای EPO، NOI و TNI از مدل، تغییر چندانی در درصد توجیه شده توسط مدل ایجاد نمی‌کند. در ایستگاه مشکین‌شهر، حدود ٦٥ درصد از تغییرات روزهای برفی آن ایستگاه توسط تغییر در مقادیر الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس آرام به وجود آمده است و ورود الگوی NP به تنهایی حدود ٦۱ درصد از این تغییرات را عهده‌دار بوده است. در ایستگاه پارس‌آباد نیز الگوهای NEI، PNA، NP، NINA3.4 و NINA1، حدود ٤٤ درصد از تغییرات تعداد روزهای برفی این ایستگاه را معرفی کرده‌اند در حالی که ورود تمامی الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس آرام به مدل رگرسیون، حدود ۸٤ درصد از این تغییرات را توجیه نموده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

جدول ۱۰- مقادیر R^2 و R معرفی شده توسط مدل رگرسیون پس‌رونده در توجیه تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شرایط ورود تمامی الگوهای جوّی – اقیانوسی اقیانوس آرام و حذف الگوهای کم اثر (ورود الگوهای پر اثر)

Table 10- The values of R^2 and R introduced by the regressive regression model to justify the number of snowy days of the studied stations in the conditions of entry of all atmospheric-oceanic patterns of the Pacific Ocean and elimination of ineffective patterns (entry of effective patterns)

ضریب-پارامتر / ایستگاه	ضریب همبستگی چند متغیره (R)	درصد تغییرات تبیین شده (R^2)	الگوها
اردبیل	۰/۷۱	۰/۵۰	با ورود کل الگوها
	۰/۵۱	۰/۲٦	با ورود الگوهای NINA1-TNI-ONI-NINA3.4
خلخال	۰/۹۹	۰/۹۹	با ورود کل الگوها
	۰/۹۹	۰/۹۹	با خروج الگوهای TNI-NOI-EPO
مشکین‌شهر	۰/۸۱	۰/٦۵	با ورود کل الگوها
	۰/۷۸	۰/٦۱	با ورود الگوی NP
پارس‌آباد	۰/۹۱	۰/۸٤	با ورود کل الگوها
	۰/٦٦	۰/٤٤	با ورود الگوهای NINA1-NINA3.4-NP-PNA-MEI

جدول (۱۱) نشان می‌دهد که در ایستگاه اردبیل، ورود تمامی الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس اطلس (۱۰ الگو)، حدود ٤۸ درصد از تغییرات تعداد روزهای برفی این ایستگاه را توجیه می‌کند در حالی که خروج ۷ الگو و باقی ماندن ۳ الگو (WHWP، NTA و AMM)، حدود ٤۰ درصد از این تغییرات را معرفی و توجیه نموده است. به عبارت دیگر، تفاوت سهم ۳ الگوی اخیر با تمامی الگوها در توجیه تعداد روزهای برفی ایستگاه اردبیل، فقط ۸ درصد است که نشان از اهمیت این سه مدل در تبیین و توجیه تعداد روزهای برفی ایستگاه اردبیل دارد. ورود تمامی الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس اطلس به مدل رگرسیونی پس‌رونده، حدود ۰/۹۰ از تغییرات تعداد روزهای برفی ایستگاه خلخال را توجیه می‌نماید و ورود الگوهای WHWP، TSA و AMM، AMON، CAR و TNA به مدل و خروج سایر متغیرها از مدل رگرسیونی پس‌رونده، حدود ۸٦ درصد از این تغییرات را توجیه نموده است. در ایستگاه مشکین‌شهر، حدود ۹۹ درصد از تغییرات روزهای برفی آن ایستگاه توسط تغییر در مقادیر تمامی الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس اطلس به‌وجود آمده است و ورود الگوهای WHWP، ATLTRI، AMM و TNA حدود ۸۰ درصد از این تغییرات را عهده‌دار بوده‌اند. در ایستگاه پارس‌آباد نیز ورود مقادیر تمامی الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس اطلس، حدود ۵۰ درصد از تغییرات تعداد روزهای برفی این ایستگاه را معرفی کرده‌اند در حالی که ورود الگوی AMON به مدل رگرسیون، به تنهایی حدود ۲۱ درصد از این تغییرات را توجیه نموده است. در مورد برف‌های سنگین نیز حدود ۹۵ درصد از تغییرات روزهای دارای برف سنگین ایستگاه اردبیل، با ورود تمامی الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس اطلس، توجیه شده است و این در حالی است که ورود الگوهای AMM، NTA، NAO، TNA و TSA و خروج سایر متغیرها از مدل رگرسیونی پس‌رونده، حدود ۸٦ درصد از تغییرات روزهای دارای برف سنگین ایستگاه اردبیل را معرفی و توجیه نموده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

جدول ۱۱- مقادیر R^2 و R معرفی شده توسط مدل رگرسیون پس‌رونده در توجیه تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شرایط ورود تمامی الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس و حذف الگوهای کم اثر (ورود الگوهای پر اثر)

Table 11- The values of R^2 and R introduced by the regressive regression model to justify the number of snowy days of the studied stations in the conditions of entry of all atmospheric-oceanic patterns of the Pacific Ocean and elimination of ineffective patterns (entry of effective patterns)

ضریب–پارامتر / ایستگاه	ضریب همبستگی چند متغیره (R)	درصد تغییرات تبیین شده (R^2)	الگوها
اردبیل	۰/٦۹	۰/٤۸	با ورود کل الگوها
	۰/٦۳	۰/٤۰	با ورود الگوهای AMM-NTA-WHWP
خلخال	۰/۹۵	۰/۹۰	با ورود کل الگوها
	۰/۹۳	۰/۸٦	با ورود الگوهای AMM-AMON-CAR-TNA-TSA-WHWP
مشکین‌شهر	۰/۹۹	۰/۹۹	با ورود کل الگوها
	۰/۹۰	۰/۸۰	با ورود الگوهای AMM-ATLTRI-TNA-WHWP
پارس‌آباد	۰/۷۰	۰/۵۰	با ورود کل الگوها
	۰/٤۵	۰/۲۱	با ورود الگوی AMON
برف سنگین اردبیل	۰/۹۷	۰/۹۵	با ورود کل الگوها
	۰/۹۳	۰/۸٦	با ورود الگوهای AMM-NTA-NAO-TNA-TSA

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ویژگی‌های آمار توصیفی و ارتباط بین تعداد روزهای برفی ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان اردبیل با الگوهای کلان‌مقیاس جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس بررسی گردید. روند خطی تغییرات روزهای برفی ایستگاه اردبیل حاکی از افزایش بسیار آرام و تقریباً فاقد روند تعداد روزهای برفی این ایستگاه بود. این یافته با نتیجه کار Attai and Fanaei (2010) که نشان دادند که بارش برف سنندج روند مشخصی ندارد همخوانی دارد. مدل پلی‌نومیال مرتبه‌ی ٦، روزهای برفی ایستگاه اردبیل را بهتر پیش‌بینی کرد. در ایستگاه‌های خلخال، مشکین‌شهر و پارس‌آباد، کاهش نسبی در تعداد روزهای برفی در مقیاس سالانه دیده می‌شود که این یافته با کار Aminnia et al (2010) که نشان دادند که در ایستگاه‌های سینوپتیک شمال‌غرب ایران، بارش برف دارای نوسانات زیاد و روند کاهشی بوده است مطابقت دارد. این نتیجه همچنین با نتیجه مطالعه Alijani et al (2010) که دریافتند که بارش برف در شمال‌غرب کشور دارای روندی کاهشی بوده است همسویی دارد. نتایج این بررسی نشان داد که روزهای برفی اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه، دارای همبستگی معنی‌دار در سطح خطای ۱ درصد و ۵ درصد با یکدیگر هستند و این مسأله، ضمن بستگی به فاصله‌ی ایستگاه‌ها با یکدیگر، بیان کننده‌ی فراگیری بارش‌های برفی در سطح ایستگاه‌های استان اردبیل است. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه خلخال همبستگی بیش‌تر و معنی‌دارتری با الگوهای جوّی اقیانوسی اقیانوس آرام نشان داد. فقط در ایستگاه پارس‌آباد، تعداد روزهای برفی با الگوهای جوّی اقیانوسی اقیانوس اطلس همبستگی معکوس ناقص معنی‌دار داشت. بررسی‌ها همچنین نشان دادند که

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

روزهای برفی ایستگاه‌های استان اردبیل، با الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس آرام همبستگی بیش‌تر و معنی‌دارتری دارند تا الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس. در استان اردبیل، الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس آرام، تغییرات روزهای برفی ایستگاه‌های سینوپتیک خلخال و پارس‌آباد را بیش‌تر از ایستگاه‌های اردبیل و مشکین‌شهر توجیه و معرفی کردند. در ایستگاه اردبیل، خلخال، مشکین‌شهر و پارس‌آباد، به‌ترتیب ٤٨، ٩٠، ٩٩ و ٤٩ درصد از تغییرات روزهای برفی، توسط الگوهای جوّی–اقیانوسی اقیانوس اطلس تبیین می‌گردند. در استان اردبیل، الگوهای جوّی-اقیانوسی اقیانوس اطلس، تغییرات روزهای برفی ایستگاه‌های سینوپتیک خلخال و مشکین‌شهر را بیش‌تر از ایستگاه‌های اردبیل و پارس‌آباد توجیه می‌کنند. در کل، همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های استان اردبیل با الگوهای کلان‌مقیاس جوّی–اقیانوسی متغیر است که این یافته با کار Forootan et al (2019) و Cinita (2003) همسویی دارد. علیرغم همبستگی‌های به‌دست آمده و مقادیر توجیه شده‌ی روزهای برفی استان اردبیل با الگوهای کلان‌مقیاس جوّی–اقیانوسی اقیانوس‌های آرام و اطلس، بهتر است در کاربرد این همبستگی‌ها، احتیاط لازم صورت پذیرد چرا که اغلب این همبستگی‌ها می‌توانند تصادفی باشند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، الگوهای محلی مؤثر بر وقوع روزهای برفی این استان شناسایی گردد و با تفکیک بارش‌های برفی مؤثر از الگوهای محلی از بارش‌های برفی مؤثر از سیستم‌های سیّارهای و منطقه‌ای، مجدداً همبستگی‌های مذکور، برقرار و تجزیه‌وتحلیل گردند. پراکنش مقادیر همبستگی روزهای برفی ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای جوّی–اقیانوسیِ اقیانوس اطلس و آرام نشان داد که در اغلب الگوهای مورد بررسی، میزان همبستگی روزهای برفی با الگوهای منتخب مورد مطالعه از جنوب به شمال استان افزایش می‌یابد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

References

- Aboutalebi, M., Dolatimehr, A., (2010), "Analysis of spring precipitation in Meshkinshahr with statistical model approach", First National Conference on Snow, Ice and Avalanche, 18 and 19 March 2010, Shahrekord. [In Persian].
- Ahmadi, M., (2013), "Analyzing the relationship between Teleconnection Patterns and the occurrence of precipitation in Iran", Ph.D Thesis, Faculty of Humanities. Tarbiat Modarres University. [In Persian].
- Alijani, B., Amininia, K., Lashkari, H., (2010), "Analysis of heavy snowfall changes in northwest of Iran", ***Journal of Geographical Space***, 29: 47-56. [In Persian].
- Alizadeh, A., Erfanian, M., Ansari, H., (2011), "Investigation of effective round-link patterns on precipitation and temperature parameters (case study: Synoptic Station of Mashhad)", ***Iranian Journal of Irrigation and Drainage***, 5 (2): 176-185. [In Persian].
- Alizadeh-Choobari, O., Adibi, P., (2019), "Impacts of large-scale teleconnections on climate variability over Southwest Asia", ***Dynamics of Atmospheres and Oceans***, 86: 41-51.
- Almazroui, M., Nazrul Islam, M., Jones, PD., Athar, H., Ashfaqur Rahman, M., (2012), "Recent climate change in the Arabian Peninsula: Seasonal rainfall and temperature climatology of Saudi Arabia for 1979-2009", ***Atmospheric Research***, 111: 29-45.
- Aminnia, K., Lashkari, H., Alijani, B., (2010), "Investigation and analysis of heavy snowfall fluctuations in northwest of Iran", ***Journal of Geographic Space***, 29: 145-163. [In Persian].
- Attai, H., Fanaei, R., (2010), "Statistical analysis of snow and temperature changes in selected stations of Kurdistan province", First National Conference on Snow, Ice and Avalanche, 18 and 19 March 2010, Shahrekord. [In Persian].
- Bednorz, E., (2008). "Synoptic reasons for heavy snowfall in the polish-german low land", ***Theo. Appl. Climatol***, 92: 133-140.
- Chehre-Ara, T., Hoseini, A., Baghbanan, P., (2018), "Analysis of the relationship between the NAO and AO indexes with the widespread precipitation of the coastal regions of Iran", The 3rd National Conference on Soil Conservation and watershed management-29 and 30 June 2018, Tehran. [In Persian].
- Cinita, B., (2003), "Analysis and regionalization of Northern European winter precipitation based on its relationship with the North Atlantic Oscillation", ***International Journal Climatology***, 23: 1185-1194.
- Farajzadeh Asl, M., Ahmadi, M., Alijani, B., Qavidel Rahimi, Y., Mofidi, A., Babaeian, I., (2013), "Study on variation of major teleconnection patterns (mtp) associated with Iran's precipitation", ***Journal of Climate Research***, 15-16: 31-45. [In Persian].
- Farid Mojtahedi, N., Khoshkholagh, F., Nairi, M., Afsharmanesh, H., (2009), "Synoptic Investigation of heavy snowfall in February 2005 Guilan", ***Geographical Sciences***, 4: 133-156. [In Persian].
- Fattahi, I., Moghimi, SH., (2019), "Investigating the trends of climate change in Northwest of Iran affected by Climate Change", ***Geographical Sciences Applied Research***, 54: 47-63. [In Persian].
- Forootan, E., Khaki, M., Schumacher, M., Wulfmeyer, V., Mehrnegar, N., Dijk, A.I.J.M., Vanbrocca, L., Farzaneh, S., Akinluyi, F., Ramillien, G., Shum, CK., Awange, J., Mostafaie. A., (2019), "Understanding the global hydrological droughts of 2003–2016 and their relationships with teleconnections", ***Science of the Total Environment***, 650: 2587-2604.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

- Gelcer, E., Fraisse, C., Dzotsi, K., Hu, Z., Mendes, RL., Zotarelli, L., (2013), "Increasing streamflow forecast lead time for snowmelt-driven catchment based on large-scale climate patterns", ***Advances in Water Resources***, 53: 150-162.
- Ghavidel Rahimi, Y., Farajzade ASL, M., HatamiKia, M., (2016), "The artic oscillation (AO) and its role on of wintertime monthly minimum temperatures variability in northeastern region of Iran". ***Journal of Geographical Sciences***, 16 (42): 41-58. [In Persian].
- Goodarzi, M., Ahmadi, H., Hosseini, SA., (2017), "Examination of relationship between teleconnection indexes on temperature and precipitation components (Case study: Karaj synoptic Stations)", ***Ecohydrology Journal***, 4(3): 641-651. [In Persian].
- Heidari, MA., Khoshaghlagh, F., (2017), "Modeling the relationship between teleconnection indexes with warm season temperature anomalies in Iran using multivariate regression", ***Geography and Environmental Hazards***, 23 (6): 66-47. [In Persian].
- Heydari H., (2016). "Analysis of snowfall and rainfall changes in selected stations of west Azerbaijan province", ***Geographical Studies of Arid Regions***, 26(7): 92-110. [In Persian].
- Kato, K., Kan,Y., (2010), "Synoptic climatological study on the decrease in heavy snowfall days in Hokuriku district of Central Japan after the latter half of 1980s", ***Geophysical research***, 12: 6425-6435.
- Khorshidoust, A., Ghavidel Rahimi, Y., Abbaszadeh, K., (2010), "Application of large-scale atmospheric-oceanic patterns in analysis of precipitation fluctuations (Case study: Ahar station)", ***Journal of Geographic Space***, 29: 28-95. [In Persian].
- Khoshakholagh, F., Ghanbari, N., Masoum Poursmakoush, J., (2007), "Study of the effects of the North Atlantic Oscillation on the temperature and temperature regime of the southern coast of the Caspian sea", ***Geographical Research***, 66: 57-70. [In Persian].
- Lashanizand, M., Faramarzifard, S., Shahrokhvandi, S. M., (2010), "Statistical analysis of snow occurrence in Iran", First National Conference on Snow and Ice, 18 and 19 February 2010, Shahrekord. [In Persian].
- Mansourfar, K., (2006), "***Advanced statistical methods with computer programs***", Tehran: Tehran University Press, 459 pages. [In Persian].
- Nalley, D., Adamowski, J., Biswas, A., Gharabaghi, B., Hu, W., (2019), "A multiscale and multivariate analysis of precipitation and streamflow variability in relation to ENSO, NAO and PDO", ***Journal of Hydrology***, 574: 288-307.
- Petkva, N., Koleva, E., Alexandrova, V., (2004), "Winter climate variability at danube plain, North Bulgaria", ***Meteorolgische Zeitschrift***, 13: 907-922.
- Qing Ke, C.,Yu, TK., Dong Tang, G., King, L., (2009), "Snowfall trends and variability in Qinghal, China", ***Theor Appl Climatol***, 98: 251-258.
- Rajagopalan, B., Cook, E., (1999), "Spatiotemporal variability of enso and sst teleconnections to summer drought over the United States during the twentieth century", ***Journal of Climate***, 13: 244-255.
- Rodionov, S., Raymond, B., (2000), "Atmospheric teleconnection patterns and severity of winters in the Laurentian great lakes basin", ***Atmosphere-Ocean***, 38(4): 601–635.
- Salahi, B., Hajizadeh, Z., (2003), "Analysis of relationship between North Atlantic Oscillation and surface temperature indices of Atlantic ocean with temperature fluctuations in Lorestan province", ***Geographical Researches***, 110: 119-130. [In Persian].
- Sinan, S., Ivanov, M., Türkeş, M., (2018), "Control of dry and wet Januaries and winters in the Mediterranean basin by large-scale atmospheric moisture flux and its convergence", ***Journal of Hydrology***, 566: 616-626.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]

- Sobhani, B., Salahi, B., Gol-Doost, A., (2014), "Relationship between the climatic index (NAO) with average, maximum and minimum of monthly temperature in northwest of Iran", ***Journal of Applied Research in Geographic Sciences***, 33 (14): 75-90. [In Persian].
- Sohn, K.T., Lee, J. H., Cho, Y. S., (2008), "Ternary forecast of heavy snowfall in the honam area, korea", ***Advances in Atmospheric Sciences***, 26: 2-26.
- Turkes, M., Erlat, E., (2005), "Limatological responses of winter precipitation in Turky to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1030-2001", ***Thero. Apple. Climato***, 78: 33-46.
- Vazifehkhah, S., Kahya, E., (2019), "Hydrological and agricultural droughts assessment in a semi-arid basin: Inspecting the teleconnections of climate indices on a catchment scale", ***Agricultural Water Management***, 217: 413-425.
- Walland, D. J., Simmonds, I., (1997), "Modelled atmospheric response to changes in Northern hemisphere snow cover", ***Climate Dynamics***, 13: 25-34.
- Yarahmadi, D., Azizi, GH., (2007), "Multivariate analysis of relationship between seasonal precipitation of Iran and climate indicators", ***Geographical Research University of Tehran***, 62: 161-174. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.5.2]