دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۳
پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۲۷۲-۲۴۹

*محمد دارند[۱]
هایده رحمانی[۲]

واکاوی نقش سیگنال‌های اقلیمی بر بارش استان کردستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۶

چکیده

برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه‌ی بارش ۱۸۸ پیمونگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی داخل و خارج از استان کردستان طی بازه‌ی زمانی ۱۳٤۰/۱/۱ تا ۱۳۸۸/۱۲/۲۹(۱۹٦۱/۳/۲۱ تا ۲۰۱۱/۱/۱۹) استفاده شد. به کمک روش زمین آمار کریگینگ مقادیر بارش بر روی یاخته‌های ٦×٦ کیلومتر میان‌یابی شد. برای هر روز یک نقشه‌ی رقومی تهیه شد. مقادیر بارش بر روی ۸۱۱ یاخته‌ی داخل استان کردستان استخراج شد و یک پایگاه داده (گاه‌جای) در ابعاد ۱۸۲۰۳×۸۱۱ ایجاد شد که بر روی سطرها روز (زمان) و بر روی ستون‌ها مکان (یاخته‌ها) قرار داشت. مقادیر مجموع ماهانه‌ی بارش برای هر یاخته حساب شد. طی بازه‌ی زمانی یاد شده مقادیر عددی مربوط به ۱۰ سیگنال اقلیمی از تارنمای NCEP/NCAR برگرفته شد. ارتباط بین سیگنال‌های اقلیمی با بارش استان کردستان به کمک رگرسیون خطی در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون شد. یافته‌ها نشان داد که بین سیگنال‌های اقلیمی با بارش استان کردستان طی دوره‌ی مورد مطالعه ارتباط معناداری دیده می‌شود. گستره و شدت ارتباط معنادار بین سیگنال‌ها و بارش استان، در فصل پاییز به اوج می‌رسد. در فصل پاییز نقش سه سیگنال اقلیمی شاخص نوسان جنوبی (SOI)، شاخص دریای شمال-خزر (NCP) و شاخص شرق اقیانوس اطلس-غرب روسیه (EAWR) بر بارش استان پررنگ‌تر است. شاخص نوسان جنوبی ارتباط معکوس و دو شاخص دریای شمال-خزر و شرق اقیانوس اطلس-غرب روسیه ارتباط مستقیمی با بارش در فصل سرد سال دارند. در فصل گرم سال ارتباط دو شاخص اخیر با بارش

*۱- گروه اقلیم‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان. (نویسنده مسئول). E-mail: m.darand@uok.ac.ir
۲ -کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه پیام نور.

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

استان معکوس است. به‌طور کلی می‌توان گفت که در فصل سرد سال افزایش فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی غرب اروپا و کاهش آن بر روی مدیترانه‌ی شرقی، دریای خزر و شمال دریای خزر منجر به افزایش بارش در استان کردستان می‌شود. در فصل گرم سال (به‌ویژه تابستان) افزایش فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی بخش‌های شمالی دریای خزر منجر به افزایش بارش‌های فصل گرم سال خواهد شد.

کلید واژه‌ها: بارش، سیگنال‌های اقلیمی، میان‌یابی کریگینگ، کردستان.

مقدمه

بارش یکی از مهم‌ترین سنجه‌های جوی است. رفتار آشوبمند این سنجه‌ی مهم جوی پژوهشگران را به سمت واکاوی بیش‌تر چگونگی و زمان رخداد آن ترغیب و تشویق می‌کند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که با بهره‌گیری از سیگنال‌های اقلیمی می‌توان تا حدودی وردایی در رخنمود این عنصر سرکش جوی را شناخت. سیگنال‌های اقلیمی برای دهه‌های طولانی است که توسط پژوهشگران معرفی و شناسایی شده‌اند. همچنین نقش آن‌ها بر وردایی دو سنجه‌ی مهم جوی دما و بارش در مناطق مختلف جهان گزارش شده است؛ بنابراین ادبیات و پیشینه‌ی این موضوع بسیار غنی است. پژوهش‌های انجام شده در مقیاس‌های مکانی متفاوت انجام گرفته است. بهره‌گیری از مدل‌های آماری بر پایه‌ی الگوهای سینوپتیک پیوند از دور می توانند برای پیش‌بینی بارش به طور موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار گیرند (Fallah Ghalhari et al, 2009: 55؛ Alizadeh et al, 2010: 176).

دقت برخی از روش‌های دیگر از جمله شبکه‌های عصبی مصنوعی، چند جمله‌ای‌ها و سامانه استنباط فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) در پایش زمانی رخداد بارش بر پایه‌ی سیگنال‌های اقلیمی توسط پژوهش‌های مختلف گزارش شده است (Fallah Ghalhari et al, 2009: 55). الگوهای پیوند از دور با نوسان دادن بارش زمینه وقوع خشکسالی و ترسالی را در مناطق مختلف جهان پدید می‌آورند (Khorshiddost et al, 2008: 95). ارتباط بین الگوی پیوند از دور افریقای مرکزی-خزر (CACO) با دما و بارش ایران زمین نشان می‌دهد که بین دما و الگوی پیوند از دور افریقا مرکزی-خزر ارتباط مستقیم و معنی داری وجود دارد. فاز مثبت شاخص منجر به افزایش دما و فاز منفی افت دما در نیمه شرقی کشور را به دنبال دارد. ارتباط شاخص با بارش معکوس است. فاز مثبت باعث کاهش بارش و فاز منفی باعث افزایش بارش در نیمه غربی می‌شود (Masoodian and Darand, 2007: 97).

Farajzadeh et al (2016: 31) نقش وردایی الگوهای پیوند از دور بر بارش‌های ایران را بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که الگوی پیوند از دور انسو، نوسان دمای اقیانوس اطلس شمالی و نوسان شمالگان سه مولفه نخست وردایی بارش ایران زمین هستند. با واکاوی مسیر گردش جو-اقیانوس مشخص شد که اقیانوس هند نقش مهمی در تأمین رطوبت سامانه‌های جوی خاورمیانه دارد. یافته‌ها نشان می‌دهند که بارندگی پاییزه در حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی ارومیه بیش‌تر تحت تاثیر شاخص نوسان جنوبی (SOI) و بارندگی زمستانه بیش‌تر تحت تاثیر شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) است. بنابراین بارندگی هر دو فصل با استفاده از شاخص‌های اقلیمی فصل قبل قابل پیش‌بینی است

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

(Fatehi Marj et al, 2006: 45). در پژوهشی دیگر با عنوان تحلیل اثرات الگوی پیوند از دور دریای شمال- خزر (NCP) بر نوسانات بارش مناطق غرب و شمال‌غرب کشور یافته‌ها بیانگر آن است که الگوی دریای شمال–خزر با وضعیت بارش شمال‌غرب ایران ایران همبستگی مستقیم و معنی‌داری داشته و اغلب در فاز مثبت بارش توأم با افزایش بوده و در فازهای منفی روندی کاهشی از خود نشان می‌دهد (Ghavidel Rahimi et al, 2014: 217). نقش الگوی دریای شمال–دریای خزر(NCP) بر اقلیم شرق مدیترانه نشان می‌دهد که فاز منفی شاخص منجر به افزایش دما و فاز مثبت منجر به کاهش دما در منطقه می‌شود. تأثیر شاخص بر روی بارش پیچیده‌تر است. سواحل جنوبی در یونان و ترکیه بارش بیش‌تری طی فاز منفی شاخص دریافت می‌کنند، در حالی‌که سواحل شمالی مثل منطقه دریای سیاه در ترکیه و همه‌ی اسرائیل طی فاز مثبت بارش بیش‌تری دریافت می‌کنند (Kutiel and Benaroch: 2002: 17). همچنین نقش الگوی دریای شمال–دریای خزر (NCP) بر رژیم دما و بارش منطقه مرکزی ترکیه بیانگر آن است که هنگام رخداد فاز منفی شاخص، دما به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از فاز مثبت است. همچنین ارتباط معنی‌داری بین این شاخص با فازهای مختلف با بارش منطقه وجود ندارد (Kutiel and Turkes: 2005: 501).

Ghavidel Rahimi et al (2015: 29) نقش الگوی پیوند از دور دریای شمال–مازندران را بر تغییرات زمانی بارش سواحل جنوبی دریای خزر واکاوی کردند. نتایج بیانگر ارتباط معنادار و مستقیم بین نرخ بارش دریافتی و الگوی پیوند از دور یاد شده است. بیش‌ترین نرخ همبستگی در ماه دسامبر (۰/۵۵۵) مشاهده شد. در یک پژوهشی دیگر Ghavidel Rahimi et al (2016: 137) نقش الگوی پیوند از دور دریای شمال–خزر را بر دماهای کمینه ایران مطالعه کردند. در این پژوهش نیز ارتباط مستقیم و معناداری بین الگوی یاد شده با دمای کمینه ایران در ماه‌های سرد سال به‌دست آمد. نرخ همبستگی در ماه ژانویه به نسبت بیش‌تر از سایر ماه‌های سال است و نرخ آن برابر با ۰/۳۴۹ حاصل شد. Masoodian and Darand (2015: 171) ارتباط بین دو الگوی دریای شمال–خزر و شرق اروپا–شمال–شرق ایران را با بسامد رخداد سرماهای فرین دوره سرد سال ایران را بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که ارتباط مستقیم و معناداری بین رخداد سرماهای فرین نیمه‌ی غربی ایران با الگوی دریای شمال–خزر مشاهده می‌شود. همچنین روشن شد که نقش الگوی شرق اروپا–شمال‌شرق ایران به مراتب بیش‌تر از الگوی دریای شمال–خزر است. ارتباط بین تغییرات بارش در یونان با الگوی پیوند از دور نوسان اطلس شمالی (NAO)، شاخص نوسان مدیترانه (MOI) و شاخص جدید گردش جوی مدیترانه‌ای (MCI) نشان می‌دهد که شاخص NAO همبستگی معنی داری با بارش زمستانه، تابستانه و سالانه یونان دارد. در حالی‌که شاخص MOI و MCI به ترتیب بخشی از تغییرات بارش سالانه و تابستانه را تبیین می‌کنند. Feidas et al (2007: 155) نقش نوسان‌های دمای سطح آب اقیانوس هند بر بارش موسمی تابستانی هند نشان می‌دهد که گرم شدن دمای سطح آب اقیانوس هند، بارش موسمی را به طور اساسی روی جنوب، غرب شبه جزیره هند و نیز بر فراز اقیانوس هند افزایش می‌دهد در حالی‌که از بارش‌های شمال شرقی هند می‌کاهد Singh and Jai-Ho (2007: 1455) طی پژوهشی نشان داده شد که ناهنجاری تاوایی هنگام رخداد انسو منجر به ناهنجاری بارش در جنوب‌غرب اروپا می‌شود. به این صورت که امواج پایدار و باروتروپیک

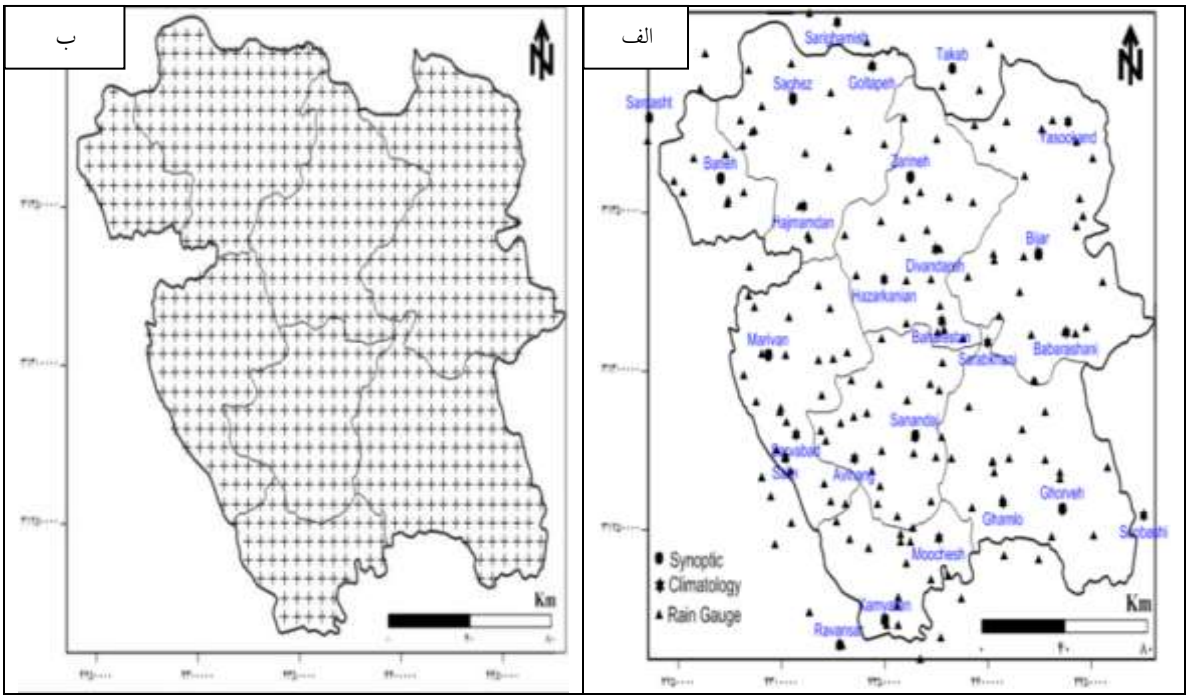
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

راسبی از بخش‌های شرقی اقیانوس آرام در استوا سرچشمه می‌گیرند و به سمت شرق (مدیترانه و اقیانوس اطلس) پخش می‌شوند. این منجر به تشکیل یک دوقطبی چرخندگی بر روی اروپا و شمال آفریقا خواهد شد Shaman and (Tziperman, 2011: 124). طی سال‌های اخیر نقش الگوهای پیوند از دور بر مقادیر حدی بارش و دما نیز موضوع پژوهش بسیاری از پژوهش‌ها بوده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بین فراوانی تعداد روزهای همراه با بارش فرین و الگوهای پیوند از دور بر روی مناطق بین اروپا و مدیترانه ارتباط معناداری وجود دارد. الگوهای نوسان اطلس شمالی (NAO)، نوسان شمالگان (AO) و اسکاندیناوی (SCAND) ارتباط مستقیمی با فراوانی روزهای همراه با بارش فرین غرب مدیترانه، شاخص شرق اروپا و غرب روسیه (EAWR) ارتباط مثبتی (منفی) با فراوانی روزهای همراه با بارش فرین شرق (غرب) مدیترانه و ارتباط مستقیمی بین شاخص نینو ۳,٤ با فراوانی روزهای همراه با بارش فرین شبه جزیره ایبری و خاورمیانه وجود دارد (Krichak et al, 2014: 679). هدف از انجام این پژوهش واکاوی نقش سیگنال‌های اقلیمی بر بارش‌های استان کردستان است.

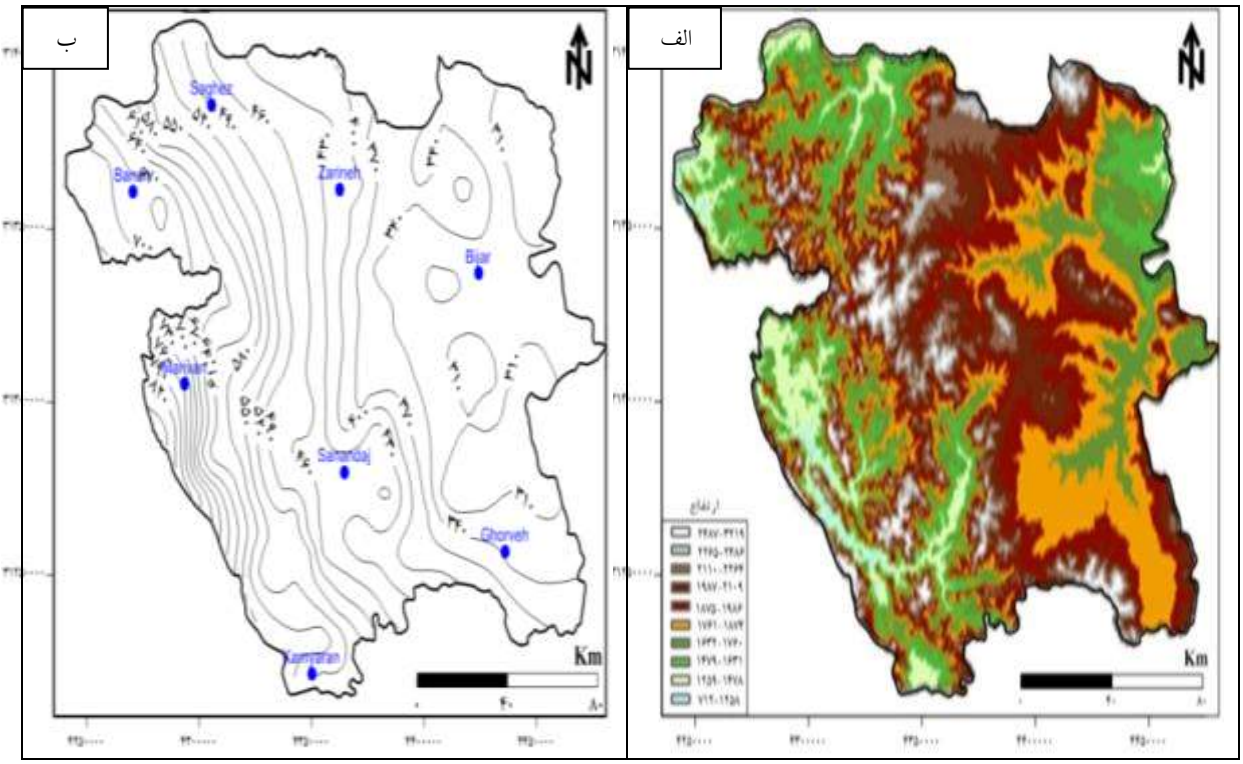
مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه‌ی بارش ۱۸۸پیمونگاه همدید وپیمونگاه اقلیمی در داخل و خارج از استان مربوط به وزارت نیرو و سازمان هواشناسی طی بازه‌ی زمانی ۱۳٤۰/۱/۱ تا ۱۳۸۸/۱۲/۲۹ (۱۹٦۱/۳/۲۱ تا ۲۰۱۱/۱/۱۹) استفاده شد. به کمک روش زمین‌آماری کریگینگ و داده‌های ۱۸۸ پیمونگاه مقادیر بارش بر روی یاخته‌های ٦×٦ کیلومتر میان‌یابی شد. برای هر روز یک نقشه رقومی ایجاد شد و سپس داده‌های روزانه‌ی مربوط به ۸۱۱ یاخته که کل استان را پوشش می‌دادند، از نقشه‌ها استخراج شد. یک پایگاه داده (گاه‌جای) در ابعاد ۱۸۲۰۳×۸۱۱ ایجاد شد که بر روی سطرها روز (زمان) و بر روی ستون‌ها مکان (یاخته‌ها) قرار داشتند. داده‌های ماهانه‌ی مربوط به ۱۰ سیگنال پیوند از دور اقلیمی طی دوره آماری (۱۹٦۱-۲۰۱۰) از سازمان اقیانوس و جو شناسی ایالات متحده‌ی امریکا (NOAA) استخراج شد. سیگنال‌ها شامل نوسان اطلس شمالی (NAO)، شاخص نوسان قطبی (AO)، شاخص نوسان جنوبی (SOI)، شاخص دریای شمال-خزر (NCP)، الگوی پیوند از دور آفریقای مرکزی-خزر (CACO)، شاخص نوسان مدیترانه (MOI)، الگوی شرق اطلس و غرب روسیه (EAWR)، الگوی اسکاندیناوی (SCA)، شاخص الگوی شرق مدیترانه (EMPI) و شاخص شرق اقیانوس اطلس (EA) است. ارتباط بارش ماهانه بر روی هر کدام از یاخته‌ها با هر یک از سگینال‌های پیوند از دور در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت.

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

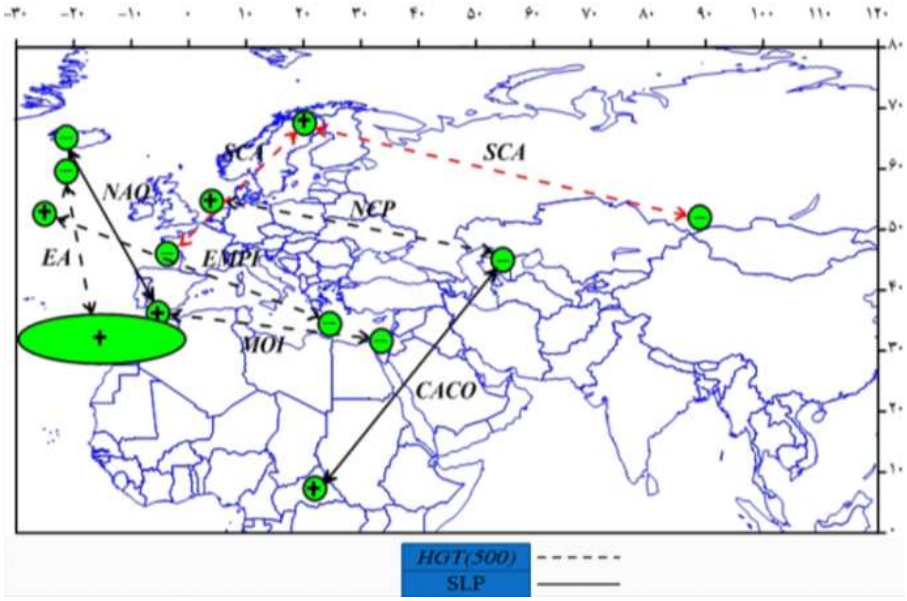


شکل ۱: موقعیت پیمونگاههای همدید، اقلیمی و بارانسنجی استان کردستان (الف) و موقعیت یاخته‌ها (۸۱۱ یاخته) حاصل از میان‌یابی (ب)



شکل ۲: وضعیت ارتفاعی (الف) و پراکنش بارش دریافتی سالانه‌ی استان کردستان (ب)

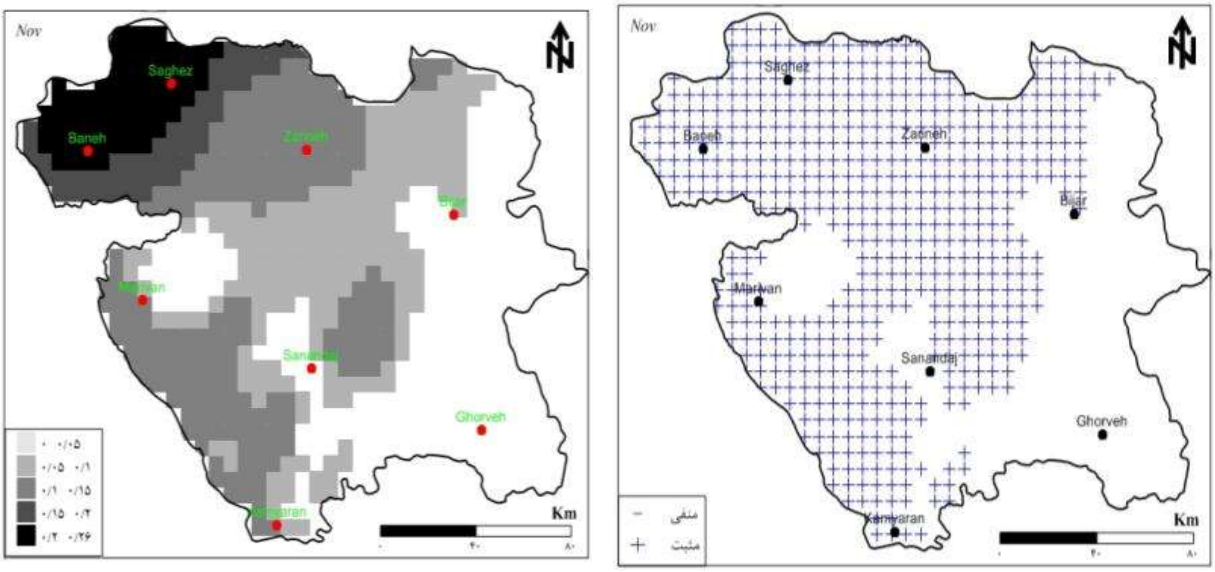
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۳: موقعیت و مکان تقریبی الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی

یافته‌ها و بحث

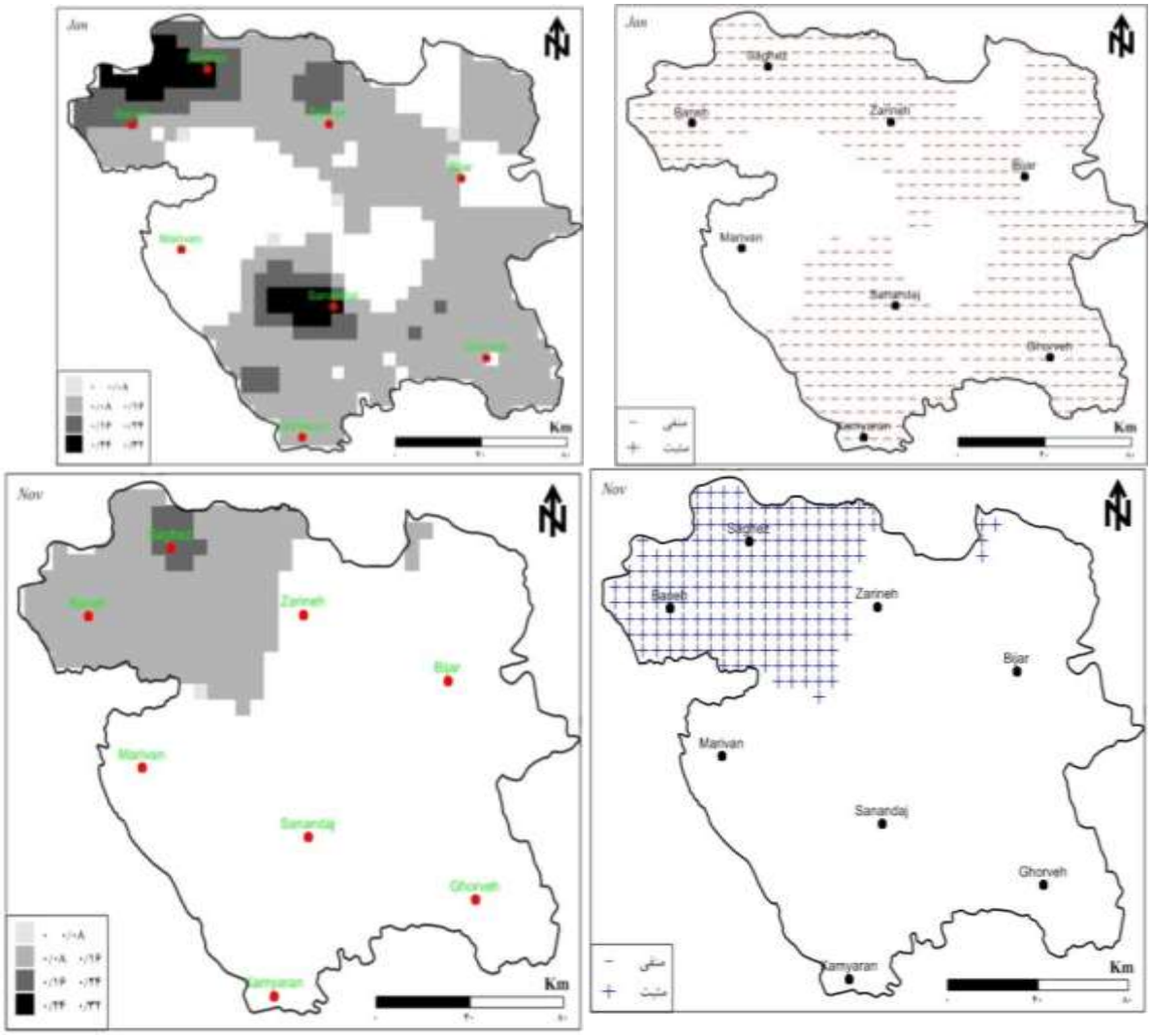
ارتباط شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) با بارش استان در نیمه اول سال ضعیف و نامنظم می‌باشد. در نیمه دوم سال ارتباط بارش با شاخص یاد شده در ماه نوامبر به اوج خود می‌رسد و بر روی اغلب گستره‌ی استان ارتباط معنادار و مستقیمی بین بارش و شاخص دیده می‌شود. بر روی بخش‌های شمال‌غرب استان در این ماه از سال ۲۰ الی ۲۶ درصد از وردایی بارش توسط شاخص نوسان اطلس شمالی توجیه و تبیین می‌شود. در سایر ماه‌های دیگر از نیمه‌ی دوم سال، ارتباط معناداری بین بارش و شاخص بر روی گستره‌ی قابل توجهی از استان مشاهده نشد.



شکل ٤: ارتباط بارش با شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) (راست) و ضریب تعیین آن در ماه نوامبر (چپ)

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

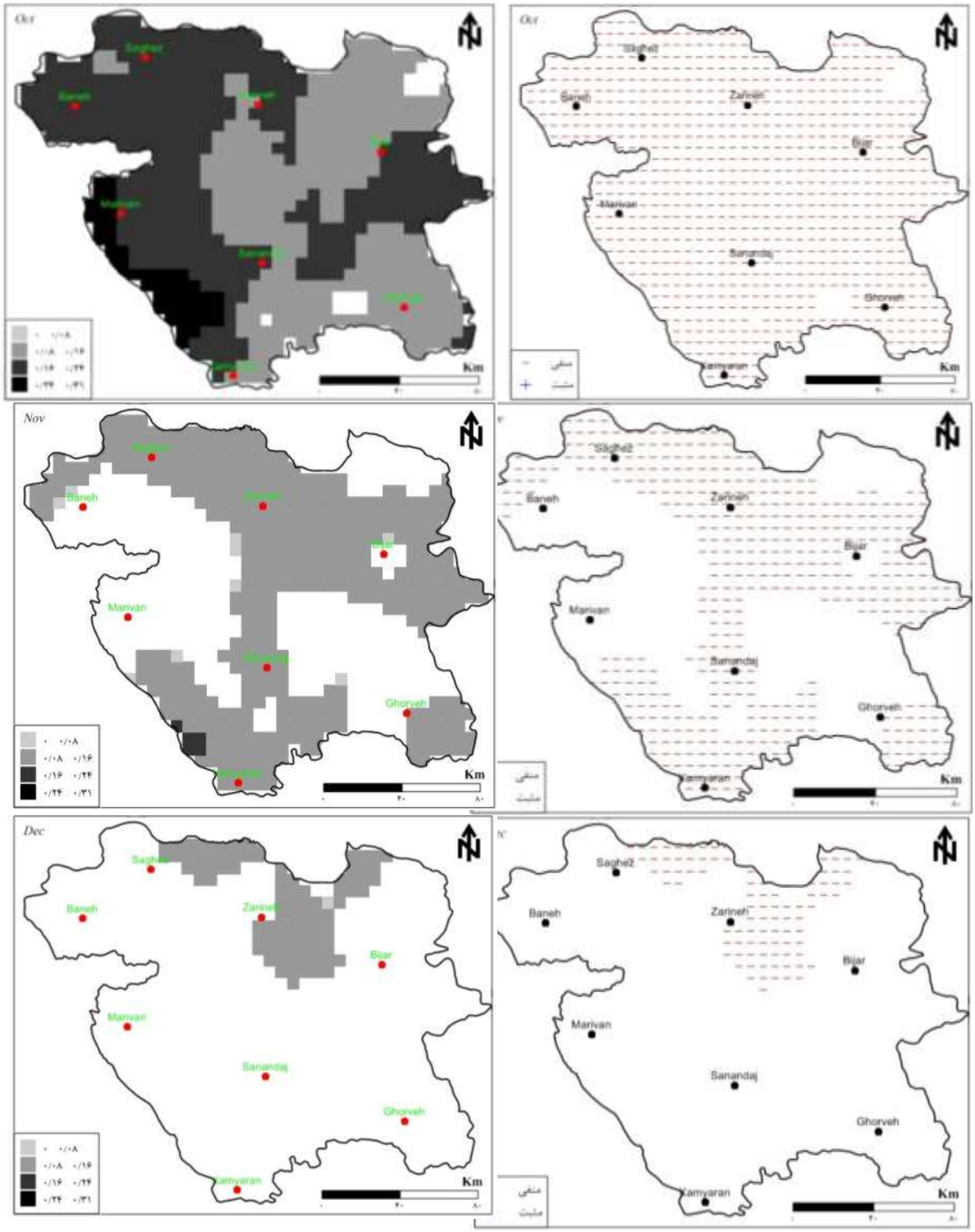
ارتباط شاخص نوسان شمالگان (AO) با بارش استان در نیمه‌ی اول سال در ماه ژانویه بر روی گستره‌ی بزرگی از استان معکوس و معنادار است. حدود ٢٤ الی ٣٢ درصد از تغییرات رفتار بارش توسط وردایی این شاخص توجیه و تبیین می‌شود. درنیمه دوم سال تنها در ماه‌های نوامبر گستره‌ی ارتباط معناداری با شاخص قابل توجه است و برخلاف ماه ژانویه در بخش‌های شمال‌غرب استان ارتباط بارش با شاخص مستقیم و مثبت است.



شکل ۵: ارتباط بارش با شاخص نوسان شمالگان (راست) وضریب تعیین آن در ماههای ژانویه ونوامبر (چپ)

یافته‌های این پژوهش نشان دادکه ارتباط معناداری بین شاخص نوسان جنوبی (SOI) با بارش استان کردستان در نیمه اول سال مشاهده می‌شود. در نیمه دوم سال، در فصل پاییز (به‌ویژه در ماه اکتبر و نوامبر) بارش بر روی گستره‌ی قابل توجهی از استان ارتباط معنادار و معکوسی با شاخص از خود نشان می‌دهد. در نیمه‌ی غربی استان ٢٤ الی ٣١ درصد از تغییرات بارش توسط تغییرات شاخص نوسان جنوبی تبیین می‌شود.

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

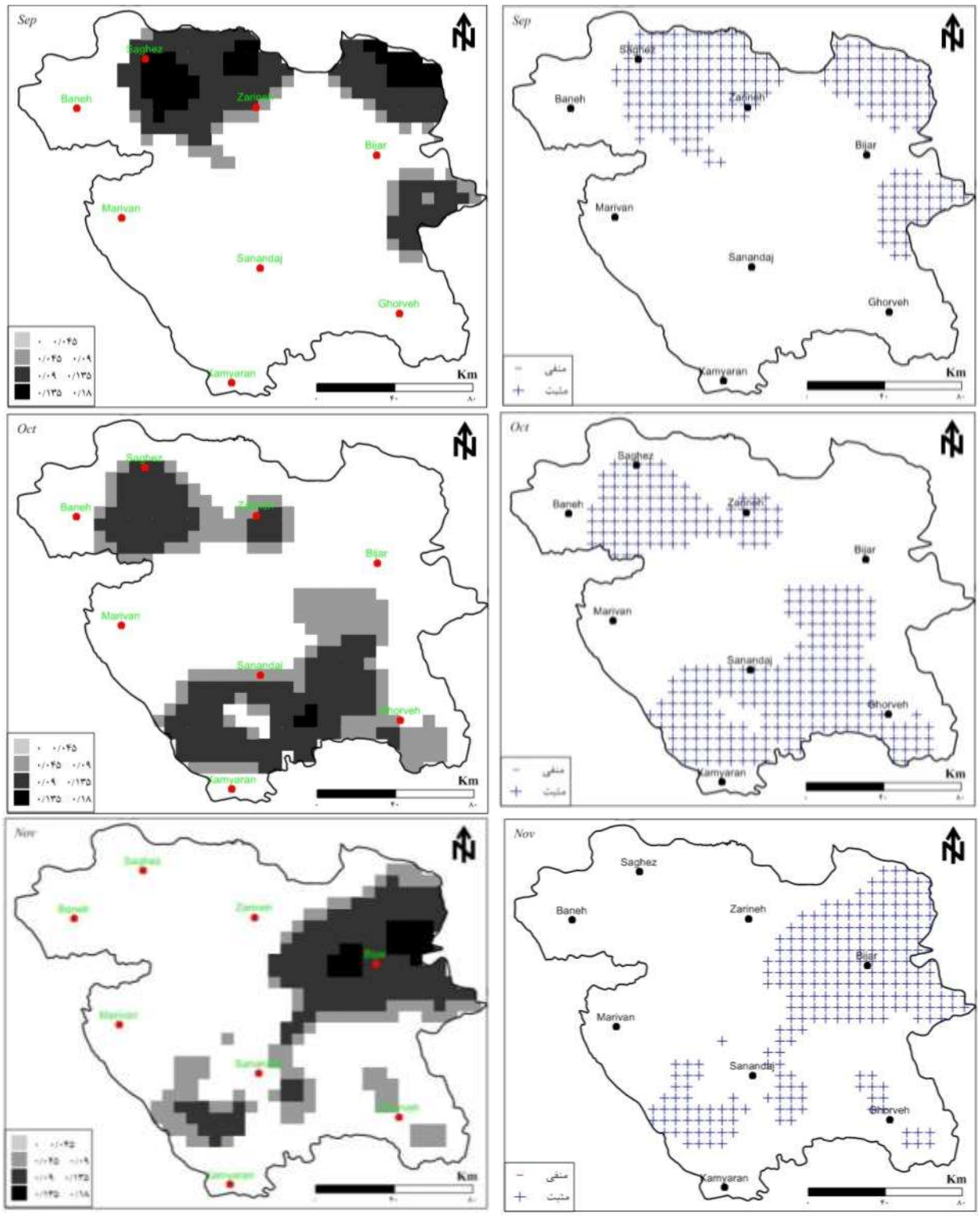


شکل ٦: ارتباط بارش با شاخص نوسان جنوبی (SOI) (سمت راست) و ضریب تعیین آن در فصل پاییز (سمت چپ)

ارتباط شاخص اسکاندیناوی (SCA) با بارش استان در نیمه‌ی اول سال مثبت و مستقیم است ولی به لحاظ مکانی در سطح استان پراکنده و نامنظم دیده می شود. در نیمه‌ی دوم سال ارتباط قوی‌تر است به طوری‌که در ماه‌های

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

سپتامبر، اکتبر و نوامبر ارتباط معنادار و مستقیمی بین بارش با شاخص در اغلب نقاط شمال‌شرقی و جنوب استان مشاهده می‌شود. بیشینه‌ی ضریب تعیین در ماه‌های یاد شده حدود ۱۸ الی ۱۳۵ درصد است.

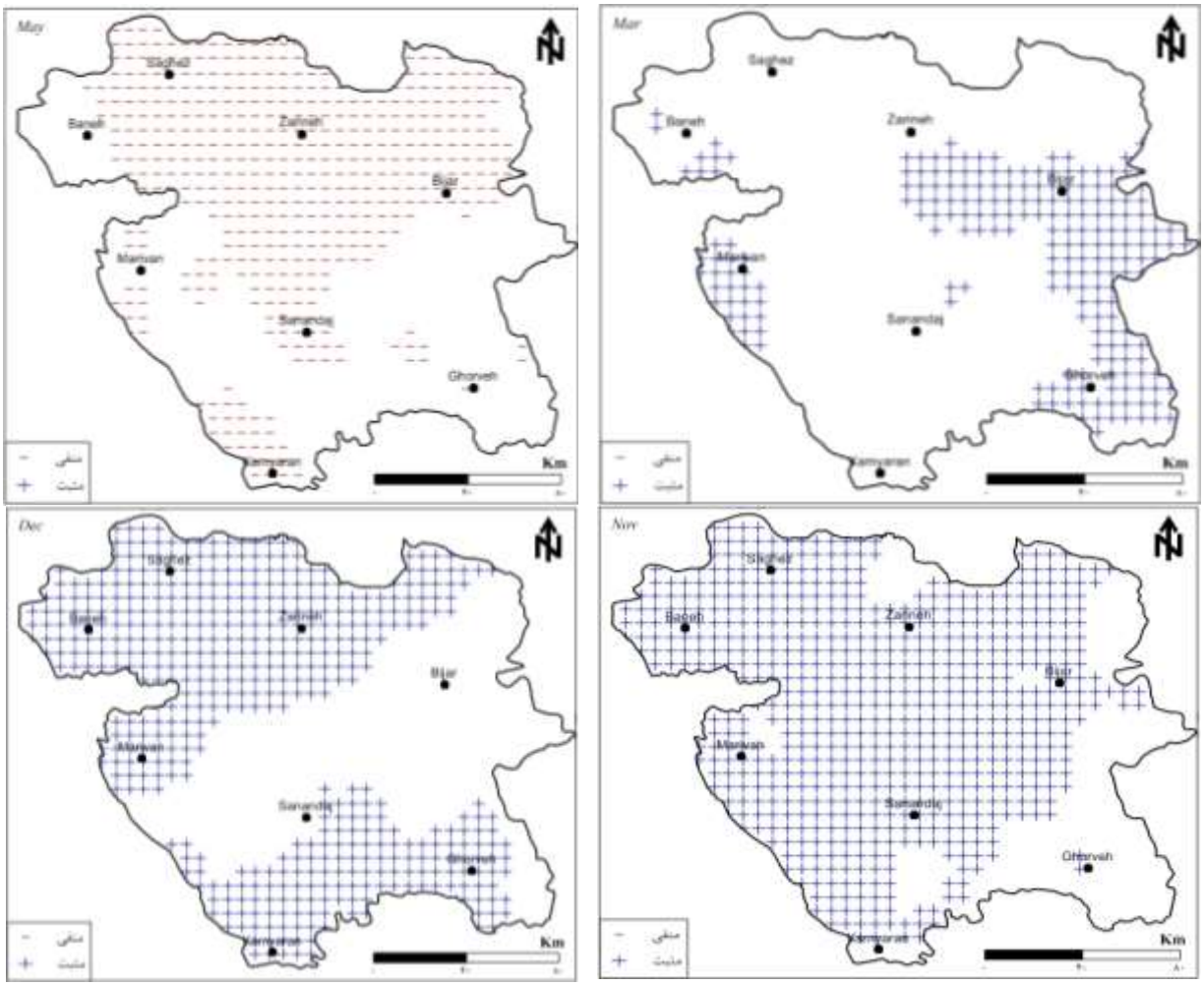


شکل ۷: ارتباط بارش با شاخص اسکاندیناوی (SCA) (سمت راست) و ضریب تعیین در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر (سمت چپ)

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

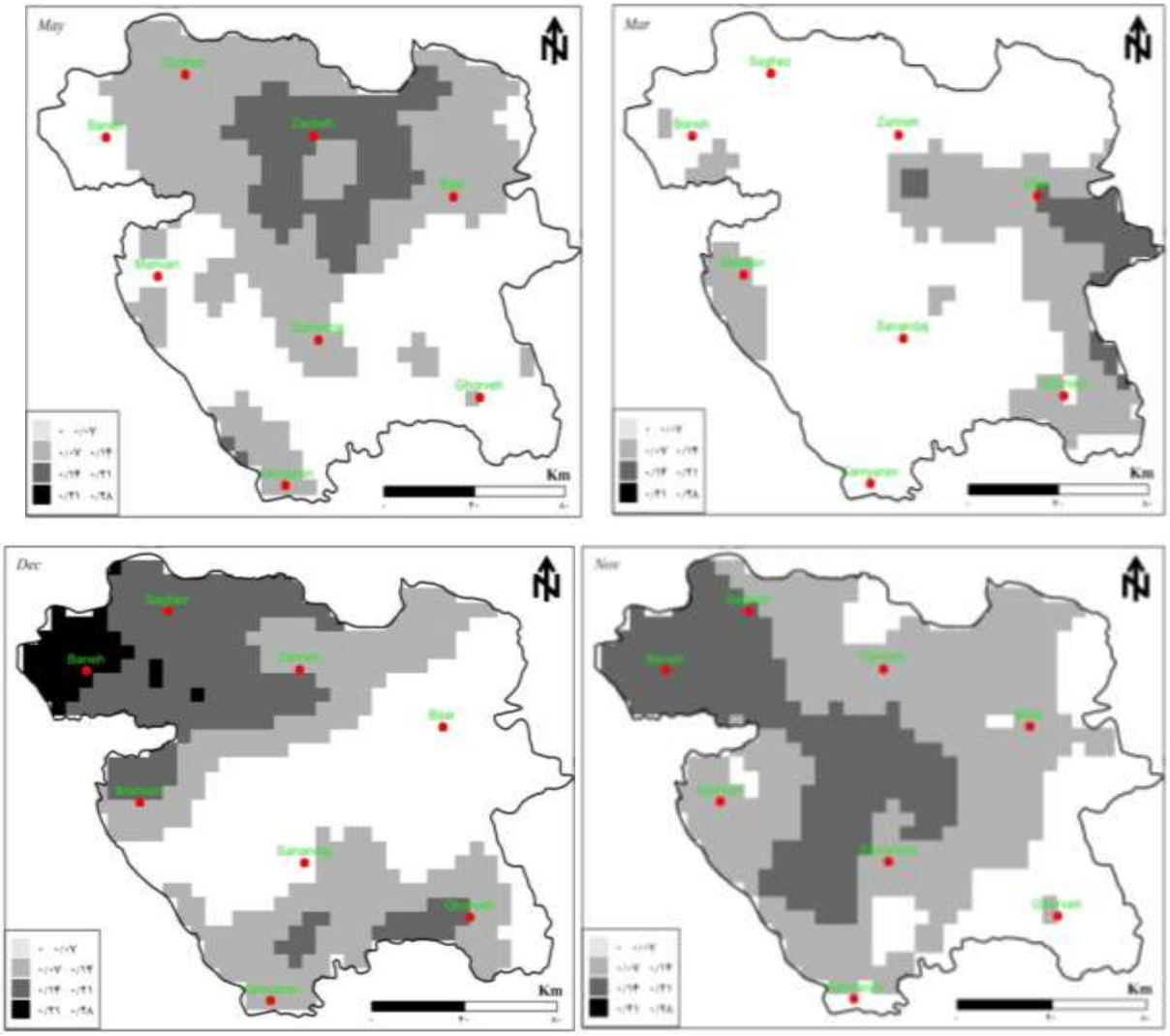
ارتباط شاخص دریای شمال-خزر (NCP) با بارش استان در فصل سرد سال (زمستان و پاییز) مثبت ومستقیم و در فصل گرم سال (تابستان و بهار) معکوس و غیرمستقیم است. در فصل پاییز (به‌ویژه در ماه‌های نوامبر و دسامبر) گستره‌ی مکانی ارتباط معنادار به اوج خود می‌رسد. در ماه دسامبر بر روی نیمه‌ی غربی استان (بانه) ۲۱ الی ۲۸ درصد از تغییرات بارش توسط وردایی شاخص توجیه می‌شود. ارتباط شاخص نوسان آفریقای مرکزی-خزر (CACO) با بارش استان منفی و معکوسی است. این ارتباط در ماه‌های گرم سال مشهودتر است. در ماه‌های ژوئیه و اوت بر روی برخی مناطق غربی استان ضریب تعیین ارتباط شاخص یاد شده با بارش به ۱۶ الی ۲۲ درصد می‌رسد. در ماه اکتبر نیز ارتباط معکوسی بین بارش استان در نیمه‌ی جنوبی استان با شاخص مشاهده شد.

ارتباط شاخص نوسان مدیترانه (MOI) با بارش استان در نیمه‌ی اول سال به‌ویژه در ماه می نسبت به سایر ماه‌های دیگر سال قابل توجه است و ارتباط مستقیم و معناداری در اغلب گستره‌ی پهنه‌ی استان کردستان مشاهده می‌شود. در برخی نقاط شمالی در این ماه از سال ۱۵ الی ۲۰ درصد تغییرات بارش توسط وردایی در رفتار شاخص تبیین می‌شود. در نیمه دوم سال ارتباط ضعیف می‌باشد.



شکل ۸: ارتباط بارش با شاخص دریای شمال-خزر (NCP) در ماه‌های مارس، می، نوامبر و دسامبر

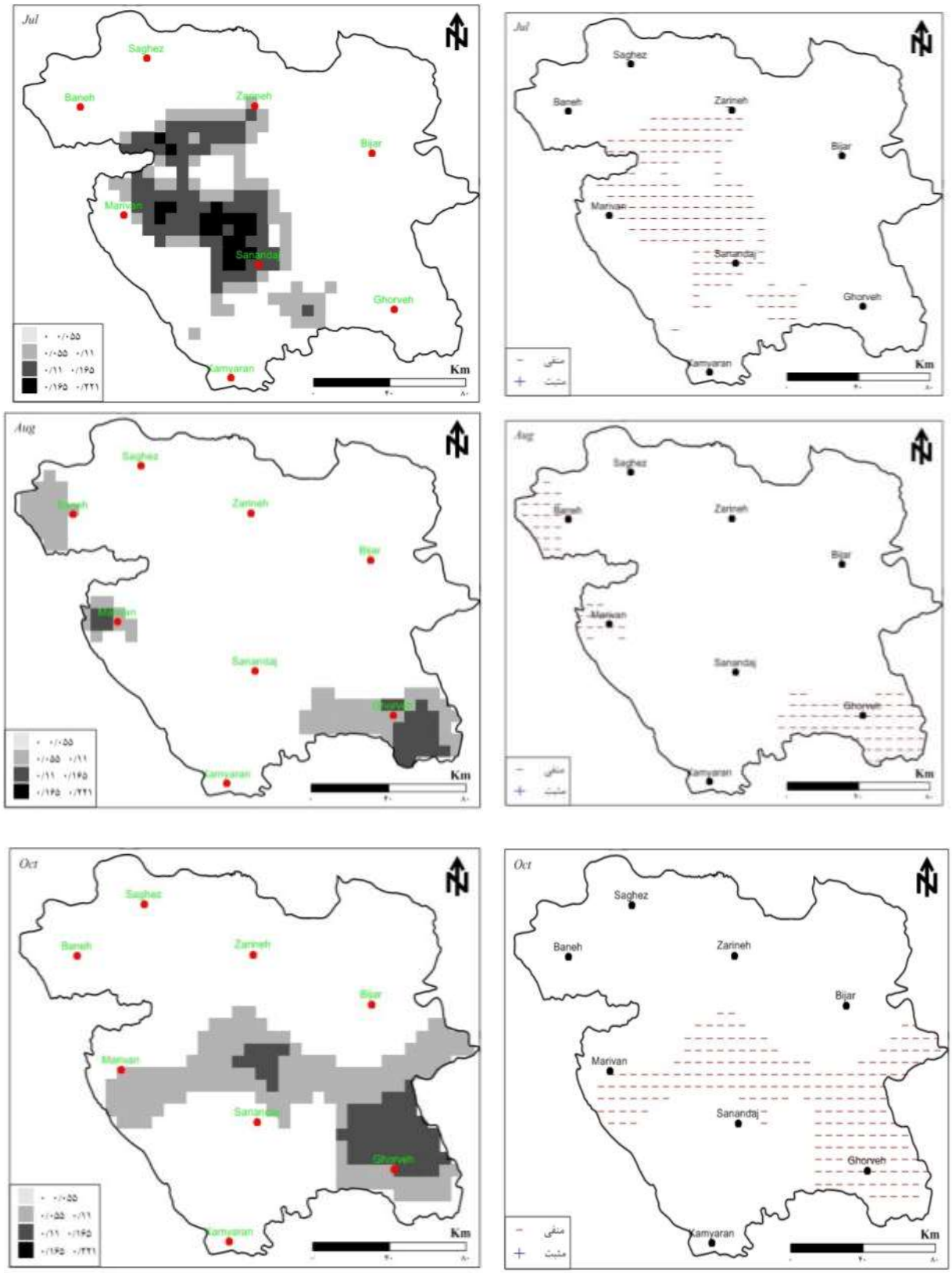
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۹: ارتباط ضریب تعیین بارش با شاخص دریای شمال–خزر (NCP) در ماه‌های مارس، می، نوامبر و دسامبر

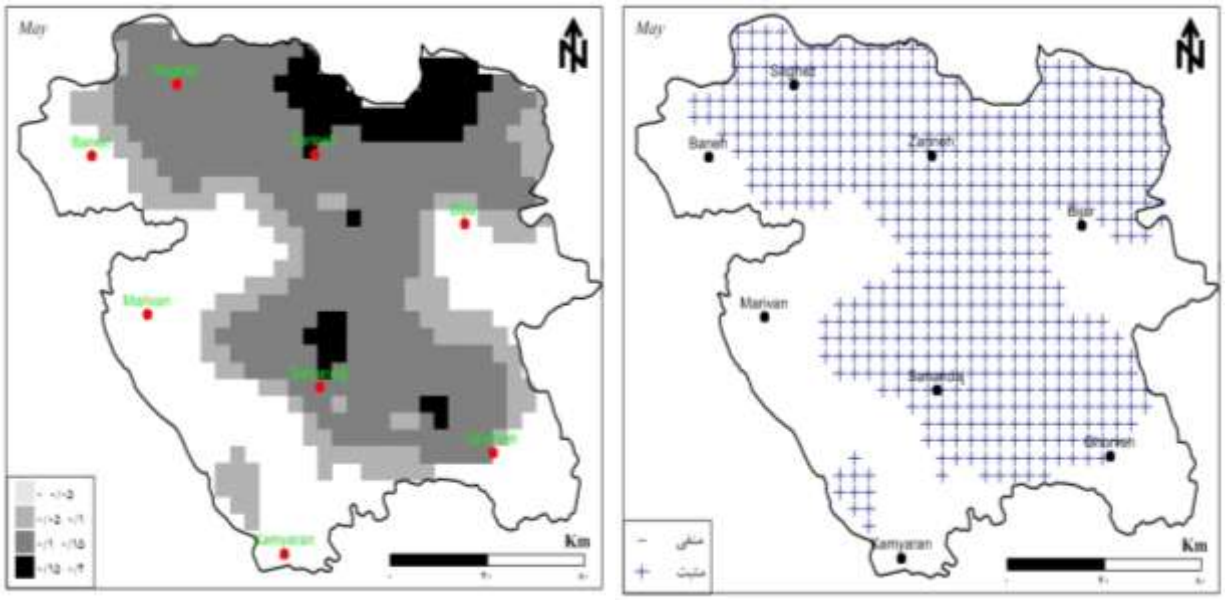
ارتباط الگوی شرق مدیترانه (EMPI) با بارش استان در نیمه اول سال تنها در ماه ژوئن معناداراست. در این ماه از سال ارتباط مثبت و مستقیمی با شاخص دیده شده و این ارتباط به لحاظ مکانی در گستره استان پراکنده است. در نیمه دوم سال در ماه‌های اکتبر و نوامبر از فصل پاییز ارتباط معنادار و معکوس قابل توجهی با بارش بر روی اغلب گستره‌ی استان از خود نشان می‌دهند و بین ۱۵ الی ۲۰ درصد تغییرات بارش در ماه‌های یاد شده بر روی برخی مناطق جنوبی استان توسط شاخص توضیح داده می‌شود. ارتباط شاخص شرق اقیانوس اطلس–غرب روسیه (EAWR) با بارش استان در در ماه‌های می و ژوئیه بر روی برخی مناطق از پهنه‌ی استان بصورت پراکنده معنادار و معکوس است. در حالی‌که در نیمه‌ی دوم سال در ماه‌های نوامبر و دسامبر گستره‌ی مکانی ارتباط معنادار افزایش یافته و ارتباط مستقیمی بین بارش با شاخص مشاهده شد. در ماه دسامبر ۲٤ الی ۳۲ درصد تغییرات بارش بانه و سقز در اثر وردایی رفتار شاخص شرق اقیانوس اطلس–غرب روسیه (EAWR) توضیح داده می‌شود.

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



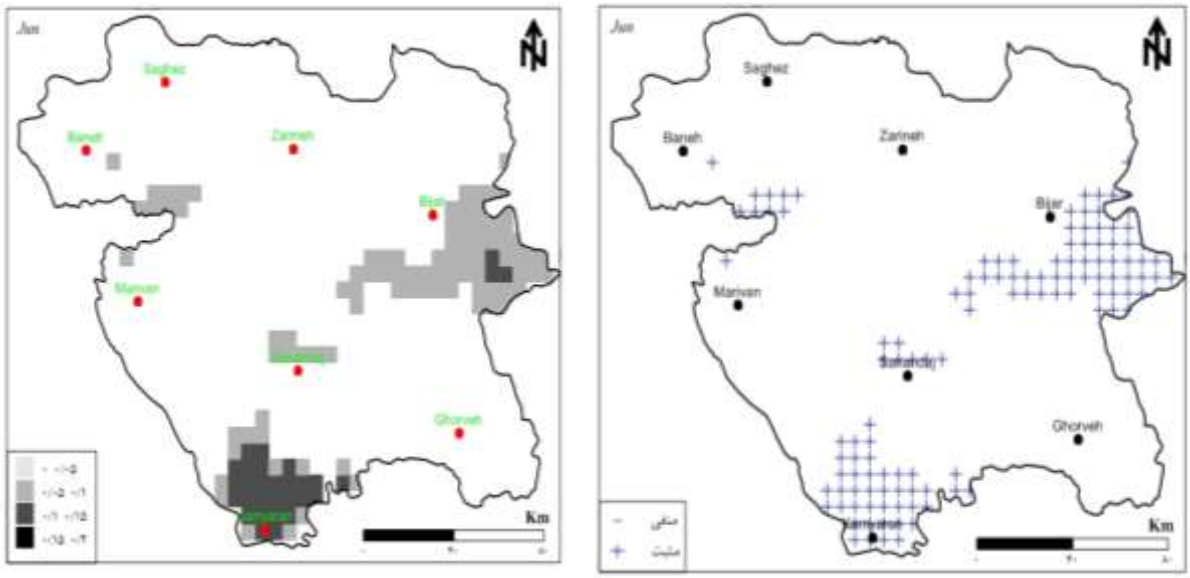
شکل ۱۰: ارتباط بارش با شاخص نوسان آفریقای مرکزی-خزر (CACO) (سمت راست) و ضریب تعیین در ماه‌های ژوئیه، اوت و اکتبر

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



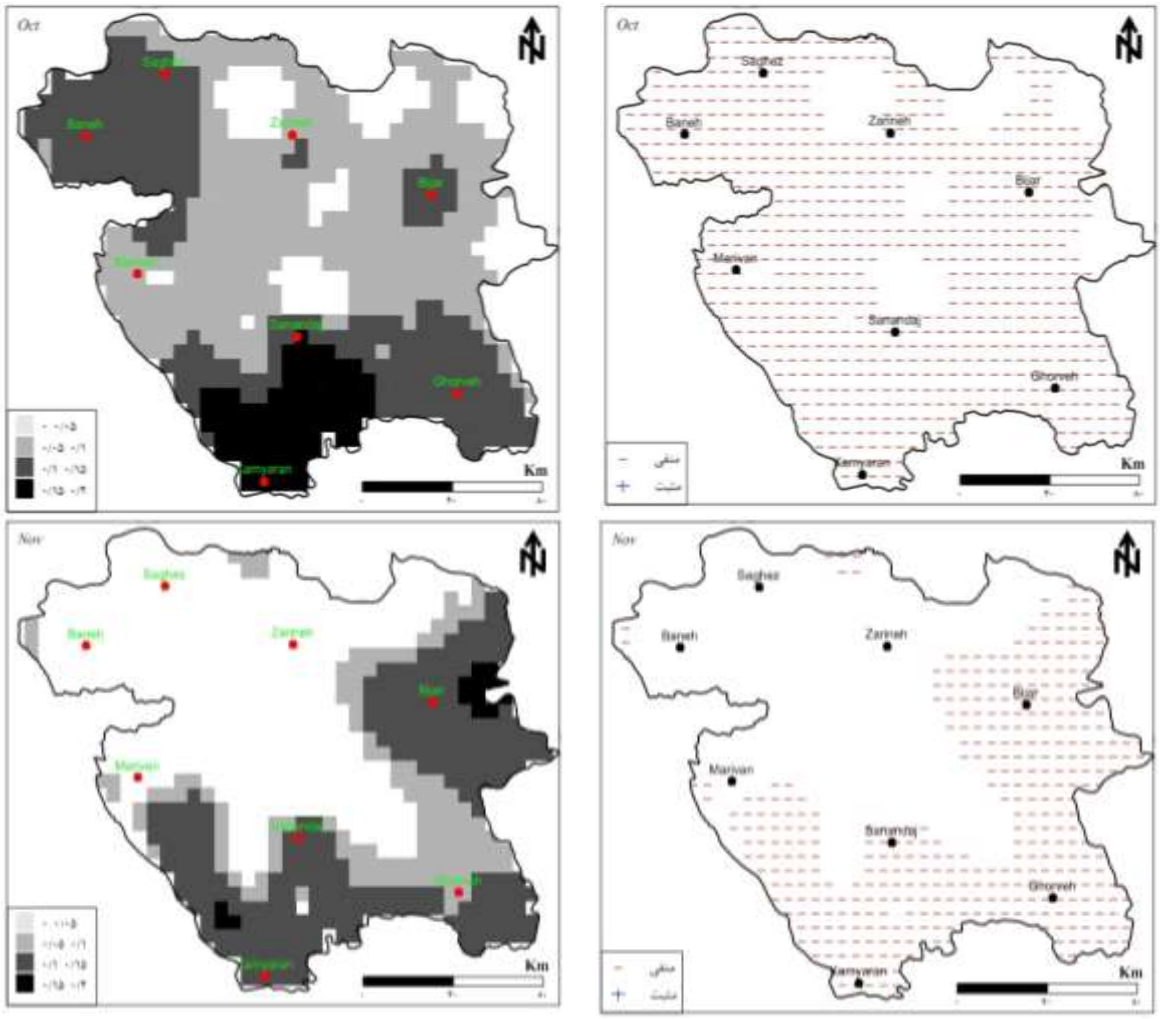
شکل ۱۱: ارتباط بارش با شاخص نوسان مدیترانه (MOI) وضریب تعیین آن در ماه می

ارتباط شاخص شرق اقیانوس اطلس (EA) طی نیمه اول سال تنها در سه ماه ژانویه، آوریل و ژوئن ارتباط معکوس ومعناداری بین شاخص شرق اقیانوس اطلس (EA) با بارش استان وجود دارد بیشینه ارتباط بارش با شاخص در ماه ژانویه می‌باشد که حدود ۱۵ تا ۲۱ درصد تغییرات بارش توسط شاخص توجیه می‌شود و در جنوب‌غرب استان دیده می‌شود در نیمه دوم سال تنها در دو ماه اکتبر و دسامبرارتباط شاخص یاد شده با بارش معنادار است. به‌طوری که در ماه اکتبر ارتباط مستقیمی با شاخص در گستره اندکی مناطق شمالی و جنوبی استان دیده شده است.

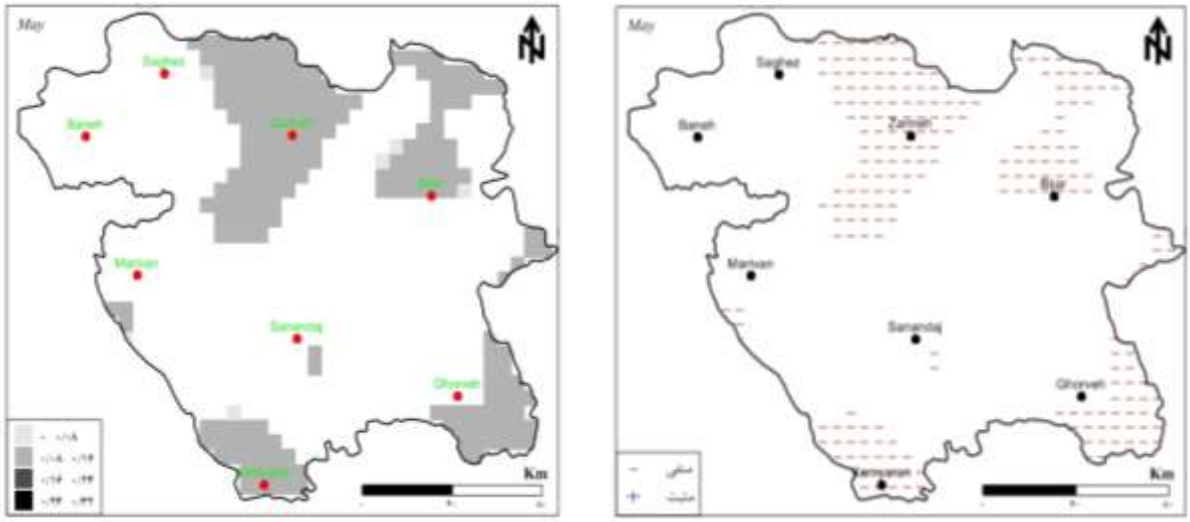


شکل ۱۲: ارتباط بارش با شاخص الگوی شرق مدیترانه (EMPI) (سمت راست) و ضریب تعیین در ماه‌های ژوئن، اکتبر و نوامبر (سمت چپ)

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

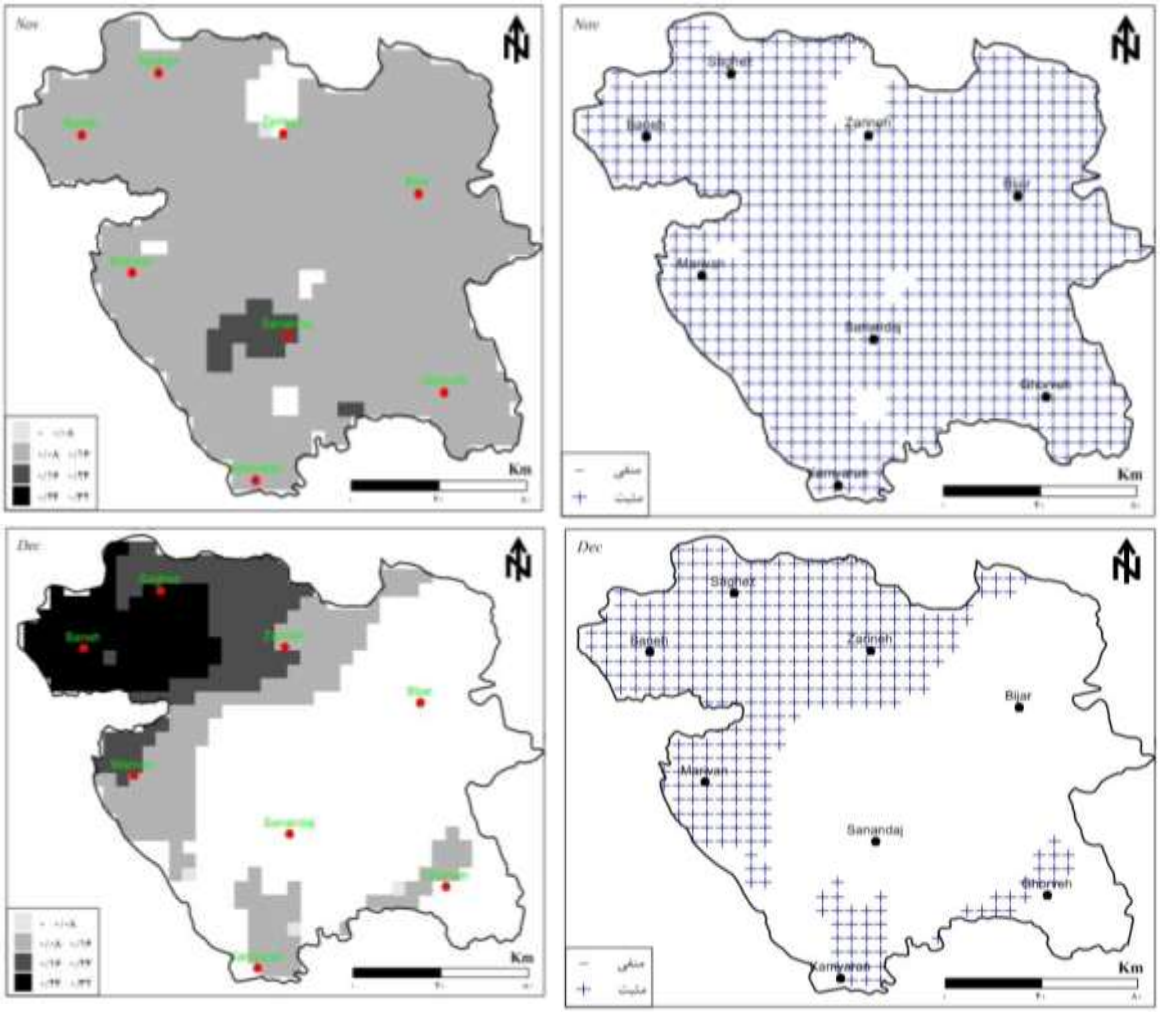


ادامه شکل ۱۲: ارتباط بارش با شاخص الگوی شرق مدیترانه (EMPI) (سمت راست) و ضریب تعیین در ماه‌های ژوئن، اکتبر و نوامبر (سمت چپ)

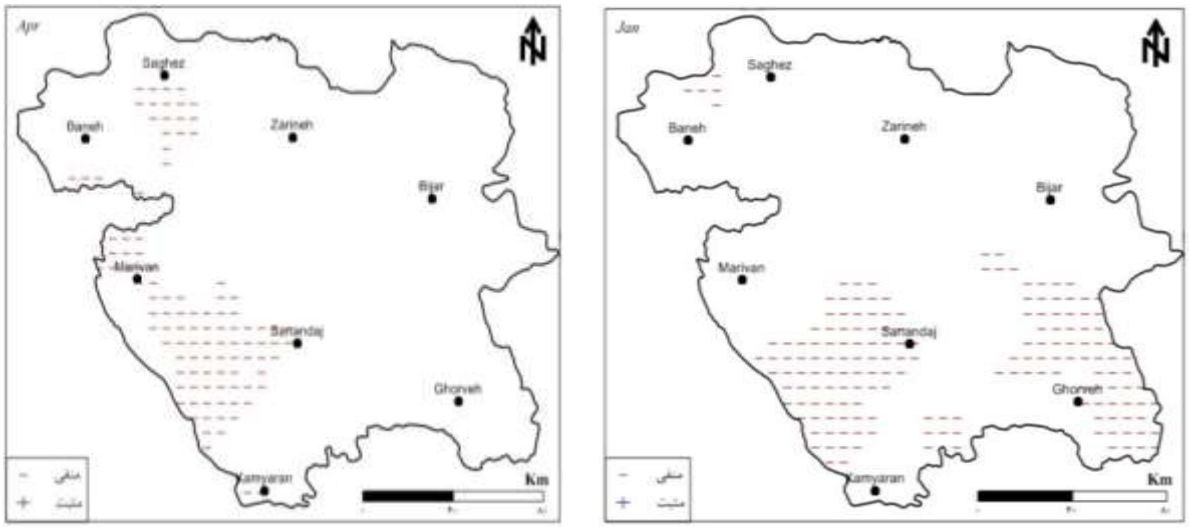


شکل ۱۳: ارتباط شاخص شرق اقیانوس اطلس-غرب روسیه (EAWR) با بارش (سمت راست) و ضریب تعیین در ماه‌های می، نوامبر و دسامبر (سمت چپ)

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

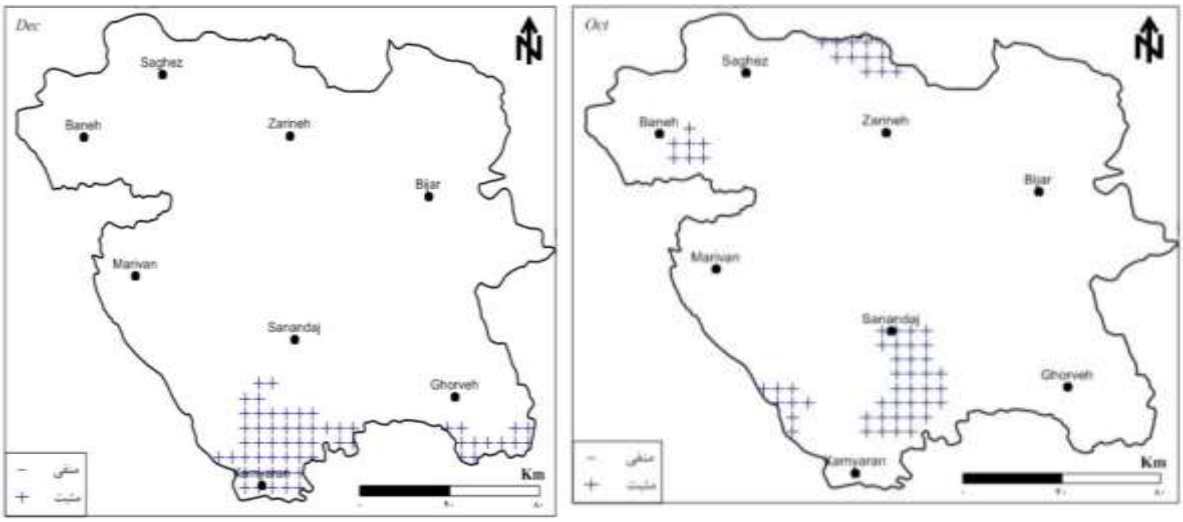


ادامه شکل ۱۳: ارتباط شاخص شرق اقیانوس اطلس-غرب روسیه (EAWR) با بارش (سمت راست) و ضریب تعیین در ماه‌های می، نوامبر و دسامبر (سمت چپ)

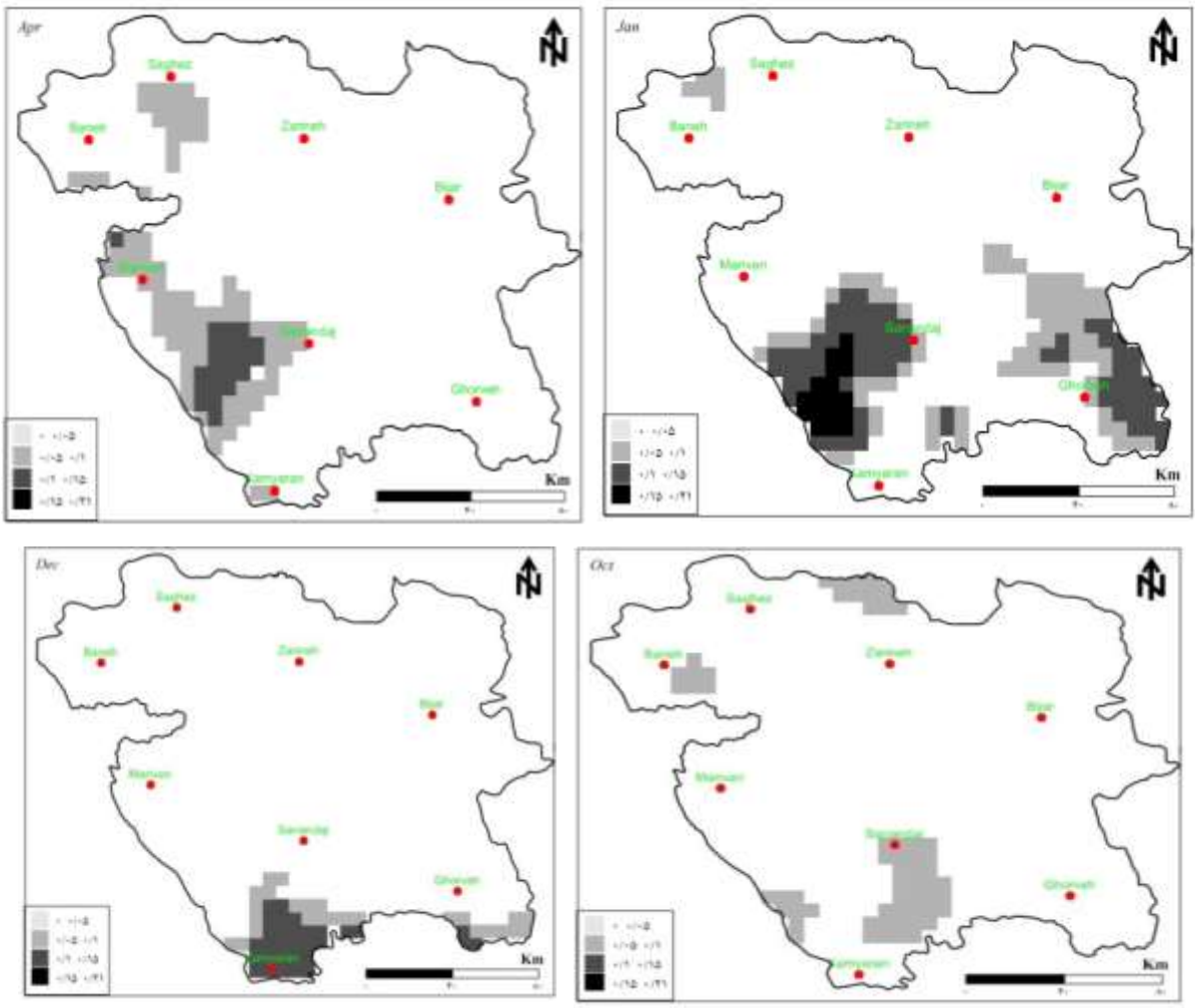


شکل ١٤: ارتباط بارش با شاخص شرق اقیانوس اطلس (EA) در ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئن، اکتبر و دسامبر

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



ادامه شکل ١٤: ارتباط بارش با شاخص شرق اقیانوس اطلس (EA) در ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئن، اکتبر و دسامبر

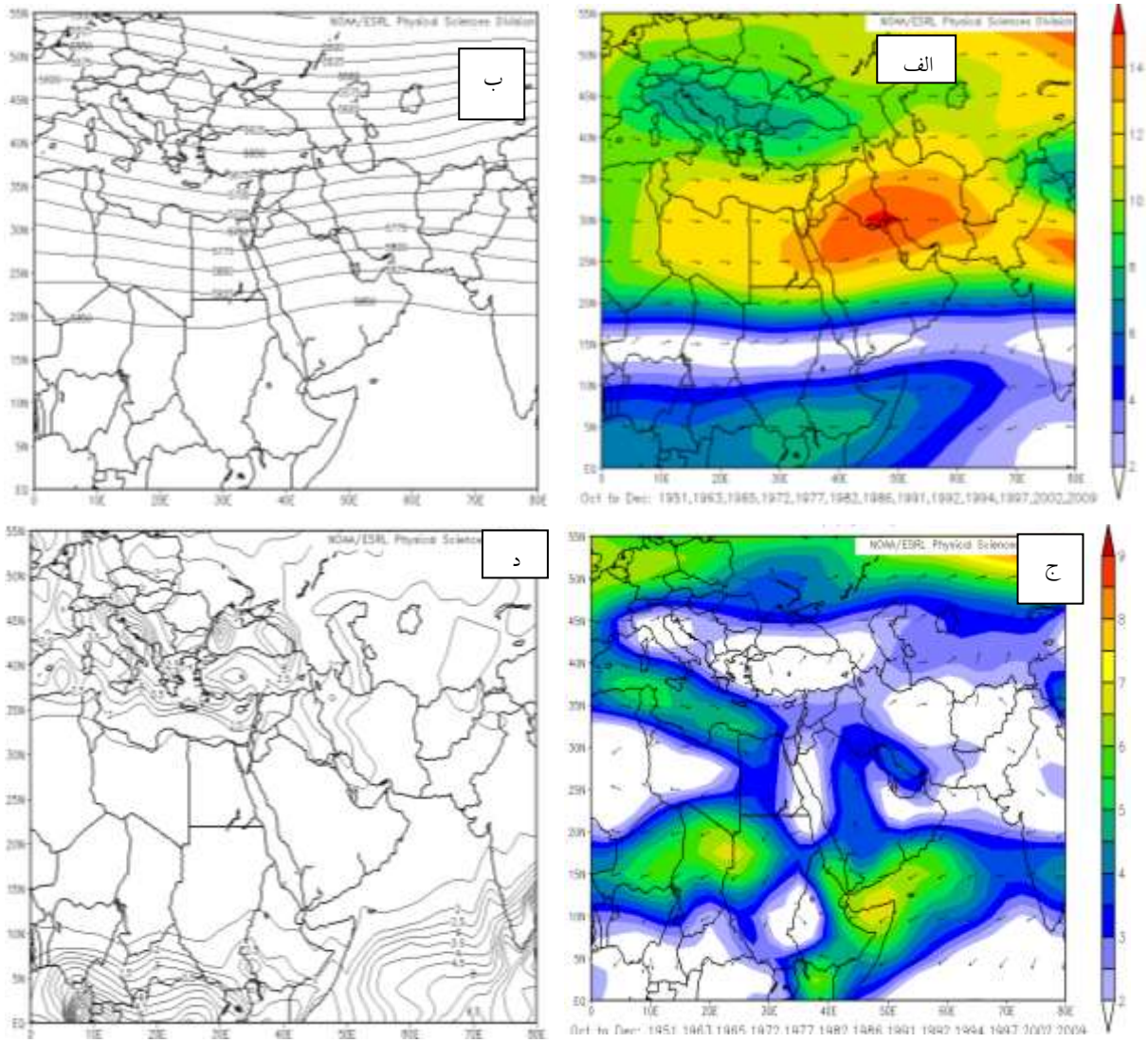


شکل ۱۵: ارتباط ضریب تعیین بارش با شاخص شرق اقیانوس اطلس (EA) در ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئن، اکتبر و دسامبر

برای تفسیر و توجیه بیش‌تر نقش سیگنال‌های اقلیمی بر بارش استان کردستان، نقشه‌ی ترکیبی شرایط جو هنگام

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

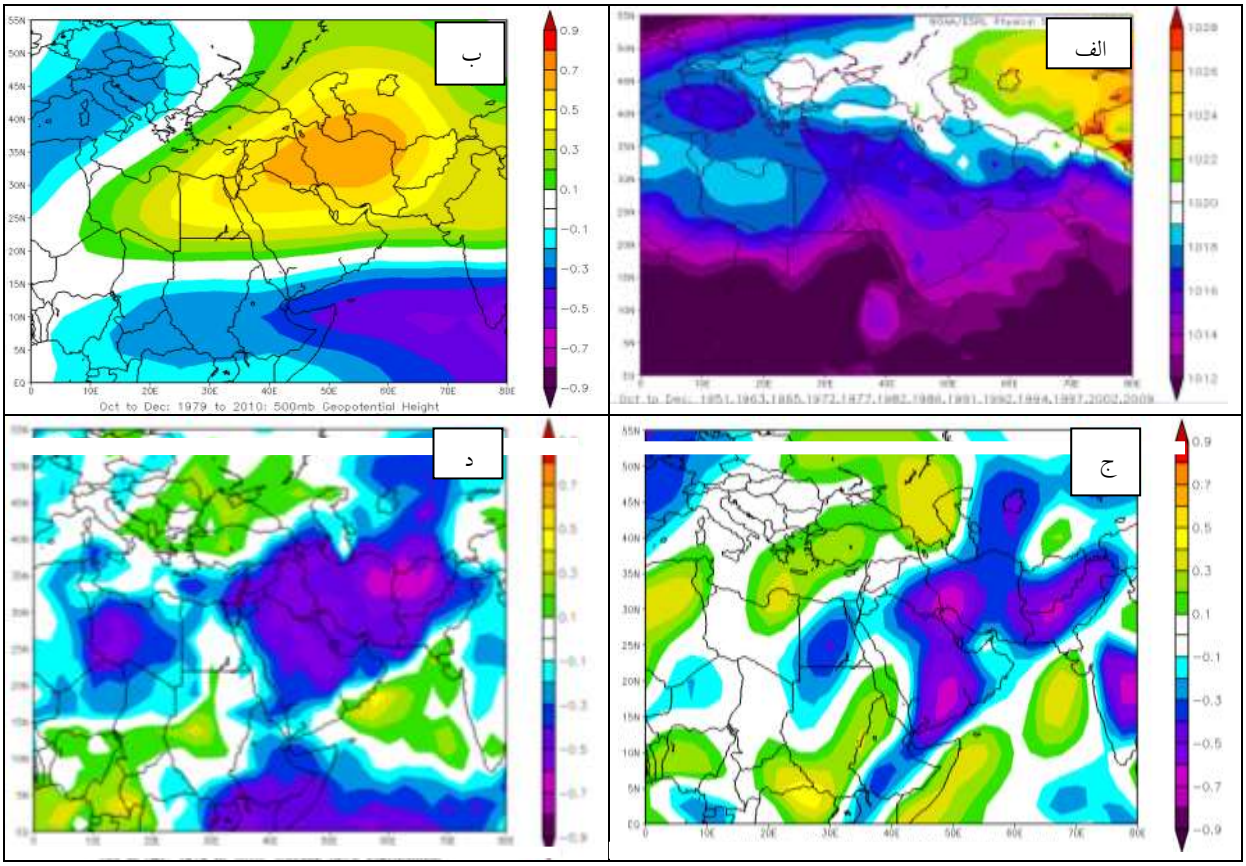
رخداد فاز منفی شاخص نوسان جنوبی (SOI) و فاز مثبت شاخص دریای شمال–خزر (NCP) در فصل پاییز ترسیم شد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هنگام فاز منفی شاخص نوسان جنوبی وزش باد با سرعت بیش از ۱۰ متر بر ثانیه از سمت دریای مدیترانه به سمت غرب ایران و استان کردستان جریان دارد (شکل ۱۵ الف). در تراز یاد شده بر روی شرق مدیترانه یک ناوه نسبتا عمیقی مشاهده می‌شود که از ترکیه تا بخش‌های شمالی کشور سودان را در بر دارد. استان کردستان در بخش‌های شرقی ناوه‌ی یاد شده قرار دارد (شکل ۱۵ ب). هماهنگ با ناوه‌ی ایجاد شده در تراز میانی جو، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال باد از روی دریای سرخ و مدیترانه به سمت استان کردستان جریان دارد (شکل ۱۵ ج). مقدار میانگین بارش دریافتی هنگام فاز منفی شاخص و شکل‌گیری شرایط یاد شده در جو بر روی غرب ایران حدود ۲/۵ میلی‌متر در روز است (شکل ۱۵ د).



شکل ۱۶: نقشه‌ی ترکیبی باد در تراز ۵۰۰ (الف) و ۸۵۰ (ج) هکتوپاسکال، ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ب) و مقدار بارش بر حسب میلی‌متر در روز (د) هنگام رخداد فاز منفی شاخص نوسان جنوبی (SOI) در فصل پاییز (اکتبر تا دسامبر)

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

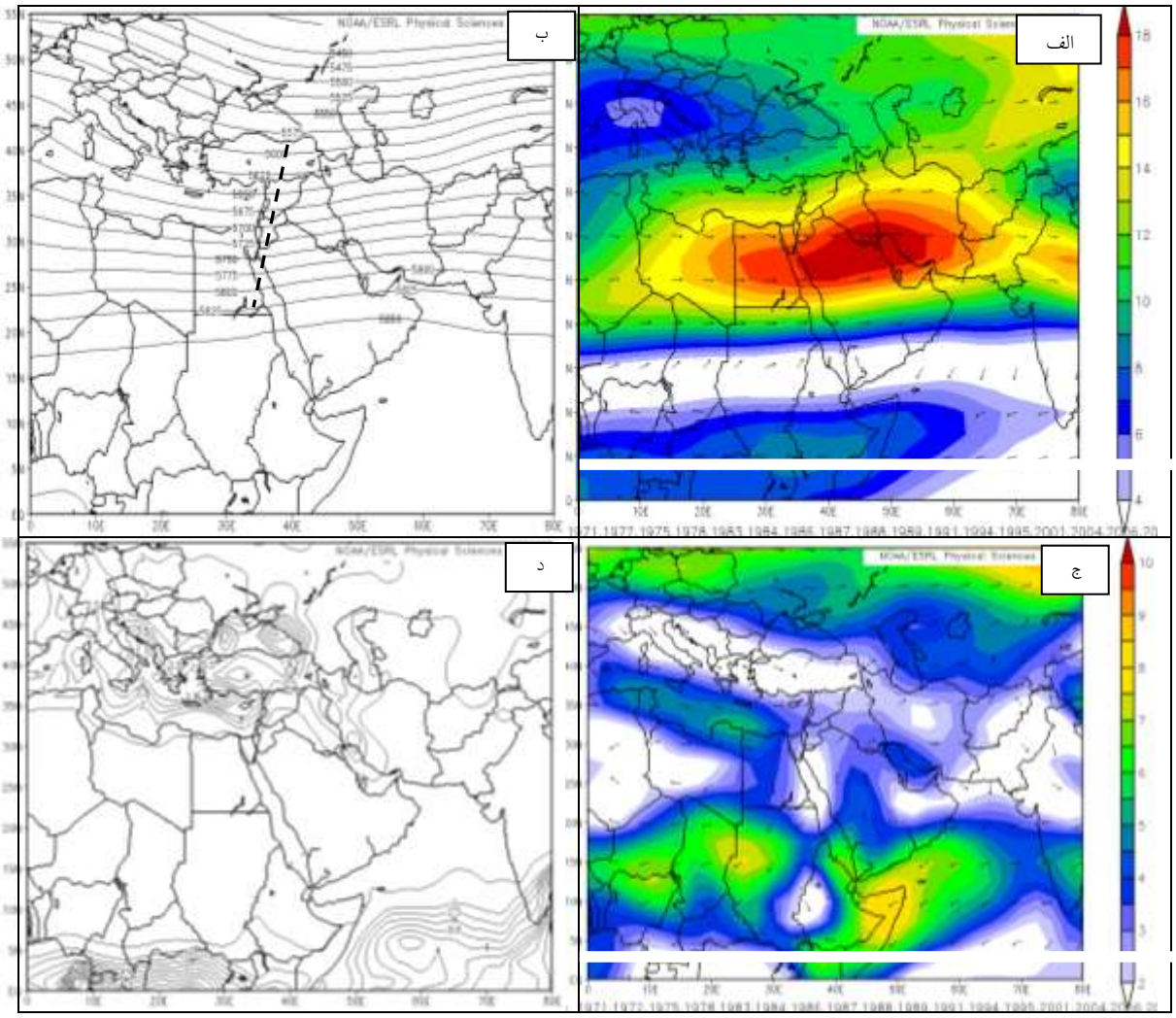
نقشه‌ی ترکیبی فشار تراز دریا هنگام رخداد فاز منفی شاخص نوسان جنوبی در فصل پاییز بیانگر شکل‌گیری سامانه‌ی کم‌فشار بر روی سودان و بخش‌های جنوبی دریای سرخ است که زبانه‌ی آن به سمت شمال و دریای مدیترانه کشیده شده است. همچنین زبانه‌ای از سامانه‌ی واچرخندی سیبری از جانب شرق به سمت بخش‌های شرقی ایران گسترش یافته است که منجر به شرایط دگرفشاری در بخش‌های غربی ایران و ناپایداری جوی می‌شود (شکل ۱۶ الف). همبستگی بین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با شاخص نوسان جنوبی نشان داد که ارتباط مستقیم و معناداری بین ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز یاد شده با شاخص در بخش‌های غربی ایران زمین وجود دارد. میزان این ارتباط حدود ۰/۷ است. به بیانی دیگر فاز مثبت شاخص با پشته و فاز منفی آن با ناوه بر روی مناطق یاد شده همراه است (شکل ۱۶ ب). رخداد فاز منفی شاخص در فصل پاییز ارتباط معکوس و معناداری با جهت جریان مولفه‌ی نصف‌النهاری باد در بخش‌های غربی ایران (بیش از ۰/۷-) نشان می‌دهد. به بیانی دیگر طی فاز مثبت مولفه‌ی نصف‌النهاری باد جهت شمالی و هنگام فاز منفی جهت جریان جنوبی است (شکل ۱۶ ج). ارتباط بین میزان بارش دریافتی روزانه در فصل پاییز با شاخص نوسان جنوبی بر روی ایران زمین معنادار و منفی است. طی فاز مثبت شاخص، مقدار بارش دریافتی کاهش و در فاز منفی شاخص بر میزان بارش دریافتی افزوده خواهد شد (شکل ۱۶ د).



ادامه شکل ۱۶: فشار تراز دریا هنگام رخداد فاز منفی شاخص نوسان جنوبی (SOI) در فصل پاییز (اکتبر تا دسامبر)(الف)، همبستگی بین شاخص نوسان جنوبی (SOI) با ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ب)، مولفه‌ی نصف‌النهاری باد (ج) و مقدار بارش دریافتی روزانه (د)

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

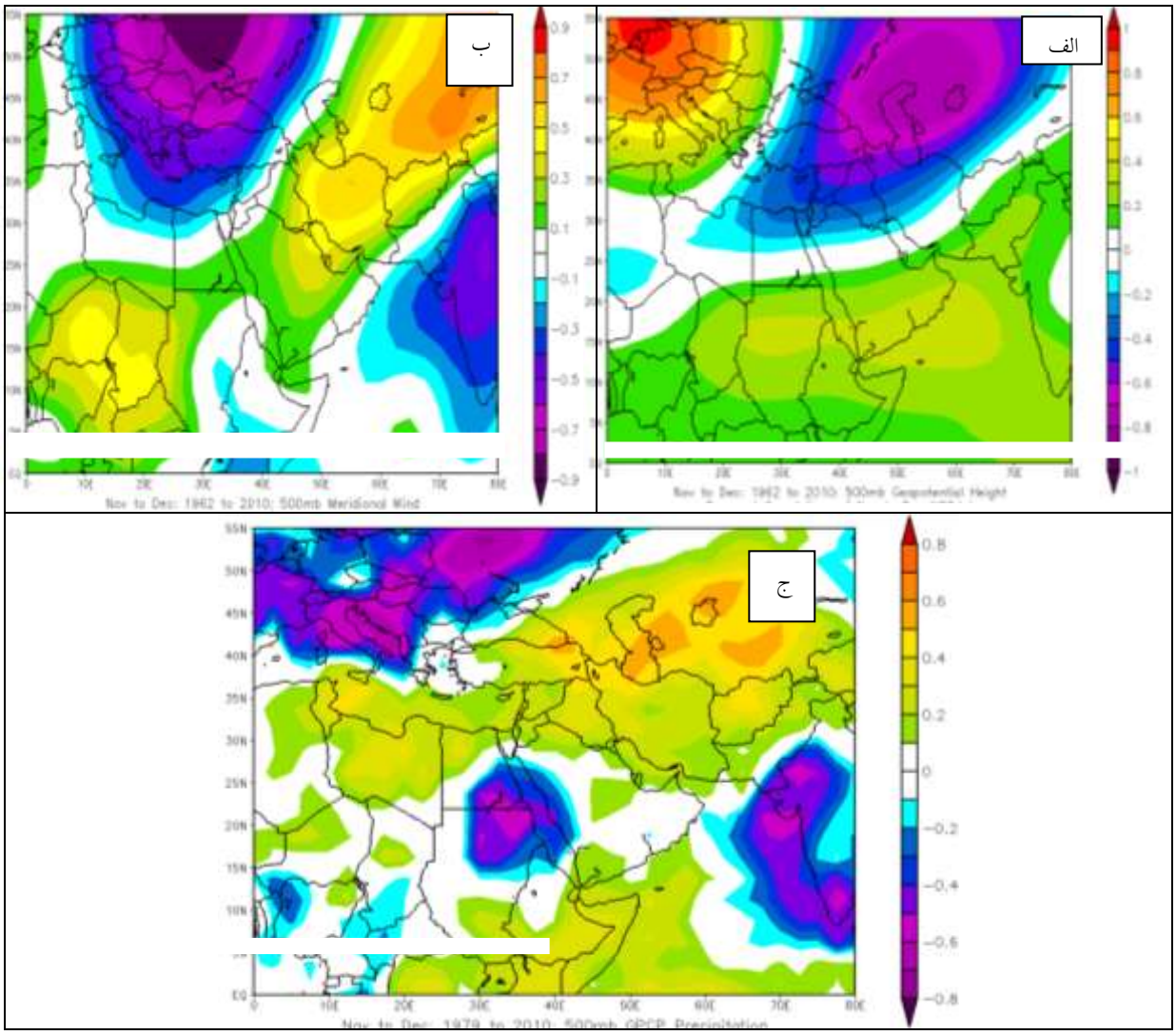
همان‌طور که گفته شد در ماه‌های نوامبر و دسامبر از فصل پاییز ارتباط شاخص دریای شمال–خزر با بارش اغلب گستره‌ی استان کردستان مستقیم و معنادار است. هنگام رخداد فاز مثبت شاخص طی دو ماه یاد شده نقشه‌ی ترکیبی باد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیانگر غلبه‌ی بادهای غربی بر روی بخش‌های غربی ایران زمین است که با سرعت بیش از ۱۶ متر بر ثانیه جریان دارد (شکل ۱۷ الف). همانند فاز منفی شاخص نوسان جنوبی طی فاز مثبت شاخص دریای شمال–خزر نیز بر روی بخش‌های شرقی دریای مدیترانه ناوه نسبتاً عمیقی مشاهده می‌شود و استان کردستان در جلوی فرود و ناوه قرار دارد (شکل ۱۷ ب). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز جریان بادهای جنوبی اغلب از جانب دریای سرخ و تا حدودی از سمت مدیترانه به سمت استان دیده می‌شوند (شکل ۱۷ ج). میزان بارش دریافتی روزانه بر روی غرب ایران زمین هنگام فاز مثبت شاخص در دو ماه یاد شده به طور میانگین ۲/۵ میلی‌متر در روز است (شکل ۱۷ د).



شکل ۱۷: نقشه‌ی ترکیبی باد در تراز ۵۰۰ (الف) و ۸۵۰ (ب) هکتوپاسکال، ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ج) و مقدار بارش بر حسب میلی‌متر در روز (د) هنگام رخداد فاز مثبت شاخص دریای شمال–خزر (NCP) در ماه‌های نوامبر و دسامبر

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

شاخص دریای شمال-خزر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل می‌گیرد. ارتباط بین شاخص یاد شده با ارتفاع ژئوپتانسیل در (شکل ۱۸) الف آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ارتباط معنادار و مستقیمی بین ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی قطب اول شاخص بر روی دریای شمال با مقادیر شاخص مشاهده می‌شود و برعکس بر روی شمال دریای خزر که قطب دوم شاخص در آنجا شکل می‌گیرد، ارتباط معکوس و منفی است. ارتباط مولفه‌ی نصف‌النهاری باد با شاخص به صورت نواری از سمت جنوب‌غرب تا شمال‌شرق کشور مستقیم و معنادار است. به بیانی دیگر جهت مولفه‌ی نصف‌النهاری باد بر روی مناطق یاد شده جنوب و جنوب‌غربی است. ارتباط بین مقادیر بارش با شاخص یاد شده در (شکل ۱۸ ج) بیانگر ارتباط مستقیم بارش با شاخص بر روی استان کردستان و نیمه‌ی شمالی ایران زمین است.



شکل ۱۸: همبستگی بین شاخص دریای شمال-خزر (NCP) با ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف)، مقدار بارش دریافتی روزانه (ب) و مولفه‌ی نصف‌النهاری باد (ج).

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

نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش واکاوی نقش سیگنال‌های اقلیمی بر روی بارش استان کردستان بود. برای انجام آن از داده‌های میان‌یابی بارش بر روی یاخته‌های ٦×٦ کیلومتر بر روی استان کردستان طی بازه‌ی زمانی ۱۳٤۰/۱/۱ تا ۱۳۸۸/۱۲/۲۹(۱۹٦۱/۳/۲۱ تا ۲۰۱۱/۱/۱۹) استفاده شد. یک پایگاه داده (گاه‌جای) در ابعاد ۸۱۱×۱۸۲۰۳ ایجاد شد که بر روی سطرها روز (زمان) و بر روی ستون‌ها مکان (یاخته‌ها) قرار داشتند. داده‌های ماهانه‌ی مربوط به ۱۰ سیگنال پیوند از دور اقلیمی طی دوره آماری یاد شده از سازمان اقیانوس و جو شناسی ایالات متحده‌ی امریکا (NOAA) استخراج شد. ارتباط بین سیگنال‌های اقلیمی با بارش استان از رگرسیون خطی بهره گرفته شد و ارتباط در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون شد. یافته‌ها نشان داد که سیگنال‌های اقلیمی مورد مطالعه در این پژوهش ارتباط معناداری با بارش بر روی گستره‌ی استان کردستان نشان می‌دهند. به‌طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد که در فصل پاییز ارتباط بارش استان کردستان با سیگنال‌های اقلیمی مورد مطالعه به لحاظ گستره و فراگیری ارتباط معنادار و شدت، بیش‌تر است. در ماه‌های اکتبر و نوامبر الگوی پیوند از دور شاخص نوسان جنوبی (SOI) ارتباط معنادار و معکوسی با بارش بر روی گستره‌ی وسیعی از استان نشان می‌دهد. یافته‌های این پژوهش تاییدی بر یافته‌های سایر پژوهشگران (Khoshaghlagh (1997) and Azizi (1999) در مورد نقش شاخص نوسان جنوبی (SOI) بر بارش ایران دارد. در فاز منفی شاخص نوسان جنوبی (ال‌نینو) بارش استان کردستان افزایش می‌یابد و در فاز مثبت شاخص (لانینا) استان کردستان بارش کم‌تری را دریافت می‌کند. در فاز منفی شاخص جریان‌های جوی در ترازهای زیرین جو جهت جنوبی دارند و شار رطوبت به سمت بخش‌های غربی ایران زمین است و ریزش هوای سرد ناشی از حرکت واچرخندی سامانه‌ی واچرخندی سیبری به سمت ایران منجر به شرایط دگرفشاری و ناپایداری بر روی بخش‌های غربی کشور می‌شود. ناوه‌ی ایجاد شده در تراز میانی جو بر روی بخش‌های شرقی مدیترانه نیز ناپایداری و صعود هوا را تقویت می‌کند. ارتباط شاخص دریای شمال (NCP) با بارش استان کردستان در فصل سرد سال مستقیم و مثبت است ولی در فصل گرم سال ارتباط معکوس و منفی است. این نشان می‌دهد که بارش‌های فصل سرد سال استان هنگامی رخ می‌دهند که بر روی اروپا یک پشته‌ی قوی حضور داشته باشد و بر روی بخش‌های شمالی ایران ناوه شکل گرفته باشد. برخلاف فصل سرد، در فصل گرم سال ارتباط شاخص با بارش معکوس است. شار رطوبت دریای خزر به کمک واچرخند روی شمال دریای خزر است که بارش‌های فصل گرم استان کردستان (به‌ویژه تابستانه) را ایجاد می‌کند؛ بنابراین در صورت کاهش شدت واچرخند یاد شده بارش‌های فصل گرم استان کاهش می‌یابند. ارتباط شاخص نوسان آفریقای مرکزی–خزر (CACO) با بارش در فصل گرم سال نیز تأییدی بر آن است. در فصل پاییز علاوه بر شاخص‌های یاد شده، شاخص‌های نوسان اطلس شمالی (NAO)، اسکاندیناوی (SCA)، الگوی شرق مدیترانه (EMPI) و شرق اقیانوس اطلس–غرب روسیه (EAWR) نیز ارتباط معناداری در گستره‌ی زیادی از استان با بارش نشان می‌دهند. به جز الگوی شرق مدیترانه (EMPI) سایر سیگنال‌ها ارتباط مستقیمی با بارش استان کردستان نشان می‌دهند. به‌طور کلی می‌توان گفت که افزایش فشار تراز دریا و ارتفاع

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

ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی غرب اروپا و افت فشار تراز دریا بر روی مدیترانه‌ی شرقی، دریای خزر و شمال دریای خزر منجر به افزایش بارش در استان کردستان می‌شود.

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

References

- Alizadeh, A., Erfanian, M., Ansari, H., (2010), "Analysis of Teleconnections on the temperature aı precipitation (Case study: Mashhad Synoptic Station)", ***Iranian Journal of Irrigation and Drainage***, 176-185.
- Azizi, Gh., (1999), "El-Nino and wet and dry periods in Iran", ***Journal of Physical Geographic Researches***, 38: 71-84.
- Farajzadeh, M., Ahmadi, M., Alijani, B., Ghavidel Rahimi, Y., Mofidi, A., Babayian, I., (2014), "Analysis of variations of Teleconnections patterns and their effects on Iran's precipitation", ***Climatological Researches***, 15: 31-45.
- Fatehi Marj , A., Borhani Darian, A., Mahdian, M. H., (2006), "Forecasting seasonal rainfall using teleconnection pattern case study: orumiyeh lake basin", ***Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources***, 3: 45-57.
- Feidas, H., Noulopoulou, C. H., Makrogiannis,T., Bora-Senta, E., (2007), "Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001", ***Theoretical Applied Climatology***, 87: 155-177.
- Ghalhari, Gh. A., Novkhandan, M., Khoshhal, J., (2009), "Spring rainfall estimation of Khorasan Razavi province based on Tele-connection synoptically patterns using adaptive Neuro-Fuzzy Inference System", ***Rangeland and Watershed (Iranian Journal of Natural Resources***), 1: 55-74.
- Ghavidel Rahimi, Y., Hatami Zarneh, D., Rezaie, M., (2013), "The role of North Sea - Caspian upper atmospheric teleconnection pattern (NCP) in temporal variability's of rainfall in Sothern coastal of Caspian Sea", ***Applied Geographic Sciences Researches***, 31: 29-46.
- Ghavidel Rahimi, Y., Farajzadeh, M., Hatami Zarneh, D., (2014), "The role of North Sea - Caspian upper atmospheric teleconnection pattern (NCP) on Iran's temperature", ***Journal of Geography and Environmental Planning***, 52: 137-159.
- Ghavidel Rahimi, Y., Farajzadeh, M., Kakapour, S., (2013), "The role of North Sea - Caspian upper atmospheric teleconnection pattern (NCP) on precipitation variations of weat and northwest of Iran", ***Journal of Geography and Planning***, 49: 217-230.
- Khorshiddost, A. M., Ghavidel Rahimi, Y., Abbaszadeh, K., (2015), "Analysis relationships between large scale atmospheric- oceanic patterns in analysis of precipitation variations (Case study: Ahar)", ***Geographical Space***, 29: 95-128.
- Khoshaghlagh, F., Ghanbari, N., Masoompour Samakosh, J., (2009), "The Study of North Atlantic oscillation effect on temperature and precipitation regimes of Southern shores of Caspian sea", ***Journal of Physical Geographic Researches***, 66: 57-70.
- Krichak, S. O., Breitgand, J. S., Gualdi, S., Feldstein, S. B., (2014), "Teleconnection-extreme precipitation relationships over the Mediterranean region", ***Theoretical and Applied Climatology***, 26 (2): 32-54. DOI 10.1007/s00704-013-1036-4.
- Kutiel, H., Turkes, M., (2005), "New evidence for the role of the North Sea-Caspian Pattern on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey", ***Geografiska Annaler: Series A, Phys Geography***, 87: 501–513.
- Kutiel, H., Benaroch, Y., (2002), "North Sea-Caspian pattern (NCP)-ununpper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: identification and definition", ***Theoretical and Applied Climatology***, 71: 17-28.
- Masoodian, S. A., Darand, M., (2007), "Detection relationship between central Africa–Caspian Sea teleconnection with Iran's temperature and precipitation", ***Geographic Thought***, 2: 97-117.
- Masoodian, S. A., Darand, M., (2013), "The relation between two patterns North Sea–

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

Caspian pattern (NCP) and East Europe– Northeast Iran (ENEI) with number of extreme cold temperatures in Iran during cold seasons", ***Journal of Earth and Space Physics,*** 2: 171-186.
- Shaman, J., Tziperman, E., (2011), "An atmospheric teleconnection linking ENSO and southwestern European precipitation", ***Journal of Climate***, 24: 124-139.
- Singh, G. P., Jai-Ho, O., (2007), "Impact of Indian ocean sea-surface temperature anomaly on indian summer monsoon precipitation using a regional climate model", ***International Journal of Climatology***, 27: 1455-1465.

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