



Golestan University



Journal of the Climate Change Research

Scientific Journal of Golestan University
Vol. 5, No. 20, Winter 2024



Trend Analysis of Cloud Cover Changes in the Cold Period of the Year in the Southeast of Iran

Masoomeh yousefi^{1*}, Mohammad Saligheh², Ali Reza Karbalaee doree³

¹ Graduated from Master's Degree in Meteorology, Climate Change, Faculty of Geographical Sciences, Khwarazmi University, Tehran, Iran, Email: masme.m1994@gmail.com

² Professor Department of Climatology Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran, Email: saligheh@khu.ac.ir

³ Assistant Professor Department of Climatology Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran, Email: karbalaee@khu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-7-28
Accepted: 2024-10-6

Keywords:
Mann-Kendall test
Cloud cover
Winter season
Southeastern Iran

ABSTRACT

The spatial distribution and trends of cloudy days, particularly during the cold season, carry significant importance for environmental planning and water resource management in arid and semi-arid regions. Clouds, as a crucial component of the hydrological cycle, play a vital role in regulating precipitation patterns, temperature, and evapotranspiration. This research aims to investigate the trends in cloud cover during the winter season and identify the influencing factors in southeastern Iran. By utilizing data from 23 synoptic stations and reanalysis data from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ERA5) covering the period from 1989 to 2022, this study employed statistical analyses, including the spatiotemporal distribution of low-level cloud cover (LCC), the Mann-Kendall trend test, and linear regression modeling, to assess long-term changes. The results indicate that the spatial distribution of cloud cover in the study area is influenced by geographical factors such as latitude, longitude, altitude, and atmospheric patterns. Furthermore, trend analysis using the Mann-Kendall test and regression on both observational and ERA5 reanalysis data reveals a decreasing trend in cloud cover during the months of December, January, and February. The most significant decrease in cloudiness was observed in December. The findings of this research can enhance our understanding of regional climate change and improve climate prediction models. Moreover, the results can contribute to water resource management, as well as agricultural and energy-related planning in southeastern Iran.

Cite this article: Yousefi, M., Saligheh, M., Karbalaee Doree, A.R. (2024). Trend Analysis of Cloud Cover Changes in the Cold Period of the Year in the Southeast of Iran. Journal of the Climate Change research, 5 (20), 49-64.



©The author(s)

Publisher: Golestan University

Doi: [10.30488/ccr.2024.470082.1233](https://doi.org/10.30488/ccr.2024.470082.1233)



نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی



فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال پنجم / شماره مسلسل بیستم / زمستان ۱۴۰۳ / صفحات: ۶۴-۴۹



واکاوی تغییرات پوشش ابرها در دوره سرد سال منطقه جنوب شرق ایران

معصومه یوسفی^{۱*}، محمد سلیقه^۲، علیرضا کربلایی درئی^۳

^۱ دانش‌آموخته مقطع ارشد آب و هوا شناسی، گرایش تغییر اقلیم، دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، رایانامه: masme.m1994@gmail.com

^۲ استاد آب و هوا شناسی، گروه آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، رایانامه: saligheh@khu.ac.ir

^۳ استادیار آب و هوا شناسی، گروه آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، رایانامه: karbalace@khu.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>پراکندگی مکانی روزهای ابرناکی و روند تغییرات آنها، به ویژه در دوره سرد سال، در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های محیطی و منابع آبی مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ابرها به عنوان یکی از عناصر کلیدی چرخه آب، نقش مهمی در تنظیم رژیم بارش، دما و تبخیر و تعرق ایفا می‌کنند. هدف این پژوهش، بررسی روند تغییرات پوشش ابر در فصل زمستان و شناسایی عوامل مؤثر بر آن در منطقه جنوب شرق ایران است. در این مطالعه، از داده‌های ۲۳ ایستگاه سینوپتیک و داده‌های بازکای مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت (ERA5) در بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۲ استفاده شده است. تحلیل‌های آماری شامل بررسی پراکندگی زمانی-مکانی پوشش ابر (LCC)، آزمون روند من-کندال و نیز برازش مدل رگرسیون خطی برای ارزیابی تغییرات بلندمدت است. نتایج نشان می‌دهد که توزیع مکانی پوشش ابر در منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عوامل جغرافیایی مانند عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، ارتفاع و نیز الگوهای جوی قرار دارد. همچنین تحلیل روند تغییرات پوشش ابر با استفاده از روش‌های آماری من-کندال و رگرسیون بر روی داده‌های مشاهداتی و بازکای ERA5 نشان می‌دهد که پوشش ابر در ماه‌های دی، بهمن و اسفند روند کاهشی داشته است. بیشترین کاهش ابرناکی در ماه دی مشاهده شده است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند در درک بهتر تغییرات اقلیمی منطقه و بهبود مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، نتایج این مطالعه می‌تواند در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی‌های مرتبط با کشاورزی و انرژی در منطقه جنوب شرق ایران کمک‌کننده باشد.</p>	<p>نوع مقاله: مقاله کامل علمی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۵</p> <p>واژه‌های کلیدی: من کندال پوشش ابری فصل زمستان جنوب شرق ایران</p>

استناد: یوسفی، معصومه؛ سلیقه، محمد؛ کربلایی درئی، علیرضا. (۱۴۰۳). واکاوی تغییرات پوشش ابرها در دوره سرد سال منطقه جنوب شرق ایران. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۵ (۲۰)، ۶۴-۴۹.

Doi: 10.30488/ccr.2024.470082.1233

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.



مقدمه

پدیده ابرناکی به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی اقلیم، نقش تعیین‌کننده‌ای در شرایط محیطی و آب و هوایی یک منطقه دارد. این پدیده نه تنها مقدمه چرخه هیدرولوژیکی است، بلکه در ترازمندی بیلان تابشی زمین نیز نقش محوری ایفا می‌کند (احمدی و رودباری، ۱۳۹۷؛ چرنوکولسکی و موخو، ۲۰۱۲). به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نوسانات پوشش ابر تأثیرات مستقیم و غیرمستقیمی بر میزان بارش، دما و وقوع پدیده‌های جوی همچون طوفان‌های گرد و غبار دارد (چن و همکاران، ۲۰۲۲؛ کوستاسو و همکاران، ۲۰۱۹؛ لی و همکاران، ۲۰۲۰). تحقیقات نشان می‌دهد که پوشش ابری به طور مستقیم با دماهای سطحی زمین ارتباط دارد. در یک مطالعه، مشخص شد که تغییرات در پوشش ابری، به ویژه در لایه‌های پایین جو، به طور نامتقارن در طول روز و شب رخ می‌دهد. این تغییرات به طور عمده ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای و عدم ثبات در لایه‌های پایین جو است که به افزایش دما کمک می‌کند. به عبارت دیگر، کاهش پوشش ابری در طول روز و افزایش آن در شب، به افزایش دما در سطح زمین منجر می‌شود (لو^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). کاهش پوشش ابر می‌تواند منجر به افزایش دما، کاهش رطوبت نسبی و در نتیجه تشدید شرایط برای وقوع طوفان‌های گرد و غبار شود. با توجه به اهمیت ابرناکی در تنظیم آب و هوا و مدیریت منابع آبی، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک، درک عمیق از وضعیت روزهای ابری و ابرناکی برای پیش‌بینی و مدیریت بحران‌های مرتبط با خشکسالی و کم‌آبی ضروری است. این مطالعات می‌تواند زمینه را برای مدیریت بهتر منابع آب و کشاورزی در این مناطق فراهم کند (چن و همکاران، ۲۰۲۲؛ کیخسروی و همکاران، ۲۰۱۷).

مطالعات متعددی به بررسی تغییرات پوشش ابری در مناطق مختلف جهان پرداخته‌اند (کروکه و همکارانش، ۱۹۹۸؛ وایلسی و همکارانش، ۲۰۰۵؛ فیلیپیاک و مایتوس، ۲۰۰۹؛ وارن و استمن، ۲۰۱۰؛

زانگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ دیم و همکاران، ۲۰۱۱؛ چفر، ۲۰۱۴؛ جزول، ۲۰۱۶؛ بونی و همکاران، ۲۰۱۷؛ میشر، ۲۰۱۷؛ شلتون، ۲۰۲۲). فیلیپیاک و مایتوس^۲ (۲۰۰۰) با بررسی داده‌های ۴۱ ایستگاه سینوپتیک در دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰، به تحلیل تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در لهستان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرات آماری معناداری در میزان ابرناکی تنها در ۲۵ درصد از این ایستگاه‌ها مشاهده شده است. در زمینه اقلیم‌شناسی ابر، تحقیقات قابل توجهی در مناطق قطبی انجام شده است. چرنوکولسکی و موخو (۲۰۱۲) با بررسی داده‌های مربوط به کل پوشش ابری در مناطق قطبی (شمال از ۶۰ درجه شمالی)، به تحلیل رابطه بین میزان ابرناکی و گسترش یخ‌های دریایی پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که میانگین پوشش ابری سالانه در مناطق قطبی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای مختلف حدود ۷۰ درصد (± 3 درصد) برآورد شده است. این مقدار در مناطق اقیانوسی (۷۴ درصد ± 4 درصد) نسبت به مناطق خشکی (۶۷ درصد ± 3 درصد) بیشتر است. پلیمون و همکاران (۲۰۲۲) به اندازه‌گیری‌های هواشناسی روزانه دما، جهت حرکت ابرها و پوشش ابرها در لوئیس مورین پاریس پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد پوشش ابری در تمامی فصول سال نسبت به دوره مرجع کاهش یافته است. بروموویچ و همکاران (۲۰۱۲) به مطالعه جامع ابرها در قطب جنوب پرداخته‌اند. در این پژوهش، محققان به بررسی روش‌ها و ابزارهای مختلف اندازه‌گیری ابرها، تغییرات فصلی و سالانه میزان ابری بودن، ویژگی‌های فیزیکی ریز ذرات تشکیل‌دهنده ابرها و ذرات معلق در هوا، و نحوه نمایش ابرها در مدل‌های عددی جهانی و منطقه‌ای پرداخته‌اند. همچنین، این مطالعه یک اطلس آب و هوایی جدید از ابرها بر فراز قطب جنوب و اقیانوس جنوبی، با استفاده از داده‌های ترکیبی ماهواره‌های CloudSat و CALIPSO ارائه می‌دهد. لی و همکاران (۲۰۲۰) با مقایسه داده‌های ماهواره‌ای و بازکاوی ERA5 و ERA-Interim، به بررسی دقیق‌تر

پرداختند نتایج نشان داد که تغییرات در الگوهای جوی، به ویژه در اثر تغییرات دما و فشار، تأثیر زیادی بر روی پوشش ابرها دارد. این مطالعه به بررسی ارتباط بین الگوهای جوی و پوشش ابرها در طول زمان پرداخته است. در مطالعات داخلی نیز پوشش ابری مورد توجه قرار گرفته است. حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) به واکاوی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنسجس از دور پرداخته‌اند. آنان در این مطالعه از داده‌های مودیس ترا (MOD06) بهره‌گرفته‌اند. نتایج نشان دادند پراکنش مکانی روند سالانه‌ی پوشش ابر در شمال شرق، شمال غرب و بطور پراکنده در قسمت‌های داخلی کشور روند کاهشی دارد و در جنوب، جنوب شرقی و شرق کشور روند افزایشی دارد. رسولی و همکاران (۱۳۹۲) نشان می‌دهد که در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی واقع در نیمه شمالی ایران (مناطق ۳، ۴ و ۵)، روند تغییرات مقدار پوشش ابر به صورت آماری معنادار و کاهشی بوده است. همچنین تغییر ناگهانی در سری‌های پوشش ابری در بیشتر ایستگاه‌ها در دهه ۱۹۹۰ اتفاق افتاده است. شاه محمدی و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی تغییرات زمانی-مکانی پوشش ابر با روش تحلیل همسازها پرداخته‌اند. نتایج نشان داد در بررسی تحلیل عوامل مکانی با پوشش ابری نقش عرض جغرافیایی غالبتر از تأثیر سایر عوامل مکانی است. نتایج این مطالعه نشان داد حدود ۹۹٫۷ درصد از گستره کشور دارای روند سالانه منفی با کاهش ۰٫۰۳ - درصد پوشش ابر در سال است. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) بر روی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابری در سطح کشور ایران متمرکز بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد از شمال به جنوب و از غرب به شرق ایران، تعداد روزهای ابری کاهش می‌یابد و تفاوت مکانی زیادی در تعداد روزهای ابرناکی در کشور وجود دارد. روند تغییرات روزهای ابری در کشور بیشتر کاهشی بوده، در بیش از نیمی از ایستگاه‌های مورد مطالعه این روند کاهشی معنی‌دار آشکار گردید.

پوشش ابری بر روی فلات تبت و شرق چین پرداخته‌اند. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات پوشش ابری به عنوان یک عامل کلیدی در تقویت یا تضعیف اثرات گرمایش جهانی عمل می‌کند. کومارو^۱ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی ویژگی‌های محلی تغییرات بلندمدت پوشش ابرها در سیبری پرداخته‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی و الگوهای جوی می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر روی پوشش ابرهای کم‌ارتفاع داشته باشند. آلینگ^۲ و همکاران (۲۰۲۱) مطالعه‌ای دیگر در مورد پوشش ابرهای کم‌ارتفاع در غرب آفریقا نشان می‌دهد که این پوشش به شدت تحت تأثیر تغییرات فصلی و اقلیمی قرار دارد. این تحقیق به بررسی داده‌های ایستگاه‌های جوی و داده‌های ماهواره‌ای پرداخته و نشان می‌دهد که در ماه‌های خشک، پوشش ابرها افزایش می‌یابد. بارتازوک^۳ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی افزایش نسبت سطوح غیرقابل نفوذ و تغییرات در دمای هوا، رطوبت نسبی و پوشش ابر در لهستان پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰، پوشش ابرهای کم‌ارتفاع به طور متوسط بین ۲٫۳ درصد تا ۲٫۷ درصد در هر دهه کاهش یافته است. این مطالعه همچنین نشان‌دهنده افزایش ۳۰ درصدی در سطح سطوح غیر قابل نفوذ و افزایش دما در این منطقه است. کاهش پوشش ابرهای کم‌ارتفاع با افزایش دما و تغییرات رطوبت نسبی در ارتباط است. تسلا و شپیگ (۲۰۲۳) به بررسی تغییرات پوشش ابرهای کم‌ارتفاع و کل ابرها با استفاده از داده‌های ERA5 در اوکراین پرداخته‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات در الگوهای جوی و تغییرات اقلیمی می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر پوشش ابرها داشته باشد. داده‌های ERA5 به عنوان یک منبع کلیدی برای تحلیل این تغییرات و مقایسه آن‌ها با مشاهدات زمینی استفاده شده است. مورون^۴ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی پوشش ابرهای کم‌ارتفاع در غرب آفریقا

1. Komarov
2. Aellig
3. Bartoszek
4. Moron

به صورت فایل NetCDF^۳ در تارنمای era5 در دسترس می باشد. با توجه به اهمیت تحلیل های بلندمدت در مطالعات تغییر اقلیم، روند تغییرات پوشش ابری در منطقه مورد مطالعه با استفاده از آزمون من-کندال و نیز برازش مدل رگرسیون خطی به روش پارامتری بررسی شد. همانطور که مطالعات پیشین (استنگل و همکاران، ۲۰۱۴؛ هاشیموتو و همکاران، ۲۰۱۹) نشان داده اند، تحلیل روند تغییرات ماهانه، سالانه و دهه ای پوشش ابری می تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد ویژگی ها و تغییرات ابر در طول زمان ارائه دهد. داده های ERA5^۴، به ویژه نسخه اخیر آن، به دلیل کیفیت بالا و دقت در شبیه سازی فرایندهای جوی، ابزاری مناسب برای این نوع مطالعات محسوب می شود (لی، ۲۰۲۰). در ادامه، نتایج تحلیل آماری روند تغییرات پوشش ابری ارائه خواهد شد.

تاریخچه راه اندازی ایستگاه های هواشناسی در ایران به سال ۱۹۵۱ بازمی گردد. با این حال، کوتاهی دوره آماری و چالش های دیگری همچون ناکافی بودن شبکه ایستگاه ها، وجود شکاف های آماری در برخی ایستگاه ها و تغییرات در موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها، مطالعات تغییرات اقلیمی در کشور را با دشواری های جدی مواجه ساخته است (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۴). موقعیت جغرافیایی خاص ایران، واقع شده بین توده های هوای مختلف، بر پیچیدگی اقلیم کشور می افزاید. حلبیان (۱۳۸۷) به تأثیرگذاری همسایگان ایران بر اقلیم کشور اشاره کرده است. در این پژوهش، با هدف رفتار پراکندگی پوشش ابری و نیز روند تغییرات آن، محدوده ای بین مدارهای ۲۴ تا ۳۲ درجه عرض شمالی و نصف النهارهای ۵۳ تا ۶۵ درجه طول شرقی انتخاب شده است. این منطقه بخش عمده ای از جنوب ایران را شامل می شود و از شمال به خراسان و کویر لوت، از جنوب به دریای عمان و خلیج فارس، از شرق به افغانستان و پاکستان و از غرب به شیرکوه و بخشی از رشته کوه های زاگرس محدود می شود.

جنوب شرق ایران به عنوان یکی از خشک ترین مناطق کشور، با محدودیت شدید منابع آبی و بارندگی های ناچیز سالانه مواجه است. این شرایط اقلیمی سخت، فعالیت های کشاورزی و صنایع وابسته به آب را به شدت محدود کرده و حیات اکثر ساکنان این مناطق را به نزولات آسمانی وابسته نموده است. تغییرات پوشش ابرها در دوره سرد سال در منطقه جنوب شرق ایران تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند بادهای موسمی (ابراهیمی، ۱۴۰۱)، خشکسالی (ارجمند و همکاران، ۱۳۹۷) و تغییرات دمایی (کربلایی و همکاران، ۱۴۰۰) قرار دارد. علیرغم انجام پژوهش های گسترده در خصوص پوشش ابر در ایران، مطالعاتی که به طور ویژه بر تغییرات پوشش ابر در منطقه جنوب شرقی ایران تمرکز داشته باشند، محدود است. در این پژوهش، با استفاده از داده های مشاهداتی و نیز بازکوی ERA5، به بررسی دقیق تغییرات زمانی پوشش ابر در دوره سرد سال این منطقه طی دوره ۳۴ ساله (۱۹۸۹-۲۰۲۲) پرداخته می شود. نتایج این مطالعه می تواند به درک بهتر تغییرات اقلیمی محلی و منطقه ای در جنوب شرق ایران کمک کند.

داده ها و روش شناسی

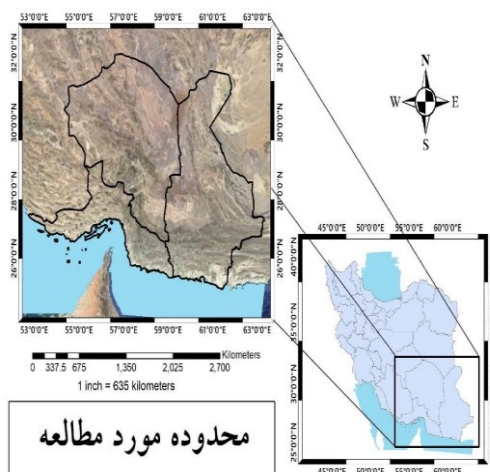
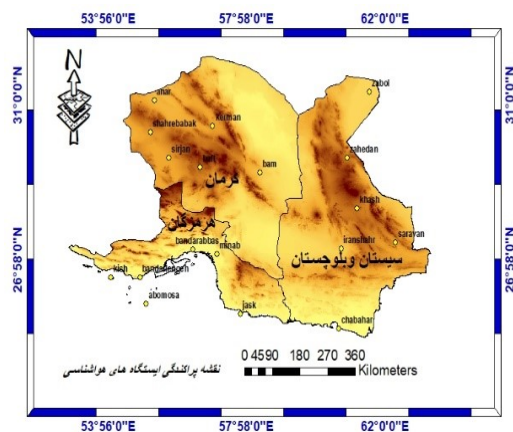
هدف از پژوهش حاضر، بررسی روند تغییرات پوشش ابری در فصل سرد سال در منطقه جنوب شرق ایران است. برای نیل به این هدف، از داده های ایستگاهی مشاهداتی سازمان هواشناسی کشور استفاده شده است. پس از انتخاب ایستگاه های همگن در استان های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و کرمان (جدول ۱) داده های مربوط به پوشش ابری این ایستگاه ها گردآوری و آماده سازی گردید. همچنین در این پژوهش، از داده های بازکوی ERA5 که توسط مرکز پیش بینی آب و هوای اروپا (ECMWF)^۱ با تفکیک مکانی ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه جغرافیایی برای کل دوره زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۲ ارائه شده است، استفاده شد. داده پوشش ابری پایین (LLC)^۲

3. Network Common Data Form
4. the fifth generation ECMWF reanalysis for the global climate and weather

1. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
2. Low-level cloud cover (LLC)

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

ردیف	نام استان	ایستگاه فارسی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
1	سیستان و بلوچستان	زاهدان	29.47	60.90	1370
2	سیستان و بلوچستان	چابهار	25.28	60.65	8
3	سیستان و بلوچستان	ایران‌شهر	27.23	60.72	591.1
4	سیستان و بلوچستان	خاش	28.23	61.19	1427
5	سیستان و بلوچستان	کنارک (فرودگاه)	25.44	60.37	30
6	سیستان و بلوچستان	سراوان	27.39	62.32	1182
7	سیستان و بلوچستان	زابل	31.09	61.54	489.2
8	هرمزگان	جزیره ابوموسی	25.87	55.01	6.6
9	هرمزگان	بندر عباس	27.21	56.37	9.8
10	هرمزگان	بندر لنگه	26.53	54.83	22.7
11	هرمزگان	جاسک	25.64	57.77	5.2
12	هرمزگان	جزیره کیش	26.52	53.98	30
13	هرمزگان	میناب	27.11	57.09	29.6
14	هرمزگان	جزیره سیری	25.90	54.55	4.4
15	کرمان	انار	30.88	55.25	1409
16	کرمان	بافت	29.23	56.58	2280
17	کرمان	بم	29.10	58.35	1066.9
18	کرمان	بم (فرودگاه)	29.08	58.45	940
19	کرمان	جیرفت (میانده)	28.58	57.82	639
20	کرمان	کهنوج	27.99	57.71	499
21	کرمان	کرمان	30.26	56.96	1754
22	کرمان	شهر بابک	30.10	55.13	1834.1
23	کرمان	سیرجان	29.55	55.66	1767



شکل ۲: نقشه راقومی ارتفاعی و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (۵)$$

S پارامتر محاسبه شده در رابطه (۱) است. اگر آماره Z مثبت باشد، نشان‌دهنده روند صعودی در داده‌ها است و در صورتی که منفی باشد، حاکی از وجود روند نزولی می‌باشد. برای بررسی معنی‌داری این روند، مقدار مطلق Z محاسبه شده و با مقدار بحرانی مقایسه می‌شود. در صورتی که مقدار مطلق Z محاسبه شده کمتر یا مساوی مقدار بحرانی باشد، فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند پذیرفته می‌شود و در نتیجه، داده‌ها به صورت تصادفی در نظر گرفته می‌شوند (رابطه ۶). در غیر این صورت، فرض صفر رد شده و فرض یک مبنی بر وجود روند پذیرفته می‌شود (دین پژوه و اسماعیل پور، ۱۳۹۱).

$$|z| \leq z_{\alpha/2} \quad (۶)$$

سطح معنی‌داری (α) آستانه‌ای است که برای رد یا پذیرش فرض صفر در آزمون آماری تعیین می‌شود. در این پژوهش، از آزمون آماری دوطرفه استفاده شده است و لذا مقدار بحرانی $z_{\alpha/2}$ برای تعیین مناطق پذیرش و رد فرض صفر در نظر گرفته شده است. این آزمون برای سطوح معنی‌داری ۹۹ درصد، ۹۵ درصد و ۹۰ درصد انجام شده است (رابطه ۶). در آزمون من-کندال، اگر منحنی‌های U و U' در خارج از محدوده $\pm 1/96$ یکدیگر را قطع کنند و در جهت مخالف حرکت نمایند، به این نقطه عطف، "جهش" گفته می‌شود. این نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار در روند داده‌هاست.

نتایج و بحث

شکل (۳) تغییرات سری زمانی پوشش ابری را بر اساس داده‌های بازکاوای ERA5 را نشان می‌دهد. تحلیل روند پوشش ابری در ماه‌های دی، بهمن و اسفند حاکی از وقوع تغییرات قابل توجهی است. در ماه دی، چندین جهش در روند پوشش ابری مشاهده می‌شود. پس از یک تغییر ناگهانی در اوایل دوره آماری، روند پوشش ابری در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۵

روند تغییرات آماره من-کندال: برای تحلیل سری‌های زمانی که از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند، آزمون‌های ناپارامتریک مانند من-کندال روشی مناسب و رایج است. این آزمون که ابتدا توسط من در سال ۱۹۴۵ معرفی و سپس توسط کندال در سال ۱۹۷۵ توسعه یافت، به طور گسترده در مطالعات هیدرولوژی و هواشناسی کاربرد دارد. از جمله مزایای کلیدی آزمون من-کندال می‌توان به استقلال آن از فرض توزیع نرمال داده‌ها و عدم تأثیر پذیری از مقادیر پرت اشاره کرد. فرض صفر این آزمون بیان می‌کند که هیچ روند معنی‌داری در داده‌ها وجود ندارد و هرگونه تغییری در داده‌ها به صورت تصادفی رخ داده است (Zhang et al., 2000).

الف) اولین مرحله محاسبه اختلاف تک تک جملات سری با یکدیگر و اعمال تابع Sgn و استخراج پارامتر S است (رابطه ۱).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (۱)$$

در این رابطه: n تعداد جملات، x_j تابع زام سری و x_k داده k ام در سری داده‌ها می‌باشد.

Sgn نیز به شرح زیر می‌باشد (رابطه ۲).

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۲)$$

بنابراین تمامی مقادیری که از تابع علامت (Sgn) به دست می‌آید، صفر، ۱ و یا -۱ است.

ب) در دومین مرحله واریانس با استفاده از رابطه ۳ و ۴ محاسبه می‌گردند:

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18}; \quad (۳)$$

if $n > 10$

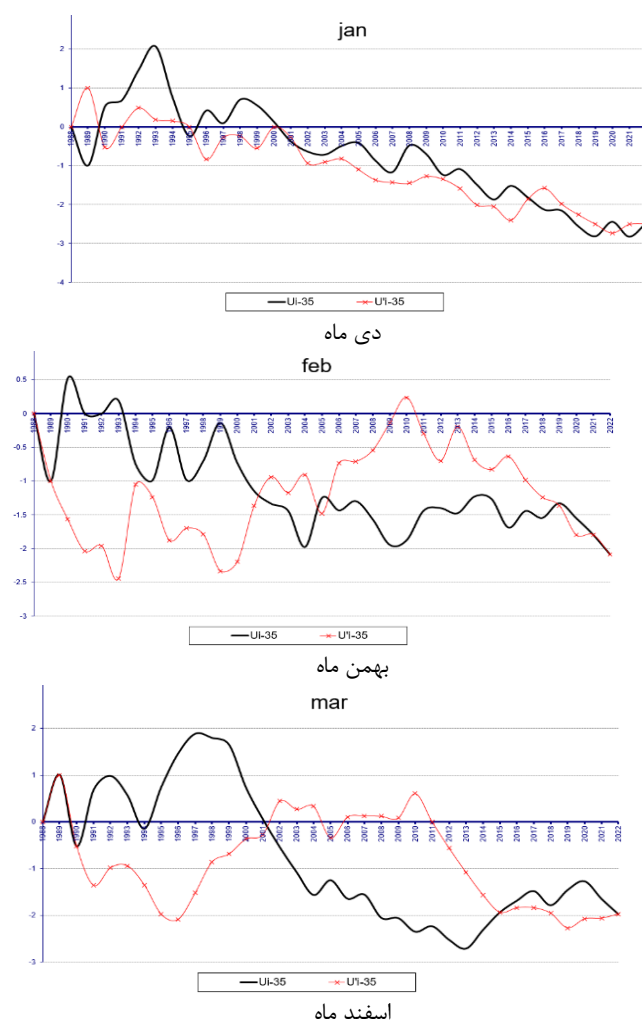
$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}; \text{ if } n \leq 10 \quad (۴)$$

N تعداد داده، m تعداد سری که حداقل دارای یک داده تکراری است و t فراوانی داده‌ها با ارزش یکسان است.

ج) در سومین مرحله آماره Z به کمک یکی از روابط (۵):

می‌دهد که در دوره مورد مطالعه، روند کلی پوشش ابری در ماه‌های سرد سال به سمت کاهش تمایل داشته است. این کاهش ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله گرمایش جهانی (کومارو و همکاران، ۲۰۱۵؛ لی و همکاران، ۲۰۲۰) و نیز الگوهای گردش عمومی جو (مورون و همکاران، ۲۰۲۳) و افزایش دما و تغییرات رطوبت نسبی (بارتازوک و همکاران، ۲۰۲۳) باشد.

به طور معنی‌داری صعودی بوده است. در مقابل، در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ روند کاهشی غالب بوده است. در ماه بهمن، اولین جهش در سال ۱۹۸۹ با روند کاهشی مشاهده می‌شود. در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ نیز روند کاهشی غالب بوده است. در ماه اسفند، دو نقطه جهش در سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۹۰ با روند کاهشی مشاهده می‌شود. همچنین، در سال ۲۰۰۱ یک تغییر ناگهانی در روند پوشش ابری رخ داده است (شکل ۳). به طور کلی، نتایج نشان



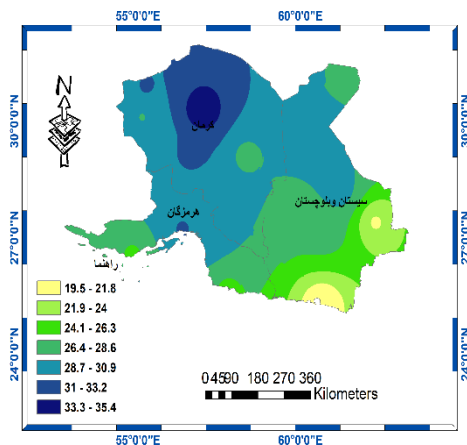
شکل ۳: نمودار من‌کندال تغییرات روند پوشش ابری در فصل زمستان (۱۹۸۹-۲۰۲۲) بر اساس داده‌های ERA5

نتایج نشان می‌دهد که در استان کرمان، کمینه و بیشینه پوشش ابری در ماه‌های مختلف سال نسبتاً ثابت بوده است. با این حال، در مقایسه با سایر مناطق کشور، تفاوت قابل توجهی در تعداد روزهای ابری

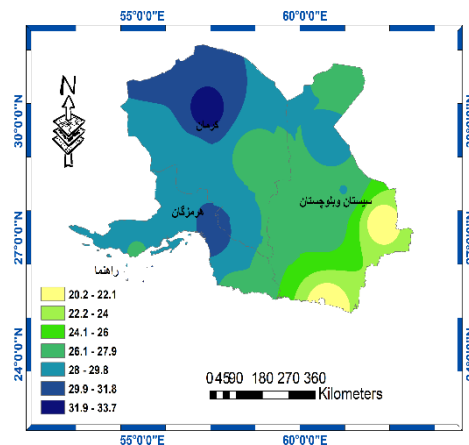
پراکندگی زمانی - مکانی پوشش ابر بر اساس داده‌های مشاهداتی در زمستان: شکل (۴) پراکندگی زمانی و مکانی پوشش ابری در منطقه مورد مطالعه را بر اساس داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهد.

بلوچستان مشاهده شده است. استان هرمزگان به دلیل قرارگیری در انتهای رشته کوه‌های زاگرس، در دی ماه بیشترین فراوانی پوشش ابری را تجربه کرده است. این پوشش ابری در بهمن ماه گسترش یافته و به صورت نواری شکل از شمال به جنوب استان امتداد یافته است. در اسفند ماه، پوشش ابری به سمت شرق کرمان (رشته کوه جبال بارز) و شمال سیستان و بلوچستان (کوه تفتان) کاهش یافته است. شکل (۴) نشان می‌دهد که به طور کلی، با حرکت از شمال غرب به جنوب شرق کشور، میزان پوشش ابری کاهش می‌یابد. این کاهش به دلیل کاهش ارتفاعات و تأثیر عوامل دیگری مانند عرض جغرافیایی، رطوبت و دمای هوا است. عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر معمولاً تحت تأثیر پرفشار جنب حاره قرار دارند که مانع از تشکیل ابر می‌شود. در مجموع، عوامل مختلفی مانند توپوگرافی، عرض جغرافیایی، سامانه‌های فشار و رطوبت، در توزیع مکانی و زمانی پوشش ابری در ایران نقش دارند. ارتفاعات بلند، به عنوان هسته‌های تراکم رطوبت، نقش مهمی در تشکیل ابر ایفا می‌کنند. همچنین، سامانه‌های فشار مانند پرفشار سبیری و پرفشار جنب حاره، و رطوبت حاصل از دریاهای اطراف، بر میزان و نوع ابرهای تشکیل شده تأثیر می‌گذارند.

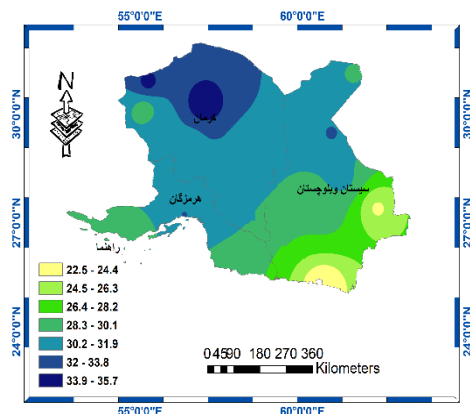
مشاهده می‌شود. در حالی که در نوار ساحلی شمال کشور، این تعداد به ۱۱۵ روز می‌رسد، در مناطق جنوب شرقی مانند دشت لوت به کمتر از ۳۰ روز در سال کاهش می‌یابد (علیجانی، ۱۳۸۳). این تفاوت قابل توجه در پوشش ابری را می‌توان به عوامل مختلفی از جمله عرض جغرافیایی (شاه محمدی و همکاران، ۱۴۰۳)، سامانه‌های همدیدی (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷)، بادهای غربی و موج‌های کوتاه (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰) و ارتفاعات (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷) نسبت داد. مناطق با عرض جغرافیایی بالاتر و قرارگیری در مسیر جریان‌های مرطوب، معمولاً پوشش ابری بیشتری دارند. بیشترین پوشش ابری در منطقه مورد مطالعه در ماه‌های بهمن و اسفند با میانگین ۳۵ درصد (۲،۸ اکتا) مشاهده شده است که عمدتاً مناطق شمالی استان کرمان و بخشی از استان هرمزگان را تحت تأثیر قرار داده است. این امر نشان می‌دهد که ارتفاع بالاتر در مناطق شمالی استان کرمان نقش مهمی در افزایش پوشش ابری داشته است. در ماه بهمن، به دلیل وجود ارتفاعات بلند مانند جوپار، هزار، لاله زار و جبال بارز، استان کرمان شاهد پوشش ابری گسترده‌ای در حدود ۵۰ درصد مساحت خود بوده است. در مقابل، کمترین پوشش ابری در دی و اسفند ماه با کمتر از ۲۰ درصد (۱،۶ اکتا) در مناطق شرقی استان سیستان و



بهمن ماه



دی ماه

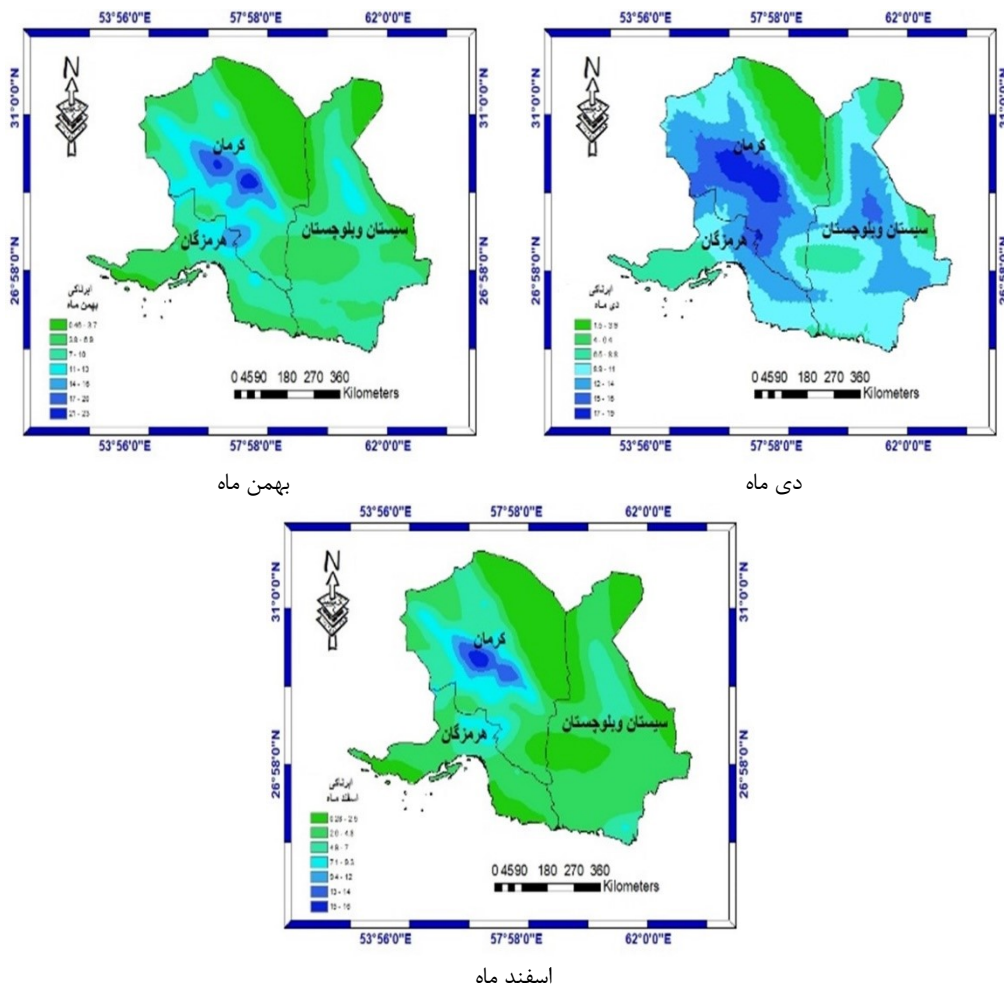


اسفند ماه

شکل ۴: نقشه پراکنش مکانی مقدار ابرناکی ماهانه بر اساس داده‌های مشاهداتی (۱۹۸۹-۲۰۲۲) در فصل زمستان برحسب درصد

دلیل وجود ارتفاعات مانند جویبار، هزار، لاله زار و جبال بارز، به صورت متمرکز و تجمعی باقی مانده است. بر اساس نتایج حاصل از داده‌های ایستگاهی، پراکنش مکانی پوشش ابری در منطقه مورد مطالعه از الگوی مشخصی پیروی می‌کند. به طور کلی، از شرق به غرب روند افزایشی در پوشش ابری مشاهده می‌شود، به طوری که کمترین میزان پوشش ابری در استان سیستان و بیشترین آن در استان کرمان گزارش شده است. با این حال، نتایج حاصل از داده‌های بازگاو ERA5 الگوی پراکنش متفاوتی را نشان می‌دهد. در این داده‌ها، تمرکز اصلی پوشش ابری در استان کرمان بوده و الگوی مشخصی از شرق به غرب مشاهده نمی‌شود. این تفاوت در الگوی پراکنش مکانی پوشش ابری در نقشه‌های ابرناکی ارائه شده در این پژوهش نیز قابل مشاهده است. با توجه به داده‌های ایستگاهی، به جز استان کرمان که میانگین پوشش ابری حدود ۱۶ درصد را نشان می‌دهد، سایر مناطق پوشش ابری بسیار کمی داشته و کمتر از ۴ درصد گزارش شده است. این نشان‌دهنده غالب بودن آسمان صاف در بیشتر مناطق مورد مطالعه است. نتایج هر دو مجموعه داده، یعنی داده‌های ایستگاهی و داده‌های ERA5، حاکی از غالب بودن آسمان صاف تا نیمه‌ابری در ماه‌های مورد مطالعه است. به نظر می‌رسد این یافته با توجه به توده‌های هوای موثر بر منطقه، به ویژه در فصل زمستان، قابل توجیه است.

پراکنندگی زمانی - مکانی پوشش ابر بر اساس داده‌های شبکه‌ای در زمستان: شکل (۵) توزیع زمانی-مکانی پوشش ابری در سه استان مورد مطالعه، به ویژه کرمان را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از تفاوت‌های چشمگیری در پراکنش ابرناکی بین ماه دی و دو ماه بعدی است. به دلیل وسعت منطقه، پوشش ابری به شدت تحت تأثیر عرض جغرافیایی و ارتفاع قرار دارد. در فصل زمستان، به‌طور کلی تعداد روزهای ابری در سراسر کشور افزایش می‌یابد. با این حال، در مناطق جنوب شرقی مانند برخی نقاط سیستان و بلوچستان، روزهای ابری کمتری مشاهده می‌شود. بر اساس داده‌های بازگاو ERA5، بیشترین پوشش ابری در ماه بهمن با میانگین ۲۳ درصد و کمترین آن در ماه دی با میانگین ۱۹ درصد ثبت شده است. در هر سه ماه زمستان، مرکز استان کرمان و برخی مناطق سیستان و بلوچستان پوشش ابری کمتری نسبت به سایر مناطق دارند. کمترین پوشش ابری (کمتر از ۳ درصد) در شمال شرق استان کرمان و بخش‌های مرکزی و غربی سیستان و بلوچستان مشاهده شده است. با پیشروی فصل زمستان، پوشش ابری به تدریج کاهش یافته و مناطق با پوشش ابری کم گسترش بیشتری یافته‌اند. در پایان فصل زمستان، بیش از ۹۰ درصد از منطقه مطالعاتی پوشش ابری کمی داشته است. پوشش ابری در استان کرمان به

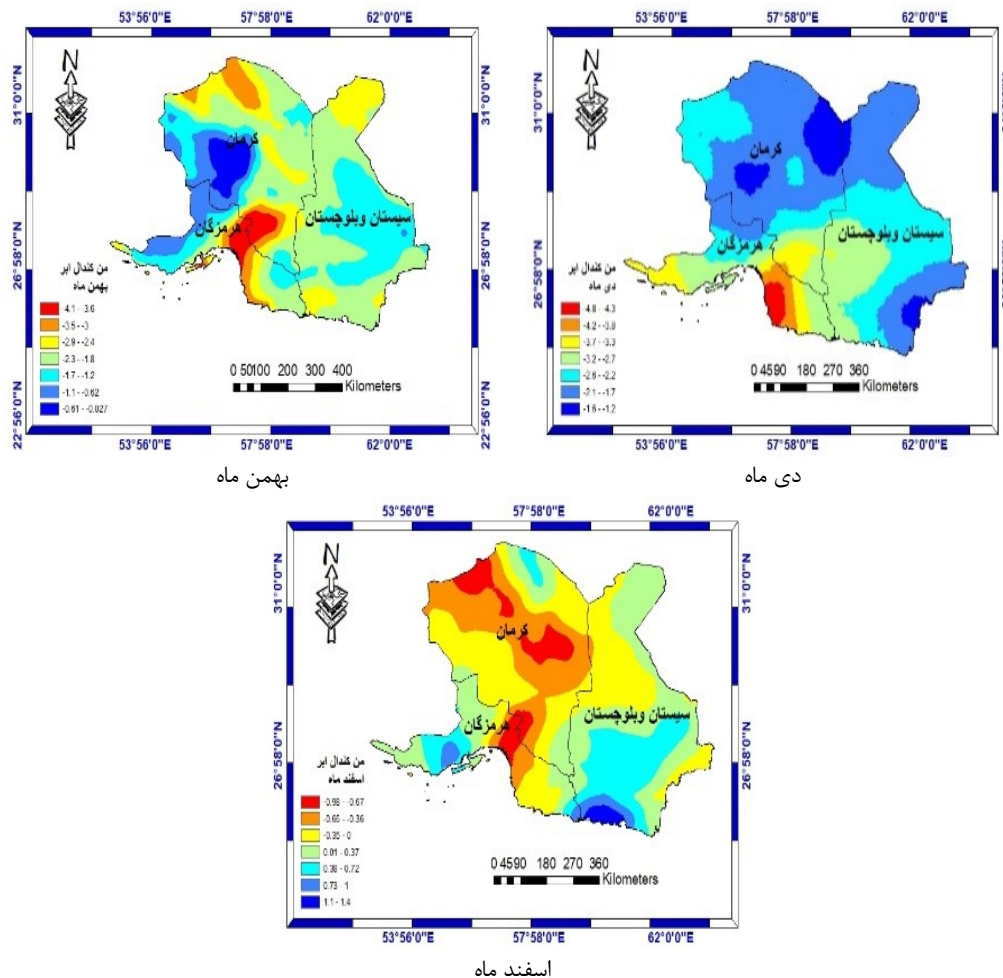


شکل ۵: نقشه پراکنش مکانی مقدار ابرناکی ماهانه با استفاده از داده های بازکاوی در فصل زمستان (۱۹۸۹-۲۰۲۲) بر حسب درصد

۲۰۲۳، تسلا و شپیگ ، ۲۰۲۳). در ماه بهمن نیز روند کاهشی پوشش ابری ادامه یافته است. به ویژه در استان هرمزگان و بخش هایی از استان کرمان، کاهش پوشش ابری بسیار چشمگیر بوده است. با این حال، در برخی نواحی مانند غرب استان هرمزگان، روند معنی داری مشاهده نمی شود. در مقابل، در ماه اسفند، روند در پوشش ابری مشاهده نمی شود و تغییرات معنی داری در مقایسه با ماه های قبل مشاهده نشده است. به طور کلی، نتایج تحلیل نشان می دهد که در فصل زمستان، به ویژه در ماه های دی و بهمن، شاهد کاهش معنی دار پوشش ابری در بسیاری از مناطق مورد مطالعه هستیم. این کاهش می تواند پیامدهای جدی برای منطقه داشته باشد، از جمله کاهش بارندگی، افزایش تبخیر و تشدید خشکسالی.

بررسی روند تغییرات پوشش ابر بر اساس داده های شبکه ای در زمستان: شکل ۶ روند زمانی پوشش ابری در فصل زمستان را بر اساس شاخص من-کندال نشان می دهد. تحلیل روند نشان می دهد که در ماه دی، به طور کلی شاهد کاهش معنی دار پوشش ابری هستیم. این کاهش، به ویژه در استان هرمزگان با سطح اطمینان ۹۹ درصد و در بیشتر نواحی استان سیستان و بلوچستان با سطح اطمینان ۹۵ درصد، بسیار معنی دار است. کاهش پوشش ابری می تواند ناشی از افزایش دمای هوا (لو^۱ و همکاران، ۲۰۲۴) و تغییرات در الگوهای گردش عمومی جو باشد (کومارو^۲ و همکاران، ۲۰۱۵؛ مورون و همکاران،

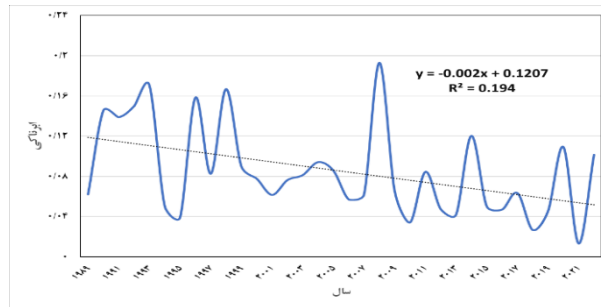
1. Luo
2. Komarov



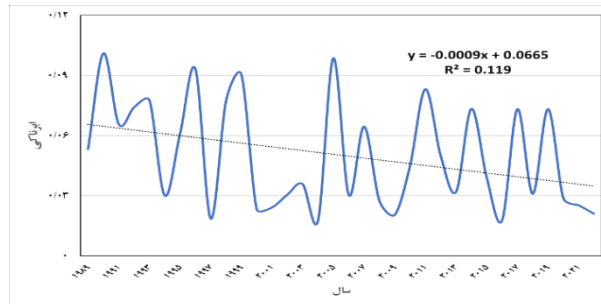
شکل ۶: نقشه پراکندگی ضرایب من کندال پوشش ابری داده های بازکاوی era5

بلندمدت نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، میزان ابرناکی به طور قابل توجهی کمتر از میانگین بوده است. کاهش میزان ابرناکی در سال‌های اخیر می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد، از جمله گرمایش جهانی؛ تغییرات در الگوهای گردش عمومی جو، افزایش دمای سطح زمین و تغییرات در پوشش گیاهی. این کاهش می‌تواند بر روی رژیم بارشی منطقه و سایر پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار باشد. مقدار میانگین ابرناکی در دهه ۱۹۹۰ بالاتر از خط میانگین بوده و در سالهای بعد زیر عدد میانگین قرار دارد بارش نیز در روند میانگین خود روندی همچون ابرناکی را طی کرده و در سالهای اخیر مقداری کمتر از میانگین را ثبت نموده است. به طور کلی در سال‌های اخیر پوشش ابری رفتار بسیار کاهشی داشته است.

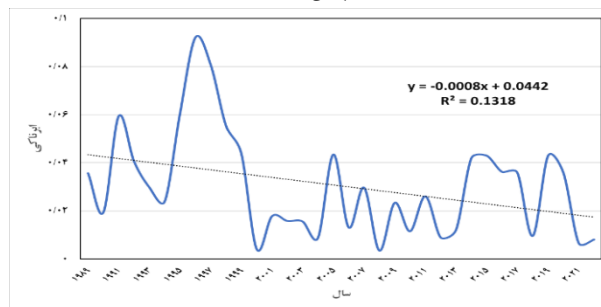
شکل ۷ تغییرات زمانی میزان ابرناکی را بر اساس داده‌های بازکاوی ERA5 در فصل زمستان نشان می‌دهند. تحلیل روند این داده‌ها با استفاده از روش رگرسیون خطی ساده صورت گرفته است. در هر سه ماه، روند کلی میزان ابرناکی کاهشی بوده است. کمترین میزان ابرناکی در دهه ۲۰۰۰ مشاهده شده است. ضریب تعیین در هر سه ماه دی، بهمن و اسفند به ترتیب ۲۰ درصد، ۱۱ درصد و ۱۳ درصد است که نشان می‌دهد مدل رگرسیون خطی توانسته است به ترتیب ۲۰ درصد، ۱۱ درصد و ۱۳ درصد از تغییرات میزان ابرناکی را توضیح دهد. مقایسه هر سه ماه نشان می‌دهد که روند کاهشی ابرناکی در هر سه ماه وجود دارد. با این حال، شدت این کاهش در ماه‌های مختلف متفاوت بوده است. همچنین، مقایسه با میانگین



دی ماه



بهمن ماه



اسفند ماه

شکل ۷: نمودار شیب رگرسیون ابرناکی در فصل زمستان

نتیجه گیری

در این پژوهش، از داده‌های ابرناکی سازمان هواشناسی کشور، شامل اطلاعات ۲۳ ایستگاه سینوپتیک، و داده‌های ابرناکی بازکاوای ERA5 با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه، در محدوده سه استان سیستان و بلوچستان، هرمزگان و کرمان استفاده شد. تحلیل روند زمانی ابرناکی طی ۳۴ سال با استفاده از آزمون من-کندال نشان داد که در ماه‌های سرد سال (دی و بهمن) به طور کلی روند کاهشی در پوشش ابر مشاهده می‌شود. این روند در استان هرمزگان در سطح اطمینان ۹۹ درصد و در بخش‌های عمده‌ای از استان سیستان و بلوچستان در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار تشخیص داده شد. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که در ماه‌های سرد سال، به ویژه در

استان‌های جنوبی کشور، روند کاهش پوشش ابر مشهود است. این روند ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند تغییرات اقلیمی، تغییرات در الگوهای گردش عمومی جو و یا عوامل محلی باشد. نتایج نشان می‌دهد که با حرکت به سمت جنوب کشور، میزان ابرناکی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این پدیده به دلیل دور بودن مناطق جنوبی از سامانه‌های مرطوب غربی و تأثیر بیشتر عوامل محلی مانند رطوبت خلیج فارس، توده‌های سودانی و اقیانوس هند است. کمترین میزان ابرناکی سالانه در ایستگاه‌های کهنوج، سراوان، زابل، بندر لنگه، جاسک، جزایر کیش و ابوموسی، ایرانشهر، خاش، زاهدان و میناب مشاهده شده است. وجود سامانه‌های پرفشار جنب حاره‌ای در جنوب کشور و خشک و بیابانی بودن مناطق مرکزی و

حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) در خصوص روند پوشش ابری در مناطق شرقی مغایرت دارد. به نظر می‌رسد استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در آن مطالعه نتوانسته است تغییرات ظریف در پوشش ابری را به خوبی آشکار سازد. بنابراین ابرناکی به عنوان متغیری که به طور مستقیم با سایر متغیرهای اقلیمی در ارتباط است و کاهش یا افزایش آن، موجب می‌شود تا مقدار متغیرهایی همانند دما، بارش و رطوبت نیز دچار تغییر شوند. فلذا مطالعه این متغیر مهم آب و هوایی و بررسی تغییرات آن حائز اهمیت بسیار بالایی می‌باشد و به ویژه در موضوعاتی همچون خشکسالی‌ها و بحران‌های آبی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

شرقی ایران، مانع نفوذ عمیق سامانه‌های بارشی غربی به این مناطق شده است. در نتیجه، با حرکت از غرب به شرق کشور، به دلیل تخلیه رطوبت سامانه‌ها، میزان ابرناکی به طور کلی کاهش می‌یابد. همچنین، با حرکت از شمال به جنوب و استقرار پرفشار جنب حاره‌ای، کاهش چشمگیری در ابرناکی مشاهده می‌شود. بر اساس مطالعه علیجانی (۲۰۱۶)، میانگین ابرناکی سالانه در ایران ۲۷٫۵ درصد برآورد شده است. نتایج این مطالعه نیز همسو با مطالعات انجام شده در خصوص پوشش ابرناکی می‌باشد که به روند کاهشی پوشش ابری نیز اشاره داشته‌اند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۲، احمدی و همکاران، ۱۳۹۷؛ شاه محمدی و همکاران، ۱۴۰۳). نتایج این پژوهش نیز با یافته‌های

منابع

۱. ابراهیمی خوسفی، زهره. (۱۴۰۱). تحلیل اثر سرعت باد و رطوبت خاک بر تغییرات دید افقی ناشی از رخداد گردوغبار در مناطق خشک (منطقه مطالعاتی: جنوب شرق ایران). مهندسی اکوسیستم بیابان. ۸(۲۴): ۱۰۹-۱۲۱. DOI: 10.22052/deej.2018.7.24.61
۲. احمدی، محمود، حمزه، احمدی، و عباسعلی داداشی رودبای (۱۳۹۷). واکاوی روند تغییرات الگوی فضایی ابرناکی سالانه فصلی ایران. مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۷(۱۵): ۲۳۷-۲۴۵.
۳. ارجمند، مریم، راشکی، علیرضا، و سرگزی، حسین. (۱۳۹۷). پایش زمانی و مکانی پدیده گردوغبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنوب شرق ایران، با تاکید بر منطقه جازموریان. اطلاعات جغرافیایی، ۲۷(۱۰۶): ۱۵۳-۱۶۸.
۴. اسمعیل پور، مرضیه، دین‌پژوه، یعقوب. (۱۳۹۱). تحلیل روند بلندمدت تبخیر تعرق پتانسیل در حوضه جنوبی رود ارس. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۳(۳): ۱۹۳-۲۱۰.
۵. حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم، موحدی، سعید. (۱۳۹۷). واکاوی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنجنش از دور. مخاطرات محیط طبیعی، ۷(۱۶): ۱۲۷-۱۴۴. DOI: 10.22111/jneh.2017.3144
۶. رسولی علی اکبر، جهانبخش سعید، قاسمی احمدرضا (۱۳۹۲). بررسی تغییرات زمانی و مکانی مقدار پوشش ابر در ایران. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۸(۳): ۸۷-۱۰۴.
۷. شامحمدی، زینب، یاراحمدی، داریوش، میرهاشمی، حمید. (۱۴۰۳). تحلیل زمانی و مکانی پوشش ابر سطح پایین جو در گستره ایران زمین. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۳(۵): ۱۵۹-۱۸۴.
۸. صحراپیان، فاطمه، فاطمه، رحیم زاده و مزده، پدram (۱۳۸۳). روند میانگین سالانه پوشش ابری آسمان و میانگین سالانه دمای حداکثر در تعدادی از ایستگاه‌های کشور، نیوار، شماره ۴۵-۵۵: ۷-۱۹.
۹. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
۱۰. کربلایی، علیرضا، بیگم حجازی زاده، زهرا، مسعودیان، سید ابوالفضل، کیخسروی کیانی، محمد. (۱۴۰۰). واکاوی روند تغییرات میانگین دمای رویه ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنجنش از دور. جغرافیا و مخاطرات محیطی، 10(2), 93-109. doi: 10.22067/geoeh.2021.69462.1035
11. Abad, B., Salahi, B., Raispour, K., De Luis, M., Serrano, R., & Moradi, M. (2022). Assessment of LST spatial and temporal changes in Jazmourian basin, southeast Iran. *Physical Geography*, 43(6), 809-828.
12. Aellig, R., Gerighausen, J., Fink, A., Knippertz, P., & Philippon, N. (2021). Satellite-and station-based climatology

- Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 29(9), 1294-1311.
22. Filipiak, J.; and Mielus, M. (2009). Spatial and temporal variability of cloudiness in Poland (1971-2000), International Journal of Climatology No. 29 (9). PP.1294-1311
 23. Ghasemifar, E., Farajzadeh, M., Perry, M. C., Rahimi, Y. G., & Bidokhti, A. A. (2018). Analysis of spatiotemporal variations of cloud fraction based on geographic characteristics over Iran. *Theoretical and applied climatology*, 134, 1429-1445.
 24. Hashimoto, H., Nemani, R. R., Bala, G., Cao, L., Michaelis, A. R., Ganguly, S., ... & Myneni, R. (2019). Constraints to vegetation growth reduced by region-specific changes in seasonal climate. *Climate*, 7(2), 27.
 25. Jaswal, A., Kore, P.A., & Singh, V.B. (2016). Variability and trends in low cloud cover over India during 1961-2010. MAUSAM.
 26. Keikhosravi Kiany, M. S., Masoodian, S. A., Balling Jr, R. C., & Svoma, B. M. (2017). Spatial and temporal variations of snow cover in the Karoon River Basin, Iran, 2003–2015. *Water*, 9(12), 965.
 27. Komarov, V. S., Matvienko, G. G., Il'in, S. N., & Lomakina, N. Y. (2015). Estimate of local features of long-term variations in cloud cover over the territory of Siberia using results of its climatic zoning according to total and low-level cloud regimes. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 28, 265-272.
 28. Kostsov, V. S., Kniffka, A., Stengel, M., & Ionov, D. V. (2019). Cross-comparison of cloud liquid water path derived from observations by two spaceborne and one ground-based instrument in northern Europe. *Atmospheric Measurement Techniques*, 12(11), 5927-5946.
 29. Lee, S., Kim, S. W., Hwang, S. O., Choi, J. N., Ahn, K. B., & Kim, J. (2020). Comparative analysis of the cloud behavior over inland and coastal regions within single climate of low-level cloud cover during the long dry season in western Central Africa (No. EGU21-9552). Copernicus Meetings.
 13. Awty-Carroll, K., Bunting, P., Hardy, A., & Bell, G. (2021). Evaluation of the Continuous Monitoring of Land Disturbance Algorithm for Large-Scale Mangrove Classification. *Remote sensing*, 13(19), 3978.
 14. Bartoszek, K., Łachowski, W., & Matuszko, D. (2023). The increase in the proportion of impervious surfaces and changes in air temperature, relative humidity, and cloud cover in Poland.
 15. Bromwich, D.H., Nicolas, J.P., Hines, K.M., Kay, J.E., Key, E.L., Lazzara, M.A. Lubin, D., McFarquhar, G.M. Gorodetskaya, I.V., Grosvenor, D.P. Lachlan-Cope, T. van Lipzig, N.P.M. (2012). Tropospheric clouds in Antarctica, Copyright 2012 by the American Geophysical Union, Reviews of Geophysics.
 16. Chen, Z., Wang, M., Zhang, H., Lin, S., Guo, Z., Jiang, Y., & Zhou, C. (2022). Long-term change in low-cloud cover in Southeast China during cold seasons. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 15(6), 100222.
 17. Chepfer, H., Noel, V., Winker, D. & Chiriaco, M. Where and when will we observe cloud changes due to climate warming? *Geophys. Res.* (2014)
 18. Chernokulsky, A. Mokhov, II. (2012) Climatology of Total Cloudiness in the Arctic: An Intercomparison of Observations and Reanalyses, *Advances in Meteorology Volume 2012*.
 19. Croke, M.S., Cess, R.D., and Hameed, S. 1998. Regional cloud cover change associated with global climate change: Case studies for three regions of the United State. *J. Climate*, 7.
 20. Dim, J.R., Murakami, H., Nakajima, T.Y., Nordell, B., Heidinger, A.K., & Takamura, T. (2011). The recent state of the climate: Driving components of cloud-type variability. *Journal of Geophysical Research*, 116.
 21. Filipiak, J., & Miętus, M. (2009). Spatial and temporal variability of cloudiness in Poland, 1971–2000. International

37. Stengel, M.; Kniffka, A.; Meirink, J. F.; Lock off, M. L.; Tan, J. and Hollmann, R. (2014). The CM SAF cloud property dataset using SEVIRI. *Atmospheric Chemistry and Physics*. NO 14. PP 4297–4311.
38. Stoy, P.C., Bromley, G.T., Prein, A.F., & Albeke, S.E. (2024). The Decline in Summer Fallow in the Northern Great Plains Cooled Near-Surface Climate but had Minimal Impacts on Precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 129.
39. Tsila, A., & Shpyg, V. (2023). Interannual variability of total and low cloudiness over large cities of Ukraine: an intercomparison of observations and reanalysis. *Book of Abstracts of the International Conference of Young Scientists on Meteorology, Hydrology and Environmental Monitoring (ICYS-MHEM)*.
40. Vial J, Bony S, Stevens B, Vogel R (2017) Mechanisms and model diversity of trade-wind shallow cumulus cloud feedbacks : a review. *Surv Geophys*
41. Warren, S.G., Eastman, R.M., and Hahn, C.J. 2007. A survey of changes in cloud cover and cloud types over land from surface observations, 1971-1996. *J. Climate*, 20.
42. Wylie, D; Jackson, D. Menzel, P. Bates, J. (2005). Trends in Global Cloud Cover in Two Decades of HIRS Observations, *Jurnal of climate* ,18: 3021 – 3031
43. Zeng, S. Parol, F. Riedi, J. Cornet, C., Thieuleux, F. (2011) Examination of POLDER/PARASOL and MODIS/Aqua Cloud Fractions and Properties Representativeness. *Journal of climate*
44. Zhang, Xiao, Cao, Junji, Li, LM, 2000, Characterization of atmospheric aerosol over Xi'an in the South Margin of the Loess Plateau, China, *Atmospheric Environment* 2002; 36(26), 4189–4199, Vicente de Paulo and Modarres R. Yue. characteristics. *Atmosphere*, 11(12), 1316.
30. Lei, Y.; Leto, H.; Shand, Hu. and Shi, G. (2020). Cloud cover over the Tibetan Plateau and eastern China: a comparison of ERA5 and ERA-Interim with satellite observations. *Climate Dynamics*. Vol 54. PP 2941–2957. /doi.org/10.1007/s00382-020-05149-x.
31. Luo, H., Quaas, J., & Han, Y. (2024). Diurnally asymmetric cloud cover trends amplify greenhouse warming. *Science Advances*, 10(25), eado5179.
32. Mishra, A. (2017). Investigating changes in cloud cover using the long-term record of precipitation extremes. *Journal of the Royal Meteorological Society*. NO 26. PP108_116.
33. Moron, V., Camberlin, P., Aellig, R., Champagne, O., Fink, A., Knippertz, P., & Philippon, N. (2023). Diurnal to interannual variability of low-level cloud cover over western equatorial Africa in May–October. *International Journal of Climatology*, 43(13), 6038-6064.
34. Pliemon, T., Foelsche, U., Rohr, C., & Pfister, C. (2022). Subdaily meteorological measurements of temperature, direction of the movement of the clouds, and cloud cover in the Late Maunder Minimum by Louis Morin in Paris.
35. Schiffer, R.A. and W.B. Rossow. (1983). The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) The first project of the World Climate Research Programme. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, No. 64. PP. 779-784.
36. Shelton, S., Pushpawela, B., & Liyanage, G.W. (2021). The long-term trend in the diurnal temperature range over Sri Lanka from 1985 to 2017 and its association with total cloud cover and rainfall. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*.