

جغرافیا و توسعه شماره ۵۰ بهار ۱۳۹۷

وصول مقاله : ۱۳۹۵/۰۹/۰۷

تأیید نهایی : ۱۳۹۶/۰۱/۱۹

صفحات : ۲۳۰-۲۱۳

شناسایی فصلی و ماهانه ابرناکی در ایران با بهره‌گیری از داده‌های فرآورده ابر سنجنده مودیس ماهواره تررا

خداکرم حاتمی بهمن‌بیگلو^{۱*}، دکتر سعید موحدی^۲

چکیده

هدف از این پژوهش، شناسایی توزیع مکانی و برآورد میانگین بلندمدت ابرناکی (روزهای ابری، نیمه‌ابری و صاف) در مقیاس زمانی فصلی و ماهانه در ایران است؛ بنابراین از داده‌های فراسنج درصدا برپوش در فرآورده ابر سنجنده مودیس تررا (MOD06) استفاده شده است. در این پژوهش، با توجه به نامنظم بودن شبکه مختصات جغرافیایی تصاویر روزانه مودیس بر فراز کشور، ابتدا داده‌های درصدا برپوش به شبکه منظم ۵×۵ کیلومتری که براساس چارچوب مختصات جغرافیایی ایران تهیه شده بود، منتقل گردید تا به واکاوی بلندمدت اقلیمی پوشش ابر پرداخته شود. یافته‌های پژوهش نشان داد که بیشترین فراوانی تعداد روزهای ابری در فصل زمستان با ۳۶ روز و کمترین آن در فصل تابستان با ۷/۸ روز رخ می‌دهد. در مقیاس ماهانه، بیشترین فراوانی روزهای ابری در ماه بهمن با ۱۲/۸ روز و کمترین آن در شهریور با ۱/۸ روز رخ می‌دهد. توزیع مکانی پوشش ابر نشان داد که گستره بیشینه فراوانی تعداد روزهای ابری در فصول بهار، تابستان و پاییز در سواحل جنوبی و غربی دریای خزر است؛ اما در فصل زمستان بر روی ارتفاعات کوهستانی شمال کشور قرار می‌گیرد. گستره کمینه روزهای ابری در فصول بهار، پاییز و زمستان در جنوب شرق کشور است، اما در فصل تابستان از جنوب و جنوب شرقی کشور جدا شده و در مناطق مرکزی کشور دیده می‌شود. گستره بیشینه روزهای نیمه‌ابری بر روی ارتفاعات کوهستانی کشور و کمینه آن در مناطق جنوبی، مرکزی و پایکوه‌ها و جلگه‌هاست. در مجموع، فراوانی تعداد روزهای ابری (روزهای صاف) از شمال به جنوب شرقی کشور کاهش (افزایش) می‌یابد، اما در فصل تابستان در جنوب شرق و شمال تنگه هرمز و در فصل زمستان بر روی ارتفاعات کوهستانی شمال کشور افزایش می‌یابد و جهت کاهشی (افزایشی) روزهای ابری (روزهای صاف) در کشور بر هم می‌خورد. واژه‌های کلیدی: درصدا برپوش، وضعیت آسمان، مودیس تررا، پوشش ابر، ایران.

khhatami@yahoo.com
S.movahedi@geo.ui.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران *

۲- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

مقدمه

ابر، بخار آب موجود در هواست که شامل ذرات ریز آب یا یخ یا هر دو آنهاست که در هوای آزاد معلق هستند و معمولاً به سطح زمین نمی‌رسند. علاوه بر این، می‌تواند شامل ذرات جامد یا غیر آبدار مانند دژدودها^۱ (دود و گرد و غبار) شود (WMO, 1975: 9). ابرها تغییرپذیری زمانی و مکانی زیادی دارند و می‌توانند اقلیم را از طریق روابط پیچیده زیادی تحت تأثیر قرار داده و چرخه آب را درگیر سازند. همچنین، در کنترل میدان‌های سه‌بعدی شاره‌های تابشی در هواسپهر نقش دارند و در عوض، شاره‌های تابشی، گردش عمومی نیرومندی را در هواسپهر، زمین و اقیانوس به وجود می‌آورند و سپس گردش‌های عمومی به واسطه ابرها به صورت یک حلقه در بازخورد اقلیمی ادغام می‌شوند (Schiffer & Rossow, 1983: 779). علاوه بر این، ابرها نقش مهمی در پیش‌بینی اقلیمی و هوایی دارند و تغییرپذیری اقلیمی را تحت تأثیر قرار داده و چرخه آب‌شناختی را تغییر می‌دهند (Stephens et al, 2002: 1772) و جزء تعدیل‌کننده‌های مهم اقلیمی به‌شمار می‌روند (Jiang et al, 2012: 1-2, Otkin & Greanwald, 2008: 1957). نیاز به توسعه پایدار منجر به رشد و بهره‌گیری از انرژی سبز و کاهش سوخت‌های فسیلی شده است و انرژی خورشیدی یک انرژی سبز است که به‌طور چشمگیری در سال‌های اخیر در جهت تولید انرژی توسعه یافته است؛ بنابراین ماهیت متناوب و ناپایدار منابع خورشیدی در سطح زمین به سبب اثرات پوشش ابر (گونه‌های ابر) است و ارتفاع و ستبرای نوری متفاوت ابرها بر روی تابش اثرات زیادی دارد. ارزیابی درست از منابع خورشیدی، در مکان‌یابی و عملکرد صفحات خورشیدی در نیروگاه‌های حرارتی بسیار مهم است و نقش ابر به‌عنوان فاکتور اصلی میرایی تابش دارای اهمیت

است. وجود آمار و اطلاعات درباره مقدار پوشش و نوع ابرهای موجود در آسمان، ضروری است تا سطوح میرایی آنها در پراکنش‌های مختلف ابر واکاوی شود (Martinez chico et al, 2011: 4055).

مطالعات متعددی در زمینه اقلیم‌شناسی ابر در خارج از کشور انجام شده است، اما مطالعات داخلی مرتبط با موضوع پژوهش بسیار اندک است که در این زمینه می‌توان به پژوهش رسولی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد که با بهره‌گیری از مقادیر پوشش ابر ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک، تغییرات مکانی پوشش ابر در کشور را در دوره آماری ۲۲ ساله (۱۹۸۶ تا ۲۰۰۷ میلادی) با کاربرد تحلیل خوشه‌ای بررسی کرده‌اند. یافته‌های آنان نشان داده است که پوشش ابرناکی کشور ایران را می‌توان به پنج منطقه تفکیک کرد که با الگوهای هم‌دید سامانه‌های هوا مطابقت دارند. بیشینه مقدار پوشش ابر در سواحل جنوبی دریای خزر قرار دارد و کمینه آن در مناطق جنوبی کشور است (رسولی و همکاران، ۱۳۹۲: ۸۵). همچنین، بنائیان و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی نوسان‌پذیری اقلیمی در شمال شرق کشور ابرناکی را به روزهای صاف (۲-۰ اکتا)، روزهای نیمه‌ابری (۶-۳ اکتا) و روزهای ابری (۸-۷ اکتا) گروه‌بندی کرده‌اند (بنائیان و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۰).

در مطالعات خارجی، ناکومورا (۱۹۸۵) به تخمین توزیع تشعشع در شرایط آسمان کاملاً ابری، نیمه‌ابری و آسمان صاف در ژاپن پرداخته است. وی برای رده‌بندی وضعیت آسمان از پارامترهای مقدار ابر، مدت تابش و وضعیت هوا استفاده کرده است. در تشخیص آسمان صاف، مقدار ابر: بین ۰ تا یک‌دهم؛ مدت تابش: ۱۰ ساعت و وضعیت هوا: صاف و آسمان تمام ابری، مقدار ابر: ۱۰ دهم؛ مدت تابش: ۰ ساعت و وضعیت هوا: ابری، مه‌آلود، دریزل، بارانی، اسلیت،

از این رو، این پژوهش بنیادی، توزیع مکانی و زمانی وضعیت ابرناکی یا وضعیت آسمان (روزهای ابری، نیمه‌ابری، آسمان صاف) در کشور را با بهره‌گیری از فرآورده ابر سنجنده مودیس^۲ سوار بر ماهواره ترا^۳ در مقیاس فصلی و ماهانه بررسی کرده و در ادامه به واسطه داده‌های پوشش ابر مودیس ترا با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک پرداخته است.

مواد و روش‌ها

اطلاعات ابر از دو پایگاه استخراج می‌شود: یکی اطلاعات به‌دست آمده از ماهواره‌ها و دیگری دیده‌بانی‌های هوایی و سطح‌زمین (Schiffer & Rossow, 1983: 780). در حال حاضر، در اقلیم‌شناسی ابر به‌طور گسترده‌ای از داده‌های سطحی و ماهواره‌ای استفاده می‌شود. از لحاظ تاریخی سنجش‌های زمین پایه ابر متکی به مشاهدات چشمی انسان است و اطلاعاتی درباره گونه‌های مختلف و مقادیر پوشش ابر در فواصل زمانی مشخص تهیه می‌کنند (An and Wang, 2015: 1009).

در این پژوهش، از فرآورده ابر سنجنده مودیس سوار بر ماهواره ترا بهره گرفته شده است. این سنجنده فرآورده‌های ابر منطقه‌ای و جهانی را با پوشش طیفی زیاد و تفکیک مکانی بالا در باندهای کلیدی هواسپهر-زمین تهیه می‌کند که در سنجش‌گرهای قبلی و ژرفاسنج‌ها وجود ندارد (Menzel et al, 2008: 1176). این فرآورده در مجموعه^۴ به‌صورت روزانه در تارنمای پانوش^۵ ذخیره شده است. فرآورده ابر سنجنده مودیس یک فرآورده سطح^۲ است که در مجموعه^۴ و بالاتر با فرمت داده‌ای سلسله‌مراتبی^۶ به‌صورت تصویر (گرانول^۷) بایگانی شده است. یک

برفی و تندی در نظر گرفته است و آسمان نیمه‌ابری بین دو آستانه‌های فوق در نظر گرفته است

(Nakamura et al, 1985: 25). کیان و همکاران

(۲۰۱۲) روزهای بسیار ابری را بیش از ۰/۸ و روزهای کمی ابری را کمتر از ۰/۳ در نظر گرفته است و به مقایسه داده‌های پوشش ابر دو پایگاه داده^۱ پرداخته است (Qian et al, 2012: 1806). استو و همکاران (۱۹۸۹) به آستانه‌گذاری روزهای صاف بین ۰ تا ۵ درصد و روزهای نیمه‌ابری ۶ تا ۵۰ درصد و روزهای ابری را ۵۱ تا ۹۵ درصد و روزهای تمام ابری را ۹۶ تا ۱۰۰ درصد پرداخته‌اند (Stowe et al, 1989: 692).

فیلیپیاک و میتاس (۲۰۰۹) آستانه‌های ۰ تا ۱ اکتا برای روزهای بدون ابر، ۲ تا ۶ اکتا برای روزهای نیمه‌ابری، ۷ اکتا برای روزهای کمی ابری و ۸ اکتا را کاملاً ابری در نظر گرفته‌اند (Filipiak and Mietus, 2009: 1299).

علاوه بر این، محققانی چون (Castro-Almazon (2015), Calbo et al, 2001), Xia (2012), Die et al (1999), Li and Lam (2001) به آستانه‌گذاری بر روی مقادیر پوشش ابر ایستگاه‌های سطحی و ماهواره‌ای پرداخته و وضعیت آسمان را تعیین کرده‌اند تا تابش و فراسنج‌های دیگر را در سطح منطقه‌ای و جهانی بررسی کنند.

بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که در رده‌بندی وضعیت ابرناکی (وضعیت آسمان) دیدگاه‌های مختلفی در پژوهش‌های بین‌المللی وجود داشته و براساس نیاز پژوهشی به رده‌بندی وضعیت آسمان یا ابرناکی پرداخته‌اند. با توجه به اینکه در ایران مطالعات اندکی در زمینه اقلیم‌شناسی ابر وجود دارد و داده‌های ابر نیز منحصراً در ایستگاه‌های هواشناسی ثبت می‌شود و در برخی از مناطق کشور نیز از دوره زمانی کوتاهی برخوردار است، ضرورت دارد تا از داده‌های دورکاو در اقلیم‌شناسی ابر کشور استفاده شود؛

2-MODIS sensor
3-Terra Satellite
4-Collection 6
5-ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/6/MOD06_L2/
6-Hierarchical Data Format (HDF)
7-Granule

1-IPCC and ARM datasets

هواویزها و انتقال همرفتی استفاده شود. پوشش ابر می‌تواند به‌عنوان فراسنجی در رویکردهای آماری پیش‌بینی و تشخیصی استفاده شود (Qian et al, 2012:1788).

در این مطالعه از فراسنج درصد ابرپوش با تفکیک مکانی ۵×۵ کیلومترمربع استفاده شده است که برابر با ۲۵ یاخته ۱×۱ کیلومترمربع از ابرپوشه مودیس است و هر یاخته آن مقادیر ۰/۰، ۰/۴، ۰/۸، ۰/۱۲، ۰/۱۶، و... تا ۱۰۰ درصد را دربر می‌گیرد (Hubanks et al, 2015:73). یک یاخته با مقدار ۴ درصد نشان‌دهنده این است که در محدوده ۵×۵ کیلومترمربع از ابرپوشه مودیس در ۱ یاخته ابر شناسایی شده است.

محدوده مورد پژوهش در این مطالعه کشور ایران است که در عرض جغرافیایی ۴۰-۲۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۶۳-۴۴ درجه شرقی قرار دارد. دوره آماری مورد پژوهش از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ خورشیدی (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی) است.

با توجه به موقعیت کشور ایران، مودیس تررا در شبانه‌روز در دو بازه زمانی از فراز کشور می‌گذرد که تصاویر استفاده شده در این پژوهش در بین دو بازه زمانی جداگانه یکی ۶ تا ۹ و دیگری ۱۷ تا ۲۰ به وقت گرینویچ است. ابتدا تصاویر در دو بازه زمانی از یکدیگر تفکیک شدند که این روش توسط کتاربا (Kotarba, 2009: 525) انجام شده است، سپس با توجه به مختصات جغرافیایی نامنظم تصاویر و هم‌پوشانی آنها ضروری است تا فراسنج موردنظر پس از حذف همپوشانی آنها به شبکه منظم منتقل شود تا بتوان در واکاوی آماری بلندمدت استفاده کرد؛ از این‌رو، در این پژوهش از شیوه جدیدی برای انتقال داده‌ها به شبکه منظم استفاده شده است که تفکیک مکانی فرآورده ابر مودیس تغییر نکند. اگرچه داده‌های فرآورده ابر مودیس تررا با شبکه‌بندی مجدد به یک

گرانول شامل داده‌هایی از محدوده ۲۳۳۰ کیلومتری در عرض و ۲۰۰۰ کیلومتری در طول، از داده‌های زمین مرجع شده است (Platnick et al, 2014:1). این فرآورده، با استفاده از الگوریتم‌های مختلف و اعمال آن بر روی تصاویر ابرپوشه^۱ مودیس (با تفکیک مکانی ۱×۱ کیلومتر مربع) تهیه می‌شود. ابر پوشه مودیس یکی از فرآورده‌های کاربردی است که اطلاعات ابر و سطح زمین را گردآوری می‌کند و به‌صورت یک مرجع استاندارد برای مقایسه با نتایج سنجنده‌های دیگر استفاده می‌شود (Li et al, 2007:314).

در الگوریتم ابر پوشه مودیس از تابندگی ۱۴ باند طیفی (۰/۲، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۲۱-۰/۱۸، ۰/۲۶-۰/۲۷، ۰/۲۹، ۰/۳۱، ۰/۳۲، ۰/۳۵) استفاده می‌شود تا برآورد کند که آیا یک یاخته مشخص از رویه زمین ابر یا هواویز ستبر است و یا به‌وسیله سایه ابر تحت‌تأثیر قرار گرفته است؛ بنابراین استفاده از آزمون‌های مختلف با آستانه‌های متعدد با کمک طیف‌های متنوع، احتمال تشخیص یک ابر را افزایش می‌دهد (Ackerman et al, 1998: 32141). در این فرآورده فراسنج‌های مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از فراسنج درصد ابرپوش^۲ استفاده شده است. فراسنج درصد ابرپوش (مقدار پوشش ابر) عبارت است از کسری از آسمان که به‌وسیله ابر پوشیده می‌شود و براساس درصد برآورد می‌شود. فراسنج درصد ابرپوش از فرآورده ابرپوشه مودیس^۳ که دارای تفکیک مکانی ۱×۱ کیلومتر است به‌دست می‌آید (Hubanks et al, 2015: 45-47) و یک متغیر ضروری در مدل‌های اقلیمی برای تعیین شارهای تابشی در هواسپهر و سطح زمین است. بسته به پیچیدگی مدل پوشش ابر ممکن است در بسیاری از پارامترهای فیزیکی دیگری از قبیل فیزیک خرد ابر، تفکیک

1-Cloud Mask
2-Cloud Fraction
3-Cloud_Mask_MOD35

ابتدا وضعیت ابرناکی براساس آستانه‌های زیر رده‌بندی شد:

روز آسمان صاف^۲ روزی است که درصد ابرپوش آن در هر یاخته بین ۰ تا کمتر یا مساوی ۲۵ درصد باشد (کمتر از ۲ اکتا). روز نیمه‌بری^۳ روزی است که درصد ابرپوش آن در هر یاخته بزرگ‌تر از ۲۵ درصد و کمتر یا مساوی ۶۲/۵ درصد باشد (بین ۲ تا ۵ اکتا). روز ابری^۴ روزی است که درصد ابرپوش آن در هر یاخته بزرگ‌تر از ۶۲/۵ درصد تا ۱۰۰ درصد باشد (بزرگ‌تر از ۵ اکتا تا ۸ اکتا).

سپس، میانگین فراوانی ماهانه و فصلی وضعیت ابرناکی (روزهای ابری، نیمه‌بری و آسمان صاف) به‌صورت یاخته-محور بررسی شد. در مطالعات اقلیمی، میانگین پوشش ابر برای نواحی مشخص در مقیاس زمانی مشخص میانگین‌گیری می‌شود و عمدتاً به‌نظر می‌رسد که تغییرپذیری جغرافیایی و چرخه فصلی و روزانه را نشان دهد (Jones, 1992:732). در این مطالعه، در تفسیر توزیع مکانی فراوانی رخداد ابرناکی برای کاستن از تعداد نقشه‌های ماهانه و شباهت زیاد برخی نقشه‌ها، از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. از روش تحلیل خوشه‌ای در تفکیک نواحی اقلیمی مسعودیان و عطایی (۱۳۸۴: ۱۲-۱)، علیجانی (۱۳۸۱) و غیره استفاده کرده‌اند. در این روش، با برآورد فاصله به روش اقلیدسی^۵ و ادغام آن به روش وارد^۶ به گروه‌بندی ماهانه روزهای ابری، روزهای نیمه‌بری و روزهای صاف به‌طور مجزا با ماتریسی به ابعاد یاخته‌ای ۱۲×۷۵۳۷۷ (مکان×زمان) پرداخته شد و در هر گروه (خوشه) یک ماه به‌عنوان نماینده آن گروه براساس نزدیک‌ترین میانگین به مقدار میانگین گروه انتخاب شد و توزیع مکانی

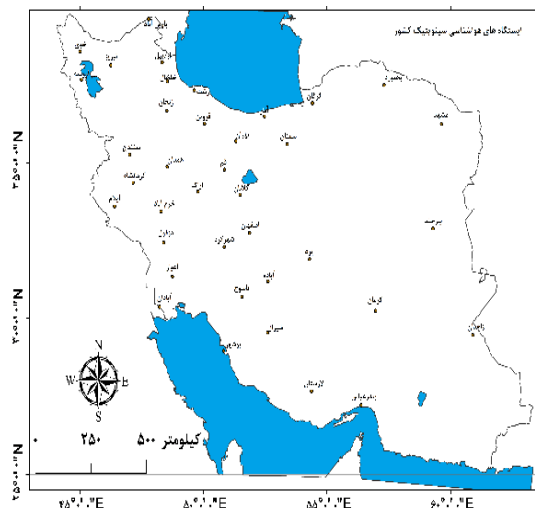
فرآورده با نام در پانوش^۱ (با تفکیک مکانی ۱×۱ درجه) در گستره جهانی به شبکه منظم تبدیل شده است (Platnick et al, 2014: 74; Menzel et al, 2008:1175) که این تفکیک مکانی در مطالعات منطقه‌ای به دلیل تفکیک مکانی پایین کاربرد ندارد؛ بنابراین، برای اجرای این روش ابتدا یک شبکه مختصات جغرافیایی با تفکیک مکانی ۵×۵ کیلومتر، بر روی ایران به‌عنوان شبکه منظم یا مرجع با ابعاد ۳۵۳×۶۱۸ (۶۱۸ ستون و ۳۵۳ ردیف) تهیه شد. سپس، پوشش مشترک گرانول‌ها به‌صورت روزانه حذف شد تا در مقادیر درصد ابرپوش اختلال کمتری وارد کنند. با استفاده از مختصات جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) هر یاخته در شبکه منظم، چارچوبی با ابعاد ۱/۵ برابر فاصله هر یاخته (شعاع کمتر از ۷/۵ کیلومتر) تهیه شد و بر روی مختصات جغرافیایی تصاویر گسترده شد و داده‌های درصد ابرپوش درون چارچوب از تصاویر برداشته شد و برحسب نزدیک‌ترین فاصله به طول و عرض جغرافیایی یاخته شبکه منظم، به یاخته موردنظر منتقل شد. این فرایند برای تک تک یاخته‌های شبکه منظم اجرا شد تا داده‌های پارامتر درصد ابرپوش در هر گذر به شبکه منظم منتقل شوند.

در ادامه، داده‌های درصد ابرپوش در دو بازه زمانی مودیس ترا برای تهیه داده‌های روزانه تجمیع شدند. با محاسبه میانگین روزانه درصد ابرپوش مودیس ترا به واکاوی ابرناکی (وضعیت آسمان) کشور پرداخته شده است. در این زمینه پارژیکا و همکاران (۲۰۰۸) با تجمیع داده‌های ترا و اکوا به بررسی مقدار پوشش ابر پرداخته‌اند. وضعیت ابرناکی (وضعیت آسمان) توصیفی از ظاهر آسمان است که به‌صورت خودکار (با استفاده از ابزار) و غیر خودکار (با ابزار یا بدون ابزار) اندازه‌گیری می‌شود (FMH, 1998:42). برای دستیابی به هدف،

2-Clear Sky Day
3-Partly Cloudy Day
4-Cloudy Day
5-Euclidian distance
6-Ward method

سینوپتیک ساعات ۳، ۶، ۱۵ و ۱۸ به وقت گرینویچ که به زمان گذر دو بازه زمانی مودیس ترا نزدیک بودند، محاسبه شد و مقادیر همبستگی و اختلاف داده‌های دو پایگاه داده در مقیاس زمانی سالانه و فصلی بررسی شد.

آستانه‌های ابرناکی در کشور تفسیر گردید. برای بررسی صحت داده‌های مقدار ابرپوش مودیس ترا از داده‌های مقدار پوشش ابر برخی از ایستگاه‌های سینوپتیک کشور (شکل ۱) در دوره آماری ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ استفاده شده است. برای این منظور میانگین روزانه مقادیر پوشش ابر ایستگاه‌های هواشناسی



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

تابستان با ۲/۵ روز است. با این وجود در آمار به کار گرفته شده، برخی از روزها در هیچ کدام از رده بندی ابرناکی (وضعیت آسمان) قرار نگرفته است و به عنوان روزهای نامشخص فرض شده است که به دلیل نبود داده (گرانول) در فرآورده ابر مودیس بر فراز کشور بوده است (جدول ۱).

جدول ۱: میانگین فراوانی بلندمدت فصلی وضعیت ابرناکی (برحسب تعداد روز)

وضعیت آسمان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
روزهای ابری	۲۲/۹	۷/۸	۲۲/۵	۳۶
روزهای نیمه‌ابری	۴/۶	۲/۵	۴/۷	۶/۹
روزهای صاف	۶۲/۸	۷۹/۶	۶۰/۹	۴۵/۲
روزهای نامشخص	۲/۷	۳/۱	۱/۸	۲

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

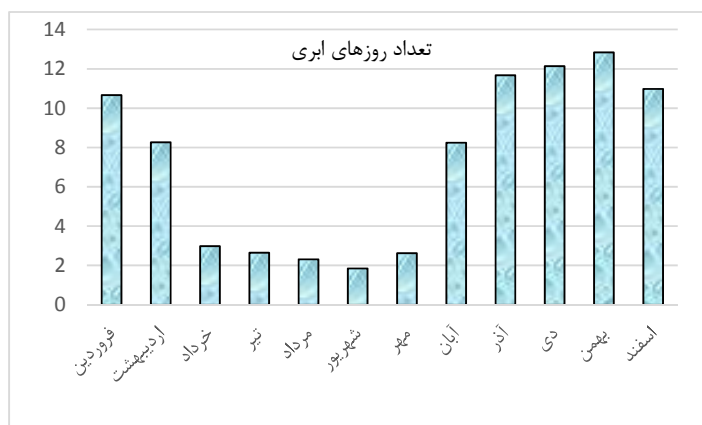
یافته‌ها و بحث

میانگین فراوانی بلندمدت فصلی وضعیت ابرناکی در کشور نشان می‌دهد که حداکثر فراوانی رخداد تعداد روزهای ابری در فصل زمستان با ۳۶ روز و کمترین فراوانی آن در فصل تابستان با ۷/۸ روز رخ می‌دهد. در فصل بهار و پاییز فراوانی رخداد روزهای ابری به ترتیب ۲۲/۹ روز و در فصل پاییز ۲۲/۵ روز در کشور است. حداکثر فراوانی رخداد تعداد روزهای صاف در فصل تابستان با ۷۹/۶ روز است و سپس در فصل بهار، پاییز و زمستان به ترتیب با فراوانی رخداد ۶۲/۸، ۶۰/۹ و ۴۵/۲ روز رخ می‌دهد. حداکثر فراوانی رخداد روزهای نیمه‌ابری در کشور در فصل زمستان با تعداد ۶/۹ روز و کمترین فراوانی آن در فصل

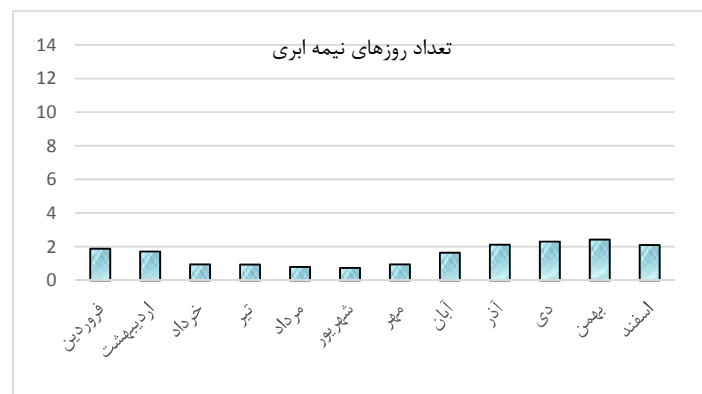
بهمن با فراوانی ۲/۴ روز به اوج می‌رسد و کمترین فراوانی آن در ماه شهریور (۰/۹ روز) رخ می‌دهد (شکل ۳).

فراوانی رخداد تعداد روزهای صاف در کشور از ماه فروردین (۲۰/۲ روز) رو به افزایش می‌گذارد و در شهریور (۲۸ روز) به اوج رخداد می‌رسد و در ماه بهمن (۱۴/۱ روز) به کمترین فراوانی رخداد می‌رسد (شکل ۴).

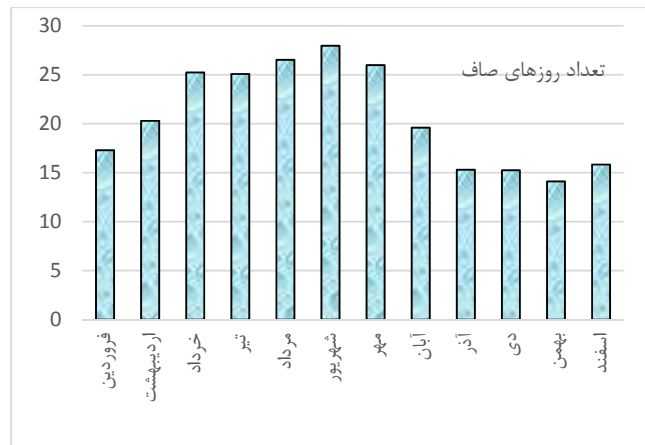
میانگین فراوانی ماهانه وضعیت ابرناکی در کشور نشان می‌دهد که در مجموع، بیشترین و کمترین فراوانی تعداد روزهای ابری به ترتیب در ماه بهمن (۱۲/۸ روز) و شهریور (۱/۸ روز) رخ می‌دهد و فراوانی رخداد تعداد روزهای ابری از ماه اردیبهشت تا ماه مهر کاهش می‌یابد (شکل ۲). فراوانی تعداد روزهای نیمه‌ابری همچون روزهای ابری از اردیبهشت تا مهر کاهش می‌یابد و در ماه‌های بعد افزایش می‌یابد و در ماه



شکل ۲: فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری در کشور تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۳: فراوانی ماهانه تعداد روزهای نیمه‌ابری در کشور تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

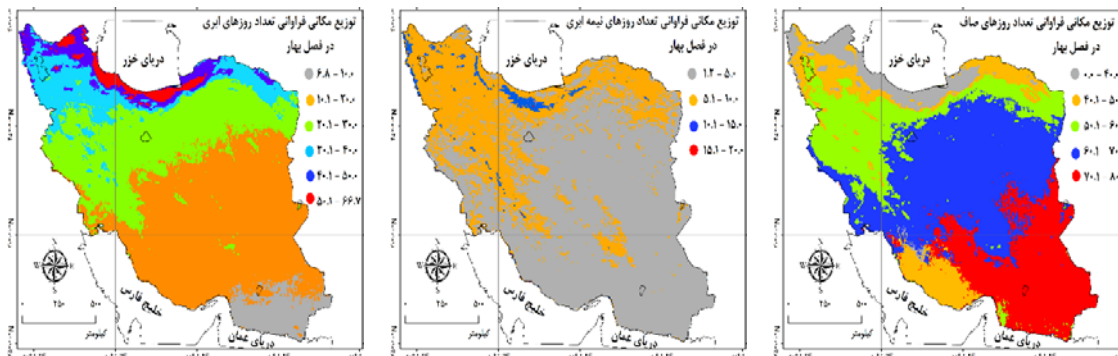


شکل ۴: فراوانی ماهانه تعداد روزهای صاف در کشور

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

غربی دریای خزر حداکثر با ۶۱/۷ روز و کمینه آن در جنوب شرقی کشور با فراوانی بین ۱۰-۵ روز قرار می‌گیرد. در این فصل بیشینه روزهای نیمه‌ابری در ارتفاعات البرز با حداکثر ۲۰ روز به‌ویژه بر روی قله مرتفع آن (دماوند) دیده می‌شود. در فصل پاییز بیشینه روزهای صاف در جنوب شرق کشور با حداکثر ۸۱/۸ روز و کمینه آن در سواحل جنوبی دریای خزر و شمال غربی کشور دیده می‌شود (شکل ۷). در فصل زمستان گستره بیشینه رخداد روزهای ابری بر روی ارتفاعات البرز و سواحل جنوب غربی دریای خزر و ارتفاعات تالش و ارتفاعات شمال شرق کشور قرار می‌گیرد که این آرایش در سایر فصول دیده نمی‌شود و نشان‌دهنده تغییر شرایط جوی منطقه در این فصل نسبت به سایر فصول است که گستره بیشینه روزهای ابری از سواحل جنوبی دریای خزر دور می‌شود. در این فصل کمینه روزهای ابری در جنوب شرقی کشور حداکثر با ۲۰ روز دیده می‌شود. در کشور گستره بیشینه و کمینه فراوانی تعداد روزهای صاف برخلاف روزهای ابری دیده می‌شود (شکل ۸).

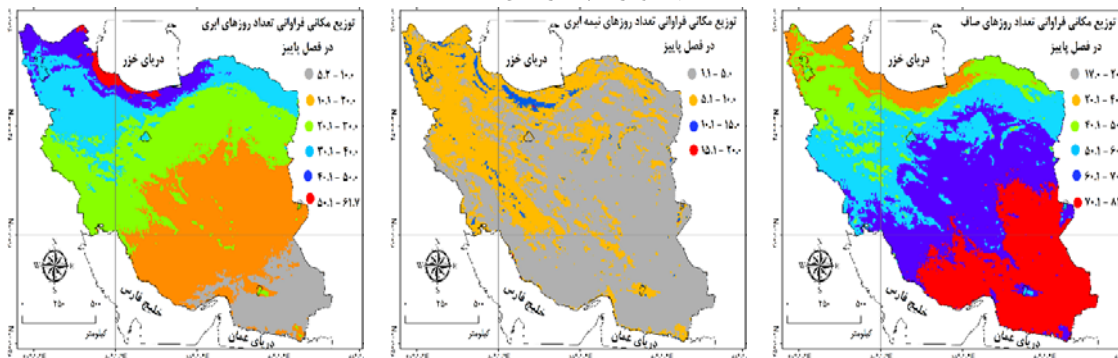
توزیع مکانی فصلی رده‌بندی وضعیت ابرناکی (روزهای ابری، نیمه‌ابری و نیمه‌ابری) نشان می‌دهد که در فصل بهار، بیشینه روزهای ابری در سواحل جنوبی دریای خزر، حداکثر با فراوانی ۶۶/۷ روز و کمینه آن در مناطق جنوب شرقی کشور حداکثر با فراوانی ۱۰ روز دیده می‌شود. گستره بیشینه روزهای نیمه‌ابری در ارتفاعات کوهستانی البرز، زاگرس و تالش دیده می‌شود. گستره بیشینه روزهای صاف در فصل بهار در جنوب شرقی کشور با فراوانی حداکثر ۸۰/۶ روز دیده می‌شود (شکل ۵). در فصل تابستان، گستره بیشینه روزهای ابری در سواحل جنوبی دریای خزر حداکثر با ۵۷/۶ روز و کمینه آن در بیشتر گستره کشور به جز در مناطق جنوب شرقی و شمال تنگه هرمز دیده می‌شود که گستره کمینه روزهای ابری نسبت به سایر فصول تغییر می‌کند. در فصل تابستان بیشینه روزهای نیمه‌ابری در ارتفاعات البرز با ۲۱/۶ روز دیده می‌شود. علاوه بر این، بیشینه روزهای صاف حداکثر با ۸۷/۸ روز در اکثر مناطق کشور به جز در جنوب شرق و شمال تنگه هرمز و شمال کشور دیده می‌شود (شکل ۶). در فصل پاییز، بیشینه روزهای ابری در سواحل جنوبی و



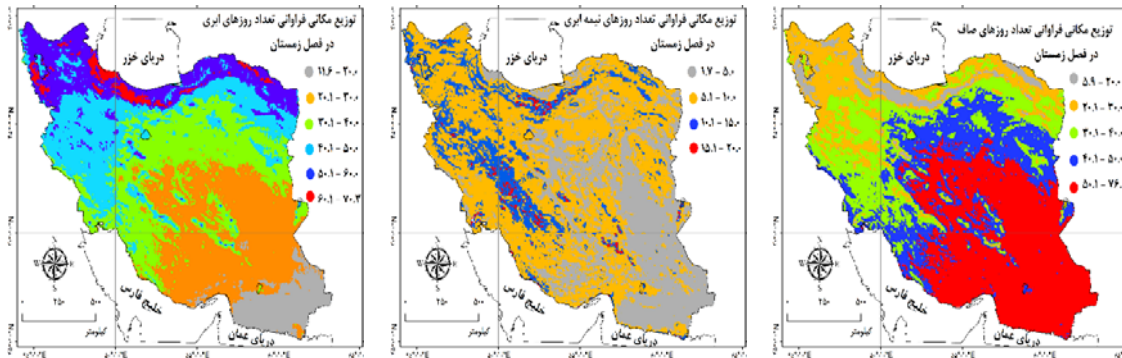
شکل ۵: نقشه‌های توزیع مکانی روزهای صاف (راست)، روزهای نیمه‌ابری (وسط) و روزهای ابری (چپ) در فصل بهار تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۶: نقشه‌های توزیع مکانی روزهای صاف (راست)، روزهای نیمه‌ابری (وسط) و روزهای ابری (چپ) در فصل تابستان تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۷: نقشه‌های توزیع مکانی تعداد روزهای صاف (راست)، روزهای نیمه‌ابری (وسط) و روزهای ابری (چپ) در فصل پاییز تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۸: نقشه‌های توزیع مکانی تعداد روزهای صاف (راست)، روزهای نیمه‌ابری (وسط) و روزهای ابری (چپ) در فصل زمستان تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

روزهای صاف هر کدام در چهار گروه و روزهای نیمه‌ابری در دو گروه خوشه‌بندی کرد و در هر گروه یک‌ماه به‌عنوان ماه نماینده برای توصیف توزیع مکانی وضعیت ابرناکی انتخاب شد (جدول ۲).

در این قسمت، توزیع مکانی فراوانی ماهانه رده‌بندی ابرناکی براساس تحلیل خوشه‌ای به روش فاصله اقلیدسی و ادغام وارد در کشور بررسی می‌شود. نتایج تحلیل خوشه‌ای ماهانه نشان داد که می‌توان ماه‌های سال را براساس فراوانی ماهانه روزهای ابری و

جدول ۲: نتایج تحلیل خوشه‌ای بر روی وضعیت ابرناکی و معرفی ماه نماینده در هر گروه

روزهای ابری	روزهای نیمه‌ابری	روزهای صاف	گروه‌ها
فروردین- آذر اردیبهشت- آبان (نماینده)- اسفند	فروردین- اردیبهشت- آذر (نماینده) - دی- بهمن- اسفند	اسفند- فروردین- آذر- بهمن- دی (نماینده)	گروه یک
دی- بهمن (دی)	مهر- آبان - خرداد- تیر(نماینده)- مرداد- شهریور	آبان- اردیبهشت (نماینده)	گروه دو
خرداد (نماینده) - مهر	--	خرداد - مهر (نماینده)	گروه سه
تیر- مرداد (نماینده) - شهریور	--	تیر- مرداد (نماینده)- شهریور	گروه چهار

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

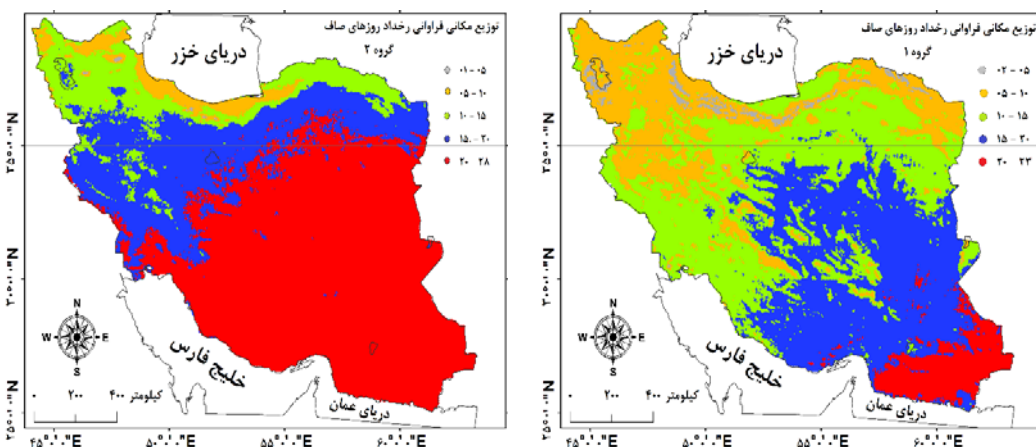
در مناطق جنوب شرقی کشور و کمینه آن با حداقل ۱ روز بر روی ارتفاعات کوهستانی البرز و سهند و سبلان دیده می‌شود (شکل ۹). در ماه‌های خرداد و مهر (گروه سه) گستره بیشینه تعداد روزهای صاف حداکثر با ۲۹ روز از جنوب کشور تا حوالی مدار ۳۵ درجه عرض شمالی و کمینه آن حداقل با ۵ روز در سواحل جنوب غربی دریای خزر دیده می‌شود. در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور (گروه چهار) گستره بیشینه تعداد روزهای صاف حداکثر با ۲۹ روز از مناطق جنوب و

تحلیل توزیع مکانی فراوانی ماهانه تعداد روزهای صاف نشان می‌دهد که گستره بیشینه تعداد روزهای صاف در ماه‌های اسفند، فروردین، دی، بهمن و آذر (گروه یک) حداکثر با فراوانی خرداد ۲۶ روز در مناطق جنوب و جنوب شرقی کشور و کمینه آن حداقل با ۲ روز بر روی ارتفاعات کوهستانی البرز، تالش، هزار مسجد و قتل مرتفع شمال غرب کشور دیده می‌شود. در ماه‌های آبان و اردیبهشت (گروه دو) گستره بیشینه تعداد روزهای صاف حداکثر با ۲۸ روز

مرداد و شهریور) در جنوب و جنوب شرقی کشور و در گروه‌های یک (ماه‌های اسفند، فروردین دی، بهمن و آذر) و دو (ماه‌های اردیبهشت و آبان) بر روی ارتفاعات کوهستانی البرز کاهش می‌یابد. این تغییرات در کشور نشان‌دهنده تغییرات وضعیت آب و هوایی در طول ماه‌های مختلف سال است.

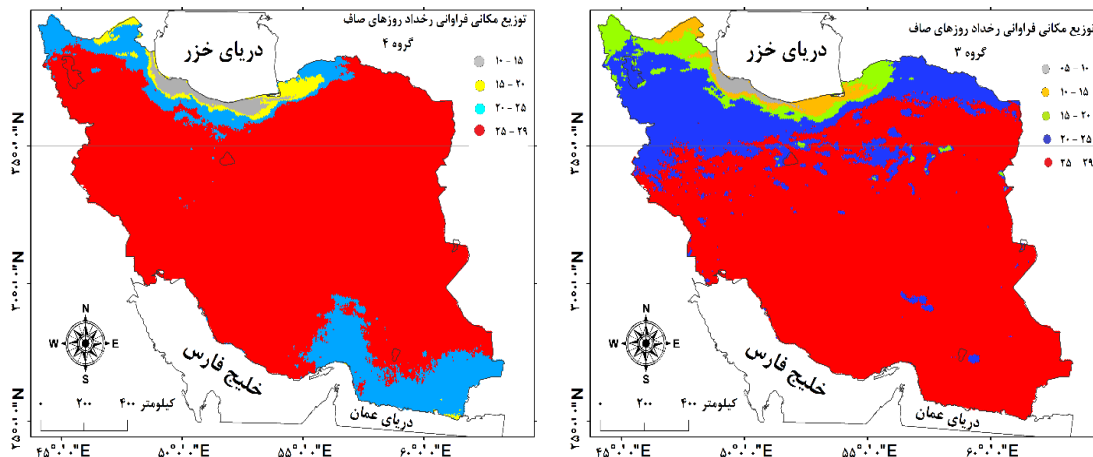
جنوب شرقی کشور دور می‌شود و بر روی مناطق مرکزی کشور قرار می‌گیرد و کمینه آن حداقل با ۱۰ روز بر روی سواحل جنوبی و غربی دریای خزر دیده می‌شود (شکل ۱۰).

در مجموع، فراوانی ماهانه تعداد روزهای صاف از شمال به جنوب و جنوب شرق کشور افزایش می‌یابد؛ اما این جهت افزایشی در گروه چهار (ماه‌های تیر،



شکل ۹: نقشه‌های توزیع مکانی فراوانی ماهانه تعداد روزهای صاف در گروه یک (راست)، گروه دو (چپ)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

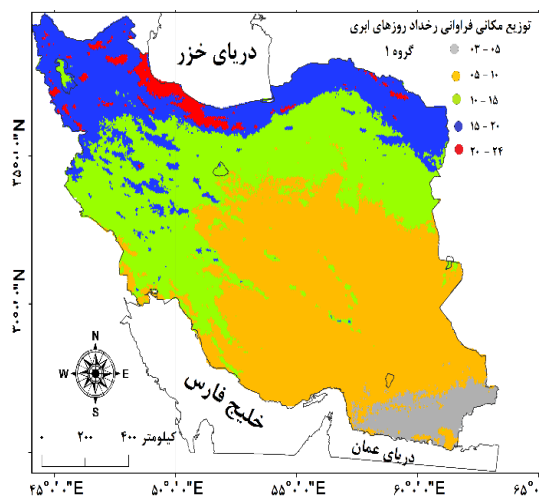
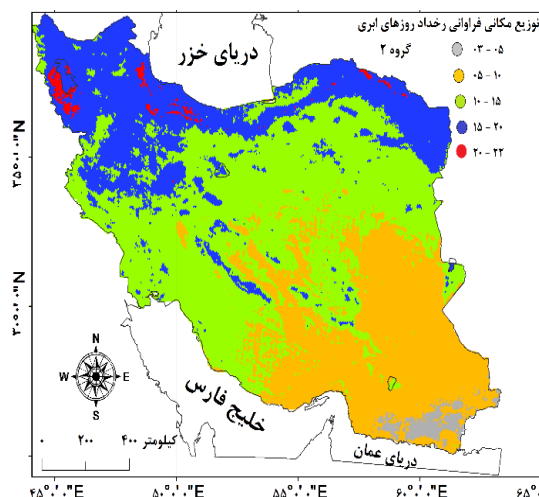


شکل ۱۰: نقشه‌های توزیع مکانی فراوانی ماهانه تعداد روزهای صاف در گروه سه (راست) و گروه چهار (چپ)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

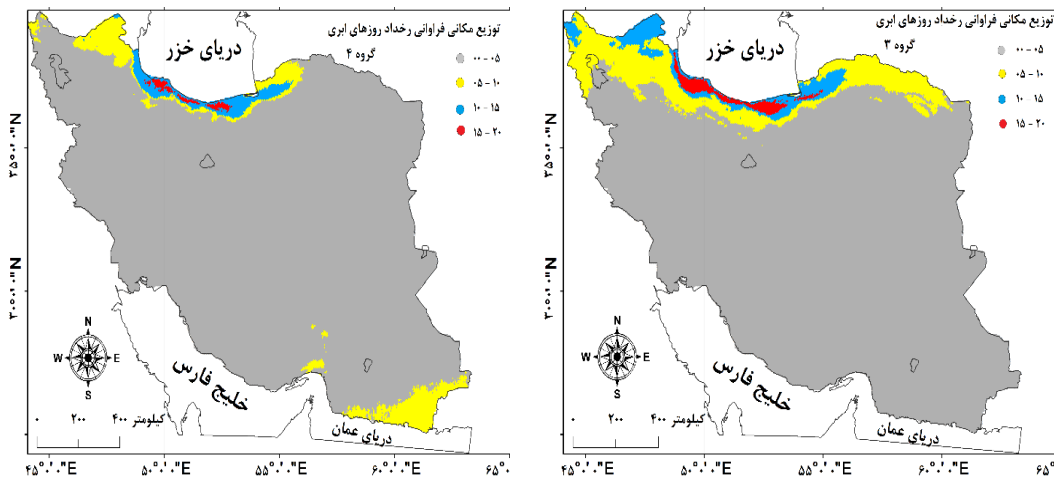
حداکثر با ۲۰ روز و کمینه آن از جنوب تا عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی حداقل با صفر روز دیده می‌شود. در مجموع، فراوانی ماهانه روزهای ابری در ماه‌های خرداد و مهر از شمال به جنوب کشور کاهش می‌یابد. در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور (گروه چهار) گستره بیشینه فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری در سواحل جنوبی دریای خزر با حداکثر ۲۰ روز و کمینه آن در بیشتر مناطق کشور به جز در شمال تنگه هرمز و جنوب شرق کشور با حداقل صفر روز دیده می‌شود. تعداد روزهای ابری در حومه تنگه هرمز و جنوب شرقی کشور در ماه‌های تیر و مرداد شهریور تا ۱۰ روز افزایش می‌یابد و منجر به تغییر گستره کمینه روزهای ابری نسبت به سایر ماه‌های سال می‌شود و به نواحی مرکزی و جنوبی کشور منتقل می‌شود. در مجموع، فراوانی ماهانه روزهای ابری در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور از شمال به جنوب کشور کاهش می‌یابد؛ اما در جنوب شرق کشور افزایش می‌یابد.

تحلیل توزیع مکانی روزهای ابری در شکل ۱۱ نشان می‌دهد که در ماه‌های اسفند، آذر، اردیبهشت، آبان و فروردین (گروه یک)، گستره بیشینه فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری در سواحل جنوب غربی دریای خزر حداکثر با ۲۴ روز و کمینه آن در جنوب شرق کشور حداقل با ۳ روز دیده می‌شود. در این ماه‌ها از شمال به جنوب شرق کشور فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری کاهش می‌یابد. در ماه‌های دی و بهمن (گروه دو) گستره بیشینه فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری در سواحل جنوب غربی دریای خزر حداکثر با ۲۲ روز و کمینه آن در جنوب و جنوب شرق کشور حداقل با ۳ روز دیده می‌شود. در ماه‌های دی و بهمن فراوانی روزهای ابری از شمال به جنوب کشور کاهش می‌یابد. در شکل ۱۲ توزیع مکانی روزهای ابری در ماه‌های خرداد و مهر (گروه سه) و ماه‌های تیر، مرداد و شهریور (گروه چهار) نشان می‌دهد که در ماه‌های خرداد و مهر گستره بیشینه فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری در سواحل جنوبی و غربی دریای خزر

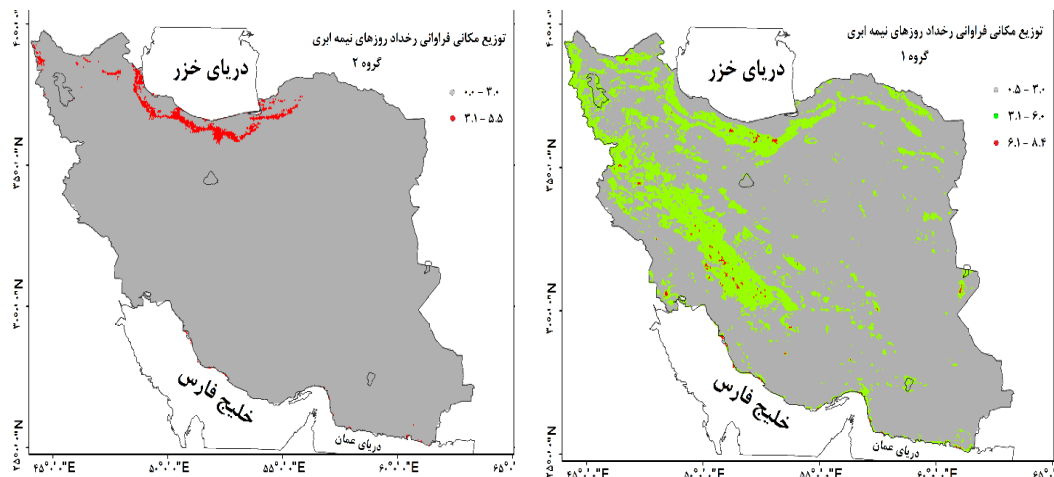


شکل ۱۱: نقشه‌های توزیع مکانی فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری در گروه یک (راست)، گروه دو (چپ)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۱۲: نقشه‌های توزیع مکانی فراوانی ماهانه تعداد روزهای ابری در گروه سه (راست) و گروه چهار (چپ) تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۱۳: نقشه‌های توزیع مکانی فراوانی ماهانه تعداد روزهای نیمه‌ابری در گروه یک (راست)، گروه دو (چپ) تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

مرداد و شهریور (گروه دو) گستره بیشینه روزهای نیمه‌ابری بر روی ارتفاعات کوهستانی تالش و البرز با حداکثر ۵/۵ روز و کمینه آن کمتر از ۲ روز در بیشتر مناطق کشور دیده می‌شود. در جدول ۳ نتایج آماری بدست آمده از تحلیل خوشه‌ای نشان می‌دهد که بیشترین میانگین فراوانی تعداد روزهای ابری در گروه یک با ۱۱/۴ روز و کمترین آن در گروه چهار با ۲/۳ روز دیده می‌شود. بیشترین پراکندگی (انحراف معیار

تحلیل توزیع مکانی فراوانی ماهانه روزهای نیمه‌ابری در شکل ۱۳ نشان می‌دهد که در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، آذر، دی، بهمن و اسفند (گروه یک) گستره بیشینه فراوانی روزهای نیمه‌ابری بر روی ارتفاعات کوهستانی البرز و زاگرس به صورت لکه‌های پراکنده دیده می‌شود و کمینه آن در پایکوه‌ها، جلگه‌های شمالی، جنوبی و دشتهای داخلی و شرقی مشاهده می‌شود. در ماه‌های مهر، آبان، خرداد، تیر،

بیشترین پراکندگی تعداد روزهای صاف در گروه یک با ۴/۸ روز و کمترین آن در گروه سه با ۳/۱ روز رخ داده است. پراکندگی روزهای نیمه ابری نسبت به روزهای ابری و صاف نسبتاً کم است.

روزهای ابری در گروه دو با ۴ روز و کمترین آن در گروه چهار با ۲/۱ روز است. میانگین فراوانی ماهانه تعداد روزهای صاف حداکثر ۲۶ روز در گروه چهار و حداقل آن در گروه دو با میانگین ۱۳/۷ روز برآورد شده است.

جدول ۳: آماره به دست آمده از تحلیل خوشه‌ای (ماه نماینده)

گروه	روزهای ابری		روزهای نیمه ابری		روزهای صاف	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
یک	۱۱/۴	۳/۷	۱/۲	۰/۹	۱۷/۵	۴/۸
دو	۸	۴	--	--	۱۳/۷	۴/۲
سه	۲/۹	۲/۶	--	--	۲۵/۲	۳/۱
چهار	۲/۳	۲/۱	--	--	۲۶	۲/۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

واسنجی

مقایسه با ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک است. علاوه بر این، در مقیاس فصلی برآوردها نشان می‌دهند که در فصل پاییز برآورد ایستگاه‌های هواشناسی با مقدار ۳/۱ - درصد بیشتر از برآورد مودیس ترا است، اما در سایر فصول مودیس ترا برآورد بیشتری نسبت به ایستگاه‌های هواشناسی دارد که کمترین و بیشترین اختلاف به ترتیب مربوط به فصل تابستان با مقدار ۲/۳ درصد و فصل زمستان با مقدار ۱۲/۳ درصد بوده است. برآورد همبستگی داده‌ها نشان می‌دهد که در مقیاس سالانه و فصلی بیش از ۰/۷۴ است که همبستگی بالایی را نشان می‌دهد. میزان پراکندگی بلندمدت اختلاف داده هر دو پایگاه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین پراکندگی به ترتیب مربوط به بهار و فصل زمستان است.

برای واسنجی داده‌های درصد ابرپوش سنجنده مودیس ترا از داده‌های مقادیر پوشش ابر برخی از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک کشور که براساس اکتا برداشت می‌شود، استفاده شد. برای این منظور، داده‌های یاخته‌ای مودیس در شعاع ۲۰ کیلومتری اطراف هر ایستگاه میانگین‌گیری شد و مقادیر پوشش ابر ایستگاه‌ها که براساس اکتا برداشت می‌شود به درصد تبدیل گردید (هر یک اکتا برابر با ۱۲/۵ درصد (کتاربا، ۲۰۰۹: ۵۲۵)) تا معیار داده‌های هر دو پایگاه همسان شود. سپس اختلاف و همبستگی داده‌های هر دو پایگاه در مقیاس سالانه و فصلی برآورد شد. یافته‌ها نشان داد که میانگین اختلاف مقادیر پوشش ابر در مقیاس بلندمدت سالانه در کشور ۵/۱ + درصد است که نشان‌دهنده برآورد بیشتر مودیس ترا در

جدول ۴: میانگین کل اختلاف و همبستگی مقادیر پوشش ابر مودیس ترا و ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک

فصل	ویژگی	میانگین	انحراف معیار
بهار	همبستگی	۰/۷۴	۰/۲۰
	اختلاف*	۱۲/۳	±۵/۶
تابستان	همبستگی	۰/۸۴	۰/۱۱
	اختلاف*	۱/۳	±۴/۷
پاییز	همبستگی	۰/۸۷	۰/۱۰
	اختلاف*	-۲/۱	±۴/۵
زمستان	همبستگی	۰/۹۱	۰/۰۷
	اختلاف*	۹	±۴/۹
سالانه	همبستگی	۰/۸۱	۰/۰۴
	اختلاف*	۵/۱	±۴/۹

*مقادیر مثبت اختلاف نشان‌دهنده تخمین بیش‌تر مودیس نسبت به ایستگاه‌های هواشناسی است

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

لارستان (۰/۱٪)، شیراز (۰/۱٪)، کرمانشاه (۱٪) و آباده (۱/۱٪) برآورد شده است. برآورد مقادیر پوشش ابر در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک بندرعباس (۰/۴٪) -، زاهدان (۳/۴٪-) و یزد (۲/۳٪-) در مقایسه با مودیس ترا بیشتر بوده است.

بررسی اختلاف و همبستگی مقادیر پوشش ابر دو پایگاه داده در ایستگاه‌های منتخب کشور در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین اختلاف مربوط به ایستگاه‌های خلخال (۱۳/۵٪)، بوشهر (۱۲/۱٪)، آمل (۱۱/۹٪) و پارس‌آباد (۱۱/۳٪) است و کمترین اختلاف در ایستگاه‌های هواشناسی بندرعباس (۰/۴٪-)،

جدول ۵: اختلاف و همبستگی مقادیر پوشش ابر مودیس ترا و ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک در بلندمدت سالانه

نام ایستگاه	همبستگی	اختلاف*	نام ایستگاه	همبستگی	اختلاف	نام ایستگاه	همبستگی	اختلاف
پارس‌آباد	۰/۷۶	۱۱/۲	تهران	۰/۸۲	۲/۴	بیرجند	۰/۸۴	۲/۵
خوی	۰/۸۰	۷/۵	سمنان	۰/۷۷	۴/۳	اهواز	۰/۸۲	۸/۱
تبریز	۰/۸۲	۲	کرمانشاه	۰/۸۶	۷/۵	آباده	۰/۷۷	۱/۱
امیدیه	۰/۸۰	۹/۹	همدان	۰/۸۳	۵	یزد	۰/۸۲	-۲/۳
خلخال	۰/۸۱	۱۳/۵	اراک	۰/۷۹	۶/۶	آبادان	۰/۸۰	۶/۱
رشت	۰/۸۲	۸/۴	قم	۰/۸۰	۳/۷	یاسوج	۰/۸۴	۵/۹
بجنورد	۰/۸۳	۸/۱	ایلام	۰/۸۵	۷	کرمانشاه	۰/۸۱	۱
زنجان	۰/۸۳	۸	خرم‌آباد	۰/۸۶	۶/۳	شیراز	۰/۸۱	۰/۱
قزوین	۰/۸۲	۵/۱	کاشان	۰/۸۰	۶/۴	زاهدان	۰/۸۳	-۳/۴
گرگان	۰/۸۷	۶/۱	دزفول	۰/۸۴	۴/۸	بوشهر	۰/۷۷	۱۲/۱
مشهد	۰/۸۸	۴/۸	شهرکرد	۰/۷۷	۵/۸	لارستان	۰/۷۸	۰/۱
سنندج	۰/۸۵	۶/۱	اصفهان	۰/۷۲	۴/۲	بندرعباس	۰/۷۲	-۰/۴
آمل	۰/۸۶	۱۱/۹	اردبیل	۰/۷۲	۹/۳			

*مقادیر مثبت نشان‌دهنده تخمین بیشتر مودیس نسبت به ایستگاه‌های سینوپتیک است

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

نتیجه

سپس در دی با ۱۲/۱ روز اتفاق می‌افتد و بیشترین فراوانی روزهای صاف در ماه شهریور با ۲۸ روز رخ می‌دهد. واسنجی دو پایگاه داده نشان داد که اختلاف مقادیر پوشش ابر مودیس تررا و ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک چشمگیر نیست و از همبستگی بسیار بالایی برخوردار است.

منابع

- هدف از این پژوهش، شناسایی وضعیت ابرناکی (روزهای ابری، نیمه‌ابری و آسمان صاف) در مقیاس فصلی و ماهانه در کشور ایران است. یافته‌ها نشان داد که گستره بیشینه فراوانی روزهای ابری در فصول پاییز، تابستان و بهار در سواحل جنوبی و غربی دریای خزر قرار دارد؛ اما در فصل زمستان گستره بیشینه روزهای ابری بر روی ارتفاعات کوهستانی البرز، شمال شرق، شمال غرب کشور و سواحل جنوب غربی دریای خزر قرار می‌گیرد. همچنین گستره کمینه روزهای ابری در فصول بهار، پاییز و زمستان در جنوب شرق کشور قرار می‌گیرد؛ اما در فصل تابستان تغییر می‌کند و بر روی مناطق جنوبی و مرکزی کشور قرار می‌گیرد. در مقیاس ماهانه مشخص شد که توزیع مکانی بیشینه فراوانی تعداد روزهای ابری در اکثر ماه‌ها در سواحل جنوبی و غربی دریای خزر است؛ اما در ماه‌های آذر و دی، بهمن، اسفند و فروردین تغییر می‌کند و بر روی ارتفاعات البرز، شمال غرب کشور قرار می‌گیرد و گستره کمینه روزهای ابری در اکثر ماه‌های سال در جنوب شرقی کشور قرار می‌گیرد و در ماه‌های تیر و مرداد و شهریور این آرایش تغییر کرده و در مرکز و غرب کشور قرار می‌گیرد که این نتایج تقریباً با یافته‌های رسولی و همکاران (۱۳۹۲) که به‌صورت سالانه با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک به‌دست آمده، به‌جز در فصل تابستان و زمستان مطابقت دارد.
- براساس فراوانی فصلی رده‌بندی وضعیت ابرناکی مشخص شد که بیشترین فراوانی تعداد روزهای ابری در فصل زمستان و کمترین فراوانی آن در فصل تابستان رخ می‌دهد و بیشترین فراوانی تعداد روزهای صاف در فصل تابستان و سپس در فصل بهار، پاییز و زمستان رخ می‌دهد. در مقیاس ماهانه، بیشترین فراوانی تعداد روزهای ابری در ماه بهمن با ۱۲/۸ روز و
- بنایان، محمد؛ آزاده محمدیان؛ امین علیزاده (۱۳۸۹). بررسی نوسان‌پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴. شماره ۱. صفحات ۱۳۱-۱۱۸.
 - رسولی، علی‌اکبر؛ سعید جهانبخش؛ قاسمی، احمدرضا. (۱۳۹۲). بررسی تغییرات زمانی و مکانی مقدار پوشش ابر در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۳. پاییز، شماره پیاپی ۱۱۰. صفحات ۱۰۲-۸۵.
 - علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). اقلیم‌شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت. چاپ اول. تهران. ۱۳۸۱.
 - مسعودیان، سیدابوالفضل؛ هوشمند عطایی (۱۳۸۴). شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد ۱۸. شماره ۱. صفحات ۱۲-۱.
 - Ackerman, S.A., Strabala, K.I., Menzel, W.P., Frey, R.A., Moeller, C.C., Gumley, L.E (1998). Discriminating clear sky from clouds with MODIS, Journal of Geophysical Research, No. 103, PP. 32141-32157.
 - An, N., and Wang, K (2015). A Comparison of MODIS-Derived Cloud Fraction with Surface Observations at Five SURFRAD Sites, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 54 (5), PP. 1009-1020.
 - Calbo, J., González, J.A. and Pages, D., (2001). A method for sky-condition classification from ground-based solar radiation measurements. Journal of Applied Meteorology, No.40(12), PP.2193-2199.
 - Dai, A., Trenberth, K.E. and Karl, T.R., (1999). Effects of clouds, soil moisture, precipitation, and water vapor on diurnal temperature range, Journal of Climate, No.12 (8), PP.2451-2473.

- Otkin, J. A. and Greenwald, T. J. (2008). Comparison of WRF model-simulated and MODIS-derived cloud data, *Monthly Weather Review*, No. 136(6), PP.1957-1970.
- Parajka, J., and G. Bloschl (2008). Spatio-temporal combination of MODIS images – potential for snow cover mapping, *Water Resour. Res.*, 44, W03406.
- Platnick, S., Michael D. King, Kerry G. Meyer, Gala Wind, Nandana A, Benjamin Marchant, G. Thomas Arnold, Zhibo Zhang, Paul A. Hubanks, Bill Ridgway, Jerome Riedi (2014). MODIS Cloud Optical Properties: User Guide for the Collection 6 Level-2 MOD06/MYD06 Product and Associated Level-3 Datasets, Version 0.9 (beta).
- Platnick, S., P. A. Hubanks, G. Wind, M. D. King, S. A. Ackerman, B. Maddux, T. Zinner, and A. Ackerman, 2009: The MODIS Cloud Optical and Microphysical Product: An Evaluation of Effective Radius Retrieval Statistics and Model Simulations, *Hyperspectral Imaging and Sensing of the Environment, OSA Technical Digest (CD). Advances in Imaging*, Optical Society of America, HWB1.
- Qian, Y., Long, C.N., Wang, H., Comstock, J.M., McFarlane, S.A. and Xie, S., (2012). Evaluation of cloud fraction and its radiative effect simulated by IPCC AR4 global models against ARM surface observations, *Atmospheric Chemistry and Physics*, No. 12(4), PP.1785-1810.
- 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.
- Stephens, Graeme L., Deborah G. Vane, Ronald J. Boain, Gerald G. Mace, Kenneth Sassen, Zhien Wang, Anthony J. Illingworth ., (2002). The CloudSat mission and the A-Train: A new dimension of space-based observations of clouds and precipitation, *Bulletin of the American Meteorological Society*, No. 12, PP. 1771-1790.
- Stowe, L.L., Yeh, H.M., Eck, T.F., Wellemeyer, C.G. and Kyle, H.L., (1989). Nimbus-7 global cloud climatology. Part II: First year results, *Journal of Climate*, No. 2(7), PP.671-709.
- Xia, X., (2012). Significant decreasing cloud cover during 1954-2005 due to more clear-sky days and less overcast days in China and its relation to aerosol, In *Annals Geophysical, Copernicus GmbH*, Vol. 30, No. 3, PP. 573-582.
- WMO (World Meteorological Organization) (1975). *International Cloud Atlas, Volume I; Secretariat of the World Meteorological Organization-Geneva-Switzerland*; PP. 1-155.
- Filipiak, J. and Mietus, M (2009). Spatial and temporal variability of cloudiness in Poland, 1971-2000, *International Journal of Climatology*, No. 29 (9), PP.1294-1311.
- FMH (Office of the federal coordinator for meteorology) (1998). *Federal meteorological Handbook; surface Weather Observations and reports*, No. 1, PP. 1-76.
- Hubanks, P.A.U.L., Platnick, S.T.E.V.E.N., King, M.I.C.H.A.E.L. and Ridgway, B.I.L.L., (2015). MODIS Atmosphere L3 Gridded Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) and Users Guide. ATBD reference number ATBDMOD-30, NASA.
- Jiang, J. H., Su, H., Zhai, C., Perun, V. S., Del Genio, A., Nazarenko, L. S , Gettelman, A (2012). Evaluation of cloud and water vapor simulations in CMIP5 climate models using NASA, A Train satellite observations, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, No. 117, PP.1-26 (D14105).
- Jones, P. A. (1992). Cloud-cover distributions and correlations, *Journal of Applied Meteorology*, No. 31(7), PP. 732-741.
- Kotarba, A. Z. (2009). A comparison of MODIS-derived cloud amount with visual surface observations, *Atmospheric Research*, No. 92 (4), PP. 522-530.
- Li, D.H. and Lam, J.C., (2001). An analysis of climatic parameters and sky condition classification, *Building and Environment*, No. 36(4), PP.435-445.
- Li, Z., Li, J., Menzel, W.P., Schmit, T.J. and Ackerman, S.A., 2007, Comparison between current and future environmental satellite imagers on cloud classification using MODIS, *Remote Sensing of Environment*, No. 108(3), PP.311-326.
- Martinez-Chico, M., F. J. Batlles, and J. L. Bosch. (2011). Cloud classification in a Mediterranean location using radiation data and sky images, *Energy*, No. 36.7, PP. 4055-4062.
- Menzel, W.P., Frey, R.A., Zhang, H., Wylie, D.P., Moeller, C.C., Holz, R.E., Maddux, B., Baum, B.A., Strabala, K.I. and Gumley, L.E., (2008). MODIS global cloud-top pressure and amount estimation: Algorithm description and results, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, No. 47(4), PP.1175-1198.
- Nakamura, H., Oki, M. and Hayashi, Y., (1985). A study on the estimation of the relative frequency of occurrences of the Clear Sky, the Intermediate Sky and the Overcast Sky in Japan, *Journal of Light and Visual Environment*, No.9(2), PP.22-31.