

آشکار سازی انواع ابرها با استفاده از داده های ماهواره ای بر اساس الگوریتم ISCCP در ایران

علیمحمد نوریان^۱، سهیلا جوانمرد^۲، سحر تاج بخش^۲، جواد بدائق جمالی^۳

^۱ عضو هیئت علمی دانشگاه شمال، آمل و عضو هیئت علمی موسسه پژوهشی نورفام، تهران

^۲ عضو هیئت علمی پژوهشکده هواشناسی، بلوار پژوهش و فن آوری، تهران

^۳ عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست، میدان استاندارد، کرج

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۱

چکیده

در این مقاله، به منظور آشکار سازی انواع ابرها در ایران از داده های ماهواره NOAA^۱ و الگوریتم تشخیص نوع ابر پروژه بین المللی ماهواره های اقلیم شناسی ابر^۲ (ISCCP)، استفاده شده است. در این مطالعه داده های عمق نوری ابر و فشار قله ابر از سنجنده AVHRR^۳ مربوط به ماهواره NOAA طی دوره آماری (۱۹۸۱-۲۰۱۰) دریافت شده است و با استفاده از الگوریتم ISCCP، پوشش ۹ نوع ابر شامل ابرهای کومه ای (Cu)، فراز کومه ای (Ac)، فراز پوشنی (As)، پوشن کومه ای (Sc)، ابرهای همرفت عمیق (Cb)، ابرهای پوشنی (St)، باران پوشنی (Ns)، پرسا (Ci)، پرسا پوشنی (Cs) به صورت میانگین ماهانه از ژانویه تا دسامبر طی دوره آماری (۱۹۸۱-۲۰۱۰) در گستره ایران محاسبه و استخراج شده است. روش به کار رفته ابداعی بوده و در نوع خود برای اولین بار برای ایران به کار رفته است. نتایج برجسته طبقه بندی ابرها با استفاده از الگوریتم ISCCP در ماه های مختلف برای ایران نشان داد که بیشینه درصد فراوانی ابرهای کومه ای در ماه های اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه در مناطق ساحلی جنوب شرق و مناطق جنوبی ایران قرار دارد. ابر فراز پوشنی در همه ماه ها فراوانی زیادی دارد اما پراکنش آن در ماه های مختلف متفاوت است. فراوانی ابر فراز پوشنی در بخش وسیعی از ایران بیش از ۵۰ درصد است و بیشینه فراوانی آن در همه ماه ها از ۸۰ درصد فراتر می رود. ابر پوشن کومه ای نیز در فصل های پاییز و زمستان شامل ماه های سپتامبر، اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، دارای پراکنش یکسانی است. در مقابل درصد فراوانی ابر پوشنی برای همه ماه ها بسیار کم است به غیر از ماه ژوئیه که در جنوب غرب دریای مازندران دارای فراوانی بین ۵ تا ۲۵ درصد است. درصد فراوانی ابر پرسا پوشنی در ماه های مختلف دارای تفاوت زیادی است. بیشترین فراوانی این ابر در ماه های ژانویه، فوریه و اکتبر است. در این ماه ها بیشینه فراوانی ابر پرسا پوشنی به بیش از ۵۰ درصد می رسد.

کلمات کلیدی: آشکار سازی ابر، داده های ماهواره، الگوریتم ISCCP، ایران

1-National Oceanic and Atmospheric Administration

2-International Satellite Cloud Climatology Project

3-Advanced Very High Resolution Radiometer

ابرها نقش مهمی در تغییرات آب و هوایی کره زمین با تاثیر در انرژی تابشی خورشید و زمین و در نتیجه دمای هوا بازی می کنند. همچنین نقش درخور توجه ابرها در موضوع بارورسازی، غیر قابل انکار است. با اهداف تعدیل وضع هوا، تعیین نوع ابر و شناخت اقلیمی شرایط ابرناکی در مناطقی که با اهداف بارورسازی مطالعه می شوند، بسیار مهم می باشد. ابرها، هم از روی زمین و هم از فضا قابل دیدبانی و شناسایی می باشند. در سطح زمین، شناسایی نوع، مقدار و ارتفاع پایه ابر، در ایستگاه های هواشناسی و به کمک دیدبان یا به صورت خودکار انجام می شود. مشخصات ابرها با استفاده از ابزارهای سنجش از دور، نیز قابل شناسایی می باشد. داده های اندازه گیری شده توسط ماهواره های هواشناسی که از سال ۱۹۸۰ به صورت عملیاتی قابل استفاده می باشند، نه تنها پوششی جهانی چگونگی وضعیت ابرناکی را ارائه می کنند، بلکه دقت زمانی و مکانی بالاتری دارد. در سال ۱۹۸۳، اقلیم شناسی ابرها با استفاده از داده های ماهواره ای در مقیاس جهانی و در قالب پروژه ISCCP تعیین شد (شیفر و روسو، ۱۹۸۳). وارن و همکاران (۱۹۸۶) ادعا کردند که از حدود ۵۰ سال گذشته تا کنون، داده های زمینی یکی از پرکاربردترین منابع اطلاعاتی در زمینه مطالعات مربوط به ابر به شمار می روند، اما استفاده از داده های زمینی به تنهایی، دارای محدودیت هایی در پوشش زمانی و مکانی می باشد. علاوه بر آن، داده های اندازه گیری شده در ایستگاه های زمینی اطلاعات کاملی را در زمینه خصوصیات نوری ابرها ارائه نمی دهند (وارن و همکاران، ۱۹۸۶). استفاده از داده ای سنجش از دور کاربردهای متعددی دارد. در یک مطالعه ای که توسط تیموتی و همکاران انجام شد، کاربردهای محصولات ترکیبی اقلیمی با تفکیک بالا به کمک ماهواره های هواشناسی بررسی شد (تیموتی و همکاران، ۱۹۹۷). ویلی و همکاران نیز در سال ۱۹۹۷ اقلیم شناسی ابرهای پرسیای را به کمک ماهواره های هواشناسی مطالعه نمودند و نتایج آن را با داده های لیدار مقایسه کردند. در مطالعه دیگری به

منظور مقایسه داده های ماهواره با داده های ایستگاهی در هر نقطه شبکه جوانمرد و همکاران (۱۳۹۰؛ ۱)، سری داده های بارش شبکه بندی شده با قدرت تفکیک مکانی 0.25×0.25 درجه و زمانی (روزانه) بالا با استفاده از داده های باران سنجی ایستگاههای همیدی سازمان هواشناسی کشور برای دوره درازمدت (۲۰۰۶-۱۹۹۸) با ۱۳۰ ایستگاه ایجاد نمودند. نقشه توزیع مکانی میانگین سالانه و فصلی بارش برای کل کشور طی دوره زمانی ۹ ساله دو هسته بارشی اصلی در سواحل جنوبی دریای خزر و رشته کوههای زاگرس را نشان دادند به طوریکه میانگین بیشینه بارش سالانه 3.5 mm/day و فصلی mm/day ۶ برآورد شده است. از طرف دیگر جوانمرد و همکاران (۱۳۹۰؛ ۲) نشان دادند که توزیع مکانی بارش و زمانی بارش با استفاده از داده های TRMM-TMI نواحی رشته کوههای زاگرس، شمال غرب، و سواحل جنوبی دریای خزر بیشترین بارش با مقادیر متوسط ۳ تا ۶ میلی متر بر روز در اکثر ماهها دریافت می کنند در حالی که نواحی جنوب شرقی، شرق، و قسمتهای مرکزی ایران با دریافت مقادیر بارشی در محدوده کمتر از 0.2 mm/day کم بارش ترین مناطق در تمام سال می باشد. سپس جوانمرد و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه بارش دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۶ در ایران از طریق مقایسه داده سطح سه ماهواره TRMM و داده های ایستگاهی در ابعاد 0.25×0.25 درجه، به این نتیجه رسیدند که خروجی این ماهواره برای نواحی خزر و رشته کوه زاگرس مقادیر بارش را کمتر از میزان واقعی نشان می دهد. فاستر و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از اطلاعات سنجنده AVHRR¹، میانگین ابرناکی ابرهای را در ترازهای زیرین، میانی و بالایی برای مقیاس جهانی برآورد کردند. لورا نیز به کمک همکارانش اقلیم شناسی ابرهای میانی را در منطقه دروین استرالیا در سال ۲۰۱۲، با استفاده از داده های لیدار و رادار برای یک دوره ۴ ساله بررسی نمودند. در همین سال، هنون، اقلیم شناسی، تغییر پذیری ابرهای خوشه ای حاره ای را به کمک داده ای ماهواره ای مطالعه و امکان تولید محصولات دیگری

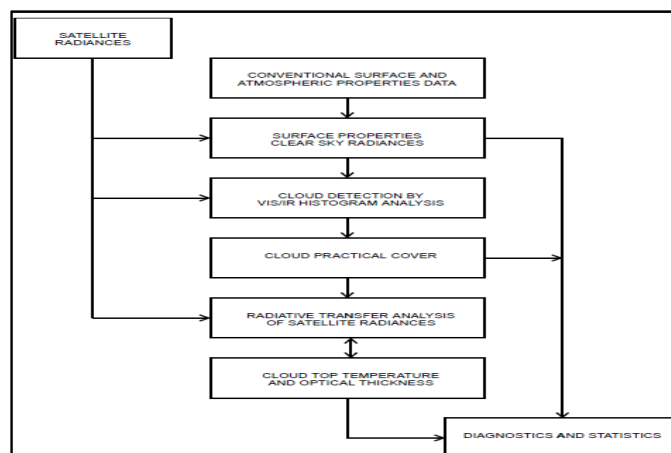
1-Advanced Very High Resolution Radiometer

را از داده ای موجود بررسی کرد(هنون و همکاران، ۲۰۱۲). استفاده از داده های ماهواره ای، مشکلاتی نیز دارد. مطالعات زیادی که برای دیدبانی اقلیمی ابر به کمک سنجنده های ماهواره های مختلف نشان داد که نه تنها استاندارد کردن اندازه گیری های ماهواره ای از ابرها بلکه مقایسه اندازه گیری ها با دیگر ماهواره ها مشکل می باشد. چراکه عوامل بسیاری از جمله تغییر در الگوریتم های پوشیده شدن ابرها (cloud masking)، تفاوت های حسگرها مانند زاویه دید، اندازه پیکسل، تنوع طیفی و کالیبراسیون در این اندازه گیری ها نقش بسزایی دارند(فاستر و همکاران، ۲۰۱۲). مک فارلن و همکاران در سال ۲۰۱۳ به اقلیم شناسی اثرات بازتاب سطح ابر در ایستگاه های غربی اقیانوس آرام غربی پرداختند. در مطالعه ای(۲۰۱۳)، بیزارد و همکاران نشان دادند که ابرها مانعی برای ارزیابی کارایی حساسه های الکتریکی-اپتیکی می باشند از این رو شناسایی آماری آنها ضروری می باشد. با استفاده از اطلاعات پروژه ISCCP، روسو(۲۰۱۴) نقش ابرها را در حوزه های وضع هوا و اقلیم در هفت بخش تشریح نمود. گرامز و همکاران نیز در سال ۲۰۱۶ با استفاده از داده های ماهواره ای، ۴ نوع بارش همرفتی، پوششی، حاره ای و تگرگ را طبقه بندی نمودند. اقلیم شناسی ابرها کاربردهای دیگری نیز دارد. چن و همکاران نیز در یک مطالعه جامع نمای سه بعدی اقلیم شناسی ابرها را با در نظر گرفتن اثرات افت و خیزهای ناشی از هواویز ها در کشور چین بررسی نمودند(چن و همکاران، ۲۰۱۶). گامبر و فاستر نیز در سال ۲۰۱۷ به کمک اطلاعات ماهواره مدیس محتوای اب مایعی را به عنوان ارزش افزوده تلقی می شود و می تواند در بازتاب خورشیدی موثر باشد را بررسی نمودند. با این نگرش و با توجه به اطلاعات در دسترس پروژه ISCCP، در مقاله حاضر نیز به تحلیل انواع ابر براساس داده های ماهواره ای و الگوریتم ISCCP در منطقه ایران پرداخته می شود. پس از ارائه مقدمه، در بخش بعدی به معرفی داده ها و روش انجام کار پرداخته و سپس نتایج تحلیل اقلیم شناسی مهمترین ابرها در کشور در بخشی از این مقاله ارائه می

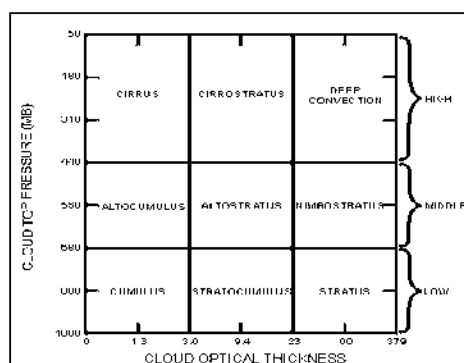
شود. با توجه به حجم زیاد شکل ها، ماه آوریل از فصل بهار، ماه ژوئیه از فصل تابستان، ماه اکتبر از فصل پاییز و ماه ژانویه از فصل زمستان آورده می شود.

مواد و روش ها

به منظور آشکار سازی انواع ابرها در ایران از داده های ماهواره NOAA و الگوریتم تشخیص نوع ابر پروژه بین المللی ماهواره ای اقلیم شناسی ابر (ISCCP)، استفاده شده است. این پروژه، اولین پروژه در برنامه تحقیقاتی اقلیم جهانی (WCRP²) است که از سال ۱۹۸۳ به صورت عملیاتی آغاز به کار کرده است. پروژه ISCCP، با هدف جمع آوری و تحلیل مجموعه داده های جهانی ماهواره ای به منظور شناخت اقلیمی ابرها پیشنهاد شد (شیفر و روسو، ۱۹۸۳). الگوریتم های تحلیل ابر دو وظیفه اصلی را بر عهده دارند. ابتدا هدف مقایسه تفاوت میان رادیانس حالت ابری و بدون ابر است. سپس از این مقایسه برای آشکار سازی ابرها به خصوص ابرهای با پیچیدگی ها و ویژگی های متفاوت استفاده می شود. ابزار اندازه گیری که بر روی محموله ماهواره سنجش از دور نصب شده است، شدت تابش رسیده از سطح زمین را در محدوده وسیعی از طول موج ها اندازه گیری می کند. از هر یک از باندهای طیفی خاص، برای تعیین دمای ابر، رطوبت و مطالعه حرکات انواع ابر استفاده می شود. شکل ۱ الگوریتم کاربردی تحلیل ابر توسط ISCCP را نشان می دهد (شیفر و روسو، ۱۹۸۳). برای تحلیل دقیق ابرها در پروژه ISCCP به اطلاعات کامل ابر و اطلاع از چگونگی تغییرات آن نیاز است. اطلاعاتی که از پروژه ISCCP به دست می آید در تحقیقات با جنبه های مختلف بررسی اقلیم- ابر کاربرد دارند. از سوی دیگر از آنجا که این داده ها اطلاعات مکانی و زمانی گسترده ای دارند، می تواند برای هر گونه مطالعه در زمینه ابر و تابش مورد استفاده قرار گیرند (وندرها و همکاران، ۱۹۸۳). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود، در گام اول، تغییرات زمانی داده های رادیانس ماهواره برای هر نقطه تحلیل آماری



شکل ۱. الگوریتم کاربردی تحلیل ابر در پروژه ISCCP (شیفر و روسو، ۱۹۸۳)



شکل ۲. دسته بندی انواع ابر در پروژه ISCCP بر اساس عمق نوری ابر و فشار قله ابر

ویژگی های اقلیمی ابر در هر منطقه قابل استفاده هستند. علاوه بر آن اطلاعات ارزشمندی در زمینه خصوصیات تابشی هر منطقه را برای زمان خاص در دسترس قرار می دهند که در مطالعات مربوط به بودجه تابش جو بسیار کاربرد دارند. علاوه بر آن، متغیرهایی که از این روش به دست می آیند، برای مطالعات مربوط به برهم کنش ابر با دیگر مولفه های اقلیمی نیز می تواند به کار برده شود. انواع پارامترهای مربوط به ابر که از اطلاعات پروژه ISCCP به دست می آید شامل درصد پوشش ابر، فشار قله ابر، دمای قله ابر و تغییرپذیری آن، عمق نوری ابر و تغییرات آن، مسیر آب محتوی ابر، ابعاد ذرات موجود در ابر، ساختار لایه های ابر، فشار پایه ابر و دمای پایه ابر می باشد.

از داده های ماهواره های هواشناسی زمین آهنگ

می شود تا خصوصیات مربوط به جو بدون ابر استخراج شود. در مرحله بعد، الگوریتم تحلیلی دیگری بر داده های رادیانس به کار برده می شود تا توزیع رادیانس را برای منطقه کوچک تر و در زمان خاصی مشخص شود. بر این اساس هیستوگرام داده های رادیانس ترسیم می شود و از مقایسه مقادیر هیستوگرام با حالت بدون ابر، حضور ابر تشخیص داده می شود. پس از تشخیص ابر با استفاده از مقایسه مقادیر رادیانس اندازه گیری شده توسط ماهواره، از معادله انتقال تابش استفاده می شود تا دمای قله ابر و عمق نوری ابر تعیین شود. با به دست آوردن این مقادیر خصوصیات فیزیکی ابر تشخیص داده می شود (روسو و شیفر، ۱۹۹۱). در مرحله آخر برخی محاسبات آماری (برای نمونه میانگین ماهانه) از ویژگی های ابر انجام می شود. این محاسبات برای مطالعات مربوط به

ابر از سنجنده AVHRR مربوط به ماهواره NOAA طی دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۱) دریافت شده است و با استفاده از الگوریتم ISCCP (شکل ۲) طبقه بندی انواع ابر به صورت میانگین ماهانه از ژانویه تا دسامبر طی دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۱) محاسبه و استخراج شده است. روش به کار رفته ابداعی بوده و در نوع خود برای اولین بار برای ایران به کار رفته است.

در این بخش بر اساس اطلاعات دریافت شده از سنجنده AVHRR و الگوریتم ISCCP طبقه بندی ابرها در ماههای مختلف سال استخراج و مورد تحلیل قرار گرفته اند. درصد رخداد ابرهای کومه ای (Cu)، فراز کومه ای (Ac)، فراز پوشنی (As)، پوشن کومه ای (Sc)، ابرهای همرفت عمیق (Cb)، ابرهای پوشنی (St)، باران پوشنی (Ns)، پرسا (Ci)، پرسا پوشنی (Cs) به صورت میانگین ماهانه طی دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۱) برای ۱۲ ماه سال شناسایی شده اند.

نتایج و بحث

تحلیل نتایج آشکارسازی انواع ابرها در ماه ژانویه
به منظور رعایت حجم مقاله، از هر فصل یک ماه انتخاب و در شکلهای ۳ تا ۶ آمده است و شامل ژانویه از فصل زمستان، آوریل از فصل بهار، ژوئیه از تابستان و اکتبر از فصل پاییز می باشند. نتایج حاصل از آشکارسازی برای ۱۲ ماه سال، در جدول ۱ به صورت خلاصه آمده است. شکل ۳ درصد فراوانی ابرهای نامبرده بالا را در ماه ژانویه را به تفکیک نشان می دهد. شکل ۳- الف درصد فراوانی ابر پوشنی در این ماه را نشان می دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می شود، درصد فراوانی رخداد این ابر در ماه ژانویه برای کل کشور تقریباً یکسان است و فراوانی آن بین صفر تا ۵ درصد است. درصد فراوانی رخداد ابر پوشن کومه ای در شکل ۳- ب نشان می دهد که درصد فراوانی رخداد این ابر در ماه ژانویه در جنوب شرق و جنوب غرب به ترتیب برابر با ۲۰ تا ۲۵ درصد و ۱۵ تا ۲۰ درصد است و سایر مناطق دارای فراوانی یکسانی (کمتر از ۵ درصد) است. شکل ۳- ج درصد

و خورشید آهنگ برای استخراج پارامترهای مختلف ابر (فشار قله ابر، دمای قله ابر، عمق نوری ابر و ...) می توان استفاده کرد که از بین این ماهواره ها، ماهواره زمین آهنگ متئوست (MeteoSat³) و خورشید آهنگ نوا (NOAA) دارای اطلاعات با دوره آماری طولانی تری هستند و محدوده ایران را پوشش می دهند. از آنجا که قدرت تفکیک مکانی ماهواره های خورشید آهنگ بالاتر از ماهواره های زمین آهنگ است، در این مقاله از داده های ماهواره NOAA، سنجنده AVHRR برای تشخیص انواع ابر در گستره ایران طی دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۱) استفاده شده است. سنجنده AVHRR، با استفاده از ۶ آشکارساز به جمع آوری باندهای مختلف از طول موج تابش می پردازد و با توجه به نوع مدل، دارای ۴ تا ۵ کانال است. اندازه گیری های این سنجنده در محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی از طیف الکترومغناطیس است. از اطلاعات جمع آوری شده توسط این سنجنده برای تعیین نوع و پوشش ابر و همچنین دمای سطح زمین استفاده می شود. برای تعیین و طبقه بندی نوع ابر از الگوریتم پروژه ISCCP که به اختصار در شکل ۲ نشان داده شده است استفاده شده است. در این الگوریتم برای تعیین نوع ابر از عمق نوری ابر و فشار قله ابر استفاده می شود.

عمق نوری ابر بیان کننده مقدار تضعیف نور در هنگام عبور از عمق ابر به طول واحد در اثر جذب و پراکنش به وسیله ذرات آب و بخار است. عمق نوری ابر یا ضخامت نوری ابر به عنوان ضریب تاریکی برای چندین ستون عمودی ابر در نظر گرفته می شود. این پارامتر بدون بعد است و از رابطه زیر به دست می آید.

$$I/I_0 = e^{-\tau} \quad (1)$$

که در آن I_0 شدت تابش منبع و I شدت تابش بعد از عبور از واحد طول ابر است.

در این مطالعه داده های عمق نوری ابر و فشار قله

جدول ۱: فراوانی و موقعیت جغرافیایی رخداد ابرهای پوشنی، پوشن کومه ای، بارا پوشنی، فراز پوشنی، فراز کومه ای، پرسا، پرسا پوشنی، کومه ای و ابرهای همرفت عمیق در ماه های مختلف. حروف ش، ش، ش، ش، غ، غ، ج، ج، ش، ش به ترتیب معرف نواحی شمالی، شمال غربی، غربی، جنوب غربی، جنوبی، جنوب شرقی و شرقی می باشند. منظور از سواحل شمال، سواحل دریای خزر و سواحل جنوب، سواحل خلیج فارس و دریای عمان می باشد.

نوع ابر ماه	کومه ای	فراز کومه ای	فراز پوشنی	پوشن کومه ای	پوشنی	همرفتی عمیق	بارا پوشنی	پرسا پوشنی	پرسا
ژانویه	سواحل دریای عمان	چ.ش	ش.ش، غ.ج.غ	سواحل دریای عمان	-	ج.غ	شف.ش، ش.غ و زاگرس	ج.ش، ش.ش و مرکز ایران	-
محدوده بیشینه فراوانی (%)	15-20	10-15	90-100	15-20		15-20	60-70	60-70	
فوریه	سواحل ج و ج.ش	سواحل ج و ج.ش	ش.ش، ش.غ، ج.غ، غ.ج.غ و مرکز	سواحل دریای عمان	-	ج.غ	البرز، زاگرس و ش.غ	ج.ش، ش.ش، ش.غ و مرکز	ج.ش
محدوده بیشینه فراوانی (%)	40-50	30-40	90-100	15-20		10-15	35-50	40-60	5-10
مارس	سواحل جنوب	ج و ج.ش. ایران	ش.ش، ش.غ، ج.ش. کرمان	ج.ش و ج.غ	-	ج.ش و ش.ش	سواحل شمال	مرکز، ش و ش.غ	ج.ش
محدوده بیشینه فراوانی (%)	70-100	35-45	90-100	25-35		0-5	25-35	35-45	0-5
آوریل	سواحل جنوب ج.غ، غ و ش	مرکز و زاگرس	ش.ش، ش.غ، ش.ش و مرکز	ش.ش	-	ج.ش	سواحل شمال	مرکز، ج.ش و ش.غ	ج.ش، ش.ش و مرکز
محدوده بیشینه فراوانی (%)	90-100	35-50	90-100	35-50	0-5	50-60	25-35	35-45	0-5
می	سواحل جنوب ج.غ، غ و ش.ش	ج.ج.ش	ش.غ، ش.زاگرس و ج.کرمان	ش.ش	-	-	سواحل شمال	ج.ش و مرکز	ج.ش
محدوده بیشینه فراوانی (%)	90-100	40-50	90-100	35-50			25-35	25-30	5-10
ژوئن	سواحل جنوب ج.غ، غ، ش.ش	ج.شرق کرمان، ج.تهران، غ.قم و مرکز	ش.غ، ش.زاگرس، البرز و ج.کرمان	ش.ش، ج و غ	-	-	سواحل شمال	جنوب شرق و مرکز ایران	جنوب شرق و مرکز ایران

این ابر در بعضی مناطق از استان های کرمانشاه و خراسان رضوی بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد می باشد. قسمت های مرکزی، جنوبی و جنوب شرقی ایران به همراه مناطق مرتفع، دارای فراوانی کمتری در رخداد این ابر هستند، به طوری که کمترین فراوانی مشاهده شده در ارتفاعات البرز، زاگرس میانی، کوه های سهوند، سبلان، ارتفاعات غربی دریاچه ارومیه و همچنین بخش های از استان های خراسان جنوبی، یزد و سیستان و بلوچستان مشاهده می شود. فراوانی ابر فراز پوشنی در این مناطق کمتر از ۲۵ درصد است. همچنین درصد فراوانی ابر فراز کومه ای در ماه ژانویه در نواحی جنوب و جنوب شرق کشور بیشتر است. مناطقی همچون غرب استان سیستان و بلوچستان، جنوب استان های کرمان و فارس و شمال استان هرمزگان دارای بیشترین فراوانی رخداد ابر فراز کومه ای هستند که

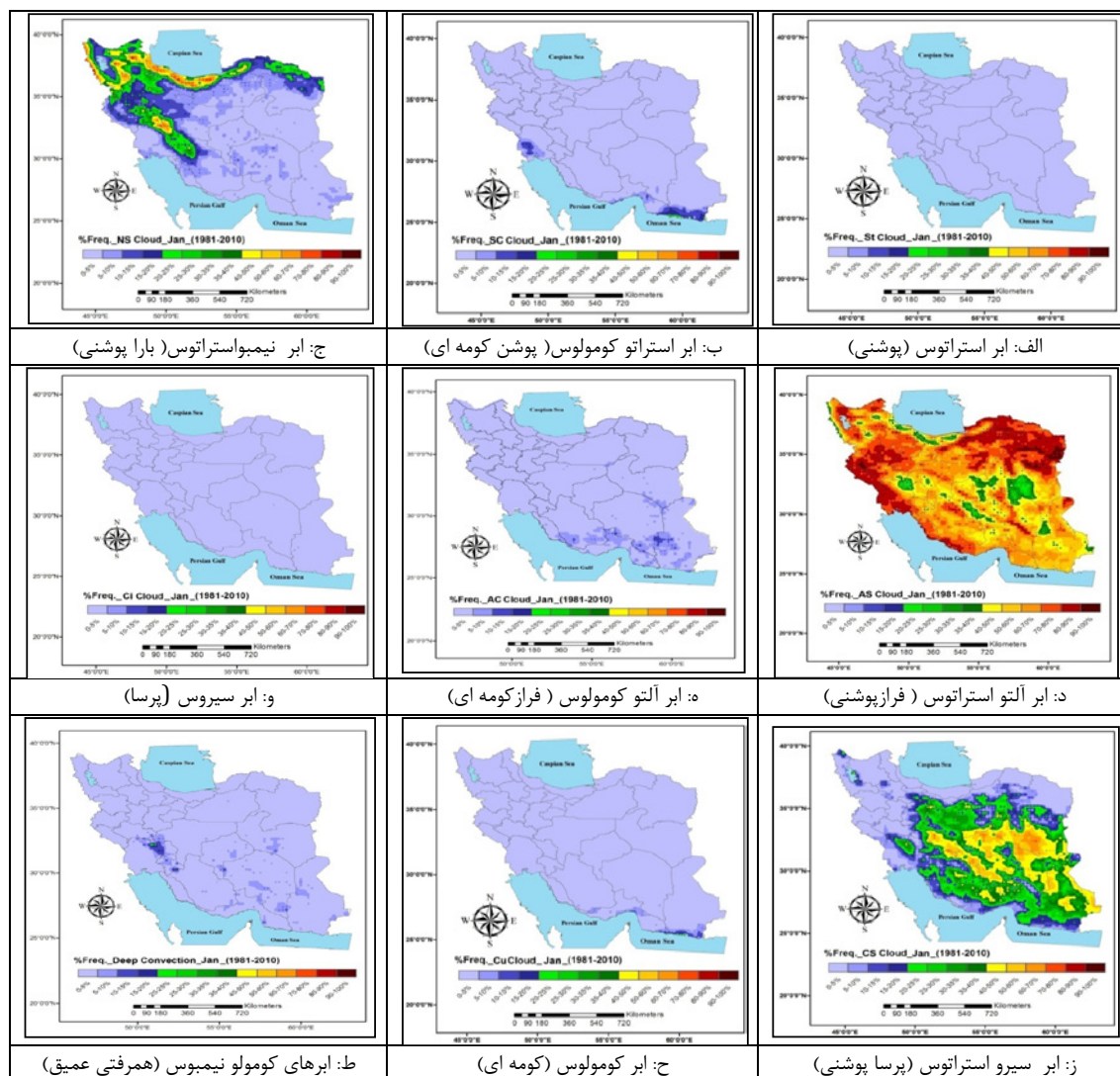
فراوانی ابر بارا پوشنی در ایران را نشان می دهد. این ابر از جمله ابرهایی است که تولید برف یا باران مداوم می کند و بارش حاصل از آن عمدتاً به سطح زمین می رسد. پراکنش جغرافیایی ابر بارا پوشنی نشان می دهد که بیشترین فراوانی رخداد آن منطبق بر ناهمواری هایی چون رشته کوه های البرز و زاگرس است. بیشترین فراوانی ابر بارا پوشنی در این مناطق به ۸۰ درصد می رسد. در مناطق جنوبی، جنوب شرقی و مرکزی ایران نیز درصد فراوانی ابر بارا پوشنی بین صفر تا ۱۵ درصد است. شکل ۳-د درصد فراوانی ابر فراز پوشنی را نشان می دهد. بیشترین فراوانی رخداد این ابر در غرب و شمال شرق ایران مشاهده می شود که شامل استان های خراسان شمالی، خراسان رضوی، شمال استان سمنان، کرمانشاه، ایلام و غرب استان های خوزستان و لرستان می باشد. فراوانی رخداد

ادامه جدول ۱: فراوانی و موقعیت جغرافیایی رخداد ابرهای پوشنی، پوشن کومه ای، بارا پوشنی، فراز پوشنی، فراز کومه ای، پرسا، پرساپوشنی، کومه ای و ابرهای همرفت عمیق در ماه‌های مختلف. حروف ش، ش، ش، ش، غ، غ، ج، ج، ش، ش به ترتیب معرف نواحی شمالی، شمال غربی، غربی، جنوب غربی، جنوبی، جنوب شرقی و شرقی می باشند. منظور از سواحل شمال، سواحل دریای خزر و سواحل جنوب، سواحل خلیج فارس و دریای عمان می باشد.

محدوده پیشینه فراوانی (%)	90-100	50-60	90-100	40-60			40-50	25-35	5-10
ژئوتیپ	سواحل جنوب، ج، غ، و غ	زاگرس، مرکز و ج، ش	ش، غ، ج، ش، زاگرس، البرز و ج کرمان	ش، ش، غ، و ج	بندر انزلی	-	سواحل شمال	ج، ش و مرکز	مرکز و ش
محدوده پیشینه فراوانی (%)	90-100	50-60	90-100	30-45	25-30	-	45-60	5-10	10-15
اوت	سواحل جنوب	ج، ج، ش، و مرکز	ش، غ، زاگرس، البرز و ج، کرمان	ش، ش، ج، ش، و ج، غ	-	-	سواحل شمال	ج، ش و مرکز	مرکز و ش
محدوده پیشینه فراوانی (%)	70-80	50-60	80-90	25-35	-	-	60-70	15-20	5-10
سیتامبر	سواحل جنوب	ج، ج، ش و ش	ش، ش، ش، غ، و مرکز کرمان	سواحل جنوب	-	ج، غ و مرکز	سواحل شمال و ش، غ	مرکز و ش	ج، ش و ش
محدوده پیشینه فراوانی (%)	40-50	35-50	80-90	20-25	-	10-15	40-50	35-50	10-15
اکتبر	سواحل جنوب و ج، ش	ج، ج، ش	ج، غ، ش، ش و مرکز کرمان	سواحل جنوب و ج، غ	-	زاگرس و مرکز	ش، ش، غ، ش، و زاگرس	مرکز و ش	ج، ش
محدوده پیشینه فراوانی (%)	5-10	20-30	70-80	10-15	-	15-20	40-60	45-60	5-10
نوامبر	سواحل جنوب	ج و ج، ش	ج، غ، ج، جنوب سمنان و ج، و ج، غ، خراسان رضوی	ج، غ	-	مرکز و ج، ش	ش، ش، غ، ش، و زاگرس	مرکز و ش	-
محدوده پیشینه فراوانی (%)	5-10	10-15	70-90	25-35	-	15-20	80-90	45-60	-
دسامبر	سواحل دریای عمان	ج، ش	غ، ج، غ و ش، ش	ج، غ، و ج، ش	ج، ش	ش و مرکز	ش، ش، غ، ش، و زاگرس	مرکز و ج، ش	-
محدوده پیشینه فراوانی (%)	25-30	10-15	80-90	20-30	5-10	15-25	90-100	30-50	-

همچنین مناطق شمال، شمال غرب، شمال شرق، غرب و جنوب غرب ایران دارای کمترین فراوانی رخداد این ابر هستند و فراوانی رخداد آن بین صفر تا ۵ درصد است (شکل ۳- ز). شکل ۳- ح درصد فراوانی ابر کومه ای در ماه ژانویه در ایران را نشان میدهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، فراوانی رخداد ابر کومه ای سواحل جنوبی و جنوب شرقی کشور بیشتر است. بیشترین فراوانی رخداد این ابر در سواحل جنوبی استان سیستان و بلوچستان است و دارای فراوانی بین ۲۰ تا ۲۵ درصد است. در سایر مناطق کشور فراوانی این ابر کمتر از ۵ درصد است. شکل ۳- ط درصد فراوانی ابرهای همرفت عمیق در ماه ژانویه را نشان می‌دهد. این ابرها عموماً دارای رشد عمودی زیادی هستند و عموماً همراه با بارش‌های رگباری، تگرگ و رعدوبرق همراه هستند.

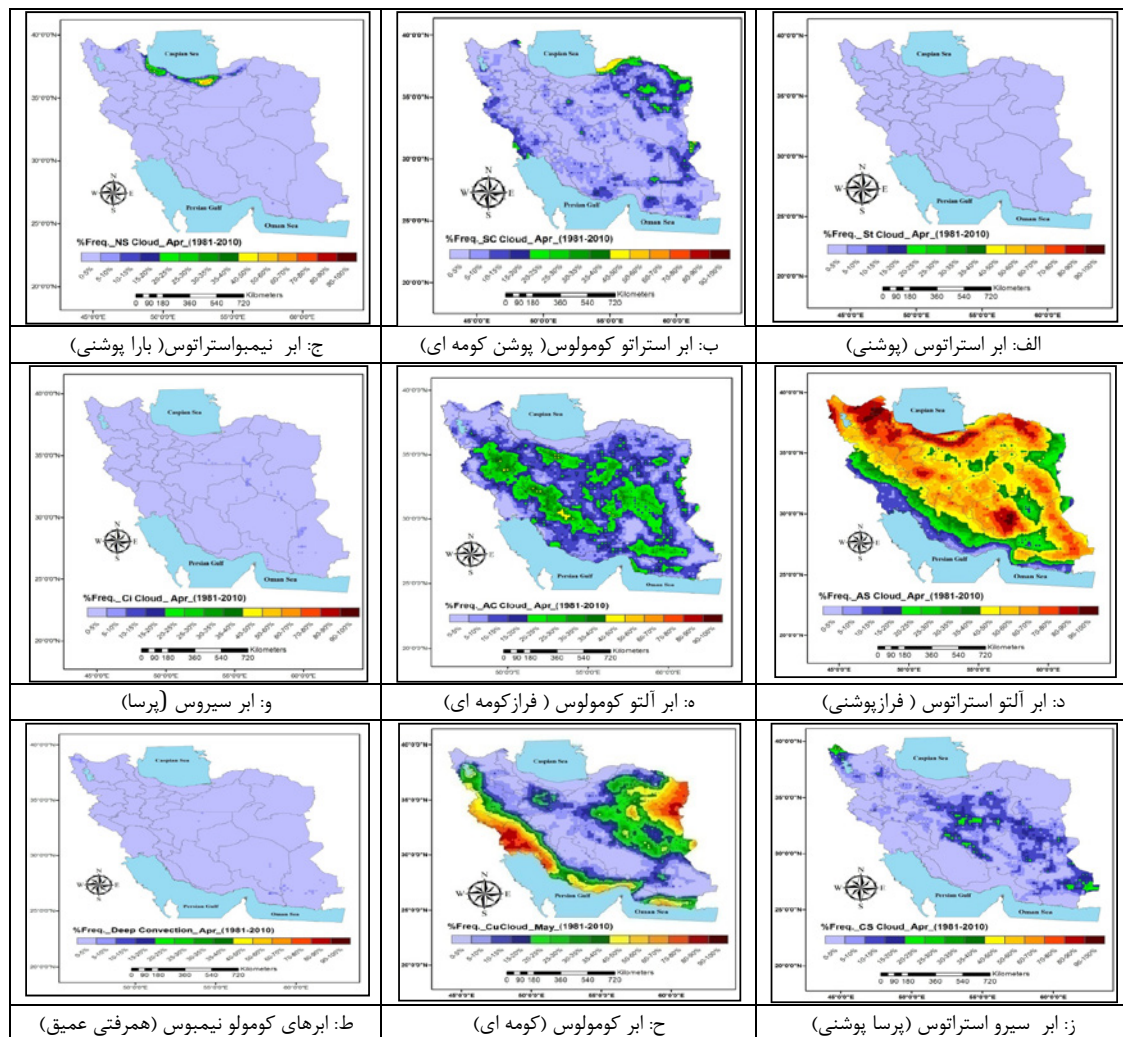
فراوانی آن در این مناطق تا ۲۰ درصد نیز می‌رسد. به غیر از جنوب استان خراسان جنوبی که دارای فراوانی رخداد بین ۱۰ تا ۱۵ درصد است، سایر مناطق ایران فراوانی بین صفر تا ۵ درصد را برای ابر فراز کومه ای دارا هستند (شکل ۳- ه). فراوانی ابرهای پرسا در گستره ایران در شکل ۳- و، نشان می‌دهد که فراوانی این ابر در ماه ژانویه در سراسر کشور بین صفر تا ۵ درصد است. همچنین بیشترین فراوانی ابر پرساپوشنی در ماه ژانویه در مناطق مرکزی، شرقی و جنوب شرقی ایران مشاهده می‌شود. استان‌های خراسان جنوبی، یزد و بخش‌هایی از استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان به همراه دامنه‌های شرقی رشته کوه زاگرس میانی و جنوبی دارای بیشترین درصد فراوانی رخداد این ابر در ماه ژانویه هستند. درصد فراوانی رخداد این ابر برای این مناطق بیش از ۴۰ درصد است.



شکل ۳. درصد فراوانی ابرهای پوشنی (الف)، پوشن کومه ای (ب)، بارا پوشنی (ج)، فراز پوشنی (د)، فراز کومه ای (ه)، پرسا (و)، پرسا پوشنی (ز)، کومه ای (ح) و ابرهای همرفت عمیق (ط) در ماه ژانویه

تحلیل نتایج آشکارسازی انواع ابرها در ماه آوریل در شکل ۴ درصد فراوانی ابرهای مورد مطالعه در ماه آوریل آمده است. شکل ۴-الف از این شکل درصد فراوانی ابر پوشنی را نشان می دهد که فراوانی آن کمتر از ۵ درصد برای همه مناطق ایران است. درصد فراوانی ابر پوشن کومه ای (شکل ۴-ب) نشان می دهد که مناطق شمال شرق، جنوب غرب و برخی مناطق جنوب و شرق ایران دارای فراوانی بیشتری هستند. بیشینه فراوانی این ابر در ماه آوریل در شمال استان گلستان قرار دارد و

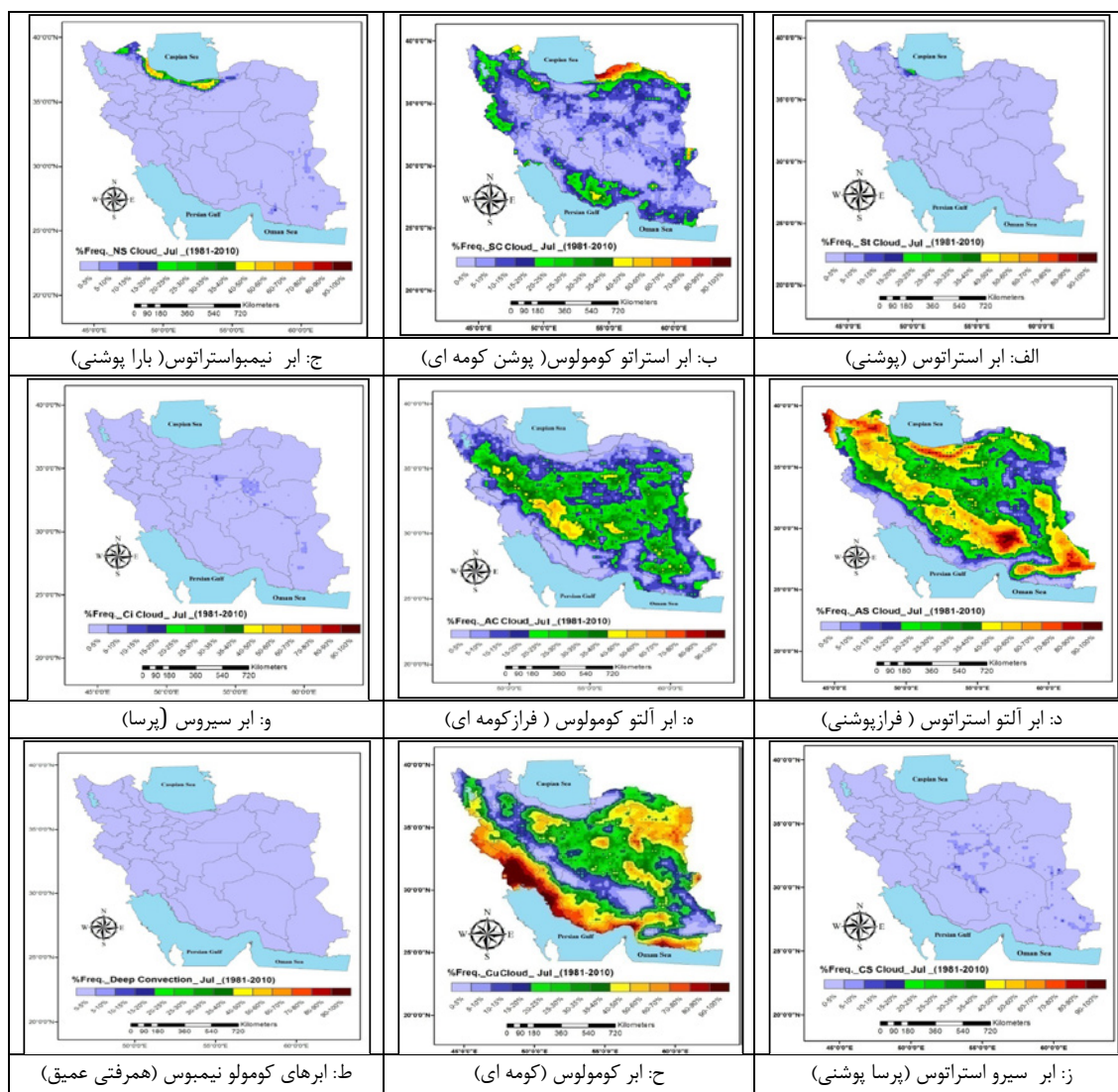
همانطور که در شکل مشاهده می شود، این ابرها در ماه ژانویه به صورت پراکنده در همه استان های نیمه جنوبی کشور (پایین تر از مدار ۳۳ درجه) دارای رخداد هستند. بیشینه رخداد این ابرها در جنوب غرب ایران و دامنه های رو به باد کوه های زاگرس است و فراوانی رخداد آن در مرز بین خوزستان و چهارمحال و بختیاری به ۲۵ درصد و در جنوب استان کهگیلویه و بویراحمد تا ۲۰ درصد است. نیمه شمالی و بخش بزرگی از استان های نیمه جنوبی کشور فراوانی رخداد این ابرها کمتر از ۵ درصد است.



شکل ۴. درصد فراوانی ابرهای پوشنی (الف)، پوشن کومه ای (ب)، بارا پوشنی (ج)، فرازپوشنی (د)، فرازکومه ای (ه)، پرسا (و)، پرساپوشنی (ز)، کومه ای (ح) و ابرهای همرفت عمیق (ط) در ماه آوریل

کمینه درصد فراوانی این ابر در ماه آوریل هستند (شکل ۴-د). با این حال درصد فراوانی ابر فراز کومه ای در این ماه نشان می‌دهد که بیشینه درصد فراوانی این ابر به صورت هسته‌های مجزا در مناطق مرکزی ایران قرار دارد و مهمترین مرکز بیشینه آن بر ناهمواری‌های زاگرس منطبق است که فراوانی آن در برخی مناطق به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد (شکل ۴-ه). درصد فراوانی ابرهای پرسا با مراکز بیشینه پراکنده بیش از ۵ درصد در نیمه شرقی کشور و در استان‌های سمنان، یزد، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و کرمان مشاهده می‌شود

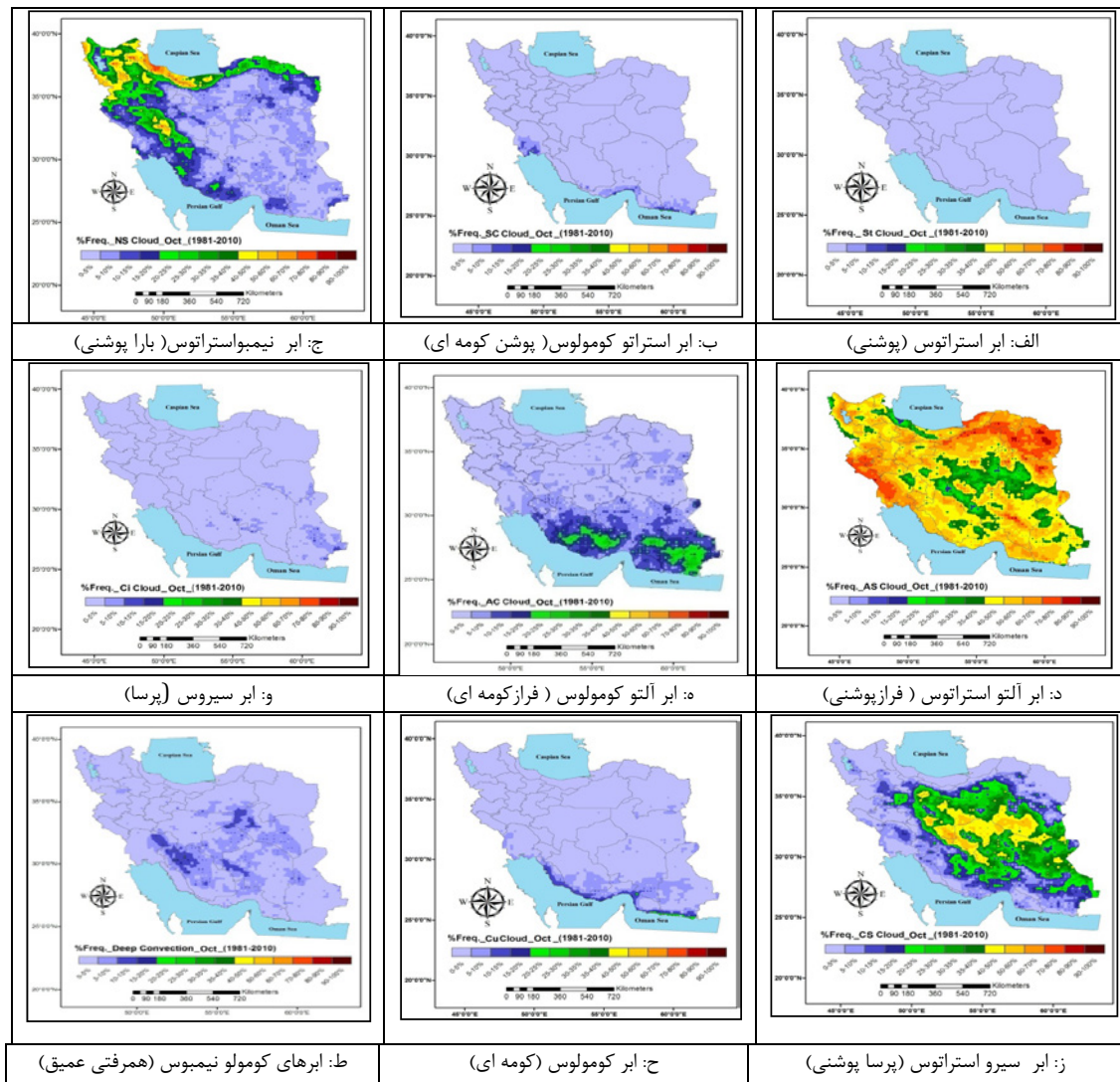
مقدار آن به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد. درصد فراوانی ابر بارا پوشنی در ماه آوریل نشان می‌دهد که نواحی جنوبی دریای مازندران دارای بیشینه فراوانی این ابر هستند و سایر مناطق دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد را دارا می‌باشند (شکل ۴-ج). درصد فراوانی ابر فراز پوشنی نیز در این ماه معرف بیشینه فراوانی این ابر در شمال غرب ایران، نواحی البرز مرکزی و ناهمواری‌های جنوب کرمان است و مقدار آن در این مناطق تا بیش از ۹۰ درصد نیز می‌رسد. همچنین نواحی جنوب، جنوب شرق، جنوب غرب و برخی مناطق شرقی ایران دارای



شکل ۵. درصد فراوانی ابرهای پوشنی (الف)، پوشن کومه ای (ب)، بارا پوشنی (ج)، فراز پوشنی (د)، فراز کومه ای (ه)، پرسا (و)، پرسا پوشنی (ز)، کومه ای (ح) و ابرهای همرفت عمیق (ط) در ماه ژوئیه

جنوب شرق، شمال شرق و شرق ایران قرار دارد و بیشینه این مراکز در جنوب غرب و شرق ایران به بیش از ۸۰ درصد می رسد (شکل ۴- ح). شکل ۴- ط درصد فراوانی ابرهای همرفتی در این ماه را نشان می دهد. این ابرها با درصد فراوانی کم در شمال استان آذربایجان غربی و به صورت پراکنده در استان های اصفهان، کرمان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان با فراوانی بیش از ۵ درصد دارای رخداد هستند و سایر مناطق دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد دارند.

و سایر مناطق دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد هستند (شکل ۴- و). همچنین درصد فراوانی ابر رسا پوشنی در شکل ۴- ز نشان می دهد که بیشینه درصد فراوانی این ابر در شمال استان آذربایجان غربی، غرب استان سیستان و بلوچستان و مناطق مرکزی ایران قرار دارد و فراوانی آن در این مناطق به بیش از ۲۰ درصد می رسد. مناطق شمال، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب ایران فراوانی کمتر از ۵ درصد را دارا می باشند. بیشینه درصد فراوانی ابر کومه ای در ماه آوریل در جنوب غرب، جنوب،



شکل ۶. درصد فراوانی ابرهای پوشنی (الف)، پوشن کومه ای (ب)، بارا پوشنی (ج)، فرازپوشنی (د)، فراز کومه ای (ه)، پرسا (و)، پرساپوشنی (ز)، کومه ای (ح) و ابرهای همرفت عمیق (ط) در ماه اکتبر

ابر پوشن کومه ای در قسمت ب نشان می‌دهد که هسته‌های بیشینه بیش از ۲۰ درصد به صورت پراکنده در نقاط مختلفی از ایران وجود دارند اما بیشینه درصد فراوانی این ابر در شمال استان گلستان قرار دارد. فراوانی ابر پوشن کومه ای در این منطقه به بیش از ۸۰ درصد می‌رسد. همچنین مناطقی چون جنوب استان فارس، غرب استان‌های کرمانشاه و آذربایجان شرقی، شمال استان‌های زنجان، قزوین و خراسان شمالی و همچنین جنوب و شمال استان سیستان و بلوچستان فراوانی این ابر بیش از ۲۰ درصد است. کمترین درصد فراوانی این ابر

تحلیل نتایج آشکارسازی انواع ابرها در ماه ژوئیه
شکل ۵ درصد فراوانی ابرهای پوشنی، پوشن کومه ای بارا پوشنی، فرازپوشنی، فراز کومه ای، پرسا، پرساپوشنی، کومه ای و ابرهای همرفت عمیق در ماه ژوئیه را نشان می‌دهد. شکل ۵-الف درصد فراوانی ابر پوشنی در این ماه را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، فراوانی این ابر در استان گیلان و شمال شرق استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل بیشتر از ۵ درصد است و فراوانی آن در بندر انزلی به ۲۵ درصد نیز می‌رسد. در سایر مناطق ایران فراوانی این ابر کمتر از ۵ درصد است. درصد فراوانی

جنوبی، یزد کرمان و سیستان و بلوچستان به بیش از ۵ درصد می‌رسد و در سایر مناطق فراوانی این ابر کمتر از ۵ درصد است (شکل ۵- ز). توزیع درصد فراوانی ابر کومه ای در شکل ۵- ح نشان داده شده است، همانطور که مشاهده می‌شود بیشینه فراوانی این ابر در استان‌های بوشهر و خوزستان و جنوب استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان به بیش از ۹۰ درصد می‌رسد. در این ماه بیشتر مناطق ایران دارای فراوانی بیش از ۲۰ درصد ابر کومه ای هستند و مناطق جنوبی دریای مازندران، ناهمواری‌های زاگرس و جنوب کرمان و بخش‌هایی از شمال غرب ایران دارای کمینه درصد فراوانی این ابر در ماه ژوئیه هستند. در این ماه نیز همانند ماه قبل، درصد فراوانی ابرهای همرفت عمیق در ایران بین صفر تا ۵ درصد است (شکل ۵- ط).

تحلیل نتایج آشکار سازی انواع ابرها در ماه اکتبر

شکل ۶ درصد فراوانی ابرهای یاد شده را در ماه اکتبر را نشان می‌دهد. توزیع درصد فراوانی ابر استراتوس در شکل ۶- الف نشان می‌دهد که همانند ماه قبل، فراوانی این ابر برای همه مناطق ایران کمتر از ۵ درصد است. درصد فراوانی ابر پوشن کومه ای نیز در جنوب غرب استان خوزستان و مناطق ساحلی استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان بیشتر است. بیشینه این ابر در مناطق یاد شده تا ۱۵ درصد نیز می‌رسد. در سایر مناطق فراوانی ابر پوشن کومه ای کمتر از ۵ درصد است (شکل ۶- ب). شکل ۶- ج درصد فراوانی ابر بارا پوشنی را نشان می‌دهد. همانطور که در این قسمت مشاهده می‌شود، مناطق شمالی، شمال شرقی، ناهمواری‌های زاگرس و به ویژه شمال غرب ایران فراوانی این ابر بیشتر است. در این مناطق فراوانی ابر بارا پوشنی بیشتر از ۱۵ درصد است و بیشینه فراوانی آن در جنوب غرب دریای مازندران به بیش از ۷۰ درصد می‌رسد. در مناطق مرکزی، جنوب شرقی و شرقی نیز فراوانی آن کمتر از ۱۵ درصد است. توزیع درصد فراوانی ابر فراز پوشنی (شکل ۶- د) نشان می‌دهد که فراوانی این ابر در ماه اکتبر در ایران برای همه مناطق

در نواحی مرکزی ایران مشاهده می‌شود (شکل ۵- ب). نقشه توزیع درصد فراوانی ابر بارا پوشنی در ماه ژوئیه نشان می‌دهد که نواحی جنوبی و جنوب غربی دریای مازندران و شمال استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی و همچنین بخش‌های کوچکی از استان‌های هرمزگان، خراسان جنوبی، هرمزگان و کرمان دارای فراوانی بیش از ۵ درصد هستند. بیشینه فراوانی ابر بارا پوشنی در این ماه در جنوب و جنوب غرب دریای مازندران به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد. ابر بارا پوشنی در سایر مناطق ایران در این ماه دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد است (شکل ۵- ج). توزیع فراوانی ابر فراز پوشنی در شکل ۵- د نشان می‌دهد که فراوانی این ابر در ماه ژوئیه در بیشتر نقاط ایران بیش از ۲۰ درصد است و در مناطقی چون رشته کوه‌های البرز، رشته کوه‌های زاگرس، کوه‌های جنوب استان کرمان و مناطقی چون شمال غرب و جنوب شرق ایران فراوانی این ابر به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد. بیشینه درصد فراوانی این ابر در ارتفاعات مرزی شمال غرب و کوه‌های جنوب استان کرمان مشاهده می‌شود و رخداد آن در این مناطق از ۹۰ درصد بیشتر است. نواحی جنوبی، جنوب غرب و بخش‌هایی از غرب ایران دارای کمینه درصد فراوانی ابر فراز پوشنی در این ماه هستند. در این ماه درصد فراوانی ابر فراز کومه ای در مناطق مرکزی ایران فراوانی بیشتری دارد و مناطق جنوبی، جنوب غربی، غربی و نواحی شمالی کشور درصد فراوانی این ابر کمتر است. بیشینه درصد فراوانی این ابر بر دامنه شرقی رشته کوه‌های زاگرس منطبق است و در غرب استان اصفهان فراوانی آن از ۶۰ درصد بیشتر است (شکل ۵- ه). توزیع درصد فراوانی ابرهای پرسا نشان می‌دهد که بیشینه فراوانی این ابر در بین استان‌های سمنان و اصفهان به بیش از ۱۵ درصد می‌رسد. همچنین فراوانی این ابر در بخش‌هایی از استان‌های سمنان، اصفهان، خراسان جنوبی، یزد و سیستان و بلوچستان بیش از ۵ درصد و در سایر مناطق ایران کمتر از ۵ درصد است (شکل ۵- و). درصد فراوانی ابر پرسا پوشنی در این ماه نیز به صورت پراکنده در بخش‌هایی از استان‌های سمنان، اصفهان، خراسان

بیش از ۱۵ درصد است و بیشینه درصد فراوانی آن در استان‌های ایلام و خوزستان در جنوب غرب و استان‌های خراسان رضوی و شمالی در شمال شرق ایران قرار دارد. بیشینه فراوانی این ابر در این مناطق بیشتر از ۷۰ درصد است و در برخی مناطق استان خراسان رضوی تا بیش از ۸۰ درصد نیز می‌رسد. کمینه فراوانی این ابر در جنوب غرب دریای مازندران، مرکز و جنوب شرق ایران قرار دارد. درصد فراوانی ابرهای فراز کومه ای در این ماه در جنوب و جنوب شرق ایران بیشتر است. در این مناطق فراوانی ابر فراز کومه ای بیش از ۱۵ درصد است. کمینه درصد فراوانی این ابر نیز در شمال، شمال غرب؛ و غرب ایران قرار دارد (شکل ۶-ه). درصد فراوانی ابر پارسا در این ماه به صورت پراکنده در برخی نواحی جنوب، شرق و جنوب شرق ایران مشاهده می‌شود. بیشینه فراوانی ابر پارسا در این نواحی به ۱۵ درصد می‌رسد. در این ماه تمام مناطق نیمه شمالی و غربی ایران دارای کمینه درصد فراوانی این ابر هستند (شکل ۶-و). شکل ۶-ز توزیع فراوانی ابر فراز کومه ای در ماه اکتبر را نشان می‌دهد. درصد فراوانی این ابر در مناطق شرقی و مرکزی ایران بیشتر است. بیشینه درصد فراوانی این ابر در مناطق مرکزی ایران بیشتر از ۵۰ درصد است. مناطق شمالی، شمال شرقی، شمال غربی و غربی ایران دارای کمینه درصد فراوانی این ابر هستند. در این مناطق فراوانی ابر فراز کومه ای کمتر از ۵ درصد است. همانند ماه سپتامبر فراوانی ابر کومه ای در این ماه در سواحل جنوبی و جنوب شرقی ایران بیشتر است و بیشینه فراوانی آن در این مناطق به بیش از ۲۰ درصد می‌رسد. در سایر مناطق فراوانی این ابر کمتر از ۵ درصد است (شکل ۶-ح). درصد فراوانی ابرهای همرفت عمیق در شکل ۶-ط نشان داده شده است. در این قسمت مشاهده می‌شود که ابرهای همرفتی در مناطق مختلفی از ایران مشاهده شده است. به طور کلی در همه استان‌های نیمه جنوبی ایران در این ماه فراوانی ابرهای همرفتی بیش از ۵ درصد مشاهده شده است. بیشینه درصد فراوانی این ابرها بر ناهمواری‌های زاگرس میانی منطبق است و بخش‌هایی از استان‌های

خوزستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، جنوب سمنان در مرز خراسان جنوبی و اصفهان را شامل می‌شود. بیشینه درصد فراوانی در این مناطق بیش از ۱۵ درصد است.

تحلیل سایر ماه‌ها نیز مشابه ماه‌های بالا انجام شده است که به صورت خلاصه در جدول ۱ ارائه می‌شود. همان گونه که در این جدول دیده می‌شود، به جز دو مورد (بندر انزلی در ماه ژوئیه و هرمزگان در ماه دسامبر)، ابر پوشنی در هیچ منطقه ای دیدبانی نشده است. همچنین ابرهای همرفتی عمیق شامل کومه ای باران زا و برجی شکل طی ماه‌های می تا اوت در هیچ منطقه ای از کشور مشاهده نشده است و نیمه جنوبی کشور به وبژه بخش‌های جنوب غرب و مرکز ایران، برای رشد این نوع ابر شرایط مساعد تری را نشان می‌دهند.

جمع بندی

نتایج آشکار سازی و طبقه بندی ابرها با استفاده از الگوریتم ISCCP در ماه‌های مختلف برای ایران نشان داد که بیشینه درصد فراوانی ابرهای کومه ای در ماه‌های اکتبر، نوامبر، و فصل زمستان شامل ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه در مناطق ساحلی جنوب شرق و مناطق جنوبی ایران قرار دارد. فراوانی ابر کومه ای در این مناطق بیش از ۵ درصد است و در برخی مناطق فراوانی آن به بیش از ۳۰ درصد می‌رسد. در این ماه‌ها سایر مناطق ایران از جمله شمال، شمال غرب، شمال شرق، غرب، شرق و مرکز، دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد ابر کومه ای هستند. در ماه‌های مارس، اوت و سپتامبر ابر کومه ای در سطح وسیعتری دارای فراوانی بیش از ۵ درصد است. در این سه ماه از جنوب غرب تا جنوب شرق ایران فراوانی این ابر دارای فراوانی بیش از ۵ درصد است و بیشینه آن در سواحل دریای عمان به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد. در این ماه‌ها نیز فراوانی ابر کومه ای در نواحی شمال، شمال غرب، شمال شرق، غرب، شرق و مرکز ایران دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد هستند. اما در ماه‌های آوریل، می، ژوئن و ژوئیه فراوانی و وسعت رخداد این ابر گسترش

ژوئیه و اوت مناطق مختلفی از ایران ابر پوشن کومه ای دارای فراوانی بیش از ۵ درصد هستند. بیشترین فراوانی این ابر در فصول مذکور در سواحل جنوبی، جنوب غرب، غرب و شمال شرق ایران و کمترین درصد فراوانی آن در مناطق جنوبی دریای مازندران، بخش هایی از غرب استان سیستان و بلوچستان و کوه های زاگرس قرار دارد. بیشینه فراوانی این ابر در ماه ژوئیه و در جنوب شرق دریای مازندران به بیش از ۷۰ درصد می رسد.

درصد فراوانی ابر فراز کومه ای در ماه های ژانویه، نوامبر و دسامبر کمتر از ماه های دیگر است. در این ماه ها بیشینه فراوانی ابر فراز کومه ای کمتر از ۱۵ درصد است. این مراکز بیشینه به صورت پراکنده در جنوب، جنوب شرق و شرق ایران قرار دارند و سایر مناطق ایران دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد هستند. در ماه های فوریه، مارس، سپتامبر و اکتبر فراوانی این ابر افزایش یافته و بیشینه آن تا ۴۰ درصد نیز می رسد. فراوانی ابر فراز کومه ای در این ماه ها نیز در جنوب، جنوب شرق و شرق ایران بیشتر است و کمینه آن در مناطق شمال، شمال غرب و غرب ایران است. در ماه های آوریل، می، و فصل تابستان شامل ماه های ژوئن، ژوئیه و اوت فراوانی ابر فراز کومه ای دارای بیشترین درصد فراوانی است و بیشینه فراوانی آن برای ماه های مذکور بیش از ۵۰ درصد است، اما مراکز بیشینه در ماه های مختلف متفاوت است. به طور کلی فراوانی ابر فراز کومه ای در این ماه ها در مناطق مرکزی، شرقی، جنوب شرقی، جنوبی و با پراکندگی بیشتر در شمال غرب ایران دارای فراوانی بیش از ۵ درصد است و مناطق مرزی شمال، شمال شرق، غرب و جنوب غرب دارای کمترین درصد فراوانی این ابر هستند.

در مقابل درصد فراوانی ابر پوشنی برای همه ماه ها بسیار کم است و به غیر از ماه ژوئیه که در جنوب غرب دریای مازندران دارای فراوانی بین ۵ تا ۲۵ درصد است، سایر مناطق ایران در این ماه و همه مناطق ایران در ماه های ۴ فصل سال شامل ماه های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، ژوئن، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر به غیر از ماه ژوئیه دارای فراوانی کمتر از ۵ درصد است.

یافته و علاوه بر مناطق جنوب شرقی و جنوبی ایران، مناطق جنوب غربی، غربی، شرقی، شمال شرقی و برخی نواحی مرکزی ایران نیز دارای فراوانی بیش از ۵ درصد ابر کومه ای هستند. بیشینه فراوانی این ابر در ماه های آوریل، می، ژوئن و ژوئیه از جنوب شرق ایران به جنوب غرب، شمال شرق ایران منتقل شده است. در این مناطق بیشینه فراوانی ابر کومه ای از ۷۰ درصد فراتر می رود.

ابر فراز پوشنی در همه ماه ها فراوانی زیادی دارد اما پراکنش آن در ماه های مختلف متفاوت است. بیشینه فراوانی ابر فراز پوشنی در همه ماه ها از ۸۰ درصد فراتر می رود و بخش بزرگی از ایران دارای فراوانی بیش از ۵۰ درصد است. در ماه های ژانویه، فوریه، اکتبر، نوامبر و دسامبر پراکنش این ابر تقریباً مشابه است و مناطق جنوب غرب، غرب و شمال شرق ایران دارای بیشینه درصد فراوانی ابر فراز پوشنی (بیش از ۸۰ درصد) هستند. کمینه درصد فراوانی این ابر در ماه های مذکور نیز عموماً در مرکز و شمال غرب ایران قرار دارد و فراوانی آن کمتر از ۲۰ درصد است. در ماه های مارس، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر نیز الگوی پراکنش ابر فراز پوشنی تقریباً مشابه است. بیشینه درصد فراوانی ابر فراز پوشنی در این ماه ها منطبق بر رشته کوه های البرز و زاگرس است. در ماه های مارس، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر در قسمت هایی از جنوب شرق ایران مقدار کمینه فراوانی ابر داریم.

ابر پوشن کومه ای نیز در فصل های پاییز و زمستان شامل ماه های ژانویه، فوریه، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای پراکنش یکسانی است. در این ماه ها بخش هایی از مناطق ساحلی دریای عمان، شمال تنگه هرمز و جنوب غرب ایران دارای فراوانی بیش از ۵ درصد هستند. بیشینه فراوانی این ابر در ماه های ژانویه، فوریه، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر به ۲۰ درصد می رسد. در این ماه ها بخش های بزرگی از ایران که شامل مناطق شمالی، شمال غربی، شمال شرقی، غربی، شرقی و مرکزی است، فراوانی این ابر کمتر از ۵ درصد است. اما در فصل های بهار و تابستان شامل ماه های مارس، آوریل، می، ژوئن،

پراکنش درصد فراوانی ابرهای باران پوششی در فصول پاییز و زمستان شامل ماههای ژانویه، فوریه، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر تقریباً مشابه هم است. در این ماهها ابر باران پوششی در پهنه وسیعتری دارای فراوانی بیش از ۵ درصد است و بیشینه درصد فراوانی آن بر ناهمواریهای البرز، زاگرس، شمال غرب ایران و سواحل جنوبی دریای مازندران منطبق است. مناطقی چون زاگرس میانی، البرز میانی، ناهمواریهای غرب استان آذربایجان غربی و شمال کردستان همواره دارای بیشترین درصد فراوانی ابر باران پوششی در این ماهها هستند. مناطق مرکزی، شرقی، جنوب شرقی و جنوبی ایران در این ماهها دارای کمینه درصد فراوانی ابرهای باران پوششی هستند. در مقابل ابر باران پوششی در فصول بهار و تابستان شامل ماههای مارس، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه و اوت فقط در مناطق جنوبی دریای مازندران و با پراکندگی بیشتر و فراوانی کمتر در شمال استان اردبیل و آذربایجان شرقی دارای فراوانی بیش از ۵ درصد است و در سایر مناطق ایران فراوانی این ابر کمتر از ۵ درصد است.

ابرهای همرفت عمیق را نیز بر اساس فراوانی رخداد و الگوی پراکنش درصد فراوانی ماهانه می‌توان به دو گروه تقسیم نمود. گروه اول ماههای فصول بهار و تابستان است که فراوانی این ابرها در تقریباً در همه مناطق ایران کمتر از ۵ درصد است که شامل ماههای مارس، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه و اوت می‌شود. گروه دوم ماههای فصلهای پاییز و زمستان است که در مناطقی از ایران فراوانی ابرهای همرفتی بیش از ۵ درصد است که شامل ماههای ژانویه، فوریه، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر است. در این ماهها فراوانی ابرهای همرفتی عمیق به صورت پراکنده در مناطق مرکزی، جنوبی و جنوب غربی ایران به بیش از ۵ درصد می‌رسد و بیشینه فراوانی آن در زاگرس میانی و مرکز ایران قرار دارد که فراوانی آن در این مناطق کمتر از ۲۵ درصد است. ابرهای پرسیا و پرسیا پوششی که در ارتفاع بالایی قرار دارند و عمدتاً از کریستال‌های یخ شکل گرفته اند نیز برای بارورسازی مناسب نیستند. درصد فراوانی این ابرهای پرسیا نشان

می‌دهد که مناطق کوچکی از ایران دارای فراوانی بیش از ۵ درصد هستند. این مناطق عمدتاً در جنوب شرق، شرق و مرکز ایران قرار دارند. در بعضی ماهها مانند ژانویه و دسامبر نیز درصد فراوانی این ابر در همه مناطق ایران کمتر از ۵ درصد است.

درصد فراوانی ابر پرسیا پوششی در ماههای مختلف دارای تفاوت زیادی است. در برخی ماهها در سطح وسیعی از ایران دارای فراوانی بیش از ۵ درصد است و در بعضی دیگر دارای فراوانی بسیار کمی است. بیشترین فراوانی این ابر در ماههای ژانویه، فوریه و اکتبر است. در این ماهها بیشینه فراوانی ابر پرسیا پوششی به بیش از ۵۰ درصد می‌رسد و تمام مناطق شرقی، جنوب شرقی، جنوبی و مرکزی ایران دارای فراوانی بیش از ۱۵ درصد هستند. در ژانویه، فوریه و اکتبر مناطقی از شمال غرب، شمال، شمال شرق، و غرب ایران دارای کمینه درصد فراوانی ابر پرسیا پوششی هستند. الگوی پراکنش ابر پرسیا پوششی در ماههای مارس، آوریل، می، سپتامبر، نوامبر و دسامبر مشابه ماههای ژانویه، فوریه و اکتبر است، با این تفاوت که درصد فراوانی و گسترش آنها کاهش یافته است. فراوانی ابر پرسیا پوششی در این ماهها حداکثر به ۴۰ درصد می‌رسد و بیشینه آن در همه ماهها در مرکز ایران قرار دارد. کمینه فراوانی این ابر در فصل تابستان شامل ماههای ژوئن، ژوئیه و اوت رخ می‌دهد و بیشینه فراوانی این ابر در این ماهها کمتر از ۲۵ درصد است و در ماههای ژانویه، فوریه، مارس و آوریل در مناطقی از شمال غرب نیز فراوانی این ابر را تا ۳۰ درصد هم داریم.

نتایج ارائه شده در این مقاله آشکارسازی انواع ابرها بر اساس ماهواره می باشد که می تواند مقدمه ای بر مطالعات اطلس ماهانه رخداد ابر در گستره ایران باشد. شایان ذکر است که با توجه به پیچیدگی تشخیص انواع ابرهای پایین، میانی، و بالا با استفاده از ماهواره تحقیقات بیشتری بر روی مقایسه با داده های زمینی به صورت نقطه ای و تصحیح و پردازش داده های ماهواره ای مورد نیاز می باشد.

- Climatology, Journal of Hydrometeorology, vol.17, pp 2649-2665.
- M., J., Foster, Heidinger, A., 2012, PATMOS-x: Results from a Diurnally Corrected 30-yr Satellite Cloud Climatology, Vol. 26, 414-425.
- Rossow, W., 2014, Clouds in Weather and climate: The International Satellite Cloud Climatology Project at 30: What Do We Know and What Do We Still Need to Know? BATS, 441-443.
- Rossow W., B. and R., A. Schiffer, 1991, ISCCP Cloud Data Products, Bulletin of the American Meteorological Society, 72, 3-20.
- McFarlane, S., A., C., N., Long, and J., Flaherty, 2013, A Climatology of Surface Cloud Radiative Effects at the ARM Tropical, Journal of Apply Meteorology and Climatology, 59, 996-1013.
- Timothy J. Hall, D., L. Reinke, and T., H., Vonderharr, 1997, Forecasting Applications of High-Resolution Satellite Cloud Composite Climatologies, Weather and Forecasting, 13, 16-23.
- Wylie D., and P., Pironen, 1997, Understanding Satellite Cirrus Cloud Climatologies with Calibrated Lidar Optical Depth, Journal of the Atmospheric Science, 52, 4327-4343
- S. Javanmard, A. Yatagai, M. I. Nodzu, J. BodaghJamali, and H. Kawamoto, 2010, comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM 3B42 over Iran., Adv. Geosci., 25, 119-125
- Hennon, C., C., P. Papin, C., M., Zarzar, and J., R., Michel, 2012 Tropical Cloud Cluster Climatology, Variability, and Genesis Productivity, Journal of Climate, 26, 3046-3066.
- Laura D., R., Salley, A. Mc Farlane, and J., M., Comstock, 2012, Climatology and Formation of Tropical Midlevel Clouds at the Darwin ARM Site, Journal of Climate, 25, 6835-6850.
- Chen, T., J., Guo. Z., Li., C., Zhao, H., Liu, M., Cribb and F., Wang, 2016, A Cloud Sat Perspective on the Cloud Climatology and Its Association with Aerosol Perturbations in the Vertical over Eastern China., Journal of the Atmospheric Science, 73, 3599-3616.
- Gumber A., and M., J. Foster, 2017, A MODIS-Derived Value-Added Climatology of Maritime Cloud Liquid Water Path That Conserves Solar Reflectance, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 56, 2617-2630.

== قِدردانی

این مقاله برگرفته از پروژه "مطالعه، بررسی و امکان سنجی استفاده از فناوری بارورسازی ابرها برای استحصال آب در حوضه های آبریز ایران" است و بدین وسیله از موسسه تحقیقات آب برای تامین منابع مالی آن در پژوهشکده هواشناسی تشکر می شود. از آقایان دکتر جوادیان زاده، رئیس سابق مرکز ملی باروری ابرها و مهندس گلکار، رئیس فعلی این مرکز برای هماهنگی، نظارت و داوری پروژه، تشکر و قدردانی می گردد.

== منابع

- جوانمرد، سهیلا. ج. بذاق جمالی، م. پیرحیاتی، ۱۳۹۰؛ ۱، ایجاد سری داده های شبکه بندی شده بارش روزانه با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا برای کشور، مقالات کامل همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه.
- جوانمرد، سهیلا. س. گلستانی، ی. عابدینی، ۱۳۹۰؛ ۲، مطالعه و بررسی بر روی توزیع مکانی و زمانی بارش بر روی کشور ایران با استفاده از داده های ماهواره TRMM-TMI ، مقالات کامل همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه.
- Rossow, W., and Schiffer, R., 1991, ISCCP cloud data products, Bulletin of the American Meteorological Society, 72, 2-20.
- Schiffer, R., and W. Rossow, 1983, The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP): The First Project of the World Climate Research Programme Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 64, No. 7.
- Warren, S., Hahn, J., London, R., Chervin, M., Jenne, R., 1986: Global distribution of total cloud and cloud type amounts over land, NCAR Tech. Note, 29 pp. <http://isccp.giss.nasa.gov/>
- Bizard, A., K. Caillault, C. Lavinge, A. Roblin, and P. Chervin, 2013, Application of Cloud Occurrence Climatology from CALIOP to Evaluate Performances of Airborne and Satellite Electro-Optical Sensors, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, vol.30, pp2406-2415.
- H. M. Grams, Kristetter, P., Gurley, J., J., 2016, Naïve Bayesian Precipitation Type Retrieval from Satellite Using a Cloud-Top and Ground-Radar Matched

Detection of cloud types using satellite data based on ISCCP Algorithm over Iran

A. M. Noorian¹, S. Javanmard², S. Tajbakhsh², J. B. Jamali³

¹ Faculty member of Shomal university, Amol, and Faculty member of Noorfam Research Institute, Tehran, Iran

² Faculty member of Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Pajuhesh Blv. Tehran, Iran

³ Faculty member of Environment Faculty, Standard Sq., Karaj, Iran

*Corresponding Author Email: sohailajavanmard@gmail.com

Received: 9 April 2018, accepted: 23 July 2018

ABSTRACT

In this paper, NOAA satellite data and cloud recognition algorithm of International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) have been applied to detect cloud types over Iran. Firstly, monthly mean of cloud optical depth and cloud top pressure have been derived from the AVHRR sensor related to NOAA satellite during (1981-2010) for 12 months (January-December). Secondly, coverage of 9 cloud types including Cumulus (Cu), Altocumulus (Ac), Altostratus (As), Stratocumulus (Sc), Deep Convection (Cb), Stratus (St), Nimbostratus (Ns), Cirrus (Ci), and Cirrostratus (Cs) have been identified over Iran using ISCCP algorithm. The method is innovative and has been used for the first time in Iran. The remarkable results of cloud detection in different months in Iran showed that the maximum frequency percent of Cu clouds occurs in Oct., Nov., Dec., Jan., and Feb. over Southern and Southeast of coast of Iran. This is because of clouds that have high frequency over all months, but its distribution is different in various months. Frequency of clouds is more than 50% over vast area and its maximum exceeds more than 80% in all months. Sc clouds also have similar distribution in Autumn and winter seasons including Sep., Oct., Nov., Dec., Jan., and Feb. In contrast, frequency of St clouds is very low for all months except July which the Frequency is 5%-25% in Southwest of Caspian Sea. The percentage of frequency of Cs clouds is very varied in different months. The most frequency of this type of cloud occurs in Jan., Feb., and Oct. In these months the maximum of frequency exceeds more than 50%.

Keywords: Detection of clouds, Satellite data, ISCCP Algorithm, Iran

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Noorian, A.M.; Javanmard, S.; Tajbakhsh, S.; Jamali, J.B. (2018). PDetection of cloud types using satellite data based on ISCCP Algorithm over Iran. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 1(2): 130-145.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

