

## اقلیم‌شناسی رخدادهای پوشش ابرهای پائین در ایران (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

سهیلا جوانمرد<sup>۱\*</sup>، سحر تاجبخش<sup>۱</sup>، جواد بذاق جمالی<sup>۲</sup>

۱- عضو هیئت علمی پژوهشکده هواشناسی، بلوار پژوهش و فناوری، بزرگراه شهید خرازی، تهران

۲- عضو هیئت علمی دانشکاه محیط زیست، میدان استاندارد، کرج

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۳

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

### چکیده

هدف از انجام این مطالعه، اقلیم‌شناسی ابرهای پائین در فصول مختلف سال و تطبیق آنها با الگوهای بلند مدت جوی به منظور کاربری در عملیات بارورسازی ابرها در ایران می باشد. داده های فراوانی رخدادهای پائین شامل پوشش کومه‌ای (استراتوکومولوس)، پوششی (استراتوس)، و کومه ای (کومولوس) از ۴۴ ایستگاه همدیدی سازمان هواشناسی کشور در بازه زمانی ۳۰ ساله در طول روز شامل ساعات ۰۶، ۰۹، ۱۲، و ۱۵ UTC گردآوری شده اند و برای رسم الگوهای بلند مدت فصلی پارامترهای جوی از داده های CFSR<sup>۱</sup> استفاده شده است. بررسی ها هم به صورت استانی و هم بر اساس موقعیت حوضه های آبریز صورت پذیرفته است. مهمترین نتایج این بررسی نشان می دهد که ابرهای پائین با رخدادهای بیشتر از ۳۰٪ در ایستگاه های منتخب در فصول سرد سال شامل زمستان و پاییز مشاهده گردید. حوضه ها و استانهای شمال غرب، شمال و شمال شرق کشور در تمامی ماه ها از درصد رخدادهای بالایی (بیشتر از ۷۰٪) برخوردارند که از نظر این ویژگی این مناطق شرایط مناسبی برای انجام عملیات بارورسازی ابرها دارند. در حوضه های واقع در جنوب شرق کشور در بیشتر ماه ها درصد رخدادهای پائین کمتر از ۳۰٪ بوده بنابراین شناس کمتری برای عملیات باروری دارند. الگوهای بلند مدت جوی شکل گیری شرایط مساعدی را برای تقویت میزان ابرناکی در فصول سرد سال نشان می دهند که با ریزش هوای سرد در نواحی شمالی و شمال غربی همراه با پرفشار سیبری و تقویت هوای گرم و مرطوب جنوبی شرایط مساعدی برای افزایش رطوبت به ویژه در نیمه غربی کشور فراهم می کند. با شکل گیری کم فشار گرمایی در سطح زمین در فصل تابستان، پوشش ابرهای پائین و آب قابل بارش در کل منطقه کاهش می یابد.

**کلید واژگان:** ابر پائین، بارورسازی ابرها، حوضه آبریز، الگوی میانگین بلند مدت جوی، و ابرناکی

<sup>۱</sup> Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)

## مقدمه

کردند. در سال ۲۰۱۵ نیز فورسیس و همکاران اقلیم شناسی ابر را با بررسی اثر آن روی دمای نزدیک سطح زمین مطالعه نمودند. میس و همکاران نیز در ۲۰۰۷ پوشش ابرهای پائین را عمدتاً بین ۷۰ تا ۹۰ درصد به دست آوردند. اقلیم شناسی ابرها به روش های گوناگونی تا کنون انجام شده است. در یک مطالعه اقلیمی ۲۹ ساله با استفاده از دیدبانی ابرها و ساختار قائم باد و دما در ایستگاه های هواشناسی به بررسی ویژگی های اقلیمی ساحل شمالی شیلی پرداخته اند. ری هیمایکی در سال ۲۰۱۲ و همکاران به کمک اندازه گیری های رادار و لیدار در منطقه داروین استرالیا، اقلیم شناسی ابرهای میانی را برای ۴ سال بررسی نمودند. شولز و همکاران (۲۰۱۲) گرایش های بلندمدت سالانه بارش، ارتفاع لایه وارونگی و میزان ابرناکی سواحل شمالی شیلی را بررسی کردند. از سوی دیگر فالوی و گروود (۲۰۰۹) و همچنین ویله و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از بررسی اقلیمی ابرها، روند سرمایش در نزدیکی سطح زمین را برای یک صده در سواحل جنوبی اقیانوس آرام بررسی نمودند. هوانگ و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از طیف تابشی امواج بلند خروجی، به آشکارسازی ابرها پرداختند. مونز و همکاران نیز به تشریح اقلیم شناسی و روند ابرها در سواحل شیلی پرداختند (مونز و همکاران، ۲۰۱۶). صحرائیان و همکاران (۱۳۹۴)، اقلیم شناسی ابرناکی در کشور را بررسی کردند و نشان دادند مناطق مختلف کشور در چه ماه هایی پوشش ابر بیشتری دارند. امیدوار (۱۳۸۱) توزیع مکانی و زمانی بارش، نوع و ارتفاع ابر را در استان کرمان مورد شناسایی و ارزیابی قرار داده است. همان گونه که اشاره شد نظر به اینکه در امکان سنجی و مکانیابی باروری ابرها درصد رخداد ابرهای پائین یکی از معیارهای تعیین مکان مستعد به منظور باروری ابرها می باشد. بدین جهت در این تحقیق به اقلیم شناسی درصد رخداد ابرهای پائین پرداخته شده است. هم چنین لازم به ذکر است که اقلیم شناسی ابرهای پائین در سطح کشور در بازه زمانی ۳۰ ساله برای اولین بار انجام شده است. 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

ابرها به شکل های گوناگون و در ارتفاعات مختلف جو دیده می شوند. نوع، ضخامت و ریزساختارهای فیزیکی ابر به شرایط هواشناختی از جمله دما، رطوبت، سازوکار سردشدن و وجود هسته های تراکم<sup>۱</sup> بستگی دارد. در طبقه بندی ابرها نظریه های مختلفی ارائه شده است. لامارک در سال ۱۸۰۲ طبیعت شناس فرانسوی نخستین سامانه طبقه بندی از ابرها را ارائه کرده است و یک سال بعد طبیعت شناس انگلیسی به نام هاوارد در سال ۱۸۰۳ سامانه طبقه بندی را با استفاده از واژه های لاتین و از دیدگاه یک ناظر زمینی پیشنهاد داد. در سال ۱۸۸۷، آبروکرومبی سامانه هاوارد را توسعه داده و سامانه طبقه بندی دیگری را پیشنهاد کردند که با اصلاحاتی هنوز هم مورد استفاده قرار می گیرد (دائرة المعارف بریتانیکا، ۱۹۱۱). در این تقسیم بندی ۱۰ نوع ابر در ۴ گروه عمده تقسیم می شوند. هر گروه به وسیله ارتفاع پایه ابر از سطح زمین شناخته می شود و شامل ابرهای بالا، میانی، پائین و ابرهای با توسعه قائم هستند. طبقه بندی هاوارد معمول ترین و کاربردی ترین شیوه ای است که در سطح جهانی از آن استفاده می شود. این تقسیم بندی در سازمان هواشناسی جهانی پذیرفته شده و در اطلس جهانی ابرها نیز درج گردیده است (سازمان هواشناسی جهانی، ۱۹۷۵ و ۲۰۰۸). ابرها بر تراز نامه انرژی و ساختار قائم دمایی جو تاثیر دارند. محاسبه اثرات تابشی و گرمای نهان به علت اینکه به فراوانی و فاز ابرها بستگی دارند، بسیار مشکل است. مدل های اقلیمی مقیاس جهانی، اغلب، فراوانی و فاز ابرها را کمتر از مقدار دیدبانی شده، تخمین می زنند (زانگ و همکاران ۲۰۰۵) و در پیش بینی فاز ذرات آبدار ابرها دچار مشکل هستند (کلاین و همکاران ۲۰۰۹؛ گرگوری و موریس ۱۹۹۶؛ روتستاین و همکاران، ۲۰۰۰). اقلیم شناسی ابر در برنامه های تعدیل وضع هوا، بخشی از مطالعات کلی و زیرساختاری وسیع مرحله امکان سنجی است و مطالعات زیادی در خصوص اقلیم شناسی ابرها در این حوزه انجام شده است (اورویل و همکاران، ۱۹۹۶؛ مورگان و همکاران، ۲۰۰۰؛ برید و همکاران، ۲۰۱۴). موریسون و همکاران در ۲۰۱۱ اقلیم شناسی ابرها را روی اقیانوس ها شبیه سازی

۱. Cloud Condensation Nuclei (CCN)

انجام کار، به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از این مطالعه پرداخته و در خاتمه نیز نتایج حال از پژوهش ارائه می‌شود.

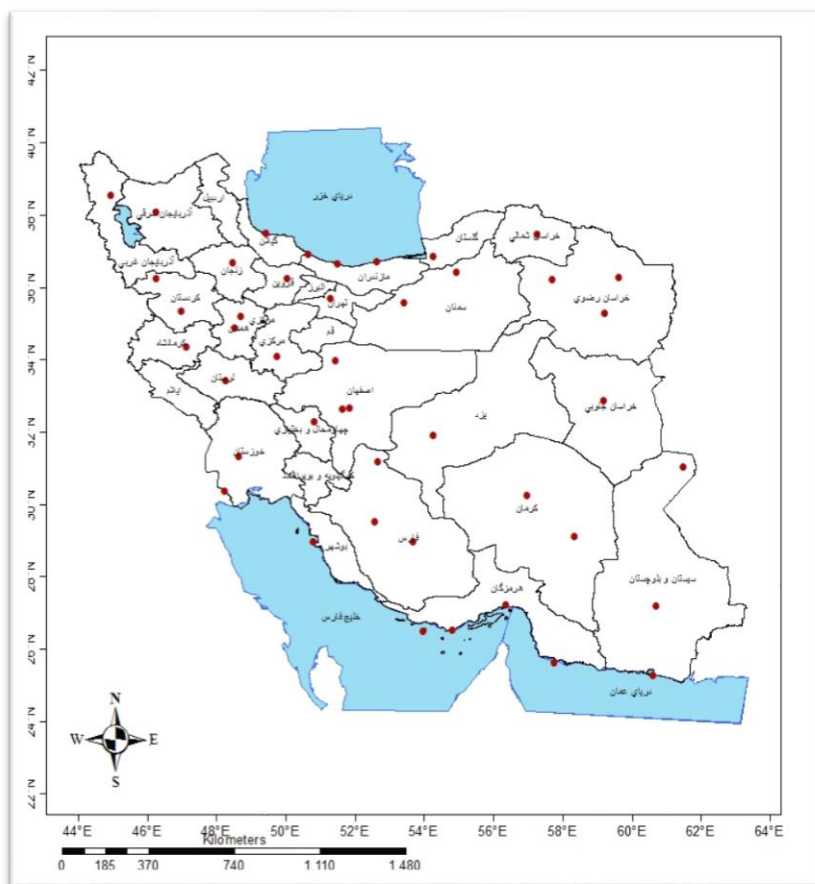
### داده و روش کار

داده‌های دیدبانی ابرها در سه گروه مجزای ابرهای پائین، ابرهای میانی و ابرهای بالا در دیدبانی‌های ایستگاه‌های همدیدی هواشناسی در بازه‌های زمانی ۳ ساعته به صورت کد‌های بین‌المللی و استاندارد گزارش می‌شوند. اطلاعات فراوانی رخدادهای ابرهای پائین از ایستگاه‌های همدیدی سازمان هواشناسی کشور دریافت شده است. پس از استخراج داده‌های مربوط به ابرهای پائین شامل پوشش کومه‌ای، پوششی، و کومه‌ای رمز‌گشایی این اطلاعات در دوره آماری ۳۰ ساله منتخب (۲۰۱۰-۱۹۸۱) برای ۴۴ ایستگاه موجود با داده کامل انجام شد سپس داده‌ها به صورت در صد رخداد ماهانه برای بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۱) در طول روز شامل ساعات ۰۶، ۰۹، ۱۲، و ۱۵ UTC جمع‌آوری و میانگین‌گیری شده است. نتایج حاصل از این بررسی هم در مقیاس استانی و هم در حوضه‌های آبریز کشور برآورد گردیده است اما در این مقاله به عنوان نمونه نقشه رخداد ابرهای پائین در ماه ژانویه در مقیاس حوضه‌ای و ارائه شده است. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه به شرح جدول ۱ و شکل ۱ می‌باشد.

استفاده از داده‌های زمینی به تنهایی، دارای محدودیت‌هایی در پوشش زمانی و مکانی می‌باشد. علاوه بر آن، داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی اطلاعات کاملی را در زمینه خصوصیات نوری ابرها ارائه نمی‌دهند. استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های ماهواره‌های هواشناسی که از سال ۱۹۸۰ به صورت عملیاتی قابل استفاده هستند، نه تنها پوششی جهانی را از چگونگی وضعیت ابرناکی ارائه می‌کند، بلکه دقت زمانی و مکانی بالاتری دارد. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نیز برای بررسی و شناسایی نوع و مقدار ابرها یکی از متداول‌ترین روش‌های آشکارسازی است که مطالعات بسیار گسترده‌ای در این خصوص انجام شده و همچنان ادامه دارد (هان و همکاران، ۱۹۹۵؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۴؛ اودل و همکاران، ۲۰۰۸؛ کالس و همکاران، ۲۰۱۳). مزیت اصلی این اطلاعات پوشش جهانی آنها می‌باشد که در مناطق دور از دسترس برای راه‌اندازی ایستگاه‌های زمینی، قادر به ارائه اطلاعات مورد نظر می‌باشند. از این رو به نظر می‌رسد استفاده همزمان از داده‌های اندازه‌گیری زمینی و فضایی می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی را در اختیار محققان قرار دهد چرا که داده‌های ماهواره‌ای مکمل داده‌های مشاهداتی سطح زمین به شمار می‌روند. به همین منظور در مقاله‌های مطالعه اقلیم‌شناسی ابرها با کمک داده‌های زمینی و در فاز دوم با استفاده از اطلاعات سنجهش از دور شناسایی شده است. بر این اساس در ادامه این مقاله، پس از ارائه داده‌ها و روش

جدول ۱- ایستگاه های منتخب با داده کامل در بازه زمانی (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	تهران	۵۱.۳۲	۳۵.۶۸	۲۳	تبریز	۴۶.۲۸	۳۸.۰۸
۲	قزوین	۵۰.۰۵	۳۶.۲۵	۲۴	بندر انزلی	۴۹.۴۵	۳۷.۴۸
۳	فسا	۵۳.۶۸	۲۸.۹۷	۲۵	جاسک	۵۷.۷۷	۲۵.۶۳
۴	رامسر	۵۰.۶۷	۳۶.۹۰	۲۶	بیرجند	۵۹.۲۰	۳۲.۸۷
۵	نوشهر	۵۱.۵۰	۳۶.۶۵	۲۷	زابل	۶۱.۴۸	۳۱.۰۳
۶	بابلسر	۵۲.۶۵	۳۶.۷۲	۲۸	آبادان	۴۸.۲۵	۳۰.۳۷
۷	گرگان	۵۴.۲۷	۳۶.۸۵	۲۹	کرمان	۵۶.۹۷	۳۰.۲۵
۸	خرم آباد	۴۸.۲۸	۳۳.۴۳	۳۰	شرق اصفهان	۵۱.۸۷	۳۲.۶۷
۹	شهر کرد	۵۰.۸۵	۳۲.۲۸	۳۱	آباده	۵۲.۶۷	۳۱.۱۸
۱۰	اصفهان	۵۱.۶۷	۳۲.۶۲	۳۲	یزد	۵۴.۲۸	۳۱.۹۰
۱۱	اهواز	۴۸.۶۷	۳۱.۳۳	۳۳	چابهار	۶۰.۶۲	۲۵.۲۸
۱۲	شیراز	۵۲.۶۰	۲۹.۵۳	۳۴	سبزوار	۵۷.۷۲	۳۶.۲۰
۱۳	بوشهر	۵۰.۸۲	۲۸.۹۷	۳۵	سمنان	۵۳.۴۲	۳۵.۵۸
۱۴	بم	۵۸.۳۵	۲۹.۱۰	۳۶	تربت حیدریه	۵۹.۲۲	۳۵.۲۷
۱۵	همدان-نوژه	۴۸.۷۲	۳۵.۲۰	۳۷	کرمانشاه	۴۷.۱۵	۳۴.۳۵
۱۶	همدان- فرودگاه	۴۸.۵۳	۳۴.۸۷	۳۸	بندرعباس	۵۶.۳۷	۲۷.۲۲
۱۷	اراک	۴۹.۷۷	۳۴.۱۰	۳۹	ایران شهر	۶۰.۷۰	۲۷.۲۰
۱۸	کاشان	۵۱.۴۵	۳۳.۹۸	۴۰	کیش	۵۳.۹۸	۲۶.۵۰
۱۹	شاهرود	۵۴.۹۵	۳۶.۴۲	۴۱	بندر لنگه	۵۴.۸۳	۲۶.۵۳
۲۰	سنندج	۴۷.۰۰	۳۵.۳۳	۴۲	بجنورد	۵۷.۲۷	۳۷.۴۷
۲۱	مشهد	۵۹.۶۳	۳۶.۲۷	۴۳	سقز	۴۶.۲۷	۳۶.۲۵
۲۲	خوی	۴۴.۹۷	۳۸.۵۵	۴۴	زنجان	۴۸.۴۸	۳۶.۶۸



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ۴۴ ایستگاه همدیدی مورد مطالعه (سازمان هواشناسی کشور)

افقی ۰/۵ درجه، میانگین‌های فصلی در یک دوره ۳۰ ساله (سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰) برای کمیت‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، دما، بردار افقی باد، سرعت قائم در تراز  $hPa$  ۵۰۰، فشار سطح زمین و آب قابل بارش در لایه  $hPa$  (۱۰۰۰-۵۰۰) محاسبه شده است.

## نتایج و بحث

بررسی رخداد روزانه ابر پائین طی فصل بهار (مارس-آوریل-می) برای بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۱ شکل ۲ نشان دهنده میانگین ماهانه درصد رخداد ابرهای پائین در ماه مارس در بازه زمانی ۳۰ ساله برای ایستگاه ۴۴ است. منتخب می باشد. همان گونه که در این شکل دیده می شود، بیشترین رخداد در ایستگاه رامسر با مقدار ۸۹/۷۹ درصد و کمترین رخداد مربوط به ایستگاه زابل با مقدار ۴۵/۴۴ درصد می باشد. بررسی اطلاعات ابر پائین برای ماه آوریل نشان می

پس از دریافت داده های مورد نظر، نقشه های میانگین ماهانه رخداد ابرهای پائین توسط نرم افزار GIS ترسیم و نمودارهای مربوط به میانگین ماهانه درصد رخداد آنها در طول روز شامل ساعات ۰۶، ۰۹، ۱۲، و ۱۵ UTC برای ۴۴ ایستگاه موجود در سطح کشور طی دوره آماری (۲۰۱۰ - ۱۹۸۱) ترسیم و میزان درصد رخداد پوشش ابرهای پائین به سه گروه مطابق جدول ۲ طبقه بندی شد.

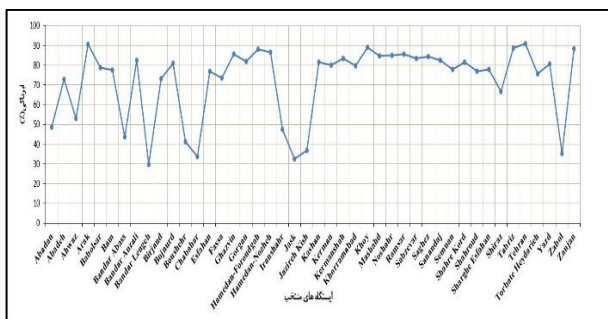
جدول ۲- طبقه بندی میزان درصد رخداد ابرهای پائین

مقدار	شرح
۰ تا ۳۰ درصد	کم
۳۰ تا ۷۰ درصد	متوسط
۷۰ تا ۱۰۰ درصد	زیاد

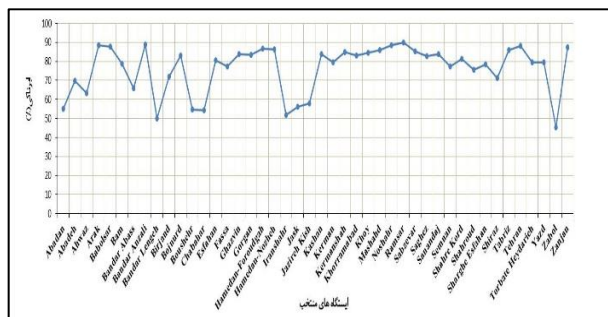
سپس با استفاده از داده های ماهانه مرکز CFSR با تفکیک

حداکثر مقدار در ایستگاه تبریز با ۹۳/۵۹ و بعد از آن به ترتیب در ایستگاههای خوی، رامسر، تهران با ۹۳/۴۸، ۹۲/۴۷ و ۹۱/۷۲ درصد قرار دارند. همچنین کمترین مقدار مربوط به بندر لنگه با ۱۸/۵۳ درصد که در محدوده کم از نظر تقسیم بندی با توجه به جدول ۳ می باشد. تفاوت میان حداکثر و حداقل درصد رخداد ابر در ایستگاههای ذکر شده همانند ماه آوریل قابل ملاحظه است.

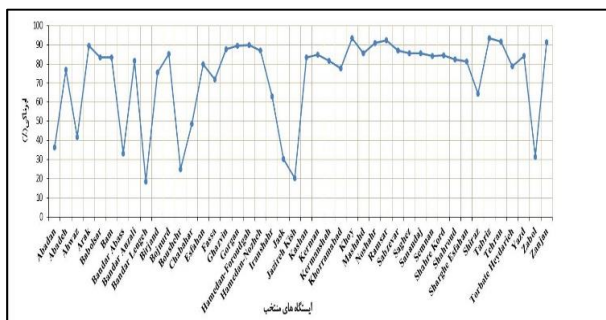
دهد که حداکثر مقدار این شاخص در ایستگاه تهران با مقدار ۹۰/۸۲ و بعد از آن به ترتیب در ایستگاههای اراک، خوی، تبریز با مقادیر ۹۰/۷۱، ۸۹/۱۰ و ۸۸/۸۲ درصد است (شکل ۳). همچنین کمترین مقدار مربوط به بندر لنگه با ۲۹/۸۵ درصد که در محدوده کم از نظر تقسیم بندی با توجه به جدول ۲ قرار دارد، می باشد. شکل ۴ رخداد ابر در ایستگاههای مورد نظر را به ترتیب بیشترین مقدار تا کمترین مقدار آن بر اساس جدول ۲ نشان می دهد. مطابق این شکل



شکل ۳- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه آوریل برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۱۹۸۱-۲۰۱۰)



شکل ۲- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه مارس برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۱۹۸۱-۲۰۱۰)



شکل ۴- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه می برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

می باشد و در محدوده متوسط به زیاد قرار دارند. این نتایج برای فصل بهار در جدول ۳ گزارش شده اند.

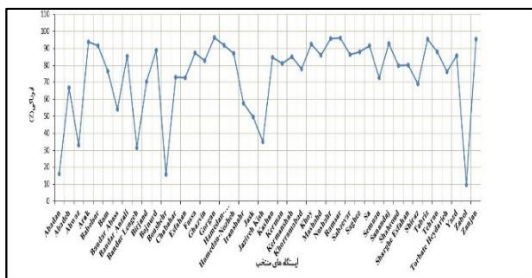
بر اساس تقسیم بندی اطلاعات رخداد ابر پائین در جدول ۳، دیده می شود که در فصل بهار، به جز بندر لنگه، جزیره کیش و بوشهر در سایر ایستگاهها ابرناکی بیشتر از ۳۰ درصد

جدول ۳- رخدادهای ابر پائین در ایستگاه‌های منتخب در فصل بهار (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

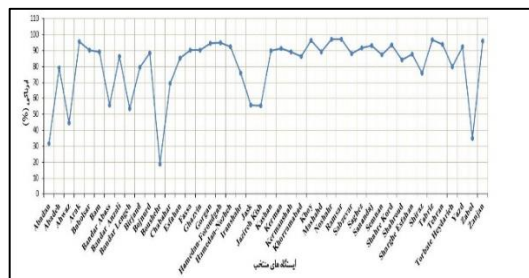
ماه	درصد ابرناکی در ایستگاه	
	متوسط	زیاد
مارس	بوشهر- جزیره کیش، بندرلنگه	شیراز-ایرانشهر، چابهار-اهواز، آبادان- بندرعباس-زابل-جاسک
آوریل	بوشهر- جزیره کیش، بندرلنگه	شیراز-اهواز، آبادان-ایرانشهر- بندرعباس-بوشهر-جزیره کیش- زابل، چابهار-جاسک
می	بوشهر- جزیره کیش، بندرلنگه	شیراز-ایرانشهر، چابهار-اهواز، آبادان- بندرعباس-زابل-جاسک

ایستگاه گرگان با مقدار ۹۶/۵ درصد و همچنین کمترین آن مربوط به ایستگاه زابل با مقدار ۹/۷۴ درصد است. اطلاعات پوشش ابر در ماه اوت نشان دهنده حداکثر میزان رخداد ابر در ایستگاه گرگان با مقدار ۹۶/۵ و بعد از آن به ترتیب ایستگاه‌های رامسر، نوشهر و تبریز قرار دارند. همچنین کمترین مقدار مربوط به زابل در استان سیستان و بلوچستان با ۹/۷۴ درصد است که در محدوده کم از نظر تقسیم بندی با توجه به جدول ۲ قرار دارد (شکل ۷).

ابرسی رخداد روزانه ابر پائین طی فصل تابستان (ژوئن-ژوئیه-اوت) برای بازه زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۰ رخداد ابر ایستگاه‌های موجود در ماه ژوئن در شکل ۵ آمده است. در این شکل بیشینه مقدار ابرناکی ابرهای پائین در ایستگاه رامسر ۹۷/۲۳ درصد و همچنین کمترین مقدار مربوط به ایستگاه بوشهر ۱۸/۹۰ درصد می‌باشد. در ایستگاه رامسر در استان مازندران با مقدار ۹۹/۱۹ و کمترین آن در این ماه در ایستگاه بوشهر با مقدار ۵۳/۰۲ درصد می‌باشد. شکل ۶ معرف بیشترین رخداد ابر پایین در

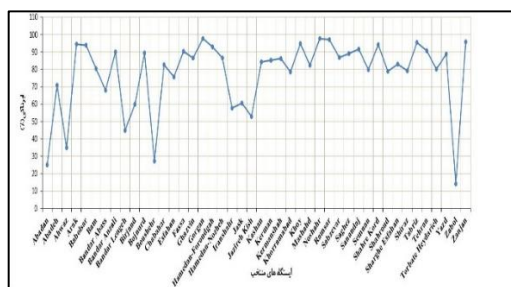


شکل ۶- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه ژوئیه برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۲۰۱۰-۱۹۸۱)



شکل ۵- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه ژوئن برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

شکل ۷- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه اوت برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۲۰۱۰-۱۹۸۱)



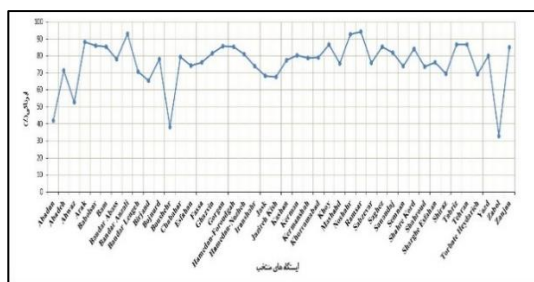
با توجه به جدول ۴ دیده می شود که میزان ابرناکی ابرهای پائین در فصل تابستان به جز در شهرهای بوشهر، زابل و آبادان در محدوده زیاد تا متوسط می باشد که به معنی پوشش بیشتر از ۳۰ درصد است.

جدول ۴- رخداد ابر پائین در ایستگاههای منتخب در فصل تابستان (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

ماه	درصد ابرناکی در ایستگاه	
	متوسط	زیاد
ژوئن	آبادان-بوشهر-زابل چابهار- بندرعباس، جاسک، جزیره کیش - بندرلنگه-اهواز-زابل،-آبادان	رامسر-نوشهر-تبریز-خوی-زنجان-اراک-فرودگاه همدان - گرگان-تهران-شهرکرد-سندج-نور-همدان-یزد-سقز-کرمان - قزوین-فسا-بابلسر-کاشان-مشهد-بیم-کرمانشاه-بجنورد - سبزوار-شرق اصفهان-سمنان-خرم آباد-بندر انزلی-اصفهان - شاهروود-ترت-حیدریه -بیرجند-آباده، شیراز-ایرانشهر
ژوئیه	آبادان-بوشهر-زابل شیراز، آباده-ایرانشهر - بندرعباس، جاسک، جزیره کیش - اهواز-بندر لنگه	گرگان-رامسر-نوشهر-تبریز-زنجان-اراک-شهرکرد-خوی - فرودگاه همدان-سندج-بابلسر-بجنورد-تهران-سقز-فسا - نور-همدان-سبزوار-مشهد-یزد-بندر انزلی-کرمانشاه-کاشان - قزوین-کرمان-شرق اصفهان-شاهروود-خرم آباد-بیم - ترت-حیدریه-چابهار-اصفهان-سمنان-بیرجند
اوت	بوشهر-آبادان-زابل بندرعباس، جاسک-بیرجند - ایرانشهر-کیش، بندرلنگه-اهواز	گرگان-نوشهر-رامسر-زنجان-تبریز-خوی-اراک-شهرکرد - بابلسر-فرودگاه همدان-سندج-تهران-فسا-بندر انزلی-بجنورد - سقز-یزد-سبزوار-قزوین-نور-همدان-کرمانشاه-کرمان - کاشان-شرق اصفهان-چابهار(سیستان و بلوچستان)-مشهد-بیم - ترت-حیدریه-سمنان-شیراز-شاهروود-خرم آباد-اصفهان-آباده



جدول ۲، در ایستگاه رامسر و بندرانزلی به ترتیب با مقادیر ۹۴/۳۴ و ۹۳/۰۳ درصد رخ داده است. همچنین کمترین مقدار را ایستگاه زابل در استان سیستان و بلوچستان با مقدار ۳۲/۸۸ درصد داراست که در محدوده شرایط متوسط از نظر تقسیم بندی با توجه به جدول ۲ قرار دارد (شکل ۹). برای ماه نوامبر نیز بیشترین مقدار این فراسنج در ایستگاه بندرانزلی با ۹۰/۵۰ درصد و کمترین آن مربوط به ایستگاه بوشهر با ۳۴/۱۲ درصد است (شکل ۱۰).

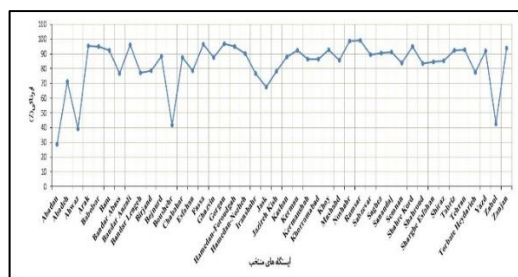


شکل ۹- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه اکتبر برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

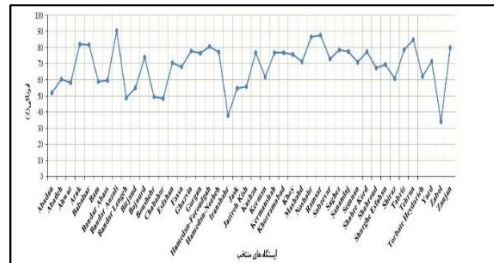
شکل ۱۰- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه نوامبر برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

و برای ایستگاه آبادان، همواره بیشتر از ۳۰ درصد بوده و مقادیر این شاخص در پوشش زیاد تا متوسط برای فصل پاییز تخمین زده شده است.

بررسی رخداد روزانه ابر پائین طی فصل پاییز (سپتامبر-اکتبر-نوامبر) برای بازه زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۰ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد بیشترین رخداد ابر پائین در ایستگاه رامسر با مقدار ۹۷/۲۳ درصد و کمترین رخداد مربوط به ایستگاه بوشهر با مقدار ۱۸/۹۰ درصد می‌باشد. بیشترین و کمترین مقدار ابر پائین در ماه اکتبر، مطابق طبقه بندی



شکل ۸- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه سپتامبر برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۲۰۱۰-۱۹۸۱)



جدول ۵ به طور خلاصه میزان ابرناکی در ماه‌های سپتامبر تا نوامبر را بر اساس تقسیم بندی جدول ۲ نشان می‌دهد. همان گونه که در این جدول دیده می‌شود میزان ابرناکی ابرهای پائین در بازه زمانی منتخب، به جز در ماه سپتامبر

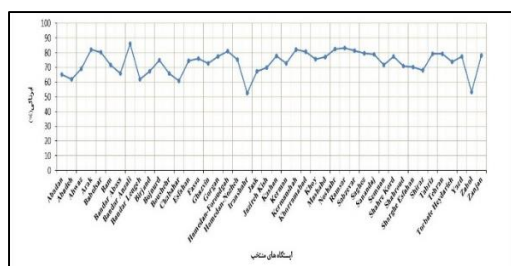
جدول ۵- رخدادهای ابر پائین در ایستگاه‌های منتخب در فصل پاییز (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

ماه	درصد ابرناکی در ایستگاه	
	زیاد	متوسط
سپتامبر	رامسر-نوشهر-گرگان-فسا-بندر انزلی-اراک-بابلسر-فرودگاه همدان-شهرکرد-زنجان-تهران-خوی-کرمان-تبریز-بیم-یزد-سندج-سقز-نوزه همدان-سبزوار-بجنورد-کاشان-قزوین-چابهار-خرم آباد-کرمانشاه-مشهد-شیراز-شرق اصفهان-سمنان-شاهرود-بیرجند-اصفهان-جزیره کیش-تربت حیدریه-بندر لنگه، بندرعباس-ایران شهر-آباده	جاسک-زابیل-بوشهر-اهواز
اکتبر	رامسر-بندر انزلی-نوشهر-اراک-تهران-خوی-تبریز-بابلسر-گرگان-بیم-سقز-فرودگاه همدان-زنجان-شهرکرد-سندج-قزوین-نوزه همدان-کرمان-یزد-چابهار-خرم آباد-کرمانشاه-بندرعباس-بجنورد-کاشان-فسا-شرق اصفهان-سبزوار، مشهد-اصفهان-ایران شهر-سمنان، شاهرود-آباده-بندر لنگه	شیراز-تربت حیدریه-جاسک-جزیره کیش-بیرجند-اهواز، آبادان-بوشهر-زابیل
نوامبر	بندر انزلی-رامسر-نوشهر-تهران-اراک-بابلسر-فرودگاه همدان-زنجان-تبریز-سقز-قزوین-شهرکرد-سندج-نوزه همدان-کاشان-خرم آباد-کرمانشاه-گرگان-خوی-بجنورد-سبزوار-یزد-مشهد-سمنان-اصفهان	شرق اصفهان-فسا-شاهرود-تربت حیدریه-کرمان-شیراز، آباده-بندرعباس-بیم-اهواز-جزیره کیش-بیرجند-جاسک-آبادان-بوشهر-بندر لنگه-چابهار-ایران شهر-زابیل

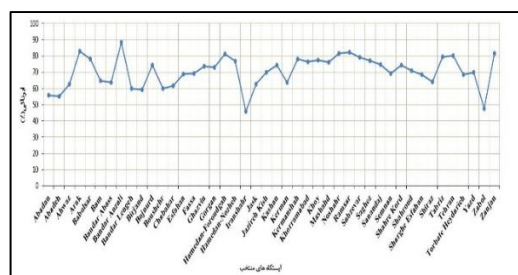
بررسی رخدادهای روزانه ابر پائین طی فصل زمستان (دسامبر-ژانویه و فوریه) برای بازه زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۰

بررسی میزان ابرناکی ماه دسامبر نشان می‌دهد که حداکثر مقدار ابر پائین در ایستگاه بندرانزلی با مقدار ۸۸/۵۹ و بعد از آن ایستگاه اراک با مقدار ۸۳/۰۲ درصد قرار دارد. همچنین کمترین مقدار را ایستگاه ایران شهر در استان سیستان و بلوچستان با مقدار ۴۶/۰۱ درصد داراست که در محدوده شرایط متوسط از نظر تقسیم بندی با توجه به جدول ۲ قرار دارد (شکل ۱۱). بر اساس بررسی اطلاعات ایستگاه‌های همدیدی دیدبانی در سطح زمین برای ماه

ژانویه، حداکثر ابرناکی در ایستگاه بندر انزلی با مقدار ۸۶/۱۴ درصد و بعد از آن به ترتیب در ایستگاه‌های رامسر، نوشهر و کرمانشاه با مقادیر ۸۳/۳۲، ۸۸/۴۴ و ۸۲/۲۴ درصد قرار دارند. همچنین کمترین ابرناکی مربوط به ایستگاه ایران شهر با ۵۲/۷۱ درصد می‌باشد (شکل ۱۲). حداکثر رخدادهای ابر پائین در ماه فوریه در ایستگاه بندرانزلی با ۸۷/۸۲ درصد و بعد از آن به ترتیب در ایستگاه‌های رامسر، اراک و نوشهر با مقادیر ۸۶/۱۸، ۸۵/۶ و ۸۵/۵ درصد قرار دارند. همچنین کمترین رخدادهای مربوط به ایستگاه زابل ۴۸/۶۶ درصد است (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- میانگین درصد رخدادهای روزانه ابر پائین طی ماه ژانویه

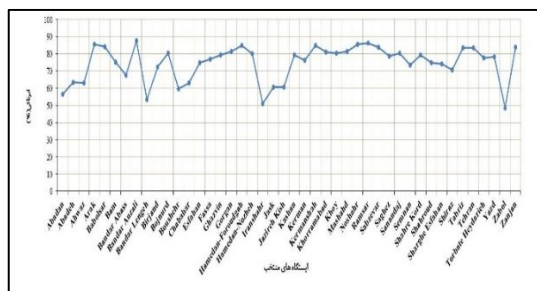


شکل ۱۱- میانگین درصد رخدادهای روزانه ابر پائین طی ماه دسامبر

برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

شکل ۱۳- میانگین درصد رخداد روزانه ابر پائین طی ماه فوریه برای ۴۴ ایستگاه منتخب در سطح کشور (۱۹۸۱-۲۰۱۰)



جدول ۶ به طور خلاصه میزان ابرناکی در ماه‌های دسامبر تا فوریه را بر اساس تقسیم‌بندی جدول ۲ نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود میزان ابرناکی ابرهای پائین در بازه زمانی منتخب، همواره بیشتر از ۳۰ درصد بوده است.

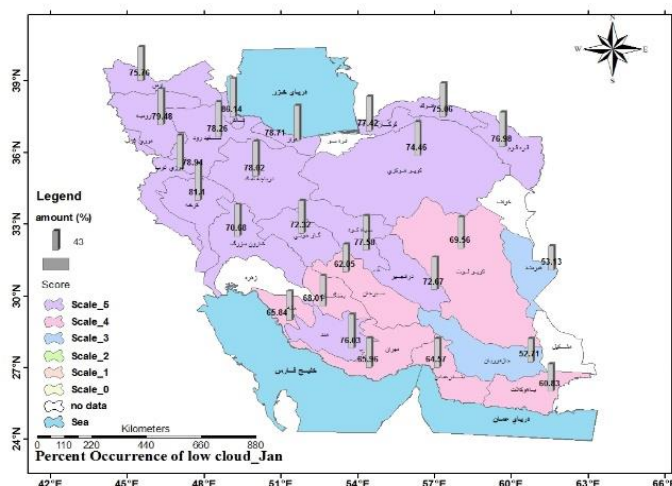
جدول ۶- رخداد ابر پائین در ایستگاه‌های منتخب در فصل زمستان (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

درصد ابرناکی در ایستگاه			ماه
کم	متوسط	زیاد	
	جزیره کیش- یزد- سمنان- فسا- اصفهان- تربت حیدریه- بم- شیراز- بندرعباس- کرمان- جاسک- اهواز- چابهار- بوشهر- بندرلنگه- بیرجند- آبادان- آباده- زابل، ایرانشهر	بندر انزلی- اراک- رامسر- زنجان- نوشهر- فرودگاه همدان- تهران- تبریز- سبزوار- بابل- کرمانشاه- خوی- سقز- نوره همدان- خرم‌آباد- مشهد- سنج- کاشان- بجنورد- شهرکرد- قزوین- گرگان- شاهرود	دسامبر
	جزیره کیش- اهواز- شیراز- بیرجند- جاسک- بوشهر- بندرعباس- آبادان- آباده- بندرلنگه- چابهار، زابل، ایرانشهر	بندر انزلی- رامسر، نوشهر- کرمانشاه، اراک- سبزوار- فرودگاه همدان- خرم‌آباد- بابل- سقز- تبریز- تهران- سنج- زنجان- کاشان- یزد- شهرکرد- گرگان- مشهد- فسا- خوی- نوره همدان- بجنورد- اصفهان- تربت حیدریه- کرمان- قزوین- بم- سمنان، شاهرود- شرق اصفهان	ژانویه
	بندرعباس- آباده- چابهار- اهواز- جزیره کیش- جاسک- بوشهر- آبادان- بندرلنگه- ایرانشهر، زابل	بندر انزلی- رامسر- اراک- نوشهر- فرودگاه همدان- کرمانشاه- بابل- زنجان- سبزوار- تبریز- تهران- مشهد- گرگان- خرم‌آباد- سنج- بجنورد- خوی- نوره همدان- کاشان- قزوین- شهرکرد- سقز- یزد- تربت حیدریه- فسا- کرمان، بم- اصفهان- شاهرود- شرق اصفهان- سمنان- بیرجند- شیراز	فوریه

این بررسی نشان می‌دهد که حداکثر ابرناکی در ایستگاه بندر انزلی با ۸۶/۱۴ درصد و بعد از آن به ترتیب در ایستگاه‌های

شده که به لحاظ رعایت نمودن حجم مقاله تنها به ارائه یک مورد در ماه ژانویه پرداخته می شود (شکل ۱۳). مشابه این الگو برای تمامی ماهها به تفکیک انجام شده است که نتایج آنها در ادامه ارائه می شود.

رامسر، نوشهر و کرمانشاه با مقادیر ۸۳/۳۲، ۸۸/۴۴ و ۸۲/۲۴ درصد قرار دارند. همچنین کمترین ابرناکی مربوط به ایستگاه ایرانشهر با ۵۲/۷۱ درصد است. علاوه بر بررسی ایستگاهی، در این مطالعه پوشش ابر پایین برای حوضه های آبریز کشور نیز به تفکیک هر ماه بررسی



شکل ۱۴- میانگین درصد رخداد روزانه ابرهای پایین در حوضه های آبریز ایران برای ماه ژانویه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

درصد میزان رخداد روزانه ابر پائین ابرهای پوشش کومه ای، پوششی، و کومه ای لحاظ شده اند. ضمن اینکه دامنه تغییرات این پارامتر از ۹ تا ۹۸ درصد در ماههای مختلف سال متغیر می باشد.

مطابق با جدول ۷ درصد میزان رخداد ابر پایین در حوضه های مختلف امتیازبندی گردید و حوضه هایی که بیشترین درصد رخداد را داشتند بیشترین امتیاز و در مقابل حوضه های با درصد رخداد پایین امتیاز کمتری دریافت کردند. در محاسبه

جدول ۷- روش عینی امتیازدهی به میزان رخداد ابر پایین

امتیاز	درصد رخداد ابر پایین	ردیف
۰	۰-۳۰	۱
۱	۳۰-۴۰	۲
۲	۴۰-۵۰	۳
۳	۵۰-۶۰	۴
۴	۶۰-۷۰	۵
۵	۷۰-۱۰۰	۶

درصد رخداد ابر در ماه ژانویه نشان می دهد حوضه های شمال و شمال غرب کشور حداکثر درصد رخداد را دارند که شرایط مساعدتری برای باروری در این مناطق را نشان می دهد. در ماه فوریه حوضه های نیمه شمالی کشور بیشترین درصد رخداد ابر را دارند و حوضه های هیرمند در

شرق، جازموریان و مهران در جنوب کشور کمترین درصد رخداد را دارند، که با توجه به جدول ۷ از امتیاز کمتری برای باروری برخوردار هستند. در ماه مارس حوضه تالش با مقدار ۸۸/۶۵ دارای بیشترین درصد رخداد و در مقابل حوضه هیرمند با مقدار ۴۵/۴۴ کمترین مقدار را دارد. در ماه

آوریل حوضه های ارس، سفیدرود، دریاچه نمک، ارومیه، قره‌قوم، هراز، مرزی غرب، تالش، گرگان، کرخه، اترک، سیاهکوه، درانجیر، کویر مرکزی، گاوخونی، کویرلوت، مند و سیرجان با توجه به جدول ۷ شرایط مساعدتری برای باروری از نقطه نظر ابرناکی در این ماه دارند. در می به استثنای حوضه‌های مهران، حله، هیرمند، بندرعباس، باهوکلالت و کارون بزرگ در بقیه حوضه‌های آبریز شرایط برای باروری مساعد می‌باشد و حوضه‌ها از امتیاز خوبی مطابق با جدول ۷ برخوردارند. در ماه ژوئن حوضه آبریز ارس با مقدار عددی ۹۶/۳۸ بیشینه درصد رخداد ابر پایین را دارد و در مقابل حوضه حله در جنوب غرب کشور با مقدار ۱۸/۹ کمترین مقدار را داراست. بدین ترتیب ارس مستعدترین حوضه جهت باروری در ماه ژوئن می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ماه ژوئیه هم‌چنان حوضه‌های شمالی کشور به دلیل اینکه درصد رخداد ابر پایین که یکی از شاخص‌های مهم در باروری می‌باشد در آن‌ها زیاد است مناسب‌ترین منطقه برای باروری با توجه به این شاخص خاص هستند و همین‌طور حوضه‌های واقع در جنوب کشور به‌خصوص حوضه‌های حله و مهران و هم‌چنین حوضه هیرمند در شرق کشور کمترین امکان را دارا هستند. در ماه اوت بجز حوضه‌های هیرمند، حله، مهران، کارون بزرگ و جازموریان که از امتیاز پایینی با توجه به جدول ۷ برخوردار هستند بقیه حوضه‌های سطح کشور شرایط نسبتاً مناسبی را دارا می‌باشند. در ماه سپتامبر درصد رخداد در اکثر حوضه‌ها به نسبت ماه گذشته افزایش یافته است به گونه‌ای که حوضه‌هایی مانند حله، هیرمند و کارون بزرگ از امتیاز بیشتری نسبت به ماه‌های قبل خود برخوردارند. درصد رخداد ابر پایین در ماه اکتبر در اکثر حوضه‌های کشور مقدار بالایی را نشان می‌دهد. به گونه‌ای که انتظار می‌رود به جز در حوضه هیرمند و حله بقیه حوضه‌های آبریز در سطح کشور از شانس بالایی برای عملیات باروری برخوردار می‌باشند. حوضه‌های تالش، هراز و سفیدرود با درصد رخداد بالای ۸۰ درصد بیشینه مقدار و حوضه‌های حله، هیرمند، جازموریان و باهوکلالت با مقدار کمتر از ۵۰ درصد کمترین مقدار را دارا هستند

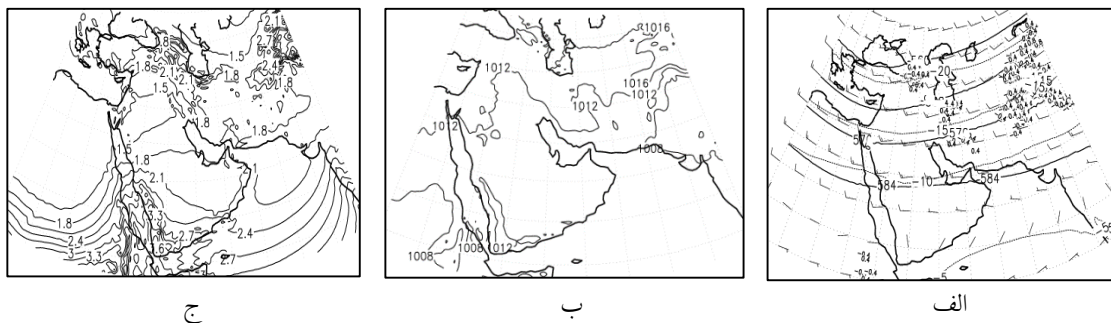
بدین ترتیب در این ماه این ۴ حوضه بر اساس شاخص درصد رخداد ابر پایین کم‌ترین شانس را برای باروری دارند. در ماه دسامبر درصد رخداد ابر پایین در حوضه تالش با مقدار ۸۸/۵۹ و در حوضه جازموریان با مقدار ۴۶/۰۱ به ترتیب دارای حداکثر و حداقل مقادیر هستند، بدین معنی که حوضه تالش بیشترین شانس و بالاترین امتیاز و حوضه جازموریان کم‌ترین امتیاز را با توجه به جدول ۷ و بر اساس شاخص درصد رخداد ابر پایین در ماه دسامبر دارا هستند.

### تحلیل هم‌دیدگی الگوهای فصلی

در این بخش الگوهای میانگین فصلی سی ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰) کمیت‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، دما، بردار افقی باد، سرعت قائم در تراز ۵۰۰ hPa، فشار سطح زمین، و آب قابل بارش در لایه hPa (۱۰۰۰-۵۰۰) به شرح زیر تحلیل می‌شوند.

#### فصل بهار

شکل (۱۴-الف) نقشه میانگین سی ساله تراز ۵۰۰ hPa در فصل بهار است. الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل، یک ناوه کم عمق را در تراز ۵۰۰ hPa و بالاتر در شرق مدیترانه نشان می‌دهد که دامنه آن چندان گسترده نیست. کم عمق بودن این ناوه و عدم گسترش آن به سمت جنوب نشانگر فعالیت ضعیف کم-فشار شکل گرفته روی دریای سرخ در این فصل است و سامانه‌های کم فشار در این فصل بیشتر از نواحی شمالی و مرکزی ایران عبور می‌کنند. در تراز ۵۰۰ hPa ارتفاع ژئوپتانسیل حدود ۱۰۰m و دما در حدود ۵ درجه افزایش و سرعت باد تا حدود ۱۰ Knot کاهش یافته است. به بیان دیگر کم ارتفاع روی ایران تضعیف و ارتفاع زیاد جنب حاره-ای در جنوب ایران تقویت شده است. (شکل ۱۴-الف). در این فصل، پرفشاری بر روی جنوب خلیج فارس و شمال و شمال شرق عربستان در ترازهای زیرین و ردسپهر گسترش یافته است و جریان‌های ساعتگرد در این نواحی آشکار است. زبانه‌های پر فشار hPa ۱۰۱۲ از نواحی مرکزی ایران عبور می‌کند (شکل ۱۴-ب).



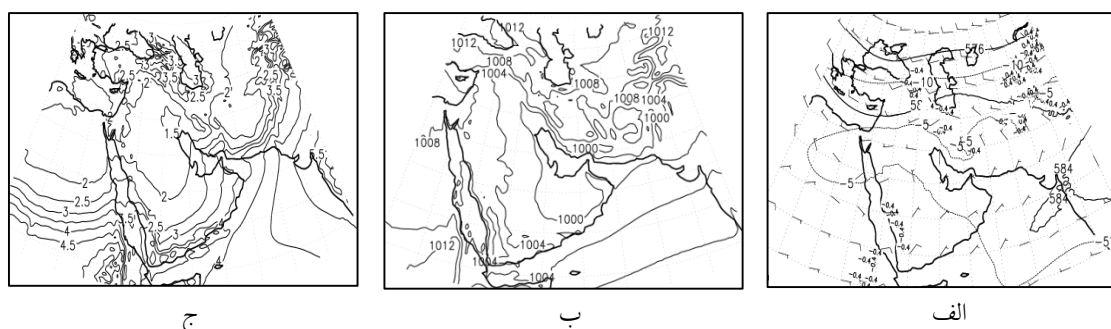
شکل ۱۵- الف) میانگین فصلی سی ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰) ارتفاع ژئوپتانسیل (dm)، دما (C) و سرعت باد (m/s) و سرعت قائم (Pa/s) در تراز ۵۰۰ hPa، ب) فشار سطح زمین (hPa) و ج) آب قابل بارش ( $kg/m^2$ ) در لایه ۵۰۰-۱۰۰۰ hPa برای فصل بهار (مارس تا می).

در نوار جنوبی و شرق ایران مشاهده می‌شود. زبانه پرفشار فقط در سواحل شمالی ایران مشاهده می‌شود (شکل ۱۵-ب). با افزایش مقدار تابش در این فصل و وجود صحراهای گسترده در شرق و جنوب شرق ایران کم فشارهای گرمایی در این مناطق شکل می‌گیرند و با حرکت کم فشارهای گرمایی از روی شبه قاره هند به سوی شرق، جنوب شرق، مرکز و جنوب ایران و حرکت کم فشار گرمایی از روی شرق عربستان به سوی جنوب، جنوب غرب و مرکز ایران و تلفیق آنها مقدار فشار در نواحی جنوبی و مرکزی ایران فشار به ۹۹۸ hPa کاهش می‌یابد (علیچانی، ۱۳۸۶). در کم فشارهای گرمایی به علت وجود همگرایی ناشی از مالش، گرمای سطحی محسوس، اثر پس خور مثبت جرم، آزاد سازی گرمای نهان و همچنین ارتفاع به نسبت زیاد منطقه، حرکت صعودی قابل توجه است (هولتون، ۲۰۰۴).

کمیت آب قابل بارش در مناطق مرکز و شرق ایران، برای نقشه میانگین سی ساله در فصل بهار، چندان قابل توجه نیست در حالیکه در جنوب شرق، شمال غرب و غرب ایران مقدار آن در حدود  $1/8 kg/m^2$  است (شکل ۱۴-ج). از طرفی در ناحیه جنوب دریای سرخ و در مجاورت دریای عرب و تنگه باب المندب مقادیر قابل ملاحظه آب قابل بارش (حدود  $1/5-4 kg/m^2$ ) در فصل بهار مشاهده می‌شود که در مقایسه با فصل زمستان نشان‌دهنده جابجایی شمال سوی رطوبت می‌باشد.

### فصل تابستان

مطابق شکل ۱۵-الف در تراز ۵۰۰ hPa یک ناوه ضعیف در شرق مدیترانه و یک پشته در نوار شمالی ایران وجود دارد. در نقشه فشار سطح دریا یک زبانه کم فشار با پربند ۱۰۰۸ روی دامنه‌های جنوبی البرز و مراکز کم فشار با پربند ۱۰۰۰



شکل ۱۶- مانند شکل ۱۴ ولی برای فصل تابستان (ژوئن - اوت).

در مناطق مرکز، شرق، شمال شرق و غرب ایران در حدود  $2 kg/m^2$  است. در حالیکه در جنوب، جنوب شرق، شمال

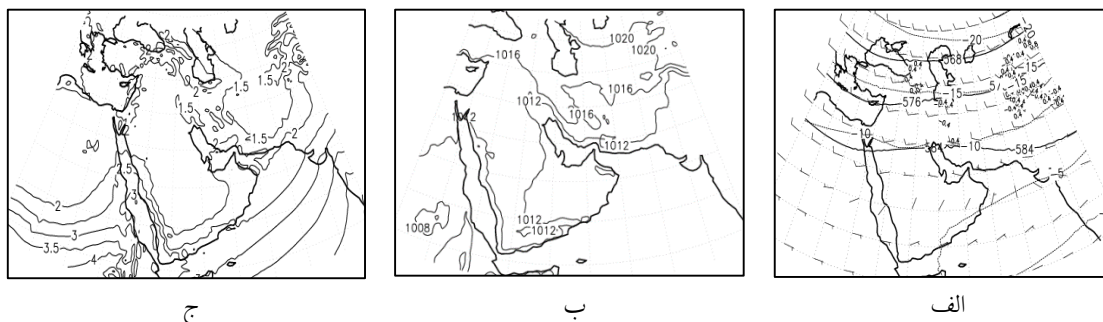
بنا به نقشه (۱۵-ج) برای میانگین سی ساله آب قابل بارش در فصل تابستان، مقدار این کمیت در لایه ۵۰۰-۱۰۰۰ hPa

غرب و سواحل شمالی ایران مقدار این کمیت بین ۲/۵ تا

### فصل پاییز

مطابق شکل ۱۶-الف، ناوهای در تراز ۵۰۰ hPa در شرق دریای مدیترانه دیده می‌شود که دامنه آن تا نواحی شمال دریای سرخ امتداد یافته است. جریان‌های جنوبی و جنوب غربی وابسته به این ناوه تمام نواحی نیمه غربی شبه جزیره عربستان و ایران را در بر می‌گیرد.

$4/5 \text{ kg/m}^2$  است. در فصل تابستان با وجود مقادیر کم بارش، مقدار رطوبت روی ایران نسبت به فصل‌های دیگر بیشتر است. افزایش رطوبت باعث افزایش آزادسازی گرمای نهان و افزایش حرکت صعودی و رشد کم‌فشار گرمایی تا ترازهای حدود ۶۰۰ hPa می‌شود. مقدار کمیت آب قابل بارش در ناحیه همگرایی دریای سرخ حدود  $5/5 \text{ kg/m}^2$  است که افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به فصل‌های



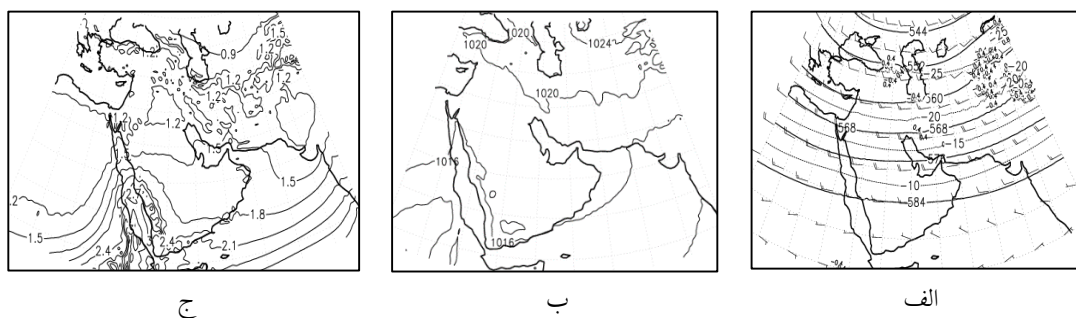
شکل ۱۷- مانند شکل ۱۴ ولی برای فصل پاییز (سپتامبر-نوامبر).

هند  $5 \text{ kg/m}^2$  است. مقدار آب قابل بارش در شمال شرق عربستان به تدریج کاهش می‌یابد به گونه‌ای که در نواحی جنوبی ایران به  $1/5 \text{ kg/m}^2$  می‌رسد.

### فصل زمستان

شکل ۱۷-الف گذر متوالی امواج کوچک یک ناوه نسبتاً عمیق را در تراز ۵۰۰ hPa از روی ایران نشان می‌دهد که کل منطقه خاورمیانه در قلمرو این ناوه و اثر جبهه‌زائی آن قرار دارد.

در سطح زمین زبانه کم فشاری از نواحی جنوب غرب دریای سرخ به نواحی مرکزی و شمال شبه جزیره عربستان امتداد یافته است. وجود این کم فشار همراهی آن با موج تراز میانی جو در واقع نشانگر سامانه‌های بارش‌زایی است که از نواحی جنوبی و جنوب شرقی ایران عبور می‌کند (شکل ۱۶-ب). در شکل ۱۶-ج، مقدار آب قابل بارش در لایه hPa (۱۰۰۰-۵۰۰) دیده می‌شود که مقدار بیشینه آب قابل بارش، روی دریای سرخ و خلیج عدن  $4 \text{ kg/m}^2$  و روی غرب اقیانوس



شکل ۱۸- مانند شکل ۱۴ ولی برای فصل زمستان (دسامبر-فوریه).

فصلی هوا و عبور متناوب امواج از عرض‌های شمالی ایران تقویت می‌شود (شکل ۱۷-ب). همچنین بر اثر نفوذ کم-فشارهای گرم و مرطوب از عرض‌های پایین‌تر (شرق آفریقا

در نقشه سطح زمین وجود زبانه پرفشار با پر بند hPa ۱۰۲۰ در نوار شمالی ایران حاکی از نفوذ پرفشارها از عرض‌های بالاتر به نوار شمالی ایران است. این شرایط با سرد بودن



خراسان جنوبی و فارس گزارش شده است. در فصول بهار، پاییز، زمستان و تابستان به ترتیب بیشترین میزان ابرناکی در ایستگاه های مورد مطالعه گزارش شده اند. ماه های مارس و آوریل نیز در فصل بهار بیشترین ابرناکی را داشته اند.

الگوهای بلند مدت جوی شکل گیری شرایط مساعدی را برای تقویت میزان ابرناکی در فصول سرد سال نشان می دهند که با ریزش هوای سرد همراه با پرفشار سیبری و تقویت جریان های گرم جنوبی شرایط مساعدی برای افزایش رطوبت به ویژه در نیمه غربی کشور فراهم است. با شکل گیری کم فشار گرمایی در فصل تابستان، پوشش ابرهای پایین در کل منطقه و آب قابل بارش کاهش می یابد. بیشترین رخدادهای ابرناکی در نیمه سرد سال (بطور تقریبی فصل پائیز و زمستان) مربوط به ایستگاه های بندر انزلی در استان گیلان با حداکثر ۹۳/۰۳ درصد و رامسر در استان مازندران با حداکثر ۹۴/۳۴ درصد است که هر دو متعلق به ماه اکتبر می باشد. همچنین در نیمه گرم سال (بطور تقریبی فصل بهار و تابستان) بیشترین رخدادهای ابر در ایستگاه رامسر با حداکثر ۹۹/۱۰ و ایستگاه نوشهر با ۹۸/۷۲ درصد رخ داده است که هر دو مورد مربوط به ماه سپتامبر می باشد. بررسی ها نشان دادند که کمترین میزان رخدادهای ابرناکی در نیمه سرد سال در ایستگاه زابل با حداقل ۳۲/۸۸ درصد و ایستگاه ایرانشهر با حداقل ۳۷/۹۳ رخ داده است که هر دو مربوط به ماه اکتبر می باشد. کمترین مقدار رخدادهای ابر در نیمه گرم سال مربوط به ایستگاه های بوشهر و آبادان با حداقل مقادیر به ترتیب ۱۵/۷۹ و ۱۶/۳۴ می باشد که برای هر دو ایستگاه در ماه سپتامبر رخ داده است. به نظر می رسد به علت استقرار دریای خزر در شمال و رشته کوه البرز در جنوب و حاکمیت اقلیم مرطوب و پرباران بیشترین رخدادهای ابرهای پائین در این بخش از کشور رخ دهد. به این ترتیب به نظر می رسد چنانچه برای کاربردهای باروری ابر مناطق با پوشش زیاد ابرهای پائین لازم باشد، شمال غرب، غرب و نوار شمالی کشور مناطق مناسبی برای این منظور است و بخش های جنوب شرق کشور با توجه به حضور کمتر ابرهای پائین شرایط لازم را برای عملیات باروری ابرها از نقطه نظر میزان ابرناکی دارا نمی باشند.

و عربستان) به این نواحی و حرکت شرق سوی آنها حضور کم فشار در ناحیه مدیترانه و نوار جنوبی ایران تقویت می شود (رول، ۲۰۰۲ و لافونتنه، ۱۹۸۹). شکل ۱۷-ج نشان می دهد که مقدار آب قابل بارش در نواحی جنوبی ایران از  $1/5 kg/m^2$  تجاوز نمی کند. در حالیکه نیمه جنوبی ایران به ویژه ارتفاعات جنوب فارس از میزان بارش قابل ملاحظه ای برخوردار است. ولی با توجه به منابع رطوبتی اطراف کشور دیده می شود که مقدار آب قابل بارش بر روی غرب اقیانوس هند حدود  $2/5 kg/m^2$ ، روی خلیج عدن  $3 kg/m^2$  و روی دریای سرخ  $2/5 kg/m^2$  است. در واقع همین منابع رطوبتی و جریانات مناسب همدیدی در منطقه است که بارشهای نیمه جنوبی ایران را ایجاد می کند.

### نتیجه گیری

اگرچه امروزه استفاده از داده های ماهواره ای در بررسی ابرها به علت پوشش گستره آنها بسیار متداول است، اما دقت و اهمیت ایستگاه های زمینی برای دیدبانی ها قابل انکار نمی باشد. از این رو این مطالعه در دو بخش انجام شده است. بخش اول اقلیم شناسی ابرهای پائین بر اساس داده های در محل (ایستگاه های هواشناسی) می باشد که به بررسی پوشش ابرهای پائین در طول روز طی ماه های سال برای ۴۴ ایستگاه موجود در دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۱) پرداخته شده است. در این مطالعه به اقلیم شناسی پوشش ابرهای پائین با هدف استفاده از آنها در مطالعات مرتبط با باروری ابرها پرداخته شده است. بازه زمانی مورد مطالعه دوره ۳۰ ساله ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ و منطقه مورد مطالعه کشور ایران است. داده های پوشش ابر از ایستگاه های همدیدی سازمان هواشناسی کشور دریافت شده است. ایستگاه های مورد مطالعه ۴۴ ایستگاه می باشند که به طور کامل ۳۰ سال داده دیدبانی شده آنها استخراج شده است.

مطابق نتایج حاصل از این بررسی، بیشترین رخدادهای ابر پائین در کشور در فصل زمستان مشاهده شده است. بررسی ها، همچنین، نشان داد که رخدادهای ابرهای پائین در ایستگاه های منتخب هرگز کمتر از ۳۰ درصد کل رخدادهای در فصول سرد سال (پاییز و زمستان) نبوده است. ضمن اینکه رخدادهای ۳۰ تا ۷۰ درصد ابرناکی در اثر ابرهای پائین در استانهای هرمزگان، بوشهر، سیستان و بلوچستان و خوزستان، کرمان،



## تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پروژه "مطالعه، بررسی و امکان‌سنجی استفاده از فناوری بارورسازی ابرها برای استحصال آب در حوضه‌های آبریز ایران" است و بدین وسیله از موسسه تحقیقات آب برای تامین منابع مالی آن در پژوهش‌کننده هواشناسی تشکر می‌شود. همچنین از آقایان دکتر جوادیان‌زاده، رئیس سابق مرکز ملی باروری ابرها و مهندس گلکار، رئیس فعلی این مرکز برای هماهنگی، نظارت و داوری پروژه، آقای مهندس مهدی عسگری برای پردازش داده‌های هواشناسی و خانم مهندس فرح محمدی مدیرکل وقت اداره فناوری اطلاعات و ارتباطات سازمان هواشناسی کشور برای تامین داده و اطلاعات مورد نیاز این پروژه قدردانی می‌گردد.

## منابع

1. امیدوار، کمال، (۱۳۸۱)، برخی ویژگی‌های اقلیم‌شناسی ابر در ارتفاعات جنوبی کرمان به منظور ارزیابی امکان اجرای پروژه‌های افزایش بارش، مجله مدرس علوم انسانی، دوره ۶، شماره ۴، صص ۳۷-۵۰.
2. صصحرائیان فاطمه، جوانمرد، سهیلا و ثابت قدم، سمانه (۱۳۹۴)، بررسی توزیع مکانی و زمانی میزان ابرناکی در منطقه ایران طی دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۱)، پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، ۵-۶ بهمن ۱۳۹۴.
3. علیچجانی، ب. ز. جعفرپور، ع. علی‌اکبری‌بیدختی و ع. مفیدی، ۱۳۸۶، تحلیل سینوپتیکی الگوهای گردشی بارش‌های موسمی جولای ۱۹۹۴ در ایران، نشریه علوم جغرافیایی، ۷، ۷-۳۷.
4. Abercromby, R. (1887). On the identity of cloud forms all over the world. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 13: 140-146.
5. Breed, D., R., Rasmussen, C., Weeks, B., Boe, Deshler, T. (2014). Evaluating Winter Orographic Cloud Seeding: Design of the Wyoming Weather Modification Pilot Project (WWMPP), Journal of Applied Meteorology and Climatology. 53 (2).
6. Encyclopedia Britanica. (1911). Vol. 6, pp115 Falvey, M., Garreaud, R. (2009). Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). J. Geophys. Res., 114, D04102.
7. Forsythe, N., Hardy, A., Fowler, H., Blenkinson, S., Kilsby, C. (2015), A Detailed Cloud Fraction Climatology of the Upper Indus Basin and Its Implications for Near-Surface Air Temperature, J. Climate, Vol.28, 3537-3556.
8. Gregory, D., Morris, D. (1996). The sensitivity of climate simulations to the specification of mixed phase clouds. Climate Dyn, 12, 641-651.
9. Carole J., C., j., S., G. Warren, London, J. (1995). The Effect of Moonlight on Observation of Cloud Cover at Night, and Application to Cloud Climatology, J. Climate, 8 (5).
10. Howard, L. (1803). On the modifications of clouds. Philosophical Magazine, 1803; reprinted in Neudrucke von Schriften und Karren über Meteorologie und Erdmagnetismus, Berlin, 1894.
11. Huang X Chen, X., Potter, G. L. (2014), A Global Climatology of Outgoing Long wave Spectral Cloud Radiative Effect and Associated Effective Cloud Properties, Journal of Climate, 27(19).
12. Kalesse Heike H. Kollias, P. (2013). Climatology of High Cloud Dynamics Using Profiling ARM Doppler Radar Observations, J. Climate, 26 (17).
13. Klein, S., Coauthors, (2009). Intercomparison of model simulations of mixed-phase clouds observed during the ARM mixed phase arctic cloud experiment. I: Single-layer cloud. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 135: 979-1002
14. Kuan-Man Xu, K., T., Wong, S. Dong, F., Chen, S., Kato, Taylor, P. C. (2016). Cloud Object Analysis of CERES Aqua Observations of Tropical and Subtropical Cloud Regimes: Four-Year Climatology, J. Climate, 29(5).
15. Lamarck, J. B. (1802), Sur la forme des nuages. Annuaire Météorologique pour l'an X de la République Française, 3: 149-164
16. Mace, G. G., R. Marchand, Q. Zhang, Stephens, G. (2007). Global hydrometeor occurrence as observed by CloudSat: Initial observations from summer 2006. Geophys. Res. Lett., 34, L09808.
17. Morgan, G., M. Schormann, E., Botha, Mather, G.K. (2000), A Calorimetric Jet Engine Technique for Estimating the Condensed Water Mixing Ratio in Cumulus Clouds for Cloud Physical and Weather Modification Research, Journal of Applied

- 1814.
25. Vuille, M., E. Franquist, R. Garreaud, W. S. Lavado Casimiro, Cáceres, B. (2015). Impact of the global warming hiatus on Andean temperature. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 3745–3757.
  26. Wang Chung-Chieh Ch., Chen, G., Carbone, R. E. (2004). A Climatology of Warm-Season Cloud Patterns over East Asia Based on GMS Infrared Brightness Temperature Observations, *Monthly Weather Review*, 132 (7).
  27. World Meteorological Organization. (WMO). (1975). *International Cloud Atlas*. Secretariat of the World Meteorological Organization, 155 pp.
  28. World Meteorological Organization. (WMO) NO. 8, 2008, *WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*.
  29. Zhang, M., Coauthors. (2005). Comparing clouds and their seasonal variations in 10 atmospheric general circulation models with satellite measurements. *J. Geophys. Res.*, 110.
  30. Lafontainene, V.C., Bryson, R.A. Wendland, W. M. (1989), Airstream region of north Africa and Mediterranean, *J. Climate*, 3: 366-372.
  31. Rowell, P. D. (2002). The impact of Mediterranean SSTs on the sahelian rainfall season, *J. Climate*, 16: 849-862.
  - Meteorology, 39 (11).
  18. Morrison, A., Siems T., Manton, M. (2011). A Three-Year Climatology of Cloud-Top Phase over the Southern Ocean and North Pacific, *J. Climate*, Vol. 24, 2405-2418.
  19. Muñoz Ricardo C., R., C., J., Quintana, M., Falvey, J., A. Rutllant, Garreaud, R. (2016). Coastal Clouds at the Eastern Margin of the Southeast Pacific: Climatology and Trends, *J. Climate*, 29(12).
  20. O'Del Christopher W. I.W., Ch., F., Wentz, Bennartz R. (2008). Cloud Liquid Water Path from Satellite-Based Passive Microwave Observations: A New Climatology over the Global Oceans, *Journal Climate*, 21 (8).
  21. Orville, Harold D. (1996). A Review of Cloud Modeling in Weather Modification, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77 (7).
  22. Riihimaki, L.D., A., Sally, and Comstock, J., M. (2012). Climatology and Formation of Tropical Midlevel Clouds at the Darwin ARM Site, *J. Climate*, Vol. 25, PP:6538-6850.
  23. Rotstain, L., B. Ryan, Katzfey, J. (2000). A scheme for calculation of the liquid fraction in mixed-phase stratiform clouds in large-scale models. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1070–1088.
  24. Schulz, N., J. P. Boisier, Aceituno, P. (2012). Climate change along the coast of northern Chile. *Int. J. Climatol.*, 32, 1803–