صص ۱۱۰-۹۵

تحلیل زمانی–مکانی ساختار ابرناکی در استان خوزستان با به کارگیری داده‌های باز تحلیل پایگاه ERA5

فاطمه ساقی
دانش آموخته دکتری آب و هواشناسی گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
محمد بافقی زاده*
استادیارگروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
جبرائیل قربانیان
استادیارگروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
رضا برنا
دانشیارگروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۳/۵ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۶/۲۵

چکیده
ابرناکی یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی است که نقش اساسی وضعیت بارش و بیلان آب هر منطقه ایفا می‌کند. علاوه بر آن بودجه تابشی هر منطقه نیز تا حدود زیادی توسط ابرناکی و ویژگی‌های ابر هر منطقه کنترل می‌شود. آگاهی از ساختار زمانی و مکانی ابرناکی در هر منطقه، نقشی اساسی در برنامه‌ریزی و تدوین برنامه‌های مبتنی بر منابع آب و انرژی دارد. هدف اساسی این تحقیق تحلیل ساختار زمانی-مکانی ابرناکی در سطح استان خوزستان با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده ابر پایگاه ECMWF نسخه ERA5 در سطح استان خوزستان طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ است. داده‌های ابرناکی برای محدوده استان خوزستان با فرمت NC، به‌صورت ماهانه از پایگاه داده‌های اقلیمی یکپارچه Copernicus اخذ گردید که شامل ارتفاع پایه یا کف ابر، درصد پوشش ابر آسمان توسط ابرهای بالایی، میانی و پایینی هر پیکسل ۰/۲۵ درجه قوسی بود. با فراخوانی داده‌های مذکور در محیط ARC-GIS و میانگین‌گیری فضایی به تفکیک دوره سرد و گرم سال، نقشه‌های میانگین ۳۱ ساله دوره گرم و سرد سال برای دو فاکتور ابرناکی کل و ارتفاع پایه ابر تولید گردید. از طرف دیگر مقادیر درصد ابرناکی آسمان نیز از طریق میانگین‌گیری فضایی در سطح استان خوزستان برای هر سال (۱۹۹۰-۲۰۲۰) محاسبه شد. نتایج نشان داد اولاً در هر دو دوره گرم و سرد سال بخش‌های شمال شرقی و کوهستانی استان دارای پوشش ابرناکی بالاتری نسبت به نواحی جلگه‌ای و پست استان بوده‌اند. در دوره سرد سال درصد پوشش ابرناکی آسمان بین ۲۵ تا ٦۰ درصد متفاوت بود در حالی که در دوره گرم سال درصد ابرناکی آسمان به کمتر از ۵ درصد رسیده بود. علاوه بر آن مشاهده گردید که در سطح استان خوزستان بیشترین سهم ابرناکی دوره سرد سال، مربوط به ابرهای بالایی (خانواده سیروس شامل سیروس، سیرواستراتوس و سیروکومولوس با ارتفاع بیش از ٤ هزار متر) است. این ابرها در دوره سرد سال سهمی ۲۵ درصدی در پوشش ابرناکی سطح استان خوزستان دارند. در حالی که ابرهای میانی (ابرهای خانواده آلتو شامل آلتوکومولوس و آلتواستراتوس) سهمی ١٦ درصدی در پوشش ابرناکی آسمان استان خوزستان داشته‌اند. از لحاظ روند سری زمانی ابرناکی

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۸۰۰۰۲۵۰ Email: mobafghizadeh@pnu.ac.ir

نیز طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰، علیرغم تغییرات سالانه قابل توجه در میزان پوشش ابرناکی آسمان استان، روند معنی‌داری در تغییرات ابرناکی استان خوزستان طی سه دهه اخیر مشاهده نشد.

واژگان کلیدی: ارتفاع پایه ابر، درصد ابرناکی، استان خوزستان

مقدمه

ابرها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پدیده‌های آب و هوایی از اهمیت بالایی برخوردار هستند ابرها در بیلان انرژی سطح زمین نقش دارند و علاوه بر آن در رأس چرخه هیدرولوژیکی قرار دارند (ونجینگ و همکاران،۲۰۱۴). پوشش ابری آسمان با تأثیرگذاری بر بودجه گرمایی سطح زمین عامل مهم و اساسی در تغییرات دیگر کمیت‌های هواشناسی نیز به شمار روند. ابرها از راه پراکندگی و بازتاب تابش خورشیدی (Mueller et al،2011) بودجه انرژی تابشی زمین را دچار تغییرات می‌کنند (Zhou et al،2016) و با ایجاد و تولید بارش در فرم‌های مختلف بر چرخه آب‌شناختی زمین تأثیراتی را بجا می‌گذارند (Wang،2013). مطالعه ابرها به دلیل اینکه حد واسط بین سامانه‌های همدیدی و شرایط اقلیمی سطح زمین می‌باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ابرها تغییرپذیری زمانی و مکانی زیادی دارند و می‌توانند اقلیم را از طریق روابط پیچیده زیادی تحت تأثیر قرار دهند و چرخه آب را درگیر کنند. ابرها نقش مهمی در پیش‌بینی اقلیمی و هوایی دارند و تغییرپذیری اقلیمی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و چرخه آب‌شناختی را تغییر می‌دهند (استفان و همکاران،۲۰۰۲). ابرهای سطح پایین با توجه به ارتفاعی که دارند و به‌صورت متوسط زیر ۶۰۰۰ پا یا ۲ کیلومتر از سطح دریا قرار دارند (علیجانی،۱۳۷۴). ابرهای سطح پایین عموماً شامل استراتوس‌ها هستند که به سه دسته نیمبوستراتوس، استراتوکومولوس و استراتوس تقسیم می‌شوند. ابرهای استراتوس معمولاً خاکستری رنگ و دارای کف یکنواخت و در صورت بارش، بارندگی حاصله از آن، به‌صورت باران ریزه، یا منشورهای یخ و یا دانه‌های برف است البته بارندگی از این نوع ابر موقتی کم‌دوام و کم شدت خواهد بود. ابر استراتوکومولوس به‌طور کلی از قطرات آب تشکیل شده است و بعضی اوقات غیر از قطرات آب، این نوع ابرها از ذرات برف و خیلی بندرت بلورهای برف و یا دانه‌های برف ایجاد شده است . استراتوکومولوس‌ها اکثراً به‌صورت لایه‌ها و یا ورقه‌هایی از ابر که شبیه آلتوکومولوس‌ها می‌باشند ظاهر می‌شوند. استراتوکومولوس‌ها بعضی اوقات همراه با بارندگی‌های خفیف و کم شدتی به شکل باران، برف و یا گلوله‌های برفی خواهد بود. تحقیقات متعددی نشان داده است که توزیع زمانی مکانی بارش همبستگی معنی‌داری با توزیع زمانی مکانی این ابرها نشان داده است (جزول[1] ۲۰۱۶، فیلپاک و مایتوس[2]، ۲۰۰۹). ابرها از گذشته، مورد توجه محققین بوده ولی به دلیل اینکه برخلاف دیگر عناصر و پدیده‌های اقلیمی اندازه‌گیری و سنجش آن‌ها مشکل است تا چند دهه قبل پژوهش‌های زیادی بر روی آن انجام نگرفته بود. بعد از ورود ماهواره‌ها به دلیل فراهم شدن اطلاعات فراوانی در مورد ابرها، مطالعه آن‌ها با هدف بهبود کارایی مدل‌های اقلیمی مورد توجه قرار گرفت. ماهواره‌ها قادرند خصوصیات فیزیکی و پارامترهای ابر مانند ضخامت، محتوی آب، دما، فشار و توزیع ذرات آب و یخ را با دقت

1 Jaswal

2 Filipiak & Mietus

اندازه‌گیری کنند. این توانایی منجر به باز شدن زمینه‌های تحقیقاتی جدیدی در مطالعه ابرها شده است شناخت کمیت و کیفیت ابرهای نیمه غربی کشور و آگاهی دقیق از رفتار زمانی- مکانی ابرناکی در سطح استان امکان برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر و دقیق‌تر پروژه‌های مرتبط با استحصال آب از ابر مانند پروژه‌های بارورسازی ابرها را دقیق‌تر و بهینه‌تر می‌کند. علاوه بر آن تحلیل زمانی- مکانی ابرناکی از این جهت نیز حائز اهمیت است که این مؤلفه نقش مهمی در تعیین و مکان گزینی پروژه‌های مرتبط با بهره‌گیری از نور خورشید مانند نیروگاه‌های خورشیدی دارد. از طرف دیگر ارتباط بین ابرها و رخدادهای بارش‌های سنگین و بارش‌های رگباری نیز در استان خوزستان بسیار حائز اهمیت است. با توجه به اینکه استان خوزستان در واقع آبخیز اصلی بسیاری از رودخانه‌های عمده و اصلی زاگرس است از جمله رودخانه‌های کارون و سرشاخه‌های آن شامل کرخه و جراحی و سیمره و سزار لذا توزیع فضایی ابرناکی در بخش بالادست این استان می‌تواند به‌نوعی یک پیش هشدار بسیار مهم در ارتباط با رخدادهای سیل و بالا آمدن سطح آب رودخانه‌ها و آب‌گرفتگی شهرها، مزارع، روستاها و راه‌های ارتباطی باشد. لذا تحلیل زمانی و مکانی ابرناکی، آگاهی از انواع الگوهای ابرناکی در سطح استان، آشکارسازی روند بلندمدت ابرناکی در سطح استان، می‌تواند نمای واضح و شفاف‌تری از توزیع زمانی مکانی بارش و رخدادهای مخاطره‌آمیز مرتبط با بارش از جمله سیل، خشک‌سالی، بارش‌های رگباری و .... به دست دهد و تبدیل به ابزاری برای برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق‌تر منابع آب در سطح استان شود. در این رابطه تحقیقاتی انجام شده است مانند غلامی و همکاران) ۱۴۰۲) به تحلیل زمانی- مکانی ابرناکی در ایران پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد ۵۰ ایستگاه دارای تغییرات معنادار بوده‌اند که جهت این تغییرات در ۴۷ ایستگاه، کاهشی و تنها در ۳ ایستگاه، افزایشی بوده است، در سایر ایستگاه‌ها هیچ روند معناداری مشاهده نگردید. نتایج ماهانه و فصلی نیز بیانگر روند کاهشی مقدار ابرناکی در ماه‌های سرد سال و فصل‌های زمستان و بهار و البته فصل پاییز است. همچنین ارتباط بین عوامل مکانی طول و عرض جغرافیایی با مقدار ابرناکی با استفاده از آزمون ضریب همبستگی پیرسون بررسی گردید که نتایج این آزمون بیانگر همبستگی منفی با طول جغرافیایی و همبستگی مثبت با عرض جغرافیایی است. رئیس پور و همکاران (۱۳۹۹) به برآورد ابرناکی در جو ایران با استفاده از فرآورده‌های ابر پرتوسنج طیفی تصویربرداری چند زاویه‌ای(MISR) پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد بیشینهٔ ابرناکی در سواحل جنوبی و غربی دریای خزر و پس از آن در نواحی مرتفع آذربایجان، زاگرس و خراسان بوده است؛ اما کمترین مقدار ابرناکی در گسترهٔ وسیعی از ایران مرکزی، شرق و جنوب شرق ایران مشاهده شد. در میان فصول بیشترین درصد ابرناکی در فصل زمستان و کمترین مقدار آن در فصل تابستان بود. در مقیاس زمانی ماهانه مشخص گردید که بیشترین/کمترین درصد ابرناکی مربوط به ماه‌های فوریه/سپتامبر (بهمن/شهریور) است. این تفاوت‌ها نشان‌دهندهٔ تغییرات وضعیت آب‌وهوایی در طول ماه‌های مختلف سال است همچنین نتایج نشان داد، روند کاهشی درصد ابرناکی در طول سری زمانی در منطقه مورد مطالعه وجود داشته است که لزوم بررسی آن از منظر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را مهم کرده است. احمدی (۱۳۹۹) به مطالعه وردایی فصلی ابرهای مایع در گستره ایران مبتنی بر داده‌های سنجنده MODIS ماهواره TERRA پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که از شمال به جنوب و از غرب به شرق از فراوانی ابرهای مایع کاسته

شده است روزهای ابر مایع در فصل زمستان منطبق بر مسیر حرکت چرخنده‌ها و توده‌های هوای وارد شده به کشور محور غربی–شرقی داشته‌اند. فروانی چشمگیر ابرهای مایع فصل بهار در شمال غرب کشور و ارتفاعات ناشی از همرفت دامنه‌ای و ناپایداری شدید است که منجر به رشد ابر شده است. در فصل تابستان با افزایش دما و استقرار پرفشار جنب‌حاره‌ای آزور بر گستره کشور در بیرون از منطقهٔ خزری ابرهای مایع در خور توجهی مشاهده نمی‌شود؛ فصل پاییز نیز بیشینه ابرهای مایع در سواحل شمالی کشور به دلیل ورودی سامانه پرفشار سیبری است. زانگ[1] و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه نوسانات ابرناکی بر روی فلات تبت در طول سال‌های ۱۹۷۱–۲۰۰۴ پرداختند. نتایج این مطالعه بیانگران بود که از جنوب شرق به شمال شرق منطقه میزان ابرناکی کاهشی بوده و از نظر فصلی روند قابل ملاحظه‌ای در سری روزهای ابری نسبت به سال‌های گذشته دیده شده است. ریاجیک[2] (۲۰۱۲) به بررسی روند مدت زمان ساعات آفتابی بر روی منطقه آمریکای جنوبی پرداخت. در این مطالعه استفاده از تحلیل روند من کندال ب اسن نتیجه رسیدند که روند افزایشی معنی‌داری را در ساعات آفتابی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد پس نتایج حاکی از کاهش میزان ابرناکی در منطقه مورد مطالعاتی بوده است. وینجینگ [3]و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعه توزیع زمانی و مکانی تغییرات پوشش ابر در دلتای رودخانه یانسته پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرپذیری ابر و پوشش آن به‌شدت از شرایط جهانی در قالب سامانه‌ها و الگوهای پیوند از دور و شرایط محلی و فصلی تبعیت می‌کند. جزول[4](۲۰۱۶) به تغییرپذیری و تغییرات پوشش ابر هندوستان را در دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج نشان داد که روند کاهشی در میانگین پوشش ابری در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود و تغییرپذیری ابری با پارامترهای اقلیمی مانند دمای روزانه ارتباط دارد. KaiLiang، Yanmin Shuai و همکاران (۲۰۲۲) به توزیع مکانی– زمانی پوشش‌های ابری بر فراز چین طی سال‌های ۲۰۰۱–۲۰۲۰ پرداختند در این کار، ویژگی‌های توزیع مکانی و زمانی ۲۰ ساله و روند انواع ابرها (ابرها، سایه‌های ابری و ابرهای سیروس) در چین از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ با استفاده از محصول بازتابی سطح روزانه MODIS مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که از نظر توزیع کلی فضایی، جنوب شرقی در تمام طول سال ابری با پوشش ابری تا ۷۵ درصد بود، در حالی که منطقه خشک شمال غرب عمدتاً آسمان صاف بود. سایه‌های ابر عمدتاً روی سطوح موج‌دار پیچیده متشکل از کوه‌های مرتفع متمرکز شده‌اند و ابرهای سیروس عمدتاً در مناطق شمالی عرض‌های جغرافیایی بالا پراکنده شده‌اند. در ۲۰ سال اخیر، ابرها در شمال چین روند نزولی نشان دادند، با نرخ کاهش سالانه بیش از ۰٫۵٪ در مغولستان داخلی و روند افزایش قابل توجهی تا ۰٫۶٪ در میانی و پایین دست رودخانه یانگ تسه. سایه‌های ابری در بیشتر مناطق چین تغییر چندانی در روند نداشتند. ابرهای سیروس در بیشتر نواحی به‌ویژه در کوه‌های خینگان بزرگ روند کاهشی داشتند که این کاهش به ۰٫۶ درصد می‌رسد. Zhao و همکاران (۲۰۲۳) به تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در مناطق خشک آسیای مرکزی در ۴۰ سال گذشته پرداختند نتایج این

[1] Zhang
[2] Raichijk
[3] Wenjing
[4] Jaswal

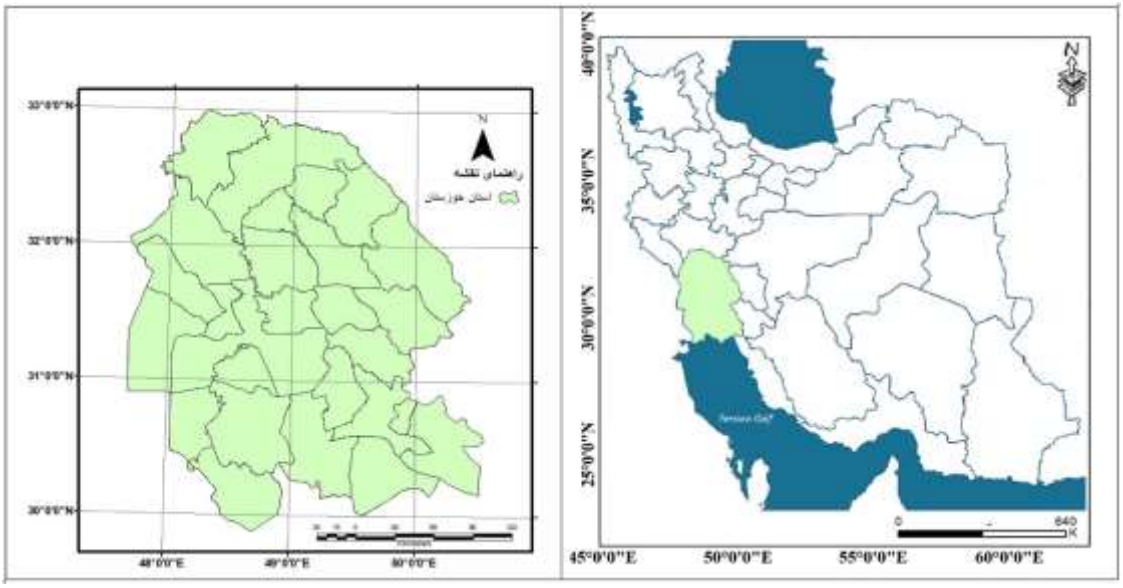
مطالعه نشان داد که ویژگی‌های زمانی و مکانی ویژگی‌های ابر را در مناطق خشک آسیای مرکزی بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۹ از نظر توزیع فضایی، ابری کل در مناطق خشک آسیای مرکزی در جنوب کم و در شمال بالا بود. توزیع فرکانس ابر بالا و فرکانس ابر متوسط در جنوب بیشتر و در شمال کمتر بود، در حالی که توزیع فرکانس ابر کم در جنوب کم و در شمال زیاد بود. از نظر زمانی، تغییر پوشش ابر و فرکانس نوع ابر ویژگی‌های فصلی آشکاری داشت. از زمستان تا بهار، پوشش ابر افزایش یافت و تغییر فرکانس نوع ابر افزایش یافت. از بهار تا تابستان، پوشش ابر همچنان افزایش یافت و تغییر فرکانس نوع ابر بیشتر شد. پوشش ابر از تابستان تا پاییز شروع به کاهش کرد و تغییر فرکانس نوع ابر نیز کاهش یافت. به‌طور کلی، میانگین کل پوشش ابر در بیشتر آسیای مرکزی کاهش یافت و پوشش ابر بالا و متوسط افزایش یافت در حالی که پوشش ابر کم کاهش یافت

استان خوزستان یکی از پرظرفیت‌ترین استان‌های کشور به لحاظ کشاورزی و منابع انرژی است؛ اما علی‌رغم این ظرفیت قابل توجه، این استان از لحاظ محیطی یکی از پر چالش ترین استان‌های کشور است. مخاطرات متعدد محیطی از قبیل سیلاب‌ها و آب‌گرفتگی‌ها، طوفان‌های گردوغبار فراگیر، خشک‌سالی‌ها که همگی به‌نوعی به ساختار هیدرولوژی و منابع آب استان مرتبط هستند، لزوم توجه به مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی را دو چندان کرده است. ابرناکی یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی است که نقش اساسی وضعیت بارش و بیلان آب هر منطقه ایفا می‌کند. علاوه بر آن بودجه تابشی هر منطقه نیز تا حدود زیادی توسط ابرناکی و ویژگی‌های ابر هر منطقه کنترل می‌شود. آگاهی از ساختار زمانی و مکانی ابرناکی در هر منطقه، نقشی اساسی در برنامه‌ریزی و تحقیق برنامه‌های مبتنی بر منابع آب و انرژی دارد. هدف اساسی این تحقیق تحلیل ساختار زمانی–مکانی ابرناکی در سطح استان خوزستان با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده ابر پایگاه ECMWF نسخه ERA5 در سطح استان خوزستان طی دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰ است.

داده‌ها و روش‌ها

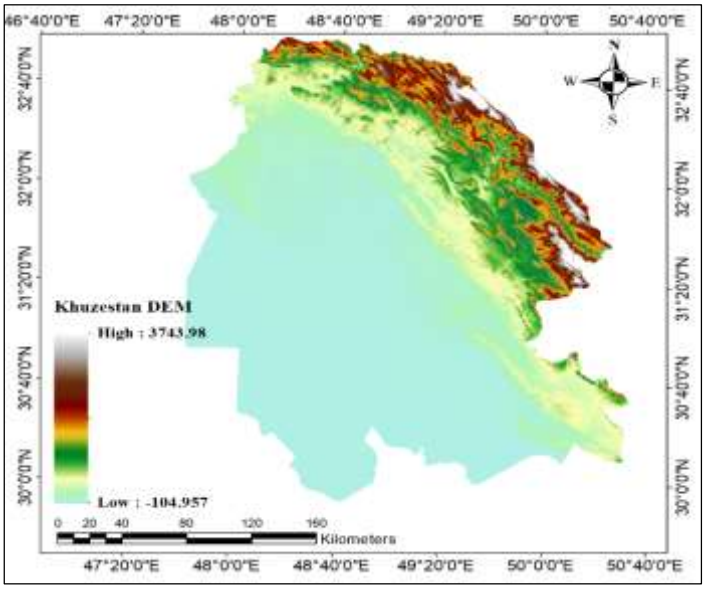
موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت ۶۳۶۳۳٫۶ کیلومترمربع بین ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۳ درجه و صفر دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در جنوب غربی ایران قرار دارد شکل (۱). این استان از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و مشرق با استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب شرقی با استان بوشهر، از جنوب با خلیج‌فارس و از مغرب با کشور عراق هم‌مرز است. از نظر شرایط آب و هوایی، در مناطق کوهستانی و مرتفع این استان، تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد و در نواحی کوهپایه‌ای دارای آب و هوای نیمه بیابانی و در نواحی پست جلگه‌ای هرچه به سمت جنوب و جنوب غرب پیش می‌رویم، خصوصیات آب و هوا از نیمه بیابانی به بیابانی کناره‌ای تبدیل می‌شود. عمدتاً زمستان‌های این ناحیه کوتاه و معتدل و تابستان‌ها طولانی و گرم است (ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی استان خوزستان، ۱۴۰۰).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان خوزستان (نگارنده ۱۴۰۳)

استان خوزستان از نظر پستی و بلندی به دو منطقه کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم می‌شود. منطقه جلگه‌ای خوزستان از جنوب دزفول، مسجد سلیمان مسجد، رامهرمز و بهبهان شروع شده و تا کرانه‌های خلیج‌فارس و اروند ادامه دارد. منطقه کوهستانی به‌طور عمده در شمال و شرق استان دو پنجم مساحت کل استان را شامل می‌شود به‌طوری که حدود ۴۰ درصد از وسعت استان خوزستان کوهستانی است، شکل (۲)، (ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی استان خوزستان، ۱۴۰۰).



شکل ۲: وضعیت توپوگرافی استان خوزستان

داده‌ها و روش کار

داده‌های مربوط به ابر در این تحقیق از پایگاه پیش‌بینی‌های میان برد اروپا[1](ECMWF)، نسخه جدیدERA5 اخذ شده است که در آن داده‌های سه دسته ابر طبقه‌بندی شده، ابرهای بالا[2]، ابرهای پایین[3] و ابرهای میانی[4] در دسترس است. محصول باز تحلیل شده این پایگاه درصد ابرناکی[5] آسمان توسط هرکدام از این ابرها را به تفکیک روزانه و ماهانه، با قدرت تفکیک فضایی ۰/۲۵ درجه قوسی تا ۱ درجه قوسی نشان می‌دهد. این داده‌ها با فرمت NC از پایگاه تجمیعی داده‌های اقلیمی کپرنیکس[6]، برای دوره آماری ۳۱ ساله، ۱۹۹۰–۲۰۲۰، به‌صورت میانگین ماهانه درصد ابرناکی آسمان دانلود گردید. فاکتور ارتفاع پایه ابر[7] نیز در واقع یک فاکتور محاسباتی است که ارتفاع پایه ابر را از سطح زمین موقعیت پیکسل محاسبه می‌کند. (جدول ۱)این فاکتور برحسب متر از سطح زمین محلی پیکسل است. با فراخوانی داده‌های مذکور در محیط ARC-GIS و میانگین‌گیری فضایی به تفکیک دوره سرد و گرم سال، نقشه‌های میانگین ۳۱ ساله دوره گرم و سرد سال برای دو فاکتور ابرناکی کل و ارتفاع پایه ابر تولید گردید. از طرف دیگر مقادیر درصد ابرناکی آسمان نیز از طریق میانگین‌گیری فضایی در سطح استان خوزستان برای هر سال (۱۹۹۰–۲۰۲۰) محاسبه شد. با توجه به اینکه رزلوشن داده‌های مورد استفاده در این تحقیق ۰/۲۵ درجه قوسی (حدود ۲۵ کیلومترمربع) بود در محدوده استان خوزستان ۹۵ پیکسل ۰/۲۵*۰/۲۵ درجه قوسی قرار گرفت.

جدول ۱: مشخصات داده‌های ابرناکی اخذ شده از پایگاه کپرنیکس

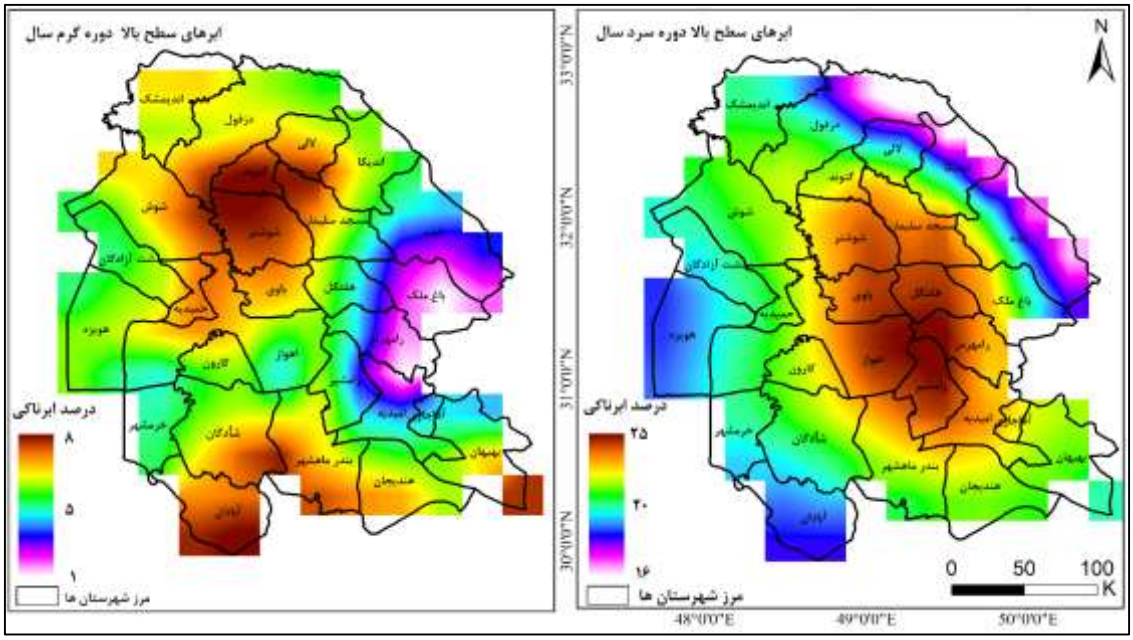
نوع ابر	کد اختصاصی در پایگاه کوپرنیکس	رزولشن فضایی- درجه قوسی	واحد
ابرهای سطوح بالا	HCC	۰,۲۵	درصد از آسمان هر پیکسل ۰,۲۵ درجه قوسی
ابرهای سطوح میانی	MCC	۰,۲۵	درصد از آسمان هر پیکسل ۰,۲۵ درجه قوسی
ابرهای سطوح پایین	LCC	۰,۲۵	درصد از آسمان هر پیکسل ۰,۲۵ درجه قوسی
ارتفاع پایه ابر	CBH	۰,۲۵	متر از سطح زمین

یافته‌های پژوهش

در شکل (۳) توزیع فضایی ابرناکی آسمان استان خوزستان بر اثر ابرهای سطح بالا، به تفکیک دوره سرد و گرم سال بر اساس میانگین ۳۱ ساله (۱۹۹۰–۲۰۲۰)، داده‌های ECMWF ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، در دوره سرد سال هسته بیشینه ابرناکی در بخش مرکزی استان متمرکز است در حالی که در بخش‌های شمال غرب و

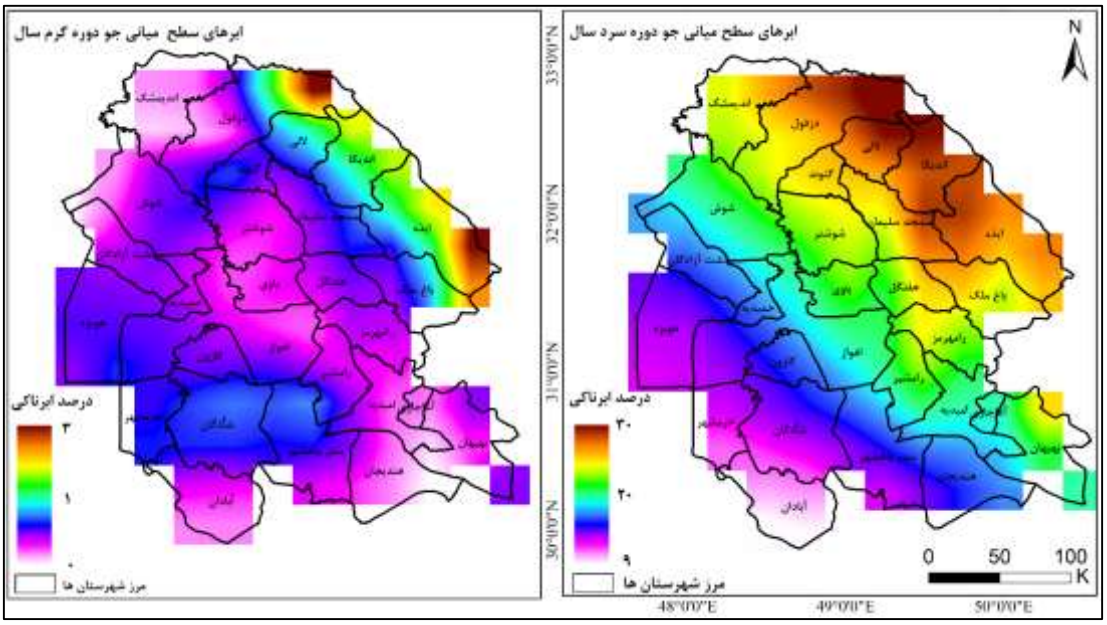
1 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts(ECMWF)
2 High Cloud Cover(HCC)
3 Low Cloud Cover(LCC)
4 Mediuom Cloud Cover(MCC)
5 Cloud Fraction
6 https://cds.climate.copernicus.eu/
7 Cloud Base Height(CBH)

جنوب شرق استان درصد ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح بالا در دوره سرد سال به کمتر از ۱۷ درصد رسیده است. در دوره سرد سال میانگین فضایی ابرناکی آسمان استان براثر ابرهای سطح بالا برابر ۲۲ درصد بوده است. در دوره گرم سال میزان ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح بالا به‌صورت قابل توجهی نسبت به دوره سرد سال کاهش یافته است. در این دوره تنها در بخش‌های شمالی استان میزان ابرناکی ابرهای بالا به ۸ درصد از کل آسمان می‌رسد، در حالی که در سایر بخش‌های استان میزان ابرناکی براثر ابرهای سطح بالا، کمتر از ۵ درصد بوده است. میانگین فضایی ابرناکی آسمان استان براثر ابرهای سطح بالا برابر ۶ درصد به دست آمد.



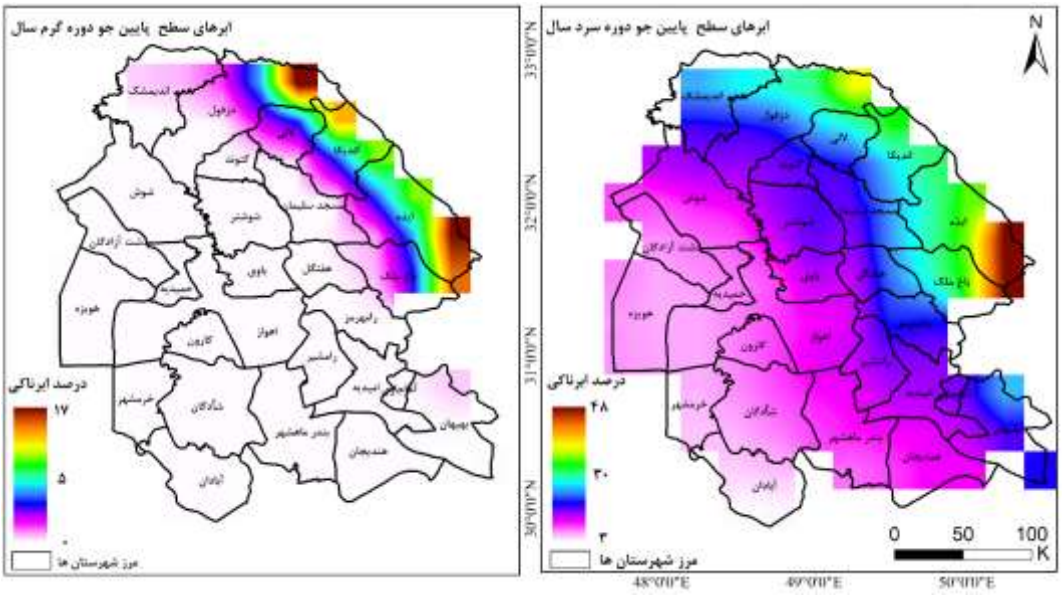
شکل ۳: توزیع فضایی درصد ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح بالا (HCC)در دوره گرم و سرد سال در سطح استان خوزستان مستخرج از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰

اما در مورد توزیع فضایی ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطوح میانی جو، همان‌طور که در شکل (۴) دیده می‌شود، در دوره سرد سال هسته بیشینه ابرناکی در بخش شمال شرق استان متمرکز است در حالی که در بخش‌های جنوب غرب و استان درصد ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح میانی در دوره سرد سال به کمتر از ۱۰ درصد رسیده است. در دوره سرد سال میانگین فضایی ابرناکی آسمان استان براثر ابرهای سطح میانی برابر ۲۰ درصد بوده است. در دوره گرم سال میزان ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح میانی جو به‌صورت قابل توجهی نسبت به دوره سرد سال کاهش یافته است. در این دوره تنها در بخش‌های شمالی شرق استان میزان ابرناکی ابرهای میانی به ۳ درصد از کل آسمان می‌رسد، در حالی که در سایر بخش‌های استان میزان ابرناکی براثر ابرهای سطح میانی، کمتر از ۱ درصد بوده است. میانگین فضایی ابرناکی اسمان استان براثر ابرهای سطح میانی برابر ۱ درصد به دست آمد.



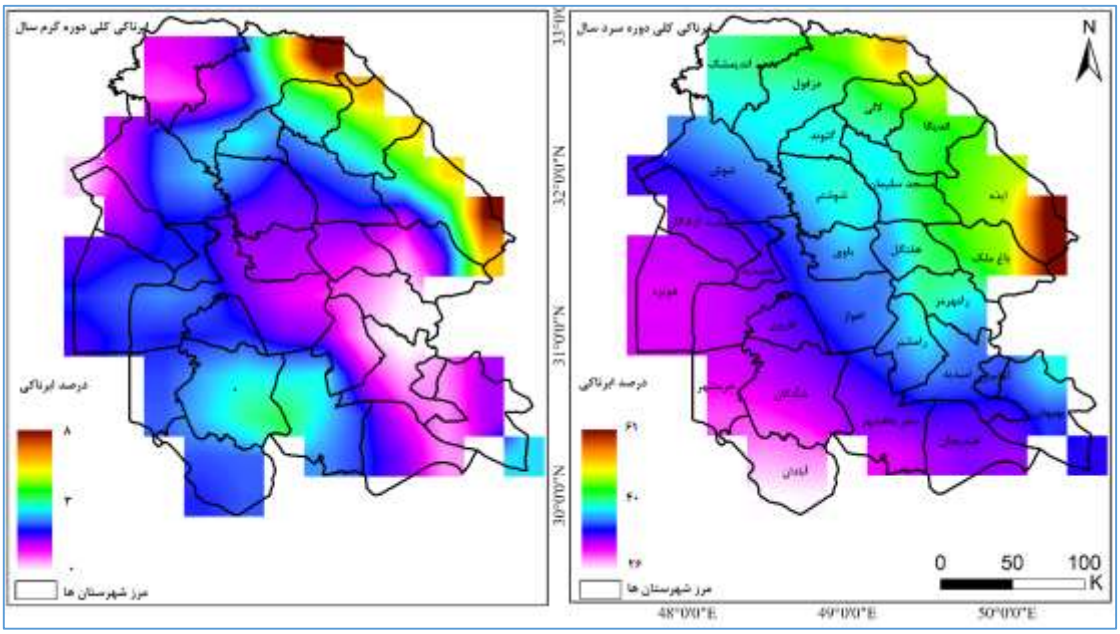
شکل ٤: توزیع فضایی درصد ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح میانی جو (MCC)در دوره گرم و سرد سال در سطح استان خوزستان
مستخرج از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰

توزیع فضایی ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطوح پایین جو، همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، در دوره سرد سال هسته بیشینه ابرناکی در بخش شمال شرق استان متمرکز است در حالی که در بخش‌های جنوب غرب و استان درصد ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح پایین در دوره سرد سال به کمتر از ۱۰ درصد رسیده است. در دوره سرد سال میانگین فضایی ابرناکی آسمان استان براثر ابرهای سطح پایین برابر ۲۰ درصد بوده است. در دوره گرم سال میزان ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح میانی جو به‌صورت قابل توجهی نسبت به دوره سرد سال کاهش یافته است. در این دوره تنها در بخش‌های شمالی شرق استان میزان ابرناکی ابرهای میانی به ۱۵ تا ۱۷ درصد از کل آسمان می‌رسد، در حالی که در سایر بخش‌های استان فاقد ابرناکی ابرهای پایین بوده است. میانگین فضایی ابرناکی اسمان استان براثر ابرهای سطح میانی برابر ۲ درصد به دست آمد.



شکل ۵: توزیع فضایی درصد ابرناکی آسمان براثر ابرهای سطح پایین جو (LCC)در دوره گرم و سرد سال در سطح استان خوزستان مستخرج از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰

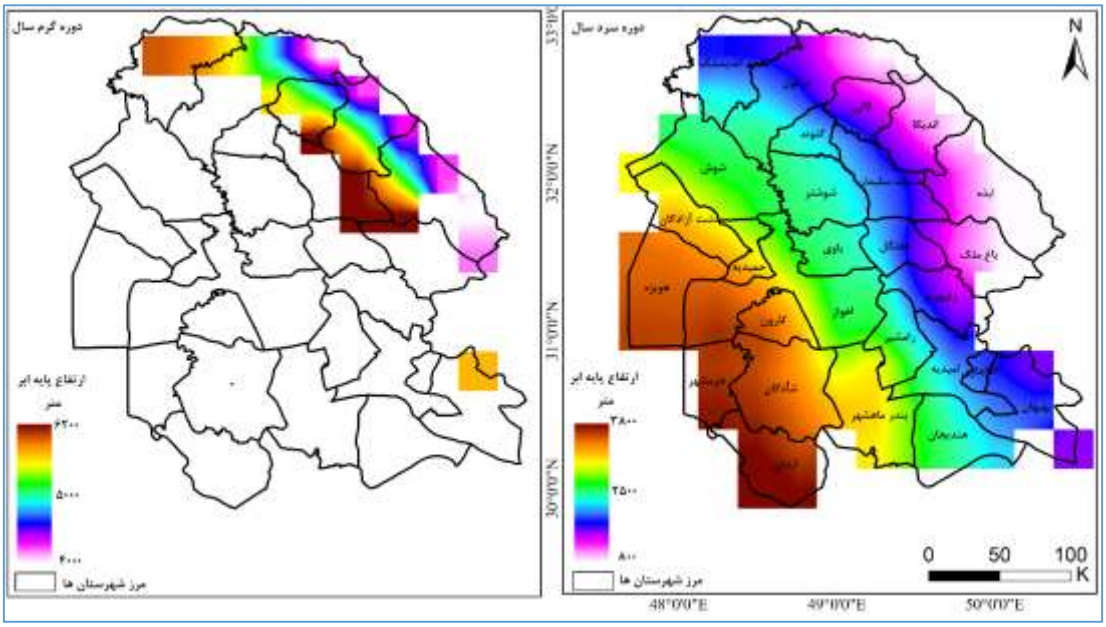
در شکل (۶) توزیع فضایی درصد ابرناکی کلی آسمان در سطح استان خوزستان بر اساس داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 ارائه شده است. این نقشه‌ها بر اساس میانگین ۳۱ ساله ابرناکی برای دوره سرد) ماه ژانویه) و گرم(ماه جولای) سال استخراج شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود، در دوره سرد سال، یک الگوی شمال شرق– جنوب غرب در ابرناکی استان خوزستان دیده می‌شود. بخش‌های شمال شرق استان شامل شهرستان‌های ایذه، اندیکا، دزفول؛ باغ ملک، در دوره سرد سال دارای بیشترین میزان ابرناکی آسمان بوده‌اند. در این بخش‌های شمال شرق استان به‌طور متوسط در طی دوره سرد سال بیش از ۵۰ درصد آسمان دارای پوشش ابر بوده است. در حالی که در بخش‌های جنوب غرب استان به‌ویژه در شهرستان‌های خرمشهر، آبادان، هویزه، شادگان، بندر ماهشهر، در دوره سرد سال، کمتر از ۳۰ درصد آسمان دارای پوشش ابر بوده است(اعم از ابرهای سطح بالا یا پایین). به‌طور کلی میانگین فضایی ابرناکی در سطح استان خوزستان در دوره سرد سال ۳۷ درصد به دست آمد. در دوره گرم سال میزان پوشش ابرناکی در کل استان به‌صورت قابل توجهی نسبت به دوره سرد سال، کاهش یافته است. در این دوره میانگین فضایی ابرناکی در سطح استان خوزستان که با استفاده از گریدهای ۰/۲۵ درجه‌ای داده‌های ERA5 استخراج شد، برابر ۳ درصد آسمان بوده است. در این دوره بخش‌های جنوب شرق استان شامل شهرستان‌های امیدیه، آغاجاری، رامهرمز، دارای کمینه ابرناکی بوده است در حالی که بخش‌های مرتفع و کوهستانی استان یعنی شهرستان‌های ایده، باغ‌ملک، اندیکا و دزفول دارای بشینه ابرناکی دوره گرم بوده‌اند که بیش از ۶ درصد آسمان بود. در دوره گرم سال برخلاف دوره سرد سال، الگوی منظمی در توزیع فضایی ابرناکی در سطح استان خوزستان دیده نمی‌شود.



شکل ٦: توزیع فضایی درصد ابرناکی کلی آسمان (TCC)در دوره گرم و سرد سال در سطح استان خوزستان مستخرج از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰

یکی دیگر از فاکتورهای ابرناکی که در کنار پوشش کلی ابرناکی آسمان، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، ارتفاع پایه ابر از سطح زمین در سطح استان خوزستان بود. در شکل (۷) توزیع فضایی پارامتر ارتفاع پایه ابر از سطح زمین برحسب متر که از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰ به تفکیک دوره سرد و گرم سال، استخراج گردید، ارائه شده است. همان‌طور که در این نقشه‌ها دیده می‌شود، در دوره سرد سال، در سطح استان خوزستان، ارتفاع پایه ابر از ارتفاع ۸۰۰ متر تا ۳۸۰۰ متر متفاوت است. در بخش‌های جنوب غرب استان یعنی شهرستان‌های آبادان، شادگان، خرمشهر، هویزه، ارتفاع پایه ابر در دوره سرد سال بیش از ۳۰۰۰ متر بوده است. در حالی که در بخش‌های شمال شرق استان یعنی شهرستان‌های ایده، مسجدسلیمان، اندیکا، دزفول و باغ ملک که بیشترین میزان یا درصد ابرناکی دوره سرد سال را داشته‌اند، ارتفاع پایه ابر بین ۱۰۰۰ تا ۸۰۰ متر بوده است. به‌طور کلی در دوره سرد سال، ارتفاع پایه ابر از سطح زمین از جنوب غرب به سمت شمال شرق، کاهش پیدا می‌کند. بخش‌های جنوب غرب استان که در دوره سرد سال به‌طور متوسط کمتر از ۳۰ درصد پوشش آسمان ابری داشته‌اند، ارتفاع پایه ابر بیش از ۳۰۰۰ متر و در بخش‌های شمال شرق استان با بوشش ابرناکی آسمان بیش از ۵۰ درصد، ارتفاع پایه ابر در آنجا کمتر از ۱۰۰۰ متر بوده است. در دوره گرم سال، با توجه به اینکه در بخش اعظم استان درصد آسمان دارای پوشش ابرناکی کمتر از ۴ درصد بوده است، لذا در بخش وسیعی از استان ارتفاع پایه ابر در دوره سرد سال، فاقد داده یا فاقد ابرناکی بوده است؛ اما در بخش‌های شمال شرق استان که در دوره گرم سال بیش از ۵ درصد آسمان دارای پوشش ابر بوده است، ارتفاع پایه ابر بیش از ۵۰۰۰ متر بوده است. به‌طور کلی در دوره گرم سال ارتفاع پایه ابر در سطح استان به‌صورت قابل توجهی نسبت

به دوره سرد سال بالاتر بوده است به‌گونه‌ای که ارتفاع پایه ابر در سطح استان در دوره گرم سال بین ۴۰۰۰ تا ۶۲۰۰ متر بوده است.



شکل ۷: توزیع فضایی ارتفاع پایه ابرهای مشاهداتی (BCH) در دوره گرم و سرد سال در سطح استان خوزستان مستخرج از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰

نتایج حاصل از تحلیل ساختار فضایی ابرناکی کلی و ارتفاع پایه ابر در سطح استان خوزستان که از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰ استخراج شد، بیانگر این بود که بخش‌های مرتفع و توپوگرافیک استان یعنی نواحی شمال شرقی و شمالی استان دارای ابرناکی بیشتری نسبت به نواحی پست و جلگه‌ای استان یعنی بخش‌های جنوبی و جنوب غرب استان هستند. از لحاظ ارتفاع پایه ابر نیز الگوی مشابهی دیده شد که بیانگر ارتفاع بیشتر پایه ابر در بخش‌های جنوب غرب و غرب استان و ارتفاع پایه کمتر در بخش‌های شمال شرقی استان بود. در ادامه اقدام به تحلیل سری زمانی ۳۱ ساله(۱۹۹۰–۲۰۲۰) ساختار ابرناکی به تفکیک ابرهای پایینی(LCC)، میانی(MCC) و بالایی(HCC) بر اساس میانگین فضایی ابرناکی در سطح استان خوزستان می‌گردد. در جدول (۲) مشخصات آمار توصیفی ویژگی‌های ابرناکی سطح استان طی دوره آماری ۳۱ ساله ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، اولاً سهم ابرناکی دوره سرد سال بسیار بالاتر از دوره گرم سال بوده است. به‌طوری که میانگین فضایی ابرناکی کل در دوره سرد سال در سطح استان خوزستان برابر ۳۷ درصد آسمان و در دوره گرم سال برابر ۳ درصد آسمان بوده است. از طرف دیگر، در سطح استان خوزستان ابرهای پایینی کمترین سهم را در پوشش ابرناکی آسمان داشته‌اند(ابرهای خانواده استراتوس شامل استراتوکومولوس و نیمبواستراتوس با ارتفاع کمتر از ۲ هزار متر). این نوع ابرها، در دوره سرد سال تنها ۲۰ درصد از کل ابرناکی استان را به خود اختصاص داده‌اند و در دوره گرم سال، سهم آن‌ها در ابرناکی ۲ درصد بوده است. در دوره سرد سال، ابرهای میانی(ابرهای خانواده آلتو شامل آلتوکومولوس و آلتواستراتوس)

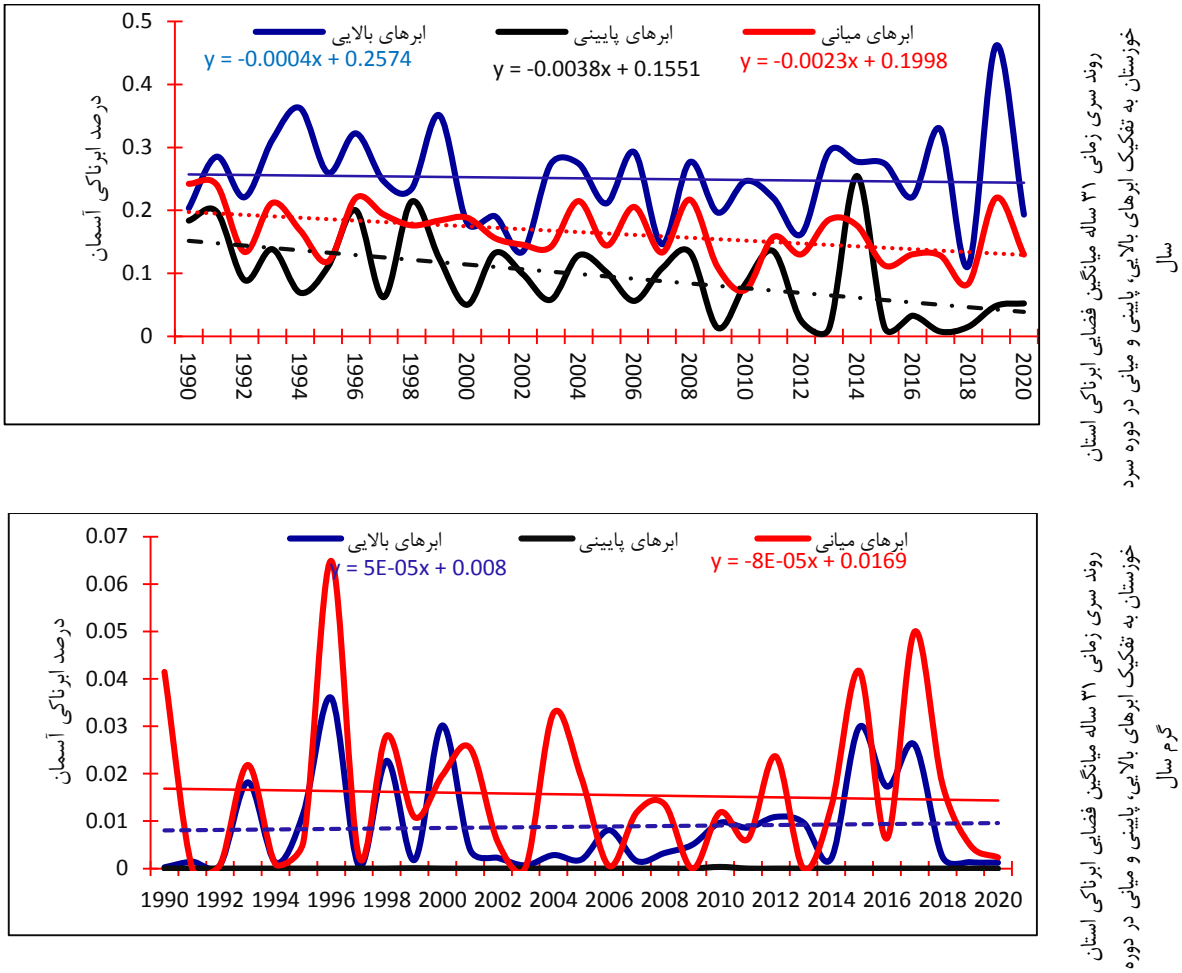
سهمی ۲۰ درصدی در پوشش ابرناکی آسمان استان خوزستان داشته‌اند. بیشترین سهم ابرناکی دوره سرد سال، مربوط به ابرهای بالایی (خانواده سیروس شامل سیروس، سیرواستراتوس و سیروکومولوس با ارتفاع بیش از ۴ هزار متر) است. این ابرها در دوره سرد سال سهمی ۲۲ درصدی در پوشش ابرناکی سطح استان خوزستان دارند. در دوره گرم سال به‌طور کلی درصد ابرناکی آسمان به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است به‌طوری که پوشش ابرهای بالایی به ۶ درصد رسیده است و سهم ابرهای میانی نیز به ۱ درصد کاهش پیدا کرده است.(جدول ۲) بر اساس شاخص ابرناکی کل در دوره گرم، ۳ درصد آسمان ابری بوده است و در دوره سرد سال حدود ۳۷ درصد از آسمان استان خوزستان ابری بوده است. ارتفاع پایه ابر در سطح استان خوزستان نیز در دوره گرم و سرد سال تفاوت قابل توجهی داشته است. میانگین فضایی ارتفاع پایه ابر در سطح استان خوزستان در دوره گرم سال حدود ۵۰۰۰ متر بوده است در حالی که در دوره سرد سال ارتفاع پایه ابر حدود ۳۰۰۰ متر از سطح زمین بوده است.

جدول ۲: میانگین فضایی ابرناکی آسمان استان خوزستان براثر ابرهای سطوح مختلف، مستخرج از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 بر اساس میانگین دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰

	دوره سرد	دوره گرم
ابرهای بالا(درصد از آسمان)	۲۲	۶
ابرهای پایین(درصد از آسمان)	۲۰	۲
ابرهای میانی(درصد از آسمان)	۲۰	۱
ابرناکی کل(درصد از آسمان)	۳۷	۳
ارتفاع پایه ابر (متر)	۳۰۰۰	۵۰۰۰

در شکل (۸) روند سری زمانی ۳۱ ساله (۱۹۹۰–۲۰۲۰) درصد ابرناکی ثبت شده در استان خوزستان به تفکیک ابرهای بالایی، پایینی و میانی در دوره سرد و گرم سال ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، به‌طور کلی طی دوره ۳۱ ساله مورد بررسی درصد ابرناکی در سطح استان دارای نوسانات سالانه قابل توجهی بوده است که این نوسانات سالانه در هر سه نوع ابر نیز دیده می‌شود. اما به‌طور کلی روند قابل مشاهده و معنی‌داری در سری زمانی ۳۱ ساله ابرناکی در استان در دوره سرد سال دیده نشد. در دوره گرم سال نیز به‌طور کلی طی دوره ۳۱ ساله مورد بررسی درصد ابرناکی دارای نوسانات سالانه قابل توجهی بوده است که این نوسانات سالانه در هر سه نوع ابر نیز دیده می‌شود. در دوره گرم سال سهم ابرهای پایینی در ابرناکی آسمان به‌صورت قابل توجهی کاهش داشته است و ابرهای میانی دارای سهم بیشتری بوده‌اند و به‌طور کلی نیز نوسان سالانه بالاتری را داشته‌اند. مدل‌های خطی برازش داده شده بر سری زمانی ابرناکی سطوح مختلف جو در دوره سرد سال بیانگر وجود روند کاهشی این ابرها طی ۳ دهه اخیر دارد. بیشترین میزان روند کاهشی آشکار شده مربوط به ابرهای سطح پایین جو بوده است که بر اساس مدل رگرسیون خطی برازش داده شده، این ابرها در دوره

سرد سال با شیب ۰/۰۰۳۸– در سال، روند کاهشی از خود نشان داده‌اند. در حالی که در دوره گرم سال، علی‌رغم نوسانات سالانه قابل توجه در ابرناکی آسمان استان، روند خاصی توسط مدل‌های خطی برازش داده شده آشکار نشد.



شکل ۸: روند سری زمانی ۳۱ ساله میانگین فضایی ابرناکی استان خوزستان به تفکیک ابرهای بالایی، پایینی و میانی در دوره گرم و سرد سال در سطح استان خوزستان مستخرج از داده‌های شبکه‌بندی شده پایگاه ECMWF نسخه ERA5 طی دوره آماری ۱۹۹۰–۲۰۲۰

نتیجه‌گیری

استان خوزستان یکی از پرظرفیت‌ترین استان‌های کشور به لحاظ کشاورزی و منابع انرژی است؛ اما علی‌رغم این ظرفیت قابل توجه، این استان از لحاظ محیطی یکی از پر طالش‌ترین استان‌های کشور است. مخاطرات متعدد محیطی از قبیل سیلاب‌ها و آب‌گرفتگی‌ها، طوفان‌های گردوغبار فراگیر، خشک‌سالی‌ها که همگی به‌نوعی به ساختار هیدرولوژی و منابع آب استان مرتبط هستند، لزوم توجه به مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی را دو چندان کرده است. ابرناکی یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی است که نقش اساسی وضعیت بارش و بیلان آب هر منطقه ایفا می‌کند. علاوه بر آن بودجه تابشی هر منطقه نیز تا حدود زیادی توسط ابرناکی و ویژگی‌های ابر هر منطقه کنترل می‌شود. آگاهی از ساختار زمانی و مکانی ابرناکی در

هر منطقه، نقشی اساسی در برنامه‌ریزی و تحقیق برنامه‌های مبتنی بر منابع آب و انرژی دارد. در این تحقیق دیده شده اولاً توزیع فضایی ابرناکی در سطح استان خوزستان در دوره سرد سال، از ساختار توپوگرافیک استان تبعیت می‌کند. به نحوی که بخش‌های کوهستانی شمال شرق استان شامل شهرستان‌های ایذه، باغ ملک، مسجد سلیمان، لالی، دزفول و اندیکا، در طی دوره سرد سال، بیش از ۴۵ درصد پوشش ابرناکی آسمان داشته‌اند در حالی که به سمت بخش‌های پست و جلگه‌ای استان شامل شهرستان‌های آبادان، خرمشهر، بندر ماهشهر و هویزه، میزان ابرناکی در دوره سرد سال به کمتر از ۲۷ درصد آسمان می‌رسد. در دوره گرم سال، نیز تنها در بخش‌های شمال شرق استان میزان ابرناکی بین ۵ تا ۸ درصد دیده می‌شود. علاوه بر آن مشاهده گردید که در سطح استان خوزستان بیشترین سهم ابرناکی دوره سرد سال، مربوط به ابرهای بالایی (خانواده سیروس شامل سیروس، سیرواستراتوس و سیروکومولوس با ارتفاع بیش از ۴ هزار متر) است. این ابرها در دوره سرد سال سهمی ۲۵ درصدی در پوشش ابرناکی سطح استان خوزستان دارند. در حالی که ابرهای میانی (ابرهای خانواده آلتو شامل آلتوکومولوس و آلتواستراتوس) سهمی ۱۶ درصدی در پوشش ابرناکی آسمان استان خوزستان داشته‌اند. از لحاظ روند سری زمانی ابرناکی نیز طی دوره ۱۹۹۰–۲۰۲۰، علی‌رغم تغییرات سالانه قابل توجه در میزان پوشش ابرناکی آسمان استان، روند معنی‌داری در تغییرات ابرناکی استان خوزستان طی سه دهه اخیر مشاهده نگردید.

منابع

۱– احمدی، محمود، احمدی، حمزه، داداشی رودباری، عباسعلی، (۱۳۹۷): واکاوی روند تغییرات و الگوی فضایی ابرناکی سالانه و فصلی در ایران، مجله مخاطرات محیطی، دوره هفتم، شماره ۵، صص ۲۳۷–۲۵۴.

۲– رئیس پور، کوهزاد، رزمی، رباب. (۱۳۹۹): برآورد ابرناکی در جو ایران با استفاده از فرآورده‌های ابر پرتوسنج طیفی تصویربرداری چند زاویه‌ای .(MISR) تحقیقات منابع آب ایران،۱۶(۳۶)، صص ۲۵۷ – ۲۷۱

۳– علیجانی، بهلول، (۱۳۷۴): مبانی آب و هواشناسی، سمت.

۴– غلامی، آوا، میرموسوی، سید حسین، جلالی، مسعود، و رئیس پور، کوهزاد. (۱۴۰۲): تحلیل زمانی– مکانی ابرناکی در ایران .آب و خاک، 64-621 ، (4)37، Doi: 10.22067/jsw.2023.82496.1285

۵– ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی استان خوزستان، (۱۴۰۰): وزارت راه و شهرسازی، اداره کل هواشناسی استان خوزستان.

6- Filipiak،J. And M. Mietus. (2009): Spatial And Temporal Variability Of Cloudiness In Poland, 1971–2000. Int. J. Climatol. 29: 1294-1311.

7- Jaswa, A. K. (2017): Variability And Changes In Cloud Cover Over India During 1951–2010. In Observed Climate Variability And Change Over The Indian Region (Pp. 107-127). Springer Singapore.

8kailiang Zhao, Guofeng Zhu, Liyuan Sang, Jiawei Liu, Lei Wang, Yuwei Liu, Yuanxiao Xu, X inrui Lin, Wenhao Zhang, Linlin Ye (2023): Temporal And Spatial Variation Of Cloud Cover In Arid Regions Of Central Asia In The Last 40 Years، Research In Cold And Arid Regions Volume 1, Issue 2, April 2023, Pages 66-72.

9- Mueller، R. Trentmann، J. Träger-Chatterjee، C. Posselt، R. & Stöckli، R. (2011): The Role Of The Effective Cloud Albedo For Climate Monitoring And Analysis. Remote

10- Raichijk، C. (2012): Observed Trends In Sunshine Duration Over South America. International Journal Of Climatology، 32(5), 669-680

11- Wang، P. K. (2013): Physics And Dynamics Of Clouds And Precipitation. Cambridge University Press.

12- Wenjing، Z. Ning، Z. & Jianning، S. (2014): Spatiotemporal Variations Of Cloud Amount Over The Yangtze River Delta، China. Journal Of Meteorological Research، 28(3)، 371-380.

13- Yanmin Shuai، Yingxin Cao، Congying Shao، Mengjin Wu، Yu Ma، (2022): Spatial-Temporal Distribution Of Cloud Covers Over China During 2001-2020، Earth And Environmental Science، Volume 1087، The 5th International Workshop On Environment And Geoscience 16/07/2022 - 18/07/2022 Online

14- Zhang، X. Peng، L. Zheng، D. & Tao، J. (2008): Cloudiness Variations Over The Qinghai-Tibet Plateau During 1971–2004. Journal Of Geographical Sciences، 18(2)، 142-154.

15- Zhou، C. Zelinka، M. D. & Klein، S. A. (2016): Impact Of Decadal Cloud Variations On The Earth’s Energy Budget. Nature Geoscience، 9(12)، 871.