

## Analysis of Barriers to Blue Band Albedo Satellite Observations in Iran

Omid Reza Kefayat Motlagh.<sup>1</sup>, Mahmood khosravi.<sup>2\*</sup>, Abolfazl Masoodian.<sup>3</sup>

1. Ph.D. Candidate of Climatology, Dep. of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2. Prof. of Climatology, Dep. of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
3. Prof. of Climatology, Dep. of Physical Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran

### Abstract

Albedo is one of the parameters needed in environmental and climate studies. Therefore, examining its temporal and spatial behavior can be a tool for understanding environmental changes. The MODIS sensor produces Albedo the surface of the earth continuously on a global scale with low spatial resolution and provides free access to the public. In this study, for measuring the Analysis of Barriers to Albedo Observations in Iran, The first daily data of Albedo MODIS Sensor in the kernel of Iran was downloaded from the MODIS website during the period from 2000/03/20 to 2018/12/31 for 6867 days. After mosaic tiles, based on 48 billion observations, the long term frequency of land surface Albedo Iran was calculated separately for each season. The results showed that the limiting factors of satellite view were different at times and places. Humidity has a limiting role in summer, especially on the coast of Oman. In the winter, especially in the Alborz and the Zagros Mountains, cloudiness is a limiting factor. In addition to the humidity and cloudiness factors, Dust storms are also known to limit albedo harvest. Surveys of 394 ground stations proved that more than 70 percent of the factors listed were reported when the satellite was unable to measure albedo.

**Keywords:** Frequency, Albedo, Cloudiness, Dust storm, Atmospheric humidity, MODIS, Iran.

---

\* Correspondence Address: Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan.  
Tel: 09151412281  
Email: Khosravi@Gep.usb.ac.ir  
<https://doi.org/10.52547/gisj.13.2.23>



نسخه از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰  
Vol.13, No. 2, Summer 2021 Iranian Remote Sensing & GIS

۲۳-۳۸

مقاله پژوهشی

## واکاوی موانع برداشت / دیدبانی سپیدایی آبی فام در ایران زمین

امیدرضا کفایت مطلق<sup>۱</sup>، محمود خسروی<sup>۲\*</sup>، سید ابوالفضل مسعودیان<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲. استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۳. استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱

### چکیده

سپیدایی از پارامترهای مورد نیاز در مطالعات زیست‌محیطی و آب‌وهوایی به‌شمار می‌رود؛ از این‌رو، بررسی رفتار زمانی و مکانی آن می‌تواند ابزاری برای شناخت تغییرات محیطی باشد. سنجنده مودیس سپیدایی سطح زمین را به‌طور مستمر، در مقیاسی جهانی و با قدرت تفکیک مکانی مناسب تولید و در دسترس پژوهشگران قرار داده است. در این پژوهش، برای واکاوی موانع برداشت/دیدبانی سپیدایی ایران زمین، نخست داده‌های روزانه سپیدایی سنجنده مودیس در محدوده ایران، در بازه زمانی ۱۳۷۹/۱/۱ تا ۱۳۹۷/۱۰/۱۰ و به‌مدت ۶۸۶۷ روز، از تارنمای مودیس استخراج شد. پس از موزاییک‌کردن کاشی‌ها، فراوانی بلندمدت دیدبانی‌های سپیدایی ایران زمین برای هر یک از فصل‌های سال جداگانه محاسبه شد. یافته‌ها نشان داد که عوامل محدودکننده دید ماهواره، در زمان‌ها و مکان‌های گوناگون، متفاوت است؛ به‌طوری‌که در فصل تابستان، به‌ویژه در کرانه‌های دریای عمان، رطوبت نقش محدودکننده دارد. در حالی‌که در فصل زمستان، به‌خصوص در رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس، ابرناکی عامل محدودکننده به‌حساب می‌آید. گذشته از عوامل رطوبت و ابرناکی، ریزگردها نیز عامل محدودکننده برداشت سپیدایی شناخته می‌شوند. بررسی‌های انجام‌شده روی ۳۹۴ ایستگاه زمینی اثبات کرد، در زمانی که ماهواره نتوانسته است سپیدایی را اندازه‌گیری کند، در بیش از ۷۰٪ موارد، عوامل یادشده گزارش شده است.

**کلیدواژه‌ها:** فراوانی، سپیدایی، ابرناکی، ریزگرد، رطوبت جو، مودیس، ایران.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان. ۰۹۱۵۱۴۱۲۲۸۱

## ۱- مقدمه

دوره گدازش برف را نشان می‌دهد اما فرآورده ۱۶ روزه و استاندارد MCD43A فرض می‌کند وضعیت رویه زمین طی ۱۶ روز ثابت باقی می‌ماند، از این رو برف‌های یک‌روزه‌ای که در فصل زمستان می‌بارد موجب کاهش دقت سپیدایی این فرآورده می‌شود (Wang et al., 2014). سنجنده‌های گوناگونی از جمله AVHRR، ETM، استر<sup>۱</sup>، مودیس سپیدایی را اندازه‌گیری می‌کنند. برخی پژوهشگران به کمک این سنجنده‌ها خطای موجود در داده‌های سپیدایی ماهواره‌ای را بررسی کرده‌اند. بررسی‌ها نشان داد که در بیشتر سال‌ها (۲۰۱۲-۲۰۰۰)، خطای مطلق سپیدایی AVHRR، در سراسر چرخه فصلی رشد، حدود ۰.۰۵ بوده و در زمان اوج فصل رشد، مقدار آن کمینه بوده است. باین حال، سپیدایی AVHRR به‌ویژه در زمستان، به دلیل نداشتن تطابق مکانی به همراه ناهمگنی محل و در نظر نگرفتن پخش مجدد در محاسبه سپیدایی آبی فام ماهواره‌ای، کم‌برآوری سوگیرانه‌ای در برابر سپیدایی اندازه‌گیری شده میدانی دارد (Sütterlin et al., 2015). ثبات مکانی سپیدایی رویه، با استفاده از پنج ماهواره زمین‌آهنگ، به دقت بررسی شد و نتایج، با فرآورده‌های مشابه خود از سنجنده مودیس، راستی‌آزمایی شدند. یافته‌ها میانگین اختلاف نسبی بین این دو مجموعه داده را ۱۰٪ نشان داد (Govaerts et al., 2008). نتایج اولیه بیانگر آن است که رطوبت سطحی، احتمالاً به شکل شبنم، تأثیر چشمگیری دارد و به‌زای قرارگیری خورشید در زوایای سرسوی معین، چه بسا تفاوتی تا ۱۰٪ بین سپیدایی صبح و عصر ایجاد کند. سرعت باد با نامتقارن بودن روزانه سپیدایی پیوند نیرومندی دارد. بیشترین تفاوت سپیدایی صبح و عصر زمانی است که باد خفیف یا ذرات شبنم داشته باشیم. هواپیزها این تفاوت‌ها را تعدیل می‌کنند. شبنم ویژگی‌های رویه را تغییر می‌دهد و در نتیجه، ویژگی‌های بازتاب دوراستایی

پیشرفت فناوری ماهواره‌ای این امکان را برای کارشناسان علوم زمین فراهم آورده است که سیاره زمین را با دقت بیشتر و به صورت یکپارچه مطالعه کنند؛ به‌گونه‌ای که این مطالعات، با بهره‌گیری از روش‌های دورسنجی، با پرداخت هزینه‌های مالی و اتلاف وقت کمتر صورت می‌گیرد و نتایج این روش‌ها، در بسیاری از موارد، قابل استناد است. سپیدایی از جمله متغیرهایی است که می‌توان، به کمک دورسنجی، رفتار زمانی و مکانی آن را شناخت.

سپیدایی عبارت است از نسبت چگالی شار بازتابی به چگالی شار برخوردی به یک رویه (AMS, 2012) بنابراین، سپیدایی رویه زمین نشان‌دهنده درصد بازتاب نور از رویه زمین است. در مقابل، سپیدایی سیاره‌ای بازتاب کل سامانه زمین- جو است که از فضا دیده می‌شود (Hummel & Reck, 1979). در این پژوهش، فراوانی دبدبانی‌های سپیدایی رویه زمین در گستره ایران زمین بررسی شده است.

از آن‌جاکه با تغییر رویه زمین، سپیدایی تغییر می‌کند؛ به کمک سپیدایی می‌توان تغییرات محیطی را آشکار ساخت. اندازه‌گیری سپیدایی به روش‌های متفاوتی از جمله ایستگاهی، میدانی، برجک و ماهواره‌ای به دست می‌آید. در برخی از پژوهش‌ها، سپیدایی برداشت شده از این اندازه‌گیری‌های متفاوت با یکدیگر راستی‌آزمایی شدند (Calleja et al., 2018; Bailey et al., 2019; Hartl et al., 2020; Wu et al., 2020). هرچند برای راستی‌آزمایی پیش‌شرط‌هایی لازم است؛ برای نمونه، اگر اندازه‌گیری‌های برجک با اندازه‌گیری‌های فرآورده‌های مودیس اختلاف زیادی داشته باشد، پیش از صحت‌سنجی، باید قلمرو نمایندگی ایستگاه زمینی بررسی شود. فرآورده روزانه ۱ Day - MCD43A ممکن است تغییرات ناگهانی سپیدایی در دوره گدازش برف را نشان دهد. از آن‌جاکه فرآورده روزانه MCD43A تغییرات ناگهانی سپیدایی در

1. ASTER

سنجنده مودیس، در بازه زمانی هشت روزه و تفکیک مکانی ۱×۱ کیلومتر سینوسی<sup>۵</sup>، به کار رفت. این منطقه، به دلیل گستردگی، به سه منطقه لوانت<sup>۶</sup> (شرق مدیترانه)، افریقای شمالی و جنوب اروپا تقسیم شد. یافته‌ها نشان داد که روند سپیدایی سطحی در منطقه لوانت ۳.۳٪ افزایش و در افریقای شمالی، ۶.۶٪ کاهش یافته؛ در حالی که نشانه‌های متفاوتی در جنوب اروپا مشاهده شده است. همچنین طبق یافته‌ها، تغییرات پوشش رویه زمین، تغییرات بارش و ضخامت نوری هواویزها<sup>۷</sup> نقش مهمی در ناهنجاری‌های سپیدایی رویه زمین بازی می‌کنند (Benas & Chrysoulakis, 2015). براساس برداشت‌های میدانی و فرآورده‌های سنجنده مودیس (MCD43A2 و MCD43A3)، سپیدایی رویه یخ در دریاچه‌های فلات تبت بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که سپیدایی در هنگام طلوع و غروب خورشید به ۰.۳۰ می‌رسد؛ در حالی که در نیم‌روز به ۰.۰۸-۰.۰۹ کاهش می‌یابد. سپیدایی رویه یخ دریاچه‌ها، هنگامی که با برف پوشیده شده باشد، فقط ۰.۲۱۲ است. به علاوه، یافته‌ها گویای آن است که فرآورده MCD43A3 دقتی بیشتر از MCD43A2 دارد و ناهنجاری دوره‌ای آن کمتر است (Li et al., 2018).

ایران به دلیل گستردگی زیاد طول و عرض جغرافیایی، وجود پیچیدگی پیکربندی ناهمواری‌ها و قرارگیری در معرض یورش توده‌های هوا، از نظر سپیدایی شرایط ویژه‌ای دارد. سپیدایی تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده‌های هوا قرار دارد و با تغییر هریک از این عوامل، سپیدایی نیز تغییر خواهد کرد.

محل تغییر می‌کند؛ از این رو، تفسیر تصویر ماهواره‌ای نیز تغییر خواهد کرد. خطاهای میانگین سپیدایی روزانه ماهواره‌های خورشیدآهنگ، که از این نبود تقارن ناشی می‌شود، کمتر از ۳٪ است (Minnis et al., 1997). در پژوهشی دیگر، ریشه میانگین مربع خطای<sup>۱</sup> فرآورده MCD43A روی مناطق کشاورزی/چمنزارها، در دوره‌های بی‌برف، کمتر از ۰.۰۳ و در دوره‌های پوشیده از برف، کمتر از ۰.۰۵ برآورد شده است. RMSE روی جنگل، در دوره بی‌برف، کمتر از ۰.۰۲ و در دوره‌های پوشیده از برف، ۰.۲۵ بوده است (Wang et al., 2014). یکی از مدل‌های پرکاربرد در اندازه‌گیری سپیدایی مدل BRDF<sup>۲</sup> است که پیش‌شرط‌هایی دارد. ساخت این مدل برای دیدبانی‌های مودیس، MERIS یا AVHRR مستلزم آن است که طی دوره معینی، داده‌هایی از زوایای متفاوت و از مدارهای گوناگون گردآوری شود تا داده‌هایی که برای ساخت مدل به کار رفته است طیف گسترده‌ای از زوایا را پوشش دهد. این داده‌ها تا حدی آلوده به نوفه<sup>۳</sup> هستند. علت وجود این نوفه‌ها تفاوت ناچیزی است که رطوبت سطحی، شرایط جوئی، موقعیت جغرافیایی و اندازه چارچوب تصویربرداری<sup>۴</sup> دو مدار متوالی به وجود می‌آورند (Strahler et al., 1999). برخی دیگر از پژوهشگران روند تغییرات سپیدایی را بررسی کردند. در پژوهشی، افزایش سپیدایی سطحی در طول خشکسالی دهه ۱۹۸۰ در منطقه ساحل ارزیابی شد. مقایسه سپیدایی سطح از سال ۱۹۸۴، که خشک‌ترین سال این دهه بوده است، با سال ۲۰۰۳ که میزان بارش مشابهی در مقایسه با شرایط پیش از خشکسالی دهه ۸۰ داشت، نشان داد کمبود بارندگی موجب افزایش سپیدایی سطح در خشکسالی‌های این دهه شده و تفاوت مقدار سپیدایی بین سال‌های ۱۹۸۴-۲۰۰۳ برابر با ۰.۰۶ بوده است (Govaerts et al., 2008). روند سپیدایی سطحی در منطقه مدیترانه در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ برآورد شد. برای این هدف، داده‌های فرآورده MCD43B1

1. Root Mean Square Error
2. Bidirectional Reflectance Distribution Function
3. Noise-like
4. Footprint size
5. Sinusoidal
6. Levant region
7. Aerosol Optical Thickness

تعداد برداشت/ دیدبانی سپیدایی بیشتر و در کدام مناطق کمتر بوده است؟ در چه مناطقی هیچ برداشت/ دیدبانی سپیدایی صورت نگرفته است؟ چه عواملی مانع از برداشت/ دیدبانی سپیدایی شده است؟

## ۲- داده و روش‌ها

سازمان ناسا سنجنده مودیس را در سال ۱۳۷۸ خورشیدی به فضا پرتاب کرد. این سنجنده روی دو ماهواره ترا<sup>۱</sup> و آکوا<sup>۲</sup> نصب شده است. این دو ماهواره هر روز دوبار از سراسر سطح زمین تصویربرداری می‌کنند و داده‌هایی در ۳۶ باند طیفی (طول موج‌های ۰.۴-۱۴.۴ میکرومتر)، با قدرت تفکیک ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱ کیلومتری، برداشت می‌کنند که مشخصات هر یک از باندها در جدول ۱ نشان داده شده است (NASA, 2019).

در این پژوهش، داده‌های روزانه سپیدایی آبی فام فرآورده MCD43A4 با تفکیک مکانی ۵۰۰ متر، در بازه زمانی ۱۳۷۹/۱/۱ تا ۱۳۹۷/۱۰/۱۰ خورشیدی و به مدت ۶۸۶۷ روز، از تارنمای مودیس استخراج شد. این فرآورده از تابع توزیع بازتابندگی دوراستایی (BRDF) استفاده می‌کند. تابع توزیع بازتابندگی دوراستایی تعیین می‌کند که وقتی انرژی تابشی از راستایی معین به سطحی برخورد می‌کند، چه میزان از آن در راستای معین دیگر بازتاب می‌شود. بنابراین، تابع توزیع بازتابندگی دوراستایی تابعی از زوایای نوردهی و دید است. وقتی انرژی تابشی خورشید بر سطحی فرود می‌آید، با توجه به ویژگی‌های فیزیکی سطح، طول موج‌های متفاوتی با مقادیر متفاوت، جذب یا بازتاب و یا گذر داده می‌شوند. این بدان معنی است که این تابع تابعی از طول موج است و طبق رابطه (۱) به دست می‌آید.

به عبارت دیگر، شرایط کلی سپیدایی تابعی از زاویه تابش و ارتفاع است و عوامل دیگری مانند رطوبت جو، ابرناکی، پوشش گیاهی، رطوبت خاک و حتی نوع خاک در سپیدایی هر مکان نقش دارند. برای بیان وابستگی بین سپیدایی و پارامترهای یادشده، به تحقیق حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) اشاره می‌شود. در این پژوهش، برای مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی سپیدایی ایران زمین، از داده‌های MERRA2<sup>۱</sup> با قدرت تفکیک ۵۰×۵۰ کیلومتر در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار سپیدایی در طول جغرافیایی ۴۴ تا ۴۵ درجه شرقی، به میزان ۲.۸ تا ۳.۳ و کمترین مقدار آن بین ۵۲ تا ۵۳ درجه طول شرقی، به میزان ۱ تا ۱.۵ واحد به ثبت رسیده است. همچنین، طبق این یافته‌ها، بیشترین سپیدایی در فصل زمستان و به مقدار ۰.۲۶ واحد و کمترین آن در فصل بهار با ۰.۲۳ واحد رخ داده است. در ایران نیز، بیشتر پژوهش‌ها به صورت خردمقیاس در مورد سپیدایی انجام شده است (ادب و همکاران، ۱۳۹۳؛ قبادی، ۱۳۹۵؛ چوبری و همکاران، ۱۳۹۶). پژوهش‌های اندکی هم، که در سطح کلان و با تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است (سلطانی اکمل، ۱۳۹۷)، این موضوع را که مبنا و مقدمه هر پژوهش آب و هواشناسی است، اما پژوهش‌های بنیادین که راهنمای عملیاتی پژوهش‌های کاربردی باشد کمتر انجام شده است. از آن‌جا که سپیدایی متغیر فیزیکی بسیار مهمی در مطالعات زیست‌محیطی، هواشناسی و بیلان تابشی محسوب می‌شود و در حیات زیست‌بوم‌های گیاهی و حیوانی تأثیرگذار است؛ باید موانع برداشت آن در ایران زمین بررسی و آشکار شود که وزن اطلاعات سپیدایی، در فصل‌های گوناگون و نقاط متفاوت کشور، چگونه است؟ آیا موانع برداشت/ دیدبانی سپیدایی در فصل‌های متفاوت یکسان بوده است؟ در کدام مناطق

1. Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2).
2. Terra
3. Aqua

واکاوی موانع برداشت / دیدبانی سپیدایی آبی فام در ایران زمین

جدول ۱. مشخصات و کاربرد باندهای متفاوت تصاویر سنجنده مودیس

شماره باند	پهنای باند بر حسب نانومتر	بازتاب طیفی	نسبت سیگنال به نویز	تفکیک مکانی بر حسب متر	کاربرد اصلی
۱	۶۷۰-۶۲۰	۲۱.۸	۱۲۸	۲۵۰	تعیین محدوده زمین‌ها و ابرها
۲	۸۷۴-۸۴۱	۲۴.۷	۲۰۱	۲۵۰	
۳	۴۷۹-۴۵۹	۳۵.۳	۲۴۳	۵۰۰	
۴	۵۶۵-۵۴۵	۲۹	۲۲۸	۵۰۰	شناخت ویژگی‌های زمین‌ها و ابرها
۵	۱۲۵۰-۱۲۴۰	۵.۴	۷۴	۵۰۰	
۶	۱۶۵۲-۱۶۲۸	۷.۳	۲۷۵	۵۰۰	
۷	۲۱۵۵-۲۱۰۵	۱	۱۱۰	۵۰۰	
شماره باند	پهنای باند بر حسب نانومتر	بازتاب طیفی	نسبت سیگنال به نویز	تفکیک مکانی بر حسب متر	کاربرد اصلی
۸	۴۲۰-۴۰۵	۴۴.۹	۸۸۰	۵۰۰	
۹	۴۴۸-۴۳۸	۴۱.۹	۸۳۸	۵۰۰	
۱۰	۴۹۳-۴۸۳	۳۲.۱	۸۰۲	۵۰۰	
۱۱	۵۳۶-۵۲۶	۲۷.۹	۷۵۴	۵۰۰	رنگ اقیانوس‌ها، فیتوپلانکتون‌ها و بیوزئوشیمیایی
۱۲	۵۵۶-۵۴۶	۲۱	۷۵۰	۵۰۰	
۱۳	۶۶۲-۶۷۲	۹.۵	۹۱۰	۵۰۰	
۱۴	۶۷۳-۶۸۳	۸.۷	۱۰۸۷	۵۰۰	
۱۵	۷۴۳-۷۵۳	۱۰.۲	۵۸۶	۵۰۰	
۱۶	۸۶۲-۸۷۷	۶.۲	۵۱۶	۵۰۰	
۱۷	۸۹۰-۹۲۰	۱۰	۱۶۷	۵۰۰	تعیین میزان بخارآب موجود در جو
۱۸	۹۳۱-۹۴۱	۳.۶	۵۷	۵۰۰	
۱۹	۹۱۵-۹۶۵	۱۵	۲۵۰	۵۰۰	
۲۰	۳.۶۶۰ - ۳.۸۴۰	۰.۴۵	۰.۰۵	۱۰۰۰	تعیین درجه حرارت رویه زمین و ابر
۲۱	۳.۹۲۹ - ۳.۹۸۹	۲.۳۸	۲	۱۰۰۰	
۲۲	۳.۹۲۹ - ۳.۹۸۹	۰.۶۷	۰.۰۷	۱۰۰۰	
۲۳	۴.۰۲۰ - ۴.۰۸۰	۰.۷۹	۰.۰۷	۱۰۰۰	
۲۴	۴.۴۳۳ - ۴.۴۹۸	۰.۱۷	۰.۲۵	۱۰۰۰	تعیین درجه حرارت جوش
۲۵	۴.۴۸۲ - ۴.۵۴۹	۰.۵۹	۰.۲۵	۱۰۰۰	
۲۶	۱.۳۶۰ - ۱.۳۹۰	۶	۱۵۰ <sup>۴</sup>	۱۰۰۰	مطالعه ابرهای سیروس
۲۷	۶.۵۳۵ - ۶.۸۹۵	۱.۱۶	۰.۲۵	۱۰۰۰	تعیین میزان بخارآب
۲۸	۷.۱۷۵ - ۷.۴۷۵	۲.۱۸	۰.۲۵	۱۰۰۰	
۲۹	۸.۴۰۰ - ۸.۷۰۰	۹.۵۸	۰.۵	۱۰۰۰	
۳۰	۹.۵۸۰ - ۹.۸۸۰	۳.۶۹	۰.۲۵	۱۰۰۰	ازن
۳۱	۱۰.۷۸۰ - ۱۱.۲۸۰	۹.۵۵	۰.۵	۱۰۰۰	تعیین درجه حرارت رویه زمین و ابر
۳۲	۱۱.۷۷۰ - ۱۲.۲۷۰	۸.۹۴	۰.۵	۱۰۰۰	
۳۳	۱۳.۱۸۵ - ۱۳.۴۸۵	۴.۵۲	۰.۲۵	۱۰۰۰	
۳۴	۱۳.۴۸۵ - ۱۳.۷۸۵	۳.۷۶	۰.۲۵	۱۰۰۰	تعیین ارتفاع نوک ابر
۳۵	۱۳.۷۸۵ - ۱۴.۰۸۵	۳.۱۱	۰.۲۵	۱۰۰۰	
۳۶	۱۴.۰۸۵ - ۱۴.۳۸۵	۲.۰۸	۰.۲۵	۱۰۰۰	

پدیده‌های یادشده، دید افقی کاهش می‌یابد؛ داده‌های دید افقی کمتر از ده کیلومتری ایستگاه‌های نمونه نیز سنجش شد. میانگین فشار بخار آب ایران ۹.۴ هکتوپاسکال است (مسعودیان، ۱۳۹۰)؛ به همین سبب، در این پژوهش داده‌های فشار بخار آب بالای ۹.۴ هکتوپاسکال بررسی شد.

داده‌های فراورده MCD43A4 سنجنده مودیس ترکیبی از ماهواره‌های ترا و آکوا با پوشش مکانی ۵۰۰ متر بوده است. فرمت داده‌ها HDF و بازه زمانی آن روزانه است که از تاریخ ۱۳۷۸/۱۲/۵ خورشیدی، روی تارنمای مودیس در دسترس قرار دارد. مختصات این داده‌ها نیز سینوسی است و ایران در مختصات ۵ و ۶ عمودی و ۲۱ تا ۲۳ افقی قرار دارد (شکل ۱). داده‌های این سنجنده، به صورت کاشی‌های جداگانه در ابعاد ۱۲۰۰\*۱۲۰۰ کیلومتری، در دسترس است و در مجموع، شش کاشی گستره ایران را پوشش می‌دهد. با توجه به اینکه داده‌های به کاررفته خارج از گستره ایران زمین را نیز دربر می‌گرفت، فقط داده‌هایی استخراج شد که درون مرز جغرافیایی ایران را پوشش می‌داد. از این رو، یک ماتریس مکان - زمان، به ابعاد ۶۸۶۷\*۷۵۴۱۵۰۲ تهیه شد که سطرهای آن تعداد یاخته‌های درون ایران و ستون‌های آن زمان را برحسب روز نشان می‌دهد. این ماتریس مبنای داوری پژوهش حاضر قرار گرفت. برپایه رابطه (۲)، درصد فراوانی دیدبانی هریک از فصل‌های سال به دست آمد. این فرایند در مورد هر سال تکرار و در نهایت، برای هر سری زمانی فصلی نیز، اعمال شد (عساکره، ۱۳۹۰).

$$PF = \left(\frac{f}{n}\right) * 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه،  $PF$  درصد فراوانی فصلی اندازه‌گیری،  $f$  فراوانی اندازه‌گیری و  $n$  طول دوره برحسب روز، برای هریک از فصل‌های سال است.

$$BRDF = f_r(\theta_i, \phi_i; \theta_r, \phi_r; \Lambda) = \frac{dL_r(\theta_i, \phi_i; \theta_r, \phi_r; E_i)}{dE(\theta_i, \phi_i)}$$

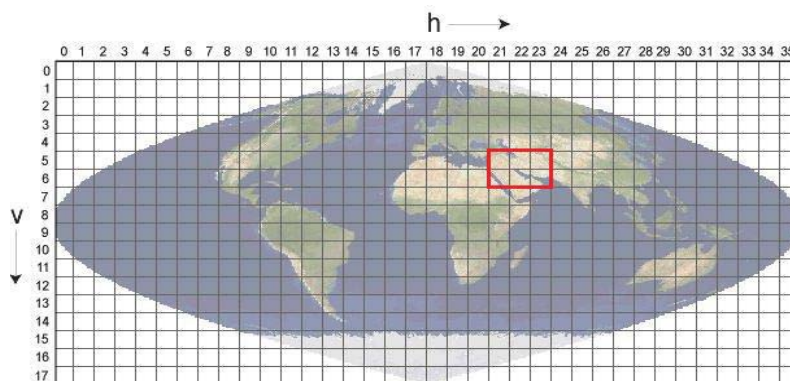
رابطه (۱)

واحد این تابع استرادیان ( $sr^{-1}$ ) است و  $\theta_i, \phi_i; \theta_r, \phi_r$  به ترتیب زوایای سوسو<sup>۱</sup> و سمت<sup>۲</sup> مربوط به راستاهای نوردهی و دید هستند.  $E(\theta_i, \phi_i)$  تابش فرودی در راستای معین و  $L_r(\theta_i, \phi_i; \theta_v, \phi_v; E_i)$  بازتاب در راستای دید است (Strahler et al., 1999; Nicodemus et al., 1977).

در مواقعی که سنجنده نتوانسته است سپیدایی را اندازه‌گیری کند (شکست دیده‌بانی)، چه شرایط جوی‌ای حاکم بوده است؟ پاسخ این پرسش ممکن است، در مورد مناطق گوناگون جغرافیایی، متفاوت باشد. بنابراین، شایسته است شرایط هوای هم‌زمان با شکست دیدبانی (توفیق نیافتن ماهواره در اندازه‌گیری سپیدایی) را بررسی کنیم. با توجه به عوامل گوناگونی که پژوهشگران در اندازه‌گیری سپیدایی مؤثر دانسته‌اند، داده‌های هوای حاضر، فشار بخار آب، ابرناکی و دید افقی برای پاسخگویی به این پرسش به کار گرفته شد. داده‌های سه‌ساعته این متغیرها برای ساعت ۱۲:۳۰ (ساعت ۹ زولو) ۳۹۴ ایستگاه هم‌دید کشور، در بازه زمانی ۱۳۷۹/۱/۱ تا ۱۳۹۷/۱۰/۱۰ خورشیدی، از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. انتخاب ساعت ۱۲:۳۰ بدان منظور است که ماهواره ترا حدود ساعت ۱۱:۳۰ محلی و ماهواره آکوا ساعت ۱۳:۳۰ به وقت محلی از ایران عبور می‌کند و داده‌های سپیدایی به کاررفته در این پژوهش ترکیبی از این دو ماهواره است؛ از این رو، میانه این دو ساعت (ساعت ۱۲:۳۰ محلی) به منزله ساعت پایه در نظر گرفته شد. داده‌های هوای حاضر کدهای ۰-۹۹ را شامل می‌شود که هر کد نشان‌دهنده یک پدیده جوی است. در این داده‌ها، بیشتر پدیده‌هایی مانند مه، طوفان، گردوخاک، گردمه، کولاک و دمه، که باعث کاهش دید ماهواره می‌شده، مورد توجه قرار گرفته است. از آن‌جاکه با وجود

1. Zenith Angle
2. Azimuth Angle



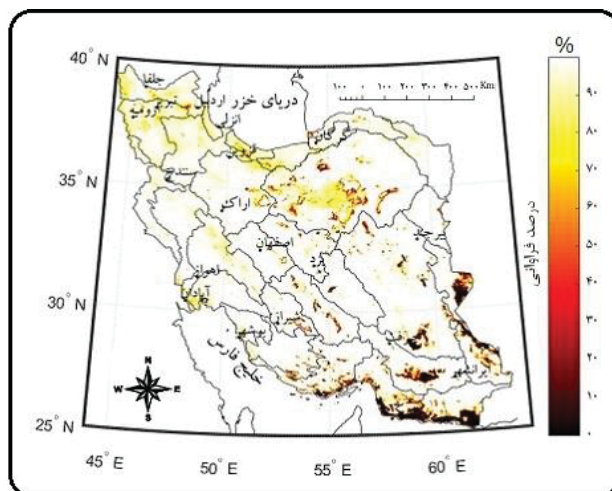


شکل ۱. موقعیت کاشی‌های مورد مطالعه در چارچوب ایران

### ۳- نتایج و بحث

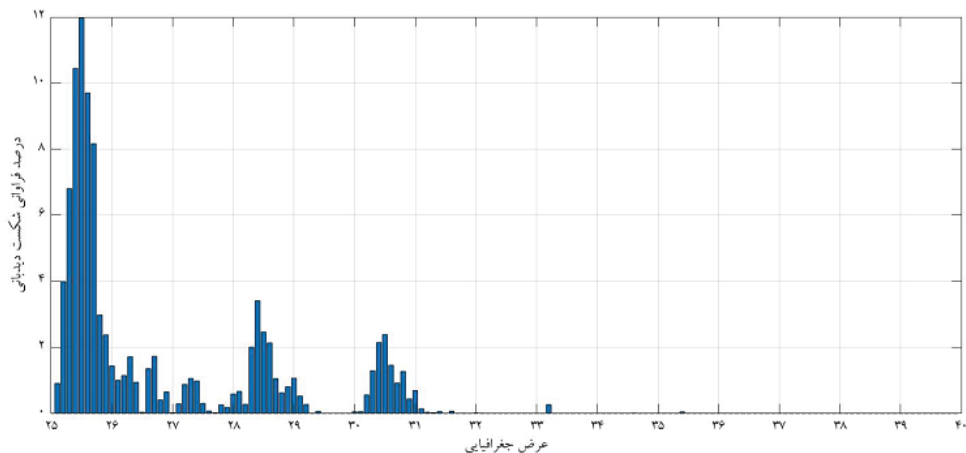
این فصل دید ماهواره را سد می‌کند و مانع از برداشت سپیدایی می‌شود رطوبت دریای عمان و گردوغبار منطقه سیستان و حوضه جازموریان است. ابرناکی نیز یکی دیگر از موانع برداشت سپیدایی ماهواره‌ای به‌شمار می‌رود و به‌ویژه در ارتفاعات، اثر ابرناکی دیده می‌شود. بررسی‌های بیشتر در مورد عرض‌های جغرافیایی با پنجره ده‌کیلومتری نیز نشان داد که همه یاخته‌های دیدبانی‌نشده سپیدایی آبی فام ایران زمین، در فصل بهار، در نیمه جنوبی کشور (عرض‌های پایین‌تر از ۳۲.۵ درجه) رخ داده است و به‌بیان بهتر، در این فصل، شرایط حاکم بر نیمه جنوبی کشور (رطوبت جوی و گردوغبار) مانع بسیار مهمی در برابر برداشت/ دیدبانی سپیدایی محسوب می‌شود (شکل ۳).

بررسی‌های انجام‌شده درباره تعداد دیدبانی‌های برداشت سپیدایی روزانه نشان داد که فراوانی دیدبانی‌ها، در مکان‌ها و زمان‌های گوناگون، متفاوت است. اهمیت این موضوع به آن دلیل است که یاخته‌های مکانی، با تعداد دیدبانی زیاد، دقیق‌تر و مطمئن‌تر خواهد بود. به‌بیان بهتر، در مکان‌هایی با تعداد دیدبانی زیاد، می‌توان با اطمینان بیشتری صحبت کرد تا مکان‌هایی با تعداد دیدبانی اندک. از این‌رو، در این پژوهش، چرایی کم‌بودن تعداد دیدبانی‌ها در مکان‌ها و فصل‌های متفاوت بررسی شده است. در شکل ۲، درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل بهار، در بازه ۱۳۷۹-۱۳۹۷ خورشیدی، نشان داده شده است. از جمله عواملی که در



شکل ۲. درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل بهار ۱۳۷۹-۱۳۹۷

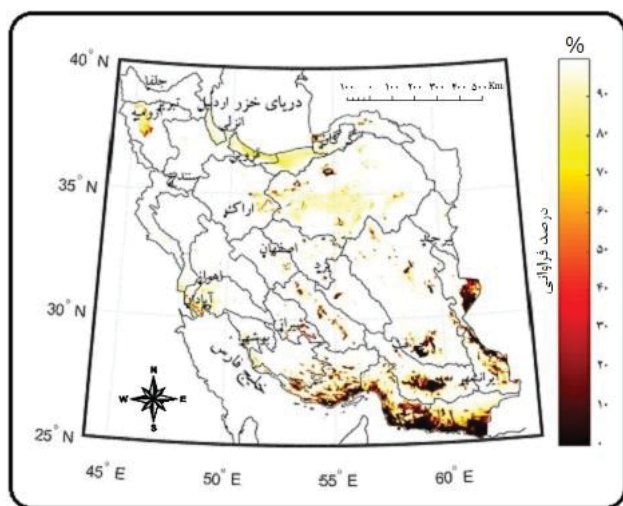




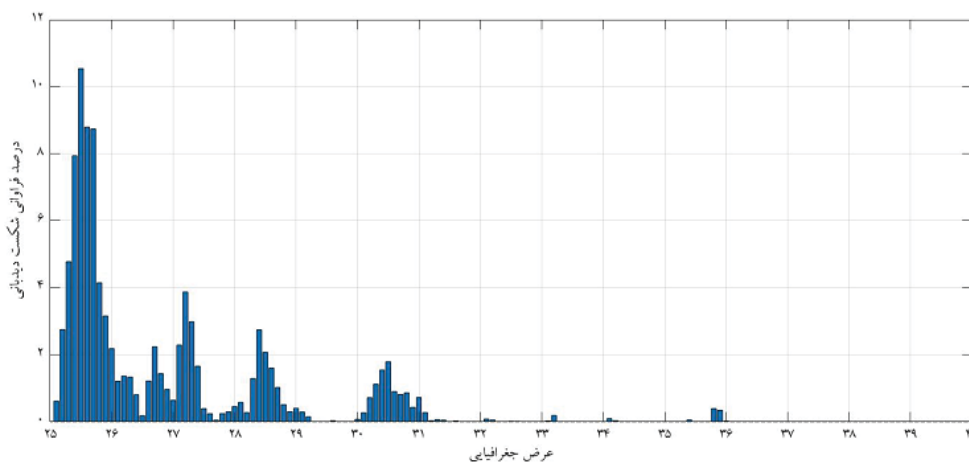
شکل ۳. درصد فراوانی شگست دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل بهار

ده کیلومتری هم نشان داد که یاخته‌های دیدبانی نشده فصل تابستان، در نیمه جنوبی کشور (عرض‌های پایین‌تر از ۳۲.۵ درجه) رخ داده است. به بیان بهتر، در این فصل شرایط حاکم بر نیمه جنوبی کشور (رطوبت جوئی و گردوغبار) نقش پررنگی در ممانعت از برداشت/ دیدبانی سپیدایی بازی می‌کنند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این نقش در فصل تابستان پررنگ‌تر از دیگر فصل‌هاست و به همین علت، در این فصل، گستره بیشتر از برداشت/ دیدبانی سپیدایی صورت نگرفته است (شکل ۵).

درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین طی فصل تابستان، در بازه ۱۳۷۹-۱۳۹۷ خورشیدی، در شکل ۴ مشخص شده است. در این فصل، وسعت محدوده گسترش رطوبت دریای عمان و گردوغبار منطقه سیستان و حوضه‌های جازموربان و ارومیه بیشتر از دیگر فصل‌هاست؛ به طوری که بیش از ۱.۲٪ از گستره کشور، در کل دوره مورد مطالعه، اصلاً دیدبانی نشده است. در این فصل، رطوبت کرانه‌های شرقی دریای خزر نیز از موانع برداشت سپیدایی ماهواره‌ای شمرده می‌شود. بررسی‌های بیشتر روی عرض‌های جغرافیایی با پنجره



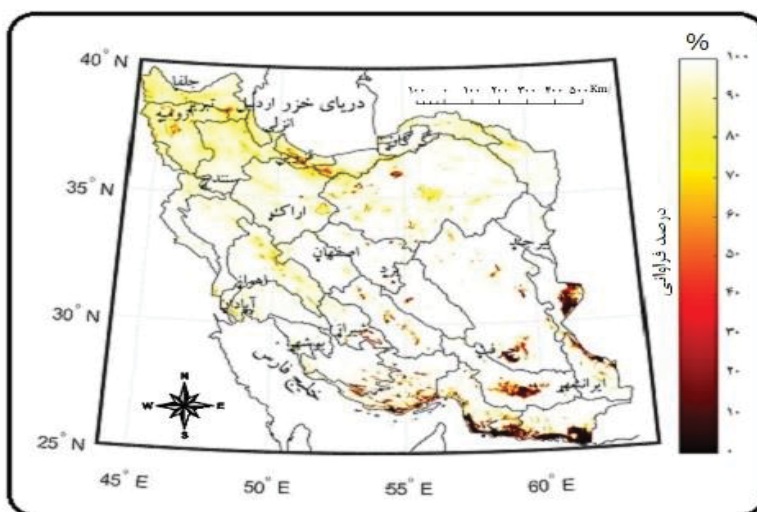
شکل ۴. درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل تابستان ۱۳۷۹-۱۳۹۷



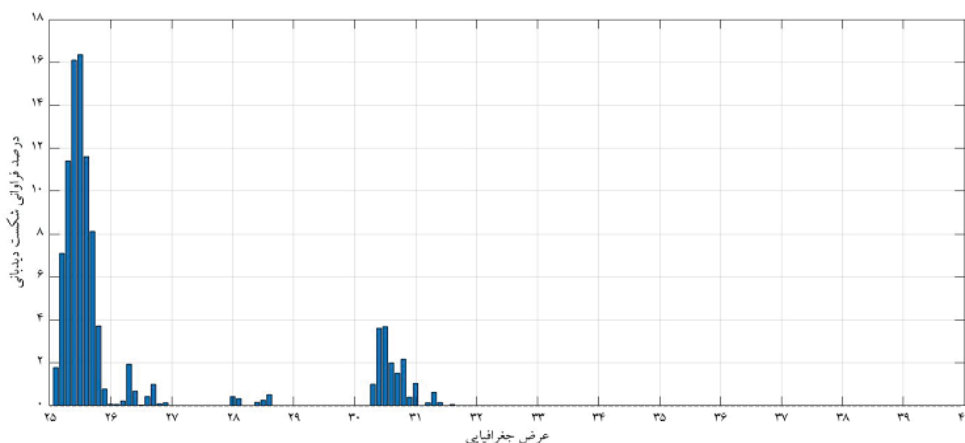
شکل ۵. درصد فراوانی شکست دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل تابستان

نیز، در برخی از موارد دیدبانی صورت نگرفته است. بررسی‌های بیشتر روی عرض‌های جغرافیایی با پنجره ده کیلومتری نیز نشان داده‌اند یاخته‌های دیدبانی نشده سپیدایی آبی فام ایران زمین، در پاییز، در نیمه جنوبی کشور (عرض‌های پایین‌تر از ۳۲.۵ درجه) رخ داده است. به بیان بهتر، در این فصل، شرایط حاکم بر نیمه جنوبی کشور (رطوبت جوی و گردوغبار) مانعی تأثیرگذار در برداشت/ دیدبانی سپیدایی شمرده می‌شوند؛ هرچند این نقش، در مقایسه با تابستان، کم‌رنگ‌تر شده است (شکل ۷).

درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل پاییز، طی بازه ۱۳۹۷-۱۳۷۹ خورشیدی، در شکل ۶ نشان داده شده است. مناطقی که با رنگ سرخ مشخص شده دارای فراوانی اندازه‌گیری کمتر از ۵۰٪ است. در این فصل، گستره رطوبت دریای عمان و گردوغبارهای منطقه سیستان و حوضه جازموریان کمتر از فصل تابستان شده؛ به‌صورتی که در مورد ۰.۴٪ از گستره کشور هیچ دیدبانی‌ای صورت نگرفته است. در این فصل، بر اثر ورود سامانه‌های بارشی و افزایش ابرناکی در ارتفاعات شمال غرب و رشته‌کوه‌های البرز



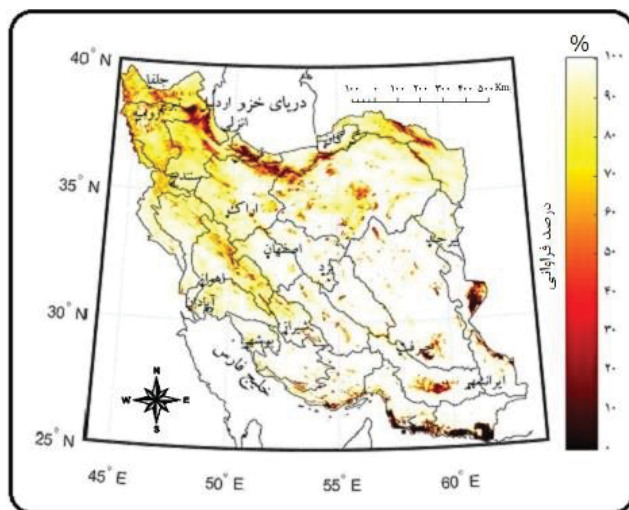
شکل ۶. درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل پاییز ۱۳۹۷-۱۳۷۹



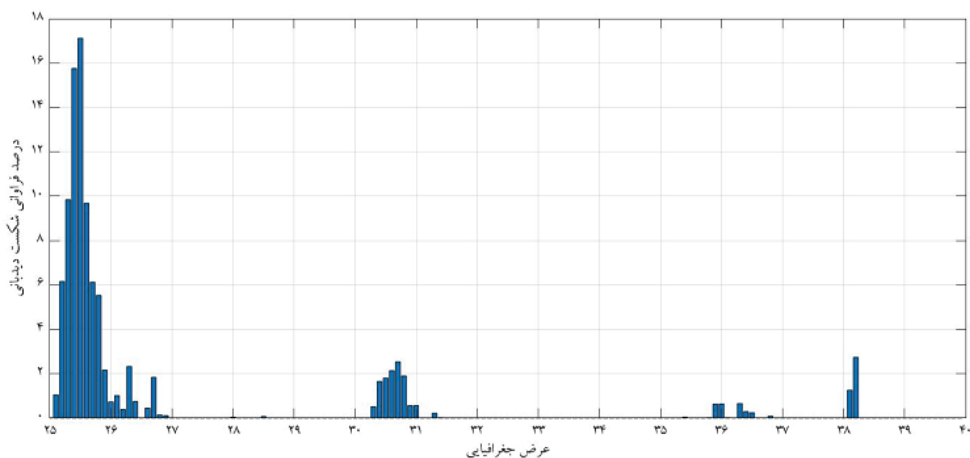
شکل ۷. درصد فراوانی شکست دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل پاییز

نتیجه، فقط از ۰.۳٪ گستره کشور در کل دوره مورد مطالعه، هیچ دیدبانی‌ای صورت نگرفته است. بررسی‌های بیشتر روی عرض‌های جغرافیایی، با پنجره ده کیلومتری، نشان داد که یاخته‌های دیدبانی‌نشده سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل زمستان، گذشته از نیمه جنوبی کشور، در نیمه شمالی هم دیده می‌شود و به بیان واضح‌تر، در این فصل، شرایط حاکم بر نیمه جنوبی کشور (رطوبت جوی و گردوغبار) به همراه ابرناکی، مانع مهمی در برداشت/دیدبانی سپیدایی محسوب می‌شوند. از همین رو، شکل ۹ با سه‌نمایی شدن، نقش این سه عامل را به خوبی آشکار می‌کند.

در شکل ۸، درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل زمستان، در بازه ۱۳۷۹-۱۳۹۷ خورشیدی، مشخص شده است. مناطقی که با رنگ سرخ نشان داده شده است فراوانی کمتر از ۵۰٪ دارد؛ یعنی در نیمی از موارد اندازه‌گیری انجام شده و در نیمی دیگر، انجام نشده است. در این فصل، گذشته از عوامل رطوبت جوی کرانه‌های دریای عمان و گردوغبار منطقه سیستان و حوضه جازموریان، ابرناکی نیز در رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس، مانع از دید ماهواره برای برداشت سپیدایی شده است. البته در این فصل، در مقایسه با دیگر فصل‌ها، از گستره رطوبت جوی و گردوغبار منطقه جنوب شرق کشور کاسته شده؛ در



شکل ۸. درصد فراوانی دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل زمستان ۱۳۷۹-۱۳۹۷



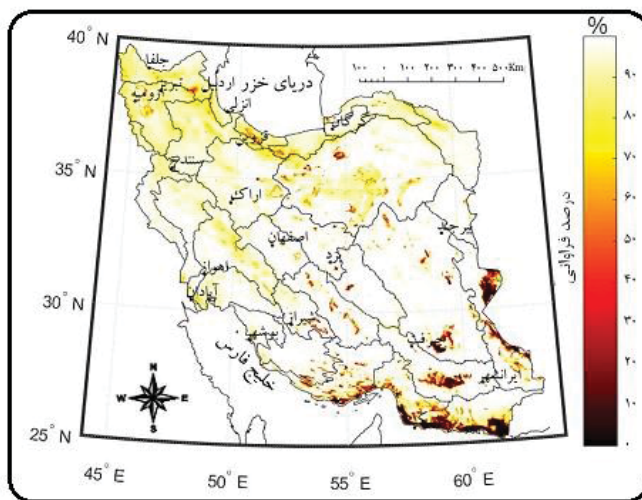
شکل ۹. درصد فراوانی شکست دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در فصل زمستان

بيله‌سوار، مینودشت، پل‌دشت، رودسر، پارس‌آباد، بندر انزلی و آستارا، زمان‌هایی که ماهواره نتوانسته است سپیدایی را بسنجد، دست‌کم در نیمی از آسمان، ابرناکی گزارش شده است. بررسی‌ها روی عرض‌های جغرافیایی با پنجره ده کیلومتری نشان داد که همه یاخته‌های دیدبانی نشده سپیدایی آبی فام ایران زمین در نیمه جنوبی کشور (عرض‌های پایین‌تر از ۳۲.۵ درجه) رخ داده است و به بیان بهتر، در بازه سالیانه، شرایط حاکم بر نیمه جنوبی کشور (رطوبت جوی و گردوغبار) نقش پررنگی در ممانعت از برداشت/ دیدبانی سپیدایی بازی می‌کنند. به همین علت، شکل ۱۱ نقش دونمایی، رطوبت جوی و ریزگردها را به خوبی آشکار کرده است.

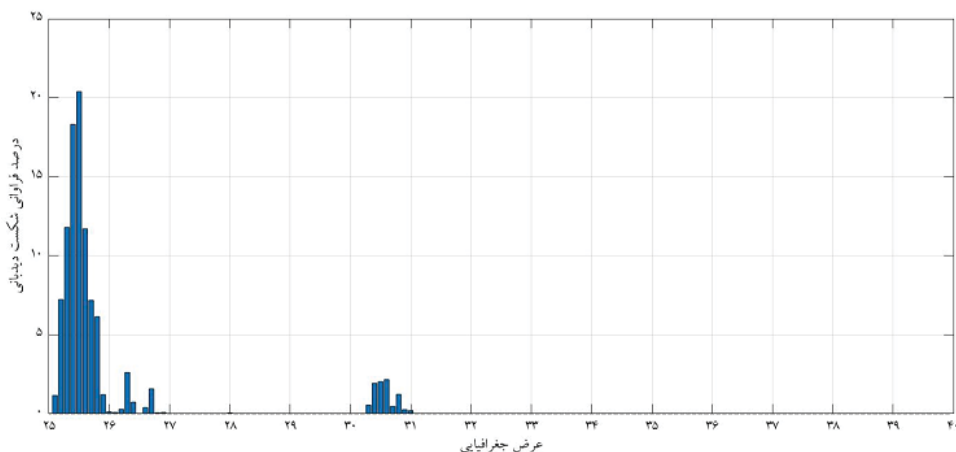
جدول ۲ شمار یاخته‌های دیدبانی نشده سپیدایی آبی فام ایران زمین در بازه ۱۳۷۹-۱۳۹۷ خورشیدی را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، در کل دوره مورد مطالعه، بیشترین شمار یاخته‌های دیدبانی نشده به فصل تابستان و کمترین آن به فصل زمستان متعلق است و به ترتیب ۱.۲٪ و ۰.۲٪ از گستره ایران زمین را دربر می‌گیرد. طبق بررسی‌های بیشتر، شمار بسیار ناچیزی از یاخته‌های دیدبانی نشده بالاتر از ۳۲.۵ درجه عرض جغرافیایی قرار گرفته است. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، در نیمه شمالی کشور و به ویژه در فصل زمستان، به سبب ابرناکی، گستره بیشتری از سوی ماهواره دیدبانی نشده است.

شکل ۱۰ نمایانگر درصد فراوانی سالیانه دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در بازه ۱۳۷۹-۱۳۹۷ خورشیدی است. مناطقی که با رنگ سرخ نشان داده شده‌اند فراوانی کمتر از ۵۰٪ را مطرح می‌کنند. از جمله عواملی که، در طول سال، جلوی دید ماهواره را می‌گیرد و مانع از برداشت سپیدایی می‌شود همانگونه که پیش‌تر ذکر شد، رطوبت دریای عمان و گردوغبار منطقه سیستان و حوضه جازموریان است. برای اثبات این ادعا، داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک زابل و زهک، درمورد منطقه سیستان، راستی‌آزمایی شد. بررسی‌ها نشان داد، در بیش از ۸۰٪ مواردی که ماهواره نتوانسته است سپیدایی را اندازه‌گیری کند، پدیده گردوغبار گزارش شده است. همچنین، بررسی‌های انجام‌شده درمورد فشار بخار آب نشان داد، زمان‌هایی که ماهواره نتوانسته است سپیدایی را اندازه بگیرد، در ایستگاه‌های جهرم، جیرفت، بندرعباس، راسک، جم، جیران‌ده، ایذه، بيله‌سوار، رودان، قراخیل، شیروان، رشت، میامی، رومشکان و مهریز که بیشتر در کرانه‌های دریای عمان قرار دارند، فشار بخار آب بالایی گزارش شده است. ابرناکی نیز یکی دیگر از عوامل مانع در برداشت سپیدایی ماهواره‌ای، در نیمی از دوره زمانی بوده است که با رنگ زرد، به ویژه در ارتفاعات، به چشم می‌خورد. یافته‌ها نشان داد در ایستگاه‌های گلباف، جغتای، دهدشت، کلات نادری، لیکک، قصرشیرین،

امیدرضا کفایت مطلق و همکاران



شکل ۱۰. درصد فراوانی دیدبانی سالیانه سپیدایی آبی فام ایران زمین در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۷



شکل ۱۱. درصد فراوانی شکست دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین در عرض‌های جغرافیایی گوناگون

جدول ۲. شمار یاخته‌های شکست دیدبانی سپیدایی آبی فام ایران زمین

فصل	شمار یاخته‌ها	شمار یاخته‌های شکست دیدبانی	درصد گستره شکست دیدبانی برحسب درصد	شمار یاخته‌های شکست دیدبانی بالاتر از عرض جغرافیایی ۳۲.۵ درجه
بهار	۷۵۴۱۵۰۲	۵۷۳۷۴	۰.۸	۱۹۳
تابستان	۷۵۴۱۵۰۲	۹۳۲۶۱	۱.۲	۱۱۳۴
پاییز	۷۵۴۱۵۰۲	۲۸۰۳۷	۰.۴	۴
زمستان	۷۵۴۱۵۰۲	۲۰۳۶۸	۰.۳	۱۳۵۹
سالیانه	۷۵۴۱۵۰۲	۱۶۲۸۵	۰.۲	۳

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این نوشتار، برای بررسی موانع برداشت سپیدایی آبی فام در ایران زمین، از داده‌های روزانه فرآورده MCD43A4 سنجنده مودیس در فاصله زمانی ۱۳۷۹/۱/۱ تا ۱۳۹۷/۱۰/۱۰، با تفکیک مکانی ۵۰۰ متر، بهره گرفته شد. پس از پردازش داده‌ها، فراوانی بلندمدت سپیدایی ایران زمین درمورد هریک از فصل‌های سال جداگانه محاسبه شد. صفربودن درصد فراوانی برخی مکان‌ها در فصل‌های گوناگون بدان معنی است که هیچ روزی در این مناطق دیدبانی صورت نگرفته است. به بیان بهتر، در چنین روزهایی عواملی مانع از برداشت سپیدایی با استفاده از ماهواره شده است. بررسی‌ها در مقیاس فصلی نشان داد فصل‌های تابستان، بهار، پاییز و زمستان با ۱.۲، ۰.۸، ۰.۴ و ۰.۳٪ به‌ترتیب بیشترین گستره دیدبانی نشده در کشور را دارند. بررسی‌ها در مقیاس مکانی نشان داد که این گستره دیدبانی نشده، در فصل تابستان و بهار، ناشی از عامل رطوبت جوئی کرانه‌های دریای عمان و ریزگردهای منطقه سیستان و حوضه جازموریان است و در فصل پاییز و زمستان، گذشته از عوامل یادشده، بر اثر ابرناکی رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس است. پژوهش‌های بسیاری درمورد موانع و تنگناهای برداشت دیدبانی داده‌های دورسنجی انجام شده است ( Jackson, 1993; Tekeli et al, 2005; Sorman et al, 2007; Jin et al, 2015; Bao et al, 2018) که بر ابرناکی و گردوغبار، به‌منزله عوامل محدودکننده دید ماهواره، تأکید کرده‌اند. این مورد هم‌راستا با یافته‌های پژوهش کنونی است. اما در این پژوهش‌ها، برخلاف تحقیق حاضر، به نقش پررنگ رطوبت جوئی به‌منزله عامل محدودکننده دید ماهواره اشاره نشده است. به‌طور کلی، بررسی سالیانه نشان داد که سه عامل رطوبت جوئی کرانه‌های دریای عمان، ریزگردهای منطقه سیستان و حوضه جازموریان، و ابرناکی مانع از برداشت سپیدایی آبی فام شده‌اند. بررسی‌ها روی داده‌های هوای حاضر، فشار بخار آب، ابرناکی و دید افقی

۳۹۴ ایستگاه سینوپتیک کشور عوامل یادشده را تأیید می‌کنند. از آن‌جاکه امروزه داده‌های ماهواره‌ای و بسیار خوش تفکیک در مقیاس سیاره‌ای در دسترس است، در پژوهش‌های آینده می‌توان موانع برداشت/ دیدبانی فرآورده‌های دیگر را نیز بازشناخت و با پژوهش کنونی مقایسه کرد.

#### ۵- سپاسگزاری

نویسندگان لازم می‌دانند از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوریان کشور، به‌دلیل حمایت از این پایان‌نامه مقطع دکتری و مقاله مستخرج از آن (به‌شماره طرح ۹۷۰۰۹۴۲۸) تشکر و قدردانی کنند.

#### ۶- منابع

ادب، ح.، امیراحمدی، ا.، عتباتی، آ.، ۱۳۹۳، ارتباط پوشش گیاهی با دما و آلودگی سطحی در دوره گرم سال با استفاده از داده‌های مودیس در شمال ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره چهارم و ششم، شماره ۴، صص. ۴۳۴-۴۱۹.

حجازی‌زاده، ز.، بزمی، ن.، رحیمی، ع.ر.، طولابی‌نژاد، م.، بساک، ع.، ۱۳۹۶، مدل‌سازی فضایی- زمانی آلودگی در گستره‌ی ایران زمین، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره هفدهم، شماره ۴۷، صص. ۱۷-۱.

سلطانی اکمل، ف.، ۱۳۹۷، آب و هواشناسی سپیدایی در ایران به‌کمک داده‌های CDR، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان.

قبادی، ا.، ۱۳۹۵، تبیین و تحلیل زمانی - مکانی پدیده جزیره گرمایی شهر کرج با تأکید بر مدیریت آلودگی و مدل‌سازی خرداقلیم محلی، پایان‌نامه دکتری رشته آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.



- Hartl, L., Felbauer, L., Schwaizer, G. & Fischer, A., 2020, **Small Scale Spatial Variability of Bare-Ice Albedo at Jamtalferner, Austria**, The Cryosphere Discussions, PP. 1-28. Access: <https://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html>.
- Hummel, J.R. & Reck, R.A., 1979, **A Global Surface Albedo Model**, Journal of Applied Meteorology, 18(3), PP. 239-253.
- Jackson, T.J., 1993, **III. Measuring Surface Soil Moisture Using Passive Microwave Remote Sensing**, Hydrological processes, 7(2), PP. 139-152.
- Jin, X., Ke, C.Q., Xu, Y.Y. & Li, X.C., 2015, **Spatial and Temporal Variations of Snow Cover in the Loess Plateau, China**, International Journal of Climatology, 35(8), PP. 1721-1731.
- NASA, 2019, MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), Retrieved 2019 from: <https://modis.gsfc.nasa.gov/>
- Minnis, P., Mayor, S., Smith, W.L. & Young, D.F., 1997, **Asymmetry in the Diurnal Variation of Surface Albedo**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35(4), PP. 879-890.
- Nicodemus, F.E., Richmond, J.C., Hsia, J.J., Ginsberg, I.W. & Limperis, T., 1977, **Geometrical Considerations and Nomenclature for Reflectance**, Natl. Bur. Stand. Rep., NBS MN-160, 1(2).
- Şorman, A.Ü., Akyürek, Z., Şensoy, A., Şorman, A.A. & Tekeli, A.E., 2007, **Commentary on Comparison of MODIS Snow Cover and Albedo Products with Ground Observations over the Mountainous Terrain of Turkey**, Hydrology and Earth System Sciences, 11(4), PP. 1353-1360.
- Sütterlin, M., Schaaf, C.B., Stöckli, R., Sun, Q., Hüsler, F., Neuhaus, C. & Wunderle, S., 2015, **Albedo and Reflectance Anisotropy Retrieval from AVHRR Operated Onboard NOAA and MetOp Satellites: Algorithm Performance and Accuracy Assessment for Europe**, Remote Sensing of Environment, 168, PP. 163-176.
- عساکره، ح.، ۱۳۹۰، **مبانی اقلیم‌شناسی آماری**، انتشارات دانشگاه زنجان، چاپ اول.
- علیزاده چوپری، ا.، ۱۳۹۶، **مطالعه عددی اثر غیرمستقیم هواویزها بر تابش طول موج کوتاه و بلند: مطالعه موردی، فیزیک زمین و فضا، دوره چهل و سوم، شماره ۲، صص. ۴۵۰-۴۴۱.**
- مسعودیان، س.ا.، ۱۳۹۰، **آب‌وهوای ایران، اصفهان: انتشارات شریعة توس، چاپ اول.**
- AMS, 2012, **Glossary of Meteorology**, Retrieved 2019 from: <https://www.ametsoc.org/ams/index.cfm/publications/glossary-of-meteorology/>
- Bailey, R., Keelin, P., Perez, R., Robinson, J., Bender, G. & Chard, J., 2019, **Investigations of Site-Specific, Long Term Average Albedo Determination for Accurate Bifacial System Energy Modeling**, 2019 IEEE 46th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) PP. 2f268-2274.
- Bao, S., Letu, H., Zhao, C., Tana, G., Shang, H., Wang, T., ... & Zhao, J., 2018, **Spatiotemporal Distributions of Cloud Parameters and the Temperature Response over the Mongolian Plateau During 2006–2015 Based on MODIS Data**, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 12(2), PP. 549-558.
- Benas, N. & Chrysoulakis, N., 2015, **Estimation of the Land Surface Albedo Changes in the Broader Mediterranean Area, Based on 12 Years of Satellite Observations**, Remote Sensing, 7(12), PP. 16150-16163.
- Calleja, J.F., Corbea-Pérez, A., Fernández, S., Recondo, C. & Peón, J., 2018, **Assessment of MODIS Daily Snow Albedo on Livingston Island, Antarctica**, Fifth Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, 180.
- Govaerts, Y.M., Lattanzio, A., Taberner, M. & Pinty, B., 2008, **Generating Global Surface Albedo Products from Multiple Geostationary Satellites**, Remote Sensing of Environment, 112(6), PP. 2804-2816.



- Strahler, A.H., Muller, J.P., Lucht, W., Schaaf, C., Tsang, T., Gao, F., ... & Barnsley, M.J., 1999, **MODIS BRDF/Albedo Product: Algorithm Theoretical Basis Document Version 5.0. MODIS Documentation**, 23(4), PP. 42-47.
- Tekeli, A.E., Akyürek, Z., Şorman, A.A., Şensoy, A. & Şorman, A.Ü., 2005, **Using MODIS Snow Cover Maps in Modeling Snowmelt Runoff Process in the Eastern Part of Turkey**, Remote Sensing of Environment, 97(2), PP. 216-230.
- Wang, Z., Schaaf, C.B., Strahler, A.H., Chopping, M.J., Román, M.O., Shuai, Y., ... & Fitzjarrald, D.R., 2014, **Evaluation of MODIS Albedo Product (MCD43A) over Grassland, Agriculture and Forest Surface Types during Dormant and Snow-Covered Periods**, Remote Sensing of Environment, 140, PP. 60-77.
- Wu, D.L., Lee, J.N., Kim, K.M. & Lim, Y.K., 2020, **Interannual Variations of TOA Albedo over the Arctic, Antarctic, and Tibetan Plateau in 2000–2019**, Remote Sensing, 12(9), P. 1460.